

جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

راهنمای

آیین نامه بتن ایران «آب»

نشریه شماره ۱۲۶

معاونت امور فنی
دفتر امور فنی و تدوین معيارها

۱۳۸۱

انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۸۱/۰۰/۵۰

فهرستبرگه

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی و تدوین معیارها
راهنمای آیین‌نامه بتن ایران (آب) / معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین
معیارها. - تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک
علمی و انتشارات، ۱۳۸۱.

۴۳۴ ص صدور. - (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛
نشریه شماره ۱۲۶) (انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور؛ ۵۰/۰۰/۸۱)
ISBN 964-425-370-1
مریوط به بخشنامه شماره ۱۰/۹۳۸۴۰ ۱۰/۵/۲۶ سورخ ۱۳۸۱/۵/۲۶

۱. بتن - مشخصات - دستنامه‌ها. ۲. بتن - استانداردها. الف. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی
کشور. مرکز مدارک علمی و انتشارات. ب. عنوان.

TA ۳۶۸/۲۴ ۱۲۶ ش. ۱۳۸۱

ISBN 964-425-370-1

شابک ۱ ۹۶۴-۴۲۵-۳۷۰-۱

راهنمای آیین‌نامه بتن ایران (آب)

تهیه کننده: معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها

ناشر: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات

چاپ اول: ۱۵۰۰ نسخه، ۱۳۸۱

قیمت: ۴۵۰۰ ریال

لیتوگرافی: قاسملو

چاپ و صحافی: چاپ زحل

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.

۱۲/۱۱



ریاست جمهوری

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
دفتر رئیس سازمان

بسمه تعالیٰ

شماره : ۱۰۱/۹۳۶۴۰

تاریخ : ۱۳۸۱/۵/۲۶

به : تمامی دستگاههای اجرایی و مهندسان مشاور

موضوع : راهنمای آیین‌نامه بتن ایران

به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی موضوع ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصطفوی شماره ۲۴۵۲۵/ت ۱۴۸۹۸ هـ، مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت وزیران) به پیوست نشریه شماره ۱۲۶ دفتر امور فنی و تدوین معیارهای این سازمان با عنوان «راهنمای آیین‌نامه بتن ایران» از نوع گروه سوم، ابلاغ می‌گردد.

دستگاههای اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنمای استفاده نمایند و در صورتی که راهنمای بهتر در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این نشریه الزامی نیست.

عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از راهنمای جایگزین را برای دفتر امور فنی و تدوین معیارهای این سازمان ارسال دارند.

محمد مختاری فر

معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

دفتر امور فنی و تدبین معیارهای سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این راهنمای نموده و آنرا برای استفاده جامعه مهندسی کشور در اختیار قرار داده است. این دفتر معتقد است که با وجود تلاش فراوان، این اثر بطور طبیعی مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای چاپی، دستوری، ابهام، اشکالات انشایی و موضوعی نیست.

از این رو، این دفتر صمیمانه از شما خواننده گرامی تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال اعم از ویرایشی یا موضوعی مراتب را بصورت زیر گزارش فرمایید:

- ۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.
- ۲- ایراد مورد نظر را بصورت خلاصه بیان دارید.
- ۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.
- ۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این دفتر نظرهای دریافتی را بدقت مطالعه نموده و اقدام لازم را معمول خواهند داشت. پیشنهاد از همکاری و دقت نظر شما همکار ارجمند قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، خیابان شیخ بهایی، بالاتر از ملاصدرا، کوچه لادن، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

دفتر امور فنی و تدبین معیارها، صندوق پستی ۱۹۹۱۷

پیشگفتار

پس از انتشار اولین نسخه آیین‌نامه بتن ایران "آبا" در سال ۱۳۶۹ و استقبال بی‌نظیر مهندسان عمران در استفاده از آن، لزوم تهیه دستنامه آیین‌نامه بتن جزو دستور کار این دفتر قرار گرفت. با توجه به آنکه "آبا" برای اولین بار مورد استفاده قرار می‌گرفت، ضرورت نگارش کتابی با مثالهای حل شده و جداول و نمودارهای لازم برای راهنمایی استفاده‌کنندگان، از آن زمان احساس می‌شد. کتاب حاضر به همین منظور تهیه شده است. در هر بخش از این کتاب سعی شده است با مثالهای متعدد و با ذکر شماره‌بندهای آیین‌نامه و توضیحات کافی، خواننده با نحوه بکارگیری روابط و ضوابط این آیین‌نامه آشنا شود. در بخش خمس و نیروی محوری نمودارهای اندرکنش ستونها همراه مثالهایی ذکر شده است.

زحمت نگارش این کتاب به عهده آقای دکتر فریدون امینی بوده و آقایان مهندس حسین فرزانگان و دکتر موسی مظلوم نیز در این ارتباط با نگارنده همکاری داشته‌اند. از تمام کارشناسانی که با اظهارنظرهای خود بر غنای مجموعه افزوده‌اند و همچنین از سرکار خانم نیکوهمت که عهده‌دار تحریر و آماده‌سازی رایانه‌ای راهنما بوده‌اند، تشکر می‌شود.

ضمن آرزوی توفیق این عزیزان از تمامی مهندسان و متخصصان انتظار دارد این معاونت را از نظریات اصلاحی خود بهره‌مند نمایند.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱- کلیات	
۱-۱- مقدمه	۲۰
۱-۲- اصول طراحی	۲۰
۱-۳- اصول تحلیل	۲۲
۲- خمث	
نمودار جریان‌ها	
نمودار جریان ۱ : طراحی تیرهای بدون محدودیت ارتفاعی	۲۸
نمودار جریان ۱-۱ : کنترل خمث در تیرهای بدون محدودیت ارتفاعی	۲۹
نمودار جریان ۱-۳ : طراحی برای خمث در تیرهای بدون محدودیت ارتفاعی	۳۰
نمودار جریان ۲ : طراحی دال‌های یک طرفه	۳۱
نمودار جریان ۲-۱ : طراحی برای خمث در دال‌های یک طرفه	۳۲
نمودار جریان ۳ : طراحی تیرهای دارای محدودیت ارتفاعی	۳۳
نمودار جریان ۳-۱ : کنترل خمث در تیرهای دارای محدودیت ارتفاعی	۳۴
نمودار جریان ۳-۲ : طراحی برای خمث در تیرهای دارای محدودیت ارتفاعی	۳۵
نمودار جریان ۴ : طراحی تیرهای T شکل	۳۷
مثال‌ها	
مثال ۱ : محاسبه آرماتورهای کششی لازم برای تیر مستطیل شکل تحت اثر خمث ساده و بدون آرماتور فشاری	۳۹
مثال ۲ : طرح تیر مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری، تحت اثر خمث ساده	۴۲
مثال ۳ : محاسبه آرماتورهای کششی لازم برای یک تیر مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری، که تحت تاثیر نیروی محوری کوچکی نیز قرار دارد.	۴۴
مثال ۴ : انتخاب ضخامت و آرماتورهای کششی لازم برای یک دال بدون آرماتور فشاری و تحت اثر خمث ساده	۴۷
مثال ۵ : انتخاب ضخامت دال یک طرفه برای کنترل افت و محاسبه آرماتور کششی برای خمث ساده، در دال بدون آرماتور فشاری	۵۰
مثال ۶ : تعیین آرماتورهای کششی و فشاری لازم برای یک تیر مستطیل شکل تحت اثر خمث ساده. آرماتورهای فشاری جاری نمی‌شوند.	۵۲
مثال ۷ : تعیین آرماتورهای کششی لازم برای یک تیر مستطیل شکل تحت اثر خمث ساده با آرماتورهای فشاری	

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۵۶	مشخص
۶۰	مثال ۸ : تعیین آرماتور کششی لازم برای تیر T شکل تحت اثر خمث ساده، در حالتی که ارتفاع بلوک تنش معادل کمتر از ضخامت بال است.
۶۲	مثال ۹ : تعیین آرماتور کششی لازم برای تیر T شکل تحت اثر خمث ساده، در حالتی که ارتفاع بلوک تنش معادل بیشتر از ضخامت بال است.
۶۷	مثال ۱۰ : تعیین آرماتورهای کششی و فشاری لازم برای تیر T شکل تحت اثر خمث ساده، در حالتی که ارتفاع بلوک تنش معادل بیشتر از ضخامت بال است و فولاد فشاری جاری نمی شود.
۷۳	مثال ۱۱ : محاسبه فولادهای فشاری و کششی لازم برای یک تیر مستطیل شکل و تحت اثر خمث ساده. آرماتورهای فشاری برای شکل پذیری یا کنترل افت اضافه شده اند.
۷۶	مثال ۱۲ : محاسبه آرماتور کششی لازم برای یک تیر مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری، که تحت اثر خمث و نیروی محوری کششی قرار دارد. تار فوقانی فشاری می باشد.
۷۹	مثال ۱۳ : محاسبه آرماتور کششی لازم برای یک تیر مستطیل شکل، که تحت اثر خمث و نیروی محوری کششی قرار دارد. تار فوقانی کششی می باشد.
	جداول کمکی
۸۰	خمش ۱ : نسبت آرماتور و ضریب a_n برای طرح تقریبی و سریع تیرهای مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری
۸۱	خمش ۲ : ضرایب لازم برای طرح تیرهای مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری
۹۷	خمش ۳ : ضرایب لازم برای طرح تیرهای مستطیل شکل و دارای آرماتور فشاری در حالتی که $f_s' = f_y'$
۱۱۳	خمش ۴ : ضریب a'' برای تیرهای مستطیل شکل و دارای آرماتور فشاری در حالتی که $f_s' < f_y'$
۱۱۵	خمش ۵ : تعیین لنگر مقاوم خمثی M_u برای عرض یک متر

۳- خمث و بار محوری

مثالها

۱۳۰	مثال ۱ : طراحی ستون مستطیل شکل تحت اثر بار محوری
۱۳۱	مثال ۲ : طراحی ستون مستطیل شکل تحت اثر بار محوری و لنگر خمثی (ستون بدون فولاد میانی)
۱۳۲	مثال ۳ : طراحی ستون مستطیل شکل تحت اثر بار محوری و لنگر خمثی
۱۳۳	مثال ۴ : طراحی ستون دایره‌ای شکل تحت اثر بار محوری و لنگر خمثی

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
نمودارهای اندر کنش لنگر خمشی و بار محوره نمودارهای اندر کنش خمش و بار محوری ستون مستطیل شکل بدون فولاد میانی	۱۳۴
نمودارهای اندر کنش خمش و بار محوری ستون مستطیل شکل با فولاد میانی	۱۳۶
نمودارهای اندر کنش خمش و بار محوری ستونهای دایره‌ای	۱۴۱
نمودارهای اندر کنش خمش و بار محوری ستونهای دایره‌ای	۱۴۶

۴- برش و پیچش

نمودار جریان‌ها	صفحه
نمودار جریان ۱-۲: کنترل برش برای طراحی تیر بدون محدودیت ارتفاعی	۱۵۲
نمودار جریان ۱-۵: طراحی برش در تیر بدون محدودیت ارتفاعی	۱۵۳
مثال‌ها	
مثال ۱: طراحی تیر برای برش با استفاده از روابط بند ۱۲-۳-۱۲، از آئین نامه بتن ایران	۱۵۵
مثال ۲: تعیین مقاومت برشی بتن در تیر با استفاده از روابط بند ۱۲-۳-۱۲، از آئین نامه بتن ایران	۱۵۸
مثال ۳: طراحی خاموت‌های قائم برای تیری که دیاگرام برش آن بصورت مثلثی است.	۱۶۰
مثال ۴: طراحی خاموت‌های قائم برای تیری که دیاگرام برش آن بصورت ذوزنقه و مثلث است.	۱۶۴
مثال ۵: طراحی خاموت‌های مایل برای تیری که دیاگرام برش آن بصورت مثلثی است	۱۶۷
مثال ۶: انتخاب شماره میلگرد خاموت‌ها و فاصله بین آنها، در حالتی که حداقل آرماتور برشی مورد نیاز است	۱۷۲
مثال ۷: تعیین ضخامت لازم دال (با شالوده) برای ایجاد مقاومت برشی محیطی مورد نیاز	۱۷۵
مثال ۸: طراحی آرماتورهای برش اصطکاکی برای اتصال بین مصالح مختلف	۱۷۷
مثال ۹: طراحی تیر T شکل برای پیچش و برش ناشی از خمش	۱۷۹
مثال ۱۰: استفاده از دو حلقه خاموت در طراحی تیر T شکل برای پیچش و برش ناشی از خمش	۱۸۳
مثال ۱۱: طراحی دستک در حالتی که نیروی کششی افقی برابر صفر است. برای جلوگیری از ایجاد نیروی کششی افقی تمهیدات خاصی در نظر گرفته شده است	۱۸۷
مثال ۱۲: طراحی دستک در حالتی که نیروی کششی افقی N_u وجود داشته باشد	۱۹۰
مثال ۱۳: طراحی دستک در حالتی که نیروی کششی افقی برابر صفر است ($N_u=0$) ولی هیچگونه تمهیداتی برای جلوگیری از ایجاد آن در نظر گرفته نشده است.	۱۹۳

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

جداول کمکی

برش ۱-۱ : حداکثر عرض تیر w_b , در صورت استفاده از خاموت‌های U شکل به فواصل $\frac{d}{2}$	۱۹۶
برش ۱-۲ : حداکثر فاصله مجاز بین خاموت‌ها برای تیر که بینای آن بیشتر از اعداد پیشنهادی جدول برش ۱-۱ می‌باشد	۱۹۷
برش ۱-۳ : تعیین مقاومت برشی V برای خاموت‌های U شکل, $f_y = 300 \text{ MPa}$	۱۹۸
برش ۱-۴ : تعیین مقاومت برشی V برای خاموت‌های U شکل, $f_y = 400 \text{ MPa}$	۲۰۰
برش ۳ : ضرایب لازم برای طراحی خاموت‌های مایل	۲۰۲
برش ۴ : تعیین درصد آرماتور عمود بر صفحه برش, در برآورد اصطکاکی	۲۰۳

۵- تغییر شکلها

مثال‌ها

مثال افت ۱ : ممان اینرسی موثر برای یک مقطع مستطیل شکل با آرماتور کششی	۲۰۶
مثال افت ۲ : افت یک تیر مستطیل شکل با دهانه ساده و دارای آرماتور کششی	۲۰۹
مثال افت ۳ : ممان اینرسی مقطع ترک خورده T شکل با آرماتور کششی	۲۱۲
مثال افت ۴ : ممان اینرسی یک مقطع ترک خورده و دارای آرماتور کششی و فشاری	۲۱۴
مثال افت ۵ : افت ناشی از بار زنده و افت دراز مدت در یک تیر پیوسته	۲۱۶

جداول کمکی

افت ۱ : لنگر خمشی ترک خورده M_{cr} برای مقاطع مستطیل شکل	۲۲۶
افت ۲ : ممان اینرسی مقطع ترک خورده I_{cr} , برای مقاطع مستطیل شکل و دارای آرماتور کششی	۲۲۸
افت ۳-۱ : ممان اینرسی مقطع ترک خورده I_{cr} , برای مقاطع مستطیل شکل و دارای آرماتور کششی و فشاری، یا مقاطع T شکل در حالت $0.9 \leq \beta_e \leq 0.1$	۲۳۰
افت ۳-۲ : ممان اینرسی مقطع ترک خورده I_{cr} , برای مقاطع مستطیل شکل و دارای آرماتور کششی و فشاری، یا مقاطع T شکل در حالت $1 \leq \beta_e \leq 5$	۲۳۳
افت ۴ : ممان اینرسی موثر I_e	۲۳۶
افت ۵-۱ : مقادیر M_c و K_{a3} برای محاسبه سریع افت در اعضا خمشی	۲۳۹
افت ۵-۲ : ضریب K_{a1} برای محاسبه سریع افت در اعضا خمشی	۲۴۰

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۶- دالهای دو طرفه

مثال‌ها

- مثال ۱ : طرح دال دو طرفه و بدون تیر به روش مستقیم ۲۴۴
مثال ۲ : طرح دال دو طرفه و دارای تیر به روش مستقیم ۲۷۰
مثال ۳ : طرح دال دو طرفه و بدون تیر به روش قاب معادل ۲۸۴
مثال ۴ : طرح دال دو طرفه و دارای تیر به روش ضرایب لنگر خمشی ۲۹۶

جداول کمکی

- دال ۱ : ضریب α_f برای محاسبه α ۳۰۵
دال ۲ : ضریب ثابت C برای محاسبه سختی پیچشی K_e ۳۰۶
دال ۱-۳ : ضریب سختی k_e برای ستونهای دارای سرستون با پیخ ۴۵ درجه ۳۰۸
دال ۲-۳ : ضریب سختی k_e برای ستونهای بدون سرستون پیخ دار ۳۰۸
دال ۳-۳ : ضریب سختی k_e برای ستونهای دارای سرستون با پیخ ۴۵ درجه ۳۱۰
دال ۱-۴ : ضرایب پخش لنگر برای اعضای تیر - دال و بدون کتیبه به منظور استفاده در روش قاب معادل ۳۱۲
دال ۲-۴ : ضرایب پخش لنگر برای اعضای تیر - دال و دارای کتیبه به منظور استفاده در روش قاب معادل ۳۱۵

۷- دیوارهای حائل

- مثال : طرح دیوار حائل بتنی در برابر فشارهای واردہ از طرف خاک ۳۲۰

۸- شالوده‌ها

مثال‌ها

- مثال ۱ : ضخامت شالوده منفرد و مربع شکل که دارای ستون با مقطع مربع باشد. ۳۲۸
مثال ۲ : ضخامت شالوده منفرد و مستطیل شکل که دارای ستون با مقطع مستطیل باشد. ۳۳۱
مثال ۳ : ضخامت و آرماتور گذاری شالوده یک طرفه ۳۳۶
مثال ۴ : ضخامت و آرماتور گذاری شالوده مربع شکل و دو طرفه ۳۳۹
مثال ۵ : ضخامت و آرماتور گذاری شالوده مستطیل شکل و دو طرفه ۳۴۳
مثال ۶ : ضخامت و آرماتور گذاری شالوده که به صورت متقاضن بر روی شمع‌ها قرار گرفته است. ۳۴۸

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳۵۱	مثال ۷ : ضخامت و آرماتورگذاری شالوده قرا رگرفته بر روی شمعهای متقارن
	جداول کمکی
۳۵۴	شالوده ۱ : ضریب K_{v1} برای محاسبه عمق موثر نیاز d در برش‌های عادی یا یک طرفه
۳۵۵	شالوده ۲ : عمق موثر نیاز d برای برش سوراخ‌کننده
	۹- آرماتورگذاری
	نمودار جریان‌ها
۳۶۲	نمودار جریان ۱-۴ : انتخاب میلگردها و کنترل ترک در تیرهای بدون محدودیت ارتفاعی
	مثال‌ها
۳۶۳	مثال ۱ : انتخاب میلگردها برای تیر مستطیل شکل و تحت اثر خمش ساده، با توجه به ضوابط مربوط به فواصل میلگردها و پوشش آرماتورها و عرض ترک‌خوردگی
۳۶۶	مثال ۲ : کنترل ضوابط مربوط به فواصل میلگردها و پوشش آرماتورها و عرض ترک‌خوردگی، در یک دال یک طرفه
۳۶۸	مثال ۳ : آرماتورگذاری در دو لایه، برای تیر مستطیل شکل و تحت اثر خمش ساده، با توجه به ضوابط مربوط به فواصل میلگردها و پوشش آرماتورها و عرض ترک‌خوردگی
۳۷۱	مثال ۴ : تعیین حداکثر عرض برای تیر دارای گروه میلگردهای در تماس، با توجه به ضوابط عرض ترک‌خوردگی
۳۷۳	مثال ۵ : طول مهاری میلگرد مستقیم و قلابدار در کشش
۳۷۵	مثال ۶ : حداکثر قطر میلگرد برای آرماتور خمشی مثبت، در یک تیر دو سر مفصل و تحت اثر بارگسترده یکنواخت
۳۷۸	مثال ۷ : حداکثر قطر میلگرد برای آرماتور خمشی مثبت، در یکی ازدهانه‌های میانی مربوط به تیر یکسره و تحت اثر بارگسترده یکنواخت
۳۸۱	مثال ۸ : حداکثر قطر میلگرد برای آرماتور خمشی مثبت، در یک تیر مربوط به یک قاب خمشی، و تحت اثر بارگسترده یکنواخت
	جداول کمکی
۳۸۴	آرماتورگذاری ۱ : سطح مقطع و وزن واحد طول میلگردها
۳۸۵	آرماتورگذاری ۲ : سطح مقطع میلگردها با در نظر گرفتن تعداد آنها
۳۸۶	آرماتورگذاری ۳ : حداکثر مقدار A برای یک میلگرد به منظور کنترل ترک در تیرها و دالها
۳۸۷	آرماتورگذاری ۴ : نسبت حداکثر عرض تیر به تعداد میلگردهای کششی تیرها و دالها که به صورت تکی به کار رفته‌اند

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
-------	------

آرماتورگذاری ۵ : نسبت حداکثر عرض تیر به تعداد گروه میلگردها، در حالتی که میلگردهای با قطر مساوی در یک لایه قرار گرفته‌اند	۳۸۹
آرماتورگذاری ۶ : سطح مقطع میلگردهای موجود در یک متر عرض	۳۹۰
آرماتورگذاری ۷ : طول گیرائی میلگردهای آجدار با قطرهای مختلف در حالت $k_1=k_2=k_3=1$	۳۹۱

۱- ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله

مثال ۱ : طرح تیرهای سازه با توجه به ضوابط شکل‌پذیری زیاد	۳۹۸
مثال ۲ : طرح ستونهای سازه با توجه به ضوابط شکل‌پذیری زیاد	۴۱۰
مثال ۳ : طرح اتصالات تیر به ستون کناری سازه با توجه به ضوابط شکل‌پذیری زیاد	۴۱۸
مثال ۴ : طرح اتصالات تیر به ستون میانی سازه با توجه به ضوابط شکل‌پذیری زیاد	۴۲۱
مثال ۵ : طرح دیوارهای برشی سازه با توجه به ضوابط شکل‌پذیری زیاد	۴۲۴

کلیات

۱-۱- مقدمه

در این فصل به اختصار مبانی طرح و تحلیل بکار رفته در آئین نامه بنیان ایران تشریح خواهد شد. منظور از طراحی یک سازه تعیین پیکربندی، ابعاد و مشخصات قطعات آن به نحوی است که هدف‌های ایمنی، عملکرد مطلوب و پایایی سازه تامین شوند. ایمنی سازه وقتی حاصل می‌شود که:

- تحت اثر بارها و سربارهای متعارف آسیب نبیند.
 - در اثر بارها و سربارهای استثنایی گسیخته نشود و فرو نریزد.
- منظور از عملکرد مطلوب این است که سازه برای بهره‌برداری پیش‌بینی شده ساختمان مزاحمت فراهم نکند و:
- تحت اثر بارها و سربارهای متعارف در آن ترک‌خوردگی و تغییر شکل بیش از حد بوجود نیاید بطوری که اجزای غیر سازه‌ای، نظری نازک کاری و تیغه‌ها، دچار آسیب شوند.
 - در اثر لرزش در بهره‌برداری کنندگان احساس نامنی بوجود نیاید.

هدف از پایایی این است که مصالح سازه کیفیت خود را در تمام طول عمر پیش‌بینی شده حفظ کند، بطوری که در اثر پیرسی و فرسودگی ایمنی و قابلیت بهره‌برداری سازه بیش از حد تقلیل نیاید.

منظور از تحلیل سازه تعیین تلاش‌های موجود در مقاطع مختلف سازه، تحت اثر عامل‌های وارد، با در نظر گرفتن مشخصات هندسی و مکانیکی آن است. در تعیین تلاش‌ها باید نامساعدترین حالات را به لحاظ عملکرد توانم ترکیبات محتمل عامل‌ها در نظر گرفته شوند.

۱-۲- اصول طراحی

روش طراحی در آئین نامه بنیان ایران بر اساس «طراحی در حالات حدی» است. در این روش سازه باید طوری طرح شود که با ایمنی مشخصی، تحت هیچ یک از شرایط نامساعد بارگذاری به هیچ یک از حالتهای ویژه که اصطلاحاً «حالتهای حدی» نامیده می‌شوند، برسد. حالتهای حدی عمده شامل حالت حدی نهایی مقاومت و حالت حدی بهره‌برداری می‌شود. در حالت حدی مقاومت، سازه یا قطعه‌ای از آن ممکن است به علت رسیدن به حداکثر ظرفیت خود گسیخته شود. در حالت حدی بهره‌برداری مواردی نظری تغییر شکل‌های بیش از حد، لطمات موضعی نظری ترک‌خوردگی و لرزش بیش از اندازه مطرح می‌باشد.

علاوه بر موارد فوق حالات حدی نظری: از دست رفتن تعادل سازه و یا قسمتی از آن به عنوان یک جسم صلب و یا تغییر شکل سازه یا قسمتی از آن در حدی که شکل هندسی و در نتیجه رفتار سازه را به کلی تغییر دهد، نیز باید بررسی شود. همچنین باید پایایی سازه در تمام طول عمر مفید پیش‌بینی شده حفظ شود، بطوری که در اثر پیرسی و فرسودگی ایمنی و قابلیت بهره‌برداری سازه بیش از حد تقلیل نیاید.

۱-۳- حالت حدی نهایی مقاومت

در این حالت حدی، طراحی اعضای مختلف سازه چنان صورت می‌گیرد که مقاومت نهایی آنها در هر مقطع بزرگتر یا مساوی با تلاش‌های موجود در آن مقطع تحت اثر بارهای نهایی وارد به سازه باشد. برای این کار مقادیر مشخصه بارها در ضرایب جزیی ایمنی عامل‌ها» که با γ نشان داده می‌شود، ضرب می‌شوند. این ضرایب بیان کننده عدم یقین‌ها در برآورد صحیح مقادیر بارهای خارجی می‌باشند.

علاوه بر آن مقادیر مشخصه مقاومت‌های بتن و فولاد باید در ضرایبی به نام «ضرایب جزیی ایمنی مقاومت‌ها» که با ϕ_m نمایش داده می‌شوند، ضرب شوند. این ضرایب منعکس کننده عدم اطمینان موجود در کیفیت مصالح، نحوه اجرا، درستی ابعاد و اندازه قطعات‌اند. مقادیر γ_f بصورت ترکیب عامل‌ها و ϕ_m در جدول (۱-۱) و (۲-۱) نشان داده شده‌اند.

جدول (۱-۱) ترکیب عامل‌ها

انواع ترکیب عامل‌ها (حاصلضرب γ_f در انواع عامل‌ها)
1.25 D + 1.5 L*
D + 1.2 L* + 1.2 E (1.2 W) یا
0.85 D + 1.2 E (1.2 W) یا
1.25 D + 1.5 L* + 1.5 H (1.25 F) یا
0.85 D + 1.5 H (1.25 F) یا
D + 1.2 L + T
1.25 D + 1.25 T

* در مواردی که اثر بارهای زنده نامساعد و کاهش دهنده‌اند این اثر برابر با صفر منظور می‌شود.

در این جدول :

- D = بار مرده
- L = بار زنده
- E = بار زلزله
- W = بار باد
- H = فشار خاک یا فشار ناشی از آبهای تحت‌الارضی
- T = اثر جمیعی حرارت، جمع‌شدگی و وارفتگی بتن و نشست تکیه‌گاه‌ها
- F = فشار و وزن مایعات

جدول (۲-۱) مقادیر ضرایب جزیی ایمنی مقاومت‌ها

ϕ_m	نام
$\phi_m = 0.6$	ضرایب جزیی ایمنی مقاومت بتن
$\phi_s = 0.85$	ضرایب جزیی ایمنی مقاومت فولاد

علاوه بر ضرایب γ_f و ϕ_m ، در آیین‌نامه ضریبی تحت عنوان «ضرایب جزیی ایمنی اصلاحی» معرفی شده است که در مواردی که اهمیت قطعه و پیامدهای گسیختگی آن، از جمله شاخص بودن نوع گسیختگی مانند نرم یا ترد بودن آن، مورد نظر باشد، بکار گرفته می‌شود. این

ضریب بنا به مورد یا در مقاومت قطعه ضرب می‌شود و آن را کاهش می‌دهد (ϕ_n) یا در عامل‌ها ضرب می‌شود و آنها را افزایش می‌دهد (γ_n).

ضرایب اصلاحی ϕ_n و γ_n در طراحی کلیه قطعات مساوی با یک است مگر آنکه برای آن مقداری مشخص شده باشد، مانند مقدار $\gamma_n = 0.65$ در بند (۱۳-۸-۴) آین نامه.

۱-۲-۲- حالات حدی بهره‌برداری

این حالات شامل دو حالت تغییر شکل و ترک خوردگی است. در این حالات حدی، کنترل می‌شود که تغییر شکل‌ها و ترک خوردگی‌های ایجاد شده در هر عضو تحت اثر بارهای بهره‌برداری وارد به سازه کوچک‌تر از مقادیر مشخصی باشند که در طرح مورد نظر بوده‌اند. در این حالت مقادیر ضرایب جزیی اینمی بارها، γ_f و ضرایب جزیی اینمی مقاومت، ϕ_c و ϕ_s ، برابر واحد در نظر گرفته می‌شوند.

۱-۳- اصول تحلیل

در آین نامه روش‌های زیر برای تحلیل سازه‌ها مجاز شمرده شده است:

۱-۳-۱- تحلیل خطی

در این روش تحلیل کلیه تلاش‌ها در مقاطع مختلف سازه با فرض مطلق بودن رفتار مصالح کوچک بودن تغییر شکل‌های ایجاد شده و بر اساس تئوری الاستیسیته تعیین می‌شوند. این روش تحلیل را می‌توان برای انواع سازه‌ها در حالت حدی مقاومت و حالت حدی بهره‌برداری مورد استفاده قرار داد. ولی در سازه‌های متشکل از اعضای منشوری که در آنها تغییر مکان جانبی آزاد است، استفاده از این روش به شرطی

مجاز است که ضریب لاغری ستون‌ها، $\frac{\ell}{k}$ ، از صد تجاوز نکند.

در قاب‌های خمی که در آنها محدودیت‌های خاصی رعایت شده باشند، تحلیل سازه را می‌توان با استفاده از روش‌های تقریبی انجام داد. این روش به شرح زیر خلاصه می‌شود:

در تیرهای یکسره و دال‌های یکطرفه ممتد، در صورتی که شرایط زیر موجود باشند، لنگرهای خمی و تلاش‌های برشی را می‌توان در مقاطع مختلف با استفاده از جدول (۱-۳) تعیین نمود:

- تیر یا دال دارای حداقل دو دهانه باشد.

- اختلاف طول دو دهانه مجاور بیشتر از ۲۰ درصد طول دهانه کوچک‌تر نباشد.

- بارها در سراسر طول تیر یا دال تقریباً به صورت یکنواخت توزیع شده باشند.

- شدت بار زنده نهایی از سه برابر شدت بار مرده نهایی بیشتر نباشد.

- کلیه اعضای دارای مقاطع ثابت باشند.

جدول (۱-۳) مقادیر تقریبی لنگرها و برش‌ها در تیرهای یکسره و دال‌های یکطرفه

$W_u \frac{\ell_n^2}{11}$	لنگر مثبت: دهانه‌های انتهایی
$W_u \frac{\ell_n^2}{14}$	با انتهای غیر ممتد به صورت آزاد (غیر گیردار)
$W_u \frac{\ell_n^2}{16}$	با انتهای غیر ممتد به صورت یکپارچه با تکیه‌گاه دهانه‌های داخلی
	لنگر منفی در وجه خارجی اولین تکیه‌گاه داخلی:
$W_u \frac{\ell_n^2}{9}$	دو دهانه
$W_u \frac{\ell_n^2}{10}$	بیشتر از دو دهانه
$W_u \frac{\ell_n^2}{11}$	لنگر منفی در وجود دیگر تکیه‌گاه‌های داخلی:
	لنگر منفی در وجود دیگر تکیه‌گاه‌ها برای: دال‌ها با دهانه‌های حداقل ۳ متر و تیرهایی که در آنها نسبت مجموع سختی ستون‌ها
$W_u \frac{\ell_n^2}{12}$	به مجموع سختی تیرها در هر انتهای دهانه بیشتر از ۸ باشد.
	لنگر منفی در وجه داخلی کلیه تکیه‌گاه‌های خارجی برای اعضایی که با تکیه‌گاه‌های خود به صورت یکپارچه ساخته شده باشد:
$W_u \frac{\ell_n^2}{24}$	در حالتی که تکیه‌گاه یک تیر محیطی باشد
$W_u \frac{\ell_n^2}{16}$	در حالتی که تکیه‌گاه یک ستون باشد
$1.15 W_u \frac{\ell_n}{2}$	برش در اعضای انتهایی در وجه اولین تکیه‌گاه داخلی
$W_u \frac{\ell_n}{2}$	برش در وجود سایر تکیه‌گاه‌ها

 I_n : دهانه آزاد

در تحلیل قاب‌های چند طبقه در سازه‌های متعارف تحت اثر بارهای قائم، در صورتی که تغییر مکان‌های جانبی عمدۀ باشند، می‌توان قاب‌ها را به زیر قاب‌های کوچکتری تفکیک و هر یک را جداگانه بررسی نکرد. هر یک از این زیر قاب‌ها شامل تیرهای یک طبقه و ستون‌های بالا و پایین همان طبقه است. انتهای این ستونها در محل اتصال به طبقات مجاوز گیردار فرض می‌شوند. در مواردی که اتصال ستونی به طبقه مجاور مشخصاً مفصلی فرض می‌شود، طرح ستون‌های هر طبقه از این قاب‌ها بارهای محوری منتقل شده از طبقات فوقانی باید منظور شوند.

در تحلیل قاب‌های چند طبقه در سازه‌های متعارف تحت اثر بارهای قائم، در صورتی که تغییر مکان‌های جانبی عمدۀ باشند، می‌توان روش فوق را به کار گرفت مشروط بر آنکه انتهای ستونها در محل اتصال به یک طبقه مجاور گیردار و در محل اتصال به طبقه مجاور دیگر گیردار ولی با امکان حرکت جانبی در نظر گرفته شوند.

در تحلیل قاب‌های چند طبقه برای بارهای جانبی استفاده از روش‌های تقریبی مانند روش «پرتال» در صورتی مجاز است که موقعیت نقاط عطف را بتوان با تقریب قابل قبولی مشخص نمود و اثر تغییر شکل‌های محوری ستون‌ها را هم در نظر گرفت. ولی برای ساختمان‌های متعارف با حداقل هشت طبقه می‌توان از تغییر شکل‌های ستون‌ها صرفنظر کرد.

۱-۳-۲- تحلیل خطی همراه با بازپخش محدود

در این روش تحلیل، فرض‌های منظور شده عیناً مانند روش تحلیل خطی است. علاوه بر آنها اجازه داده می‌شود تلاش‌های موجود در مقاطع مختلف با توجه به مشخصات مکانیکی آنها به مقدار محدودی کاهش یا افزایش داده شوند. آثار ناشی از تغییرات این تلاش‌ها باید در سایر مقاطع نیز در نظر گرفته شوند.

این روش را می‌توان برای سازه‌های متشکل از اعضای منشوری و اعضای صفحه‌ای به شرح زیر اعمال کرد:

در قاب‌های خمی با شرایط زیر می‌توان بازپخش لنگرهای خمی را به مقدار گفته شده انجام داد:

- مقادیر لنگرهای خمی منفی محاسبه شده در تکیه‌گاهها، حداقل به اندازه مقدار زیر کاهش داده می‌شوند، مشروط بر آنکه مقادیر لنگرهای در سایر مقاطع، با توجه به شرایط تعادل بارها تغییر داده شوند.

$$R = 20(1 - 0.7 \frac{\rho - \rho'}{\rho_b})\%$$

که در آن:

نسبت آرماتور کششی

نسبت آرماتور فشاری

نسبت آرماتور کششی در مقطع متعادل

- بازپخش لنگرهای تنها در صورتی انجام می‌شود که در مقطع مورد نظر مقدار ρ یا ρ' کوچکتر از $0.7 \rho_b$ باشد.

- بازپخش لنگرها در اعضای خمی با حرکت جانبی آزاد در صورتی که ضریب لاغری ستون، $\frac{\ell_u}{r} k$ بزرگتر از ۲۵ باشد مجاز نیست. در صورتی که ضریب لاغری ستون‌ها کوچکتر از ۲۵ باشد حداکثر بازپخش لنگرها به مقدار:

$$R = 10(1 - 0.7 \frac{\rho - \rho'}{\rho_b})\%$$

محدود می‌شود.

- در صورتی که برای تعیین تلاش‌ها از روش تقریبی استفاده شده باشد، بازپخش لنگرها مجاز نیست.
- بازپخش لنگرهای ناشی از نیروهای جانبی باد یا زلزله مجاز نمی‌باشد.

در دال‌های کسره دو طرفه مقادیر لنگرهای خمی محاسبه شده در تکیه‌گاه‌ها را، در هر نوار، می‌توان به اندازه ۲۵ درصد کاهش یا افزایش داد مشروط بر آنکه مقادیر لنگرهای خمی در سایر مقاطع آن نوار با استفاده از شرایط تعادل بارها تغییر داده شوند. بازپخش لنگرها در سیستم‌های دال که لنگرهای آنها با استفاده از روش مستقیم بند (۱۵-۷) آینه‌نامه تعیین شده‌اند، مجاز نیست.

۱-۳-۳- تحلیل غیر خطی

در این روش کلیه تلاش‌ها با توجه به رفتار غیرخطی مصالح و با توجه به اثر تغییر شکل‌های زیاد در سازه که به رفتار غیرخطی هندسی معروف است، تعیین می‌شوند.

تحلیل غیرخطی را می‌توان برای سازه‌های متشکل از اعضای منشوری و اعضای صفحه‌ای در حالت حدی نهایی و بهره‌برداری مورد استفاده قرار داد.

در این روش برای نمودار لنگر خمی- انحنای اعضا می‌توان از نمودار دو خطی الاستو- پلاستیک که نمایشگر حالت ترک‌خورده بتن و حالت تشکیل منصل پلاستیکی است، و یا از نمودار سه خطی که نمایشگر حالت ترک‌خورده بتن، حالت ترک خورده بتن و حالت تشکیل منصل پلاستیکی است، و یا از هر نمودار دیگری که با آزمایش تایید شده باشد، استفاده نمود.

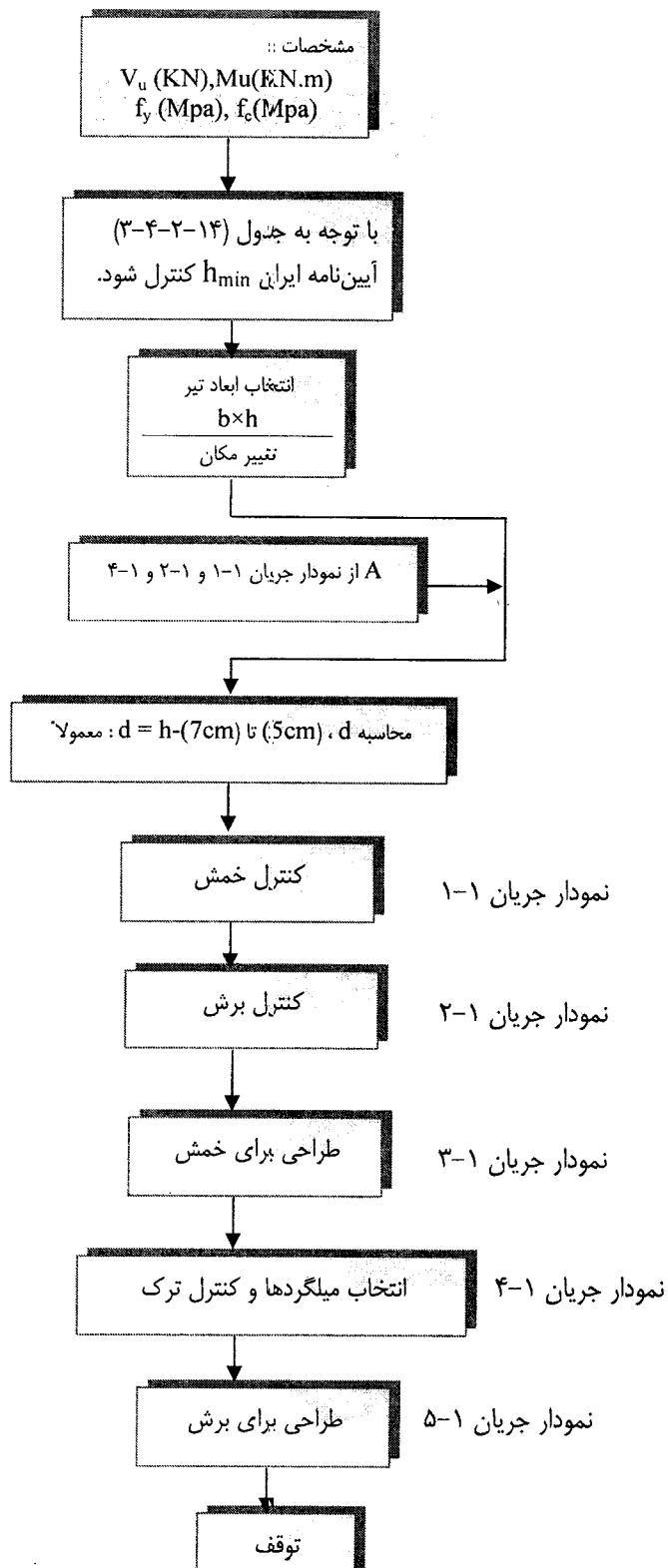
۱-۳-۴- تحلیل پلاستیک

در این روش کلیه تلاش‌ها با فرض رفتار صلب- پلاستیک قطعات و با استفاده از تئوری پلاستیسیته تعیین می‌شوند و برای اعضای صفحه‌ای تنها در حالات حدی نهایی بکار برد می‌شود. در دال‌ها این روش می‌تواند به صورت روش استاتیکی مانند روش نوارها و یا روش سینماتیکی مانند روش لولاهای گسیختگی بکار گرفته شود. در هر یک از این روش‌ها باید آرماتورگذاری در دال چنان صورت گیرد که نسبت به ظرفیت دوران لولاهای اطمینان کامل حاصل شود. در روش استاتیکی باید تابع توزیع لنگرهای خمی انتخاب شده تا حد امکان نزدیک به تابع توزیع حاصل از روش تحلیل خطی باشد. در پوسته‌ها تنها استفاده از روش استاتیکی مجاز شمرده می‌شود. در این روش باید تابع توزیع لنگرهای خمی انتخاب شده تا حد امکان نزدیک به تابع توزیع حاصل از روش تحلیل خطی باشد. در انتخاب این تابع باید تجارت گذشته و یا نتایج آزمایش‌های انجام شده را ملاک عمل قرار داد.

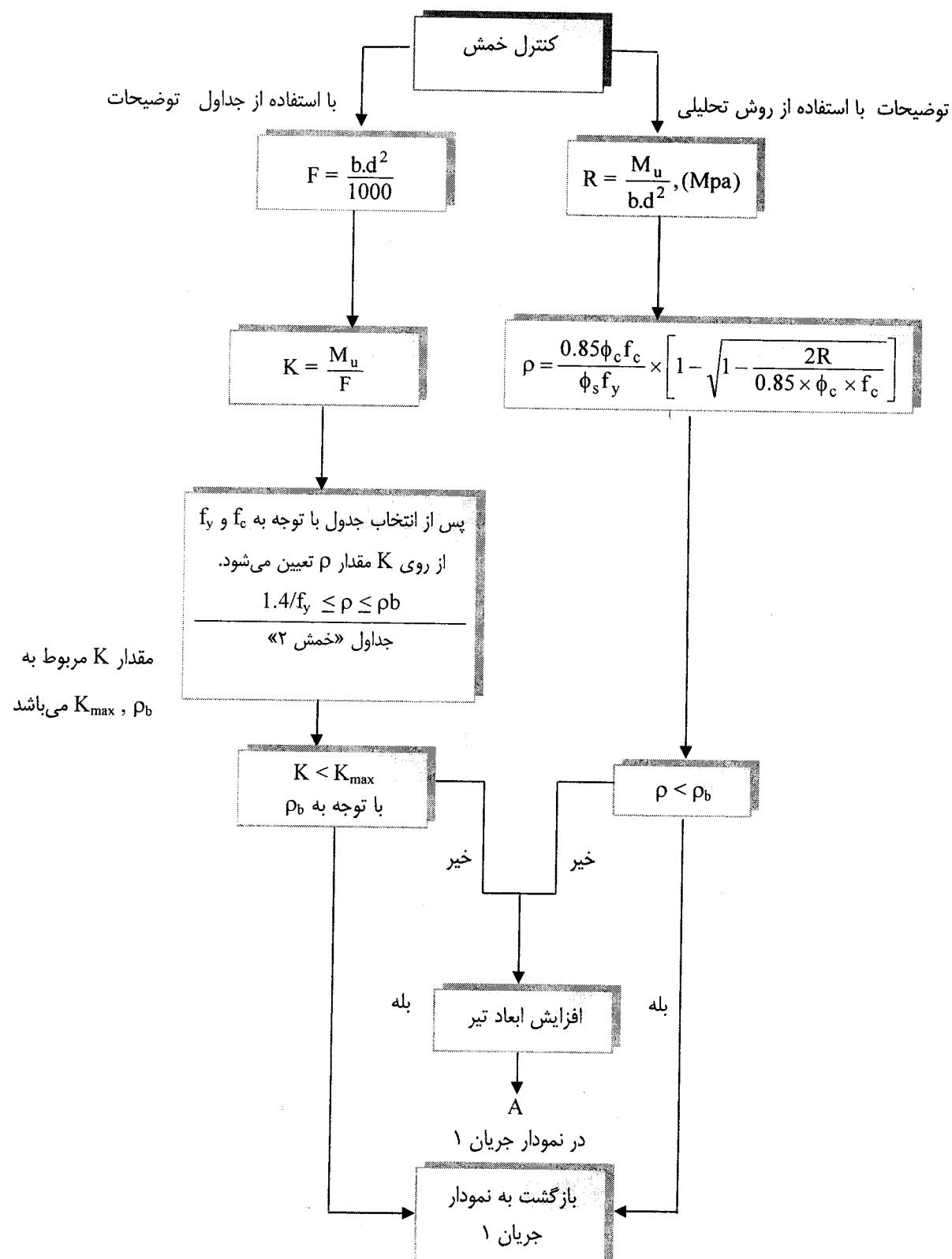
خُمَّش

نمودار جریان ۱ : طراحی تیرهای بدون محدودیت ارتفاعی

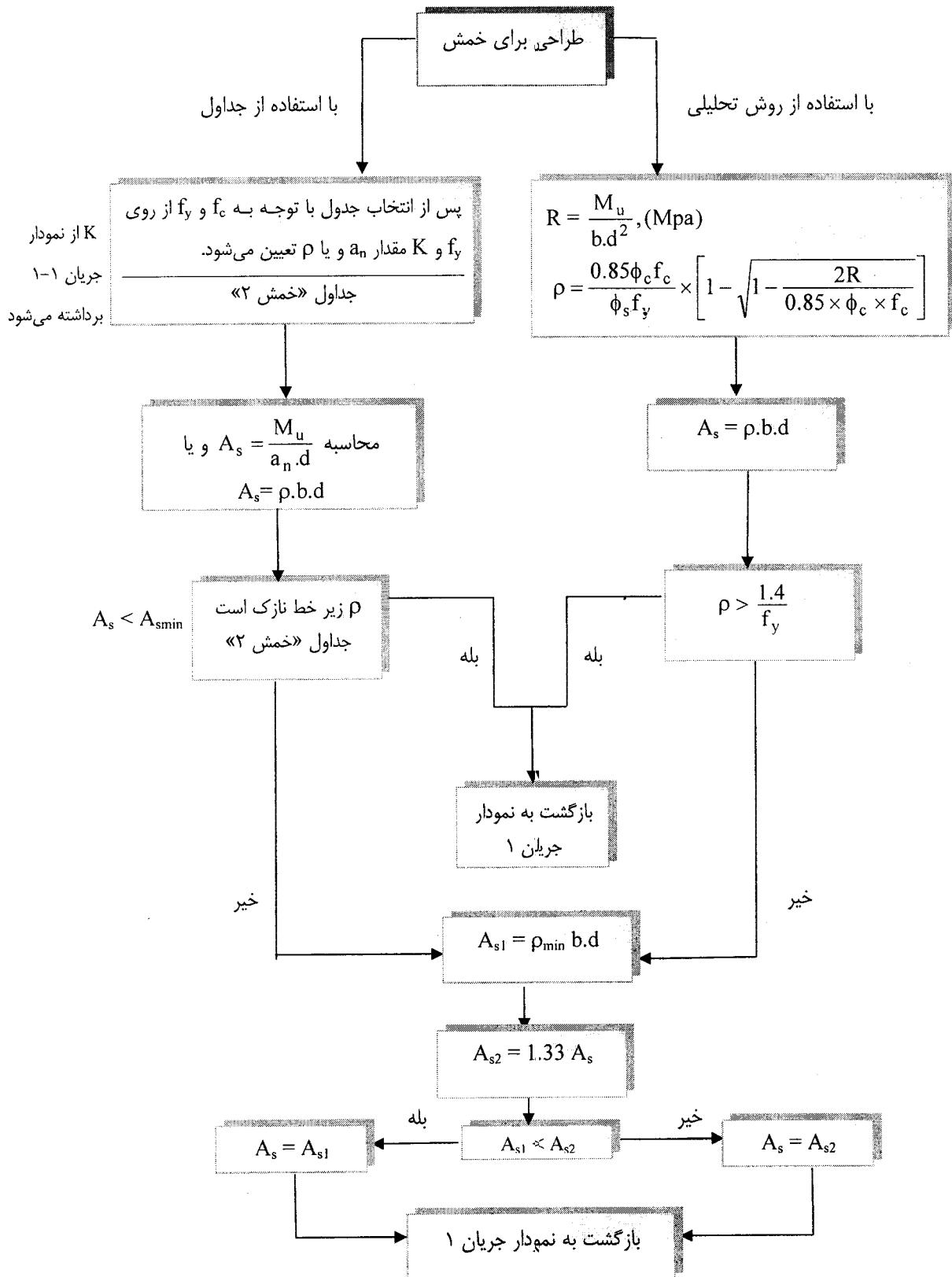
توضیحات : اگر اعضاء غیرسازهای روی تیر در برابر تغییر شکل حساس باشند و یا $h < h_{min}$ باشد، کنترل تغییر مکان الزامیست. محدودیت تغییر مکان در تیرها، در جدول (۱-۴-۲-۱۴) آینه نامه ایران موجود است.



نمودار جریان ۱-۱: کنترل خمش در تیر بدون محدودیت ارتفاعی

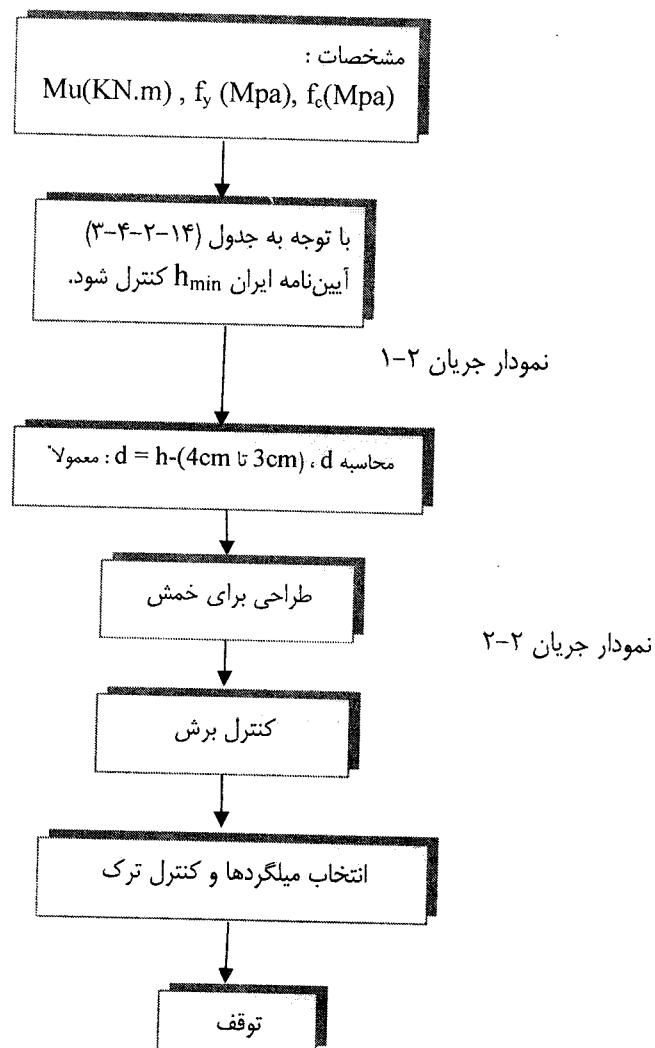


نمودار جریان ۱-۳: طراحی برای خمش در تیرهای بدون محدودیت ارتفاعی

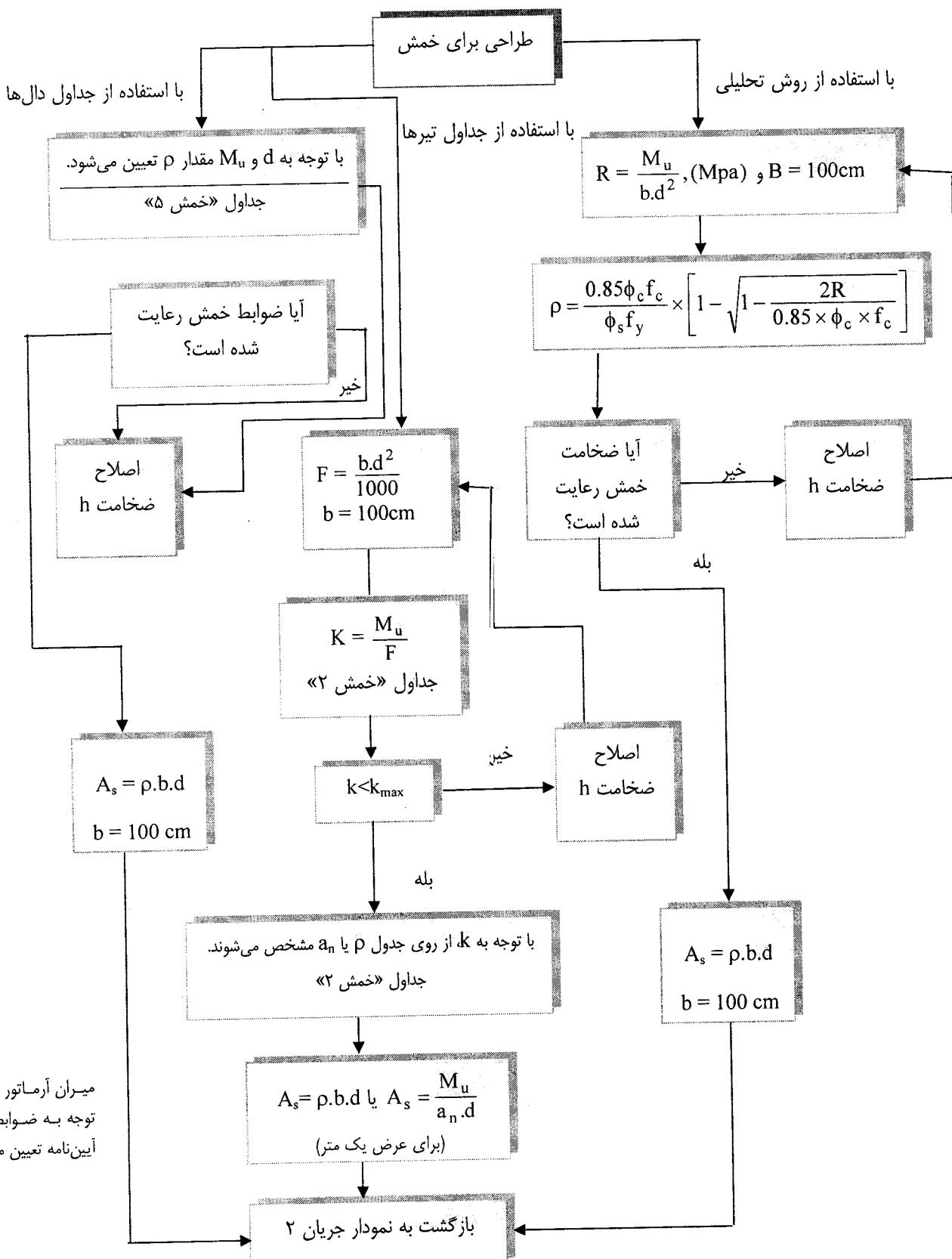


نمودار جریان ۲ : طراحی دال‌های یک طرفه

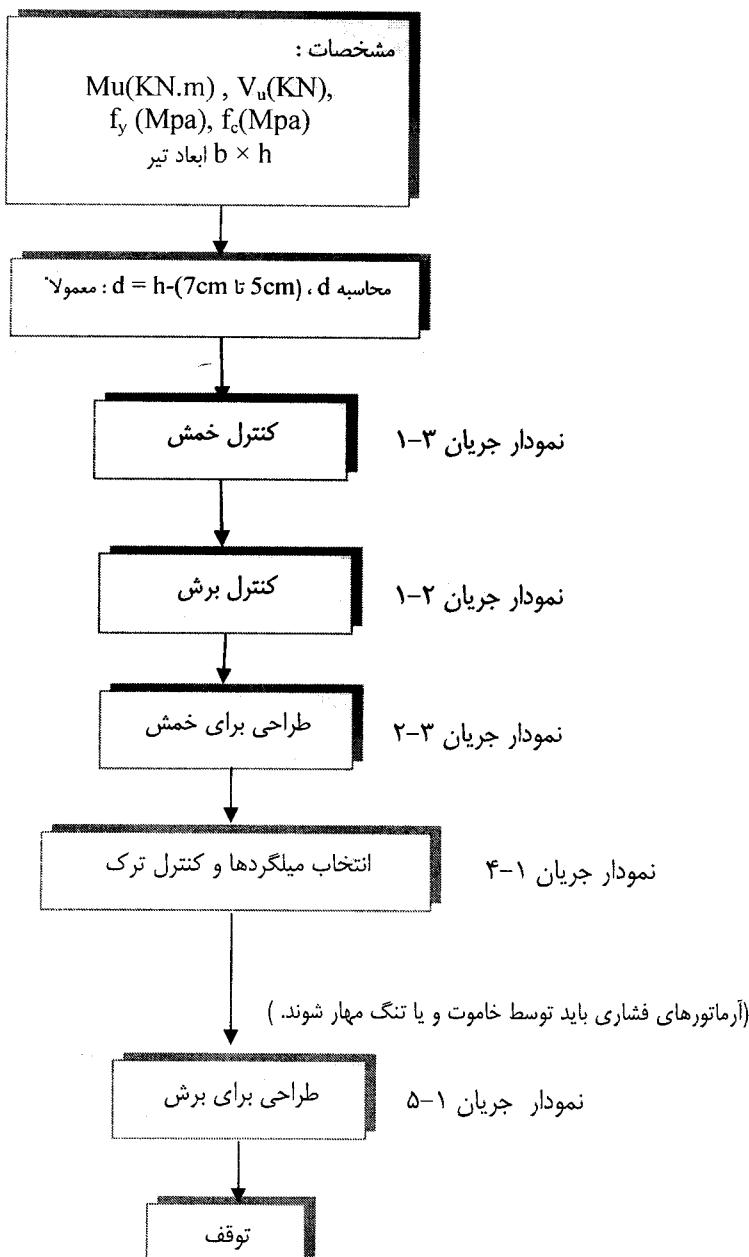
توضیحات : اگر اعضا غیر سازه روی دال در برابر تغییر شکل حساس باشند و یا $h < h_{min}$ باشد، کنترل تغییر مکان الزامیست. محدودیت تغییر مکان در دالها، در جدول ۱-۴-۲-۱۴ آینه نامه بتن ایران موجود است.



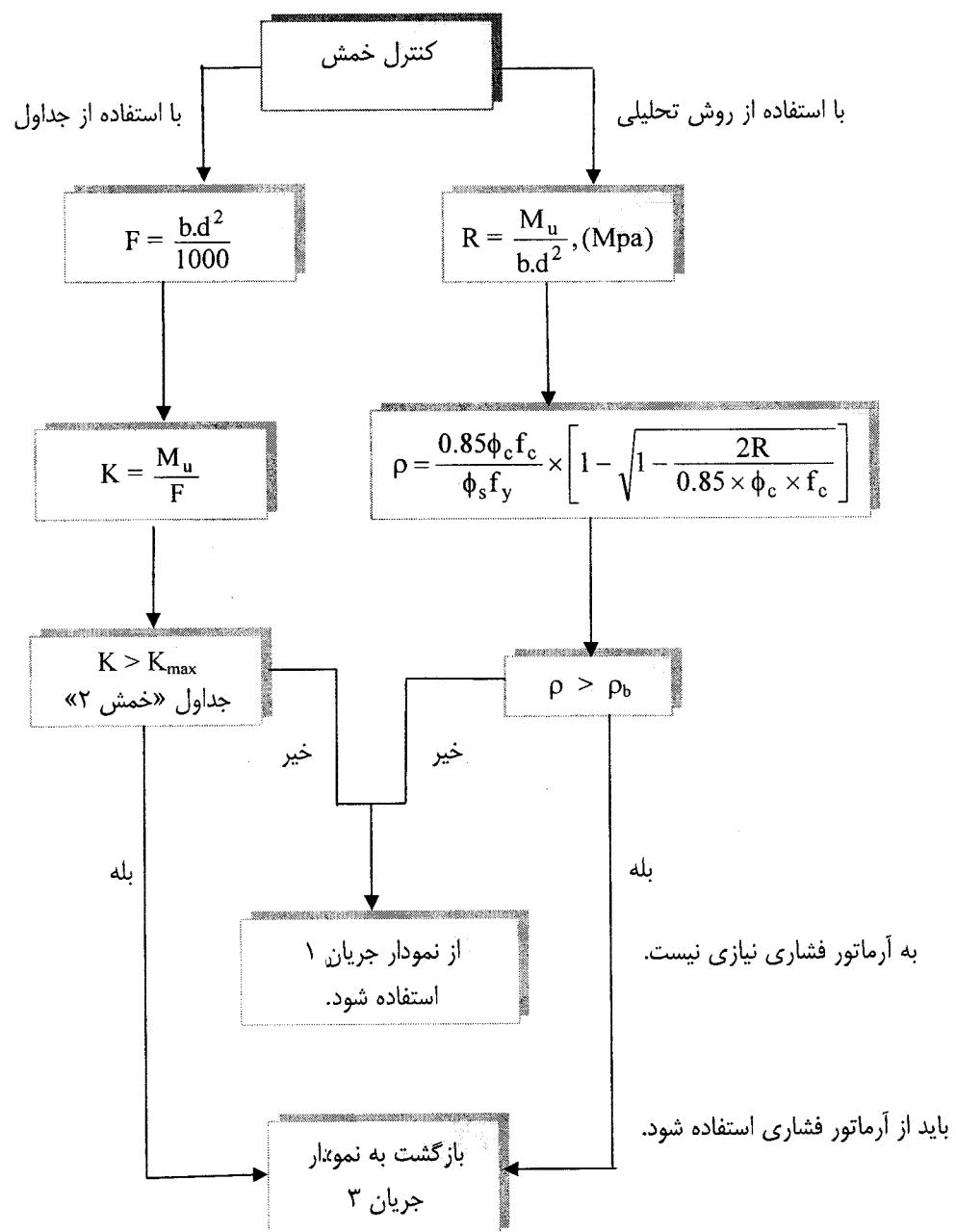
نمودار جریان ۱-۲ : طراحی برای خمش در دالهای یک طرفه



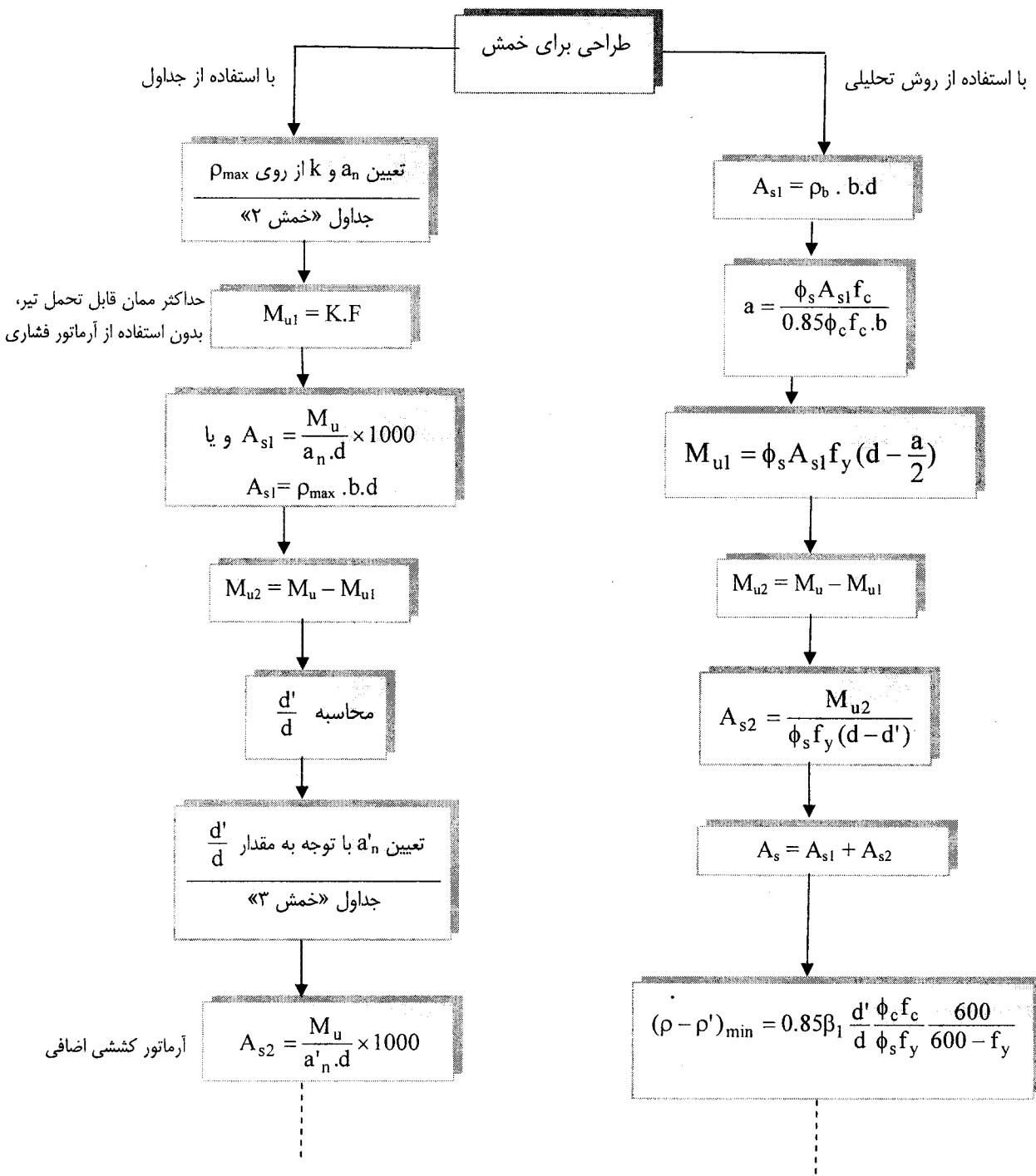
نمودار جریان ۳ : طراحی تیرهای دارای محدودیت ارتفاعی



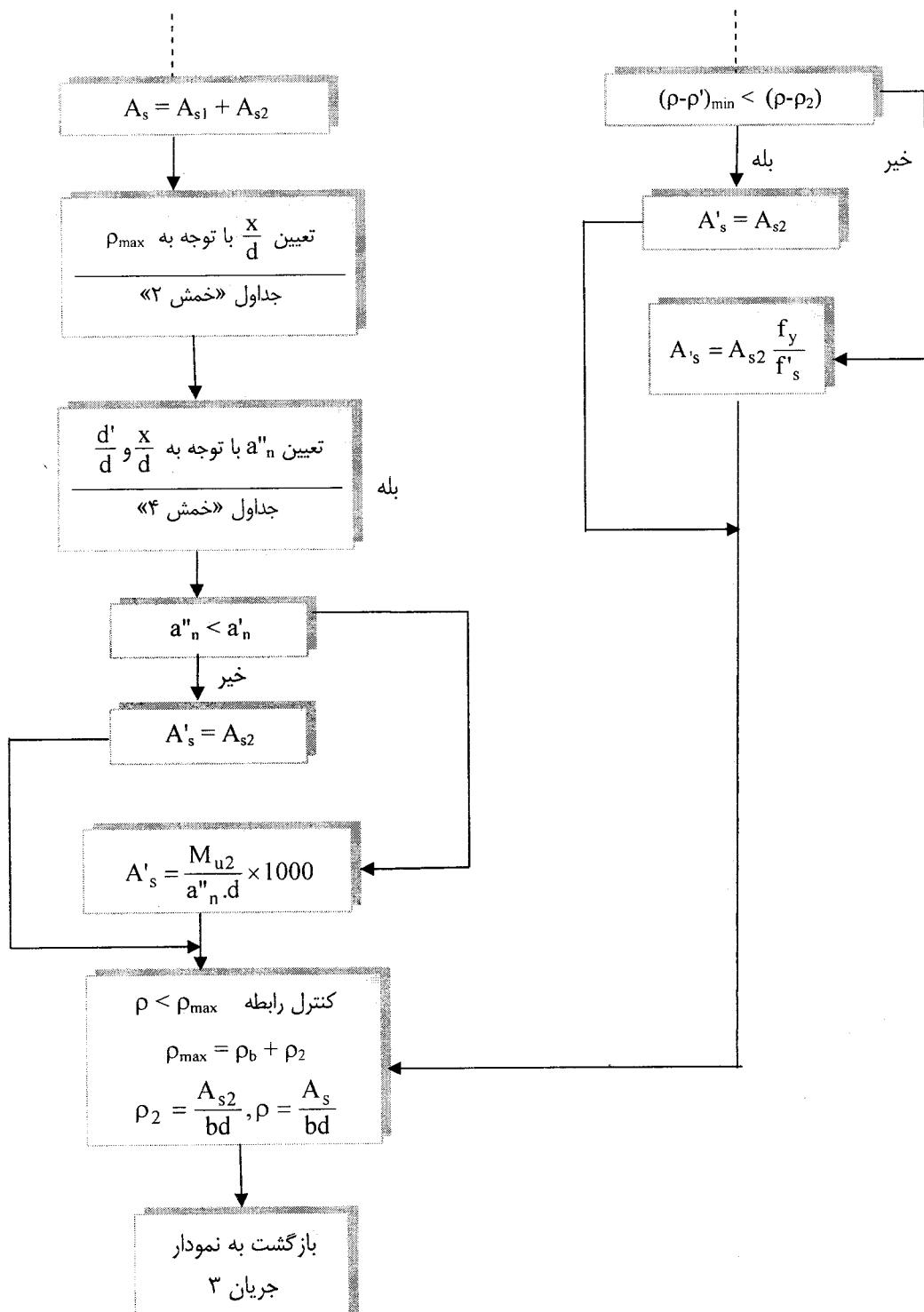
نمودار جریان ۳-۱ : کنترل خمنش در تیرهای دارای محدودیت ارتفاعی



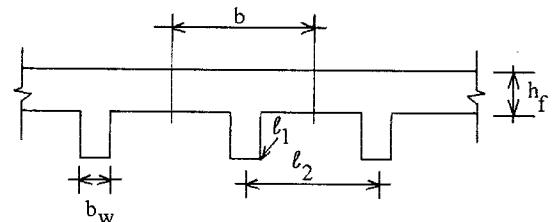
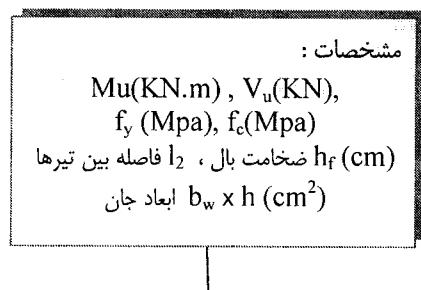
نمودار جریان ۲-۳ : طراحی برای خمش در تیرهای دارای محدودیت ارتفاعی



ادامه نمودار جریان ۲-۳



نمودار جریان ۴ : طراحی تیرهای T شکل



فقط در حالتی که بال تحت فشار می‌باشد از این روش استفاده می‌شود. عرض موثر b با توجه به ضوابط آیین‌نامه تعیین می‌گردد.

با استفاده از جداول با استفاده از روش تحلیلی

$$F = \frac{b \cdot d^2}{1000}$$

$$K = \frac{M_u}{F}$$

$$\bar{M} = 0.85\phi_c f_c b \cdot h_f \left(d - \frac{h_f}{2}\right)$$

با توجه به K از روی جدول مقدار

$$\frac{a}{d}$$
 مشخص می‌شود.

جدول «خمنش ۲»

$$\frac{h_f}{d} < \frac{a}{d}$$

خیر

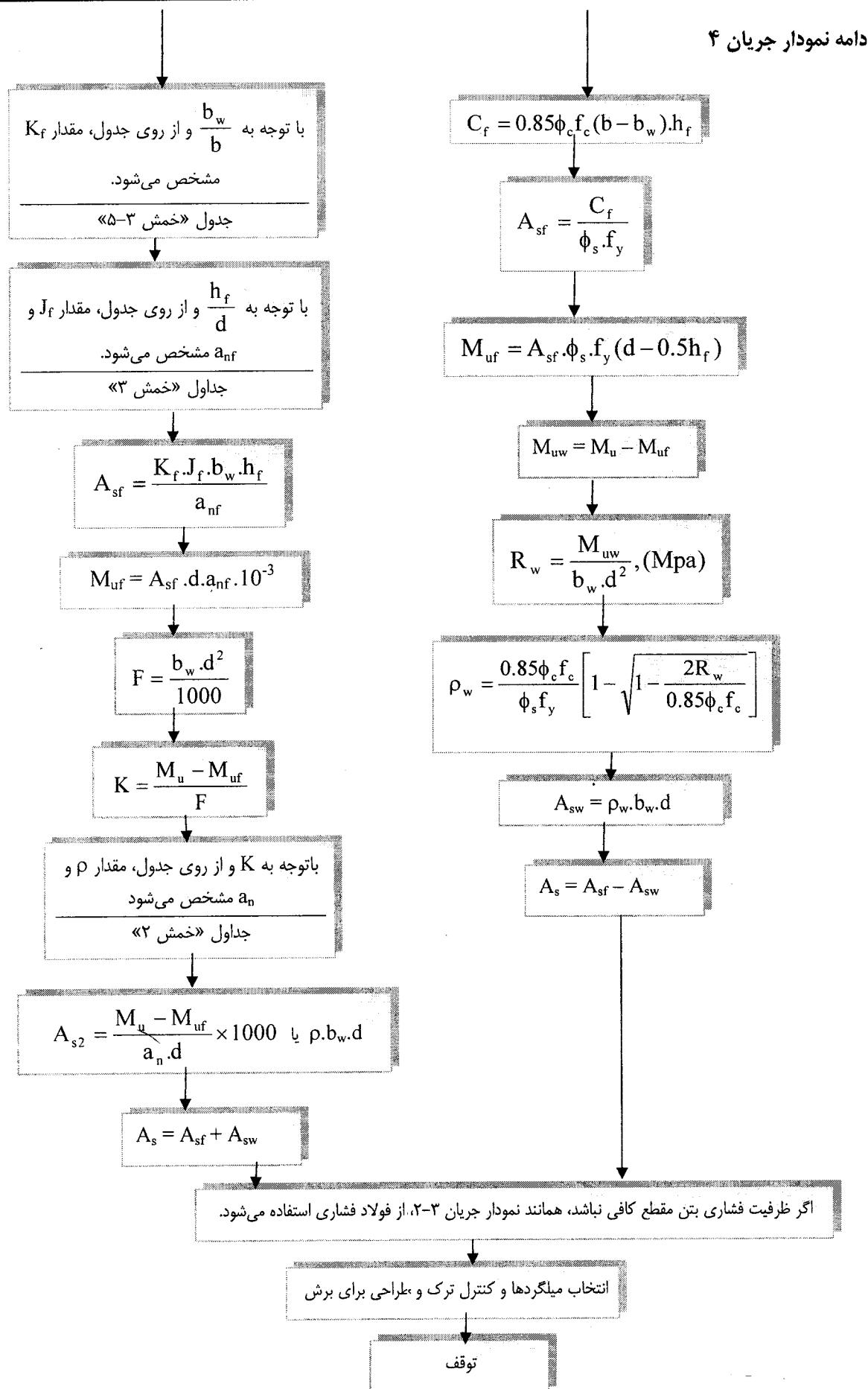
$$\bar{M} < M_u$$

تیر شبیه یک مقطع مستطیلی عمل می‌کند و طراحی می‌تواند از روی نمودار جریان ۱ و با در نظر گرفتن b به عنوان عرض تیر انجام شود.

البته در کنترل تیر برای برش و آرماتورگذاری و ترک خوردگی از b_w بجای b استفاده می‌شود.

بله

ادامه نمودار جریان ۴



مثال ۱ محاسبه آرماتورهای کششی لازم برای تیر مستطیل شکل تحت اثر خمش ساده و بدون آرماتور فشاری

برای یک تیر مستطیل شکل تحت اثر لنگر نهایی M_u ، میزان آرماتور کششی لازم را، با توجه به ابعاد تیر تعیین کنید. تیر در معرض شرایط محیطی ملایم قرار دارد.

: مشخصات

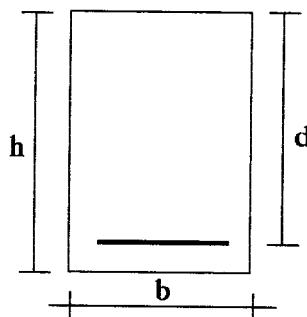
$$M_u = 110 \text{ KN.m}$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$b = 25 \text{ cm}$$

$$h = 50 \text{ cm}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف : با استفاده از روش تحلیلی (گام اول)	۹-۲-۸
	- ضخامت پوشش - قطر خاموت - ارتفاع کل = ارتفاع موثر نصف قطر میلگرد فرض : $d = h - 1 - \frac{2}{2} - 3.5$ $d = 44.5 \text{ cm}$	با توجه به قطر میلگردهای طولی و خاموتها و پوشش بتی، مقدار d تخمین زده می شود.	
	$R = \frac{110}{1000 \times 0.25 \times 0.445^2}$ $R = 2.22 \text{ MPa}$	گام دوم) برای مقطع محاسبه می شود. $R = \frac{M_u}{bd^2}$	فصل ۱۱
	$\rho = \frac{0.85 \phi_c f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85 \phi_c f_c}} \right]$ $\rho = 0.00746$	گام سوم) ρ محاسبه می شود.	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۲-۵-۱۱	گام چهارم) ρ _{min} محاسبه می گردد $\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y}$ $\rho_{\min} = \frac{0.25\sqrt{f_c}}{f_y}$	$\rho_{\min} = \frac{1.4}{400} = 0.0035 < \rho \text{ O.K.}$ $\rho_{\min} = \frac{0.25\sqrt{20}}{400} = 0.0028 < \rho \text{ O.K.}$	
۱-۵-۱۱	گام پنجم) ρ _{max} محاسبه می شود. $\rho_{\max} = 0.85\beta_1 \frac{\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \frac{600}{600 + f_y}$	$\rho_{\max} = 0.85 \times 0.85 \frac{0.6 \times 20}{0.85 \times 400} \frac{600}{600 + 400}$ $\rho_{\max} = 0.0153 > \rho \text{ O.K.}$	
	گام ششم) A _s محاسبه می شود. $A_s = \rho \cdot b \cdot d$	$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0.00746 \times 25 \times 44.5 = 8.3 \text{ cm}^2$	
	ب) با استفاده از جدول «خمنش ۱ گام اول) مقدار d مشخص می شود.	d = 44.5 cm	
	گام دوم) مقدار a _n مشخص می شود.	برای f _y = 400 MPa , f _c = 20 MPa : $a_n = 286$	خمنش - ۱
	گام سوم) A _s محاسبه می شود. $A_s = \frac{M_u}{a_n \cdot d} \times 1000$	$A_s = \frac{110}{286 \times 44.5} \times 1000 = 8.64 \text{ cm}^2$	
	ج) با استفاده از جداول «خمنش ۲ گام اول) مقدار d مشخص می شود.	d = 44.5 cm	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	گام دوم) مقدار F محاسبه می شود. $F = \frac{b \cdot d^2}{1000}$	$F = \frac{25 \times 44.5^2}{1000} = 49.5$	
	گام سوم) محاسبه می شود. $K = \frac{M_u}{F}$	$K = \frac{110}{49.5} = 2.22$	
	گام چهارم) مقدار ρ و یا a_n مشخص می شود. $\rho = 0.0074$ ، $a_n = 297.84$	$f_y = 400 \text{ MPa}$ ، $f_c = 20 \text{ MPa}$ $K = 2.22$	خمنش ۱-۲
	گام پنجم) محاسبه می شود. $A_s = \rho \cdot b \cdot d$ $A_s = \frac{M_u}{a_n \cdot d} \times 1000$	$A_s = 0.0074 \times 25 \times 44.5 = 8.2 \text{ cm}^2$ $A_s = \frac{110}{297.84 \times 44.5} \times 1000 = 8.2 \text{ cm}^2$	

مثال ۲ طرح تیر مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری، تحت اثر خمنش ساده.

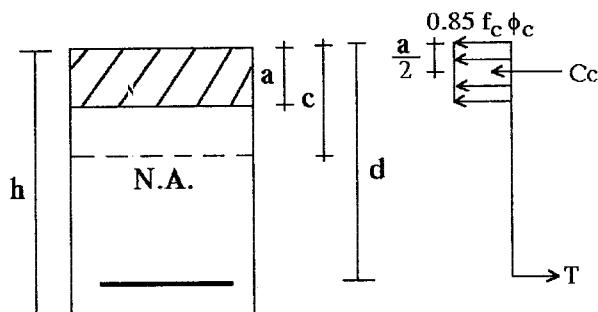
برای یک تیر مستطیل شکل تحت اثر لنگر نهایی M_u ، ارتفاع تیر h و فولاد مورد نیاز A_s را تعیین کنید. فرض کنید $\rho_b = 0.5 \rho$ و تیر در معرض شرایط محیطی ملایم قرار دارد.

مشخصات :

$$M_u = 160 \text{ KN.m}$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

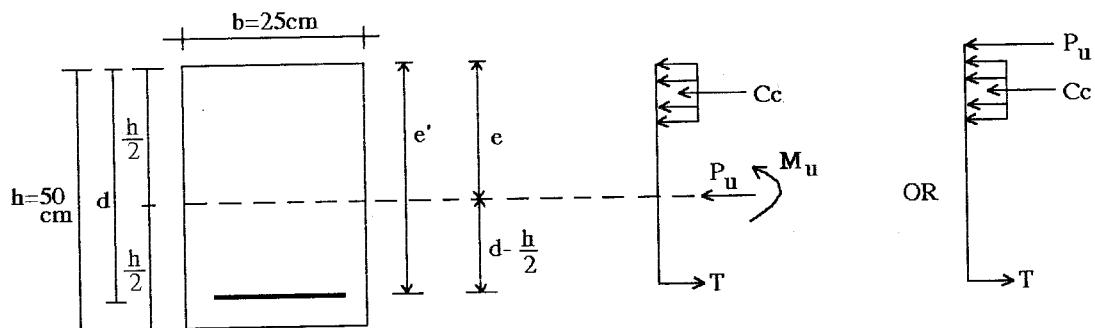


جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آئین نامه	
		الف : با استفاده از روش تحلیلی (گام اول) برای $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 20 \text{ MPa}$ داریم: $\rho_b = 0.0153$ $\rho = 0.5 \rho_b = 0.0077 \approx 0.008$ $R = 0.008 \times 0.85 \times 400 \times \left[1 - 0.5 \frac{0.008 \times 0.85 \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 20} \right]$ $R = 2.36 \text{ MPa}$ $(bd^2)req = \frac{M_u}{R} = \frac{160}{2.36 \times 1000} = 0.068 \text{ m}^3$ $d = \sqrt{\frac{(bd^2)req}{b}} = \sqrt{\frac{0.068}{0.3}} = 0.48 \text{ m} = 48 \text{ cm}$	تعیین ابعاد تیر با توجه به میزان ρ محاسبه میزان R $R = \rho \phi_s f_y \left[1 - 0.5 \frac{\rho \phi_s f_y}{0.85 \phi_c f_c} \right]$ تعیین bd^2 مورد نیاز $(bd^2)req = \frac{M_u}{R}$ محاسبه میزان d با فرض $b = 30 \text{ cm}$ (عرض ستون)	۱-۵-۱۱
	$A_s = 0.0008 \times 30 \times 48 = 11.52 \text{ cm}^2$	(گام دوم) تعیین میزان فولاد مورد نیاز $A_s = \rho \cdot b \cdot d$		

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۶-۲-۸ ۲-۶-۲-۸ ۲-۹-۲-۸	<p>گام سوم</p> <p>انتخاب میلگردها کنترل عرض تیر</p>	<p>USE $6 \Phi 16$, $A_s = 12.06 \text{ cm}^2$</p> <p>با فرض وجود $3\Phi 16$ در هر لایه فاصله آزاد بین میلگردها برابر است با:</p> $\frac{30 - 2 \times 3.5 - 2 \times 1 - 3 \times 1.6}{2} = 8.1 \text{ cm} > 2.5 \text{ cm O.K}$	
۱-۵-۱۱	<p>ب: با استفاده از جداول «خمش ۲»</p> <p>گام اول</p> <p>تعیین ابعاد تیر با توجه به میزان ρ</p> <p>مقدار K و a_n را بدست آورید.</p> <p>مقدار F را محاسبه کنید.</p> $F = \frac{M_u}{K}$ <p>با فرض $b=30\text{cm}$ مقدار $d=30\text{cm}$ را محاسبه کنید.</p> $d = \left(\frac{1000 \times F}{b} \right)^{\frac{1}{2}}$	<p>با توجه به قسمت الف:</p> $\rho = 0.5 \quad \rho_b = 0.008$ <p>برای $\rho=0.008$ و $f_c = 20 \text{ MPa}$ و $f_y = 400 \text{ MPa}$</p> <p>$K = 2.3846 \quad , \quad a_n = 293.760$</p> $F = \frac{160}{2.3846} = 67.1$	خمش ۲
	<p>گام دوم</p> <p>تعیین میزان فولاد مورد نیاز</p> $A_s = \frac{M_u}{a_n \cdot b} \times 1000$ <p>و یا :</p> $A_s = \rho \cdot b \cdot d$	$A_s = \frac{160}{293.76 \times 48} \times 1000 = 11.35 \text{ cm}^2$ $A_s = 0.008 \times 30 \times 48 = 11.52 \text{ cm}^2$ $\therefore A_s = 11.52 \text{ cm}^2$	

مثال ۳ محاسبه آرماتورهای کششی لازم برای تیر مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری، که تحت تاثیر نیروی محوری کوچکی نیز قرار دارد.

مثال ۱ را با این فرض که علاوه بر لنگر خمشی $M_u = 110 \text{ KN.m}$ تحت اثیر نیروی محوری $P_u = 200\text{KN}$ قرار دارد، حل کنید.



بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۸-۱۱	الف : با استفاده از روش تحلیلی (گام اول) کنترل کوچک بودن نیروی محوری وارد $0.15\phi_c f_c A_g$	$0.15 \times 0.6 \times 20 \times 0.5 \times 0.25 \times 1000$ $= 225\text{KN} > 200 \text{ O.K}$	
	(گام دوم) محاسبه خروج از محوری ' $e = \frac{M_u}{P_u}$ $e' = e + d - \frac{h}{2}$	$e = \frac{110}{200} = 0.55\text{m} = 55 \text{ cm}$ $e' = 55 + 44.5 - \frac{50}{2} = 74.5 \text{ cm}$	
	(گام سوم) محاسبه $P_u e'$ $P_u e' = 200 \times 0.745 = 149 \text{ KN.m}$		

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱۱	<p>گام چهارم) برای مقطع محاسبه می شود.</p> $R = \frac{P_u \cdot e'}{bd^2}$	$R = \frac{149}{1000 \times 0.25 \times 0.445^2}$ $R = 3 \text{ MPa}$	
	<p>گام پنجم) محاسبه می شود.</p> $\rho = \frac{0.85\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85\phi_c f_c}} \right]$	$\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 400} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 3}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$ $\rho = 0.011$	
	<p>گام ششم) محاسبه می شود.</p> $A_s = \rho bd - \frac{P_u}{\phi_s f_y}$ <p>تذکر: اگر A_s منفی شود، این روش قابل قبول نبوده و مقطع باید همانند یک ستون طراحی شود.</p>	$A_s = 0.011 \times 0.25 \times 0.445 - \frac{200 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400}$ $A_s = 1.22 \times 10^{-3} - 0.588 \times 10^{-3} = 6.3 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ $A_s = 6.3 \text{ m}^2$	
۱-۲-۵-۱۱	<p>گام هفتم) مقایسه میزان فولاد بدست آمده یا A_{Smin} با $A_{Smin} = \frac{1.4}{f_y} bd$ $A_{Smin} = \frac{0.25\sqrt{f_c}}{f_y} bd$ <p>تذکر: برای انتخاب میلگردها گام سوم مثال ۲ را ببینید. کنترل فاصله بین آرماتورها و عرض ترک و تغییر شکل انجام شود.</p> </p>	$A_{Smin} = \frac{1.4}{400} \times 25 \times 44.5$ $= 3.89 \text{ cm}^2 < A_s \text{ O.K.}$ $A_{Smin} = \frac{0.25\sqrt{20}}{400} \times 25 \times 44.5$ $A_{Smin} = 3.1 \text{ cm}^2 < A_s \text{ OK.}$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینن نامه
		گام هشتم) کنترل کمتر بودن از P_u $a_{bal} = \left(\frac{600 \times \beta_1}{600 + f_y} \right) d$ $P_{bal} = 0.85 \phi_c f_c b.a_{bal} - \phi_s A_s f_y$	
	$a_{bal} = \frac{600 \times 0.85}{600 + 400} \times 44.5 = 22.7 \text{ cm}$ $P_{bal} = [0.85 \times 0.6 \times 20 \times 0.25 \times 0.227 - 0.85 \times 6.3 \times 10^{-4} \times 400] \times 10^3$ $P_{bal} = 365 \text{ KN} > P_u \text{ O.K.}$		
	با توجه به قسمت الف :	ب: با استفاده از جداول «خمنش ۲» گام اول) محاسبه خروج از محوری $P_u \cdot e'$ $P_u \cdot e' = 149 \text{ KN.m}$	
فصل ۱۱	$F = \frac{25 \times 44.5^2}{1000} = 49.5$	گام دوم) مقدار F محاسبه می شود. $F = \frac{b \cdot d^2}{1000}$	گام سوم) مقدار K محاسبه می شود. $K = \frac{P_u \cdot e'}{F}$
	$K = 3.01$	$a_n = 277.78$	برای $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 20 \text{ MPa}$ خمس ۱-۲ داریم :
	$A_s = \frac{149 \times 10^3}{277.78 \times 44.5} - \frac{200 \times 10}{0.85 \times 400}$ $A_s = 12.05 - 5.88 = 6.17 \text{ cm}^2$	گام پنجم) محاسبه A_s $A_s = \frac{P_u \times e' \times 10^3}{a_n \cdot d} - \frac{P_u \times 10}{\phi_s f_y} \text{ cm}^2$ بر حسب P_u KN و d بر حسب cm می باشد. تذکر: کنترل فولاد حداقل و کمتر بودن P_u از P_b همانند قسمت الف انجام می شود.	

مثال ۴ انتخاب ضخامت و آرماتورهای کششی برای یک دال بدون آرماتور فشاری و تحت اثر خمین ساده

برای یک دال تحت اثر لنگر خمینی M_u ، ضخامت h و میزان آرماتور مورد نیاز را تعیین کنید. دال در معرض شرایط محیطی ملایم قرار دارد.

: مشخصات

$$M_u = 35 \text{ KN.m}$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

$$f_y = 300 \text{ MPa}$$

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۵-۱۱	<p>الف) با استفاده از روش تحلیلی</p> <p>گام اول)</p> <p>اگر ضخامت مشخصی مد نظر نباشد بهتر است ضخامت دال را طوری تعیین کنیم که درصد فولاد لازم حدود $\rho_b = 0.5$ باشد.</p>	$M_u = 35 \text{ KN.m}$ $\rho_b = 0.85\beta_1 \frac{\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \frac{600}{600+f_y}$ $\rho_b = 0.0227$ $0.5 \rho_b \approx 0.011$ $R = \rho \phi_s f_y [1 - 0.5 \frac{\rho \phi_s f_y}{0.85 \phi_c f_c}]$ $R = 0.011 \times 0.85 \times 300 [[1 - 0.5 \frac{0.011 \times 0.85 \times 300}{0.85 \times 0.6 \times 20}]]$ $R = 2.42$ $(1 \times d^2)_{req} = \frac{M_u}{R} = \frac{35}{2.42 \times 1000} = 0.014 m^2$ $d = 0.12 \text{ m} = 12 \text{ cm}$ $A_s = \rho b d = 0.011 \times 100 \times 12 = 13.2 \text{ cm}^2/\text{m}$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام دوم)	۶-۶-۲-۸
	USE $\Phi 16/15\text{cm}$, $A_s = 13.4 \text{ cm}^2/\text{m}$	انتخاب میلگردها و فاصله بین آنها $(S_{\max} = 3 h \leq 35 \text{ cm})$	
	$d = 12 \text{ cm}$ $\text{شعاع آرماتور} = 0.8 \text{ cm}$ $\text{پوشش بتن} = 2 \text{ cm}$ $\text{مجموع} = 14.8 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}$ $d_{\text{پس}} = 12.2 \text{ cm}$	گام سوم) تعیین h	۲-۹-۲-۸
	برای $M_u = 35\text{KN.m}$ و $d = 12.2\text{cm}$ مقدار فولاد موردنیاز برابر خواهد بود با : $A_s = 12.98 \text{ cm}^2/\text{m}$ هنوز $\Phi 16/15 \text{ cm}$ قابل قبول است.	گام چهارم)	
	$A_{s\min} = 0.002 \times 100 \times 15 = 3 \text{ cm}^2 / \text{m} < A_s \text{ O.K.}$	گام پنجم) کنترل فولاد حداقل $A_{s\min} = 0.002bh$	۳-۷-۸
		گام ششم)	۳-۴-۲-۱۴
	اگر h کمتر از مقدار پیشنهادی جدول (۳-۴-۲-۱۴) آیین نامه باشد، باید تغییر شکلها را کنترل نمود.	اگر h کمتر از مقدار پیشنهادی جدول (۳-۴-۲-۱۴) آیین نامه باشد، باید تغییر شکلها را کنترل نمود.	
		گام هفتم)	فصل ۱۴
	کنترل ترک خوردگی		

بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
فصل ۱۱	<p>ب: با استفاده از جداول «خمنش ۳ گام اول)</p> <p>تعیین ضخامت دال با توجه به میزان ρ</p> <p>$F = \frac{M_u}{K}$</p> <p>$d = \left(\frac{1000 \times F}{b} \right)^{\frac{1}{2}}$</p> <p>$A_s = \rho \cdot b \cdot d$</p> <p>تذکر: بقیه گامها همانند قسمت "الف" است.</p>	<p>با توجه به قسمت الف :</p> <p>$\rho = 0.011$ برای $f_y = 300 \text{ MPa}$, $f_c = 20 \text{ MPa}$</p> <p>$K = 2.471$, $a_n = 218.79$</p> <p>$F = \frac{35}{2.471} = 14.16$</p> <p>$d = \left(\frac{1000 \times 14.16}{100} \right)^{\frac{1}{2}} = 11.9 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm}$</p> <p>$A_s = 0.011 \times 100 \times 12 = 13.2 \text{ cm}^2/\text{m}$</p>	<p>خمنش ۱-۲</p> <p>داریم :</p>
	<p>ج) با استفاده از جداول «خمنش ۵ گام اول)</p> <p>تعیین ضخامت دال با توجه به میزان ρ</p> <p>$A_s = \rho \cdot b \cdot d$</p> <p>تذکر: بقیه گامها همانند قسمت "الف" است.</p>	<p>با توجه به قسمت الف :</p> <p>$\rho = 0.011$ برای $f_y = 300 \text{ MPa}$, $f_c = 20 \text{ MPa}$</p> <p>و $M_u = 35 \text{ KN.m}$ داریم</p> <p>$d = 12 \text{ cm}$</p> <p>$A_s = 0.011 \times 100 \times 12 = 13.2 \text{ cm}^2/\text{m}$</p>	<p>خمنش ۱-۵</p>

مثال ۵ انتخاب ضخامت دال یکطرفه برای کنترل افت و محاسبه آرماتور کششی برای خمش ساده، در دال بدون آرماتور

فشاری

برای عرض واحد از دال تحت اثر لنگر خمشی M_u ، ضخامت دال و میزان آرماتور مورد نیاز را تعیین کنید فرض کنید طول دال پیوسته از هر دو طرف برابر ۹ متر است. دال در معرض شرایط محیطی ملایم قرار دارد.

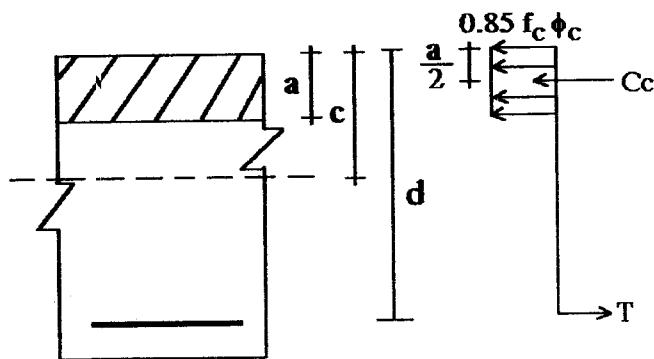
مشخصات :

$$M_u = 130 \text{ KN.m}$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام اول)	
	$h_{l\min} = \frac{L}{28} = \frac{900}{28} = 32 \text{ cm}$	در حالاتی که در انتخاب ضخامت دال محدودیتی وجود ندارد می‌توانیم آنرا همانند مثال ۴ از روی ρb ≈ 0.5 تعیین کنیم و یا از جدول (۳-۴-۲-۱۴) استفاده نماییم. در این مثال از جدول (۳-۴-۲-۱۴) استفاده شده است و فرض بر آن بوده که عناصر غیره سازه‌ای نسبت به تغییر شکل دال حساس نیستند.	۱-۲-۱-۱۴
خمش ۱-۵	$d = 32-3 = 29$ برای $f_y = 400 \text{ MPa}$ ، $f_c = 20 \text{ MPa}$ و $M_u = 130 \text{ KN.m}$ داریم : $d = 29 \text{ cm}$	مجموع ضخامت پوشش بتن و شعاع آرماتور برابر ۳ سانتیمتر فرض می‌شود.	۲-۹-۲-۸
	$\rho = 0.005 \rightarrow A_s = 0.005 \times 100 \times 29$ $A_s = 14.5 \text{ cm}^2$	با توجه به d و M_u مقدار A_s محاسبه می‌شود.	۱-۵-۱۱
			۳-۲-۵-۱۱

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۶-۲-۸	گام دوم)	<p>نتخاب میلگردها و فاصله بین آنها.</p> <p>ابتدا میلگرد انتخاب می شود و سپس فاصله بین میلگردها محاسبه می گردد.</p> $\text{فاصله مرکز تا مرکز میلگردها} = \frac{100 \times A_b}{A_s}$ $S = \frac{100 \times 3.14}{14.5} = 21.65 \text{ cm}$ <p>USE S = 20 cm</p>	
۱-۳-۵-۱۱ ۶-۶-۲-۸	گام سوم)	<p>کنترل توزیع آرماتورهای خمی</p> <p>فاصله بین میلگردها کمتر از 35 cm است. O.K.</p>	
۲-۹-۲-۸	گام چهارم)	<p>محاسبه مقدار دقیق h</p> <p>ضخامت پوشش + شاعع میلگرد +</p> $h = 29 + 1 + 2 = 32 \text{ cm O.K.}$	
۳-۴-۲-۱۴	گام پنجم)	<p>چون اعضاء غیر سازه ای نسبت به تغییر شکل دال حساس نیستند، در صورتی h کمتر از مقدار پیشنهادی جدول (۳-۴-۲-۱۴) باشد، کنترل تغییر شکل لازم است.</p> <p>اگر اعضاء غیر سازه ای نسبت به تغییر شکل حساس باشند، باید در تمامی حالات میزان افت کنترل شود.</p>	$h = 32 \text{ cm} = h_{\min}$ <p>پس نیازی به کنترل میزان افت تیر نمی باشد.</p>

مثال ۶ تعیین آرماتورهای کششی و فشاری لازم برای یک تیر مستطیل شکل تحت اثر خمش ساده. آرماتورهای فشاری جاری نمی‌شوند.

برای یک تیر مستطیل شکل با ابعاد مشخص و تحت اثر لنگر خمشی M_u آرماتورهای کششی و فشاری لازم را تعیین کنید.

: مشخصات

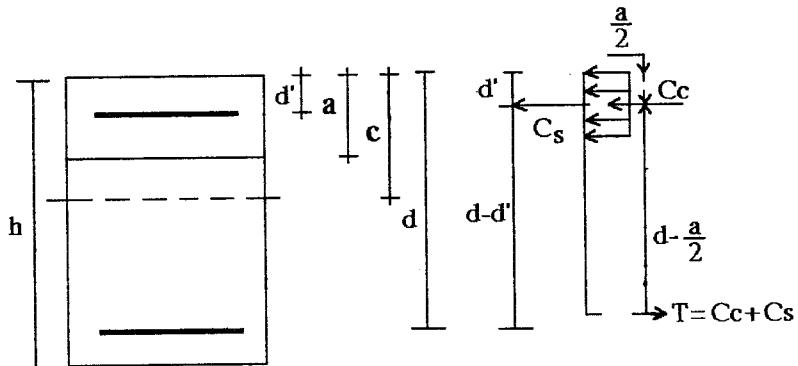
$$M_u = 210 \text{ KN.m}$$

$$f_c = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

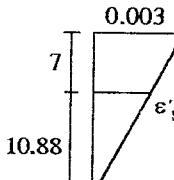
$$b = 30 \text{ cm}$$

$$d = 30 \text{ cm}$$



$$d' = 7 \text{ cm}$$

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول تعیین مقاومت مقطع هنگام استفاده از ρ_{max} و بدون آرماتور فشاری (M_{u1})	۱-۵-۱۱

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	<p style="text-align: center;">گام دوم</p> <p>محاسبه A_s و A_{s2}</p> $A_{s2} = \frac{M_{u2}}{\phi_s f_y (d - d')}$ $A_s = A_{s1} + A_{s2}$	$A_{s2} = \frac{79.8 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400 \times (0.30 - 0.07)} \times 10^4$ $= 10.2 \text{ cm}^2$ $A_s = 17.1 + 10.2 = 27.3 \text{ cm}^2$	
	<p style="text-align: center;">گام سوم</p> <p>محاسبه سطح مقطع فولاد فشاری A_s</p>		
۳-۱۱	در این مرحله باید $(\rho - \rho_2)_{min}$ را با مقایسه $(\rho - \rho')_{min}$ باشد	$\rho - \rho_2 = \frac{27.3}{30 \times 30} - \frac{10.2}{30 \times 30} = 0.019$	
۴-۱۱	کرد. اگر $(\rho - \rho')_{min} \leq (\rho - \rho_2)$ باشد فولاد فشاری جاری می شود و $A'_s = A_{s2}$ در غیر اینصورت	$(\rho - \rho')_{min} = 0.85 \times 0.85 \times \frac{7}{30} \times \frac{0.6 \times 25}{0.85 \times 400}$ $\frac{600}{600 - 400} = 0.0223$	
	$A'_s = A_{s2} \frac{f_y}{f'_{s}}$ $(\rho - \rho')_{min} = 0.85 \beta_1 \frac{d'}{d} \frac{\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \frac{600}{600 - f_y}$ $a = \frac{\phi_s \cdot A_{s1} \cdot f_y}{0.85 \phi_c f_c b}$ $x = \frac{a}{0.85}$ $\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$	$(\rho - \rho_2) < (\rho - \rho')_{min}$ <p>پس آرماتور فشاری به حد جاری شدن نمی رسد.</p> $A_{s1} = 17.1 \text{ cm}^2$ $a = \frac{0.85 \times 17.1 \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 25 \times 30} = 15.2 \text{ cm}$ $x = \frac{15.2}{0.85} = 17.88$ $\varepsilon'_s = \frac{0.003}{17.88} \times 10.88 = 0.0018$ $\varepsilon_y = \frac{400}{2 \times 10^5} = 0.0020$ $A'_s = A_{s2} \frac{f_y}{f'_{s}} = A_{s2} \frac{\varepsilon_y}{\varepsilon'_s}$ $A'_s = 10.2 \times \frac{0.0020}{0.0018} = 11.3 \text{ cm}^2$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	گام چهارم) $\rho < \rho_{max}$ کنترل رابطه $\rho_{max} = \rho_b + \rho_2$ $\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$	$\rho_{max} = 0.019 + \frac{10.2}{30 \times 30} = 0.03$ $\rho = \frac{27.3}{30 \times 30} = 0.03 \leq \rho_{max}$	
۲-۵-۸	گام پنجم) آرماتورهای فشاری باید توسط خاموت و یا تنگ مهار شوند.		
۱-۱-۳-۱۴	گام ششم) در صورتی که ارتفاع تیر کمتر از مقادیر پیشنهادی جدول (۳-۴-۲-۱۴) باشد و یا اعضاء غیر سازهای حساس در برابر تغییر شکل را تحمل نماید، باید افت را کنترل نمود.		
	ب: با استفاده از جداول «خمش ۲ و ۳ و ۴» گام اول) محاسبه A_{s1} , M_{u2} , M_{u1} $F = \frac{b \cdot d^2}{1000}$ $M_{u1} = K \cdot F$ $M_{u2} = M_u - M_{u1}$ $A_{s1} = \rho_{max} \cdot b \cdot d$	برای $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 25 \text{ MPa}$: $\rho_{max} = 0.019$, $K = 4.8117$ $a_n = 253.64$, $\frac{x}{d} = 0.597$ $F = \frac{30 \times 30^2}{1000} = 27$ $M_{u1} = 4.8117 \times 27 = 129.92 \text{ KN.m}$ $M_{u2} = 210 - 129.92 = 80.80 \text{ KN.m}$ $A_{s1} = 0.019 \times 30 \times 30 = 17.1 \text{ cm}^2$	خمش ۲
	گام دوم) محاسبه A_s و A_{s2} $A_{s2} = \frac{M_{u2}}{a'_n \cdot d} \times 1000$ $A_s = A_{s1} + A_{s2}$	$f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 25 \text{ MPa}$, $\frac{d'}{d} = \frac{7}{30} = 0.23$ برای داریم: $a'_n = 261.8$ $A_{s2} = \frac{80.80}{261.8 \times 30} \times 1000 = 10.2 \text{ cm}^2$ $A_s = 17.1 + 10.2 = 27.3 \text{ cm}^2$	خمش ۳

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
خمس	برای $\frac{d'}{d} = 0.23$ و $\frac{x}{d} = 0.597$ داریم: $a'' = 241.4 < a'_n$	گام سوم) محاسبه A'_s در این مرحله a'_n و a''_n را مقایسه می کنیم، اگر $a''_n < a'_n$ باشد آرماتور فشاری جاری نشده است و برای محاسبه A'_s باید از a''_n استفاده نمود.	۳-۱۱
	$A'_s = \frac{M_{u2}}{a''_n \cdot d} \times 1000$ $A'_s = \frac{80.80}{241.4 \times 30} \times 1000 = 11.06 \text{ cm}^2$		۴-۱۱

مثال ۷ تعیین آرماتور کششی لازم برای یک تیر مستطیل شکل تحت اثر خمنش ساده، با آرماتورها فشاری مشخص.

برای یک تیر مستطیل شکل تحت اثر لنگر خمنش M_u ، با فرض مشخص بودن مقدار A'_s ، میزان A_s را محاسبه کنید.

مشخصات:

$$M_u = 330 \text{ KN.m}$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

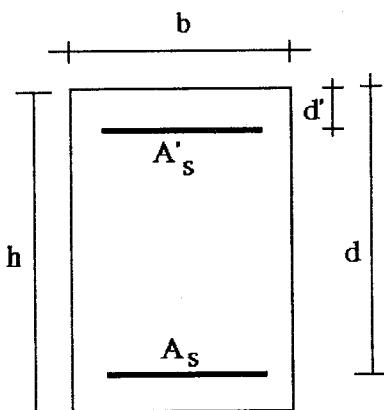
$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$b = 25 \text{ cm}$$

$$d = 50 \text{ cm}$$

$$d' = 5 \text{ cm}$$

$$A'_s = 11.4 \text{ cm}^2 \quad (3 \Phi 22)$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول) M_{u2} محاسبه $M_{u2} = \phi_s f_y A'_s (d-d')$ (فرض می کنیم آرماتور فشاری، جاری می شود)	فصل ۱۱
	$M_{u1} = 330 - 174.4 = 155.6 \text{ KN}$	گام دوم) M_{u1} محاسبه	
	$R = \frac{155.6}{1000 \times 0.25 \times 0.5^2} = 2.49 \text{ MPa}$	گام سوم) R محاسبه $R = \frac{M_{u1}}{bd^2}$	

بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	<p>گام چهارم)</p> <p>محاسبه ρ_1</p> $\rho_1 = \frac{0.85\phi_s f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85 \times \phi_c \times f_c}} \right]$	$\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 400} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2.49}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$ $\rho_1 = 0.00854 < \rho_b \text{ O.K.}$ <p>(FOR $f_c = 20 \text{ MPa}$, $f_y = 400 \text{ MPa}$)</p> $\rho_b = 0.0153$	
	<p>گام پنجم)</p> <p>محاسبه A_{s1}</p> $A_{s1} = \rho_1 \cdot bd$ <p>برای اطمینان از جاری شدن فولاد فشاری کنترل زیر را انجام می‌دهیم:</p> <p>IF : $(\rho - \rho')_{min} < \rho - \rho' \text{ O.K.}$</p> $(\rho - \rho')_{min} = 0.85k_1 \frac{d'}{d} \frac{\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \frac{600}{600 - f_y}$ $\rho - \rho' = \frac{A_{s1}}{bd}$ <p>تذکر: اگر فولاد فشاری جاری نشود (یعنی $f'_s (\varepsilon'_s < \varepsilon_y)$ را یافته و M_{u2} را با استفاده از آن محاسبه می‌کنیم. سپس گامهای دوم تا پنجم را مجدداً تکرار می‌نماییم.</p>	$A_{s1} = 0.00854 \times 25 \times 50 = 10.675 \text{ cm}^2$ $(\rho - \rho')_{min} = 0.85 \times 0.85 \times \frac{5}{50} \times \frac{0.6 \times 25}{0.85 \times 400}$ $\times \frac{600}{600 - 400} = 0.0077$ $(\rho - \rho') = \frac{10.675}{25 \times 50} = 0.00854 > (\rho - \rho')_{min} \text{ O.K.}$	
	<p>گام ششم)</p> <p>محاسبه A_s</p> $A_s = A_{s1} + A_{s2}$	$A_s = 10.675 + 11.4 = 22.075 \text{ cm}^2$	
	<p>گام هفتم)</p> <p>کنترل محاسبات</p> $a = \frac{(A_s - A'_s) \phi_s f_y}{0.85 \phi_c f_c b}$	$a = \frac{10.675 \times 0.85 \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 20 \times 25} = 14.23 \text{ cm}$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینین نامه
	$M_u = [10.675 \times 10^{-4} \times 0.85 \times 400(0.5 - \frac{0.1423}{2}) + 11.4 \times 10^{-4} \times 0.85 \times 400(0.5 - 0.05)] \times 10^{-3}$ = 330 KN O.K.	$M_u = (A_s - A'_s)\phi_s f_y(d - \frac{a}{2}) + A'_s \phi_s f_y(d - d')$	
		(گام هشتم)	
فصل ۲۸	انتخاب میلگردها		
۶-۲-۸	در انتخاب میلگردها باید به مسائل مربوط به مهار و وصله آرماتورها محدودیت فواصل بین آنها و پارامتر ترک خوردگی توجه کرد.	USE 6 Φ 22 , $A_s = 22.81 \text{ cm}^2$	
۳-۱۴			
۲-۵-۸	آرماتورهای فشاری باید توسط خاموت و یا تنگ محصور شوند.		
		ب: با استفاده از جداول «خمنش ۲ و ۳ و ۴»	
		(گام اول)	
	$f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 20 \text{ MPa}$, $\frac{d'}{d} = \frac{5}{50} = 0.1$ $a'_{ii} = 306$	$M_{u2} = \frac{11.4 \times 306 \times 50}{1000} = 174.4 \text{ KN.m}$	خمنش ۱-۳ داریم:
	$M_{u2} = \frac{A'_s a' n \cdot d}{1000}$ (با فرض جاری شدن فولاد فشاری)		
		(گام دوم)	
	M_{u1}	$M_{u1} = M_u - M_{u2}$	
		$M_{u1} = 330 - 174.4 = 155.6 \text{ KN}$	
		(گام سوم)	
		K	
	$F = \frac{b \cdot d^2}{1000}$	$F = \frac{25 \times 50^2}{1000} = 62.5$	
	$K = \frac{M_{u1}}{F}$	$K = \frac{155.6}{62.5} = 2.49$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	گام چهارم) a_n تعیین	$k = 2.49$ و $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 20 \text{ MPa}$ $a_n = 291.5, \frac{x}{d} = 0.337$	خمش ۱-۲ داریم:
	گام پنجم) A_{sl} محاسبه $A_{sl} = \frac{M_{ul}}{a_n \cdot d} \times 1000$	$A_{sl} = \frac{155.6}{291.5 \times 50} \times 1000 = 10.676$	
	گام ششم) کنترل جاری شدن فولاد فشاری در این مرحله a'_n و a''_n را مقایسه می کنیم، اگر $a''_n > a'_n$ باشد فولاد فشاری جاری می شود.	$\text{برای } \frac{d'}{d} = 0.1 \text{ و } \frac{x}{d} = 0.337 \text{ داریم:}$ $a''_n = 324 > a'_n \quad \text{O.K.}$	خمش ۴
	گام هفتم) A_s محاسبه $A_s = A_{sl} + A'_{sl}$	$A_s = 10.676 + 11.4 = 22.076 \text{ cm}^2$	
	تذکرہ: سایر مراحل همانند قسمت الف است.		

مثال ۸ تعیین آرماتور کششی لازم برای تیر T شکل تحت اثر خمنش ساده، در حالتی که ارتفاع بلوک تنش معادل کمتر از ضخامت بال است.

برای یک تیر T شکل تحت اثر لنگر خمنشی M_u ، میزان آرماتورهای کششی لازم را محاسبه کنید.

: مشخصات

$$M_u = 290 \text{ KN.m}$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

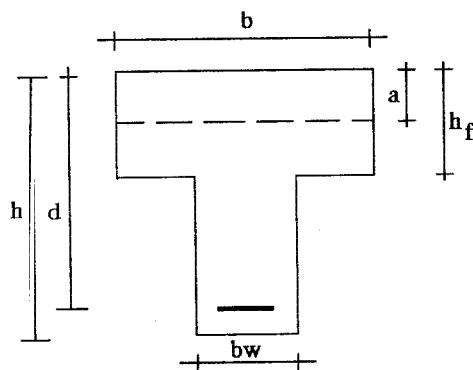
$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$b = 75 \text{ cm}$$

$$b_w = 25 \text{ cm}$$

$$d = 50 \text{ cm}$$

$$h_f = 10 \text{ cm}$$



جداول کمکی	محاسبات	روشن	بند آینه نامه
		الف) با استفاده از روش تحلیلی گام اول) برای مستطیل بزرگ مقدار R محاسبه می شود. $R = \frac{M_u}{bd^2}$	فصل ۱۱
	$R = \frac{290}{1000 \times 0.75 \times 0.50^2} = 1.547 \text{ MPa}$	(گام دوم) محاسبه A_s و ρ $\rho = \frac{0.85\phi_s f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85 \times \phi_c \times f_c}} \right]$ $A_s = \rho \cdot b \cdot d$	
	$\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 400} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.547}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$ $\rho = 0.00496$ $A_s = 0.00496 \times 75 \times 50 = 18.6 \text{ cm}^2$	گام سوم) محاسبه شده و با h_f مقابله می گردد. $a = \frac{A_s \cdot \phi_s \cdot f_y}{0.85 \phi_c f_c b}$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۲-۵-۱۱	<p>گام چهارم)</p> <p>کنترل فولاد حداقل</p> $\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y}$ $\rho_{min} = \frac{0.25\sqrt{f_c}}{f_y}$	$\rho_{min} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$ $\rho_{min} = \frac{0.25\sqrt{200}}{400} = 0.0028$ $\frac{A_s}{b_w d} = \frac{18.6}{25 \times 50} = 0.0149 > \rho_{min} \text{ O.K.}$	
	<p>ب: با استفاده از جداول «خمنش ۳»</p> <p>گام اول)</p> <p>با توجه به مستطیل بزرگ، مقدار F محاسبه می شود.</p> $F = \frac{b \cdot d^2}{1000}$	$F = \frac{75 \times 50^2}{1000} = 187.5$	
	<p>گام دوم)</p> <p>محاسبه K</p> $K = \frac{M_u}{F}$	$K = \frac{290}{187.5} = 1.55$	
	<p>گام سوم)</p> <p>$\frac{a}{d}$ و ρ محاسبه</p>	<p>برای $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 20 \text{ MPa}$</p> <p>$K = 1.55$</p> $\rho = 0.0049, \frac{a}{d} = 0.165$	خمنش ۱-۲
	<p>گام چهارم)</p> <p>$\frac{a}{d}$ و مقایسه آن با $\frac{h_f}{d}$ محاسبه</p>	$\frac{h_f}{d} = \frac{10}{50} = 0.2 > \frac{a}{d} \text{ O.K.}$	
	<p>گام پنجم)</p> <p>A_s محاسبه</p> $A_s = \rho \cdot b \cdot d$	$A_s = 0.0049 \times 75 \times 50 = 18.38 \text{ cm}^2$	

مثال ۹ تعیین آرماتور کششی لازم برای تیر T شکل تحت اثر خمش ساده، در حالتی که ارتفاع بلوک تنش معادل بیشتر از ضخامت بال است.

برای یک تیر T شکل تحت اثر لنگر خمشی M_u ، میزان آرماتورهای کششی لازم را محاسبه کنید.

مشخصات :

$$M_u = 825 \text{ KN.m}$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

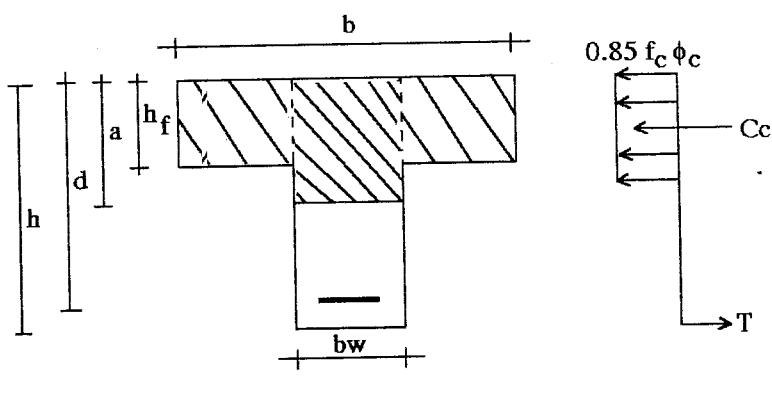
$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$b = 180 \text{ cm}$$

$$b_w = 75 \text{ cm}$$

$$d = 40 \text{ cm}$$

$$h_f = 10 \text{ cm}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف) با استفاده از روش تحلیلی گام اول)	فصل ۱۱
	$R = \frac{825}{1000 \times 0.75 \times 0.4^2} = 2.865 \text{ MPa}$	برای مستطیل بزرگ مقدار R محاسبه می‌شود. $R = \frac{M_u}{bd^2}$	
	$\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 400} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85 \times \phi_c \times f_c}} \right]$ $A_s = \rho \cdot b \cdot d$	گام دوم) محاسبه می‌شوند. $A_s = 0.01 \times 180 \times 40 = 72 \text{ cm}^2$	
	$a = \frac{72 \times 0.85 \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 20 \times 180} = 13.3 \text{ cm} > h_f$	گام سوم) a محاسبه شده و با h_f مقابله می‌گردد.	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	<p>تذکر ۱: چون مقدار a بیشتر از ضخامت دال است، باید مقطع T شکل را وارد محاسبات نمود.</p> <p>تذکر ۲: در ابتدای مسئله می‌توان $\bar{M} = 0.85\phi_c f_c b.h_f (d - \frac{h_f}{2})$ را محاسبه نمود. و با $M_u > \bar{M}$ مقایسه کرد. اگر باشد، باید وارد محاسبات تیر T شکل گردید.</p>		
	<p>گام چهارم)</p> <p>محاسبه M_{uf} و A_{sf}</p> <p>مقاومت فشاری بال برابر است با:</p> $C_f = 0.85\phi_c f_c (b - b_w)h_f$ <p>فولاد مورد نیاز A_{sf} برای موازنیه با نیروی C_f برابر است با:</p> $A_{sf} = \frac{C_f}{\phi_s f_y}$ <p>و لنگر مقاوم بال برابر است با :</p> $M_{uf} = A_{sf} \cdot \phi_s \cdot f_y (d - 0.5h_f)$ $M_{uf} = 1.071 \times (0.4 - 0.5 \times 0.1) \times 10^3$ $M_{uf} = 374.85 \text{ KN.m}$	$C_f = [0.85 \times 0.6 \times 20(1.8 - 0.75) \times 0.1] \times 1000$ $C_f = 1071 \text{ KN}$	
	<p>گام پنجم)</p> <p>محاسبه A_{sw} و M_{uw}</p> $M_{uw} = M_u - M_{uf}$ $M_{uw} = 825 - 374.85 = 450.15 \text{ KN.m}$		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
	$R_w = \frac{450.15}{1000 \times 0.75 \times 0.4^2}$ $\rho_w = \frac{0.85\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R_w}{0.85 \times \phi_c \times f_c}} \right]$ $\rho_b = 0.85k_1 \frac{\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \frac{611.7}{611.7 + f_y}$ $A_{sw} = \rho_w b_w \cdot d$	$\rho_w = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 400} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 3.75}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$ $\rho_w = 0.0146$ $\rho_b = 0.85 \times 0.85 \times \frac{0.6 \times 20}{0.85 \times 400} \times \frac{600}{600 + 400}$ $\rho_b = 0.0153 > \rho_w$ $A_{sw} = 0.0146 \times 75 \times 40 = 43.8 \text{ cm}^2$	$R_w = \frac{M_{uw}}{b_w d^2}$ اگر $\rho_w < \rho_b$ باشد نیازی به آرماتور فشاری نیست.
	گام ششم محاسبه کل فولاد لازم برای تحمل لنگر M_u $A_s = A_{sf} + A_{sw}$	$A_s = 31.5 + 43.8 = 75.3 \text{ cm}^2$	
	گام هفتم کنترل محاسبات	$a_w = \frac{A_{sw} \phi_s f_y}{0.85 \phi_c f_c b_w}$ $M_u = A_{sw} \phi_s f_y \left(d \frac{a_w}{2} \right) + A_{sf} \phi_s f_y \left(d - \frac{h_f}{2} \right)$	$a_w = \frac{43.8 \times 0.85 \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 20 \times 75} = 19.47$ $M_u = \left[43.8 \times 10^{-4} \times 0.85 \times 400 \times \left(0.4 \frac{19.47}{2} \right) \right] + 31.5 \times 10^{-4} \times 0.85 \times 400 \times \left(0.4 \frac{0.1}{2} \right) \times 10^3 = 825.5 \approx 825 \text{ KN.m} \text{ OK.}$

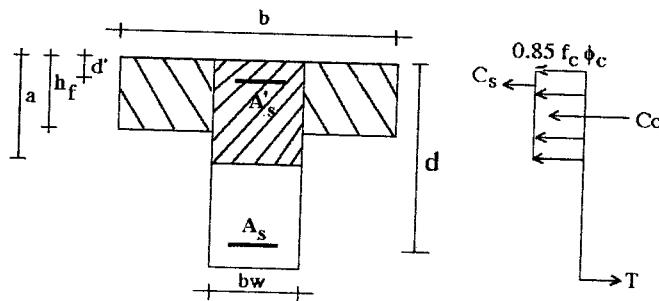
بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۵-۱۱	<p>گام هشتم)</p> <p>کنترل حد اکثر مقدار مجاز آرماتور کششی</p> $\rho_{\max} = \rho_b + \rho_f$ $\rho_f = \frac{A_{sf}}{b_w d}$ $\rho = \frac{A_s}{b_w d}$	$\rho_{\max} = 0.0153 + \frac{31.5}{75 \times 40}$ $\rho_{\max} = 0.0258$ $\rho = \frac{75.3}{75 \times 40} = 0.0251 < \rho_{\max} \text{ O.K.}$	
فصل ۱۱	<p>ب: با استفاده از جداول «خمن ۲ و ۳»</p> <p>گام اول)</p> <p>محاسبه F با توجه به مستطیل بزرگ</p> $F = \frac{b \cdot d^2}{1000}$	$F = \frac{180 \times 40^2}{1000} = 288$	
	<p>گام دوم)</p> <p>محاسبه K</p> $K = \frac{M_u}{F}$	$K = \frac{825}{288} = 2.86$	
	<p>گام سوم)</p> <p>$\frac{a}{d}$ و ρ محاسبه</p>	$k \text{ و } f_y = 400 \text{ MPa}, f_c = 20 \text{ MPa}$ $= 2.86 \text{ داریم :}$ $\rho = 0.0102, \frac{a}{d} = 0.342$	خمن ۲
	<p>گام چهارم)</p> <p>$\frac{a}{d}$ و مقایسه آن با $\frac{h_f}{d}$ محاسبه</p>	$\frac{h_f}{d} = \frac{10}{40} = 0.25 > \frac{a}{d}$ <p>پس باید وارد محاسبات تیر T شکل باشد.</p>	
	<p>گام پنجم)</p> <p>$\frac{b}{b_w}$ تعیین، برای k_f</p>	$\frac{b}{b_w} = \frac{180}{75} = 2.4$ $\text{برای } \frac{b}{b_w} = 2.4 \text{ و } f_c = 20 \text{ MPa}$ $K_f = 14.28$	خمن ۳

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
خمنش ۱-۳	برای داریم $\frac{h_f}{d} = 0.25$ و $f_y = 400 \text{ MPa}$ و $f_c = 20 \text{ MPa}$ $J_f = 0.875$, $a_{nf} = 297.5$	گام ششم محاسبه a_{nf} و J_f	
	$A_{sf} = \frac{k_f \cdot J_f \cdot b_w \cdot h_f}{a_{nf}}$ $A_{sf} = \frac{14.28 \times 0.875 \times 75 \times 10}{297.5} = 31.5 \text{ cm}$	گام هفتم محاسبه A_{sf}	
	$M_{uf} = 31.5 \times 297.5 \times 40 \times 10^{-3}$ $M_{uf} = 374.85 \text{ KN.m}$	گام هشتم محاسبه M_{uf}	$M_u = A_{sf} \cdot a_{nf} \cdot d \times 10^{-3}$
	$M_{uw} = 825 - 374.85 = 450.15 \text{ KN.m}$	گام نهم محاسبه M_{uw}	$M_u = M_u - M_{uf}$
	$F = \frac{75 \times 40^2}{1000} = 120$	گام دهم محاسبه F برای جان	$F = \frac{b_w \cdot d^2}{1000}$
	$K = \frac{450.15}{120} = 3.75$	گام یازدهم محاسبه K برای جان	$K = \frac{M_{uw}}{F}$
	برای داریم $\rho = 0.0146 < \rho_b$ O.K.	گام دوازدهم تعیین ρ	$\rho = 3.75$ و $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 20 \text{ MPa}$
	$A_{sw} = 0.0146 \times 75 \times 40 = 43.8 \text{ cm}^2$	گام سیزدهم تعیین A_{sw}	$A_{sw} = \rho \cdot b_w \cdot d$
	$A_s = 43.8 + 31.5 = 75.36 \text{ cm}^2$	گام چهاردهم تعیین A_s	$A_s = A_{sw} + A_{sf}$ تذکر: سایر گام‌ها همانند قسمت الف می‌باشد.

