جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه

سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست
ترجمه ACI 350R-89
و
آزمون آب‌بندی سازه‌های بتن آرمه
ترجمه ACI 350.1R-89 و AWWA400-93

نشریه شماره ۱۵۰

معاونت امور فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

انتشارات سازمان برنامه و بودجه ۷۵/۰۰/۴۳

۱۳۷۵

فهرستنبرگه

American Concrete Institute. Committee 350 **انجمن بتون آمریکا. کمیته ۳۵۰**

سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست/ آزمون آب بندی سازه‌های بتن آرمه / [ترجمه احمدآل‌یاسین]؛ معاونت فنی، دفتر تحقیقات و معیارهای فنی.- تهران: سازمان برنامه و بودجه، مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات، ۱۳۷۵.

۲ج. در یک مجلد (۱۱۱، ۲۲ص.): مصور.- (سازمان برنامه و بودجه. دفتر تحقیقات و معیارهای فنی؛ نشریه شماره ۱۵۰)(انتشارات سازمان برنامه و بودجه؛ ۷۵/۰۰/۴۳)

1. Environmental engineering concrete structure (ACI:350R-89) عنوانهای اصلی:

2. Testing reinforced concrete structures for watertightness (ACI 350.1R/AWWA 400-93)

کتابنامه: ص. ۱۰۲-۱۱۱؛ ۲۲

۱. سازه‌های بتونی. ۲. فاضلابروها. ۳. مخزنهای آب. ۴. بتون مسلح - آزمونها. الف. آل یاسین، احمد، مترجم. ب. سازمان برنامه و بودجه. دفتر تحقیقات و معیارهای فنی. ج. سازمان برنامه و بودجه. مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات. د. عنوان. هـ.عنوان: آزمون آب بندی سازه‌های بتن آرمه. و. فروست.

TA ۳۶۸/۲س ش.۱۵۰

سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست و آزمون آب بندی سازه‌های بتن آرمه

تهیه کننده: دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

ناشر: سازمان برنامه و بودجه. مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات

چاپ اول: ۱۰۰۰ نسخه، ۱۳۷۵

قیمت: ۵۵۰۰ ریال

چاپ و صحافی: مؤسسه زحل چاپ

همهٔ حقوق برای ناشر محفوظ است.

«بسمه‌تعالی»

پیشگفتار

اهمیت سازه‌های زیربنایی آب و فاضلاب با توجه به نیازمندیهای طرحهای عمرانی کشور در برنامه دوم دفتر تحقیقات و معیارهای فنی را بر آن داشت تا به منظور تکمیل ضوابط طراحی و اجرای این گونه سازه‌ها، نسبت به برگردان برخی منابع و مواخذ معتبر خارجی به فارسی همت گمارد.

مهندسی محیط زیست با هدف کاهش آلودگی، تخریب و زوال محیط زیست انسان، و استفاده از تکنولوژی روز نگاهی نو بر طراحی و اجرای سازه‌های بتن آرمه آب و فاضلاب دارد. نشریه حاضر مشتمل بر برگردان دو استاندارد مهم در زمینه‌های طراحی، اجرا و روش آزمون آب‌بندی سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست است که در دو بخش ارائه شده است. بخش نخست ترجمه آئین‌نامه شماره ACI 350R-89 است که حاوی ضوابط طراحی و اجرای مخازن و استخرهای پیش‌ساخته یا با بتن‌ریزی درجا و همچنین فاضلابروها، ایستگاههای پمپاژ، آدم‌روها و سایر ملحقات آن با بتن‌ریزی درجا می‌باشد. استفاده از این استاندارد و در نشریه شماره ۱۲۳ این دفتر (ضوابط و معیارهای طرح و محاسبه مخازن آب زمینی) به عنوان یکی از آئین‌نامه‌های معتبر توصیه شده است. بخش دوم ترجمه آئین‌نامه شماره ACI 350.1R - 93 / AWWA 400-93 است که شامل دستورالعملهای لازم در زمینه روش آزمون آب‌بندی سازه‌های بتن‌آرمه ذخیره آب (درجا بتن‌ریزی شده) مانند مخازن، استخرها، حوضچه‌ها، لوله‌های مجاری و غیره می‌باشد.

این نشریه توسط آقای مهندس احمد آل یاسین ترجمه و به وسیله آقای مهندس پرویز سیداحمدی مورد بازنگری و تکمیل قرار گرفته است. انطباق برگردان با متن اصلی و تاکید بر

اهمیت آن توسط آقایان دکتر امیرتائبی معاون پژوهشی و دکتر مجتبی ازهری استادیار، از دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شده و ویرایش متن با همکاری آقای مهندس مهران عاملی (عضو هیئت علمی دانشکده یاد شده فوق) صورت گرفته است.

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی ضمن سپاسگزاری از زحمات نامبردگان بدین‌وسیله از صاحبنظران و دست‌اندرکاران این بخش دعوت می‌نماید تا با ارسال نظرات اصلاحی و ارشادی خود این دفتر را در جهت بهبود و تکمیل این گونه ضوابط یاری فرمایند.

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

تابستان ۱۳۷۵

۱- سازه‌های بتنی مهندسی محیط‌زیست

ترجمه

ACI 350R-89

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول- شرایط ویژه سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست	
۱-۱- مقدمه	۱۱
۱-۲- طراحی و تحلیل	۱۲
۱-۳- آب‌بندی	۱۳
۱-۴- پایایی	۱۵
فصل دوم- ضوابط طراحی سازه‌ها	
۲-۱- مقدمه	۱۷
۲-۲- انواع سازه‌های اصلی	۱۸
۲-۳- شرایط بارگذاری	۱۹
۲-۴- انواع پی	۳۳
۲-۵- ضوابط سازه‌ای	۳۵
۲-۶- طراحی سازه	۴۳
۲-۷- وصله میلگرد	۵۳
۲-۸- درزها	۵۳
۲-۹- بارهای ضربه، لرزش، نیروی گشتاور و زلزله	۶۱
فصل سوم- مصالح، نسبت اختلاط و آزمون	
۳-۱- مصالح سیمانی	۶۹
۳-۲- مواد افزودنی	۷۱
۳-۳- آب	۷۲

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۴- سنگدانه‌ها	۷۳
۳-۵- تعیین نسبت اختلاط	۷۳
۳-۶- ارزیابی و پذیرش	۷۶
فصل چهارم- اجرا	
۴-۱- بتن	۷۷
۴-۲- بتن‌ریزی	۷۸
۴-۳- درزها	۸۳
۴-۴- قالب‌بندی	۸۵
۴-۵- پرداخت سطوح نما	۸۸
۴-۶- عمل آوردن یا پروردن بتن	۹۱
۴-۷- آزمون نشت آب	۹۲
فصل پنجم- حفاظت در برابر مواد شیمیائی	
۵-۱- مقاومت بتن و آرماتور	۹۴
۵-۲- نیاز به حفاظت	۹۴
۵-۳- انواع حفاظت	۹۵
۵-۴- اندودهای توصیه شده	۹۶
۵-۵- انتخاب سیستم حفاظت	۹۷
۵-۶- پیش‌بینی‌های ایمنی	۹۸
۵-۷- مواد شیمیائی مورد مصرف در تصفیه‌خانه‌ها	۹۸

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل ششم- مراجع	
۶-۱- مراجع توصیه شده	۱۰۱
۶-۲- مراجع استفاده شده	۱۰۷
۶-۳- مراجع اضافی	۱۱۰

فصل اول- شرایط ویژه سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست[۱]

۱-۱ مقدمه

در سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست مسائل غیر متعارف وجود دارد که در سایر کاربردهای بتن مطرح نیست. در تمامی سازه‌ها، مقاومت و پایداری دارای اهمیت بسیاری است لیکن در سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست، قابلیت بهره‌برداری، از نظر تغییر مکان و ترکهای محدود، دوام و نفوذپذیری کم به طور یکسان اهمیت دارد. در این نوع سازه‌ها، در صورتی که بتن در تماس با آب و فاضلاب قرار گیرد، باید :

الف- کاملاً متراکم و غیر قابل نفوذ باشد تا آلودگی آب آشامیدنی یا محیط زیست به حداقل ممکن برسد.

ب- در برابر مواد شیمیائی طبیعی یا صنعتی دارای حداکثر مقاومت باشد.

پ- دارای سطوح صاف باشد تا مقاومت در برابر جریان آب به حداقل کاهش یابد.

بتن با سازه‌هایی مهندسی محیط زیست سازگار است به گونه‌ای که در شرایط بهره‌برداری تاب بر نمی‌دارد، تغییر ابعاد قابل ملاحظه نمی‌دهد و در صورت طراحی و اجرای درست، تقریباً غیر قابل نفوذ و در برابر خوردگی کاملاً مقاوم است. بعلت شرایط عملکردی دقیق سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست، در طراحی و اجرای آن باید دقت و مراقبت بسیار بعمل آید. کیفیت بتن مصرفی از اهمیت بسیاری برخوردار است و برای تحصیل بتن ناتراوا باید در طول اجرا، کیفیت آن دقیقاً کنترل و نظارت شود.

۱- مهندسی محیط زیست عبارت است از دانش فنی مرتبط با کاهش آلودگی، تخریب و زوال محیطی که انسانها در آن زندگی می‌کنند.

۱-۱-۱ گستره پوشش

این دستورالعمل برای سازه‌های بتنی تقویت شده مهندسی محیط زیست تهیه شده است و توصیه‌های مندرج در آن به بتن پیش‌ساخته و درجا برای ساختمان مخازن و استخرها و نیز بتن درجا برای فاضلابروها، آدم‌روها، چاههای تر، مجاری پایدار، اتاقکهای اتصالات، ایستگاههای پمپاژ و سایر سازه‌های مشابه و ملحقات آن مربوط می‌شود. هدف از این گزارش نه تنها ارائه توصیه‌های لازم در زمینه طراحی و اجرای سازه‌های معمولی است، بلکه تحصیل نتایج مندرج در بندهای ۱-۱ (الف)، (ب) و (پ) نیز مورد توجه است. برای رسیدن به حداکثر مقاومت در برابر زنگ زدگی و آب‌بندی بتن و نیز به منظور تامین شرایط بارگذاری ویژه در سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست، گامهای ویژه لازم، مورد تاکید قرار گرفته است.

توصیه‌های مربوط به بتن پیش‌تنیده از گستره پوشش این دستورالعمل خارج است و توصیه‌های ویژه در زمینه مخازن مدور پیش‌تنیده در نشریه ACI 344R ارائه شده است.

❑ ۱-۲ طراحی و تحلیل

بارهای طراحی وارده به سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست بر اساس عمق و وزن واحد (چگالی)، مایع و یا جامد موجود در داخل سازه، فشار خاک خارج آن و تجهیزاتی که در آن نصب می‌شود تعیین می‌گردد. به طور کلی در مقایسه با بارهای کاملاً مشخص مرده و مایع داخل مخازن و استخرها، بارهای زنده طراحی، مقادیر ناچیزی می‌باشد. همچنانکه در بخش ۲-۹ نیز مورد بحث قرار گرفته است هنگام طراحی برای بارهای ضربه‌ای و دینامیکی (متحرک) ناشی از تجهیزات مکانیکی توجه خاصی باید مبذول گردد. تحلیل طراحی باید چنان با دقت صورت گیرد که تصویری واقعی از توزیع تنشها در سازه

بدست دهد و مناطق تنش حداکثر در برابر ترک‌خوردگی مقاوم شود. بررسی اطلاعات مربوط به مقاومت ایستایی خاک و تحکیم بستر پی برای به حداقل رساندن نشت‌های نامتقارن که موجب ایجاد ترک می‌شود دارای اهمیت بسیاری است.

سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست باید چنان طراحی شود که میزان نشت آب در آن به حداقل برسد. بنابراین روش طراحی باید به گونه‌ای اختیار شود که از بروز ترکهای پهن و سایر پتانسیل‌های نشت آب اجتناب شود. روشهای طراحی ممکن است بر پایه نظریه‌های مقاومت یا تنش مجاز استوار گردد. در سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست کارآیی بار بهره‌برداری نیز دارای اهمیت فوق‌العاده‌ای است.

بسیاری از امکانات کمک طراحی متداول (آئین‌نامه‌ها و دستورالعملهای مربوطه) بر مبنای روش طراحی مقاومت تهیه شده است. در این دستورالعمل برای کاربرد روش طراحی مقاومت در سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست از ایده ضرایب پایایی محیط[1] استفاده شده است. این ضرایب با استفاده از آرماتورهای گرید ۴۰ و ۶۰ کنترل ترک، مشابه آنچه در روش تنش مجاز وجود دارد، تنش‌های مطمئن بار بهره‌برداری را ارائه می‌دهد.

۱-۳ آب‌بندی

سازه‌های مهندسی محیط زیست به منظور نگهداری، تصفیه یا انتقال آب و فاضلاب یا سایر مایعات، باید چنان طراحی و اجرا شود که به طور کامل آب‌بند باشد و نشت آب در شرایط عادی بهره‌برداری (برای آزمون نشت به بخش ۴-۷ مراجعه شود) از حداقل تعریف شده تجاوز نکند.

سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده[2] در بسیاری از کاربردهای صنعتی، استفاده از سیستمهای ردیابی نشت و نگهداری آب را الزامی نموده است.

1- Environmental durability coefficients
2- United States Environmental Protection Agency (U.S.EPA)

۱-۳-۱ قابلیت سازه برای نگهداری مایع هنگامی قابل اطمینان خواهد بود که شرایط زیر برقرار شود:

الف- اختلاط بتن کاملاً متناسب باشد و بتن بدون جداشدگی بخوبی متراکم شود.

ب- پهنای ترکها در حد کمینه باشد.

پ- درزها بخوبی فاصله‌گذاری، اندازه‌گیری، طراحی و اجرا شود.

ت- در موارد لازم از اندودهای حفاظتی ناتراوا یا موانع استفاده شود.

ث- میلگرد به مقدار کافی مصرف شود.

معمولاً تامین آب‌بندی با استفاده از بتن مرغوب، آرماتور گذاری کافی و طراحی دقیق و مناسب جزئیات درزها، اقتصادی‌تر و مطمئن‌تر از کاربرد موانع و اندودهای حفاظتی ناتراوا صورت خواهد گرفت.

حداقل تراوایی بتن با استفاده از حداقل ممکن نسبت آب به سیمان، سازگار با کارایی و تراکم مطلوب حاصل می‌شود. ناتراوایی بتن با افزایش عمر آن فزونی یافته و با ادامه دوره پرورش رطوبتی بهبود می‌یابد. پرداخت سطح بتن، ماله‌کشی صحیح آن و استفاده از فرمهایی صاف باعث ناتراوایی مطلوب می‌شود. محبوس نمودن هوا در بتن موجب کاهش جداشدگی دانه‌بندی و آب انداختن آن، افزایش کارآیی، و تامین مقاومت لازم در برابر اثرات چرخه انجماد و آب شدن یخ می‌شود. به همین دلیل مصرف مواد افزودنی هوازا موجب تراکم بیشتر در بتن و نسبت کمتر آب به سیمان می‌گردد. سایر مواد افزودنی مانند عوامل کاهش دهنده آب و پوزولان‌ها[1] برای افزایش کارآیی و تراکم بتن و کاهش نسبت آب به سیمان مفید بوده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. پوزولانها، تراوایی را نیز کاهش می‌دهد.

1- Pozzolans

میزان ترکها ممکن است با طراحی درست، توزیع مناسب آرماتور، و تعیین فواصل صحیح درزها به حداقل کاهش یابد. مقدار ترکهای جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن بتن را نیز ممکن است با استفاده از بتن بدون تکیدگی یا بدون افت[1] به حداقل رساند لیکن موفقیت طرح منوط به تشخیص ویژگیها و خواص بتن بدون تکیدگی مندرج در نشریه ACI 223 به وسیله مهندس طراح می‌باشد. در بتن معمولی همواره مقداری جمع‌شدگی ایجاد می‌شود که باید در طراحی درزها و آرماتورها اثرات آن کنترل شود. در طراحی درزها همچنین باید به تغییر شکلهای ناشی از تغییر درجه حرارت و نشت‌های نامتقارن توجه شود. درزهایی که باید حرکت در امتداد صفحات معینی را کنترل نموده و مانع عبور مایعات شود باید مجهز به آب‌بند[2] باشد. بتن‌ریزی مطلوب با تراکم کافی و پرورش[3] مناسب بتن نیز برای کنترل ترکها در سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست ضروری است. برای اطلاعات بیشتر در زمینه ترک‌خوردگی بتن به نشریه ACI 224R مراجعه شود.

۱-۴ پایایی[4]

پایایی سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست عبارت از مقاومت سازه در برابر اثرات مخرب محیط می‌باشد. بتن این‌گونه سازه‌ها به ویژه باید در برابر اثرات مواد شیمیائی، تناوب تر و خشک شدن، چرخه یخ زدن و آب شدن و در معرض سایر عناصر قرار گرفتن مقاوم باشد. برای بتن‌هایی که در معرض تناوب یخزدگی و آب شدن قرار دارد، مصرف مواد هوازا و برای مقابله در برابر مواد شیمیائی، مصرف بتن با کیفیت مطلوب و سیمانی که مقاومت در برابر مواد شیمیائی را افزایش دهد و سطوح صاف و پرداخت شده ایجاد نماید، توصیه می‌شود. همچنین تامین ضخامت کافی پوشش بتنی بر روی آرماتورها

1- Shrinkage Compensating Concrete
2- Waterstop
3- Curing
4- durability

و بکار بردن اتصالات و قطعات داخل بتن از نوعی که خوردگی در آن ایجاد ننموده و باعث خرابی بتن نشود مورد تاکید می‌باشد. سوراخهای قالب‌بندی، چنانکه در بند ۴-۵-۴-۱ این دستورالعمل توصیه شده است، به منظور حصول اطمینان از تامین دوام بتن در درازمدت، باید پر و لکه‌گیری شود. افزودن خاکستر بادی[1] مرغوب به بتن موجب بهبود کارایی[2]، کاهش نسبت آب به سیمان، تامین مقاومت در برابر خوردگی، و افزایش مقاومت بتن در برابر سولفاتها می‌شود. در مواردی که بتن مقاوم در برابر سولفات مورد نیاز است باید سیمان مناسب مانند سیمانهای نوع II و V ، یا برخی انواع K، چنانکه در بند ۳-۱-۲ نیز ذکر شده است، مورد استفاده قرار گیرد.

اغلب سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست در معرض عواملی همچون سیل، باران، برف، انجماد آب و ذوب یخ قرار می‌گیرد و باید پیش‌بینی‌های لازم برای جلوگیری از آسیب دیدن آن بعمل آید. در برخی موارد تامین پایایی کافی ممکن است فقط با استفاده از موانع حفاظتی[3] ویژه حاصل شود (به فصل ۵ رجوع شود). سازه‌هایی که در معرض جریان مایعات قرار می‌گیرد باید در برابر فرسایش مقاوم شود. برای اطلاعات بیشتر در زمینه پایایی بتن به نشریه ACI 201.2R مراجعه شود.

1- Fly ash
2- Workability
3- Protective Barriers

فصل دوم- ضوابط طراحی سازه‌ها

۲-۱ مقدمه

طراحی سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست باید در چهار مرحله پی در پی یا همزمان به شرح زیر صورت گیرد.

۱- طراحی عملکرد

۲- جانمایی تاسیسات فیزیکی

۳- طراحی هیدرولیک

۴- طراحی سازه

برای سه مرحله اول طراحی که اغلب قبل از مرحله چهارم قابل انجام است، کتب مرجع و چند کتاب راهنمای طراحی از جامعه مهندسین سیویل آمریکا[1] می‌تواند مفید واقع شود. بهرحال، در تمامی مراحل طراحی و اجرای کار باید از مشورتهای سازه‌ای نیز استفاده شود. به غیر از موارد خاصی که در این گزارش به آن اشاره می‌شود، طراحی سازه‌ای باید بر اساس نشریه ACI 318 انجام شود.

برای طراحی سازه مخازن تقویت شده بتنی استوانه‌ای یا مربع مستطیلی می‌توان نشریات جامعه سیمان پرتلند[2] را مورد استفاده قرار داد و برای مخازن استوانه‌ای پیش‌تنیده می‌توان به نشریه ACI 344R مراجعه نمود.

توصیه‌های مندرج در نشریات مذکور را بایستی با نشریه ACI 318 و این دستورالعمل و نیز آئین‌نامه‌های ساختمانی محلی تنظیم و انطباق داد.

1- American Society of Civil Engineeres (ASCE)
2- Portland Cement Association

۲-۲ انواع سازه‌های اصلی

به طور کلی تاسیسات مهندسی محیط زیست عبارتند از تسهیلات تصفیه آب و فاضلاب شامل تعدادی از واحدهای جداگانه زیر:

تصفیه‌خانه‌های آب

سازه‌های آبگیر
حوضچه‌های اشغالگیر[۱]
حوضچه‌های اختلاط سریع[۲]
حوضچه‌های لخته‌سازی[۳]
حوضهای ته‌نشینی[۴]
مجاری[۵]
تاسیسات کلرزنی[۶]
حوض‌های ته‌نشینی (زلال‌سازها)[۷]

صافی‌ها
گالری‌های لوله‌های صافی[۸]
چاههای آب تمیز[۹]
ایستگاههای پمپاژ[۱۰]
مخازن ذخیره یا مخازن سرویس[۱۱]
انبار مواد شیمیائی[۱۲]
ساختمان اداری و آزمایشگاه[۱۳]

تصفیه‌خانه‌های فاضلاب صنعتی و خانگی

حوضچه‌های دانه‌گیر[۱۴]
حوضهای ته‌نشینی اولیه[۱۵]
حوضهای ته‌نشینی نهایی[۱۶]
هاضم‌ها[۱۷]
تغلیظ‌کننده‌ها[۱۸]
حوضهای هوادهی[۱۹]

مخازن نگاهداری لجن[۲۰]
صافی‌چکنده[۲۱]
تجهیزات آشغالگیر[۲۲]
حوضچه‌های تماس کلر[۲۳]
ایستگاههای پمپاژ و هوادهی[۲۴]
مخازن ذخیره گاز[۲۵]

آبگیری لجن[۲۶]
تسهیلات دفع لجن[۲۷]
انبار مواد شیمیائی[۲۸]
ساختمان اداری و آزمایشگاه[۲۹]
صافیهای تصفیه ثانویه[۳۰]
تجهیزات کمپوست[۳۱]
کانالها و تونل‌ها[۳۲]

1- Screen chambers 2- Rapid mix chambers 3- Flocculating basins 4- Settling tanks
5- Conduits 6- Chlorination facilities 7- Clarifiers 8- Filter pipe galleries
9- Clear wells 10- Pumping stations 11- Service reservors 12- Chemical storage
13- Office building and laboratory 14- Grit chambers 15-Primary settling tanks
16- Final settling tanks 17- Digesters 18- Thickeners 19- Aeration basins
20- Sludge holding tands 21- Trickling filters 22- Screening facilities
23- Chlorine contact chambers 24- Pump and blower stations
25- Gas holders 26- Sludge dewatering 27- Sludge disposal facilities
28- Chemical storage 29- Office building and laboratories
30- Tertiary filters 31- Composting facilities 32- Channels and tunnels

سازه‌های فهرست شده مذکور ممکن است به طور کلی به شرح زیر طبقه‌بندی شود:

- سازه‌ها، مخازن و حوض‌های نگهدارنده مایعات یا آب
- مجاری، کانالهای اتصال و مجاری فاضلاب با بتن درجا
- فونداسیون‌های ماشین‌آلات و تجهیزات
- ساختمانهای حفاظتی، کفها، انبارها، پیاده‌روها و راه‌پله‌ها

❑ ۲-۳ شرایط بارگذاری

۲-۳-۱ بارمرده

برای برآورد بارهای مرده کتب مرجع بسیاری وجود دارد. نشریه ANSI A58.1 یکی از مراجع توصیه شده برای محاسبه بارهای مرده است.