مثال ۱۰ تعیین آرماتور کششی و فشاری لازم برای تیر T شکل تحت اثر خمسم ساده، در حالتی که ارتفاع بلوک تنفس

معادل بیشتر از ضخامت بال است و فولاد فشاری جاری نمی‌شود.

معادل بیشتر از ضخامت بال است و فولاد فشاری جاری نمی‌شود.
مثال ۹ را با این فرض که تیر تحت اثر لنگر خمسمی قرار دارد و $M_u = 1200 \text{ KN.m}$, $f_c = 25 \text{ MPa}$ و $d = 9 \text{ cm}$ حل کنید.



بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
فصل ۱۱	الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول محاسبه لنگر مقاوم تیر در حالتی که $a = h_f$ بوده و فولاد فشاری وجود ندارد. $\bar{M} = 0.85\phi_c f_c b.h_f \left(d - \frac{h_f}{2}\right)$	$\bar{I} = 0.85 \times 0.6 \times 20 \times 1.8 \times 0.1 \left(0.4 \times \frac{0.1}{2}\right) \times 10^3$ $\bar{M} = 642.6 \text{ KN.m}$	
	گام دوم M_u, \bar{M} مقایسه در صورتی که $M_u > \bar{M}$ باشد، می‌توان نتیجه گرفت که $a > h_f$ است و محاسبات تیر الزامیست.	$M_u = 1200 \text{ KN.m} > \bar{M}$	
	گام سوم A_{sf} و M_{uf} محاسبه	$M_{uw} = M_u - M_{uf}$ $R_w = \frac{M_{uw}}{b_w d^2}$ $\rho_w = \frac{0.85\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R_w}{0.85 \times \phi_c \times f_c}} \right]$ $M_{uw} = 1200 - 468.6 = 731.4 \text{ KN.m}$ $R_w = \frac{731.4}{1000 \times 0.75 \times 0.4^2} = 6.1 \text{ MPa}$ $\rho_w = \frac{0.85 \times 0.6 \times 25}{0.85 \times 400} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 6.1}{0.85 \times 0.6 \times 25}} \right]$	

بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	$\rho_w = 0.03$ اگر $\rho_b < \rho_w$ باید از آرماتور فشاری استفاده کرد. $\rightarrow \rho_b = 0.019 < \rho_w$	برای $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 25 \text{ MPa}$: $\rho_{max} = 0.019$	
	گام پنجم تعیین مقاومت جان هنگام استفاده از ρ_{max} و بدون آرماتور فشاری (M_{uw1}) $\rho_{max} = \rho_b$ $A_{sw1} = \rho_{max} b_w d$ $a = \frac{\phi_s A_{sw1} f_y}{0.85 \phi_c f_c b_w}$ $M_{uw1} = \phi_s A_{sw1} f_y (d - \frac{a}{2})$ $M_{uw2} = M_{uw} - M_{uw1}$	$\rho_{max} = 0.019$ $A_{sw1} = 0.019 \times 75 \times 40 = 57 \text{ cm}^2$ $a = \frac{0.85 \times 57 \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 25 \times 75} = 20.27 \text{ cm}$ $M_{uw1} = 0.85 \times 57 \times 10^{-4} \times 400 (0.4 - \frac{0.2027}{2}) \times 10^3$ $M_{uw1} = 578.8 \text{ KN.m}$ $M_{uw2} = 731.4 - 578.8 = 152.6 \text{ KN.m}$	
	گام ششم محاسبه A_s و A_{sw} و A_{sw2} $A_{sw2} = \frac{M_{uw2}}{\phi_s f_y (d - d')}$ $A_{sw} = A_{sw1} + A_{sw2}$ $A_s = A_{sw} + A_{sf}$	$A_{sw2} = \frac{152.6 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400 (0.4 - 0.09)} \times 10^4$ $A_{sw2} = 14.5 \text{ cm}^2$ $A_{sw} = 57 + 14.5 = 71.5 \text{ cm}^2$ $A_s = 71.5 + 39.4 = 110.9 \text{ cm}$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۲-۵-۴	<p>گام هفتم)</p> <p>محاسبه سطح مقطع فولاد فشاری A'_s</p> $(\rho - \rho')_{min} = 0.85\beta_1 \frac{d'}{d} \frac{\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \frac{611.7}{611.7 - f_y}$ $\rho - \rho' = \frac{A_{sw}}{b_w d} - \frac{A_{sw2}}{b_w d}$ <p>$\rho - \rho'_2 < (\rho - \rho')_{min}$ اگر جاری نمی شود.</p> $a_w = \frac{\phi_s \cdot A_{sw1} f_y}{0.85 \phi_c f_c b_w}$ $x = \frac{a}{\beta_1}$ $\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$	$(\rho - \rho')_{min} = 0.85 \times 0.85 \times \frac{9}{40} \times \frac{0.6 \times 25}{0.85 \times 400}$ $\times \frac{611.7}{611.7 - 400} = 0.02$ $\rho - \rho'_2 = \frac{71.5}{75 \times 40} - \frac{14.5}{75 \times 40}$ $(\rho - \rho'_2) = 0.019 < (\rho - \rho')_{min}$ <p>پس فولاد فشاری جاری نمی شود.</p> $A_{sw1} = 57 \text{ cm}^2$ $a_w = \frac{0.85 \times 57 \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 25 \times 75}$ $a = 20.27 \text{ cm}$ $x = \frac{a}{0.85} = \frac{20.27}{0.85} = 23.84$ $\epsilon'_s = \frac{0.003}{23.84} \times 14.84 = 0.00187$ $\epsilon_y = \frac{400}{2 \times 10^5} = 0.0020 > \epsilon'_s$ $A'_s = A_{sw2} \frac{\epsilon_y}{\epsilon'_s} = 145 \times \frac{0.002}{0.00187} = 15.5 \text{ cm}^2$	
۲-۵-۸	<p>گام هشتم)</p> <p>آرماتورهای فشاری باید توسط خاموت و یا تنگ مهار شوند.</p>		
۱-۱-۲-۱۴	<p>گام نهم)</p> <p>در صورتی که ارتفاع تیر کمتر از مقادیر پیشنهادی جدول (۳-۴-۲-۱۴) باشد و یا اعضاء غیر سازه ای حساس در برابر تغییر شکل را تحمل نماید، باید افت را کنترل نمود.</p>		

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	<p style="text-align: center;">گام دهم)</p> <p>کنترل محاسبات</p> $M_u = A_{sw1}\phi_s f_y \left(d - \frac{a_w}{2}\right) + A_{sw2}\phi_s f_y \left(d - d' + A_{sf}\phi_s f_y \left(d - \frac{h_f}{2}\right)\right)$ $= [57 \times 10^{-4} \times 0.85 \times 400(0.4 - \frac{0.2027}{2}) + 14.5 \times 10^{-4} \times 0.85 \times 400(0.4 - 0.09) + 39.4 \times 10^{-4} \times 0.85 \times 400(0.4 - \frac{0.1}{2})] \times 10^3$ $= 1200.47 \approx 1200 \text{ KN.m} \quad \text{O.K.}$		
	<p style="text-align: center;">گام یازدهم)</p> <p>کنترل حد اکثر مقدار مجاز آرماتور</p> $\rho_b = 0.019$ $\rho_f = \frac{A_{sf}}{b_w d}$ $\rho' = \frac{A_{sw2}}{b_w d}$ $\rho_{max} = \rho_b + \rho_f + \rho'$ $\rho = \frac{A_s}{b_w d}$ $\rho_f = \frac{39.4}{75 \times 40} = 0.0131$ $\rho' = \frac{14.5}{75 \times 40} = 0.0048$ $\rho_{max} = 0.019 + 0.0131 + 0.0048 = 0.0369$ $\rho = \frac{110.9}{75 \times 40} = 0.0369 \quad \text{O.K.}$		
	<p>ب: با استفاده از جداول «خمنش ۲ و ۳»</p> <p style="text-align: center;">گام اول)</p> <p>محاسبه F با توجه به مستطیل بزرگ</p> $F = \frac{b \cdot d^2}{1000}$ $F = \frac{180 \times 40^2}{1000} = 288$		
	<p style="text-align: center;">گام دوم)</p> <p>محاسبه K</p> $K = \frac{M_u}{F}$ $K = \frac{1200}{288} = 4.17$		
	<p style="text-align: center;">گام سوم)</p> <p>محاسبه $\frac{a}{d}$ و ρ</p> $k = 4.17 \quad \text{و} \quad f_y = 400 \text{ MPa}, f_c = 25 \text{ MPa}$ $\rho = 0.0154, \frac{a}{d} = 0.413$	برای داریم :	خمنش ۲-۲

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	گام چهارم) $\frac{a}{d}$ و مقایسه آن با $\frac{h_f}{d}$ محاسبه	$\frac{h_f}{d} = \frac{10}{40} = 0.25 < \frac{a}{d}$ <p>پس باید وارد محاسبات تیر T شکل باشد.</p>	
	گام پنجم) $\frac{b}{b_w}$ تعیین k_f برای b_w	$\frac{b}{b_w} = \frac{180}{75} = 2.4$ \therefore داریم $\frac{b}{b_w} = 2.4$ و $f_c = 25 \text{ MPa}$ برای $K_f = 17.85$	خمس - ۳
	گام ششم) a_{nf} و J_f تعیین	$\frac{h_f}{d} = 0.25$ و $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 25 \text{ MPa}$ برای $J_f = 0.875$, $a_{nf} = 297.5$ \therefore داریم	
	گام هفتم) A_{sf} محاسبه	$A_{sf} = \frac{K_f \cdot J_f \cdot b_w \cdot h_f}{a_{nf}}$ $A_{sf} = \frac{17.85 \times 0.875 \times 75 \times 10}{297.5}$ $A_{sf} = 39.4 \text{ cm}^2$	
	گام هشتم) M_{uf} محاسبه	$M_{uf} = A_{sf} \cdot a_{nf} \cdot d \times 10^{-3}$ $M_{uf} = 39.4 \times 297.5 \times 40 \times 10^{-3}$ $M_{uf} = 468.9 \text{ KN.m}$	
	گام نهم) M_{uw} محاسبه	$M_{uw} = M_u - M_{uf}$ $M_{uw} = 1200 - 468.9 = 731.1 \text{ KN.m}$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	<p>گام دهم</p> <p>A_{sw1}, M_{uw2} و M_{uw1} محاسبه</p> $F = \frac{b_w \cdot d^2}{1000}$ $M_{uw1} = K \cdot F$ $M_{uw2} = M_{uw} - M_{uw1}$ $A_{sw1} = \rho_{max} b_w d$	$f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 25 \text{ MPa}$ برای داریم: $\rho_{max} = 0.019$, $K = 4.8117$ $a_n = 253.64, \frac{x}{d} = 0.597$ $F = \frac{75 \times 40^2}{1000} = 120$ $M_{uw1} = 4.8117 \times 120 = 577.4 \text{ KN.m}$ $M_{uw2} = 731.1 - 577.4 = 153.7 \text{ KN.m}$ $A_{sw1} = 0.019 \times 75 \times 40 = 57 \text{ cm}^2$	خمش ۲-۲
	<p>گام یازدهم</p> <p>A_s, A_{sw} و A_{sw2} محاسبه</p> $A_{sw2} = \frac{M_{uw2}}{a'_n \cdot d} \times 1000$ $A_{sw} = A_{sw1} + A_{sw2}$ $A_s = A_{sw} + A_{sf}$	$f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 25 \text{ MPa}$, $\frac{d'}{d} = \frac{9}{40} = 0.225$ برای داریم: $a_n = 263.5$ $A_{sw2} = \frac{153.7}{263.5 \times 40} \times 1000 = 14.58 \text{ cm}^2$ $A_{sw2} = 14.5 \text{ cm}^2$ $A_{sw} = 57 + 14.58 = 71.58 \text{ cm}^2$ $A_s = 71.58 + 39.4 = 110.98 \text{ cm}^2$	خمش ۲-۲
۴-۱۱ ۳-۱۱	<p>گام دوازدهم</p> <p>A'_s محاسبه</p> <p>در این مرحله a''_n و a'_n را مقایسه می کنیم، اگر $a''_n < a'_n$ باشد آرماتور فشاری جاری نشده است و برای محاسبه A'_s باید از a''_n استفاده نمود.</p> $A'_s = \frac{M_{uw2}}{a''_n \cdot d} \times 1000$ <p>تذکر: سایر مراحل مانند قسمت الف است.</p>	$\frac{d'}{d} = 0.225$ و $\frac{x}{d} = 0.597$ برای داریم: $a''_n = 246.3 < a'_n$ $A'_{s,s} = \frac{153.7}{246.3 \times 40} \times 1000 = 15.6 \text{ cm}^2$	خمش ۴

مثال ۱۱ محاسبه فولادهای فشاری و کششی لازم برای یک تیر مستطیل شکل و تحت اثر خمش ساده. آرماتورهای

فشاری برای شکل پذیری و یا کنترل افت اضافه شده‌اند.

برای یک تیر مستطیل شکل تحت اثر لنگر خمشی M_u ، آرماتورهای خمشی لازم را با این شرط که $\rho \leq 0.5\rho_b$ باشد محاسبه نمایید. این شرط برای کنترل شکل پذیری و یا افت اضافه شده است. شکل پذیری برای بازبینی لنگر در نواحی ممان منفی (بند ۱۰-۳-۶ آینین‌نامه) و کنترل افت دراز مدت در صورت استفاده از فولاد فشاری (بند ۱۴-۲-۲-۳) مورد نظر می‌باشند.

مشخصات:

$$M_u = 200 \text{ KN.m}$$

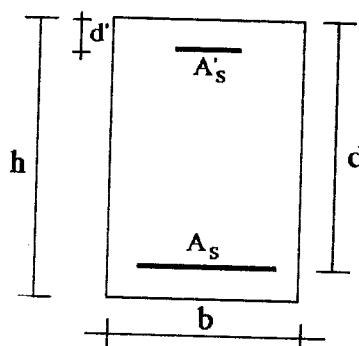
$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$d = 50 \text{ cm}$$

$$d' = 6 \text{ cm}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینین‌نامه
خمش ۱	$f_y = 400 \text{ MPa}, f_c = 20 \text{ MPa}$ $\rho_b = 0.0153$ $\rho = 0.5 \times 0.0153 \approx 0.0077$ $A_{s1} = 0.0077 \times 30 \times 50 = 11.55 \text{ cm}^2$ $a = \frac{\phi_s \cdot A_{s1} f_y}{0.85 \phi_c f_c b} = \frac{0.85 \times 11.55 \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 20 \times 30} = 12.83 \text{ cm}$ $M_{u1} = 0.85 \times 11.55 \times 10^{-4} \times 400 (0.5 - \frac{0.1283}{2}) \times 10^3$ $M_{u1} = 171.2 \text{ KN.m}$	الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول تعیین مقاومت مقطع با فرض اینکه $\rho = 0.5\rho_b$ است و فولاد فشاری وجود ندارد. $A_{s1} = \rho b d$ $a = \frac{\phi_s \cdot A_{s1} f_y}{0.85 \phi_c f_c b}$ $M_{u1} = \phi_s A_{s1} f_y (d - \frac{a}{2})$	فصل ۱۱
	گام دوم A_s و A_{s2} و M_{u2} محاسبه M_{u1} کمتر از M_u است، باید از آرماتور فشاری استفاده نمود		

خمش

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
	$M_{u2} = M_u - M_{u1}$ $A_{s2} = \frac{M_{u2}}{\phi_s f_y (d - d')}$ $A_s = A_{sw} + A_{sf}$	$M_{u2} = 200 - 171.2 = 28.8 \text{ KN.m}$ $A_{s2} = \frac{28.8 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400 (0.5 - 0.06)} \times 10^4$ $A_{s2} = 1.93 \text{ cm}^2$ $A_s = 11.55 + 1.93 = 13.48 \text{ cm}^2$	
	<p>گام سوم</p> <p>محاسبه سطح مقطع فولاد فشاری A'_s</p> <p>اگر $(\rho - \rho')_{min} \leq (\rho - \rho_2)$ باشد فولاد فشاری جاری نمی شود.</p> $(\rho - \rho')_{min} = 0.85 \beta_1 \frac{d'}{d} \frac{\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \frac{611.7}{611.7 - f_y}$ $\rho - \rho_2 = \frac{A_s}{bd} - \frac{A_{s2}}{bd} = \frac{A_{s1}}{bd}$	$(\rho - \rho')_{min} = 0.85 \times 0.85 \times \frac{6}{50} \times \frac{0.6 \times 20}{0.85 \times 400}$ $\frac{611.7}{611.7 - 400} = 0.0088$ $\rho - \rho_2 = \frac{11.55}{30 \times 50} = 0.0077 < (\rho - \rho')_{min}$	
۲-۵-۴	$a = \frac{\phi_s \cdot A_{s1} \cdot f_y}{0.85 \phi_c f_c b}$ $x = \frac{a}{\beta_1}$ $\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$ $A'_s = A_{s2} \frac{\epsilon_y}{\epsilon'_s}$	$a = \frac{0.85 \times 11.5 \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 20 \times 30} = 12.83 \text{ cm}$ $x = \frac{12.83}{0.85} = 15.1 \text{ cm}$ $\epsilon_y = \frac{400}{2 \times 10^5} = 0.002$ $\epsilon'_s = \frac{0.003}{15.1} \times 9.1 = 0.0018 < \epsilon_y$ $A'_s = 1.93 \times \frac{0.002}{0.0018} = 2.14 \text{ cm}^2$	

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
خمنش ۱-۲	$0.5 \rho_b = 0.0077$ $\rho = 0.0077$, $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 20 \text{ MPa}$ $K = 2.2968, \frac{x}{d} = 0.305$ $F = \frac{b \cdot d^2}{1000} = 75$ $M_{u1} = 2.2968 \times 75 \approx 172 \text{ KN.m}$ $A_{s1} = 0.0077 \times 30 \times 50 = 11.55 \text{ cm}^2$	ب: با استفاده از جداول «خمنش ۲» (گام اول) تعیین مقاومت مقطع با فرض اینکه $\rho = 0.5 \rho_b$ است و فولاد فشاری وجود ندارد.	
خمنش ۱-۳	$f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 20 \text{ MPa}$, $\frac{d'}{d} = 0.12$ $a'_n = 299.2$ $A_{s2} = \frac{28}{299.2 \times 50} \times 1000 = 1.87 \text{ cm}^2$ $A'_s = \frac{28}{275 \times 50} \times 1000 = 2.06 \text{ cm}^2$	گام دوم M_{u2} $M_{u2} = M_u - M_{u1}$	$M_{u2} = 200 - 172 = 28 \text{ KN.m}$ گام سوم محاسبه A'_s و A_{s2}
خمنش ۴			
	$A_s = 11.55 + 1.87 = 13.42 \text{ cm}^2$	گام چهارم محاسبه A_s	$A_s = A_{s1} + A_{s2}$

مثال ۱۲ محاسبه آرماتور کششی لازم برای یک تیر مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری، که تحت اثر خمنش و نیروی محوری کششی قرار دارد. تارهای فوقانی فشاری می‌باشند.

برای یک مقطع مستطیل شکل تحت اثر لنگر خمنشی M_u ، و نیروی کششی P_u ، سطح مقطع آرماتور کششی لازم را محاسبه کنید.

مشخصات:

$$M_u = 110 \text{ KN.m}$$

$$P_u = 200 \text{ KN.m}$$

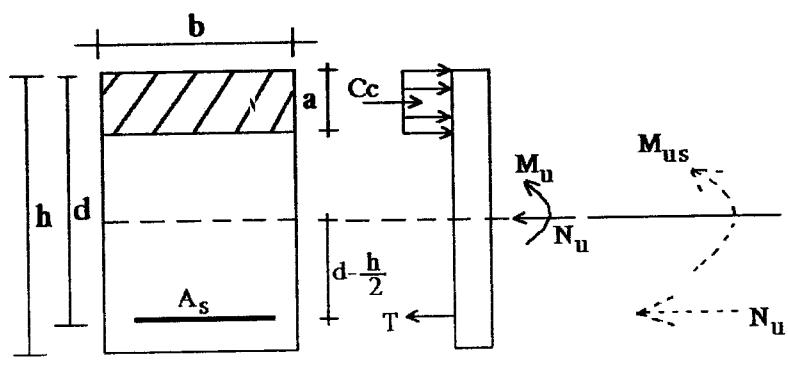
$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$b = 25 \text{ cm}$$

$$d = 45 \text{ cm}$$

$$h = 50 \text{ cm}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
		<p>الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول)</p> <p>نیروی N_u را به محور آرماتورهای کششی منتقل کنید و برای اینکه از نظر استاتیکی در مسئله تغییری حاصل نشود، لنگر خمنشی M_{us} را تعیین کرده و وارد محاسبات کنید.</p> $M_{us} = M_u - N_u(d - \frac{h}{2})$ <p>تذکر: در صورت منفی شدن M_{us} به مثال ۱۳ مراجعه شود.</p>	$M_{us} = 110 - 200(0.45 - \frac{0.5}{2}) = 70 \text{ KN.m}$
		<p>گام دوم)</p> <p>برای مقطع محاسبه می‌شود.</p> $R = \frac{M_{us}}{bd^2}$	$R = \frac{70}{1000 \times 0.25 \times 0.45^2} = 1.38 \text{ MPa}$

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	گام سوم) محاسبه می شود. $\rho_w = \frac{0.85\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85\phi_c f_c}} \right]$	$\rho_w = \frac{0.85 \times 0.6 \times 30}{0.85 \times 400} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.38}{0.85 \times 0.6 \times 30}} \right]$ $\rho_w = 0.0043$	
	گام چهارم) محاسبه می شود. $A_s = \rho \cdot b \cdot d + \frac{N_u}{\phi_s f_y}$ <p>تذکر ۱: اگر لنگر خمی M_u نیاز به درصد آرماتور کششی بیش از ρ_b داشته باشد، باید از آرماتور فشاری استفاده نمود. در این موارد می توان به مثال ۶ مراجعه نمود.</p> <p>تذکر ۲: اگر مقدار مشخصی آرماتور فشاری در مقطع موجود باشد می توان آنرا نادیده گرفت و مراحل فوق را انجام داد و یا مانند مثال ۷ عمل نمود و آرماتور کششی لازم برای لنگر M_u را محاسبه کرد.</p> <p>تذکر ۳: برای آنالیز دقیق باید دیاگرام اثر متقابل لنگر و نیروی کششی تهیه شود و از آن استفاده گردد.</p>	$A_s = 0.0043 \times 25 \times 45 + \frac{200 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400} \times 10^4$ $A_s = 4.84 + 5.88 = 10.72 \text{ cm}^2$ $A_{S\min} = \frac{1.4}{400} \times 25 \times 45 = 3.94 \text{ cm}^2 < A_s \text{ O.K.}$	
	ب: با استفاده از جداول «خمش ۳» گام اول) محاسبه M_{us}	$M_{us} = 70 \text{ KN.m}$	
	گام دوم) محاسبه F $F = \frac{b \cdot d^2}{1000}$	$F = \frac{25 \times 45^2}{1000} = 50.6$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینن نامه
		گام سوم) محاسبه K	
	$K = \frac{M_{us}}{F}$	$K = \frac{70}{50.6} = 1.38$	
۳-۲	برای $a_n = 324.02$ داریم :	گام چهارم) مقدار a_n	
	$A_s = \frac{70}{45 \times 324.02} \times 1000 + \frac{200 \times 10^3}{0.85 \times 400} \times 10^4$	گام پنجم) محاسبه A_s	$A_s = 4.8 + 5.88 = 10.68 \text{ cm}^2 > A_{Smin} \text{ O.K.}$

مثال ۱۳ محاسبه آرماتور کششی لازم برای یک تیر مستطیل شکل ، که تحت اثر خمش و نیروی محوری کششی قرار دارد. تارفوقاری کششی می باشد.

برای یک مقطع مستطیل شکل تحت اثر لنگر خمشی M_u ، و نیروی کششی N_u ، سطح مقطع آرماتور کششی لازم را محاسبه کنید.
مشخصات :

$$M_u = 55 \text{ KN.m}$$

$$N_u = 400 \text{ KN.m}$$

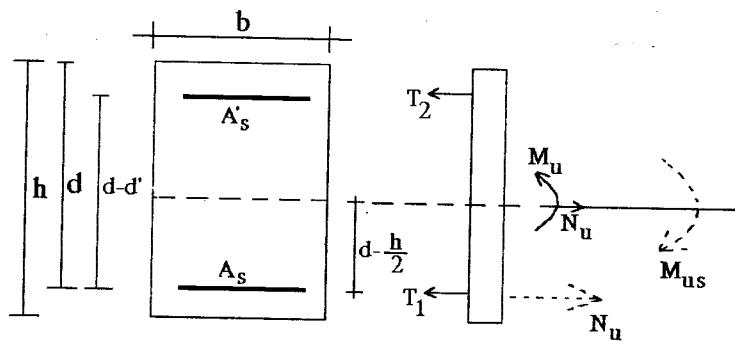
$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$b = 25 \text{ cm}$$

$$d = 45 \text{ cm}$$

$$h = 50 \text{ cm}$$

$$d-d' = 40 \text{ cm}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینن نامه
		الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول نیروی N_u را به محور آرماتورهای کششی منتقل کنید و لنگر خمشی M_{us} را محاسبه کنید.	
	$M_{us} = 55 - 400(0.45 - \frac{0.5}{2}) = -25 \text{ KN.m}$	$M_{us} = M_u - N_u(d - \frac{h}{2})$ تذکر: در صورت منفی شدن M_{us} به مثال ۱۲ مراجعه شود.	
	$A'_{s} = \frac{25 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400 \times 0.4} \times 10^4 = 1.84 \text{ cm}^2$	گام دوم A'_{s} محاسبه	
	$A_s = \frac{400 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400} \times 10^4 - 1.84$ $A_s = 1.76 - 1.84 = 9.92 \text{ cm}^2$	گام سوم A_s محاسبه	

خمن ۱) نسبت آرماتور و ضریب a_n برای طرح تقریبی و سریع تیرهای مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری

مراجع: بندهای ۱۰-۲-۵ و ۱۱-۳-۱ و ۱۱-۴-۱ و ۱۱-۵-۱ از آینه نامه بتن ایران

A_s و d و M_u به ترتیب بر حسب cm^2 و cm و KN.m می‌باشند.

$$A_s = \frac{M_u}{a_n d} \times 1000$$

$$a_n = \phi_s f_y \left(1 - \frac{a}{2d}\right)$$

$$1 - \frac{a}{2d} = 0.84$$

$$a_n = 0.84\phi_s f_y$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y}$$

$$\rho_{max} = 0.85\beta_1 \frac{\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \frac{600}{600 + f_y}$$

f_c (MPa)	۲۰ ($\beta_1=0.85$)	۲۱ ($\beta_1=0.85$)	۲۰ ($\beta_1=0.85$)	۲۵ ($\beta_1=0.81$)
$f_y = 220 \text{ MPa}$				
a_n	۱۵۷	۱۵۷	۱۵۷	۱۵۷
ρ_{min}	.۰۰۶۴	.۰۰۶۴	.۰۰۶۴	.۰۰۶۴
مناسب ρ	.۰۱۷۰	.۰۲۱۲	.۰۲۵۵	.۰۲۸۳
ρ_{max}	.۰۳۳۹	.۰۴۲۴	.۰۵۰۹	.۰۵۶۶
$f_y = 300 \text{ MPa}$				
a_n	۲۱۴	۲۱۴	۲۱۴	۲۱۴
ρ_{min}	.۰۰۴۷	.۰۰۴۷	.۰۰۴۷	.۰۰۴۷
مناسب ρ	.۰۱۱۴	.۰۱۴۲	.۰۱۷۰	.۰۱۸۹
ρ_{max}	.۰۲۲۷	.۰۲۸۳	.۰۳۴۰	.۰۳۷۸
$f_y = 400 \text{ MPa}$				
a_n	۲۸۶	۲۸۶	۲۸۶	۲۸۶
ρ_{min}	.۰۰۳۵	.۰۰۳۵	.۰۰۳۵	.۰۰۳۵
مناسب ρ	.۰۰۷۷	.۰۰۹۶	.۰۱۱۵	.۰۱۲۸
ρ_{max}	.۰۱۵۳	.۰۱۹۱	.۰۲۳۰	.۰۲۵۵

خمش، ۱-۲) ضرایب لازم برای طرح تیرهای مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری، در حالت $f_c = 20 \text{ MPa}$

مراجع: پندهای ۱۰-۵-۲ و ۱۱-۳ و ۱۱-۴-۱ و ۱۱-۵-۱ از آیین‌نامه بتن ایران

$$M_u = K \cdot F \quad KN \cdot m$$

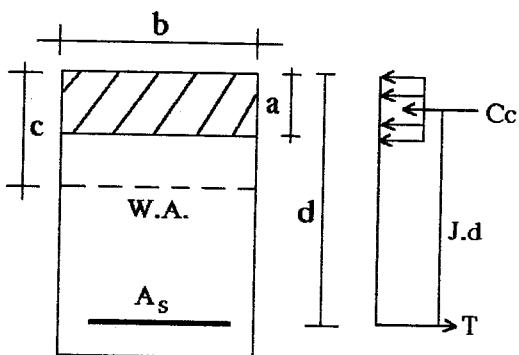
$$K = \phi_c \cdot f_c \cdot W \cdot J$$

و حسب f_c Mpa است.

$$W = \rho \frac{\phi_s f_y}{\phi_c f_c}$$

$$F = \frac{bd^2}{1000} \quad \text{و } d \text{ بر حسب cm می باشد}$$

$$\text{همچنین } M_u = A_s \cdot d \cdot a_n \times 10^{-3}$$



$$dS = \phi_s \cdot f_c \cdot J$$

A_s و d و M_u به ترتیب بر حسب cm^2 و cm و KN.m می باشند.

$$\frac{x}{d} = 1.18 \left(\frac{W}{\beta_1} \right) \quad \frac{a}{d} = \beta_1 \frac{x}{d} \quad \beta_1 = 0.85 \quad J = 1 - \frac{a}{2d} \quad J = 1 - 0.59W$$

W	K	$f_y = 220 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$		
		ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	$\frac{x}{d}$	$\frac{a}{d}$	J
•/۱۹	۲/۰۳۶۶	۰/۰۱۲۲	۱۶۶/۰۵۳	۰/۰۰۸۹	۲۲۶/۰۴۴	۰/۰۰۷	۳۰/۰۹۲۰	۰/۰۶۴	۰/۲۲۴۰	۰/۸۸۸
•/۲۰	۲/۱۱۵۷	۰/۰۱۲۸	۱۵۹/۰۹۳۴	۰/۰۰۹۳	۲۲۴/۰۹۱	۰/۰۰۷۱	۰/۰۹۹۸۸	۰/۰۷۱۸	۰/۱۲۳۰	۰/۸۸۲
•/۲۱	۲/۰۲۰۷۰	۰/۰۱۳۰	۱۶۳/۰۸۱۲	۰/۰۰۹۹	۲۲۳/۰۳۸	۰/۰۰۷۴	۰/۰۹۷۸۴	۰/۰۷۱۲	۰/۱۲۴۸	۰/۸۷۴
•/۲۲	۲/۰۲۹۵۸	۰/۰۱۴۱	۱۶۲/۰۵۹۰	۰/۰۱۰۴	۲۲۱/۰۷۵	۰/۰۰۷۸	۰/۰۹۵۸۰	۰/۰۷۰۰	۰/۱۲۴۸	۰/۸۷۴
•/۲۳	۲/۰۳۸۴۳	۰/۰۱۴۸	۱۶۱/۰۵۶۸	۰/۰۱۰۸	۲۲۰/۰۲۲	۰/۰۰۸۱	۰/۰۹۳۷۶	۰/۰۶۰۰	۰/۱۲۴۰	۰/۸۷۰
•/۲۴	۲/۰۳۷۱	۰/۰۱۵۴	۱۶۰/۰۴۴۸	۰/۰۱۱۳	۲۱۸/۰۷۹	۰/۰۰۸۵	۰/۰۹۱۹	۰/۰۵۱۹	۰/۱۲۳۱	۰/۸۷۴
•/۲۵	۲/۰۳۸۹	۰/۰۱۶۱	۱۵۹/۰۵۱۱	۰/۰۱۱۸	۲۱۷/۰۵۱۵	۰/۰۰۸۸	۰/۰۹۰۲۰	۰/۰۴۷۳	۰/۱۲۲۳	۰/۸۷۰
•/۲۶	۲/۰۴۴۲۳	۰/۰۱۶۷	۱۵۸/۰۲۸۹	۰/۰۱۲۲	۲۱۰/۰۹۸۰	۰/۰۰۹۵	۰/۰۸۷۱۰	۰/۰۴۷۵	۰/۱۲۲۰	۰/۸۷۰
•/۲۷	۲/۰۷۷۲۴۸	۰/۰۱۷۳	۱۵۷/۰۲۵۷	۰/۰۱۲۷	۲۱۴/۰۴۵۵	۰/۰۰۹۷	۰/۰۸۷۹۸	۰/۰۴۷۱	۰/۱۲۲۷	۰/۸۷۰
•/۲۸	۲/۰۸۰۵۴	۰/۰۱۸۰	۱۵۶/۰۱۴۱	۰/۰۱۳۲	۲۱۲/۰۹۲۵	۰/۰۰۹۵	۰/۰۸۷۹۸	۰/۰۴۷۱	۰/۱۲۲۷	۰/۸۷۰
•/۲۹	۲/۰۸۱۴۹	۰/۰۱۸۵	۱۵۵/۰۰۳۳	۰/۰۱۳۷	۲۱۱/۰۳۹۵	۰/۰۰۹۷	۰/۰۸۷۹۰	۰/۰۴۷۱	۰/۱۲۲۰	۰/۸۷۰
•/۳۰	۲/۰۹۵۲۸	۰/۰۱۹۳	۱۵۳/۰۹۰۱	۰/۰۱۳۲	۲۱۰/۰۹۲۵	۰/۰۰۹۹	۰/۰۸۷۹۰	۰/۰۴۷۱	۰/۱۲۱۹	۰/۸۷۰
•/۳۱	۳/۰۳۹۲	۰/۰۱۹۹	۱۵۲/۰۷۷۹	۰/۰۱۴۶	۲۰۸/۰۳۱۵	۰/۰۱۰۹	۰/۰۷۷۸	۰/۰۴۷۱	۰/۱۲۱۳	۰/۸۷۳
•/۳۲	۳/۱۱۱۴۲	۰/۰۲۰۵	۱۵۱/۰۴۵۷	۰/۰۱۵۱	۲۰۵/۰۱۰۰	۰/۰۱۱۳	۰/۰۷۵۷۴	۰/۰۴۴۳	۰/۱۲۱۷	۰/۸۷۰
•/۳۳	۳/۱۱۱۷۸	۰/۰۲۱۲	۱۵۰/۰۵۳۵	۰/۰۱۵۵	۲۰۵/۰۱۷۵	۰/۰۱۱۶	۰/۰۷۳۷۰	۰/۰۴۴۳	۰/۱۲۱۱	۰/۸۷۰
•/۳۴	۳/۲۰۵۹۹	۰/۰۲۱۸	۱۴۹/۰۴۱۳	۰/۰۱۵۰	۲۰۳/۰۱۴۵	۰/۰۱۱۲	۰/۰۷۱۵۶	۰/۰۴۸۹	۰/۱۲۰۵	۰/۸۷۰
•/۳۵	۳/۳۰۳۷۸	۰/۰۲۱۵	۱۴۸/۰۴۷۸	۰/۰۱۵۰	۲۰۲/۰۱۴۷	۰/۰۱۱۴	۰/۰۷۱۴۵	۰/۰۴۷۲	۰/۱۲۰۱	۰/۸۷۹
•/۳۶	۳/۴۰۰۴۲	۰/۰۲۳۱	۱۴۷/۰۲۵۴	۰/۰۱۵۹	۲۰۰/۰۱۴۵	۰/۰۱۱۷	۰/۰۷۱۴۰	۰/۰۴۲۵	۰/۱۲۱۳	۰/۸۷۴

دطای بالای خط نازک کمتر از ρ_{min} می‌باشند.

ρ_{max}

$f_c = 20 \text{ MPa}$

W	K	$f_y = 220 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$			$\frac{a}{d}$	J
		ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	$\frac{x}{d}$		
۰/۱۳۷	۳/۴۷۲۱	۰/۰۲۳۷	۱۳۶/۲۲۳۴	۰/۰۱۷۴	۱۹۹/۴۱۰	۰/۰۱۳۱	۲۶۵/۸۰	۰/۰۱۳۱	۲۶۵/۸۰	۰/۰۱۳	۰/۴۳۷	۰/۷۸۰
۰/۱۳۸	۳/۰۲۷۲	۰/۰۲۴۴	۱۴۵/۱۱۲	۰/۰۱۷۸	۱۹۷/۸۸	۰/۰۱۳۴	۲۶۳/۸۴	۰/۰۲۸	۰/۰۲۸	۰/۰۲۸	۰/۴۴۸	۰/۷۷۵
۰/۱۳۹	۳/۶۰۳۶	۰/۰۲۵۰	۱۴۳/۹۹۰	۰/۰۱۸۴	۱۹۵/۲۵۰	۰/۰۱۳۸	۲۶۱/۸۰	۰/۰۲۱	۲۶۱/۸۰	۰/۰۲۱	۰/۴۵۰	۰/۷۷۰
۰/۱۴۰	۳/۰۵۶۷	۰/۰۲۵۷	۱۴۲/۸۸۸	۰/۰۱۸۸	۱۹۴/۱۸۷	۰/۰۱۴۱	۲۵۹/۷۶	۰/۰۲۲	۲۵۹/۷۶	۰/۰۲۲	۰/۴۷۲	۰/۷۶۴
۰/۱۴۱	۳/۱۲۱۹	۰/۰۲۵۳	۱۴۱/۷۷۴۹	۰/۰۱۹۳	۱۹۳/۲۹۰	۰/۰۱۴۲	۲۵۷/۱۲	۰/۰۲۴	۲۵۷/۱۲	۰/۰۲۴	۰/۴۸۰	۰/۷۸۰
۰/۱۴۲	۳/۱۷۹۰	۰/۰۲۷۰	۱۴۰/۶۲۴	۰/۰۱۹۸	۱۹۲/۱۶۰	۰/۰۱۴۳	۲۵۵/۱۲	۰/۰۲۳	۲۵۵/۱۲	۰/۰۲۳	۰/۴۹۷	۰/۷۵۲
۰/۱۴۳	۳/۸۹۹۴	۰/۰۲۷۶	۱۳۹/۵۰۲	۰/۰۲۰۲	۱۹۰/۲۳۳	۰/۰۱۴۵	۲۵۳/۱۶	۰/۰۲۴	۲۵۳/۱۶	۰/۰۲۴	۰/۴۸۳	۰/۷۴۶
۰/۱۴۴	۳/۹۰۷۲	۰/۰۲۸۲	۱۳۸/۳۲۸	۰/۰۲۰۷	۱۸۹/۲۰۰	۰/۰۱۴۶	۲۵۱/۱۲	۰/۰۲۵	۲۵۱/۱۲	۰/۰۲۵	۰/۴۰۷	۰/۷۴۰
۰/۱۴۵	۳/۹۵۶۰	۰/۰۲۸۹	۱۳۷/۴۴۴۹	۰/۰۲۱۲	۱۸۸/۱۴۲۵	۰/۰۱۴۷	۲۵۰/۱۰	۰/۰۲۶	۲۵۰/۱۰	۰/۰۲۶	۰/۴۳۱	۰/۷۳۰
۰/۱۴۶	۴/۰۲۴۱	۰/۰۲۹۵	۱۳۶/۳۲۲۳	۰/۰۲۱۶	۱۸۷/۸۹۵	۰/۰۱۴۸	۲۴۹/۸۰	۰/۰۲۷	۲۴۹/۸۰	۰/۰۲۷	۰/۴۳۲	۰/۷۲۹
۰/۱۴۷	۴/۰۲۷۷	۰/۰۳۰۲	۱۳۵/۲۰۱	۰/۰۲۲۱	۱۸۶/۳۶۹۵	۰/۰۱۴۹	۲۴۸/۸۲۳۵	۰/۰۲۸	۲۴۸/۸۲۳۵	۰/۰۲۸	۰/۴۳۳	۰/۷۲۸
۰/۱۴۸	۴/۱۲۹۹	۰/۰۳۰۸	۱۳۴/۰۷۹	۰/۰۲۲۴	۱۸۵/۹۵۸	۰/۰۱۵۰	۲۴۷/۸۰	۰/۰۲۹	۲۴۷/۸۰	۰/۰۲۹	۰/۴۳۴	۰/۷۲۷
۰/۱۴۹	۴/۱۸۰۷	۰/۰۳۰۴	۱۳۳/۰۵۸	۰/۰۲۲۷	۱۸۴/۹۵۸	۰/۰۱۵۱	۲۴۶/۷۸	۰/۰۳۰۱	۲۴۶/۷۸	۰/۰۳۰	۰/۴۳۵	۰/۷۲۶
۰/۱۵۰	۴/۲۲۰۰	۰/۰۳۰۱	۱۳۲/۰۳۵	۰/۰۲۲۸	۱۸۳/۷۱۳	۰/۰۱۵۲	۲۴۵/۷۰	۰/۰۳۰۲	۲۴۵/۷۰	۰/۰۳۰۲	۰/۴۳۶	۰/۷۲۵
۰/۱۵۱	۴/۲۲۷۹	۰/۰۳۰۷	۱۳۱/۰۵۹۱	۰/۰۲۲۹	۱۸۲/۵۹۱	۰/۰۱۵۳	۲۴۴/۶۰	۰/۰۳۰۳	۲۴۴/۶۰	۰/۰۳۰۳	۰/۴۳۷	۰/۷۲۴
۰/۱۵۲	۴/۳۲۴۳	۰/۰۳۰۴	۱۳۰/۰۳۱۹	۰/۰۲۳۰	۱۸۱/۴۱۷	۰/۰۱۵۴	۲۴۳/۴۰	۰/۰۳۰۴	۲۴۳/۴۰	۰/۰۳۰۴	۰/۴۳۸	۰/۷۲۳
		ρ_{max}	۰/۰۳۱۹								۰/۰۳۱۷	۰/۰۳۱۷

خمش ۲-۲) ضرایب لازم برای طرح تیرهای مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری، در حالت $f_c = 25 \text{ MPa}$

مراجع: بندهای ۱۰-۲-۵-۱۱ و ۳-۱۱ و ۱-۴-۱۱ و ۱-۵-۱۱ از آینه نامه بتن ایران

$$M_u = K \cdot F \quad \text{KN.m}$$

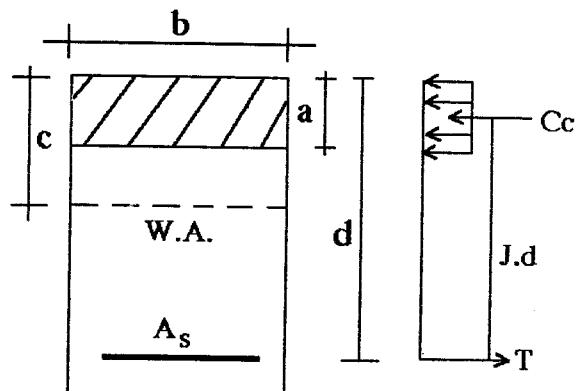
$$K = \phi_c \cdot f_c \cdot W \cdot J$$

بر حسب f_c است. Mpa

$$W = \rho \frac{\phi_s f_y}{\phi_c f_c}$$

$$F = \frac{bd^2}{1000} \quad \text{و } d \text{ بر حسب cm می باشد}$$

$$\text{همچنین } M_u = A_s \cdot d \cdot a_n \cdot 10^{-3}$$



$$\text{که } a_n = \phi_s \cdot f_c \cdot J$$

به ترتیب بر حسب M_u و A_s و d و cm^2 و cm و $KN.m$ می باشند.

$$\frac{x}{d} = 1.18 \left(\frac{W}{\beta_1} \right) \quad \frac{a}{d} = \beta_1 \frac{x}{d} \quad \beta_1 = 0.85 \quad J = 1 - \frac{a}{2d} \quad J = 1 - 0.59W$$

W	K	f _y = 220 MPa			f _y = 300 MPa			f _y = 400 MPa		
		p*	a _n	p*	a _n	p*	a _n	x/d	a/d	j
.1.2	.12953	.0/0015	183/755	.0/0012	201/940.	.0/009	335/92.	.0/028	.0/024	.0/988
.1.3	.13419	.0/0014	183/533	.0/0018	200/410.	.0/0013	333/18.	.0/042	.0/030	.0/982
.1.4	.15803	.0/0012	182/012	.0/0024	214/180.	.0/0018	331/184.	.0/035	.0/047	.0/976
.1.5	.17283	.0/0040	181/507	.0/0029	203/180.	.0/0022	330/140.	.0/059	.0/059	.0/971
.1.6	.18805	.0/0048	180/405	.0/0035	216/170.	.0/0026	328/100.	.0/083	.0/071	.0/955
.1.7	.19070	.0/0040	179/333	.0/0041	214/1545	.0/0031	326/10.	.0/057	.0/083	.0/959
.1.8	.19375	.0/0036	178/411	.0/0047	213/1015	.0/0025	324/120.	.0/111	.0/094	.0/953
.1.9	.19785	.0/0027	177/89	.0/0053	211/485	.0/0040	321/980.	.0/125	.0/106	.0/947
.1.10	.19910	.0/008	176/957	.0/0059	211/905	.0/0046	319/930.	.0/139	.0/118	.0/941
.1.11	.19928	.0/0028	175/845	.0/0055	213/7425	.0/0049	317/900.	.0/153	.0/122	.0/935
.1.12	.19722	.0/005	173/723	.0/0071	213/6895	.0/0053	315/85.	.0/157	.0/132	.0/929
.1.13	.19999	.0/014	173/601	.0/0075	213/5285	.0/0057	313/82.	.0/18.	.0/103	.0/923
.1.14	.19207	.0/012	171/479	.0/0082	213/4825	.0/0062	311/78.	.0/194	.0/150	.0/917
.1.15	.19052	.0/012	171/055	.0/0088	213/455.	.0/0066	310/78.	.0/208	.0/177	.0/912
.1.16	.18944	.0/012	169/922	.0/0093	213/1030.	.0/0071	308/74.	.0/204.	.0/189	.0/908
.1.17	.19125	.0/013	168/821	.0/0100	212/950.	.0/0076	306/70.	.0/201	.0/190	.0/900
.1.18	.19118	.0/013	167/718	.0/0105	212/795.	.0/0079	303/66.	.0/205.	.0/1912	.0/895

$f_c = 25 \text{ MPa}$

W	K	$f_y = 220 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$		
		ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	$\frac{x}{d}$	$\frac{a}{d}$	$\frac{a}{d}$
۰/۱۹	۲/۰۵۰۰۸	۰/۰۱۰۵	۱۶۶۰/۰۰۵۵	۰/۰۱۱۲	۱۱۲۵/۰۰۴۵	۰/۰۰۸۴	۳۰/۰۱۱۲	۰/۰۲۵۴	۰/۰۲۲۴	۰/۰۲۲۴
۰/۲۰	۲/۰۵۴۶	۰/۰۱۰۶	۱۵۴/۰۰۴۵	۰/۰۱۱۸	۲۲۴/۰۱۰۱	۰/۰۰۸۸	۲۹۹/۰۰۸۰	۰/۰۲۷۸	۰/۰۲۳۵	۰/۰۲۳۵
۰/۲۱	۲/۰۵۰۹۴	۰/۰۱۰۵۸	۱۶۳/۰۰۱۲	۰/۰۱۲۳	۲۲۳/۰۰۲۸	۰/۰۰۹۳	۲۹۷/۰۰۸۴	۰/۰۲۹۲	۰/۰۳۲۸	۰/۰۳۲۸
۰/۲۲	۲/۰۰۰۰۱	۰/۰۱۰۷۵	۱۶۲/۰۰۰۶	۰/۰۱۲۹	۲۲۱/۰۰۰۷۵	۰/۰۰۹۷	۲۹۵/۰۰۱۰۰	۰/۰۲۵	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶
۰/۲۳	۲/۰۰۰۰۸	۰/۰۱۰۸۴	۱۶۱/۰۰۰۸	۰/۰۱۳۰	۲۲۰/۰۰۰۳۰	۰/۰۰۹۱	۲۹۳/۰۰۰۷۵	۰/۰۲۹۲	۰/۰۳۲۸	۰/۰۳۲۸
۰/۲۴	۲/۰۰۰۰۸۸۸	۰/۰۱۰۹۲	۱۶۰/۰۰۰۴۸	۰/۰۱۳۹	۲۲۱/۰۰۰۷۰	۰/۰۰۹۷	۲۹۵/۰۰۱۰۰	۰/۰۲۵	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶
۰/۲۵	۲/۰۰۰۰۱۹۸۸	۰/۰۱۰۹۸	۱۶۰/۰۰۰۴۸	۰/۰۱۴۱	۲۱۸/۰۰۰۷۹	۰/۰۱۰۸	۲۹۱/۰۰۱۰۰	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶
۰/۲۶	۲/۰۰۰۰۳۰۳۳	۰/۰۱۰۲۰	۱۶۰/۰۰۰۹	۰/۰۱۴۷	۲۱۷/۰۰۰۷۹	۰/۰۱۰۸	۲۹۱/۰۰۱۰۰	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶
۰/۲۷	۲/۰۰۰۰۴۰۶۱	۰/۰۱۰۲۱	۱۶۰/۰۰۰۹۱	۰/۰۱۴۷	۲۱۶/۰۰۰۷۹	۰/۰۱۱۰	۲۹۰/۰۰۱۰۰	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶
۰/۲۸	۲/۰۰۰۰۵۰۷۰	۰/۰۱۰۲۲	۱۶۰/۰۰۰۹۹	۰/۰۱۵۳	۲۱۵/۰۰۰۷۹	۰/۰۱۱۰	۲۹۰/۰۰۱۰۰	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶
۰/۲۹	۲/۰۰۰۰۶۰۶۲	۰/۰۱۰۲۱۷	۱۶۰/۰۰۰۹۷	۰/۰۱۵۹	۲۱۴/۰۰۰۷۹	۰/۰۱۱۰	۲۹۰/۰۰۱۰۰	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶
۰/۳۰	۲/۰۰۰۰۷۰۳۵	۰/۰۱۰۲۲۰	۱۶۰/۰۰۰۹۷	۰/۰۱۶۰	۲۱۳/۰۰۰۷۹	۰/۰۱۱۰	۲۹۰/۰۰۱۰۰	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶
۰/۳۱	۲/۰۰۰۰۷۹۹۱	۰/۰۱۰۲۲۶	۱۶۰/۰۰۰۹۷	۰/۰۱۶۳	۲۱۲/۰۰۰۷۹	۰/۰۱۱۰	۲۹۰/۰۰۱۰۰	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶
۰/۳۲	۲/۰۰۰۰۸۱۲۸	۰/۰۱۰۲۲۸	۱۶۰/۰۰۰۹۷	۰/۰۱۶۳	۲۱۱/۰۰۰۷۹	۰/۰۱۱۰	۲۹۰/۰۰۱۰۰	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶
۰/۳۳	۲/۰۰۰۰۸۲۷۹	۰/۰۱۰۲۲۹	۱۶۰/۰۰۰۹۷	۰/۰۱۶۴	۲۱۰/۰۰۰۷۹	۰/۰۱۱۰	۲۹۰/۰۰۱۰۰	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶
۰/۳۴	۲/۰۰۰۰۸۳۷۹	۰/۰۱۰۲۳۰	۱۶۰/۰۰۰۹۷	۰/۰۱۶۴	۲۰۹/۰۰۰۷۹	۰/۰۱۱۰	۲۹۰/۰۰۱۰۰	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶
۰/۳۵	۲/۰۰۰۰۸۴۸۰	۰/۰۱۰۲۳۱	۱۶۰/۰۰۰۹۷	۰/۰۱۶۴	۲۰۸/۰۰۰۷۹	۰/۰۱۱۰	۲۹۰/۰۰۱۰۰	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶
۰/۳۶	۲/۰۰۰۰۸۵۰۲	۰/۰۱۰۲۳۲	۱۶۰/۰۰۰۹۷	۰/۰۱۶۴	۲۰۷/۰۰۰۷۹	۰/۰۱۱۰	۲۹۰/۰۰۱۰۰	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶

* دهای بالای خط نازی کمتر از ρ_{min} می‌باشند.

 $f_c = 25 \text{ MPa}$

W	K	$f_y = 220 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$			$\frac{a}{d}$	J
		ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	$\frac{x}{d}$		
۱/۳۷	۴/۱۳۴۰۱	۰/۰۲۹۷	۱۴۶/۱۱۳۴	۰/۰۲۱۸	۱۹۹/۴۱۰	۰/۰۱۵۳	۲۹۵/۸۸۰	۰/۰۱۴	۰/۰۱۴	۰/۰۲۷	۰/۰۲۷	۰/۰۸۸۲
۰/۳۸	۴/۱۳۲۲۲	۰/۰۳۰۵	۱۴۷/۱۱۱۲	۰/۰۲۲۴	۱۹۷/۸۸۰	۰/۰۱۶۸	۲۹۳/۸۴۰	۰/۰۲۸	۰/۰۲۸	۰/۰۲۸	۰/۰۲۸	۰/۰۷۷۰
۰/۳۹	۴/۱۳۰۴۰	۰/۰۳۱۳	۱۴۸/۹۹۰	۰/۰۲۲۹	۱۹۵/۱۲۰	۰/۰۱۷۳	۲۹۱/۸۰۰	۰/۰۳۱	۰/۰۳۱	۰/۰۳۱	۰/۰۳۱	۰/۰۷۵۴
۰/۴۰	۴/۱۲۸۵۰	۰/۰۳۲۱	۱۴۹/۸۵۸	۰/۰۲۳۵	۱۹۴/۸۱۲	۰/۰۱۷۵	۲۸۹/۷۶۰	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۷۵۴
۰/۴۱	۴/۱۲۶۱۷	۰/۰۳۲۹	۱۴۱/۷۴۳	۰/۰۲۴۱	۱۹۳/۲۹۰	۰/۰۱۸۱	۲۸۷/۷۲۰	۰/۰۳۴	۰/۰۳۴	۰/۰۳۴	۰/۰۳۴	۰/۰۷۵۰
۰/۴۲	۴/۱۲۴۳۵	۰/۰۳۳۷	۱۴۰/۶۳۴	۰/۰۲۴۷	۱۹۲/۷۴۰	۰/۰۱۸۰	۲۸۶/۷۱۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۷۴۶
۰/۴۳	۴/۱۲۲۱۷	۰/۰۳۴۰	۱۳۹/۵۰۲	۰/۰۲۵۳	۱۹۰/۱۲۳	۰/۰۱۹۰	۲۸۵/۶۵۰	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۷۴۰
۰/۴۴	۴/۱۲۰۸۴	۰/۰۳۴۳	۱۳۸/۳۲۸	۰/۰۲۵۵	۱۸۹/۱۴۵	۰/۰۱۹۱	۲۸۴/۶۴۰	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۷۳۵
۰/۴۵	۴/۱۱۸۵۱۳	۰/۰۳۴۶	۱۳۷/۴۴۴۰	۰/۰۲۶۰	۱۸۷/۴۲۵	۰/۰۱۹۲	۲۸۳/۶۳۰	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸	۰/۰۷۲۹
۰/۴۶	۵/۰۳۰۱	۰/۰۳۶۹	۱۳۶/۳۳۳۲	۰/۰۲۶۱	۱۸۶/۸۹۵	۰/۰۱۹۳	۲۸۲/۶۲۰	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۷۲۳
۰/۴۷	۵/۰۳۰۷۶	۰/۰۳۷۱	۱۳۵/۲۰۱	۰/۰۲۶۴	۱۸۵/۳۲۶	۰/۰۱۹۴	۲۸۱/۶۱۰	۰/۰۴۰	۰/۰۴۰	۰/۰۴۰	۰/۰۴۰	۰/۰۷۱۷
۰/۴۸	۵/۰۳۶۳۴	۰/۰۳۸۵	۱۳۴/۰۷۹	۰/۰۲۶۰	۱۸۴/۸۲۶	۰/۰۱۹۵	۲۸۰/۶۰۰	۰/۰۴۱	۰/۰۴۱	۰/۰۴۱	۰/۰۴۱	۰/۰۷۱۱
۰/۴۹	۵/۰۲۲۵۹	۰/۰۳۹۳	۱۳۳/۰۷۵۰	۰/۰۲۶۷	۱۸۳/۹۵۰	۰/۰۱۹۶	۲۷۹/۵۸۰	۰/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۰۷۰۵
۰/۵۰	۵/۰۲۸۷۵	۰/۰۴۰۱	۱۳۲/۰۷۱۳	۰/۰۴۰۹	۱۸۲/۸۲۰	۰/۰۱۹۷	۲۷۸/۵۰۰	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۶۹۶
۰/۵۱	۵/۰۳۴۷۲	۰/۰۴۰۹	۱۳۱/۰۷۱۳	۰/۰۴۰۹	۱۸۱/۷۱۰	۰/۰۱۹۸	۲۷۷/۴۲۰	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۰/۰۶۹۳
۰/۵۲	۵/۰۴۰۵۵	۰/۰۴۱۷	۱۲۹/۰۵۹۱	۰/۰۴۱۷	۱۸۰/۴۱۰	۰/۰۱۹۹	۲۷۶/۳۴۰	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۶۸۲
		ρ_{max}	۰/۰۴۲۱					۰/۰۴۶۲		۰/۰۴۶۲		

خمنش ۳-۲) خسایاب لازم برای طرح تیرهای مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری، در حالت $f_c = 30 \text{ MPa}$

مراجع: بندهای ۱-۱۰ و ۲-۲-۵ و ۱۱-۳ و ۱۱-۴-۱ و ۱-۵-۱ از آینه نامه بتن ایران

$$M_u = K \cdot F \quad KN \cdot m$$

$$K = \phi_c \cdot f_c \cdot W \cdot J$$

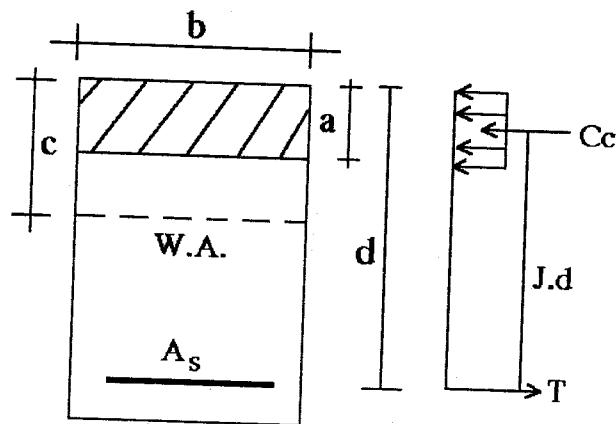
بر حسب f_c Mpa است.

$$W = \rho \frac{\phi_s f_y}{\phi_c f_c}$$

$$F = \frac{bd^2}{1000} \quad \text{و } d \text{ بر حسب cm می باشد}$$

$$\text{همچنین } M_u = A_s \cdot d \cdot a_n \cdot 10^{-3}$$

$$\text{as } a_n = \phi_s \cdot f_c \cdot J$$



M_u و d و A_s به ترتیب بر حسب $KN.m$ و cm^2 و cm می باشند.

$$\frac{x}{d} = 1.18 \left(\frac{W}{\beta_1} \right) \quad \frac{a}{d} = \beta_1 \frac{x}{d} \quad \beta_1 = 0.85 \quad J = 1 - \frac{a}{2d} \quad J = 1 - 0.59W$$

W	K	f _y = 220 MPa			f _y = 300 MPa			f _y = 400 MPa			$\frac{x}{d}$	$\frac{a}{d}$	J
		p*	a _n	p*	a _n	p*	a _n	x/d					
٠/٠٢	٠/٣٥٥٧	٠/٠١٩	١٨٩/٧٥٤	٠/٠١٤	٢٥١/٩٤٠	٠/٠١١	٣٣٥/٩٢٠	٠/٠٢٨	٠/٠٣٦	٠/٠٣٦	٠/٩٨٨	٠/٩٨٢	٠/٩٨٨
٠/٠٣	٠/٥٣٠٣	٠/٠٢٩	١٨٣/٦٣٤	٠/٠٢١	٢٥٠/٩١٠	٠/٠١٤	٣٣٣/٨٨٠	٠/٠٤٢	٠/٠٣٥	٠/٠٣٥	٠/٩٧٣	٠/٩٧٣	٠/٩٧٣
٠/٠٤	٠/٧٣٢٧	٠/٠٣٩	١٨٢/٥١٢	٠/٠٢٨	٢٤٨/٨٨٠	٠/٠٢١	٣٣١/٨٤٠	٠/٠٤٣	٠/٠٤٦	٠/٠٤٦	٠/٩٧١	٠/٩٧١	٠/٩٧١
٠/٠٥	٠/٨٧٣٩	٠/٠٤٨	١٨١/٥٧٧	٠/٠٣٥	٢٣٦/٩٠٥	٠/٠٢٦	٣٣٠/١١٤٠	٠/٠٤٩	٠/٠٥٣	٠/٠٥٣	٠/٩٦٠	٠/٩٦٠	٠/٩٦٠
٠/٠٦	٠/٩٤٢٢	٠/٠٥٨	١٨٠/٤٥٥	٠/٠٤٢	٢٣٥/٩٧٥	٠/٠٣٣	٣٣٢/١٠٠٠	٠/٠٨٣	٠/٠٩٦	٠/٠٩٦	٠/٩٥٩	٠/٩٥٩	٠/٩٥٩
٠/٠٧	٠/١٢٠٨٣	٠/٠٦٧	١٧٩/٣٣٣	٠/٠٤٩	٢٣٤/٨٣٥	٠/٠٣٧	٣٣١/٠٣٧	٠/٠٩٧	٠/٠٩٧	٠/٠٩٧	٠/٩٥٨	٠/٩٥٨	٠/٩٥٨
٠/٠٨	٠/٣٧٢٣	٠/٠٧٧	١٧٨/٢١١	٠/٠٥٦	٢٣٣/١٠١٥	٠/٠٤٣	٣٣٣/٠٣٢٠	٠/١١١	٠/١١١	٠/١١١	٠/٩٥٧	٠/٩٥٧	٠/٩٥٧
٠/٠٩	٠/٥٣١١	٠/٠٨٧	١٧٧/٠٨٩	٠/٠٥٤	٢٣٢/٩٨٥	٠/٠٤٨	٣٣١/٩٨٠	٠/١٢٥	٠/١٢٥	٠/١٢٥	٠/٩٥٦	٠/٩٥٦	٠/٩٥٦
٠/١٠	٠/٥٩٣٨	٠/٠٩٥	١٧٥/٩٥٧	٠/٠٧١	٢٣١/٩٨٥	٠/٠٤٨	٣٣١/٩٨٠	٠/١٢٥	٠/١٢٥	٠/١٢٥	٠/٩٥٥	٠/٩٥٥	٠/٩٥٥
٠/١١	٠/٨٥١٣	٠/٠٩٦	١٧٣/٨٤٥	٠/٠٧٨	٢٣٢/٩٣٥	٠/٠٥٠	٣١٩/٩٠٠	٠/١٣٩	٠/١٣٩	٠/١٣٩	٠/٩٥٤	٠/٩٥٤	٠/٩٥٤
٠/١٢	٠/١٠٠٦٦	٠/٠١٦	١٧٢/٧٢٣	٠/٠٥٦	٢٣٣/٩٥٥	٠/٠٥٣	٣١٩/٩١٠	٠/١٢٥	٠/١٢٥	٠/١٢٥	٠/٩٥٣	٠/٩٥٣	٠/٩٥٣
٠/١٣	٠/١٢٥٦	٠/٠١٦	١٧٢/٦٢٣	٠/٠٥٦	٢٣٣/٩٥٥	٠/٠٥٣	٣١٩/٩٢٠	٠/١٢٥	٠/١٢٥	٠/١٢٥	٠/٩٥٢	٠/٩٥٢	٠/٩٥٢
٠/١٤	٠/١٣٥٢	٠/٠١٥	١٧٢/٥٢٣	٠/٠٥٢	٢٣٣/٨٣٥	٠/٠٥٩	٣١٣/٨٢٠	٠/١٢٦	٠/١٢٦	٠/١٢٦	٠/٩٥١	٠/٩٥١	٠/٩٥١
٠/١٥	٠/٤٦٣٤	٠/٠١٩٦	١٧٢/٥٤٤	٠/٠١٦	٢٣٢/٨٣٥	٠/٠٦٣	٣١١/٧٨٠	٠/١٢٧	٠/١٢٧	٠/١٢٧	٠/٩٥٠	٠/٩٥٠	٠/٩٥٠
٠/١٦	٠/٦٦٩٣	٠/٠١٥٤	١٦٩/٤٤٢	٠/٠١٣	٢٣٣/٨٣٥	٠/٠٧٥	٣١١/٧٨٠	٠/١٢٨	٠/١٢٨	٠/١٢٨	٠/٩٥٠	٠/٩٥٠	٠/٩٥٠
٠/١٧	٠/٧٧٥٣	٠/٠١٦٤	١٦٨/٣٣٠	٠/٠١٢	٢٢٩/٥٠٠	٠/٠٩٧	٣١٠/٦٠٠	٠/١٢٩	٠/١٢٩	٠/١٢٩	٠/٩٥٠	٠/٩٥٠	٠/٩٥٠
٠/١٨	٠/٨٨٦٦	٠/٠١٣٣	١٦٧/١١٧	٠/٠١٢٧	٢٢٧/٩٧٠	٠/٠٩٥	٣٠٣/٦٠٠	٠/١٢١	٠/١٢١	٠/١٢١	٠/٩٤٣	٠/٩٤٣	٠/٩٤٣

W	K	f _y = 220 MPa			f _y = 300 MPa			f _y = 400 MPa		
		ρ*	a _n	ρ*	a _n	ρ*	a _n	x/d	a/d	J
۰/۱۹	۳/۰۳۷	۰/۰۱۸۵	۱۶۶/۵۰	۰/۰۱۱۴	۱۱۲۶/۴۴۴	۰/۰۱۰۱	۳۰/۹۱۰	۰/۲۹۴	۰/۲۲۴	۰/۰۰۰
۰/۲۰	۳/۱۱۸۵	۰/۰۱۹۳	۱۶۴/۹۳۴	۰/۰۱۴۱	۲۲۴۶/۹۱۰	۰/۰۱۰۶	۲۹۹/۸۸	۰/۲۷۸	۰/۲۳۶	۰/۰۰۰
۰/۲۱	۳/۲۱۱۲	۰/۰۲۰۲	۱۶۳/۸۱۲	۰/۰۱۴۸	۲۲۳۶/۴۳۸	۰/۰۱۱۱	۲۹۷/۸۴۰	۰/۲۹۵	۰/۲۴۸	۰/۰۰۰
۰/۲۲	۳/۳۴۳۵	۰/۰۲۱۲	۱۶۲/۵۹۰	۰/۰۱۵۵	۲۲۱/۷۵۰	۰/۰۱۱۶	۲۹۸/۸۰۰	۰/۳۰۵	۰/۲۶۰	۰/۰۰۰
۰/۲۳	۳/۵۰۷۰	۰/۰۲۲۱	۱۶۱/۵۵۸	۰/۰۱۵۲	۲۲۰/۵۳۲	۰/۰۱۱۲	۲۹۸/۷۵۰	۰/۳۰۹	۰/۲۷۱	۰/۰۰۰
۰/۲۴	۳/۷۷۰۴	۰/۰۲۳۱	۱۶۰/۴۳۴۸	۰/۰۱۵۹	۲۱۸/۷۹۰	۰/۰۱۱۷	۲۹۸/۷۲۰	۰/۳۱۳	۰/۲۸۳	۰/۰۰۰
۰/۲۵	۳/۸۳۸۵	۰/۰۲۴۱	۱۵۹/۵۱۱	۰/۰۱۷۷	۲۱۷/۵۱۵	۰/۰۱۱۳	۲۹۸/۷۰۰	۰/۳۱۹	۰/۲۷۱	۰/۰۰۰
۰/۲۶	۳/۹۶۴۰	۰/۰۲۵۰	۱۵۸/۲۸۹	۰/۰۱۸۴	۲۱۵/۹۸۵	۰/۰۱۲۸	۲۹۸/۶۸۰	۰/۳۲۱	۰/۲۹۵	۰/۰۰۰
۰/۲۷	۴/۰۸۱۳	۰/۰۲۶۰	۱۵۷/۱۲۴	۰/۰۱۷۵	۲۱۴/۵۱۵	۰/۰۱۱۳	۲۹۸/۶۰۰	۰/۳۲۰	۰/۲۷۱	۰/۰۰۰
۰/۲۸	۴/۱۲۰۸۴	۰/۰۲۷۰	۱۵۶/۱۴۵	۰/۰۱۹۸	۲۱۲/۹۲۵	۰/۰۱۲۸	۲۸۵/۹۴۰	۰/۳۲۷	۰/۲۸۳	۰/۰۰۰
۰/۲۹	۴/۱۲۷۷۴	۰/۰۲۷۹	۱۵۵/۰۲۳	۰/۰۱۹۱	۲۱۱/۴۴۵	۰/۰۱۲۳	۲۸۵/۹۳۰	۰/۳۲۸	۰/۲۹۱	۰/۰۰۰
۰/۳۰	۴/۱۴۴۴۲	۰/۰۲۸۹	۱۵۴/۹۰۱	۰/۰۲۱۲	۲۱۰/۱۴۵	۰/۰۱۴۸	۲۸۳/۹۰۰	۰/۳۲۹	۰/۲۹۰	۰/۰۰۰
۰/۳۱	۴/۰۵۰۸۹	۰/۰۲۹۹	۱۵۳/۷۷۹	۰/۰۲۱۹	۲۰۹/۱۳۴۵	۰/۰۱۵۲	۲۸۱/۸۶۰	۰/۳۲۰	۰/۲۹۲	۰/۰۰۰
۰/۳۲	۴/۰۵۷۱۴	۰/۰۳۰۸	۱۵۱/۸۵۷	۰/۰۲۳۵	۲۰۸/۱۰۵	۰/۰۱۵۹	۲۷۹/۸۲۰	۰/۳۱۸	۰/۲۹۳	۰/۰۰۰
۰/۳۳	۴/۰۷۸۱۷	۰/۰۳۱۸	۱۵۰/۰۳۳	۰/۰۲۳۵	۲۰۷/۱۲۷۵	۰/۰۱۵۴	۲۷۷/۸۱۰	۰/۳۲۰	۰/۲۹۳	۰/۰۰۰
۰/۳۴	۴/۰۸۸۹۹	۰/۰۳۱۷	۱۴۹/۴۳۱۳	۰/۰۲۳۵	۲۰۶/۱۷۴۰	۰/۰۱۵۹	۲۷۶/۷۰۰	۰/۳۲۸	۰/۲۹۳	۰/۰۰۰
۰/۳۵	۵/۰۰۰۲۲	۰/۰۳۱۷	۱۴۸/۴۳۷۸	۰/۰۲۳۷	۲۰۵/۱۲۷۰	۰/۰۱۵۰	۲۷۵/۷۰۰	۰/۳۲۹	۰/۲۹۲	۰/۰۰۰
۰/۳۶	۵/۰۱۰۶۲	۰/۰۳۱۷	۱۴۷/۴۲۵۷	۰/۰۲۳۵	۲۰۴/۱۷۴۰	۰/۰۱۵۱	۲۷۴/۶۶۰	۰/۳۲۸	۰/۲۹۳	۰/۰۰۰

* دهای بالای خط نازک کمتر از ρ_{min} می‌باشند.

W	K	$f_y = 220 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$			$\frac{x}{d}$	$\frac{a}{d}$	J
		ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	ρ^*			
۰/۳۷	۰/۲۰۸۱	۰/۰۳۵۶	۱۴۶/۲۲۳۴	۰/۰۲۹۱	۱۹۹/۳۱۰	۰/۰۱۹۶	۲۵۰/۱۸۰	۰/۰۱۴	۱۰۱/۳۷۷	۰/۰۳۷۷	۰/۰۷۸۲	۰/۰۷۸۲	۰/۰۷۸۲
۰/۳۸	۰/۲۰۷۸	۰/۰۳۵۵	۱۴۷/۱۱۱۲	۰/۰۲۹۸	۱۹۷/۱۸۰	۰/۰۲۰۱	۲۶۳/۸۳۰	۰/۰۲۸	۱۰۲/۰۳۸	۰/۰۴۸	۰/۰۷۷۴	۰/۰۷۷۴	۰/۰۷۷۴
۰/۳۹	۰/۲۰۵۴	۰/۰۳۷۵	۱۴۳/۹۹۰	۰/۰۲۷۵	۱۹۵/۳۵۰	۰/۰۲۰۳	۲۶۱/۸۰۰	۰/۰۳۱	۱۰۲/۰۳۱	۰/۰۴۰	۰/۰۷۷۰	۰/۰۷۷۰	۰/۰۷۷۰
۰/۴۰	۰/۰۳۰۰۸	۰/۰۳۸۰	۱۴۲/۸۵۸	۰/۰۲۸۲	۱۹۴/۸۵۰	۰/۰۲۱۲	۲۵۹/۷۶۰	۰/۰۳۵۰	۱۰۲/۰۳۵۰	۰/۰۴۲	۰/۰۷۷۲	۰/۰۷۷۲	۰/۰۷۷۲
۰/۴۱	۰/۰۳۹۴	۰/۰۳۹۵	۱۴۱/۷۳۶	۰/۰۲۸۹	۱۹۳/۲۹۰	۰/۰۲۱۷	۲۵۷/۷۳۰	۰/۰۳۹	۱۰۲/۰۳۹	۰/۰۴۳	۰/۰۷۸۲	۰/۰۷۸۲	۰/۰۷۸۲
۰/۴۲	۰/۰۴۰۰۴	۰/۰۴۰۴	۱۴۰/۵۳۶	۰/۰۲۹۳	۱۹۱/۷۶۰	۰/۰۲۲۲	۲۵۵/۶۳۰	۰/۰۴۰	۱۰۲/۰۴۰	۰/۰۴۵	۰/۰۷۸۵	۰/۰۷۸۵	۰/۰۷۸۵
۰/۴۳	۰/۰۴۱۰۱	۰/۰۴۱۱	۱۳۹/۵۰۲	۰/۰۳۰۴	۱۹۰/۱۲۰	۰/۰۲۲۸	۲۵۳/۵۴۰	۰/۰۴۱	۱۰۲/۰۴۱	۰/۰۴۶	۰/۰۷۸۶	۰/۰۷۸۶	۰/۰۷۸۶
۰/۴۴	۰/۰۴۰۸	۰/۰۴۰۹	۱۳۸/۴۲۸	۰/۰۳۰۱	۱۸۹/۱۱۰	۰/۰۲۱۱	۲۵۱/۴۲۰	۰/۰۴۲	۱۰۲/۰۴۲	۰/۰۴۷	۰/۰۷۸۷	۰/۰۷۸۷	۰/۰۷۸۷
۰/۴۵	۰/۰۴۰۳۵	۰/۰۴۰۳۳	۱۳۷/۴۴۵	۰/۰۳۰۸	۱۸۷/۴۲۵	۰/۰۲۱۸	۲۵۰/۴۲۰	۰/۰۴۳	۱۰۲/۰۴۳	۰/۰۴۸	۰/۰۷۸۸	۰/۰۷۸۸	۰/۰۷۸۸
۰/۴۶	۰/۰۴۰۳۱	۰/۰۴۰۴۳	۱۳۶/۳۳۳	۰/۰۳۰۵	۱۸۵/۱۸۹۰	۰/۰۲۰۳	۲۴۹/۳۳۳	۰/۰۴۴	۱۰۲/۰۴۴	۰/۰۴۹	۰/۰۷۸۹	۰/۰۷۸۹	۰/۰۷۸۹
۰/۴۷	۰/۰۴۱۵۵	۰/۰۴۰۵	۱۳۵/۲۰۱	۰/۰۳۰۳	۱۸۴/۳۳۳	۰/۰۲۰۱	۲۴۸/۳۳۳	۰/۰۴۵	۱۰۲/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۷۸۹	۰/۰۷۸۹	۰/۰۷۸۹
۰/۴۸	۰/۰۴۱۹۹	۰/۰۴۰۲	۱۳۴/۰۷۹	۰/۰۳۰۳	۱۸۳/۲۸۳	۰/۰۲۰۳۳	۲۴۷/۲۸۳	۰/۰۴۶	۱۰۲/۰۴۶	۰/۰۴۸	۰/۰۷۸۰	۰/۰۷۸۰	۰/۰۷۸۰
۰/۴۹	۰/۰۴۲۱۰	۰/۰۴۰۲	۱۳۳/۰۷۵۷	۰/۰۳۰۲	۱۸۲/۱۹۰۷	۰/۰۲۰۴۲	۲۴۶/۱۹۰۷	۰/۰۴۷	۱۰۲/۰۴۷	۰/۰۴۹	۰/۰۷۸۱	۰/۰۷۸۱	۰/۰۷۸۱
۰/۵۰	۰/۰۴۲۴۰	۰/۰۴۰۱	۱۳۲/۰۸۵	۰/۰۳۰۱	۱۸۱/۰۸۳۵	۰/۰۲۰۴۸	۲۴۵/۰۸۳۵	۰/۰۴۸	۱۰۲/۰۴۸	۰/۰۴۹	۰/۰۷۸۲	۰/۰۷۸۲	۰/۰۷۸۲
۰/۵۱	۰/۰۴۲۵۸	۰/۰۴۰۱	۱۳۱/۰۷۸۳	۰/۰۳۰۱	۱۸۰/۰۷۸۳	۰/۰۲۰۵۰	۲۴۴/۰۷۸۳	۰/۰۴۹	۱۰۲/۰۴۹	۰/۰۴۹	۰/۰۷۸۲	۰/۰۷۸۲	۰/۰۷۸۲
۰/۵۲	۰/۰۴۲۷۵	۰/۰۴۰۱	۱۳۰/۰۵۹۱	۰/۰۳۰۱	۱۷۹/۰۵۹۱	۰/۰۲۰۵۰	۲۴۳/۰۵۹۱	۰/۰۴۹	۱۰۲/۰۴۹	۰/۰۴۹	۰/۰۷۸۲	۰/۰۷۸۲	۰/۰۷۸۲

ρ_{max}

خمش ۴-۲) ضرایب لازم برای طرح تیرهای مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری، در حالت $f_c = 35 \text{ MPa}$

مراجع: بندهای ۱۰-۵-۲-۲ و ۱۱-۳-۱۱ و ۱-۵-۱۱ از آییننامه بتن ایران

$$M_u = K \cdot F \quad \text{KN.m}$$

$$K = \phi_c \cdot f_c \cdot W \cdot J$$

است. Mpa بر حسب f_c

$$W = \rho \frac{\phi_s f_y}{\phi_c f_c}$$

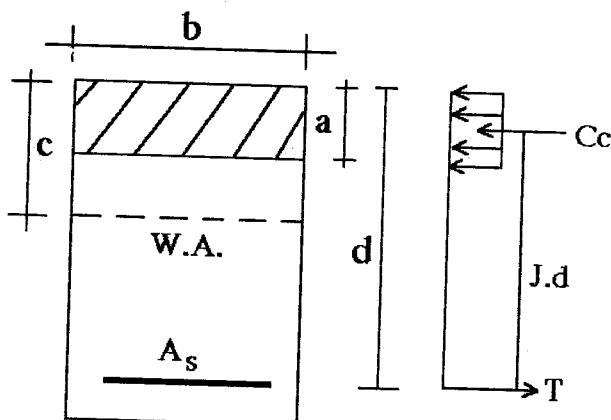
$$F = \frac{bd^2}{1000} \quad \text{و } d \text{ بر حسب cm می باشد}$$

$$\text{همچنین } M_u = A_s \cdot d \cdot a_n \cdot 10^{-3}$$

$$\text{که } a_n = \phi_s \cdot f_c \cdot J$$

به ترتیب بر حسب M_u و d و A_s KN.m و cm و cm^2 می باشند.

$$\frac{x}{d} = 1.18 \left(\frac{W}{\beta_1} \right) \quad \frac{a}{d} = \beta_1 \frac{x}{d} \quad \beta_1 = 0.85 \quad J = 1 - \frac{a}{2d} \quad J = 1 - 0.59W$$



W	K	f _y = 220 MPa			f _y = 300 MPa			f _y = 400 MPa			$\frac{a}{d}$	J
		p*	a _n	p*	a _n	p*	a _n	$\frac{x}{d}$				
٠.٠٢	٠/٣١٥.	٠/٠٢٢	٨٤/٧٥٥	٠/٠٦٤	٢٥/١٩٤٠	٠/٠١٢	٣٣٥/٩٢٠	٠/٠٢٩	٠/٠٢٤	٠/٩٨٨	٠/٠٢٤	٠/٩٨٨
٠.٠٣	٠/٣١٨٧	٠/٠٣٣	٨٢/٤٣٤	٠/٠٣٥	٢٥/٤١٠	٠/٠١٩	٣٣٣/٨٢٠	٠/٠٤٤	٠/٠٣٦	٠/٩٨٣	٠/٠٣٦	٠/٩٨٣
٠.٠٤	٠/٨١٩٧	٠/٠٤٦	٨٢/٥١٢	٠/٠٣٣	٢٩٨/٨٦٠	٠/٠٢٥	٣٣١/٨٤٠	٠/٠٥٩	٠/٠٤٧	٠/٩٧٦	٠/٠٤٧	٠/٩٧٦
٠.٠٥	١/١٠١٩٦	٠/٠٥٣	٨١/٥٧٧	٠/٠٤١	٢٤٧/٩٤٠	٠/٠٣١	٣٣٠/١١٤٠	٠/٠٧٣	٠/٠٥٩	٠/٩٧١	٠/٠٥٩	٠/٩٧١
٠.٠٦	١/٢١٥٩	٠/٠٦٧	٨٠/٤٥٥	٠/٠٣٦	٢٤٩/٧٤٠	٠/٠٣٧	٣٣٨/١٠٠	٠/٠٨٧	٠/٠٧١	٠/٩٦٥	٠/٠٧١	٠/٩٦٥
٠.٠٧	١/٤٠٩٧	٠/٠٧٩	١٧٢/٣٣٣	٠/٠٥٨	٢٤٩/٧٤٠	٠/٠٣٣	٣٣٦/٩٣٠	٠/٠٨٢	٠/٠٧٣	٠/٩٥٩	٠/٠٧٣	٠/٩٥٩
٠.٠٨	١/٥٠١٠	٠/٠٩٠	١٧٨/٢١١	٠/٠٦٦	٢٣٣/١٠١٥	٠/٠٤٩	٣٣٦/٠٢٠	٠/١١٤	٠/٠٩٣	٠/٩٥٣	٠/٠٩٣	٠/٩٥٣
٠.٠٩	١/٧٨٩٨	٠/١٠١	١٧٧/٨٦٥	٠/٠٧٤	٢٤٤/٤٤٦	٠/٠٤٦	٣٢٣/٩٨٠	٠/١١١	٠/٠٨٣	٠/٩٥٩	٠/٠٨٣	٠/٩٥٩
٠.١٠	١/٩٧٦١	٠/١١١	١٧٥/٩٥٧	٠/٠٨٢	٢١٩/٩٥٥	٠/٠٦٢	٣١٩/٩٤٠	٠/١٤٦	٠/١١٨	٠/٩٤١	٠/١١٨	٠/٩٤١
٠.١١	٢/١٥٩٩	٠/١٢٤	١٧٤/٨٤٥	٠/٠٩١	٢٣٧/٣٢٥	٠/٠٦٨	٣١٧/٩٠٠	٠/١٦١	٠/١١٣	٠/٩٤٧	٠/١١٣	٠/٩٤٧
٠.١٢	٢/٣٤٤١	٠/١٣٦	١٦٣/٧٣٣	٠/٠٩٩	٢١٣/٨٩٥	٠/٠٧٣	٣١٥/١٦٠	٠/١٧٦	٠/١٦٣	٠/٩٣٦	٠/١٦٣	٠/٩٣٦
٠.١٣	٢/٥١٩٨	٠/١٤٤	١١٢/٤٠١	٠/١٠٧	٢٣٥/٣٦٥	٠/٠٨٠	٣١٣/٨٢٠	٠/١٨٩	٠/١٥٣	٠/٩٢٣	٠/١٥٣	٠/٩٢٣
٠.١٤	٢/٦٥٩٥	٠/١٥٧	١١٧/١٤٧٩	٠/١١٥	٢٣٣/٨٣٥	٠/٠٨٧	٣١١/٧٨٠	٠/١٣٥	٠/١٣٢	٠/٩٢٩	٠/٩٢٩	٠/٩٢٩
٠.١٥	٢/٨٨٢٨	٠/١٦٨	١٧٠/٥٤٤	٠/١٢٣	٢٣٣/٥٤٦	٠/٠٩٣	٣١٠/٠٨٠	٠/١٣٣	٠/١٢٣	٠/٩١٢	٠/٩١٢	٠/٩١٢
٠.١٦	٣/٠٤٤٢	٠/١٨٦	١٦٩/٤٤٢	٠/١١٢	٢٣١/٩٣٠	٠/٠٩٩	٣٠٨/٠٤٠	٠/١٨٩	٠/١٨٩	٠/٩٠٦	٠/٩٠٦	٠/٩٠٦
٠.١٧	٣/٢١١٣	٠/١٩١	١٩٨/٣٣٠	٠/١١٤	٢٢٩/٥٠٠	٠/٠١٥	٣٠٦/٠٠٠	٠/١٢٤٨	٠/١٢٤٨	٠/٩٠٠	٠/٩٠٠	٠/٩٠٠
٠.١٨	٣/٣٧٩٣	٠/٢٠١	١٩٧/١٧٨	٠/١٤٨	٢٢٧/٩٧٠	٠/٠١١١	٣٠٣/٠٩٦	٠/١٢١	٠/١٢١	٠/٨٩٤	٠/٨٩٤	٠/٨٩٤

W	K	$f_y = 220 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$		
		ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	$\frac{x}{d}$	$\frac{a}{d}$	J
۰/۱۹	۳/۰۵۵۱	۰/۰۲۱۱۳	۱۹۹/۰۵۵	۰/۰۱۰۷	۲۲۶/۰۴۴	۰/۱۱۷	۳۰/۰۹۲	۰/۱۲۷	۰/۱۲۴	۰/۸۸۸
۰/۲۰	۳/۰۷۰۴	۰/۰۲۲۵	۱۹۹/۰۹۳۴	۰/۰۱۵۰	۲۲۴/۰۹۱	۰/۰۱۲۴	۲۹۹/۰۸۸	۰/۰۹۲	۰/۲۳۶	۰/۸۸۲
۰/۲۱	۳/۰۸۵۲	۰/۰۲۳۶	۱۹۹/۰۸۱۲	۰/۰۱۲۳	۲۲۳/۰۷۸	۰/۰۱۳	۲۹۷/۰۸۴	۰/۰۳۶	۰/۲۴۸	۰/۸۷۵
۰/۲۲	۴/۰۱۹۴	۰/۰۲۴۷	۱۹۷/۰۵۹	۰/۰۱۸۱	۲۲۱/۰۷۵	۰/۰۱۳۶	۲۹۵/۰۸۰	۰/۰۳۰	۰/۲۴۸	۰/۸۷۴
۰/۲۳	۴/۱۷۳۱	۰/۰۲۵۸	۱۸۱/۰۵۸۱	۰/۰۱۹۰	۲۲۰/۰۱۲	۰/۰۱۲	۲۹۳/۰۷۵	۰/۰۲۶	۰/۲۷۱	۰/۸۷۱
۰/۲۴	۴/۲۲۲۴۳	۰/۰۲۷	۱۶۰/۰۴۴۸	۰/۰۱۹۸	۲۱۸/۰۷۹	۰/۰۱۴۸	۲۹۱/۰۱۲	۰/۰۴۶	۰/۲۸۳	۰/۸۷۰
۰/۲۵	۴/۳۷۸۳	۰/۰۲۸۱	۱۵۹/۰۵۱۱	۰/۰۲۰۶	۲۱۷/۰۵۱۵	۰/۰۱۰۵	۲۹۰/۰۱۲	۰/۰۴۶	۰/۲۹۵	۰/۸۷۴
۰/۲۶	۴/۵۲۱۴۳	۰/۰۲۹۲	۱۵۸/۰۲۸۹	۰/۰۲۱۴	۲۱۵/۰۹۸۰	۰/۰۱۵۱	۲۸۷/۰۹۸	۰/۰۳۰	۰/۲۸۳	۰/۸۷۸
۰/۲۷	۴/۷۵۸۰	۰/۰۳۰۳	۱۵۷/۰۲۸۷	۰/۰۲۲۱	۲۱۴/۰۴۵۵	۰/۰۱۵۷	۲۸۵/۰۹۳	۰/۰۳۹۴	۰/۲۹۵	۰/۸۷۰
۰/۲۸	۴/۹۰۹۱	۰/۰۳۱۴	۱۵۶/۰۱۴۳	۰/۰۲۲۱	۲۱۲/۰۹۲۵	۰/۰۱۷۳	۲۸۳/۰۹۰	۰/۰۴۸	۰/۲۸۷	۰/۸۷۷
۰/۲۹	۵/۰۴۸۵	۰/۰۳۲۶	۱۵۵/۰۰۳۳	۰/۰۲۱۹	۲۱۱/۰۳۹۵	۰/۰۱۷۹	۲۸۱/۰۸۴	۰/۰۳۳	۰/۲۹۰	۰/۸۷۱
۰/۳۰	۵/۱۸۴۹	۰/۰۳۳۷	۱۵۴/۰۹۰۱	۰/۰۲۲۷	۲۰۹/۰۸۵۸	۰/۰۱۸۵	۲۷۹/۰۸۲	۰/۰۴۷	۰/۲۹۴	۰/۸۷۳
۰/۳۱	۵/۲۳۱۸۷	۰/۰۳۴۸	۱۵۲/۰۷۷۹	۰/۰۲۰۵	۲۰۸/۰۳۲۵	۰/۰۱۹۲	۲۷۷/۰۷۸	۰/۰۴۵۱	۰/۳۳۴۲	۰/۸۷۹
۰/۳۲	۵/۴۴۴۹۹	۰/۰۳۵۹	۱۵۱/۰۵۰۵	۰/۰۲۶۴	۲۰۷/۰۲۷۵	۰/۰۱۹۸	۲۷۵/۰۷۴	۰/۰۴۵۶	۰/۳۳۷۸	۰/۸۷۲
۰/۳۳	۵/۵۷۸۸	۰/۰۳۷۱	۱۵۰/۰۵۳۵	۰/۰۲۷۲	۲۰۶/۰۲۷۵	۰/۰۲۰۴	۲۷۳/۰۷۰	۰/۰۴۸۱	۰/۳۳۷۸	۰/۸۷۱
۰/۳۴	۵/۷۰۴۹	۰/۰۳۸۲	۱۴۹/۰۴۱۳	۰/۰۲۸۰	۲۰۳/۰۷۴۵	۰/۰۲۱	۲۷۱/۰۶۶	۰/۰۴۹۵	۰/۳۴۰۱	۰/۸۰۵
۰/۳۵	۵/۸۳۵۹	۰/۰۳۹۳	۱۴۸/۰۴۷۸	۰/۰۲۸۸	۲۰۲/۰۴۷	۰/۰۲۱۴	۲۶۹/۰۶۵	۰/۰۵۱	۰/۴۱۳	۰/۷۹۹
۰/۳۶	۵/۹۵۱۲	۰/۰۴۰۴	۱۴۷/۰۳۵۶	۰/۰۲۹۷	۲۰۰/۰۹۴۰	۰/۰۲۲۲	۲۶۷/۰۹۲	۰/۰۵۲۰	۰/۴۲۵۰	۰/۷۹۴

* دهای بالای خط نازک کمتر از ρ_{min} می‌باشند.

W	K	$f_y = 220 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$			$\frac{a}{d}$	J
		ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	$\frac{x}{d}$		
۰/۱۳۷	۶/۰/۷۵۱	۰/۰۴۱۶	۱۴۶/۲۱۳۳	۰/۰۳۰۵	۱۹۹/۴۱۰	۰/۰۲۲۹	۱۵۵/۱۸۰	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۷۸۲
۰/۱۳۸	۶/۱۹۵۰	۰/۰۴۲۷	۱۹۵/۱۱۵	۰/۰۳۱۳	۱۹۱/۱۸۰	۰/۰۲۳۵	۲۶۳/۱۸۰	۰/۰۵۵۴	۰/۰۴۹۸	۰/۰۴۹۸	۰/۰۴۹۸	۰/۰۷۷۰
۰/۱۳۹	۶/۳/۰/۶۳	۰/۰۴۳۸	۱۴۳/۹۹۰	۰/۰۳۲۱	۱۹۸/۳۵۰	۰/۰۲۳۱	۲۶۱/۱۸۰	۰/۰۵۶۸	۰/۰۵۶۸	۰/۰۵۶۸	۰/۰۵۶۸	۰/۰۷۷۰
۰/۱۴۰	۶/۴/۱۷۶	۰/۰۴۴۹	۱۴۲/۸۵۸	۰/۰۳۲۹	۱۹۴/۸۲۰	۰/۰۲۳۷	۲۵۹/۱۶۰	۰/۰۵۸۳	۰/۰۵۷۳	۰/۰۵۷۳	۰/۰۵۷۳	۰/۰۷۴۰
۰/۱۴۱	۶/۵/۳۵۴	۰/۰۴۵۰	۱۴۱/۷۴۶	۰/۰۳۲۸	۱۹۳/۱۹۰	۰/۰۲۳۸	۲۵۷/۱۷۰	۰/۰۵۹۷	۰/۰۵۹۷	۰/۰۵۹۷	۰/۰۵۹۷	۰/۰۷۶۸
۰/۱۴۲	۶/۶/۳۲۶	۰/۰۴۵۲	۱۴۰/۶۵۳۶	۰/۰۳۲۶	۱۹۱/۱۶۰	۰/۰۲۳۶	۱۹۱/۱۶۰	۰/۰۵۹۳	۰/۰۵۹۳	۰/۰۵۹۳	۰/۰۵۹۳	۰/۰۷۶۰
۰/۱۴۳	۶/۷/۳۵۴	۰/۰۴۸۳	۱۱۹/۵۰۰۲	۰/۰۳۵۴	۱۹۰/۱۳۰	۰/۰۳۵۴	۱۹۰/۱۳۰	۰/۰۶۲۶	۰/۰۶۲۶	۰/۰۶۲۶	۰/۰۶۲۶	۰/۰۷۴۶
۰/۱۴۴	۶/۸/۳۷۵	۰/۰۴۹۴	۱۱۸/۳۲۸	۰/۰۳۶۲	۱۸۸/۷۰۰	۰/۰۳۶۲	۱۸۸/۷۰۰	۰/۰۶۴۱	۰/۰۶۴۱	۰/۰۶۴۱	۰/۰۶۴۱	۰/۰۷۴۰
۰/۱۴۵	۶/۹/۴۵۸	۰/۰۵۰۰	۱۱۷/۴۴۵	۰/۰۳۷۱	۱۸۷/۴۲۵	۰/۰۳۷۱	۱۸۷/۴۲۵	۰/۰۶۵۶	۰/۰۶۵۶	۰/۰۶۵۶	۰/۰۶۵۶	۰/۰۷۳۵
۰/۱۴۶	۷/۰/۰/۴۲۱	۰/۰۵۱۷	۱۱۶/۲۱۲	۰/۰۳۷۳	۱۸۶/۱۷۰	۰/۰۳۷۳	۱۸۶/۱۷۰	۰/۰۶۷۱	۰/۰۶۷۱	۰/۰۶۷۱	۰/۰۶۷۱	۰/۰۷۲۹
۰/۱۴۷	۷/۱/۱۳۶	۰/۰۵۲۸	۱۱۵/۲۰۱	۰/۰۳۷۵	۱۸۵/۱۳۰	۰/۰۳۷۵	۱۸۵/۱۳۰	۰/۰۶۸۴	۰/۰۶۸۴	۰/۰۶۸۴	۰/۰۶۸۴	۰/۰۷۲۳
۰/۱۴۸	۷/۲/۲۱۱۴	۰/۰۵۳۹	۱۱۴/۱۰۲	۰/۰۳۷۶	۱۸۴/۱۰۲	۰/۰۳۷۶	۱۸۴/۱۰۲	۰/۰۶۹۹	۰/۰۶۹۹	۰/۰۶۹۹	۰/۰۶۹۹	۰/۰۷۱۷
۰/۱۴۹	۷/۳/۳۱۲	۰/۰۵۵۰	۱۱۳/۹۰۷	۰/۰۳۷۷	۱۸۳/۸۳۰	۰/۰۳۷۷	۱۸۳/۸۳۰	۰/۰۷۱۴	۰/۰۷۱۴	۰/۰۷۱۴	۰/۰۷۱۴	۰/۰۷۱۱
۰/۱۵۰	۷/۴/۴۰۲۵	۰/۰۵۶۱	۱۱۲/۸۳۱	۰/۰۳۷۸	۱۸۲/۸۳۱	۰/۰۳۷۸	۱۸۲/۸۳۱	۰/۰۷۲۸	۰/۰۷۲۸	۰/۰۷۲۸	۰/۰۷۲۸	۰/۰۷۰۰
۰/۱۵۱	۷/۴/۴۸۵۳	۰/۰۵۷۲	۱۱۱/۷۰۷	۰/۰۳۷۹	۱۸۱/۷۰۷	۰/۰۳۷۹	۱۸۱/۷۰۷	۰/۰۷۴۳	۰/۰۷۴۳	۰/۰۷۴۳	۰/۰۷۴۳	۰/۰۶۹۹
۰/۱۵۲	۷/۵/۵۷۵	۰/۰۵۸۴	۱۱۰/۶۰۷	۰/۰۳۸۰	۱۸۰/۶۰۷	۰/۰۳۸۰	۱۸۰/۶۰۷	۰/۰۷۵۶	۰/۰۷۵۶	۰/۰۷۵۶	۰/۰۷۵۶	۰/۰۷۳۵

ρ_{max}

خمس ۱-۳) ضرایب لازم برای طرح تیرهای مستطیل شکل و دارای آرماتور فشاری، در حالتی که $f'_s = f_y$ و تیرهای T شکل $f_c = 20 \text{ MPa}$ در حالتیکه $h_f < a$

مراجع: بندهای ۱۰-۵-۲-۲ و ۱۱-۳-۳ و ۱۱-۴-۱ و ۱۱-۵-۲ از آینه نامه بتن ایران

تیر مستطیل شکل

$$\rho - \rho' \geq 0.85\beta_1 \frac{\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \frac{d'}{d} \frac{600}{600 - f_y}$$

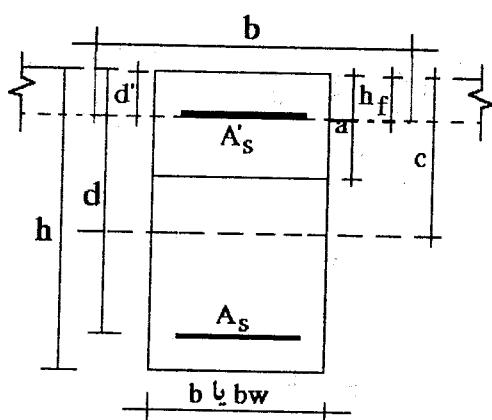
$$M_{u2} = A_{s2} \cdot d \cdot a'_n \times 10^{-3}$$

$A'_n = \phi_s f_y (1 - \frac{d'}{d})$ بر حسب f_y MPa است

$$A'_s = A_{s2} = \frac{M_u - K.F}{d \cdot a'_n} \times 1000 \rightarrow A's \text{ و } d$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$



تیر T شکل

$$M_{uf} = A_{sf} \cdot d \cdot a_{nf} \times 10^{-3}$$

M_{uf} به ترتیب بر حسب KN.m و a_{nf} cm می باشند.

$$A_{sf} = \frac{k_f \cdot J_f \cdot b_w \cdot h_f}{a_{nf}} \rightarrow \text{و } b_w \text{ و } h_f \text{ بر حسب cm می باشند.}$$

$$k_f = 0.85\phi_c f_c \left(\frac{b}{bw} - 1 \right) \text{ بر حسب MPa است } f_c \text{ از خمس ۳-۳ (kf)}$$

$$J_f = 1 - \frac{h_f}{2d}$$

$$a_{nf} = \phi_s f_y (1 - \frac{hf}{2d}) \text{ بر حسب MPa است } f_y$$

$$A_s = A_{sw} + A_{sf}$$

		$f_y = 220 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$		
d/d	$\rho - \rho^*$	$a/n \leq a_{nf}$	$\rho - \rho^*$	$a/n \leq a_{nf}$	$\rho - \rho^*$	$a/n \leq a_{nf}$	$\rho - \rho^*$	$a/n \leq a_{nf}$	h_f/d	J_f
•/۱۷	•/۰۱۲۴	۱۵۵/۲۱	۰/۰۱۰۹	۲۱۱/۹۵	•/۰۱۳۰	۲۸۲/۲۷	•/۰۱۴۰	۲۸۲/۲۷	•/۳۴	•/۸۷
•/۱۸	•/۰۱۳۲	۱۵۳/۳۴	۰/۰۱۱۶	۲۰۹/۱۱	•/۰۱۳۸	۲۷۸/۸۰	•/۰۱۴۰	۲۷۸/۸۰	•/۳۶	•/۸۷
•/۱۹	•/۰۱۳۹	۱۵۱/۴۷	۰/۰۱۲۲	۲۰۶/۰۰	•/۰۱۴۵	۲۷۵/۴۷	•/۰۱۴۷	۲۷۵/۴۷	•/۳۸	•/۸۱
•/۲۰	•/۰۱۴۲	۱۴۹/۵۰	۰/۰۱۲۹	۲۰۴/۰۰	•/۰۱۵۳	۲۷۲/۰۰	•/۰۱۵۳	۲۷۲/۰۰	•/۴۰	•/۸۰
•/۲۱	•/۰۱۴۵	۱۴۷/۷۳	۰/۰۱۳۵	۲۰۱/۹۵	۲۶۸/۶۵	۲۶۸/۶۵	۰/۰۱۴۲	۲۶۸/۶۵	•/۴۲	•/۷۹
•/۲۲	•/۰۱۴۱	۱۴۵/۸۴	۰/۰۱۴۳	۱۹۸/۰۰	۲۶۵/۲۰	۲۶۵/۲۰	•/۰۱۴۴	۲۶۵/۲۰	•/۴۴	•/۷۸
•/۲۳	•/۰۱۴۸	۱۴۳/۹۹	۰/۰۱۵۰	۱۹۶/۲۰	۲۶۱/۸۰	۲۶۱/۸۰	۰/۰۱۴۵	۲۶۱/۸۰	۰/۴۵	•/۷۷
•/۲۴	•/۰۱۵۳	۱۴۲/۱۲	۰/۰۱۵۳	۱۹۳/۸۰	۲۵۸/۰۰	۲۵۸/۰۰	۰/۰۱۴۶	۲۵۸/۰۰	۰/۴۶	•/۷۶
•/۲۵	•/۰۱۶۳	۱۴۰/۲۰	۰/۰۱۵۳	۱۹۰/۸۰	۲۵۵/۰۰	۲۵۵/۰۰	۰/۰۱۴۷	۲۵۵/۰۰	۰/۴۷	•/۷۵
•/۲۶	•/۰۱۶۹	۱۳۸/۲۸	۰/۰۱۶۷	۱۸۸/۰۰	۲۵۱/۳۰	۲۵۱/۳۰	۰/۰۱۴۸	۲۵۱/۳۰	۰/۴۸	•/۷۴
•/۲۷	•/۰۱۸۱	۱۳۶/۵۱	۰/۰۱۷۷	۱۸۵/۱۰	۲۴۸/۲۰	۲۴۸/۲۰	۰/۰۱۴۹	۲۴۸/۲۰	۰/۴۹	•/۷۳
•/۲۸	•/۰۲۰۴	۱۳۴/۴۶	۰/۰۱۸۴	۱۸۳/۰۰	۲۴۴/۸۰	۲۴۴/۸۰	۰/۰۱۵۰	۲۴۴/۸۰	۰/۵۰	•/۷۲
•/۲۹	•/۰۲۱۲	۱۳۲/۷۷	۰/۰۱۹۰	۱۸۱/۰۵	۲۴۱/۴۰	۲۴۱/۴۰	۰/۰۱۵۱	۲۴۱/۴۰	۰/۵۱	•/۷۱
•/۳۰	•/۰۲۲۰	۱۳۰/۹۰	۰/۰۱۹۷	۱۷۸/۰۰	۲۳۸/۰۰	۲۳۸/۰۰	۰/۰۱۵۲	۲۳۸/۰۰	۰/۵۲	•/۷۰

f _c = 20 MPa							f _c = 400 MPa							
d'/d	f _y = 220 MPa	f _y = 300 MPa	f _y = 400 MPa	a'� a _{nf}	p-p'*	a'� a _{nf}	p-p'*	a'� a _{nf}	p-p'*	a'� a _{nf}	p-p'*	a'� a _{nf}	h/d	J _f
•/•1	•/•227	1•29/•3	•/•2•4	1•78/•98	1•34/•8•	1•78/•98	1•34/•8•	1•78/•98	1•34/•8•	1•78/•98	1•34/•8•	1•78/•98	•/•99	
•/•2	•/•234	1•27/•6	•/•211	1•73/•4•				1•73/•2•		1•73/•2•		1•73/•2•	•/•88	
•/•3	•/•242	1•26/•9	•/•218	1•70/•88				1•70/•88		1•70/•88		1•70/•88	•/•87	
•/•4	•/•249	1•23/•42	•/•224	1•68/•3•				1•68/•3•		1•68/•3•		1•68/•3•	•/•86	
•/•5	•/•256	1•21/•60	•/•205	1•65/•78				1•65/•78		1•65/•78		1•65/•78	•/•85	
•/•6	•/•263	1•19/•58		1•63/•28				1•63/•28		1•63/•28		1•63/•28	•/•84	
•/•7	•/•271	1•17/•81		1•60/•58				1•60/•58		1•60/•58		1•60/•58	•/•83	
•/•8	•/•278	1•15/•95		1•58/•1•				1•58/•1•		1•58/•1•		1•58/•1•	•/•82	
•/•9	•/•285	1•14/•2•		1•55/•08				1•55/•08		1•55/•08		1•55/•08	•/•81	
•/•0	•/•293	1•12/•2•		1•52/•0•				1•52/•0•		1•52/•0•		1•52/•0•	•/•80	
•/•1	•/•300	1•10/•33		1•50/•48				1•50/•48		1•50/•48		1•50/•48	•/•79	
•/•2	•/•307	1•08/•45		1•47/•9•				1•47/•9•		1•47/•9•		1•47/•9•	•/•78	
•/•3	•/•315	1•06/•59		1•45/•35				1•45/•35		1•45/•35		1•45/•35	•/•77	
•/•4	•/•322	1•04/•72		1•42/•8•				1•42/•8•		1•42/•8•		1•42/•8•	•/•76	
•/•5	•/•329	1•02/•85		1•40/•28				1•40/•28		1•40/•28		1•40/•28	•/•75	
•/•6	•/•336	1•00/•98		1•38/•18				1•38/•18		1•38/•18		1•38/•18	•/•74	

خمنش ۳-۲) ضرایب لازم برای طرح تیرهای مستطیل شکل و دارای آرماتور فشاری، در حالتی که $f_y = f'_s$ و تیرهای T شکل در
 $f_c = 25 \text{ MPa}$ $h_f < a$ حالتیکه

مراجع: بندهای ۱۰-۵-۲-۳-۱۱ و ۱۱-۴-۱۱ و ۱۱-۵-۲-۴-۱۱ از آینه نامه بتن ایران

تیر مستطیل شکل

$$\rho - \rho' \geq 0.85\beta_1 \frac{\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \frac{d'}{d} \frac{600}{600 - f_y}$$

$$M_{u2} = A_{s2} \cdot d \cdot a'_n \times 10^{-3}$$

M_{u2} و A_{s2} به ترتیب بر حسب KN.m و cm² و cm می‌باشند.

$$a'_n = \phi_s f_y (1 - \frac{d'}{d}) \text{ MPa} \text{ بر حسب } f_y$$

$$A'_s = A_{s2} = \frac{M_u - K.F}{d \cdot a'_n} \times 1000 \rightarrow A's \text{ و } d$$

A'_s و d به ترتیب بر حسب cm² و cm می‌باشند.

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

$$M_{uf} = A_{sf} \cdot d \cdot a_{nf} \times 10^{-3}$$

M_{uf} و A_{sf} به ترتیب بر حسب KN.m و cm² و cm می‌باشند.

$$A_{sf} = \frac{k_f \cdot J_f \cdot b_w \cdot h_f}{a_{nf}} \rightarrow \text{cm} \text{ و } b_w \text{ و } h_f$$

A_{sf} بر حسب cm² می‌باشند.

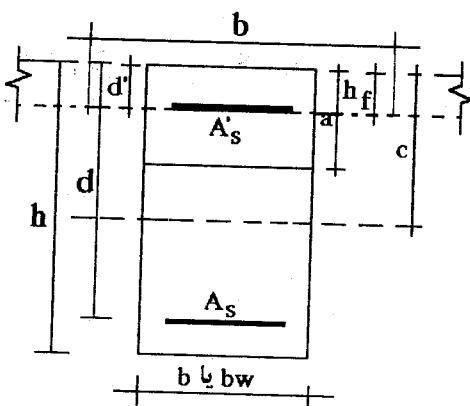
$$k_f = 0.85\phi_c f_c (\frac{b}{bw} - 1) \text{ MPa} \text{ بر حسب } f_c$$

(۳-۳) از خمنش kf)

$$J_f = 1 - \frac{h_f}{2d}$$

$$a_{nf} = \phi_s f_y (1 - \frac{hf}{2d}) \text{ MPa} \text{ بر حسب } f_y$$

$$A_s = A_{sw} + A_{sf}$$



$f_c = 25 \text{ MPa}$		$f_y = 220 \text{ MPa}$		$f_y = 300 \text{ MPa}$		$f_y = 400 \text{ MPa}$		
d'/d	$\rho - \rho'$	$a' \cdot n \cdot a_{nf}$	$\rho - \rho'$	$a' \cdot n \cdot a_{nf}$	$\rho - \rho'$	$a' \cdot n \cdot a_{nf}$	h_f/d	J_f
•/۲۴	•/۰۲۵	۱۴۲/۱۲	•/۰۲۰۴	۱۹۳/۸*	۰/۰۲۰۴	۲۵۸/۴*	•/۴۸	•/۷۵
•/۲۵	•/۰۲۴۹	۱۴۰/۱۰*	•/۰۲۰۳	۱۹۰/۰۸*	۰/۰۲۰۳	۲۵۵/۰*	•/۰*	•/۷۶
•/۲۶	•/۰۲۳۸	۱۳۸/۱۲*	•/۰۲۲۱	۱۸۸/۷*	۰/۰۲۲۱	۲۵۱/۶*	•/۵۵	•/۷۴
•/۲۷	•/۰۲۴۷	۱۳۶/۱۰*	•/۰۲۱۳	۱۸۶/۱۰	۰/۰۲۱۳	۲۴۸/۱*	•/۵۳	•/۷۳
•/۲۸	•/۰۲۵۵	۱۳۴/۱۴*	•/۰۲۳۸	۱۸۳/۶*	۰/۰۲۳۸	۲۴۶/۸*	•/۵۲	•/۷۲
•/۲۹	•/۰۲۶۰	۱۳۲/۱۰*	•/۰۲۴۷	۱۸۱/۰*	۰/۰۲۴۷	۲۴۴/۴*	•/۵۱	•/۷۱
•/۳۰	•/۰۲۷۰	۱۳۰/۹*	•/۰۲۰۰	۱۷۸/۰*	۰/۰۲۰۰	۲۴۲/۱*	•/۵۰	•/۷۰
•/۳۱	•/۰۲۷۴	۱۲۹/۱۰*	•/۰۲۶۴	۱۷۵/۹*	۰/۰۲۶۴	۲۴۰/۵*	•/۴۹	•/۶۹
•/۳۲	•/۰۲۹۳	۱۲۷/۱۰*	•/۰۲۷۲	۱۷۳/۴*	۰/۰۲۷۲	۲۳۸/۲*	•/۴۸	•/۶۸
•/۳۳	•/۰۳۰۲	۱۲۵/۱۰*	•/۰۲۸۱	۱۷۱/۸*	۰/۰۲۸۱	۲۳۷/۸*	•/۴۷	•/۶۷
•/۳۴	•/۰۳۱۱	۱۲۳/۱۰*	•/۰۲۸۲	۱۶۸/۳*	۰/۰۲۸۲	۲۳۶/۴*	•/۴۶	•/۶۶
•/۳۵	•/۰۳۲۰	۱۲۱/۱۰*	•/۰۲۸۰	۱۶۵/۷*	۰/۰۲۸۰	۲۳۵/۰*	•/۴۵	•/۶۵
•/۳۶	•/۰۳۲۹	۱۱۹/۱۰*	•/۰۲۷۹	۱۶۲/۲*	۰/۰۲۷۹	۲۳۴/۴*	•/۴۴	•/۶۴
•/۳۷	•/۰۳۳۹	۱۱۷/۱۰*	•/۰۲۷۸	۱۶۰/۶*	۰/۰۲۷۸	۲۳۳/۰*	•/۴۳	•/۶۳
•/۳۸	•/۰۳۴۸	۱۱۵/۱۰*	•/۰۲۷۷	۱۵۸/۱*	۰/۰۲۷۷	۲۳۲/۰*	•/۴۲	•/۶۲
•/۳۹	•/۰۳۵۷	۱۱۳/۱۰*	•/۰۲۷۶	۱۵۵/۰*	۰/۰۲۷۶	۲۳۱/۰*	•/۴۱	•/۶۱
•/۴۰	•/۰۳۶۶	۱۱۲/۱۰*	•/۰۲۷۵	۱۵۲/۰*	۰/۰۲۷۵	۲۳۰/۰*	•/۴۰	•/۶۰
•/۴۱	•/۰۳۷۰	۱۱۰/۱۰*	•/۰۲۷۴	۱۵۰/۴*	۰/۰۲۷۴	۲۲۹/۰*	•/۳۹	•/۵۹
•/۴۲	•/۰۳۸۳	۱۰۸/۱۰*	•/۰۲۷۳	۱۴۷/۹*	۰/۰۲۷۳	۲۲۸/۰*	•/۳۸	•/۵۸
•/۴۳	•/۰۳۹۲	۱۰۶/۰*	•/۰۲۷۲	۱۴۵/۳*	۰/۰۲۷۲	۲۲۷/۰*	•/۳۷	•/۵۷
•/۴۴	•/۰۴۰۳	۱۰۴/۰*	•/۰۲۷۱	۱۴۲/۸*	۰/۰۲۷۱	۲۲۶/۰*	•/۳۶	•/۵۶
•/۴۵	•/۰۴۱۲	۱۰۲/۰*	•/۰۲۷۰	۱۴۰/۲*	۰/۰۲۷۰	۲۲۵/۰*	•/۳۵	•/۵۵
•/۴۶	•/۰۴۲۱	۱۰۰/۰*	•/۰۲۶۹	۱۳۷/۷*	۰/۰۲۶۹	۲۲۴/۰*	•/۳۴	•/۵۴

خمنش ۳-۳) ضرایب لازم برای طرح تیرهای مستطیل شکل و دارای آرماتور فشاری، در حالتی که $f'_s = f_y$ و تیرهای T شکل در
 $f_c = 30 \text{ MPa}$ $h_f < a$
 حالتیکه

مراجع: بندهای ۱۰-۵-۲-۲ و ۱۱-۳-۱ و ۱۱-۴-۱ و ۱۱-۵-۲ از آینه نامه بتن ایران

تیر مستطیل شکل

تیر T شکل

$$\rho - \rho' \geq 0.85\beta_1 \frac{\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \frac{d'}{d} \frac{600}{600 - f_y}$$

$$M_{u2} = A_{s2} \cdot d \cdot a'_n \times 10^{-3}$$

M_{u2} و A_{s2} به ترتیب بر حسب KN.m و cm² و cm می باشند.

$a'_n = \phi_s f_y (1 - \frac{d'}{d})$ بر حسب MPa است.

$$A'_s = A_{s2} = \frac{M_u - K.F}{d.a'_n} \times 1000 \rightarrow A's \text{ و } d$$

بر حسب cm² و cm می باشند.

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

$$M_{uf} = A_{sf} \cdot d \cdot a_{nf} \times 10^{-3}$$

M_{uf} و A_{sf} به ترتیب بر حسب KN.m و cm² و cm می باشند.

$$A_{sf} = \frac{k_f \cdot J_f \cdot b_w \cdot h_f}{a_{nf}} \rightarrow \text{cm و } b_w \text{ و } h_f$$

بر حسب cm² می باشند.

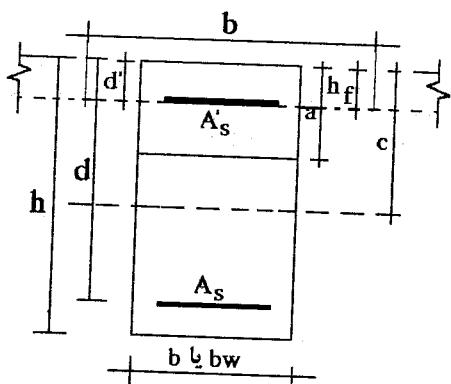
$$k_f = 0.85\phi_c f_c (\frac{b}{bw} - 1) \text{ MPa}$$

از خمنش (۳-۳) kf)

$$J_f = 1 - \frac{h_f}{2d}$$

$$a_{nf} = \phi_s f_y (1 - \frac{h_f}{2d}) \text{ بر حسب MPa}$$

$$A_s = A_{sw} + A_{sf}$$



$f_c = 30 \text{ MPa}$							$f_y = 400 \text{ MPa}$							$f_c = 30 \text{ MPa}$			
$f_y = 220 \text{ MPa}$				$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$			$f_c = 30 \text{ MPa}$				$f_c = 400 \text{ MPa}$			
$\frac{d}{d'}$	$\rho - \rho'$	$a_{nf}^h : a_{nf}$	$\rho - \rho'$	$a_{nf}^h : a_{nf}$	$\rho - \rho'$	$a_{nf}^h : a_{nf}$	$\rho - \rho'$	$a_{nf}^h : a_{nf}$	$\rho - \rho'$	$a_{nf}^h : a_{nf}$	$\rho - \rho'$	$a_{nf}^h : a_{nf}$	$\rho - \rho'$	$a_{nf}^h : a_{nf}$	$\rho - \rho'$	$a_{nf}^h : a_{nf}$	
٠.٠١	٠.٠٠١١	١٨٧/١٢	٠.٠٠١	٢٥٢/٤٥	٠.٠٠١	٣٣٤/٤٧	٠.٠٢	٠.٠٢	٢٥٢/٤٥	٠.٠٠١	٣٣٣/٤٧	٠.٠٣	٠.٠٣	٢٥٢/٤٥	٠.٠٢	٣٣٣/٤٧	
٠.٠٢	٠.٠٠٢٢	١٨٣/١٤	٠.٠٠٢	٢٤٩/٩٠	٠.٠٠٢	٣٣٣/٢٠	٠.٠٤	٠.٠٤	٢٤٩/٩٠	٠.٠٠٢	٣٣٣/٢٠	٠.٠٥	٠.٠٥	٢٤٩/٨٠	٠.٠٣	٣٣٣/٨٠	
٠.٠٣	٠.٠٠٣٣	١٨١/١٣٩	٠.٠٠٣	٢٤٧/٣٥	٠.٠٠٣	٣٣٩/٨٠	٠.٠٤	٠.٠٤	٢٤٧/٣٥	٠.٠٠٣	٣٣٩/٨٠	٠.٠٥	٠.٠٥	٢٤٧/٣٥	٠.٠٣	٣٣٩/٨٠	
٠.٠٤	٠.٠٠٤٤	١٧٩/٥٥	٠.٠٠٤	٢٤٤/٨٠	٠.٠٠٤	٣٣٦/٤٠	٠.٠٥	٠.٠٥	٢٤٤/٨٠	٠.٠٠٤	٣٣٦/٤٠	٠.٠٦	٠.٠٦	٢٤٤/٤٠	٠.٠٣	٣٣٦/٤٠	
٠.٠٥	٠.٠٠٥٥	١٧٧/٩٦	٠.٠٠٥	٢٤٢/٢٥	٠.٠٠٥	٣٣٣/٢٠	٠.٠٦	٠.٠٦	٢٤٢/٢٥	٠.٠٠٥	٣٣٣/٢٠	٠.٠٧	٠.٠٧	٢٤٢/٢٥	٠.٠٣	٣٣٣/٢٠	
٠.٠٦	٠.٠٠٦٦	١٧٥/٧٨	٠.٠٠٦	٢٣٩/٧٠	٠.٠٠٦	٣٣١/٦٠	٠.٠٧	٠.٠٧	٢٣٩/٧٠	٠.٠٠٦	٣٣١/٦٠	٠.٠٨	٠.٠٨	٢٣٩/٦٠	٠.٠٣	٣٣١/٦٠	
٠.٠٧	٠.٠٠٧٧	١٧٣/٩١	٠.٠٠٧	٢٣٧/١٥	٠.٠٠٧	٣٣٠/١٥	٠.٠٨	٠.٠٨	٢٣٧/١٥	٠.٠٠٧	٣٣٠/١٥	٠.٠٩	٠.٠٩	٢٣٧/١٥	٠.٠٣	٣٣٠/١٥	
٠.٠٨	٠.٠٠٨٨	١٧١/٠٤	٠.٠٠٨	٢٣٤/٤٠	٠.٠٠٨	٣٢٩/٤٠	٠.٠٩	٠.٠٩	٢٣٤/٤٠	٠.٠٠٨	٣٢٩/٤٠	٠.١٠	٠.١٠	٢٣٣/٤٠	٠.٠٣	٣٢٩/٤٠	
٠.٠٩	٠.٠٠٩٦	١٧٠/١٧	٠.٠٠٩	٢٣٢/٠٥	٠.٠٠٩	٣٢٧/٠٥	٠.٠١٣	٠.٠١٣	٢٣٢/٠٥	٠.٠٠٩	٣٢٧/٠٥	٠.١٤	٠.١٤	٢٣٢/٠٥	٠.٠٣	٣٢٧/٠٥	
٠.١٠	٠.٠١١٠	١٦٨/٣٢	٠.٠١٠	٢٢٩/٥٠	٠.٠١٠	٣٢٦/٥٠	٠.١٥	٠.١٥	٢٢٩/٥٠	٠.٠١٠	٣٢٦/٥٠	٠.١٦	٠.١٦	٢٢٦/٥٠	٠.٠٣	٣٢٦/٥٠	
٠.١١	٠.٠١٢١	١٦٦/٣٣	٠.٠١١	٢٢٦/٩٥	٠.٠١١	٣٢٥/٩٥	٠.١٧	٠.١٧	٢٢٦/٩٥	٠.٠١١	٣٢٥/٩٥	٠.١٨	٠.١٨	٢٢٤/٩٥	٠.٠٣	٣٢٤/٩٥	
٠.١٢	٠.٠١٣٢	١٦٤/٥٤	٠.٠١٢	٢٢٤/٤٠	٠.٠١٢	٣٢٤/٤٠	٠.١٩	٠.١٩	٢٢٤/٤٠	٠.٠١٢	٣٢٤/٤٠	٠.١٩	٠.١٩	٢٢٣/٤٠	٠.٠٣	٣٢٣/٤٠	
٠.١٣	٠.٠١٤٣	١٦٢/٦٩	٠.٠١٣	٢٢١/٨٥	٠.٠١٣	٣٢١/٨٥	٠.٢١	٠.٢١	٢٢١/٨٥	٠.٠١٣	٣٢١/٨٥	٠.٢٢	٠.٢٢	٢٢٠/٨٥	٠.٠٣	٣٢٠/٨٥	
٠.١٤	٠.٠١٥٤	١٦٠/٨٢	٠.٠١٣	٢١٩/٣٠	٠.٠١٣	٣١٩/٣٠	٠.٢٣	٠.٢٣	٢١٩/٣٠	٠.٠١٣	٣١٩/٣٠	٠.٢٤	٠.٢٤	٢١٨/٣٠	٠.٠٣	٣١٨/٣٠	
٠.١٥	٠.٠١٦٥	١٥٨/٩٥	٠.٠١٥	٢١٦/٧٥	٠.٠١٥	٣١٦/٧٥	٠.٢٥	٠.٢٥	٢١٦/٧٥	٠.٠١٥	٣١٦/٧٥	٠.٢٦	٠.٢٦	٢١٥/٧٥	٠.٠٣	٣١٥/٧٥	
٠.١٦	٠.٠١٧٦	١٥٦/١٠٨	٠.٠١٦	٢١٤/٢٠	٠.٠١٦	٣١٤/٢٠	٠.٢٦	٠.٢٦	٢١٤/٢٠	٠.٠١٦	٣١٤/٢٠	٠.٢٧	٠.٢٧	٢١٣/٢٠	٠.٠٣	٣١٣/٢٠	
٠.١٧	٠.٠١٨٨	١٥٤/١٢٤	٠.٠١٧	٢١٢/٦٥	٠.٠١٧	٣١٢/٦٥	٠.٢٧	٠.٢٧	٢١٢/٦٥	٠.٠١٧	٣١٢/٦٥	٠.٢٨	٠.٢٨	٢١١/٦٥	٠.٠٣	٣١١/٦٥	
٠.١٨	٠.٠١٩٨	١٥٣/١٣٤	٠.٠١٨	٢٠٩/٦٥	٠.٠١٨	٣١٠/٦٥	٠.٢٨	٠.٢٨	٢٠٩/٦٥	٠.٠١٨	٣١٠/٦٥	٠.٢٩	٠.٢٩	٢٠٨/٦٥	٠.٠٣	٣١٠/٦٥	
٠.١٩	٠.٠٢٠٩	١٥١/١٤٧	٠.٠١٩	٢٠٦/٥٥	٠.٠١٩	٣٠٦/٥٥	٠.٢٩	٠.٢٩	٢٠٦/٥٥	٠.٠١٩	٣٠٦/٥٥	٠.٢٩	٠.٢٩	٢٠٥/٥٥	٠.٠٣	٣٠٥/٥٥	
٠.٢٠	٠.٠٢٢٠	١٤٩/٦٠	٠.٠٢٠	٢٠٣/٤٥	٠.٠٢٠	٣٠٣/٤٥	٠.٣٠	٠.٣٠	٢٠٣/٤٥	٠.٠٢٠	٣٠٣/٤٥	٠.٣٠	٠.٣٠	٢٠٢/٤٥	٠.٠٣	٣٠٢/٤٥	
٠.٢١	٠.٠٢٣١	١٤٧/٧٣	٠.٠٢١	٢٠١/٤٥	٠.٠٢١	٣٠١/٤٥	٠.٣١	٠.٣١	٢٠١/٤٥	٠.٠٢١	٣٠١/٤٥	٠.٣١	٠.٣١	٢٠٠/٤٥	٠.٠٣	٣٠٠/٤٥	
٠.٢٢	٠.٠٢٤٢	١٤٥/٨٥	٠.٠٢٢	١٩٩/٩٠	٠.٠٢٢	٢٩٩/٩٠	٠.٣٢	٠.٣٢	١٩٩/٩٠	٠.٠٢٢	٢٩٩/٩٠	٠.٣٢	٠.٣٢	٢٩٨/٩٠	٠.٠٣	٢٩٨/٩٠	
٠.٢٣	٠.٠٢٥٣	١٤٣/٩٩	٠.٠٢٣	١٩٦/٣٥	٠.٠٢٣	٢٩٦/٣٥	٠.٣٣	٠.٣٣	١٩٦/٣٥	٠.٠٢٣	٢٩٦/٣٥	٠.٣٣	٠.٣٣	٢٩٥/٣٥	٠.٠٣	٢٩٥/٣٥	

		$f_c = 30 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$		
d'/d	$\rho-\rho'$	$a'n \leq a_{nf}$	$\rho-\rho'$	$a'n \leq a_{nf}$	$\rho-\rho'$	$a'n \leq a_{nf}$	$\rho-\rho'$	$a'n \leq a_{nf}$	h_f/d	J_f
•/۲۴	•/۰۲۹۳	۱۹۵/۱۲	۰/۰۱۳۸	۱۹۳/۸	۰/۰۱۳۸	۱۹۳/۸	۰/۰۱۳۸	۱۹۳/۸	•/۴۸	•/۴۸
•/۲۵	•/۰۲۷۵	۱۹/۱۲	۰/۰۲۰۰	۱۹/۰۸۰۰	۰/۰۲۰۰	۱۹/۰۸۰۰	۰/۰۲۰۰	۱۹/۰۸۰۰	•/۵۰	•/۵۰
•/۲۶	•/۰۲۸۵	۱۳۸/۲۸	۰/۰۲۹۸	۱۸/۱۷	۰/۰۲۹۸	۱۸/۱۷	۰/۰۲۹۸	۱۸/۱۷	•/۵۲	•/۵۲
•/۲۷	•/۰۲۹۵	۱۳۶/۱۵	۰/۰۲۷۵	۱۸/۱۵	۰/۰۲۷۵	۱۸/۱۵	۰/۰۲۷۵	۱۸/۱۵	•/۵۴	•/۵۴
•/۲۸	•/۰۲۹۷	۱۳۴/۴۴	۰/۰۲۸۵	۱۸/۱۳	۰/۰۲۸۵	۱۸/۱۳	۰/۰۲۸۵	۱۸/۱۳	•/۵۶	•/۵۶
•/۲۹	•/۰۳۱۸	۱۳۲/۷۷	۰/۰۲۹۵	۱۸/۱۲	۰/۰۲۹۵	۱۸/۱۲	۰/۰۲۹۵	۱۸/۱۲	•/۵۷	•/۵۷
•/۳۰	•/۰۳۲۹	۱۳۰/۹۰	۰/۰۳۰۳	۱۸/۱۰	۰/۰۳۰۳	۱۸/۱۰	۰/۰۳۰۳	۱۸/۱۰	•/۵۸	•/۵۸
•/۳۱	•/۰۳۴۰	۱۲۹/۱۳	۰/۰۳۱۲	۱۷/۰/۹۵	۰/۰۳۱۲	۱۷/۰/۹۵	۰/۰۳۱۲	۱۷/۰/۹۵	•/۵۹	•/۵۹
•/۳۲	•/۰۳۵۱	۱۲۷/۱۵	۰/۰۳۲۳	۱۷/۰/۹۴	۰/۰۳۲۳	۱۷/۰/۹۴	۰/۰۳۲۳	۱۷/۰/۹۴	•/۶۰	•/۶۰
•/۳۳	•/۰۳۶۲	۱۲۵/۲۹	۰/۰۳۳۷	۱۷/۰/۹۳	۰/۰۳۳۷	۱۷/۰/۹۳	۰/۰۳۳۷	۱۷/۰/۹۳	•/۶۱	•/۶۱
•/۳۴	•/۰۳۷۳	۱۲۳/۴۲	۰/۰۳۴۷	۱۷/۰/۹۲	۰/۰۳۴۷	۱۷/۰/۹۲	۰/۰۳۴۷	۱۷/۰/۹۲	•/۶۲	•/۶۲
•/۳۵	•/۰۳۸۴	۱۲۱/۵۰	۰/۰۳۶۰	۱۷/۰/۹۱	۰/۰۳۶۰	۱۷/۰/۹۱	۰/۰۳۶۰	۱۷/۰/۹۱	•/۶۳	•/۶۳
•/۳۶	•/۰۳۹۵	۱۱۹/۶۷	۰/۰۳۷۵	۱۷/۰/۹۰	۰/۰۳۷۵	۱۷/۰/۹۰	۰/۰۳۷۵	۱۷/۰/۹۰	•/۶۴	•/۶۴
•/۳۷	•/۰۴۰۳	۱۱۷/۸۱	۰/۰۳۸۳	۱۷/۰/۸۹	۰/۰۳۸۳	۱۷/۰/۸۹	۰/۰۳۸۳	۱۷/۰/۸۹	•/۶۵	•/۶۵
•/۳۸	•/۰۴۱۷	۱۱۵/۹۵	۰/۰۳۹۷	۱۷/۰/۸۸	۰/۰۳۹۷	۱۷/۰/۸۸	۰/۰۳۹۷	۱۷/۰/۸۸	•/۶۶	•/۶۶
•/۳۹	•/۰۴۲۸	۱۱۴/۱۰	۰/۰۴۰۸	۱۷/۰/۸۷	۰/۰۴۰۸	۱۷/۰/۸۷	۰/۰۴۰۸	۱۷/۰/۸۷	•/۶۷	•/۶۷
•/۴۰	•/۰۴۳۹	۱۱۲/۱۰	۰/۰۴۱۹	۱۷/۰/۸۶	۰/۰۴۱۹	۱۷/۰/۸۶	۰/۰۴۱۹	۱۷/۰/۸۶	•/۶۸	•/۶۸
•/۴۱	•/۰۴۵۰	۱۱۰/۱۳	۰/۰۴۲۸	۱۷/۰/۸۵	۰/۰۴۲۸	۱۷/۰/۸۵	۰/۰۴۲۸	۱۷/۰/۸۵	•/۶۹	•/۶۹
•/۴۲	•/۰۴۶۱	۱۰۸/۱۰	۰/۰۴۳۹	۱۷/۰/۸۴	۰/۰۴۳۹	۱۷/۰/۸۴	۰/۰۴۳۹	۱۷/۰/۸۴	•/۷۰	•/۷۰
•/۴۳	•/۰۴۷۲	۱۰۶/۰۹	۰/۰۴۵۰	۱۷/۰/۸۳	۰/۰۴۵۰	۱۷/۰/۸۳	۰/۰۴۵۰	۱۷/۰/۸۳	•/۷۱	•/۷۱
•/۴۴	•/۰۴۸۳	۱۰۴/۰۸	۰/۰۴۶۱	۱۷/۰/۸۲	۰/۰۴۶۱	۱۷/۰/۸۲	۰/۰۴۶۱	۱۷/۰/۸۲	•/۷۲	•/۷۲
•/۴۵	•/۰۴۹۴	۱۰۲/۰۷	۰/۰۴۷۲	۱۷/۰/۸۱	۰/۰۴۷۲	۱۷/۰/۸۱	۰/۰۴۷۲	۱۷/۰/۸۱	•/۷۳	•/۷۳

خمنش

خمنش ۳-۴) ضرایب لازم برای طرح تیرهای مستطیل شکل و دارای آرماتور فشاری، در حالتی که $f_y = f_s$ و تیرهای T شکل در
حالتیکه $f_c = 35 \text{ MPa}$ $h_f < a$

مراجع: بندهای ۱۰-۲-۵ و ۱۱-۳-۱۱ و ۱۱-۴-۱۱ و ۱۱-۵-۲-۴ از آینه نامه بتن ایران

تیر مستطیل شکل

تیر T شکل

$$\rho - \rho' \geq 0.85\beta_1 \frac{\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \frac{d'}{d} \frac{600}{600 - f_y}$$

$$M_{u2} = A_{s2} \cdot d \cdot a'_n \times 10^{-3}$$

به ترتیب بر حسب M_{u2} و A_{s2} و a'_n و d KN.m و cm² و cm می باشند.

$$a'_n = \phi_s f_y (1 - \frac{d'}{d}) \text{ بر حسب } f_y \text{ MPa است}$$

$$A'_s = A_{s2} = \frac{M_u - K.F}{d \cdot a'_n} \times 1000 \rightarrow A's \text{ و } d$$

به ترتیب بر حسب A'_s و cm^2 و cm می باشند.