۲-۳-۲ بارهای زنده

مقادیر محافظه‌کارانه بارهای زنده که در طراحی سازه‌ها باید در نظر گرفته شود بقرار زیر است:

فاضلاب خام	۱۰۱۰ کیلوگرم برمترمکعب
دانه[1] برداشت شده از حوضچه دانه‌گیر	۱۷۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب
لجن هضم شده ، هوازی[2]	۱۰۴۰ کیلوگرم برمترمکعب
لجن هضم شده، بیهوازی[3]	۱۱۲۰ کیلوگرم برمترمکعب

لجن آب گرفته یا تغلیظ شده[4] بر حسب میزان رطوبت ۹۶۰-۱۳۶۰ کیلوگرم برمترمکعب

1- Grit
2- Digested sludge, aerobic
3- Digested sludge, anaerobic
4- Thickened or dewatered sludge

برای سایر بارهای زنده استفاده از نشریه ANSI A58.1 به عنوان مرجع توصیه شده است. نشریه مذکور و مقررات محلی ساختمان حداقل شرایط طراحی را مقرر می‌دارد. برای طراحی سازه‌ای، وزن واقعی تجهیزات باید از طریق سازندگان تعیین شود و در مواردی که وزن ارائه شده توسط سازندگان مختلف متفاوت اعلام شود باید سنگین‌ترین آن مبنای محاسبه قرار گیرد.

بار زنده پیاده‌روها، راه پله‌ها، و کفهای دفاتر و آزمایشگاهها باید حداقل ۱۰۰ پوند بر فوت مربع (۴۷۹۰ پاسکال) در نظر گرفته شود. در فضاهایی که ماشین‌آلات و تجهیزات سنگین بر روی کف انبار می‌شود حداقل میزان بار زنده برای تیرها و دالها ۳۰۰ پوند بر فوت مربع (۱۴۴۰۰ پاسکال) قابل توصیه است. وزن واقعی ماشین‌آلات و سایر تجهیزات شامل پایه‌های بتنی نگهدارنده آن و اثر بارهای متحرک در طراحی تیرهای کف باید در نظر گرفته شود. بارهای زنده شامل وزن لوله‌های قطور و شیرآلات با توجه به اندازه، تعداد و فواصل نصب آن و همچنین توسعه آینده خواهد بود.

در ارزیابی بارهای زنده مخازن بسته، مهندس طراح باید فشارها یا خلاء داخلی ناشی از شرایط عادی بهره‌برداری را از نظر تغییر مکان[1] مورد توجه قرار دهد. در طراحی آرماتورها، حداکثر و یا حداقل تنظیم شیرهای فشارشکن[2] و شیرهای اطمینان خلائی[3] باید به عنوان بار زنده بهره‌برداری در نظر گرفته شود. همچنین باید اطمینان حاصل شود که هواکشها و شیرهای اطمینان مسدود، منجمد یا بر اثر خوردگی بسته نشود.

در اقلیم‌های سرد، شیرها و هواکشها ممکن است با استفاده از کابلهای گرمازا حفاظت شود و شیرهای اطمینان شترگلو[4] به وسیله ضد یخ محافظت گردد.

1- Deflection
2- Pressure relief valve
3- Vacuum relief valve
4- Goose-neck relief valves

بار زنده سقف مخازن زیرزمینی شامل محاسبه خاک روی آن بعلاوه بار زنده سطحی حداقل ۱۰۰ پوند بر فوت مربع (۴۷۹۰ پاسکال) خواهد بود و بـر حسـب نـوع اسـتفاده از سطح سقف، بار زنده طراحی ممکن است افزایش یابد. نوع بـارگذاری سـقف نـیز ممکـن است خیلی متفاوت باشد، مثلاً بخشی از سقف بدون خاکریز روی آن باشد، در حالی کـه بخش مجاور آن علاوه بر خاکریزی تحت بارگذاری‌های دیگـر نـیز واقـع شـود. ایـن نـوع ترکیب بارگذاری، بویژه در مورد سیستم تاوه قارچی[1] اثرات بسیاری در بر خواهـد داشـت در این صورت نقشه‌های اجرایی باید هر نوع محدودیـت در محـل اسـتقرار، نـوع یـا وزن تجهیزات مورد استفاده و ترتیب خاکریزی روی سقف را نشان دهد.

در اطاقهـای فرمـان بـرق بهـترین روش آن اســت کــه وزن ماشــین‌آلات و ســطح فونداسیون آن برآورد شود. در این گونه موارد با توجه بـه احتمـال جابجـائی تجهـیزات از محل اصلی و امکان افزایش آتی ماشین‌آلات، وزن هر دستگاه باید بـر تـمامی نقـاط اطـاق وارد شود. در نظر گرفتن یک بار زنـده ۲۵۰۰ پونـد بـر فـوت مربـع (۱۲۰۰۰ پاسـکال) در اغلب موارد بار تجهیزات عادی را در بر می‌گیرد.

وزن بارهای زنده برای ساختمانهای انبار مواد شیمیائی در جدول ۲-۳-۲ ارائـه شـده اسـت. بدیهـی اسـت کـه پیش‌بینی‌هـای ویژه همچـون ایجـاد جـداول و موانـع لازم بـرای جداسازی و جلوگیری از پخش، ریزش یا نشت مواد شیمیائی نیز باید بعمل آید. مهنـدس سازه باید هنگام طراحی تاوه‌ها، تیرها و سایر اعضاء نگهدارنده، ارتفاع منطقی انباشت مواد شیمیائی را تعیین نماید. توصیـه می‌شـود کـه بارهـای زنـده مشـخص شـامل ماشـین‌آلات، تجهیزات، لوله‌ها و پایه‌های نصب تجهیزات در نقشه‌ها نشان داده شود و در محـل مربـوط نصب گردد.

1- Flat slab

جدول ۲-۳-۲- اوزان مواد شیمیائی برای طراحی سازه‌ای

ماده شیمیائی	داده‌های لازم برای حمل بار و انبار	وزن (پوند بر فوت مکعب یا به شرح زیر)
کربن فعال* (Activated carbon)	کیسه : ۳۵ پوند (۱۵/۹ کیلوگرم) (۳۹×۲۱×۳) اینچ (۹۹۱×۵۳۳×۷۶/۲)میلیمتر استوانه (قوطی یا بشکه) : ۵ پوند (۲/۲۷ کیلوگرم) ۲۵ پوند (۱۱/۳ کیلوگرم) فله	پودر:۸ تا ۱۲۸ (۱۲۸ تا ۴۴۹ کیلوگرم برمتر مکعب) متوسط ۱۲ (۱۹۲ کیلوگرم بر متر مکعب)
سیلیس فعال* (Activated silica)	-	حدود ۱۱/۶ پوند در هر گالن (۱۳۹۰ گرم در لیتر)
زاج، مایع* (Alum, liquid)	با توجه به هزینه سنگین حمل و نقل تولید بهتر است نزدیک محل مصرف باشد. واگن با مخزن فولادی: ۶ تا ۸ هزار گالن (۲۲۷۰۰ تا ۳۰۳۰۰ لیتر) کامیون با تانکر فولادی و روکش لاستیک : ۲ تا ۴ هزار گالن (۷۵۷۰ تا ۱۵۱۰۰ لیتر)	در حرارت ۶۰ فارنهایت (۱۵/۶ سانتیگراد): وزن مخصوص ۱/۲۸۵ ۱۰/۷ پوند در گالن (۱۲۸۰ گرم در لیتر)
سولفات آمونیوم آلومینیوم* (Aluminum ammonium sulfate)	استوانه فیبری کوچک: ۱۰۰ تا ۴۰۰ پوند (۴۵/۴ تا ۱۸۱ کیلوگرم) کیسه : ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) فله	۶۰ تا ۷۰ (۹۶۱ تا ۱۱۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب)

ادامه جدول ۲-۳-۲

محلول کلرور آلومینیوم (Aluminum chloride solution)	قرابه، تانکر با روکش لاستیکی	وزن مخصوص ۱/۱۵ تا ۱/۱۶
سولفات پتاسیم آلومینیوم* (Aluminum potassium sulfate)	کیسه : ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) ۲۵۰ پوند (۱۱۳ کیلوگرم) بشکه : ۳۵۰ پوند (۱۵۹ کیلوگرم) استوانه : ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) ۳۵۰ پوند (۱۵۹ کیلوگرم) فله	۶۰ تا ۷۰ (۹۶۱ تا ۱۱۲۰ کیلوگرم برمتر مکعب)
سولفات آلومینیوم (Aluminum Sulfate)	کیسه : ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) ۲۰۰ پوند (۹۰/۷ کیلوگرم) بشکه : ۳۲۵ پوند (۱۴۷ کیلوگرم) ۴۰۰ پوند (۱۸۱ کیلوگرم) استوانه : ۲۵ پوند (۱۱/۳ کیلوگرم) ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) ۲۵۰ پوند (۱۱۳ کیلوگرم) فله	۶۰ تا ۷۵ (۹۶۱ تا ۱۲۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب) (پودر سبکتر است) برای محاسبه ظرفیت مخزن باید ۶۰ (۹۶۱ کیلوگرم بر متر مکعب) به کار رود.
آمونیاک بدون آب NH_3 (Ammonia , anhydrous)	سیلندر فولادی : ۵۰ پوند (۲۲/۷ کیلوگرم) ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) ۱۵۰ پوند (۶۸ کیلوگرم) واگن مخزندار: ۵۰۰۰۰ گالن (۲۲۶۸۰ کیلوگرم)	وزن مخصوص مایع در حرارت ۲۸-درجه فارنهایت (۳۳/۳- سانتیگراد) برابر است با ۰/۶۸

ادامه جدول ۲-۳-۲

آمونیاک، محلول در آب (Ammonia, aqua)	قرابه : ۵ گالن (۱۸/۹ لیتر) ۱۰ گالن (۳۷/۹ لیتر) استوانه: ۳۷۵ پوند (۱۷۰ کیلوگرم) ۷۵۰ پوند (۳۴۰ کیلوگرم) واگن مخزن دار : ۸۰۰۰ گالن (۳۰۳۰۰ لیتر)	وزن مخصوص در حرارت ۶۰ درجه فارنهایت (۱۵/۶ سانتیگراد) برابر است با ۰/۸۹۷۴
سیلیکوفلوراید آمونیاک (Amonia silicofluoride)	بسته ۴ تا ۲۶/۵ پوند (۱/۸۱ تا ۱۲ کیلوگرم) چلیک کوچک : ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) بشکه یا استوانه : ۴۰۰ پوند (۱۸۱ کیلوگرم)	۷۰ تا ۸۰ (۱۱۲۰ تا ۱۲۸۰ کیلوگرم برمتر مکعب)
سولفات آمونیاک* (Ammonium Sulfate)	جعبه : ۲۵ پوند (۱۱/۳ کیلوگرم) چلیک کوچک : ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) کیسه : ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) بشکه: ۳۰۰ پوند (۱۳۶ کیلوگرم) ۴۰۰ پوند (۱۸۱ کیلوگرم) فله	۶۰ (۹۶۱ کیلوگرم بر متر مکعب)
کربنات باریم (Barium Carbonate)	جعبه: ۲۵ پوند (۱۱/۳ کیلوگرم) چلیک کوچک : ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) کیسه : ۲۰۰ پوند (۹۰/۷ کیلوگرم)	۵۲ تا ۷۸ (۸۳۳ تا ۱۲۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب)
بنتونیت (Bentonite)	کیسه : ۵۰ پوند (۲۲/۷ کیلوگرم) ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) فله	پودر: ۴۵ تا ۶۰ (۷۲۱ تا ۹۶۱ کیلوگرم بر متر مکعب) دانه‌ریز : ۶۵ تا ۷۵ (۱۰۴۰ تا ۱۲۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب)
برم (Bromine)	بطری شیشه: ۶/۵ پوند (۲/۹۵ کیلوگرم) بطری سفالی	وزن مخصوص ۳/۱۱۹ ۲۶ پوند در گالن (۳۱۲۰ گرم در لیتر)

ادامه جدول ۲-۳-۲

کربنات کلسیم (Calcium Carbonate)	کیسه : ۵۰ پوند (۲۲/۷ کیلوگرم) استوانه ، فله	پودر ۳۵ تا ۶۰ (۵۶۱ تا ۹۶۱ کیلوگرم بر متر مکعب) دانه ریز ۱۰۰ تا ۱۱۵ (۱۶۰۰ تا ۱۸۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب)
هیدروکسید کلسیم (Calcium Hydroxide)	کیسه : ۵۰ پوند (۲۲/۷ کیلوگرم) بشکه: ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) فله: در محل خشک انبار شود	۲۰ تا ۵۰ (۳۲۰ تا ۸۰۱ کیلوگرم بر متر مکعب) برای محاسبه ظرفیت مخزن ۴۰ (۶۴۱ کیلوگرم بر متر مکعب) به کار رود.
هیپوکلریت کلسیم (Calcium Hypochlorite)	بشکه : ۴۱۵ پوند (۱۸۸ کیلوگرم) قوطی: ۵ پوند (۲/۲۷ کیلوگرم) ۱۵ پوند (۶/۸ کیولگرم) ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) ۳۰۰ پوند (۱۳۶ کیلوگرم) استوانه: ۸۰۰ پوند (۳۶۳ کیلوگرم) در محل خشک و خنک نگهداری شود و با مواد آلی در تماس نباشد	دانه ریز : ۶۸ تا ۸۰ (۱۰۹۰ تا ۱۲۸۰ کیلوگرم بر متر مکعب) پودر : ۳۲ تا ۵۰ (۵۱۳ تا ۸۰۱ کیلوگرم بر متر مکعب)
اکسید کلسیم (Calcium Oxide)	کیسه‌های ضد رطوبت : ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) بشکه چوبی و فله: در محل خشک نگهداری شود، حداکثر مدت نگهداری ۶۰ روز، ظرف به صورت بسته باشد.	۵۵ تا ۷۰ (۸۸۱ تا ۱۱۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب) برای محاسبه ظرفیت مخزن ۶۰ (۹۶۱ کیلوگرم بر متر مکعب) به کار رود.
دی اکسید کربن (Carbon dioxide)	گاز فشرده در سیلندر فولادی: ۱۵۰ پوند (۶۸ کیلوگرم) یخ خشک که بر حسب نیاز تحویل می‌شود و در محل در سیلندهای فولادی بزرگ تبخیر می‌گردد.	-

ادامه جدول ۲-۳-۲

زاج سبز کلردار* (Chlorinated copperas)	به کلرین و سولفات آهن به عنوان معرفهای مورد نیاز مراجعه شود.	—
آهک کلرزده (Chlorinated lime)	استوانه : ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) ۳۰۰ پوند (۱۳۶ کیلوگرم) ۸۰۰ پوند (۳۶۳ کیلدگرم) در جای خشک و خنک نگهداری شود.	۴۵ تا ۵۰ (۷۵۱ تا ۸۰۱ کیلوگرم بر متر مکعب)
کلر (Chlorine)	سیلندر فولادی : ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) ۱۵۰ پوند (۶۸ کیلوگرم) واگن مخزن‌دار : ۱۵ تن (۱۳/۶ تن) ۱۶ تن (۱۴/۵ تن) ۳۰ تن (۲۷/۲ تن) ۵۵ تن (۴۹/۹ تن)	وزن مخصوص نسبت به هوا ۲/۴۹
سولفات مس* (Copper sulfate)	کیسه : ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) بشکه: ۴۵۰ پوند (۲۰۴ کیلوگرم) استوانه	بلور ۷۵ تا ۹۰ (۱۲۰۰ تا ۱۴۴۰ کیلوگرم برمترمکعب) پودر ۶۰ تا ۶۸ (۹۶۱ تا ۱۰۹۰ کیلوگرم برمترمکعب)
خاک دیاتومه (Diatomaceous earth)	کیسه : ۵۰ پوند (۲۲/۷ کیلوگرم) فله	طبیعی ۵ تا ۱۸ (۸۰/۱ تا ۲۸۸ کیلوگرم به متر مکعب) آهکی شده (Calcined): ۳ تا ۶ (۴۸/۱ تا ۹۶/۱ کیلوگرم بر متر مکعب) آهکی شده با حرارت (Flux calcined): ۱۰ تا ۲۵ (۱۶۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب)
فسفات دی‌سدیم (Disodium Phosphate)	کیسه : ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) چلیک کوچک: ۱۲۵ پوند (۵۶/۷ کیلوگرم) استوانه : ۲۵ پوند (۱۱/۳ کیلوگرم)	هیدرات کریستال: ۸۰ تا ۹۰ (۱۲۸۰ تا ۱۴۴۰ کیلوگرم برمترمکعب) بدون آب : ۵۳ تا ۶۲ (۸۴۹ تا ۹۹۳ کیلوگرم بر متر مکعب)

۱) تن در سیستم آمریکایی برابر با ۲۰۰۰ پوند ۲) تن در سیستم متریک برابر با ۱۰۰۰ کیلوگرم

ادامه جدول ۲-۳-۲

	۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) ۱۲۵ پوند (۵۶/۷ کیلوگرم) ۳۲۵ پوند (۱۴۷ کیلوگرم) ۳۵۰ پوند (۱۵۹ کیلوگرم)	
آهک شکفته دولومی تیک (Dolomitic hydrated lime)	کیسه : ۵۰ پوند (۲۲/۷ کیلوگرم) بشکه ، فله	۳۰ تا ۵۰ (۴۸۱ تا ۸۰۱ کیلوگرم بر متر مکعب) برای محاسبه گنجایش مخزن ۴۰ (۶۴۱ کیلوگرم بر متر مکعب) به کار برده شود.
آهک دولومی تیک (Dolomitic lime)	کیسه : ۵۰ پوند (۲۲/۷ کیلوگرم) ۶۰ پوند (۲۷/۲ کیلوگرم) بشکه ، فله	سنگریزه:۶۰ تا ۶۵ (۹۶۱ تا۱۰۴۰ کیلوگرم برمترمکعب) سائیده: ۵۰ تا ۷۵ (۸۰۱تا۱۲۰۰ کیلوگرم‌برمترمکعب) کلوخه: ۵۰ تا ۶۵ (۸۰۱ تا ۱۰۴۰ کیلوگرم‌برمترمکعب) پودر:۳۷ تا ۶۵ (۵۹۳ تا ۱۰۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب) متوسط ۶۷ (۹۶۱ کیلوگرم بر متر مکعب)
کلرور فریک (Ferric chloride)	محلول : قرابه ۵ گالن (۱۸/۹ لیتر) ۱۳ گالن (۴۹/۲ لیتر) کامیون، واگن مخزن‌دار بلور (کریستال) : جلبک کوچک، ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) ۴۰۰ پوند (۱۸۱ کیلوگرم) ۴۵۰ پوند (۲۰۴ کیلوگرم) استوانه: ۱۵۰ پوند (۶۸ کیلوگرم) ۳۵۰ پوند (۱۵۹ کیلوگرم) ۶۳۰ پوند (۲۸۶ کیلوگرم)	محلول: ۱۱/۲ تا ۱۲/۴ پوند (۵/۰۸ تا ۵/۶۲ کیلوگرم) بلور: ۶۰ تا ۶۴ (۹۶۱تا۱۰۳۰ کیلورم برمتر مکعب) بدون آب ۴۵ تا ۶۰ (۷۲۱ تا ۹۶۱ کیلوگرم بر متر معکب)

ادامه جدول ۲-۳-۲

سولفات فریک* (Ferric sulfate)	کیسه : ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) استوانه : ۴۰۰ پوند (۱۸۱ کیلوگرم) ۴۲۵ پوند (۱۹۳ کیلوگرم) فله	۷۰ تا ۷۲ (۱۱۲۰ تا ۱۱۵۰ کیلوگرم‌برمترمکعب)
سولفات فروس* (Ferrous sulfate)	کیسه : ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) استوانه : ۴۰۰ پوند (۱۸۱ کیلوگرم) فله	۶۳ تا ۶۶ (۱۰۱۰ تا ۱۰۶۰ کیلوگرم‌برمترمکعب)
اسید فلوسیلی سیک* (Fluosilicic acid)	چلیک کوچک: ۵ گالن (۱۸/۹ لیتر) استوانه قیراندود: ۵۰ گالن (۱۸۹ لیتر) بشکه با روکش لاستیک : ۴۲۰ پوند (۱۹۱ کیلوگرم)	۳۰ درصد ۱۰/۵ پوند در هر گالن (۱۲۶۰ گرم در لیتر) است.
اسید هیدروفلوریک* (Hydrofluric acid)	استوانه فولادی : ۲۰ گالن (۷۵/۷ لیتر) ۳۰ گالن (۱۱۴ لیتر) ۱۰۰ گالن (۳۷۹ لیتر) فله	
پلی‌الکترولیت یا پلیمر (Polyelectrolyte or polymer)	به شکل خشک یا محلول موجود است و در ظرفهای مختلف استفاده می‌شود.	خشک ۷/۵ تا ۸۸ (۱۲۰ تا ۱۴۱۰ کیلوگرم‌برمترمکعب) مایع ۶۲ تا ۹۲ (۹۹۰ تا ۱۴۷۵ کیلوگرم‌برمترمکعب)
پرمنگنات پتاسیم (Potassium permanganate)	USP ۲۵ پوند (۱۱/۳ کیلوگرم) ۱۱۰ پوند (۴۹/۹ کیلوگرم) ۱۲۵ پوند (۵۶/۷ کیلوگرم) چلیک کوچک فولادی : ۲۵ پوند (۱۱/۳ کیلوگرم) ۱۱۰ پوند (۴۹/۹ کیلوگرم)	۸۶ تا ۱۰۲ (۱۳۸۰ تا ۱۶۳۰ کیلوگرم‌برمترمکعب)