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

$$M_{uf} = A_{sf} \cdot d \cdot a_{nf} \times 10^{-3}$$

به ترتیب بر حسب M_{uf} و A_{sf} و a_{nf} KN.m و cm² و cm می باشند.

$$A_{sf} = \frac{k_f \cdot J_f \cdot b_w \cdot h_f}{a_{nf}} \rightarrow b_w \text{ و } h_f \text{ و } A_{sf} \text{ بر حسب } cm^2 \text{ و } cm \text{ می باشند.}$$

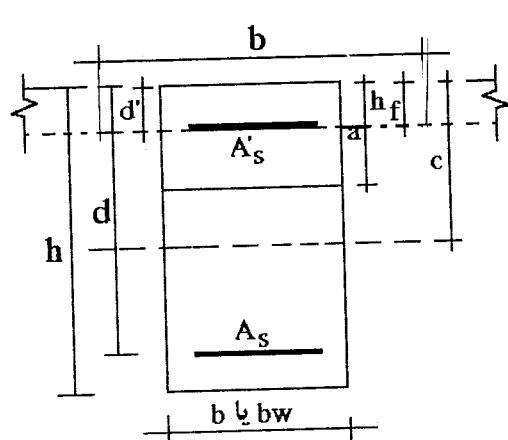
$$k_f = 0.85\phi_c f_c (\frac{b}{bw} - 1) \text{ بر حسب } f_c \text{ MPa است}$$

(۳-۳ kF) از خمنش

$$J_f = 1 - \frac{h_f}{2d}$$

$$a_{nf} = \phi_s f_y (1 - \frac{h_f}{2d}) \text{ بر حسب } f_y \text{ MPa است}$$

$$A_s = A_{sw} + A_{sf}$$



$\frac{d}{d'}$	$f_c = 220 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_c = 35 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$		
	$\rho - \rho'$	$a' n \bar{b} a_{nf}$	$\rho - \rho'$	$a' n \bar{b} a_{nf}$	$\rho - \rho'$	$a' n \bar{b} a_{nf}$	$\rho - \rho'$	$a' n \bar{b} a_{nf}$	$\rho - \rho'$	$a' n \bar{b} a_{nf}$	h_f/d	J_f
•/•۱	•/•۲۲	۸۷۵/۱۳	•/•۱۱	۷۵۲/۴۵	•/•۱۳	۳۳۶/۶	•/•۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	•/۹۹	
•/•۲	•/•۲۴	۸۷۳/۱۲	•/•۲۴	۷۴۹/۹۰	•/•۲۶	۳۳۳/۲۰	•/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	•/۹۸	
•/•۳	•/•۳۷	۸۷۱/۱۳۹	•/•۳۴	۷۴۷/۳۵	•/•۳۸	۳۳۹/۸۰	•/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	•/۹۷	
•/•۴	•/•۴۹	۸۷۹/۵۲	•/•۴۵	۷۴۴/۸۰	•/•۵۱	۳۳۵/۴۰	•/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	•/۹۶	
•/•۵	•/•۵۱	۸۷۷/۵۳	•/•۵۱	۷۴۲/۲۴۵	•/•۵۴	۳۳۳/۰۰	•/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	•/۹۵	
•/•۶	•/•۵۳	۸۷۵/۷۸	•/•۵۸	۷۴۰/۷۰	•/•۶۱	۳۳۱/۵۰	•/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	•/۹۴	
•/•۷	•/•۵۸	۸۷۳/۹۱	•/•۷۹	۷۳۷/۱۰	•/•۸۹	۳۲۸/۲۰	•/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	•/۹۳	
•/•۸	•/•۶۸	۸۷۲/۱۳	•/•۹۱	۷۳۴/۵۰	•/•۱۰۲	۳۲۶/۰۵	•/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	•/۹۲	
•/•۹	•/•۱۱۰	۸۷۰/۱۷	•/•۱۰۲	۷۳۲/۰۵	•/•۱۱۵	۳۲۴/۴۰	•/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	•/۹۱	
•/•۱۰	•/•۱۱۱	۸۶۸/۱۲	•/•۱۱۳	۷۳۰/۰۵	•/•۱۲۰	۳۲۲/۰۰	•/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	•/۹۰	
•/•۱۱	•/•۱۱۴	۸۶۶/۴۳	•/•۱۲۵	۷۲۸/۹۰	•/•۱۲۵	۳۲۰/۱۳۰	•/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۲	•/۸۹	
•/•۱۲	•/•۱۳۶	۸۶۴/۵۶	•/•۱۲۶	۷۲۶/۱۴	•/•۱۳۶	۳۱۹/۲۰	•/۱۴۳	۰/۱۴۳	۰/۱۴۳	۰/۱۴۳	•/۸۸	
•/•۱۳	•/•۱۵۹	۸۶۲/۶۹	•/•۱۴۷	۷۲۱/۱۸۰	•/•۱۴۷	۳۱۷/۰۸	•/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	•/۸۷	
•/•۱۴	•/•۱۷۱	۸۶۰/۸۲	•/•۱۰۹	۷۱۹/۳۰	•/•۱۷۹	۳۱۵/۲۰	•/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸	•/۸۶	
•/•۱۵	•/•۱۸۳	۸۵۸/۹۰	•/•۱۰۷	۷۱۵/۷۰	•/•۱۰۱	۳۱۳/۰۰	•/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	•/۸۵	
•/•۱۶	•/•۱۹۵	۸۵۷/۱۸	•/•۱۰۱۱	۷۱۴/۲۰	•/•۲۰۴	۳۱۰/۰۴	•/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲	•/۸۴	
•/•۱۷	•/•۲۰۸	۸۵۵/۲۱	•/•۱۰۱۳	۷۱۱/۶۵	•/•۲۱۷	۳۰۸/۰۰	•/۳۴	۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۳۴	•/۸۳	
•/•۱۸	•/•۲۲۰	۸۵۳/۴۴	•/•۲۰۴	۷۰۹/۱۰	•/•۲۰۴	۳۰۶/۱۰	•/۳۶	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۳۶	•/۸۲	
•/•۱۹	•/•۲۳۲	۸۵۱/۴۷	•/•۲۱۵	۷۰۶/۰۰	•/•۲۱۷	۳۰۴/۰۰	•/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸	•/۸۱	
•/•۲۰	•/•۲۴۴	۸۴۹/۵۰	•/•۲۱۷	۷۰۴/۰۰	•/•۲۰۰	۳۰۲/۰۰	•/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	•/۸۰	
•/•۲۱	•/•۲۵۶	۸۴۷/۷۳	•/•۲۲۸	۷۰۱/۴۵	•/•۲۳۸	۳۰۰/۰۰	•/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	•/۷۹	
•/•۲۲	•/•۲۶۹	۸۴۵/۴۵	•/•۲۴۹	۶۹۷/۹۰	•/•۲۴۹	۲۹۸/۰۰	•/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۴	•/۷۸	
•/•۲۳	•/•۲۸۲	۸۴۳/۹۹	•/•۲۵۱	۶۹۵/۰۰	•/•۲۵۱	۲۹۶/۰۰	•/۴۶	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۴۶	•/۷۷	

$f_c = 35 \text{ MPa}$				$f_y = 300 \text{ MPa}$				$f_y = 400 \text{ MPa}$			
d'/d	$p-p'$	$a' n \frac{l}{d} a_{nf}$	$p-p'$	$a' n \frac{l}{d} a_{nf}$	$p-p$	$a' n \frac{l}{d} a_{nf}$	$p-p$	h_d/d	J_f	J_f	
•/٢٤	•/٠٣٩٣	١٤٢/١٢	•/٠٣٧٢	١٩٣/٨.		٢٥٧/٤.		١٩٨	•/١٩	•/١٩	
•/٢٥	•/٠٣٠٥	١٤٠/١٢	•/٠٣٨٤	١٩٠/٨٥٨		٢٥٥/٠.		١٩٦	•/١٩	•/١٩	
•/٢٦	•/٠٣١٧	١٣٨/١٣٨	•/٠٣٩٦	١٨٨/٧.		٢٥١/٢.		١٩٤	•/١٩	•/١٩	
•/٢٧	•/٠٣٣٠	١٣٦/٥١	•/٠٣٠٦	١٨٥/١٥		٢٤٨/٢.		١٩٣	•/١٩٣	•/١٩٣	
•/٢٨	•/٠٣٤٢	١٣٦/٥٤	•/٠٣١٨	١٨٣/٦.		٢٤٩/٨.		١٩٢	•/١٩٢	•/١٩٢	
•/٢٩	•/٠٣٥٣	١٣٢/٧٧	•/٠٣٢٩	١٨١/٠٥		٢٤١/٤.		١٩١	•/١٩١	•/١٩١	
•/٣٠	•/٠٣٦٦	١٣٠/٩٠	•/٠٣٣٤	١٧٨/٥.		٢٣٨/٠.		١٩٠	•/١٩٠	•/١٩٠	
•/٣١	•/٠٣٧٨	١٢٩/٠٣	•/٠٣٥٢	١٧٦/٩٥		٢٣٤/٥.		١٩٢	•/١٩٢	•/١٩٢	
•/٣٢	•/٠٣٩١	١٢٧/١٥	•/٠٣٩٣	١٧٣/٤.		٢٣١/٢.		١٩٣	•/١٩٣	•/١٩٣	
•/٣٣	•/٠٣٩٠٣	١٢٤/٤٧٩	•/٠٣٧٤	١٧٤/٤٨٢		٢٢٧/٤٦.		١٩٤	•/١٩٤	•/١٩٤	
•/٣٤	•/٠٣١٥	١٢٣/٤٢		١٦٧/٣.		٢٢٤/٤.		١٩٥	•/١٩٥	•/١٩٥	
•/٣٥	•/٠٣٢٧	١٢١/٤٥		١٦٧/٧٥		٢٢١/٠.		١٩٦	•/١٩٦	•/١٩٦	
•/٣٦	•/٠٣٣٩	١١٩/٤٨		١٦٣/٢.		٢١٧/٤.		١٩٧	•/١٩٧	•/١٩٧	
•/٣٧	•/٠٣٥٢	١١٧/٨١		١٦٣/٥٦		٢١٤/٢.		١٩٨	•/١٩٨	•/١٩٨	
•/٣٨	•/٠٣٦٤	١١٥/٩٤		١٥٧/١.		٢١٠/٨.		١٩٩	•/١٩٩	•/١٩٩	
•/٣٩	•/٠٣٧٣	١١٤/٠٧		١٥٥/٥٥		٢٠٧/٤.		١٩٧	•/١٩٧	•/١٩٧	
•/٤٠	•/٠٤٢٨	١١٢/٢.		١٥٣/٠.		٢٠٤/٠.		١٩٦	•/١٩٦	•/١٩٦	
•/٤١	•/٠٤٠١	١١٠/٣٣		١٥٠/٤٦		٢٠٠/٣.		١٩٥	•/١٩٥	•/١٩٥	
•/٤٢	•/٠٤١٣	١٠٨/٤٦		١٤٧/٩٠		١٩٧/٢.		١٩٤	•/١٩٤	•/١٩٤	
•/٤٣	•/٠٤٢٥	١٠٦/٥٩		١٤٦/٣٥		١٩٣/٨.		١٩٣	•/١٩٣	•/١٩٣	
•/٤٤	•/٠٤٣٧	١٠٤/٧٢		١٤٢/٨.		١٩٠/٤.		١٩٢	•/١٩٢	•/١٩٢	
•/٤٥	•/٠٤٤٩	١٠٢/٨٥		١٤٠/١٢		١٨٧/٠.		١٩١	•/١٩١	•/١٩١	
•/٤٦	•/٠٤٦٢	١٠٠/٩٨		١٣٧/٧.		١٨٣/٦.		١٩٣	•/١٩٣	•/١٩٣	

خمنش ۳-۵) ضریب k_f برای محاسبه A_{sf} در یک تیر T شکل در حالتیکه ($h_f < a$)

مراجع: بندهای ۱۰-۵-۲-۳ و ۱۱-۴-۱۱ و ۱۱-۵-۱ از آیننامه بتن ایران

$$A_{sf} = \frac{k_f \cdot J_f \cdot b_w \cdot h_f}{a_{nf}} \quad \text{cm}^2$$

$$K_f = 0.85\phi_c f_c \left(\frac{b}{b_w} - 1 \right)$$

$$J_f = 1 - \frac{h_f}{2d}$$

$$a_{nf} = \phi_s f_y \left(1 - \frac{h_f}{2d} \right)$$

(a_{nf} در خمنش ۱-۳ و ۲-۳ موجود می‌باشد)

b/b_w	$f_c = 20 \text{ Mpa}$	$f_c = 25 \text{ Mpa}$	$f_c = 30 \text{ Mpa}$	$f_c = 35 \text{ Mpa}$
۲/۰	۱۰/۲۰	۱۲/۷۵	۱۵/۳۰	۱۷/۸۵
۲/۲	۱۲/۲۴	۱۵/۳۰	۱۸/۳۶	۲۱/۴۲
۲/۴	۱۴/۲۸	۱۷/۸۵	۲۱/۴۲	۲۴/۹۹
۲/۶	۱۶/۳۲	۲۰/۴۰	۲۴/۴۸	۲۸/۵۶
۲/۸	۱۸/۳۶	۲۲/۹۵	۲۷/۵۴	۳۲/۱۳
۳/۰	۲۰/۴۰	۲۵/۵۰	۳۰/۶۰	۳۵/۷۰
۳/۲	۲۲/۴۴	۲۸/۰۵	۳۳/۶۶	۳۹/۲۷
۳/۴	۲۴/۴۸	۳۰/۶۰	۳۶/۷۲	۴۲/۸۴
۳/۶	۲۶/۵۲	۳۳/۱۵	۳۹/۷۸	۴۶/۴۱
۳/۸	۲۸/۵۶	۳۵/۷۰	۴۲/۸۴	۴۹/۹۸
۴/۰	۳۰/۶۰	۳۸/۲۵	۴۵/۹۰	۵۳/۵۰
۴/۲	۳۲/۶۴	۴۰/۱۰	۴۸/۹۶	۵۷/۱۲
۴/۴	۳۴/۶۸	۴۳/۳۵	۵۲/۰۲	۶۰/۶۹
۴/۶	۳۶/۷۲	۴۵/۹۰	۵۵/۰۸	۶۴/۲۶
۴/۸	۳۸/۷۶	۴۸/۴۵	۵۸/۱۴	۶۷/۸۳
۵/۰	۴۰/۸۰	۵۱/۰۰	۶۱/۲۰	۷۱/۴۰
۵/۲	۴۲/۸۴	۵۳/۵۵	۶۴/۲۶	۷۴/۹۷
۵/۴	۴۴/۸۸	۵۶/۱۰	۶۷/۳۳	۷۸/۵۴
۵/۶	۴۶/۹۲	۵۸/۵۰	۷۰/۳۸	۸۲/۱۱

خشن

b/b_w	$f_c = 20 \text{ Mpa}$	$f_c = 25 \text{ Mpa}$	$f_c = 30 \text{ Mpa}$	$f_c = 35 \text{ Mpa}$
٥/٨	٤٨/٩٦	٦١/٧٠	٧٣/٤٤	٨٥/٦٨
٦/٧	٥١/٠٠	٦٣/٢٨	٧٦/٥٠	٨٩/٢٨
٦/٢	٥٣/٠٤	٦٦/٣٠	٧٩/٥٦	٩٢/٨٢
٦/٤	٥٥/٠٨	٦٨/١٥	٨٢/٦٢	٩٦/٣٩
٦/٦	٥٦/١٢	٧١/٤٠	٨٥/٦٨	٩٩/٩٦
٦/٨	٥٩/١٦	٧٣/٩٥	٨٨/٧٤	١٠٣/٥٣
٧/٠	٦١/٢٠	٧٦/٦٠	٩١/٨٠	١٠٧/١٠
٧/٢	٦٣/٢٤	٧٩/١٠٥	٩٤/٨٦	١١٠/٦٧
٧/٤	٦٥/٢٨	٨١/٦٠	٩٧/٩٢	١١٤/٢٤
٧/٦	٦٧/٣٢	٨٤/١٥	١٠٠/٩٨	١١٧/٨١
٧/٨	٦٩/٣٦	٨٦/٧٠	١٠٤/٠٤	١٢١/٣٨
٨/٠	٧١/٤٠	٨٩/٢٥	١٠٧/١٠	١٢٤/٩٥
٨/٢	٧٣/٤٤	٩١/٨٠	١١٠/١٦	١٢٨/٥٢
٨/٤	٨٧٥/٤	٩٤/٣٥	١١٣/٢٢	١٣٢/٠٩
٨/٦	٧٧/٥٢	٩٦/٩٠	١١٦/٢٨	١٣٥/٦٦
٨/٨	٧٩/٥٦	٩٨/٤٥	١١٩/٣٤	١٣٩/٢٣
٩/٠	٨١/٦٠	١٠٢/٠٠	١٢٢/٤٠	١٤٢/٨٠
٩/٢	٨٣/٦٤	١٠٤/٥٥	١٢٥/٤٦	١٤٤/٣٧
٩/٤	٨٥/٦٨	١٠٧/١٠	١٢٨/٥٢	١٤٦/٩٤
٩/٦	٨٧/٧٢	١٠٩/٦٥	١٣١/٥٨	١٥٣/٥١
٩/٨	٨٩/٧٦	١١٢/٢٠	١٣٤/٦٤	١٥٧/٠٨

خمش ۴) ضریب "a" برای تیرهای مستطیل شکل و دارای آرماتور فشاری در حالتیکه $f_s < f_y$

مراجع: بندهای ۱۰-۵-۲-۲ و ۱۱-۳-۱۱ و ۱-۴-۱۱ و ۱-۵-۱۱ از آییننامه بتن ایران

$$a''_n = \frac{M_{u2}}{A'_s d} = \phi_s \times 600 \times (1 - \frac{d'}{d})(1 - \frac{d'/d}{x/d}) \quad \text{MPa}$$

x/d	d'/d											
	+0.25	+0.5	+0.75	+1.00	+1.25	+1.50	+1.75	+2.00	+2.25	+2.50	+2.75	+3.00
+0.4	186/48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
+0.5	248/63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
+0.6	290/10.8	80/75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
+0.7	319/66	138/43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
+0.8	341/18	181/69	29/48	-	-	-	-	-	-	-	-	-
+0.9	359/13	215/33	78/63	-	-	-	-	-	-	-	-	-
+1.0	372/9.4	222/25	117/9.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
+1.1	384/2.4	264/27	150/1.0	41/7.3	-	-	-	-	-	-	-	-
+1.2	393/6.6	282/8.3	178/9.1	96/5.0	-	-	-	-	-	-	-	-
+1.3	40.1/6.3	298/15	199/5.9	105/9.1	17/1.6	-	-	-	-	-	-	-
+1.4	40.8/4.6	311/4.6	219/0.3	139/1.4	47/8.1	-	-	-	-	-	-	-
+1.5	414/3.8	323/..	235/8.8	105/..	74/3.8	-	-	-	-	-	-	-
+1.6	419/5.5	333/0.9	250/5.2	172/1.3	97/6.2	27/0.9	-	-	-	-	-	-
+1.7	424/1.3	334/..	263/6.3	182/..	118/1.3	51/..	-	-	-	-	-	-
+1.8	428/1.9	339/9.2	275/1.9	204/..	135/3.5	72/2.5	11/6.9	-	-	-	-	-
+1.9	431/1.2	357/..	285/5.3	217/2.2	152/6.6	91/2.6	33/2.2	-	-	-	-	-
+2.0	435/0.9	363/3.8	294/8.4	229/5.0	167/3.4	10.8/3.8	52/0.9	-	-	-	-	-
+2.1	438/0.5	369/1.4	30.3/2.7	220/1.43	180/8.3	122/8.4	70/1.2	19/4.3	-	-	-	-
+2.2	446/7.4	374/3.9	31.0/9.3	250/3.6	192/7.0	137/9.3	86/0.6	37/0.9	-	-	-	-
+2.3	452/2.0	379/1.7	31.7/9.2	269/4.3	20.3/7.2	150/7.8	100/6.1	52/2.2	8/5.9	-	-	-
+2.4	455/4.5	383/5.6	322/2.3	267/7.5	213/8.3	162/5.6	113/9.5	68/..	24/7.0	-	-	-
+2.5	457/5.5	387/6.0	33.0/2.3	275/4.0	222/1.3	173/4.0	126/2.3	81/6.0	39/5.3	-	-	-
+2.6	459/4.4	391/3.3	335/6.7	281/4.6	231/7.1	183/4.0	137/5.5	94/1.5	52/2.1	14/7.1	-	-
+2.7	461/2.1	394/7.8	340/7.1	289/..	239/5.5	192/5.7	148/4.0	105/7.8	65/8.8	28/3.3	-	-

خمس

x/d	d'/d												
	.+/+20	.+/+5	.+/+20	.+/+100	.+/+120	.+/+150	.+/+170	.+/+200	.+/+220	.+/+250	.+/+270	.+/+300	
.+/28	٤٥٢/٨٥	٣٩٧/٩٨	٣٤٥/٣٩	٢٩٥/+٧	٢٣٧/+٣	٢٠/+٢٧	١٥٧/٧٨	١١٦/٥٧	٧٧/٥٤	٤/+٩٨	٥/+٦	-	
.+/29	٤٥٤/٣٨	٤٠/+٩٧	٣٤٩/٧٥	٣٠/+٧٢	٢٥٢/+٩	٢٠/+٨	١٤٦/٨٥	٣٦/٦٢	٨٨/٥٩	٥٢/٧٦	١٩/١٣	-	
.+/30	٤٥٥/٨١	٤.+٣/٧٨	٣٥٣/٨١	٣٠/+٠٠	٢٤/+٣٩	٢١٥/٧٥	١٧٥/٣١	١٣٦/+٠	٩٨/٨١	٥٣/٧٥	٣٠/٨١	-	
.+/31	٤٥٨/+٤	٤.+٨/+٨	٣٦/+١٨	٣١٥/+٥٦	٢٧٧/٩٣	٢٣/+٣٠	١٩/+١٥	١٥٣/+٠	١١٧/٣٤	٨٣/٥٧	٥٢/+٠	٢٢/٣١	
.+/32	٤٦/+٦٩	٤١٣/٢٥	٣٦٧/٦٩	٣٢٤/+٠	٢٨٢/+١٩	٢٤٢/+١٥	٢٠/+١٩	١٥٨/+٠	١٣٣/٦٩	١٠/+٢٥	٧٠/٦٩	٤٢/+٠	
.+/33	٤٦٢/٧٢	٤١٧/٩١	٣٧٣/٤٧	٣٣١/+٥	٢٩١/+٣	٢٥٢/٨٨	٢١٦/٢٢	١٨١/٣٣	١٤٨/٢٢	١١٦/٨٨	٨٧/٣٠	٥٩/٥	
.+/34	٤٦٤/٤٤	٤٢٠/+٧٥	٣٧٨/٦٤	٣٣٨/+٢٩	٢٩٩/٢٤	٢٤٣/٣٨	٢٣٦/٩٨	١٩٣/٢٦	١٦١/٢٢	١٣/+٤٦	١٠٢/١٧	٧٥/١٦	
.+/35	٤٦٦/+١٧	٤٢٣/٩٤	٣٨٣/+٣	٣٣٤/٢٥	٣٠/+٨	٢٧/+٩٤	٢٣٦/٥٧	٢٠/+٤	١٧٢/٩٢	١٤٣/٤٤	١١٥/٥٥	٨٩/٢٥	
.+/36	٤٦٧/٥٨	٤٢٤/٨٢	٣٨٧/٥١	٣٣٩/٧١	٣١٢/٤٢	٣٧٨/٥٨	٢٤٥/٤٤	٢١٣/٧١	١٨٣/٥١	١٥٤/٨٢	١٢٧/٥٨	١٠٢/+٠	
.+/37	٤٦٩/+٠	٤٢٩/٤٤	٣٩١/٣٤	٣٥٤/٦٨	٣١٩/٤٧	٢٨٥/٧٢	٢٥٣/٤١	٢٢٢/٥٥	١٩٣/١٣	١٦٥/١٧	١٣٨/٤٤	١١٣/٥٩	
.+/38	٤٧٠/+٢٣	٤٣١/٨٤	٣٩٢/٨٣	٣٨٩/١٢	٣٢٤/٩٩	٢٥٢/١٤	٢٤٠/٦٨	٢٣٠/٤١	٢٠/+٩٢	١٧٤/٤٢	١٤٨/٧	١٢٤/١٧	
.+/39	٤٧١/+٣٥	٤٣٤/+٠٣	٣٩٨/+٤	٣٦٣/٣٨	٣٣٦/+٠٤	٢٩٦/+٣	٢٦٧/٣٥	٢٣٨/+٠	٢٠/+٩٨	١٨٣/٢٨	١٥٧/٩١	١٢٣/٨٨	
.+/40	٤٧٢/٣٩	٤٣٦/+٥	٤٠/+٩٩	٣٦٧/٧٢	٣٣٤/٦٩	٣٠/+٤٥	٢٧٣/٤٩	٢٤٤/٨	٢١٧/٣٩	١٩١/٢٥	١٤٤/٣٩	١٤٢/٨	
.+/41	٤٧٣/٣٤	٤٣٧/٩١	٤.+٣/٧١	٣٧/+٧٣	٣٣٨/٩٨	٣٠/+٤٥	٢٧٩/١٥	٢٥١/+٨	٢٢٤/٢٣	١٩٨/٤١	١٧٤/٢١	١٥١/+٤	
.+/42	٤٧٤/٢٣	٤٣٩/٦٤	٤٠/+١٣	٣٧٤/+٠	٣٤٢/٩٥	٣١٣/+٨	٢٨٤/٤٠	٢٥٤/٨٩	٢٣٠/٥٦	٢٠/+٥٢	١٨١/٤٥	١٥٨/٤٧	
.+/43	٤٧٥/+٥	٤٤١/٢٤	٤٠/+٨٧	٣٧٧/+٤	٣٤٤/٦٤	٣١٧/٣٨	٢٨٩/٢٧	٢٤٢/٢٩	٢٣٦/٤٤	٢١١/٧٤	١٨٨/١٨	١٥٥/٧٥	
.+/44	٤٧٥/٨٢	٤٤٢/٧٣	٤١/+٧٥	٣٧٩/٨٦	٣٥/+٠٨	٣٢١/٣٩	٢٩٣/٨	٢٤٧/٣	٢٤١/٩٢	٢١٧/٦٣	١٩٤/٤٤	١٧٢/٣٤	
.+/45	٤٧٦/٥٣	٤٤٤/١٣	٤١٢/٧٨	٣٨٢/+٥	٣٥٢/٢٨	٣٢٥/+١٣	٢٩٨/+٣	٢٧٣/+٠	٢٤٧/+٣	٢٢٣/١٣	٢٠٠/٢٨	١٧٨/٥	
.+/46	٤٧٧/٢٠	٤٤٥/٤٣	٤١٤/٨٨	٩٧٣٨٤	٣٥٤/٢٨	٣٢٨/٦٢	٣٠/+٩٩	٢٧٦/٣٩	٢٥١/٨١	٢٢٨/٢٧	٢٠٥/٧٥	١٨٤/٢٤	
.+/47	٤٧٧/٨٣	٤٤٦/٤٥	٤١٦/٤٧	٣٨٧/٢٨	٣٥٩/+٩	٣٣١/+٩	٣٠/+٧٠	٢٨٠/+٥	٢٥٦/٢٩	٢٣٣/+٩	٢١٠/٨٧	١٨٩/٥٦	
.+/48	٤٧٨/٤١	٤٤٧/٨	٤١٨/١٤	٣٨٩/٤٥	٣٤١/٧٣	٣٣٤/٩٨	٣٠/+١٩	٢٨٤/٣٤	٢٤٠/٥١	٢٢٧/٥١	٢١٥/٥٩	١٩٤/٧٣	
.+/49	٤٧٨/٩٧	٤٤٨/٨٨	٤١٩/٧٢	٣٩١/+٥	٣٦٤/٢٢	٣٣٧/٨٨	٣١٢/٤٧	٢٨٨/+٠	٢٤٤/٤٧	٢٤١/٨٨	٢٢٠/٢٢	١٩٩/٥	

خمش ۱-۵) تعیین لنگر مقاوم خمشی M_u برای عرض یک متر.

مراجع: بندهای ۱۰-۵-۲-۳ و ۱۱-۴-۱۱ و ۱-۵-۱۱ از آیین نامه بتن ایران

$$M_u = \phi_s \rho d^2 f_y \times \left(1 - 0.59 \rho \frac{\phi_s f_y}{\phi_c f_c}\right) \times 10^{-1} \quad \text{KN.m}$$

ρ	$f_c = 20 \text{ MPa}$	$f_y = 300 \text{ MPa}$
$d = \sigma$	$d = \lambda$	$d = \tau$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 79$	$1 / 11 \lambda$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 49$	$1 / 97 \lambda$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 2 \cdot$	$1 / 59$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 1 \cdot$	$1 / 12 \lambda$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 0.9 \cdot$	$1 / 10 \lambda$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 0.8 \cdot$	$1 / 9 \lambda$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 0.7 \cdot$	$1 / 8 \lambda$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 0.6 \cdot$	$1 / 7 \lambda$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 0.5 \cdot$	$1 / 6 \lambda$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 0.4 \cdot$	$1 / 5 \lambda$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 0.3 \cdot$	$1 / 4 \lambda$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 0.2 \cdot$	$1 / 3 \lambda$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 0.1 \cdot$	$1 / 2 \lambda$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 0.0 \cdot$	$1 / 1 \lambda$
$d = \tau$	$d = \lambda$	$d = \tau$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 12$	$1 / 12$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 11$	$1 / 11$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 10$	$1 / 10$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 9$	$1 / 9$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 8$	$1 / 8$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 7$	$1 / 7$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 6$	$1 / 6$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 5$	$1 / 5$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 4$	$1 / 4$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 3$	$1 / 3$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 2$	$1 / 2$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 1$	$1 / 1$
$d = \lambda$	$d = \tau$	$d = \tau$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 12$	$1 / 12$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 11$	$1 / 11$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 10$	$1 / 10$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 9$	$1 / 9$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 8$	$1 / 8$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 7$	$1 / 7$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 6$	$1 / 6$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 5$	$1 / 5$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 4$	$1 / 4$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 3$	$1 / 3$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 2$	$1 / 2$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 1$	$1 / 1$
$d = \tau$	$d = \lambda$	$d = \tau$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 12$	$1 / 12$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 11$	$1 / 11$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 10$	$1 / 10$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 9$	$1 / 9$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 8$	$1 / 8$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 7$	$1 / 7$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 6$	$1 / 6$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 5$	$1 / 5$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 4$	$1 / 4$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 3$	$1 / 3$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 2$	$1 / 2$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 1$	$1 / 1$

ρ	$f_c = 20 \text{ MPa}$	$f_y = 400 \text{ MPa}$
$d = \sigma$	$d = \lambda$	$d = \tau$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 11 \tau$	$1 / 1 \tau$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 10 \tau$	$1 / 10 \tau$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 9 \tau$	$1 / 9 \tau$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 8 \tau$	$1 / 8 \tau$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 7 \tau$	$1 / 7 \tau$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 6 \tau$	$1 / 6 \tau$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 5 \tau$	$1 / 5 \tau$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 4 \tau$	$1 / 4 \tau$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 3 \tau$	$1 / 3 \tau$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 2 \tau$	$1 / 2 \tau$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 1 \tau$	$1 / 1 \tau$
$d = \lambda$	$d = \tau$	$d = \tau$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 12$	$1 / 12$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 11$	$1 / 11$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 10$	$1 / 10$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 9$	$1 / 9$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 8$	$1 / 8$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 7$	$1 / 7$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 6$	$1 / 6$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 5$	$1 / 5$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 4$	$1 / 4$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 3$	$1 / 3$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 2$	$1 / 2$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 1$	$1 / 1$
$d = \tau$	$d = \lambda$	$d = \tau$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 12$	$1 / 12$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 11$	$1 / 11$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 10$	$1 / 10$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 9$	$1 / 9$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 8$	$1 / 8$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 7$	$1 / 7$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 6$	$1 / 6$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 5$	$1 / 5$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 4$	$1 / 4$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 3$	$1 / 3$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 2$	$1 / 2$
$\cdot / 0.0 \cdot$	$1 / 1$	$1 / 1$

خمش ۲-۵) تعیین لنگر مقاوم خمشی M_u برای عرض یک متر $f_c = 25 \text{ MPa}$

مراجع: بندهای ۱۰-۲-۵ و ۱۱-۳-۱ و ۱۱-۴-۱ و ۱۱-۵-۱ از آیین نامه بتن ایران

$$M_u = \phi_s \rho d^2 f_y \times \left(1 - 0.59 \rho \frac{\phi_s f_y}{\phi_c f_c}\right) \times 10^{-1} \quad \text{KN.m}$$

$$f_c = 25 \text{ MPa} \quad f_y = 220 \text{ MPa}$$

ρ	$f_c = 25 \text{ MPa}$	$f_y = 300 \text{ MPa}$
0.02	$d = 2$	$d = 8$
0.04	$d = 10$	$d = 12$
0.06	$d = 14$	$d = 16$
0.08	$d = 18$	$d = 20$
0.10	$d = 24$	$d = 28$
0.12	$d = 30$	$d = 36$
0.14	$d = 36$	$d = 42$
0.16	$d = 42$	$d = 48$
0.18	$d = 48$	$d = 54$
0.20	$d = 54$	$d = 60$
0.22	$d = 60$	$d = 66$
0.24	$d = 66$	$d = 72$
0.26	$d = 72$	$d = 78$
0.28	$d = 78$	$d = 84$
0.30	$d = 84$	$d = 90$
0.32	$d = 90$	$d = 96$
0.34	$d = 96$	$d = 102$
0.36	$d = 102$	$d = 108$
0.38	$d = 108$	$d = 114$
0.40	$d = 114$	$d = 120$
0.42	$d = 120$	$d = 126$
0.44	$d = 126$	$d = 132$
0.46	$d = 132$	$d = 138$
0.48	$d = 138$	$d = 144$
0.50	$d = 144$	$d = 150$
0.52	$d = 150$	$d = 156$
0.54	$d = 156$	$d = 162$
0.56	$d = 162$	$d = 168$
0.58	$d = 168$	$d = 174$
0.60	$d = 174$	$d = 180$
0.62	$d = 180$	$d = 186$
0.64	$d = 186$	$d = 192$
0.66	$d = 192$	$d = 198$
0.68	$d = 198$	$d = 204$
0.70	$d = 204$	$d = 210$
0.72	$d = 210$	$d = 216$
0.74	$d = 216$	$d = 222$
0.76	$d = 222$	$d = 228$
0.78	$d = 228$	$d = 234$
0.80	$d = 234$	$d = 240$
0.82	$d = 240$	$d = 246$
0.84	$d = 246$	$d = 252$
0.86	$d = 252$	$d = 258$
0.88	$d = 258$	$d = 264$
0.90	$d = 264$	$d = 270$
0.92	$d = 270$	$d = 276$
0.94	$d = 276$	$d = 282$
0.96	$d = 282$	$d = 288$
0.98	$d = 288$	$d = 294$
1.00	$d = 294$	$d = 300$

ρ	$f_c = 25 \text{ MPa}$	$f_y = 400 \text{ MPa}$
d = 6	d = 8	d = 10
d = 12	d = 14	d = 16
d = 18	d = 20	d = 22
d = 24	d = 26	d = 28
d = 30	d = 32	d = 34
d = 36	d = 38	d = 40
d = 42	d = 44	d = 46
d = 50	d = 52	d = 54
d = 60	d = 62	d = 64
d = 70	d = 72	d = 74
d = 80	d = 82	d = 84
d = 90	d = 92	d = 94
d = 100	d = 102	d = 104
d = 110	d = 112	d = 114
d = 120	d = 122	d = 124
d = 130	d = 132	d = 134
d = 140	d = 142	d = 144
d = 150	d = 152	d = 154
d = 160	d = 162	d = 164
d = 170	d = 172	d = 174
d = 180	d = 182	d = 184
d = 190	d = 192	d = 194
d = 200	d = 202	d = 204
d = 210	d = 212	d = 214
d = 220	d = 222	d = 224
d = 230	d = 232	d = 234
d = 240	d = 242	d = 244
d = 250	d = 252	d = 254
d = 260	d = 262	d = 264
d = 270	d = 272	d = 274
d = 280	d = 282	d = 284
d = 290	d = 292	d = 294
d = 300	d = 302	d = 304
d = 310	d = 312	d = 314
d = 320	d = 322	d = 324
d = 330	d = 332	d = 334
d = 340	d = 342	d = 344
d = 350	d = 352	d = 354
d = 360	d = 362	d = 364
d = 370	d = 372	d = 374
d = 380	d = 382	d = 384
d = 390	d = 392	d = 394
d = 400	d = 402	d = 404

خمش ۳-۵) تعیین لنگر مقاوم خمشی M_u برای عرض یک متر $f_c = 30 \text{ MPa}$

مراجع: بندهای ۱۰-۳-۱۱ و ۱-۴-۱۱ و ۱-۵-۱۱ از آیین نامه بتن ایران

$$M_u = \phi_s \rho d^2 f_y \times \left(1 - 0.59 \rho \frac{\phi_s f_y}{\phi_c f_c}\right) \times 10^{-1} \quad \text{KN.m}$$

$$f_{fc} = 30 \text{ MPa} \quad f_y = 220 \text{ MPa}$$

P	$d = 2$	$d = \lambda$	$d = 1.$	$d = 1\gamma$	$d = 1\zeta$	$d = 1\varphi$	$d = 1\lambda$	$d = 1\zeta$	$d = 1\varphi$	$d = 1\lambda$	$d = 1\zeta$	$d = 1\varphi$	$d = 1\lambda$	$d = 1\zeta$	$d = 1\varphi$	$d = 1\lambda$	$d = 1\zeta$	$d = 1\varphi$
•/•••	1/1/1	3/1/1	5/1/1	6/1/1	1/1/2/2	6/1/8/2	1/1/8/2	1/1/8/2	1/1/8/2	1/1/8/2	1/1/8/2	1/1/8/2	1/1/8/2	1/1/8/2	1/1/8/2	1/1/8/2	1/1/8/2	1/1/8/2
•/•••	3/1/2/2	5/1/3/1	9/1/5	14/1/2/2	19/1/3/2	21/1/3/2	19/1/3/2	19/1/3/2	19/1/3/2	19/1/3/2	19/1/3/2	19/1/3/2	19/1/3/2	19/1/3/2	19/1/3/2	19/1/3/2	19/1/3/2	19/1/3/2
•/••	6/1/2/2	9/1/3/2	14/1/8/2	20/1/9/2	21/1/9/2	21/1/9/2	21/1/9/2	21/1/9/2	21/1/9/2	21/1/9/2	21/1/9/2	21/1/9/2	21/1/9/2	21/1/9/2	21/1/9/2	21/1/9/2	21/1/9/2	21/1/9/2
•/•••	5/1/8/2	12/1/1/2	19/1/4/2	21/1/4/2	21/1/3/2/2	21/1/3/2/2	21/1/3/2/2	21/1/3/2/2	21/1/3/2/2	21/1/3/2/2	21/1/3/2/2	21/1/3/2/2	21/1/3/2/2	21/1/3/2/2	21/1/3/2/2	21/1/3/2/2	21/1/3/2/2	21/1/3/2/2
•/•••	1/1/4/1	1/1/9/2	1/1/3/2/2	1/1/3/2/2	1/1/3/2/2	1/1/3/2/2	1/1/3/2/2	1/1/3/2/2	1/1/3/2/2	1/1/3/2/2	1/1/3/2/2	1/1/3/2/2	1/1/3/2/2	1/1/3/2/2	1/1/3/2/2	1/1/3/2/2	1/1/3/2/2	1/1/3/2/2
•/•••	9/1/1	17/1/5/2	21/1/5/2	21/1/5/2	21/1/5/2	21/1/5/2	21/1/5/2	21/1/5/2	21/1/5/2	21/1/5/2	21/1/5/2	21/1/5/2	21/1/5/2	21/1/5/2	21/1/5/2	21/1/5/2	21/1/5/2	21/1/5/2
•/•••	11/1/4	20/1/1/2	31/1/6/2	31/1/7/2	31/1/7/2	31/1/7/2	31/1/7/2	31/1/7/2	31/1/7/2	31/1/7/2	31/1/7/2	31/1/7/2	31/1/7/2	31/1/7/2	31/1/7/2	31/1/7/2	31/1/7/2	31/1/7/2
•/•••	11/1/2/2	21/1/2/2	31/1/3/2	31/1/3/2	31/1/3/2	31/1/3/2	31/1/3/2	31/1/3/2	31/1/3/2	31/1/3/2	31/1/3/2	31/1/3/2	31/1/3/2	31/1/3/2	31/1/3/2	31/1/3/2	31/1/3/2	31/1/3/2
•/•••	11/1/8	11/1/9/2	11/1/9/2	11/1/9/2	11/1/9/2	11/1/9/2	11/1/9/2	11/1/9/2	11/1/9/2	11/1/9/2	11/1/9/2	11/1/9/2	11/1/9/2	11/1/9/2	11/1/9/2	11/1/9/2	11/1/9/2	11/1/9/2
•/•••	11/1/4/2	11/1/5/2	11/1/6/2	11/1/6/2	11/1/6/2	11/1/6/2	11/1/6/2	11/1/6/2	11/1/6/2	11/1/6/2	11/1/6/2	11/1/6/2	11/1/6/2	11/1/6/2	11/1/6/2	11/1/6/2	11/1/6/2	11/1/6/2
•/•••	15/1/2/2	17/1/1/2	21/1/1/2	21/1/1/2	21/1/1/2	21/1/1/2	21/1/1/2	21/1/1/2	21/1/1/2	21/1/1/2	21/1/1/2	21/1/1/2	21/1/1/2	21/1/1/2	21/1/1/2	21/1/1/2	21/1/1/2	21/1/1/2
•/•••	15/1/2/2	15/1/3/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2
•/•••	15/1/2/2	15/1/3/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2	15/1/4/2
•/•••	17/1/5/2	21/1/1/2	24/1/7/2	24/1/7/2	24/1/7/2	24/1/7/2	24/1/7/2	24/1/7/2	24/1/7/2	24/1/7/2	24/1/7/2	24/1/7/2	24/1/7/2	24/1/7/2	24/1/7/2	24/1/7/2	24/1/7/2	24/1/7/2
•/•••	17/1/5/2	17/1/6/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2
•/•••	17/1/5/2	17/1/6/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2	21/1/7/2
•/•••	19/1/5/2	25/1/0/2	25/1/0/2	25/1/0/2	25/1/0/2	25/1/0/2	25/1/0/2	25/1/0/2	25/1/0/2	25/1/0/2	25/1/0/2	25/1/0/2	25/1/0/2	25/1/0/2	25/1/0/2	25/1/0/2	25/1/0/2	25/1/0/2
•/•••	21/1/5/2	21/1/6/2	25/1/1/2	25/1/1/2	25/1/1/2	25/1/1/2	25/1/1/2	25/1/1/2	25/1/1/2	25/1/1/2	25/1/1/2	25/1/1/2	25/1/1/2	25/1/1/2	25/1/1/2	25/1/1/2	25/1/1/2	25/1/1/2
•/•••	22/1/3/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2
•/•••	22/1/3/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2	23/1/7/2

$$f_c = 30 \text{ MPa} \quad g \quad f_y = 300 \text{ MPa}$$

خمش ۴-۵) تعیین لنگر مقاوم خمثی M_u برای عرض یک متر $f_c = 35 \text{ MPa}$

مراجع: بندهای ۱۰-۵-۱ و ۱۱-۳ و ۱۱-۴ و ۱۱-۵ و ۱-۵-۱ از آییننامه بتن ایران

$$M_u = \phi_s \rho d^2 f_y \times (1 - 0.59 \rho \frac{\phi_s f_y}{\phi_c f_c}) \times 10^{-1} \quad \text{KN.m}$$

$$f_c = 30 \text{ MPa} \quad f_y = 220 \text{ MPa}$$

P	$d = \varphi$	$d = \lambda$	$d = 1\cdot$	$d = 1\cdot\!1$	$d = 1\cdot\!2$	$d = 1\cdot\!3$	$d = 1\cdot\!4$	$d = 1\cdot\!5$	$d = 1\cdot\!6$	$d = 1\cdot\!7$	$d = 1\cdot\!8$	$d = 1\cdot\!9$	$d = 1\cdot\!10$	$d = 1\cdot\!11$	$d = 1\cdot\!12$	$d = 1\cdot\!13$	$d = 1\cdot\!14$	$d = 1\cdot\!15$	$d = 1\cdot\!16$	$d = 1\cdot\!17$	$d = 1\cdot\!18$	$d = 1\cdot\!19$	$d = 1\cdot\!20$	$d = 1\cdot\!21$	$d = 1\cdot\!22$	$d = 1\cdot\!23$	$d = 1\cdot\!24$	$d = 1\cdot\!25$
0.000	1/113	2/113	3/113	4/113	5/113	6/113	7/113	8/113	9/113	10/113	11/113	12/113	13/113	14/113	15/113	16/113	17/113	18/113	19/113	20/113	21/113	22/113	23/113	24/113	25/113	26/113	27/113	
0.004	1/154	2/154	3/154	4/154	5/154	6/154	7/154	8/154	9/154	10/154	11/154	12/154	13/154	14/154	15/154	16/154	17/154	18/154	19/154	20/154	21/154	22/154	23/154	24/154	25/154	26/154	27/154	
0.006	1/195	2/195	3/195	4/195	5/195	6/195	7/195	8/195	9/195	10/195	11/195	12/195	13/195	14/195	15/195	16/195	17/195	18/195	19/195	20/195	21/195	22/195	23/195	24/195	25/195	26/195	27/195	
0.008	1/236	2/236	3/236	4/236	5/236	6/236	7/236	8/236	9/236	10/236	11/236	12/236	13/236	14/236	15/236	16/236	17/236	18/236	19/236	20/236	21/236	22/236	23/236	24/236	25/236	26/236	27/236	
0.010	1/277	2/277	3/277	4/277	5/277	6/277	7/277	8/277	9/277	10/277	11/277	12/277	13/277	14/277	15/277	16/277	17/277	18/277	19/277	20/277	21/277	22/277	23/277	24/277	25/277	26/277	27/277	
0.012	1/318	2/318	3/318	4/318	5/318	6/318	7/318	8/318	9/318	10/318	11/318	12/318	13/318	14/318	15/318	16/318	17/318	18/318	19/318	20/318	21/318	22/318	23/318	24/318	25/318	26/318	27/318	
0.014	1/359	2/359	3/359	4/359	5/359	6/359	7/359	8/359	9/359	10/359	11/359	12/359	13/359	14/359	15/359	16/359	17/359	18/359	19/359	20/359	21/359	22/359	23/359	24/359	25/359	26/359	27/359	
0.016	1/399	2/399	3/399	4/399	5/399	6/399	7/399	8/399	9/399	10/399	11/399	12/399	13/399	14/399	15/399	16/399	17/399	18/399	19/399	20/399	21/399	22/399	23/399	24/399	25/399	26/399	27/399	
0.018	1/440	2/440	3/440	4/440	5/440	6/440	7/440	8/440	9/440	10/440	11/440	12/440	13/440	14/440	15/440	16/440	17/440	18/440	19/440	20/440	21/440	22/440	23/440	24/440	25/440	26/440	27/440	
0.020	1/481	2/481	3/481	4/481	5/481	6/481	7/481	8/481	9/481	10/481	11/481	12/481	13/481	14/481	15/481	16/481	17/481	18/481	19/481	20/481	21/481	22/481	23/481	24/481	25/481	26/481	27/481	
0.022	1/522	2/522	3/522	4/522	5/522	6/522	7/522	8/522	9/522	10/522	11/522	12/522	13/522	14/522	15/522	16/522	17/522	18/522	19/522	20/522	21/522	22/522	23/522	24/522	25/522	26/522	27/522	
0.024	1/563	2/563	3/563	4/563	5/563	6/563	7/563	8/563	9/563	10/563	11/563	12/563	13/563	14/563	15/563	16/563	17/563	18/563	19/563	20/563	21/563	22/563	23/563	24/563	25/563	26/563	27/563	
0.026	1/604	2/604	3/604	4/604	5/604	6/604	7/604	8/604	9/604	10/604	11/604	12/604	13/604	14/604	15/604	16/604	17/604	18/604	19/604	20/604	21/604	22/604	23/604	24/604	25/604	26/604	27/604	
0.028	1/645	2/645	3/645	4/645	5/645	6/645	7/645	8/645	9/645	10/645	11/645	12/645	13/645	14/645	15/645	16/645	17/645	18/645	19/645	20/645	21/645	22/645	23/645	24/645	25/645	26/645	27/645	
0.030	1/686	2/686	3/686	4/686	5/686	6/686	7/686	8/686	9/686	10/686	11/686	12/686	13/686	14/686	15/686	16/686	17/686	18/686	19/686	20/686	21/686	22/686	23/686	24/686	25/686	26/686	27/686	
0.032	1/727	2/727	3/727	4/727	5/727	6/727	7/727	8/727	9/727	10/727	11/727	12/727	13/727	14/727	15/727	16/727	17/727	18/727	19/727	20/727	21/727	22/727	23/727	24/727	25/727	26/727	27/727	
0.034	1/768	2/768	3/768	4/768	5/768	6/768	7/768	8/768	9/768	10/768	11/768	12/768	13/768	14/768	15/768	16/768	17/768	18/768	19/768	20/768	21/768	22/768	23/768	24/768	25/768	26/768	27/768	
0.036	1/809	2/809	3/809	4/809	5/809	6/809	7/809	8/809	9/809	10/809	11/809	12/809	13/809	14/809	15/809	16/809	17/809	18/809	19/809	20/809	21/809	22/809	23/809	24/809	25/809	26/809	27/809	
0.038	1/850	2/850	3/850	4/850	5/850	6/850	7/850	8/850	9/850	10/850	11/850	12/850	13/850	14/850	15/850	16/850	17/850	18/850	19/850	20/850	21/850	22/850	23/850	24/850	25/850	26/850	27/850	
0.040	1/891	2/891	3/891	4/891	5/891	6/891	7/891	8/891	9/891	10/891	11/891	12/891	13/891	14/891	15/891	16/891	17/891	18/891	19/891	20/891	21/891	22/891	23/891	24/891	25/891	26/891	27/891	
0.042	1/932	2/932	3/932	4/932	5/932	6/932	7/932	8/932	9/932	10/932	11/932	12/932	13/932	14/932	15/932	16/932	17/932	18/932	19/932	20/932	21/932	22/932	23/932	24/932	25/932	26/932	27/932	
0.044	1/973	2/973	3/973	4/973	5/973	6/973	7/973	8/973	9/973	10/973	11/973	12/973	13/973	14/973	15/973	16/973	17/973	18/973	19/973	20/973	21/973	22/973	23/973	24/973	25/973	26/973	27/973	
0.046	1/1014	2/1014	3/1014	4/1014	5/1014	6/1014	7/1014	8/1014	9/1014	10/1014	11/1014	12/1014	13/1014	14/1014	15/1014	16/1014	17/1014	18/1014	19/1014	20/1014	21/1014	22/1014	23/1014	24/1014	25/1014	26/1014	27/1014	
0.048	1/1055	2/1055	3/1055	4/1055	5/1055	6/1055	7/1055	8/1055	9/1055	10/1055	11/1055	12/1055	13/1055	14/1055	15/1055	16/1055	17/1055	18/1055	19/1055	20/1055	21/1055	22/1055	23/1055	24/1055	25/1055	26/1055	27/1055	
0.050	1/1096	2/1096	3/1096	4/1096	5/1096	6/1096	7/1096	8/1096	9/1096	10/1096	11/1096	12/1096	13/1096	14/1096	15/1096	16/1096	17/1096	18/1096	19/1096	20/1096	21/1096	22/1096	23/1096	24/1096	25/1096	26/1096	27/1096	
0.052	1/1137	2/1137	3/1137	4/1137	5/1137	6/1137	7/1137	8/1137	9/1137	10/1137	11/1137	12/1137	13/1137	14/1137	15/1137	16/1137	17/1137	18/1137	19/1137	20/1137	21/1137	22/1137	23/1137	24/1137	25/1137	26/1137	27/1137	
0.054	1/1178	2/1178	3/1178	4/1178	5/1178	6/1178	7/1178	8/1178	9/1178	10/1178	11/1178	12/1178	13/1178	14/1178	15/1178	16/1178	17/1178	18/1178	19/1178	20/1178	21/1178	22/1178	23/1178	24/1178	25/1178	26/1178	27/1178	

ρ	$f_c = 30 \text{ MPa}$	g	$f_y = 300 \text{ MPa}$
•/•••	d = 6	d = 8	d = 11
•/•••	1/1/1	3/1/1	5/1/1
•/•••	7/1/5	9/1/6	11/1/4
•/•••	9/1/9	11/1/1	13/1/1
•/•••	11/1/1	13/1/1	15/1/1
•/•••	13/1/1	15/1/1	17/1/1
•/•••	15/1/1	17/1/1	19/1/1
•/•••	17/1/1	19/1/1	21/1/1
•/•••	19/1/1	21/1/1	23/1/1
•/•••	21/1/1	23/1/1	25/1/1
•/•••	23/1/1	25/1/1	27/1/1
•/•••	25/1/1	27/1/1	29/1/1
•/•••	27/1/1	29/1/1	31/1/1
•/•••	29/1/1	31/1/1	33/1/1
•/•••	31/1/1	33/1/1	35/1/1
•/•••	33/1/1	35/1/1	37/1/1
•/•••	35/1/1	37/1/1	39/1/1
•/•••	37/1/1	39/1/1	41/1/1
•/•••	39/1/1	41/1/1	43/1/1
•/•••	41/1/1	43/1/1	45/1/1
•/•••	43/1/1	45/1/1	47/1/1
•/•••	45/1/1	47/1/1	49/1/1
•/•••	47/1/1	49/1/1	51/1/1
•/•••	49/1/1	51/1/1	53/1/1
•/•••	51/1/1	53/1/1	55/1/1
•/•••	53/1/1	55/1/1	57/1/1
•/•••	55/1/1	57/1/1	59/1/1
•/•••	57/1/1	59/1/1	61/1/1
•/•••	59/1/1	61/1/1	63/1/1
•/•••	61/1/1	63/1/1	65/1/1
•/•••	63/1/1	65/1/1	67/1/1
•/•••	65/1/1	67/1/1	69/1/1
•/•••	67/1/1	69/1/1	71/1/1
•/•••	69/1/1	71/1/1	73/1/1
•/•••	71/1/1	73/1/1	75/1/1
•/•••	73/1/1	75/1/1	77/1/1
•/•••	75/1/1	77/1/1	79/1/1
•/•••	77/1/1	79/1/1	81/1/1
•/•••	79/1/1	81/1/1	83/1/1
•/•••	81/1/1	83/1/1	85/1/1
•/•••	83/1/1	85/1/1	87/1/1
•/•••	85/1/1	87/1/1	89/1/1
•/•••	87/1/1	89/1/1	91/1/1

		$f_c = 30 \text{ MPa}$				$f_y = 400 \text{ MPa}$							
ρ	$d = \sigma$	$d = \lambda$	$d = 1$	$d = 1r$	$d = 1f$	$d = 1\lambda$	$d = r$	$d = 1r$	$d = 1\lambda$	$d = r$	$d = 1r$	$d = 1\lambda$	$d = r$
٠.٠٠٢	٢٦٠.	٤٧٧.	٥٣٧.	٩/٦.	١٣٧.	١٧٠.	٢١١/٦١	٣٣/٦٨	٣٣/٦٨	٣٣/٦٨	٣٣/٦٨	٣٣/٦٨	٣٣/٦٨
٠.٠٠٤	٤٧٧.	٦٣٣.	٧٣٣.	١٣٠.	٢١٣.	٢٣٣.	٣٣/٣٣	٥٣/٣٣	٥٣/٣٣	٥٣/٣٣	٥٣/٣٣	٥٣/٣٣	٥٣/٣٣
٠.٠٦	٦٩٣.	١٢٣.	١٢٣.	١٩٣.	٢٧٣.	٣٧٣.	٦٣/٣٣	٧٣/٣٣	٧٣/٣٣	٩٣/٣٣	٩٣/٣٣	٩٣/٣٣	٩٣/٣٣
٠.٠٨	٧٦٠.	١٥٠.	١٥٠.	٢٥٠.	٣٦٠.	٤٦٠.	٦٣/٣٣	٨٣/٣٣	٨٣/٣٣	١٠٣/٣٣	١٠٣/٣٣	١٣٣/٣٣	١٣٣/٣٣
٠.١٠٠	٧٦٠.	١٩٠.	١٩٠.	٢٩٠.	٣٩٠.	٤٩٠.	٦٣/٣٣	٨٣/٣٣	٨٣/٣٣	١٢٠/٣٣	١٢٠/٣٣	١٦٠/٣٣	١٦٠/٣٣
٠.١٢٢	٧٦٠.	٢٣٠.	٢٣٠.	٣٣٠.	٤٣٠.	٥٣٠.	٦٣/٣٣	٨٣/٣٣	٨٣/٣٣	١٣٠/٣٣	١٣٠/٣٣	١٧٠/٣٣	١٧٠/٣٣
٠.١٤٤	٧٦٠.	٢٧٠.	٢٧٠.	٣٧٠.	٤٧٠.	٥٧٠.	٦٣/٣٣	٨٣/٣٣	٨٣/٣٣	١٣٠/٣٣	١٣٠/٣٣	١٧٠/٣٣	١٧٠/٣٣
٠.١٦٦	٧٦٠.	٣١٣.	٣١٣.	٤١٣.	٥١٣.	٦١٣.	٦٣/٣٣	٨٣/٣٣	٨٣/٣٣	١٣٠/٣٣	١٣٠/٣٣	١٧٠/٣٣	١٧٠/٣٣
٠.١٨٨	٧٦٠.	٣٥٢.	٣٥٢.	٤٥٢.	٥٥٢.	٦٥٢.	٦٣/٣٣	٨٣/٣٣	٨٣/٣٣	١٣٠/٣٣	١٣٠/٣٣	١٧٠/٣٣	١٧٠/٣٣
٠.٢٠٢	٧٦٠.	٣٧٧.	٣٧٧.	٤٧٧.	٥٧٧.	٦٧٧.	٦٣/٣٣	٨٣/٣٣	٨٣/٣٣	١٣٠/٣٣	١٣٠/٣٣	١٧٠/٣٣	١٧٠/٣٣
٠.٢٢٤	٧٦٠.	٤١٣.	٤١٣.	٥١٣.	٦١٣.	٧١٣.	٦٣/٣٣	٨٣/٣٣	٨٣/٣٣	١٣٠/٣٣	١٣٠/٣٣	١٧٠/٣٣	١٧٠/٣٣
٠.٢٤٦	٧٦٠.	٤٣٢.	٤٣٢.	٥٣٢.	٦٣٢.	٧٣٢.	٦٣/٣٣	٨٣/٣٣	٨٣/٣٣	١٣٠/٣٣	١٣٠/٣٣	١٧٠/٣٣	١٧٠/٣٣
٠.٢٦٨	٧٦٠.	٤٥٧.	٤٥٧.	٥٥٧.	٦٥٧.	٧٥٧.	٦٣/٣٣	٨٣/٣٣	٨٣/٣٣	١٣٠/٣٣	١٣٠/٣٣	١٧٠/٣٣	١٧٠/٣٣

خمش و بار محوری

مثال ۱ طراحی ستون مستطیل شکل تحت اثر بار محوری

محاسبه درصد فولاد ستون مربع شکلی که با خاموتهای جانبی بسته شده است در نظر است. بارهای مرده وزنده به ترتیب KN ۱۴۴۰ و ۸۵۵KN می‌باشد. طول آزاد ستون ۲/۶ متر است و سازه در هر دو جهت مهار جانبی شده است.

مشخصات :

$$f_c = 28 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$b = 45 \text{ cm}$$

$$t = 45 \text{ cm}$$

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول) محاسبه بار در حد نهایی $N_u = 1.25 N_D + 1.5 N_L$	۳-۳-۵-۱۰
	$N_u = 1.25 \times 1440 + 1.5 \times 855 = 3083 \text{ KN}$	گام دوم) کنترل لاغری ستون در قطعات فشاری مهار شده در صورتی که $K \frac{\ell_u}{r} < 34 - 12 \frac{M_1}{M_2}$ باشد می‌توان از اثر lagueri صرف نظر نمود.	۱-۷-۱۳
	$\frac{M_u}{A_g} = 0.8 [0.85 \times 0.6 \times 28(1-\rho) + 0.85 \times 420 \times \rho]$ $\frac{3083 \times 10^{-3}}{0.45 \times 0.45} = 11.42 - 11.42\rho + 285.6\rho$ $15.22 = 11.42 + 274.18\rho$ $\rho = 0.014$	گام سوم) تعیین درصد فولاد لازم $N_{max} = 0.8 [0.85\phi_c f_c (A_g - A_{st}) + \phi_s f_y A_{st}]$	۳-۴-۱۱

ماده ۲ طراحی ستون مستطیل شکل تحت اثر بار محوری و لنگر خمی (ستون بدون فولاد میانی)

بارها مرده و زنده وارد بر ستون مربع شکلی به ترتیب برابر با KN 90 و KN 67.5 می‌باشد. لنگرهای مرده و زنده وارد بر انتهای ستون KN.m 123.5 و KN.m 95.9 می‌باشد. طول آزاد ستون 3.65m است. ابعاد ستون 45cm × 45cm² می‌باشد. درصد فولاد مورد نیاز را محاسبه کنید.

: مشخصات

$$f_c = 28 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$d = 40.5 \text{ cm}$$

جدول کمک	محاسبات	روش	بند آینه نامه
		الف : با استفاده از دیاگرامها	
		گام اول) محاسبه بار و لنگر در حد نهائی	۳-۳-۵-۱۰
	$N_u = 1.25 N_D + 1.5 N_L$ $M_u = 1.25 M_D + 1.5 M_L$	$N_u = 1.25 \times 90 + 1.5 \times 67.5 = 213.75 \text{ KN}$ $M_u = 1.25 \times 123.3 + 1.5 \times 95.9 = 289 \text{ KN.m}$	
		گام دوم) محاسبه خروج از مرکزیت، e/t	
	$e = \frac{M_u}{P_u}$	$e = \frac{298}{213.75} = 1.39 \text{ m}$ $\frac{e}{t} = \frac{1.39}{0.45} = 3 \text{ m}$	
		گام سوم)	
	$\frac{N_u}{A_g \cdot f_c}, \frac{M_u}{A_g \cdot t \cdot f_c}$	$\frac{N_u}{A_g \cdot f_c} = \frac{213.75 \times 10^3}{(450 \times 450) \cdot 28} = 0.038$ $\frac{M_u}{A_g \cdot t \cdot f_c} = \frac{298 \times 10^6}{(450 \times 450) \times 450 \times 28} = 0.116$	محاسبه
		گام چهارم) محاسبه d/t	
	$m = \frac{f_y}{0.85 f_c}$	$d/t = \frac{40 \times 5}{450} = 0.9$	
		گام پنجم) با استفاده از دیاگرام مربوطه	
	$m = \frac{f_y}{0.85 f_c}$	$\rho_t \cdot m = 0.34$ $m = \frac{400}{0.85 \times 28} = 16.8$	
		گام ششم)	
	ρ_t محاسبه	$\rho_t \cdot m = 0.34$ $\rho_t = \frac{0.34}{16.8} = 0.02$	

مثال ۳ طراحی ستون مستطیل شکل تحت اثر بار محوری و لنگر خمشی

بارها و لنگرهای مرده و زنده وارد بر ستون مستطیلی شکل برابر با مقادیر زیر می‌باشند ابعاد ستون $35 \times 60\text{cm}^2$ می‌باشد. درصد فولاد لازم برای این ستون را محاسبه کنید.

مشخصات :

$$N_D = 1575 \text{ KN}$$

$$N_L = 1080 \text{ KN}$$

$$M_D = 137 \text{ KN.m}$$

$$M_L = 110 \text{ KN.m}$$

$$f_c = 28 \text{ MPa}$$

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۳-۳-۵-۱۰	الف : با استفاده از دیاگرامها گام اول) محاسبه بار و لنگر در حد نهائی $N_u = 1.25 N_D + 1.5 N_L$ $M_u = 1.25 M_D + 1.5 M_L$	$N_u = 1.25 \times 1575 + 1.5 \times 1080 = 3589 \text{ KN}$ $M_u = 1.25 \times 137 + 1.5 \times 110 = 336 \text{ KN.m}$	
	گام دوم محاسبه خروج از مرکزیت و e/t $e = \frac{M_u}{P_u}$	$\epsilon = \frac{336}{3589} = 9.36 \times 10^{-2}$ $\frac{e}{t} = \frac{0.094}{0.6} = 0.16$	
	گام سوم) محاسبه d/t $d/t = \frac{54}{60} = 0.90$		
	گام چهارم $\frac{N_u}{A_g.f_c}, \frac{M_u}{A_g.t.f_c}$ محاسبه 	$\frac{N_u}{A_g.f_c} = \frac{3589 \times 10^3}{(350 \times 600)28} = 0.61$ $\frac{M_u}{A_g.t.f_c} = \frac{336 \times 10^6}{(350 \times 600) \times 600 \times 28} = 0.095$	
	گام پنجم) با استفاده از دیاگرام مربوطه $\rho_t m$ محاسبه می‌شود. $m = \frac{f_y}{0.85f_c}$	$\rho_t m = 0.42$ $m = \frac{400}{0.85 \times 28} = 16.8$	
	گام ششم ρ_t محاسبه 	$\rho_t m = 0.42$ $\rho_t = \frac{0.42}{16.8} = 0.025$	

مثال ۴ طراحی ستون دایره‌ای شکل تحت اثر بار محوری و لنگر خمی

ستون دایروی با مشخصات زیر را طرح کنید. قطر ستون برابر 50cm می‌باشد. بارها و لنگرهای مرده و زنده وارد بر ستون به قرار زیر می‌باشند.
مشخصات:

$$D = 50 \text{ cm}$$

$$d = 40 \text{ cm}$$

$$N_D = 360 \text{ KN}$$

$$N_L = 270 \text{ KN}$$

$$M_D = 137 \text{ KN.m}$$

$$M_L = 110 \text{ KN.m}$$

$$f_c' = 28 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آین نامه
		الف : با استفاده از دیاگرامها	
		گام اول) محاسبه بار و لنگر در حد نهائی $N_u = 1.25 N_D + 1.5 N_L$ $M_u = 1.25 M_D + 1.5 M_L$	$N_u = 1.25 \times 360 + 1.5 \times 270 = 855 \text{ KN}$ $M_u = 1.25 \times 137 + 1.5 \times 110 = 336 \text{ KN.m}$
		گام دوم) e/D محاسبه خروج از مرکزیت و	$e = \frac{M_u}{N_u} = \frac{336}{855} = 0.39$ $e/D = \frac{0.39}{0.5} = 0.78 \text{ m}$
		گام سوم) محاسبه e/d $e/d = \frac{40}{50} = 0.8$	
		گام چهارم) $\frac{N_u}{D^2 f_c} = \frac{855 \times 10^3}{(500)^2 \times 28} = 0.122$ $\frac{M_u}{D^3 f_c} = \frac{336 \times 10^6}{(500)^3 \times 28} = 0.096$	$\frac{N_u}{D^2 f_c} = \frac{855 \times 10^3}{(500)^2 \times 28} = 0.122$ $\frac{M_u}{D^3 f_c} = \frac{336 \times 10^6}{(500)^3 \times 28} = 0.096$
		گام پنجم) با استفاده از دیاگرام مربوطه $m = \frac{f_y}{0.85 f_c}$ محاسبه می‌شود.	$\rho_t m = 0.46$ $m = \frac{400}{0.85 \times 28} = 16.8$
		گام ششم) ρ_t محاسبه	$\rho_t m = 0.46$ $\rho_t = \frac{0.46}{16.8} = 0.027$

خمش و بار محوری

مثال ۵ طراحی ستون دایره‌ای شکل تحت اثر بار محوری او خمش دو محوره

ستونی با مقطع دایره و تحت اثر بارهای زیر را طرح کنید. قطر ستون برابر 40 cm است.

مشخصات :

$$f_c = 28 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$d = 32 \text{ cm}$$

بار محوری

$$N_D = 360 \text{ KN}$$

$$N_L = 330 \text{ KN}$$

لنگر شرقی - غربی

$$M_D = 55 \text{ KN.m}$$

$$M_L = 41 \text{ KN.m}$$

لنگر شمالی - جنوبی

$$M_D = 71 \text{ KN.m}$$

$$M_L = 58 \text{ KN.m}$$

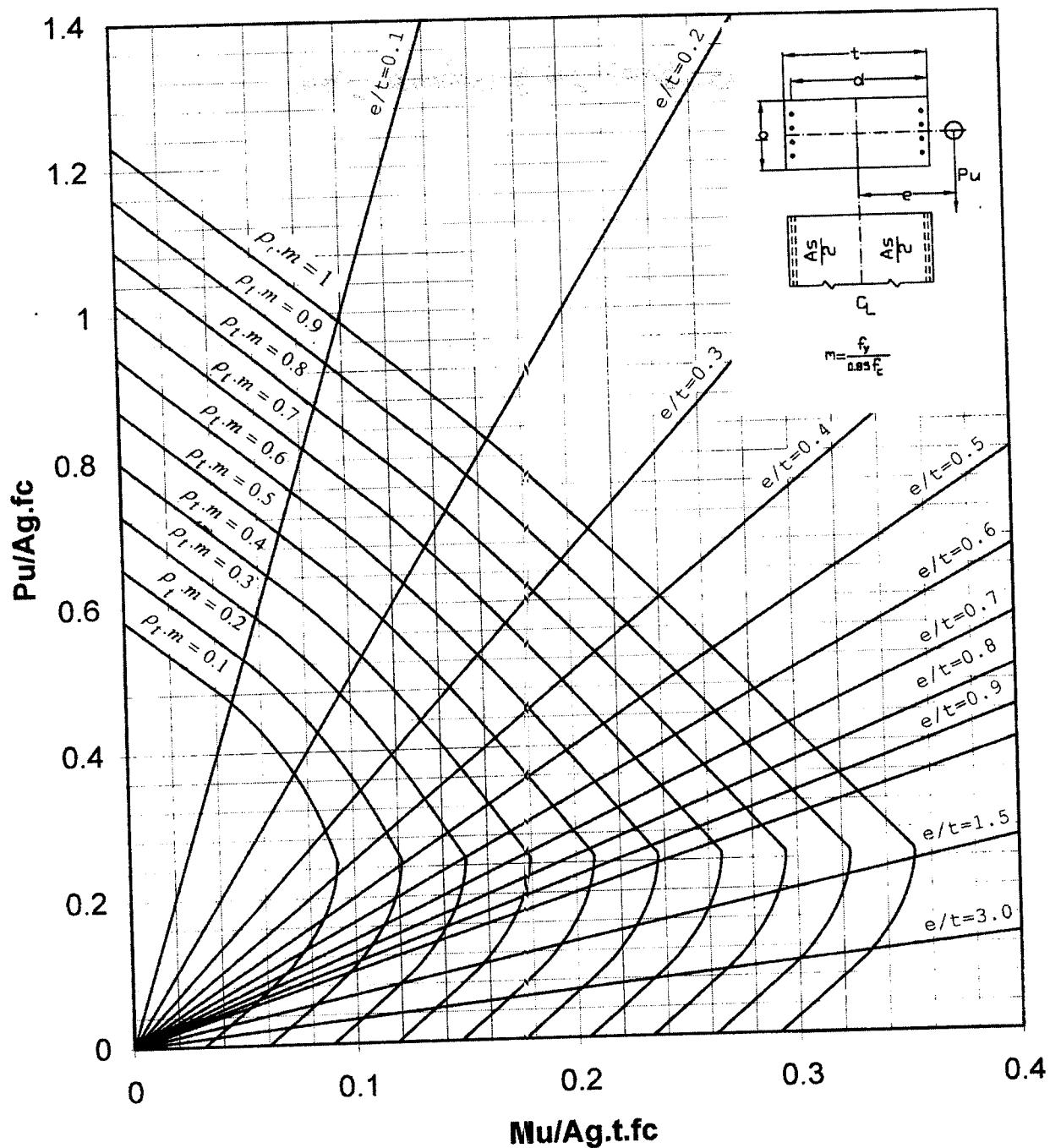
جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
		الف : با استفاده از دیاگرامها	
	$N_u = 1.25 \times 360 + 1.5 \times 330 = 945 \text{ KN}$ $M_{u1} = 1.25 \times 55 + 1.5 \times 41 = 130.25 \text{ KN.m}$ $M_{u2} = 1.25 \times 71 + 1.5 \times 58 = 175.75 \text{ KN.m}$ $M_u = \sqrt{130.25^2 + 175.75^2} = 218.75 \text{ KN.m}$	گام اول محاسبه بار و لنگر در حد نهائی با توجه به این که ستون دایری است می‌توان برآیند لنگرهای فوق را به دست آورده و آن را همانند ستونی تحت اثر خمش یک محوره مورد بررسی قرار داد. $N_u = 1.25 N_D + 1.5 N_L$ $M_u = 1.25 M_D + 1.5 M_L$	۳-۳-۵-۱۰
	$e = \frac{M_u}{N_u}$ گام دوم محاسبه خروج از مرکزیت و e/d $e = \frac{218.75}{945} = 0.23$ $e/D = \frac{0.23}{0.4} = 0.575 \text{ m}$		
	$d/D = \frac{32}{40} = 0.8$ گام سوم محاسبه d/D		
	$\frac{N_u}{D^2 f_c} = \frac{945 \times 10^3}{(400)^2 \times 28} = 0.21$ $\frac{M_u}{D^3 f_c} = \frac{218.75 \times 10^6}{(400)^3 \times 28} = 0.122$	گام چهارم $\frac{N_u}{D^2 f_c}, \frac{M_u}{D^3 f_c}$ محاسبه	
	$\rho_i m = 0.6$ $m = \frac{400}{0.85 \times 28} = 16.8$	گام پنجم با استفاده از دیاگرام مربوطه $\rho_i m$ محاسبه می‌شود. $m = \frac{f_y}{0.85 f_c}$	
	$\rho_i m = 0.6$ $\rho_{ij} = \frac{0.6}{16.8} = 0.036$	گام ششم ρ_i محاسبه	

نمودارهای اندرکنش

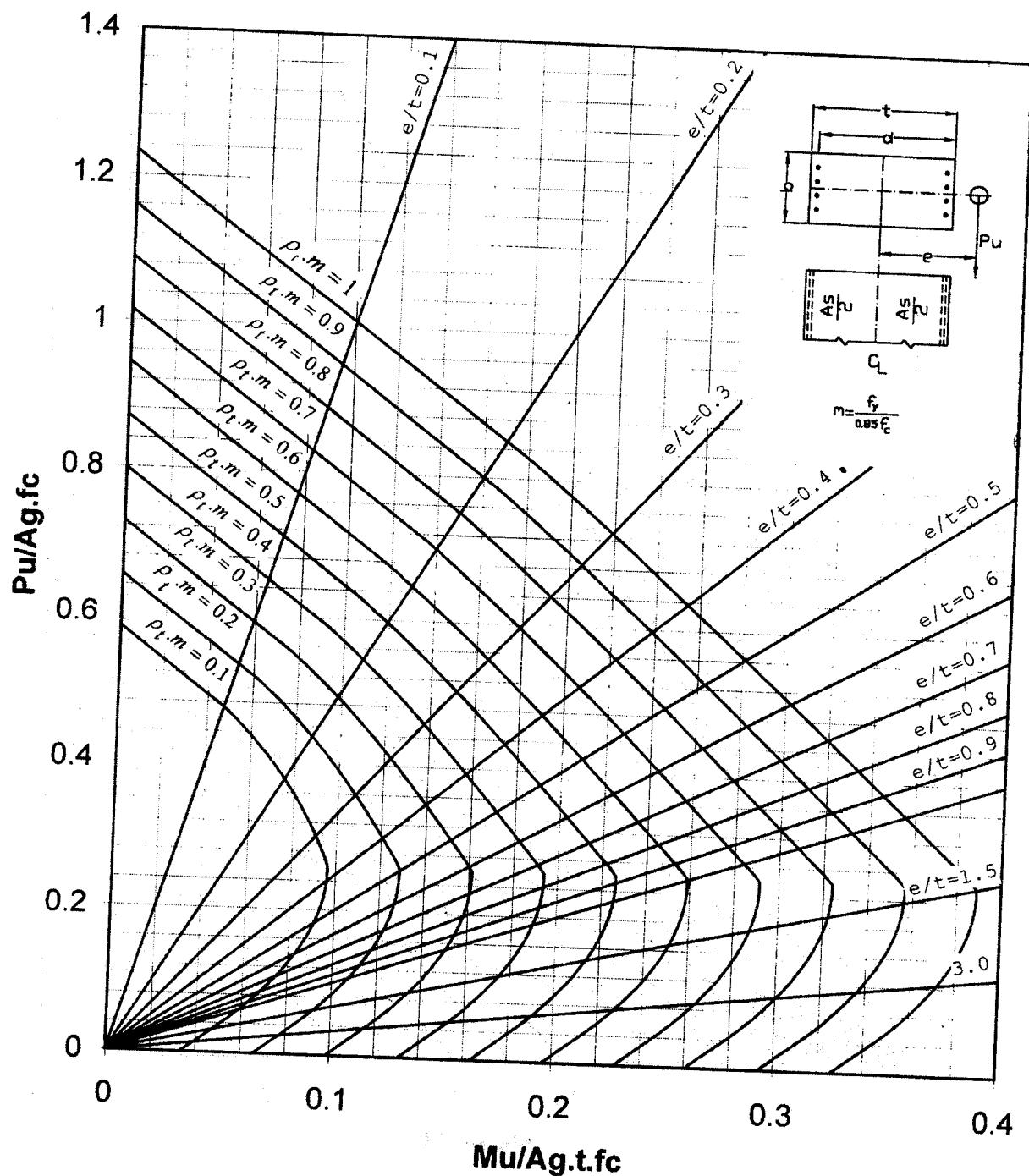
لنگر خمشی و بار محوری

Bending and axial load-rectangular section

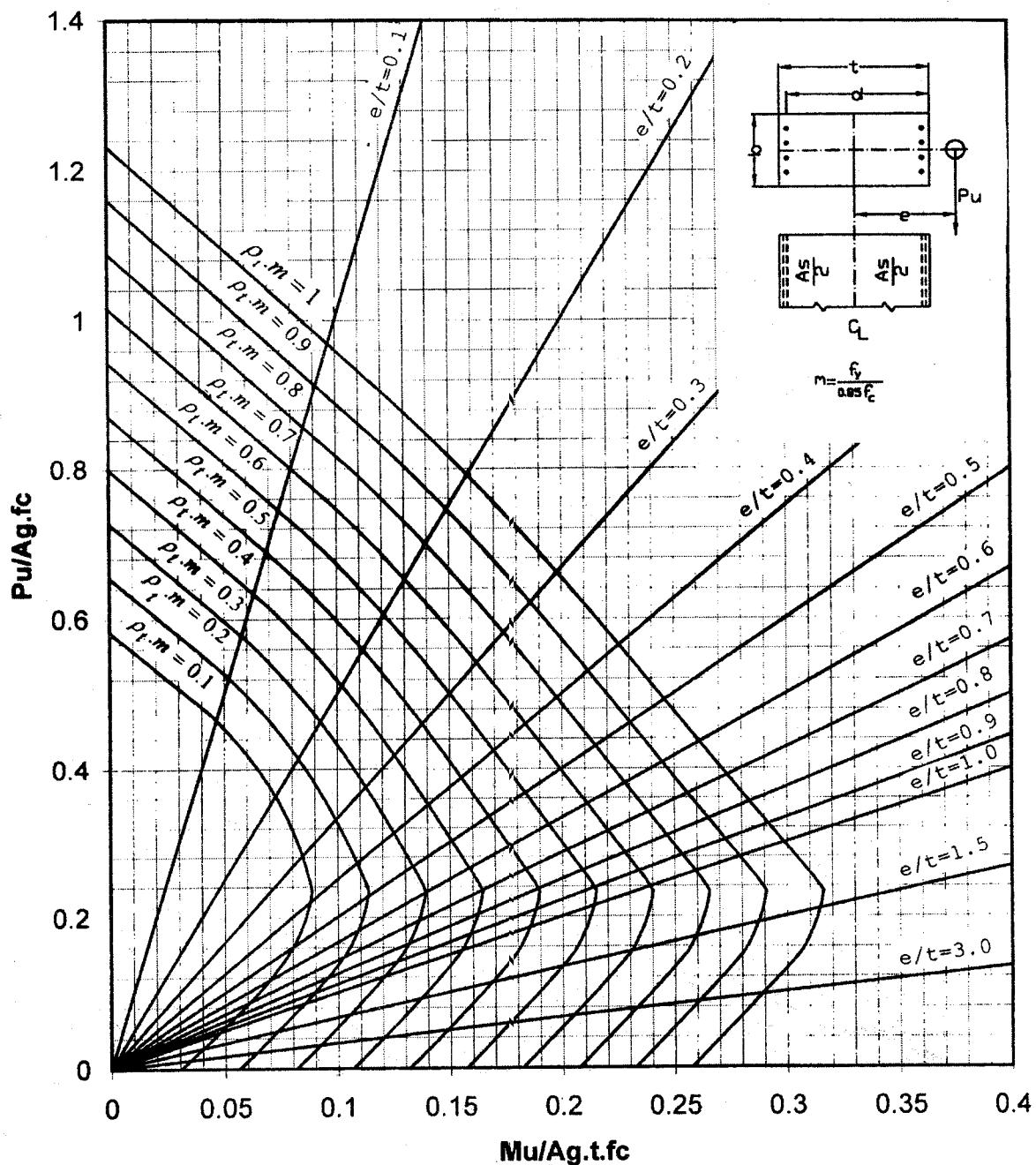
$d/t=0.9$



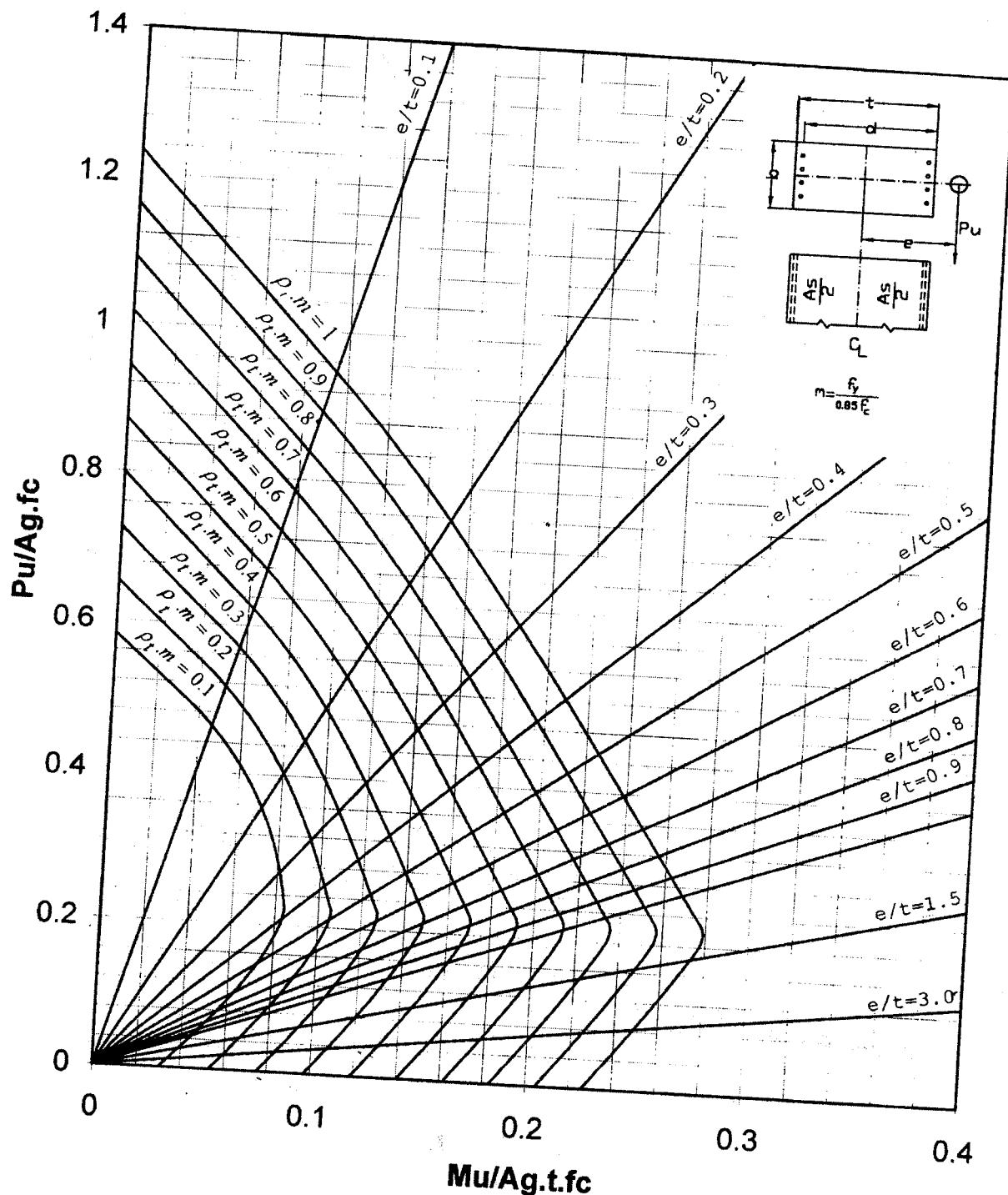
**Bending and axial load-rectangular section
 $d/t=0.95$**



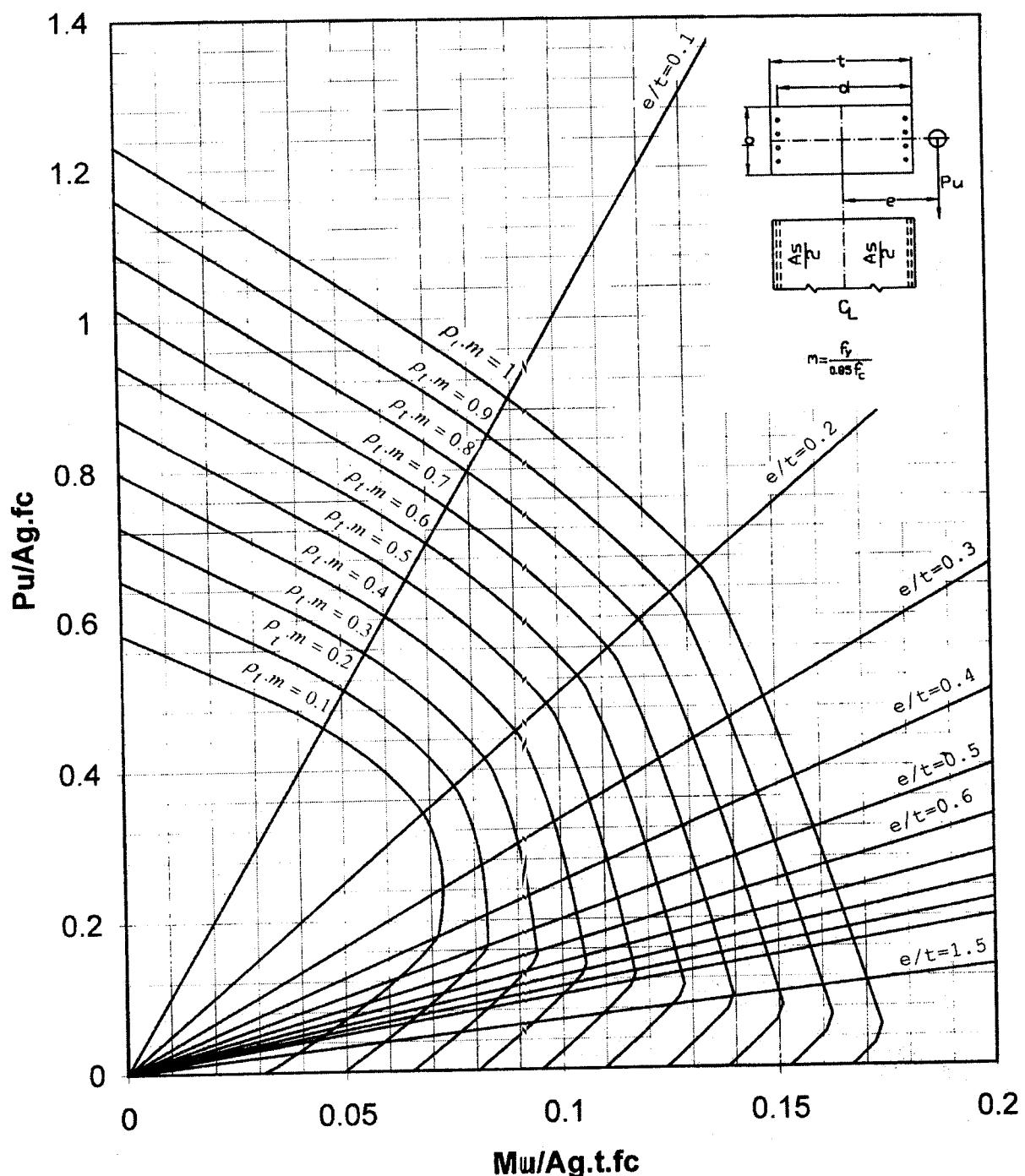
Bending and axial load-rectangular section
 $d/t=0.85$



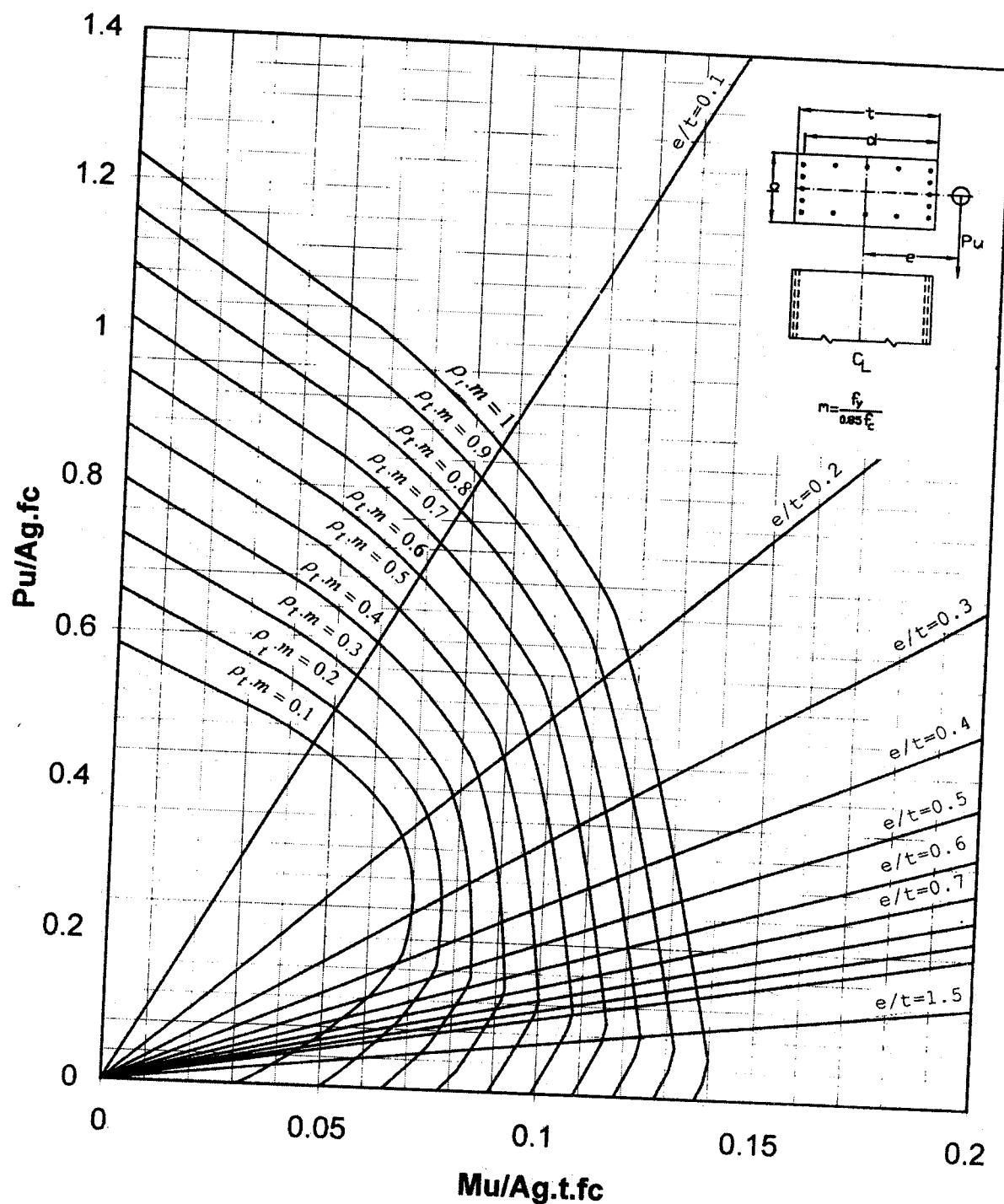
Bending and axial load-rectangular section $d/t=0.8$



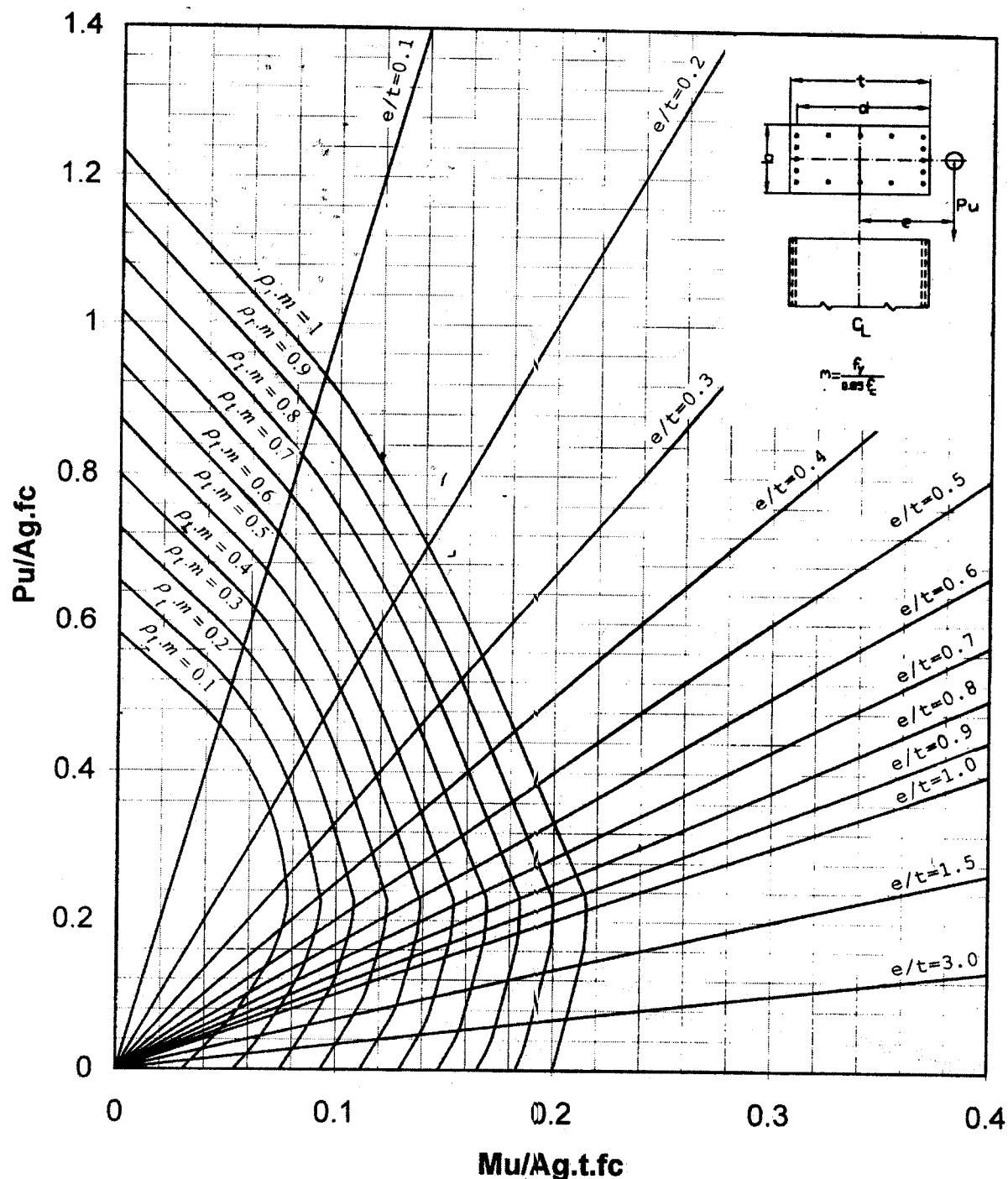
Bending and axial load-rectangular section $d/t=0.7$



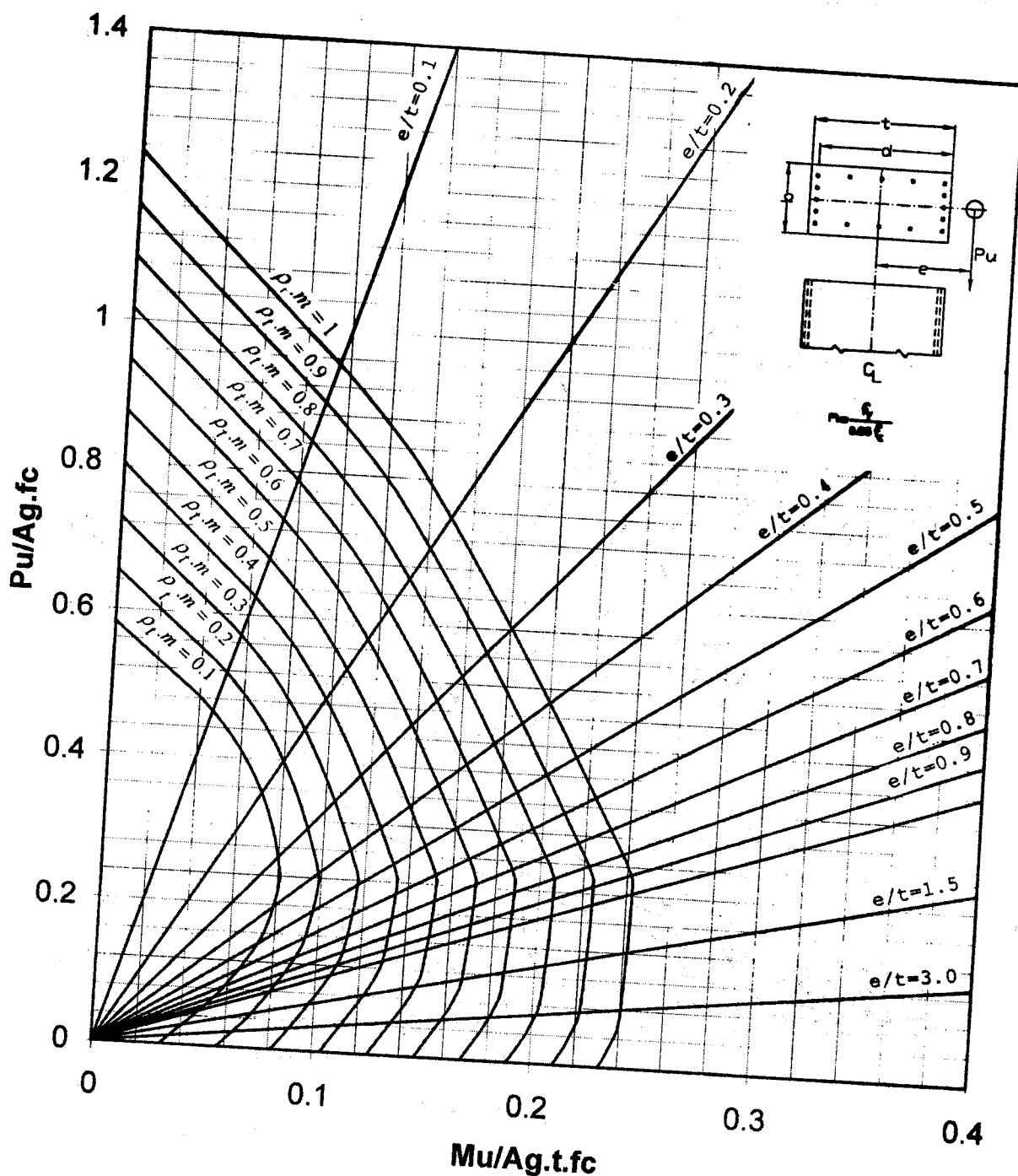
Bending and axial load-rectangular section $d/t=0.7$



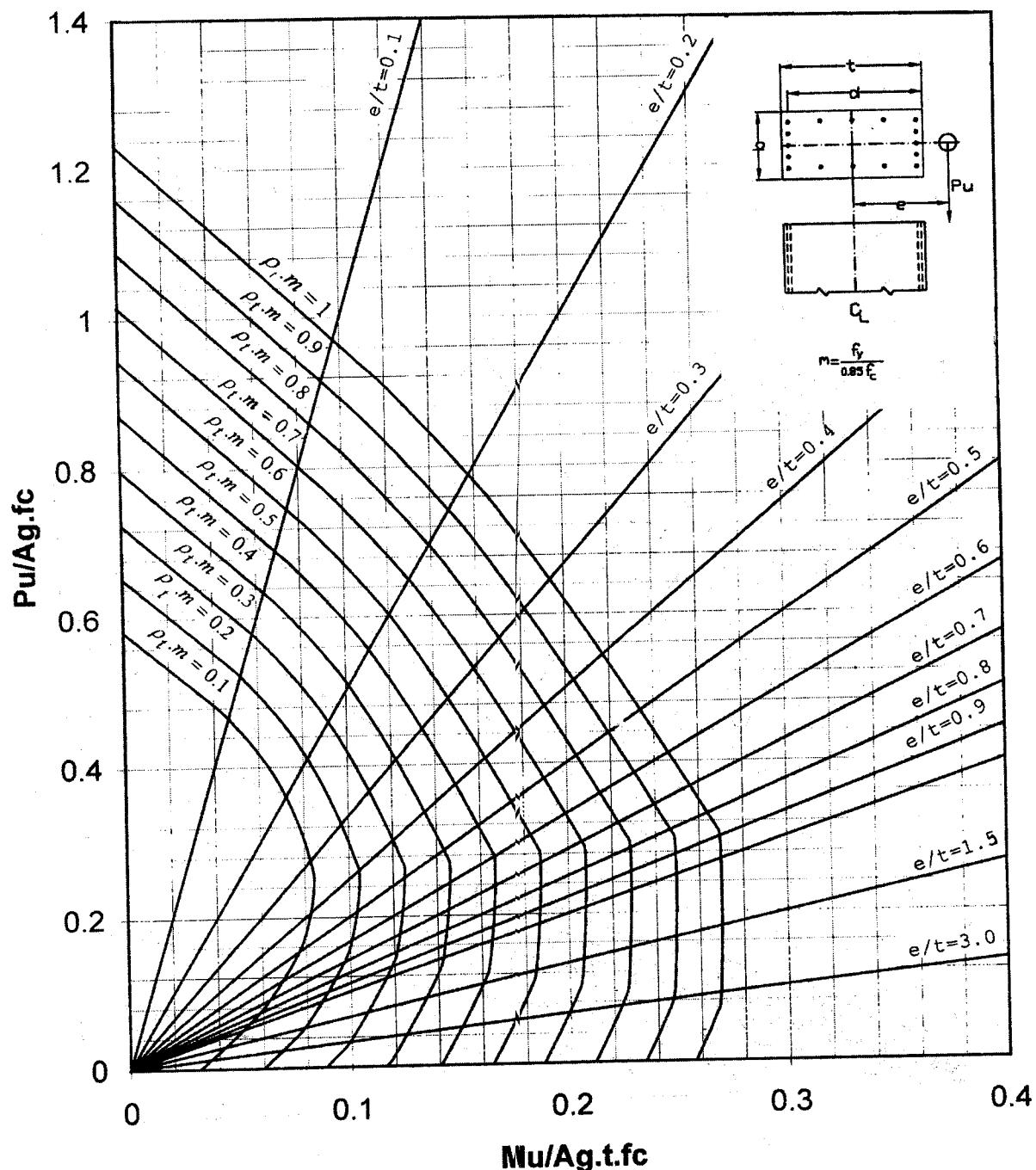
Bending and axial load-rectangular section $d/t=0.8$



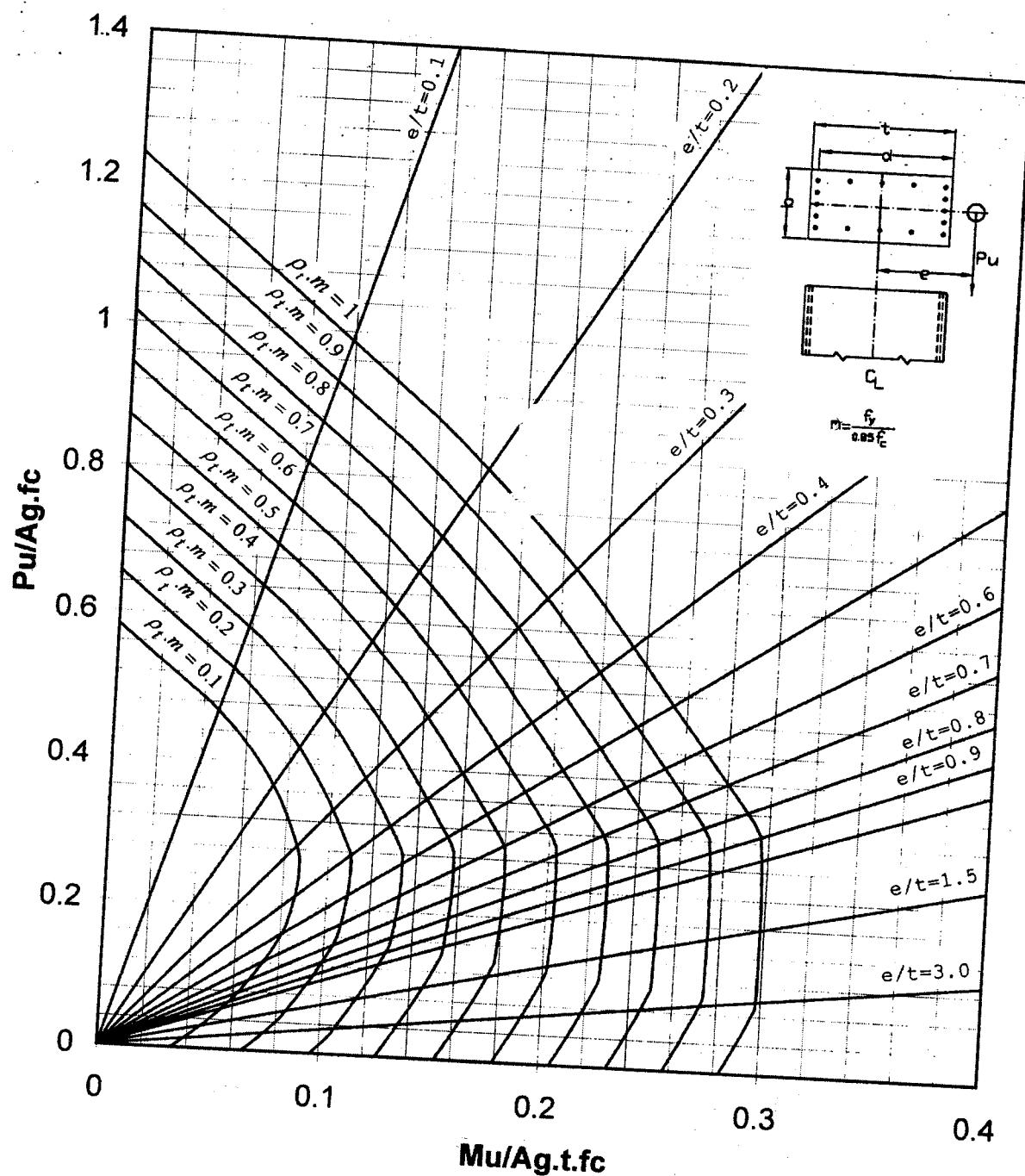
Bending and axial load-rectangular section
 $d/t=0.85$



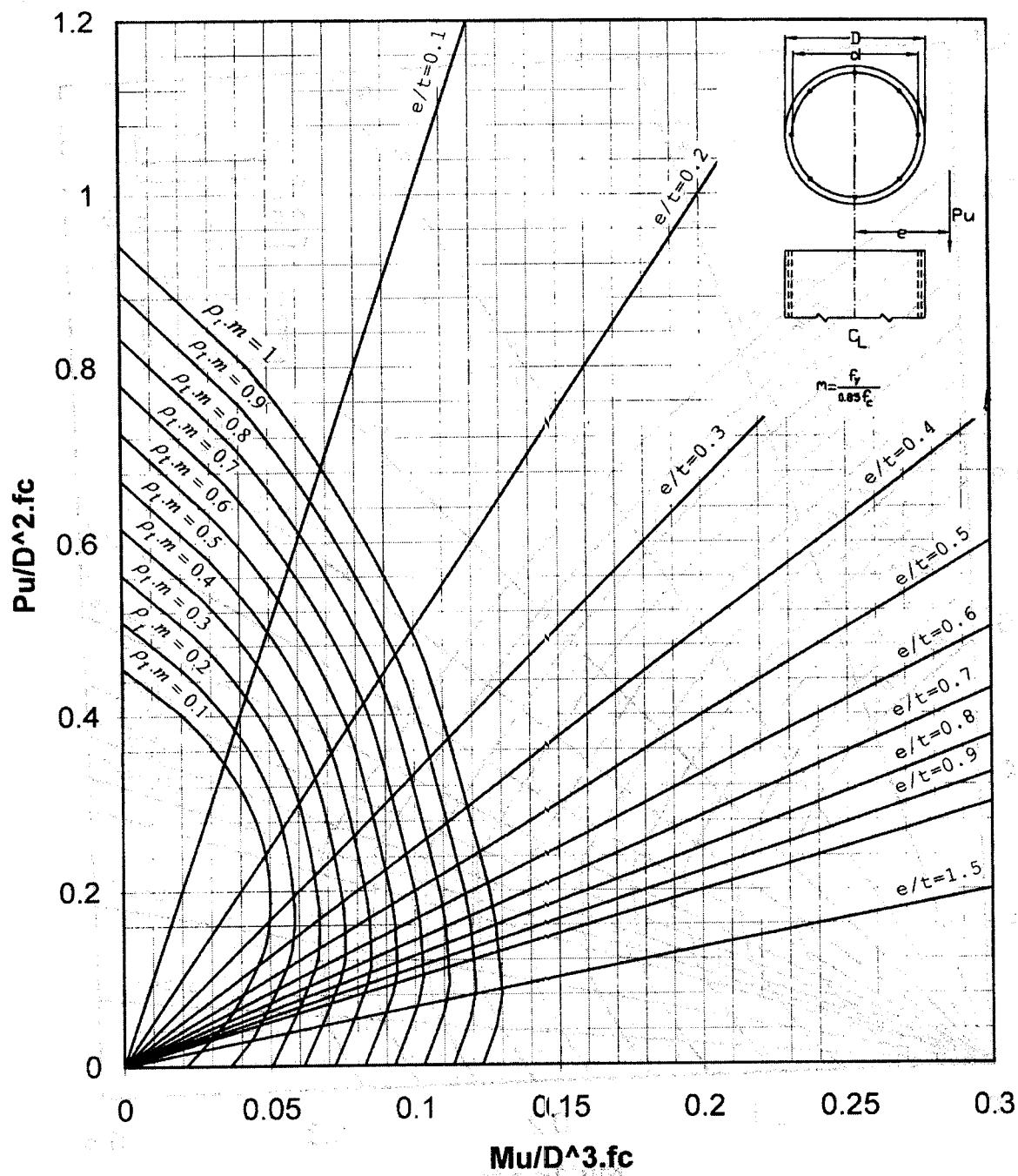
Bending and axial load-rectangular section $d/t=0.9$



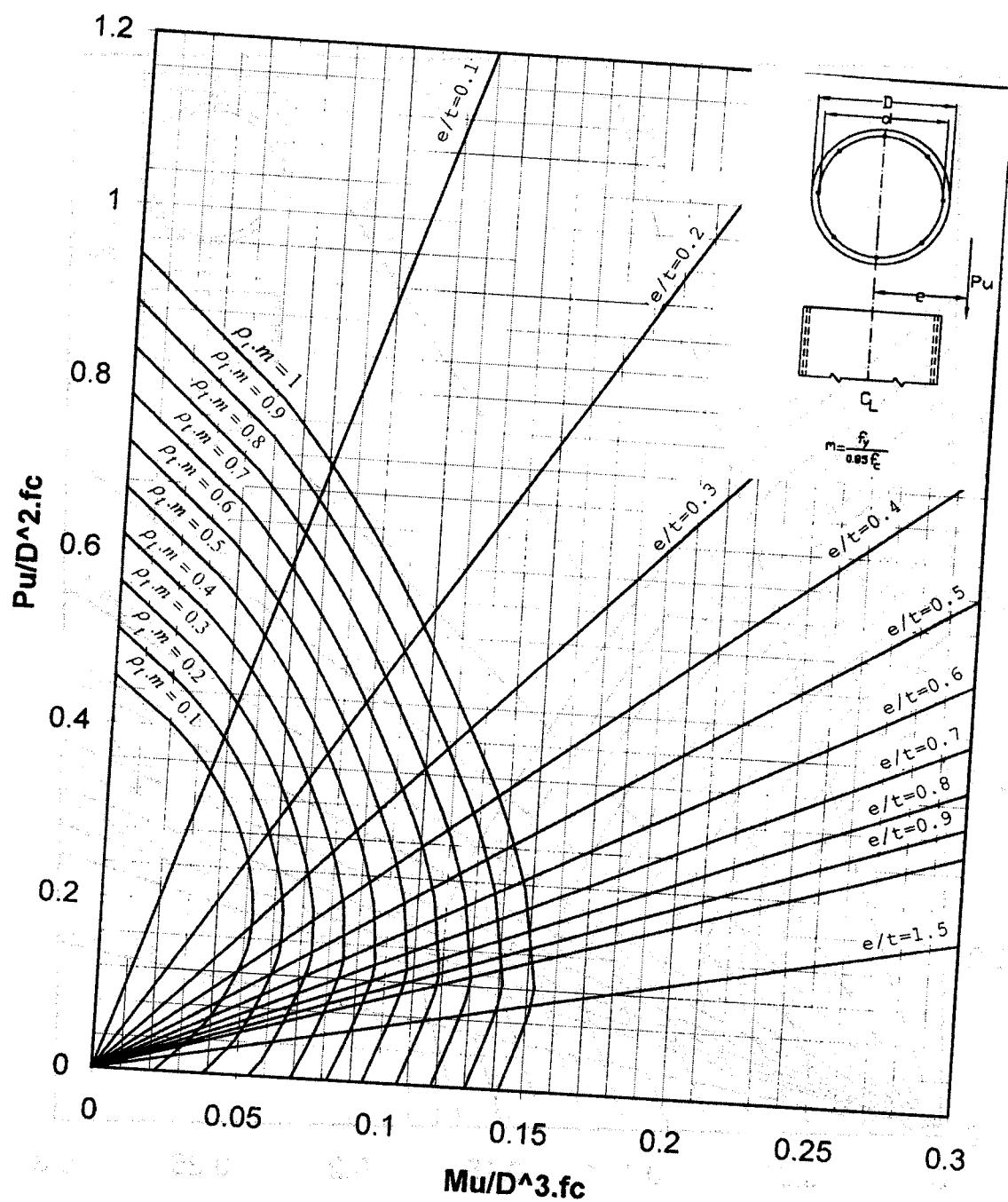
**Bending and axial load-rectangular section
 $d/t=0.95$**



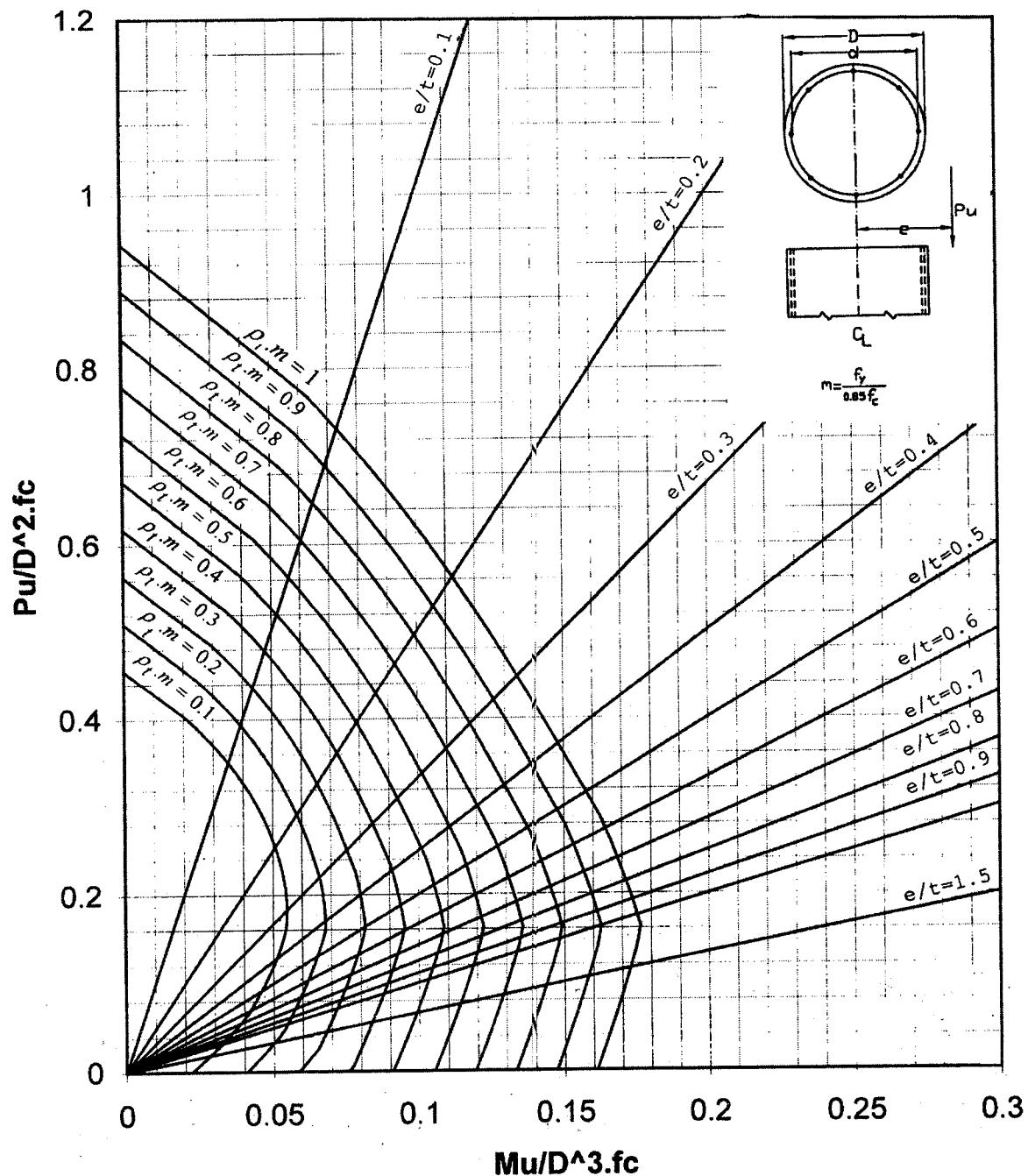
Bending and axial load-circular section D/d=0.6



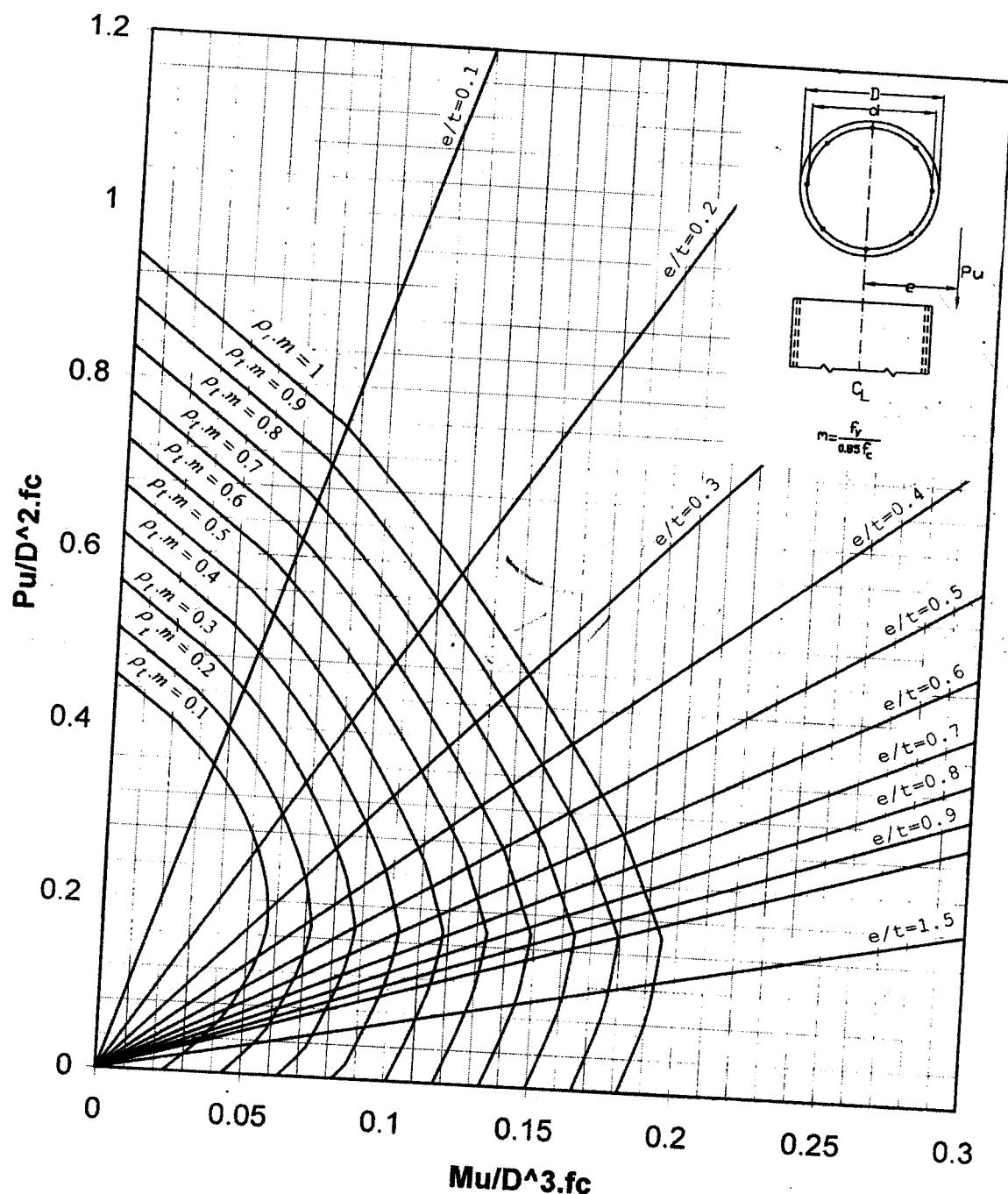
Bending and axial load-circular section D/d=0.7



Bending and axial load-circular section D/d=0.8



Bending and axial load-circular section $D/d=0.9$

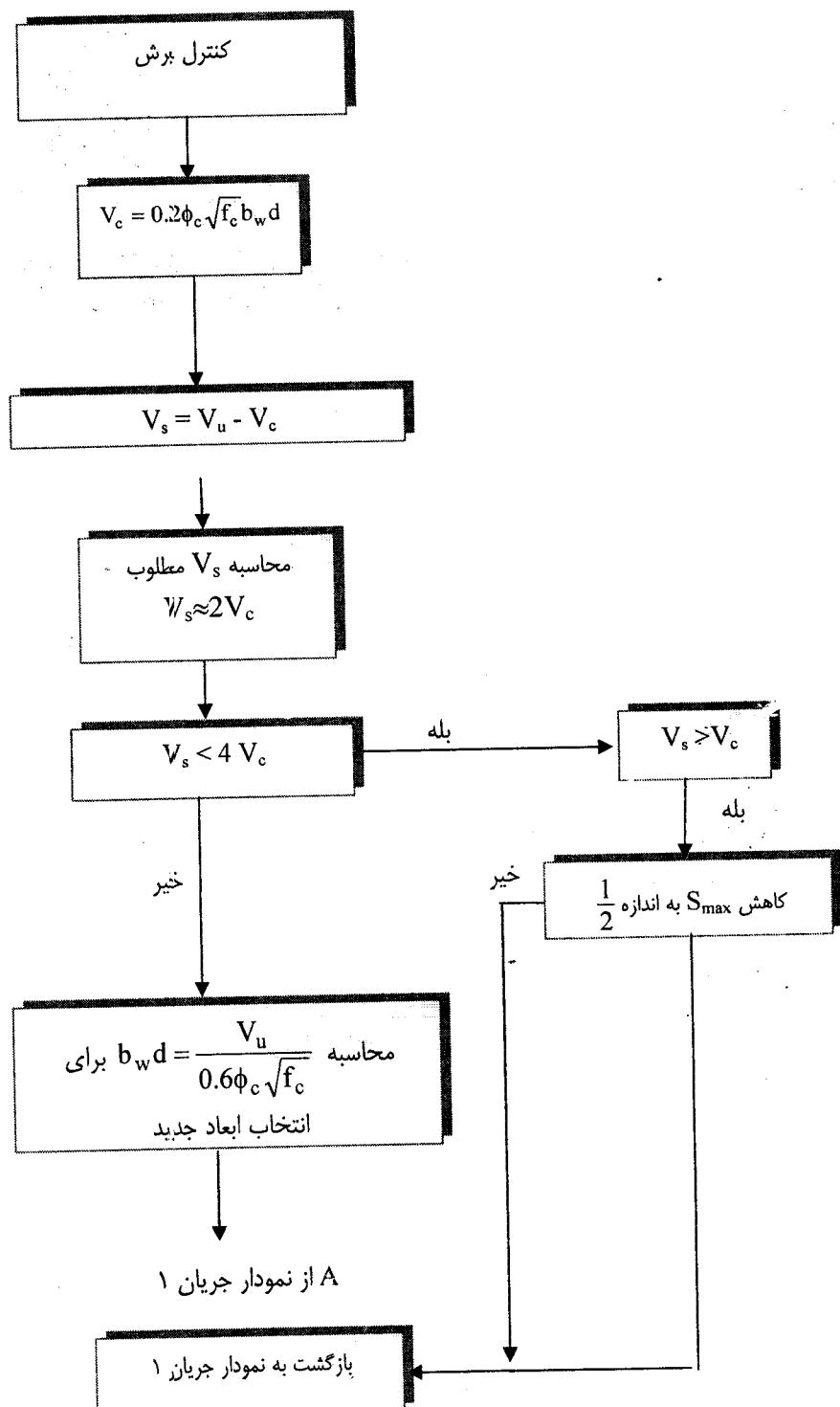


برش و پیچش
پیشگیری از آنکارا

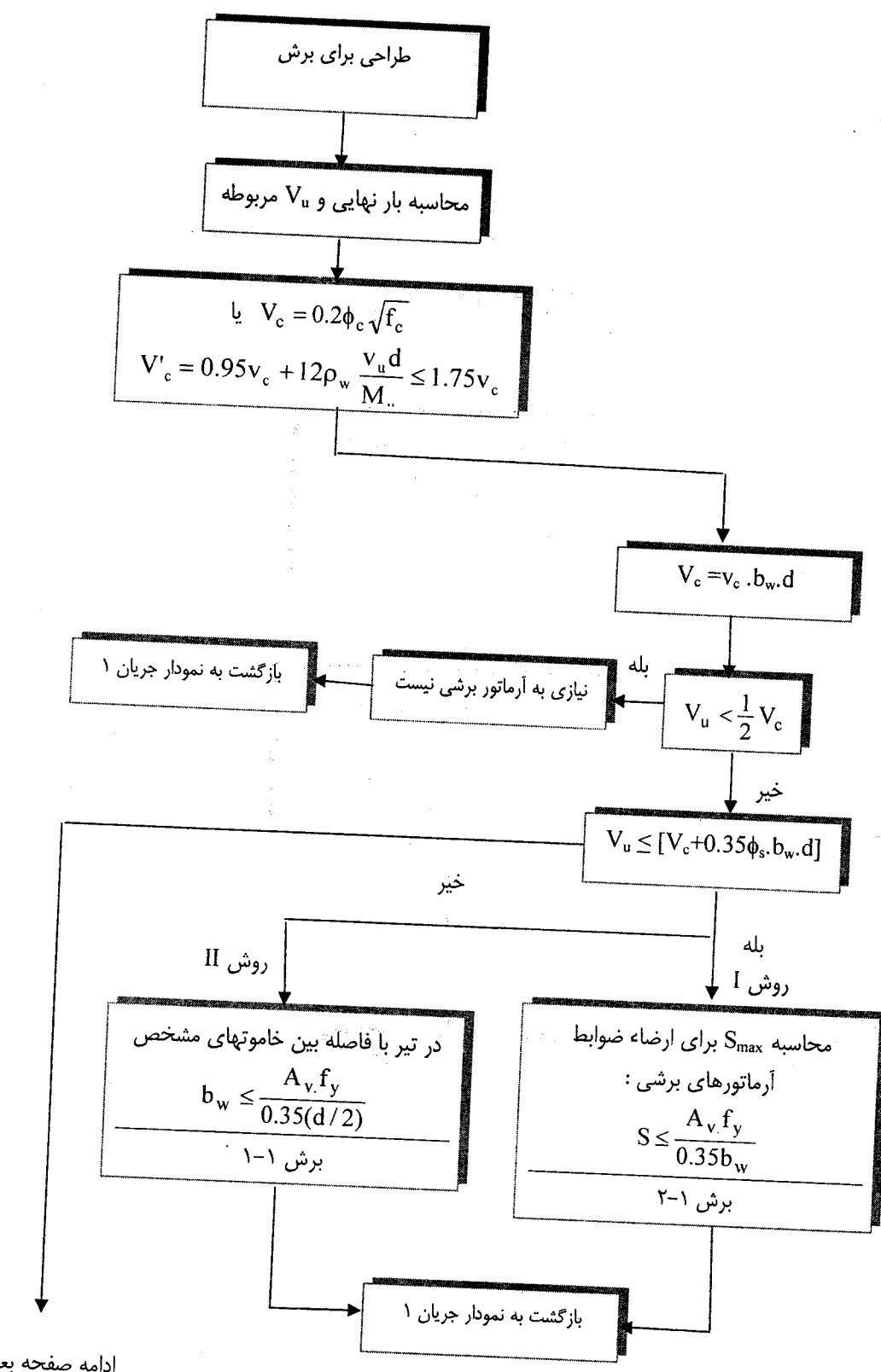
برش و پیچش

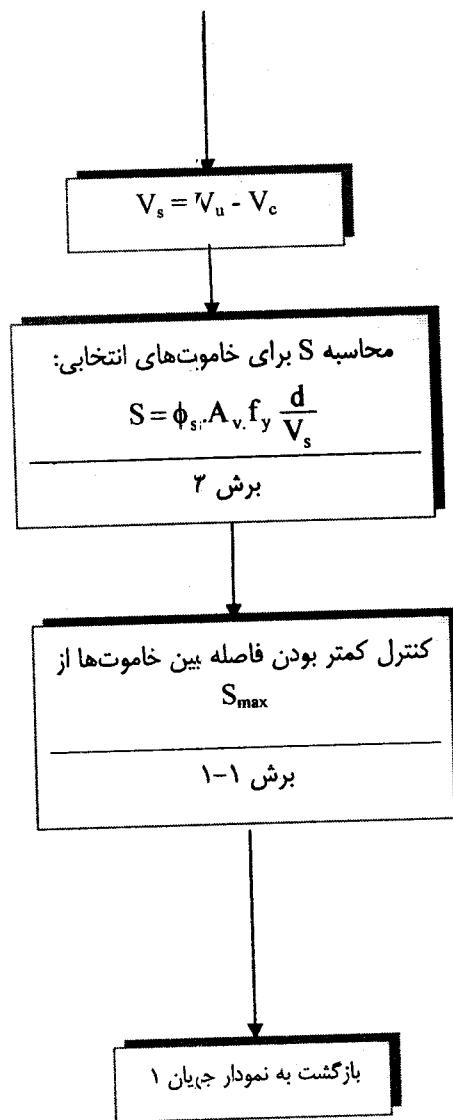
برش و پیچش پیشگیری از آنکارا

نمودار جریان ۱-۲: کنترل برش برای طراحی تیر بدون محدودیت ارتفاعی



نمودار ۱-۵: طراحی برای برش در تیر بدون محدودیت ارتفاعی





مثال ۱ طراحی تیر برای برش با استفاده از روابط بند ۱۲-۳-۵-۱۲، از آئین نامه بتن ایران

تیر نشان داده شده در شکل زیر را برای برش نهایی "V" طراحی نمایید. مطابق بند های ۱۲-۳-۵-۱۲ و ۱۲-۵-۴ این برش می تواند در فاصله d از بر تکیه گاه اتفاق بیفتد. تیر تحت اثر پیچش قرار ندارد. در صورت لزوم از خاموت های قائم $\Phi 10$ با حداقل فاصله ممکن استفاده کنید.