ادامه جدول ۲-۳-۲

	۶۰۰ پوند (۲۷۲ کیلوگرم) استوانه فولادی	
آلومینات سدیم (Sodium aluminate)	کیسه آسیاب شده : ۵۰ پوند (۲۲/۷ کیلوگرم) ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) به صورت مایع در استوانه	با خلوص زیاد ۵۰ (۸۰۱ کیلوگرم بر متر مکعب) استاندارد ۶۰ (۹۶۱ کیلوگرم برم تر مکعب)
بی‌کربنات سدیم (Sodium bicarbonate)	کیسه : ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) و در استوانه	۵۹ تا ۶۲ (۹۴۵ تا ۹۹۳ کیلوگرم بر متر مکعب)
بی‌سولفات سدیم (Sodium bisulfate)	کیسه : ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) استوانه ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) ۴۰۰ پوند (۱۸۱ کیلوگرم)	۷۰ تا ۸۰ (۱۱۲۰ تا ۱۲۸۰ کیلوگرم بر متر مکعب)
کربنات سدیم (Sodium carbonate)	کیسه : ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) بشکه: ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) استوانه : ۲۵ پوند (۱۱/۳ کیلوگرم) ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) فله	متراکم ۶۵ (۱۰۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب) متوسط ۴۰ (۶۴۱ کیلوگرم بر مترمکعب) سبک ۳۰ (۴۸۱ کیلوگرم بر متر مکعب)
کلرور سدیم (Sodium chloridde)	کیسه : ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) بشکه یا استوانه (۲۵ پوند (۱۱/۳ کیلوگرم) فله	سنگی: ۵۰ تا ۶۰ (۸۰۱ تا ۹۶۱ کیلوگرم‌برمترمکعب) بلور: ۵۸ تا ۷۰ (۹۲۹ تا ۱۱۲۰ کیلوگرم برمترمکعب)
کلریت سدیم (Sodium chlorite)	استوانه : ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم)	۶۵ تا ۷۵ (۱۰۴۰ تا ۱۲۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب)

ادامه جدول ۲-۳-۲

فلورايد سديم (Sodium Flouride)	کیسه : ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) استوانه : ۲۵ پوند (۱۱/۳ کیلوگرم) ۱۲۵ پوند (۵۶/۷ کیلوگرم) ۳۷۵ پوند (۱۷۰ کیلوگرم)	پودر: ۶۵ تا ۱۰۰ (۱۰۴۰ تا ۱۶۰۰ کیلوگرم‌برمترمکعب) بلور ریزدانه ۹۰ تا ۱۰۶ (۱۴۴۰ تا ۱۷۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب)
هگزامتافسفات سديم (Sodium hexametaphosphate)	کیسه: ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) استوانه: ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) ۳۰۰ پوند (۱۳۶ کیلوگرم) ۳۲۰ پوند (۱۴۵ کیلوگرم)	شیشه‌ای : ۶۴ تا ۱۰۰ (۱۰۳۰ تا ۱۶۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب) پودر و ریزدانه: ۴۴ تا ۶۰ (۷۰۵ تا ۹۶۱ کیلوگرم بر متر مکعب)
هيدروكسيدسديم (Sodium hydroxide)	استوانه: ۲۵ پوند (۱۱/۳ کیلوگرم) ۵۰ پوند (۲۲/۷ کیلوگرم) ۳۵۰ پوند (۱۵۹ کیلوگرم) ۴۰۰ پوند (۱۸۱ کیلوگرم) ۷۰۰ پوند (۳۱۸ کیلوگرم) محلول فله	کلوله‌ای: ۶۰ تا ۷۰ (۹۶۱ تا ۱۱۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب) فلسی : ۴۶ تا ۶۲ (۷۳۷ تا ۹۹۳ کیلوگرم بر متر مکعب)
هيپوكلريت سديم (Sodium hypochlorite)	قرابه : ۵ گالن (۱۸/۹ لیتر) ۱۳ گالن (۴۹/۲ لیتر) استوانه : ۳۰ گالن (۱۱۴ لیتر) فله	۱۵ درصد ۱۰/۲ پوند در گالن (۱۲۲۰ گرم در لیتر)
سيليكات سديم (Sodium silicate)	استوانه : ۱ گالن (۳/۷۹ لیتر) ۵ گالن (۱۸/۹ لیتر) ۵۵ گالن (۲۰۸ لیتر)	وزن مخصوص ۱/۳۹ : ۱۱/۶ پوند در گالن وزن مخصوص ۱/۴۱: ۱۱/۷۳ پوند در گالن

ادامه جدول ۲-۳-۲

سیلیکوفلورایدسدیم (Sodium silicofluoride)	کیسه: ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) استوانه : ۲۵ پوند (۱۱/۳ کیلوگرم) ۱۲۵ پوند (۵۶/۷ کیلوگرم) ۳۷۵ پوند (۱۷۰ کیلوگرم)	ریزدانه ۸۵ تا ۱۰۵ (۱۳۶۰ تا ۱۶۸۰ کیلوگرم بر متر مکعب) پودر- ریزدانه ۶۰ تا ۹۶ (۹۶۱ تا ۱۵۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب)
سولفات سدیم (Sodium sulfate)	کیسه، بشکه، استوانه، چلیک کوچک	۷۰ تا ۱۰۰ (۱۱۲۰ تا ۱۶۰۰ کیلوگرم‌بر مترمکعب)
تایوسولفات سدیم (Sodium thiosulfate)	کیسه، بشکه، استوانه، چلیک کوچک	۵۳ تا ۶۰ (۸۴۹ تا ۱۹۶۱ کیلوگرم بر متر مکعب)
دی اکسید سولفور (Sulfur dioxide)	سیلندر فولادی : ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) ۱۵۰ پوند (۶۸ کیلوگرم) ۲۰۰ پوند (۹۰/۷ کیلوگرم)	
اسید سولفوریک* (Sulfuric acid)	بطری ، قرابه : ۵ گالن (۱۸/۹ لیتر) ۱۳ گالن (۴۹/۲ لیتر) استوانه: ۵۵ گالن (۲۰۸ لیتر) ۱۱۰ گالن (۴۱۶ لیتر) فله	وزن مخصوص ۱/۸۱ : ۱۵/۱ لیتر در گالن
پایروفسفات تتراسدیم (Tetrasodium pyrophosphate)	کیسه: ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) ۲۰۰ پوند (۹۷/۷ کیلوگرم) بشکه: ۳۵۰ پوند (۱۵۹ کیلوگرم) استوانه : ۲۵ پوند (۱۱/۳ کیلوگرم) ۳۰۰ پوند (۱۳۶ کیلوگرم) ۳۵۰ پوند (۱۵۹ کیلوگرم) چلیک کوچک: ۱۲۵ پوند (۵۶/۷ کیلوگرم)	بلور ۵۰ تا ۷۰ (۸۰۱ تا ۱۱۲۰ کیلوگرم بر مترمکعب) پودر ۴۶ تا ۶۶ ۷۳۷ تا ۱۰۶۰ کیلوگرم بر متر مکعب)

ادامه جدول ۲-۳-۲

فسفات تری‌سدیم (Trisodium phosphate)	کیسه : ۱۰۰ پوند (۴۵/۴ کیلوگرم) ۲۰۰ پوند (۹۰/۷ کیلوگرم) بشکه : ۳۲۵ پوند (۱۴۷ کیلوگرم) ۴۰۰ پوند (۱۸۱ کیلوگرم) چلیک کوچک: ۱۲۵ پوند (۵۶/۷ کیلوگرم)	بلور ۵۵ تا ۶۰ (۸۸۱ تا ۹۶۱ کیلوگرم بر متر مکعب) هیدرات منو (monohydrate) ۶۵ (۱۰۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب)

۲-۴ انواع پی[1]

سازه‌هایی که سطوح وسیعی را پوشش می‌دهد ممکن است بر روی خاک یا سنگ استقرار یابد. زمین پی این گونه سازه‌ها ممکن است یکی از انواع زیر باشد:

الف- به طور کامل خاک دانه[2]

ب- به طور کامل خاک چسبنده[3]

پ- به طور کامل سنگ[4]

ت- ترکیبی از ردیفهای فوق

نوع پی نیز ممکن است یکی از انواع زیر باشد:

الف- شمع[5]

ب- صندوقی[6]

پ- گسترده[7]

ت- شالوده منفرد یا نواری[8]

در صورتی که پی سازه تماماً فقط بر روی یک نوع سنگ یا خاک قرار گیرد، طراحی پی و خود سازه کار دشواری نخواهد بود، لیکن طراحی هنگامی مشکل و پیچیده می‌شود که پی سازه بر روی بیش از یک نوع بستر قرار گیرد. در اغلب سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست، که به شکل مخازن و استخرهای نگهدارنده آب یا سایر مایعات مورد استفاده قرار می‌گیرد، نشست‌های نامتقارن و نابرابر که موجب ایجاد ترک و نشت مایع شود مجاز نخواهد بود. بنابراین طراحان این گونه سازه‌ها باید با دقت در طراحی، نشست‌های نابرابر پی‌ها و سازه‌ها را به حداقل ممکن برسانند. در صورت لزوم، ممکن

1- Fondation
2- Granular soil
3- Cohesive soil
4- Rock
5- Pile
6- Caisson
7- Raft
8- Spread or continuous footings

است تاوه‌هایی بین تیرهای در تراز زمین، دیوارهای پی و پایه‌ها استقرار یابد. به طور کلی سازه‌ها باید به گونه‌ای طراحی شود که یا نشست‌های نابرابر آن در حداقل مجاز و قابل قبول باشد و یا نشستها بیشتر به تیرهایی که روی تکیه‌گاههای ارتجاعی قرار دارد منتقل شود. سازه‌های مجاور، که دارای بارگذاری و کاربری متفاوت باشد، ممکن است با استفاده از درز انبساط و یا احداث زوج دیوارها جدا شود.

در طراحی پی‌های مستقر روی خاک دانه‌ای یا سایر خاکهای ارتجاعی[1] یا تراکم‌پذیر[2] نه تنها باید تغییرات تراکم‌پذیری مصالح خاکی و ضخامت‌های مختلف لایه‌های خاک مورد توجه قرار گیرد، بلکه تغییرات بارگذاری دوران بهره‌برداری به علت پر و خالی شدن متناوب مخازن و استخرهای همجوار نیز باید در محاسبات منظور شود.

شرایط خاک باید به وسیله گمانه‌زنی آزمایشی و نمونه‌برداری از خاک و آنالیز آن برای تعیین میزان مقاومت و میزان سولفات آن بررسی شود. حداقل چهارگمانه آزمایشی برای ۱۰،۰۰۰ فوت مربع (۹۲۹ متر مربع) اول از سطح کارگاه و حداقل دو گمانه دیگر به ازاء هر ۱۰،۰۰۰ فوت مربع (۹۲۹ متر مربع) اضافی باید حفاری شود.

بعلاوه، گمانه‌های آزمایشی اضافی نیز ممکن است در مراکز اصلی تمرکز بار مانند پی ستون مرکزی حوضچه‌های ته‌نشینی فطور یا پی تجهیزات سنگین، مطلوب باشد. در این قبیل موارد بررسی به وسیله مهندسین ژئوتکنیک و مشاوره با آنان توصیه می‌شود.