: مشخصات

$$\text{بار زنده} = 15 \text{ KN/m}$$

$$\text{بار مرده روی تیر} = 11.25 \text{ KN/m}$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

$$f_y = 300 \text{ MPa}$$

$$b_w = 30 \text{ cm}$$

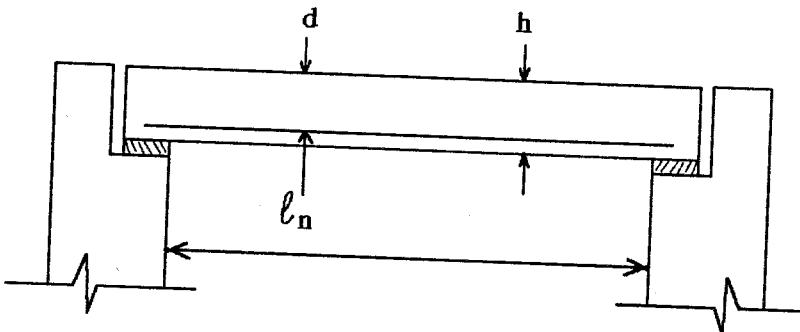
$$d = 44 \text{ cm}$$

$$h = 50 \text{ cm}$$

$$A_s = 20 \text{ cm}^2$$

$$l_n = 6 \text{ m}$$

$$\text{وزن مخصوص بتن} = 25 \text{ KN/m}^3$$



بند آئین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۳-۳-۵-۱۰	<p>الف : با استفاده از روش تحلیلی</p> <p>گام اول) تعیین بار نهایی W_u</p> <p>محاسبه وزن تیر $= 0.3 \times 0.5 \times 25 = 3.75 \text{ KN/m}$</p> <p>بار مرده روی تیر + وزن تیر = بار مرده کل $= 3.75 + 11.25 = 15 \text{ KN/m}$</p> <p>(بار زنده) $+ 1.5 \times (بار مرده)$ $W_u = 1.25 \times 15 + 1.5 \times 15 = 41.25 \text{ KN/m}$</p>		

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آینن نامه
		گام دوم)	
	محاسبه V_u در فاصله d از بر تکیه گاه		
۴-۵-۱۲	$V_u = W_u \left(\frac{\ell_n}{2} - d \right)$	$V_u = 41.25 \times \left(\frac{6}{2} - 0.44 \right) = 105.6 \text{ KN}$	
	گام سوم)		
	تعیین مقاومت برشی بتن		
۱-۱-۳-۱۲	$V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_w d$	$V_c = 0.2 \times 0.6 \sqrt{20} \times 300 \times 440 = 70839 \text{ N}$ $V_c = 70.8 \text{ KN}$	
	گام چهارم)		
۱-۳-۶-۱۲	مقایسه $\frac{1}{2} V_c, V_u$ اگر $V_u > \frac{1}{2} V_c$ باشد، استفاده از آرماتور برشی الزامیست.	$105.6 > \frac{70.8}{2}$	
	گام پنجم)		
۲-۲-۱۲	V_s محاسبه	$V_s = 105.6 - 70.8 = 34.8 \text{ KN}$	
	گام ششم)		
۳-۴-۱۲	مقایسه V_{smax}, V_s $V_{smax} = 4 \times V_c$	$V_{smax} = 4 \times 70.8 = 283.2 \text{ KN} > V_s \text{ O.K.}$ پس ابعاد تیر به اندازه کافی بزرگ می‌باشند.	
	گام هفتم)		
	محاسبه S با فرض استفاده از $(A_v = 2 \times 0.79 \text{ cm}^2) \phi 10$ به عنوان خاموت		
۱-۲-۴-۱۲	$S = \phi_s A_v f_y \frac{d}{V_s}$	$S = 0.85 \times (2 \times 0.79 \times 10^{-4}) \times 300 \times \frac{0.44}{34.8 \times 10^{-3}}$ $S = 0.509 \text{ m} = 50.9 \text{ cm}$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۴-۶-۱۲	$S_{max} = \frac{d}{2}$	$S_{max} = \frac{44}{2} = 22 \text{ cm} < 50.9$ $S = 22 \text{ cm}$ بنابراین :	
۱-۳-۶-۱۲	(گام هشتم) مقایسه A_{vmin} و A_v $A_{vmin} = 0.35 \frac{b_w \cdot s}{f_y}$	$A_{vmin} = 0.35 \times \frac{0.3 \times 0.22}{300} = 0.77 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ $A_{vmin} = 0.77 \text{ cm}^2 < 2 \times 0.79 \text{ O.K.}$	
۱-۲-۴-۱۲	ب : با استفاده از جداول گام‌های اول تا ششم همانند قسمت الف می‌باشد.		
۱-۴-۶-۱۲	(گام هفتم) تعیین فاصله بین خاموت‌ها در حالتیکه $f_y = 300 \text{ MPa}$ ، $V_s = 34.8 \text{ KN}$	$S_{max} = \frac{d}{2} = 22 \text{ cm}$ و خاموتهای $\Phi 10$ برای $V_s = 80 \text{ KN}$ داریم:	برش ۱-۲
۱-۳-۶-۱۲		که بزرگتر از 34.8 KN می‌باشد، بنابراین: $S = \frac{d}{2} = 22$	
۱-۳-۶-۱۲	(گام هشتم) تعیین حداقل عرض تیر، در صورتی که $S = \frac{d}{2}$	$f_y = 300 \text{ MPa}$ و خاموتهای $\Phi 10$ برای $b_{wmax} = 59 \text{ cm}$ داریم: که بزرگتر از 30 cm است. بنابراین ضوابط مربوط به A_{vmin} رعایت شده است.	برش ۱-۱

مثال ۲ تعیین مقاومت برشی بتن در تیر، با استفاده از روابط بند ۱۲-۳-۲، از آیین نامه بتن ایران

برای تیر نشان داده شده در شکل زیر، مقاومت برشی تامین شده توسط بتن V_u را در فاصله d از بر تکیه گاه تعیین نمایید. بار نهایی W_u بطور یکنواخت روی سراسر تیر گسترده است.

مشخصات:

$$w_u = 41.25 \text{ KN/m}$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

$$f_y = 300 \text{ MPa}$$

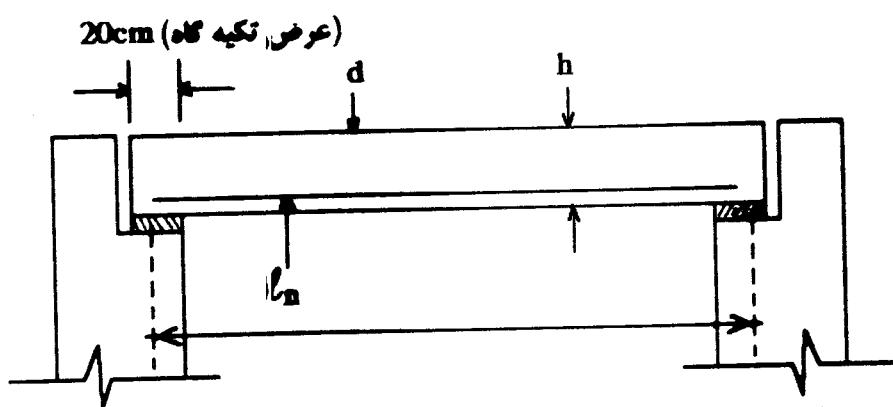
$$b_w = 30 \text{ MPa}$$

$$d = 44 \text{ cm}$$

$$h = 50 \text{ cm}$$

$$A_s = 20 \text{ cm}^2$$

$$\ell = 6.2 \text{ m}$$



بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	<p>گام اول)</p> <p>محاسبه M_u در فاصله d از بر تکیه گاه چون عرض تکیه گاه 20cm می باشد، فاصله d از بر تکیه گاه برابر فاصله $d+10\text{cm}$ از مرکز تکیه گاه است.</p> $M_u = \frac{W_u}{2} (x)(\ell - x)$	$x = d + 10 = 44 + 10 = 54 \text{ cm}$ $M_u = \frac{41.25}{2} (0.54)(6.2 - 0.54)$ $M_u = 63 \text{ KN.m}$	
	<p>گام دوم)</p> <p>محاسبه ρ_w</p> $\rho_w = \frac{A_s}{b_w d}$	$\rho_w = \frac{20}{30 \times 44} = 0.015$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	<p>گام سوم)</p> <p>محاسبه V_u در فاصله d از بر تکیه گاه</p> $V_u = W_u \left(\frac{\ell}{2} - x \right)$	$V_u = 41.25 \left(\frac{6.2}{2} - 0.54 \right)$ $V_u = 105.6 \text{ KN}$	
۱-۲-۳-۱۲	<p>گام چهارم)</p> <p>$\frac{v_u \cdot d}{M_u}$ محاسبه</p>	$\frac{v_u \cdot d}{M_u} = \frac{105.6 \times 0.44}{63} = 0.7375 \text{ O.K.}$	
۱-۲-۳-۱۲	<p>گام پنجم)</p> <p>V_c محاسبه</p> $V_c = (0.95 \times 0.2 \times \phi_c \sqrt{f_c} + 12 \rho_w \frac{v_u \cdot d}{M_u}) b_w d$	$V_c = (0.95 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} + 12 \times 0.015 \times 0.7375) \times (0.3 \times 0.44) \times 10^3 = 84.8 \text{ KN}$ $V_{C\max} = 1.75 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 0.3 \times 0.44 \times 10^3$ $V_{C\max} = 123.97 \text{ KN} > V_c \text{ O.K.}$	

مثال ۳ طراحی خاموت‌های قائم برای تیری که دیاگرام برش آن بصورت مثلثی است.

 برای دیاگرام برش زیر، فاصله خاموت‌های $\Phi 10$ را تعیین کنید.

مشخصات:

$$V_u = 455 \text{ KN}$$

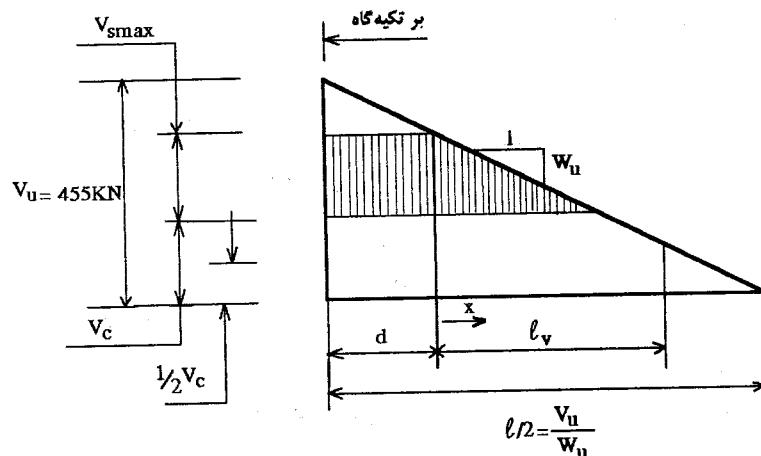
$$w_u = 100 \text{ KN/m}$$

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

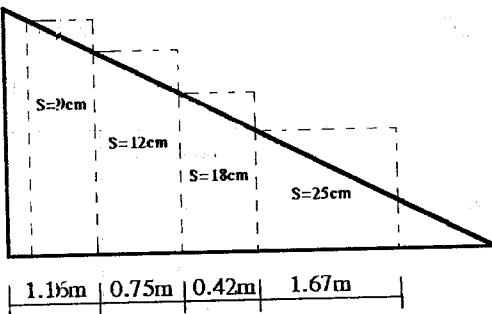
$$b_w = 35 \text{ cm}$$

$$d = 50 \text{ cm}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف : با استفاده از روش تحلیل گام اول)	
	$f_b = f_{bm} = 0.65\sqrt{f_c}$ $\ell_d = \ell_{db} = \frac{d}{4f_b} f_y \geq 0.3 \text{ m}$ $d_{min} = \ell_d + 2 \times (\text{قطر میلگرد طولی} + 2 \times \text{پوشش بتنی})$	$f_b = 0.65\sqrt{30} = 3.56$ $\ell_d = \frac{(1 \times 10^{-2}) \times 400}{4 \times 3.56} = 0.28 \text{ m} < 0.3$ $\ell_d = 0.3 \text{ m} = 30 \text{ cm}$ $d_{min} = 30 + 2 + 2 \times 1 + 2 \times 3.5$ $d_{min} = 41 \text{ cm} < 50 \text{ cm O.K.}$	$2-2-2-18$ $3-2-2-18$ $4-2-2-18$
	$V_u = V_{end} - W_u \cdot d$ $V_u = 455 - 100 \times 0.5 = 405 \text{ KN}$	گام دوم)	$4-5-12$

بند آین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۱-۳-۱۲	(گام سوم) محاسبه V_c $V_c = 0.2\phi_c \sqrt{f_c} b_w d$	$V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{30} \times 0.35 \times 0.5 \times 10^{-3}$ $V_c = 115 \text{ KN}$	
۲-۲-۱۲	(گام چهارم) محاسبه V_s $V_s = V_u - V_c$	$V_s = 405 - 115 = 290 \text{ KN}$	
۳-۴-۱۲	$V_{smax} = 4V_c$	$V_{smax} = 4 \times 115 = 460 \text{ KN} > V_c \text{ O.K.}$	
۱-۲-۴-۱۲	(گام پنجم) محاسبه S $S = \phi_s A_v f_y \frac{d}{V_s}$	$S = 0.85 \times (2 \times 0.79 \times 10^{-4}) \times 400 \times \frac{0.5}{290 \times 10^{-3}}$ $S = 0.093 \text{ m} = 9.3 \text{ cm} \quad s = 9 \text{ cm}$	
۱-۴-۶-۱۲	(گام ششم) افزایش فاصله خاموت‌ها در قسمت‌هایی که برش کثتر است. فاصله بین خاموت‌های انتخابی: $12\text{cm}, 18\text{cm}, \frac{d}{2} = 25\text{cm}$		
۱-۲-۴-۱۲	محاسبه فاصله $x + d$ از بر تکیه گاه برای S های انتخابی $x_i + d = (V_{sd} - V_{si}) / W_u + d$	$V_s = 0.85 \times (2 \times 0.79 \times 10^{-4}) \times 400 \times \frac{0.5}{s} \times 10^3$ $V_s = \frac{26.86}{s}$ $S_1 = 0.12 \text{ m} \rightarrow V_{s1} = 223.8 \text{ KN.m}$ $S_2 = 0.18 \text{ m} \rightarrow V_{s2} = 149.2 \text{ KN.m}$ $S_3 = 0.25 \text{ m} \rightarrow V_{s3} = 107.4 \text{ KN.m}$ $x_1 + d = (290 - 223.8) / 100 + 0.5 = 1.16 \text{ m}$ $x_2 + d = (290 - 149.2) / 100 + 0.5 = 1.91 \text{ m}$ $x_3 + d = (290 - 107.4) / 100 + 0.5 = 2.33 \text{ m}$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آین نامه
		گام هفتم) A_{vmin} محاسبه	۱-۳-۶-۱۲
	$A_{vmin} = 0.35 \frac{b_w s}{f_y}$	$A_{vmin} = 0.35 \frac{0.35 \times 0.25}{400} = 7.65 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ $A_{vmin} = 0.765 \text{ cm}^2 < 2 \times 0.79 \text{ O.K.}$	
	گام هشتم)		
	تعیین طولی از تیر که نیاز به آرماتور برشی دارد. $\ell_v + d = (V_{ud} - \frac{1}{2} V_c) / w_u + d$	$\ell_v + d = (405 - \frac{1}{2} \times 115) / 100 + 0.5$ $\ell_v + d + 3.98 = 4 \text{ m}$	
	گام نهم)		
	خاموت گذاری تیر برای اولین خاموت فاصله بین خاموت‌ها را نصف کنید.		
	با توجه به دیاگرام فوق تعداد خاموت‌ها 10 Φ و فاصله بین آنها برابر خواهد بود با:	14 @ 9 cm , 6 @ 12 , 2 @ 18 , 7 @ 25cm	
	بهتر است یک خاموت، بین خاموت‌های اول و دوم اضافه نمود.		۳-۴-۶-۱۲
	تذکر: در قسمت‌هایی از تیر که مقدار V_s بین $2V_c$ و $4V_c$ قرار دارد، حداقل فاصله مجاز خاموت‌ها برابر $\frac{d}{4}$ می‌باشد.	$2 \times (14+6+2+7+1) = 60$ فاصله اولین خاموت از بر تکیه‌گاه 5cm می‌باشد.	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۲-۴-۱۲	<p>ب : با استفاده از جداول گام های اول تا چهارم همانند قسمت الف می باشند.</p> <p>(گام پنجم)</p> <p>محاسبه S</p>	<p>d=50cm برای $f_y = 400MPa$ و خاموت های 10 داریم: $V_s = 290 KN$ و $S = 9 cm$</p>	برش ۲-۲
۱-۴-۶-۱۲	<p>گام ششم)</p> <p>افزایش فاصله خاموت ها در قسمت هایی که بر ش کمتر است.</p> <p>فواصل بین خاموت های انتخابی :</p> <p>$12cm, 18cm, \frac{d}{2} = 25cm$</p> <p>تذکر : گام های بعد همانند قسمت الف می باشند.</p>	<p>d=50cm برای $f_y = 400MPa$ و خاموت های 10 داریم:</p> <p>$S_1 = 0.12 m \rightarrow V_{s1} = 214 KN.m$</p> <p>$S_2 = 0.18 m \rightarrow V_{s2} = 153 KN.m$</p> <p>$S_3 = 0.25 m \rightarrow V_{s3} = 107 KN.m$</p>	برش ۲-۲

مثال ۴ طراحی خاموت‌های قائم برای تیری که دیاگرام برش آن بصورت ذوزنقه و مثلث است.

برای دیاگرام برش زیر، فاصله خاموت‌های $\Phi 10$ را تعیین کنید.

مشخصات:

$$b_w = 35 \text{ cm}$$

$$d = 50 \text{ cm}$$

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$x_1 = 0.55 \text{ m}$$

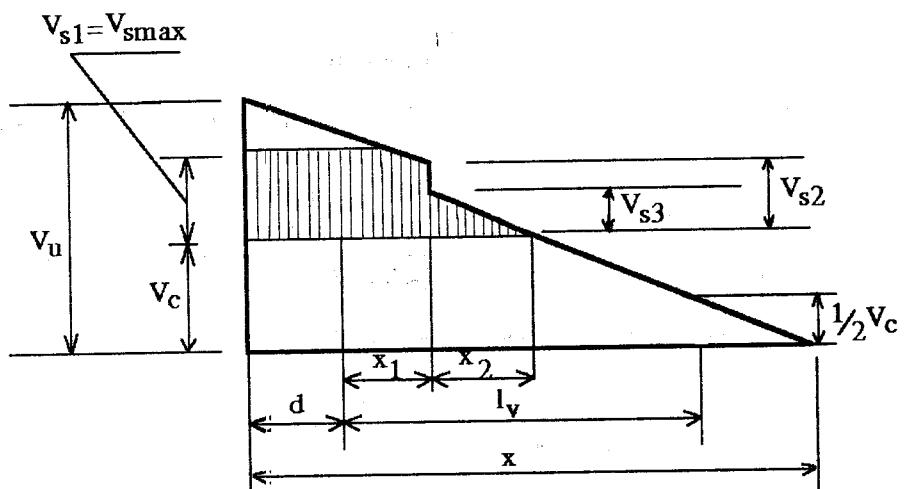
$$x_2 = 0.70 \text{ m}$$

$$l_v = 1.70 \text{ m}$$

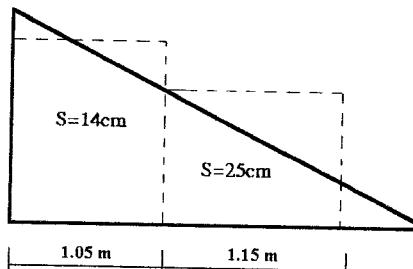
$$V_{s1} = 195 \text{ KN}$$

$$V_{s2} = 130 \text{ KN}$$

$$V_{s3} = 75 \text{ KN}$$



بند آین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۲-۲-۲-۱۸	الف : با استفاده از روش تحلیل گام اول)		
۳-۲-۲-۱۸	کنترل ارتفاع موثر تیر (d) با توجه به طول گیرابی میلگرددهای برشی	$f_b = f_{bm} = 0.65\sqrt{f_c}$ $\ell_d = \ell_{db} = \frac{d_b f_y}{4 f_b} \geq 0.3 \text{ m}$ $d_{min} = \ell_d + 2 \times \text{قطر میلگرد طولی} + 2 \times \text{(پوشش بتی)}$	$f_b = 0.65\sqrt{30} = 3.56$ $\ell_d = \frac{(1 \times 10^{-2}) \times 400}{4 \times 3.56} = 0.28 \text{ m} < 0.3$ $\ell_d = 0.3 \text{ m} = 30 \text{ cm}$ $d_{min} = 30 + 2 + 2 \times 1 + 2 \times 3.5$ $d_{min} = 41 \text{ cm} < 50 \text{ cm O.K.}$
۴-۲-۲-۱۸			

بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۱-۳-۱۲	<p>گام دوم) محاسبه $V_c = 0.2\phi_c \sqrt{f_c} b_w d$ در این مرحله S_{max} را بدست می‌وریم: اگر: $(V_{smax} \leq 2V_c) \rightarrow S_{max} = \frac{d}{2}$ اگر: $(2V_c < V_{smax} \leq 4V_c) \rightarrow S_{max} = \frac{d}{4}$</p>	$V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{30} \times 0.35 \times 0.5 \times 10^3$ $V_c = 115 \text{ KN}$ $2V_c = 230 \text{ KN} > V_{smax} \rightarrow S_{max} = \frac{d}{2}$ $S_{smax} = \frac{d}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ cm}$	
۱-۴-۶-۱۲ ۳-۴-۶-۱۲ ۳-۴-۱۲	<p>گام سوم) محاسبه $A_{vmin} = 0.35 \frac{b_w s}{f_y}$</p>	$A_{vmin} = 0.35 \frac{0.35 \times 0.25}{400} = 7.65 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ $A_{vmin} = 0.765 \text{ cm}^2 < 2 \times 0.79 \text{ O.K.}$	
۱-۲-۴-۱۲	<p>گام چهارم) محاسبه $S = \phi_s A_v f_y \frac{d}{V_s}$</p>	$S = 0.85 \times (2 \times 0.79 \times 10^{-4}) \times 400 \times \frac{0.5}{V_s}$ $S = \frac{0.02686}{V_s}$ $V_s = 195 \text{ KN} \rightarrow s = \frac{0.02686}{195 \times 10^{-3}} \rightarrow s = 0.14 \text{ m}$ $V_s = 75 \text{ KN} \rightarrow s = \frac{0.02686}{75 \times 10^{-3}} \rightarrow s = 0.36 \text{ m} > \frac{d}{2}$	
	<p>گام پنجم) خاموت‌گذاری تیر</p> 	<p>با توجه به دیاگرام فوق تعداد خاموتهای ۱۰ $\Phi 10$ و فاصله بین آنها برابر خواهد بود با:</p> <p>۹ @ 14 cm , ۵ @ 25 cm</p> <p>فاصله اولین خاموت از بر تکیه‌گاه ۵ cm می‌باشد.</p>	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	ب : با استفاده از جداول گامهای اول و دوم همانند قسمت الف می باشند.		
۱-۴-۶-۱۲	گام سوم) محاسبه حداکثر فاصله مجاز بین خاموتها حداکثر فاصله مجاز بین خاموتها توسط رابطه $\frac{d}{2}$ و یا تعیین می شود. برای A_{vmin} و $b_w=35$ cm $\frac{d}{2} = 25$ cm با استفاده از جدول S_{max} تعیین می شود.	برای $\frac{d}{2} = 25$ cm و $f_y = 400$ MPa داریم: $b_{wmax} = 72$ cm که بزرگتر از 35 cm است. بنابراین: $S_{max} = \frac{d}{2} = 25$ cm	برش ۲-۲
	گام چهارم) محاسبه S	برای $d=50$ cm و $f_y=400$ MPa و خاموت 10 φ داریم: $(V_s=195$ KN) $\rightarrow S = 14$ m $(V_s=75$ KN) $\rightarrow S = S_{max} = 25$ cm	برش ۲-۲
	گام پنجم همانند قسمت الف می باشد.		

مثال ۵ طراحی خاموت‌های مایل برای تیری که دیاگرام برش آن بصورت مثلثی است.

مثال ۳ را با این فرض که خاموت‌های Φ_{10} بصورت مایل و با زاویه 45° درجه نسبت به افق قرار داده می‌شوند، بررسی نمائید.

مشخصات:

$$V_u = 455 \text{ KN} \quad \text{در بیر تکیه گاه}$$

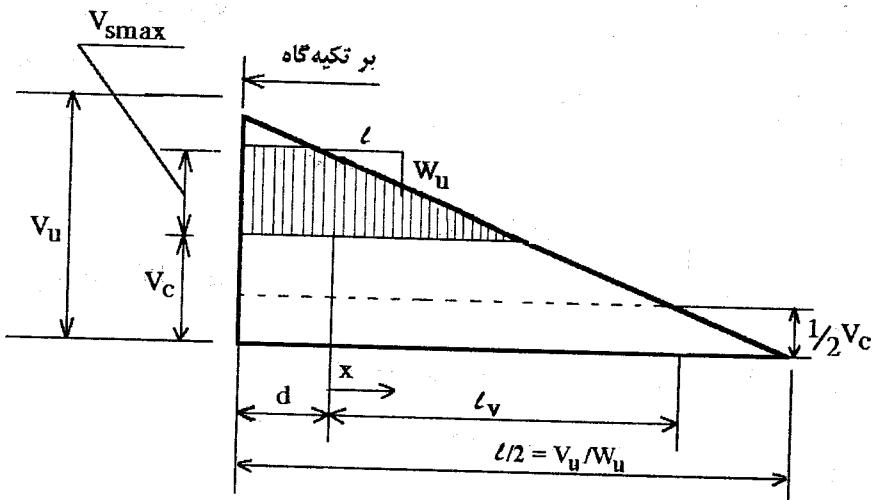
$$w_u = 100 \text{ KN/m}$$

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

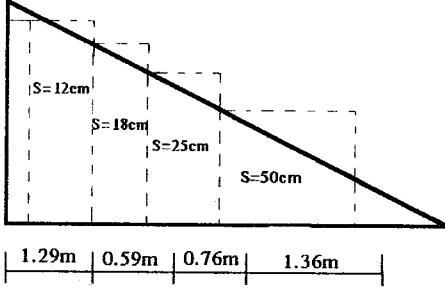
$$b_w = 35 \text{ cm}$$

$$d = 50 \text{ cm}$$



بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	<p>الف : با استفاده از روش تحلیل</p> <p>(گام اول)</p> <p>کنترل طول گیرابی خاموت‌های مایل با ضرب کردن ارتفاع موثر تیر (d) در ۱.۴ و مقایسه d_{min} با آن.</p>	$d_a = 1.4 \times 50 = 70 \text{ cm}$ $d_{min} = 41 \text{ cm}$ $d_{min} < d_a \quad \text{O.K.}$	
	<p>(گام دوم)</p> <p>محاسبه V_u در فاصله d از بر تکیه گاه</p> $V_u = V_{end} - W_{u,d}$	$V_u = 455 - 100 \times 0.5 = 405 \text{ KN}$	
	<p>(گام سوم)</p> <p>محاسبه V_c</p> $V_c = 0.2\phi_c \sqrt{f_c} b_w d$	$V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{30} \times 0.35 \times 0.5 \times 10^3$ $V_c = 115 \text{ KN}$	

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آین نامه
		گام چهارم) V_s محاسبه	
	$V_u = 405 - 115 = 290 \text{ KN}$ $V_{smax} = 4 \times 115 = 460 \text{ KN} > V_c \text{ O.K.}$	$V_s = V_u - V_c$ $V_{smax} = 4V_c$	۲-۲-۱۲ ۳-۴-۱۲
	$\alpha = 45^\circ \quad S_{max} = d = 50 \text{ cm}$	گام پنجم) $V_s < 2V_c$ در حالتیکه S_{max} محسوبه تذکر: در قسمت هایی از تیر که مقدار V_s بین $2V_c$ و $4V_c$ قرار دارد فاصله S_{max} نصف مقدار فوق می باشد.	۲-۴-۶-۱۲ ۳-۴-۶-۱۲
	$A_{vmin} = 0.35 \frac{b_w \cdot s}{f_y}$ $A_{vmin} = 0.35 \frac{0.35 \times 0.5}{400} = 1.53 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ $A_{vmin} = 1.53 \text{ cm}^2 < (2 \times 0.79 = 1.58) \text{ O.K.}$	گام ششم) A_{vmin} محاسبه	۱-۳-۶-۱۲
	$S = 0.85 \times (2 \times 0.79 \times 10^{-4}) \times 400 \times \frac{0.5}{290 \times 10^{-3}}$ $\times (\sin 45^\circ + \cos 45^\circ)$ $= 0.13 \text{ m} \rightarrow s = 13 \text{ cm} \rightarrow s = 12 \text{ cm}$	گام هفتم) S محاسبه	۲-۲-۴-۱۲
		گام هشتم) افزایش فاصله خاموتها در قسمت هایی که برش آنمتر است. فاصله بین خاموت های انتخابی : ۱۸ cm , ۲۵ cm , d=50 cm	۲-۴-۶-۱۲

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۲-۴-۶-۱۲ ۲-۲-۴-۱۲	$V_s = \phi_s A_v f_y \frac{d}{s} (\sin \alpha + \cos \alpha)$ $V_s = \frac{38}{S}$ محاسبه فاصله $x+d$ از بر تکیه گاه برای S های انتخابی $x_i+d = (V_{sd} - V_{si})/W_u + d$	$V_s = 0.85 \times (2 \times 0.79 \times 10^{-4}) \times 400 \times \frac{0.5}{s} \times 10^3$ $\times (\sin 45^\circ + \cos 45^\circ)$ $S_1 = 0.18 \text{ m} \rightarrow V_{s1} = 211 \text{ KN}$ $S_2 = 0.25 \text{ m} \rightarrow V_{s2} = 152 \text{ KN}$ $S_3 = 0.5 \text{ m} \rightarrow V_{s3} = 76 \text{ KN}$ $x_1 + d = (290 - 211)/100 + 0.5 = 1.29 \text{ m}$ $x_2 + d = (290 - 152)/100 + 0.5 = 1.88 \text{ m}$ $x_3 + d = (290 - 76)/100 + 0.5 = 2.64 \text{ m}$	
	گام نهم تعیین طولی از تیر که نیاز به آرماتور برشی دارد. $\ell_v + d = (V_{ud} - \frac{1}{2} V_c) / w_u + d$	$\ell_v + d = (405 - \frac{1}{2} \times 115) / 100 + 0.5$ $\ell_v + d + 3.98 = 4 \text{ m}$	
	گام دهم خاموت گذاری تیر	 با توجه به دیاگرام فوق تعداد خاموت ها ۱۰ $\Phi 10$ و فاصله بین آنها برابر خواهد بود با: $12@12\text{cm}, 3@18\text{cm}, 3@25\text{cm}, 3@50\text{cm}$ $12+3+3+3=24$ فاصله اولین خاموت از بر تکیه گاه ۵cm می باشد.	

بند آین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	ب : با استفاده از جداول گام‌های اول تا چهارم همانند قسمت الف می‌باشد.		
	گام پنجم) تعیین S_{max}	$\frac{S_{max}}{d} = 1 \rightarrow S_{max} = 50 \text{ cm}$	
	گام ششم) کنترل A_{Vmin} در این مرحله با داشتن S_{max} می‌توان با استفاده از جداول b_{Wmax} را بدست آورد و با b_w مقایسه نمود.	برای $S=50\text{cm}$ و $f_y = 400\text{MPa}$ و خاموت ۱۰ Φ داریم: $b_{Wmax} = 36 \text{ cm}$ که بزرگتر از 35cm است. بنابراین شرط مربوط به خاموت حداقل رعایت شده است.	
۲-۲-۴-۱۲	گام هفتم) محاسبه S $S = \phi_s A_v f_y \frac{d}{V_s} (\sin\alpha + \cos\alpha)$ مقدار S بدست آمده از جداول ۲ را در که از جدول ۳ استخراج می‌شود ضرب می‌نماییم تا فواصل بین خاموت‌های مایل را بدست آوریم.	برای $d=50\text{cm}$ و $f_y = 400\text{MPa}$ و خاموت ۱۰ Φ داریم: $V_s = 290\text{KN}$ $S_1 = 9.3 \text{ cm}$ $\alpha = 45^\circ \rightarrow \beta_v = 1.41$ $S = 1.41 \times 9.3 = 13.1 \text{ cm}$ $S = 12 \text{ cm}$	یا

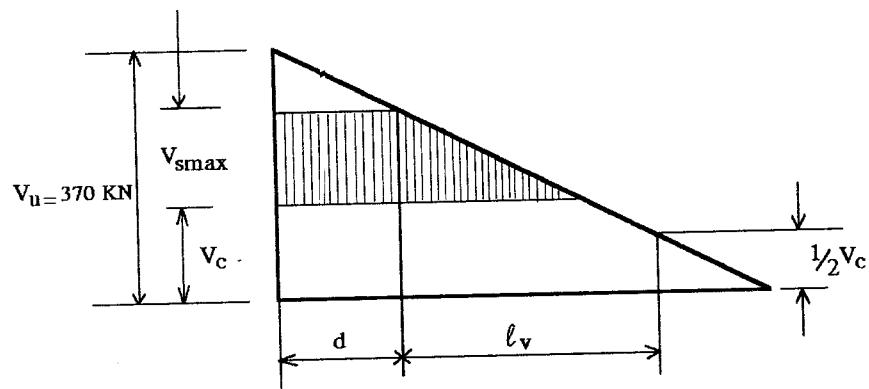
جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
برش ۲-۲	<p>برای $a=50\text{cm}$, $f_y=400 \text{ MPa}$ و خاموت $\Phi 10$ داریم:</p> $S_{la} = \frac{18}{1.41} = 12.77 \rightarrow V_s \approx 214 \text{ KN}$ $S_{lb} = \frac{25}{1.41} = 17.73 \rightarrow V_s \approx 153 \text{ KN}$ <p>در جدول موجود نیست و باید به روش تحلیلی محاسبه شود.</p>	<p>گام هشتم)</p> <p>افزایش فاصله خاموت‌ها در قسمت‌هایی که برش کمتر است.</p> <p>فواصل بین خاموت‌های انتخابی :</p> $S_l = \frac{S}{\beta_v}$ <p>تذکر : گام‌های بعد همانند قسمت الف می‌باشند.</p>	۲-۴-۶-۱۲

مثال ۶ انتخاب شماره میلگرد خاموت‌ها و فاصله بین آنها، در حالیکه حداقل آرماتور برشی مورد نیاز است.

برای دیاگرام برش زیر، شماره میلگرد خاموت‌ها و فاصله بین آنها را تعیین کنید.

مشخصات :

$$\begin{aligned} b_w &= 50 \text{ cm} \\ w_u &= 65 \text{ KN/m} \\ f_c &= 30 \text{ MPa} \\ f_y &= 300 \text{ MPa} \end{aligned}$$



جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول) محاسبه V_u در فاصله d از بر تکیه گاه.	۴-۵-۱۲
	$V_u = 370 - 65 \times 0.75 = 321.25 \text{ KN}$	$V_u = V_{end} - w_u \cdot d$	
	$V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_w d$ محاسبه V_c	(گام دوم) $V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{30} \times 0.50 \times 0.75 \times 10^3$ $V_c = 246.5 \text{ KN}$	۱-۱-۳-۱۲
	$V_s = 321.25 - 246.5 = 74.75 \text{ KN}$	گام سوم) محاسبه V_s	۲-۲-۱۲
		گام چهارم) کنترل $\Phi 10$ ($A_v = 1.57 \text{ cm}^2$) به عنوان خاموت	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۳-۶-۱۲	$A_{V\min} = 0.35 \frac{b_w \cdot s}{f_y}$	$A_{V\min} = 0.35 \times \frac{50 \times (75/2)}{300}, (s = \frac{d}{2})$ $A_{V\min} = 2.18 \text{ cm}^2 > 1.57 \text{ N.G.}$ پس باید یا شماره میلگرد خاموت را بالا برد و یا فاصله S را کم نمود. در صورت استفاده از $\Phi 10$ داریم:	
۲-۲-۴-۱۲	$S = \phi_s \cdot A_v \cdot f_y \frac{d}{V_s}$	$S_1 = \frac{A_v \cdot f_y}{0.35 b_w} = \frac{1.57 \times 300}{0.35 \times 50} = 27 \text{ cm}$ $S = 0.85(1.57 \times 10^{-4}) \times 300 \times \frac{0.75}{74.75 \times 10^{-3}}$ $S = 0.4 \text{ m} > S_1$ $\therefore S = S_1 = 27 \text{ cm} \quad \text{یا} \quad S = 25 \text{ cm}$	
۲-۲-۴-۱۲	$\Phi 12$ گام پنجم) کنترل ۱۲ ($A_v = 2.26 \text{ cm}^2$) به عنوان خاموت	$A_v = 2.26 > A_{V\min} \text{ O.K.}, (s = \frac{d}{2})$	
	$S = \phi_s \cdot A_v \cdot f_y \frac{d}{V_s}$	$S = 0.85(2.26 \times 10^{-4}) \times 300 \times \frac{0.75}{74.75 \times 10^{-3}}$ $S = 0.58 \text{ m} > \frac{d}{2}$ $\therefore S = \frac{d}{2} = \frac{75}{2} = 37.5 \text{ cm}$ یا $S = 35 \text{ cm}$	
	گام ششم) تعیین طولی از تیر که نیاز به آرماتور برشی دارد.		
	$l_v + d = (V_{ud} - \frac{1}{2} V_c) / w_u + d$	$l_v + d = (321.25 - \frac{1}{2} \times 246.5) / 65 + 0.75$ $l_v + d = 3.8 \text{ m}$	برای خاموت $\Phi 10$
	تذکر: بعضی از طراحان ترجیح می‌دهند که سرتاسر تیر را خاموت‌گذاری نمایند.	16 @ 25 cm	برای خاموت $\Phi 12$
		12 @ 35 cm	
			فاصله اولین خاموت از برتكیه‌گاه ۵cm می‌باشد. بهتر است یک خاموت بین خاموت‌های اول و دوم اضافه نمود.

بند آین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	<p>ب : با استفاده از جداول گام‌های اول تا سوم همانند قسمت الف می‌باشد.</p> <p>(گام چهارم)</p> <p>کنترل $\Phi 10$ به عنوان خاموت</p>	<p>برای $f_y = 300 \text{ MPa}$ و $d = 75 \text{ cm}$ و خاموت $\Phi 10$ برای $V_s = 74.75 \text{ KN}$ داریم:</p> $S = 37.5 \text{ cm}$	
۱-۳-۶-۱۲	<p>(گام پنجم)</p> <p>کنترل حداقل سطح مقطع خاموت در موقعیکه $b_{wmax} < b_w$ است، با توجه به مقدار b_w و جدول برش ۱-۲ مقدار S تعیین می‌شود.</p>	<p>برای $S = 37.5 \text{ m}$ داریم:</p> $b_{wmax} = 36 \text{ m}$ <p>که کمتر از $b_w = 50 \text{ cm}$ است.</p> <p>برای $b_w = 50 \text{ cm}$ داریم:</p> $S = 27.5 \text{ cm}$ <p>یا $S = 25 \text{ cm}$</p>	
	<p>(گام ششم)</p> <p>کنترل $\Phi 12$ به عنوان خاموت</p> <p>تذکر: گام بعد همانند قسمت الف می‌باشد.</p>	<p>برای $S = \frac{d}{2} = 37.5 \text{ cm}$ داریم:</p> $b_{wmax} = 52 \text{ cm} > 50 \text{ cm O.K.}$	

مثال ۷ تعیین ضخامت لازم دال (یا شالوده) برای ایجاد مقاومت برشی محیطی مورد نیاز

ضخامت لازم دال را برای ایجاد مقاومت برشی محیطی مورد نیاز تعیین کنید. که از آرماتور برشی استفاده نمی‌شود.
مشخصات:

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

$$f_y = 300 \text{ MPa}$$

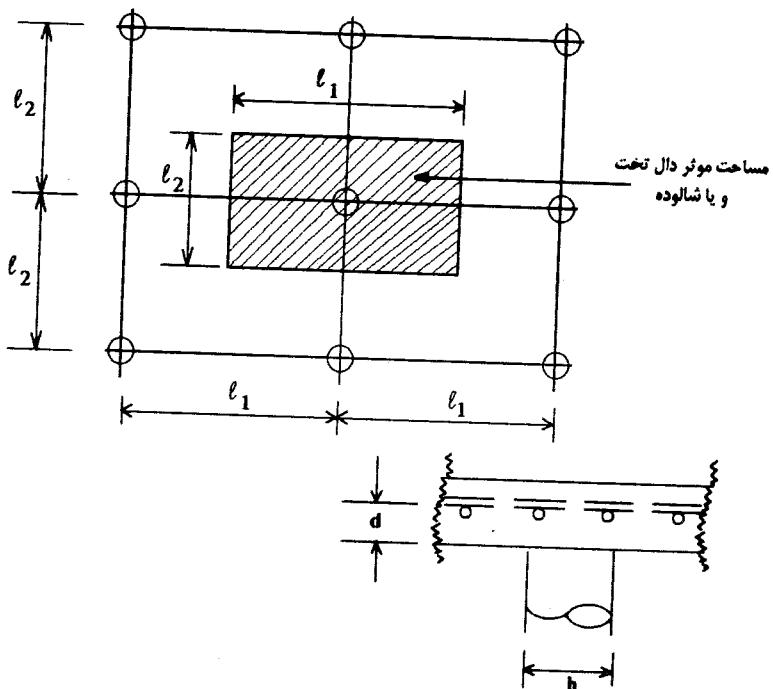
$$\ell_1 = 6.5 \text{ m}$$

$$\ell_2 = 6 \text{ m}$$

$$h = 75 \text{ cm} \quad \text{قطر}$$

$$w_u = 40 \text{ KN/m}^2$$

قابل صرفنظر کردن است.



بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۲-۱۷-۱۲	الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول محاسبه V_u در محیط مقطع بحرانی $V_u = w_u \cdot \ell_1 \cdot \ell_2 - w_u \left[\frac{\pi(h+d)^2}{4} \right]$ در این مرحله از عبارت دوم صرفنظر می‌شود.	$V_u = 40 \times 6.5 \times 6 = 1560 \text{ KN}$ تقریباً :	
۳-۲-۱۷-۱۲ ۴-۲-۱۷-۱۲	گام دوم) تخمین d $V_{cp} = 2V_c$ $V_{cp} = \frac{V_u}{\pi(h+d)d}$	$V_{cp} = 2 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} = 1.07 \text{ MPa}$ $1.07 = \frac{1560 \times 10^{-3}}{\pi(0.75+d)d}$ $d = 0.4 \text{ m}$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	<p>گام سوم)</p> <p>کنترل مجدد d ، با استفاده از مقدار دقیق V_u</p>	$V_u = 1560 - 40 \times \frac{(0.75 + 0.4)^2}{2}$ $V_u = 1518 \text{ KN}$ $V_{cp} = \frac{1518 \times 10^{-3}}{\pi(0.75 + 0.4) \times 0.4}$ $V_{cp} = 1.05 \text{ MPa} < 1.07 \text{ O.K.}$	

مثال ۸ طراحی آرماتورهای برش اصطکاکی برای اتصال بین مصالح مختلف

سطح مقطع آرماتورهای لازم، برای اتصال یک قطعه بتنی پیش ساخته، به یک عضو فلزی را تعیین کنید.

: مشخصات

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

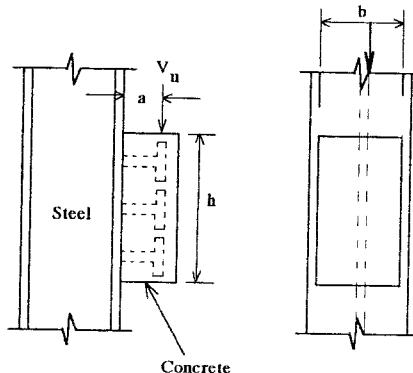
$$f_y = 300 \text{ MPa}$$

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$h = 40 \text{ cm}$$

$$V_u = 290 \text{ KN}$$

$$a = 10 \text{ cm}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
		الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول	۱-۱۵-۱۲
	فرض : $d = 35 \text{ cm}$ $\frac{a}{d} = \frac{10}{35} = 0.29 < 1 \text{ O.K.}$	تعیین نسبت $\frac{a}{d}$ برای کنترل ضوابط خاص دستکها و شانهها	۱-۱۵-۱۲
	برای بتنی که بوسیله گل میخ یا میلگرد به یک عضو فلزی متصل شده باشد: $\mu = 0.6$	گام دوم) تعیین ضریب اصطکاک μ	۵-۲-۱۳-۱۲
	$A_{cv} = 0.2 \times 0.4 = 0.08 \text{ m}^2$ $\frac{V_u}{A_{cv}} = \frac{290 \times 10^{-3}}{0.08} = 3.625 \text{ MPa}$ $6.5\phi_c = 6.5 \times 0.6 = 3.9$ $0.25\phi_c f_c = 0.25 \times 0.6 \times 30 = 4.5$ $\therefore \left(\frac{V_u}{A_{cv}}\right)_{\max} = 3.9 \text{ MPa} > 3.625 \text{ O.K.}$	گام سوم) محاسبه $\frac{V_u}{A_{cv}}$ و کنترل حداقل مقاومت برشی مقطع $A_{cv} = b.h$ $\left(\frac{V_u}{A_{cv}}\right)_{\max} = \min(6.5\phi_c, 0.25\phi_c, f_c)$	۱-۲-۱۳-۱۲

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
		گام چهارم)	
	$\rho_{uf} = \frac{V_u}{A_{cv}} = \frac{3.625}{0.6 \times 0.85 \times 300} = 0.024 = 2.4\%$	محاسبه درصد آرماتور برش اصطکاکی مورد نیاز	۳-۲-۱۳-۱۲
	$A_{uf} = 0.024 \times 20 \times 40 = 19.2 \text{ cm}^2$	(گام پنجم) محاسبه $A_{uf} = \rho_{uf} \cdot b \cdot h$ تعدادی میلگرد یا گل میخ با حداقل سطح مقطع کل 19.2 cm^2 مورد نیاز است و باید بطور یکنواخت در سطح تماس پختن شود. باید مهاربندی کافی برای هر میلگرد یا گل میخ وجود داشته باشد تا بتواند به تنش تسليم $f_y = 300 \text{ MPa}$	
	$\frac{V_u}{A_{cv}} = 3.625 \text{ MPa}$ $100 \rho_{uf} = 2.4\%$	ب: با استفاده از جداول گام های اول تا سوم همانند قسمت الف می باشد گام چهارم) محاسبه درصد آرماتور برش اصطکاکی مورد نیاز تذکر: گام پنجم همانند قسمت الف می باشد.	

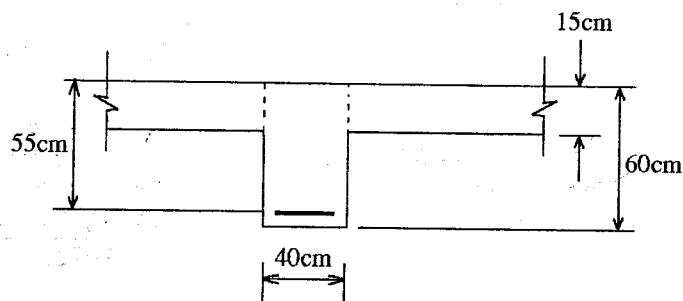
مثال ۹ طراحی تیر T شکل برای پیچش و برش ناشی از خمین

یک تیر T شکل بصورت غیرمتقارن بارگذاری شده است، حداکثر لنگر پیچشی حاصله در حد نهایی ۴۰KN.m می‌باشد، برش نهایی ایجاد شده در مقطعی که حداکثر پیچش در آن اتفاق می‌افتد برابر ۲۰۰KN است و سطح مقطع آرماتور خمینی لازم برای لنگر ثابت، در مقطع فوق برابر 17cm^2 می‌باشد. تیر را برای پیچش مورد بررسی قرار داده و آرماتورهای لازم را محاسبه کنید.

: مشخصات

$$f_c = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$



بند آیین نامه	روشن	محاسبات	جداول کمکی
۱-۷-۱۲ ۱-۱-۳-۱۲	الف : با استفاده از روش تحلیلی (گام اول) محاسبه T_{cr} $T_{cr} = 2 \left(\frac{A_c^2}{P_c} \right) V_c$	$T_{cr} = 2 \times \left(\frac{0.4^2 \times 0.6^2}{2(0.4 + 0.6)} \right) \times 0.2 \times 0.6 \sqrt{25} \times 10^3$ $T_{cr} = 34.56 \text{ KN.m}$	
۱-۷-۱۲	گام دوم مقایسه $0.25 T_{cr}$ و T_u اگر $0.25 T_{cr} < T_u$ باشد می‌توان از پیچش صرفنظر کرد.	$0.25 T_{cr} = 0.25 \times 34.56 = 8.64 \text{ KN.m} < T_u$ پس محاسبات پیچش الزامی است.	
۲-۱۲-۱۲	گام سوم کنترل ابعاد مقطع تحت اثر توازن برش و پیچش		

جداول کمکی	محاسبات	روشن	بند آینه نامه
		$x_1 = b_w - 2 \text{ (شعاع خاموت + پوشش)}$ $y_1 = h - 2 \text{ (شعاع خاموت + پوشش)}$ $P_h = 2(x_1 + y_1)$ $A_{oh} = x_1 \cdot y_1$	$x_1 = 40 - 2(4.5 + 0.5) = 30 \text{ cm}$ $y_1 = 40 - 2(4.5 + 0.5) = 30 \text{ cm}$ $P_h = 2(0.5 + 0.3) = 1.6 \text{ m}$ $A_{oh} = 0.3 \times 0.5 = 0.15 \text{ m}^2$ $A_{oh} = 0.15 \times 0.15 = 0.0225$
۲-۱۲-۱۲	$\frac{V_u}{b_w d} + \frac{T_u \cdot P_h}{A_{oh}} \leq 0.25 \phi_c f_c$	$\frac{V_u}{b_w d} + \frac{T_u \cdot P_h}{A_{oh}} = \frac{200 \times 10^{-3}}{0.4 \times 0.55} +$ $\frac{40 \times 10^{-3} \times 1.6}{0.0225} = 0.91 + 2.84 = 3.75 \text{ MPa}$ $0.25 \phi_c f_c = 0.25 \times 0.6 \times 25 = 3.75 \text{ O.K.}$	
۲-۸-۱۲	$A_o = 0.85 A_{oh}$	$A_o = 0.85 \times 0.15 = 0.1275 \text{ m}^2$	(گام چهارم)
۲-۸-۱۲	$\frac{A_t}{S} = \frac{T_u}{2\phi_s \cdot A_o \cdot f_y}$	$\frac{A_t}{S} = \frac{40 \times 10^{-3}}{2 \times 0.85 \times 0.1275 \times 400}$ $\frac{A_t}{S} = 4.61 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^2}{\text{m}}$	
۲-۷-۱۲		$\frac{A_t}{S} = 0.0461 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$	
۱-۱-۳-۱۲	$V_c = 0.2\phi_c \sqrt{f_c} b_w d$	$V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{25} \times 0.40 \times 0.55 \times 10^3$ $V_c = 132 \text{ KN}$ $V_s = 200 - 132 = 68 \text{ KN}$	(گام پنجم)
۱-۲-۴-۱۲	$\frac{A_v}{S} = \frac{V_s}{\phi_s \cdot f_y \cdot d}$	$\frac{A_v}{S} = \frac{68 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400 \times 0.55} = 3.64 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^2}{\text{m}}$ $\frac{A_v}{S} = 0.0364 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۱۲-۱۲	<p>گام ششم)</p> <p>محاسبه A_v و A_t با توجه به اینکه A_t سطح مقطع یک شاخه خاموت و A_v سطح مقطع هر دو شاخه می باشد.</p>	$\frac{A_v}{S} + 2 \frac{A_t}{S} = 0.0364 + 2 \times 0.0461$ $\frac{A_v}{S} + 2 \frac{A_t}{S} = 0.1286 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$	
۴-۳-۶-۱۲	<p>گام هفتم)</p> <p>کنترل حداقل سطح مقطع آرماتور برشی و پیچشی</p> $\min\left(\frac{A_v}{S} + 2 \frac{A_t}{S}\right) = 0.35 \times \frac{b_w}{f_y}$	$\min\left(\frac{A_v}{S} + 2 \frac{A_t}{S}\right) = 0.35 \times \frac{0.4}{400} \times 100$ $0.035 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}} < 0.2564 \quad \text{O.K.}$	
	<p>گام هشتم)</p> <p>انتخاب شماره میلگرد خاموتها و فاصله بین آنها</p> $\frac{A_v}{S} + 2 \frac{A_t}{S} = 0.1286 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$ $A_v + 2A_t = 2.26 \text{ cm}^2 \quad \Phi 12$ $A_v + 2A_t = 3.08 \text{ cm}^2 \quad \Phi 14$ <p>کنترل حداقل فاصله</p> $S_{\max} = \frac{P_h}{8} \leq 30 \text{ cm}$	$S = \frac{2.26}{0.1286} = 17.5 \text{ cm} \quad \text{برای } \Phi 12$ $S = \frac{3.08}{0.1286} = 23.95 \text{ cm} \quad \text{برای } \Phi 14$ $S_{\max} = \frac{160}{8} = 20 \text{ cm}$ <p>بنابراین از خاموت‌های بسته $\Phi 12$ به فواصل ۱۵cm استفاده می‌شود.</p>	
۳-۸-۱۲	<p>گام نهم)</p> <p>محاسبه آرماتورهای طولی برای پیچش، با استفاده از x_1 و y_1 اصلاح شده.</p> $P_h = 2(x_1 + y_1)$ $A_{oh} = x_1 \cdot y_1$	$x_1 = 40 - 2(4.5 + 0.6) = 29.8 \text{ cm}$ $x_1 = 40 - 2(4.5 + 0.6) = 49.8 \text{ cm}$ $P_h = 2(29.8 + 49.8) = 159.2 \text{ m}$ $A_t = 0.0461 \times 159.2 = 734 \text{ cm}^2$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام دهم)	
	<p>سطح مقطع لازم برای هر یک از آرماتورهای طولی فوکانی و تحتانی و گونه برابر است با :</p> $\frac{A_t}{3} = \frac{7.34}{3} = 2.45 \text{ cm}^2$ <p>آرماتورهای فوکانی :</p> <p>USE $2\Phi 14$, ($A_s = 3.08 \text{ cm}^2$)</p> <p>آرماتورهای گونه :</p> <p>USE $2\Phi 14$, ($A_s = 3.08 \text{ cm}^2$)</p> <p>در هر یک از گونه‌های $1\Phi 14$ قرار داده می‌شود.</p> <p>آرماتورهای تحتانی :</p> $A_s = 2.45 + 17 = 19.45 \text{ cm}^2$ <p>USE $5\Phi 14$, ($A_s = 22.62 \text{ cm}^2$)</p> <p>O.K. قطر میلگردهای انتخابی $\frac{S}{16} = \frac{12}{16} = 0.75 \text{ cm} < 0.75 \text{ cm}$</p>	<p>انتخاب میلگردهای طولی</p> <p>این میلگردها باید بصورت یکنواخت در اطراف مقطع پخش شوند و فاصله بین آنها کمتر از 30cm باشد.</p> <p>بنابراین استفاده از میلگردهای طولی در گونه‌های تیر الزامیست.</p> <p>آرماتورهای طولی پیچشی باید با آرماتورهای خمی جمع شوند.</p> <p>در هنگام انتخاب میلگردهای طولی باید به ضابطه زیر توجه کرد:</p> $\frac{S}{16} \geq \frac{12}{16}$	۷-۱۰-۱۲

مثال ۱۰ استفاده از دو حلقه خاموت در طراحی تیر T شکل برای پیچش و برش ناشی از خمسن

تیر زیر را برای برش و پیچش طراحی نمایید.

مشخصات:

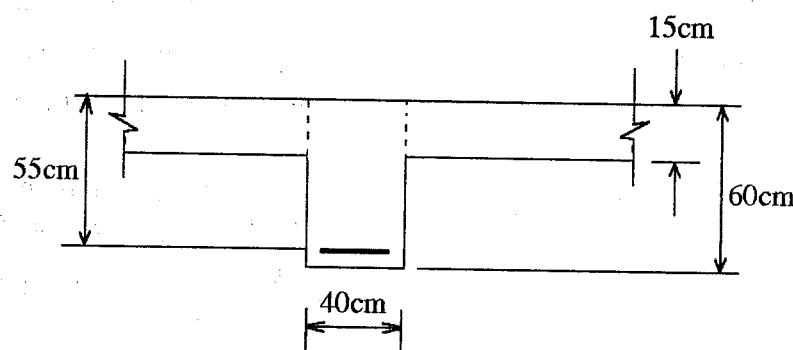
$$T_u = 15 \text{ KN.m}$$

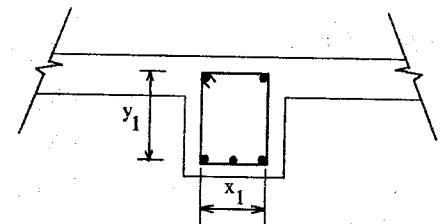
$$V_u = 300 \text{ KN}$$

$$A_s = 17 \text{ cm}^2$$

$$f_c = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$



جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
		الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول) محاسبه T_{cr}	
	$T_{cr} = 2 \times \left(\frac{A_c}{P_c} \right)^2 V_c$ $T_{cr} = 2 \times \left(\frac{0.4^2 \times 0.6^2}{2(0.4 + 0.6)} \right) \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{25} \times 10^3$ $T_{cr} = 34.56 \text{ KN.m}$		۱-۷-۱۲ ۱-۱-۳-۱۲
	$0.25 T_{cr} = 0.25 \times 34.56 = 8.64 \text{ KN.m} < T_u$ پس محاسبات پیچش الزامی است.	گام دوم) مقایسه $0.25 T_{cr}$ و T_u	۱-۷-۱۲
		گام سوم) کنترل ابعاد مقطع تحت اثر توان برش و پیچش	۲-۱۲-۱۲

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آین نامه
		$x_1 = b_w - 2$ (شعاع خاموت + پوشش) $y_1 = h - 2$ (شعاع خاموت + پوشش) $P_b = 2(x_1 + y_1)$ $A_{oh} = x_1 \cdot y_1$	$x_1 = 40 - 2(4.5 + 0.5) = 30 \text{ cm}$ $x_1 = 60 - 2(4.5 + 0.5) = 50 \text{ cm}$ $P_h = 2(0.5 + 0.3) = 1.6 \text{ m}$ $A_{oh} = 0.3 \times 0.5 = 0.15 \text{ m}^2$ $A_{oh} = 0.15 \times 0.15 = 0.0225$
۲-۱۲-۱۲	$\frac{V_u}{b_w d} + \frac{T_u \cdot P_h}{A_{oh}} \leq 0.25 \phi_c f_c$ $\frac{V_u}{b_w d} + \frac{T_u \cdot P_h}{A_{oh}} = \frac{300 \times 10^{-3}}{0.4 \times 0.55} + \frac{15 \times 10^{-3} \times 1.6}{0.0225} = 1.36 + 1.07 = 2.43 \text{ MPa}$ $0.25 \phi_c f_c = 0.25 \times 0.6 \times 25 = 3.75 > 2.43 \text{ O.K.}$		
۲-۸-۱۲	<p style="text-align: center;">گام چهارم)</p> $\frac{A_t}{S}$ محاسبه $A_o = 0.85 A_{oh}$ $\frac{A_t}{S} = \frac{T_u}{2\phi_s \cdot A_o \cdot f_y}$	$A_o = 0.85 \times 0.15 = 0.1275 \text{ m}^2$ $\frac{A_t}{S} = \frac{15 \times 10^{-3}}{2 \times 0.85 \times 0.1275 \times 400}$ $\frac{A_t}{S} = 1.73 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^2}{\text{m}}$ $\frac{A_t}{S} = 0.0173 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$	
۱-۱-۳-۱۲	<p style="text-align: center;">گام پنجم)</p> $\frac{A_v}{S}$ محاسبه $V_c = 0.2\phi_c \sqrt{f_c} b_w d$	$V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{25} \times 0.40 \times 0.55 \times 10^3$ $V_c = 132 \text{ KN}$ $V_s = 300 - 132 = 168 \text{ KN}$	
۲-۲-۱۲	$V_s = V_u - V_c$		
۱-۲-۴-۱۲	$\frac{A_v}{S} = \frac{V_s}{\phi_s \cdot f_y \cdot d}$	$\frac{A_v}{S} = \frac{168 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400 \times 0.55} = 9 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^2}{\text{m}}$ $\frac{A_v}{S} = 0.09 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول گمکی
۱-۱۲-۱۲	<p>(گام ششم)</p> <p>طرح برای برش و پیچش با فرض استفاده از دو حلقه خاموت</p> <p>جمع سطح مقطع لازم برای یک شاخه در برش و پیچش برابر است با:</p> $\frac{A_v}{4S} + \frac{A_t}{S}$ <p>تذکر: با توجه به اینکه میزان خاموت لازم برای برش قابل ملاحظه است، از ۲ حلقه خاموت استفاده می‌کنیم.</p>	<p>$\frac{A_v}{4S} + \frac{A_t}{S} = \frac{0.09}{4} + 0.0173 = 0.0398$</p> <p>بافرض $S=10\text{cm}$ داریم:</p> $\frac{A_v}{4} + A_t = 0.0398 \times 10 = 0.398 \text{ cm}^2$ <p>بنابراین خاموت لازم ($A_s = 0.5\text{ cm}^2$) با شکل</p> <p>زیر است:</p> <p>خاموت‌های پیچشی:</p> $\left(\frac{A_t}{S} = 0.0173, A_t = 0.5\text{cm}^2 \right) \rightarrow S = 29\text{cm}$ <p>یا $S = 20\text{ cm}$</p> <p>خاموت‌های برشی:</p> $\left(\frac{A_v}{S} = 0.09, A_v = 4 \times 0.5 = 2\text{cm}^2 \right)$ $\rightarrow S = 22.2\text{cm}$ <p>یا $S = 20\text{ cm}$</p> <p>$S_{max} = \frac{160}{8} = 20\text{ cm} > 10\text{ cm} \quad O.K.$</p>	

بند آینه نامه	روشن	محاسبات	جداول کمکی
۱-۳-۶-۱۲	<p>گام هفتم</p> <p>کنترل حداقل سطح مقطع آرماتور برشی و پیچشی</p> $\min(A_v + 2A_t) = 0.35 \frac{b_w \cdot S}{f_y}$	<p>در فاصله $S=0.2m$ مقدار $0.35 \frac{b_w \cdot S}{f_y}$ برابر است با:</p> $0.35 \times \frac{0.4 \times 0.2}{400} = 7 \times 10^{-5} m^2 = 0.7 cm^2$ <p>در حالیکه در این فاصله ۴ شاخه خاموت بسته دور و دو شاخه حلقه داخلی وجود دارد:</p> $6 \times 0.5 = 3 cm^2 > 0.7 \text{ O.K.}$	
۳-۸-۱۲	<p>گام هشتم</p> <p>محاسبه آرماتورهای طولی برای پیچش، با استفاده از x_1 و y_1 اصلاح شده.</p> $P_h = 2(x_1 + y_1)$ $A_s = \frac{A_t \cdot P_h}{S}$	$x_1 = 40 - 2(4.5 + 0.4) = 30.2 \text{ cm}$ $x_1 = 60 - 2(4.5 + 0.4) = 50.2 \text{ cm}$ $P_h = 2(30.2 + 50.2) = 160.8 \text{ cm}$ $A_s = 0.0173 \times 160 = 2.77 \text{ cm}^2$	
۳-۱۰-۱۲	<p>گام نهم</p> <p>انتخاب میلگرد های طولی</p>	$\frac{A_t}{3} = \frac{2.77}{3} = 0.92 \text{ cm}^2$ <p>آرماتورهای فوقانی :</p> <p>USE 4Φ8 , ($A_s = 2.01 cm^2$)</p> <p>به خاطر وجود ۲ حلقه خاموت و ضابطه زیر:</p> $\frac{S}{16} \geq \frac{10}{16} = 0.625 cm$ <p>از 4Φ8 استفاده شده است.</p> <p>آرماتورهای گونه :</p> <p>USE 2Φ8 , ($A_s = 1.01 cm^2$)</p> <p>در هر یک از گونه های 1Φ8 قرار داده می شود.</p> <p>آرماتورهای تحتانی :</p> $A_s = 0.92 + 17 = 17.92 \text{ cm}^2$ <p>USE 4Φ24 , ($A_s = 18.1 \text{ cm}^2$)</p>	

مثال ۱۱ طراحی دستک در حالتیکه نیروی کششی افقی برای صفر است. ($N_u = 0$) برای جلوگیری از ایجاد نیروی کششی

افقی تمهیدات خاصی در نظر گرفته شده است.

ظرفیت باربری دستک ساخته شده از بتن یکپارچه شکل زیر را کنترل کنید. در صورت کافی نبودن اندازه d پیشنهادی، مقدار جدیدی را برای آن در نظر گرفته، و سطح مقطع آرماتورهای مورد نیاز A_s و A_h را محاسبه کنید. برای اطمینان از صفر بودن نیروی کششی N_u از تمهیدات خاصی استفاده شده است.

مشخصات :

$$a = 10 \text{ cm}$$

$$h = 30 \text{ cm}$$

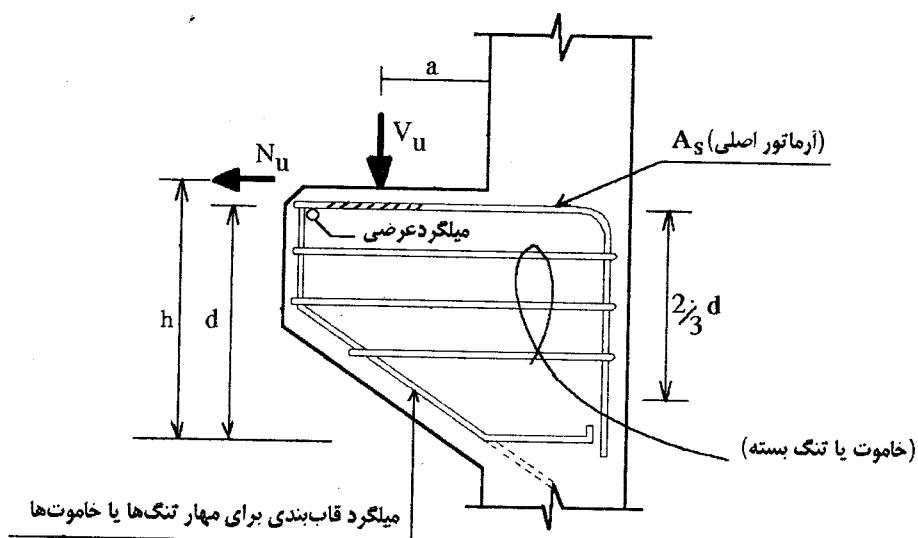
$$d = 25 \text{ cm}$$

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$V_u = 360 \text{ KN}$$

$$f_c = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$



بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۱۵-۱۲	الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول $\frac{a}{d} = \frac{10}{25} = 0.4 < 1$ O.K.		
۴-۲-۱۵-۱۲	گام دوم محاسبه حداقل تنش اسمی $V_{max} = \min (0.25 \phi_c f_c, 6.5 \phi_c)$ $0.25 \phi_c f_c = 0.25 \times 0.6 \times 35 = 5.25 \text{ MPa}$ $6.5 \phi_c = 6.5 \times 0.6 = 3.9 \text{ MPa}$ $\therefore V_{max} = 3.9 \text{ MPa}$		

جداول گمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
		گام سوم)	
	محاسبه سطح مقطع بتنی لازم A_c برای انتقال برش و تعیین مقدار d مورد نیاز		
	$A_{Creq.} = \frac{V_u}{V_{max}}$ $d_{req.} = \frac{A_{Creq.}}{b}$	$A_{Creq.} = \frac{360 \times 10^{-3}}{3.9} = 0.0923 \text{ m}^2$ $A_{Creq.} = 923 \text{ cm}^2$ $d_{req.} = \frac{923}{30} = 30.77 \text{ cm} > 25$ $\therefore d = 35 \text{ cm}$	
۹-۲-۸	گام چهارم)	محاسبه h	
۹-۲-۸	$h = d + \frac{1}{2}d_b$ پوشش	$h = 35 + 3.5 + 1 = 39.5 \approx 40 \text{ cm}$ بنابراین مقدار h را بجای ۳۰cm برابر ۴۰ cm در نظر میرگیریم.	
۴-۲-۱۳-۱۲ ۵-۲-۱۳-۱۲	گام پنجم)	برای بتن یکپارچه : $\mu = 1.25$	محاسبه مقدار آرماتور برش اصطکاکی لازم
	$A_{uf} = \frac{V_u}{\phi_s f_y \cdot \mu}$	$A_{uf} = \frac{360 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400 \times 1.25} = 8.47 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ $A_{uf} = 8.47 \text{ cm}^2$	
۵-۲-۱۵-۱۲	گام ششم)		محاسبه فولاد خمشی
	$M_u = V_u \cdot a$ $R = \frac{M_u}{bd^2}$ $\rho = \frac{0.85\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85\phi_c f_c}} \right]$	$M_u = 360 \times 0.1 = 36 \text{ KN.m}$ $R = \frac{36 \times 10^{-3}}{0.3 \times 0.35^2} = 0.98 \text{ MPa}$ $\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 35}{0.85 \times 400} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.98}{0.85 \times 0.6 \times 35}} \right]$ $\rho = 0.003$	
	$A_f = \rho \cdot b \cdot d$	$A_f = 0.003 \times 30 \times 35 = 3.15 \text{ cm}^2$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	(گام هفتم) محاسبه آرماتور کششی اصلی A_s		
۳-۳-۱۵-۱۲	$\rho_{min} = 0.04 \frac{f_c}{f_y}$	$\rho_{min} = 0.04 \frac{35}{400} = 0.0035$	
۱-۳-۱۵-۱۲	$A_{Smin} = \rho_{min} \cdot b \cdot d$ $A_s \geq \max (A_f \frac{2}{3} A_{uf})$	$A_{min} = 0.0035 \times 30 \times 35 = 3.675 \text{ cm}^2$ $\max (A_f \frac{2}{3} A_{uf}) = \max (3.15, \frac{2}{3} \times 8.47) = 5.65$ $\therefore A_s = 5.65 \text{ cm}^2$	
۲-۳-۱۵-۱۲	$A_h \geq \frac{1}{2} A_s$	$A_h \geq 2.825 \text{ cm}^2$	
	(گام هشتم) انتخاب میلگردها		
۲-۳-۱۵-۱۲		برای A_s و A_h (۴Φ14) استفاده می شود. برای A_h که باید بطور یکنواخت در ارتفاعی برابر با $\frac{2}{3}d$ از بالای دستک پخش شود. از دو حلقه خاموت بسته $\phi 10$ ($A_h=3.14 \text{ cm}^2$) استفاده می شود.	
۴-۳-۱۵-۱۲	تذکر: باید یک میلگرد عرضی با قطری حداقل برابر با قطر میلگردهای کششی اصلی، در وجه جلوی دستک، به آرماتورهای کششی اصلی جوش شود. انتهاهای داخلی آرماتورهای کششی اصلی باید به اندازه کافی داخل ستون شوند.	این دو حلقه در فواصل ۱۰ و ۲۰ سانتیمتری از مرکز آرماتورهای کششی اصلی قرار می گیرند.	
	ب : با استفاده از جداول گامهای اول تا چهارم همانند قسمت الف می باشند.	برای $f_y = 400 \text{ MPa}$ و $\mu = 1.25$ $\frac{V_u}{A_{cv}} = \frac{360 \times 10^{-3}}{0.3 \times 0.35} = 3.43 \text{ MPa}$	
	گام پنجم) محاسبه A_{uf} تذکر: بقیه گامها همانند قسمت الف می باشند.	$100 \rho_{uf} = 0.8$ $\therefore A_{uf} = 0.8 \times 10.2 \times 30 \times 35 = 8.4 \text{ cm}^2$	

مثال ۱۲ طراحی دستک در حالتیکه نیروی کششی افقی N_u وجود داشته باشد.

دستک شکل زیر را برای بارهای واردہ طراحی کنید. بتن دستک و دیوار بصورت یکپارچه ریخته می‌شود.

مشخصات:

$$V_u = 320 \text{ KN}$$

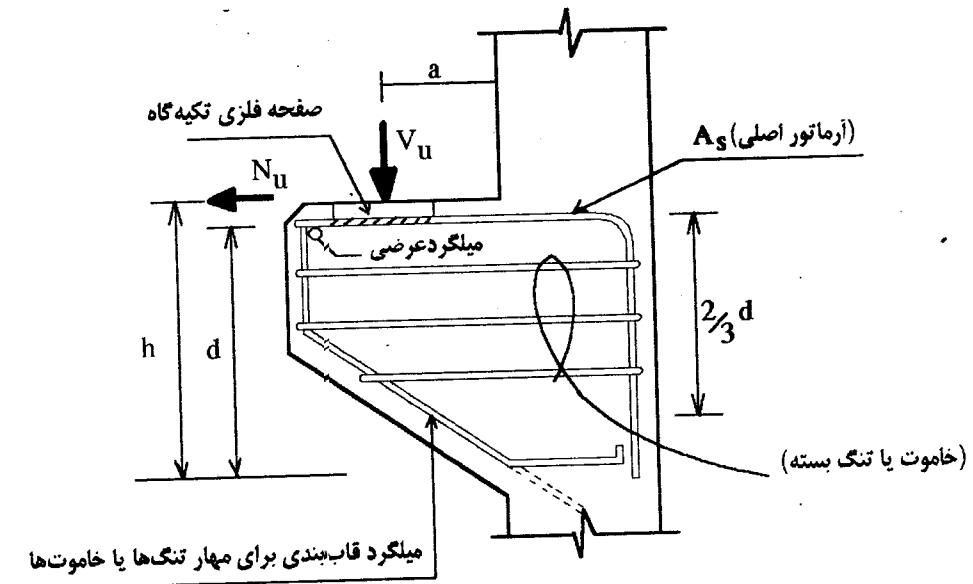
$$N_u = 200 \text{ KN}$$

$$a = 10 \text{ cm}$$

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$f_c = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$



جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آین نامه
		الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول)	۱-۱۵-۱۲
	$\frac{N_u}{V_u} = \frac{200}{320} = 0.625 \text{ O.K.}$	کنترل نیروی کششی روی دستک $0.2 \leq \frac{N_u}{V_u} \leq 1$	۲-۲-۱۵-۱۲
	$0.25 \phi_c f_c = 0.25 \times 0.6 \times 35 = 5.25 \text{ MPa}$ $6.5 \phi_c = 6.5 \times 0.6 = 3.9 \text{ MPa}$ $\therefore V_{\max} = 3.9 \text{ MPa}$	(گام دوم) محاسبه d با توجه به حداقل تنش اسمی $V_{\max} = \min(0.25 \phi_c f_c, 6.5 \phi_c)$	۴-۲-۱۶-۱۲

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
	$d_{min} = \frac{320 \times 10^{-3}}{0.3 \times 3.9} = 0.27 \text{ m} \rightarrow d = 30\text{cm}$	$d_{min} = \frac{V_u}{b \cdot V_{max}}$	۹-۲-۸
	$h = 30 + 3.5 + 1 = 34.5 \approx 35\text{cm}$	$h = d + \text{پوشش} + \frac{1}{2}d_b$	۱-۱۵-۱۲
	$\frac{a}{d} = \frac{10}{30} = 0.33 < 1 \text{ O.K.}$	$\frac{a}{d} \leq 1$	
		(گام سوم)	
		محاسبه M_u	
	$M_u = 320 \times 0.1 + 200 \times (0.35 - 0.3)$	$M_u = V_u \cdot a + N_u (h-d)$	۳-۲-۱۵-۱۲
		(گام چهارم)	
	$\mu = 1.25$	برای بتن یکپارچه :	
	$A_{uf} = \frac{320 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400 \times 1.25} = 7.53 \times 10^{-4} \text{ m}^2$	محاسبه مقدار آرماتور برشن اصطکاکی لازم	۴-۲-۱۳-۱۲
	$A_{uf} = 7.53 \text{ cm}^2$		۵-۲-۱۳-۱۲
		(گام پنجم)	
		محاسبه A_n	
	$A_n = \frac{200 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400} = 5.88 \times 10^{-4} \text{ m}^2$	$A_n = \frac{N_u}{\phi_s f_y}$	۶-۲-۱۵-۱۲
	$A_n = 5.88 \text{ cm}^2$		
		(گام ششم)	
	$R = \frac{42 \times 10^{-3}}{0.3 \times 0.3^2} = 1.56 \text{ MPa}$	محاسبه فولاد خمی	
	$\rho = \frac{0.85 \phi_c f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85 \phi_c f_c}} \right]$	$R = \frac{M_u}{bd^2}$	
	$\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 35}{0.85 \times 400} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.56}{0.85 \times 0.6 \times 35}} \right]$		
	$\rho = 0.0048$		
	$A_f = 0.0048 \times 30 \times 30 = 4.32 \text{ cm}^2$	$A_f = \rho \cdot b \cdot d$	۷-۲-۱۵-۱۲

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام هفتم)	
		محاسبه آرماتور کششی اصلی A_s	
۳-۳-۱۵-۱۲	$\rho_{min} = 0.04 \frac{f_c}{f_y}$	$\rho_{min} = 0.04 \frac{35}{400} = 0.0035$	
۱-۳-۱۵-۱۲	$A_{min} = \rho_{min} \cdot b \cdot d$ $A_s \geq \max \left(\frac{2}{3} A_{uf} + A_n, A_f + A_n \right)$	$A_{min} = 0.0035 \times 30 \times 30 = 3.15 \text{ cm}^2$ $A_{s1} = \frac{2}{3} A_{uf} + A_n = \frac{2}{3} \times 7.53 + 5.88$ $A_{s1} = 10.9 \text{ cm}^2$ $A_{s2} = A_f + A_n = 4.32 + 5.88 = 10.2 \text{ cm}^2$ $\therefore A_s = \max (A_{s1}, A_{s2}) = 10.9 \text{ cm}^2$	
۴-۳-۱۵-۱۲	انتخاب میلگردها	برای A_s و $4\Phi 14$ ($A_s = 12.57 \text{ cm}^2$) استفاده می شود. این آرماتورها باید به صفحه فلزی تکیه گاه و میلگرد عرضی جوش شوند.	گام هشتم)
۲-۳-۱۵-۱۲	$A_h \geq \frac{1}{2} (A_s - A_n)$	برای A_h از دو حلقه خاموت بسته $A_h = 3.14 \text{ cm}^2 (\phi 10)$ استفاده می شود. این دو حلقه در فواصل ۱۰ و ۲۰ سانتیمتری از مرکز آرماتورهای کششی اصلی قرار می گیرند.	
	ب : با استفاده از جداول	گام های اول تا سوم همانند قسمت الف می باشند.	
	گام چهارم) محاسبه A_{uf}	برای $f_y = 400 \text{ MPa}$ و $\mu = 1.25$ $\frac{V_u}{A_{cv}} = \frac{320 \times 10^{-3}}{0.3 \times 0.3} = 3.56 \text{ MPa}$ $100 \rho_{uf} = 0.83$ $\therefore A_{uf} = 0.0083 \times 30 \times 30 = 7.5 \text{ cm}^2$	
	تذکر: بقیه گامها همانند قسمت الف می باشند.		

مثال ۱۳ طراحی دستک در حالتیکه نیروی کششی افقی برابر صفر است. ($N_u = 0$) ولی هیچگونه تمهداتی برای جلوگیری از ایجاد آن در نظر گرفته نشده است.

دستک ساخته شده از بتن یکپارچه نشان داده شده در شکل زیر را برای بار V_u که در فاصله a از بر سطون وارد می‌شود، طراحی کنید. هیچگونه تمهداتی برای جلوگیری از ایجاد N_u در نظر گرفته نشده است.

: مشخصات

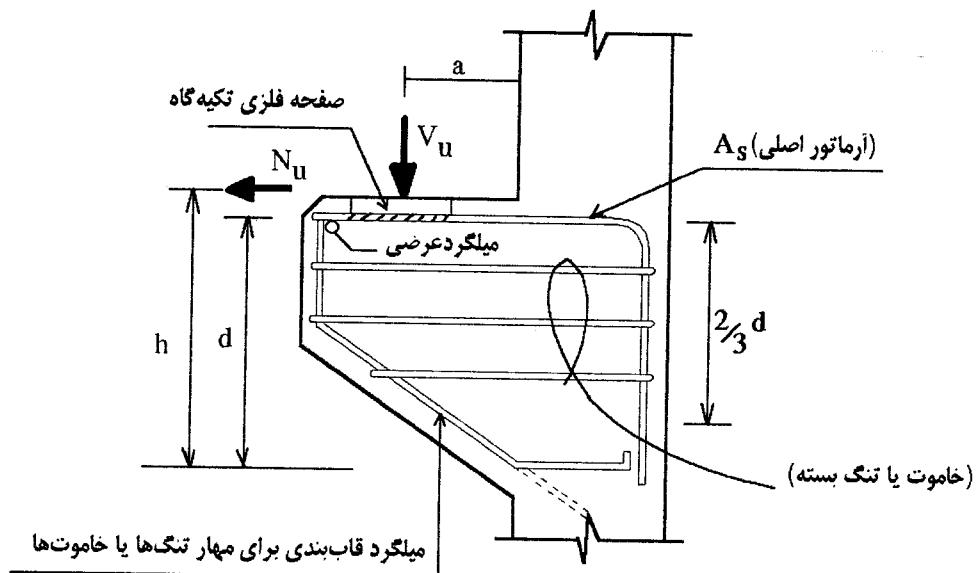
$$V_u = 120 \text{ KN}$$

$$a = 15 \text{ cm}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$



بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۴-۲-۱۵-۱۲	الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول محاسبه d با توجه به حداقل تنش اسمی $V_{max} = \min (0.25 \phi_c f_c, 6.5 \phi_c)$ $0.25 \phi_c f_c = 0.25 \times 0.6 \times 20 = 3 \text{ MPa}$ $6.5 \phi_c = 6.5 \times 0.6 = 3.9 \text{ MPa}$ $\therefore V_{max} = 3 \text{ MPa}$ $d_{min} = \frac{V_u}{b \cdot V_{max}} = \frac{120 \times 10^{-3}}{0.4 \times 3} = 0.1 \text{ m} = 10 \text{ cm}$ $\frac{15}{10} = 1.5 > 1 \quad \text{N.G}$ بنابراین مقدار d را نمی‌توان کمتر از ۱۵ سانتیمتر گرفت. $d = 15 \text{ cm} \quad \text{پس}$ $h = d + \frac{1}{2} d_b + \text{پوشش}$ $h = 15 + 3.5 + 1 = 19.5 \approx 20 \text{ cm}$		
۱-۱۵-۱۲			
۹-۲-۸			

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
		گام دوم)	
		محاسبه N_u چون مقدار N_u مشخص نبیست از فرمول زیر برای محاسبه آن استفاده می شود.	
۲-۲-۱۵-۱۲	$N_u = 0.2 V_u$	$N_u = 0.2 \times 120 = 24 \text{ KN}$	
		گام سوم)	
۳-۲-۱۵-۱۲	محاسبه $M_u = V_u \cdot a + N_u (h-d)$	$M_u = 120 \times 0.15 + 24 \times (0.2 - 0.15)$ $M_u = 19.2 \text{ KN.m}$	
		گام چهارم)	
۴-۲-۱۳-۱۲ ۵-۲-۱۳-۱۲	محاسبه $A_{uf} = \frac{V_u}{\phi_s f_y \cdot \mu}$	$\mu = 1.25$ $A_{uf} = \frac{120 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400 \times 1.25} = 2.82 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ $A_{uf} = 2.82 \text{ cm}^2$	
		گام پنجم)	
۶-۲-۱۵-۱۲	محاسبه $A_n = \frac{N_u}{\phi_s f_y}$	$A_n = \frac{24 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400} = 7 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ $A_n = 0.7 \text{ cm}^2$	
		گام ششم)	
۷-۲-۱۵-۱۲	محاسبه فولاد خمشی $R = \frac{M_u}{bd^2}$ $\rho = \frac{0.85 \phi_c f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85 \phi_c f_c}} \right]$ $A_f = \rho \cdot b \cdot d$	$R = \frac{19.2 \times 10^{-3}}{0.4 \times 0.15^2} = 2.13 \text{ MPa}$ $\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 400} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2.13}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$ $\rho = 0.0071$ $A_f = 0.0071 \times 40 \times 15 = 4.26 \text{ cm}^2$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	گام هفتم)		
۳-۳-۱۵-۱۲	محاسبه آرماتور کششی اصلی A_s		
	$\rho_{min} = 0.04 \frac{f_c}{f_y}$	$\rho_{min} = 0.04 \frac{20}{400} = 0.002$	
	$A_{min} = \rho_{min} \cdot b \cdot d$	$A_{min} = 0.002 \times 40 \times 15 = 1.2 \text{ cm}^2$	
۱-۳-۱۵-۱۲	$A_s \geq \max \left(\frac{2}{3} A_{uf} + A_n, A_f + A_n \right)$	$A_{s1} = \frac{2}{3} A_{uf} + A_n = \frac{2}{3} \times 2.82 + 0.7$ $A_{s1} = 2.58 \text{ cm}^2$ $A_{s2} = A_f + A_n = 4.26 + 0.7 = 4.96 \text{ cm}^2$ $\therefore A_s = \max (A_{s1}, A_{s2}) = 4.96 \text{ cm}^2$	
	گام هشتم)		
۴-۳-۱۵-۱۲	انتخاب میلگردها	برای A_s و A_h ۴Φ۱۴ ($A_s=6.16 \text{ cm}^2$) استفاده می شود. این آرماتورها باید به صفحه فلزی تکیه گاه و میلگرد عرضی جوش شوند.	
۲-۳-۱۵-۱۲	$A_h \geq \frac{1}{2} (A_s - A_n)$	$A_h \geq \frac{1}{2} (4.96 - 0.7) = 2.13 \text{ cm}^2$ برای A_h از دو حلقه خماموت بسته استفاده می شود ($A_h=3.14 \text{ cm}^2$) φ10	
۲-۳-۱۵-۱۲		این دو حلقه در فواصل ۱۰ و ۲۰ سانتیمتری از مرکز آرماتورهای کششی اصلی قرار می گیرند.	
	ب : با استفاده از جداول گامهای اول تا سوم همانند قسمت الف می باشند.	برای $f_y = 400 \text{ MPa}$ و $\mu = 1.25$ داریم :	
	گام چهارم) محاسبه A_{uf}	$\frac{V_u}{A_{cv}} = \frac{120 \times 10^{-3}}{0.4 \times 0.15} = 2 \text{ MPa}$ $100 \rho_{uf} = 0.47$ $\therefore A_{uf} = 0.0047 \times 40 \times 15 = 2.82 \text{ cm}^2$	
	تذکر: بقیه گامها همانند قسمت الف می باشند.		

برش ۱-۱) حداقل عرض تیر b_w ، در صورت استفاده از خاموت های U شکل، به فواصل $\frac{d}{2}$.

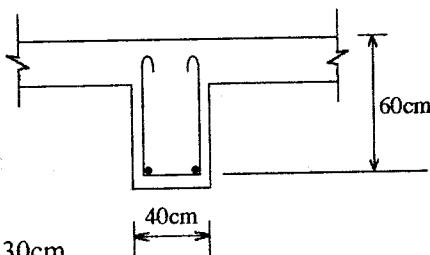
مراجع: بند ۱-۳-۶-۱ از آینه نامه بتن ایران

$$b_{w\max} = \frac{A_v f_y}{0.35(\frac{d}{2})}$$

d, cm	$b_{w\max}, \text{cm}$					
	$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$		
	$\Phi 10$	$\Phi 12$	$\Phi 14$	$\Phi 10$	$\Phi 12$	$\Phi 14$
۳۰	۸۹	۱۲۹	۱۷۶	۱۱۹	۱۷۲	۲۳۴
۳۵	۷۶	۱۱۰	۱۵۰	۱۰۲	۱۴۷	۲۰۱
۴۰	۶۷	۹۶	۱۳۲	۸۹	۱۲۹	۱۷۶
۴۵	۵۹	۸۶	۱۱۷	۷۹	۱۱۴	۱۵۶
۵۰	۵۳	۷۷	۱۰۵	۷۱	۱۰۳	۱۴۰
۵۵	۴۸	۷۰	۹۶	۶۵	۹۳	۱۲۸
۶۰	۴۴	۶۴	۸۸	۵۹	۸۶	۱۱۷
۶۵	۴۱	۵۹	۸۱	۵۵	۷۹	۱۰۸
۷۰	۳۸	۵۵	۷۵	۵۱	۷۳	۱۰۰
۷۵	۳۵	۵۱	۷۰	۴۷	۶۸	۹۳
۸۰	۳۳	۴۸	۶۶	۴۴	۶۴	۸۸
۸۵	۳۱	۴۵	۶۲	۴۲	۶۰	۸۲
۹۰	۲۹	۴۳	۵۸	۳۹	۵۷	۷۸
۹۵	۲۸	۴۰	۵۵	۳۷	۵۴	۷۴
۱۰۰	۲۶	۳۸	۵۲	۳۵	۵۱	۷۰
۱۰۵	۲۵	۳۶	۵۰	۳۴	۴۹	۶۷
۱۱۰	۲۴	۳۵	۴۸	۳۲	۴۶	۶۴
۱۱۵	۲۳	۳۳	۴۵	۳۱	۴۴	۶۱
۱۲۰	۲۲	۳۲	۴۴	۲۹	۴۳	۵۸

مثال:

برای تیر شکل زیر حداقل مقدار خاموت را تعیین کنید.



$$S_{\max} = \frac{d}{2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ cm}$$

حل:

برای $f_y = 400 \text{ MPa}$ و $d = 60 \text{ cm}$ داریم:

$$b_{w\max} = 59 \text{ cm} > 40 \text{ cm}$$

بنابراین استفاده از خاموت های $\Phi 10$ به فواصل 30 cm قابل قبول است.

برش ۱-۲) حداقل فاصله مجاز بین خاموت‌ها برای تیری که پهنای آن بیشتر از اعداد پیشنهادی جدول برش ۱-۱ می‌باشد.

مراجع: بند ۱۲-۶-۳-۱ از آیین‌نامه بتن ایران

$$b_{\max} = \frac{A_v f_y}{0.35 b_w}$$

S _{max} , cm					
f _y = 300 MPa			f _y = 400 MPa		
Φ ۱۰	Φ ۱۲	Φ ۱۴	Φ ۱۰	Φ ۱۲	Φ ۱۴
$\frac{1345}{b_w}$	$\frac{1937}{b_w}$	$\frac{2640}{b_w}$	$\frac{1794}{b_w}$	$\frac{2582}{b_w}$	$\frac{3520}{b_w}$

مثال:

برای تیری به پهنای $b_w = 65\text{cm}$ و ارتفاع موثر $d = 60\text{cm}$ که در آن از خاموت‌های Φ10 استفاده است، حداقل فاصله مجاز بین خاموت‌ها را

$$f_y = 400 \text{ MPa} \quad \text{تعیین کنید.}$$

حل:

$$b_{w\max} = 59 \text{ cm} < 65 \text{ cm}$$

با توجه به جدول برش ۱-۱، حداقل پهنای مجاز تیر برای $S = \frac{d}{2} = 30\text{cm}$ برابر است با:

بنابراین با توجه به جدول برش ۱-۲ داریم:

$$S_{\max} = \frac{1794}{b_w} = \frac{1794}{65} = 27.6 \text{ cm}$$

بروش ۲-۱) تعیین مقاومت برشی vs برای خاموت‌های U شکل . $f_y = 300 \text{ MPa}$

$$V_s = V_u - V_c = \phi_s \cdot A_v \cdot f_y \cdot \frac{d}{s}$$

$$\text{maximum } b_w = \frac{A_v \cdot f_y}{0.35S}$$

مراجع : بند ۱۲-۳-۶ از آیین نامه بتن ایران

Φ	10	V_s (KN)										$f_y = 300$ MPa										
d cm	S cm	0	1/4	1.	11/4	10	11/4	2.	22/4	25	27/4	3.	32/4	35	37/4	4.	42/4	45	47/4	5.	52/4	55
25	200	133	100	80																		
30	240	160	120	95	80																	
35	280	187	140	112	93	80																
40	320	214	160	128	107	92	80															
45	360	240	180	144	120	103	90	80														
50	400	267	200	160	133	114	100	89	80													
55	440	294	220	176	147	128	110	98	88	80												
60	480	320	240	192	160	137	120	107	96	87	80											
65	520	347	260	208	173	149	130	116	104	95	87	80										
70	560	374	280	224	187	160	140	125	112	102	93	85	80									
75	600	400	300	240	200	172	150	136	120	109	100	92	85	80								
80	640	427	320	256	214	183	160	142	128	116	107	99	92	85	80							
85	680	454	340	272	227	194	170	151	135	124	113	105	97	91	85	80						
90	711	480	360	288	240	206	180	160	144	131	120	111	103	95	90	85	80					
95	741	507	380	304	264	217	190	169	152	138	127	117	109	101	95	89	84	80				
100	801	534	400	320	287	229	200	178	160	145	133	122	114	107	100	94	89	84	80			
b _w max (cm)	259	179	135	108	90	77	67	50	49	45	41	38	35	32	30	28	27	26	25	24	23	22

ادامه برش (۱-۲)

$\Phi 12$	$V_s = KN$														$f_y = 300 \text{ MPa}$						
d_{cm}	S_{cm}	۰	۷/۵	۱۰	۱۲/۵	۱۵	۱۷/۵	۲۰	۲۲/۵	۲۵	۲۷/۵	۳۰	۳۲/۵	۳۵	۳۷/۵	۴۰	۴۲/۵	۴۵	۴۷/۵	۵۰	
۲۰	۲۸۸	۱۹۲	۱۷۴	۱۱۰																	
۲۵	۳۴۶	۲۳۱	۱۷۳	۱۲۸	۱۱۵																
۳۰	۴۰۳	۲۶۹	۲۰۲	۱۶۱	۱۳۴	۱۱۵															
۴۰	۴۶۱	۳۰۷	۲۲۱	۱۸۴	۱۵۴	۱۳۲	۱۱۵														
۴۵	۵۱۹	۳۷۵	۲۵۹	۲۰۷	۱۷۳	۱۴۸	۱۳۰	۱۱۵													
۵۰	۵۷۶	۳۸۴	۲۸۸	۲۳۱	۱۹۲	۱۶۰	۱۴۴	۱۲۸	۱۱۵												
۶۰	۶۳۶	۴۲۲	۳۱۷	۲۵۴	۲۱۱	۱۸۱	۱۵۸	۱۴۱	۱۲۷	۱۱۵											
۷۰	۶۹۲	۴۵۱	۳۴۶	۲۷۷	۲۲۱	۱۹۸	۱۷۳	۱۵۴	۱۳۸	۱۲۵	۱۱۵										
۸۰	۷۵۹	۴۹۹	۳۷۵	۳۰۰	۲۵۰	۲۱۴	۱۸۷	۱۶۶	۱۵۰	۱۳۶	۱۲۵	۱۱۵									
۹۰	۸۱۷	۵۳۸	۴۰۳	۳۳۳	۲۶۹	۲۲۱	۱۹۲	۱۷۹	۱۵۱	۱۳۷	۱۲۴	۱۱۵									
۱۰۰	۸۷۴	۵۷۶	۴۴۲	۳۶۶	۲۸۸	۲۴۷	۲۱۶	۱۹۲	۱۷۳	۱۵۷	۱۴۴	۱۳۳	۱۲۳	۱۱۵							
۱۱۰	۹۲۲	۶۱۵	۴۶۱	۳۷۹	۳۰۷	۲۶۳	۲۲۱	۲۰۰	۱۸۴	۱۶۸	۱۴۲	۱۳۲	۱۲۲	۱۱۵							
۱۲۰	۹۷۰	۶۵۳	۴۹۰	۴۰۷	۳۷۷	۳۰۰	۲۴۵	۲۱۸	۱۹۶	۱۷۸	۱۶۳	۱۵۱	۱۴۰	۱۳۱	۱۲۲	۱۱۵					
۱۳۰	۱۰۲۷	۶۹۲	۵۱۹	۴۱۵	۳۷۴	۳۰۲	۲۴۶	۲۱۷	۱۹۷	۱۷۳	۱۵۷	۱۴۰	۱۲۸	۱۱۵							
۱۴۰	۱۰۸۵	۷۴۱	۵۷۶	۴۴۲	۳۷۷	۳۰۰	۲۴۷	۲۱۸	۱۹۶	۱۷۵	۱۵۷	۱۴۰	۱۲۸	۱۱۵							
۱۵۰	۱۱۴۲	۷۸۰	۶۱۵	۴۶۱	۴۰۷	۳۷۹	۳۰۰	۲۴۵	۲۱۸	۱۹۶	۱۷۳	۱۵۷	۱۴۰	۱۲۸	۱۱۵						
۱۶۰	۱۱۹۸	۸۲۸	۵۳۸	۴۴۲	۳۷۷	۳۰۰	۲۴۶	۲۱۷	۱۹۷	۱۷۴	۱۵۷	۱۴۰	۱۲۸	۱۱۵							
۱۷۰	۱۲۵۶	۸۷۶	۵۷۶	۴۴۲	۳۷۷	۳۰۰	۲۴۷	۲۱۸	۱۹۶	۱۷۵	۱۵۷	۱۴۰	۱۲۸	۱۱۵							
۱۸۰	۱۳۱۴	۹۲۴	۶۱۵	۴۶۱	۴۰۷	۳۷۹	۳۰۰	۲۴۵	۲۱۸	۱۹۶	۱۷۳	۱۵۷	۱۴۰	۱۲۸	۱۱۵						
۱۹۰	۱۳۷۲	۹۷۲	۷۰۷	۵۶۰	۴۰۷	۳۷۹	۳۰۰	۲۴۵	۲۱۸	۱۹۶	۱۷۳	۱۵۷	۱۴۰	۱۲۸	۱۱۵						
۲۰۰	۱۴۳۰	۹۹۰	۷۲۸	۵۷۶	۴۴۲	۳۷۷	۳۰۰	۲۴۶	۲۱۷	۱۹۷	۱۷۴	۱۵۷	۱۴۰	۱۲۸	۱۱۵						
۲۱۰	۱۴۸۷	۱۰۴۷	۷۷۰	۶۱۵	۴۶۱	۴۰۷	۳۷۹	۳۰۰	۲۴۵	۲۱۸	۱۹۶	۱۷۳	۱۵۷	۱۴۰	۱۲۸	۱۱۵					
$b_w \max$ (cm)		۳۸۷	۳۵۸	۱۹۴	۱۰۵	۱۲۹	۱۱۱	۹۷	۸۶	۷۷	۷۰	۶۰	۵۵	۵۲	۴۸	۴۳	۴۱	۳۹	۳۷	۳۵	

$\Phi 14$	$V_s = KN$														$f_y = 300 \text{ MPa}$						
d_{cm}	S_{cm}	۰	۷/۵	۱۰	۱۲/۵	۱۵	۱۷/۵	۲۰	۲۲/۵	۲۵	۲۷/۵	۳۰	۳۲/۵	۳۵	۳۷/۵	۴۰	۴۲/۵	۴۵	۴۷/۵	۵۰	
۲۰	۲۹۳	۲۶۲	۱۹۶	۱۵۷																	
۲۵	۴۷۱	۳۱۴	۲۲۴	۱۸۸	۱۵۷																
۳۰	۵۵۰	۳۵۷	۲۷۵	۲۲۰	۱۸۳	۱۵۷															
۴۰	۶۳۸	۴۱۹	۳۱۴	۲۵۱	۲۰۹	۱۸۰	۱۵۷														
۴۵	۷۱۶	۳۵۳	۲۵۳	۲۸۳	۲۳۶	۲۰۲	۱۷۷	۱۵۷													
۵۰	۷۸۰	۴۲۴	۳۹۳	۳۱۴	۲۶۲	۲۲۴	۱۹۶	۱۷۵	۱۵۷												
۶۰	۸۴۵	۴۷۶	۴۳۲	۳۶۶	۲۸۸	۲۴۷	۲۱۶	۱۹۲	۱۷۳	۱۵۷	۱۴۰	۱۲۳	۱۱۵								
۷۰	۹۰۲	۶۲۸	۴۷۱	۳۷۷	۳۱۴	۲۶۹	۲۲۶	۲۰۹	۱۸۷	۱۶۸	۱۴۲	۱۲۲	۱۱۵								
۸۰	۹۵۹	۷۱۵	۵۱۱	۴۰۸	۳۷۷	۳۰۰	۲۴۵	۲۱۷	۱۹۶	۱۷۴	۱۵۷	۱۴۰	۱۲۸	۱۱۵							
۹۰	۱۰۲۷	۷۷۳	۵۵۰	۴۴۰	۳۸۷	۳۱۴	۲۷۵	۲۴۶	۲۲۷	۲۰۴	۱۸۶	۱۷۰	۱۵۷								
۱۰۰	۱۱۰۰	۸۲۳	۵۵۰	۴۴۰	۳۸۷	۳۱۴	۲۷۵	۲۴۶	۲۲۷	۲۰۴	۱۸۶	۱۷۰	۱۵۷								
۱۱۰	۱۱۷۸	۸۷۰	۵۸۰	۴۷۱	۴۰۷	۳۹۳	۳۳۷	۲۹۵	۲۶۷	۲۴۷	۲۲۰	۲۰۰	۱۸۳	۱۶۹	۱۵۷						
۱۲۰	۱۲۴۲	۹۲۸	۶۱۵	۴۶۱	۴۰۷	۳۷۹	۳۰۰	۲۴۵	۲۱۸	۱۹۶	۱۷۳	۱۵۷	۱۴۰	۱۲۸	۱۱۵						
۱۳۰	۱۳۱۴	۹۷۶	۶۱۵	۴۶۱	۴۰۷	۳۷۹	۳۰۰	۲۴۵	۲۱۸	۱۹۶	۱۷۳	۱۵۷	۱۴۰	۱۲۸	۱۱۵						
۱۴۰	۱۳۷۲	۹۷۲	۷۰۷	۵۶۰	۴۰۷	۳۷۹	۳۰۰	۲۴۵	۲۱۸	۱۹۶	۱۷۳	۱۵۷	۱۴۰	۱۲۸	۱۱۵						
۱۵۰	۱۴۳۰	۱۰۴۷	۷۲۸	۵۷۶	۴۴۲	۳۷۷	۳۰۰	۲۴۶	۲۱۷	۱۹۷	۱۷۴	۱۵۷	۱۴۰	۱۲۸	۱۱۵						
۱۶۰	۱۴۸۷	۱۰۷۶	۷۷۰	۶۱۵	۴۶۱	۴۰۷	۳۷۹	۳۰۰	۲۴۵	۲۱۸	۱۹۶	۱۷۳	۱۵۷	۱۴۰	۱۲۸	۱۱۵					
۱۷۰	۱۵۴۵	۱۱۴۲	۷۷۰	۶۱۵	۴۶۱	۴۰۷	۳۷۹	۳۰۰	۲۴۵	۲۱۸	۱۹۶	۱۷۳	۱۵۷	۱۴۰	۱۲۸	۱۱۵					
۱۸۰	۱۵۱۴	۱۱۷۸	۷۰۷	۵۶۰	۴۰۷	۳۷۹	۳۰۰	۲۴۵	۲۱۸	۱۹۶	۱۷۳	۱۵۷	۱۴۰	۱۲۸	۱۱۵						
۱۹۰	۱۵۷۲	۱۲۴۷	۷۷۰	۶۱۵	۴۶۱	۴۰۷	۳۷۹	۳۰۰	۲۴۵	۲۱۸	۱۹۶	۱۷۳	۱۵۷	۱۴۰	۱۲۸	۱۱۵					
۲۰۰	۱۶۳۰	۱۳۱۴	۷۷۰	۶۱۵	۴۶۱	۴۰۷	۳۷۹	۳۰۰	۲۴۵	۲۱۸	۱۹۶	۱۷۳	۱۵۷	۱۴۰	۱۲۸	۱۱۵					
$b_w \max$ (cm)		۳۸۷	۳۵۸	۲۸۴	۲۱۱	۱۷۶	۱۰۱	۱۳۲	۱۱۷	۱۰۷	۹۳	۸۸	۸۱	۷۵	۷۰	۶۶	۶۲	۵۹	۵۶	۵۳	

برش ۲-۲) تعیین مقاومت برشی V_s برای خاموت‌های U شکل . $f_y = 400 \text{ MPa}$

$$V_s = V_u - V_c = \phi_s \cdot A_v \cdot f_y \cdot \frac{d}{s}$$

$$\text{maximum } b_w = \frac{A_v \cdot f_y}{0.35s}$$

مراجع : بند ۱۲ و ۱۲-۴-۱-۳-۶-۱۲ از آینه نامه بتن ایران

d cm S cm	$\Phi 10$																		$V_s = KN$	$f_y = 400 \text{ MPa}$
	۵	۷/۵	۱۰	۱۲/۵	۱۵	۱۷/۵	۲۰	۲۲/۵	۲۵	۲۷/۵	۳۰	۳۲/۵	۳۵	۳۷/۵	۴۰	۴۲/۵	۴۵	۴۷/۵	۵۰	
۲۵	۲۶۷	۱۷۸	۱۳۳	۱۰۷																
۳۰	۳۲۰	۲۱۴	۱۶۰	۱۲۸	۱۰۷															
۳۵	۳۷۷	۲۴۹	۱۶۷	۱۴۹	۱۲۵	۱۰۷														
۴۰	۴۲۷	۲۸۵	۲۱۴	۱۷۱	۱۴۲	۱۲۲	۱۰۷													
۴۵	۴۸۰	۳۲۰	۲۴۰	۱۹۲	۱۶۰	۱۳۷	۱۲۰	۱۰۷												
۵۰	۵۳۴	۳۵۶	۲۶۷	۲۱۴	۱۷۸	۱۵۳	۱۳۳	۱۱۹	۱۰۷											
۵۵	۵۸۷	۳۹۱	۲۹۴	۲۲۵	۱۹۶	۱۶۸	۱۴۷	۱۳۰	۱۱۷	۱۰۷										
۶۰	۶۴۱	۴۲۷	۳۲۰	۲۵۶	۲۱۴	۱۸۳	۱۶۰	۱۴۲	۱۲۸	۱۱۶	۱۰۷									
۶۵	۶۹۴	۴۶۳	۳۴۷	۲۷۸	۲۲۱	۱۹۸	۱۷۳	۱۵۰	۱۳۹	۱۲۶	۱۱۶	۱۰۷								
۷۰	۷۴۷	۴۹۸	۳۷۴	۲۹۹	۲۴۹	۲۱۴	۱۸۷	۱۶۶	۱۴۹	۱۳۶	۱۲۵	۱۱۵	۱۰۷							
۷۵	۸۰۱	۵۳۰	۴۰۰	۲۲۰	۲۶۷	۲۲۹	۲۰۰	۱۷۸	۱۵۰	۱۴۶	۱۳۳	۱۲۳	۱۱۴	۱۰۷						
۸۰	۸۵۴	۵۶۹	۴۲۷	۳۴۲	۲۸۵	۲۴۴	۲۱۴	۱۹۰	۱۷۱	۱۵۵	۱۴۲	۱۳۱	۱۲۲	۱۱۴	۱۰۷					
۸۵	۹۰۷	۶۰۰	۴۵۴	۳۶۲	۳۰۲	۲۵۹	۲۲۷	۲۰۲	۱۸۱	۱۶۵	۱۵۱	۱۴۰	۱۳۰	۱۲۱	۱۱۳	۱۰۷				
۹۰	۹۶۱	۶۴۱	۴۸۰	۳۸۴	۲۲۰	۲۷۵	۲۴۰	۲۱۴	۱۹۲	۱۷۵	۱۶۰	۱۴۸	۱۳۷	۱۲۸	۱۲۰	۱۱۳	۱۰۷			
۹۵	۱۰۱۴	۶۷۶	۵۰۷	۴۰۷	۲۲۸	۲۹۰	۲۵۴	۲۲۵	۲۰۳	۱۸۷	۱۶۹	۱۵۶	۱۴۵	۱۳۵	۱۲۷	۱۱۹	۱۱۳	۱۰۷		
۱۰۰	۱۰۳۸	۷۱۲	۵۳۴	۴۲۷	۳۵۶	۳۰۰	۲۶۷	۲۳۷	۲۱۴	۱۹۴	۱۷۸	۱۶۴	۱۵۳	۱۴۲	۱۳۳	۱۲۶	۱۱۹	۱۱۲	۱۰۷	
$b_w \text{ max}$ (cm)	۳۵۹	۲۲۹	۱۷۹	۱۴۴	۱۲۰	۱۰۳	۹۰	۸۰	۷۲	۶۵	۶۰	۵۵	۵۱	۴۸	۴۵	۴۲	۴۰	۳۸	۳۶	

(۲-۲) ادامه برش

$\Phi 12$	$V_s = KN$																		$f_y = 400 \text{ MPa}$
$d_{cm} \text{ S}_{cm}$	۰	۱/۰	۱-	۱۲/۰	۱۵	۱۷/۰	۲-	۲۲/۰	۲۵	۲۷/۰	۳-	۳۲/۰	۳۵	۳۷/۰	۴-	۴۲/۰	۴۵	۴۷/۰	۵-
۲۵	۳۸۴	۳۰۶	۱۹۲	۱۰۴															
۳۰	۴۶۱	۳۰۷	۲۳۱	۱۸۴	۱۵۴														
۳۵	۵۳۸	۳۰۹	۲۶۹	۲۱۵	۱۷۹	۱۵۴													
۴۰	۶۱۵	۴۱۰	۳۰۷	۲۴۶	۲۰۵	۱۷۴	۱۵۴												
۴۵	۶۹۲	۴۶۱	۳۲۶	۲۷۷	۲۳۱	۱۹۸	۱۷۳	۱۵۴											
۵۰	۷۶۸	۵۱۲	۳۲۴	۳۰۷	۲۵۶	۲۲۰	۱۹۲	۱۷۱	۱۵۴										
۵۵	۸۴۵	۵۶۳	۴۲۳	۳۳۸	۲۸۲	۲۴۱	۲۱۱	۱۸۸	۱۶۹	۱۵۴									
۶۰	۹۲۲	۶۱۵	۴۶۱	۳۶۹	۳۰۷	۲۶۳	۲۳۱	۲۰۵	۱۸۴	۱۶۸	۱۵۴								
۶۵	۹۹۹	۶۶۶	۴۹۹	۴۰۰	۳۳۳	۲۸۵	۲۵۰	۲۲۲	۲۰۰	۱۸۲	۱۶۶	۱۵۴							
۷۰	۱۰۷۵	۷۱۷	۵۲۸	۴۳۰	۳۰۹	۳۰۷	۲۶۹	۲۳۹	۲۱۵	۱۹۶	۱۷۹	۱۶۶	۱۵۴						
۷۵	۱۱۵۳	۷۸۸	۵۷۴	۴۶۱	۳۸۴	۳۲۹	۲۸۸	۲۵۶	۲۲۱	۲۱۰	۱۹۲	۱۷۷	۱۶۵	۱۵۴					
۸۰	۱۲۳۹	۷۲۰	۶۱۵	۴۹۲	۴۱۰	۳۵۱	۳۰۷	۲۷۳	۲۴۶	۲۲۴	۲۰۰	۱۸۹	۱۷۶	۱۶۴	۱۵۴				
۸۵	۱۳۰۸	۷۷۱	۶۵۳	۵۲۳	۴۳۵	۳۷۳	۳۳۷	۲۹۰	۲۶۱	۲۳۸	۲۱۸	۲۰۱	۱۸۷	۱۷۴	۱۶۳	۱۵۴			
۹۰	۱۳۸۳	۷۲۲	۶۹۲	۵۰۳	۴۶۱	۳۹۵	۳۶۵	۳۰۷	۲۷۷	۲۵۱	۲۳۱	۲۱۳	۱۹۸	۱۸۴	۱۷۳	۱۶۳	۱۵۴		
۹۵	۱۴۵۰	۷۷۲	۷۲۰	۵۸۷	۴۱۷	۴۱۷	۳۵۵	۳۲۴	۲۹۲	۲۶۵	۲۴۳	۲۲۵	۲۰۹	۱۹۰	۱۸۲	۱۷۲	۱۶۴	۱۵۴	
۱۰۰	۱۵۲۷	۱۰۲۵	۷۸۸	۶۱۵	۵۱۲	۴۷۹	۳۸۴	۳۲۲	۳۰۷	۲۷۹	۲۵۵	۲۳۶	۲۲۰	۲۰۰	۱۹۲	۱۸۱	۱۷۱	۱۶۲	۱۵۴
$b_w \text{ max}$ (cm)	۵۱۷	۳۴۴	۲۵۸	۲۰۷	۱۷۲	۱۴۸	۱۲۹	۱۱۵	۱۰۳	۹۴	۸۶	۷۹	۷۴	۶۹	۶۵	۶۱	۵۷	۵۴	۵۲

$\Phi 14$	$V_s = KN$																		$f_y = 400 \text{ MPa}$
$d_{cm} \text{ S}_{cm}$	۰	۱/۰	۱-	۱۲/۰	۱۵	۱۷/۰	۲-	۲۲/۰	۲۵	۲۷/۰	۳-	۳۲/۰	۳۵	۳۷/۰	۴-	۴۲/۰	۴۵	۴۷/۰	۵-
۲۵	۰۲۴	۳۷۹	۲۶۲	۲۰۹															
۳۰	۵۲۸	۴۱۹	۳۱۴	۲۵۱	۲۰۹														
۳۵	۷۲۳	۴۱۹	۳۷۷	۲۹۳	۲۲۴	۲۰۹													
۴۰	۸۲۸	۵۰۹	۴۱۹	۳۳۵	۲۷۹	۲۲۹	۲۰۹												
۴۵	۹۲۲	۶۲۸	۴۷۱	۳۷۷	۳۱۴	۲۶۹	۲۳۴	۲۰۹											
۵۰	۱۰۴۷	۶۹۸	۵۲۴	۴۱۹	۳۲۹	۲۹۹	۲۵۲	۲۲۳	۲۰۹										
۵۵	۱۱۵۲	۷۸۸	۵۷۴	۴۶۱	۳۸۴	۳۲۹	۲۸۱	۲۰۸	۲۰۵	۲۲۰	۲۰۹								
۶۰	۱۲۵۷	۸۲۸	۶۲۸	۵۰۳	۴۱۹	۳۵۹	۳۱۴	۲۷۹	۲۵۱	۲۲۸	۲۰۹								
۶۵	۱۳۶۱	۹۰۸	۶۸۱	۵۰۴	۴۰۴	۳۸۹	۳۶۰	۳۰۳	۲۷۲	۲۴۸	۲۲۷	۲۰۹							
۷۰	۱۴۵۵	۹۷۷	۷۲۲	۵۰۸	۴۸۹	۴۱۹	۳۵۷	۳۲۶	۲۹۳	۲۶۷	۲۴۴	۲۲۴	۲۰۹						
۷۵	۱۵۷۱	۱۰۴۷	۷۸۵	۶۲۸	۴۲۴	۴۷۹	۳۹۲	۳۲۹	۳۱۴	۲۸۶	۲۵۲	۲۲۲	۲۰۹						
۸۰	۱۶۷۶	۱۱۱۷	۸۲۸	۵۰۵	۴۰۹	۴۷۹	۴۱۹	۳۷۲	۳۳۵	۳۰۵	۲۷۹	۲۴۸	۲۲۳	۲۰۹					
۸۵	۱۷۸۰	۱۱۸۷	۸۹۰	۷۱۲	۵۰۳	۵۰۹	۴۷۵	۴۲۶	۳۵۸	۳۲۴	۲۹۷	۲۷۴	۲۴۷	۲۲۳	۲۰۹				
۹۰	۱۸۸۵	۱۲۵۷	۸۴۲	۷۰۵	۶۲۸	۵۰۹	۴۷۱	۴۱۹	۳۷۷	۳۴۳	۳۱۴	۲۹۰	۲۶۹	۲۴۱	۲۲۶	۲۰۹			
۹۵	۱۹۹۰	۱۳۲۳	۹۹۵	۷۰۶	۶۶۳	۵۰۸	۴۹۷	۴۴۲	۳۹۸	۳۶۲	۳۳۲	۳۰۵	۲۸۴	۲۶۵	۲۴۹	۲۲۳	۲۰۹		
۱۰۰	۲۰۹۴	۱۳۹۵	۱۰۴۷	۷۲۸	۶۹۸	۵۰۸	۴۷۴	۴۳۵	۴۱۹	۳۸۱	۳۴۹	۳۲۲	۲۹۹	۲۷۹	۲۵۲	۲۲۳	۲۰۹		
$b_w \text{ max}$ (cm)	۷۰۴	۴۵۹	۳۵۲	۲۸۲	۲۳۵	۲۰۱	۱۷۳	۱۰۳	۱۰۶	۱۰۱	۱۱۸	۱۱۷	۱۰۸	۱۰۱	۹۷	۸۸	۷۸	۷۴	۷۰

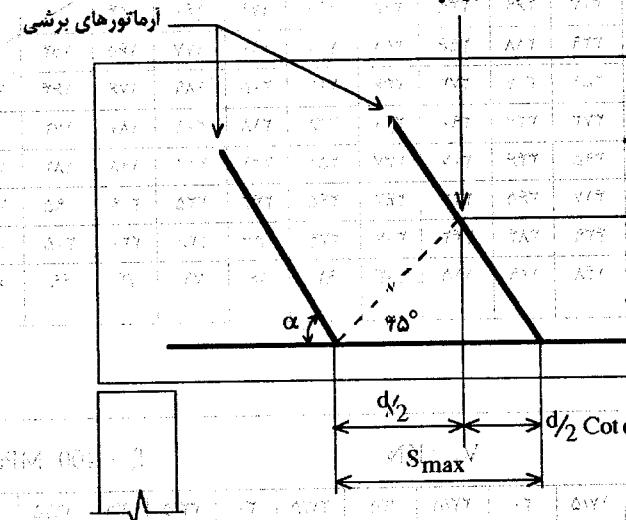
برش ۳) ضرایب لازم برای طراحی خاموت‌های مایل

مراجع: بندهای ۱۲-۴-۱ و ۱۲-۶-۴-۳ و ۱۲-۶-۴-۳ و ۱۲-۴-۲-۴-۳ از آیین نامه بنی ایران

$$\frac{S_{\max}}{d} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \text{Cota}$$

برای میگرد های طولی خم شده اگر $V_s \leq 2V_c$ باشد داریم:

تہمیل ترک



α (درجه)	۹۰	۸۵	۸۰	۷۵	۶۰	۵۵	۵۰	۴۵	۴۰	۳۵	۳۰
$B_v = \sin \alpha + \cos \alpha$	۱	۱/۱۸	۱/۱۶	۱/۲۲	۱/۲۸	۱/۲۲	۱/۲۷	۱/۲۹	۱/۴۱	۱/۴۳	۱/۴۷
S_{max}	برای خاموتهای مایل	-۰/۰	-۰/۰۴	-۰/۰۹	-۰/۰۳	-۰/۰۸	-۰/۰۷	-۰/۰۹	-۰/۱۰	-۰/۱۲	-
d	برای میله‌گردهای خم شده	-۰/۳۸	-۰/۴۱	-۰/۴۴	-۰/۴۷	-۰/۵۱	-۰/۵۰	-۰/۵۹	-۰/۶۴	-۰/۶۹	-۰/۷۲

تلذکر: در مواقعیکه $V_{S\text{می باشد}} > 2V_C$ مقدار $\frac{S_{\text{max}}}{\mu}$ باید به نصف تقلیل داده شوند.

برش ۴) تعیین درصد آرماتور (ρ_{uf}) عمود بر صفحه برش، در برش اصطکاکی

مراجع: بخش ۱۲-۱۴ از آینه نامه بتن ایران.

مقادیر جدول برابر $100\rho_{uf}$ و یا $\frac{A_{uf}}{A_{cv}} \cdot 100$ می باشند.

$$A_{uf} = \text{سطح مقطع آرماتور برش اصطکاکی}$$

سطح مقطعی از بتن که در برابر برش مقاومت می کند = A_{cv}

برای برش اصطکاکی داریم:

$$V_u \leq \phi_s \mu \cdot A_{uf} \cdot f_y = \phi_s \cdot \mu \cdot \rho_{uf} \cdot A_{cv} \cdot f_y$$

$$\frac{V_u}{A_{cv}} \leq \phi_s \mu \cdot \rho_{uf} \cdot f_y \leq 0.25 \phi_s \cdot f_c (6.5 \phi_c (6.5 \phi_c \cdot f_c))$$

100 ρ_{uf}													
$\frac{V_u}{A_{cv}}$ MPa	$\mu = 1.25$	بتنی که بصورت یکپارچه، ریخته شود.			بتنی که در مجاورت بتن سخت شده دارای سطح زبر، ریخته شود.			بتنی که بواسیله گل میخ یا میگلارد به پروفیل فولادی متصل می شود.			بتنی که در مجاورت بتن سخت شده دارای سطح نرم، ریخته شود.		
		f_y , MPa			f_y , MPa			f_y , MPa			f_y , MPa		
		۲۲۰	۳۰۰	۴۰۰	۲۲۰	۳۰۰	۴۰۰	۲۲۰	۳۰۰	۴۰۰	۲۲۰	۳۰۰	۴۰۰
۰/۵	۰/۲۱	۰/۱۶	۰/۱۲	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۴۵	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۵۳	۰/۳۹	۰/۲۹		
۰/۷۵	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۱۸	۰/۴۵	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۸۷	۰/۴۹	۰/۳۷	۰/۸۰	۰/۵۹	۰/۴۴	
۱	۰/۴۳	۰/۳۱	۰/۲۴	۰/۵۹	۰/۴۴	۰/۳۳	۰/۸۹	۰/۶۵	۰/۴۹	۱/۰۷	۰/۷۸	۰/۵۹	
۱/۲۵	۰/۵۳	۰/۳۹	۰/۲۹	۰/۷۴	۰/۵۴	۰/۴۱	۱/۱۱	۰/۸۲	۰/۶۱	۱/۳۴	۰/۹۸	۰/۷۴	
۱/۵	۰/۶۴	۰/۴۷	۰/۳۵	۰/۱۹	۰/۶۵	۰/۴۹	۱/۳۴	۰/۹۸	۰/۷۴	۱/۶۰	۱/۱۸	۰/۸۸	
۱/۷۵	۰/۷۵	۰/۵۵	۰/۴۱	۱/۰۴	۰/۷۶	۰/۵۷	۱/۵۶	۱/۱۴	۰/۸۶	۱/۸۷	۱/۳۷	۱/۰۳	
۲	۰/۸۶	۰/۶۳	۰/۴۷	۱/۱۹	۰/۸۷	۰/۶۵	۱/۷۸	۱/۳۱	۰/۹۸	۲/۱۴	۱/۵۷	۱/۱۸	
۲/۲۵	۰/۹۶	۰/۷۱	۰/۵۳	۱/۳۴	۰/۹۸	۰/۷۴	۲/۰۱	۱/۴۷	۱/۱۰	۲/۴۱	۱/۷۶	۱/۳۲	
۲/۵	۱/۰۷	۰/۷۸	۰/۵۹	۱/۴۹	۱/۰۹	۰/۸۲	۲/۲۳	۱/۸۳	۱/۲۳	۲/۵۷	۱/۹۶	۱/۴۷	
۲/۷۵	۱/۱۸	۰/۸۶	۰/۶۵	۱/۶۳	۱/۲۰	۰/۹۰	۲/۴۵	۱/۸۰	۱/۳۵	۲/۹۴	۲/۱۶	۱/۶۲	
۳	۱/۲۸	۰/۹۴	۰/۷۱	۱/۷۸	۱/۲۱	۰/۹۸	۲/۶۷	۱/۹۶	۱/۴۷	۳/۲۱	۲/۳۵	۱/۷۶	
۳/۲۵	۱/۳۹	۱/۰۲	۰/۷۶	۱/۹۳	۱/۴۲	۱/۰۶	۲/۹۰	۲/۱۲	۱/۵۹	۳/۴۸	۲/۵۵	۱/۹۱	
۳/۵	۱/۵۰	۱/۱۰	۰/۸۲	۲/۰۸	۱/۵۳	۱/۱۴	۳/۱۲	۲/۲۹	۱/۷۲	۳/۷۴	۲/۷۵	۲/۰۶	
۳/۷۵	۱/۶۰	۱/۱۸	۰/۸۸	۲/۲۳	۱/۶۳	۱/۲۳	۳/۳۴	۲/۴۵	۱/۸۴	۴/۰۱	۲/۹۴	۲/۲۱	
۳/۹	۱/۶۷	۱/۲۲	۰/۹۲	۲/۳۲	۱/۷۰	۱/۲۷	۳/۴۸	۲/۵۵	۱/۹۱	۴/۱۴	۳/۰۶	۲/۲۹	



شکار
تپییر

مثال ۱ ممان اینرسی برای موثر برای یک مقطع مستطیل شکل با آرماتور کششی

ممان اینرسی موثر را برای تیر مستطیل شکل زیر محاسبه نماید.

: مشخصات

$$b = 35 \text{ cm}$$

$$d = 55 \text{ cm}$$

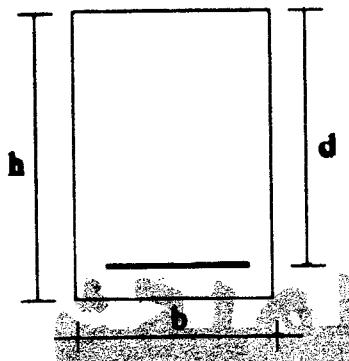
$$h = 60 \text{ cm}$$

$$A_s = 40 \text{ cm}^2$$

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$n = 8$$

$$M_a = 242 \text{ KN.m}$$



تحت از بار سروپس

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
		الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول محاسبه لنگر خمشی ترک خوردگی مقطع $f_c = 0.6\sqrt{30} = 3.29 \text{ MPa}$ $I_g = \frac{bh^3}{12}$ $M_{cr} = \frac{f_c I_g}{y_t} = \frac{3.29 \times 6.3 \times 10^{-3}}{0.3} \times 10^3 = 69.1 \text{ KN.m}$	۲-۲-۲-۱۴ ۳-۱۴ معادله
	$\frac{35x^2}{2} - 8 \times 40(55 - x) = 0$ $17.5x^2 + 320x - 17600 = 0$ $\rightarrow x = 23.86 \text{ cm}$ $I_{cr} = \frac{bc^3}{3} + nA_s(d - x)^2 = 468778 \text{ cm}^4$	گام دوم محاسبه ممان اینرسی مقطع ترک خورده برای مقاطع مستطیل شکل بدون آرماتور فشاری داریم: $\frac{bx^2}{2} - nA_s(d - x) = 0$ فاصله محور خنثی از تار فوقانی تیر می‌باشد. $I_{cr} = \frac{bc^3}{3} + nA_s(d - x)^2$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند این تابه
		گام سوم)	
	محاسبه ممان اینرسی کل مقطع		
	$I_g = \frac{bh^3}{12}$	$I_g = \frac{0.35 \times 60^3}{12} = 630000 \text{ cm}^4$	
۲-۲-۲-۱۴	گام چهارم)		
	محاسبه ممان اینرسی موثر مقطع		
۱-۱۴	معادله	$I_e = I_{cr} + (I_g - I_{cr}) \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3$	$I_{cr} = 468778 + (630000 - 468778) \times \left(\frac{69.1}{242} \right)^3$
		$I_e = 468778 + 3753$	
		$I_e = 472531 \text{ cm}^4 < I_g \text{ O.K.}$	
۲-۲-۲-۱۴	(ب) با استفاده از جداول کمکی		
	گام اول)		
	محاسبه M_{cr}		برای $f_c = 30 \text{ MPa}$, $h = 60 \text{ cm}$ دایم:
	ابتدا مقدار K_{cr} به دست می‌آید.	$K_{cr} = 197.18$	اфт ۱
	سپس با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:		
	$M_{cr} = K_{cr} \frac{b}{100}$	$M_{cr} = 197.18 \times \frac{35}{100} = 69 \text{ KN.m}$	
	گام دوم)		
	محاسبه I_{cr}		
	ابتدا مقدار ρ محاسبه می‌شود.		
	$\rho = \frac{A_s}{bd}$	$\rho = \frac{40}{35 \times 55} = 0.0208$	
	$I_{cr} = K_{il} bd^3$	برای $\rho = 0.0208$ و $n = 8$ داریم:	
		$K_{il} = 0.08$	
		$I_{cr} = 0.08 \times 35 \times 55^3 = 465850 \text{ cm}^4$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آین نامه
		<p style="text-align: center;">گام سوم)</p> <p style="text-align: center;">I_g محاسبه</p> $I_g = \frac{bh^3}{12}$ $I_g = \frac{35 \times 60^3}{12} = 630000 \text{ cm}^4$	
	<p style="text-align: center;">گام چهارم)</p> <p style="text-align: center;">I_e محاسبه</p> <p>ابتدا مقادیر $\frac{M_{cr}}{M_a}$ و $\frac{I_{cr}}{I_g}$ محاسبه می‌شوند و</p> <p>سپس K_{i3} بدست می‌آید.</p> $\frac{I_{cr}}{I_g} = \frac{465850}{630000} = 0.74$ $\frac{M_{cr}}{M_a} = \frac{69}{242} = 0.285$ <p>برای $\frac{M_{cr}}{M_a} = 0.285$ ، $\frac{I_{cr}}{I_g} = 0.74$ داریم:</p> $K_{i3} = 0.755$ $I_e = 0.755 \times 630000 = 475650 \text{ cm}^4$	$I_g = \frac{bh^3}{12}$ $I_g = \frac{35 \times 60^3}{12} = 630000 \text{ cm}^4$	

مثال ۲ افت یک تیر مستطیل شکل با دهانه ساده و دارای آرماتور کششی

افت ناشی از بار زنده را در وسط دهانه تیر زیر تعیین کنید. M_d و M_{d+1} لنگرهای ناشی از بارهای بهره‌برداری می‌باشند.

مشخصات:

$$b = 35 \text{ cm}$$

$$d = 55 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

$$A_s = 40 \text{ cm}^2$$

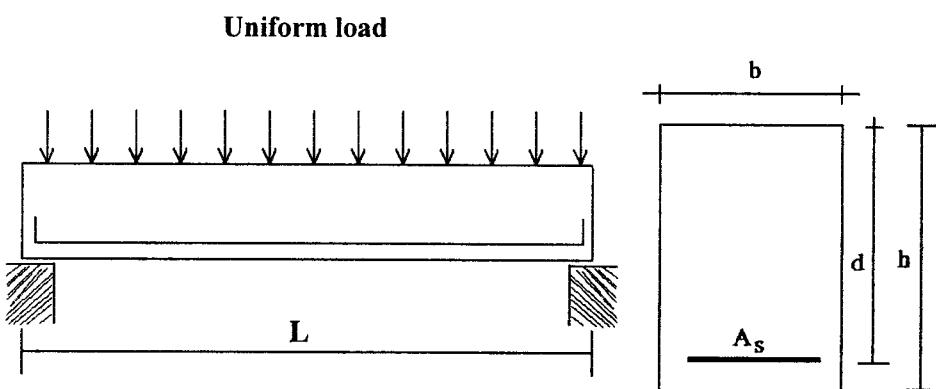
$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$n = 8$$

$$M_d = 165 \text{ KN.m}$$

$$M_{d+1} = 243 \text{ KN.m}$$

$$L = 12 \text{ m}$$



جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$I_{cr} = 468778 \text{ cm}^4$ $I_g = 630000 \text{ cm}^4$ $M_{cr} = 69.1 \text{ KN.m}$	الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول) با توجه به مثال افت ۱ مقادیر I_g و I_{cr} برابرند با :	۲-۲-۲-۱۴
	$I_{ed} = I_{cr} + (I_g - I_{cr})\left(\frac{M_{cr}}{M_d}\right)^3$ $I_{ed} = 468778 + (630000 - 468778)\left(\frac{69.1}{165}\right)^3$ $I_{ed} = 480620 \text{ cm}^4$	$\text{محاسبه } I_e \text{ برای لنگر ناشی از بار مرده}$	۱-۱۴ معادله
	گام دوم) $a_d = \frac{5}{384} \frac{q_d \cdot L^4}{E \cdot I_{ed}}$ و یا :	$\text{محاسبه تغییر شکل ناشی از بار مرده}$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
: ۹	$a_d = \frac{5}{48} \frac{(q_d \cdot L^2 / 8)L^2}{E \cdot I_{ed}}$	$a_d = \frac{5}{48} \frac{165 \times 10^{-3} \times 12^2}{E \times 480620 \times 10^{-8}}$ $a_d = \frac{514/96}{E}$	
	$E = 5000\sqrt{f_c}$	$E = 5000\sqrt{30} = 27386 \text{ Mpa}$	
			بنابراین:
		$a_d = \frac{514/96}{27386} = 0.019 \text{ m}$	و یا :
		$a_d = 1.9 \text{ cm}$	
		(گام سوم)	
		محاسبه I_e ناشی از بار مرده و زنده	
		$I_{e(d+1)} = I_{cr} + (I_g - I_{cr}) \times \left(\frac{M_{cr}}{M_{d+1}}\right)^3$	
		$I_{e(d+1)} = 468778 + (630000 - 468778) \times \left(\frac{69.1}{243}\right)^3$ $I_{e(d+1)} = 472485 \text{ cm}^4$	
		(گام چهارم)	
		محاسبه تغییر شکل ناشی از بار مرده و زنده	
		$a_{d+1} = \frac{5}{48} \frac{(q_{d+1} L^2 / 8)L^2}{E \cdot I_{e(d+1)}}$	
		$a_{d+1} = \frac{5}{48} \frac{243 \times 10^{-3} \times 12^2}{27386 \times 472485 \times 10^{-8}}$ $a_{d+1} = 0.028 \text{ m}$	
		(گام پنجم)	
		محاسبه تغییر شکل ناشی از بار زنده	
		$a_l = a_{d+1} - a_d$	
		$a_l = 2.8 - 1.8 = 0.9 \text{ cm}$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۲-۲-۲-۱۴	<p>ب) با استفاده از جداول کمکی گام اول)</p> <p>محاسبه I_e برای M_d</p> <p>ابتدا $\frac{M_{cr}}{M_d}$ و $\frac{I_{cr}}{I_g}$ محاسبه می شوند</p> <p>سپس K_{i3} تعیین می گردد.</p> <p>$I_{ed} = K_{i3} \cdot I_g$</p>	<p>با توجه به قسمت الف داریم:</p> $\frac{I_{cr}}{I_g} = \frac{468778}{630000} = 0.74$ $\frac{M_{cr}}{M_a} = \frac{69.1}{165} = 0.42$ $K_{i3} = 0.768$ $I_e = 0.768 \times 630000 = 483840 \text{ cm}^4$	افت ۴
	<p>گام دوم)</p> <p>محاسبه تغییر شکل ناشی از بار مرده ابتدا مقدار K_{a3} تعیین می شود.</p> <p>سپس مقدار K_{a1} تعیین می گردد :</p> <p>$a_d = \frac{K_{a1}}{I_{ed}} \cdot K_{a3} \cdot M_d$</p>	<p>برای حالت دوم داریم: $K_{a3} = 5$</p> <p>برای $L = 12 \text{ m}$ و $f_c = 30 \text{ MPa}$ داریم:</p> $K_{a1} = 1095.45$ $a_d = \frac{1095.45}{483840} \times 5 \times 165 = 1.87 \text{ cm}$	افت ۱-۵ افت ۲-۵

مثال ۳ ممان اینرسی مقطع ترک خورده T شکل با آرماتور کششی

ممان اینرسی مقطع ترک خورده I_{cr} را برای شکل زیر بدست آورید.

: مشخصات :

$$n = 9$$

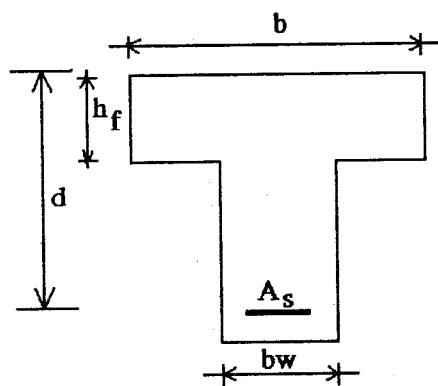
$$b = 115 \text{ cm}$$

$$b_w = 60 \text{ cm}$$

$$h_f = 15 \text{ cm}$$

$$d = 90 \text{ cm}$$

$$A_s = 180 \text{ cm}^2$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
	<p>الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول)</p> <p>محاسبه فاصله بین محور خنثی و تار فوقانی نیز برای تیر T شکل و بدون آرماتور فشاری داریم:</p> $h_f(b - b_w)(x - h_f / 2) + \frac{1}{2}b_w x^2 - n \cdot A_s(d - x) = 0$ $15(115 - 60)(x - 15/2) + 30x^2 - 9 \times 180(90 - x) = 0$ <p>و یا:</p> $30x^2 + 2445x - 151987.5 = 0$ $\rightarrow x = 41.27 \text{ cm} > h_f \quad \text{OK.}$ <p>تذکر: اگر x کوچکتر از h_f شود باید مستطیل بزرگ به عرض b را در محاسبات تیر T شکل را ادامه چون X بزرگتر از h_f شده است محاسبات تیر T شکل را ادامه دهیم.</p>	<p>الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول)</p> <p>محاسبه فاصله بین محور خنثی و تار فوقانی نیز برای تیر T شکل و بدون آرماتور فشاری داریم:</p> $h_f(b - b_w)(x - h_f / 2) + \frac{1}{2}b_w x^2 - n \cdot A_s(d - x) = 0$ $15(115 - 60)(x - 15/2) + 30x^2 - 9 \times 180(90 - x) = 0$ <p>و یا:</p> $30x^2 + 2445x - 151987.5 = 0$ $\rightarrow x = 41.27 \text{ cm} > h_f \quad \text{OK.}$ <p>تذکر: اگر x کوچکتر از h_f شود باید مستطیل بزرگ به عرض b را در محاسبات مدنظر قرار داد.</p>	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	<p style="text-align: center;">گام دوم)</p> <p style="text-align: center;">I_{cr} محاسبه</p> <p>برای تیر T شکل و بدون آرماتور فشاری</p> <p style="text-align: center;">داریم:</p> $I_{cr} = \frac{1}{3} b_w x^3 + n \cdot A_s (d - x)^2 + \frac{1}{12} (b - b_w) h_f^3 + (b - b_w) \cdot h_{fx} \left(x - \frac{h_f}{2} \right)^2$	$= \frac{1}{3} \times 60 \times 41.27^3 + 9 \times 180 \times (90 - 41.27)^2 + \\ \times (115 - 60) \times 15^3 + (115 - 60) \times 15 \times \\ 1.27 - \frac{15}{2})^2 = 620914 \text{ cm}^4$	
	<p style="text-align: center;">ب: با استفاده از جداول</p> <p style="text-align: center;">گام اول)</p> <p>محاسبه ثابت‌های جدول</p> <p>$\rho_w = \frac{A_s}{b_w \cdot d}$</p> <p>$\rho_w \cdot n$</p> <p>$\frac{h_f}{2d}$</p> <p>$\beta_c = \frac{\frac{b}{b_w} - 1) \frac{h_f}{d}}{\rho_w \cdot n}$</p>	$\rho_w = \frac{180}{60 \times 90} = 0.0333$ $\rho_w \cdot n = 0.0333 \times 9 = 0.3$ $\frac{h_f}{2d} = \frac{15}{2 \times 90} = 0.0833$ $\beta_c = \frac{\frac{115}{60} - 1) \frac{15}{90}}{0.3} = 0.51$	
	<p style="text-align: center;">گام دوم)</p> <p style="text-align: center;">K_{i2} محاسبه</p>	$\frac{h_f}{2d} = 0.0833 \text{ و } \rho_w \cdot n = 0.3 \text{ و } \beta_c = 0.51$ <p style="text-align: right;">برای : داریم</p> $K_{i2} = 0.14$	
	<p style="text-align: center;">گام سوم)</p> <p style="text-align: center;">I_{cr} محاسبه</p> $I_{cr} = K_{i3} \cdot b_w \cdot d^3$	$I_{cr} = 0.14 \times 60 \times 90^3 = 6123600 \text{ cm}^4$	

مثال ۴ ممان اینرسی یک مقطع ترک خورده و دارای آرماتور کششی و فشاری

ممان اینرسی مقطع ترک خورده I_{cr} را برای شکل زیر بدست آورید. مقطع تحت تاثیر لنگر منفی قرار دارد.

مشخصات:

$$n = 9$$

$$b = 45 \text{ cm}$$

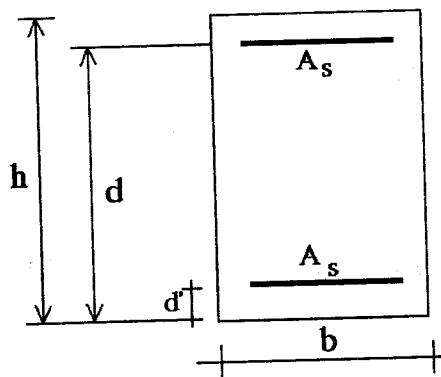
$$h = 100 \text{ cm}$$

$$d = 90 \text{ cm}$$

$$d' = 6.5 \text{ cm}$$

$$A_s = 88 \text{ cm}^2$$

$$A'_s = 42 \text{ cm}^2$$



جدول گمکی	محاسبات	روشن	بند آینه نامه
		<p>الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول)</p> <p>محاسبه فاصله بین محور خنثی و تار فوقانی تیر برای تیر مستطیل شکل و دارای آرماتور فشاری داریم:</p> $\frac{1}{2}bx^2 + (n-1)A'_s(x-d') - n.A_s(d-x) = 0$ $22.5x^2 + 8 \times 88 \times (x - 6.5) - 9 \times 88 (90 - x) = 0$ <p>و یا:</p> $22.5x^2 + 128x - 73464 = 0$ $\rightarrow x = 33.66 \text{ cm}$	
		<p>گام دوم)</p> <p>I_{cr} محاسبه</p> <p>برای تیر مستطیل شکل و دارای آرماتور فشاری داریم:</p>	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	$I_{cr} = \frac{1}{3} b_w x^3 + (n - 1) A'_s (x - d')^2 + n A_s (d - x)^2$	$I_{cr} = \frac{1}{3} \times 45 \times 33.66^3 + 8 \times 42 \times (33.66 - 6.5)^2 + 9 \times 88 \times (90 - 33.66)^2$ $I_{cr} = 3333868 \text{ cm}^4$	
	ب: با استفاده از جداول گام اول محاسبه ثابت‌های جدول		
	$\rho = \frac{A_s}{b_w \cdot d}$ $\rho' = \frac{A'_s}{b_w \cdot d}$ $\rho \cdot n$ $\beta_c = \frac{\rho' (n - 1)}{\rho \cdot n}$ $\frac{d'}{d}$	$\rho = \frac{88}{45 \times 90} = 0.0217$ $\rho' = \frac{42}{45 \times 90} = 0.0104$ $\rho \cdot n = 0.0217 \times 9 = 0.1953$ $\beta_c = \frac{0.0104(9 - 1)}{0.1953} = 0.426$ $\frac{d'}{d} = \frac{6.5}{90} = 0.0722$	
	گام دوم K_{i2} محاسبه	$\frac{d'}{d} = 0.0722, \rho \cdot n = 0.1953, \beta_c = 0.4$ برای $K_{i2} = 0.102$ داریم :	افت ۱-۳
		$\frac{d'}{d} = 0.0722, \rho \cdot n = 0.1953, \beta_c = 0.5$ برای $K_{i2} = 0.104$ داریم :	افت ۱-۳
		با استفاده از درون‌یابی، برای $\beta_c = 0.426$ داریم $K_{i2} = 0.1025$	
	گام سوم I_{cr} محاسبه	$I_{cr} = K_{i2} \cdot b_w \cdot d^3$ $I_{cr} = 0.1025 \times 45 \times 90^3 = 3362513 \text{ cm}^4$	

مثال ۵ افت ناشی از بار زنده و افت درازمدت در یک تیر پیوسته

افت ناشی از بار زنده و افت درازمدت را در تیر شکل زیر محاسبه نمایید. تمام لنگرها ناشی از بارهای بهرهبرداری می‌باشند.

مشخصات:

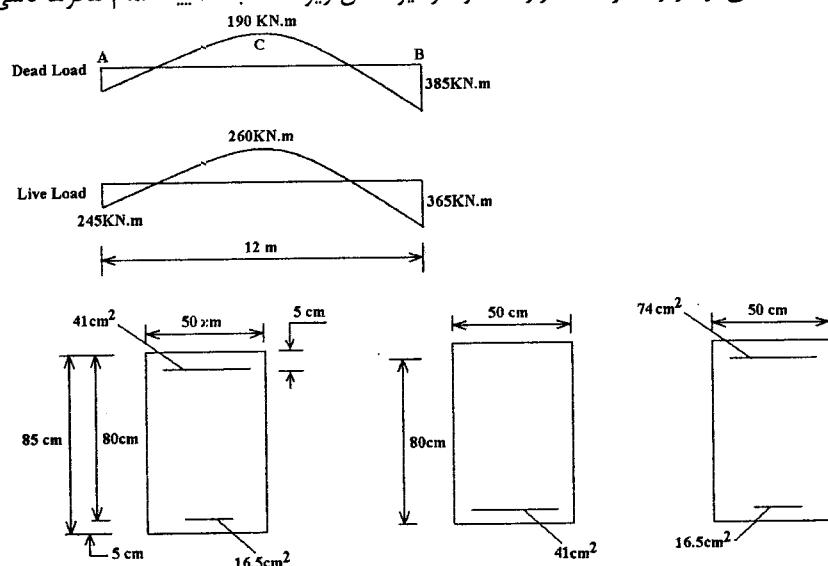
f_c = 20 Mpa

$$f_v = 300 \text{ Mpa}$$

n = 9

$$q_d = 26.5 \text{ KN/m}$$

$$q_i = 31.4 \text{ KN/m}$$



بند آین نامه	روش	A محاسبات	C	جدول کمکی
	<p>الف : با استفاده از روش تحلیلی</p> <p>گام اول)</p> <p>I_g محاسبه</p> $I_g = \frac{bh^3}{12}$	$I_g = \frac{50 \times 85^3}{12} = 2558854 \text{ cm}^4$		
	<p>گام دوم)</p> <p>محاسبه I_{cr} برای هر یک از مقاطع برای مقاطع مستطیل شکل و دارای آرماتور فشاری با استفاده از معادله زیر، محل محور خنثی به دست می‌آید:</p> $\frac{1}{2}bx^2 + (n-1)A'_s(x-d') - n.A_s(d-x) = 0$ <p>سپس با استفاده از فرمول:</p> $I_{cr} = \frac{1}{3}bx^3 + (n-1)A'_s(x-d')^2 + nA_s(d-x)^2$ <p>مان اینرسی مقطع ترک خورده محاسبه می‌گردد.</p>	$25x^2 + 8 \times 16.5 \times (x-5) - 9 \times 41(80-x) = 0$ $25x^2 + 501 - 30180 = 0$ $\rightarrow x = 26.14\text{cm}$	برای مقطع A داریم: و یا :	

بند آین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
		$I_{cr} = \frac{1}{3} \times 50 \times 26.14^3 + 8 \times 16.5 \times (26.14 - 5)^2 + 9 \times 41 \times (80 - 26.14)2$ $I_{cr} = 1427114$ <p style="text-align: right;">برای مقطع B داریم :</p> $25x^2 + 8 \times 16.5 \times (x - 5) - 9 \times 74(80 - x) = 0$ <p style="text-align: right;">و یا :</p> $25x^2 + 798x - 53940 = 0$ $\rightarrow x = 33.16 \text{ cm}$ $I_{cr} = \frac{1}{3} \times 50 \times 33.16^3 + 8 \times 16.5 \times (33.16 - 5)^2 + 9 \times 74 \times (80 - 33.16)2$ $I_{cr} = 2173573$ <p style="text-align: right;">برای مقطع C داریم :</p> $25x^2 - 9 \times 41(80 - x) = 0$ <p style="text-align: right;">و یا :</p> $25x^2 + 369x - 29520 = 0$ $\rightarrow x = 27.77 \text{ cm}$ $I_{cr} = \frac{1}{3} \times 50 \times 27.77^3 + 9 \times 41 \times (80 - x)^2$ $I_{cr} = 1363547$	
۲-۲-۲-۱۴		گام سوم)	
۳-۱۴	$f_r = 0.6\sqrt{f_c}$	M_{cr} محاسبه	
۳-۱۴	$M_{cr} = \frac{f_r \cdot I g}{y_t}$	$f_r = 0.6\sqrt{20} = 2.68 \text{ MPa}$ $M_{cr} = \frac{2.68 \times 2558854 \times 10^{-8}}{0.425} \times 10^3$ $M_{cr} = 161.4 \text{ KN.m}$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۲-۲-۲-۱۴ معادله ۱-۱۴	<p>گام چهارم)</p> <p>محاسبه I_{ed} برای بار مرده</p> $I_{ed} = I_{cr} + (I_g - I_{cr}) \left(\frac{M_{cr}}{M_d} \right)^3$	<p>برای مقطع A داریم :</p> $I_{ed} = 1427114 + (2558854 - 1427114) \times \left(\frac{161.4}{190} \right)^3 = 2120854$ <p>برای مقطع B داریم :</p> $I_{ed} = 2173573 + (2558854 - 2173573) \times \left(\frac{161.4}{385} \right)^3 = 2201959$ <p>برای مقطع C داریم :</p> $I_{ed} = 1363547 + (2558854 - 1363547) \times \left(\frac{161.4}{190} \right)^3 = 2096252$ <p>مقدار I_{ed} متوسط با در نظر گرفتن ضریب ۲ برای مقطع بحرانی وسط دهانه، برابر است با :</p> $\bar{I}_{ed} = \frac{1}{4} (I_A + 2I_c + I_B)$ <p>دو مقدار برای I_{ed} می‌توان در نظر گرفت:</p> $I_{ed1} = I_c$ $I_{ed2} = \bar{I}_{ed}$	
۲-۲-۲-۱۴ ب		$I_{ed1} = 2096252 \text{ cm}^4$ $I_{ed2} = 2128829 \text{ cm}^4$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۳-۳-۱۰	<p>(گام پنجم)</p> <p>محاسبه افت ناشی از بار مرده</p> $a_d = \frac{5}{284} \frac{q_d \cdot L^4}{E \cdot I_{ed}} - \frac{1}{16} \frac{L^2}{E \cdot I_{ed}} \times (M_A + M_B)$ <p>$E = 5000\sqrt{f_c}$</p>	$a_d = \frac{5}{384} \frac{26.5 \times 10^{-3} \times 12^4}{E \cdot I_{ed}} - \frac{1}{16}$ $\frac{12^2}{E \cdot I_{ed}} (190 + 385) \times 10^{-3}$ $a_d = \frac{1.98}{E \cdot I_{ed}}$ <p>$E = 5000\sqrt{20} = 22361 \text{ MPa}$</p> <p>بنابراین:</p> $a_d = \frac{8.85 \times 10^{-5}}{I_{ed}}$ <p>اگر $I_{ed} = I_c$ باشد :</p> $a_d = \frac{8.85 \times 10^{-5}}{2096252 \times 10^{-8}} = 4.22 \times 10^{-3} \text{ m}$ <p>و یا :</p> $a_d = 0.422 \text{ cm}$ <p>اگر $I_{ed} = \bar{I}_{ed}$ باشد :</p> $a_d = \frac{8.85 \times 10^{-5}}{2128829 \times 10^{-8}} = 4.16 \times 10^{-3} \text{ m}$ <p>و یا :</p> $a_d = 0.416 \text{ cm}$	
۲-۲-۲-۱۴ ۱-۱۴ معادله	<p>(گام ششم)</p> <p>محاسبه I_e برای مجموع بار مرده و زنده</p> $I_e = I_{cr} + (I_g - I_{cr}) \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3$ $M_a = M_d + M_l$ <p>که در آن :</p>		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	<p>برای مقطع A داریم :</p> $I_e = 1427114 + (2558854 - 1427114)$ $\times \left(\frac{151.4}{190+245} \right)^3 = 1484922$ <p>برای مقطع B داریم :</p> $I_e = 2173573 + (2558854 - 2173573)$ $\times \left(\frac{151.4}{385+365} \right)^3 = 2177413$ <p>برای مقطع C داریم :</p> $I_e = 1363547 + (2558854 - 1363547)$ $\times \left(\frac{161.4}{190+260} \right)^3 = 1418698$ $I_e = 1418698$ $\bar{I}_e = \frac{1}{4} (14849224 + 2 \times 1418698 + 2177413) = 1624933 \text{ cm}^4$ <p>دو مقدار برای I_c می‌توان در نظر گرفت:</p> $I_{e1} = I_c$ $I_{e2} = \bar{I}_e$	$\bar{I}_e = \frac{1}{4}(I_A + 2I_C + I_B)$	۲-۲-۲-۱۴
	<p>(گام هفتم)</p> <p>محاسبه افت ناشی از مجموع بارمرده و زنده</p> $a_{d+1} = \frac{5}{384} \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I_e} - \frac{1}{16} \frac{L^2}{EI_e} \times (M_A + M_B)$	$a_{d+1} = \frac{5}{384} \frac{(26.5 + 31.4) \times 10^{-3} \times 12^4}{22361 \times I_e} - \frac{1}{16}$ $\frac{1}{16} \times \frac{12^2}{22361 \times I_e} (435 + 750) \times 10^{-3}$ $= \frac{2.322 \times 10^{-4}}{I_e}$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
		<p>اگر $I_e = I_c$ باشد :</p> $a_{d+1} = \frac{2.222 \times 10^{-4}}{141869 \times 10^{-8}} = 0.01566 \text{ m}$ <p>و یا :</p> $a_{d+1} = 1.566 \text{ cm}$ <p>اگر $I_e = \bar{I}_e$ باشد :</p> $a_{d+1} = \frac{2.222 \times 10^{-4}}{1624933 \times 10^{-8}} = 0.01367 \text{ m}$ <p>و یا :</p> $a_{d+1} = 1.367 \text{ cm}$	
	(گام هشتم)		
	محاسبه افت ناشی از بار زنده		
	$a_1 = a_{d+1} - a_d$	$a_1 = 1.566 - 0.422 = 1.144 \text{ cm}$ <p>اگر $I_e = \bar{I}_e$ باشد :</p> $a_1 = 1.367 - 0.416 = 0.951 \text{ cm}$	
۳-۲-۲-۱۴ ۴-۱۴ معادله	(گام نهم)	<p>محاسبه افت دراز مدت</p> $\lambda = \frac{2}{1 + 50\rho'}$ <p>در این رابطه ρ' نسبت آرماتور فشاری در مقطع وسط دهانه می‌باشد.</p> $a_{TOT} = (1 + \lambda) a_d + a_1$	$\lambda = \frac{2}{1 + 50 \times 0} = 2$ <p>اگر $I_e = I_c$ باشد :</p> $a_{TOT} = 3 \times 0.1121 + 0.7817 = 1.118 \text{ cm}$ <p>اگر $I_e = \bar{I}_e$ باشد :</p> $a_{TOT} = 3 \times 0.1104 + 0.6699 = 1.001 \text{ cm}$

جداول کمکی	محاسبات	روشن	بند آین نامه																							
		<p style="text-align: center;">گام دهم)</p> <p>کنترل محدودیت افت در ساختمانهای متعارف محدودیت‌های زیر باید رعایت شوند:</p> $\frac{a_1}{L} < \frac{1}{360}$ $\frac{a_1 + \lambda_{ad}}{L} < \frac{1}{240}$ $\frac{0.7817}{1200} = \frac{1}{1535} < \frac{1}{360} \text{OK.}$ $\frac{0.7817 + 2 \times 0.1121}{1200} = \frac{1}{1193} < \frac{1}{240} \text{OK.}$	۴-۲-۱۴ ۲-۴-۲-۱۴																							
	<p>ب: با استفاده از جداول</p> <p style="text-align: center;">گام اول)</p> <p>محاسبه I_g</p> $I_g = \frac{bh^3}{12}$ $I_g = \frac{50 \times 85^3}{12} = 2558854 \text{cm}^4$																									
اфт ۳-۱	<p style="text-align: center;">گام دوم)</p> <p>محاسبه I_{cr} برای هر یک از مقاطع برای مقاطع</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">A</th> <th style="width: 40%;">قطعی</th> <th style="width: 30%;">B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$\rho = A_s / bd$</td> <td>$\rho = 0.0103$</td> <td>0.0185</td> </tr> <tr> <td>$\rho' = A'_s / bd$</td> <td>$\rho' = 0.0041$</td> <td>0.0041</td> </tr> <tr> <td>$\rho.n$</td> <td>$\rho.n = 0.0927$</td> <td>0.1665</td> </tr> <tr> <td>$\beta_c = \frac{(n-1)\rho'}{\rho.n}$</td> <td>$\beta_c = 0.35$</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>d'/d</td> <td>$d'/d = 0.0625$</td> <td>0.0625</td> </tr> <tr> <td>حال مقدار K_{i2} از روی جدول بدست می‌آید:</td> <td>$K_{i2} = 0.055$</td> <td>0.083</td> </tr> <tr> <td>$I_{cr} = K_{i2}.db^3 = K_{i2} \times 50 \times 80^3$</td> <td>$I_{cr} = 1408000$</td> <td>2124800</td> </tr> </tbody> </table>	A	قطعی	B	$\rho = A_s / bd$	$\rho = 0.0103$	0.0185	$\rho' = A'_s / bd$	$\rho' = 0.0041$	0.0041	$\rho.n$	$\rho.n = 0.0927$	0.1665	$\beta_c = \frac{(n-1)\rho'}{\rho.n}$	$\beta_c = 0.35$	0.2	d'/d	$d'/d = 0.0625$	0.0625	حال مقدار K_{i2} از روی جدول بدست می‌آید:	$K_{i2} = 0.055$	0.083	$I_{cr} = K_{i2}.db^3 = K_{i2} \times 50 \times 80^3$	$I_{cr} = 1408000$	2124800	۲-۲-۲-۱۴
A	قطعی	B																								
$\rho = A_s / bd$	$\rho = 0.0103$	0.0185																								
$\rho' = A'_s / bd$	$\rho' = 0.0041$	0.0041																								
$\rho.n$	$\rho.n = 0.0927$	0.1665																								
$\beta_c = \frac{(n-1)\rho'}{\rho.n}$	$\beta_c = 0.35$	0.2																								
d'/d	$d'/d = 0.0625$	0.0625																								
حال مقدار K_{i2} از روی جدول بدست می‌آید:	$K_{i2} = 0.055$	0.083																								
$I_{cr} = K_{i2}.db^3 = K_{i2} \times 50 \times 80^3$	$I_{cr} = 1408000$	2124800																								

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی																								
	<p>برای مقطع C داریم:</p> $\rho = A_s / bd$ <p>حال مقدار K_{i1} از روی جدول به دست می‌آید.</p> $I_{cr} = K_{i1} \cdot bd^3$	$\rho = \frac{41}{50 \times 80} = 0.0103$ <p>برای $\rho = 0.0103$ و $n = 9$ داریم :</p> $K_{i1} = 0.053$ $I_{cr} = 0.053 \times 50 \times 80^3 = 1356800 \text{ cm}^4$	افت ۲																								
	<p>(گام سوم)</p> <p>محاسبه M_{cr}</p> $M_{cr} = K_{cr} \frac{b}{100}$	<p>برای $h = 85\text{cm}$ و $f_c = 20 \text{ MPa}$ داریم :</p> $K_{cr} = 323.11$ $M_{cr} = 323.11 \times \frac{50}{100} = 161.5 \text{ KN.m}$	افت ۱																								
	<p>(گام چهارم)</p> <p>محاسبه I_{ed} برای بار مرده</p> $M_{cr} / M_a = \frac{161.5}{M_d}$ $I_{cr} / I_g = I_{cr} / 2558854$ <p>حال مقدار K_{i3} از روی جدول به دست می‌آید.</p> $I_{ed} = K_{i3} I_g = K_{i3} \times 2558854$ <p>مقدار I_{ed} متوسط با در نظر گرفتن ضریب ۲</p> <p>برای مقطع بحرانی وسط دهانه، برابر است با :</p> $\overline{I_{ed}} = \frac{1}{4} (I_A + 2I_C + I_B)$ <p>دو مقدار برای I_{ed} می‌توان در نظر گرفت:</p> $I_{ed1} = I_c$ $I_{ed2} = \overline{I_{ed}}$	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>قطع</td> <td>قطع</td> <td>قطع</td> <td>قطع</td> </tr> <tr> <td>M_{cr}/M_a</td> <td>0.85</td> <td>0.42</td> <td>0.85</td> </tr> <tr> <td>I_{cr}/I_g</td> <td>0.55</td> <td>0.83</td> <td>0.53</td> </tr> <tr> <td>K_{i3}</td> <td>0.826</td> <td>0.843</td> <td>0.818</td> </tr> <tr> <td>I_{ed}</td> <td>2113613</td> <td>2157114</td> <td>2093143</td> </tr> </tbody> </table> $\overline{I_{ed}} = \frac{1}{4} (2113613 + 2 \times 2093143 + 2157114) = 2114253 \text{ cm}^4$ $I_{ed1} = 2093143 \text{ cm}^4$ $I_{ed2} = 2114253 \text{ cm}^4$		A	B	C	قطع	قطع	قطع	قطع	M_{cr}/M_a	0.85	0.42	0.85	I_{cr}/I_g	0.55	0.83	0.53	K_{i3}	0.826	0.843	0.818	I_{ed}	2113613	2157114	2093143	افت ۴
	A	B	C																								
قطع	قطع	قطع	قطع																								
M_{cr}/M_a	0.85	0.42	0.85																								
I_{cr}/I_g	0.55	0.83	0.53																								
K_{i3}	0.826	0.843	0.818																								
I_{ed}	2113613	2157114	2093143																								

بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی																				
	<p>گام پنجم)</p> <p>محاسبه افت ناشی از بار مرده مقادیر K_{a1} و K_{a3} برای جداول تعیین می‌شوند.</p> $K_{a1} = 1341.64$ $K_{a3} = 5$ $a_d = \frac{K_{a3}}{I_{ed}} [M_C - 0.1(M_A + M_B)] \times K_{a1}$ $a_d = \frac{5}{2093143} [190 - 0.1(190 + 385)] \times 1341.64 = 0.425 \text{ cm}$ $a_d = \frac{5}{2114253} [190 - 0.1(190 + 385)] \times 1341.64 = 0.42 \text{ cm}$	<p>برای $L=12 \text{ m}$ و $f_c = 20 \text{ MPa}$ داریم :</p> <p>برای حالت ۷ داریم :</p> <p>اگر $I_{ed} = I_c$ باشد :</p> <p>اگر $I_{ed} = \bar{I}_{ed}$ باشد :</p>	<p>۲-۵ افت</p> <p>۱-۵ افت</p>																				
۲-۲-۲-۱۴	<p>گام ششم)</p> <p>محاسبه I_e برای بار مرده و زنده</p> $M_{cr}/M_a = \frac{161.5}{M_{d+1}}$ $I_{cr}/I_g = I_{cr}/2558854$ <p>حال مقدار K_{i3} از روی جدول به دست می‌آید.</p> $I_e = K_{i3} I_g = K_{i3} \times 2558854$ $\bar{I}_e = \frac{1}{4} (I_A + 2I_C + I_B)$ <p>دو مقدار برای I_e می‌توان در نظر گرفت:</p> $I_{e1} = I_c$ $I_{e2} = \bar{I}_e$	<table> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mcr/Ma</td> <td>0.37</td> <td>0.215</td> <td>0.36</td> </tr> <tr> <td>I_{cr}/I_g</td> <td>0.55</td> <td>0.83</td> <td>0.53</td> </tr> <tr> <td>K_{i3}</td> <td>0.573</td> <td>0.832</td> <td>0.552</td> </tr> <tr> <td>I_{ed}</td> <td>1466223</td> <td>2128967</td> <td>1412487</td> </tr> </tbody> </table> $\bar{I}_e = \frac{1}{4} (1466223 + 2 \times 1412487 + 2128967) = 1605041 \text{ cm}^4$ $I_{e1} = 1412487 \text{ cm}^4$ $I_{e2} = 1605041 \text{ cm}^4$		A	B	C	Mcr/Ma	0.37	0.215	0.36	I _{cr} /I _g	0.55	0.83	0.53	K _{i3}	0.573	0.832	0.552	I _{ed}	1466223	2128967	1412487	۴ افت
	A	B	C																				
Mcr/Ma	0.37	0.215	0.36																				
I _{cr} /I _g	0.55	0.83	0.53																				
K _{i3}	0.573	0.832	0.552																				
I _{ed}	1466223	2128967	1412487																				

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
۱-۵ ۹ ۲-۵	<p>برای $I_e = I_c$ باشد :</p> $a_{d+1} = \frac{5}{1412487} [450 - 0.1(435 + 750)] \times 1341.64 = 1.575 \text{ cm}$ <p>اگر $I_{ed} = \overline{I}_{ed}$ باشد :</p> $a_{d+1} = \frac{5}{1605041} [450 - 0.1(435 + 750)] \times 1341.64 = 1.386 \text{ cm}$	<p>گام هفتم)</p> <p>محاسبه افت ناشی از مجموع بار مرده و زنده</p> $a_{d+1} = \frac{K_{a3}}{I_e} [M_C - 0.1(M_A + M_B)] \times K_{a1}$	
	<p>برای $I_e = I_c$ باشد :</p> $a_1 = 1.575 - 0.425 = 1.15 \text{ cm}$ <p>اگر $I_{ed} = \overline{I}_{ed}$ باشد :</p> $a_1 = 1.386 - 0.42 = 0.966 \text{ cm}$	<p>گام هشتم)</p> <p>محاسبه افت ناشی از بار زنده</p> $a_1 = a_{d+1} - a_d$ <p>تذکرہ: گام‌های بعد همانند قسمت الف می‌باشند.</p>	

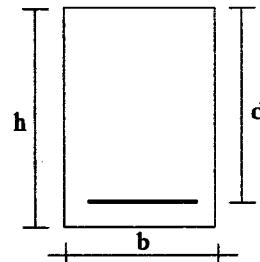
افت ۱) لنگر خمی تورک خوردگی M_{cr} برای مقاطع مستطیل شکل

مراجع: بند ۱۴-۲-۲-۲ از آینه نامه بتن ایران

$$K_{cr} = \frac{f_r}{10} \cdot \frac{h^2}{6} \quad \text{بر حسب cm و } k_{cr} \text{ KN می باشد.}$$

$$K_{cr} = \frac{0.6\sqrt{f_c}}{10} \cdot \frac{h^2}{6} = \frac{\sqrt{f_c} \cdot h^2}{100}, \text{ KN}$$

$$M_{cr} = K_{cr} \cdot \frac{b}{100} \quad \text{بر حسب cm KN.m می باشد.}$$



H cm	K _{cr}		
	$f_c, \text{ MPa}$		
	۲۰	۲۵	۳۰
۱۰	۴/۴۷	۵/۰۰	۵/۴۸
۱۲/۵	۶/۹۹	۷/۸۱	۸/۵۶
۱۵	۱۹/۰۶	۲۵/۳۱	۱۲/۲۲
۱۷/۵	۱۳/۷۰	۱۵/۳۱	۱۶/۷۷
۲۰	۱۷/۸۹	۲۰/۰۰	۲۱/۹۱
۲۲/۵	۲۲/۶۴	۲۵/۳۱	۲۷/۷۳
۲۵	۲۷/۹۵	۳۱/۲۵	۳۴/۲۳
۲۷/۵	۳۳/۸۲	۳۷/۸۱	۴۱/۴۲
۳۰	۴۰/۲۵	۴۵/۰۰	۴۹/۳۰
۳۲/۵	۴۷/۲۴	۵۲/۸۱	۵۷/۸۵
۳۵	۵۴/۷۸	۶۱/۲۵	۶۷/۱۰
۳۷/۵	۶۲/۸۹	۷۰/۳۱	۷۷/۰۲
۴۰	۷۱/۵۵	۸۰/۰۰	۸۷/۶۴
۴۲/۵	۸۰/۷۸	۹۱/۹۰	۹۸/۹۳
۴۵	۹۰/۵۶	۱۰۱/۲۵	۱۱۰/۹۱
۴۷/۵	۱۰۰/۹۰	۱۱۲/۸۱	۱۲۳/۵۸
۵۰	۱۱/۸۰	۱۲۵/۰۰	۱۳۶/۹۳
۵۲/۵	۱۲۳/۲۶	۱۳۷/۸۱	۱۵۰/۹۷
۵۵	۱۳۵/۲۸	۱۵۱/۲۵	۱۶۵/۶۹
۵۷/۵	۱۴۷/۸۶	۱۶۵/۳۱	۱۸۱/۰۹
۶۰	۱۶۱/۰۰	۱۸۰/۰۰	۱۹۷/۱۸
۶۲/۵	۱۱۴/۵۹	۱۹۵/۳۱	۲۱۳/۹۵
۶۵	۱۸۸/۹۵	۲۱۱/۲۵	۲۳۱/۴۱
۶۷/۵	۲۰۳/۷۶	۲۲۷/۸۱	۲۴۹/۵۶

H cm	K _{cr}		
	f _c , Mpa		
	۲۰	۲۵	۳۰
۷۰	۲۱۹/۱۳	۲۴۵/۰۰	۲۶۸/۲۸
۷۲/۵	۲۳۵/۰۷	۲۶۲/۸۱	۲۸۷/۹۰
۷۵	۲۵۱/۰۶	۲۸۱/۲۵	۳۰۸/۰۹
۷۷/۵	۲۶۸/۶۱	۳۰۰/۳۱	۳۲۸/۹۸
۸۰	۲۸۶/۲۲	۳۲۰/۰۰	۳۵۰/۵۴
۸۲/۵	۳۰۴/۳۸	۳۴۰/۲۱	۳۷۲/۷۹
۸۵	۳۲۳/۱۱	۳۶۱/۲۵	۳۹۵/۷۳
۸۷/۵	۳۴۲/۴۰	۳۸۲/۸۱	۴۱۹/۳۵
۹۰	۳۶۲/۲۴	۴۰۰/۰۰	۴۴۳/۶۶
۹۲/۵	۳۸۲/۶۵	۴۲۷/۸۱	۴۶۸/۶۵
۹۵	۴۰۳/۶۱	۴۵۱/۲۵	۴۹۴/۲۲
۹۷/۵	۴۲۵/۱۳	۴۷۵/۲۱	۵۲۰/۶۸
۱۰۰	۴۴۷/۲۱	۵۰۰/۰۰	۵۴۷/۷۲
۱۰۲/۵	۴۶۹/۸۵	۵۲۵/۲۱	۵۷۵/۴۵
۱۰۵	۴۹۳/۰۵	۵۵۱/۲۵	۶۰۳/۸۶
۱۰۷/۵	۵۱۶/۸۱	۵۷۷/۸۱	۶۳۲/۹۶
۱۱۰	۵۴۱/۱۳	۶۰۰/۰۰	۶۶۲/۷۴
۱۱۲/۵	۵۶۶/۰۰	۶۳۲/۸۱	۶۹۳/۲۱
۱۱۵	۵۹۱/۴۴	۶۶۱/۲۵	۷۲۴/۳۶
۱۱۷/۵	۶۱۷/۴۳	۶۹۰/۳۱	۷۵۵/۲۰
۱۲۰	۶۴۳/۹۹	۷۲۰/۰۰	۷۸۷/۷۲

افت (۲) ممان اینرسی مقطع ترک خورده I_{cr} برای مقاطع مستطیل شکل و دارای آرماتور کششی

مراجع: بخش ۲-۱۰ از آیین نامه بن ایران

$$I_{cr} = K_{ii} d b^3$$

$$K_{ii} = \frac{(c/d)^3}{3} + \rho \cdot n \left[1 - 2c/d + (c/d)^2 \right]$$

ρ	K_{ii}				
	$n = \frac{E_s}{E_c}$				
	۵	۷	۸	۹	۱۰
۰/۰۰۲	۰/۰۱۰	۰/۰۱۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴	۰/۰۱۵
۰/۰۰۳	۰/۰۱۴	۰/۰۱۶	۰/۰۱۸	۰/۰۲۰	۰/۰۲۲
۰/۰۰۴	۰/۰۱۸	۰/۰۲۱	۰/۰۲۳	۰/۰۲۵۰	۰/۰۲۸
۰/۰۰۵	۰/۰۲۲	۰/۰۲۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۰	۰/۰۳۳
۰/۰۰۶	۰/۰۲۵	۰/۰۲۹	۰/۰۳۲	۰/۰۳۵	۰/۰۳۸
۰/۰۰۷	۰/۰۲۹	۰/۰۳۳	۰/۰۳۶	۰/۰۴۰	۰/۰۴۳
۰/۰۰۸	۰/۰۳۲	۰/۰۳۶	۰/۰۴۰	۰/۰۴۴	۰/۰۴۸
۰/۰۰۹	۰/۰۳۵	۰/۰۴۰	۰/۰۴۴	۰/۰۴۸	۰/۰۵۲
۰/۰۱۰	۰/۰۳۸	۰/۰۴۳	۰/۰۴۸	۰/۰۵۲	۰/۰۵۷
۰/۰۱۱	۰/۰۴۱	۰/۰۴۷	۰/۰۵۱	۰/۰۵۶	۰/۰۶۱
۰/۰۱۲	۰/۰۴۴	۰/۰۵۰	۰/۰۵۵	۰/۰۶۰	۰/۰۶۴
۰/۰۱۳	۰/۰۴۷	۰/۰۵۳	۰/۰۵۸	۰/۰۶۳	۰/۰۶۸
۰/۰۱۴	۰/۰۵۰	۰/۰۵۶	۰/۰۶۱	۰/۰۶۷	۰/۰۷۲
۰/۰۱۵	۰/۰۵۲	۰/۰۵۹	۰/۰۶۴	۰/۰۷۰	۰/۰۷۵
۰/۰۱۶	۰/۰۵۵	۰/۰۶۱	۰/۰۶۷	۰/۰۷۳	۰/۰۷۸
۰/۰۱۷	۰/۰۵۷	۰/۰۶۴	۰/۰۷۰	۰/۰۷۶	۰/۰۸۲
۰/۰۱۸	۰/۰۶۰	۰/۰۶۷	۰/۰۷۳	۰/۰۷۹	۰/۰۸۵
۰/۰۱۹	۰/۰۶۲	۰/۰۶۹	۰/۰۷۶	۰/۰۸۲	۰/۰۸۸
۰/۰۲۰	۰/۰۶۴	۰/۰۷۲	۰/۰۷۸	۰/۰۸۵	۰/۰۹۱
۰/۰۲۱	۰/۰۶۷	۰/۰۷۴	۰/۰۸۱	۰/۰۸۸	۰/۰۹۴
۰/۰۲۲	۰/۰۶۹	۰/۰۷۶	۰/۰۸۴	۰/۰۹۰	۰/۰۹۶
۰/۰۲۳	۰/۰۷۱	۰/۰۷۹	۰/۰۸۶	۰/۰۹۳	۰/۰۹۹
۰/۰۲۴	۰/۰۷۳	۰/۰۸۱	۰/۰۸۸	۰/۰۹۵	۰/۱۰۲
۰/۰۲۵	۰/۰۷۵	۰/۰۸۳	۰/۰۹۱	۰/۰۹۸	۰/۱۰۴

ρ	K_{il}				
	$n = \frac{E_s}{E_c}$				
	۶	۷	۸	۹	۱۰
۰/۰۲۶	۰/۰۷۷	۰/۰۸۵	۰/۰۹۳	۰/۱۰۰	۰/۱۰۷
۰/۰۲۷	۰/۰۷۹	۰/۰۸۸	۰/۰۹۵	۰/۱۰۲	۰/۱۰۹
۰/۰۲۸	۰/۰۸۱	۰/۰۹۰	۰/۰۹۷	۰/۱۰۵	۰/۱۱۱
۰/۰۲۹	۰/۰۸۳	۰/۰۹۲	۰/۰۹۹	۰/۱۰۷	۰/۱۱۴
۰/۰۳۰	۰/۰۸۵	۰/۰۹۴	۰/۱۰۲	۰/۱۰۹	۰/۱۱۶
۰/۰۳۱	۰/۰۸۷	۰/۰۹۶	۰/۱۰۴	۰/۱۱۱	۰/۱۱۸
۰/۰۳۲	۰/۰۸۸	۰/۰۹۷	۰/۱۰۶	۰/۱۱۳	۰/۱۲۰
۰/۰۳۳	۰/۰۹۰	۰/۰۹۹	۰/۱۰۸	۰/۱۱۵	۰/۱۲۲
۰/۰۳۴	۰/۰۹۲	۰/۱۰۱	۰/۱۱۰	۰/۱۱۷	۰/۱۲۴
۰/۰۳۵	۰/۰۹۴	۰/۱۰۳	۰/۱۱۱	۰/۱۱۹	۰/۱۲۶
۰/۰۳۶	۰/۰۹۵	۰/۱۰۵	۰/۱۱۳	۰/۱۲۱	۰/۱۲۸
۰/۰۳۷	۰/۰۹۷	۰/۱۰۶	۰/۱۱۵	۰/۱۲۳	۰/۱۳۰
۰/۰۳۸	۰/۰۹۸	۰/۱۰۸	۰/۱۱۷	۰/۱۲۵	۰/۱۳۲
۰/۰۳۹	۰/۱۰۰	۰/۱۱۰	۰/۱۱۹	۰/۱۲۶	۰/۱۳۴
۰/۰۴۰	۰/۱۰۲	۰/۱۱۱	۰/۱۲۰	۰/۱۲۸	۰/۱۳۶
۰/۰۴۱	۰/۱۰۳	۰/۱۱۳	۰/۱۲۲	۰/۱۳۰	۰/۱۳۷
۰/۰۴۲	۰/۱۰۵	۰/۱۱۵	۰/۱۲۳	۰/۱۳۲	۰/۱۳۹
۰/۰۴۳	۰/۱۰۶	۰/۱۱۶	۰/۱۲۵	۰/۱۳۳	۰/۱۴۱
۰/۰۴۴	۰/۱۰۸	۰/۱۱۸	۰/۱۲۷	۰/۱۳۵	۰/۱۴۲
۰/۰۴۵	۰/۱۰۹	۰/۱۱۹	۰/۱۲۸	۰/۱۳۶	۰/۱۴۴

افت ۳-۱) ممان اینرسی مقطع ترک خورده I_{cr} برای مقاطع مستطیل شکل و دارای آرماتور کششی و فشاری، با مقاطع T شکل، در حالت $0.1 \leq \beta_c \leq 0.9$

مراجع : بخش ۳-۱۰ از آینه نامه بنی ایران

$$I_{cr} = K_{i1} b_w \cdot b^3$$

$$K_{i2} = \left[\frac{(c/d)^3}{3} + \rho \cdot n \left\{ l - 2c/d + (c/d)^2 \right\} + \rho \cdot n \beta_c \left\{ (c/d)^2 - 2c/d \frac{d'}{d} + \left(\frac{d'}{d} \right)^2 \right\} \right]$$

$$\beta_c = (n-1)\rho' / (\rho \cdot n)$$

$$\beta_c = \left(\frac{b}{b_w} - 1 \right) h_f / (d \cdot \rho_w \cdot n)$$

افت ۳-۲) ممان اینرسی مقطع ترک خورده I_{cr} برای مقاطع مستطیل شکل و دارای آرماتور کششی و فشاری، با مقاطع T شکل، در حالت $1 \leq \beta_c \leq 5$

مراجع: بخش ۱۰-۳ از آینه نامه بتن ایران

$$I_{cr} = K_{i2} b_w \cdot b^3$$

$$K_{i2} = \left[\frac{(c/d)^3}{3} + \rho \cdot n \left\{ 1 - 2c/d + (c/d)^2 \right\} + \rho \cdot n \beta_c \left\{ (c/d)^2 - 2c/d \frac{d'}{d} + \left(\frac{d'}{d} \right)^2 \right\} \right]$$

$$\beta_c = (n - 1)\rho' / (\rho \cdot n)$$

$$\beta_c = \left(\frac{b}{b_w} - 1 \right) h_f / (d \cdot \rho_w \cdot n)$$

K_j²

(برای مقاطع T شکل $\rho_w n$)

β_c	d/d_h	$hf/2d$	$\rho_{w,n}(T, \text{شکل ۱})$
-0.2	-0.2	-0.2	-0.14
-0.1	-0.15	-0.15	-0.18
0	-0.15	-0.15	-0.22
1	-0.15	-0.15	-0.24
-0.2	-0.15	-0.15	-0.25
-0.1	-0.15	-0.15	-0.28
0	-0.15	-0.15	-0.32
1	-0.15	-0.15	-0.37
-0.2	-0.15	-0.15	-0.42
-0.1	-0.15	-0.15	-0.48
0	-0.15	-0.15	-0.54
1	-0.15	-0.15	-0.60
-0.2	-0.15	-0.15	-0.66
-0.1	-0.15	-0.15	-0.72
0	-0.15	-0.15	-0.78
1	-0.15	-0.15	-0.84
-0.2	-0.15	-0.15	-0.90
-0.1	-0.15	-0.15	-0.96
0	-0.15	-0.15	-1.02
1	-0.15	-0.15	-1.08
-0.2	-0.15	-0.15	-1.14
-0.1	-0.15	-0.15	-1.20
0	-0.15	-0.15	-1.26
1	-0.15	-0.15	-1.32
-0.2	-0.15	-0.15	-1.38
-0.1	-0.15	-0.15	-1.44
0	-0.15	-0.15	-1.50
1	-0.15	-0.15	-1.56
-0.2	-0.15	-0.15	-1.62
-0.1	-0.15	-0.15	-1.68
0	-0.15	-0.15	-1.74
1	-0.15	-0.15	-1.80
-0.2	-0.15	-0.15	-1.86
-0.1	-0.15	-0.15	-1.92
0	-0.15	-0.15	-1.98
1	-0.15	-0.15	-2.04
-0.2	-0.15	-0.15	-2.10
-0.1	-0.15	-0.15	-2.16
0	-0.15	-0.15	-2.22
1	-0.15	-0.15	-2.28
-0.2	-0.15	-0.15	-2.34
-0.1	-0.15	-0.15	-2.40
0	-0.15	-0.15	-2.46
1	-0.15	-0.15	-2.52
-0.2	-0.15	-0.15	-2.58
-0.1	-0.15	-0.15	-2.64
0	-0.15	-0.15	-2.70
1	-0.15	-0.15	-2.76
-0.2	-0.15	-0.15	-2.82
-0.1	-0.15	-0.15	-2.88
0	-0.15	-0.15	-2.94
1	-0.15	-0.15	-3.00
-0.2	-0.15	-0.15	-3.06
-0.1	-0.15	-0.15	-3.12
0	-0.15	-0.15	-3.18
1	-0.15	-0.15	-3.24
-0.2	-0.15	-0.15	-3.30
-0.1	-0.15	-0.15	-3.36
0	-0.15	-0.15	-3.42
1	-0.15	-0.15	-3.48
-0.2	-0.15	-0.15	-3.54
-0.1	-0.15	-0.15	-3.60
0	-0.15	-0.15	-3.66
1	-0.15	-0.15	-3.72
-0.2	-0.15	-0.15	-3.78
-0.1	-0.15	-0.15	-3.84
0	-0.15	-0.15	-3.90
1	-0.15	-0.15	-3.96
-0.2	-0.15	-0.15	-4.02
-0.1	-0.15	-0.15	-4.08
0	-0.15	-0.15	-4.14
1	-0.15	-0.15	-4.20
-0.2	-0.15	-0.15	-4.26
-0.1	-0.15	-0.15	-4.32
0	-0.15	-0.15	-4.38
1	-0.15	-0.15	-4.44
-0.2	-0.15	-0.15	-4.50
-0.1	-0.15	-0.15	-4.56
0	-0.15	-0.15	-4.62
1	-0.15	-0.15	-4.68
-0.2	-0.15	-0.15	-4.74
-0.1	-0.15	-0.15	-4.80
0	-0.15	-0.15	-4.86
1	-0.15	-0.15	-4.92
-0.2	-0.15	-0.15	-4.98
-0.1	-0.15	-0.15	-5.04
0	-0.15	-0.15	-5.10
1	-0.15	-0.15	-5.16
-0.2	-0.15	-0.15	-5.22
-0.1	-0.15	-0.15	-5.28
0	-0.15	-0.15	-5.34
1	-0.15	-0.15	-5.40
-0.2	-0.15	-0.15	-5.46
-0.1	-0.15	-0.15	-5.52
0	-0.15	-0.15	-5.58
1	-0.15	-0.15	-5.64
-0.2	-0.15	-0.15	-5.70
-0.1	-0.15	-0.15	-5.76
0	-0.15	-0.15	-5.82
1	-0.15	-0.15	-5.88
-0.2	-0.15	-0.15	-5.94
-0.1	-0.15	-0.15	-6.00
0	-0.15	-0.15	-6.06
1	-0.15	-0.15	-6.12
-0.2	-0.15	-0.15	-6.18
-0.1	-0.15	-0.15	-6.24
0	-0.15	-0.15	-6.30
1	-0.15	-0.15	-6.36
-0.2	-0.15	-0.15	-6.42
-0.1	-0.15	-0.15	-6.48
0	-0.15	-0.15	-6.54
1	-0.15	-0.15	-6.60
-0.2	-0.15	-0.15	-6.66
-0.1	-0.15	-0.15	-6.72
0	-0.15	-0.15	-6.78
1	-0.15	-0.15	-6.84
-0.2	-0.15	-0.15	-6.90
-0.1	-0.15	-0.15	-6.96
0	-0.15	-0.15	-7.02
1	-0.15	-0.15	-7.08
-0.2	-0.15	-0.15	-7.14
-0.1	-0.15	-0.15	-7.20
0	-0.15	-0.15	-7.26
1	-0.15	-0.15	-7.32
-0.2	-0.15	-0.15	-7.38
-0.1	-0.15	-0.15	-7.44
0	-0.15	-0.15	-7.50
1	-0.15	-0.15	-7.56
-0.2	-0.15	-0.15	-7.62
-0.1	-0.15	-0.15	-7.68
0	-0.15	-0.15	-7.74
1	-0.15	-0.15	-7.80
-0.2	-0.15	-0.15	-7.86
-0.1	-0.15	-0.15	-7.92
0	-0.15	-0.15	-7.98
1	-0.15	-0.15	-8.04
-0.2	-0.15	-0.15	-8.10
-0.1	-0.15	-0.15	-8.16
0	-0.15	-0.15	-8.22
1	-0.15	-0.15	-8.28
-0.2	-0.15	-0.15	-8.34
-0.1	-0.15	-0.15	-8.40
0	-0.15	-0.15	-8.46
1	-0.15	-0.15	-8.52
-0.2	-0.15	-0.15	-8.58
-0.1	-0.15	-0.15	-8.64
0	-0.15	-0.15	-8.70
1	-0.15	-0.15	-8.76
-0.2	-0.15	-0.15	-8.82
-0.1	-0.15	-0.15	-8.88
0	-0.15	-0.15	-8.94
1	-0.15	-0.15	-9.00
-0.2	-0.15	-0.15	-9.06
-0.1	-0.15	-0.15	-9.12
0	-0.15	-0.15	-9.18
1	-0.15	-0.15	-9.24
-0.2	-0.15	-0.15	-9.30
-0.1	-0.15	-0.15	-9.36
0	-0.15	-0.15	-9.42
1	-0.15	-0.15	-9.48
-0.2	-0.15	-0.15	-9.54
-0.1	-0.15	-0.15	-9.60
0	-0.15	-0.15	-9.66
1	-0.15	-0.15	-9.72
-0.2	-0.15	-0.15	-9.78
-0.1	-0.15	-0.15	-9.84
0	-0.15	-0.15	-9.90
1	-0.15	-0.15	-9.96
-0.2	-0.15	-0.15	-10.02
-0.1	-0.15	-0.15	-10.08
0	-0.15	-0.15	-10.14
1	-0.15	-0.15	-10.20
-0.2	-0.15	-0.15	-10.26
-0.1	-0.15	-0.15	-10.32
0	-0.15	-0.15	-10.38
1	-0.15	-0.15	-10.44
-0.2	-0.15	-0.15	-10.50
-0.1	-0.15	-0.15	-10.56
0	-0.15	-0.15	-10.62
1	-0.15	-0.15	-10.68
-0.2	-0.15	-0.15	-10.74
-0.1	-0.15	-0.15	-10.80
0	-0.15	-0.15	-10.86
1	-0.15	-0.15	-10.92
-0.2	-0.15	-0.15	-10.98
-0.1	-0.15	-0.15	-11.04
0	-0.15	-0.15	-11.10
1	-0.15	-0.15	-11.16
-0.2	-0.15	-0.15	-11.22
-0.1	-0.15	-0.15	-11.28
0	-0.15	-0.15	-11.34
1	-0.15	-0.15	-11.40
-0.2	-0.15	-0.15	-11.46
-0.1	-0.15	-0.15	-11.52
0	-0.15	-0.15	-11.58
1	-0.15	-0.15	-11.64
-0.2	-0.15	-0.15	-11.70
-0.1	-0.15	-0.15	-11.76
0	-0.15	-0.15	-11.82
1	-0.15	-0.15	-11.88
-0.2	-0.15	-0.15	-11.94
-0.1	-0.15	-0.15	-12.00
0	-0.15	-0.15	-12.06
1	-0.15	-0.15	-12.12
-0.2	-0.15	-0.15	-12.18
-0.1	-0.15	-0.15	-12.24
0	-0.15	-0.15	-12.30
1	-0.15	-0.15	-12.36
-0.2	-0.15	-0.15	-12.42
-0.1	-0.15	-0.15	-12.48
0	-0.15	-0.15	-12.54
1	-0.15	-0.15	-12.60
-0.2	-0.15	-0.15	-12.66
-0.1	-0.15	-0.15	-12.72
0	-0.15	-0.15	-12.78
1	-0.15	-0.15	-12.84
-0.2	-0.15	-0.15	-12.90
-0.1	-0.15	-0.15	-12.96
0	-0.15	-0.15	-13.02
1	-0.15	-0.15	-13.08
-0.2	-0.15	-0.15	-13.14
-0.1	-0.15	-0.15	-13.20
0	-0.15	-0.15	-13.26
1	-0.15	-0.15	-13.32
-0.2	-0.15	-0.15	-13.38
-0.1	-0.15	-0.15	-13.44
0	-0.15	-0.15	-13.50
1	-0.15	-0.15	-13.56
-0.2	-0.15	-0.15	-13.62
-0.1	-0.15	-0.15	-13.68
0	-0.15	-0.15	-13.74
1	-0.15	-0.15	-13.80
-0.2	-0.15	-0.15	-13.86
-0.1	-0.15	-0.15	-13.92
0	-0.15	-0.15	-13.98
1	-0.15	-0.15	-14.04
-0.2	-0.15	-0.15	-14.10
-0.1	-0.15	-0.15	-14.16
0	-0.15	-0.15	-14.22
1	-0.15	-0.15	-14.28
-0.2	-0.15	-0.15	-14.34
-0.1	-0.15	-0.15	-14.40
0	-0.15	-0.15	-14.46
1	-0.15	-0.15	-14.52
-0.2	-0.15	-0.15	-14.58
-0.1	-0.15	-0.15	-14.64
0	-0.15	-0.15	-14.70
1	-0.15	-0.15	-14.76
-0.2	-0.15	-0.15	-14.82
-0.1	-0.15	-0.15	-14.88
0	-0.15	-0.15	-14.94
1	-0.15	-0.15	-15.00
-0.2	-0.15	-0.15	-15.06
-0.1	-0.15	-0.15	-15.12
0	-0.15	-0.15	-15.18
1	-0.15	-0.15	-15.24
-0.2	-0.15	-0.15	-15.30
-0.1	-0.15	-0.15	-15.36
0	-0.15	-0.15	-15.42
1	-0.15	-0.15	-15.48
-0.2	-0.15	-0.15	-15.54
-0.1	-0.15	-0.15	-15.60
0	-0.15	-0.15	-15.66
1	-0.15	-0.15	-15.72
-0.2	-0.15	-0.15	-15.78
-0.1	-0.15	-0.15	-15.84
0	-0.15	-0.15	-15.90
1	-0.15	-0.15	-15.96
-0.2	-0.15	-0.15	-16.02
-0.1	-0.15	-0.15	-16.08
0	-0.15	-0.15	-16.14
1	-0.15	-0.15	-16.20
-0.2	-0.15	-0.15	-16.26
-0.1	-0.15	-0.15	-16.32
0	-0.15	-0.15	-16.38
1	-0.15	-0.15	-16.44
-0.2	-0.15	-0.15	-16.50
-0.1	-0.15	-0.15	-16.56
0	-0.15	-0.15	-16.62
1	-0.15	-0.15	-16.68
-0.2	-0.15	-0.15	-16.74
-0.1	-0.15	-0.15	-16.80
0	-0.15	-0.15	-16.86
1	-0.15	-0.15	-16.92
-0.2	-0.15	-0.15	-16.98
-0.1	-0.15	-0.15	-17.04
0	-0.15	-0.15	-17.10
1	-0.15	-0.15	-17.16
-0.2	-0.15	-0.15	-17.22
-0.1	-0.15	-0.15	-17.28
0	-0.15	-0.15	-17.34
1	-0.15	-0.15	-17.40
-0.2	-0.15	-0.15	-17.46
-0.1	-0.15	-0.15	-17.52
0	-0.15	-0.15	-17.58
1	-0.15	-0.15	-17.64
-0.2	-0.15	-0.15	-17.70
-0.1	-0.15	-0.15	-17.76
0	-0.15	-0.15	-17.82
1	-0.15	-0.15	-17.88
-0.2	-0.15	-0.15	-17.94
-0.1	-0.15	-0.15	-18.00
0	-0.15	-0.15	-18.06
1	-0.15	-0.15	-18.12
-0.2	-0.15	-0.15	-18.18
-0.1	-0.15	-0.15	-18.24
0	-0.15	-0.15	-18.30
1	-0.15	-0.15	-18.36
-0.2	-0.15	-0.15	-18.42
-0.1	-0.15	-0.15	-18.48
0	-0.15	-0.15	-18.54
1	-0.15	-0.15	-18.60
-0.2	-0.15	-0.15	-18.66</

β_c		$d/d_{\text{شکل}}^{\text{برای مقاطع T}}$	K_{i2}	$\rho \cdot n (\rho_w \cdot n)$
$\frac{1}{10}$	0.102	0.104	0.108	0.112
	0.103	0.1048	0.108	0.113
	0.104	0.1053	0.108	0.113
	0.105	0.1043	0.108	0.113
	0.106	0.1050	0.108	0.113
	0.107	0.1051	0.108	0.113
	0.108	0.1052	0.108	0.113
	0.109	0.1059	0.108	0.113
	0.110	0.1061	0.108	0.113
	0.111	0.1061	0.108	0.113
$\frac{1}{11}$	0.105	0.1028	0.107	0.111
	0.106	0.1038	0.107	0.111
	0.107	0.1048	0.107	0.111
	0.108	0.1058	0.107	0.111
	0.109	0.1068	0.107	0.111
	0.110	0.1078	0.107	0.111
	0.111	0.1088	0.107	0.111
	0.112	0.1098	0.107	0.111
	0.113	0.1108	0.107	0.111
	0.114	0.1118	0.107	0.111
$\frac{1}{12}$	0.102	0.1017	0.106	0.110
	0.103	0.1023	0.106	0.110
	0.104	0.1033	0.106	0.110
	0.105	0.1043	0.106	0.110
	0.106	0.1053	0.106	0.110
	0.107	0.1063	0.106	0.110
	0.108	0.1073	0.106	0.110
	0.109	0.1083	0.106	0.110
	0.110	0.1093	0.106	0.110
	0.111	0.1103	0.106	0.110
$\frac{1}{13}$	0.105	0.1015	0.105	0.109
	0.106	0.1025	0.105	0.109
	0.107	0.1035	0.105	0.109
	0.108	0.1045	0.105	0.109
	0.109	0.1055	0.105	0.109
	0.110	0.1065	0.105	0.109
	0.111	0.1075	0.105	0.109
	0.112	0.1085	0.105	0.109
	0.113	0.1095	0.105	0.109
	0.114	0.1105	0.105	0.109
$\frac{1}{14}$	0.102	0.1012	0.104	0.108
	0.103	0.1022	0.104	0.108
	0.104	0.1032	0.104	0.108
	0.105	0.1042	0.104	0.108
	0.106	0.1052	0.104	0.108
	0.107	0.1062	0.104	0.108
	0.108	0.1072	0.104	0.108
	0.109	0.1082	0.104	0.108
	0.110	0.1092	0.104	0.108
	0.111	0.1102	0.104	0.108
$\frac{1}{15}$	0.101	0.1011	0.103	0.107
	0.102	0.1021	0.103	0.107
	0.103	0.1031	0.103	0.107
	0.104	0.1041	0.103	0.107
	0.105	0.1051	0.103	0.107
	0.106	0.1061	0.103	0.107
	0.107	0.1071	0.103	0.107
	0.108	0.1081	0.103	0.107
	0.109	0.1091	0.103	0.107
	0.110	0.1101	0.103	0.107
$\frac{1}{16}$	0.101	0.1010	0.102	0.106
	0.102	0.1020	0.102	0.106
	0.103	0.1030	0.102	0.106
	0.104	0.1040	0.102	0.106
	0.105	0.1050	0.102	0.106
	0.106	0.1060	0.102	0.106
	0.107	0.1070	0.102	0.106
	0.108	0.1080	0.102	0.106
	0.109	0.1090	0.102	0.106
	0.110	0.1100	0.102	0.106
$\frac{1}{17}$	0.101	0.1009	0.101	0.105
	0.102	0.1019	0.101	0.105
	0.103	0.1029	0.101	0.105
	0.104	0.1039	0.101	0.105
	0.105	0.1049	0.101	0.105
	0.106	0.1059	0.101	0.105
	0.107	0.1069	0.101	0.105
	0.108	0.1079	0.101	0.105
	0.109	0.1089	0.101	0.105
	0.110	0.1099	0.101	0.105
$\frac{1}{18}$	0.101	0.1008	0.100	0.104
	0.102	0.1018	0.100	0.104
	0.103	0.1028	0.100	0.104
	0.104	0.1038	0.100	0.104
	0.105	0.1048	0.100	0.104
	0.106	0.1058	0.100	0.104
	0.107	0.1068	0.100	0.104
	0.108	0.1078	0.100	0.104
	0.109	0.1088	0.100	0.104
	0.110	0.1098	0.100	0.104
$\frac{1}{19}$	0.101	0.1007	0.099	0.103
	0.102	0.1017	0.099	0.103
	0.103	0.1027	0.099	0.103
	0.104	0.1037	0.099	0.103
	0.105	0.1047	0.099	0.103
	0.106	0.1057	0.099	0.103
	0.107	0.1067	0.099	0.103
	0.108	0.1077	0.099	0.103
	0.109	0.1087	0.099	0.103
	0.110	0.1097	0.099	0.103
$\frac{1}{20}$	0.101	0.1006	0.098	0.102
	0.102	0.1016	0.098	0.102
	0.103	0.1026	0.098	0.102
	0.104	0.1036	0.098	0.102
	0.105	0.1046	0.098	0.102
	0.106	0.1056	0.098	0.102
	0.107	0.1066	0.098	0.102
	0.108	0.1076	0.098	0.102
	0.109	0.1086	0.098	0.102
	0.110	0.1096	0.098	0.102

I_e موثر اینرسی ممان (۴) افت

مراجع : بخش ۱۴-۲-۲-۲ از آیین نامه بتن ایران

$$I_e = K_{i3} \cdot I_g$$

$$K_{i3} = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] \frac{I_{cr}}{I_g}$$

M_{cr}	I_{cr} / I_g	K_3
Ma		
1.5.	1.111	0.911
1.52	1.112	0.912
1.54	1.113	0.913
1.56	1.114	0.914
1.58	1.115	0.915
1.60	1.116	0.916
1.62	1.117	0.917
1.64	1.118	0.918
1.66	1.119	0.919
1.68	1.120	0.920
1.70	1.121	0.921
1.72	1.122	0.922
1.74	1.123	0.923
1.76	1.124	0.924
1.78	1.125	0.925
1.80	1.126	0.926
1.82	1.127	0.927
1.84	1.128	0.928
1.86	1.129	0.929
1.88	1.130	0.930
1.90	1.131	0.931
1.92	1.132	0.932
1.94	1.133	0.933
1.96	1.134	0.934
1.98	1.135	0.935
2.00	1.136	0.936
2.02	1.137	0.937
2.04	1.138	0.938
2.06	1.139	0.939
2.08	1.140	0.940
2.10	1.141	0.941
2.12	1.142	0.942
2.14	1.143	0.943
2.16	1.144	0.944
2.18	1.145	0.945
2.20	1.146	0.946
2.22	1.147	0.947
2.24	1.148	0.948
2.26	1.149	0.949
2.28	1.150	0.950
2.30	1.151	0.951
2.32	1.152	0.952
2.34	1.153	0.953
2.36	1.154	0.954
2.38	1.155	0.955
2.40	1.156	0.956
2.42	1.157	0.957
2.44	1.158	0.958
2.46	1.159	0.959
2.48	1.160	0.960
2.50	1.161	0.961
2.52	1.162	0.962
2.54	1.163	0.963
2.56	1.164	0.964
2.58	1.165	0.965
2.60	1.166	0.966
2.62	1.167	0.967
2.64	1.168	0.968
2.66	1.169	0.969
2.68	1.170	0.970
2.70	1.171	0.971
2.72	1.172	0.972
2.74	1.173	0.973
2.76	1.174	0.974
2.78	1.175	0.975
2.80	1.176	0.976
2.82	1.177	0.977
2.84	1.178	0.978
2.86	1.179	0.979
2.88	1.180	0.980
2.90	1.181	0.981
2.92	1.182	0.982
2.94	1.183	0.983
2.96	1.184	0.984
2.98	1.185	0.985
3.00	1.186	0.986
3.02	1.187	0.987
3.04	1.188	0.988
3.06	1.189	0.989
3.08	1.190	0.990
3.10	1.191	0.991
3.12	1.192	0.992
3.14	1.193	0.993
3.16	1.194	0.994
3.18	1.195	0.995
3.20	1.196	0.996
3.22	1.197	0.997
3.24	1.198	0.998
3.26	1.199	0.999
3.28	1.200	1.000

افت ۱-۵) مقادیر M_c و K_{a3} برای محاسبه سریع افت در اعضاء خمپسی

مراجع بندهای ۱۰-۳ و ۱۴-۱-۲-۱-۱ از آین نامه بتن ایران

$$a_c = \frac{\sum (K_{a3} \cdot M_c)}{I_e} k_{al}, \text{cm}$$

Case	Condition	$M_c, \text{KN.m}$	K_{a3}
1		$\frac{M_A + M_B}{2}$	6.0
2		$\frac{Wl^2}{8}$	5.0
3		$\frac{Wl^2}{18}$	5.0
4		$\frac{Wl^2}{12}$	4.8
5		$\frac{Pb}{2}$	Cases 5 and 6 b/l K_{a3} 0.125 5.875 0.200 5.680 0.250 5.500 0.333 5.111
6		Pb	0.400 4.720 0.500 4.000
7		$M_c - 0.1(M_A + M_B)$	5.0

افت ۲-۵) مقادیر K_{a1} برای محاسبه سریع افت در اعضا خمثی

مراجع بندهای ۳-۱۰ از آینن نامه بتن ایران

 $K_{a1} = \frac{10^7 \ell^2}{48E_c}$ بر حسب m می باشد.

$E_c = 5000\sqrt{f_c}$

$a_c = \frac{\sum (K_{a3} \cdot M_c)}{I_e} k_{a1}$ بر حسب I_e cm⁴ و a_c cm⁴ می باشد.

طول دهانه (m)	K_{a1}		
	f_c , MPa		
	۲۰	۲۵	۳۰
۲/۵	۵۸/۲۳	۵۲/۰۸	۴۷/۵۵
۳	۸۳/۸۵	۷۵/۰۰	۶۸/۴۷
۳/۵	۱۱۴/۱۳	۱۰۲/۰۸	۹۳/۱۹
۴	۱۴۹/۰۷	۱۳۳/۲۲	۱۲۱/۷۱
۴/۵	۱۸۸/۹۹	۱۶۸/۷۵	۱۵۴/۰۵
۵	۲۳۲/۹۲	۲۰۸/۲۳	۱۹۰/۱۸
۵/۵	۲۸۱/۸۴	۲۵۲/۰۸	۲۳۰/۱۲
۶	۲۲۵/۲۱	۲۰۰/۰۰	۲۷۲/۸۶
۶/۵	۳۹۳/۵۴	۳۵۲/۰۸	۳۲۱/۴۱
۷	۴۵۶/۵۳	۴۰۸/۲۳	۳۷۲/۷۶
۷/۵	۵۲۴/۰۸	۴۶۸/۷۵	۴۲۷/۹۱
۸	۵۹۶/۲۸	۵۳۲/۲۲	۴۸۶/۸۶
۸/۵	۶۷۳/۱۵	۶۰۲/۰۸	۵۴۹/۶۲
۹	۷۵۴/۵۷	۶۷۵/۰۰	۶۱۶/۱۹
۹/۵	۸۴۰/۸۵	۷۵۲/۰۸	۶۸۶/۵۶
۱۰	۹۳۱/۵۹	۸۳۲/۲۳	۷۶۰/۷۳
۱۰/۵	۱۰۲۷/۱۹	۹۱۸/۷۵	۸۳۸/۷۰
۱۱	۱۱۲۷/۳۵	۱۰۰۸/۲۳	۹۲۰/۴۸
۱۱/۵	۱۲۳۲/۱۷	۱۱۰۲/۰۸	۱۰۰۶/۰۶
۱۲	۱۳۴۱/۶۴	۱۲۰۰/۰۰	۱۰۹۵/۴۵
۱۲/۵	۱۴۵۵/۷۷	۱۳۰۲/۰۸	۱۱۸۸/۶۳
۱۳	۱۵۷۴/۵۶	۱۴۰۸/۲۳	۱۲۸۵/۶۳
۱۳/۵	۱۶۹۸/۰۱	۱۵۱۸/۷۵	۱۲۳۸۶/۴۲

M طول دهانه	K _{al}		
	f _c , Mpa		
	۲۰	۲۵	۳۰
۱۴	۱۸۲۶/۱۲	۱۶۳۳/۳۳	۱۴۹۱/۰۲
۱۴/۵	۱۵۵۸/۸۹	۱۷۵۲/۰۸	۱۵۹۹/۴۳
۱۵	۲۰۹۶/۳۱	۱۸۷۸/۰۰	۱۷۱۱/۶۳
۱۵/۵	۲۲۳۸/۴۰	۲۰۰۲/۰۸	۱۸۲۷/۶۴
۱۶	۲۳۸۵/۱۴	۲۱۲۳/۳۳	۱۹۴۷/۴۶
۱۶/۵	۲۵۳۶/۵۴	۲۲۶۸/۷۵	۲۰۷۱/۰۸
۱۷	۲۶۹۲/۶۰	۲۴۰۸/۳۳	۲۱۹۸/۵۰
۱۷/۵	۲۸۰۳/۶۲	۲۵۵۲/۰۸	۲۳۲۹/۷۲
۱۸	۳۰۱۸/۵۹	۲۷۰۰/۰۰	۲۴۶۴/۷۵
۱۸/۵	۳۱۸۸/۷۳	۲۸۵۲/۰۸	۲۶۰۳/۵۸
۱۹	۳۳۶۳/۴۲	۳۰۰۸/۳۳	۲۷۴۶/۲۲
۱۹/۵	۳۵۴۲/۷۷	۳۳۶۸/۷۵	۲۸۹۲/۶۶
۲۰	۳۷۲۶/۷۸	۳۳۳۳/۳۳	۳۰۴۲/۹۰
۲۰/۵	۳۹۱۵/۴۵	۳۵۰۲/۰۸	۳۱۹۶/۹۵
۲۱	۴۱۰۸/۷۷	۳۶۷۵/۰۰	۳۳۵۴/۸۰
۲۱/۵	۴۳۰۶/۷۶	۳۸۵۲/۰۸	۳۵۱۶/۴۵
۲۲	۴۵۰۹/۴۰	۴۰۳۳/۳۳	۳۶۸۱/۹۰
۲۲/۵	۴۷۱۶/۷۱	۴۲۱۸/۷۵	۳۸۵۱/۱۷
۲۳	۴۹۲۸/۵۷	۴۴۰۸/۳۳	۴۰۲۴/۲۴
۲۳/۵	۵۱۴۵/۲۹	۴۶۰۲/۰۸	۴۲۰۱/۱۱
۲۴	۵۳۶۶/۵۶	۴۸۰۰/۰۰	۴۴۸۱/۷۸
۲۴/۵	۵۵۹۲/۵۰	۵۰۰۲/۰۸	۴۵۶۶/۲۶
۲۵	۵۸۳۳/۰۹	۵۲۰۸/۳۳	۴۷۵۴/۵۶

تذکر : در محاسبه افت از بارهای بهره‌برداری (بدون ضریب) استفاده شود.

دالهای دو طرفه

مثال ۱ طرح دال دو طرفه و بدون تیر به روش مستقیم

دال دوطرفه و بدون تیر صفحه بعد را با استفاده از روش مستقیم طرح کنید. در آکس‌های (A) و (1) تیرهای لبه به عرض ۴۰ سانتیمتر پیش‌بینی شده‌اند. در آکس‌های (5) و (D) تیر لبه وجود ندارد. استفاده از سر ستون مجاز است.

مشخصات :

$$\text{بار زنده} = 6 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{بار کف سازی} = 0.7 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{بار دیوارهای خارجی} = 5.9 \text{ KN/m}$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

$$f_y = 300 \text{ MPa}$$

$$\text{ابعاد ستونهای میانی زیر دال} = 50 \times 50 \text{ cm}^2$$

$$\text{ابعاد ستونهای میانی روی دال} = 45 \times 45 \text{ cm}^2$$

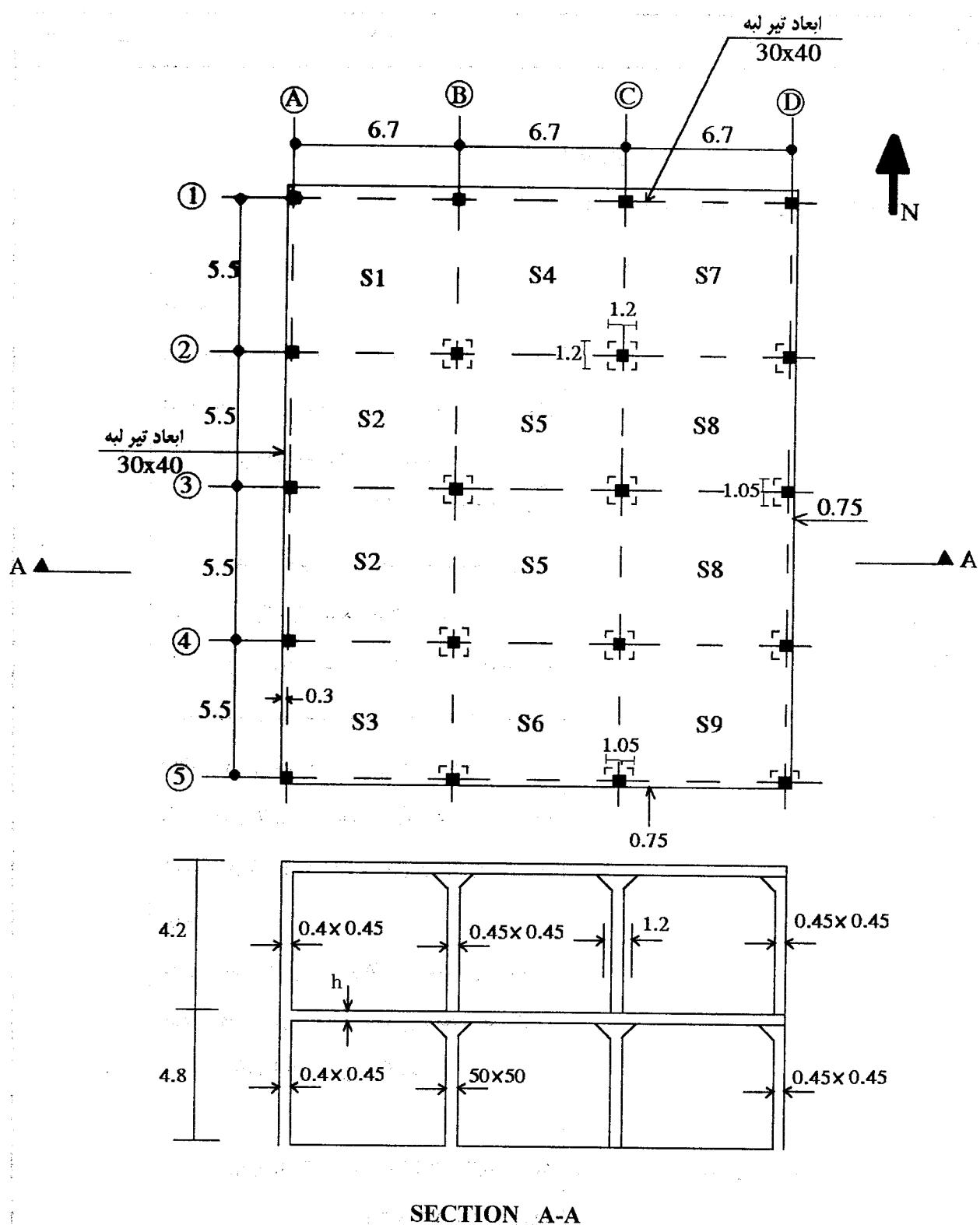
$$\text{ابعاد ستون گوش} = 40 \times 40 \text{ cm}^2$$

$$\text{ابعاد سایر ستونهای خارجی و دارای تیر لبه} = 40 \times 45 \text{ cm}^2 \quad (\text{بعد بزرگتر موازی لبه دال})$$

$$\text{بعاد ستونهای خارجی و بدون تیر لبه} = 45 \times 45 \text{ cm}^2$$

$$\text{ارتفاع کف تا کف طبقه زیر دال} = 4.8 \text{ m}$$

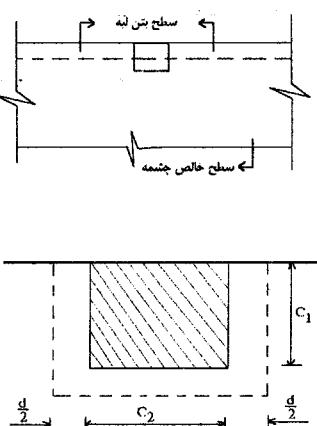
$$\text{ارتفاع کف تا کف طبقه روی دال} = 4.2 \text{ m}$$



بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	(گام اول)		
۲-۱-۷-۱۵	کنترل هندسه و بارگذاری دال برای استفاده از روش مستقیم	ضوابط: A- حداقل سه دهانه پیوسته در هر جهت موجود باشد. B- دال‌ها مستطیل‌شکل باشند و نسبت طول ضلع بزرگتر به کوچکتر آنها بیشتر از ۲ نباشد. $\frac{6.7}{5.5} = 1.22 < 2 \quad O.K.$	
۳-۱-۷-۱۵		C- دهانه‌های متواالی در هر امتداد نباید بیشتر از یک سوم دهانه بزرگتر با یکدیگر اختلاف طول داشته باشد.	
۴-۱-۷-۱۵		D- برونو محوری هیچیک از ستون‌ها نسبت به صفحه قاب در هر امتداد نباید بیشتر از ۵ درصد طول دهانه عمود بر صفحه قاب بر آن امتداد باشد.	
۵-۱-۷-۱۵		E- بارهای قائم باید بصورت یکنواخت پخش شده باشند و بارهای زنده نباید بزرگتر از دو برابر بارهای مرده باشند.	
۶-۱-۷-۱۵		برای تخمین حداقل مقدار W_d ، خاصیت دال را برابر حداقل مقدار مجاز (12.5cm) و وزن مخصوص بتن را برابر 24 KN/m^3 فرض می‌کنیم.	
۶-۴-۲-۱۴	وزن دال + بار کفسازی = بار مرده	$W_D = 0.7 + 0.125 \times 24 = 3.7 \text{ KN.m}^2$ $2W_D = 2 \times 3.7 = 7.4$ $W_L = 6 \text{ KN.m}^2 < 2 W_d \quad O.K.$ بنابراین می‌توان از روش مستقیم استفاده کرد.	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۲-۳-۷-۱۵	<p style="text-align: center;">گام دوم)</p> <p>انتخاب ضخامت دال با توجه به برش و افت در چشمہ بحرانی</p> <p>- در چشمہ S9 ضخامت لازم برای افت A محاسبه می شود. فرض می شود که هیچیک از ستون های کتیبه ندارند.</p> <p>تذکر: اگر ستون ها دارای کتیبه نباشند و دهانه های متواالی در یک جهت برابر باشند، چشمہ بحرانی برای یک دال با ضخامت ثابت، چشمہ گوشه ای است که دارای کوچکترین تیر لبه می باشد.</p> <p>نسبت طول دهانه خالص بزرگتر به کوچکتر $\beta = \frac{\ell_n(5)}{\ell_n(D)} = \frac{6.25}{5.05} = 1.24$ m</p> <p>نسبت طول لبه پیوسته به کل محیط پانل $\beta_s = 0.5$</p> <p>متوسط برای تمام تیرهای پیرامونی چشمہ $\alpha_m = 0$</p> <p>نسبت سختی خمشی تیر به سختی خمشی دال $\alpha = 0$</p> <p>به پنهانی ۲۱</p>	$\ell_n(5) = 6.7 - \frac{0.45}{2} - \frac{0.45}{2} = 6.25 \text{ m}$ $\ell_n(D) = 5.5 - \frac{0.45}{2} - \frac{0.45}{2} = 5.05 \text{ m}$	برای چشمہ S9 داریم:
۵-۴-۲-۱۴	<p>حداقل ضخامت دالهای تخت بدون تیر میانی</p> <p>- کنترل ضخامت دال برای برش B</p> <p>$V_u = W_u$ برش سوراخ کننده کل = شدت بار نهایی</p> <p>سطح مقطع خالص دال با فرض $h = 20 \text{ cm}$ داریم:</p> <p>وزن دال + بار کفسازی = بار مردہ</p>	$h = \frac{\ell_n}{36} = \frac{6.25}{36} = 17.4 \text{ cm}$	به جای h طول دهانه خالص بزرگتر را قرار می دهیم.
۳-۳-۵-۱۰	<p>$W_u = 1.25 W_D + 1.5 W_L$</p> <p>$B_1 = \text{برش سوراخ کننده در ستون های داخلی داریم:}$</p>	$W_D = 0.7 + 0.2 \times 24 = 5.5 \text{ KN/m}^2$ $W_L = 6 \text{ KN/m}^2$ $W_u = 1.25 \times 5.5 + 1.5 \times 6 = 15.875 \text{ KN/m}^2$	

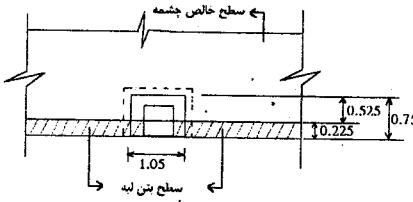
بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	طول دهانه = سطح مقطع خالص دال سطح مقطع یک ستون - عرض قاب طراحی $V_u = W_u \cdot A_n$	$A_n = 6.7 \times 5.5 - 0.5^2 = 36.6 \text{ m}^2$ $V_u = 15.875 \times 36.6 = 581 \text{ KN}$ با فرض $d = 17 \text{ cm}$ داریم:	
۱-۲-۱۷-۱۲	$b_o = (C + d) \times 4$	$b_o = (0.5 + 0.17) \times 4 = 2.68 \text{ m}$	
۴-۲-۱۷-۱۲	$\beta_c = \frac{C_2}{C_1}$	$\beta_c = \frac{0.5}{0.5} = 1$	
۳۴-۱۲ معادله	$V_{cl} = (1 + \frac{2}{\beta_c}) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	$V_{cl} = 3 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	
۳۵-۱۲ معادله	$V_{c2} = (\frac{\alpha_s d}{b_o} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	$V_{c2} = (\frac{20 \times 0.17}{2.68} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $V_{c2} = 2.3 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	
۳۶-۱۲ معادله	$V_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $V_c = \min(V_{cl}, V_{c2}, V_{c3})$	$V_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $V_c = 2 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 2.68 \times 0.17 \times 10^3$ $V_c = 489 \text{ KN} < V_u \text{ N.G.}$ پس باید ضخامت دال را افزایش داد.	
	$V_u = W_u \cdot A_n$	$W_d = 0.7 + 0.25 \times 24 = 6.7 \text{ KN/m}^2$ $W_u = 1.25 \times 6.7 + 1.5 \times 6 = 17.375$ $V_u = 17.375 \times 36.6 = 635.9 \text{ KN}$	
	$B_o = (C + d) \times 4$	با فرض $d = 22 \text{ cm}$ داریم: $b_o = (0.5 + 0.22) \times 4 = 2.88 \text{ m}$	

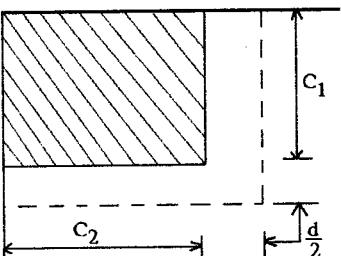
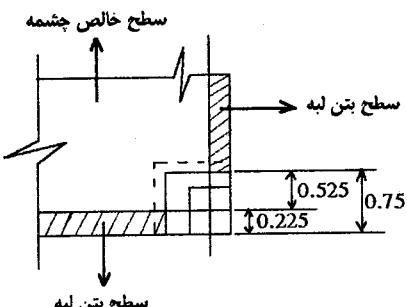
بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی									
	<p>تذکر: در این مرحله از آنجا که لنگرها مشخص نیستند، فقط کنترل برای برش پانچ عملی است.</p> <p>برای ایجاد ظرفیت برشی اضافی از انتقال لنگر خمی در محل اتصال دال به ستون، باید ضخامت دال را افزایش داد.</p> <p>مقادیر پیشنهادی برای این حالت عبارتند از:</p> <table> <tr> <td>ستون های میانی</td> <td>۱۰ درصد</td> <td>بنابراین</td> </tr> <tr> <td>ستون های کناری</td> <td>۴۰ درصد</td> <td>$h = (22 \times 1.1) + 3 = 27.2 \text{ cm}$</td> </tr> <tr> <td>ستون های گوشه</td> <td>۷۰ درصد</td> <td>و یا $h = 27 \text{ cm}$</td> </tr> </table> <p>- برای کنترل برش در ستون کناری بارهای زیر مدنظر قرار می گیرند:</p> <p>بارهای روی نصف سطح خالص چشم، وزن بتن لبه، و دیوار خارجی طبقه فوقانی با ضریب بار مزده.</p>  <p>برای $h = 27 \text{ cm}$:</p> $W_u = 1.25 (0.7 + 0.27 \times 24) + 1.5 \times 6$ $W_u = 9 + 9 = 18 \text{ KN/m}^3$ $V_u = \left(\frac{6.7 \times 5.5}{2} - \frac{0.45 \times 0.45}{2} \right) \times 18 + \frac{0.45}{2} (6.7 - 0.45) \times 9 + (6.7 - 0.45) \times 5.9 \times 1.25$ $V_u = 388.6 \text{ KN}$	ستون های میانی	۱۰ درصد	بنابراین	ستون های کناری	۴۰ درصد	$h = (22 \times 1.1) + 3 = 27.2 \text{ cm}$	ستون های گوشه	۷۰ درصد	و یا $h = 27 \text{ cm}$	$V_c = V_{c3} = 2 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 2.88 \times 0.22 \times 10^3$ $V_c = 680 \text{ KN} > V_u \quad \text{O.K}$	
ستون های میانی	۱۰ درصد	بنابراین										
ستون های کناری	۴۰ درصد	$h = (22 \times 1.1) + 3 = 27.2 \text{ cm}$										
ستون های گوشه	۷۰ درصد	و یا $h = 27 \text{ cm}$										

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
	$b_o = 2(C_1 + \frac{d}{2}) + (C_2 + d)$	$b_o = 2(0.45 + \frac{0.24}{2}) + (0.45 + 0.24)$ $b_o = 1.83 \text{ m}$	
۴-۲-۱۷-۱۲	$\beta_c = \frac{C_2}{C_1}$	$\beta_c = \frac{0.45}{0.45} = 1$	
۳۴-۱۲	$V_{c1} = (1 + \frac{2}{\beta_c}) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	$V_{c1} = 3 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	معادله
۳۵-۱۲	$V_{c2} = (\frac{\alpha_s d}{b_o} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	$V_{c2} = (\frac{15 \times 0.24}{1.83} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $V_{c2} = 2.97 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	معادله
۳۶-۱۲	$V_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $V_c = \min(V_{c1}, V_{c2}, V_{c3})$	$V_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $V_c = V_{c3} = 2 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 1.83 \times 0.24 \times 10^3$ $V_c = 471.4 \text{ KN} > V_u \quad \text{O.K.}$	معادله
	با وجود اینکه V_c خیلی بزرگتر از V_u است نمی‌توان ضخامت دال را کاهش داد. چرا که برش ناشی از انتقال لنگر خمی در محل اتصال دال به ستون در نظر گرفته نشده است و مطابق تذکر قبل ارتفاع موثر بهینه d را باید در این حالت در $1/4$ ضرب نمود.	B3 - کنترل برش در ستون گوشه با توجه به محاسبات ستون‌های میانی و کناری، ضخامت لازم برای برش، بیش از ضخامت لازم برای افت است و بنابراین استفاده از کتیبه یا سرستون منطقی است. برای کامل کردن مثال این موضوع را در ستون‌های گوشه نیز کنترل می‌کنیم.	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	<p>برش ستون‌های گوشه با توجه به بارهای زیر محاسبه می‌شود: بارهای روی یک چهارم سطح خالص چشم، وزن بتن لبه و دیوار خارجی روی دو لبه با ضریب بار مرده.</p>	$\text{برای } h = 20\text{cm} \text{ داریم :}$ $W_u = 15.875 \text{ KN/m}^2$ $V_u = \left(\frac{6.7 \times 5.5}{4} - \frac{0.45 \times 0.45}{4} \right) \times 15.875 + \left[\frac{0.45}{2} \left(\frac{6.7}{2} - \frac{0.45}{2} \right) + \frac{0.45}{2} \times \left(\frac{5.5}{2} - \frac{0.45}{2} \right) \right] \times 1.25 \times 5.5 + \left(\frac{6.7 + 5.5}{2} - 0.45 \right) \times 5.9 \times 1.25$ $V_u = 195.85 \text{ KN}$	
۴-۲-۱۷-۱۲	$\beta_c = \frac{C_2}{C_1}$ $b_o = (C_1 + \frac{d}{2}) + (C_2 + \frac{d}{2})$ $\beta_c = \frac{0.45}{0.45} = 1$ $V_{c1} = 3 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	$b_o = (0.45 + \frac{0.17}{2}) + (0.45 + \frac{0.17}{2})$ $b_o = 1.07 \text{ m}$	
۳۴-۱۲	معادله	$V_{c1} = (1 + \frac{2}{\beta_o}) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $V_{c2} = (\frac{10 \times 0.17}{1.07} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	
۳۵-۱۲	معادله	$V_{c2} = (\frac{\alpha_s d}{b_o} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $V_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	$V_{c2} = 2.59 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$
۳۶-۱۲	معادله	$V_c = \min(V_{c1}, V_{c2}, V_{c3})$ <p>- انتخاب ابعاد سر ستون C برای ابعاد سرستون مربوط به ستون‌های داخلی مقدار زیر پیشنهاد می‌شود:</p>	$V_c = V_{c3} = 2 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 1.07 \times 0.17 \times 10^3$ $V_c = 195.2 \text{ KN} \approx V_u \text{ O.K.}$ <p>با توجه به برش ناشی از انتقال لنگر خمی داریم:</p> $h = (17 \times 1.7) + 3 = 31.9 \text{ cm}$

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
		$0.15\ell_a < C < 0.25\ell_a$	$0.15\ell_a = 0.15 \left(\frac{5.5 + 6.7}{2} \right) = 0.92 \text{ m}$ $0.25\ell_a = 0.25 \left(\frac{5.5 + 6.7}{2} \right) = 1.5 \text{ m}$ <p>بنابراین ابعاد سر ستون مربوط به ستون‌های داخلی را برابر با مقدار زیر فرض می‌کنیم:</p> $C_1 = C_2 = 1.2 \text{ m}$ <p>برای ستون‌های لبه ابعاد زیر را برای سر ستون‌ها در نظر می‌گیریم:</p>
		<p>تذکر ۱ : در انتخاب ابعاد سرستون، علاوه بر برش، باید به مسائل اجرائی نیز توجه شود.</p> <p>تذکر ۲ : به خاطر اینکه در آکس‌های (۱) و (A) تیر وجود دارد، از سر ستون استفاده نمی‌شود.</p>	<p>در امتداد عمود بر لبه</p> 0.75 m <p>در امتداد لبه</p> 1.05 m <p>برای ستون گوشه آکس D5، ابعاد سرستون برابر است با:</p> $C_1 = C_2 = 0.75 \text{ m}$
۵-۴-۲-۱۴	$\ell_n(5) = 6.7 - 0.525 - 0.525$ $\ell_n(5) = 5.65 \text{ m}$ $\ell_n(D) = 5.5 - 0.525 - 0.525$ $\ell_n(D) = 4.45 \text{ m}$ $\beta = \frac{\ell_n(5)}{\ell_n(D)} = \frac{5.65}{4.45} = 1.27$ $h = \frac{\ell_n}{36} = \frac{565}{36} = 15.69 \text{ cm}$ <p>USE: $h = 18 \text{ cm}$</p> $W_D = 0.7 + 0.18 \times 24 = 5 \text{ KN/m}^2$	<p>تکرار گام‌های A و B با سر ستون:</p> <p>- کنترل افت در پانل S9 پس از استفاده از سر ستون.</p> <p>B1' - کنترل برش سوراخ‌کننده در ستون‌های داخلی، که دارای سرستون می‌باشند.</p>	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۴-۳-۵-۱۰	$W_L = 1.25 W_D + 1.5 W_L$	$W_L = 6 \text{ KN/m}^2$ $W_u = 1.25 \times 5 + 1.5 \times 6 = 15.25 \text{ KN/m}^2$ $V_u = (6.7 \times 5.5 - 1.2^2) \times 15.25 = 540 \text{ KN}$	
۴-۲-۱۷-۱۲	$b_0 = (c+d) \times 4$ با توجه به قسمت ۱ داریم: $V_c = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_0 d$	با فرض $d=15 \text{ cm}$ $b_0 = (1.2+0.15) \times 4 = 5.4 \text{ m}$ $V_c = 2 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 5.4 \times 0.15 \times 10^3$ $V_c = 869.4 \text{ KN} > V_u \text{ O.K.}$	
۴-۲-۱۷-۱۲	<p style="text-align: center;">کنترل برش در ستون کناری - B2'</p>  $b_0 = 2(C_1 + \frac{d}{2}) + (C_2 + d)$ با توجه به قسمت ۲ داریم: $V_{c2} = (\frac{\alpha_s d}{b_0} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_0 d$	$V_u = (\frac{6.7 \times 5.5}{2} - 1.05 \times 0.525) \times 15.25 + 0.225$ $(6.7 - 1.05) \times 1.25 \times 5 + (6.7 - 1.05) \times 5.9 \times 1.25$ $V_u = 322.2 \text{ KN}$ $b_0 = 2(0.75 + \frac{0.15}{2}) + (1.05 + 0.15)$ $b_0 = 2.85 \text{ m}$	
۴-۲-۱۷-۱۲			

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
$V_{c2} = 1.79 \times 0.2\phi_c \sqrt{f_c} b_o d = V_{c \min}$ بنابراین: $V_c = 1.79 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 2.85 \times 0.15 \times 10^3$ $V_c = 411 \text{ KN} > V_u \text{ O.K.}$	$V_{c2} = 1.79 \times 0.2\phi_c \sqrt{f_c} b_o d = V_{c \ min}$ بنابراین: $V_c = 1.79 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 2.85 \times 0.15 \times 10^3$ $V_c = 411 \text{ KN} > V_u \text{ O.K.}$	$b_o = (C_1 + \frac{d}{2}) + (C_2 + \frac{d}{2})$  $b_o = (C_1 + \frac{d}{2}) + (C_2 + \frac{d}{2})$ با توجه به قسمت B3 داریم: $V_{c2} = \frac{(10 \times 0.15)}{1.65} 0.2\phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $V_{c2} = 1.91 \times 0.2\phi_c \sqrt{f_c} b_o d = V_{c \ min}$ بنابراین: $V_c = 1.91 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 1.65 \times 0.15 \times 10^3$	$V_{c2} = 1.79 \times 0.2\phi_c \sqrt{f_c} b_o d = V_{c \ min}$ بنابراین: $V_c = 1.79 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 2.85 \times 0.15 \times 10^3$ $V_c = 411 \text{ KN} > V_u \text{ O.K.}$
$V_{c2} = (\frac{\alpha_s d}{b_o} + 1) 0.2\phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $4-2-17-12$	$V_{c2} = (\frac{\alpha_s d}{b_o} + 1) 0.2\phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $4-2-17-12$	$Surface of the concrete column section$ 	$V_{c2} = (\frac{\alpha_s d}{b_o} + 1) 0.2\phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $4-2-17-12$

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
D	<p>-کنترل کافی بودن ضخامت دال در سایر چشمه‌ها</p> <p>تذکر ۱ : در دالهایی که تمام دهانه‌ها شبیه یکدیگر نیستند، ممکن است لازم شود که چند چشمه کنترل گردد تا چشمه بحرانی برای افت مشخص شود. این قسمت نحوه برخورد با چشمه‌هایی که دارای تیر لبه می‌باشد را مشخص می‌کند.</p> $\beta = \frac{\text{طول دهانه بزرگتر}}{\text{طول دهانه کوچکتر}}$ $\beta_s = \frac{\text{طول لبه‌های پیوسته}}{\text{کل محیط دال}}$	$V_c = 253.7 \text{ KN} > V_u$ <p>کنترل چشمه S2</p> $\ell_n(A) = 5.5 - \frac{0.45}{2} - \frac{0.45}{2} = 5.05 \text{ m}$ $\ell_n(B) = 5.5 - \frac{1.2}{2} - \frac{1.2}{2} = 4.3 \text{ m}$ <p>(طول متوسط شمالی جنوبی)</p> $\ell_n(NS) = \frac{5.05 + 4.3}{2} = 4.675 \text{ m}$ <p>(طول شرقی غربی)</p> $\ell_n(EW) = 6.7 - 0.1 - \frac{1.2}{2}$ $\ell_n(EW) = 6 \text{ m}$ $\beta = \frac{6}{4.675} = 1.28$ $\beta_s = \frac{6.7 \times 2 + 5.5}{2(6.7 + 5.5)} = 0.775$	
۲-۳-۷-۱۵	<p>تذکر ۲: طول دهانه آزاد l_n در حالتی که ستونها دارای سر ستون باشند از لبه سر ستون و در حالتیکه دارای سر ستون نباشند از بر ستون اندازه‌گیری می‌شود.</p> <p>لازم به تذکر است که در صورت وجود تیر در دال، l_n از لبه تیر اندازه‌گیری می‌شود. حداقل مقدار l_n برابر با $1/65$ می‌باشد. منظور از l_n فاصله مرکز تا مرکز تکیه‌گاهها است.</p> <p>$\alpha_m - D_1$</p>		

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۷-۲-۱۵	<p>تیر در دالها شامل جان تیر و قسمتی از دال است که در هر سمت تیر دارای عرضی برابر با تصویر مایل ۴۵ درجه آن قسمت از جان تیر باشد که در زیر یا در روی دال، هر کدام ارتفاع بیشتری دارد قرار می‌گیرد مشروط بر آنکه این عرض در هر سمت جان بزرگتر از ۴ برابر ضخامت دال نباشد.</p> $\alpha = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cs} \cdot I_s}$ <p>چون بتن تیر و دال از یک نوع می‌باشند داریم:</p> $\alpha = \frac{I_b}{I_s} = \frac{b_w}{\ell} \left(\frac{h}{h_s} \right)^3 \alpha_f$ <p>در تیرهای لبه u دو برابر عرض تیر، و در تیرهای میانی u برابر عرض تیر می‌باشد.</p>	$40 < 40 \times 18 \text{ O.K.}$ <p>چون بتن دال و تیر از یک نوع می‌باشد</p> $E_{cb} = E_{cs}$ <p>بنابراین :</p> <p>و یا</p> $\frac{h}{h_s} = \frac{58}{118} = 3.22$ $\frac{u}{h_s} = \frac{2 \times 30}{18} = 3.33$ <p>برای $\frac{u}{h_s} = 3.33$ و $\frac{h}{h_s} = 3.22$ داریم:</p> $\alpha_f = 1.46$ $\ell = 0.5 \ell_2 + 0.5 \times c$ $\alpha = \frac{b_w}{\ell} \left(\frac{h}{h_s} \right)^3 \alpha_f$ <p>در سه لبه دیگر به خاطر عدم وجود تیر لبه، مقدار α برابر صفر است.</p> $\alpha_m = \frac{1}{4} (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4)$ <p>- محاسبه ضخامت دال در چشمeh S2 برای D2 افت در دالهایی که نسبت α_m در آنها بزرگتر از 0.5 و کوچکتر از 2 است طبق رابطه ۵-۱۴ :</p> $h = \frac{\ell_n (800 + 0.6 F_y)}{36000 + 5000 \beta (\alpha_m - 0.2)}$ $h = \frac{6(800 + 0.6 \times 300)}{36000 + 5000 \times 1.28(1.03 - 0.2)} = 0.142$	دال ۱
۶-۴-۲-۱۴			
۵-۱۴			

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
دال ۱	<p>بنابراین ضخامت ۱۸ cm قابل قبول است.</p> $\ell_n(2) = 6.7 - \frac{1.2}{2} - 0.525$ $\ell_n(2) = 5.575 \text{ m}$ $\ell_n(1) = 6.7 - 0.45 = 6.25 \text{ m}$ $\ell_n(EW) = \frac{5.575 + 6.25}{2} = 5.91$ $l_n(C) = 5.5 - \frac{1.2}{2} - \frac{0.4}{2} = 4.7 \text{ m}$ $\ell_n(D) = 5.5 - \frac{1.05}{2} - \frac{0.4}{2} = 4.775 \text{ m}$ $\ell_n(NS) = \frac{4.7 + 4.775}{2} = 4.74 \text{ m}$ $\beta = \frac{5.91}{4.74} = 1.25$ $\beta_s = 0.5$ $\frac{u}{h_s} = 3.33 \quad , \quad \frac{h}{h_s} = 3.22$ $\ell = 0.5 \times 5.5 + 0.5 \times 0.4 = 2.95 \text{ m}$ <p>برای دارای $\frac{u}{h_s} = 3.33$ و $\frac{h}{h_s} = 3.22$</p> $\alpha_f = 1.46$ $\alpha = \frac{0.3}{2.95} \times (3.22)^3 \times 1.46 = 4.96 > 0.8$ $\alpha_m = \frac{1}{4} (4.96 + 0 + 0 + 0) = 1.24$ <p>در دالهایی که نسبت α_m در آنها بزرگتر از $1/2$ و کوچکتر از ۲ است طبق رابطه ۵-۱۴</p> $h = \frac{\ell_n(800 + 0.6F_y)}{36000 + 5000\beta(\alpha_m - 0.2)} = \frac{5.91(800 + 0.6 \times 300)}{36000 + 5000 \times 1.25(1.24 - 0.2)} = 0.136$ <p>بنابراین ضخامت ۱۸cm قابل قبول است.</p>	$\ell_n(2) = 6.7 - \frac{1.2}{2} - 0.525$ $\ell_n(2) = 5.575 \text{ m}$ $\ell_n(1) = 6.7 - 0.45 = 6.25 \text{ m}$ $\ell_n(EW) = \frac{5.575 + 6.25}{2} = 5.91$ $l_n(C) = 5.5 - \frac{1.2}{2} - \frac{0.4}{2} = 4.7 \text{ m}$ $\ell_n(D) = 5.5 - \frac{1.05}{2} - \frac{0.4}{2} = 4.775 \text{ m}$ $\ell_n(NS) = \frac{4.7 + 4.775}{2} = 4.74 \text{ m}$ $\beta = \frac{5.91}{4.74} = 1.25$ $\beta_s = 0.5$ $\frac{u}{h_s} = 3.33 \quad , \quad \frac{h}{h_s} = 3.22$ $\ell = 0.5 \times 5.5 + 0.5 \times 0.4 = 2.95 \text{ m}$ <p>برای دارای $\frac{u}{h_s} = 3.33$ و $\frac{h}{h_s} = 3.22$</p> $\alpha_f = 1.46$ $\alpha = \frac{0.3}{2.95} \times (3.22)^3 \times 1.46 = 4.96 > 0.8$ $\alpha_m = \frac{1}{4} (4.96 + 0 + 0 + 0) = 1.24$ <p>در دالهایی که نسبت α_m در آنها بزرگتر از $1/2$ و کوچکتر از ۲ است طبق رابطه ۵-۱۴</p> $h = \frac{\ell_n(800 + 0.6F_y)}{36000 + 5000\beta(\alpha_m - 0.2)} = \frac{5.91(800 + 0.6 \times 300)}{36000 + 5000 \times 1.25(1.24 - 0.2)} = 0.136$ <p>بنابراین ضخامت ۱۸cm قابل قبول است.</p>	معادله ۵-۱۴

بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	<p>گام سوم) تقسیم سازه به قابهای طراحی در امتداد آکس ستون‌ها</p>	<p>قابهای داخلی آکس‌های (B) و (C) دارای عرض $l_2 = 6.7\text{m}$ و قابهای داخلی آکس‌های (2) و (3) و (4) دارای عرض $m = 5/5 l_2$ می‌باشند.</p> <p>عرض قابهای خارجی آکس‌های (A) و (D) بد ترتیب برابر $m = 3/55 l_2$ و $m = 3/575 l_2$ می‌باشند.</p> <p>عرض‌های فوق از خط مرکزی چشم‌های خارجی دال در نظر گرفته شده‌اند.</p> <p>قابهای خارجی آکس‌های (1) و (5) به ترتیب دارای عرض $m = 2/95 l_2$ و $m = 2/975 l_2$ می‌باشند.</p>	
۱-۳-۷-۱۵ معادله ۸-۱۵	<p>گام چهارم) محاسبه لنگر استاتیکی کل M_o برای هر دهانه از قابهای طراحی</p> $M_o = \frac{W_u \cdot l_2 \cdot l_{in}^2}{8}$ <p>تذکر: گام‌های ۴ تا ۶ مربوط به آکس (3) می‌باشند. محاسبات سایر آکس‌ها از گام ۷ شروع می‌شود.</p>	<p>قاب طراحی را در امتداد آکس (3) در نظر می‌گیریم و لنگرها را در چهت شرقی غربی محاسبه می‌نمائیم.</p> <p>برای دهانه A-B از آکس (3) داریم:</p> $l_2 = 5.5 \text{ m}$ $l_{in} = 6.7 - 0.2 - 0.6 = 5.9 \text{ m}$ $M_o = \frac{15.25 \times 5.5 \times 5.9^2}{8} = 365 \text{ KN.m}$ <p>برای دهانه B-C از آکس (3) داریم:</p> $l_2 = 5.5 \text{ m}$ $l_{in} = 6.7 - 0.6 - 0.6 = 5.5 \text{ m}$ $M_o = \frac{15.25 \times 5.5 \times 5.5^2}{8} = 317.2 \text{ KN.m}$ <p>برای دهانه C-D از آکس (3) داریم:</p> $l_2 = 5.5 \text{ m}$ $l_{in} = 6.7 - 0.6 - 0.525 = 5.575 \text{ m}$ $M_o = \frac{15.25 \times 5.5 \times 5.575^2}{8} = 325.9 \text{ KN.m}$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۲-۴-۷-۱۵	<p>گام پنجم)</p> <p>محاسبه لنگرهای نهایی در قاب شرقی غربی</p> <p>آکس (3)</p> <p>تذکر: با خاطر متقارن بودن طرح، نتایج این قسمت در آکس‌های (2) و (4) نیز کاربرد دارد. این موضوع در مورد قابهای شمالی جنوبی آکس‌های (C) و (B) نیز صادق است.</p> <p>لنگرهای مربوط به اولین دهانه</p>		
	<p>برای چشمۀ S2 داریم:</p> <p>لنگر در ستون خارجی</p> <p>- $M_e = 0.3 M_o$</p> <p>+ $M_e = 0.5 M_o$</p> <p>لنگر در اولین ستون داخلی</p> <p>- $M_{ie} = 0.7 M_o$</p> <p>لنگرهای مربوط به دهانه میانی</p> <p>- $M = 0.65 M_o$</p> <p>+ $M = 0.35 M_o$</p> <p>لنگرهای مربوط به آخرین دهانه</p> <p>- $M_e = 0.26 M_o$</p> <p>+ $M_e = 0.52 M_o$</p> <p>- $M_{ie} = 0.7 M_o$</p>	<p>$M_o = 365 \text{ KN.m}$</p> <p>- $M_o = 0.3 \times 365 = 109.5 \text{ KN.m}$</p> <p>+ $M_e = 0.5 \times 365 = 182.5 \text{ KN.m}$</p> <p>- $M_{ie} = 0.7 \times 365 = 255.5 \text{ KN.m}$</p> <p>$M_o = 317.2 \text{ KN.m}$</p> <p>- $M = 0.65 \times 317.2 = 206.2 \text{ KN.m}$</p> <p>+ $M = 0.35 \times 317.2 = 111 \text{ KN.m}$</p> <p>$M_o = 325.9 \text{ KN.m}$</p> <p>- $M_e = 0.26 \times 325.9 = 84.7 \text{ KN.m}$</p> <p>+ $M_e = 0.52 \times 325.9 = 169.5 \text{ KN.m}$</p> <p>- $M_{ie} = 0.7 \times 325.9 = 228.1 \text{ KN.m}$</p>	<p>گام چهارم</p>
۱-۴-۷-۱۵			برای چشمۀ S5 داریم:
۲-۴-۷-۱۵			برای چشمۀ S8 داریم:

جداول گمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
		گام ششم)	
		تقسیم لنگرهای نهایی قاب، محاسبه شده در گام پنجم بین نوار میانی و نوار ستونی - تعیین مقدار لنگر خمشی منفی مربوط به نوار ستونی در تکیه‌گاههای کناری. در این قسمت قاب‌های شرقی غربی آکس‌های (2) و (3) و (4) را مد نظر قرار می‌دهیم. ستونهای کناری این قابها در آکس‌های (A) و (D) قرار دارند.	
		D3 - A1 در آکس‌های (5) و (D) تیر لبه وجود ندارد. بنابراین نسبت سختی پیچشی مقطع تیر لبه به سختی خمشی عرضی از دال که برابر طول دهانه تیر است، برابر صفر می‌باشد ($\beta_1 = 0$). در آکس‌هایی که تیر خمشی وجود ندارد نسبت سختی خمشی مقطع تیر به سختی خمشی نواری از دال که از طرفین به محورهای مرکزی چشممه‌های مجاور محدود شده است، در امتداد ۱، برابر صفر است ($\alpha_1 = 0$). اگر β_1 برابر صفر باشد، تمام لنگر خمشی منفی به نوار ستونی می‌رسد.	در آکس‌های (5) و (D) داریم: $\beta_1 = 0$ در آکس‌های (2) و (3) و (4) و (5) و (B) و (C) و (D) داریم: $\alpha_1 = 0$ سهم نوار ستونی از لنگر منفی برابر 84.7 KN.m می‌باشد. چون تیر خمشی در آکس (3) وجود ندارد، مقدار α_1 برابر صفر است ($\alpha_1 = 0$). با توجه به قسمت ۱ از گام دوم داریم:
۲-۵-۶-۱۵		به خاطر وجود تیر لبه در آکس (A) باید مقدار C مربوط به آن محاسبه گردد.	
معادله ۳-۱۵		$C = \frac{1}{3} \sum (1 - 0.63 \frac{x}{y}) x^3 y$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱۵	$C = C_1 + C_2$ مقدار I_s برای نوار دال آکس (3) از فرمول زیر بدست می‌آید. $I_s = \frac{\ell_2 \cdot h_s^3}{12}$	برای $y_1 = 58 \text{ cm}$ و $x_1 = 30 \text{ cm}$ داریم: $C_1 = 351900 \text{ cm}^4$ برای $y_2 = 40 \text{ cm}$ و $x_2 = 18 \text{ cm}$ داریم: $C_2 = 55715 \text{ cm}^4$ $C = 351900 + 55715 \text{ cm}^4$ $C = 407615 \text{ cm}^4$	
۱۵-۹-۶	$\beta_t = \frac{E_{cb} \cdot C}{2E_{cs} \cdot I_s} = \frac{C}{2I_s}$ با توجه به جدول ۱۵-۹-۶ برای $\beta_t = 0.76$ داریم: $\text{بنابراین } \frac{0.76}{2.5} \times (100 - 75) = 92.4$ لنگر مربوط به نصف نوار میانی برابر است با: $\frac{109.5 - 101.2}{2} = 4.15 \text{ KN.m}$	$I_s = \frac{550 \times 18^3}{12} = 267300 \text{ cm}^4$ $\beta_t = \frac{407615}{2 \times 267300} = 0.76$ با توجه به جدول ۱۵-۹-۶ برای $\beta_t = 0.76$ داریم: $0.924 \times 109.5 = 101.2 \text{ KN.m}$ لنگر مربوط به نصف نوار میانی برابر است با: $\frac{109.5 - 101.2}{2} = 4.15 \text{ KN.m}$	
۱۵-۹-۶-۱۵	- تعیین مقدار لنگر خمشی منفی مربوط به نوار ستونی در تکیه گاههای میانی $\alpha_1 = \frac{\ell_2}{\ell_1} = 0$	با توجه به جدول ۱۵-۹-۶ برای $\alpha_1 = 0$ داریم: برای ستون B3 (در جهت شرقی غربی) مقدار لنگر منفی نوار ستونی (مربوط به چشم S2) برابر است با: $0.75 \times 255.5 = 191.6 \text{ KN.m}$	

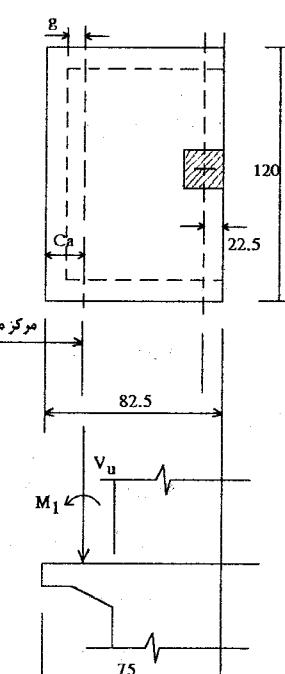
جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
	<p>لنگر مربوط به نصف نوار میانی برابر است با :</p> $\frac{255.5 - 191.6}{2} = 31.95 \text{ KN.m}$ <p>برای ستون C3 (در جهت شرقی غربی) مقدار لنگر منفی نوار ستونی (مربوط به چشم S8) برابر است با :</p> $0.75 \times 228.1 = 171.1 \text{ KN.m}$ <p>لنگر مربوط به نصف نوار میانی برابر است با :</p> $\frac{228.1 - 171.1}{2} = 28.5 \text{ KN.m}$ <p>با توجه به جدول ۱۵-۶-۹-۲ برای $\alpha_1 = \frac{\ell_2}{\ell_1}$ داریم :</p> $60 = \text{درصد سهم نوار ستونی}$ <p>برای دهانه A3-B3 (چشم S2) مقدار لنگر مثبت نوار ستونی برابر است با :</p> $0.6 \times 182.5 = 109.5 \text{ KN.m}$ <p>لنگر مربوط به نصف نوار میانی برابر است با :</p> $\frac{182.5 - 109.5}{2} = 36.5 \text{ KN.m}$ <p>برای دهانه B3-C3 (چشم S5) مقدار لنگر مثبت نوار ستونی برابر است با :</p> $0.6 \times 111 = 66.6 \text{ KN.m}$ <p>لنگر مربوط به نصف نوار میانی برابر است با :</p> $\frac{111 - 66.6}{2} = 22.2 \text{ KN.m}$ <p>برای دهانه C3-D3 (چشم S8) مقدار لنگر مثبت نوار ستونی برابر است با :</p> $0.6 \times 169.5 = 101.7 \text{ KN.m}$ <p>لنگر مربوط به نصف نوار میانی برابر است با :</p> $\frac{169.5 - 101.7}{2} = 33.9 \text{ KN.m}$		
	<p>C - تعیین مقدار لنگر خمی مثبت مربوط به نوار ستونی در دهانه های کناری و میانی</p>	<p>۲-۹-۶-۱۵</p>	
	<p>D - جمع بندی لنگرهای خمی نهایی مربوط به نوار ستونی و کل نوار میانی</p>		

بند آیین نامه	روش	محاسبات			جداول کمکی
		چشم و لنگر	لنگر نوار ستونی	لنگر کل نوار میانی	
	<p>در تکیه‌گاه‌های میانی، دو مقدار برابر لنگر منفی تکیه‌گاهی بدست آمده است. مقدار بزرگتر را در جدول قرار داده‌ایم.</p> <p>(A) تذکر ۱: در محاسبات مربوط به آکس‌های (A) و (1) به این نکته توجه شود که آنها دارای تیر خمی هستند و $\alpha_1 > 0$ می‌باشد.</p> <p>تذکر ۲: در نوارهای میانی (حتی در قسمت‌هایی که ۱۰۰٪ لنگر خمی به نوار ستونی می‌رسد) باید فولادگذاری حداقل انجام شود.</p>	<p>S2 چشم</p> <ul style="list-style-type: none"> - M_e 101.2 + M_e 109.5 - M_{ie} 191.6 <p>S5 چشم</p> <ul style="list-style-type: none"> - M 191.6 + M 66.6 - M 171.1 <p>S8 چشم</p> <ul style="list-style-type: none"> - M_{ie} 171.1 + M_e 101.7 - M_e 84.7 	<p>چشم و لنگر</p> <p>لنگر نوار ستونی</p> <p>لنگر کل نوار میانی</p>	<p>813</p> <p>73</p> <p>63.9</p> <p>44.4</p> <p>57</p> <p>57</p> <p>67.8</p> <p>0</p>	
۴-۷-۱۵ ۲-۶-۷-۱۵ ۱-۵-۱۷-۱۲	<p>(گام هفتم)</p> <p>تکرار گام‌های چهارم تا ششم برای بقیه آکس‌ها</p> <p>(گام هشتم)</p> <p>کنترل ضخامت دال برای انتقال برش و لنگر در این قسمت کلیه ستونهایی که ممکن است بحرانی باشند، مورد بررسی قرار می‌گیرند.</p> <p>-A محاسبه لنگر در ستون‌های داخلی</p> <p>-B محاسبه سهمی از لنگر خمی که به صورت نیروی برشی از مرکز به دال اطراف ستون منتقل می‌گردد، و مشخصات مقطع بحرانی برای برش.</p>	<p>گام هفتم در این مثال انجام نشده است.</p> <p>در این مثال ستون‌های داخلی به علت بحرانی نبودن، مورد بررسی قرار نگرفته‌اند.</p> <p>در ستون D3 داریم:</p>			

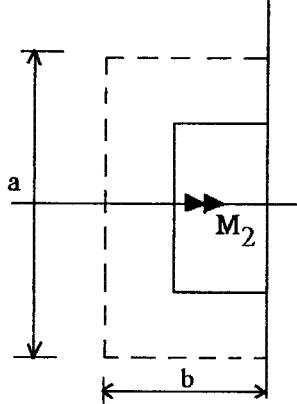
جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
	<p>M_{uv} - محاسبه B1</p> <p>معادله ۲۴-۱۲</p> $M_{uv} = \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c_1 + d}{c_2 + d}}}\right) M_u$ <p>برای ستون‌های کناری عبارت $(c_1 + d)$ تبدیل به $c_1 + \frac{d}{2}$ شود.</p> <p>- محاسبه مشخصات مقطع بحرانی B2</p> <p>برای ستون‌های کناری، در حالتی که خمس در چهت عمود بر لبه دال است داریم:</p> $b_1 = c_1 + \frac{d}{2}$ $b_2 = c_2 + d$ $C = \frac{b_1^2}{2b_1 + b_2}$ $A_c = (2b_1 + b_2)d$ $\frac{I}{c} = [2b_1d(b_1 + 2b_2) + d^3] / (2b_1 + b_2)/6$ $c' = b_1 - c$ $\frac{I}{c'} = \left(\frac{I}{c}\right)\left(\frac{c}{c'}\right)$ <p>محاسبات</p> $M_{uv} = \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{75 + (15)/2}{105 + 15}}}\right) M_u$ $M_{uv} = 0.356 M_u = 0.356 \times 84.7$ $M_{uv} = 30.15 \text{ KN.m}$ $b_1 = 75 + \frac{15}{2} = 82.5 \text{ cm}$ $b_2 = 105 + 15 = 120 \text{ cm}$ $C = \frac{82.5^2}{2 \times 82.5 + 120} = 23.88 \text{ cm}$ $A_c = (2 \times 82.5 + 120) \times 15 = 4275 \text{ cm}^2$ $\frac{I}{c} = [2 \times 82.5 \times 15(82.5 + 2 \times 120) + 15^3 \times (2 \times 82.5 + 120)/(82.5)]/6$ $\frac{I}{c'} = 134974 \text{ cm}^3$ $c' = 82.5 - 23.88 = 58.62$ $\frac{I}{c'} = 134974 \times \frac{23.88}{58.62} = 54984 \text{ cm}^3$	<p>M_{uv} - محاسبه B1</p> <p>معادله ۲۴-۱۲</p> $M_{uv} = \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c_1 + d}{c_2 + d}}}\right) M_u$ <p>برای ستون‌های کناری عبارت $(c_1 + d)$ تبدیل به $c_1 + \frac{d}{2}$ شود.</p> <p>- محاسبه مشخصات مقطع بحرانی B2</p> <p>برای ستون‌های کناری، در حالتی که خمس در چهت عمود بر لبه دال است داریم:</p> $b_1 = c_1 + \frac{d}{2}$ $b_2 = c_2 + d$ $C = \frac{b_1^2}{2b_1 + b_2}$ $A_c = (2b_1 + b_2)d$ $\frac{I}{c} = [2b_1d(b_1 + 2b_2) + d^3] / (2b_1 + b_2)/6$ $c' = b_1 - c$ $\frac{I}{c'} = \left(\frac{I}{c}\right)\left(\frac{c}{c'}\right)$	<p>بند آینه نامه</p>

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		C محاسبه آرماتورهای لازم برای خمش در ستون کناری	۶-۴-۷-۱۵
برای ستون آکس D3 داریم:	$M_u = -M_c = 84.7 \text{ KN.m}$	طبق بند ۶-۴-۷-۱۵ آرماتورهای موجود در نوار ستون باید بتوانند کل لنگر این نوار به ستون منتقل کنند. با فرض $j = 0.95$ داریم:	۳-۴-۱۵
$A_s = \frac{M_u}{\phi_s f_y j d}$	$A_s = \frac{84.7 \times 10^{-3}}{0.85 \times 300 \times 0.95 \times 0.15}$		
	$A_s = 2.33 \times 10^{-3} \text{ m}^2$		
و یا	$A_s = 23.3 \text{ cm}^2$	حال مقدار j فرض شده را کنترل می کنیم.	
	$a = \frac{\phi_s A_s f_y}{0.85 \phi_c f_c b}$	$a = \frac{0.85 \times 23.3 \times 300}{0.85 \times 0.6 \times 20 \times (\frac{550}{2})}$	
	$a = 2.12 \text{ cm}$		
	$j = 1 - \frac{a}{2d}$	$j = 1 - \frac{2.12}{2 \times 15} = 0.93 \approx 0.95 \quad \text{O.K.}$	
	با فرض استفاده از $(A_b = 2.01 \text{ cm}^2) \phi 16$ (تعداد میلگردها و فاصله آنها را محاسبه می کنیم.		
		$\text{تعداد میلگردها} = \frac{23.3}{2.01} = 11.59$	
		بنابراین از ۱۲ میلگرد استفاده می کنیم.	
	$\frac{275}{12} = 22.9 \text{ cm}$		
	$2h_s = 2 \times 18 = 36 \text{ cm} > 22.9 \quad \text{O.K.}$	فاصله میلگردهای خمشی باید از دو برابر ضخامت دال و 350 میلیمتر تجاوز کند.	۲-۱-۵-۱۵
		سپس دال را برای لنگر خمشی M_{uf} کنترل می کنیم. این لنگر توسط عرضی از دال که به دو مقطع به فواصل $1/5$ برابر ضخامت دال یا ضخامت کتیبه دال از بر خارجی ستون در دو سمت آن محدود است، تحمل می شود.	۳-۴-۱۵

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۵-۱۸-۱۵ ۴-۲-۱۷-۱۲	$M_{uf} = M_u - M_{uv}$ $c_2 + 2(1.5h_s)$ با فرض $j = 0.95$ داریم: $A_s = \frac{M_{uf}}{\phi_s f_y j d}$ حال مقدار j فرض شده را کنترل می کنیم. $a = \frac{\phi_s A_s f_y}{0.85 \phi_c f_c b}$ $j = 1 - \frac{a}{2d}$ بنابراین استفاده از $(A_s = 2.01 \text{ cm}^2) \phi 16$ (تعداد میلگردها را محاسبه می کنیم. لنگر مقاوم مقطع برابر است با: $M_n = \phi_s \cdot A_s \cdot f_y \cdot j \cdot d$ - محاسبه تنش برشی کل V_u و مقایسه آن با حداقل مقدار قابل قبول V_c $V_u = \frac{V_u}{A_c} + \gamma_{v1} \frac{M_1 C_1}{I_1} + \gamma_{v2} \frac{M_2 C_2}{I_2}$ $\gamma_v = \text{کسری از لنگر است که بصورت برشی انتقال می یابد.}$	$M_{uf} = 84.7 - 30.15 = 54.55 \text{ KN.m}$ $b = 105 + 2 \times (1.5 \times 18) = 159 \text{ cm}$ $A_s = \frac{54.55 \times 10^{-3}}{0.85 \times 300 \times 0.95 \times 0.15} = 1.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ و یا $A_s = 15 \text{ cm}^2$ $a = \frac{0.85 \times 15 \times 300}{0.85 \times 0.6 \times 20 \times 159} = 2.36 \text{ cm}$ $j = 1 - \frac{2.36}{2 \times 15} = 0.92 \approx 0.95 \quad \text{O.K.}$ $\frac{158}{2.01} = 7.46$ بنابراین: بنابراین باید ۸ میلگرد ۱۶ Φ در عرض ۱۵۹ سانتیمتر قرار گیرد و ۲ $\Phi 16$ در هر طرف از ناحیه فوق قرار داده شود، بطوریکه مجموع میلگردها برابر ۱۲ عدد گردد. $M_n = 0.85 \times (12 \times 2.01 \times 10^{-4}) \times 300 \times 0.95 \times 0.15 \times 10^{-3} = 87.6 \text{ KN.m}$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۳۴-۱۲ معادله	$v_{c1} = (1 + \frac{2}{\beta_c}) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c}$		
۳۵-۱۲ معادله	$v_{c2} = (\frac{\alpha_s \cdot d}{b_0} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c}$		
۳۶-۱۲ معادله	$v_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c}$ $v_c = \min(V_{c1}, V_{c2}, V_{c3})$ <p>در این قسمت لنگر خمی شمایی جنوبی D1 نادیده گرفته شده است. البته چون طول دهانه چشمehای دو طرف ستون D3 برابر می باشند، مقدار لنگر فوق ناچیز است.</p> <p>در این مرحله برش و لنگر در مرکز مقطع بحرانی محاسبه می شود.</p>  $V_u = 15.25 \times [(5.5 \times \frac{6.7}{2}) - 1.2 \times (0.825 - 0.225)] + 0.225 \times (5.5 - 1.2) \times (1.25 \times 5) \frac{171.1 - 87.6}{6.7 - 1.125}$ $V_u = 261.1 \text{ KN}$ $C_a = \frac{2 \times 0.5 \times 82.5^2}{2 \times 82.5 + 120} = 23.88 \text{ cm}$ $g = 75 - (82.5 - 23.88) = 16.38 \text{ cm}$ $M_l = 87.6 + 261.1 \times 0.1638 = 130.4 \text{ KN.m}$ $M_v = 0.356 \times 130.4 = 46.4 \text{ KN.m}$ $V_{ul} = \frac{V_u}{A_c} + M_v / (\frac{l}{c})$	$W_u = 15.25 \text{ KN/m}^2$ $M_n = 87.6 \text{ KN.m}$ $-M_{ie} = 171.1 \text{ KN.m}$	از گام دوم

بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	تذکر: اگر آرماتورهای خمی بیشتری در ناحیه فوق بکار روند، باید افزایش مقدار لنگر خمی M_u را در محاسبات منظور نمود.	$v_{u1} = \frac{261.1 \times 10^{-3}}{4275 \times 10^{-4}} + \frac{46.4 \times 10^{-3}}{134974 \times 10^{-6}}$ $v_{u1} = 0.95 \text{ MPa}$	
	حال باید تنش برشی ناشی از وزن دیوار خارجی را محاسبه کرد.	$v_w = (5.5 - 1.2) \times 1.25 \times 5.9 = 31.7 \text{ KN}$	
	$v_{u2} = \frac{V_w}{2 \times (0.75 + d/2)d}$	$v_{u2} = \frac{31.7 \times 10^{-3}}{2 \times (0.75 \times 0.075) \times 0.15} = 0.13 \text{ MPa}$	
	$V_u = V_{u1} + V_{u2}$	$v_{u2} = 0.95 + 0.13 = 1.08 \text{ MPa}$	
	محاسبه V_c به صورت زیر انجام می شود.	$\beta_c = \frac{120}{82.5} = 1.45$	
		$b_o = 1.2 + 0.825 \times 2 = 2.85 \text{ m}$	
۳۴-۱۲	$v_{c1} = (1 + \frac{2}{\beta_c}) \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c}$	$v_{c1} = (1 + \frac{2}{1.45}) \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c}$	
۳۵-۱۲	$v_{c2} = (\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 1) \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c}$	$v_{c2} = (\frac{15 \times 0.15}{2.85} + 1) \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c}$	
۳۶-۱۲	$v_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c}$	$v_{c2} = 1.79 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c}$	
	$v_c = \min(v_{c1}, v_{c2}, v_{c3})$	$v_c = v_{c2} = 1.79 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20}$	
		$v_c = 0.96 \text{ MPa}$	
		همانطور که ملاحظه می شود دال فوق حدود ۱۲٪ برای تحمل برش ضعیف است.	
		علت این مسئله وجود دیوار سنگین خارجی روی دال بدون تیر لبه است. با در نظر گرفتن تیر در زیر دیوارهای فوق و یا استفاده از دیوارهای سبک می توان این مشکل را حل نمود.	
۲-۶-۷-۱۵	D2 - محاسبه تنش برشی ناشی از لنگر خمی M_2		
۹-۱۵	$M_2 = 0.07 [(W_d + 0.5 W_i) l_2 L^2_{in}]$	$W_d = W'_d = 1.25 (0.7 + 0.18 \times 24)$ $= 6.275 \text{ KN/m}^2$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	<p>برای ستون‌های کناری در حالتی که خمس در جهت لبه دال است داریم:</p>  $b_1 = c_1 + \frac{d}{2}$ $a = c_2 + d$ $\frac{I}{c} = [ad(a + 6b) + d^3]/6$ $v_{u2} = M_2 / (\frac{I}{c})$	$W_1 = 1.5 \times 6 = 9 \text{ KN/m}^2$ $l_2 = l'_2 = \frac{6.7}{2} = 3.35 \text{ m}$ $\ell_{in} = \ell'_{in} = 5.5 - 1.05 = 4.45 \text{ m}$ $M_2 = 0.07[(6.275 + 0.5 \times 9) \times 3.35 \times 4.45^2 - 6.275 \times 3.35 \times 4.45^2] = 20.9 \text{ KN.m}$ $b_1 = 75 + \frac{15}{2} = 82.5 \text{ cm}$ $a = 105 + 15 = 120 \text{ cm}$ $\frac{I}{c} = [120 \times 15(120 + 6 \times 82.5) + 15^3]/6 = 185063 \text{ cm}^3$ $v_{u2} = \frac{20.9 \times 10^{-3}}{185063 \times 10^{-6}} = 0.11 \text{ MPa}$ <p>همانطور که ملاحظه می‌شود مقدار v_{u2} قابل توجه نیست. با در نظر گرفتن v_u در محاسبه تنش برشی کل خواهیم داشت: $v_u = 1.08 + 0.11 = 1.19 \text{ MPa}$ چون v_u بیشتر از v_{u2} شده است ضخامت دال را باید افزایش داد و این کنترل را مجدداً انجام داد.</p>	
	<p>گام نهم)</p> <p>آرماتور گذاری سایر قسمت‌های دال</p>		
	<p>گام دهم)</p> <p>طراحی تیرهای لبه</p>		

مثال ۲ طرح دال دو طرفه و دارای تیر به روش مستقیم

دال دو طرفه و دارای تیر صفحه بعد را ، با توجه به بارهای واردہ طرح نمائید.

: مشخصات

$$\text{بار زنده} = 6 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{بار کف سازی} = 0.7 \text{ KN/m}^2$$

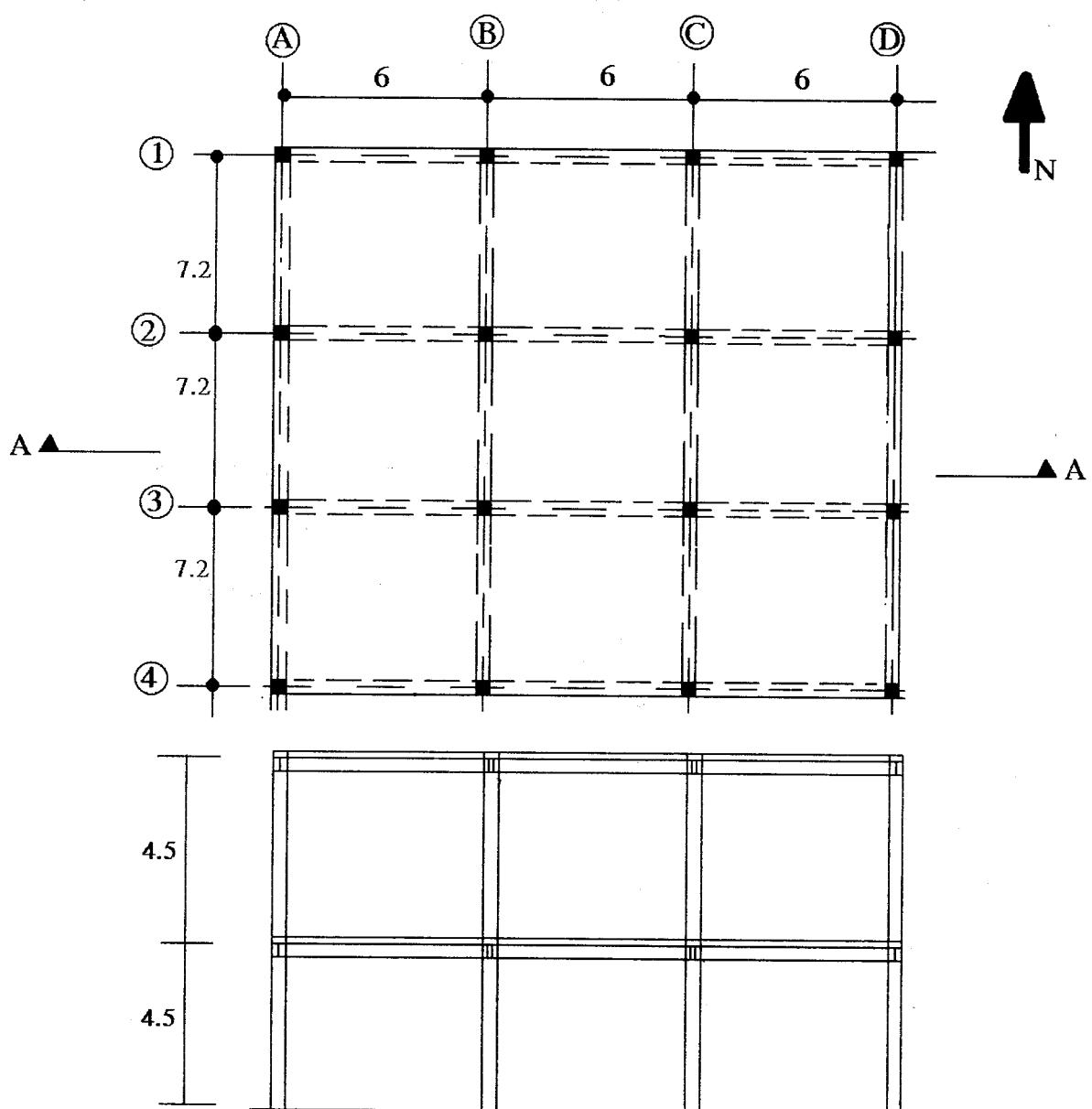
$$\text{بار دیوارهای خارجی} = 5.9 \text{ KN/m}$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

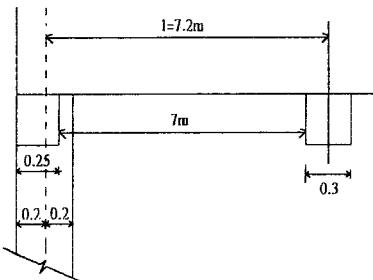
$$f_y = 300 \text{ MPa}$$

$$\text{ابعاد ستونهای زیر و روی دال} = 40 \times 40 \text{ cm}^2$$

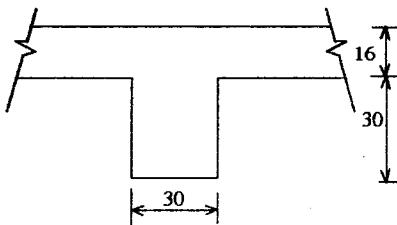
$$\text{ارتفاع کف تا کف طبقات} = 4.5 \text{ m}$$



SECTION A-A

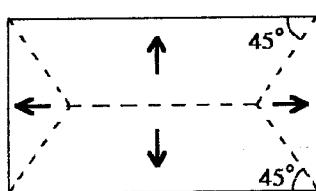
بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۷-۱۵	<p style="text-align: center;">گام اول)</p> <p>کنترل هندسه و بارگذاری دال برای استفاده از روش مستقیم</p> <p>ضوابط: بندهای ۲-۱-۷-۱۵ تا ۲-۱-۷-۱۶ همانند</p> <p>مثال ۱ ارضاء می‌شوند.</p> <p>تیرها نیز طوری طراحی می‌شوند که محدودیت بند ۷-۱-۷-۱۵ رعایت شود.</p> <p>بنابراین می‌توان از روش مستقیم استفاده کرد.</p>		
۶-۴-۲-۱۴	<p style="text-align: center;">گام دوم)</p> <p>انتخاب ضخامت دال</p> <p>A- انتخاب ضخامت دال با توجه به افت.</p> <p>با توجه به مثال ۱ و از آنجا که تمام چشممه‌ها هماندازه‌هستند، پانل‌های گوشه برای تعیین ضخامت بحرانی ترند. علت این است که β_s در آنها کمترین مقدار را دارد ($\beta_s=0.5$) و مخرج فرمول مربوط به تعیین ضخامت دال حداقل می‌شود.</p> <p>- انتخاب عرض تیرهای لبه و تیرهای میانی A1</p> 	<p>برای اینکه حداقل ۲ میلگرد بتوانند در یک لایه قرار گیرند، عرض‌های زیر را انتخاب می‌کیم.</p> <p>$b = 25 \text{ cm}$ برای تیرهای لبه.</p> <p>$b = 30 \text{ cm}$ برای تیرهای میانی.</p>	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
معادله ۱۴	<p>- محاسبه I_n چشمگوش در هر دو جهت.</p> <p>- انتخاب ضخامت دال A3</p> <p>نسبت طول دهانه خالص بزرگتر به کوچکتر = β_s</p> <p>نسبت طول لبه پیوسته به کل محیط پانل = $\beta_s = 0.5$</p> <p>متوسط α برای تمام تیرهای پیرامونی = $\alpha_m = 2$</p> <p>$h = \frac{\ell_n (800 + 0.6 f_y)}{36000 + 9000 \beta}$</p>	$\ell_n (\text{NS}) = 7.2 - 0.15 - 0.05 = 7 \text{ m}$ $\ell_n (\text{EW}) = 6 - 0.15 - 0.05 = 5.8 \text{ m}$ $\beta = \frac{\ell_n (\text{NS})}{\ell_n (\text{EW})} = \frac{7}{5.8} = 1.21$ $\alpha_m = 2$ $h = \frac{6(800 + 0.6 \times 300)}{36000 + 9000 \times 1.21} = 0.146$	
۲-۹-۶-۱۵	<p>ضخامت دال را برابر ۱۶ سانتیمتر فرض می کنیم.</p> <p>برای تیرهای لبه داریم :</p> <p>تذکر : طراح در این مرحله می تواند هر ارتفاعی را برای تیر در نظر بگیرد (با توجه به بند ۱۴-۲-۴-۳ از آیین نامه) اما اگر در مراحل بعد لازم شود که ارتفاع تیرها را تغییر دهد، لنگرهای محاسبه شده در گام هفتم عوض خواهند شد.</p> <p>البته اگر مقدار α_1 در این مرحله بزرگتر از یک باشد افزایش ابعاد تیر در مراحل بعد تأثیری در لنگرهای محاسبه شده در گام هفتم نخواهد داشت.</p>	$h = h_s + 30 = 16 + 30 = 46 \text{ cm}$ $b = 25 \text{ cm} \quad u = 2b = 50 \text{ cm}$ <p>حال عرض دال ۱ را در هر دو جهت محاسبه می کنیم.</p> <p>برای تیر شمالی جنوبی داریم:</p> $\ell = \frac{6}{2} + \frac{0.4}{2} = 3.2 \text{ m}$ <p>برای تیر شرقی غربی داریم:</p> $\ell = \frac{7.2}{2} + \frac{0.4}{2} = 3.8 \text{ m}$ $\frac{u}{h_s} = \frac{50}{16} = 3.125 \quad \text{و} \quad \frac{h}{h_s} = \frac{46}{16} = 2.875$ <p>برای داریم:</p> $\alpha_f = 1.46$	دال ۱

بند آین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	<p>مقدار α در حالتی که $E_{cb} = E_{cs}$ باشد برابر است</p> $\alpha = \frac{b_w}{\ell} \left(\frac{h}{h_s} \right)^3 \alpha_f$  <p>بنابراین نیازی به افزایش ضخامت دال به اندازه ۱۰ درصد نمی‌باشد.</p> <p>برای تیرهای داخلی داریم:</p> $h = h_s + 30 = 16 + 30 = 46 \text{ cm}$ <p>حال عرض دال ۱ را در هر دو جهت محاسبه می‌کنیم. برای تیر شمالی جنوبی داریم:</p> $\ell = \ell_2 := 6 \text{ m}$ <p>برای تیر شرقی غربی داریم:</p> $\ell = \ell_2 := 7.2 \text{ m}$ <p>$b = 30 \text{ cm}$ ، $u = b = 30 \text{ cm}$</p> <p>برای</p> $\frac{u}{h_s} = \frac{30}{16} = 1.875 \text{ و } \frac{h}{h_s} = \frac{46}{16} = 2.875$ <p>داریم:</p> $\alpha_f = 11.58$ $\alpha_{NS} = \frac{0.3}{6} \times \left(\frac{46}{16} \right)^3 \times 1.58 = 1.88$ $\alpha_{EW} = \frac{0.3}{7.2} \times \left(\frac{46}{16} \right)^3 \times 1.58 = 1.56$ <p>برای جهت شمالی جنوبی داریم:</p> $\alpha_1 \frac{\ell_2}{\ell_1} = 1.88 \times \frac{6}{7.2} = 1.57 > 1$ <p>برای جهت شرقی غربی داریم:</p> $\alpha_1 \frac{\ell_2}{\ell_1} = 1.56 \times \frac{7.2}{6} = 1.87 > 1$		

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	$\alpha_m - A5$ - کنترل ضخامت دال با توجه به مقدار	<p>بنابراین افزایش ابعاد تیر مقدار لنگر خمشی نوار ستونی را تغییر نمی‌دهد.</p> <p>برای چشمۀ گوشۀ داریم:</p> $\beta = 1.21 \quad (\text{قسمت A3})$ $l_n = 7 \text{ m} \quad (\text{قسمت A1})$ $\alpha_m = (2.6 + 2.19 + 1.88 + 1.56) / 4 = 2.06$ <p>در قسمت A3 برای کنترل اولیه ضخامت چشمۀ گوشۀ، مقدار α_m را برابر ۲ در نظر گرفته بودیم که به مقدار واقعی آن (۰.۶/۲) نزدیک می‌باشد.</p> <p>بنابراین ضخامت این چشمۀ کافی است.</p> $l_n(\text{NS}) = 7.2 - 0.15 - 0.15 = 6.9 \text{ m}$ $l_n(\text{EW}) = 6 - 0.15 - 0.15 = 5.7 \text{ m}$ $\alpha_m = 2(1.88 + 1.56) / 4 = 1.72$ $\beta = \frac{6.9}{5.7} = 1.21$ $\beta_s = 1$	
۵-۱۴ معادله	$h = \frac{l_n(800 + 0.6F_y)}{36000 + 5000\beta(\alpha_m - 0.2)}$	$h = \frac{6.9(800 + 0.6 \times 300)}{36000 + 5000 \times 1.21(1.72 - 0.2)} = 0.15$ <p>بنابراین ضخامت ۱۶ سانتیمتر برای این چشمۀ مناسب است.</p> <p>برای چشمۀ لبه در حالتی که یکی از اخلاصان بلندتر آن ناپیوسته است داریم:</p> $l_n(\text{NS}) = 7.2 - 0.15 - 0.15 = 6.9 \text{ m}$ $l_n(\text{EW}) = 6 - 0.15 - 0.05 = 5.8 \text{ m}$ $\beta = \frac{6.9}{5.8} = 1.19$ $\beta_s = \frac{2 \times 6 + 7.2}{2 \times 6 + 2 \times 7.2} = 0.73$ $\alpha_m = (1.88 + 1.56 + 1.56 + 2.6) / 4 = 1.9$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینین نامه
		$h = \frac{\ell_n (800 + 0.6 F_y)}{36000 + 5000 \beta (\alpha_m - 0.2)}$	معادله ۵-۱۴
	$h = \frac{6.9(800 + 0.6 \times 300)}{36000 + 5000 \times 1.19(1.9 - 0.2)} = 0.146$ <p>بنابراین ضخامت ۱۶ سانتیمتر برای این چشم متناسب است.</p> <p>برای چشم لبه در حالتی که یکی از اضلاع کوتاه‌تر آن ناپیوسته است داریم:</p> $\ell_n(\text{NS}) = 7.2 - 0.15 - 0.05 = 7 \text{ m}$ $\ell_n(\text{EW}) = 6 - 0.15 - 0.15 = 5.7 \text{ m}$ $\beta = \frac{7}{5.7} = 1.23$ $\beta_s = \frac{2 \times 7.2 + 6}{2 \times 7.2 + 2 \times 6} = 0.77$ $\alpha_m = (1.56 + 1.88 + 1.88 + 2.19) / 4 = 1.88$ $h = \frac{7(800 + 0.6 \times 300)}{36000 + 5000 \times 1.23(1.88 - 0.2)} = 0.148$		
		- کنترل ضخامت دال برای برش	۳-۱۲ و ۱۷-۱۲
		به خاطر اینکه $\alpha_1 \frac{\ell_2}{\ell_1} \geq 1$ است، برش به تیرهای پیرامون چشمها منتقل می‌شود. نحوه انتقال برش به تیرها در شکل زیر نمایش داده شده است.	۱-۷-۷-۱۵



بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۹-۳-۱۰	<p>از آنجا که بیشترین مقدار بار در جهت کوچکتر حرکت می‌کند و حداکثر برش در لبه اولین تکیه گاه داخلی به وجود می‌آید، برش نهایی نواری به عرض واحد در جهت کوچکتر را می‌توان تقریباً برابر با مقدار زیر گرفت:</p> $V_u = 1.5 \frac{W_u l_u}{2}$	$W_D = 0.7 + 0.16 \times 24 = 4.54 \text{ KN/m}^2$ $W_L = 6 \text{ KN/m}^2$ $W_u = 1.25 \times 4.54 + 1.5 \times 6 = 14.675 \text{ KN/m}^2$ $V_u = 1.15 \times \frac{14.675 \times 5.8}{2}$ $V_u = 48.9 \text{ KN/m of width}$	
۱-۱-۳-۱۲	<p>مقاومت برشی بتن برابر است با:</p> $V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c}$	$V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 1 \times 0.13 \times 10^3$ $V_u = 69.77 \text{ KN/m of width}$ <p>چون $V_c > V_u$ می‌باشد ضخامت دال برای تحمل برش کافی است.</p>	
	<p>گام سوم)</p> <p> تقسیم سازه به قابهای طراحی در امتداد آکس ستونها</p>	<p>قابهای داخلی آکس‌های (B) و (C) دارای عرض $l_2 = 6$ m و قابهای داخلی آکس‌های (2) و (3) دارای عرض $l_1 = 7/2$ m می‌باشند.</p> <p>عرض قابهای خارجی آکس‌های (A) و (D) به ترتیب برابر $l_2 = 3/2$ m می‌باشند. عرض‌های فوق از خط مرکزی چشممه تا لبه خارجی دال در نظر گرفته شده‌اند.</p> <p>قابهای خارجی آکس‌های (1) و (4) دارای عرض $l_1 = 3/8$ m می‌باشند.</p>	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آین نامه
		گام چهارم)	
		<p>محاسبه لنگر استاتیکی کل M_o برای هر دهانه از قابهای طراحی</p> <p>$M_o = \frac{W_u \cdot l_2 \cdot l_{in}^2}{8}$</p> <p>- محاسبه بار نهایی سقف بدون در نظر گرفتن وزن قسمت بیرون زده از سقف تیر</p> <p>با توجه به قسمت B از گام دوم داریم:</p> <p>$W_D = 4.54 \text{ KN/m}^2$ و $W_L = 6 \text{ KN/m}^2$</p> <p>$W_u = 14.675 \text{ KN/m}^2$ و</p> <p>تذکر: وزن قسمت بیرون زده از سقف تیر و لنگر ناشی از آن در گام نهم محاسبه می شوند.</p> <p>- محاسبه لنگر M_o B</p> <p>قاب طراحی را در امتداد آكس (2) و (3) در نظر می گیریم و لنگرهای را در چهت شرقی غربی محاسبه می نمائیم.</p> <p>برای دهانه AB و CD داریم:</p> <p>$l_{in}(AB) = l_{in}(CD) = 6 - 0.15 - 0.05 = 5.8 \text{ m}$</p> <p>$l_2 = 7.2 \text{ m}$</p> <p>$M_o = \frac{14.675 \times 7.2 \times 5.8^2}{8} = 444.3 \text{ KN.m}$</p> <p>برای دهانه BC داریم:</p> <p>$l_{in}(BC) = 6 - 0.15 - 0.15 = 5.7 \text{ m}$</p> <p>$M_o = \frac{14.675 \times 7.2 \times 5.7^2}{8} = 429.1 \text{ KN.m}$</p>	<p>۱-۳-۷-۱۵</p> <p>معادله</p> <p>۳-۷-۱۵</p>

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
		گام پنجم) محاسبه لنگرهای نهایی در قاب شرقی غربی آکس (2) لنگرهای مربوط به دهانه کناری	۲-۴-۷-۱۵
	برای دهانه CD، AB داریم: $M_o = 444.3 \text{ KN.m}$ $- M_e = 0.16 M_o$ $+ M_e = 0.57 M_o$ لنگر ثابت $+ M_e = 0.57 \times 444.3 = 253.3 \text{ KN.m}$ لنگر در اولین ستون داخلی $- M_{ie} = 0.7 M_o$ $- M_{ie} = 0.7 \times 444.3 = 311 \text{ KN.m}$		
	برای چشممه BC داریم: $M_o = 429.1 \text{ KN.m}$ $- M = 0.65 M_o$ $+ M = 0.35 M_o$	لنگرهای مربوط به دهانه میانی	۱-۴-۷-۱۵
	با توجه به قسمت A4 از گام دوم داریم: $\alpha_1 \frac{\ell_2}{\ell_1} = 1.87$ برای قابهای آکس (2) و (3) نسبت $\frac{\ell_2}{\ell_1}$ داریم: $\frac{\ell_2}{\ell_1} = \frac{7.2}{6} = 1.2$	گام ششم) تقسیم لنگرهای نهایی قاب محاسبه شده در گام پنجم بین نوار میانی و نوار ستونی - تعیین مقدار لنگر خمشی منفی مربوط به نوار ستونی در تکیه گاههای میانی. - تعیین مقدار لنگر خمشی مثبت مربوط به نوار ستونی در دهانه های کناری و میانی	۲-۹-۶-۱۵

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آین نامه
	$\alpha_1 \frac{\ell_2}{\ell_1} = 1.87$ و $\beta_t = \frac{C}{2I_s}$ $\ell_2 \text{ داریم: } \frac{\ell_2}{\ell_1} = 1.2$ $69\% = \text{درصد سهم نوار ستونی}$ $C = 157552 \text{ cm}^4$ $y_1 = 46 \text{ cm} \text{ و } x_1 = 25 \text{ cm}$ $y_2 = 30 \text{ cm} \text{ و } x_2 = 16 \text{ cm}$ $C = 184749 \text{ cm}^4$ $I_s = 245760 \text{ cm}^4$ $\beta_t = \frac{C}{2I_s} = \frac{184749}{2 \times 245760} = 0.376$ $\alpha_1 \frac{\ell_2}{\ell_1} = 1.87$ و $\beta_t = 0.376$ و $\frac{\ell_2}{\ell_1} = 1.2$ $95.5\% = \text{درصد سهم نوار ستونی}$ $\alpha_1 \frac{\ell_2}{\ell_1} = 1.87 > 1$ $85\% \text{ از لنگر نوار ستونی به تیر می رسد.}$ $1 - 0.85 = 15\%$ $15\% \text{ از لنگر خمشی در نوار ستونی، متعلق به تیر است. در صورتی که } \alpha_1 \frac{\ell_2}{\ell_1} \text{ کوچکتر از یک}$	$\alpha_1 \frac{\ell_2}{\ell_1} = 1.87$ برای ۲-۹-۶-۱۵ $\beta_t = \frac{C}{2I_s}$ $C = 157552 \text{ cm}^4$ $y_1 = 46 \text{ cm} \text{ و } x_1 = 25 \text{ cm}$ $y_2 = 30 \text{ cm} \text{ و } x_2 = 16 \text{ cm}$ $C = 184749 \text{ cm}^4$ $I_s = 245760 \text{ cm}^4$ $\beta_t = \frac{C}{2I_s} = \frac{184749}{2 \times 245760} = 0.376$ $\alpha_1 \frac{\ell_2}{\ell_1} = 1.87$ برای ۲-۹-۶-۱۵ $\beta_t = 0.376$ و $\frac{\ell_2}{\ell_1} = 1.2$ $95.5\% = \text{درصد سهم نوار ستونی}$ $\alpha_1 \frac{\ell_2}{\ell_1} = 1.87 > 1$ $1 - 0.85 = 15\%$ $15\% \text{ از لنگر خمشی در نوار ستونی، متعلق به تیر است. در صورتی که } \alpha_1 \frac{\ell_2}{\ell_1} \text{ کوچکتر از یک}$	$\alpha_1 \frac{\ell_2}{\ell_1} = 1.87$ برای ۲-۹-۶-۱۵ $\beta_t = \frac{C}{2I_s}$ $C = 157552 \text{ cm}^4$ $y_1 = 46 \text{ cm} \text{ و } x_1 = 25 \text{ cm}$ $y_2 = 30 \text{ cm} \text{ و } x_2 = 16 \text{ cm}$ $C = 184749 \text{ cm}^4$ $I_s = 245760 \text{ cm}^4$ $\beta_t = \frac{C}{2I_s} = \frac{184749}{2 \times 245760} = 0.376$ $\alpha_1 \frac{\ell_2}{\ell_1} = 1.87$ برای ۲-۹-۶-۱۵ $\beta_t = 0.376$ و $\frac{\ell_2}{\ell_1} = 1.2$ $95.5\% = \text{درصد سهم نوار ستونی}$ $\alpha_1 \frac{\ell_2}{\ell_1} = 1.87 > 1$ $1 - 0.85 = 15\%$ $15\% \text{ از لنگر خمشی در نوار ستونی، متعلق به تیر است. در صورتی که } \alpha_1 \frac{\ell_2}{\ell_1} \text{ کوچکتر از یک}$

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی																																										
	<p>باشد سهم تیر با درون یابی خطی بین ۸۵ درصد و صفر برای $\frac{\ell_2}{\ell_1} \alpha_1$ به ترتیب برابر با یک و صفر بدست می‌آید.</p> <p>E - محاسبه لنگرهای خمثی تیر و نوار ستونی و نوار میانی.</p> <p>در تکیه‌گاههای میانی دو مقدار برای لنگر منفی تکیه‌گاهی بدست می‌آید. مقدار بزرگتر را مد نظر قرار می‌دهیم.</p> <p style="text-align: center;">پیشش لنگرهای خمثی در قب‌های طراحی مربوط به اس‌های (2) و (3)</p>	<table border="1" data-bbox="809 381 1175 1683"> <thead> <tr> <th colspan="2" data-bbox="809 381 897 1683">(KN.m)</th> <th data-bbox="897 381 968 1683">مجموع لنگرهای لنگرهای خمثی</th> <th data-bbox="968 381 1040 1683">درصد لنگر خمثی مربوط به نوار ستونی</th> <th data-bbox="1040 381 1111 1683">لنگر خمثی تیر نوار ستونی</th> <th data-bbox="1111 381 1175 1683">لنگر خمثی دال نوار میانی</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="809 1459 897 1683" style="text-align: center;">دھانه‌های کناری</td> <td data-bbox="897 1459 968 1683" style="text-align: center;">- Me + Me - Mie</td> <td data-bbox="968 1459 1040 1683" style="text-align: center;">۷/۱</td> <td data-bbox="1040 1459 1111 1683" style="text-align: center;">۹/۵</td> <td data-bbox="1111 1459 1175 1683" style="text-align: center;">۵/۷</td> <td data-bbox="1175 1459 1175 1683" style="text-align: center;">۳/۲</td> </tr> <tr> <td data-bbox="809 1234 897 1459" style="text-align: center;">دھانه‌های میانی</td> <td data-bbox="897 1234 968 1459" style="text-align: center;">- M + M</td> <td data-bbox="968 1234 1040 1459" style="text-align: center;">۲/۷۸</td> <td data-bbox="1040 1234 1111 1459" style="text-align: center;">۶/۳</td> <td data-bbox="1111 1234 1175 1459" style="text-align: center;">۵/۶۴</td> <td data-bbox="1175 1234 1175 1459" style="text-align: center;">۴/۶</td> </tr> <tr> <td data-bbox="809 1010 897 1234"></td> <td data-bbox="897 1010 968 1234"></td> <td data-bbox="968 1010 1040 1234" style="text-align: center;">۰/۱۵</td> <td data-bbox="1040 1010 1111 1234" style="text-align: center;">۰/۱۰</td> <td data-bbox="1111 1010 1175 1234" style="text-align: center;">۰/۲۶</td> <td data-bbox="1175 1010 1175 1234" style="text-align: center;">۰/۷</td> </tr> <tr> <td data-bbox="809 785 897 1010"></td> <td data-bbox="897 785 968 1010"></td> <td data-bbox="968 785 1040 1010" style="text-align: center;">۰/۶</td> <td data-bbox="1040 785 1111 1010" style="text-align: center;">۰/۱۴</td> <td data-bbox="1111 785 1175 1010" style="text-align: center;">۰/۳۲</td> <td data-bbox="1175 785 1175 1010" style="text-align: center;">۰/۳</td> </tr> <tr> <td data-bbox="809 561 897 785"></td> <td data-bbox="897 561 968 785"></td> <td data-bbox="968 561 1040 785" style="text-align: center;">۰/۶</td> <td data-bbox="1040 561 1111 785" style="text-align: center;">۰/۱۸</td> <td data-bbox="1111 561 1175 785" style="text-align: center;">۰/۴</td> <td data-bbox="1175 561 1175 785" style="text-align: center;">۰/۴</td> </tr> <tr> <td data-bbox="809 336 897 561"></td> <td data-bbox="897 336 968 561"></td> <td data-bbox="968 336 1040 561" style="text-align: center;">۰/۶</td> <td data-bbox="1040 336 1111 561" style="text-align: center;">۰/۱۰</td> <td data-bbox="1111 336 1175 561" style="text-align: center;">۰/۱۵</td> <td data-bbox="1175 336 1175 561" style="text-align: center;">۰/۱۵</td> </tr> </tbody> </table> <p>تذکر: با توجه به اینکه فقط M_{ie} وجود دارد از $-M$ به عنوان لنگر دھانه‌های میانی استفاده می‌شود و $-M$ به کار برد نمی‌شود.</p>	(KN.m)		مجموع لنگرهای لنگرهای خمثی	درصد لنگر خمثی مربوط به نوار ستونی	لنگر خمثی تیر نوار ستونی	لنگر خمثی دال نوار میانی	دھانه‌های کناری	- Me + Me - Mie	۷/۱	۹/۵	۵/۷	۳/۲	دھانه‌های میانی	- M + M	۲/۷۸	۶/۳	۵/۶۴	۴/۶			۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۲۶	۰/۷			۰/۶	۰/۱۴	۰/۳۲	۰/۳			۰/۶	۰/۱۸	۰/۴	۰/۴			۰/۶	۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۱۵	
(KN.m)		مجموع لنگرهای لنگرهای خمثی	درصد لنگر خمثی مربوط به نوار ستونی	لنگر خمثی تیر نوار ستونی	لنگر خمثی دال نوار میانی																																								
دھانه‌های کناری	- Me + Me - Mie	۷/۱	۹/۵	۵/۷	۳/۲																																								
دھانه‌های میانی	- M + M	۲/۷۸	۶/۳	۵/۶۴	۴/۶																																								
		۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۲۶	۰/۷																																								
		۰/۶	۰/۱۴	۰/۳۲	۰/۳																																								
		۰/۶	۰/۱۸	۰/۴	۰/۴																																								
		۰/۶	۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۱۵																																								

بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	<p>گام هفتم)</p> <p>تکرار گام‌های چهارم تا ششم برای بقیه آکس‌ها</p>	<p>گام هفتم در این مثال انجام نشده است.</p>	
	<p>گام هشتم)</p> <p>طراحی تیرها برای برش و خمش در طراحی تیرها برای خمش باید لنگرهای ناشی از وزن قسمت پیرون زده از دال تیر، و دیوارهایی که احتمالاً روی آن قرار دارند، به لنگرهای محاسبه شده در گام قبل اضافه شوند.</p> <p>چون $\frac{\ell_2}{\ell_1} > 1$ می‌باشد تیرها باید برای برش ناشی از باری طراحی شوند که در محدوده خطوط مورب ۴۵ درجه از گوشه‌های دال‌های طرفین تیر و محورهای چشممه‌های طرفین به دال‌ها وارد می‌شود.</p>	$A = 11.2 \times 6 + 2 \times (2.8 \times 0.4) + 4 \times \left(\frac{2.8 \times 2.8}{2}\right)$ $= 25.12 \text{ m}^2$ $W_{tot} = 25.12 \times 14.675 = 368.6 \text{ KN}$ $W_{tot} = A \cdot W_u$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
		$(0.3 \times 0.3 \times 6.8) \times 24 \times 1.25 = 18.4 \text{ KN}$ <p>بنابراین کل بار وارد بر تیر ب رابر است با:</p> $368.6 + 18.4 = 387 \text{ KN}$ $V_u = \frac{387}{2} = 193.5 \text{ KN}$	
۱-۹-۳-۱۰	تذکر: برش در اعضای انتهایی و در درجه اولین تکیه‌گاه داخلی $\frac{\ell_n}{2}$ می‌باشد.	$bw = 0.3 \text{ m}$ $d = 0.46 - 0.05 = 0.41 \text{ m}$	
۱-۱-۳-۱۲	$V_c = 0.2\phi_c \sqrt{f_c} b_w d$	$V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 0.3 \times 0.41 \times 10^3$ $V_c = 66 \text{ KN}$ <p>جون V_c بزرگتر از V_u می‌باشد، برای تیر باید آرماتورهای برشی طراحی نمود.</p>	
	گام نهم) آرماتور گذاری دال		

طرح دال دو طرفه و بدون تیز به روش قاب معادل

دال دو طرفه و بدون تیر مثال یک را به روش قاب معادل طرح کنید.

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آین نامه
		<p>تذکر: اختلاف اصلی دو روش قاب معادل و مستقیم، در نحوه محاسبه لنگرهای خمی در طول قاب طراحی است. بنابراین فقط گام‌های مربوط به محاسبه لنگرهای خمی نهایی، در این مثال بطور کامل آورده می‌شوند.</p> <p>گام‌های اول تا سوم مانند همان گام‌ها از مثال یک می‌باشند.</p> <p>با توجه به گام دوم ضخامت دال را برابر ۱۸ سانتیمتر در نظر می‌گیریم</p>	<p>۶-۱۵</p> <p>۷-۱۵</p>
	<p>برای ستون آکس (A) داریم:</p>	<p>(گام چهارم)</p> <p>محاسبه پارامترهای لازم برای تحلیل به روش پخش لنگر</p> <p>قاب داخلی آکس (3) را برای تحلیل در نظر می‌گیریم. یکی از روش‌های آنالیز پخش لنگر است که در این مثال بطور کامل شرح داده می‌شود.</p> <p>A - محاسبه خرابی لازم برای استفاده از جداول ۳ و ۴ دال‌ها</p>	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
<p>برای ستون‌های آکس‌های (B) و (C) داریم:</p> $a = \frac{18}{2} = 9 \text{ cm}$ <p>در ستون روی دال: $b = 60 - 22.5 = 37.5 \text{ cm}$</p> <p>در ستون زیر دال: $b = 60 - 25 = 35 \text{ cm}$</p> <p>برای ستون آکس (D) داریم:</p> $a = \frac{18}{2} = 9 \text{ cm}$ <p>در ستون روی دال: $\ell_c = 420 \text{ cm}$</p> <p>در ستون زیر دال: $\ell_c = 480 \text{ cm}$</p> <p>$\ell_1 = 670 \text{ cm}$</p> <p>$\ell_2 = 550 \text{ cm}$</p>			

بند آینه نامه	روش	محاسبات			جداول کمکی
ستون روی دال	دال	$\frac{a}{\ell_c}$	(A) $\frac{9}{420} = 0.021$	(B), (C) 0.021	(D) 0.021
		$\frac{b'}{\ell_c}$	-	$\frac{37.5}{420} = 0.089$	$\frac{30}{420} = 0.071$
		$\frac{C_1}{\ell_{LEFT}}$	-	$\frac{120}{670} = 0.179$	$\frac{75}{670} = 0.112$
		$\frac{C_2}{\ell_2}$	$\frac{45}{550} = 0.082$	$\frac{120}{550} = 0.218$	$\frac{105}{550} = 0.191$
		$\frac{C_1}{\ell_{RIGHT}}$	$\frac{40}{670} = 0.060$	$\frac{120}{670} = 0.179$	-
	ستون زیر دال	$\frac{a}{\ell_c}$	$\frac{9}{480} = 0.073$	0.019	0.019
		$\frac{b'}{\ell_c}$	0	$\frac{35}{480} = 0.073$	$\frac{30}{480} = 0.063$
		- محاسبه سختی ستون			دال ۱-۳
		K _c درجهای تحریس	(A) 4.48	(B), (C) 4.55	
		$I_c = \frac{b_c \cdot k_c^3}{12}$	240000	341719	
	ستون زیر دال	$\frac{K_c}{E_c} = \frac{K_c'' I_c}{\ell_c}$	2560	3702	3678
		K _c درجهای تقویت	4.43	4.61	4.57
		$I_c = \frac{b_c \cdot k_c^3}{12}$	240000	520833	341719
		$\frac{K_c}{E_c} = \frac{K_c'' I_c}{\ell_c}$	2215	5002	3253

بند آیین نامه	روش	محاسبات				جداول کمکی
	$\sum \frac{K_c}{E_c} = \frac{K_c(\text{above})}{E_c} + \frac{K_c(\text{below})}{E_c}$	$\sum \frac{K_c}{E_c}$	2560+2215 = 4775 (A)	3702+5002 = 8704 (B), (C)	3678+3253 = 6931 (D)	
۵-۲-۶-۱۵	محاسبه ضریب C			دال	دال	دال
		x	30 18	18	18	
		y	58 40	120	75	
			351900+55715			
۳-۱۵	$C = \frac{1}{3} (1 - 0.63 \frac{x}{y}) x^3 y$	C	407615	211235	123755	۲ دال
۵-۱۵	$\frac{K_t}{E_c} = \sum \frac{9c}{\ell_2(l-c_2/\ell_2)^3} = \frac{18c}{\ell_2(l-c_2/\ell_2)^3}$	$\frac{K_t}{E_c}$	17244	14456	7649	
۴-۱۵	$\frac{K_{ta}}{E_c} = (\frac{I_{sb}}{I_s}) \frac{K_t}{E_c}$	$\frac{K_{ta}}{E_c}$	17244	14456	7649	
	تذکر: چون در امتداد قاب اکس (3) تیر وجود ندارد نسبت $\frac{I_{sb}}{I_s}$ برابر یک می‌شود.					
۶-۱۵	$\frac{E_c}{K_{ee}} = \frac{E_c}{\sum K_c} + \frac{E_c}{K_{ta}}$	$\frac{E_c}{K_{ee}}$ $\frac{K_{ee}}{E_c}$	2.674×10^{-4} 3740	1.841×10^{-4} 5433	2.75×10^{-4} 3636	
	- محاسبه سختی دال					
	برای دال‌های سمت چپ ستون‌ها داریم:		(A)	(B), (C)	(D)	
	$I_s = \frac{h^3 s \ell_2}{12}$	K_s^* I_s	-	4.718	4.38	۱-۴ دال
				267300	267300	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
1-۴ دال	1747 1879 4.71 267300 1624 5383	$\frac{K_s(\text{left})}{E_c} = \frac{K_s \cdot I_s}{\ell_1}$ برای دال های سمت راست ستونها داریم: $I_s = \frac{h^3 \cdot \ell_2}{12}$ $\frac{K_s(\text{right})}{E_c} = \frac{K_s \cdot I_s}{\ell_1}$ حال سختی کل را از فرمول زیر محاسبه می کنیم. $\sum K = K_{cc} + K_s(\text{left}) + K_s(\text{right})$	$\frac{K_s(\text{left})}{E_c}$ (A) 4.07 K_s^* I_s $\frac{K_s(\text{right})}{E_c}$
1-۴ دال	0.30 0.20 0.32	- محاسبه ضرایب پخش لنگر و لنگرهای گیرداری انتهایی.	(B), (C) 5364 9191
1-۴ دال	0.51 0.54 0.54 0.53	C - ضریب انتقال لنگر	(D) $\frac{1624}{5364} = 0.30$ $\frac{1879}{9191} = 0.20$ $\frac{1747}{5383} = 0.32$
	0.084 0.088 0.088 0.056	M - ضریب لنگر گیرداری انتهایی	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۷-۶-۱۵	گام پنجم) توجه به حالات مختلف بارگذاری و محاسبه لنگر گیرداری انتهایی برای حالت بحرانی		
۳-۷-۶-۱۵	برای تعیین حداکثر لنگر خمشی مثبت در یک دهانه باید آن دهانه و دهانه های مجاور بعدی را بطور یک در میان با سه چهارم بار زنده نهایی بارگذاری کرد. ممچنین برای تعیین حداکثر لنگر خمشی منفی روی یک تکیه گاه باید دهانه های مجاور آن تکیه گاه را با سه چهارم بار زنده نهایی بارگذاری کرد.	$W_d = 1.25 (0.7 + 0.18 \times 24) = 6.275 \text{ KN/m}^2$ $W_1 = 1.5 \times 6 = 9 \text{ KN/m}^2$ $\frac{3}{4} W_1 = 0.75 \times 9 = 6.75 \text{ KN/m}^2$ $W_d + \frac{3}{4} W_1 = 13.25 \text{ KN/m}^2$	
۴-۷-۶-۱۵	لنگرهای خمشی مورد استفاده در طراحی قطعات در هیچ حالت نباید کمتر از لنگرهای خمشی ایجاد شده در قاب ، تحت اثر بارهای زنده نهایی روی تمام دهانه ها باشد.	$W_d + W_1 = 6.275 + 9 = 15.275 \text{ KN/m}^2$ $FEM_{AB} = 0.084 \times 5.5 \times 6.7^2 \times w = 20.74 \text{ w}$ $FEM_{BA} = 0.088 \times 5.5 \times 6.7^2 \times w = 21.73 \text{ w}$ $FEM_{BC} = FEM_{CB} = FEM_{CD} = 21.73 \text{ w}$ $FEM_{DC} = 0.086 \times 5.5 \times 6.7^2 \times w = 21.23 \text{ w}$	
۳-۷-۶-۱۵	گام ششم) محاسبه لنگرهای نهایی مثبت و منفی حداکثر در طول قاب طراحی چون مقدار بار زنده از 5 KN/m^2 بیشتر است برای		

بند آین نامه	روش	محاسبات						جداول کمکی
	تعیین حداکثر لنگر خمشی مثبت در یک دهانه باید آن دهانه و دهانه‌های مجاور بعدی را بطور یک‌درمیان با سه‌چهارم بارزnde نهایی بارگذاری کرد. همچنین برای تعیین حداکثر لنگر خمشی منفی روی یک تکیه‌گاه باید دهانه‌های مجاور آن تکیه‌گاه را با سه چهارم بار زنده نهایی بارگذاری کرد.							
		گره	A	B	C	D		
		عضو	A-B	B-A	B-C	C-B	C-D	D-C
		ضریب انتقال لنگر (COF)	0.51	0.54	0.54	0.54	0.54	0.53
		ضریب پیشش لنگر (DF)	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.32
		کل بار زنده روی تمام دهانه‌ها وجود دارد.						
	$W = W_d + W_l$	FEM	-316.8	+331.9	-331.9	+331.9	-331.9	+324.3
		Balance	+95	0	0	0	0	-103.8
		CO	0	+48.5	0	0	-55	0
		Balance	0	-26.2	-26.2	+11	+11	0
		CO	-14.2	0	+5.9	-14.2	0	+5.9
		Balance	+4.3	-1.2	-1.2	+2.8	+2.8	-1.9
		Total	-231.7	+353	-353.4	+331.5	-373.1	+224.5
		M ⁺ (لوسیون)		+179		+129		+172.6
	لنگر وسط دهانه هر پانل با کم کردن متوسط لنگر منفی تکیه‌گاه‌های آن از M_0 بدست آمده است.	برای نمونه لنگر M_{AB} در زیر محاسبه شده است:						
۹-۱۵ معادله	$M_0 = \frac{w_u \cdot l_2 \cdot l^2 \ln}{8}$	$M_{AB} = \frac{15.275 \times 5.5 \times 6.7^2}{8} - \frac{231.7 + 353}{2}$ $= 179 \text{ KN.m}$						

بند آیین نامه	روش	محاسبات						جداول کمکی																																				
		سه چهارم بار زنده روی دهانه‌های CD و AB وجود دارد.																																										
	CD , AB دهانه : $w = W_d + \frac{3}{4} w_l$	<table border="1"> <tr> <td>P&M Balance</td><td>-270.1 +81</td><td>+283 +29.3</td><td>-136.4 -29.3</td><td>+136.4 +29.3</td><td>-283 +29.3</td><td>+276.5 -88.5</td></tr> <tr> <td>CO Balance</td><td>-15.8 +4.7</td><td>+41.3 -11.4</td><td>+15.8 -11.4</td><td>-15.8 +12.5</td><td>-46.9 +12.5</td><td>+15.8 -5.1</td></tr> <tr> <td>CO Balance</td><td>-6.2 +1.9</td><td>+2.4 -1.8</td><td>+6.8 -1.8</td><td>-6.2 +1.8</td><td>-2.7 +1.8</td><td>+6.8 -2.2</td></tr> <tr> <td>Total</td><td>-204.5</td><td>+284.2</td><td>-156.3</td><td>+158</td><td>-289</td><td>+203.3</td></tr> <tr> <td>M' (وسط دهانه)</td><td colspan="2">+157.6</td><td colspan="2" rowspan="5">+ 36.5</td><td colspan="3" rowspan="5">+ 155.8</td></tr> </table>						P&M Balance	-270.1 +81	+283 +29.3	-136.4 -29.3	+136.4 +29.3	-283 +29.3	+276.5 -88.5	CO Balance	-15.8 +4.7	+41.3 -11.4	+15.8 -11.4	-15.8 +12.5	-46.9 +12.5	+15.8 -5.1	CO Balance	-6.2 +1.9	+2.4 -1.8	+6.8 -1.8	-6.2 +1.8	-2.7 +1.8	+6.8 -2.2	Total	-204.5	+284.2	-156.3	+158	-289	+203.3	M' (وسط دهانه)	+157.6		+ 36.5		+ 155.8			
P&M Balance	-270.1 +81	+283 +29.3	-136.4 -29.3	+136.4 +29.3	-283 +29.3	+276.5 -88.5																																						
CO Balance	-15.8 +4.7	+41.3 -11.4	+15.8 -11.4	-15.8 +12.5	-46.9 +12.5	+15.8 -5.1																																						
CO Balance	-6.2 +1.9	+2.4 -1.8	+6.8 -1.8	-6.2 +1.8	-2.7 +1.8	+6.8 -2.2																																						
Total	-204.5	+284.2	-156.3	+158	-289	+203.3																																						
M' (وسط دهانه)	+157.6		+ 36.5		+ 155.8																																							
	BC دهانه : $w = W_d$	در این حالت بارگذاری اگر لنگر وسط دهانه BC منفی شود، باید در آن ناحیه نیز آرماتور فوقانی پیش‌بینی کرد.																																										
	CD , AB دهانه : $w = W_d$	$M^+_{BC} = 36.5 > 0$ O.K.																																										
	BC دهانه : $w = W_d + \frac{3}{4} w_l$	سه چهارم بار زنده روی دهانه‌های BC وجود دارد.																																										
	CD , AB دهانه : $w = W_d$	<table border="1"> <tr> <td>P&M Balance</td><td>-130.1 +39</td><td>+136.4 +29.3</td><td>-283 +29.3</td><td>+283 -29.3</td><td>-136.4 -29.3</td><td>+133.2 -42.6</td></tr> <tr> <td>CO Balance</td><td>+15.8 -4.7</td><td>+19.9 -0.8</td><td>-15.8 -0.8</td><td>+15.8 +1.4</td><td>-22.6 +1.4</td><td>-15.8 +5.1</td></tr> <tr> <td>CO Balance</td><td>-0.4 +0.1</td><td>-2.4 +0.3</td><td>+0.8 +0.3</td><td>-0.4 -0.5</td><td>+2.7 -0.5</td><td>+0.8 -0.3</td></tr> <tr> <td>Total</td><td>-80.3</td><td>+182.7</td><td>-269.2</td><td>+270</td><td>-184.7</td><td>+80.4</td></tr> <tr> <td>M' (وسط دهانه)</td><td colspan="2">+62.2</td><td colspan="2" rowspan="4">+ 132.4</td><td colspan="3" rowspan="4">+ 61.1</td></tr> </table>							P&M Balance	-130.1 +39	+136.4 +29.3	-283 +29.3	+283 -29.3	-136.4 -29.3	+133.2 -42.6	CO Balance	+15.8 -4.7	+19.9 -0.8	-15.8 -0.8	+15.8 +1.4	-22.6 +1.4	-15.8 +5.1	CO Balance	-0.4 +0.1	-2.4 +0.3	+0.8 +0.3	-0.4 -0.5	+2.7 -0.5	+0.8 -0.3	Total	-80.3	+182.7	-269.2	+270	-184.7	+80.4	M' (وسط دهانه)	+62.2		+ 132.4		+ 61.1		
P&M Balance	-130.1 +39	+136.4 +29.3	-283 +29.3	+283 -29.3	-136.4 -29.3	+133.2 -42.6																																						
CO Balance	+15.8 -4.7	+19.9 -0.8	-15.8 -0.8	+15.8 +1.4	-22.6 +1.4	-15.8 +5.1																																						
CO Balance	-0.4 +0.1	-2.4 +0.3	+0.8 +0.3	-0.4 -0.5	+2.7 -0.5	+0.8 -0.3																																						
Total	-80.3	+182.7	-269.2	+270	-184.7	+80.4																																						
M' (وسط دهانه)	+62.2		+ 132.4		+ 61.1																																							
	BC , AB دهانه : $w = W_d + \frac{3}{4} w_l$	$(M^+_{AB} + M^+_{CD}) > 0$ OK																																										
	CD دهانه : $w = W_d$	سه چهارم بار زنده روی دهانه‌های AB و BC وجود دارد.																																										
	BC , AB دهانه : $w = W_d + \frac{3}{4} w_l$	<table border="1"> <tr> <td>P&M Balance</td><td>-270.1 +81</td><td>+283 0</td><td>-283 0</td><td>+283 -29.3</td><td>-136.4 -29.3</td><td>+133.2 -42.6</td></tr> <tr> <td>CO Balance</td><td>0 0</td><td>+41.3 -5.1</td><td>-15.8 -5.1</td><td>0 +4.5</td><td>-22.6 +4.5</td><td>-15.8 +5.1</td></tr> <tr> <td>CO Balance</td><td>-2.8 +0.8</td><td>0 -0.5</td><td>+2.4 -0.5</td><td>-2.8 0</td><td>+2.7 0</td><td>+2.4 -0.8</td></tr> <tr> <td>Total</td><td>-191.1</td><td>+318.7</td><td>-302</td><td>+255.4</td><td>-181.1</td><td>+81.5</td></tr> </table>						P&M Balance	-270.1 +81	+283 0	-283 0	+283 -29.3	-136.4 -29.3	+133.2 -42.6	CO Balance	0 0	+41.3 -5.1	-15.8 -5.1	0 +4.5	-22.6 +4.5	-15.8 +5.1	CO Balance	-2.8 +0.8	0 -0.5	+2.4 -0.5	-2.8 0	+2.7 0	+2.4 -0.8	Total	-191.1	+318.7	-302	+255.4	-181.1	+81.5									
P&M Balance	-270.1 +81	+283 0	-283 0	+283 -29.3	-136.4 -29.3	+133.2 -42.6																																						
CO Balance	0 0	+41.3 -5.1	-15.8 -5.1	0 +4.5	-22.6 +4.5	-15.8 +5.1																																						
CO Balance	-2.8 +0.8	0 -0.5	+2.4 -0.5	-2.8 0	+2.7 0	+2.4 -0.8																																						
Total	-191.1	+318.7	-302	+255.4	-181.1	+81.5																																						

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی																												
		سه چهارم بار زنده روی دهانه‌های BC و CD وجود دارد.																													
	CD , BC : $w = \bar{W}_d + \frac{3}{4} w_1$ AB : دهانه $w = \bar{W}_d$	<table border="1"> <tr> <td>DEM Balance</td> <td>-130.1 +39</td> <td>+136.4 +29.3</td> <td>-283 +29.3</td> <td>+283 0</td> <td>-283 0</td> <td>+276.5 -88.5</td> </tr> <tr> <td>CO Balance</td> <td>+15.8 -4.7</td> <td>+19.9 -4</td> <td>0 -4</td> <td>+15.8 +6.2</td> <td>-46.9 +6.2</td> <td>0 0</td> </tr> <tr> <td>CO Balance</td> <td>-2.2 +0.7</td> <td>-2.4 -0.2</td> <td>+3.4 -0.2</td> <td>-2.2 +0.4</td> <td>0 +0.4</td> <td>+3.4 -1.1</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>-81.5</td> <td>+179</td> <td>-254.5</td> <td>+303.2</td> <td>-323.3</td> <td>+190.3</td> </tr> </table>	DEM Balance	-130.1 +39	+136.4 +29.3	-283 +29.3	+283 0	-283 0	+276.5 -88.5	CO Balance	+15.8 -4.7	+19.9 -4	0 -4	+15.8 +6.2	-46.9 +6.2	0 0	CO Balance	-2.2 +0.7	-2.4 -0.2	+3.4 -0.2	-2.2 +0.4	0 +0.4	+3.4 -1.1	Total	-81.5	+179	-254.5	+303.2	-323.3	+190.3	
DEM Balance	-130.1 +39	+136.4 +29.3	-283 +29.3	+283 0	-283 0	+276.5 -88.5																									
CO Balance	+15.8 -4.7	+19.9 -4	0 -4	+15.8 +6.2	-46.9 +6.2	0 0																									
CO Balance	-2.2 +0.7	-2.4 -0.2	+3.4 -0.2	-2.2 +0.4	0 +0.4	+3.4 -1.1																									
Total	-81.5	+179	-254.5	+303.2	-323.3	+190.3																									
۱-۸-۶-۱۵	حال مقادیر پوش لنگر خمی در دهانه‌های مختلف بدست می‌آید.	با توجه به جداول فوق داریم:	<table border="1"> <tr> <th>عضو</th> <th>A-B</th> <th>B-A</th> <th>B-C</th> <th>C-B</th> <th>C-D</th> <th>D-C</th> </tr> <tr> <td>$M_{MAX}^{(نگر)}$</td> <td>231.7</td> <td>353</td> <td>353.4</td> <td>331.5</td> <td>373.1</td> <td>224.5</td> </tr> <tr> <td>$M_{MAX}^{(دهانه)}$</td> <td>179</td> <td></td> <td>132.4</td> <td></td> <td>172.6</td> <td></td> </tr> </table>	عضو	A-B	B-A	B-C	C-B	C-D	D-C	$M_{MAX}^{(نگر)}$	231.7	353	353.4	331.5	373.1	224.5	$M_{MAX}^{(دهانه)}$	179		132.4		172.6								
عضو	A-B	B-A	B-C	C-B	C-D	D-C																									
$M_{MAX}^{(نگر)}$	231.7	353	353.4	331.5	373.1	224.5																									
$M_{MAX}^{(دهانه)}$	179		132.4		172.6																										
۲-۸-۶-۱۵	حداکثر لنگر خمی منفی در تکیه‌گاههای میانی برابر با لنگر خمی در مقطع گذرنده از بر ستون است. فاصله محور ستون از این بر در هر حال نباید بزرگتر از 0.175 m در نظر گرفته شود.	در این مسئله برای محاسبه لنگر خمی منفی در بر تکیه‌گاه، مقدار $\frac{V.C_1}{3}$ را از لنگر محاسبه شده در مرکز تکیه‌گاه کم کرده‌ایم (روش تقریبی). چون لنگر منفی تکیه‌گاهی حاکم، در تمام دهانه‌ها مربوط به حالتی است که کل بار زنده روی تمام دهانه‌ها وجود دارد، فقط برای این حالت $\frac{V.C_1}{3}$ را محاسبه می‌کنیم.																													

بند آین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
		$M_{AB}:$ $\frac{V.C_1}{3} = \frac{C_1}{3} \left[w \times l_2 \times \frac{l_1}{2} - \frac{M_{BA} - M_{AB}}{l_1} \right]$ $\frac{V.C_1}{3} = \frac{0.4}{3} \left[15.275 \times 5.5 \times \frac{6.7}{2} - \frac{353 - 231.7}{6.7} \right]$ $= 25.1 \text{ KN.m}$	
		$M_{BA}:$ $\frac{V.C_1}{3} = \frac{1.2}{3} \left[15.275 \times 5.5 \times \frac{6.7}{2} - \frac{231.7 - 353}{6.7} \right]$ $= 119.8 \text{ KN.m}$	
		$M_{BC}:$ $\frac{V.C_1}{3} = \frac{1.2}{3} \left[15.275 \times 5.5 \times \frac{6.7}{2} - \frac{331.5 - 353.4}{6.7} \right]$ $= 113.9 \text{ KN.m}$	
		$M_{CB}:$ $\frac{V.C_1}{3} = \frac{1.2}{3} \left[15.275 \times 5.5 \times \frac{6.7}{2} - \frac{353.4 - 331.5}{6.7} \right]$ $= 111.3 \text{ KN.m}$	

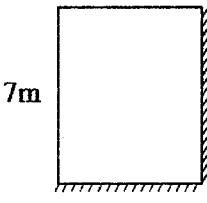
بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی																																					
۴-۸-۶-۱۵	<p>چون دالی محدودیتهای روش مستقیم (۷-۱۵) را ارضاء کند، می‌توان مجموع قدر مطلق‌های لنگر خمی مثبت و متوسط لنگرهای خمی منفی در هر دهانه از قاب معادل را تا مقدار M_0 کاهش داد و مقادیر لنگرهای خمی مثبت و منفی را به تناسب اصلاح کرد.</p> <p>$M_0 = \frac{W_u \cdot \ell_2 \cdot \ell^2}{8} \ln$</p> <p>چون لنگرهای منفی در مرحله قبل کاهش یافته‌اند، کاهش مربوط به این قسمت را به لنگرهای مثبت اختصاص می‌دهیم.</p>	<p>M_{CD}:</p> $\frac{C_1}{3} = \frac{1.2}{3} \left[15.275 \times 5.5 \times \frac{6.7}{2} - \frac{224.5 - 373.1}{6.7} \right]$ $= 121.4 \text{ KN.m}$ <p>M_{BA}:</p> $\frac{V.C_1}{3} = \frac{0.75}{3} \left[15.275 \times 5.5 \times \frac{6.7}{2} - \frac{373.1 - 224.5}{6.7} \right]$ $= 64.8 \text{ KN.m}$ <p>بنابراین :</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>عضو</th> <th>A-B</th> <th>B-A</th> <th>B-C</th> <th>C-B</th> <th>C-D</th> <th>D-C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$M_{MAX}^{(نکه)}$</td> <td>196.6</td> <td>233.2</td> <td>239.5</td> <td>220.2</td> <td>251.7</td> <td>159.7</td> </tr> <tr> <td>$M_{MAX}^{(وسط دهانه)}$</td> <td>179</td> <td></td> <td>132.4</td> <td></td> <td>172.6</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>با توجه به گام چهارم از مثال اول داریم:</p> <p>AB : دهانه $M_0 = 365 \text{ KN.m}$</p> <p>BC : دهانه $M_0 = 317.2 \text{ KN.m}$</p> <p>CD : دهانه $M_0 = 325.9 \text{ KN.m}$</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>دهانه</th> <th>A-B</th> <th>B-C</th> <th>C-D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$M^+ \text{ ave } M^-$</td> <td>393.9</td> <td>362.25</td> <td>378.3</td> </tr> <tr> <td>M_0</td> <td>365</td> <td>317.2</td> <td>325.9</td> </tr> <tr> <td>$M^+ \text{ مقدار کاهش}$</td> <td>28.9</td> <td>45.05</td> <td>52.4</td> </tr> </tbody> </table>	عضو	A-B	B-A	B-C	C-B	C-D	D-C	$M_{MAX}^{(نکه)}$	196.6	233.2	239.5	220.2	251.7	159.7	$M_{MAX}^{(وسط دهانه)}$	179		132.4		172.6		دهانه	A-B	B-C	C-D	$M^+ \text{ ave } M^-$	393.9	362.25	378.3	M_0	365	317.2	325.9	$M^+ \text{ مقدار کاهش}$	28.9	45.05	52.4	
عضو	A-B	B-A	B-C	C-B	C-D	D-C																																		
$M_{MAX}^{(نکه)}$	196.6	233.2	239.5	220.2	251.7	159.7																																		
$M_{MAX}^{(وسط دهانه)}$	179		132.4		172.6																																			
دهانه	A-B	B-C	C-D																																					
$M^+ \text{ ave } M^-$	393.9	362.25	378.3																																					
M_0	365	317.2	325.9																																					
$M^+ \text{ مقدار کاهش}$	28.9	45.05	52.4																																					

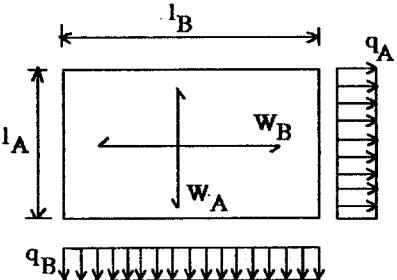
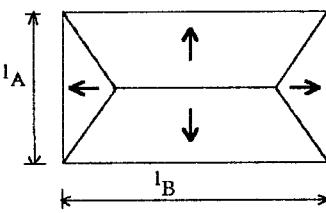
بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی																					
	<p>بنابراین این مقادیر لنگرهای نهایی مثبت و منفی برابرند با :</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>عضو</th><th>A-B</th><th>B-A</th><th>B-C</th><th>C-B</th><th>C-D</th><th>D-C</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M_{MAX} (نکه زد)</td><td>196.6</td><td>233.2</td><td>239.5</td><td>220.2</td><td>251.7</td><td>159.7</td></tr> <tr> <td>M'_{MAX} (واسطه دهنده)</td><td>150.1</td><td></td><td>87.35</td><td></td><td>120.2</td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>گام های بعد شبیه مثال یک می باشند.</p>	عضو	A-B	B-A	B-C	C-B	C-D	D-C	M_{MAX} (نکه زد)	196.6	233.2	239.5	220.2	251.7	159.7	M'_{MAX} (واسطه دهنده)	150.1		87.35		120.2			
عضو	A-B	B-A	B-C	C-B	C-D	D-C																		
M_{MAX} (نکه زد)	196.6	233.2	239.5	220.2	251.7	159.7																		
M'_{MAX} (واسطه دهنده)	150.1		87.35		120.2																			

مثال ۴ طرح دال دو طرفه و دارای تیر به روش ضرایب لنگر خمی

دال دو طرفه و دارای تیر مثال دو را به روش ضرایب لنگر خمی طرح کنید. فرض کنید ارتفاع کلیه تیرها برابر ۷۰ سانتیمتر است.

بند آین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۲-۱-۸-۱۵	گام اول) کنترل هندسه و بارگذاری دال برای استفاده از روش ضرایب لنگر خمی	ضوابط : A- دال در چهار طرف روی تیرها یا دیوارهایی تشکیه داشته باشد. B- ابعاد تیرهای زیر سری چنان باشند که رابطه زیر برقرار باشد.	
۳-۱-۸-۱۵		$\frac{b_w \cdot h^3 b}{l_n \cdot h^3} \geq 2$ $\frac{25 \times 70^3}{700 \times 16^3} = 2.99 > O.K.$	
۴-۱-۸-۱۵		C- نسبت طول آزاد به عرض آزاد دال، کوچکتر از ۲ یا مساوی با آن باشد. $\frac{7}{5.8} = 1.21 < 2$ O.K.	
۵-۱-۸-۱۵		D- بارهای وارد به دال تنها به بارهای قائم بوده و بطور یکنواخت پخش شده باشند.	
	گام دوم) انتخاب ضخامت دال با توجه به مثال دو ضخامت ۱۶ سانتیمتر ضوابط افت و برش را ارضاء می کند.		

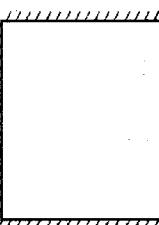
بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	در صورت استفاده از روش ضرایب لنگر خشی، ضخامت دال در هیچ حالت نباید در دالهایی که در یک سمت یا بیشتر غیر پیوسته هستند از مقدار زیر کمتر در نظر گرفته شود: محیط دال تقسیم بر ۱۴۰	$h_{s \min} = \frac{2 \times (5.8 + 7)}{140} = 0.18m$ بنابراین ضخامت دال را برابر ۱۸ سانتیمتر در نظر می‌گیریم.	
۳-۱-۸-۱۵	به علت تغییر ضخامت دال رابطه (۱۲-۱۵) مجدداً کنترل می‌شود.		
معادله ۱۰-۱۵	$\frac{b_w \cdot h^3 b}{l_n \cdot h^3} \geq 2$	$\frac{25 \times 70^3}{700 \times 16^3} = 2.1 > 2 \quad O.K.$	
۴-۴-۸-۱۵	<p>(گام سوم) محاسبات چشم‌گوشه</p>  <p>- کنترل برش</p> $m = \frac{l_A}{l_B}$ <p>با داشتن مقدار m و استفاده از جدول (۴-۴-۸-۱۵) آیین نامه، ضرایب برش بدست می‌آیند.</p>	$m = \frac{5.8}{7} = 0.83$ $W_A = \frac{1}{2}(0.71 + 0.66) = 0.685$ $W_B = \frac{1}{2}(0.29 + 0.34) = 0.315$ <p>به خاطر افزایش ضخامت دال بارهای نهایی مجدداً محاسبه می‌شوند.</p> $W_d = 1.25(0.7 + 0.18 \times 24) = 6.275 \text{ KN.m}^2$	

بند آین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۴-۸-۱۵	 $q_A = \frac{w \cdot l_A \cdot l_B \cdot w_B}{2 \cdot l_A}$ $q_B = \frac{w \cdot l_A \cdot l_B \cdot w_A}{2 \cdot l_B}$ <p>در این مرحله \bar{q}_A و \bar{q}_B را در حالتی که دال بصورت ذوزنقه‌ای مثلثی تقسیم‌بندی شده است محاسبه می‌کنیم.</p>  $\bar{q}_A = \frac{w \cdot l_A^2 / 4}{l_A}$ $\bar{q}_B = \frac{(w \cdot l_A \cdot l_B - 2 \cdot w \cdot l_A^2 / 4) \times 0.5}{l_B}$ $q = \text{MAX} (q_A, q_B, \bar{q}_A, \bar{q}_B)$ <p>مقاومت برشی دال برابر است با:</p> $V_c = 0.2\phi_c \sqrt{f_c} bd$ <p>- محاسبات خمش -B</p> <p>- محاسبه لنگرهای همسی -B₁</p>	$W_t = 6 \times 1.5 = 9 \text{ KN/m}^2$ $W_u = 6.275 + 9 = 15.275 \text{ KN/m}^2$ $q_A = \frac{15.275 \times 5.8 \times 7 \times 0.315}{2 \times 5.8} = 16.84 \text{ KN/m}$ $q_B = \frac{15.275 \times 5.8 \times 7 \times 0.685}{2 \times 7} = 30.34 \text{ KN/m}$ $\bar{q}_A = \frac{15.275 \times (5.8^2) / 4}{5.8} = 22.15 \text{ KN/m}$ $\bar{q}_B = \frac{(15.275 \times 5.8 \times 7 - 2 \times 15.275 \times 5.8^2 / 4) \times 0.5}{7} = 25.95 \text{ KN/m}$ $q = q_B = 30.34 \text{ KN/m}$ $V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 1 \times 0.15 \times 10^3 = 80.5 \text{ KN/m} > q \text{ O.K.}$	
۱-۱-۳-۱۲			

بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
جدول ۴-۲-۸-۱۵ الف		برای $m=0.83$ داریم: $C_A^- = \frac{1}{2}(0.066 + 0.071) = 0.0685$ $C_B^- = \frac{1}{2}(0.029 + 0.034) = 0.0315$	
معادله ۱۴-۱۵ جدول ۴-۲-۸-۱۵ ب	$M_{\bar{A}(d+1)} = C_{\bar{A}} \cdot W_{(d+1)} \cdot l^2 A$ $M_{\bar{B}(d+1)} = C_{\bar{B}} \cdot W_{(d+1)} \cdot l^2 B$	$M^-_{A(d+1)} = 0.0685 \times 15.275 \times 5.8^2 = 35.2 \text{ KN/m}$ $M^-_{B(d+1)} = 0.0315 \times 15.275 \times 7^2 = 23.6 \text{ KN/m}$	
معادله ۱۶-۱۵	$M^+_{Ad} = C^+_{Ad} \cdot W_d \cdot l^2_A$	$C^+_{Ad} = \frac{1}{2}(0.048 + 0.043) = 0.0455$	
معادله ۱۶-۱۵	$M^+_{Bd} = C^+_{Bd} \cdot W_d \cdot l^2_B$	$C^+_{Bd} = \frac{1}{2}(0.039 + 0.036) = 0.0375$	
معادله ۱۷-۱۵	$M^+_{Al} = C^+_{Al} \cdot W_l \cdot l^2_A$	$C^+_{Al} = \frac{1}{2}(0.020 + 0.023) = 0.0215$	
معادله ۱۸-۱۵	$M^+_{Bl} = C^+_{Bl} \cdot W_l \cdot l^2_B$ $M^+_{A} = M^+_{Ad} + M^+_{Al}$ $M^+_{B} = M^+_{Bd} + M^+_{Bl}$	$C^+_{Bl} = \frac{1}{2}(0.016 + 0.019) = 0.0175$ $M^+_{Ad} = 0.0375 \times 6.275 \times 5.8^2 = 7.9 \text{ KN.m}$ $M^+_{Bd} = 0.0175 \times 6.275 \times 7^2 = 5.4 \text{ KN.m}$ $M^+_{Al} = 0.0455 \times 9 \times 5.8^2 = 13.8 \text{ KN.m}$ $M^+_{Bl} = 0.0215 \times 9 \times 7^2 = 9.5 \text{ KN.m}$ $M^+_{A} = 7.9 + 13.8 = 21.79 \text{ KN.m}$ $M^+_{B} = 5.4 + 9.5 = 14.9 \text{ KN.m}$	
	تذکر : کلیه لنگرهای خمی فوچ برای واحد عرض نوار میانی می باشند. محاسبه آرماتورهای خمی لازم. B2	برای $j=0.92$ و $M_u = M_A = 35.2 \text{ KN.m}$ و با فرض $M_u = M_A = 35.2 \text{ KN.m}$ داریم: $A_s = \frac{35.2 \times 10^{-3}}{0.85 \times 300 \times 0.92 \times 0.15} = 10 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ $A_s = 10 \text{ cm}^2 / \text{m}$	

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
	$A_{S\min} = 0.002 \times 100 \times 18 = 3.6 \text{ cm}^2 / \text{m}$ حال مقدار ز فرض شده را کنترل می‌کنیم. $a = \frac{0.85 \times 10 \times 300}{0.85 \times 0.6 \times 20 \times 100} = 2.5 \text{ m}$ $j = 1 - \frac{2.5}{2 \times 15} = 0.917 \approx 0.92 \text{ O.K.}$		جدول ۴-۲-۸-۱۵ الف
	$M_{\bar{A}(d+1)} = C_{\bar{A}} \cdot W_{(d+1)} \cdot l^2 A$ $M_{\bar{B}(d+1)} = C_{\bar{B}} \cdot W_{(d+1)} \cdot l^2 B$		معادله ۱۴-۱۵ جدول ۴-۲-۸-۱۵
	$M^+_{Ad} = C^+_{Ad} \cdot W_d \cdot l^2 A$ $M^+_{Bd} = C^+_{Bd} \cdot W_d \cdot l^2 B$		معادله ۱۵-۱۵ معادله ۱۶-۱۵
	$M^+_{Al} = C^+_{Al} \cdot W_l \cdot l^2 A$ $M^+_{Bl} = C^+_{Bl} \cdot W_l \cdot l^2 B$ $M^+_{A} = C^+_{Ad} \cdot M^+_{Al}$ $M^+_{B} = C^+_{Bd} \cdot M^+_{Bl}$		معادله ۱۷-۱۵ معادله ۱۸-۱۵
	تذکر : کلیه لنگرهای خمشی فوق برای واحد عرض نوار میانی می‌باشند. برای آرماتورهای خمشی لازم B2- محاسبه آرماتورهای خمشی		
	$A_s = \frac{M_u}{\phi_s \cdot f_y \cdot j \cdot d}$		
	$A_s = \frac{35.2 \times 10^{-3}}{0.85 \times 300 \times 0.92 \times 0.15} = 10 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ $A_s = 10 \text{ cm}^2 / \text{m}$		

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۳-۷-۸	$A_{s\min} = 0.002 \times b \times h_s$ $a = \frac{\phi_s \cdot A_s \cdot f_y}{0.85 \phi_c \cdot f_c \cdot b}$ $j = 1 - \frac{a}{2d}$	$A_{s\min} = 0.002 \times 100 \times 18 = 3.6 \text{ cm}^2 / 2$ حال مقدار j فرض شده را کنترل می کنیم. $a = \frac{0.85 \times 10 \times 300}{0.85 \times 0.6 \times 20 \times 100} = 2.5 \text{ cm}$ $j = 1 - \frac{2.5}{2 \times 15} = 0.917 \approx 0.92 \text{ O.K.}$ $\therefore \text{USE } \Phi 12/10 \text{ cm, } A_s = 11.31 \text{ cm}^2 / \text{m}$ برای $M_u = M_B^- = 23.6 \text{ KN.m}$ داریم : $A_s = \frac{10}{35.2} \times 23.6 = 6.7 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{s\min} \text{ O.K.}$ $\therefore \text{USE } \Phi 12/15 \text{ cm, } A_s = 7.54 \text{ cm}^2 / \text{m}$ برای $M_u = M_A^+ = 21.7 \text{ KN.m}$ داریم : $A_s = \frac{10}{35.2} \times 21.7 = 6.16 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{s\min} \text{ O.K.}$ $\therefore \text{USE } \Phi 12/15 \text{ cm, } A_s = 7.54 \text{ cm}^2 / \text{m}$ برای $M_u = M_B^+ = 14.9 \text{ KN.m}$ داریم : $A_s = \frac{10}{35.2} \times 14.9 = 4.23 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{s\min} \text{ O.K.}$ $\therefore \text{USE } \Phi 12/25 \text{ cm, } A_s = 4.52 \text{ cm}^2 / \text{m}$	آرماتور گذاری - ۶
۳-۲-۸-۱۶		<p>تذکر ۱ : میلگرد های فوق در نوارهای میانی بکار می روند.</p> <p>تغییرات لنگرهای خمی مثبت و منفی در عرض هر یک از نوارهای کناری غیر یکنواخت ولی بصورت خطی در نظر گرفته می شود. این لنگرهای در مرز مشترک با نوار میانی برابر با مقادیر مربوط در نوار میانی و در مرز خارجی برابر یک سوم این مقادیر منظور می شوند.</p>	آرماتور گذاری - ۶

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	<p>اگر بخواهیم این لنگرها را یکنواخت فرض کنیم مقدار متوسط آنها برابر $0.5(1 + \frac{1}{3})M_{\max}$ و یا $\frac{2}{3}M_{\max}$ خواهد شد. بنابراین می‌توان فاصله آرماتورها با درنوار کناری $\frac{2}{3}$ برابر کرد. البته باید توجه شود که فاصله بین میلگردها از حداقل مقدار مجاز بیشتر نشود و نیز از A_{smin} کمتر نگردد.</p> <p>تذکر ۲: مقدار لنگر خمشی منفی انتهایی دال در هر نوار متکی بر تکیه گاه غیر پیوسته، برابر سه چهارم لنگر خمشی مثبت وسط دهانه، در همان نوار فرض می‌شود.</p>		۶-۲-۸-۱۵
	<p>گام چهارم)</p> <p>محاسبات چشممه میانی</p> 		
جدول ۴-۲-۸-۱۵ الف	$m = \frac{l_A}{l_B} = 0.826$ <p>برای $m=0.826$ داریم:</p> $C^-_A = \frac{1}{2}(0.06 + 0.065) = 0.0625$ $C^-_B = \frac{1}{2}(0.031 + 0.027) = 0.029$	$m = \frac{5.7}{6.9} = 0.826$	۶-۲-۸-۱۵
معادله ۱۵-۱۳	$M_{\bar{A}(d+1)} = C^-_A W_{(d+1)} \cdot l^2 A$	$M_{\bar{A}(d+1)} = 0.0625 \times 15.275 \times 5.7^2 = 31 \text{ KN.m}$	
معادله ۱۵-۱۴	$M_{\bar{B}(d+1)} = C^-_B \cdot W_{(d+1)} \cdot l^2 B$	$M_{\bar{B}(d+1)} = 0.029 \times 15.275 \times 6.9^2 = 21.1 \text{ KN.m}$	
جدول ۴-۲-۸-۱۵		$C^+_A = \frac{1}{2}(0.041 + 0.037) = 0.039$ $C^+_{Ad} = \frac{1}{2}(0.026 + 0.024) = 0.025$	

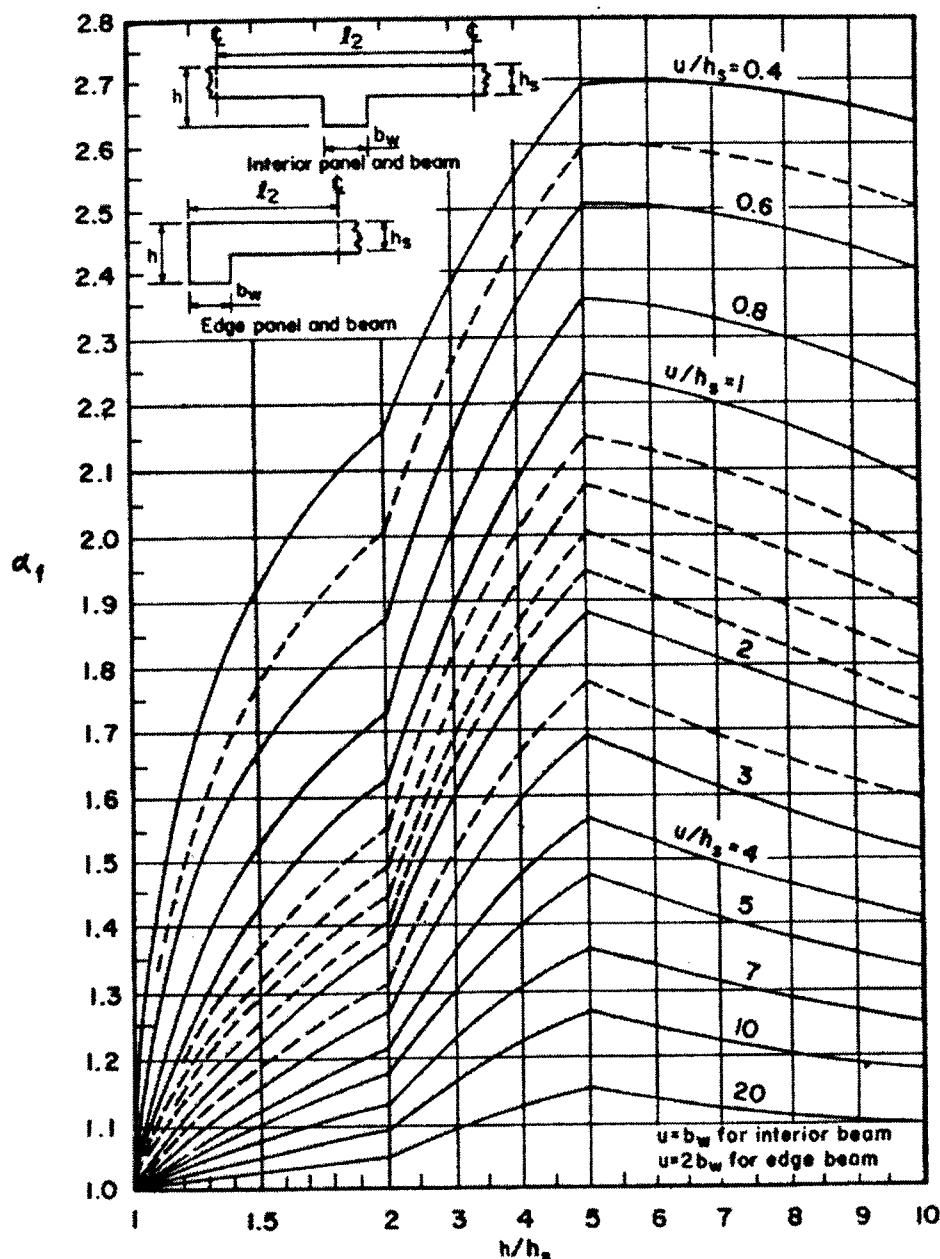
بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
		$C^+_{Bl} = \frac{1}{2}(0.017 + 0.019) = 0.018$ $C^+_{Bd} = \frac{1}{2}(0.011 + 0.012) = 0.0115$	
۱۵-۱۵ معادله	$M^+_{Ad} = C^+_{Ad} \cdot W_d \cdot l^2_A$	$M^+_{Ad} = 0.025 \times 6.275 \times 5.7^2 = 5.1 \text{ KN.m}$	
۱۶-۱۵ معادله	$M^+_{Bd} = C^+_{Bd} \cdot W_d \cdot l^2_B$	$M^+_{Bd} = 0.0115 \times 6.275 \times 6.9^2 = 3.4 \text{ KN.m}$	
۱۷-۱۵ معادله	$M^+_{Al} = C^+_{Al} \cdot W_l \cdot l^2_A$	$M^+_{Al} = 0.039 \times 9 \times 5.7^2 = 11.4 \text{ KN.m}$	
۱۸-۱۵ معادله	$M^+_{Bl} = C^+_{Bl} \cdot W_l \cdot l^2_B$ $M^+_{A} = C^+_{Ad} \cdot M^+_{Al}$ $M^+_{B} = C^+_{Bd} \cdot M^+_{Bl}$	$M^+_{Bl} = 0.018 \times 9 \times 6.9^2 = 7.7 \text{ KN.m}$ $M^+_{A} = 5.1 + 11.4 = 16.5 \text{ KN.m}$ $M^+_{B} = 3.4 + 7.7 = 11.1 \text{ KN.m}$	
	$A_s = \frac{M_u}{\phi_s \cdot f_y \cdot j \cdot d}$	- محاسبه آرماتورهای خمشی لازم $A_s = \frac{10}{35.2} \times 31 = 8.81 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{s\min} \text{ O.K.}$ $\therefore \text{USE } \Phi 12/12.5 \text{ cm, } A_s = 9.05 \text{ cm}^2/\text{m}$ $A_s = \frac{10}{35.2} \times 21.1 = 6 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{s\min} \text{ O.K.}$	آرماتورگذاری-۶
		 $\therefore \text{USE } \Phi 12/15 \text{ cm, } A_s = 7.54 \text{ cm}^2/\text{m}$ $A_s = \frac{10}{35.2} \times 16.5 = 4.7 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{s\min} \text{ O.K.}$	آرماتورگذاری-۶
		 $\therefore \text{USE } \Phi 12/20 \text{ cm, } A_s = 5.56 \text{ cm}^2/\text{m}$ $A_s = A_{s\min} = 3.6 \text{ cm}^2/\text{m}$ $\therefore \text{USE } \Phi 12/30 \text{ cm, } A_s = 3.77 \text{ cm}^2/\text{m}$	آرماتورگذاری-۶

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	گام پنجم) محاسبات چشممه‌های کناری	گام پنجم در این مثال انجام نشده است.	
۱-۵-۸-۱۵	گام ششم) لنگرهای خمشی در تیرها تیرها برای لنگرهای ناشی از بارهای ذوزنقه‌ای مثلثی و یا بارهای معادل یکنواخت زیر طرح می‌شوند. - برای تیرهای تکیه‌گاه ضلع کوتاه دال:		
معادله ۱۷-۱۵	$\frac{W_u \cdot l_A}{3}$		
۱۸-۱۵	- برای تیرهای تکیه‌گاه ضلع بلند دال: $\left(\frac{W_u \cdot l_A}{3} \right) \left(\frac{3 - m^2}{2} \right)$	برای نمونه بارهای وارد بر تیرهای اطراف چشمه گوشه را بدست می‌آوریم. $q_A = \frac{15.275 \times 5.8}{3} = 29.5 \text{ KN/m}$ $q_B = 29.5 \times \left(\frac{3 - 0.83^2}{2} \right) = 34.1 \text{ KN/m}$	

داد ۱) ضریب α_f برای محاسبه α مراجع: بندهای ۱۵-۰ (تعریف α) و ۷-۲-۱۵ آینه نامه بتن ایران

$$\alpha = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cs} \cdot I_s} = \frac{E_{cb}}{E_{cs}} \frac{b_w}{\ell_2} \left[\frac{h}{h_s} \right]^3 \alpha_f$$

تذکر: علت تغییر شیب منحنی‌ها در $\frac{h}{h_s} = 5$ بعلت محدودیت عرض بال تیرهای T شکل با توجه به بند ۷-۲-۱۵ می‌باشد.



دال ۲) ضریب ثابت C برای محاسبه سختی پیچشی K_t

مراجع: بندهای ۱۵-۶-۵-۲ و ۱۵-۵-۳ آین نامه بتن ایران.

$$C = \sum (1 - 0.63 \frac{x}{y}) \frac{x^3 \cdot y}{3}$$

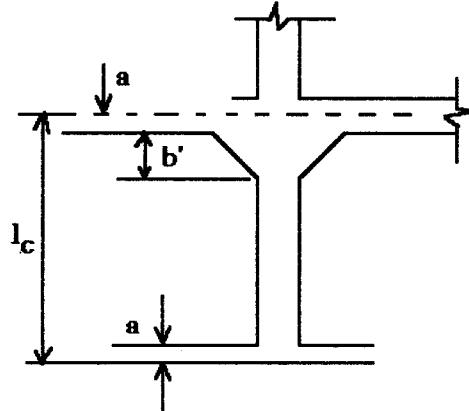
تذکر: x طول ضلع کوچکتر و y طول ضلع بزرگتر مقطع مستطیل شکل می‌باشد. اگر سطح مقطع عضو پیچش مستطیلی شکل نباشد، باید آنرا به تعدادی مستطیل تقسیم کرد و C آن قطعات را با هم جمع نموده. البته تقسیم‌بندی باید طوری باشد که C به حداقل مقدار خود برسد.

$$4 \text{ cm}^4$$

دال ۱-۳) ضریب سختی k_c برای ستونهای دارای سر ستون با پخ ۴۵ درجه

مراجع : بند ۱۵-۶ آینین نامه بتن ایران.

$$K_c = \frac{k_c \cdot E_{cc} \cdot I_c}{l_c}$$



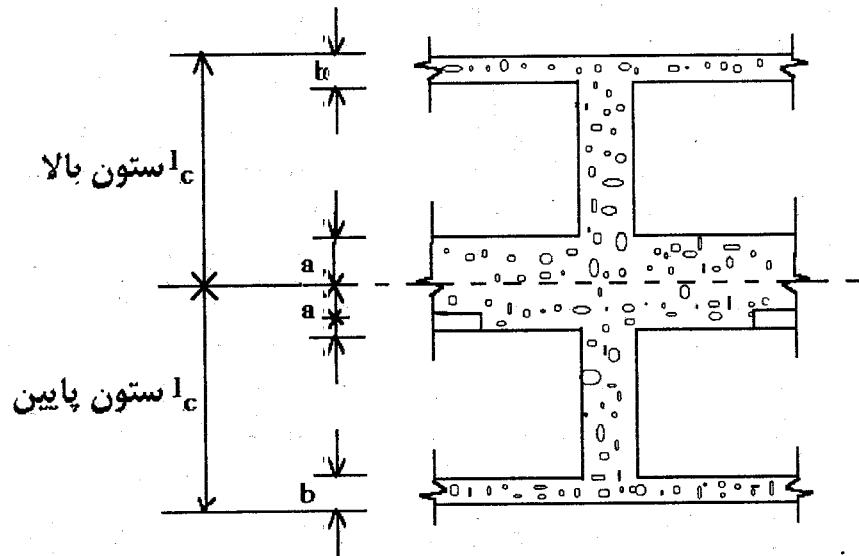
$a =$ طولی از ستون که صلب فرض می شود. $b' =$ عمق پخ ۴۵ درجه از زیر سقف

تذکر : عدد فوقانی جدول برای انتهای دارای سر ستون و عدد تחתانی آن برای انتهای تחתانی ستون می باشد.

داد ۲-۳) ضریب k_c برای ستونهای بدون سر ستون پخ دار

مراجع: ACI Journal V.68, No. 11, Nov. 1971, P.830

$$K_c = \frac{k_c \cdot E_{cc} \cdot I_c}{l_c}$$



b' = طولی از انتهای نزدیک ستون که صلب فرض می شود.

a = طولی از انتهای نزدیک ستون که صلب فرض می شود.

kc	b'lc	ضريب سختي									
		a/c	b'lc	c'lc	d'lc	e'lc	f'lc	g'lc	h'lc	i'lc	j'lc
٠	٠/٠٠	٠/٠٢	٠/٠٤	٠/٠٦	٠/٠٨	٠/١٠	٠/١٢	٠/١٤	٠/١٦	٠/١٨	٠/٢٢
٠/٠	٤/٠٠٠	٤/٠٨٣	٤/١٤٧	٤/٢٥٥	٤/٣٤٨	٤/٤٤٤	٤/٥٤٢	٤/٦٥١	٤/٧٦٢	٤/٨٧٨	٥/٠٠٠
٠/٢	٤/٢٣٣	٤/٣٣٣	٤/٥٣٣	٤/٥٣٨	٤/٦٣٧	٤/٧٤٢	٤/٨٨٣	٤/٩٨٣	٤/١١٠	٥/٢٤٤	٥/٣٨٤
٠/٤	٤/٧٠٩	٤/٨٣٢	٤/٩٤٠	٥/٠٥٣	٥/١٩٣	٥/٢٣٣	٥/٣٧٥	٥/٤٣٧	٥/٥٧٥	٥/٩٥٨	٦/٣٢٩
٠/٦	٥/١٢٢	٥/٢٥٢	٥/٣٦٣	٥/٤٩٣	٥/٦٩٣	٥/٨٥٣	٥/٩٥٣	٦/٠٣٧	٦/٢٠٩	٦/٤٠٣	٦/٨٢٧
٠/٨	٥/٥٨١	٥/٧٣٥	٥/٨٩٨	٦/٠٧٠	٦/٢٥٢	٦/٣٤٥	٦/٤٣٥	٦/٥٥٠	٦/٨٥٧	٧/١٠٠	٧/٢٤٨
٠/١٠	٦/٠٩١	٦/٢٧١	٦/٤٦٢	٦/٩٥٥	٦/٩٨٠	٧/١٠٩	٧/١٣٥	٧/٣١٤	٧/٨٩٣	٨/١٩٢	٨/٥١٣
٠/١٢	٦/٥٥٩	٦/٨٢٠	٦/٩٤٢	٦/١٣٣	٦/٢٦٣	٦/٨٦٩	٦/٨٩٦	٦/٩٦٠	٦/٩٩٣	٧/٨٩٧	٨/٨٩٧
٠/١٤	٧/٢٩٢	٧/٥٤٠	٧/٨٤٠	٨/٠٢٣	٨/٢٨٥	٨/٣٨٥	٨/٤٨٥	٨/٦٣٦	٨/٧٣٣	٩/٢٣٣	٩/٣٢٣
٠/١٦	٨/٠٠١	٨/٢٩١	٨/٤٠٠	٨/٩٣١	٩/٢٨٧	٩/٤٩١	٩/٦٩٧	٩/٩٣٠	٩/١٥٧	٩/٩٥٧	١٠/٤٣٠
٠/١٨	٨/٧٩٥	٩/١٣٤	٩/٣٩٦	٩/٧٨٨	٩/١٢٠	٩/٢٦٠	٩/٤٢٦	٩/٧٩٠	٩/١٣٧	١٢/٧٠	١٤/٤٧٠
٠/٢٠	٩/٤٨٧	٩/٦٨٠	٩/٨١٠	١٠/٥١٠	١٠/٩٧٠	١١/١٩٧	١٢/١٠	١٢/٤٠٠	١٣/٩٣٠	١٤/٦١٠	١٥/٥٣٠
٠/٢٢	١٠/٦٩٠	١١/١٦٠	١١/٣٦٠	١٢/٢٠٠	١٢/٤٤٤	١٢/٨٠٠	١٤/١٤٠	١٤/٩١٠	١٥/٧٤٠	١٧/٧٦٠	١٨/٨٧٠
٠/٢٤	١١/٨٢٠	١٢/٣٧٠	١٢/٩٦٠	١٣/٤٣٠	١٤/٣٢٠	١٥/٠٨	١٥/٩٥٠	١٦/٨٤٠	١٧/٨٧٠	٢٠/٠٠٠	٢١/٩٦٠

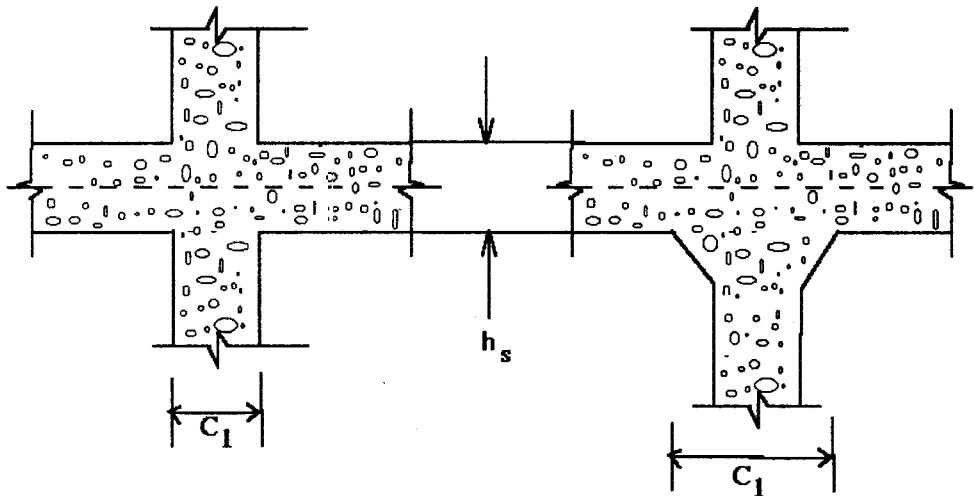
دال ۱-۴) ضریب پخش لنگر برای اعضای تیر- دال و بدون کتیبه به منظور استفاده در روش قاب معادل

مراجع : بند ۱۵-۳-۵-۶ از آینه نامه بتن ایران و ACI Journal V.68 , No. 11 , Nov. 1971 , P.828

ر بار گسترده یکنواخت (F.E.M)

$$(K_s)_{\text{سختی}} = \frac{k_s \cdot E_{cs} \cdot \ell_2 h_3^3}{12 \cdot \ell_1}$$

ضریب انتقال C



تذکر: مقادیر $\frac{C_2}{\ell_2}$ و $\frac{C_1}{\ell_1}$ برای ستون در انتهای دور عضو تیر- دال برابر آن مقداری در انتهای ستون است، که ضرایب لنگر برای آن

محاسبه شده‌اند.

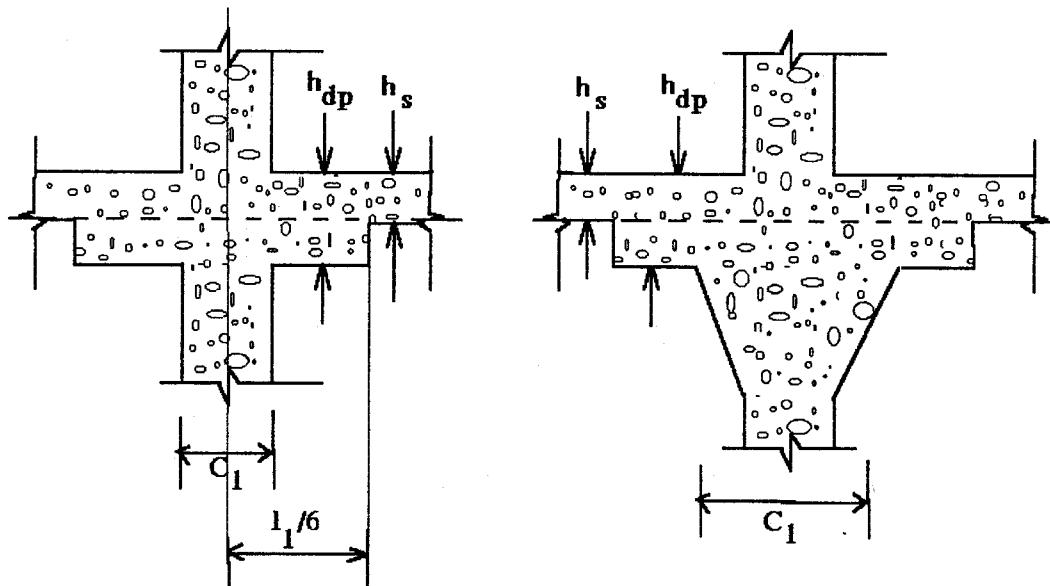
دال ۲-۴) ضرایب پخش لنگر برای اعضای تیر دال و دارای کتیبه به منظور استفاده در روش قاب معادل

مراجع: بند ۱۵-۶-۳-۵ از آینه نامه بنی ایران و ACI Journal V.68, No. 11, Nov. 1971, P.829

$$(F.E.M) = \text{لنگر گیرداری انتهایی تحت اثر بار گستردگی یکنواخت} = M \cdot w_u \cdot I_2 \cdot \ell_1^2$$

$$(K_s)_{\text{سختی}} = \frac{k_s \cdot E_{cs} \cdot \ell_2 h_3^3}{12 \cdot \ell_1}$$

ضریب انتقال C



تذکر: مقادیر $\frac{C_2}{\ell_2}$ و $\frac{C_1}{\ell_1}$ برای ستون در انتهای دور عضو تیر - دال برابر آن مقداری در انتهای ستون است، که ضرایب لنگر برای آن

محاسبه شده‌اند.

دیوارهای حائل

مثال طرح دیوار حائل بتنی در برابر فشارهای واردہ از طرف خاک

دیوار حائل شکل زیر را در برابر بارهای واردہ طرح نمایید.