در مواردی که پی‌های سنگی نامنظم یا طبقات باربر غیر متعارف مطرح باشد حفر گمانه‌های آزمایشی اضافی ممکن است ضرورت یابد. بررسی، اندازه‌گیری و ثبت منظم ارتفاع سطح آبهای زیرزمینی[3] و تغییرات تناوبی و فصلی آن از اهمیت خاصی برخوردار است. حداکثر و حداقل ارتفاع سطح آبهای زیرزمینی در منطقه کارگاه باید با استفاده از

1- Elastic
2- Compressible
3- Elevation of ground water table

سابقه یکصدساله طغیان آب و خشکسالی، در هر مورد تعیین شود. بالا بودن سطح آب زیرزمینی ممکن است موجب فشار بالابرنده[1] و در نتیجه بروز خسارت به پی سازه و یا کاهش بارپذیری زمین زیر پی شود. در مواردی که سازه بر روی سیستم شمع مستقر شود، استفاده از شمعهای مهاری[2] باید مورد بررسی قرار گیرد. سایر ملاحظات زیر سازه‌ای در بخش ۲-۵ ارائه شده است.

❑ ۲-۵ ضوابط سازه‌ای

مخازن بتن آرمه بزرگ[3] برفراز خاکهای تراکم‌پذیر[4] ممکن است همچون تیر یا شاهتیرهای[5] مستقر بر تکیه‌گاههای ارتجاعی در نظر گرفته شود. دیوارهای جانبی مخازن و استخرهای مربع مستطیل ممکن است از نوع طره‌گیردار در پایه و یا به صورت گیردار از دو یا چند طرف طراحی شود. فشار محتویات داخل مخازن مدور معمولاً به وسیله کشش حلقوی[6] تحمل می‌شود.

ارتفاع سطح آب زیرزمینی و وضعیت سیلابها، از جمله ضوابط و ملاحظات اصلی طراحی است و باید مانند بارهای مایعات داخلی در نظر گرفته شود. سطح آب زیرزمینی ممکن است به صورت محلی به وسیله نشت از مخازن مجاور یا لوله‌ها به طور مصنوعی افزایش یابد. دیوارهایی که از داخل تحت تاثیر فشار آب و از خارج تحت تاثیر فشار خاک قرار دارد باید بدون توجه به اثر خنثی کنندگی این نیروها در برابر یکدیگر با حداکثر مقاومت لازم در هر مورد طراحی و محاسبه شود. در شرایطی که سطوح داخلی یک مخزن کاملاً آب‌بند می‌شود، دیوارها و کف آن باید در برابر نیروهای جانبی و

1- Uplift
2- Uplift piles
3- Reinforced concrete reservoirs
4- Compressible
5- Girders
6- Ring tension

نیروهای قائم فشار آب و خاک از داخل و خارج مقاوم باشد و کل سازه در برابر شناور شدن پایداری داشته باشد.

واکنش خاک در برابر یک دال ارتجاعی با اثر آن بر روی یک تاوه صلب کاملا" متفاوت است. دیوارهای طره‌ای متصل به تاوه ارتجاعی که روی خاکهای قابل انعطاف تراکم‌پذیر[1] قرار می‌گیرد، باعث طرح مسئله اثر متقابل زمین و سازه می‌شود. اجرای تاوه سراسری بین دیوارهای جانبی همیشه به سهولت امکان‌پذیر نمی‌باشد. افزایش ضخامت تاوه موجب خنثی نمودن فشار بالابرنده و ازدیاد وزن بتن و کاهش مصرف آرماتور می‌شود، لیکن این روش دارای محدودیتهای اقتصادی است. استفاده از تیر یا احداث دیوارهای عرضی بر روی کف باعث کاهش ابعاد دهانه‌ها و اقتصادی شدن ضخامت قابل قبول تاوه می‌گردد.

برای محاسبه تنش فشارهای خارجی و شرایط شناوری، تمامی سازه‌های محتوی آب باید خالی از آب در نظر گرفته شده و اثرات بارهای وزنی متناوب مخزن و فشار منفی بالابرنده احتمالی نیز بررسی شود. در برخی موارد فشار منفی بالابرنده وارده به کف سازه را می‌توان به وسیله یکی از طرق زیر محدود نمود:

۱- نصب لوله‌های ایستایی که هنگام تجاوز ارتفاع سطح آبهای زیرزمینی از حد معینی به طور خودکار آب وارد مخزن نماید.

۲- نصب سیستمهای خودکار فشارشکن در دیوارهای جانبی یا کف مخزن، هر کدام که مناسبتر باشد.

۳- پائین آوردن سطح آب زیرزمینی به وسیله لوله‌های زهکشی مشبک و سیستمهای جمع‌آوری آبها. با توجه به شرایط و مشخصات خاک می‌توان از شمعهای مهاری و یا مهارهای حفاری شده[2] برای اتصال کف سازه به بستر خاکی یا سنگی به منظور مقابله با فشار منفی بالابرنده نیز استفاده کرد.

1- Yielding compressible soils

2- Drilled anchors

هنگامی که هیچیک از روشهای یاد شده عملی نباشد، استفاده از سیستم اعلام خطر می‌تواند مورد نظر قرار گیرد. زمانی که سطح آب زیرزمینی به رقوم خطرناکی صعود کند سیستم اعلام خطر به صدا در می‌آید تا مسئولین مربوطه بلافاصله نسبت به پر کردن مخزن و برقراری تعادل فشار اقدام کنند. در این گونه موارد باید حداقل دو سیستم اعلام خطر مستقل در نظر گرفته شود و در فواصل زمانی معین مکررا" آزموده گردد.

مخازن زیرزمینی معمولا" قبل از خاکریزی اطراف آن مورد آزمون آب‌بندی قرار می‌گیرد و در موارد لازم این گونه شرایط باید در طرح سازه‌ای نیز در نظر گرفته شود.

مقدار انبساط و انقباض مخازن قطور در حین پر و خالی شدن قابل ملاحظه می‌باشد و لذا اتصال بین دیوار و شالوده[1] باید یا این حرکات را اجازه دهد و یا به اندازه کافی محکم باشد که بتواند در برابر حرکات مذکور بدون ترک‌خوردگی مقاومت کند. در صورتی که دیوارها به سازه یا مخازن دیگری متصل نباشد و بتواند آزادانه حرکت کند، جزئیات اتصال در کف و سقف باید به دقت طراحی و اجرا شود.

تجزیه نیروهای وارده بر صفحه[2] دیوارهای مربع مستطیل با تکیه‌گاههای سه یا چهار طرفه به همراه ضرایب طراحی مربوطه در فهرست مراجع شماره ۶ و ۷ این دستورالعمل به تفصیل بیان شده است. در مواردی که پانلهای دیوار، مستطیل شکل باشد لیکن نسبت اندازه‌ها از نسبتهای مندرج در جداول ضرایب تجاوز نماید، باز هم جداول یاد شده تا حدودی قابل استفاده خواهد بود. قسمتهای انتهایی پانل دیوار مستطیل شکل ممکن است بر اساس نزدیکترین ضریب مندرج در جدول طراحی شود و لنگر انتهایی در محل تلاقی دیوارها تعیین گردد و قسمت میانی آن نیز می‌تواند بر اساس تاوه یکطرفه یا طره دار طراحی و محاسبه شود. به عنوان راه حل دیگر، تحلیل ارتجاعی نیروها می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

1- Footing
2- Panel

استفاده از دیوارهای عمودی که از بالا و پائین به سقف و کف متصل[1] باشد اغلب رایج است، به ویژه اگر مخزن مربع مستطیل و نسبتاً باریک بوده و یا این که بر روی دسته‌ای شمع تکیه داشته باشد. طراحی دیوارهای جانبی مخازن در دو وضعیت می‌تواند مفید واقع شود، یکی به صورت طره و دیگری با اتصال به کف و سقف. علت طراحی مضاعف آن است که اجرای دیوار در محل گودبرداری شده انجام می‌شود و خاکریزی اطراف دیوار قبل از اتصال سقف به دیوار صورت می‌گیرد. باید توجه داشت که در صورت وجود درز انبساط در کف مخزن، تداوم اتصال دیوارهای مقابل از بین می‌رود. بنابراین مهندس طراح باید اثرات لغزش[2] از جمله کاهش اصطکاک به علت شناوری ناشی از نشت را مورد بررسی دقیق قرار دهد.

ضخامت دیوارهای بتن آرمه به ارتفاع حداقل ۱۰ فوت (۳ متر) که در تماس با مایعات قرار دارد نباید از ۱۲ اینچ (۳۰۵ میلیمتر) کمتر باشد. معمولاً حداقل ضخامت هر عضو سازه‌ای کوچک در سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست ۶ اینچ (۱۵۲ میلیمتر) در نظر گرفته می‌شود. در مواردی که یک پوشش بتنی به ضخامت ۲ اینچ (۵۱ میلیمتر) روی آرماتور مورد نظر باشد حداقل ضخامت دیوار باید ۸ اینچ (۲۰۳ میلیمتر) اختیار شود. در مواردی که ترکیب آرماتور هنگام استفاده از نوار آب‌بند ایجاد مزاحمت کند، می‌توان ضخامت بتن را در محل نوار آب‌بند افزایش داد. در ضمن باید توجه شود که مسئله بند برشی[3] که در بخش ۲-۸-۴ مورد بحث قرار گرفته است در دیوارهای نازک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برای کنترل ترک‌خوردگیها بهتر آن است که برای تقویت اصلی بجای استفاده از تعداد کمی آرماتور قطورتر، در سطحی برابر از تعداد زیادتری آرماتور نازکتر استفاده شود. فواصل آرماتور نیز نباید از ۱۲ اینچ (۳۰۵ میلیمتر) تجاوز کند. راهنمائیهای لازم در زمینه محدودیت اندازه آرماتورها در بخش ۱۰-۶-۴ از نشریه ACI 318R ارائه شده است.

1- Supported
2- Sliding
3- Shear key

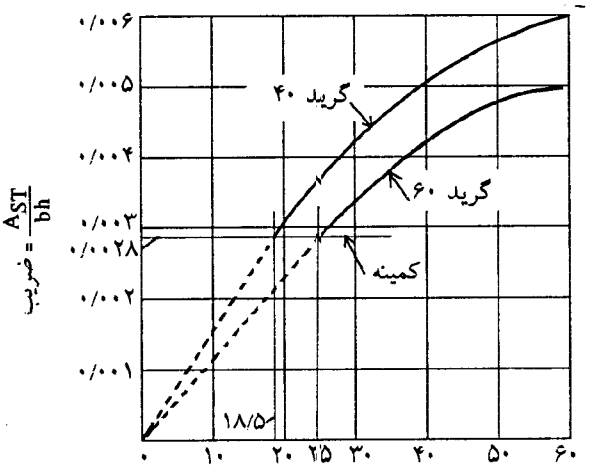
مقدار آرماتورهای حرارتی و انقباضی که بایستی مهیا شود تابعی است از فاصله بین درزهایی که در امتداد آرماتورها، تنشهای ناشی از انبساط و انقباض را باید جذب کند. علاوه بر آن مقدار آرماتور حرارتی و انقباضی بستگی به اختلاط بتن، دانه‌بندی شن و ماسه، ضخامت عضو، چگونگی آرماتورگذاری و شرایط محیطی سازه دارد. این عوامل در روش تجزیه و تحلیل وتر[1] برای سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست در ادامه این گزارش مورد استفاده قرار گرفته است.