مشخصات:

$$\gamma_1 = 18 \text{ KN/m}^3$$

$$\phi_1 = 30^\circ$$

$$C_1 = 0$$

$$\gamma_2 = 17.5 \text{ KN/m}^3$$

$$\phi_2 = 28^\circ$$

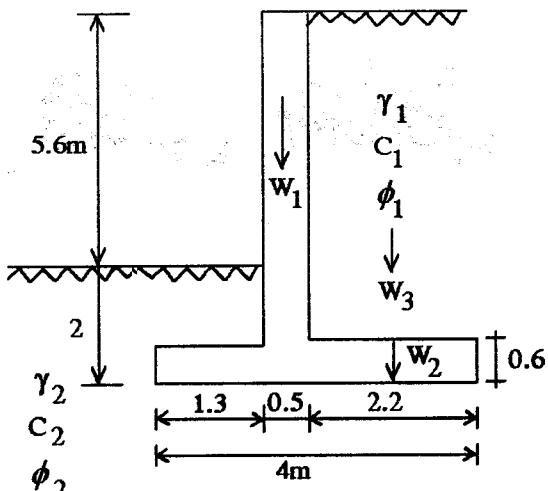
$$C_2 = 12 \text{ KN/m}^2$$

$$q_a = 200 \text{ KN/m}^2 \text{ تنش مجاز خاک}$$

$$\gamma_b = 25 \text{ KN/m}^3 \text{ وزن مخصوص بتن}$$

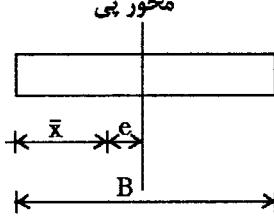
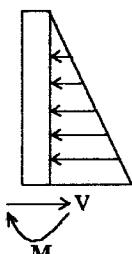
$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

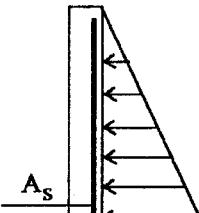
$$f_y = 300 \text{ MPa}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
		گام اول محاسبه k_{p2} و k_{a1} با توجه به تئوری رانکین برای حالتی که شیب سطح خاک نسبت به افق برابر صفر است داریم: $k_{a1} = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi_1}{2}\right)$ $k_{a2} = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi_2}{2}\right)$ $k_{p1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\gamma_1 \cdot 5.6}{\tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi_1}{2}\right)}$ $k_{p2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\gamma_2 \cdot 2}{\tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi_2}{2}\right)}$ $k_{a1} = \tan^2(45 - 15) = 0.3333$ $k_{a2} = \tan^2(45 + 14) = 2.7698$	
		گام دوم کنترل لنگر واژگونی در این مرحله نسبت به گوشه سمت چپ بی لنگر می‌گیریم، باید نسبت لنگر مقاوم به لنگر واژگون کننده بزرگتر از $1/5$ تا 2 باشد.	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
	$P_{al} = \frac{\gamma_1 \cdot H_1^2}{2} K_{al}$ $P_{al} = \frac{18 \times 7.6^2}{2} \times 0.3333 = 173.3 \text{ KN}$ $W_1 = 0.5 \times 7 \times 25 = 87.5 \text{ KN}$ $b_1 = 1.55 \text{ m}$ از گوشہ سمت چپ پی $W_2 = 0.6 \times 4 \times 25 = 60 \text{ KN}$ $b_2 = 2 \text{ m}$ $W_3 = 2.2 \times 7 \times 18 = 277.2 \text{ KN}$ $b_3 = 2.9 \text{ m}$ $R = 87.5 + 60 + 277.2 = 424.7 \text{ KN}$ $M_r = 87.5 \times 1.55 + 60 \times 2 + 277.2 \times 2.9$ $= 1059.5 \text{ KN.m}$ $M_0 = 173.3 \times \frac{7.6}{3} = 439 \text{ KN.m}$ $F.S. = \frac{1059.5}{439} = 2.41 > 2 \text{ O.K.}$	$R = \sum W_i$ $M_r = \sum W_i \cdot b_i$ $M_0 = P_{al} \cdot \frac{H_1}{3}$ $F.S. = \frac{M_r}{M_0}$	تذکر: در این مرحله از اثر فشار پاسیو خاک صرف نظر شده است. بدیهی است که این فرض در جهت ضریب اطمینان است.
	گام سوم) کنترل لغزش $P_{p2} = \frac{1}{2} \gamma_2 H_2^2 k_{p2} + 2C_2 H_2 \sqrt{K_{p2}}$ $P_p = \frac{1}{2} \times 17.5 \times 2^2 \times 2.7698 + 2 \times 12 \times 2 \times \sqrt{2.7698} = 176.8 \text{ KN}$ $F.S. = \frac{R \cdot \tan \delta + C' B + P_{p2}}{P_{al}}$		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
	$F.S. := \frac{424.7 \times \tan(\frac{2}{3} \times 28) + \frac{2}{3} \times 12 \times 4 + 176.8}{173.3}$ $= 2.03 > 2 \text{ O.K.}$ <p>تذکر: به مقدار R می‌توان وزن خاک سمت چپ را نیز اضافه کرد.</p>	<p>δ و C' به ترتیب زاویه اصطکاک و ضریب چسبندگی بین کف پی و خاک می‌باشند.</p> <p>می‌توان فرض کرد:</p> $C' = \frac{2}{3} C, \quad \delta = \frac{2}{3} \phi$ <p>مقدار F.S. باید از $1/5$ تا 2 بیشتر باشد.</p>	
	$\bar{X} = \frac{M_r - M_o}{R}$  $e = \frac{B}{2} - \bar{X}$ $q = \frac{R}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right)$ $\bar{X} = \frac{1059.5 - 439}{424.7} = 1.46 \text{ m}$ $e = \frac{4}{2} - 1.46 = 0.54 \text{ m}$ $q = \frac{424.7}{4} \left(1 \pm \frac{6 \times 0.54}{4} \right)$ <p>بنابراین</p> $q_1 = 192.2 \text{ KN/m}^2 < q_a \text{ O.K.}$ $q_2 = 20.2 \text{ KN/m}^2 < q_a \text{ O.K.}$	<p>گام چهارم)</p> <p>کنترل تنש‌های زیر بی</p>	
		<p>گام پنجم)</p> <p>محاسبه برش و لنگر نهایی در پای دیوار</p> 	

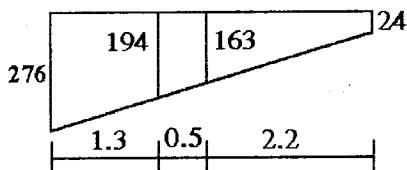
بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۶-۳-۵-۱۰	$V_H = \frac{\gamma_1 \cdot H^2}{2} k_{al}$ $V_u = 1.5 Q_H$ $M_H = \frac{\gamma_1 \cdot H^3}{6} k_{al}$ $M_u = 1.5 M_H$	$V_H = \frac{18 \times 7^2}{2} \times 0.3333 = 147 \text{ KN}$ $V_u = 1.5 \times 147 = 220.5 \text{ KN}$ $M_H = \frac{18 \times 7^3}{6} \times 0.3333 = 343 \text{ KN.m}$ $M_u = 1.5 \times 343 = 514.5 \text{ KN.m}$	
۱-۱-۳-۱۲	<p style="text-align: center;">گام ششم)</p> <p>کنترل برش در پای دیوار</p> $V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d$	$V_c = 0.2 \times 0.6 \sqrt{20} \times 1 \times 0.44 \times 10^3$	
۱-۲-۱۷-۱۲	<p>البته می‌توان برش را در فاصله d از انتهای دیوار</p> <p style="text-align: center;">نیز کنترل نمود.</p>	$V_c = 236.1 \text{ KN} > V_u \text{ O.K.}$	
۲-۱-۱۶	<p style="text-align: center;">گام هفتم)</p> <p>محاسبه آرماتورهای لازم در پای دیوار</p>  $R = \frac{M_u}{bd^2}$ $\rho = \frac{0.85\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85\phi_c f_c}} \right]$	$R = \frac{514.5 \times 10^{-3}}{1 \times 0.44^2} = 2.658 \text{ MPa}$ $\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{1 \times 0.44^2} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2.658}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$	
۳-۳-۵-۱۱	$\rho_{max} = 0.85\beta_1 \times \frac{\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$	$\rho_{max} = 0.85 \times 0.85 \times \frac{0.6 \times 20}{0.85 \times 300} \times \frac{600}{600 + 300}$ $\rho_{max} = 0.0227 > \rho \text{ O.K.}$	

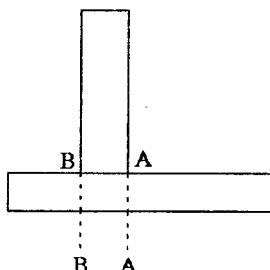
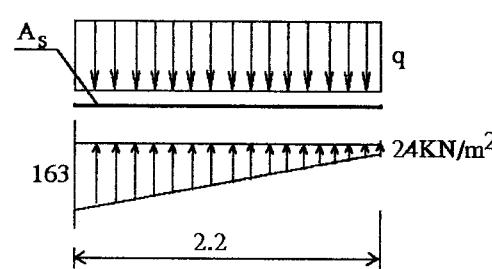
جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آین نامه
	$A_s = \rho \cdot b \cdot d$ $A_s = 0.0123 \times 100 \times 44 = 54.12 \text{ cm}^2/\text{m}$ $\therefore \text{Use } \Phi 28/10, A_s = 61.58 \text{ cm}^2/\text{m}$ <p>تذکر: آرماتورهای مصرفی را می‌توان در قسمتهای فرقانی دیوار کاهش داد. البته در این قسمتها نیز باید خصوبات آرماتورگذاری حداقل رعایت شود.</p>		
(گام هشتم)	<p>محاسبه تنش‌های زیر پی در حالت نهایی</p> <p>$M_{ou} = 1.5(P_{al} \cdot \frac{H_1}{3})$</p> <p>$M_{ru} = 1.25(W_1 \cdot b_1 + W_2 \cdot b_2) + 1.5(W_3 \cdot b_3)$</p> <p>$R_u = 1.25(W_1 + W_2) + 1.5 \times W_3$</p> <p>$\bar{X}_u = \frac{M_{ru} - M_{ou}}{R_u}$</p> <p>$e_u = \frac{B}{2} - \bar{X}_u$</p> <p>$q_u = \frac{R_u}{B} (1 \pm \frac{6e_u}{B})$</p> <p>$A_s = \rho \cdot b \cdot d$</p> <p>$A_s = 0.0123 \times 100 \times 44 = 54.12 \text{ cm}^2/\text{m}$</p> <p>$\therefore \text{Use } \Phi 28/10, A_s = 61.58 \text{ cm}^2/\text{m}$</p> <p>تذکر: آرماتورهای مصرفی را می‌توان در قسمتهای فرقانی دیوار کاهش داد. البته در این قسمتها نیز باید خصوبات آرماتورگذاری حداقل رعایت شود.</p>	$A_s = \rho \cdot b \cdot d$ $A_s = 0.0123 \times 100 \times 44 = 54.12 \text{ cm}^2/\text{m}$ $\therefore \text{Use } \Phi 28/10, A_s = 61.58 \text{ cm}^2/\text{m}$ <p>تذکر: آرماتورهای مصرفی را می‌توان در قسمتهای فرقانی دیوار کاهش داد. البته در این قسمتها نیز باید خصوبات آرماتورگذاری حداقل رعایت شود.</p>	6-۳-۵-۱۰

بنابراین

$$q_{u1} := 276 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{u2} := 24 \text{ KN/m}^2$$



بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	<p>گام نهم)</p> <p>کنترل برش و محاسبه آرماتورهای لازم در شالوده</p>  <p>برای مقطع A-A داریم:</p>  $q = 1.5 (18 \times 7) + 1.25 (25 \times 0.6) = 208 \text{ KN/m}^2$ <p>وزن شالوده + فشار خاک = q</p> $V_u = 208 \times 2.2 - \frac{163 + 24}{2} \times 2.2 = 251.9 \text{ KN}$ $V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 1 \times 0.5 \times 10^3$ $= 268.3 > V_u \text{ O.K.}$		
۶-۳-۵-۱۰	$V_c = 0.2\phi_c \sqrt{f_c} bd$		
۱-۲-۱۷-۱۲		البته می‌توان برش را در فاصله d از مقطع فوق تیز کنترل نمود.	
		$M_u = 208 \times \frac{2.2^2}{2} - 24 \times \frac{2.2^2}{2}$ $- (163 - 24) \times \frac{2.2^2}{6} = 333 \text{ KN.m}$ $R = \frac{333 \times 10^{-3}}{1 \times 0.5^2} = 1.332 \text{ MPa}$	

بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۲-۱-۱۶ ۳-۲-۵-۱۱	$\rho = \frac{0.85\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85\phi_c f_c}} \right]$ $A_s = \rho \cdot b \cdot d$	$\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 300} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.332}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$ $\rho = 0.0056 > 0.002 \text{ O.K.}$ $A_s = 0.0056 \times 100 \times 50 = 28 \text{ cm}^2/\text{m}$ <p>Use $\Phi 28/20$, $A_s = 30.79 \text{ cm}^2/\text{m}$</p> <p>برای مقطع B-B داریم:</p> <p>از فشارهای خاک روی آن و وزن بی در جهت ضریب اطمینان صرفنظر شده است.</p> <p>تنش زیر پی در فاصله d از بر دیوار برابر است با:</p> $q = 194 + (276 - 194) \times \frac{0.5}{1.3} = 225.5 \text{ KN/m}^2$ $V_u = \frac{276 + 225.5}{2} \times (1.3 - 0.5)$ $= 200.6 \text{ KN} < V_c \text{ O.K.}$ $M_n = 194 \times \frac{1.3^2}{2} + (276 - 194) \times \frac{1.3^2}{3} = 210 \text{ KN.m}$ $A_{is} = \frac{28}{333} \times 210 = 17.66 \text{ cm}^2$ $A_{s,min} = 0.002 \times 100 \times 60 = 12 \text{ cm}^2 < A_s \text{ O.K.}$ <p>Use $\Phi 22/20$, $A_s = 19.01 \text{ cm}^2/\text{m}$</p>	
۱-۲-۱۷-۱۲			
۱-۳-۷-۸			

شالوده

مثال ۱ ضخامت شالوده منفرد و مربع شکل که دارای ستون با مقطع مربع می‌باشد.

ضخامت لازم را برای شالوده شکل زیر تعیین کنید:

مشخصات:

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

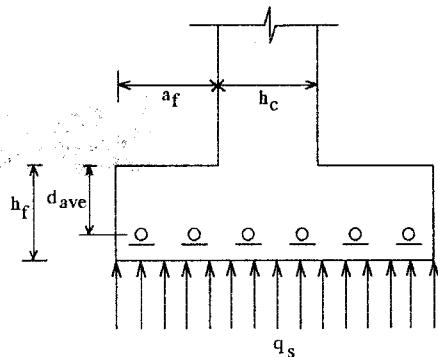
$$h_c = 50 \text{ cm}$$

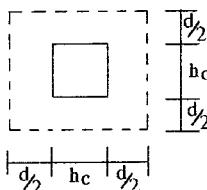
$$p_d = 810 \text{ KN}$$

$$p_i = 515 \text{ KN}$$

$$\text{ابعاد بی} = 2.4 \times 2.4 \text{ m}^2$$

$$\alpha_s = 10 \quad (\text{ستون گوشه})$$



بند اینی نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۳-۳-۵-۱۰	الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول) محاسبه بارهای نهایی $P_u = 1.25 P_d + 1.5 P_L$	$P_u = 1.25 \times 810 + 1.5 \times 515$ $P_u = 1785 \text{ KN}$	
	گام دوم) محاسبه فشار تکیه‌گاهی خالص q'_s $q'_s = \frac{P_u}{A_f}$	$q'_s = \frac{1785}{2.4 \times 2.4} = 309.9 \text{ KN/m}^2$	
۱-۲-۱۷-۱۲	گام سوم) محاسبه برش سوراخ کننده: اصلاح مقطع بحرانی در فاصله $\frac{d}{2}$ از بر ستون می‌باشد.  $V_p = [A_f - (h_c + d)^2] \cdot q_s$ که در آن A_f مساحت شالوده است.	اگر d_{ave} را برابر 40cm فرض کنیم. طول ضلع مقطع بحرانی برابر خواهد شد با: $h_c = d = 50 + 40 = 90 \text{ cm}$ $A_f = 2.4 \times 2.4 = 5.76 \text{ m}^2$ $V_k = (5.76 - 0.9^2) \times 309.9 = 1534 \text{ KN}$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام چهارم)	
		محاسبه نیروی برشی مقاوم نهایی بتن $\beta_c = \frac{\text{طول ضلع بزرگ مقطع ستون}}{\text{طول ضلع کوچک مقطع ستون}}$ $b_o = 4(h_c + d)$ $V_{c1} = (1 + \frac{2}{\beta_c}) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$ $V_{c2} = (\frac{\alpha_s d}{b_o} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$ $V_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$ $V_c = \min(V_{c1}, V_{c2}, V_{c3})$	۴-۲-۱۷-۱۲ معادله ۳۵-۱۲ معادله ۳۵-۱۲ معادله ۳۶-۱۲
		$\beta_c = \frac{50}{50} = 1$ $b_o = 4 \times 90 = 360 \text{ cm}$ $V_{c1} = 3 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$ $V_{c2} = (\frac{10 \times 40}{360} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$ $V_{c2} = 2.11 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$ $V_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$ $V_c = V_{c3}$	
		: و یا: $V_c = 2 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 3.6 \times 0.4 \times 10^3$ $V_c = 1545.57 \text{ KN} > V_p \text{ O.K.}$	
		گام پنجم) محاسبه h_f برای محاسبه h_f باید اندازه قطر میلگرد و ضخامت پوشش بتن را به d_{ave} افزود.	فرض می کنید میلگردهای مصرفی از نوع ۲۰ Φ باشند.
		$h_f = d_{ave} + d_b + 7.5 \text{ cm}$ تذکر: برای پی متفرد و تحت اثر بار محوری، در حالی که پی و ستون روی آن مربع شکل باشند. غالباً نیازی به کنترل برش عادی نیست.	$h_f = 40 + 2 + 7.5 = 49.5 \text{ cm}$ و یا: $h_f = 50 \text{ cm}$
		ب : با استفاده از جداول گام اول) محاسبه بارهای نهایی	با توجه به قسمت الف داریم: $P_u = 1785 \text{ KN}$

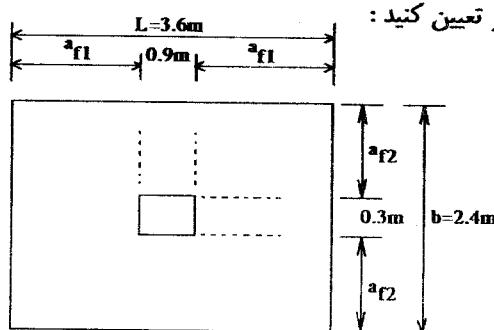
بندهاین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۴-۲-۱۷-۱۲	<p>گام دوم) k_{v6}, q_s محاسبه</p> $k_{v4} = \frac{4}{2 + (4/\beta_c)} \geq 1$ <p>چون در این مرحله b_0 مشخص نیست و نمی‌توان k_{v5} را محاسبه کرد فرض می‌کنیم:</p> $k_{v6} = k_{v4}$	<p>با توجه به قسمت الف داریم:</p> $q_s = 309.9 \text{ KN.m}^2$ $\beta_c = 1$ $k_{v4} = \frac{4}{2 + 4} = 0.67 < 1 \rightarrow k_{v4} = 1$ $k_{v6} = 1$ $k_{v6} \times q_s = 1 \times 309.9 = 309.9 \text{ KN}$	
	<p>(گام سوم)</p> <p>محاسبه نسبت سطح مقطع پی به سطح مقطع ستون</p>		
۱-۲-۱۷-۱۲	<p>گام چهارم)</p> <p>تعیین نسبت $\frac{d}{h_c}$</p>	<p>برای $\frac{A_f}{A_c} = 23.04$ و $k_{v6} q_s = 309.9$ داریم:</p> $\frac{d}{h_c} = 0.8$	
	<p>گام پنجم)</p> <p>محاسبه d</p> $d = \left(\frac{d}{h_c}\right) h_c$	$d_{ave} = 0.8 \times 50 = 40\text{cm}$	
۴-۲-۱۷-۱۲	<p>گام ششم) k_{v5} محاسبه</p> $b_0 = 4(h_c + d)$ $k_{v5} = \frac{2}{1 + \alpha_s \cdot \frac{d}{b_0}}$	$b_0 = 4 \times 90 = 360 \text{ cm}$ $k_{v5} = \frac{2}{1 + 10 \times \frac{40}{360}} = 0.947 < K_{v6} \quad \text{O.K.}$	
۴-۹-۲-۸	<p>گام هفتم) h_f محاسبه</p> $h_f = d_{ave} + d_b + 7.5 \text{ cm}$	$h_f = 40 + 2 + 7.5 = 49.5 \text{ cm}$ $h_f = 50 \text{ cm}$	و یا:

مثال ۲ ضخامت شالوده منفرد و مستطیل شکل که دارای ستون با مقطع مستطیل می‌باشد.

مشخصات:

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

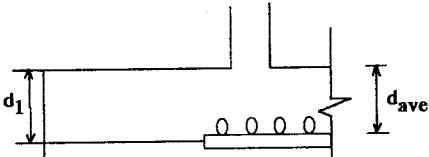
$$P_u = 2800 \text{ KN}$$

 $\alpha_s = 15$ (ستون گوشه)


ضخامت لازم را برای شالوده شکل زیر تعیین کنید:

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جدول کمکی
	<p>الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول محاسبه فشار تکیه گاهی خالص q_s</p> $q_s = \frac{P_u}{A_f}$ $q'_s = \frac{2800}{3.6 \times 2.4} = 324.1 \text{ KN/m}^2$		
۱-۱-۳-۱۲ ۴-۵-۱۲	<p>گام دوم محاسبه حداقل ضخامت لازم برای برش عادی یا یک طرفه شالوده را در هر دو جهت در فاصله d از بر ستون کنترل می‌نماییم. به عنوان فرض اولیه d را برابر ۵۵ سانتیمتر در نظر می‌گیریم.</p> $V_{uA-A} = q_s \cdot b \cdot (a_{f1} - d)$ $V_{cA-A} = 0.2\phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$ $V_{uB-B} = q_s \cdot L \cdot (a_{f2} - d)$ $V_{cB-B} = 0.2\phi_c \sqrt{f_c} L \cdot d$ $V_{uA-A} = 324.1 \times 2.4 \times (1.35 - 0.55) = 622.3 \text{ KN}$ $V_{cA-A} = 0.12\sqrt{20} \times 2.4 \times 0.55 \times 10^3 = 708.4 \text{ KN} > V_{uA-A} \text{ O.K.}$ $V_{uB-B} = 324.1 \times 3.6 \times (1.05 - 0.55) = 583.4 \text{ KN}$ $V_{cB-B} = 0.12\sqrt{20} \times 3.6 \times 0.55 \times 10^3 = 1063 \text{ KN} > V_{uB-B} \text{ O.K.}$		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
		گام سوم)	
		کنترل ضخامت شالوده برای برش سوراخ کننده	۴-۲-۱۷-۱۲
			۱-۲-۱۷-۱۲
		$b_o = 2(1.2 + 2 \times 0.55) = 4.6 \text{ m}$	
		$A_o = 1.45 \times 0.85 = 1.2325 \text{ m}^2$	
		$A_f = 2.4 \times 3.6 = 8.64 \text{ m}^2$	
		$V_p = (8.64 - 1.2325) \times 324.1 = 2400.5 \text{ KN}$	
		$\beta_c = \frac{90}{30} = 3$	
		$V_{cl} = 1.67 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$	معادله ۳۴-۱۲
		$V_{c2} = \left(\frac{15 \times 55}{460} + 1 \right) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$	معادله ۳۵-۱۲
		$V_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$	معادله ۳۶-۱۲
		$V_c = \min(V_{cl}, V_{c2}, V_{c3})$	
		$V_c = 1.67 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 4.6 \times 0.55 \times 10^3$	
		$V_c = 2267.4 \text{ KN} < V_p$	
		بنابراین ضخامت پی را باید افزایش داد.	
		و یا :	
		گام چهارم)	
		افزایش ضخامت شالوده d را برابر 60 cm فرض می‌کنیم.	
		$b_o = 2(0.9 + 0.3 + 2 \times 0.6) = 4.8 \text{ m}$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	$A_o = (0.9+d) \cdot (0.3+d)$ $V_p = (A_f - A_o) \cdot q_s$ $V_c = V_{cl} = 1.67 \times 0.2\phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$	$A_o = (0.9+0.6) \cdot (0.3+0.6) = 1.35 \text{ m}^2$ $V_p = (8.64 - 1.35) \times 324.1 = 2362.7 \text{ KN}$ $V_{cl} = 1.67 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 4.8 \times 0.6 \times 10^3$ $V_c = 2581.1 \text{ KN} > V_p \text{ O.K.}$	
۴-۹-۲-۸	<p>گام پنجم) محاسبه h_f</p> $h_f = d_{ave} + d_b + 7.5 \text{ cm}$ <p>تذکر: با توجه به شکل زیر، اگر در محاسبه ضخامت شالوده برش عادی حاکم باشد، در فرمول فوق برای محاسبه h_f مقدار d_p در $\frac{1}{2}$ ضرب می شود.</p> 	<p>میلگرد های مصرفی ۲۰ Φ می باشند.</p> $h_f = 60 + 2 + 7.5 = 69.5 \text{ cm}$ $h_f = 70 \text{ cm}$ و یا:	
	<p>ب : با استفاده از جداول</p> <p>گام اول) محاسبه q_s</p>	<p>با توجه به قسمت الف داریم:</p> $q_s = 324.1 \text{ KN/m}^2$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
		گام دوم)	
	<p>محاسبه حداقل ضخامت لازم برای برش عادی یا یک طرفه</p> $a_{f1} = \frac{1}{2}(3.6 - 0.9) = 1.35 \text{ m}$ $a_{f2} = \frac{1}{2}(2.4 - 0.3) = 1.05 \text{ m}$ $a_f = \text{Max } (a_{f1}, a_{f2}) = 1.35 \text{ m}$ <p>برای $q_s = 324.1 \text{ KN/m}^2$ و $f_c = 20 \text{ MPa}$:</p> $k_{v1} = 0.38$ $d = 0.38 \times 1.35 = 0.513 \text{ m}$ <p>و یا:</p> $d = 52 \text{ m}$	<p>۱-۱-۳-۱۲</p> <p>۲-۵-۱۲</p> <p>$d = K_{v1} \cdot a_f$</p>	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
		<p>بنابراین برش سوراخ کننده حاکم می‌باشد.</p> <p>و یا :</p> $d_{ave} = 60 \text{ m}$	
۴-۲-۱۷-۱۲	<p>گام چهارم محاسبه K_{v5}</p> $b_o = 2(0.9 + 0.3 + 2d)$ $k_{vs} = \frac{2}{1 + \alpha_s d / b_o} \geq 1$	$b_o = 2(0.9 + 0.3 + 2 \times 0.6) = 4.8 \text{ m}$ $k_{v5} = \frac{2}{1 + 15 \times \frac{0.6}{4.8}} = 0.696 < K_{v5} \quad \text{O.k.}$	
۴-۹-۲-۸	<p>گام پنجم محاسبه h_f</p> $h_f = d_{ave} + d_b + 7.5 \text{ cm}$	$h_f = 60 + 2 + 7.5 = 69.5 \text{ cm}$ $h_f = 70 \text{ cm}$ <p>و یا:</p>	

مثال ۳ ضخامت و آرما تورگذاری شالوده یک طرفه

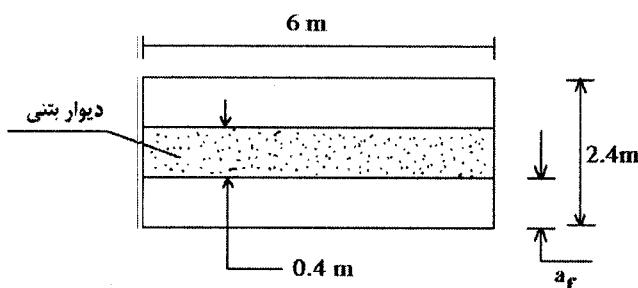
ضخامت پی و میلگردهای لازم را برای شالوده شکل زیر محاسبه کنید.

مشخصات :

$$q_s = 390 \text{ KN/m}^2$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

$$f_y = 300 \text{ MPa}$$



پلان شالوده

بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۴-۵-۱۲	الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول) تعیین ضخامت تیر برای برش عادی به عنوان فرض اولیه d را برابر ۴۵ سانتیمتر در نظر می‌گیریم. برای عرض واحد پی و در فاصله d از برستون، با استفاده از فرمول زیر بدست می‌آید: $V_{ud} = q_s (a_f - d)$	$V_{ud} = 390 (1 - 0.45)$ $V_{ud} = 214.5 \text{ KN}$	
۱-۱-۳-۱۲	$V_c = 0.2\phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$	$V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 1 \times 0.45 \times 10^3$ $V_c = 241.5 \text{ KN} > V_{ud} \quad \text{O.K.}$	
۱-۳-۴-۱۲	گام دوم) محاسبه فولاد مورد نیاز ابتدا As برای عرض واحد پی محاسبه می‌شود.		
فصل ۱۱	$M_u = q_s \frac{a_f^2}{2}$ $R = \frac{M_u}{bd^2}$	$M_{ui} = 390 \times \frac{(1)^2}{2} = 195 \text{ KN.m}$ $R = \frac{195 \times 10^{-3}}{1 \times 0.45^2} = 0.963$	

بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۴-۵-۱۷	$\rho = \frac{0.85\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85\phi_c f_c}} \right]$ $A_s = \rho \cdot b \cdot d$ <p>حال کل میلگرد لازم محاسبه می‌گردد.</p> $A_{st} = A_s \cdot b$	$\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 300} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.963}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$ $\rho = 0.004$ $A_s = 0.004 \times 100 \times 45 = 18 \text{ cm}^2/\text{m}$ $A_{st} = 18 \times 6 = 108 \text{ cm}^2$	
۶-۶-۲-۸	<p>گام دوم)</p> <p>انتخاب میلگردها</p> <p>میلگرد مصرفی را $\Phi 24$ فرض می‌کنیم.</p> $A_{s1} = 4.52 \text{ cm}^2$ <p>تعداد مورد نیاز آرماتورها برابر است با :</p> $N = \frac{A_{st}}{A_{s1}}$ <p>فاصله بین آرماتورها برابر است با :</p> $S = \frac{b - 2 \times \text{پوشش ضخامت}) - d_b}{N - 1}$ <p>حال طول گیرابی آرماتور $\Phi 24$ در کشش را به دست می‌آوریم.</p>	$N = \frac{108}{4.52} = 23.9$ $N = 24$ <p>و یا :</p> $S = \frac{600 - 2 \times 7.5 - 2.4}{24.1} = 25.3 \text{ cm}$ $S = 25 \text{ cm} < 35 \text{ O.K.}$	
۳-۲-۲-۱۸	$f_{bd} = 0.65\sqrt{f_c}$ <p>ضریب λ_1 برای میلگردهای با قطر بیشتر از ۲۰ میلیمتر برابر با 0.8 است.</p> <p>ضریب λ_2 در مواردی که پوشش بتن روی میلگردها بیشتر از d_b و فاصله آزاد میلگردها که در یک محل مهار یا وصله می‌شوند از یکدیگر مساوی یا بیشتر از $2d_b$ باشد برابر با 0.85 است.</p>	$f_{bd} = 0.65\sqrt{20} = 2.91 \text{ MPa}$ $\lambda_1 = 0.8$ $\lambda_2 = 0.85$	
۵-۲-۲-۱۸	$f_b = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot f_{bd}$	$f_b = 0.8 \times 0.85 \times 2.91 = 1.98 \text{ MPa}$	
۶-۲-۲-۱۸	$\ell_{db} = \frac{d_b \cdot f_y}{4f_b}$	$\ell_{db} = \frac{2.4 \times 300}{4 \times 1.98} = 90 \text{ cm}$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۲-۲-۱۸ ۱-۲-۲-۱۸ ۱-۲-۲-۱۸ ۱-۱۸ ۴-۹-۲-۸	$\ell_d = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot l_{db}$ طول آرماتور از مقطع بحرانی شالوده به بعد، برابر است با: $\ell = a_f -$ پوشش بتن	$K_1 = 1$ $K_2 = 1$ $K_3 = 1$ $\ell_d = 1 \times 1 \times 1 \times 90 = 90 \text{ cm}$ $\ell = 100 - 75 = 92.5 \text{ cm} > l_d \text{ O.K.}$	
۴-۹-۲-۸	گام چهارم) محاسبه h_f		
۴-۹-۲-۸	$h_f = d + 1/2 d_b + 7.5 \text{ cm}$	$h_f = 45 + 1/2 + 2.4 + 7.5 = 53.7 \text{ cm}$ و یا: $h_f = 55 \text{ cm}$	
۳-۲-۵-۱۱ ۱-۳-۷-۸	گام پنجم) کنترل آرماتور حداقل $\rho = \frac{A_s}{b \cdot h_f}$	$\rho = \frac{24 \times 4.52}{1600 \times 55}$ $\rho = 0.0033 > 0.002 \text{ O.K.}$	
	ب: با استفاده از جداول گام اول) تعیین ضخامت تیر برای برش عادی $d = K_{v1} \cdot a_f$	برای $q_s = 390 \text{ KN/m}^2$ و $f_c = 20 \text{ MPa}$: $K_{v1} = 0.42$ $d = 0.42 \times 1 = 0.42 \text{ m}$ و یا: $d = 45 \text{ cm}$	
۳-۴-۱۷ ۴-۵-۱۷	گام دوم) محاسبه فولاد مورد نیاز (عرض واحد بی) $F = \frac{b \cdot d^2}{1000}$ $K = \frac{M_u}{F}$ بقیه گام‌ها شبیه قسمت الف می‌باشند.	$F = \frac{100 \times 45^2}{1000} = 202.5$ $K = \frac{195}{202.5} = 0.96$ $f_c = 20 \text{ MPa}$ در قسمت الف محاسبه شده است. برای M_u $K = 0.96$ و $f_y = 300 \text{ MPa}$ و $\rho = 0.004$ $A_s = 0.004 \times 100 \times 45 = 18 \text{ cm}^2/\text{m}$	

مثال ۴ خشامت و ارماتورهای لازم برای شالوده مربع شکل و دو طرفه

خشامت و مقدار ارماتورهای لازم را برای شالوده شکل زیر تعیین کنید.

: مشخصات

$$q_s = 390 \text{ KN/m}^2$$

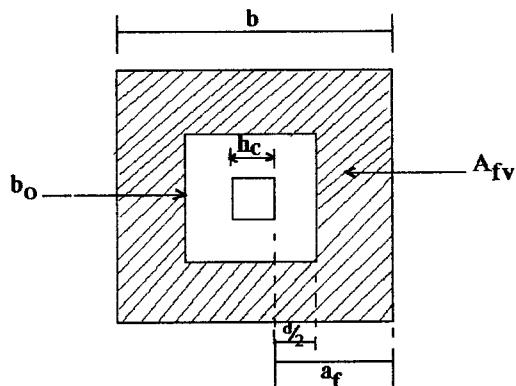
$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{ابعاد شالوده} = 3.5 \times 3.5 \text{ m}^2$$

$$\text{ابعاد ستون} = 65 \times 65 \text{ cm}^2$$

$$\alpha_s = 20 \text{ (ستون میانی)}$$



جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول) محاسبه a_f $a_f = \frac{1}{2} (\text{طول ضلع ستون} - \text{طول ضلع بی})$ $a_f = \frac{1}{2} (350 - 65) = 142.5 \text{ cm}$	
		گام دوم) محاسبه خشامت لازم برای برش عادی به عنوان فرض اولیه d را برابر ۶۰ سانتیمتر در نظر می‌گیریم. $V_{ud} = q_s b(a_f - d)$	۴-۵-۱۲
	$V_{ud} = 390 \times 3.5 \times (1.425 - 0.6)$ $V_{ud} = 1126.1 \text{ KN}$	$V_c = 0.2\phi_c \sqrt{f_c} b.d$ از آنجا که برای شالوده منفرد و تحت اثر بار محوری، در حالتیکه شالوده و ستون روی آن مربع شکل باشند، برش سوراخ کننده غالباً بحرانی‌تر است، خشامت محاسبه شده در این مرحله را قدری افزایش می‌دهیم.	۱-۱-۳-۱۲
	$V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 3.5 \times 0.6 \times 10^3$ $V_c = 1127 \text{ KN} > V_{ud} \text{ O.K.}$ با توجه به برش سوراخ کننده d را برابر ۷۰ سانتیمتر در نظر می‌گیریم.		

بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۴-۲-۱۷-۱۲	<p style="text-align: center;">گام سوم</p> <p>کنترل ضخامت شالوده برای برش سوراخ کننده</p> <p>$A_{fu} = A_f - (h_c + d)2$</p> <p>$V_p = A_{fu} \cdot q_s$</p> <p>$b_o = 4 (h_c + d)$</p> <p>در ستون مربع شکل β_c برابر یک است.</p>	$A_{fu} = 3.5^2 - (0.65+0.7)^2 = 10.4275 m^2$ $V_p = 10.4275 \times 390 = 4066.7 \text{ KN}$ $b_o = 4 (0.65 + 0.7) = 5.4 \text{ m}$ $\beta_c = 1$	
۳۴-۱۲	$V_{c1} = (1 + \frac{2}{\beta_c}) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	$V_{c1} = 3 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	
معادله ۳۵-۱۲	$V_{c2} = (\frac{\alpha_s d}{b_o} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	$V_{c2} = (\frac{20 \times 70}{540} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $V_{c2} = 3.59 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	
معادله ۳۶-۱۲	$V_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $V_c = \text{Min}(V_{c1}, V_{c2}, V_{c3})$	$V_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $V_c = V_{c3}$ $V_c = 2 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 5.4 \times 0.7 \times 10^3$ $V_c = 4057.1 \text{ KN} \approx V_p \text{ O.K.}$: و
۱-۳-۴-۱۷	<p style="text-align: center;">گام چهارم</p> <p>محاسبه فولاد مورد نیاز</p>		
الف ۲-۳-۴-۱۷	$M_u = q_s \cdot \frac{a_f^2}{2}$ (برای عرض واحد پی)	$M_u = 390 \times \frac{1.425^2}{2} = 396 \text{ KN.m}$	
فصل ۱۱	$R = \frac{M_u}{bd^2}$	$R = \frac{396 \times 10^{-3}}{1 \times 0.7^2} = 0.808 \text{ MPa}$	
۴-۵-۱۷	$\rho = \frac{0.85 \phi_c f_c}{\phi_s f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85 \phi_c f_c}} \right]$ $A_s = \rho \cdot b \cdot d$ حال کل میلگرد لازم محاسبه می‌گردد.	$\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 400} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.808}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$ $\rho = 0.0025$ $A_s = 0.0025 \times 100 \times 70 = 17.5 \text{ cm}^2/\text{m}$	
	$A_{st} = A_s \cdot b$	$A_{st} = 17.5 \times 3.5 = 61.25 \text{ cm}^2$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۶-۶-۲-۸	<p>گام پنجم)</p> <p>انتخاب میلگردها</p> <p>میلگرد مصرفی را $\Phi 24$ فرض می کنیم.</p> <p>$A_{s1} = 4.52 \text{ cm}^2$</p> <p>تعداد مورد نیاز آرماتورها برابر است با :</p> $N = \frac{A_{st}}{A_{s1}}$ <p>$N = \frac{61.25}{4.52} = 13.55$</p> <p>$N = 14$ و یا :</p> <p>فاصله بین آرماتورها برابر است با :</p> $S = \frac{b - 2 \times (\text{پوشش ضخامت}) - d_b}{N - 1}$ <p>$S = \frac{350 - 2 \times 7.5 - 2.4}{14 - 1} = 25.6 \text{ cm}$ و یا :</p> <p>$S = 25 \text{ cm} < 35 \text{ O.K.}$</p> <p>حال طول گیرابی آرماتور $\Phi 24$ با توجه مثال ۳</p> <p>برابر است با :</p>		
۴-۹-۲-۸	<p>$l_d = 90 \text{ cm}$</p> <p>طول آرماتور از مقطع بحرانی شالوده به بعد، برابر است با :</p> <p>$l_d = 90 \text{ cm}$</p> <p>$\ell = 142.5 - 7.5 = 135 \text{ cm} > l_d \text{ O.K.}$</p>		
۳-۲-۰-۱۱ ۱-۳-۷-۸	<p>گام ششم)</p> <p>محاسبه ضخامت شالوده</p> <p>$h_f = d_{ave} + d_b + 7.5 \text{ cm}$</p> <p>$h_f = 70 + 2.4 + 7.5 = 79.9 \text{ cm}$ و یا :</p> <p>$h_f = 80 \text{ cm}$</p>		
۱-۱-۳-۱۲ ۲-۵-۱۲	<p>ب : با استفاده از جداول</p> <p>گام اول)</p> <p>محاسبه حداقل ضخامت لازم برای برش عادی یا یکطرفه</p> <p>با توجه به قسمت الف داریم:</p> <p>$a_f = 142.5 \text{ cm}$</p> <p>برای $q_s = 390 \text{ KN/m}^2$ و $f_c = 20 \text{ MPa}$ داریم:</p> <p>$K_{vl} = 0.42$</p>		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
	$d = K_{v1} \cdot a_f$ $d = 0.42 \times 142.5 = 59.85 \text{ cm}$ با توجه به برش سوراخ‌کننده d را برابر 70 cm در نظر می‌گیریم.		
	گام دوم کنترل حداقل ضخامت شالوده برای برش سوراخ‌کننده $K_{v4} = \frac{4}{2 + (4/\beta_c)} \geq 1$ $\beta_c = 1$ $K_{v4} = \frac{4}{2 + 4/1} = 0.67 < 1$ $K_{v4} = 1$ $b_o = 4 ((h_c + d))$ $K_{v5} = \frac{2}{1 + \alpha_s \frac{d}{b_o}} \geq 1$ $K_{v5} = 1$ $K_{v6} = \text{MAX} (K_{v4}, K_{v5})$ $A_f = \frac{2.4 \times 3.5}{0.65 \times 0.65} = 29$ $\frac{A_f}{A_c} = 29$ و $K_{v6} \times q_s = 388.92$ $d/h_y = 1.088$ $d = 1.088 \times 65 = 70.7 \approx 70 \text{ cm}$ O.K. $d = 70 \text{ cm}$	$b_o = 4 (0.65 + 0.7) = 5.4 \text{ m}$ $K_{v5} = \frac{2}{1 + 20 \times \frac{0.7}{5.4}} = 0.56 < 1$ $K_{v5} = 1$ $K_{v6} \cdot q_s = 390 \times 1 = 390 \text{ KN/m}^2$ $d/h_y = 1.088$ $d = 1.088 \times 65 = 70.7 \approx 70 \text{ cm}$ O.K. بنابراین: $d = 70 \text{ cm}$	
	گام سوم محاسبه فولاد مورد نیاز (عرض واحد شالوده) $F = \frac{b \cdot d^2}{1000}$ $K = \frac{M_u}{F}$ $A_s = \rho \cdot b \cdot d$ بنابراین: $F = \frac{100 \times 70^2}{1000} = 490$ $K = \frac{396}{490} = 0.81$ $f_c = 20 \text{ MPa}$ در قسمت الف محاسبه شده است. برای M_u و $K = 0.81$ و $f_y = 400 \text{ MPa}$ و $\rho = 0.0025$ $A_s = 0.0025 \times 100 \times 70 = 17.5 \text{ cm}^2/\text{m}$	$3-4-17$ $4-5-17$	

مثال ۵ ضخامت و آرماتورگذاری شالوده مستطیل شکل و دو طرفه

ضخامت و مقدار آرماتورهای لازم را برای شالوده شکل زیر تعیین کنید.

مشخصات :

$$q_s = 260 \text{ KN/m}^2$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

$$f_y = 300 \text{ MPa}$$

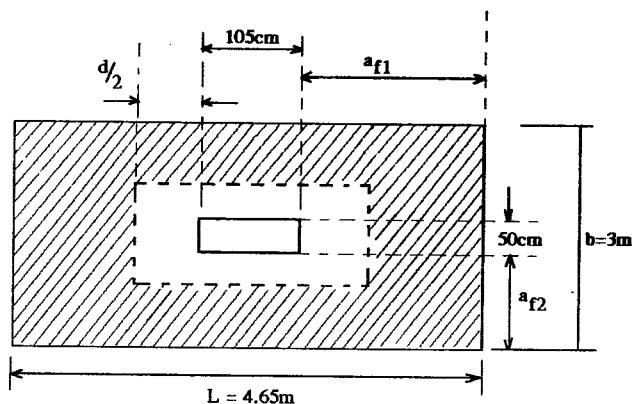
$$a_{f1} = 180 \text{ cm}$$

$$a_{f2} = 125 \text{ cm}$$

$$\text{ابعاد پی} = 4.65 \times 3 \text{ m}^2$$

$$\text{ابعاد ستون} = 105 \times 50 \text{ cm}^2$$

$$\alpha_s = 20 \quad (\text{ستون میانی})$$



بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۴-۵-۱۲	الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول)		
	محاسبه ضخامت لازم برای برش عادی به عنوان فرض اولیه d را برابر 60 سانتیمتر در نظر می گیریم.		
	$V_{ud1} = q_s b(a_n - d)$	$V_{ud} = 260 \times 3 \times (1.8 - 0.6) = 936 \text{ KN}$	
۱-۱-۳-۱۲	$V_{cl1} = 0.2\phi_c \sqrt{f_c} b.d$	$V_{cl1} = 0.12 \times \sqrt{20} \times 3 \times 0.6 \times 10^3$	
	$V_{ud2} = q_s L(a_{f2} - d)$	$V_{cl1} = 966 \text{ KN} > V_{ud1} \text{ OK.}$	
۱-۱-۳-۱۲	$V_{cl2} = 0.2\phi_c \sqrt{f_c} L.d$	$V_{ud2} = 260 \times 4.65 \times (1.25 - 0.6) = 785.85 \text{ KN}$	
	تذکر: در شالوده های مستطیل شکل غالباً بحرانی تر است.	$V_{cl2} = 0.12 \times \sqrt{20} \times 4.65 \times 0.6 \times 10^3$	
		$V_{cl2} = 1497.3 \text{ KN} > V_{ud2} \text{ OK.}$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
		گام دوم	
۴-۲-۱۷-۱۲	$b_o = 2(1.05 + 0.5 + 2d)$ $A_o = (1.05 + d)(0.5 + d)$ $A_f = b \cdot L$ $V_p = (A_f - A_o) \cdot q_s$	$b_o = 2(1.05 + 0.5 + 2 \times 0.6) = 5.5 \text{ m}$ $A_o = (1.05 + 0.6)(0.5 + 0.6) = 1.815 \text{ m}^2$ $A_f = 3 \times 4.65 = 13.95 \text{ m}^2$ $V_p = (13.95 - 1.815) \times 260 = 3155.1 \text{ KN}$	
۳۴-۱۲ معادله	$\beta_c = \frac{\text{طول ضلع بزرگ مقطع ستون}}{\text{طول ضلع کوچک مقطع ستون}}$ $V_{cl} = (1 + \frac{2}{\beta_c}) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$	$\beta_c = \frac{105}{50} = 2.1$ $V_{cl} = (1 + \frac{2}{2.1}) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$ $V_{cl} = 1.95 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$	
۳۵-۱۲ معادله	$V_{c2} = (\frac{\alpha_s d}{b_o} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$	$V_{c2} = (\frac{20 \times 60}{550} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$ $V_{c2} = 3.18 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$	
۳۶-۱۲ معادله	$V_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$ $V_c = \min(V_{cl}, V_{c2}, V_{c3})$	$V_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$ $V_c = V_{cl}$	و یا :
		$V_c = 1.95 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 5.5 \times 0.6 \times 10^3$ $V_c = 3453.4 \text{ KN} > V_p \text{ O.K.}$	
		گام سوم	
۱-۳-۴-۱۷	محاسبه فولاد مورد نیاز در جهت طولی		
الف ۱۲-۳-۴-۱۷	$M_u = q_s \cdot \frac{a_n^2}{2}$ (برای عرض واحد شالوده)	$M_u = 260 \times \frac{1.8^2}{2} = 421.2 \text{ KN.m}$	
فصل ۱۱	$R = \frac{M_u}{bd^2}$ $\rho = \frac{0.85 \phi_c f_c}{\phi_s f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85 \phi_c f_c}} \right]$	$R = \frac{421.2 \times 10^{-3}}{1 \times 0.6^2} = 1.17 \text{ MPa}$ $\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 300} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.17}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$ $\rho = 0.0049$	
الف ۵-۵-۱۷	$A_{st} = \rho \cdot b \cdot d$	$A_{st} = 0.0049 \times 300 \times 60 = 88.2 \text{ cm}^2$ از ۳۰ Φ به مساحت ۹۱.۹ سانتیمترمربع استفاده می‌کنیم. آرماتورهای فوق بصورت یکنواخت توزیع می‌شوند.	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۳-۴-۱۷	گام چهارم)		
الف ۱۲-۳-۴-۱۷	<p>محاسبه فولاد مورد نیاز در جهت عرضی</p> <p>$M_u = q_s \cdot \frac{a_{f2}^2}{2}$ (برای عرض واحد شالوده)</p> <p>$R = \frac{M_u}{bd^2}$</p> <p>$\rho = \frac{0.85\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85\phi_c f_c}} \right]$</p> <p>$A_{st} = \rho \cdot L \cdot d$</p>	<p>$M_u = 260 \times \frac{1.25^2}{2} = 203.1 \text{ KN.m}$</p> <p>$R = \frac{203.1 \times 10^{-3}}{1 \times 0.6^2} = 0.564 \text{ MPa}$</p> <p>$\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 300} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.564}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$</p> <p>$\rho = 0.0023$</p> <p>$A_{st} = 0.0023 \times 465 \times 60 = 64.17 \text{ cm}^2$</p> <p>از ۲۱ $\Phi 20$ به مساحت ۶۵.۹۴ سانتیمترمربع استفاده می‌کنیم.</p> <p>میلگردهای فوق بصورت یکنواخت توزیع می‌شوند.</p>	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آین نامه
		گام ششم) محاسبه h_f	
	$h_f = 60 + 2 + 7.5 = 69.5 \text{ cm}$ $h_f = 70 \text{ cm}$ و یا:	$h_f = d_{ave} + d_b + 7.5 \text{ cm}$	۴-۹-۲-۸
	کمترین مقدار فولاد مربوط به حالتی است که در جهت عرضی، آرماتورگذاری بصورت غیریکنواخت انجام شود.	گام هفتم) کنترل آرماتور حداقل	۳-۲-۵-۱۱ ۱-۳-۷-۸
	$\rho = \frac{A_s}{b \cdot h_f}$ $\rho = \frac{22 \times 314}{465 \times 70}$ $\rho = 0.0021 > 0.002 \text{ O.K.}$		
شالوده ۱	با توجه به برش سوراخ کننده مقدار d را برابر ۶۰ سانتیمتر در نظر می‌گیریم: $d = 60 \text{ cm}$ یعنی:	ب: با استفاده از جداول گام اول)	۴-۵-۱۲
	با توجه به برش سوراخ کننده مقدار d را برابر ۶۰ سانتیمتر در نظر می‌گیریم: $d = 60 \text{ cm}$ یعنی:	محاسبه ضخامت لازم برای برش عادی $a_f = MAX(a_{f1}, a_{f2})$	
	با توجه به برش سوراخ کننده مقدار d را برابر ۶۰ سانتیمتر در نظر می‌گیریم: $d = 60 \text{ cm}$ یعنی:	گام دوم)	۴-۲-۱۷-۱۲
	با توجه به قسمت الف داریم: $\beta_c = 2.1 \quad b_o = 5.5 \text{ m}$ $ k_{v4} = \frac{4}{2 + (4 / \beta_c)} = 1.02$ $k_{v5} = \frac{2}{1 + 20 \times \frac{0.6}{5.5}} = 0.63 < 1$	کنترل ضخامت شالوده برای برش سوراخ کننده $k_{v4} = \frac{4}{2 + (4 / \beta_c)} \geq 1$ $k_{v5} = \frac{2}{1 + \alpha_s \frac{d}{b_o}} \geq 1$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
شالوده ۱-۲	<p>پس:</p> $K_{v5} = 1$ $K_{v6} = K_{v4} = 1.02$ $K_{v6} \cdot q_s = 1.02 \times 260 = 265.2$ $\frac{A_f}{A_c} = \frac{4.65 \times 3}{1.05 \times 0.5} = 26.57$ $\text{برای } 2 \text{ داریم: } \frac{A_f}{A_c} = 26.57 \text{ و } K_{v6} \times q_s = 265.2$ $d/h_c = 0.8$ $h_c = \sqrt{1.05 \times 0.5} = 0.72\text{m}$ $d = 0.88 \times 0.72 = 0.58 \text{ cm}$ <p>بنابراین فرض $d = 60 \text{ cm}$ قابل قبول است.</p>	$K_{v6} = \text{MAX} (K_{v4}, K_{v5})$ $h_c = \sqrt{A_c}$ $d = (d/h_c) \cdot h_c$	
خمش ۱-۲	<p>کام سوم)</p> <p>محاسبه فولاد مورد نیاز در جهات طولی و عرضی</p> $F = \frac{b \cdot d^2}{1000} \quad (\text{عرض واحد شالوده})$ <p>برای جهت طولی داریم:</p> $M_{u1} = 421.2 \text{ KN.m}$ $K_1 = \frac{M_{u1}}{F}$ $K_1 = \frac{4212}{360} = 1.17$ <p>برای داریم: $K=1.17$, $f_y = 300 \text{ MPa}$, $f_c = 20 \text{ MPa}$</p> $\rho_1 = 0.0049$ $A_{s1} = 0.0049 \times 300 \times 60 = 88.2 \text{ cm}^2$ <p>برای جهت عرضی داریم:</p> $M_{u2} = 203.1 \text{ KN.m}$ $K_2 = \frac{M_{u2}}{F}$ $K_2 = \frac{203.1}{360} = 0.56$ <p>برای داریم: $K=0.56$, $f_y = 300 \text{ MPa}$, $f_c = 20 \text{ MPa}$</p> $\rho = 0.0023$ $A_{s2} = 0.0023 \times 46.5 \times 60 = 64.17 \text{ cm}^2$ <p>بقیه گامها شبیه قسمت الف می باشند.</p>		

مثال ۶ ضخامت و آرماتورگذاری شالوده‌ای که بصورت متقارن بر روی شمع‌ها قرار گرفته است.

ضخامت و مقدار آرماتورهای لازم را برای شالوده شکل زیر، که به صورت متقارن بر روی تعدادی شمع قرار گرفته است، تعیین نمایید. روی شالوده ستونی مربع شکل به ابعاد $50 \times 50 \text{ cm}^2$ قرار گرفته است.

: مشخصات

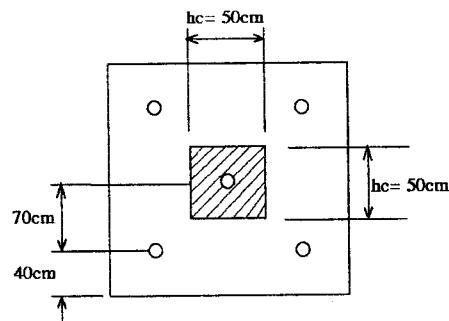
(حالت بهره‌داری) $P_i = 600 \text{ KN}$ ظرفیت باربری هر شمع

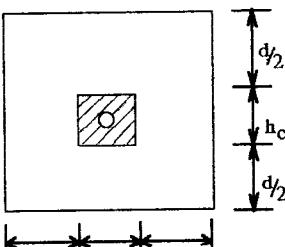
$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

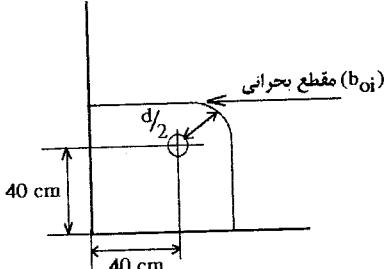
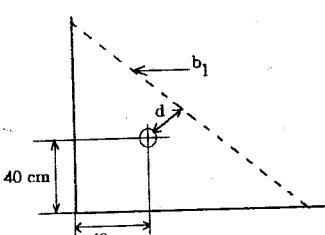
$$N = 5 \quad \text{تعداد شمع}$$

$$d_p = 25 \text{ cm} \quad \text{قطر شمع}$$



بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۴-۵-۱۲	گام اول) تعیین مقدار d به عنوان فرض اولیه d را برابر ۷۰ سانتیمتر در نظر می‌گیریم. ضریب بار نهائی را برابر معدل ضرایب بار مرده و زنده فرض می‌کنیم.		
۴-۲-۱۷-۱۲	حال می‌توان بار نهائی ستون را از فرمول زیر بدست آورد :	$\gamma_f = \frac{1}{2}(1.25 + 1.5) = 1.375 \text{ cm}$	
۲-۴-۴-۱۷	$P_u = N \cdot \lambda_f \cdot P_i$		
۶-۳-۱۷	 $b_o = 4(h_c + d)$ $V_p = (P_u - \lambda_f \times 1 \times P_i) / b_o d$ در رابطه فوق ضریب یک بخاطر وجود یک شمع در ناحیه مورد نظر است. همانطور که در مثالهای قبل دیدیم در ستونهای مربع شکل V_p مربوط به فرمول زیر حاکم می‌باشد.	$P_u = 5 \times 1.375 \times 600 = 4125 \text{ KN}$ $b_o = 4(0.5 + 0.7) = 4.8 \text{ m}$ $V_p = (412.5 - 1.375 \times 1 \times 600) / (4.8 \times 0.7)$ $V_p = 982.1 \text{ KN/m}^2$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		$V_c = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b.d$	۴-۲-۱۷-۱۲
	$V_c = 2 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 10^3$ $V_c = 1073 \text{ KN/m}^3 > V_p \text{ O.K.}$	تذکر: برای کنترل برش عادی، پی را باید در فاصله d از بر ستون کنترل نمود. اما در این مسئله هیچ شمعی در فاصله دورتر از d ، از بر ستون قرار ندارد و در واقع مقدار برش در مقطع مورد نظر صفر است.	۴-۵-۱۲
	(گام دوم)		۱-۳-۴-۱۷
	محاسبه فولاد مورد نیاز		الف ۱۲-۳-۴-۱۷
	$M_u = 2 \times 1.375 \times 600 \times (0.7 - \frac{0.5}{2})$ $M_u = 742.5 \text{ KN.m}$	$M_u = 2 \times \gamma_f \times P_i \times \frac{h_c}{2}$ ضریب دو بخاطر وجود دو شمع در مقطع مورد نظر می باشد.	فصل ۱۱
	$R = \frac{M_u}{bd^2}$ $R = \frac{742.5 \times 10^{-3}}{2.2 \times 0.7^2} = 0.689 \text{ MPa}$	$\rho = \frac{0.85\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85\phi_c f_c}} \right]$ $A_s = \rho \cdot b \cdot d$ $A_s = 0.0021 \times 220 \times 70 = 32.34 \text{ cm}^2$ USE 12Φ20 EACH WAY , $A_s = 37.7 \text{ cm}^2$ تذکر: به خاطر اینکه فقط یک ردیف شمع در اطراف ستون وجود دارد. بهتر است برای اطمینان از مهار کافی در انتهای میلگرد از خم ۱۸۰ درجه استفاده شود.	۵-۵-۱۷
	(گام سوم)	محاسبه h_f	۴-۹-۲-۸
		۷/۵ سانتیمتر برای پوشش و ۱۰ سانتیمتر برای جا دادن شمع در داخل بتن در نظر می گیریم.	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
		با توجه به اینکه عمق موثر d را از مرکز آرماتورهای شبکه فوقانی در نظر گرفته‌ایم داریم: $h_f = d + \frac{d_b}{2} + d_b + 7.5\text{cm} + 10\text{cm}$ $h_f = 70 + \frac{2}{2} + 2 + 7.5 + 10 = 90.5$ $h_f = 90\text{ cm}$ و یا :	
		گام چهارم) کنترل آرماتور حداقل $\rho = \frac{A_s}{b \cdot h_f}$ $\rho = \frac{37.7}{220 \times 90} = 0.0019 > 0.0018 \text{ O.K.}$	۳-۲-۵-۱۱ ۱-۳-۷-۸
	گام پنجم) $P_{ui} = \gamma_f \cdot P_i$	کنترل برش سوراخ کننده در اطراف شمع‌ها  $b_{oi} = 2 \times 40 + \frac{2\pi(\frac{d}{2} + \frac{d_p}{2})}{4}$ $V_{pi} = \frac{P_{ui}}{b_{oi} \cdot d}$ $V_c = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c}$	۱-۲-۱۷-۱۲ ۴-۲-۱۷-۱۲
	گام ششم) $b_1 = 2(40 \times \sqrt{2} + \frac{d_p}{2} + d)$ $v_i = \frac{P_{ui}}{b_1 \cdot d}$ $V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c}$	کنترل برش عادی برای شمعهای گوشه 	۱-۱-۳-۱۲ ۴-۴-۱۲ معادله ۱۲
	$b_1 = 2(40 \times \sqrt{2} + \frac{25}{2} + 70) = 278.1\text{ cm}$ $v_i = \frac{825}{2.871 \times 0.7} = 423.8\text{ KN/m}^2$ $V_c = 0.2 \times 0.6 \sqrt{20} \times 10^3$ $V_c = 536.7\text{ KN/m}^2 > v_i \text{ O.K.}$		

مثال ۷ ضخامت و آرماتورهای شالوده قرارگرفته بر روی شمع‌های متقارن

ضخامت و مقدار آرماتورهای لازم را برای شالوده شکل زیر، که به صورت متقارن بر روی تعدادی شمع قرار گرفته است، تعیین نمائید. روی شالوده ستونی مستطیل شکل به ابعاد $50 \times 80 \text{ cm}^2$ قرار گرفته است.

: مشخصات

(حالت بهره‌برداری) $P_i = 450 \text{ KN}$ ظرفیت برابری هر شمع

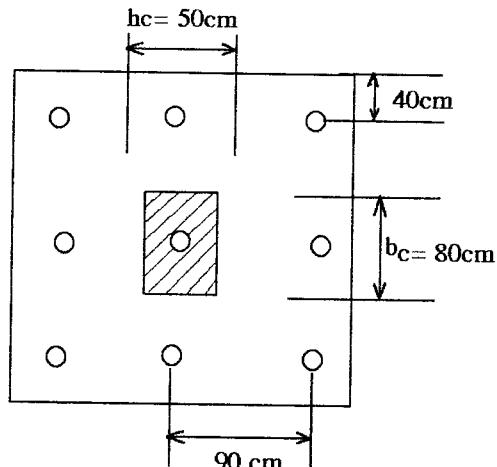
$f_c = 20 \text{ Mpa}$

$f_y = 400 \text{ Mpa}$

$N = 9$ تعداد شمع

قطر شمع $d_p = 25 \text{ cm}$

(ستون میانی) $\alpha_s = 20$



بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۴-۵-۱۲ ۴-۲-۱۷-۱۲ ۲-۴-۴-۱۷ ۶-۳-۱۷	<p>گام اول) تعیین مقدار d</p> <p>به عنوان فرض اولیه d را برابر ۸۵ سانتیمتر در نظر می‌گیریم.</p> <p>ضریب بار نهائی را برابر معدل ضرایب بار مرده و زنده فرض می‌کنیم.</p> <p>حال می‌توان بار نهائی ستون را از فرمول زیر بدست آورد :</p> $P_u = N \cdot \gamma_f \cdot P_i$	$\gamma_f = \frac{1}{2}(1.25 + 1.5) = 1.375 \text{ cm}$ $P_u = 9 \times 1.375 \times 450 = 5568.75 \text{ KN}$ $P_u = 5569 \text{ KN}$	

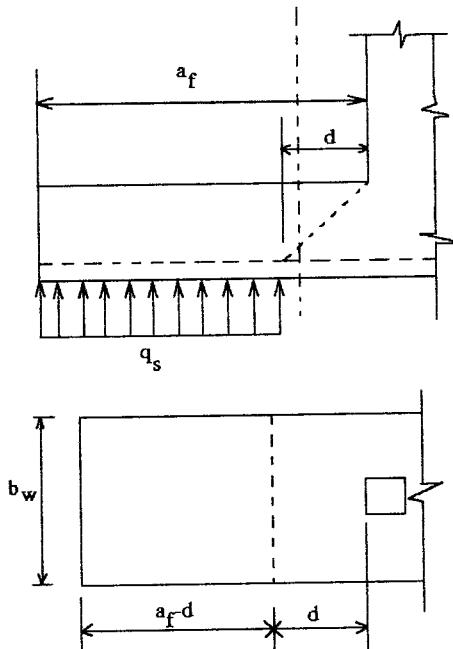
بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
معادله ۱۲-۳۶	$\beta_c = \frac{b_c}{h_c}$	در رابطه فوق ضریب یک بخاطر وجود یک شمع در ناحیه مورد نظر است. $\beta_c = \frac{80}{50} = 1.6 < 2$ چون β_c کمتر از ۲ می‌باشد معادله (۱۲-۳۶) حاکم نیست. $\frac{\alpha_s d}{b_0} = \frac{20 \times 85}{600} = 2.83 > 1$ چون $\frac{\alpha_s d}{b_0}$ بزرگتر از ۱ می‌باشد، معادله (۱۲-۳۵) حاکم نیست.	
۴-۵-۱۲	$V_c = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c}$	تذکر: برای کنترل برش عادی، بی را باید در فاصله d از برستون کنترل نمود. اما در این مسئله هیچ شمعی در فاصله دورتر از d از برستون قرار ندارد و در واقع مقدار برش در مقطع مورد نظر صفر است. $V_c = 2 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 10^3$ $V_c = 1073.3 \text{ KN.m} > v_p \text{ O.K.}$	
۱-۳-۴-۱۷ الف	گام دوم) محاسبه فولاد مورد نیاز ابتدا M_u در برستون محاسبه می‌شود.		
فصل ۱۱	$M_{u1} = 3 \times \gamma_f \times P_i \times \left(0.9 - \frac{h_c}{2}\right)$ $R = \frac{M_{u1}}{bd^2}$ $\rho = \frac{0.85\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85\phi_c f_c}} \right]$ مقدار M_{u2} (در جهت b_c) کمتر از M_{u1} خواهد شد. بنابراین نیازی به محاسبه آن نیست.	$M_{u1} = 3 \times 1.375 \times 450 \times \left(0.9 - \frac{0.5}{2}\right)$ $M_u = 1206.6 \text{ KN.m}$ $R = \frac{1206.6 \times 10^{-3}}{2.6 \times 0.85} = 0.546 \text{ MPa}$ $\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 400} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.546}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$ $\rho = 0.00165$ بخاطر کم شدن ρ_1 ، بعد از محاسبه ρ_1 مقدار فولاد حداقل را حساب کرده و در شالوده قرار می‌دهیم.	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	گام سوم) محاسبه h_f ۷/۵ سانتیمتر برای پوشش و ۱۰ سانتیمتر برای جا دادن شمع در داخل بتن در نظر می‌گیریم. با توجه به اینکه عمق موثر d را از مرکز آرماتورهای شبکه فوقانی در نظر گرفته ایم داریم: $h_f = d + \frac{d_b}{2} + d_b + 7.5\text{cm} + 10\text{cm}$	از میلگردهای ۲۰ Φ استفاده می‌کنیم. $h_f = 85 + \frac{2}{2} + 2 + 7.5 + 10 = 105.5$ $h_f = 105 \text{ cm}$ و یا :	
۳-۲-۵-۱۱ ۱-۳-۷-۸	گام چهارم) کنترل آرماتور حداقل $A_{s\min} = \rho_{\min} \cdot b \cdot h_f$	$A_{s\min} = 0.0018 \times 260 \times 105 = 49.14 \text{ cm}^2$ USE 16 $\Phi 20$ EACH WAY , $A_s = 50.24 \text{ cm}^2$	
	گام پنجم) کنترل برش عادی و سوراخ‌کننده برای شمع‌های گوشه. زمانی این موارد حاکم می‌باشند که شمع‌ها کوچک بوده و ضخامت پی کم باشد.	در مقایسه با مثال ۶ می‌بینیم که هم طرفیت برابری شمع‌ها کاسته شده و هم ضخامت پی افزایش یافته است و در عین حال قطر شمع تغییری نکرده است. بنابراین برش عادی و سوراخ‌کننده مربوط به شمع‌های گوشه مشکلی ایجاد نخواهد کرد.	

شالوده ۱) ضریب K_{v1} برای محاسبه عمق موثر مورد نیاز d در بر عادی یا یک طرفه
مراجع بندهای ۱۰-۱-۲-۵ و ۱۲-۳ و ۱۲-۵ و ۱۲-۶ و ۱۷-۴ از آینه نامه بتن ایران

$$d = k_{v1} a_f$$

$$k_{v1} = \frac{q_s \times 10^{-3}}{0.2\phi_c \sqrt{f_c} + q_s \times 10^{-3}}$$



$q_s, \text{KN/m}^2$	K_{v1}		
	f_c, MPa		
	۲۰	۲۵	۳۰
۸۰	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۱
۱۰۰	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۳
۱۲۰	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۵
۱۴۰	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۱۸
۱۶۰	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۲۰
۱۸۰	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۲۱
۲۰۰	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۲۳
۲۲۰	۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۲۵
۲۴۰	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۲۷
۲۶۰	۰/۳۳	۰/۳۰	۰/۲۸
۲۸۰	۰/۳۴	۰/۳۲	۰/۳۰
۳۰۰	۰/۳۶	۰/۳۳	۰/۳۱
۳۲۰	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۳۳
۳۴۰	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۳۴
۳۶۰	۰/۴۰	۰/۳۸	۰/۳۵
۳۸۰	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۳۷
۴۰۰	۰/۴۳	۰/۴۰	۰/۳۸
۴۲۰	۰/۴۴	۰/۴۱	۰/۳۹
۴۴۰	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۴۰
۴۶۰	۰/۴۶	۰/۴۳	۰/۴۱
۴۸۰	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۴۲
۵۰۰	۰/۴۸	۰/۴۵	۰/۴۳
۵۲۰	۰/۴۹	۰/۴۶	۰/۴۴
۵۴۰	۰/۵۰	۰/۴۷	۰/۴۵
۵۶۰	۰/۵۱	۰/۴۸	۰/۴۶
۵۸۰	۰/۵۲	۰/۴۹	۰/۴۷
۶۰۰	۰/۵۳	۰/۵۰	۰/۴۸
۶۲۰	۰/۵۴	۰/۵۱	۰/۴۹
۶۴۰	۰/۵۴	۰/۵۲	۰/۴۹
۶۶۰	۰/۵۵	۰/۵۲	۰/۵۰
۶۸۰	۰/۵۶	۰/۵۳	۰/۵۱
۷۰۰	۰/۵۷	۰/۵۴	۰/۵۲

شالوده ۱-۲) عمق موثر نیاز d برای برش سوراخ کننده در حالت $f_c = 20 \text{ MPa}$

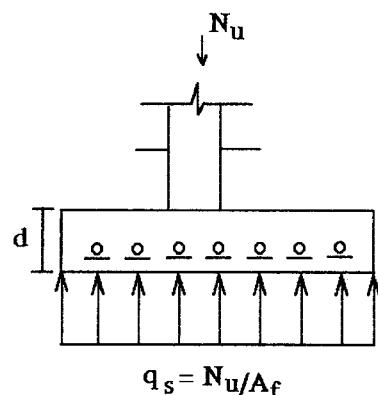
مراجع بندهای ۱۰-۲-۵ و ۲-۱۲ و ۳-۱۲ و ۵-۱۲ و ۱۸-۱۲ و ۱۷-۴ از آییننامه بتن ایران

$$\frac{A_f}{A_c} = \frac{960\sqrt{f_c}}{k_{v6}q_s} \left[\frac{d}{h_c} + \left(\frac{d}{h_c} \right)^2 \right] + 1 + 2 \frac{d}{h_c} + \left(\frac{d}{h_c} \right)^2$$

$$k_{v4} = \frac{4}{2 + \left(\frac{4}{\beta_s} \right)} \geq 1 \quad , \quad k_{v5} = \frac{2}{1 + \frac{\alpha_s d}{b_0}} \geq 1$$

$$K_{v6} = \text{MAX} (k_{v4}, k_{v5})$$

β_c = نسبت ضلع بزرگ سه ضلع کوچک در ستون مستطیل شکل



تذکر: برای استفاده از این جدول ابتدا مقادیر q_s و K_{v6} را برای مسئله مورد نظر محاسبه کنید. سپس مقدار $q_s K_{v6}$ را در جدول بیابید. و

به صورت افقی جلو بروید تا به $\frac{A_f}{A_c}$ موردنظر برسید. حال بصورت قائم به سمت بالا حرکت کنید و مقدار $\frac{d}{h_c}$ را بخوانید.

K _o /q _s KN/m ²		نسبت مساحت شالاوه به سطون A _o /A _c											
د/هـ	د/د	٠/٤	٠/٢	٠/١	٠/٩	٠/٧	٠/٥	٠/٣	٠/١	٠/٩	٠/٧	٠/٥	٠/٣
٨.	٤٢/٥	٥٤/١	٦٦/٨	٨/٥	٥٥/٤	١١/١٣	١٢/٤	١٤/٥	١٥/٨	١٦/١	١٨/٦	٢٣/٤	٢٥/٤
١٠.	٣٣/٤	٤٣/١	٥٤/١	٦٧/١	٨/٩/٩	٧/٣/٣	١٠/٣/٢	١١/٨/٢	١٣/٣/٢	١٥/٠/١	١٨/٥/٢	٢٢٤/٢	٢٤٥/٢
١٢.	٣٩/١	٣٩/٩	٤٥/٥	٥٤/٨	٧٥/٦	٨/٧/١	٩٦/٣	١١٢/٣	١٢٩/٠	١٣٤/٢	١٦٠/٩	١٨٨/٢	٢٠٥/٥
١٤.	٢٥/٢	٣٢/٢	٣٩/٤	٤٧/٤	٥١/٤	٥٥/١	٦٧/٣	٧٦/٢	٨٦/٢	٩٣/١/٢	١١٤/٣	١٣٢/٢	١٤٣/٢
١٥.	٢٢/٤	٢٨/٣	٣٣/٨	٤١/٩	٥٩/٥	٦٧/٧	٦٩/٤	٧٦/٧	٨٦/٩	٩٦/٩	١٠٦/٩	١٢٣/١	١٤٣/١
١٨.	٢٠/١	٢٦/٥	٣٧/٦	٣٧/٥	٥٧/٦	٥٧/٦	٥٩/٨	٦٧/٨	٧٦/٩	٨٦/٧	٩٦/٧	١٢٨/١	١٤٧/١
٢٠.	١٨/٣	٢٣/٢	٢٧/٤	٣٣/٢	٤١/٣	٤١/٣	٤٦/٩	٤٦/٦	٤٦/٦	٤٧/٦	٤٧/٦	٤٧/٦	١٢٧/١
٢٢.	١٩/٩	٢١/٢	٢٤/١	٢١/٢	٣٧/٠	٣٧/٠	٣٧/٥	٣٧/٤	٣٧/٤	٣٧/٤	٣٧/٤	٣٧/٤	١١٦/١
٢٤.	١٥/٧	١٩/٧	٢٤/٢	٢٩/٠	٣٩/٦	٣٩/٦	٣٩/٨	٣٩/٦	٣٩/٦	٣٩/٦	٣٩/٦	٣٩/٦	١١٦/١
٢٦.	١٣/٤	١٧/٣	٢٢/٥	٢٧/٥	٣٧/٥	٣٧/٥	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	١١٦/١
٢٩.	١٣/٤	١٧/٤	٢٢/٥	٢٧/٥	٣٧/٥	٣٧/٥	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	١١٦/١
٢٨.	١٣/٧	١٧/٣	٢١/١	٢٥/٣	٣٧/٣	٣٧/٣	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	١١٦/١
٣٠.	١٣/٦	١٧/٣	٢١/١	٢٥/٣	٣٧/٣	٣٧/٣	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	١١٦/١
٣٣.	١٣/٥	١٧/٣	٢١/١	٢٥/٣	٣٧/٣	٣٧/٣	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	١١٦/١
٣٥.	١١/٧	١٤/٢	٢١/١	٢٥/٣	٣٧/٣	٣٧/٣	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	١١٦/١
٣٦.	١١/٧	١٤/٢	٢١/١	٢٥/٣	٣٧/٣	٣٧/٣	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	١١٦/١
٣٨.	١١/٦	١٤/٢	٢١/١	٢٥/٣	٣٧/٣	٣٧/٣	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	١١٦/١
٣٩.	١١/٥	١٤/٢	٢١/١	٢٥/٣	٣٧/٣	٣٧/٣	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	١١٦/١
٤٠.	١١/٥	١٤/٢	٢١/١	٢٥/٣	٣٧/٣	٣٧/٣	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	٣٧/٦	١١٦/١
٤٢.	١٠/٣	١٢/٩	١٥/٧	١٧/٧	٢٦/٥	٢٦/٥	٢٦/٨	٢٦/٦	٢٦/٦	٢٦/٦	٢٦/٦	٢٦/٦	٢٦/٦
٤٤.	٩/٩	١٢/٤	١٥/١	١٧/١	٢٣/٢	٢٣/٢	٢٣/٤	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣
٤٦.	٩/٨	١٢/٤	١٥/١	١٧/١	٢٣/٢	٢٣/٢	٢٣/٤	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣
٤٨.	٩/٦	١٢/٤	١٥/٠	١٧/٠	٢٣/٢	٢٣/٢	٢٣/٤	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣
٤٩.	٩/٥	١٢/٤	١٥/٠	١٧/٠	٢٣/٢	٢٣/٢	٢٣/٤	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣
٥٠.	٩/٤	١٢/٤	١٥/٠	١٧/٠	٢٣/٢	٢٣/٢	٢٣/٤	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣
٥٢.	٩/٣	١٢/٤	١٥/٠	١٧/٠	٢٣/٢	٢٣/٢	٢٣/٤	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣
٥٤.	٩/٢	١٢/٤	١٥/٠	١٧/٠	٢٣/٢	٢٣/٢	٢٣/٤	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣
٥٦.	٩/١	١٢/٤	١٥/٠	١٧/٠	٢٣/٢	٢٣/٢	٢٣/٤	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣	٢٣/٣
٥٨.	٨/٧	٩/٧	١٠/٥	١٠/٥	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٥٩.	٨/٦	٩/٦	٩/٦	١٠/٥	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٥٧.	٨/٥	٩/٥	٩/٥	١٠/٥	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٥٨.	٧/٦	٧/٦	٧/٦	٧/٦	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٥٩.	٧/٥	٧/٥	٧/٥	٧/٥	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٦٠.	٧/٤	٧/٤	٧/٤	٧/٤	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٦١.	٧/٣	٧/٣	٧/٣	٧/٣	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٦٢.	٧/٢	٧/٢	٧/٢	٧/٢	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٦٣.	٧/١	٧/١	٧/١	٧/١	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٦٤.	٦/٦	٦/٦	٦/٦	٦/٦	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٦٥.	٦/٥	٦/٥	٦/٥	٦/٥	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٦٧.	٥/٦	٥/٦	٥/٦	٥/٦	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٦٨.	٥/٥	٥/٥	٥/٥	٥/٥	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٦٩.	٥/٤	٥/٤	٥/٤	٥/٤	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٧٠.	٥/٣	٥/٣	٥/٣	٥/٣	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٧١.	٥/٢	٥/٢	٥/٢	٥/٢	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٧٢.	٥/١	٥/١	٥/١	٥/١	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٧٣.	٤/٦	٤/٦	٤/٦	٤/٦	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٧٤.	٤/٥	٤/٥	٤/٥	٤/٥	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٧٥.	٤/٤	٤/٤	٤/٤	٤/٤	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٧٦.	٤/٣	٤/٣	٤/٣	٤/٣	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٧٧.	٤/٢	٤/٢	٤/٢	٤/٢	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٧٨.	٤/١	٤/١	٤/١	٤/١	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٧٩.	٣/٦	٣/٦	٣/٦	٣/٦	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٨٠.	٣/٥	٣/٥	٣/٥	٣/٥	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٨١.	٣/٤	٣/٤	٣/٤	٣/٤	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٨٢.	٣/٣	٣/٣	٣/٣	٣/٣	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٨٣.	٣/٢	٣/٢	٣/٢	٣/٢	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٨٤.	٣/١	٣/١	٣/١	٣/١	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٨٥.	٢/٦	٢/٦	٢/٦	٢/٦	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٨٦.	٢/٥	٢/٥	٢/٥	٢/٥	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٨٧.	٢/٤	٢/٤	٢/٤	٢/٤	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٨٨.	٢/٣	٢/٣	٢/٣	٢/٣	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٨٩.	٢/٢	٢/٢	٢/٢	٢/٢	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٩٠.	٢/١	٢/١	٢/١	٢/١	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٩١.	١/٦	١/٦	١/٦	١/٦	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٩٢.	١/٥	١/٥	١/٥	١/٥	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٩٣.	١/٤	١/٤	١/٤	١/٤	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٩٤.	١/٣	١/٣	١/٣	١/٣	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٩٥.	١/٢	١/٢	١/٢	١/٢	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٩٦.	١/١	١/١	١/١	١/١	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٩٧.	١/٠	١/٠	١/٠	١/٠	١٢/٧	١٢/٧	١٢/٩	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦	١٢/٦
٩٨.	٠/٩	٠/٩	٠/٩	٠/٩	١٢/٧	١٢							

شالوده ۲-۲) عمق موثر نیاز d برای برش سوراخ کننده در حالت $f_c = 25 \text{ MPa}$

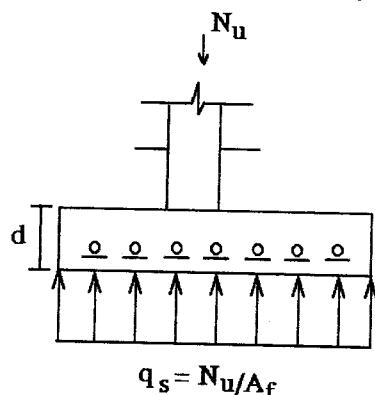
مراجع بندهای ۱۰-۵-۲ و ۱-۱۲ و ۳-۱۲ و ۸-۱۲ و ۱۸-۱۲ و ۴-۱۷ از آیین نامه بتن ایران

$$\frac{A_f}{A_c} = \frac{960\sqrt{f_c}}{k_{v6}q_s} \left[\frac{d}{h_c} + \left(\frac{d}{h_c} \right)^2 \right] + 1 + 2 \frac{d}{h_c} + \left(\frac{d}{h_c} \right)^2$$

$$k_{v4} = \frac{4}{2 + \left(\frac{4}{\beta_s} \right)} \geq 1 \quad , \quad k_{v5} = \frac{2}{1 + \frac{\alpha_s d}{b_0}} \geq 1$$

$$K_{v6} = \text{MAX} (k_{v4}, k_{v5})$$

β_c = نسبت ضلع بزرگ سه ضلع کوچک در ستون مستطیل شکل



تذکر: برای استفاده از این جدول ابتدا مقادیر q_s و K_{v6} را در جدول بیابید. و $\frac{A_f}{A_c}$ را برای مسئله مورد نظر محاسبه کنید. سپس مقدار q_s را در جدول بیابید. و

به صورت افقی جلو بروید تا به $\frac{A_f}{A_c}$ موردنظر برسید. حال بصورت قائم به سمت بالا حرکت کنید و مقدار $\frac{d}{h_c}$ را بخوانید.

شالوده ۲-۳) عمق موثر نیاز d برای برش سوراخ کننده در حالت $f_c = 30 \text{ MPa}$

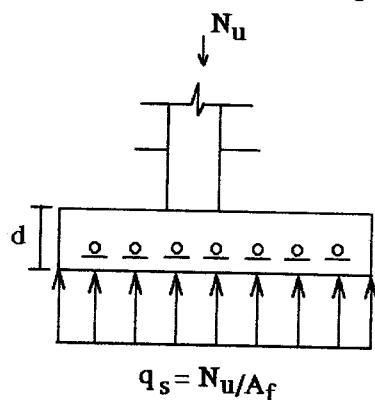
مراجع بندهای ۱۰-۱۲ و ۱۲-۱۳ و ۱۷-۱۸ و ۱۸-۱۹ و ۴-۱۴ از آینه نامه بتن ایران

$$\frac{A_f}{A_c} = \frac{960\sqrt{f_c}}{k_{v6}q_s} \left[\frac{d}{h_c} + \left(\frac{d}{h_c} \right)^2 \right] + 1 + 2 \frac{d}{h_c} + \left(\frac{d}{h_c} \right)^2$$

$$k_{v4} = \frac{4}{2 + \left(\frac{4}{\beta_s} \right)} \geq 1 \quad , \quad k_{v5} = \frac{2}{1 + \frac{\alpha_s d}{b_0}} \geq 1$$

$$K_{v6} = \text{MAX}(k_{v4}, k_{v5})$$

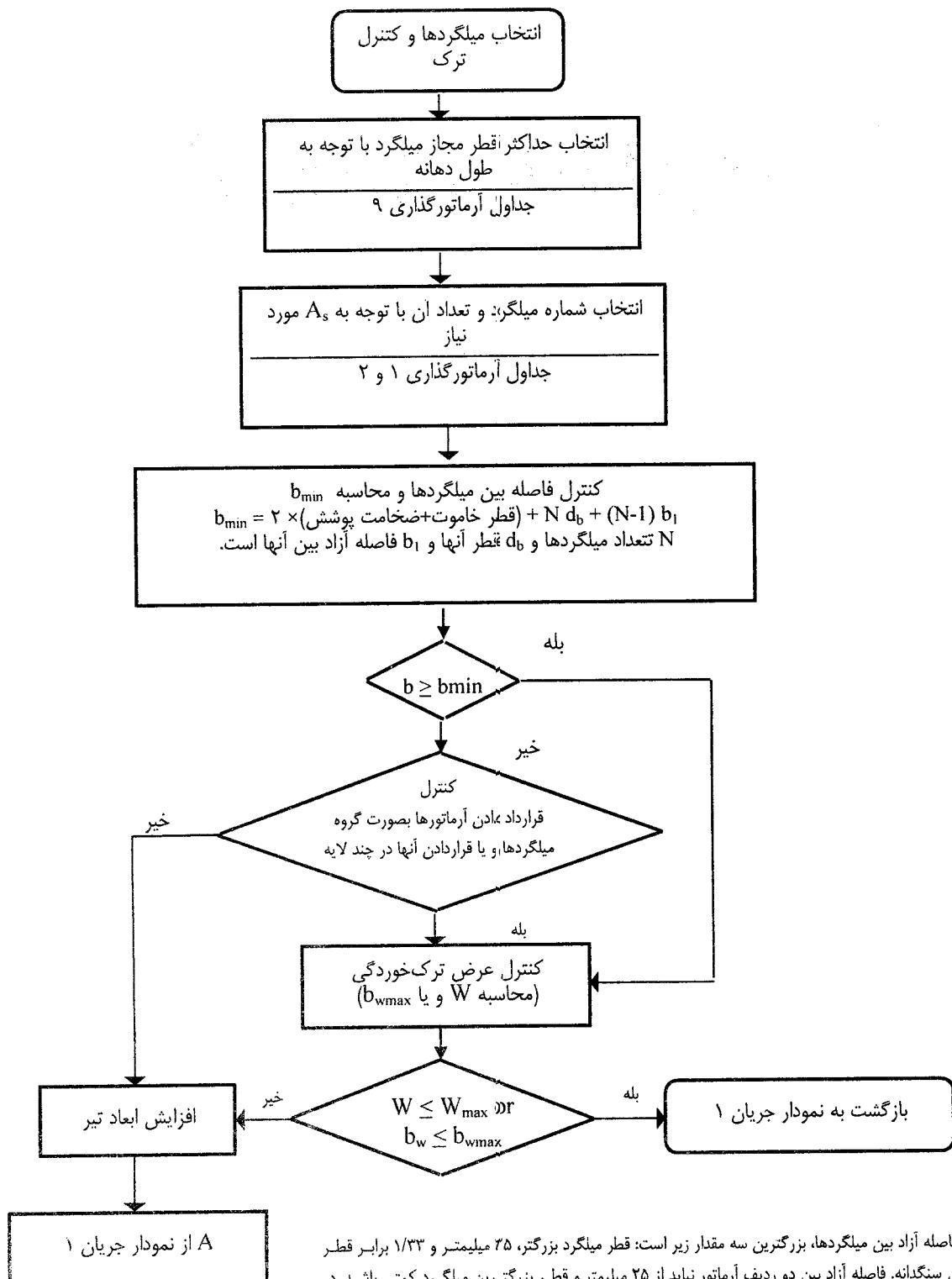
β_c = نسبت ضلع بزرگ سه ضلع کوچک در ستون مستطیل شکل



تذکر: برای استفاده از این جدول ابتدا مقادیر q_s و K_{v6} را برای مسئله مورد نظر محاسبه کنید. سپس مقدار $q_s K_{v6}$ را در جدول بیابید. و به صورت افقی جلو بروید تا به $\frac{A_f}{A_c}$ موردنظر برسید. حال بصورت قائم به سمت بالا حرکت کنید و مقدار $\frac{d_d}{h_c}$ را بخوانید.

آرماتورگذاری

نمودار جریان ۱-۴: انتخاب میلگردها و کنترل ترک در تیرهای بدون محدودیت ارتفاعی

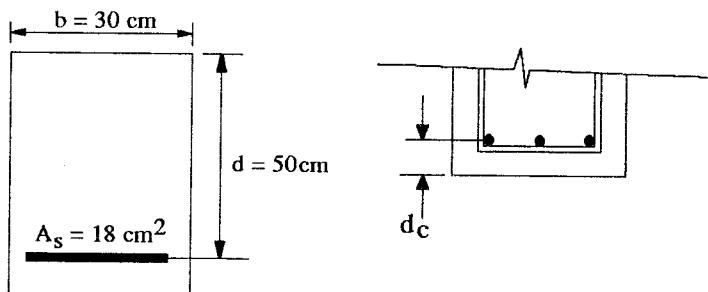


مثال ۱ انتخاب میلگردها برای تیر مستطیل شکل و تحت اثر خمش ساده، با توجه به ضوابط مربوط به فواصل میلگردها و پوشش آرماتورها و عرض ترک خوردگی

تیر شکل زیر را در یک لایه آرماتورگذاری کنید. شرایط محیطی شدید، و خاموتهای مصرفی از نوع $\Phi 12$ می‌باشند.

: مشخصات

$$\begin{aligned} f_c &= 30 \text{ MPa} \\ f_y &= 400 \text{ MPa} \\ b &= 30 \text{ cm} \\ A_s &= 2 \text{ cm}^2 = \text{قطر بزرگترین سنگانه} \end{aligned}$$



بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	الف: با استفاده از روش تحلیلی (گام اول) انتخاب میلگردها با توجه به مقدار A_s میلگردها را انتخاب می‌کنیم. گام دوم کنترل عرض تیر با توجه به ضوابط مربوط به فواصل میلگردها و پوشش آرماتورها، عرض تیر کنترل می‌شود. حداقل فاصله آزاد بین میلگردها، بزرگترین سه مقدار زیر است: - قطر میلگرد بزرگتر - ۲۵ میلیمتر - $1/33$ برابر قطر بزرگترین سنگانه (قطر خاموت + ضخامت پوشش) $\times N.d_b + (N-1)b_l$	با توجه به اینکه $A_s = 18 \text{ cm}^2$ می‌باشد، از $(A_s = 18.47 \text{ cm}^2)$ و با $5\Phi 22$ ($A_s = 19.01 \text{ cm}^2$) ۳استفاده می‌کنیم. برای $\Phi 22$ و $\Phi 28$ به ترتیب حداقل فاصله آزاد بین میلگردها برابر 2.8 cm و 2.66 cm می‌باشد.	

بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۲-۹-۲-۸	<p>در فرمول فوق N تعداد میلگردها و $b1$ فاصله آزاد بین آنها است.</p> <p>در شرایط محیطی شدید، حداقل ضخامت پوشش تیرها برابر ۵ سانتیمتر می‌باشد.</p>	<p>برای $5\Phi 22$ داریم :</p> $b_{min} = 2(5+1.2) + 5 \times 2.2 + 4 \times 2.66$ $b_{min} = 34.04 > 30 \text{ cm}$ <p>بنابراین نمی‌توان از $5\Phi 22$ استفاده نمود.</p> <p>برای $3\Phi 28$ داریم:</p> $b_{min} = 2(5+1.2) + 3 \times 2.8 + 2 \times 2.8$ $b_{min} = 26.4 < 30 \text{ cm} \quad O.K.$ <p>بنابراین $3\Phi 28$ قابل قبول است.</p>	
۲-۹-۲-۸	<p>گام سوم</p> <p>کنترل ترک خوردگی</p> <p>$d_c = 5 + 1.2 + \frac{1}{2} \times 2.8 = 7.6 \text{ cm}$</p> <p>$A = \frac{b \cdot (2d_c)}{n} = \frac{300 \times 2 \times 76}{3}$</p> <p>$A = 15200 \text{ mm}^2$</p> <p>$f_s = 0.6 \times 400 = 240 \text{ MPa}$</p> <p>$W = 13 \times 10^{-6} \times 240 \times \sqrt[3]{76 \times 15200}$</p> <p>$W = 0.33 \text{ mm} < 0.35 \quad O.K.$</p> <p>$A = \frac{\text{سطح مقطع موثر کششی}}{\text{تعداد میلگردها}}$</p>		
۲-۲-۳-۱۴	$f_s = 0.6 f_y$		
۱-۲-۳-۱۴	$W = 13 \times 10^{-6} \times f_s \sqrt[3]{d_c \cdot A}$	فرض شده است که تیر در نما دیده می‌شود.	
۱-۳-۳-۱۴			
	<p>ب: استفاده از جداول</p> <p>گام اول</p> <p>انتخاب میلگردها و کنترل عرض ترک خوردگی</p> <p>با استفاده از جدول آرماتور گذاری ۳</p>	<p>با توجه به ضوابط مربوط به فواصل میلگردها و پوشش</p> <p>آرماتورها، که در قسمت الف کنترل شده است، از $3\Phi 28$ استفاده می‌کنیم</p>	

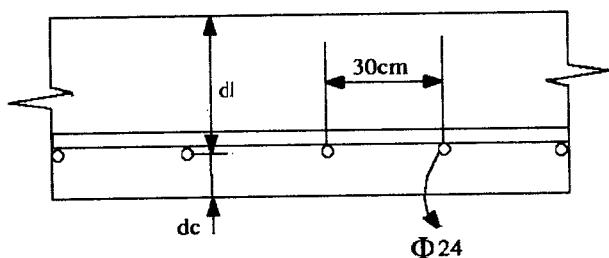
بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۲-۳-۱۴	$d_c = \frac{1}{2} d_b + \text{قطر خاموت} + \text{ضخامت پوشش}$ <p>چون آرماتورگذاری در یک لایه انجام شده است داریم:</p> $t = 2d_c$ $b_{wmax} = \frac{A \cdot n}{t}$	$d_c = 5 + 1.2 + \frac{1}{2} \times 2.8 = 7.6\text{cm}$ $\text{برای } W=0.35, f_y = 400\text{Mpa}, d_c = 76\text{mm}$ $A = 18588 \text{ mm}^2$ $t = 2 \times 76 = 152 \text{ mm}$ $b_{wmax} = \frac{18588 \times 3}{152} = 337 \text{ mm}$ $b_{wmax} = 33.7 \text{ cm} > b_w \quad \text{O.K.}$	آرماتورگذاری ۳
	<p>(گام دوم)</p> <p>انتخاب میلگردها و کنترل عرض ترک خوردگی با استفاده از جدول آرماتورگذاری ۴</p>	$f_y = 400\text{Mpa} \quad W = 0.35 \quad \Phi 28$ $\text{برای } f_y = 400\text{Mpa} \quad W = 0.35 \quad \Phi 28$ داریم: $\frac{b_{wmax}}{n} = 148.26 \text{ mm}$ $b_{wmax} = 3 \times 148.26 = 444.78 \text{ mm}$ $b_{wmax} = 44.5 \text{ cm} > b_w \quad \text{O.K.}$ <p>علت اختلاف جواب b_{wmax} این گام و گام اول با خاطر این است که در اینجا مقدار d_c برابر عبارت زیر فرض شده است:</p> $d_c = 55 + \frac{1}{2} d_b$ <p>بعلت تقریبی بودن رابطه فوق، جوابهای بدست آمده از این جدول چندان دقیق نمیباشند.</p>	آرماتورگذاری ۴

مثال ۲ کنترل ضوابط مربوط به فواصل میلگردها و پوشش آرماتورها و عرض ترک خوردگی، در یک دال یک طرفه

در دال شکل زیر نشان دهید که حداقل فواصل مجاز بین آرماتور رعایت شده است و عرض ترک خوردگی نیز قابل قبول می باشد.
شرایط محیطی متوسط است.

مشخصات:

$$\begin{aligned}f_c &= 30 \text{ MPa} \\f_y &= 400 \text{ MPa} \\h &= 18 \text{ cm}\end{aligned}$$



بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداویل کمکی
۶-۶-۲-۸	الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول) کنترل فواصل بین آرماتورها فاصله بین میلگردها خمسی نباید از ۲ برابر ضخامت دال و ۳۵ سانتیمتر بیشتر باشد. گام دوم) $d_c = 3 + 1.2 + \frac{1}{2} d_b$ عرض ۳۰ سانتیمتر از دال (فاصله بین دو میلگرد) را کنترل می کنیم. $A = \frac{\text{سطح مقطع موثر کششی}}{\text{تعداد میلگردها}}$	$2 = 2 \times 18 = 36 > 30 \text{ cm O.K.}$ همچنین: $35 > 30 \text{ cm}$ بنابراین ضابطه مربوط به حداقل فواصل مجاز بین آرماتورها رعایت شده است.	
۲-۹-۲-۸		$d_c = 3 + 1.2 + \frac{1}{2} \times 2.4 = 4.2 \text{ cm}$	
۲-۲-۳-۱۴	$f_s = 0.6 f_y$	$A = \frac{b_1(2d_c)}{n} = \frac{300 \times 2 \times 42}{3}$ $A = 25200 \text{ mm}^2$	
۱-۲-۳-۱۴	$W = 13 \times 10^{-6} \times f_s \sqrt[3]{d_c \cdot A}$	$f_s = 0.6 \times 400 = 240 \text{ MPa}$ $W = 13 \times 10^{-6} \times 240 \times \sqrt[3]{42 \times 25200}$ $W = 0.32 \text{ mm} < 0.35 \text{ O.K.}$	
۱-۳-۳-۱۴			فرض شده است که تیر در نما دیده می شود.

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۲-۹-۲-۸	<p>ب : با استفاده از جداول</p> <p>گام اول) شبیه قسمت الف است.</p> <p>گام دوم) کنترل عرض ترک خوردگی</p> <p>$d_c = 3 + 1.2 + \frac{1}{2} d_b$ + قطر خاموت + ضخامت پوشش</p> <p>$t = 2 \times d_c$</p> <p>$S_{max} = \frac{bw_{max}}{n} = \frac{A}{t}$</p>	<p>$d_c = 3 + 1.2 + \frac{1}{2} \times 2.4 = 4.2 \text{ cm}$</p> <p>برای $W=0.35, f_y = 400 \text{ Mpa}, d_c = 42 \text{ mm}$</p> <p>$A = 33724 \text{ mm}^2$</p> <p>$t = 2 \times 42 = 84 \text{ mm}$</p> <p>$bw_{max} = \frac{33724}{84} = 401.5 \text{ mm}$</p> <p>و یا :</p> <p>$bw_{max} = 40.15 \text{ cm} > 30 \quad \text{O.K.}$</p>	

مثال ۳ آرماتورگذاری در دو لایه، برای تیر مستطیل شکل و تحت اثر خمشن ساده، با توجه به ضوابط مربوط به فواصل میلگردها و پوشش آرماتورها و عرض ترکخوردگی

تیر شکل زیر را آرماتورگذاری کنید. شرایط محیطی شدید، و خاموتهایی مصرفی از نوع ۱۲ Φ می‌باشند.

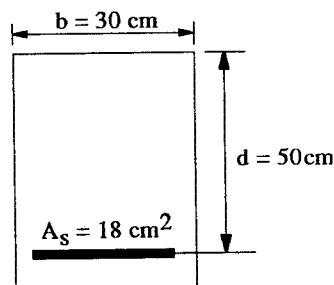
: مشخصات

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

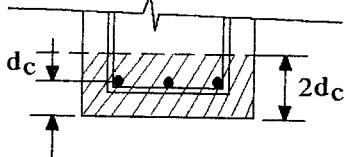
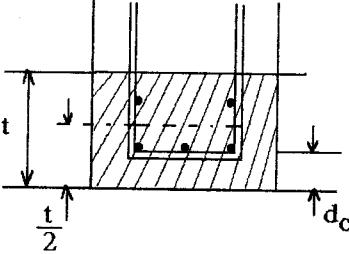
$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$\text{قطر بزرگترین سنگدانه} = 2 \text{ cm}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
آرماتورگذاری ۲	با توجه به اینکه $A_s = 12 \text{ cm}^2$ می‌باشد، از $(A_s := 12.72 \text{ cm}^2)$ و یا $2\Phi 28 (A_s = 12.32 \text{ cm}^2)$ استفاده می‌کنیم.	الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول) انتخاب میلگردها انتخاب میلگردها با توجه به مقدار A_s میلگردها را انتخاب می‌کنیم.	
	برای $\Phi 18$ و $\Phi 28$ به ترتیب حداقل فاصله آزاد بین میلگردها برابر 2.8 cm و 2.66 cm می‌باشد.	گام دوم) کنترل عرض تیر با توجه به ضوابط مربوط به فواصل میلگردها و پوشش آرماتورها، عرض تیر کنترل می‌شود. حداقل فاصله آزاد بین میلگردها، بزرگترین سه مقدار زیر است: - قطر میلگرد بزرگتر 25 میلیمتر - $1/33$ برابر قطر بزرگترین سنگدانه (قطر خاموت + ضخامت پوشش) $= 2 \times$ $+ N.d_b + (N-1) b_l$	۱-۶-۲-۸

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۲-۹-۲-۸	<p>در فرمول فوق N تعداد میلگردها و b_1 فاصله آزاد بین آنها است.</p> <p>در شرایط محیطی شدید، حداقل ضخامت پوشش تیرها برابر ۵ سانتیمتر می‌باشد.</p>	<p>برای $5\Phi 22$ داریم :</p> $b_{min} = 2(5 + 1.2) + 2 \times 2.8 + 1 \times 2.8$ $b_{min} = 20.8 < 30 \text{ cm} \quad O.K.$ <p>بنابراین $5\Phi 18$ با فرض قراردادن آنها در دو لایه داریم:</p> $b_{min} = 2(5 + 1.2) + 3 \times 1.8 + 2 \times 2.66$ $b_{min} = 23.12 < 30 \text{ cm} \quad O.K.$	
۲-۲-۳-۱۴	<p>گام سوم) کنترل ترک خوردگی</p> <p>برای $2\Phi 28$ داریم :</p>	 $d_c = 5 + 1.2 + \frac{1}{2} \times 2.8 = 7.6 \text{ cm}$	
۱-۲-۳-۱۴	$f_s = 0.6 f_y$ $W = 13 \times 10^{-6} \times f_s \sqrt[3]{d_c \cdot A}$	$A = \frac{b \cdot (2d_c)}{n} = \frac{300 \times 2 \times 76}{3}$ $A = 22800 \text{ mm}^2$ $f_s = 0.6 \times 400 = 240 \text{ MPa}$ $W = 13 \times 10^{-6} \times 240 \times \sqrt[3]{76 \times 22800}$	
۱-۳-۳-۱۴	<p>برای $5\Phi 22$ داریم :</p>	$W = 0.37 \text{ mm} < 0.35 \quad O.K.$	<p>برای $2\Phi 28$ قابل قبول نیست :</p> 
۲-۶-۲-۸	<p>فاصله آزاد بین دو ردیف آرماتور نباید از $2/5$ سانتیمتر و قطر بزرگترین میلگرد کمتر باشد.</p>	$d_c = 5 + 1.2 + \frac{1}{2} \times 1.8 = 7.1 \text{ cm}$	

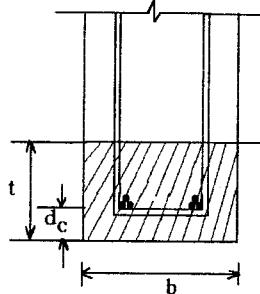
جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
		$\frac{t}{2} = \frac{N_1 \times d_c + N_2 \times (d_c + d_l)}{N_1 + N_2}$ <p>فارصله آزاد بین دو ردیف آرماتور را برابر $\frac{3}{2}$ سانتیمتر در نظر می‌گیریم. بنابراین فارصله محور تا محور دو ردیف آرماتور برابر ۵ سانتیمتر می‌باشد.</p> <p>در فرمول فوق N_1 و N_2 به ترتیب تعداد میلگردهای ردیف اول و دوم، و d_l فارصله محور تا محور دو ردیف آرماتور می‌باشد.</p> <p style="text-align: center;">سطح مقطع موثر کششی</p> $A = \frac{\text{تعداد میلگردها}}{f_s = 0.6 f_y}$	
	$\frac{t}{2} = \frac{3 \times 7.1 + 2 \times 12.1}{5} = 9.1\text{cm}$ $A = \frac{b \cdot t}{n} = \frac{300 \times 2 \times 91}{5}$ $A = 10920 \text{ mm}^2$ $f_s = 0.6 \times 400 = 240 \text{ Mpa}$		
	$W = 13 \times 10^{-6} \times f_s \sqrt[3]{d_c \cdot A}$ $W = 13 \times 10^{-6} \times 240 \times \sqrt[3]{71 \times 10920}$ $W = 0.29 \text{ mm} < 0.35 \text{ O.K.}$		۲-۲-۳-۱۴ ۱-۲-۳-۱۴ ۱-۳-۳-۱۴
	<p>ب: با استفاده از جداول</p> <p>گام‌های اول و دوم شبیه قسمت الف می‌باشند.</p> <p>گام سوم) کنترل عرض ترک خوردگی</p> <p>$d_c = 5 + 1.2 + \frac{1}{2} \times 2.8 = 7.6\text{cm}$</p> <p>برای $W = 0.35$, $f_y = 400\text{Mpa}$, $d_c = 76\text{mm}$:</p> <p>$A = 18588 \text{ mm}^2$</p> <p>$t = 2 \times 76 = 152 \text{ mm}$</p> <p>$b_{wmax} = \frac{18588 \times 2}{152} = 245 \text{ mm}$</p> <p>$b_{wmax} = 24.5 \text{ cm} < 30 \text{ O.K.}$ و یا:</p> <p>بنابراین $2\Phi 28$ قابل قبول نیست.</p> <p>برای $W = 0.35$, $f_y = 400\text{Mpa}$, $d_c = 71\text{mm}$:</p> <p>$A = 19898 \text{ mm}^2$</p> <p>$b_{wmax} = \frac{19898 \times 5}{182} = 547 \text{ mm}$</p> <p>$b_{wmax} = 54.7 \text{ cm} < 30 \text{ O.K.}$ و یا:</p>		۲-۳-۱۴ ۲-۳-۱۴

مثال ۴ تعیین حداقل عرض برای تیر دارای گروه میلگردهای در تماس، با توجه به خواص ترک خوردگی

در تیر شکل زیر، حداقل عرض مجذار را با توجه به خواص ترک خوردگی تعیین کنید. شرایط محیطی متوسط، و خاموتهای مصرفی از نوع $\Phi 12$ می‌باشند. در آرماتور گذاری، میلگردهای $\Phi 24$ به صورت دو گروه سه تایی مصرف شده‌اند.

: مشخصات

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$



بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	الف: با استفاده از روش تحلیلی (گام اول) محاسبه فاصله مرکز گروه میلگردها از انتهای تحتانی آنها. برای محاسبه فاصله مرکز گروه میلگردها از انتهای تحتانی آنها، باید از گشتاور اول سطح استفاده نمود. یعنی: $x_{ave} = \frac{\sum A_i \cdot x_i}{\sum A}$	 $x_1 = R \sin 60$ $x_2 = 2x_1 + R$ <p>با قرارداد دادن x_1 در x_2 داریم:</p> $x_2 = R (2\sin 60 + 1)$ $x_{ave} = \frac{2 \times R + R(2 \sin 60 + 1)}{3}$ <p>و یا:</p> $x_{ave} = R (1 + \frac{\sqrt{3}}{3})$ <p>برای $\Phi 24$ داریم:</p> $x_{ave} = 1.2 (1 + \frac{\sqrt{3}}{3}) = 1.89 \text{ cm}$	
۲-۹-۲-۸	گام دوم محاسبه حداقل عرض مجذار تیر با توجه به خواص ترک خوردگی $d_c = \text{قطر خاموت} + \text{ضخامت پوشش}$ $t = 2 \times d_c$ $A = \frac{\text{سطح مقطع موثر کششی}}{\text{تعداد میلگردها}}$	$d_c = 4.5 + 1.2 + 1.89 = 7.59 \text{ cm}$ $t = 2 \times 7.59 = 15.18 \text{ cm}$	

بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	<p>هنگامی که میلگردها بصورت گروهی بکار می‌روند، سطح محاط شده در بتون کمتری داردند.</p> <p>بنابراین تنش پیوستگی بیشتر و ترکها بازتر می‌شوند.</p> <p>برای این منظور آقای Nawy* پیشنهاد می‌کند که مقدار N در فرمول $A = b \cdot t/N$ در K ضرب شود. مقدار K با توجه به تعداد میلگردهای موجود در گروه، در زیر آمده است.</p> <ul style="list-style-type: none"> - برای گروه دارای ۲ میلگرد $K = 0.815$ - برای گروه دارای ۳ میلگرد $K = 0.650$ - برای گروه دارای ۴ میلگرد $K = 0.570$ 	$A = \frac{b \cdot t}{n \cdot K} = \frac{b \times 151.8}{6 \times 0.65}$ $A = 38.92b \text{ mm}^2$ $f_s = 0.6 \times 400 = 240 \text{ Mpa}$ $0.35 = 13 \times 10^{-6} \times 240 \times \sqrt[3]{75.9 \times 38.92b}$ $b = 478 \text{ mm}$ $b_{\max} = 47.8 \text{ cm}$	
۲-۲-۳-۱۴	$f_s = 0.6 f_y$		
۱-۲-۳-۱۴	$W = 13 \times 10^{-6} \times f_s \sqrt[3]{d_c \cdot A}$		
۱-۳-۳-۱۴			
	<p>ب: با استفاده از جداول</p> <p>گام اول) محاسبه حداکثر عرض مجاز تیر با توجه به ضوابط ترکخوردگی</p>	<p>برای $\Phi 24$ و سه عدد میلگرد در هر گروه و $W = 0.35$</p> <p>$f_y = 400 \text{ Mpa}$</p> $\frac{b_w}{n} = 251.94$ <p>برای دو گروه میلگرد داریم:</p> $b_{w\max} = 251.94 \times 2 = 503.88 \text{ mm}$ <p>و یا:</p> $t_{w\max} = 50.4 \text{ cm}$ <p>بعلت اینکه d_c در نظر گرفته شده در جداول دقیق نیست، حوابهای این روش و روش تحلیلی بر هم منطبق نمی‌باشند.</p>	آرماتورگذاری ۵
		<p>* Edward G.Nawy , "Crack Control in Beams Reinforced with Bundled Bars Using ACI 318-71." ACI Journal, Proceedings V.69 ,No.10 , Oct. 1972, pp. 637-639.</p>	

مثال ۵ طول مهاری میلگرد مستقیم و قلابدار در کشش

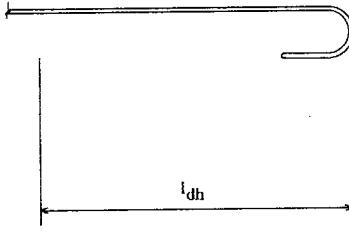
طول مهاری مستقیم و قلابدار میلگرد $\Phi 20$ را در کشش بدست آورید. فاصله محور تا محور میلگردها ۱۵ سانتیمتر است.

: مشخصات

$$f_c = 20 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 300 \text{ Mpa}$$

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینن نامه
		الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول) محاسبه طول مهاری میلگرد مستقیم	
۴-۱۸ معادله ۱-۲-۲-۱۸	$f_{bd} = 0.65 \sqrt{f_c}$	$f_{bd} = 0.65 \times \sqrt{20} = 2.91 \text{ Mpa}$	
۵-۲-۲-۱۸ الف		$\lambda_1 = 1$	
۳-۱۸ معادله ۲-۱۸	$f_b = \lambda_1 \cdot \lambda_2 f_{bd}$	$\lambda_2 = 0.85$	
۱-۲-۲-۱۸ الف	$l_{db} = \frac{d_b \cdot f_y}{4f_b}$	$f_b = 1 \times 0.85 \times 2.91 = 2.47 \text{ Mpa}$	
۱-۲-۲-۱۸ ب		$l_{db} = \frac{2 \times 300}{4 \times 2.47} = 60.72 \text{ cm}$	
۱-۲-۲-۱۸ ب		$k_1 = 1$	
۱-۱۸ معادله ۲-۲-۱۸-۱۲ الف	$l_d = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot l_{db}$ برای میلگردهای فوقانی که حداقل ۳۰ سانتیمتر بن تازه در زیر آنها قرار می‌گیرد، مقدار k_1 برابر ۱/۳ است.	$k_2 = 1$ $k_3 = 1$ $l_d = 1 \times 1 \times 1 \times 60.72 = 60.72 \text{ cm}$ اگر میلگرد مورد نظر فوقانی باشد داریم: $l_d = 1.3 \times 60.72 = 78.9 \text{ cm}$	
۲-۵-۲-۱۸	گام دوم) محاسبه طول مهاری میلگرد قلابدار	$f_b = 1.5 f_{bim}$	با توجه به گام اول داریم:
۲-۱۸ معادله ۳-۵-۲-۱۸ ۴-۵-۲-۱۸	$l_{dhb} = \frac{d_b \cdot f_y}{4f_b}$	$f_b = 1.5 \times 2.91 = 4.365 \text{ Mpa}$	$l_{dhb} = \frac{2 \times 300}{4 \times 4.365} = 34.4 \text{ cm}$
			$\beta_1 = 1$
			$\beta_2 = 1$

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$\beta_3 = 1$		۵-۵-۲-۱۸
	$l_{dh} = 1 \times 1 \times 1 \times 34.4$	$l_{dh} = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot l_{dhb}$	۹-۱۸ معادله
	$l_{dh} = 34.4 \text{ cm}$		۳-۱-۲-۱۸ تذکر: منظور از l_{dh} مجموع طول مستقیم میلگرد و شعاع قلاب و قطر میلگرد می باشد. یعنی:
			
آرماتورگذاری ۱-۷		ب: با استفاده از جداول	۲-۲-۱۸
		گام اول) محاسبه طول مهاری میلگرد مستقیم	۶-۲-۲-۱۸ الف
	برای $\Phi 20\text{c}$ $f_y = 300\text{Mpa}$, $f_c = 20\text{Mpa}$ داریم:		
	$l_d = 60.7 \text{ cm}$		
	(آرماتور تحتانی)		
	$1.3 l_d = 78.9 \text{ cm}$		
	(آرماتور فوقانی)		
آرماتورگذاری ۱-۷		گام دوم)	۵-۲-۸
		محاسبه طول مهاری میلگرد قلاب دار	
	برای $\Phi 20\text{c}$ $f_y = 300\text{Mpa}$, $f_c = 20\text{Mpa}$ داریم:		
	$l_{dh} = 34.4 \text{ cm}$		
	اگر میلگرد مورد نظر فوقانی باشد تغییر در l_{dh} ایجاد نمی شود.		

مثال ۶ حداکثر قطر میلگرد برای آرماتور خمشی مثبت، در یک تیر دو سر مفصل و تحت اثر بار گستردہ یکنواخت

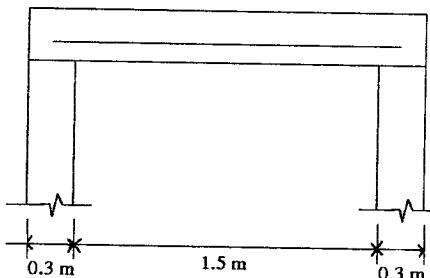
برای تیر دو سر مفصل و تحت اثر بار گستردہ شکل زیر، حداکثر قطر مجاز میلگرد را برای لنگر خمشی مثبت، و با توجه به رابطه (۱۰-۱۸) تعیین کنید. انتهای آرماتورها توسط بتن فشاری ناشی از عکس العمل فشاری تکیه گاه، محصور شده است. تمام میلگردها از محل محور تکیه گاه تیر عبور کرده‌اند.

$$l_d \leq \frac{M_r}{V_u} + l_a$$

: مشخصات

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$



بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	<p>الف: با استفاده از روش تحلیلی</p> <p>گام اول) محاسبه رابطه براساس طول دهانه</p> <p>برای این کار M_r را برابر V_u فرض کرده و آنرا بر حسب بار گستردہ روی تیر می‌نویسیم. سپس V_u را بر حسب بار گستردہ روی تیر بدست آورده و دو عبارت را برابر هم تقسیم می‌کنیم.</p>	$M_r = \frac{W_u \cdot L^2}{8}$ $V_u = \frac{W_u \cdot L}{2}$ $\frac{M_r}{V_u} = \frac{W_u \cdot L^2 / 8}{W_u \cdot L / 2} = \frac{L}{4}$ <p>بنابراین :</p> $\frac{M_r}{V_u} + l_a \geq l_d$ $l_d \leq \frac{L}{4} + l_a$ <p>بنابراین :</p> $\frac{L}{4} \geq l_d - l_a$ $L_{min} = 4(l_d - l_a)$ <p>بنابراین :</p> $L_{min} = \frac{4}{(1 + \frac{1}{3})} (l_d - l_a)$	
۳-۲-۳-۱۸	<p>در تکیه گاههایی که آرماتور خمشی مثبت در داخل بتن فشاری ناشی از عکس العمل فشاری تکیه گاه محصور شده باشد، مقدار $\frac{M_r}{V_u}$ را می‌توان به اندازه $\frac{1}{3}$ افزایش داد.</p>	<p>برای حالتهای آرماتورها در بتن فشاری تکیه گاهی محصور شده باشند داریم:</p>	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	برای تکیه گاه های ساده، در صورتیکه تمام میلگردها از محور تکیه گاه عبور کرده باشند، می توان l_a را برابر صفر فرض کنیم داریم:	$L_{min} = 3(l_d - l_a)$ در این مثال اگر l_a را برابر صفر فرض کنیم داریم: $L_{min} = 3l_d$	و یا:
	گام دوم) محاسبه طول دهانه در این حالت فاصله مرکز تا مرکز تکیه گاه ها را محاسبه می کنیم.	$L = 1.5 + 0.15 + 0.15 = 1.8 \text{ m}$	
	گام سوم) محاسبه l_d $L_{min} = 3l_d$	$1.8 = 3l_d$ $l_d = 0.6 \text{ m}$	و یا:
۱-۲-۲-۱۸	گام چهارم) تعیین حداقل قطر مجاز میلگرد با فرض اینکه قطر میلگرد مورد نظر کمتر از ۲۰ میلیمتر است داریم:		
۴-۱۸	$f_{bd} = 0.65 \sqrt{f_c}$	$f_{bd} = 0.65 \times \sqrt{30} = 3.56 \text{ Mpa}$	
۳-۲-۲-۱۸		$\lambda_1 = 1$	
۵-۲-۲-۱۸		$\lambda_2 = 0.85$	
۳-۱۸	$f_b = \lambda_1 \cdot \lambda_2 f_{bd}$	$f_b = 1 \times 0.85 \times 3.56 = 3.026 \text{ Mpa}$	
۲-۱۸	$l_{db} = \frac{d_b \cdot f_y}{4f_b}$	$l_{db} = \frac{d_b \times 400}{4 \times 3.026}$ $l_{db} = 33.04 d_b$	و یا:
۱-۲-۲-۱۸ الف		$k_1 = 1$	
۱-۲-۲-۱۸ ب		$k_2 = 1$	
۱-۲-۲-۱۸ ب		$k_3 = 1$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۱۸	$\ell_d = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot l_{db}$	$\ell_d = 1 \times 1 \times 1 \times 33.04 d_b$ $\ell_d = 33.04 d_b$ <p style="text-align: center;">و یا :</p> <p style="text-align: center;">با جاگذاری d گام سوم در رابطه فوق داریم:</p> $60 = 33.04 \times d_b$ $d_b = 1.81 < 2 \text{ cm} \quad \text{O.K.}$ <p style="text-align: center;">و یا :</p> <p style="text-align: center;">همانطور که ملاحظه می شود حداقل قطر مجاز میگردد</p> <p style="text-align: center;">۱/۸۱ سانتیمتر است.</p> <p style="text-align: right;">بنابراین:</p> <p style="text-align: center;">USE $\Phi 18$</p>	

مثال ۷ حداکثر قطر میلگرد برای آرماتور خمشی مثبت، در یکی از دهانه‌های میانی مربوط به تیر یکسره و تحت اثر بار گستردگی یکنواخت

برای یکی از دهانه‌های میانی یک تیر یکسره و تحت اثر بار یکنواخت، حداکثر قطر مجاز میلگرد را برای لنگر خمشی مثبت، و با توجه به رابطه (۱۰-۱۸) تعیین کنید. فاصله مرکز تا مرکز تکیه‌گاه برای $\frac{3}{7}$ متر است. نصف آرماتورهای مربوط به لنگر مثبت وارد تکیه‌گاه شده‌اند.

$$\ell_d \leq \frac{M_r}{V_u} + \ell_a$$

: مشخصات

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$d = 25 \text{ cm}$$

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه‌نامه
	<p>الف: با استفاده از روش تحلیلی</p> <p>گام اول) محاسبه رابطه بر $\ell_d \leq \frac{M_r}{V_u} + \ell_a$</p> <p>اساس طول دهانه در تیرهای پیوسته، فاصله بین نقطه عطف (لنگر صفر) و انتهای تیر در دهانه‌های میانی برابر $15\ell / 17\ell$ فرض می‌شود.</p> <p>بنابراین فاصله بین دو نقطه عطف تیر $7\ell / 10\ell$ است. اگر در محاسبات گام اول مثال قبل، بجای ℓ مقدار $7\ell / 10\ell$ را قرار دهیم، به رابطه زیر می‌رسیم:</p> $0.7 \ell_{min} = 4 (\ell_d - \ell_a)$ <p>بنابراین:</p> <p>این رابطه برای حالتی است که تمام میلگردهای لنگر مثبت یکسره باشند.</p> <p>چون در نقطه عطف، میلگردها توسط بتن فشاری ناشی از عکس‌العمل تکیه‌گاه محصور نشده‌اند، مقدار $\frac{M_r}{V_u}$ را نمی‌توان افزایش داد.</p>	$l_{min} = \frac{4}{0.7} (\ell_d - \ell_a)$ <p>و یا:</p> $L_{min} = 5.71 (\ell_d - \ell_a)$ <p>برای حالتیکه نصف میلگردهای لنگر مثبت از نقطه عطف بگذرند داریم:</p> $L_{min} = 2 \times 5.711 (\ell_d - \ell_a)$ <p>و یا:</p> $L_{min} = 11.42 (\ell_d - \ell_a)$	۳-۲-۳-۱۸

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	<p>گام دوم) محاسبه l_d برابر d و یا $12d_a$، هر کدام بزرگترند، در نظر گرفته می شود.</p> <p>طبعی است که مقدار فوق نباید بزرگتر از $0.15L$ (فاصله بین نقطه عطف و مرکز تکیه گاه) گردد:</p> $L_{min} = 11.42 (\ell_d - \ell_a)$	<p>اگر $\ell_a = d = 0.25 \text{ m}$ باشد داریم:</p> $0.15\ell = 0.15 \times 3.7 = 0.555 > 0.25 \text{ m O.K.}$ $3.7 = 11.42 (\ell_d - 0.25)$ <p>بنابراین:</p> $\ell_{d1} = 0.57 \text{ m}$ <p>اگر $\ell_a = 12d_b$ باشد داریم:</p> $3.7 = 11.42 (\ell_{d1} - 12d_b)$ <p>بنابراین:</p> $\ell_{d2} = 0.32 + 12 d_b \text{ m}$	
۳-۲-۲-۱۸ الف	<p>گام سوم) تعیین حد اکثر قطر مجاز میلگرد با فرض اینکه قطر میلگرد مورد نظر کمتر از ۲۰ میلیمتر است داریم:</p> $f_{bd} = 0.65 \sqrt{f_c}$	$f_{bd} = 0.65 \times \sqrt{30} = 3.56 \text{ Mpa}$	
۴-۱۸		$\lambda_1 = 1$	
۳-۲-۲-۱۸		$\lambda_2 = 0.85$	
۶-۲-۲-۱۸			
۳-۱۸	$f_b = \lambda_1 \cdot \lambda_2 f_{bd}$ $f_b = 1 \times 0.85 \times 3.56 = 3.02 \text{ Mpa}$		
۲-۱۸	$\ell_{db} = \frac{d_b \cdot f_y}{4f_b}$ $\ell_{db} = \frac{d_b \times 400}{4 \times 3.02}$ $\ell_{db} = 33.11 d_b$		و یا :
۱-۲-۲-۱۸ الف		$k_1 = 1$	
۱-۲-۲-۱۸ ب		$k_2 = 1$	
۱-۲-۲-۱۸ ب		$k_3 = 1$	
۱-۱۸	$\ell_d = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \ell_{db}$ $\ell_d = 1 \times 1 \times 1 \times 33.04 d_b$ $\ell_d = 33.11 d_b$		و یا :

جداول گمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
<p>با جاگذاری d_a مربوط به گام قبل در رابطه فوق، مقدار d_b بدست می‌آید.</p> <p>اگر $d_a = d_b$ باشد داریم:</p> $57 = 33.11 \cdot d_{b1}$ <p>بنابراین:</p> $d_{b1} = 1.72 < 2 \text{ cm O.K.}$ <p>اگر $d_a = d_2$ باشد داریم:</p> $32 + 12d_{d2} = 33.11 \cdot d_{b2}$ $d_{b2} = 1.51 < 2 \text{ cm O.K.}$ <p>بنابراین:</p> <p>حال d و $12d_{b2}$ را مقایسه می‌کنیم هر کدام بزرگتر باشد، برابر l_a خواهد بود و d_b بدست آمده از آن، جواب نهایی است.</p> <p>بنابراین:</p> $d > 12 \cdot d_{b2}$ <p>پس:</p> $l_a = l = 25 < 0.15 L \text{ O.K.}$ <p>در نتیجه:</p> $d_b = d_{b1} = 1.72 \text{ cm}$ <p>یعنی حداکثر قطر مجاز میلگرد 1.72 سانتیمتر است.</p> <p>بنابراین:</p> <p>USE Φ 16</p>			

مثال ۸ حداکثر قطر میلگرد برای آرماتور خمی مثبت، در تیر مربوط به یک قاب خمی، و تحت اثر بار گستردہ یکنواخت

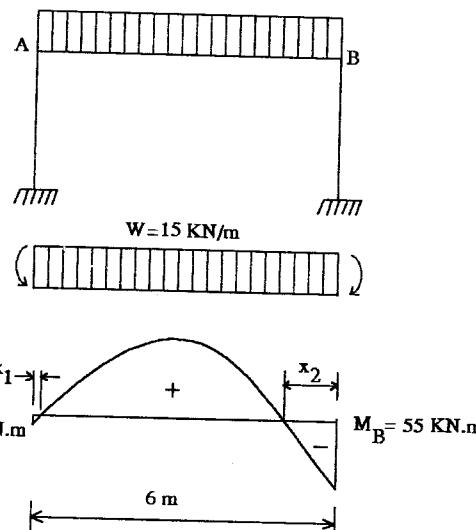
برای تیر مربوط به قاب خمی زیر، حداکثر قطر مجاز میلگرد را برای لنگر خمی مثبت، و با توجه به رابطه $(10-18)$ تعیین کنید. تمام آرماتوراهی مربوط به لنگر مثبت وارد تکیه‌گاهها شده‌اند.