تقویت حرارتی و انقباضی نباید از نسبتهایی که در شکل ۲-۵ داده شده است کمتر باشد، مگر این که بتن بدون جمع‌شدگی[2] مورد استفاده قرار گیرد. در مواردی که بتن بدون جمع‌شدگی مصرف شده است، فواصل درزهای انقباض و درزهای ساختمانی تا حدود ۷۵ فوت (۲۲/۹ متر) و با ۰/۳ درصد آرماتور، با موفقیت اجرا گردیده است. در صورت استفاده از بتن بدون جمع‌شدگی، جزئیات ساختمانی باید طبق توصیه‌های نشریه ACI 223 تهیه شود. در صورتی که جزئیات ساختمانی بر اساس نشریه ACI 223 انجام شود و از بتن بدون جمع‌شدگی استفاده گردد، می‌توان کاهش مقدار تقویت حرارتی و انقباضی مندرج در شکل ۲-۵ را مورد توجه قرار داد. آرماتورهای حرارتی و انقباضی مقاطع بتن ضخیمتر از ۲۴ اینچ (۶۱۰ میلیمتر) را می‌توان بر مبنای حداقل آرماتورهای حرارتی و انقباضی مقاطع ۱۲ اینچ (۳۰۵ میلیمتر) در هر وجه آن انتخاب نمود.

آرماتورهای حرارتی و انقباضی باید به طور مساوی به دو قسمت تقسیم و هر قسمت از محور دیوار به فواصلی که از ۱۲ اینچ (۳۰۵ میلیمتر) بزرگتر نباشد نصب شود. آرماتورهای قسمت زیرین تاوه که در تماس با زمین می‌باشد را می‌توان تا ۵۰ درصد مقدار مجاز در شکل ۲-۵ کاهش داد.

حداقل مقدار بتن پوشش حفاظتی روی آرماتورها نیز باید مطابق ارقام مندرج در جدول ۲-۵ باشد.

1- Vetter
2- Shrinkage-compensating concrete



شکل ۲-۵- نسبت آرماتور حرارتی و انقباضی برای بتن ساخته شده مطابق ASTM C150 و با سیمان C595. آرماتورهای حرارتی و انقباضی باید حداقل شماره ۴ و فواصل آن حداکثر ۱۲ اینچ (۳۰۵ میلیمتر) در هر دو وجه و با تقسیم‌بندی از وسط به سمت طرفین باشد.

سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست الزاماً مناطق وسیعی را در بر می‌گیرد و پوشش بسترهای فیلتری و مخازن دشواریهایی را به همراه دارد. در طراحی سقف، مهندس طراح باید مجاورت با رطوبت، خورندگی احتمالی و هوای درونی را در نظر گرفته و درزهای حرکت[1] در دیوارها منظور نماید. مطلب اخیر با ادامه درزها در سقف صورت می‌گیرد. تکیه‌گاههایی که برای تامین لغزش بتن روی بتن طراحی می‌شود اغلب منتهی به مسائلی همچون پکیدن لبه تیرها، دیوارها و تاوه‌ها می‌شود که مورد توصیه نمی‌باشد.

ابنیه روبنایی سازه‌های مهندسی محیط زیست، غیر از مخازن، به علت این که خیلی شبیه سایر سازه‌های بتنی معمولی است، با جزئیات بررسی نمی‌شود. در برخی سازه‌ها گازهای تولیدی ممکن است سمی باشد و یا موجب انفجار شود بنابراین پیش‌بینی تمهیداتی برای تهویه، تخلیه فشار، نصب آژیر گاز و جلوگیری از انفجار ممکن است لازم

1- Movement joints

شود. در مواردی که عمارت یا اطاقهای تجهیزات روی سقف مخازن و هاضم‌ها[1] قرار می‌گیرد، مخازن باید در برابر نشت گاز به وسیله اندود یا تجهیزات کنترل گاز حفاظت و عایق شود.

1- Digesters

جدول ۲-۵- حداقل ضخامت پوشش بتن روی آرماتور

تاوه‌ها و درزها :	
آرماتورهای بالا و پائین برای شرایط خشک :	
نمره‌های ۱۴ و ۱۸	۱/۵ اینچ (۳۸ میلیمتر)
نمره ۱۱ و کوچکتر	$\frac{۳}{۴}$ اینچ (۱۹ میلیمتر)
سطوح بتنی قالب‌ریزی شده در ارتباط با زمین، آب، هوا یا در تماس با فاضلاب و همچنین برای لایه باربر روی کف کار یا تاوه‌های اتکایی پوشش زمین :	
آرماتورهای نمره ۵ و کوچکتر	۱/۵ اینچ (۳۸ میلیمتر)
آرماتورهای نمره ۶ تا ۱۸	۲ اینچ (۵۰/۸ میلیمتر)
تیرها و ستونها :	
برای شرایط خشک :	
خاموت ، تنگ (خاموت بسته) و مارپیچ	۱/۵ اینچ (۳۸ میلیمتر)
آرماتورهای اصلی	۲ اینچ (۵۰/۸ میلیمتر)
در معرض خاک، آب، فاضلاب یا هوا :	
خاموت و تنگ	۲ اینچ (۵۰/۸ میلیمتر)
آرماتور اصلی	۲/۵ اینچ (۶۳/۵ میلیمتر)
دیوارها :	
برای شرایط خشک :	
آرماتورهای نمره ۱۱ و کوچکتر	$\frac{۳}{۴}$ اینچ (۱۹ میلیمتر)
آرماتورهای نمره ۱۴ و ۱۸	۱/۵ اینچ (۳۸ میلیمتر)
سطوح بتنی در معرض زمین، آب، فاضلاب، هوا یا در تماس با زمین:	
مخازن مدور با حلقه کششی و سایر موارد	۲ اینچ (۵۰/۸ میلیمتر)
شالوده‌ها و تاوه‌های پایه :	
سطوح بتنی قالب‌ریزی شده و لایه پائینی	
باربر در روی کف کار	۲ اینچ (۵۰/۸ میلیمتر)
سطوح یکنواخت و کفهای در تماس با خاک	۳ اینچ (۷۶ میلیمتر)
روی شالوده‌ها - همانند تاوه‌ها	
بر روی رأس شمع‌ها	۲ اینچ (۵۰/۸ میلیمتر)

❑ ۲-۶ طراحی سازه

۲-۶-۱ کلیات

نشریه ACI 318 حاوی شرایط عمومی طراحی سازه ساختمانهای بتنی تقویت شده است که برای سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست نیز معتبر می‌باشد. مهندس طراح باید در قالب آئین‌نامه‌های ACI و آئین‌نامه‌های محلی، ضوابط طراحی خاص سازه‌های مهندسی محیط زیست را تعیین کند.

سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست به طور کلی به گروهی از سازه‌ها گفته می‌شود که در آن حداقل ترک‌خوردگی از اهمیت شایانی برخوردار است. برای صیانت از بهداشت عمومی باید از نفوذ به درون مخازن آبهای آشامیدنی و نیز از نشت مایعات آلوده از مخازن فاضلاب جلوگیری شود. بنابراین مهندسان با تجربه سازه‌های مهندسی محیط زیست برای این گونه سازه‌ها تنش مجاز احتیاط‌آمیزی در نظر گرفته‌اند.

کرنش[1] موجود در آرماتورهای تحت تنش[2] به بتن مجاور آن منتقل می‌شود. تنش کمتر در آرماتورهای زیر بار، میزان ترکها را به حداقل کاهش می‌دهد.

ضوابط طراحی مورد توصیه در این گزارش، حداقل ضوابط طراحی لازم برای مقاصد عمومی تلقی می‌شود. برای هر سازه ویژه، بارگذاری ترکیبی غیر عادی، و شرایط محیطی غیر معمول، طراحی ویژه و ملاحظات خاص، بیش از حداقل ضوابط مذکور باید در نظر گرفته شود. مهندس طراح باید به اثرات سازه‌ای و جزئیات فواصل درزها و مراحل ساختمانی توجه کافی مبذول دارد.

در طراحی مخازن بسته جزئیات و مشخصات گازهای اکسیژن، ازون، سولفید ئیدروژن، متان و نیز ا ثرات مخاطره‌آمیز و خورنده آن باید مورد توجه ویژه قرار گیرد. این موضوع هنگامی دارای اهمیت بیشتری می‌شود که مخازن زیرزمینی مذکور در زیر قسمتهای مسکونی قرار گیرد.

1- Strain
2- Stress

۲-۶-۲ شرایط طراحی

سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست باید با رعایت دو عامل مقاومت و قابلیت بهره‌برداری طراحی شود.

۲-۶-۳ روشها

برای طراحی سا زه‌های بتنی تقویت شده عملاً دو روش مورد قبول واقع شده است که هر دو روش در سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست نیز قابل استفاده می‌باشد. دو روش مذکور که جزئیات آن در ACI 318 به تفصیل شرح داده شده است عبارتند از :

۱- طراحی بر اساس مقاومت[1]، با به کار بردن ضریب بار U، مقاومتهای مشخص شده آهن و بتن f_y و f_c' و ضریب کاهش ظرفیت ϕ.

۲- طراحی بر اساس تنش[2] مجاز (طبق ضمیمه B آئین‌نامه ACI 318) با به کار بردن بار بهره‌برداری و کاهش تنش مجاز.

۲-۶-۴ محدودیتهای ویژه

هر دو روش برای سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست دارای محدویتهایی در زمینه اطمینان از مقاومت در برابر نشت مایعات و تامین عمر طولانی دوران بهره‌برداری می‌باشد.

برای کسب اطلاعات بیشتر در زمینه طراحی با استفاده از سیمان بدون جمع‌شدگی می‌توان به فصل سوم از نشریه ACI 223 رجوع نمود.

۲-۶-۵ طراحی بر اساس مقاومت

ضرایب بار تعیین شده در ACI 318 با انجام یک تعدیل در سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست قابل اعمال می‌باشد. ضرایب بار باید برای فشار جانبی خاک H و فشار

1- Strength design
2- Working stress

جانبی مایعات F برابر با ۱/۷ منظور شود. ضریب ترکیب بار برای مجموع ضریب بار طراحی U، همچنانکه در ACI 318 تعیین شده است، باید به وسیله «ضرایب دوام بهداشتی[1]» برای سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست به شرح زیر افزایش یابد:

الف- برای محاسبه آرماتورهای اجزای خمشی، مقاومت مورد نیاز باید U ۱/۳ منظور شود.

ب- برای محاسبه آرماتورها در تنش مستقیم و «کشش حلقوی[2]» مقاومت لازم با اعمال ضریب U ۱/۶۵ حاصل می‌شود.

پ- مقاومت طراحی برای آرماتورهای در «کشش مورب[3]» یا برشی باید با اعمال ضریب دوام بهداشتی ۱/۳ برای برش مازاد، در محاسبات وارد شود. برش مازاد عبارت است از تفاوت بین نیروی برشی با اعمال ضریب در مقطع بتنی (V_u) و مقاومت برشی موجود در بتن (ϕV_c). بنابراین : $\phi V_s \geq 1/3\ (V_u - \phi V_c)$

که در آن ϕV_s عبارت از ظرفیت طراحی آرماتورهای برشی است.

ت- برای محاسبه ناحیه فشاری بارهای محوری فشاری و خمشی و تمامی بارهای وارده به بتن، مقاومت لازم باید U۱/۰۰ در نظر گرفته شود.

ث- برای ضرایب مورد استفاده در طراحی در برابرزلزله به نشریه ACI 318 رجوع شود. همچنانکه قبلاً ذکر شد، ضریب دوام از روشهای محاسبه پهنای ترکها بدست می‌آید.