: مشخصات

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$d = 40 \text{ cm}$$



جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول) محاسبه رابطه $I_d \leq \frac{M_r}{V_u} + I_a$ بر اساس طول دهانه اگر فاصله بین دو نقطه عطف تیر از L_1 بنامیم، با توجه به مثال ۶ داریم: $L_{min} = 4(I_d - I_a)$ بنابراین:	الف: با استفاده از روش تحلیلی $I_d \leq \frac{M_r}{V_u} + I_a$ بر اساس طول دهانه اگر فاصله بین دو نقطه عطف تیر از L_1 بنامیم، با توجه به مثال ۶ داریم: $L_{min} = 4(I_d - I_a)$ بنابراین:
	$V_A = \frac{15 \times 6}{2} - \frac{55 - 11}{6}$ $V_A = 37.67 \text{ KN}$ $x = \frac{37.67}{15} = 2.51 \text{ m}$ $M^{+}_{MAX} = \frac{V_A^2}{2w} - M_A$ $M^{+}_{MAX} = \frac{37.67^2}{2 \times 15} - 11 = 36.3 \text{ KN.m}$	گام دوم) محاسبه x_1, x_2, L_1 x_2, x_1, L_1 بدست می‌آوریم. سپس لنگر خمی حداکثر مثبت را محاسبه می‌کنیم.	$X_1 \rightarrow$ $+ \quad -$ $M_A = 11 \text{ KN.m}$ $M_B = 55 \text{ KN.m}$ 6 m

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینین نامه
		از طرفی می‌توان M^{+}_{MAX} را بصورت زیر نوشت: $M^{+}_{MAX} = \frac{W \cdot L_1^2}{8}$ و یا: $L_1 = \sqrt{\frac{M^{+}_{MAX} \cdot 8}{W}}$ $x_1 = x - \frac{L_1}{2}$ $x_2 = L - x_1 - L_1$	
		$L_1 = \sqrt{\frac{36.3 \times 8}{15}} = 4.4 \text{ m}$ $x_1 = 2.51 - \frac{4.4}{2} = 0.31 \text{ m}$ $x_2 = 6 - 0.31 - 4.4 = 1.29 \text{ m}$	
		گام دوم (محاسبه l_a) ا برابر d و یا $1.2b_d$ هر کدام بزرگترند، در نظر گرفته می‌شود. طبعی است که مقدار فوق نباید بزرگتر از x_1 و x_2 گردد. $L_{min} = 4(l_d - l_a)$	۳-۲-۳-۱۸
		اگر $d = l_a$ باشد داریم: $l_a = 40 \text{ cm} > x_1$ بنابراین l_a را برابر x_1 می‌گیریم یعنی: $l_a = 31 \text{ m}$ $4.4 = 4(l_d - 0.31)$ بنابراین: $l_d = 1.41 \text{ m}$	
		گام چهارم) تعیین حداقل قطر مجاز میلگرد با فرض اینکه قطر میلگرد مورد نظر بیشتر از ۲۰ میلیمتر است داریم:	۳-۲-۲-۱۸ الف
		$f_{bd} = 0.65 \sqrt{f_c}$	۴-۱۸ معادله
		$f_b = \lambda_1 \cdot \lambda_2 f_{bd}$	۳-۱۸ معادله
		با فرض آن که قطر میلگرد مورد نظر از ۲۰ میلیمتر بیشتر است.	۳-۲-۲-۱۸
		$\lambda_1 = 0.8$	
		$\lambda_2 = 0.85$	۵-۲-۲-۱۸
		$f_b = \lambda_1 \cdot \lambda_2 f_{bd}$	۳-۱۸ معادله
		$f_{bt} = 0.65 \times \sqrt{30} = 3.56 \text{ Mpa}$	
		$\lambda_1 = 0.8$	
		$\lambda_2 = 0.85$	
		$f_{bt} = 0.8 \times 0.85 \times 3.56 = 2.42 \text{ Mpa}$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۲-۱۸ معادله ۱-۲-۲-۱۸ ۱-۲-۲-۱۸ ۱-۲-۲-۱۸	$\ell_{db} = \frac{d_b f_y}{4 f_b}$	$\ell_{db} = \frac{d_b \times 400}{4 \times 2.42}$ $\ell_{db} = 41.3 d_b$ $k_1 = 1$ $k_2 = 1$ $k_3 = 1$	و یا :
۱-۱۸ معادله	$\ell_d = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \ell_{db}$	$I_d = 1 \times 1 \times 1 \times 41.3 d_b$ $I_d = 41.3 d_b$ با جاگذاری I_d مربوط به گام قبل در فرمول فوق داریم: $141 = 41.3 d_b$ بنابراین: $d_b = 3.4 > 2.5 \text{ cm O.K.}$ یعنی حداکثر قطر مجاز میلگرد 3.4 سانتیمتر است.	و یا :
۳-۲-۳-۱۸	گام پنجم) محاسبه I_d و d_b با فرض محصور شدن آرماتورهای خمشی ثابت، در داخل بتن فشاری. با ادامه دادن آرماتورهای خمشی ثابت تا مرکز تکیه گاهها، می‌توان فرض کرد که آنها در داخل بتن فشاری ناشی از عکس العمل فشاری تکیه گاه، محصور شده‌اند. بنابراین می‌توان $\frac{M_r}{V_u}$ را به اندازه $\frac{1}{3}$ افزایش داد. پس با توجه به مثال ۶ داریم: $L_{min} = 6 (\ell_d - \ell_a)$ و با صفر قراردادن مقدار ℓ_a خواهیم داشت: $L_{min} = 3 \ell_d$ با فرض $L_{min} = L_1$ داریم: $L_1 = 3 \ell_d$ با توجه به گام چهارم داریم: $\ell_d = 49.56 d_b$	$4.4 = 3 d_b \rightarrow \ell_d = 1.47 \text{ m}$ $147 = 41.3 d_b$ $d_b = 3.55$ همانطور که ملاحظه می‌شود مقدار فوق بیشتر از مقدار بدست آمده در گام چهارم است. بنابراین از جواب بدست آمده در گام چهارم استفاده می‌شود یعنی: $d_{bmax} = 3.4 \text{ cm}$	و یا :

آرماتور گذاری ۱) سطح مقطع و وزن واحد طول میلگردها

ϕ (mm)	A_s , cm ²	kg/m
۶	۰/۲۸	۰/۲۲۲
۸	۰/۵۰	۰/۳۹۵
۱۰	۰/۷۹	۰/۶۱۷
۱۲	۱/۱۳	۰/۸۸۸
۱۴	۱/۵۴	۱/۲۰۸
۱۶	۲/۰۱	۱/۵۷۸
۱۸	۲/۵۴	۱/۹۹۸
۲۰	۳/۱۴	۲/۴۶۶
۲۲	۳/۸۰	۲/۹۸۴
۲۴	۴/۵۲	۳/۵۵۱
۲۶	۵/۳۱	۴/۱۶۸
۲۸	۶/۱۶	۴/۸۳۴
۳۰	۷/۰۷	۵/۵۴۹
۳۲	۸/۰۲	۶/۳۱۳
۳۴	۹/۰۸	۷/۱۲۷
۳۶	۱۰/۱۸	۷/۹۹۰
۳۸	۱۱/۳۴	۸/۹۰۳
۴۰	۱۲/۵۷	۹/۸۶۵

آرماناتور گذاری ۲) سطح مقطع میلگرد ها با در نظر گرفتن تعداد آنها

آرماتورگذاری ۳) حد اکثر مقدار A برای یک میلگرد به مقدار کنترل ترک در تیرها و دالها

مراجع، بندها ۲-۳-۱۴ و ۳-۳-۱۴ از آینه نامه بن ایران

$$A_{\max} = \frac{1}{d_c} \left(\frac{W}{13 \times 10^{-6} \times f_s} \right)^3$$

$$f_s = 0.6 f_y \quad , \quad b_{w\max} = \frac{A_{\max} n}{t}$$

dc (mm)	$f_s = 300 \text{ MPa}$		$f_s = 400 \text{ MPa}$	
	$W = 0.35$	$W = 0.4$	$W = 0.35$	$W = 0.4$
۲۵	۱۳۳۸۴۹	۱۹۹۷۹۹	۵۶۴۶۸	۸۴۲۹۰
۳۰	۱۱۱۵۴۱	۱۶۶۴۹۹	۴۷۰۵۶	۷۰۲۴۲
۳۵	۹۵۶۰۷	۱۴۲۷۱۳	۴۰۲۳۴	۶۰۲۰۷
۴۰	۸۳۶۰۶	۱۲۴۸۱۴	۳۵۲۹۲	۵۲۶۸۱
۴۵	۷۴۳۷۱	۱۱۰۹۹	۳۱۳۷۱	۴۶۸۲۸
۵۰	۶۶۹۱۵	۹۹۸۹۹	۲۸۲۲۴	۴۲۱۴۵
۵۵	۶۰۱۸۱	۹۰۸۱۸	۲۵۶۹۷	۳۸۳۱۴
۶۰	۵۵۷۷۱	۸۳۲۲۹	۲۳۵۲۸	۳۵۱۲۱
۶۵	۵۱۴۸۱	۷۶۸۱۴	۲۱۷۱۸	۳۲۴۱۹
۷۰	۴۷۸۰۳	۷۱۳۵۷	۲۰۱۶۷	۳۰۱۰۴
۷۵	۴۴۶۱۶	۶۶۶۰۰	۱۸۸۲۳	۲۸۰۹۷
۸۰	۴۱۸۲۸	۶۱۴۳۷	۱۷۶۴۶	۲۶۳۴۱
۸۵	۳۹۳۶۷	۵۸۷۶۴	۱۶۶۰۸	۲۴۷۹۱
۹۰	۳۷۱۸۰	۵۵۵۰۰	۱۵۶۸۵	۲۳۴۱۴
۹۵	۳۵۲۲۴	۵۲۰۱۹	۱۴۸۶۰	۲۲۱۸۲
۱۰۰	۳۳۴۶۲	۴۹۹۸۰	۱۴۱۱۷	۲۱۰۷۳
۱۰۵	۳۱۸۶۹	۴۷۰۱۱	۱۳۴۴۵	۲۰۰۶۹
۱۱۰	۳۰۴۲۰	۴۵۴۰۹	۱۲۸۳۴	۱۹۱۵۷
۱۱۵	۲۹۰۹۸	۴۳۴۷۴	۱۲۲۷۶	۱۸۳۲۴
۱۱۰	۲۷۸۸۵	۴۱۶۷۵	۱۱۷۶۴	۱۷۵۶۰
۱۱۵	۲۶۷۷۰	۳۹۹۷۰	۱۱۲۹۴	۱۶۸۵۸

آرماتور گذاری (۴) نسبت حداکثر عرض تیر به تعداد میلگردهای کششی تیرها و دالها که به صورت تکی بکار رفته‌اند (به منظور کنترل ترک خوردگی)

مراجع، بندهای ۲-۳-۱۴ و ۹-۳-۸ و ۲-۳-۱۴ و ۳-۳-۸ از آیین‌نامه بتن ایران

$$\frac{b_{w\max}}{n} = \left(\frac{\frac{W}{13 \times 10^{-6} \times f_s}}{2d_c^2} \right)^3 \quad \text{برای میلگردهایی که در یک لایه قرار گرفته‌اند.}$$

$$\frac{b_{w\max}}{n} = \frac{\left(\frac{W}{13 \times 10^{-6} \times f_s} \right)^3}{d_c(140 + 2d_b)} \quad \text{برای میلگردهایی که در دو لایه قرار گرفته‌اند.}$$

$$\frac{b_{w\max}}{n} = \frac{\left(\frac{W}{13 \times 10^{-6} \times f_s} \right)^3}{d_c(170 + 3d_b)} \quad \text{برای میلگردهایی که در سه لایه قرار گرفته‌اند.}$$

$$f_s = 0.6f_y \quad , \quad d_c = 55 + \frac{1}{2}d_b$$

W	تعداد لایهها	f_y MPa	قطعه میکردن (mm)											
			۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۸	۲۰	۲۲	۲۴	۲۶	۲۸	۳۰	۳۲
۳۰۰	۵۹۳/۷۵	۵۷۱/۱۹	۵۴۹/۷۱	۵۲۹/۲۵	۵۰۹/۱۲	۵۷۳/۱۲	۵۴۵/۱۳۴	۵۱۷/۱۱	۵۰۷/۱۱	۴۷۴/۰۵	۴۰۷/۰۹	۳۸۱/۱۷	۳۶۷/۶۶	۳۵۱/۰۸
۴۰۰	۵۰۲/۵۲	۴۸۳/۱۵	۴۷۴/۱۰	۴۵۰/۴۵	۴۲۷/۲۲	۴۰۷/۱۲۳	۳۷۹/۲۸	۳۴۱/۸۸	۳۱۳/۱۱	۲۸۷/۱۳	۲۶۱/۰۳	۲۰۹/۰۱	۱۹۷/۷۲	۱۸۷/۱۳۱
۳۰۰	۵۰۰/۳۱	۴۹۰/۱۳	۴۷۹/۰۵	۴۴۰/۹۶	۴۲۶/۹۲	۴۰۷/۱۳۱	۳۹۱/۱۳۱	۳۶۹/۱۰۵	۳۴۷/۱۰۲	۳۲۵/۷۸	۳۰۷/۱۰۲	۲۷۷/۰۵	۲۳۲/۱۴۳	۲۰۷/۰۲۳
۴۰۰	۵۱۹/۵۱	۵۰۱/۵۴	۴۹۱/۲۱	۴۷۱/۳۷	۴۵۰/۱۱	۴۲۰/۱۱	۳۹۰/۱۱	۳۶۰/۰۲	۳۳۰/۰۲	۳۰۰/۰۳	۲۷۰/۰۰	۲۴۵/۰۲	۲۲۵/۰۵	۱۹۱/۰۲۵
۳۰۰	۴۱۴/۱۵	۳۹۷/۰۵	۳۸۰/۰۲	۳۵۳/۶۹	۳۳۴/۴۲	۳۰۴/۱۱	۲۷۰/۸۸	۲۴۰/۱۱	۲۱۰/۱۰	۱۸۰/۰۸	۱۵۰/۰۷	۱۲۰/۰۶	۱۰۰/۰۵	۱۱۲/۰۲۱
۴۰۰	۴۲۰/۵۰	۴۰۷/۰۵	۳۹۰/۰۲	۳۶۰/۶۹	۳۳۰/۴۲	۳۰۰/۱۱	۲۷۰/۱۱	۲۴۰/۰۸	۲۱۰/۰۷	۱۸۰/۰۵	۱۵۰/۰۴	۱۲۰/۰۳	۱۰۰/۰۲	۱۲۰/۰۲۰
۳	۱۷۰/۵۰	۱۶۷/۰۲	۱۶۰/۰۲	۱۵۰/۵۲	۱۴۵/۲۲	۱۳۵/۰۲	۱۲۵/۰۲	۱۱۵/۰۲	۱۰۵/۰۲	۹۵/۰۲	۸۵/۰۲	۷۵/۰۱	۶۵/۰۱	۵۵/۰۱
۴	۱۷۰/۵۰	۱۶۷/۰۲	۱۶۰/۰۲	۱۵۰/۵۲	۱۴۵/۲۲	۱۳۵/۰۲	۱۲۵/۰۲	۱۱۵/۰۲	۱۰۵/۰۲	۹۵/۰۲	۸۵/۰۲	۷۵/۰۱	۶۵/۰۱	۵۵/۰۱
۳۰۰	۱۸۹/۰۹	۱۸۳/۰۲	۱۷۷/۰۲	۱۷۰/۰۲	۱۶۰/۰۲	۱۴۵/۰۲	۱۳۵/۰۲	۱۲۵/۰۲	۱۱۵/۰۲	۱۰۵/۰۲	۹۵/۰۲	۸۵/۰۱	۷۵/۰۱	۶۵/۰۱
۴۰۰	۱۹۱/۰۷	۱۸۷/۰۲	۱۸۱/۰۲	۱۷۵/۰۲	۱۶۷/۰۲	۱۵۰/۰۲	۱۳۵/۰۲	۱۲۵/۰۲	۱۱۵/۰۲	۱۰۵/۰۲	۹۵/۰۲	۸۵/۰۱	۷۵/۰۱	۶۵/۰۱
۳۰۰	۳۳۴/۰۷	۳۲۱/۰۲	۳۰۰/۰۲	۲۸۰/۰۲	۲۶۰/۰۲	۲۴۰/۰۲	۲۱۰/۰۲	۱۸۰/۰۲	۱۵۰/۰۲	۱۲۰/۰۲	۱۰۰/۰۲	۸۰/۰۱	۶۰/۰۱	۴۰/۰۱
۴۰۰	۴۲۶/۰۵	۴۱۷/۱۱	۴۰۵/۰۲	۳۸۰/۰۲	۳۵۰/۰۲	۳۲۰/۰۲	۲۹۰/۰۲	۲۶۰/۰۲	۲۳۰/۰۲	۲۰۰/۰۲	۱۷۰/۰۲	۱۴۰/۰۲	۱۱۰/۰۲	۸۰/۰۱
۳	۲۱۷/۰۸	۲۰۷/۰۲	۱۹۷/۰۲	۱۸۷/۰۲	۱۷۷/۰۲	۱۶۷/۰۲	۱۵۷/۰۲	۱۴۷/۰۲	۱۳۷/۰۲	۱۲۷/۰۲	۱۱۷/۰۲	۱۰۷/۰۲	۹۷/۰۱	۸۷/۰۱
۴	۲۱۷/۰۵	۲۰۷/۰۲	۱۹۷/۰۲	۱۸۷/۰۲	۱۷۷/۰۲	۱۶۷/۰۲	۱۵۷/۰۲	۱۴۷/۰۲	۱۳۷/۰۲	۱۲۷/۰۲	۱۱۷/۰۲	۱۰۷/۰۲	۹۷/۰۱	۸۷/۰۱
۳۰۰	۱۷۷/۰۸	۱۶۷/۰۲	۱۵۷/۰۲	۱۴۷/۰۲	۱۳۷/۰۲	۱۲۷/۰۲	۱۱۷/۰۲	۱۰۷/۰۲	۹۷/۰۲	۸۷/۰۲	۷۷/۰۲	۶۷/۰۱	۵۷/۰۱	۴۷/۰۱
۴۰۰	۱۷۷/۰۵	۱۶۷/۰۲	۱۵۷/۰۲	۱۴۷/۰۲	۱۳۷/۰۲	۱۲۷/۰۲	۱۱۷/۰۲	۱۰۷/۰۲	۹۷/۰۲	۸۷/۰۲	۷۷/۰۲	۶۷/۰۱	۵۷/۰۱	۴۷/۰۱

آرماتورگذاری^۵) نسبت حداکثر عرض تیر به تعداد گروه میلگردها، در حالتیکه میلگردهای با قطر مساوی در یک لایه قرار گرفته‌اند (به منظور کنترل ترک خوردنگی) مراجع، بندهای ۶-۲-۸ و ۷-۲-۸ و ۹-۲-۱۴ و ۲-۳-۱۴ و ۳-۳-۱۴ از آئین‌نامه بتون ایران و مقاله زیر :

"Crack Control in Beams Reinforced with Bundled Bars Using ACI 318-71 . "

Edvard G.Nawy, ACI JOURNAL, Proceeding V.69 , No. 10 , Oct . 1972 , pp
637-639.

$$\frac{b_w}{n} = \left(\frac{K \left(\frac{W}{13 \times 10^{-6} \times f_s} \right)^3}{2(d_c)^2} \right) \times (تعداد میلگرد های هر گروه)$$

$$K = 0.815$$

برای حالتیکه دو میلگرد در یک گروه قرار دارند

$$K = 0.65$$

برای حالتکه سه میلگرد در یک گروه قرار دارند

$$f_s = 0.6 f_v$$

	ترکیب گروه میلگردها	f_y (MPa)	bw/n			
			قطر میلگرد (mm)			
			۲۴	۲۶	۲۸	۳۰
W = 0.40	∞ $d_c = 55 + \frac{1}{2}d_b$ (mm)	۳۰۰	۹۰۶/۸۶	۸۸۰/۳۸	۸۵۵/۰۶	۸۳۰/۱۰
		۴۰۰	۳۸۲/۵۱	۳۷۱/۴۲	۳۶۰/۷۲	۳۵۰/۰۵
	\circlearrowleft $d_c = 55 + 0.788d_b$ (mm)	۳۰۰	۸۹۱/۴۸	۸۵۴/۶۴	۸۲۰/۰۵	۷۸۷/۰۵
		۴۰۰	۳۷۶/۰۸	۳۶۰/۰۴	۳۴۵/۹۶	۳۳۲/۲۲
	∞ $d_c = 55 + \frac{1}{2}d_b$ (mm)	۳۰۰	۶۰۷/۵۲	۵۸۹/۷۸	۵۷۲/۸۲	۵۵۶/۰۶
		۴۰۰	۲۵۶/۳۰	۲۴۸/۸۲	۲۲۱/۶۶	۲۳۴/۸۰
W = 0.35	\circlearrowleft $d_c = 55 + 0.788d_b$ (mm)	۳۰۰	۵۹۷/۲۱	۵۷۲/۰۵	۵۴۹/۳۶	۵۲۷/۰۵
		۴۰۰	۲۵۱/۹۴	۲۴۱/۵۳	۲۲۱/۷۵	۲۲۲/۰۷

آرماتور گذاری ۶ سطح مقطع میلگرد های موجود در بک مت عرض

قطر میلگرد (mm)	تعداد میلگردها در یک مترا	فاصله میلگرد (cm)
۲۸/۰۰	۲۶/۰۰	۱۴/۰۰
۲۷/۹۴	۲۶/۰۰	۱۳/۰۰
۲۷/۸۸	۲۶/۰۰	۱۲/۰۰
۲۷/۷۲	۲۶/۰۰	۱۱/۰۰
۲۷/۵۶	۲۶/۰۰	۱۰/۰۰
۲۷/۴۰	۲۶/۰۰	۹/۰۰
۲۷/۲۴	۲۶/۰۰	۸/۰۰
۲۷/۰۸	۲۶/۰۰	۷/۰۰
۲۶/۹۲	۲۶/۰۰	۶/۰۰
۲۶/۷۶	۲۶/۰۰	۵/۰۰
۲۶/۶۰	۲۶/۰۰	۴/۰۰
۲۶/۴۴	۲۶/۰۰	۳/۰۰
۲۶/۲۸	۲۶/۰۰	۲/۰۰
۲۶/۱۲	۲۶/۰۰	۱/۰۰
۲۶/۰۶	۲۶/۰۰	۰/۰۰
۲۵/۹۰	۲۵/۰۰	۱۴/۰۰
۲۵/۷۴	۲۵/۰۰	۱۳/۰۰
۲۵/۵۸	۲۵/۰۰	۱۲/۰۰
۲۵/۴۲	۲۵/۰۰	۱۱/۰۰
۲۵/۲۶	۲۵/۰۰	۱۰/۰۰
۲۵/۱۰	۲۵/۰۰	۹/۰۰
۲۴/۹۴	۲۵/۰۰	۸/۰۰
۲۴/۷۸	۲۵/۰۰	۷/۰۰
۲۴/۶۲	۲۵/۰۰	۶/۰۰
۲۴/۴۶	۲۵/۰۰	۵/۰۰
۲۴/۳۰	۲۵/۰۰	۴/۰۰
۲۴/۱۴	۲۵/۰۰	۳/۰۰
۲۴/۰۸	۲۵/۰۰	۲/۰۰
۲۳/۹۲	۲۵/۰۰	۱/۰۰
۲۳/۷۶	۲۵/۰۰	۰/۰۰
۲۳/۶۰	۲۴/۰۰	۱۴/۰۰
۲۳/۴۴	۲۴/۰۰	۱۳/۰۰
۲۳/۲۸	۲۴/۰۰	۱۲/۰۰
۲۳/۱۲	۲۴/۰۰	۱۱/۰۰
۲۳/۰۶	۲۴/۰۰	۱۰/۰۰
۲۲/۹۰	۲۴/۰۰	۹/۰۰
۲۲/۷۴	۲۴/۰۰	۸/۰۰
۲۲/۵۸	۲۴/۰۰	۷/۰۰
۲۲/۴۲	۲۴/۰۰	۶/۰۰
۲۲/۲۶	۲۴/۰۰	۵/۰۰
۲۲/۱۰	۲۴/۰۰	۴/۰۰
۲۱/۹۴	۲۴/۰۰	۳/۰۰
۲۱/۷۸	۲۴/۰۰	۲/۰۰
۲۱/۶۲	۲۴/۰۰	۱/۰۰
۲۱/۴۶	۲۴/۰۰	۰/۰۰
۲۰/۳۰	۲۳/۰۰	۱۴/۰۰
۲۰/۱۴	۲۳/۰۰	۱۳/۰۰
۱۹/۹۸	۲۳/۰۰	۱۲/۰۰
۱۹/۸۲	۲۳/۰۰	۱۱/۰۰
۱۹/۶۶	۲۳/۰۰	۱۰/۰۰
۱۹/۵۰	۲۳/۰۰	۹/۰۰
۱۹/۳۴	۲۳/۰۰	۸/۰۰
۱۹/۱۸	۲۳/۰۰	۷/۰۰
۱۸/۰۲	۲۳/۰۰	۶/۰۰
۱۷/۸۶	۲۳/۰۰	۵/۰۰
۱۷/۷۰	۲۳/۰۰	۴/۰۰
۱۷/۵۴	۲۳/۰۰	۳/۰۰
۱۷/۳۸	۲۳/۰۰	۲/۰۰
۱۷/۲۲	۲۳/۰۰	۱/۰۰
۱۷/۰۶	۲۳/۰۰	۰/۰۰
۱۶/۹۰	۲۲/۰۰	۱۴/۰۰
۱۶/۷۴	۲۲/۰۰	۱۳/۰۰
۱۶/۵۸	۲۲/۰۰	۱۲/۰۰
۱۶/۴۲	۲۲/۰۰	۱۱/۰۰
۱۶/۲۶	۲۲/۰۰	۱۰/۰۰
۱۶/۱۰	۲۲/۰۰	۹/۰۰
۱۵/۹۴	۲۲/۰۰	۸/۰۰
۱۵/۷۸	۲۲/۰۰	۷/۰۰
۱۵/۶۲	۲۲/۰۰	۶/۰۰
۱۵/۴۶	۲۲/۰۰	۵/۰۰
۱۵/۳۰	۲۲/۰۰	۴/۰۰
۱۵/۱۴	۲۲/۰۰	۳/۰۰
۱۴/۹۸	۲۲/۰۰	۲/۰۰
۱۴/۸۲	۲۲/۰۰	۱/۰۰
۱۴/۶۶	۲۲/۰۰	۰/۰۰
۱۳/۵۰	۲۱/۰۰	۱۴/۰۰
۱۳/۳۴	۲۱/۰۰	۱۳/۰۰
۱۳/۱۸	۲۱/۰۰	۱۲/۰۰
۱۳/۰۲	۲۱/۰۰	۱۱/۰۰
۱۲/۸۶	۲۱/۰۰	۱۰/۰۰
۱۲/۷۰	۲۱/۰۰	۹/۰۰
۱۲/۵۴	۲۱/۰۰	۸/۰۰
۱۲/۳۸	۲۱/۰۰	۷/۰۰
۱۲/۲۲	۲۱/۰۰	۶/۰۰
۱۲/۰۶	۲۱/۰۰	۵/۰۰
۱۱/۹۰	۲۱/۰۰	۴/۰۰
۱۱/۷۴	۲۱/۰۰	۳/۰۰
۱۱/۵۸	۲۱/۰۰	۲/۰۰
۱۱/۴۲	۲۱/۰۰	۱/۰۰
۱۱/۲۶	۲۱/۰۰	۰/۰۰
۱۰/۱۰	۲۰/۰۰	۱۴/۰۰
۱۰/۰۴	۲۰/۰۰	۱۳/۰۰
۹/۸۸	۲۰/۰۰	۱۲/۰۰
۹/۷۲	۲۰/۰۰	۱۱/۰۰
۹/۵۶	۲۰/۰۰	۱۰/۰۰
۹/۴۰	۲۰/۰۰	۹/۰۰
۹/۲۴	۲۰/۰۰	۸/۰۰
۹/۰۸	۲۰/۰۰	۷/۰۰
۸/۹۲	۲۰/۰۰	۶/۰۰
۸/۷۶	۲۰/۰۰	۵/۰۰
۸/۶۰	۲۰/۰۰	۴/۰۰
۸/۴۴	۲۰/۰۰	۳/۰۰
۸/۲۸	۲۰/۰۰	۲/۰۰
۸/۱۲	۲۰/۰۰	۱/۰۰
۷/۹۶	۱۹/۰۰	۱۴/۰۰
۷/۸۰	۱۹/۰۰	۱۳/۰۰
۷/۶۴	۱۹/۰۰	۱۲/۰۰
۷/۴۸	۱۹/۰۰	۱۱/۰۰
۷/۳۲	۱۹/۰۰	۱۰/۰۰
۷/۱۶	۱۹/۰۰	۹/۰۰
۷/۰۰	۱۹/۰۰	۸/۰۰
۶/۸۴	۱۸/۰۰	۱۴/۰۰
۶/۶۸	۱۸/۰۰	۱۳/۰۰
۶/۵۲	۱۸/۰۰	۱۲/۰۰
۶/۳۶	۱۸/۰۰	۱۱/۰۰
۶/۲۰	۱۸/۰۰	۱۰/۰۰
۶/۰۴	۱۸/۰۰	۹/۰۰
۵/۸۸	۱۷/۰۰	۱۴/۰۰
۵/۷۲	۱۷/۰۰	۱۳/۰۰
۵/۵۶	۱۷/۰۰	۱۲/۰۰
۵/۴۰	۱۷/۰۰	۱۱/۰۰
۵/۲۴	۱۷/۰۰	۱۰/۰۰
۵/۰۸	۱۷/۰۰	۹/۰۰
۴/۹۲	۱۶/۰۰	۱۴/۰۰
۴/۷۶	۱۶/۰۰	۱۳/۰۰
۴/۶۰	۱۶/۰۰	۱۲/۰۰
۴/۴۴	۱۶/۰۰	۱۱/۰۰
۴/۲۸	۱۶/۰۰	۱۰/۰۰
۴/۱۲	۱۶/۰۰	۹/۰۰
۳/۹۶	۱۵/۰۰	۱۴/۰۰
۳/۸۰	۱۵/۰۰	۱۳/۰۰
۳/۶۴	۱۵/۰۰	۱۲/۰۰
۳/۴۸	۱۵/۰۰	۱۱/۰۰
۳/۳۲	۱۵/۰۰	۱۰/۰۰
۳/۱۶	۱۵/۰۰	۹/۰۰
۲/۹۰	۱۴/۰۰	۱۴/۰۰
۲/۷۴	۱۴/۰۰	۱۳/۰۰
۲/۵۸	۱۴/۰۰	۱۲/۰۰
۲/۴۲	۱۴/۰۰	۱۱/۰۰
۲/۲۶	۱۴/۰۰	۱۰/۰۰
۲/۱۰	۱۴/۰۰	۹/۰۰
۱/۸۴	۱۳/۰۰	۱۴/۰۰
۱/۶۸	۱۳/۰۰	۱۳/۰۰
۱/۵۲	۱۳/۰۰	۱۲/۰۰
۱/۳۶	۱۳/۰۰	۱۱/۰۰
۱/۲۰	۱۳/۰۰	۱۰/۰۰
۱/۰۴	۱۳/۰۰	۹/۰۰
۰/۸۸	۱۲/۰۰	۱۴/۰۰
۰/۷۲	۱۲/۰۰	۱۳/۰۰
۰/۵۶	۱۲/۰۰	۱۲/۰۰
۰/۴۰	۱۲/۰۰	۱۱/۰۰
۰/۲۴	۱۲/۰۰	۱۰/۰۰
۰/۰۸	۱۲/۰۰	۹/۰۰

($f_c = 20 \text{ MPa}$) طول گیرائی میلگردهای آجدار با قطرهای مختلف در حالت آرماتور گذاری ۷-۱) آرماتور گذاری

db (mm)	$f_c = 20 \text{ MPa}$									
	$f_y = 240 \text{ MPa}$				$f_y = 300 \text{ MPa}$				$f_y = 400 \text{ MPa}$	
	$L_d \text{ (mm)}$		$L_{dc} \text{ (mm)}$	$L_d \text{ (mm)}$		$L_{dc} \text{ (mm)}$	$L_d \text{ (mm)}$		$L_{dc} \text{ (mm)}$	$L_{dc} \text{ (mm)}$
	$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$		$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$		$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$		
۶	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۴۴	۳۰۰	۱۵۰	
۸	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۴۴	۳۰۰	۱۵۰	۴۵۹	۳۲۴	۱۸۳	
۱۰	۳۴۴	۳۰۰	۱۵۰	۴۳۰	۳۰۴	۱۷۲	۵۷۳	۴۰۵	۲۲۹	
۱۲	۴۱۳	۳۰۰	۱۶۵	۵۱۶	۳۶۴	۲۰۶	۶۸۸	۴۸۶	۲۷۵	
۱۴	۴۸۲	۳۴۰	۱۹۳	۶۰۲	۴۲۵	۲۴۱	۸۰۳	۵۶۷	۳۲۱	
۱۶	۵۵۰	۳۸۹	۲۲۰	۶۸۸	۴۸۶	۲۷۵	۹۱۷	۶۴۸	۳۶۷	
۱۸	۶۱۹	۴۳۷	۲۴۸	۷۷۴	۵۴۶	۳۱۰	۱۰۳۲	۷۲۸	۴۱۳	
۲۰	۶۸۸	۴۸۶	۲۷۵	۸۶۰	۶۰۷	۳۴۴	۱۱۴۷	۸۰۹	۴۵۹	
۲۲	۷۴۶	۶۶۸	۳۰۳	۱۱۸۳	۸۳۵	۳۷۸	۱۵۷۷	۱۱۱۳	۵۰۵	
۲۴	۱۰۳۲	۷۲۸	۳۳۰	۱۲۹۰	۹۱۱	۴۱۳	۱۵۲۰	۱۲۱۴	۵۵۰	
۲۶	۱۱۱۸	۷۸۹	۳۵۸	۱۳۹۸	۹۸۷	۴۴۷	۱۸۶۳	۱۳۱۵	۵۹۶	
۲۸	۱۲۰۴	۸۵۰	۳۸۵	۱۵۰۵	۱۰۶۲	۴۸۲	۲۰۰۷	۱۴۱۷	۶۴۲	
۳۰	۱۲۹۰	۹۱۱	۴۱۳	۱۶۱۳	۱۱۳۸	۵۱۶	۲۱۵۰	۱۵۱۸	۶۸۸	
۳۲	۱۳۷۶	۹۷۱	۴۴۰	۱۷۲۰	۱۲۱۴	۵۵۰	۲۲۹۳	۱۶۱۹	۷۳۴	
۳۴	۱۴۶۲	۱۰۳۲	۴۶۸	۱۸۲۸	۱۲۹۰	۵۸۵	۲۴۴۷	۱۷۲۰	۷۸۰	
۳۶	۱۵۴۸	۱۰۹۳	۴۹۵	۱۹۳۵	۱۳۶۶	۶۱۹	۲۵۸۰	۱۸۲۱	۸۲۶	
۳۸	۱۶۳۴	۱۱۵۳	۵۲۳	۲۰۴۳	۱۴۴۲	۶۵۴	۲۷۲۳	۱۹۲۲	۸۷۱	
۴۰	۱۷۲۰	۱۲۱۴	۵۵۰	۲۱۵۰	۱۵۱۸	۶۸۸	۲۸۶۷	۲۰۲۴	۹۱۷	

پادداشت:

- ۱- طول گیرایی در کشش برای میلگردهایی که در روی دال یا تیر قرار می‌گیرند ۱.۳ برابر مقادیر جدول فوق می‌باشد.
- ۲- برای میلگردهای با بدنه صاف طول گیرایی دو برابر مقادیر جدول بالا می‌باشد.
- ۳- طول گیرایی مینا برای میلگردهای قلاب‌دار، ℓ_{dcb} برابر طول گیرایی میلگردهای مستقیم در فشار است.
- ۴- در محاسبه ℓ_{dc} ، ضرائب α_1 و α_2 برابر ۱ فرض شده‌اند.

$$(۲-۱۸) \quad \ell_{db} = \frac{d_b f_y}{4f_b}$$

$$(۷-۱۸) \quad \ell_{dc} = \alpha_1 \alpha_2 \ell_{dcb}$$

$$(۳-۱۸) \quad f_b = \lambda_1 \lambda_2 f_{bd}$$

$$\ell_{dcb} = \frac{d_b f_y}{4(1.5f_{bd})}$$

$$(۴-۱۸) \quad f_{bd} = 0.65 \sqrt{f_c}$$

$$\lambda_1 = 1 \quad d_b \leq 20 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 0.8 \quad d_b > 20 \text{ mm}$$

($f_c = 25 \text{ MPa}$) طول گیرائی میلگردهای آجدار با قطرهای مختلف در حالت ۱

db (mm)	$f_c = 20 \text{ MPa}$								
	$f_y = 240 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$		
	L_d (mm)		L_dc (mm)	L_d (mm)		L_dc (mm)	L_d (mm)		L_dc (mm)
	$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$		$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$		$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$	
6	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۸	۳۰۰	۱۵۰
8	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۸	۳۰۰	۱۵۰	۴۱۰	۳۰۰	۱۶۴
10	۳۰۸	۳۰۰	۱۵۰	۳۸۵	۳۰۰	۱۵۴	۵۱۳	۳۶۲	۲۰۵
12	۳۶۹	۳۰۰	۱۵۰	۴۶۲	۳۲۶	۱۸۵	۶۱۵	۴۳۴	۲۴۶
14	۴۳۱	۳۰۴	۱۷۲	۵۳۸	۲۸۰	۲۱۵	۷۱۸	۵۰۷	۲۸۷
16	۴۹۲	۳۴۸	۱۹۷	۶۱۵	۴۲۴	۲۴۶	۸۲۱	۵۷۹	۳۲۸
18	۵۵۴	۳۹۱	۲۲۲	۶۹۲	۴۸۹	۲۷۷	۹۲۳	۶۵۲	۳۶۹
20	۶۱۵	۴۳۴	۲۴۶	۷۶۹	۵۴۳	۳۰۸	۱۰۲۶	۷۲۴	۴۱۰
22	۷۸۶	۵۹۷	۲۷۱	۱۰۵۸	۷۲۷	۳۳۸	۱۴۱۰	۹۹۵	۴۵۱
24	۹۲۳	۶۰۲	۲۹۵	۱۱۵۴	۸۱۴	۳۶۹	۱۵۳۸	۱۰۸۶	۴۹۲
26	۱۰۰۰	۷۰۶	۳۲۰	۱۲۵۰	۸۸۲	۴۰۰	۱۶۶۷	۱۱۷۶	۵۳۳
28	۱۰۷۷	۷۶۰	۳۴۵	۱۳۴۶	۹۵۰	۴۳۱	۱۷۹۵	۱۲۶۷	۵۷۴
30	۱۱۵۴	۸۱۴	۳۶۹	۱۴۴۲	۱۰۱۸	۴۶۲	۱۹۲۲۳	۱۳۵۷	۶۱۵
32	۱۲۳۱	۸۶۹	۳۹۴	۱۵۳۸	۱۰۸۶	۴۹۲	۲۰۵۱	۱۴۴۸	۶۵۶
34	۱۳۰۸	۹۲۳	۴۱۸	۱۶۳۵	۱۱۵۴	۵۲۳	۲۱۷۹	۱۵۳۸	۶۹۷
36	۱۳۸۵	۹۷۷	۴۴۳	۱۷۳۱	۱۲۲۲	۵۵۴	۲۳۰۸	۱۶۲۹	۷۳۸
38	۱۴۶۲	۱۰۳۲	۴۶۸	۱۸۲۷	۱۲۹۰	۵۸۵	۲۴۳۶	۱۷۱۹	۷۷۹
40	۱۵۳۸	۱۰۸۶	۴۹۲	۱۹۲۳	۱۳۵۷	۶۱۵	۲۵۶۴	۱۸۱۰	۸۲۱

یادداشت:

- طول گیرایی در کشنش برای میلگردهایی که در روی دال یا تیر قرار می‌گیرند ۱.۳ برابر مقادیر جدول فوق می‌باشد.
- برای میلگردهای با بدنه صاف طول گیرایی دو برابر مقادیر جدول بالا می‌باشد.
- طول گیرایی مبنا برای میلگردهای قلابدار، ℓ_{dcb} برابر طول گیرایی میلگردهای مستقیم در فشار است.
- در محاسبه ℓ_{dc} ، ضرائب α_1 و α_2 برابر ۱ فرض شده‌اند.

$$(2-18) \quad \ell_{db} = \frac{d_b f_y}{4f_b}$$

$$(7-18) \quad \ell'_{dc} = \alpha_1 \alpha_2 \ell_{dc}$$

$$(3-18) \quad f_b = \lambda_1 \lambda_2 f_{bd}$$

$$\ell_{dc} = \frac{d_b f_y}{4(1.5 f_{bd})}$$

$$(4-18) \quad f_{bd} = 0.65 \sqrt{f_c}$$

$$\lambda_1 = 1 \quad d_b \leq 20 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 0.8 \quad d_b > 20 \text{ mm}$$

(fc = 30 MPa) طول گیرائی میلگردهای آجدار با قطرهای مختلف در حالت ۱-۷ آرماتور گذاری

db (mm)	fc = 20 MPa								
	fy = 240 MPa			fy = 300 MPa			fy = 400 MPa		
	L_d (mm)		L_dc (mm)	L_d (mm)		L_dc (mm)	L_d (mm)		L_dc (mm)
	$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$		$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$		$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$	
6	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰
8	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۷۵	۳۰۰	۱۵۰
10	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۲۵۱	۳۰۰	۱۵۰	۴۶۸	۳۳۰	۱۸۷
12	۲۲۷	۳۰۰	۱۵۰	۴۲۱	۳۰۰	۱۶۹	۵۶۲	۳۹۷	۲۲۵
14	۲۹۳	۳۰۰	۱۵۷	۴۹۲	۳۴۷	۱۹۷	۶۵۵	۴۶۳	۲۶۲
16	۴۴۹	۳۱۷	۱۸۰	۵۶۲	۳۹۷	۲۲۵	۷۴۹	۵۲۹	۳۰۰
18	۵۰۶	۳۵۷	۲۰۲	۶۳۲	۴۴۶	۲۵۳	۸۴۳	۵۹۵	۲۳۷
20	۵۶۲	۳۹۷	۲۲۵	۷۰۲	۴۹۶	۲۸۱	۹۳۶	۶۶۱	۳۷۵
22	۷۷۲	۵۴۵	۲۴۷	۹۶۶	۶۸۲	۳۰۹	۱۲۸۷	۹۰۹	۴۱۲
24	۸۴۳	۵۹۵	۲۷۰	۱۰۵۳	۷۴۴	۳۳۷	۱۴۰۴	۹۹۱	۴۴۹
26	۹۱۳	۶۴۴	۲۹۲	۱۱۴۱	۸۰۵	۳۶۵	۱۵۲۱	۱۰۷۴	۴۸۷
28	۹۸۳	۶۹۴	۳۱۵	۱۲۲۹	۸۶۷	۳۹۳	۱۶۳۸	۱۱۵۷	۵۲۴
30	۱۰۰۳	۷۴۴	۳۳۷	۱۳۱۷	۹۲۹	۴۲۱	۱۷۵۶	۱۲۳۹	۵۶۲
32	۱۱۲۴	۷۹۳	۳۶۰	۱۴۰۴	۹۹۱	۴۴۹	۱۸۷۳	۱۳۲۲	۵۹۹
34	۱۱۹۴	۸۴۳	۳۸۲	۱۴۹۲	۱۰۵۳	۴۷۸	۱۹۹۰	۱۴۰۴	۶۳۷
36	۱۲۶۴	۸۹۲	۴۰۴	۱۵۸۰	۱۱۱۵	۵۰۶	۲۱۰۷	۱۴۸۷	۶۷۴
38	۱۳۳۴	۹۴۲	۴۲۷	۱۶۶۸	۱۱۷۷	۵۳۴	۲۲۲۴	۱۵۷۰	۷۱۲
40	۱۴۰۴	۹۹۱	۴۴۹	۱۷۵۶	۱۲۳۹	۵۶۲	۲۳۴۱	۱۶۵۲	۷۴۹

پادداشت:

- ۱- طول گیرایی در کشش برای میلگردهایی که در روی دال یا تیر قرار می‌گیرند ۱.۳ برابر مقادیر جدول فوق می‌باشد.
- ۲- برای میلگردهای با بدنه صاف طول گیرایی دو برابر مقادیر جدول بالا می‌باشد.
- ۳- طول گیرایی مینا برای میلگردهای قلابدار، ℓ_{dcb} برابر طول گیرایی میلگردهای مستقیم در فشار است.
- ۴- در محاسبه ℓ_{dc} ، ضرائب α_1 و α_2 برابر ۱ فرض شده‌اند.

$$(2-18) \quad \ell_{db} = \frac{d_b f_y}{4f_b}$$

$$(7-18) \quad \ell_{dc} = \alpha_1 \alpha_2 \ell_{dcb}$$

$$(3-18) \quad f_b = \lambda_1 \lambda_2 f_{bd}$$

$$\ell_{dcb} = \frac{d_b f_y}{4(1.5f_{bd})}$$

$$(4-18) \quad f_{bd} = 0.65\sqrt{f_c}$$

$$\lambda_1 = 1 \quad d_b \leq 20 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 0.8 \quad d_b > 20 \text{ mm}$$

($f_c = 35 \text{ MPa}$) طول گیرائی میلگردهای آجدار با قطرهای مختلف در حالت ۱

db (mm)	$f_c = 20 \text{ MPa}$								
	$f_y = 240 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$		
	L_d (mm)		L_dc (mm)	L_d (mm)		L_dc (mm)	L_d (mm)		L_dc (mm)
	$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$		$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$		$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$	
6	300	300	150	300	300	150	300	300	150
8	300	300	150	300	300	150	347	300	150
10	300	300	150	325	300	150	423	306	173
12	312	300	150	390	300	156	520	367	208
14	364	300	150	405	321	182	607	428	243
16	416	300	166	520	367	208	693	490	277
18	468	330	187	585	413	234	780	551	312
20	520	367	208	650	459	260	857	612	347
22	715	505	229	894	631	286	1192	841	381
24	780	551	250	975	668	312	1300	918	416
26	845	597	270	1056	746	338	1409	994	451
28	910	642	291	1138	803	364	1517	1071	485
30	975	688	312	1219	860	390	1625	1147	520
32	1040	734	333	1300	918	416	1734	1224	555
34	1105	780	354	1382	975	442	1842	1300	589
36	1170	826	374	1463	1033	468	1950	1377	624
38	1235	872	395	1544	1090	494	2059	1453	659
40	1300	918	416	1625	1147	520	2167	1530	693

یادداشت:

- طول گیرایی در کشش برای میلگردهایی که در روی دال یا تیر قرار می‌گیرند ۱.۳ برابر مقادیر جدول فوق می‌باشد.
- برای میلگردهای با بدنه صاف طول گیرایی دو برابر مقادیر جدول بالا می‌باشد.
- طول گیرایی مینا برای میلگردهای قلابدار، ℓ_{dcb} برابر طول گیرایی میلگردهای مستقیم در فشار است.
- در محاسبه ℓ_{dc} ، ضرائب α_1 و α_2 برابر ۱ فرض شده‌اند.

$$(Y-18) \quad \ell_{db} = \frac{d_b f_y}{4f_b}$$

$$(Y-18) \quad \ell_{dc} = \alpha_1 \alpha_2 \ell_{dcb}$$

$$(3-18) \quad f_b = \lambda_1 \lambda_2 f_{bd}$$

$$\ell_{dcb} = \frac{d_b f_y}{4(1.5 f_{bd})}$$

$$(4-18) \quad f_{bd} = 0.65 \sqrt{f_c}$$

$$\lambda_1 = 1 \quad d_b \leq 20 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 0.8 \quad d_b > 20 \text{ mm}$$

آرماتور گذاری ۷-۵ طول گیرائی میلگردهای آجدار با قطرهای مختلف در حالت $f_c = 40 \text{ MPa}$ $k_1=k_2=k_3=1$

db (mm)	$f_c = 20 \text{ MPa}$									
	$f_y = 240 \text{ MPa}$				$f_y = 300 \text{ MPa}$				$f_y = 400 \text{ MPa}$	
	$L_d \text{ (mm)}$		$L_{dc} \text{ (mm)}$	$L_d \text{ (mm)}$		$L_{dc} \text{ (mm)}$	$L_d \text{ (mm)}$		$L_{dc} \text{ (mm)}$	
	$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$		$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$		$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$		
۶	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	
۸	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۲۴	۳۰۰	۱۵۰	
۱۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۴	۳۰۰	۱۵۰	۴۰۵	۳۰۰	۱۶۲	
۱۲	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۶۵	۳۰۰	۱۵۰	۴۸۷	۳۴۳	۱۹۵	
۱۴	۳۴۱	۳۰۰	۱۵۰	۴۲۶	۳۰۰	۱۷۰	۵۶۸	۴۰۱	۲۲۷	
۱۶	۳۸۹	۳۰۰	۱۵۶	۴۸۷	۳۴۳	۱۹۵	۶۴۹	۴۵۸	۲۵۹	
۱۸	۴۳۸	۳۰۹	۱۷۵	۵۴۷	۳۸۶	۲۱۹	۷۳۰	۵۱۵	۲۹۲	
۲۰	۴۸۷	۳۴۳	۱۹۵	۶۰۸	۴۲۹	۲۴۳	۷۱۱	۵۷۲	۳۲۴	
۲۲	۵۶۹	۴۷۲	۲۱۴	۸۳۶	۵۹۰	۲۶۸	۱۱۱۵	۷۸۷	۳۵۷	
۲۴	۷۳۰	۵۱۵	۲۳۴	۹۱۲	۶۴۴	۲۹۲	۱۲۱۶	۸۵۹	۳۸۹	
۲۶	۷۹۱	۵۵۸	۲۵۳	۹۸۸	۶۹۸	۳۱۶	۱۳۱۸	۹۳۰	۴۲۲	
۲۸	۸۵۱	۶۰۱	۲۷۲	۱۰۶۴	۷۵۱	۳۴۱	۱۴۱۹	۱۰۰۲	۴۵۴	
۳۰	۹۱۲	۶۴۴	۲۹۲	۱۱۴۰	۸۰۵	۳۶۵	۱۵۲۰	۱۰۷۳	۴۸۷	
۳۲	۹۷۳	۶۸۷	۳۱۱	۱۲۱۶	۸۵۹	۳۸۹	۱۶۲۲	۱۱۴۵	۵۱۹	
۳۴	۱۰۳۴	۷۳۰	۳۳۱	۱۲۹۲	۹۱۲	۴۱۴	۱۷۲۳	۱۲۱۶	۵۵۱	
۳۶	۱۰۹۵	۸۷۳	۳۵۰	۱۳۶۸	۹۶۶	۴۳۸	۱۸۲۴	۱۲۸۸	۵۸۴	
۳۸	۱۱۵۵	۸۱۶	۳۷۰	۱۴۹۴	۱۰۲۰	۴۶۲	۱۹۲۶	۱۳۵۹	۶۱۶	
۴۰	۱۲۱۶	۸۵۹	۳۸۹	۱۵۲۰	۱۰۷۳	۴۸۷	۲۰۲۷	۱۴۳۱	۶۴۹	

یادداشت:

- طول گیرایی در کشش برای میلگردهایی که در روی دال یا تیر قرار می‌گیرند ۱.۳ برابر مقادیر جدول فوق می‌باشد.
- برای میلگردهای با بدنه صاف طول گیرایی دو برابر مقادیر جدول بالا می‌باشد.
- طول گیرایی مبنا برای میلگردهای قلابدار، ℓ_{dcb} برابر طول گیرایی میلگردهای مستقیم در فشار است.
- در محاسبه ℓ_{dc} ، ضرائب α_1 و α_2 برابر ۱ فرض شده‌اند.

$$(۳-۱۸) \quad \ell_{db} = \frac{d_b f_y}{4f_b}$$

$$(۷-۱۸) \quad \ell_{dc} = \alpha_1 \alpha_2 \ell_{dcb}$$

$$(۳-۱۸) \quad f_b = \lambda_1 \lambda_2 f_{bd}$$

$$\ell_{dcb} = \frac{d_b f_y}{4(1.5f_{bd})}$$

$$(۴-۱۸) \quad f_{bd} = 0.65\sqrt{f_c}$$

$$\lambda_1 = 1 \quad d_b \leq 20 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 0.8 \quad d_b > 20 \text{ mm}$$

ضوابط ویژه برای

ظرافت در برابر زلزله

مثال ۱ طرح تیرهای سازه با توجه به ضوابط شکل‌پذیری از باد

تیر AB شکل زیر را با توجه به ضوابط شکل‌پذیری زیاد طرح نمایید.

مشخصات:

$$\text{ابعاد تیر } b \times h = 50 \times 60 \text{ cm}^2$$

$$\text{ضخامت دال } t = 20 \text{ cm}$$

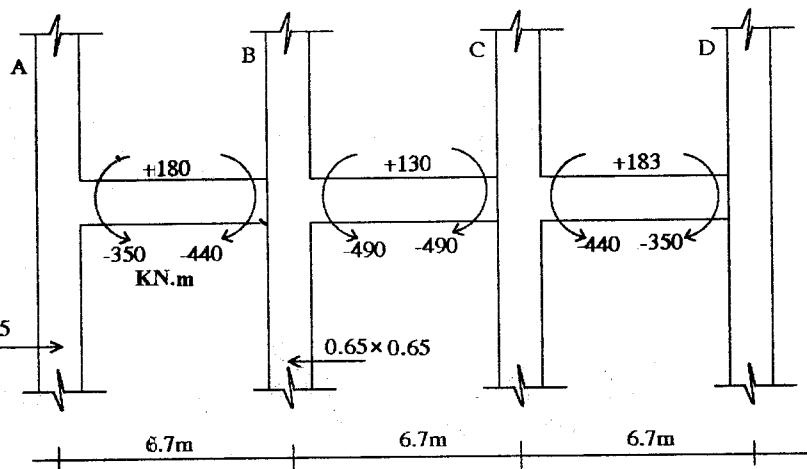
$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$(بدون ضریب) W_D = 55 \text{ KN/m} \quad \text{بار مرده روی تیر}$$

$$(بدون ضریب) W_L = 28 \text{ KN/m} \quad \text{بار زنده روی تیر}$$

$$N_u < 0.15 \phi_c f_c A_g$$

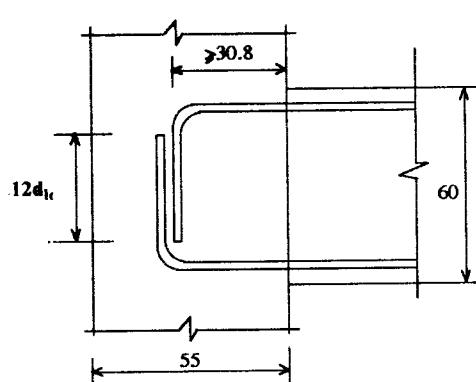


جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
		گام اول)	۱-۱-۱-۵-۲۰
		<p>کنترل ابعاد اعضای خمی در اعضای خمی قاب‌ها محدودیت‌های هندسی زیر باید رعایت شود:</p> <ul style="list-style-type: none"> الف- ارتفاع موثر مقطع نباید بیشتر از یک چهارم طول دهانه آزاد باشد. ب- عرض مقطع نباید کمتر از سدهم ارتفاع آن باشد. پ- عرض مقطع نباید : <ul style="list-style-type: none"> - بیشتر از عرض ستون تکیه‌گاهی، در صفحه عمود بر محور طولی عضو خمی، به اضافه سه چهارم ارتفاع عضو خمی در هر طرف ستون باشد. - بیشتر از عرض ستون تکیه‌گاهی به اضافه یک چهارم بعد دیگر مقطع ستون در هر طرف ستون باشد. - کمتر از ۲۵ سانتیمتر باشد. 	<p>کنترل ابعاد اعضای خمی در اعضای خمی قاب‌ها محدودیت‌های هندسی زیر باید رعایت شود:</p> <ul style="list-style-type: none"> الف- ارتفاع موثر مقطع نباید بیشتر از یک چهارم طول دهانه آزاد باشد. ب- عرض مقطع نباید کمتر از سدهم ارتفاع آن باشد. پ- عرض مقطع نباید : <ul style="list-style-type: none"> - بیشتر از عرض ستون تکیه‌گاهی، در صفحه عمود بر محور طولی عضو خمی، به اضافه سه چهارم ارتفاع عضو خمی در هر طرف ستون باشد. - بیشتر از عرض ستون تکیه‌گاهی به اضافه یک چهارم بعد دیگر مقطع ستون در هر طرف ستون باشد. - کمتر از ۲۵ سانتیمتر باشد.

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۲-۱-۵-۲.	<p>گام دوم)</p> <p>تعیین مقدار آرماتورهای خمشی</p> <p>الف- تکیه گاههای C و B</p> <p>چون از آرماتورهای ممتد در مقاطع استفاده می شود در نقطه B بیشترین لنگر خمشی منفی را معیار قرار می دهیم.</p> <p>$M_u^- = 490 \text{ KN.m}$</p> <p>$a = \frac{\phi_s A_s f_y}{0.85 \phi_c f_c b}$</p> <p>$M_u = \phi_s A_s f_y (d - \frac{a}{2})$</p>	<p>محاسبات</p> $a = \frac{0.85 \times A_s \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 30 \times 0.50} = 44.4 A_s$ $490 \times 10^{-3} = 0.85 \times A_s \times 400 (0.55 - \frac{44.4}{2} A_s)$ $7548 A_s^2 - 187 A_s + 0.49 = 0$ <p>بنابراین :</p> $A_s \approx 0.0030 \text{ m}^2 = 30 \text{ cm}^2$ <p>USE 8 Φ 22 , $A_s = 30.41 \text{ cm}^2$</p> <p>با این مقدار آرماتور ظرفیت خمشی مقطع را محاسبه می کنیم.</p> $a = \frac{\phi_s A_s f_y}{0.85 \phi_c f_c b}$ $M_r = \phi_s A_s f_y (d - \frac{a}{2})$ <p>ب- تکیه گاههای D , A</p>	
		<p>و ρ_{max} و ρ_{min}</p> $\rho = \frac{30.41}{50 \times 55} = 0.011$ $\rho_{min} = \frac{1.4}{400} = 0.0035 < \rho \quad \text{OK.}$ $\rho_{max} = 0.025 > \rho \quad \text{OK.}$	

بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۲-۲-۱-۵-۲۰	$M_u^- = 350 \text{ KN.m}$ $A_s = \frac{30}{490} \times 350 = 21.4 \text{ cm}^2$ $\text{USE } 6\Phi 22, A_s = 22.81 \text{ cm}^2$ $a = \frac{\phi_s A_s f_y}{0.85 \phi_c \cdot f_c \cdot b}$ $M_r = \phi_s A_s f_y (d - \frac{a}{2})$ پ- لنگرهای مثبت تکیه گاهها در تکیه گاههای عضو خمی باید آرماتور فشاری به مقدار نصف آرماتور کششی موجود در آن مقطع تأمین گردد. ت- لنگرهای مثبت وسط دهانه در هر عضو خمی حداقل یک چهارم آرماتور موجود در مقاطع تکیه گاهها، هر انتهای آرماتور بیشتری دارد، باید در سراسر طول تیر در بالا و در پایین ادامه داده شود.	$a = \frac{0.85 \times 22.81 \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 30 \times 50} = 10 \text{ cm}$ $M_r = 0.85 \times 22.81 \times 10^{-4} \times 400 (0.55 - \frac{0.1}{2}) \times 10^3$ $= 388 \text{ KN.m}$ در تکیه گاه A داریم: $\text{Min.} M_u^+ = \frac{388}{2} = 194 \text{ KN.m}$ در تکیه گاه B داریم: $\text{Min.} M_u^+ = \frac{504}{2} = 252 \text{ KN.m}$ لنگرهای فوق از لنگرهای مثبت بدست آمده از آنالیز بیشتر می باشند. به این نکته توجه شود که لنگر مثبت تکیه گاه B از لنگر مثبت وسط دهانه تیرهای AB و BC بیشتر شده است. چون می خواهیم آرماتورهای مثبت وسط دهانه به صورت سراسری از داخل تکیه گاهها عبور کنند و لنگر مثبت در تکیه گاه B بیشتر از لنگر مثبت وسط دهانه است آن را در طراحی مدنظر می گیریم. $M_u^+ = 252 \text{ KN.m}$ $A_s = \frac{30}{490} \times 252 = 15.4 \text{ cm}^2$ $\text{USE } 4\Phi 22, A_s = 15.21 \text{ cm}^2$	
۳-۲-۱-۵-۲۰			

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۲-۱-۵-۲.	$a = \frac{\phi_s A_s f_y}{0.85 \phi_c f_c b}$ $M_r = \phi_s A_s f_y (d - \frac{a}{2})$ $\rho = \frac{A_s}{bd}$ $\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y}, \frac{0.25\sqrt{f_c}}{f_y}$	$a = \frac{0.85 \times 15.21 \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 30 \times 50} = 6.8 \text{ cm}$ $M_r = 0.85 \times 15.21 \times 10^{-4} \times 400 (0.55 - \frac{0.068}{2}) \times 10^3 = 267 \text{ KN.m}$ $\rho = \frac{15.71}{50 \times 55} = 0.0057$ $\rho_{min} = \frac{1.4}{400} = 0.035 < \rho \text{ OK.}$ $\rho_{min} = \frac{0.25\sqrt{80}}{400} = 0.0035 < \rho \text{ OK.}$	
		بنابراین $\Phi 4$ را در پایین تیر قرار داده و در سرتاسر طول آن امتداد می‌دهیم.	
۳-۴-۵-۲۰	گام سوم)	محاسبه طول گیرایی آرماتورهای خمی در ستون خارجی برای مهار کردن این میلگردها در ستون از قلاب استاندارد ۹۰ درجه استفاده می‌شود.	
۴-۱۸	$f_{bd} = 0.65\sqrt{f_c}$	$f_{bd} = 0.65\sqrt{30} = 3.56 \text{ Mpa}$	
۱-۳-۴-۵-۲۰	$f_b = 2f_{bd}$	$f_b = 2 \times 3.56 = 7.12 \text{ Mpa}$	
۲-۱۸	$\ell_{dh} = \frac{d_b \cdot f_y}{4f_b}$	$\ell_{dh} = \frac{d_b \times 400}{4 \times 7.12} = 14d_b$	
۱-۳-۴-۵-۲۰	طول گیرایی قلاب همچنین نباید کمتر از مقادیر ۸ برابر قطر میلگرد و ۱۵۰ میلیمتر اختیار گردد.	$\ell_{dh} > 8 d_b \text{ O.K.}$	
۲-۴-۲-۸	تذکر: طبق آیین نامه بنیان ایران خم ۹۰ درجه به اضافه طول مستقیم برابر حداقل $12d_b$ در انتهای آزاد میلگرد قلاب استاندارد تلقی می‌شود.	$\ell_{dh} = 14 d_b \geq 15 \text{ cm}$	و باید:

بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۳-۲-۴-۵-۲۰	<p>تذکر: آرماتورهای طولی تیرها که به ستون ختم می‌شوند باید تا انتهای دیگر هسته محصور شده ستون ادامه یابند.</p>	<p>برای میلگرد های فوقانی ۲۲ Φ ۶ داریم:</p> $\ell_{dh} = 14 \times 2.2 = 30.8 \text{ cm} > 15 \text{ O.K.}$ <p>برای میلگرد های تحتانی ۲۲ Φ ۴ داریم:</p> $\ell_{dh} = 14 \times 2.2 = 30.8 \text{ cm} > 15 \text{ O.K.}$ 	
۲-۱-۵-۵-۲۰	<p>(گام چهارم)</p> <p>محاسبه آرماتورهای برشی مورد نیاز نیروی برشی نهایی V در اعضای خمشی باید با در نظر گرفتن تعادل استاتیکی بارهای قائم و لنگرهای خمشی موجود در مقاطع انتهایی عضو با فرض آنکه در این مقاطع مفصلهای پلاستیکی تشکیل شده‌اند، تعیین شود. طرفیت خمشی مفصلهای پلاستیکی مثبت یا منفی، باید برابر با لنگر خمشی مقاومت محتمل، M_p در نظر گرفته شود.</p>	<p>برای حرکت جانبی به سمت راست، برش تکیه گاه B در نتیجه لنگرهای پلاستیک دو انتهای تیر AB به صورت زیر محاسبه می‌شود.</p>	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی												
۱-۲-۲۰	MP_r $V_B = \frac{M_{l_{max}}^+ + M_{r_{max}}^-}{I_n}$	<p>محاسبه لنگر مقاوم خمشی محتمل ۴ $\Phi 22$</p> $4 \Phi 22 \rightarrow A_s = 15.21 \text{ cm}^2$ $a = \frac{15.21 \times 1.25 \times 400}{0.85 \times 30 \times 50} = 5.96$ $M_{Pr} = 15.21 \times 1.25 \times 400 \times 10^{-4}$ $(0.55 - \frac{0.0596}{2}) \times 10^3 = 395.6$													
۴-۳-۵-۱۰	$W = W_D + 1.2 \cdot W_L$	<p>محاسبه لنگر مقاوم خمشی محتمل ۸ $\Phi 22$</p> $8 \Phi 22 \rightarrow A_s = 30.41 \text{ cm}^2$ $a = \frac{30.41 \times 1.25 \times 400}{0.85 \times 30 \times 50} = 11.92$ $MP_r = 30.41 \times 1.25 \times 400 \times 10^{-4}$ $(0.55 - \frac{0.1192}{2}) \times 10^3 = 745$ <p>محاسبه لنگر مقاوم خمشی محتمل ۶ $\Phi 22$</p> $6 \Phi 22 \rightarrow A_s = 22.81 \text{ cm}^2$ $a = \frac{22.81 \times 1.25 \times 400}{0.85 \times 30 \times 50} = 8.945$ $MP_r = 22.81 \times 1.25 \times 400 \times 10^{-4}$ $(0.55 - \frac{0.08945}{2}) \times 10^3 = 576.2$ $V_B = \frac{395.6 + 745}{6.1} = 187 \text{ KN}$ $W = 55 + 1.2 \times 28 = 88.6 \text{ KN.m}$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>بارگذاری</th> <th>$V_c = \frac{M_A^\pm + M_B^\pm}{I_n} + \frac{W \cdot I_n}{2}$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>83.75</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>457</td> </tr> <tr> <td>حرکت جانبی به سمت راست</td> <td></td> </tr> <tr> <td>حرکت جانبی به سمت چپ</td> <td>429.54</td> </tr> <tr> <td></td> <td>110.92</td> </tr> </tbody> </table>	بارگذاری	$V_c = \frac{M_A^\pm + M_B^\pm}{I_n} + \frac{W \cdot I_n}{2}$	A	83.75	B	457	حرکت جانبی به سمت راست		حرکت جانبی به سمت چپ	429.54		110.92
بارگذاری	$V_c = \frac{M_A^\pm + M_B^\pm}{I_n} + \frac{W \cdot I_n}{2}$														
A	83.75														
B	457														
حرکت جانبی به سمت راست															
حرکت جانبی به سمت چپ	429.54														
	110.92														

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
		<p>نمودار برش:</p>	
۴-۱-۵-۵-۲۰	در اعضای خمشی، در صورتی که نیروی برشی ایجاد شده در عضو به علت اختلاف لنگرهای خمشی موجود در مفصل‌های پلاستیکی دو انتهای آن، بزرگتر از نصف نیروی برشی طرح باشد. مقدار نیروی برشی مقاوم بتن (V_c) را باید برابر صفر در نظر گرفت.	<p>در تکیه‌گاه B داریم:</p> $V_c = 457 \text{ KN}$ $\frac{V_c}{2} = 228.5 \text{ KN} > V_B$ <p>بنابراین V_c را برابر صفر نمی‌گیریم. به دلیل نزدیک بودن V_c و V_B مقدار V_B را در طراحی خاموتهای دو انتهای تیر مدنظر قرار می‌دهیم.</p>	
۱-۱-۳-۱۲	$V_c = 0.2\phi_c \sqrt{f_c} bd$	$V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{30} \times 0.5 \times 0.55 \times 10^3$ $V_c = 180.75 \text{ KN}$	
۲-۲-۱۲	$V_s = V_e - V_c$	$V_s = 457 - 180.75 = 276.25 \text{ KN}$	
۲-۳-۱-۵-۲۰	قطر تنگ‌های ویژه نباید کمتر از ۸ میلیمتر باشد.	با فرض استفاده از دو حلقه خاموت ۸ (۸ cm ²) داریم:	
۱-۲-۴-۱۲	$S = \frac{A_v \phi_s f_y d}{V_s}$	$S = \frac{2.01 \times 10^{-4} \times 0.85 \times 400 \times 0.55}{276.25 \times 10^{-3}} = 0.136 \text{ m}$	
۱-۳-۱-۵-۲۰	در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از بر تکیه‌گاه به سمت وسط دهانه، باید تنگ ویژه بکار برد شود.	$2h = 2 \times 60 = 120 \text{ cm}$ بنابراین در فاصله ۱۲۰ سانتیمتر از بر تکیه‌گاهها از $\Phi 8/14 \text{ cm}$ استفاده می‌کنیم.	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۲-۳-۱-۵-۲۰	<p>فاصله تنگ‌های ویژه از یکدیگر باید بیشتر از مقادیر زیر باشد:</p> <ul style="list-style-type: none"> - یک چهارم ارتفاع موثر مقطع. - ۸ برابر قطر کوچک‌ترین میلگرد طولی - ۲۴ برابر قطر خاموتها - ۳۰۰ میلیمتر 	$\frac{d}{4} = \frac{55}{4} = 13.75 \text{ cm}$ $8d_{b\ min} = 8 \times 2.2 = 17.6 \text{ cm}$ $24d_{bs} = 24 \times 1 = 24 \text{ cm}$ $300\text{mm} = 30 \text{ cm}$ <p>بنابراین S باید کمتر از ۱۳.۷۵ cm باشد.</p>	
۴-۳-۱-۵-۲۰	<p>در قسمت‌هایی از طول عضو خمشی که به تنگ ویژه نیاز نیست، فاصله خاموت‌ها باید بیشتر از نصف ارتفاع موثر مقطع اختیار شود.</p> <p>تذکر: برای خاموت‌گذاری تیر باید به نکات زیر توجه شود:</p> <ul style="list-style-type: none"> - فاصله اولین تنگ از بر تکیه‌گاه بیشتر از ۵ سانتیمتر نباشد. 	$S = 14 \text{ cm} \approx 13.75 \text{ O.K.}$ <p>در خارج از محدوده $2h$ از بر تکیه‌گاه داریم:</p> $S_{MAX} = \frac{d}{2} = \frac{55}{2} = 27.5 \text{ cm}$	
۳-۳-۱-۵-۲۰	<p>- در قسمت‌هایی از طول عضو خمشی که تنگ ویژه بکار برد می‌شود، میلگردهای طولی مقطع در محیط مقطع باید دارای تکیه‌گاه عرضی مطابق ضوابط بند (۴-۳-۴-۸) باشند.</p>		
۱-۳-۱-۵-۲۰	<p>- اگر بارگذاری طوری باشد که در طول دهانه امکان ایجاد مفصل پلاستیکی وجود داشته باشد. (مانند وجود بار مرمرک در نزدیکی وسط دهانه) باید در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع در دو سمت مقطع مورد نظر تنگ ویژه بکار برد.</p>		
۱-۳-۱-۵-۲۰	<p>- در طولی از عضو که برای تامین ظرفیت خمشی مقطع به آرماتور فشاری نیاز باشد باید از تنگ ویژه استفاده نمود.</p>		
۶-۲-۱-۵-۲۰	<p>- استفاده از وصله‌های پوششی در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از بر تکیه‌گاه، و در محل‌هایی که امکان تشکیل مفصل پلاستیکی در آنها در اثر تغییر مکان جانبی غیر الاستیکی قاب موجود باشد، مجاز نیست.</p>		
۵-۲-۱-۵-۲۰	<p>- در صورت استفاده از وصله‌های پوششی در قسمت‌های مجاز، باید در تمام طول وصله آرماتور عرضی از نوع تنگ یا مارپیچ قرار دارد فاصله آرماتورهای فوق باید از یک چهارم ارتفاع موثر مقطع و یا ۱۰ سانتیمتر تجاوز کند.</p>		

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آین نامه
		گام پنجم)	
	<p>نقاط قطع آرماتورهای منفی برای تعیین نقاط قطع آرماتورهای منفی، باید دیاگرام لنگر خمشی مربوط به لنگرهای پلاستیک انتهایی و بار گسترده روی تیر با شدت معادله $0.85 W_D$ را مد نظر قرار داد.</p> <p>در این قسمت نقطه قطع مربوط به چهار عدد از $\Phi 22$ مربوط به تکیه گاه B تعیین می گردد. با داشتن ظرفیت تحمل لنگر مقطعی که دارای $M_r = 267 \text{ KN.m}$ می توان فاصله این مقطع را از تکیه گاه B با استفاده از لنگرگیری حول این مقطع بدست آورد.</p>	$0.85 W_D = 0.85 \times 55 = 46.75 \text{ KN.m}$ $329.56 \times 745 - 46.75 \frac{x^2}{2} = -267$ <p>با حل معادله فوق داریم:</p> $x = 1.46 \text{ m}$ $d = 55 \text{ cm}$ $12 d_{bh} = 12 \times 2.2 = 26.4 \text{ cm} < d$ <p>بنابراین طول آرماتورهای قطع شونده از لبه تکیه گاه B برابر است با:</p> $x + d = 1.46 + 0.55 = 2.01 \approx 2.1 \text{ m}$ <p>طول گیرایی میگارد فوکانی 22 Φ با توجه به بند (۱-۲-۱۸) برابر است با:</p> $\ell_{dh1} = 96.4 \text{ cm}$ <p>و طول گیرایی با توجه به ℓ_{dh} برابر است با:</p> $\ell_{dh2} = 3.5 \ell_{dh} = 3.5 \times 30.8 = 107.8 \text{ cm}$ $\ell_d = \text{MAX} (\ell_{dh1}, \ell_{dh2})$ $\ell_d = 107.8 \text{ cm} < x + d \text{ O.K.}$ <p>به همین ترتیب می توان محل قطع دو عدد از $\Phi 22$ مربوط به تکیه گاه A را تعیین نمود.</p>	۱۱-۱۰
		آرماتورها باید از محل قطعی که وجودشان دیگر برای تحمل لنگر خمشی لازم نیست به اندازه حداقل برابر با d یا $12d_{bh}$ هر کدام بزرگترند، ادامه داده شوند. رعایت این ضابطه در انتهای عضو با تکیه گاه ساده یا انتهای آزاد عضو کنسولی الزامی نیست.	۳-۱-۳-۱۸
		طول گیرایی میلگرد های مستقیم l_d در میلگرد های فوکانی باید کمتر از $3/5$ برابر طول گیرایی میلگرد های قلاب دار تعریف شده در بند (۱-۳-۴-۵-۲۰) منظور گردد.	۳-۳-۴-۵-۲۰

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۶-۲-۱-۵-۲۰	<p>گام ششم)</p> <p>وصله آرماتورهای خمشی</p> <p>استفاده از وصله پوششی در محل های زیر مجاز نیست:</p> <ul style="list-style-type: none"> - در اتصالات تیرها به ستون ها - در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از بر تکیه گاه - در محل هایی که امکان تشکیل مفصل پلاستیکی در آنها در اثر تغییر مکان جانبی غیر الاستیکی قاب موجود باشد. <p>لازم به یادآوری است که استفاده از وصله های پوششی در میلگرد های طولی خمشی فقط در شرایطی مجاز است که در تمام طول وصله آرماتور عرضی از نوع تنگ یا مارپیچ موجود باشد.</p> <p>در ضمن فاصله آرماتورهای عرضی فوق از یکدیگر نباید از $\frac{d}{4}$ یا ۱۰ سانتیمتر تجاوز کند.</p> <p>الف . آرماتورهای تحتانی</p> <p>میلگرد های تحتانی تقریباً در کل طول تیر دارای تنش حداکثر می باشند.</p> <p>حداکثر لنگر بدست آمده از آنالیز در تیرهای AB و CD برابر KN.m 180 می باشد و لنگر مقاوم تیر به همراه 4Φ22 KN.m 267 است.</p>		
۱-۲-۴-۱۸	<p>در وصله های پوششی طول پوشش باید حداقل برابر با $A_s/d = 1.3$ باشد.</p> <p>تهما در صورتی که دو شرط زیر تواماً تامین باشد طول پوشش را می توان به مقدار کاهش داد:</p> <ul style="list-style-type: none"> - مقدار آرماتور موجود در ناحیه طول پوشش حداقل به اندازه دو برابر مقدار مورد نیاز باشد. - حداکثر نصف آرماتور موجود در مقطع در ناحیه طول پوشش وصله شود. 	<p>اگر نسبت آرماتورهای موجود به آرماتورهای لازم را برابر نسبت لنگر وارد به لنگر مقاوم بگیریم خواهیم داشت:</p> $\frac{\text{موجود}}{\text{لازم}} = \frac{267}{180} = 1.48 < 2$ <p>با توجه به اینکه نسبت فوق کمتر از دو است و در عین حال تمام میلگردها در ناحیه طول پوشش وصله می شوند. طول پوشش وصله برابر $d/1.31$ می باشد.</p>	

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
آرماتورگذاری ۳-۷	<p>است با:</p> <p>و طول گیرایی با توجه به l_{dh} برابر است با:</p> $l_{d1} = 14.20 \text{ cm}$ $l_{d2} = 2.5 l_{dh} = 2.5 \times 30.8 = 77 \text{ cm}$ $l_d = 7\pi \text{ cm}$ $1.3 l_d = 1.3 \times 77 = 100.1 \text{ cm}$ <p>و یا :</p> <p>ب- آرماتورهای فوقانی</p> <p>با توجه به اینکه وسط دهانه همواره تحت تاثیر لنگر خمی مثبت می‌باشد، بهتر است وصله آرماتورهای منفی در حوالی آن انجام شود.</p> <p>در وصله‌های پوششی طول پرسشن باید حداقل برابر باشد:</p> $1.3 l_d \geq 30 \text{ cm}$ <p>با توجه به گام پنجم داریم:</p> $l_d = 107.8 \text{ cm}$ $1.3 l_d = 1.3 \times 107.8 = 140.14 \text{ cm}$ <p>و یا :</p> <p>140 cm ≈ طول پوشش</p>	<p>لازم به ذکر است که طول پوشش در هیچ حالت نباید کمتر از ۳۰ سانتیمتر اختیار شود.</p> <p>طول گیرایی میلگردهای مستقیم تحتانی، مطابق تعریف بند (۱-۲-۱۸) نباید از $2/5$ برابر طول گیرایی میلگردهای قلابدار تعریف در بند (۱-۳-۴-۵-۲۰) کمتر باشد.</p> <p>$l_d = \text{MAX} (l_{d1}, l_{d2})$</p> <p>$l_d = 1.3 l_{dh}$ = طول پوشش</p>	۳-۳-۴-۵-۲۰
			۱-۲-۴-۱۸

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	گام هفتم) رسم نقشه جزئیات تیر		
۲-۳-۱-۵-۲۰	تذکر ۱ : قطر تنگ‌های ویژه نباید کمتر از ۸ میلیمتر باشد.		
۵-۲-۱-۵-۲۰	تذکر ۲ : در محل وصله آرماتورها، فواصل میلگرد‌ها عرضی نباید بیشتر از $\frac{d}{4}$ و یا ۱۰ سانتیمتر باشد.		
۲-۳-۱-۵-۲۰	تذکر ۳ : فاصله اولین تنگ از بر تکیه گاه نباید بیشتر از ۵ سانتیمتر باشد.		
۲-۳-۱-۵-۲۰	تذکر ۴ : آرماتورهایی که در مقطع تیر با دایره توخالی نشان داده شده‌اند، مربوط به میلگرد‌های تقویتی قطع شده روی تکیه گاه‌ها می‌باشند.		
۲-۳-۱-۵-۲۰	تذکر ۵ : میلگرد‌های طولی موجود در تاجیه دارای تنگ‌های ویژه نباید دارای تکیه گاه عرضی مطابق ضوابط بند (۳-۵-۴-۸) باشند.		

مثال ۲ طرح ستون‌های سازه با توجه به ضوابط شکل‌پذیری زیاد

خاموت‌های ستون کناری طبقه دوم قاب مثال قبل را با توجه به ضوابط شکل‌پذیری زیاد طرح نمایید. بارهای وارد بر ستون در جدول زیر آمده‌اند.

ترکیب بارگذاری	ستون کناری طبقه دوم		
	KN	لنجر خمشی KN.m	
		بالا	پایین
U ₁	-۲۰۳۰	-۸۸	+۸۸
حرکت به سمت راست U ₂	-۱۳۴۶۵	-۵/۵	-۱۵
	-۱۹۸۳۸	-۱۵۹	+۱۸۱
حرکت به سمت راست U ₃	-۱۶۰۲	+۳۷	-۵۹
	-۲۹۷۵	-۱۱۶	+۱۳۷

مشخصات :

$$\text{ابعاد ستون } C_1 \times C_2 = 55 \times 55 \text{ cm}^2$$

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

آرماتورهای طولی ۸Φ 22

$$U_1 = 1.25 D + 1.5 L$$

$$U_2 = D + 1.2 L + 1.2 E$$

$$U_3 = +0.85D + 1.2 E$$

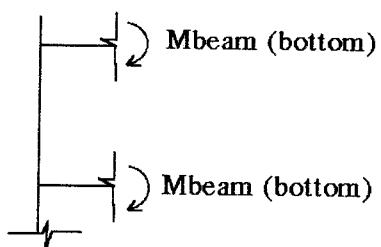
$$\text{ارتفاع آزاد ستون } h = 3 \text{ m}$$

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام اول)	
	<p>کنترل ابعاد ستون در ستون محدودیت‌های هندسی زیر باید رعایت شوند:</p> <ul style="list-style-type: none"> - عرض مقطع نباید کمتر از چهاردهم بعد دیگر آن و نباید کمتر از 30° سانتیمتر باشد. - نسبت طول آزاد ستون به عرض آن در ستونهایی که زیر اثر لنگرهای خمی موجود در دو انتهای در دو جهت خم می‌شوند نباید بیشتر از ۱۶ و در ستونهای کنسولی نباید بیشتر از ۱۰ باشد. 	$\frac{C_1}{C_2} = \frac{55}{55} = 1 > 0.4 \text{ O.K.}$ $C_1 = 55 > 30 \text{ cm O.K.}$ $\frac{h}{C_1} = \frac{300}{55} = 5.45 < 16 \text{ O.K.}$	
	گام دوم)		
۲-۵-۲۰	<p>کنترل محدودیت‌های آرماتورهای قائم و ظرفیت خمی مقطع در صورتی که P_u از $0.15\phi_c f_c A_g$ بیشتر باشد ضوابط اعضای فشاری خمی را باید کنترل نمود.</p>	$P_u (\text{MAX}) = 4838 \text{ KN} \quad (\text{حرکت به سمت چپ})$ $0.15\phi_c f_c A_g = 0.15 \times 0.6 \times 30 \times 0.55^2 \times 10^3 = 816.75 \text{ KN} < P_u \text{ O.K.}$	
۱-۲-۲-۵-۲۰	<p>در ستونها نسبت آرماتور طولی نباید کمتر از یک درصد و بیشتر از شش درصد در نظر گرفته شود. نسبت آرماتور در خارج از محل وصله‌ها به چهار و نیم درصد محدود می‌شود.</p>	$0.85 < \rho = \frac{A_{st}}{A_g} < 0.045 \quad \rho = \frac{8 \times 6.16}{55 \times 55} = 0.016 \text{ O.K.}$	
۱-۴-۲-۵-۲۰	<p>در اتصالات تیرها به ستونها، لنگرهای خمی مقاوم ستونها باید در رابطه زیر صدق کنند:</p>	<p>برای محاسبه M_c دیاگرام تداخلی مربوط به حالت</p> $\frac{d}{4} = \frac{50}{55} = 0.9 \quad \text{و} \quad f_y = 400 \text{ MPa}, f_c = 30 \text{ MPa}$ <p>نظر می‌گیریم.</p>	

بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۲-۴-۲-۵-۲۰	$\sum M_e \geq 1.2 \sum M_g \text{ (تیرها) (ستونها)}$ <p style="text-align: center;">$\frac{P_u(\text{MAX})}{A_g} = \frac{4838 \times 10^{-3}}{0.55 \times 0.55} = 16 \text{ MPa}$</p> <p style="text-align: center;">با توجه به مقدار فوق و $\rho = 0.016$ و دیاگرام تداخلی مربوطه داریم:</p> $\frac{M}{A_g} = 1.6$ <p style="text-align: center;">و یا:</p> $M = 1.6 \times 0.55^2 \times 0.55 \times 10^3 \approx 266 \text{ KN.m}$ <p style="text-align: center;">با فرض مشابه بودن ستون بالا و پایین تیر داریم:</p> $\sum M_e = 2 \times 266 = 532 \text{ KN.m}$ <p style="text-align: center;">برای حرکت به سمت چپ باید لنگر مقاوم منفی تیر را در نظر گرفت. با توجه به مثال یک، مقدار M_e در تکیه‌گاه A برابر است با:</p> $M_e = 388 \text{ KN.m}$ $1.2 \sum M_g = 1.2 \times 388 \approx 466 < \sum M_e \text{ O.K.}$ <p>تذکر ۱: در شرایط زیر می‌توان رابطه $\sum M_e \geq 1.2 \sum M_g$ را نادیده گرفت.</p> <p>- چنانچه تعداد ستون‌های موجود در یک طبقه در یک قاب بیشتر از چهار عدد باشند، از هر چهار ستون یک ستون می‌تواند رابطه فوق را ارضاء نکند.</p>		

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۳-۴-۲-۵-۲۰	- ستونهای قابها و یک و دو طبقه و نیز ستونهای طبقه آخر در قابهای چند طبقه می توانند رابطه فوق را ارضانکنند.		
۴-۴-۲-۵-۲۰	تذکر ۲: چنانچه ستونی رابطه		
۵-۴-۲-۵-۲۰	$\sum M_e \geq 1.2 \sum M_g$ را ارضانکند یا باید در تمام طول دلای آرماتورگذاری عرضی ویژه باشد و یا باید از کمک آن به سختی جانبی و مقاومت سازه در برابر بار زلزله صرفنظر شود		
۱-۴-۲-۵-۲۰	تذکر ۳: به خاطر سه بعدی بودن سازه، ستون مورد نظر را باید در قاب عمود بر قاب فوق نیز کنترل نمود. تذکر ۴: جمع لنگرهای باید چنان صورت گیرد که لنگرهای ستونها در جهت مخالف لنگرهای تبرها قرار گیرند.		
۱-۳-۲-۵-۲۰	(گام سوم) محاسبه آرماتورهای عرضی ستون الف- محاسبه سطح مقطع کل تنگهای ویژه طول ناحیه بحرانی l_0 که از بر اتصال ستون به اعضای جانبی اندازه گیری می شود باید کمتر از مقدار زیر در نظر گرفته شود: - یک ششم ارتفاع آزاد ستون - ضلع بزرگتر مقطع مستطیل شکل را با قطر مقطع دایرهای شکل. - ۴۵ سانتیمتر	$l_0 \geq \frac{300}{6} = 50 \text{ cm}$ $l_0 \geq 55 \text{ cm}$ $l_0 \geq 45 \text{ cm}$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		بنابراین طول l_0 باید حداقل برابر ۵۵ سانتیمتر باشد.	۴-۳-۲-۵-۲۰
	$S \leq \frac{55}{4} = 13.75 \text{ cm}$ $S \leq 8 \times 2.8 = 22.4 \text{ cm}$ $S \leq 12.5 \text{ cm}$	قطر میلگردهای عرضی در ناحیه بحرانی نباید کمتر از ۸ میلیمتر و فاصله سفره میلگردها از یکدیگر نباید بیشتر از مقادیر زیر باشد: - یک چهارم ضلع کوچکتر مقطع ستون - هشت برابر کوچکترین قطر میلگرد طولی - $12/5$ سانتیمتر	
	بنابراین S را برابر ۱۰ سانتیمتر در نظر می‌گیریم.	در ستون‌های با مقطع مستطیل، سطح مقطع کل تنگ‌های ویژه در هر امتداد A_{sh} نباید کمتر از دو مقدار زیر باشد:	۲-۳-۲-۵-۲۰
	$A_{sh} \geq 0.3(s.h_c \cdot \frac{f_c}{f_{yh}}) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$ $A_{sh} \geq 0.09s.h_c \cdot \frac{f_c}{f_{yh}}$	$A_{sh} \geq 0.30(10 \times 44.6 \times \frac{300}{400}) \times \left(\frac{55 \times 55}{46 \times 46} - 1 \right)$ $= 4.31 \text{ cm}^2$ $A_{sh} \geq 0.09 \times 10 \times 44.6 \times \frac{30}{400} = 3 \text{ cm}^2$	معادله ۴-۲۰ معادله ۵-۲۰
	بنابراین از یک حلقه خاموت $\Phi 14$ به همراه یک قلاب دوخت $\Phi 14$ در هر جهت استفاده می‌شود.	که در آن: $h_c =$ فاصله محور تا محور میلگردهای محصور کننده A_{ch} = مساحتی که بر اساس اندازه پشت تا پشت میلگردهای عرضی محاسبه می‌شود. تذکر ۱: می‌توان از قلاب‌های دوخت با قطر و فاصله مشابه تنگ‌ها که دارای خم 90° درجه در یک انتهای آنست استفاده کرد. هر انتهای قلاب دوخت باید در برگیرنده یک میلگرد طولی باشد و محل خم 90° درجه آن باید در امتداد میلگرد طولی یک در میان عوض شود.	۰-۲۰
	$A_{sh} = 3 \times 1.54 = 4.62 \text{ cm}^2 \text{ O.K.}$		۵-۳-۲-۵-۲۰

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۵-۳-۴-۸	<p>تذکر ۲ : در هر مقطع ستون تعداد خاموتها باید طولی باشد که هر یک از میلگرد های زیر، در گوشه یک خاموت با زاویه داخلی حداقل ۱۳۵ درجه بطور جانی قرار گیرد:</p> <ul style="list-style-type: none"> - هر میلگردی که در گوشه عضو واقع شود. - هر میلگرد غیر گوشه ای بصورت حداقل یک در میان <p>- هر میلگردی که فاصله آزاد آن تا میلگرد محصور شده مجاور بیشتر از ۱۵ سانتیمتر باشد.</p> <p>ب- محاسبه آرماتورهای عرضی برای برش</p>		
۳-۱-۵-۵-۲۰	<p>برش موجود در ستون را با توجه به لنگر خمسی منتقل شده از طرف تیرهای متصل به آن بدست می آوریم.</p>  <p>در صورت مساوی بودن مقطع و طول ستون ها در طبقه بالا و پایین M مربوط به تیر به نسبت مساوی بین آنها تقسیم می شود و به هر کدام $\frac{M}{2}$ می رسد. بنابراین V_e از رابطه زیر بدست می آید:</p> $V_e = \frac{M_{beam}(\text{top})/2 + M_{beam}(\text{bottom})/2}{h}$	<p>با توجه به مثال یک، برای حالتی که حرکت جانبی به سمت چپ باشد مقدار لنگر تیر برابر 576.2 KN.m است.</p> $V_e = \frac{\frac{576.2}{2} + \frac{576.2}{2}}{3} = 192 \text{ KN}$	

ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله

بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۲-۱-۳-۱۲ ۱۱-۳-۲-۵-۲۰	$V_c = 0.2\phi_c \sqrt{f_c} \left(1 + \frac{N_u}{12A_g}\right) b_w d$ <p>در قسمت هایی از طول ستون که آرماتور گذاری عرضی ویژه اجرا نمی شود باید آرماتور عرضی به قطر حداقل ۸ میلیمتر بکار برد و شود. فاصله این میلگردها از یکدیگر نباشد بیشتر از نصف ضلع کوچکتر مقطع ستون، شش برابر قطر آرماتور طولی و یا ۲۰ سانتیمتر اختیار گردد.</p> <p>بنابراین بتن به تنها می تواند برش را تحمل کند.</p>	$V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{30} \times \left(1 + \frac{4838 \times 10^{-3}}{12 \times 0.55 \times 0.55}\right) \times 0.55 \times 0.5 \times 10^3 = 421.6 \text{ KN} > V_e \text{ O.K.}$ $S \leq \frac{55}{2} = 27.5 \text{ cm}$ $S \leq 6 \times 2.8 = 16.8 \text{ cm}$ $S \leq 20 \text{ cm}$	
۱-۲-۴-۵-۲۰	<p>تذکر: آرماتور گذاری عرضی ویژه را در داخل اتصال نیز ادامه می دهیم.</p>	بنابراین از خاموت های $\Phi 8$ به فواصل ۱۵ سانتیمتری استفاده می کنیم.	
۳-۲-۲-۵-۲۰ ۵-۲-۱-۵-۲۰	<p>گام چهارم)</p> <p>محاسبه طول وصله های پوششی آرماتورهای قائم ستون.</p> <p>استفاده از وصله پوششی در میلگردهای طولی فقط در نیمه میانی طول ستون مجاز است. طول پوشش این وصله ها باید برای وصله های کنشی در نظر گرفته شود.</p> <p>فواصل سفره های در برگیرنده وصله از یکدیگر نباید بیشتر از $\frac{d}{4}$ و یا ۱۰ سانتیمتر اختیار شود</p>	$S \leq \frac{d}{4} = \frac{50}{4} = 12.5 \text{ cm}$ $S \leq 10 \text{ cm}$	

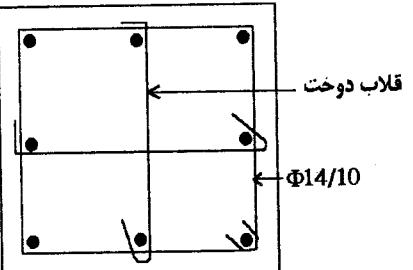
بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۲-۴-۱۸	<p>در وصله های پوششی طول پوشش باید حداقل برابر با $1.3\ell_d$ باشد.</p> <p>البته اگر نسبت آرماتور موجود به آرماتور مورد نیاز در ناحیه پوشش بزرگتر از دو باشد و حداکثر نصف آرماتور موجود در مقطع وصله شود می توان مقدار فوق را برابر ℓ_d گرفت.</p> <p>تذکر: در محاسبه طول گیرایی به ضوابط بخش ۳-۴-۵-۲۰ (۳-۴-۵-۲۰ توجه شود)</p>	<p>بنابراین S را در این فاصله برابر ۱۰ سانتیمتر فرض می کنیم.</p> <p>طول گیرایی $\Phi 28$ با توجه به بند (۱-۲-۲-۱۸) برابر است با:</p> $\ell_d = 115.7 \text{ cm}$ $1.3\ell_d = 1.3 \times 115.7 = 150.4 \text{ cm}$ <p>بنابراین طول پوشش را برابر ۱۵۰ سانتیمتر در نظر می گیریم.</p>	آرماتور گذاری ۳-۷
۱-۲-۲-۵-۲۰	<p>رسم نقشه جزئیات ستون</p> <p>تذکر ۱: نسبت آرماتور طولی حداکثر در محل وصله ها برابر شش درصد و در خارج از محل وصله ها برابر چهار و نیم درصد می باشد.</p> <p>تذکر ۲: فاصله محور تا محور میلگرد های طولی از یکدیگر نباید بیشتر از ۲۰ سانتیمتر باشد.</p> <p>تذکر ۳: در هر مقطع ستون فاصله قلاب های دوخت یا شاخه های تنگ ها از یکدیگر در جهت عمود بر محور طولی ستون، نباید بیشتر از ۳۵ سانتیمتر باشد.</p> <p>تذکر ۴: در محل اتصال ستون به شالوده آرماتور طولی ستون که به داخل شالوده برده شد است باید در طولی حداقل برابر با ۳۰ سانتیمتر با آرماتور گذاری عرضی ویژه تقویت گردد.</p>	<p>(گام پنجم)</p>	
۲-۲-۲-۵-۲۰			
۶-۳-۲-۵-۲۰			
۱۰-۳-۲-۵-۲۰			

مثال ۳ طرح اتصالات تیر به ستون کناری سازه با توجه به ضوابط شکل‌پذیری زیاد

آرماتورهای عرضی و مقاومت برشی اتصال تیر به ستون کناری مثال یک را با توجه به ضوابط شکل‌پذیری زیاد طرح نمایید فرض کنید اتصال مورد نظر در طبقه دوم می‌باشد.

بند آینین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۲-۴-۵-۲۰	<p>گام اول)</p> <p>محاسبه آرماتورهای عرضی محصور کننده آرماتورهای عرضی ویژه باید در داخل اتصالات نیز ادامه داده شوند.</p> <p>البته در اتصالاتی که در چهار سمت توسط تیرها محصور شده‌اند و عرض تیرها کمتر از سه چهار عرضی از ستون که به آن متصل می‌شوند نیستند، باید در طولی به اندازه کوتاه‌ترین ارتفاع تیر در اتصال، آرماتورگذاری عرضی ویژه مساوی با نصف آنچه در ناحیه بحرانی ۱۵ گفته شد، بکار برده شود. فاصله آرماتورهای عرضی در این اتصالات را می‌توان تا ۱۵ سانتیمتر افزایش داد.</p>	<p>این اتصال در سه سمت توسط تیرها محصور شده است. بنابراین باید آرماتورهای ویژه بدون هیچگونه تخفیفی در داخل آن ادامه داده شوند.</p>	
	<p>گام دوم)</p> <p>کنترل مقاومت برشی اتصال</p>		

بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۳-۱-۴-۵-۲۰	<p>برش در مقطع X-X از اتصال فوق را باید با کم کردن نیروی کششی آرماتورهای فوقانی تیر، T از نیروی برشی ستون فوقانی بدست آورد.</p> <p>برای محاسبه نیروی برشی ستون با توجه به مثال دو از رابطه زیر استفاده می‌کنیم.</p> $V_h = \frac{M_{beam}(\text{top})/2 + M_{beam}(\text{bottom})/2}{h}$ <p>تذکر ۱: برای محاسبه مساحت A_j به شکل زیر توجه شود.</p> <p>تذکر ۲: اتصال مورد نظر باید در قائم عمود بر قاب فوق نیز کنترل گردد.</p>	$T = 1.25 \times 1 \times (6 \times 3.8 \times 10^{-4}) \times 400 \times 10^3$ $T = 1139 \text{ KN}$ <p>با توجه به مثال یک برای حرکت به سمت چپ مقدار M_{MAX} برابر است با:</p> $M_{MAX} = 576.2 \text{ KN.m}$ $V_h = \frac{576.2}{3} = 192 \text{ KN}$ $V_u = 1139 - 192 = 947 \text{ KN}$ <p>تذکر ۱: برای اتصالات محصور شده در سه سمت داریم:</p> $V_r = 9 A_j (0.2 \phi_c \sqrt{f_c})$ <p>در صورتی که V_r کمتر از V_u شود، باید یا سطح مقطع ستون را افزایش داد (افزایش A_j) و یا ارتفاع تیر را اضافه کرد (کاهش فولاد مورد نیاز و T مربوط به آن).</p>	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	<p style="text-align: center;">گام سوم)</p> <p>رسم نقشه جزئیات اتصال با توجه به اینکه وجود قلاب دوخت $\Phi 14$ در داخل اتصال ممکن است مشکلات اجرایی ایجاد نماید. می‌توان آنرا حذف کرد و فقط از یک حلقه خاموت $\Phi 18$ به عنوان آرماتور عرضی استفاده نمود.</p> <p style="text-align: center;">$A_{sh} = 2 \times 2.54 = 5.08 \text{ cm}^2 > 4.31 \text{ O.K.}$</p>		
۶-۵-۲-۳-۲-۱	<p>تذکر : آیین نامه بتن ایران اجازه نمی‌دهد که فاصله قلاب‌های دوخت یا شاخه‌های تنگ‌ها از یکدیگر در جهت عمود بر محور طولی ستون از ۳۵ سانتیمتر بیشتر شود. البته چون اتصال فوق از سه طرف توسط تیرها محصور شده است در هنگام پیشنهاد استفاده از خاموت $\Phi 18$ به این محدودیت توجه نشده است.</p>	 <p style="text-align: center;">SECA-A</p>	

مثال ۴ طرح اتصالات تیر به ستون میانی سازه با توجه به ضوابط شکل‌پذیری زیاد

آرماتورهای عرضی و مقاومت برشی اتصال تیر به ستون میانی مثال یک را با توجه به ضوابط شکل‌پذیری زیاد طرح نمایید.

: مشخصات

$$\text{ابعاد ستون } c_1 \times c_2 = 65 \text{ cm}^2$$

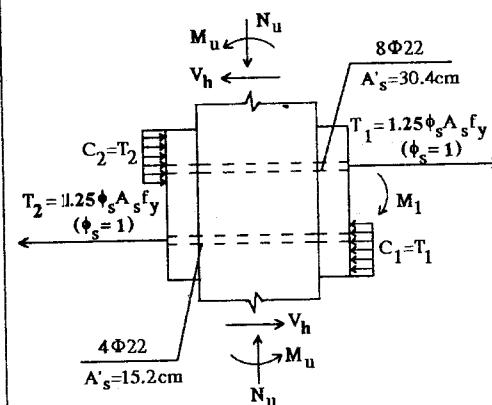
$$f_c = 300 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

آرماتورهای طولی ۸ $\Phi 34$

$$\text{ابعاد } b \times d = 50 \times 55 \text{ cm}^2$$

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۴-۳-۲-۵-۲۰	<p>(گام اول)</p> <p>محاسبه آرماتورهای عرضی محصور کننده فاصله خاموت‌ها از یکدیگر نباید بیشتر از مقادیر زیر باشد:</p> <ul style="list-style-type: none"> - یک چهارم ضلع کوچکتر مقطع ستون - هشت برابر کوچکترین قطر میلگرد طولی - $12/5$ سانتیمتر 	$S \leq \frac{65}{4} = 16.25 \text{ cm}$ $S \leq 8 \times 3.4 = 27.2 \text{ cm}$ $S \leq 12.5 \text{ cm}$	
۲-۱-۴-۱۸	<p>بنابراین S را برابر ۱۲ سانتیمتر در نظر می‌گیریم.</p> <p>تذکر : استفاده از وصله‌های پوششی در مورد میلگردهای با قطر کمتر از ۳۶ میلیمتر مجاز است. بنابراین میلگردهای طولی حداکثر قطر مجاز را دارا می‌باشند.</p>		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		$A_{sh} \geq 0.3(s.h_c \cdot \frac{f_c}{f_{yh}}) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$	۴-۲۰ معادله
	$A_{sh} \geq 0.09 s.h_c \cdot \frac{f_c}{f_{yh}}$	$A_{sh} = 5.12 \text{ cm}^2$	۵-۲۰ معادله
	$A_{sh} \geq 0.09 \times 12 \times 54.6 \times \frac{30}{400} = 4.42 \text{ cm}^2$	در اتصالاتی که از چهار طرف توسط تیرها محصور شده‌اند و عرض تیرها کمتر از سه چهارم عرضی از ستون که به آن متصل می‌شوند نیستند، باید در طولی به اندازه کوتاه‌ترین ارتفاع تیر در اتصال آرماتورگذاری عرضی ویژه مساوی با نصف میلگرددهای ناحیه بحرانی، هم‌بکار برده شود. فاصله آرماتورهای عرضی در این اتصالات را می‌توان تا ۱۵ سانتی‌متر افزایش داد.	۲-۲-۴-۵-۲۰
	$\frac{3}{4} C_1 = \frac{3}{4} \times 65 = 47.75 < b = 50\text{cm} \text{ O.K.}$		
	$A_{sh} = \frac{1}{2} \times 5.12 = 2.56 \text{ cm}^2$		
	اگر S را بجای ۱۲ سانتی‌متر برابر ۱۵ سانتی‌متر افرض کنیم خواهیم داشت:		
	$A_{sh} = 2.56 \times \frac{15}{12} = 3.2 \text{ cm}^2$		
	بنابراین از یک حلقه خاموت $\Phi 16$ به فواصل ۱۵ سانتی‌متر استفاده می‌شود.		
	$A_{sh} = 2.01 \times 2 = 4.02 \text{ cm}^2 \text{ O.K.}$		
	(به آخرین تذکر مثال سه توجه شود)		
			گام دوم)
			کنترل مقاومت برشی اتصال
			

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
		<p>با توجه به گام چهارم از مثال یک داریم:</p> $M_1 = 745 \text{ KN.m}$ $M_2 = 395.6 \text{ KN.m}$ <p>حال T_1 و T_h را محاسبه می کنیم.</p> $T_1 = 1.25 \times 1 \times (30.4 \times 10^{-4}) \times 400 \times 10^3$ $T_1 = 1520 \text{ KN}$ $T_2 = C_2 = \frac{1}{2} T_1 = 760 \text{ KN}$	
	$V_h = \frac{M_1 + M_2}{h}$	$V_h = \frac{745 + 395.6}{3} = 380.2 \text{ KN}$ <p>به توضیحات گام سوم (قسمت ب) از مثال دو توجه شود.</p>	
۳-۱-۴-۵-۲۰	$V_u = T_1 + C_2 - V_h$	$V_u = 1520 + 760 - 380.2 = 1899.8 \text{ KN}$	
	<p>تذکر: V_h فرمول بالا مربوط به ستون فوقانی است. برای اتصالات محصور شده در چهار سمت داریم:</p> $V_r = 12 A_j (0.2 \phi_c \sqrt{f_c})$	$V_r = 12 \times 0.65^2 \times (0.2 \times 0.6 \times \sqrt{30}) \times 10^3$ $V_r = 3332 \text{ KN} > V_u \text{ O.K.}$	

مثال ۵ طرح دیوارهای برشی سازه با توجه به ضوابط شکل‌پذیری زیاد

دیوار برشی شکل زیر را با توجه به ضوابط شکل‌پذیری زیاد طرح نمایید. پس از طراحی اولیه ضخامت دیوار 50 سانتیمتر و ابعاد اجزای لبه 80×125 سانتیمتر مربع و آرماتورهای طولی اجزای لبه $34 \Phi 30$ در نظر گرفته شده‌اند.

مشخصات:

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

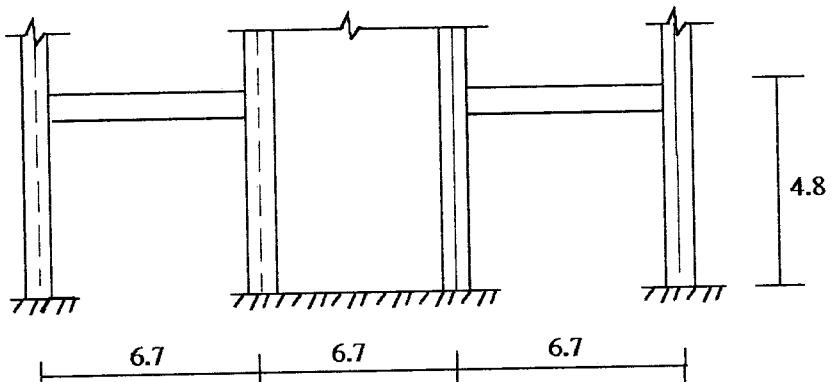
$$(P_D = 13694 \text{ KN}) \text{ (بارهای وارد بر دیوار)}$$

$$P_L = 1760 \text{ KN}$$

$$M_E = 45135 \text{ KN.m}$$

$$V_E = 2835 \text{ KN}$$

$$\text{ارتفاع کل دیوار } h_w = 45 \text{ m}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
		<p>(گام اول)</p> <p>کنترل ابعاد دیوار</p> <p>در دیوارهای سازه‌ای محدودیت هندسی زیر</p> <p>باید رعایت شوند:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ضخامت دیوار نباید کمتر از 15 سانتیمتر اختیار شود. - عرض جزء لبه نباید کمتر از 30 سانتیمتر در نظر گرفته شود. 	<p>۱-۱-۳-۵-۲۰</p> <p>$t = 50 \text{ cm} > 15 \text{ cm} \text{ O.K.}$</p> <p>$C_1 = 80 \text{ cm} > 30 \text{ cm} \text{ O.K.}$</p>

بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	<p>گام دوم)</p> <p>محاسبه تلاش‌های نهایی</p> <p>ترکیبات مختلف بارگذاری عبارتند از:</p> <p>$U_1 = 1.25 D + 1.5 L$</p> <p>$U_2 = D + 1.1 L \pm 1.2 E$</p> <p>$U_3 = 0.85 D \pm 1.2 E$</p> <p>نحوه محاسبه حداکثر نیروی محوری فشاری اجرای لبه ($P=-15987\text{KN}$) را در زیر می‌آوریم:</p> <p>$P_u = P_D + 1.2 P_L + 1.2 P_E$</p> <p>$M_u = M_D + 1.2 M_L + 1.2 M_E$</p> <p>$P = \frac{P_u}{2} + \frac{M_u}{\ell}$</p> <p>منظور از ℓ فاصله محور تا محور اجرای لبه دیوار است.</p> <p>تذکر: چون مرکز دیوار و مرکز سازه بر هم منطبق می‌باشند، در هنگام زلزله نیروی محور در دیوار ایجاد نشده است.</p>	$P_u = 13694 + 1.2 \times 760 \pm 0 = 1580 \text{ KN}$ $M_u = 0 + 0 + 1.2 \times 45135 = 54162 \text{ KN.m}$ $P = \frac{15806}{2} + \frac{54162}{6.7} = 15987 \text{ KN}$	

ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله

بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۳-۳-۵-۲۰	<p>گام سوم)</p> <p>کنترل لازم بودن المان های مرزی اگر تنش فشاری بتن در دورترین تار فشاری قطع دیوار تحت اثر بارهای نهایی، به انضمام اثر زلزله، از $0.2f_c$ بیشتر باشد باید از اجزای لبه استفاده نمود. مگر آنکه در تمام طول دیوار آرماتور گذاری ویژه پیش بینی شده باشد. اجزای لبه را می توان در قسمت هایی که تنش فشاری بتن در آنها از $0.15f_c$ کمتر باشد قطع کرد.</p> $f = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u C}{I}$	$\text{طول دیوار} = 6.7 + 1.25 = 7.95 \text{ m}$ $I = \frac{0.5 \times 7.95^3}{12} = 20.94 \text{ m}^2$ $A = 7.95 \times 0.5 = 3.975 \text{ m}^2$ $C = \frac{7.95}{2} = 3.975 \text{ m}$ <p>برای ترکیب U_2 داریم :</p> $P_u = 15806 \text{ KN}, M_u = 54162 \text{ KN.m}$ <p>بنابراین :</p> $f = \frac{15806 \times 10^{-3}}{3.975} + \frac{54162 \times 10^{-3} \times 3.975}{20.94} = 14.26 \text{ MPa}$ $0.2 f_c = 0.2 \times 30 = 6 \text{ MPa} < f$ <p>پس باید از اجزای لبه استفاده کرد.</p>	
۴-۲-۳-۵-۲۰	<p>گام چهارم)</p> <p>تعیین حداقل فولاد مورد نیاز طولی و عرضی دیوار</p> <p>الف- کنترل لازم بودن دو شبکه آرماتور در دیوارهایی که نیروی برشی نهایی در مقطع آنها از $0.2\phi_c \sqrt{f_c} A_{cv}$ بیشتر است بکارگیری دو شبکه آرماتور الزامی است.</p>	<p>با توجه به گام اول داریم:</p> $V_u = 3402 \text{ KN}$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۲-۳-۵-۲۰	<p>منظور از A_{cv} مساحت خالص مقطع بتن محدود به ضخامت جان و طول مقطع در جهت نیروی برشی مورد نظر می باشد.</p> <p>ب - محاسبه آرماتورهای طولی و عرضی مورد نیاز در دیوار.</p> <p>در دیوارهای سازه‌ای نسبت آرماتور در هیچ یک از دو امتداد قائم و افقی نباید کمتر از ۰/۰۰۲۵ باشد. البته اگر نیروی برشی نهایی موجود در مقطع دیوار از $(0.2\phi_c \sqrt{f_c} A_{cv})$ کمتر باشد برای حداقل آرماتور مورد نیاز در دیوار باید ضوابط بند (۴-۱۶) رعایت شوند.</p>	$0.2\phi_c \sqrt{f_c} A_{cv} = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{30} \times 7.95 \times 0.5 \times 10^3 = 2613 \text{ KN}$ <p>بنابراین:</p> $V_u > 0.2\phi_c \sqrt{f_c} A_{cv}$ <p>پس بکارگیری دو شبکه آرماتور الزامی است.</p>	
	<p>با توجه به قسمت الف داریم:</p> $0.5A_{cv}(0.2\phi_c \sqrt{f_c}) = 0.5 \times 2613 = 1158 \text{ KN} < V_u$ <p>بنابراین:</p> $\rho_v = \rho_n = 0.0025$ <p>و حداقل فولاد مورد نیاز در طول یک متر از دیوار برابر است با:</p> $A_{smin} = 0.0025 \times 50 \times 100 = 12.5 \text{ cm}^2 / \text{m}$		

ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		<p>فاصله محور تا محور میلگردها از یکدیگر در هر دو امتداد قائم و افقی باید بیشتر از ۳۵ سانتیمتر اختیار شود.</p> <p>اگر از دو شبکه آرماتور $\Phi 16$ استفاده کنیم ($A_{\text{eff}} = 2.01 \text{ cm}^2$)</p> $S_{\text{req}} = \frac{2 \times 2.01}{2.5} \times 100 = 32.16 \text{ cm} < 35 \text{ O.K.}$ <p>بنابراین از $\Phi 16/30$ در فولادگذاری حداقل استفاده می‌کنیم.</p>	۳-۲-۳-۵-۲۰
		<p>گام پنجم)</p> <p>تعیین آرماتورهای لازم برای تحمل برش مقاومت برشی نهایی مقطع در هر پایه دیوارگونه باید بیشتر از $5A_{\text{cp}}(0.2\phi_c\sqrt{f_c})$ منظور گردد.</p> <p>سطح مقطع پایه دیوارگونه است.</p> <p>مقاومت برشی نهایی مقطع V_r با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:</p> $V_r = A_{\text{cv}} (0.2\phi_c\sqrt{f_c}\alpha_c + \phi_s\rho_n f_y)$ <p>در این رابطه α_c ضریبی است که به شرح زیر در نظر گرفته می‌شود:</p> <p>$\alpha_c = 1$ اگر $h_w / l_w \geq 2$ $\alpha_c = 1.5$ اگر $h_w / l_w \geq 1.5$ اگر h_w / l_w بین $1/5$ و 2 باشد ضریب α_c با درون یابی خطی بین اعداد فوق تعیین می‌شود.</p>	۵-۲-۵-۵-۲۰
		<p>$A_{\text{eff}} = 7.95 \times 0.5 = 3.975 \text{ m}^2$</p> <p>$A_{\text{cp}}(0.2\phi_c\sqrt{f_c}) = 5 \times 3.975 \times (0.2 \times 0.6 \times \sqrt{30}) \times 10^3 = 113063 \text{ KN} > V_u \text{ O.K.}$</p> <p>بنابراین:</p> <p>$\phi_s = 1$</p> <p>با فرض استفاده از $\Phi 16/30$ داریم.</p> $\rho_n = \frac{2 \times 2.01}{50 \times 30} = 0.00268$	۵-۲-۵-۵-۲۰

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۲-۵-۵-۲۰	<p>در دیوارهای سازه‌ای، کنترل حالت حدی نهایی مقاومت در برش باید بر اساس رابطه زیر صورت گیرد.</p> $V_u \leq 0.7 \times V_r$ <p>تذکر: در مواردیکه نسبت $\frac{h_w}{\ell_w}$ کمتر از ۲ است نسبت آرماتور قائم، p_{v7} باید کمتر از نسبت آرماتور افقی برشی، p_u در نظر گرفته شود.</p>	$V_r = 7.95 \times 0.5 \times (0.2 \times 0.6 \times \sqrt{30} \times 1 + 0.85 \times 0.00268 \times 400) \times 10^3$ $V_r = 6235 \text{ KN}$ $0.7 \times V_r = 4364.5 \text{ KN} > V_u = 3402 \text{ KN O.K.}$ <p>بنابراین از دو شکه آرماتور $\Phi 16/30$ در دو جهت قائم و افقی استفاده می‌کنیم.</p>	
۲-۳-۳-۵-۲۰	<p>گام ششم)</p> <p>کنترل اجزای لبه</p> <p>اجزای لبه در دیوارها باید در حالت حدی نهایی مقاومت برای مجموع بارهای قائم وارد به دیوار شامل بارهای اجزای مرتبط با دیوار و وزن دیوار و نیروی محوری ناشی از لنگر واژگونی حاصل از نیروهای جانبی زلزله طراحی می‌شوند.</p>	<p>با توجه به گام دوم داریم:</p> <p>$P^- (\text{MAX}) = -15987 \text{ KN}$ (فشاری)</p> <p>$P^- (\text{MAX}) = +2264 \text{ KN}$ (کششی)</p> <p>ابعاد اجزای لبه $125 \times 80 \times 80$ سانتیمتر مربع و آرماتورهای طولی آن $30\Phi 34$ می‌باشند.</p> <p>بنابراین:</p>	
۲-۱-۴-۱۸	<p>استفاده از وصله‌های پوششی در مورد میلگرددهای با قطر کمتر از ۳۶ میلیمتر مجاز است. بنابراین میلگرددهای طولی اجزای لبه حداقل قطر مجاز را دارا می‌باشند.</p>	<p>$A_g = 0.8 \times 1.25 = 1 \text{ m}^2$</p> <p>$A_{st} = 30 \times 9.08 \times 10^{-4} = 272.4 \times 10^{-4} \text{ m}^2$</p> <p>$\rho_{st} = \frac{272.4 \times 10^{-4}}{1} = 0.0272$</p> <p>$\rho_{st} > \rho_{min} = 0.01 \text{ O.K.}$</p> <p>$\rho_{st} < \rho_{max} = 0.04 \text{ O.K.}$</p>	

ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		نسبت آرماتور قائم در هیچ ناحیه از طول دیوار نباشد از چهار درصد بیشتر باشد.	۱-۲-۲-۵-۲۰
		نیروی محوری فشاری قابل تحمل اجزای لبه، مانند ستون های تحت اثر فشار محوری، از فرمول زیر محاسبه می شود:	۲-۲-۳-۵-۲۰
	$\rho_{r(MAX)} = 0.8[0.85\phi_c \cdot f_c \cdot (A_g - A_{st}) + \phi_s \cdot f_y \cdot A_{st}]$	$\rho_{r(MAX)} = 0.8 \times [0.85 \times 0.6 \times 30 \times (1 - 272.4 \times 10^{-4})$ $+ 0.85 \times 400 \times 272.4 \times 10^{-4}) \times 10^3$ $\rho_{r(MAX)} = 19316 \text{ KN} > P^+_{(MAX)} \text{ O.K.}$	۳-۴-۱۱
	$P^+_{(MAX)} \leq \phi_c \cdot A_{st} \cdot f_y$	$\phi_s \cdot A_{st} \cdot f_y = 0.85 \times 272.4 \times 10^{-4} \times 400 \times 10^3$ $= 9262 \text{ KN} > P^+_{(MAX)} \text{ O.K}$	
		تذکر: در اجزای لبه فاصله میلگردهای قائم نباید بیشتر از ۲۰ سانتیمتر در نظر گرفته شود.	۳-۲-۳-۵-۲۰
		گام هفتم)	
		محاسبه میلگردهای عرضی محصور کننده اجزای لبه	
		اجزای لبه باید در سراسر طول خود دارای آرماتور گذاری عرضی ویژه باشند.	۴-۳-۳-۵-۲۰
		قطر میلگردهای عرضی ویژه نباید کمتر از ۸ میلیمتر و فاصله سفره میلگردها از یکدیگر نباید بیشتر از مقادیر زیر باشد: - یک چهارم ضلع کوچکتر جزء لبه - هشت برابر کوچکترین قطر میلگرد طولی - ۱۲/۵ سانتیمتر	۴-۳-۲-۵-۲۰
		$S \leq \frac{30}{4} = 20 \text{ cm}$ $S \leq 8 \times 3.4 = 27.2 \text{ cm}$ $S \leq 12.5 \text{ cm}$	
		بنابراین S را برابر ۱۲/۵ سانتیمتر در نظر می گیریم.	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۲-۳-۲-۵-۲۰	الف- محاسبه آرماتورهای جهت کوتاهتر در اجزای لبه با مقطع مستطیل سطح مقطع کل تنگ‌های ویژه در هر امتداد A_{sh} نباشد کمتر از دو مقدار زیر باشد:	با فرض استفاده از خاموت‌های $\Phi 16$ و وجود $4/5$ سانتیمتر پوشش بتنی روی میلگردها، برای جهت کوچکتر داریم: $h_c = 125 - 4.5 \times 2 - 1.6 = 114.4 \text{ cm}$	
معادله ۴-۲۰	$A_{sh} \geq 0.3(s.h_c \cdot \frac{f_c}{f_{yh}}) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$	$A_{sh} \geq 0.3(12.5 \times 114.4 \times \frac{30}{400}) \times (\frac{125 \times 80}{8236} - 1)$ $A_{sh} = 6.89 \text{ cm}^2$	
معادله ۵-۲۰	$A_{sh} \geq 0.09s.h_c \cdot \frac{f_c}{f_{yh}}$	$A_{sh} \geq 0.09 \times 12.5 \times 114.4 \times \frac{30}{400} = 9.65 \text{ cm}^2$	
۰-۲۰	که در آن: $h_c = \text{فاصله محور تا محور میلگردهای محصور کننده}$ $= A_{ch}$ $= \text{مساحتی که بر اساس اندازه پشت تا پشت میلگردهای عرضی محاسبه می‌شود.}$ می‌توان از قلاب‌های دوخت با قطر و فاصله مشابه تنگ‌ها که دارای خم 90° درجه در یک انتهای آنس استفاده کرد. هر انتهای قلاب دوخت باید در برگیرنده یک میلگرد طولی باشد و محل خم 90° درجه آن باید در امتداد میلگرد طولی یک در میان عوض شود. ب- محاسبه آرماتورهای جهت بلندتر	بنابراین از یک حلقه خاموت $\Phi 16$ به همراه یک قلاب دوخت $\Phi 16$ در هر جهت استفاده می‌شود.	
۵-۳-۲-۵-۲۰	می‌توان از قلاب‌های دوخت با قطر و فاصله مشابه تنگ‌ها که دارای خم 90° درجه در یک انتهای آنس استفاده کرد. هر انتهای قلاب دوخت باید در برگیرنده یک میلگرد طولی باشد و محل خم 90° درجه آن باید در امتداد میلگرد طولی یک در میان عوض شود.	$A_{sh} = 5 \times 2.01 = 10.05 \text{ cm}^2 \quad O.K.$	
معادله ۴-۲۰	$A_{sh} \geq 0.3(s.h_c \cdot \frac{f_c}{f_{yh}}) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$	$h_c = 80 - 4.5 \times 2 - 1.6 = 69.4 \text{ cm}$ $A_{ch} = (125 - 4.5 \times 2)(80 - 4.5 \times 2) = 8236 \text{ cm}^2$	
معادله ۵-۲۰	$A_{sh} \geq 0.09s.h_c \cdot \frac{f_c}{f_{yh}}$	$A_{sh} \geq 0.3(12.5 \times 69.4 \times \frac{30}{400}) \times (\frac{125 \times 80}{8236} - 1)$ $A_{sh} = 4.18 \text{ cm}^2$	
		$A_{sh} \geq 0.09 \times 12.5 \times 69.4 \times \frac{30}{400} = 5.86 \text{ cm}^2$	

ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آینه نامه
	<p>بنابراین از یک حلقه خاموت $\Phi 16$ به همراه یک قلاب دوخت $\Phi 16$ در هر جهت استفاده می‌شود.</p> $A_{sh} = 3 \times 2.01 = 6.03 \text{ cm}^2 \quad O.K.$		
	<p>گام هشتم)</p> <p>محاسبه طول گیرایی و طول پوششی آرماتورها</p> <p>کلیه میلگردهای ممتد در دیوارهای سازه‌ای باید به عنوان میلگردها کششی مطابق ضوابط بند (۳-۴-۵-۲۰) مهار یا وصله شوند.</p> <p>الف- طول وصله برای میلگردهای قائم $\Phi 34$ در اجزای لبه.</p> <p>برای محاسبه a_1 با توجه به ضوابط بخش ۲-۱۸ به طریق زیر عمل می‌شود:</p> $f_{bd} = 0.65\sqrt{f_c}$ $f_{bd} = 0.65\sqrt{30} = 3.56 \text{ MPa}$ <p>ضریب a_1 برای میلگردهای بیشتر از ۲۰ میلیمتر برابر داریم:</p> $f_b = \lambda_1 \lambda_2 \cdot f_{bd}$ $f_b = 0.8 \times 0.85 \times 3.56 = 2.42$ $\ell_{dh} = \frac{d_b \cdot f_y}{4f_b}$ $\ell_{dh} = \frac{3.4 \times 400}{4 \times 2.42} = 140.5$ $\ell_d = 1 \times 1 \times 1 \times 140.5 = 140.5$ <p>برای محاسبه a_1 با توجه به ضوابط بخش ۳-۴-۵-۲۰ به طریق زیر عمل می‌شود:</p>	<p>۶-۲-۳-۵-۲۰</p> <p>۱-۲-۴-۱۸</p>	

بند آینه نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱-۳-۴-۵-۲۰	$f_b = 2 f_{bd}$	$f_b = 2 \times 3.56 = 7.12 \text{ MPa}$	
معادله ۲-۱۸	$\ell_{dh} = \frac{d_b \cdot f_y}{4f_b}$ (قلاب ۹۰ درجه)	$\ell_{dh} = \frac{3.4 \times 400}{4 \times 7.12} = 47.75 \text{ cm}$	
۳-۳-۴-۵-۲۰	$l_{d2} = 2.5 l_{dh}$	$l_{d2} = 2.5 \times 47.75 = 119.375$	
			بنابراین :
	$l_d = \text{MAX}(l_{d1}, l_{d2})$	$l_d = 140.5 \text{ cm}$	
		$1.3 \times 140.5 = 182.6$ طول پوشش	
۲-۱-۴-۱۸	تذکر: برای میلگرد های بزرگتر از $\Phi 34$ نمی توان از وصله های پوشش استفاده کرد.	طول وصله را برابر ۱۸۵ سانتیمتر در نظر می گیریم.	
	ب- طول وصله برای میلگرد های قائم $\Phi 16$ در جان دیوار.	$f_{bd} = 0.65\sqrt{30} = 3.56 \text{ Mpa}$	
	ابتدا l_d را با توجه به ضوابط بخش ۲-۲-۱۸ محاسبه می کیم.	$f_b = 0.8 \times 1 \times 3.56 = 2.84 \text{ Mpa}$	
	برای محاسبه l_d را با توجه به ضوابط بخش ۳-۴-۵-۲۰ به طریق زیر عمل می شود.	$\ell_{db} = \frac{1.6 \times 400}{4 \times 2.84} = 56.3$	
معادله ۴-۱۸		برای و $\Phi 16$ داریم:	
۱-۳-۴-۵-۲۰	$f_{bd} = 0.65\sqrt{f_c}$	$f_{bd} = 0.65\sqrt{30} = 3.56 \text{ Mpa}$	
معادله ۲-۱۸	$f_b = 2f_{bd}$	$f_b = 2 \times 3.56 = 7.12 \text{ Mpa}$	
۳-۳-۴-۵-۲۰	$\ell_{dh} = \frac{d_b \cdot f_y}{4f_b}$	$\ell_{dh} = \frac{1.6 \times 400}{4 \times 7.12} = 22.47 \text{ cm}$	
	$l_{d2} = 2.5 l_{dh}$	$l_{d2} = 2.5 \times 22.47 = 56.2 \text{ cm}$	
۱-۲-۴-۱۸	$l_d = \text{MAX}(l_{d1}, l_{d2})$	$l_d = 56.3 \text{ cm}$	
	طول پوشش $= 1.3 l_d$	$1.3 \times 56.2 = 73 \text{ cm}$	
		طول وصله را برابر ۷۵ سانتیمتر در نظر می گیریم.	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		<p>پ- طول گیرایی برای میلگردهای افقی با این فرض که در انتهای آن قلاب وجود ندارد.</p> <p>با توجه به اینکه در هر مرحله بتن ریزی بیش از ۳۰ سانتیمتر بتن تازه در زیر اکثر میلگردهای افقی قرار می‌گیرد، در محاسبه طول گیرایی، تمام آنها را میلگردهای فوقانی فرض می‌کنیم.</p> <p>ابتدا l_d با توجه به ضوابط بخش ۲-۲-۱۸ محاسبه می‌شود.</p> <p>برای محاسبه l_d با توجه به ضوابط بخش ۳-۴-۵-۲۰ از قسمت پ استفاده می‌کنیم.</p>	$f = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 30 \text{ MPa}$, $\Phi 16$ دارپز: $l_{d1} = 73.19$
	$l_{d2} = 2.5 \times 22.47 = 78.6 \text{ cm}$	$l_{d2} = \text{MAX} (l_{d1}, l_{d2})$	$l_d = 78.6 \text{ cm}$ <p>طول مهاری را برابر ۸۰ سانتیمتر در نظر می‌گیریم. با توجه به اینکه طول اجزای لبه ۱۲۵ سانتیمتر می‌باشد، می‌توان میلگردهای افقی با طول مهاری ۸۰ سانتیمتر را مستقیماً در داخل بتن محصور شده اجزای لبه قرار داد و نیازی به قلاب در آن ندارد.</p>