۲-۶-۶ سرویس‌دهی یا کارآیی در شرایط متعارف بهداشتی[4]

جز در مواردی که در این بخش مستثنی شده است، مفاد آئین‌نامه ACI 318 برای کنترل تغییر مکان[5] و عرض ترکها در سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست قابل اعمال

1- Sanitary durability coefficient
2- Hoop tension
3- Diagonal tension
4- Serviceability for normal sanitary exposures
شرایط متعارف بهداشتی یعنی ماندگاری مایع در مخزن (آب‌بند بودن)، یا در معرض مایعات قلیایی با PH بیشتر از ۵ ، و یا در معرض محلولهای سولفاته با کمتر از 1500 ppm.
5- Deflection

است. برای آرماتورهای خمشی که در یک لایه قرار می‌گیرد، مقدار Z نباید از ۱۱۵kips/in تجاوز کند. Z عبارت است از ضخامت پوشش بتنی روی آرماتور که مساوی یا کمتر از ۲ اینچ (۵۱ میلیمتر) باشد و در مواردی که پوشش مزبور بیش از ۲ اینچ (۵۱ میلیمتر) باشد همین مقدار باید مبنای محاسبه قرار گرفته و به عنوان پوشش اضافی تلقی شود.

ضریب Z و عرض ترک تابعی از پوشش بتن و ضخامت کلی قطعه خمشی است و فقط برای قطعات یکطرفه خمشی معتبر است. مهندس محاسب باید از معادله جرگلی- لوتز[1] که در تفسیری بر بخش ۱۰-۶-۴ آئین‌نامه ACI 318 برای قطعات خمشی یکطرفه آمده است استفاده کند.

برای اجزای بتنی که در معرض تنش مستقیم (تنش حلقوی) قرار می‌گیرد، ضریب دوام بهداشتی ۱/۶۵ برای تمام گریدهای آرماتور می‌تواند منظور شود [۱۰ و ۱۱]. در این حالت ضریب Z فاقد بارپذیری مستقیم می‌باشد.

آرماتورهای اجزای خمشی دو طرفه مثل تاوه و دیوار با توجه به این که در حال حاضر معادلات عرض ترک معتبر در منابع وجود ندارد، ممکن است در هر جهت به طور متناسب بر پایه بند ۲-۶-۵ محاسبه شود [۱۱ و ۱۲].

در طراحی و محاسبه سازه‌ها بر اساس روش تنش مجاز مطابق بند ۲-۶-۷ فاصله آرماتورهای آجدار یا صاف باید چنان تعیین شود که مقدار Z برابر شکل ۲-۶-۷ (الف) ، ۲-۶-۷ (ب) و ۲-۶-۷ (پ) از ۱۱۵Kips/in و فواصل آرماتورها از ۱۲ اینچ (۳۰۵ میلیمتر) تجاوز نکند. در سایر اجزای خمشی، فواصل آرماتورها باید چنان محدود شود که مقدار محاسباتی Z از ۱۱۵Kips/in تجاوز نکند. فواصل آرماتورهای آجدار یا صاف نباید از ۱۲ اینچ (۳۰۵ میلیمتر) بیشتر شود و اندازه آن نیز ترجیحاً از نمره ۱۱ تجاوز نکند.

در شرایطی محیطی[2] حاد (غیر متعارف)، طراحی سازه‌ها باید منطبق با بخش ۲-۶-۶ باشد، به شرط آن که فاکتور Z از ۹۵Kips/in تجاوز نکرده و حفاظت سطوح بتنی و سایر حفاظتها با شرایط موجود مطابقت و تناسب داشته باشد.

1- Gergley-lutz equation

2- Severe environmental exposure

شرایط بهداشتی شدید (غیر متعارف)، شرایطی است که از محدوده شرایط متعارف بهداشتی تجاوز کند.

۲-۶-۷ روش طراحی بر اساس تنش مجاز، ACI 318 ، ضمیمه B

در روش طراحی بر اساس تنش مجاز، جز مواردی که ذیلاً تشریح شده است، طراحی باید مطابق ضمیمه B از آئین‌نامه ACI 318 انجام شود. میزان تنشهای توصیه شده در بتن و آرماتورها برای بار طراحی در جدولهای ۲-۶-۷ (الف) و ۲-۶-۷ (ب) ارائه شده است. تنشهای مذکور با توجه به حداکثر فواصل آرماتورگذاری ۱۲ اینچ (۳۰۵ میلیمتر) برای کنترل عرض ترکهای سطوح بتنی در شرایط محیطی سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست در نظر گرفته است. این تنشها برای فواصل آرماتورگذاری ۱۲ اینچ، در مورد آرماتورهای گرید ۶۰ نباید از ۲۷۰۰۰psi (۱۸۶Kpa) و در مورد آرماتورهای گرید ۴۰ نباید از ۲۰۰۰۰psi (۱۳۷Kpa) تجاوز کند. طول گیرایی و مهاری آرماتورها باید مطابق آئین‌نامه ACI 318 باشد.

جدول ۲-۶-۷ (الف)- میزان تنشهای مجاز توصیه شده[1] برای بتن مورد مصرف در سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست که باید آب‌بند و ،ر برابر مواد شیمیائی مقاوم باشد.

شـــــرح	مقدار توصیه شده، پوند بر اینچ مربع
نسبت مدول ارتجاعی n	$\frac{29,000,000}{W^{1.5}33\sqrt{f'_c}}$
خمش:	
تنش بار نهایی در حالت فشاری	$0.45\ f'_c$
تنش بار نهایی در حالت کششی برای شـالوده‌ها و دیوارهـای بتنی ساده	$1.6\ \sqrt{f'_c}$
برش:	
۷(بعنوان مقیاسی برای کشش مورب در d از بر تکیه‌گاه)	
تیرهای فاقد تقویت در جان تیر	$1.1\sqrt{f'_c}$
تیرچه‌های فاقد تقویت در جان تیرچه	$1.2\sqrt{f'_c}$
اعضاء تقویت شده در جان (web) با ترکیب ،رست از میلگرد و خاموت	$5\sqrt{f'_c}$
تاوه‌ها و تکیه‌گاهها (برش محیطی)	$2\sqrt{f'_c}$
تکیه‌گاه:	
بر روی سطح کامل	$0.25\ f'_c$
بر روی یک سوم سطح یا کمتر	$0.375\ f'_c$

۱- تنشهای مجاز توصیه شده بر حسب f'_c برای تمامی مقاومتهای بتن است. برای حداقل مقدار توصیه شـده بـرای f'_c به بند ۳-۵-۱ مراجعه شود. سایر شـرایط بـاید مطـابق ضمیمـه (ب) از آئین‌نامـه ACI 318 زیـر عنـوان «روش طراحی دیگر» باشد.

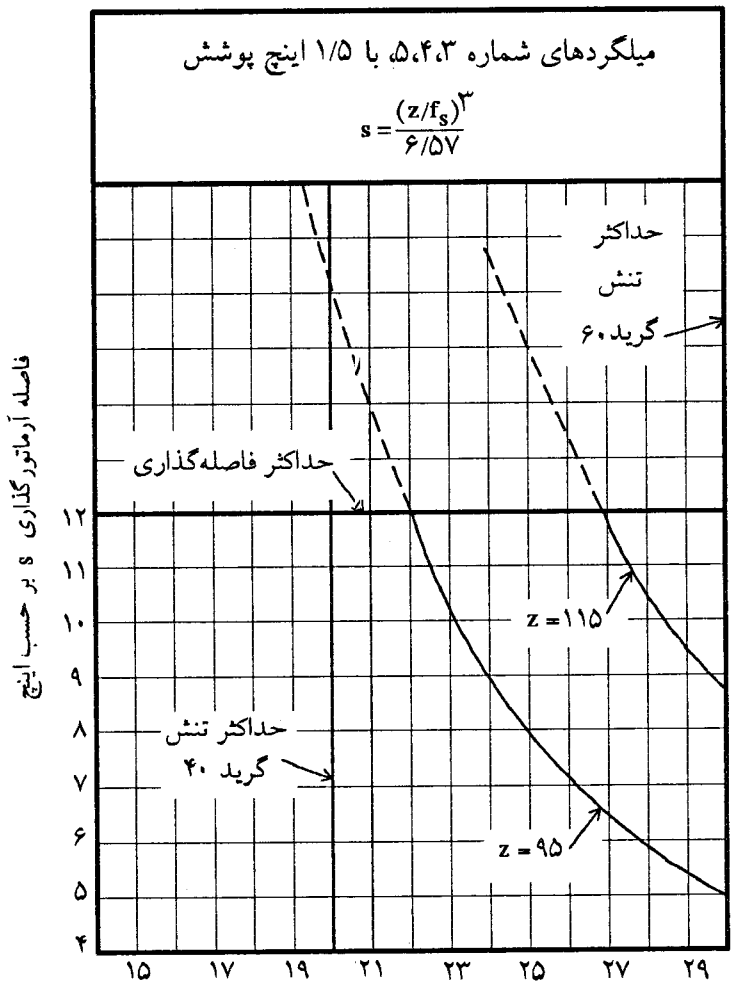
جدول ۲-۶-۷ (ب) حداکثر تنشهای توصیه شده در بار بهره‌برداری برای فواصل آرماتورگذاری ۱۲ اینچ (۳۰۵ میلیمتر) در سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست

شماره آرماتور	شرایط محیطی سازه بهداشتی[1] و حداکثر مقدار Z[2]	حداکثر تنش در بار بهره‌برداری Psi (Kpa)	
		گرید ۶۰	گرید ۴۰
تمامی شماره‌ها	اعضاء در کشش مستقیم	۲۰،۰۰۰ (۱۳۸،۰۰۰)	۱۴،۰۰۰ (۹۶،۰۰۰)
۳ ، ۴ ، ۵	اعضاء خمشی در شرایط حاد (غیرمتعارف) (حداکثر Z= ۹۵)	۲۲،۰۰۰ (۱۵۲،۰۰۰)	۲۰،۰۰۰ (۱۳۸،۰۰۰)
	اعضاء خمشی در شرایط عادی (حداکثر Z = ۱۱۵)	۲۷،۰۰۰ (۱۸۶،۰۰۰)	۲۰،۰۰۰ (۱۳۸،۰۰۰)
۶، ۷ ، ۸	اعضاء خمشی در شرایط حاد (غیرمتعارف) (حداکثر Z= ۹۵)	۱۸،۰۰۰ (۱۲۴،۰۰۰)	۱۸،۰۰۰ (۱۲۴،۰۰۰)
	اعضاء خمشی در شرایط عادی (حداکثر Z = ۱۱۵)	۲۲،۰۰۰ (۱۵۲،۰۰۰)	۲۰،۰۰۰ (۱۳۸،۰۰۰)
۹[3]، ۱۰ ، ۱۱	اعضاء خمشی در شرایط حاد (غیرمتعارف) (حداکثر Z= ۹۵)	۱۷،۰۰۰ (۱۱۷،۰۰۰)	۱۷،۰۰۰ (۱۱۷،۰۰۰)
	اعضاء خمشی در شرایط عادی (حداکثر Z = ۱۱۵)	۲۱،۰۰۰ (۱۴۵،۰۰۰)	۲۰،۰۰۰ (۱۳۸،۰۰۰)

۱- شرایط عادی (متعارف) بهداشتی عبارت است از ماندگاری مایع در مخزن (آب‌بند بودن) یا در معرض مایعات با PH > ۵ قرار گرفتن و یا در مجاورت محلولهای سولفاته با کمتر از ppm ۱۵۰۰ بودن. شرایط بهداشتی حاد (غیر متعارف)، شرایطی است که از محدوده شرایط عادی بهداشتی تجاوز کند.

۲- مقدار Z در آئین‌نامه ACI 318 تعریف شده است. استخراج فرمولهای کنترل ترک در تفسیری بر ACI 318R آمده است.

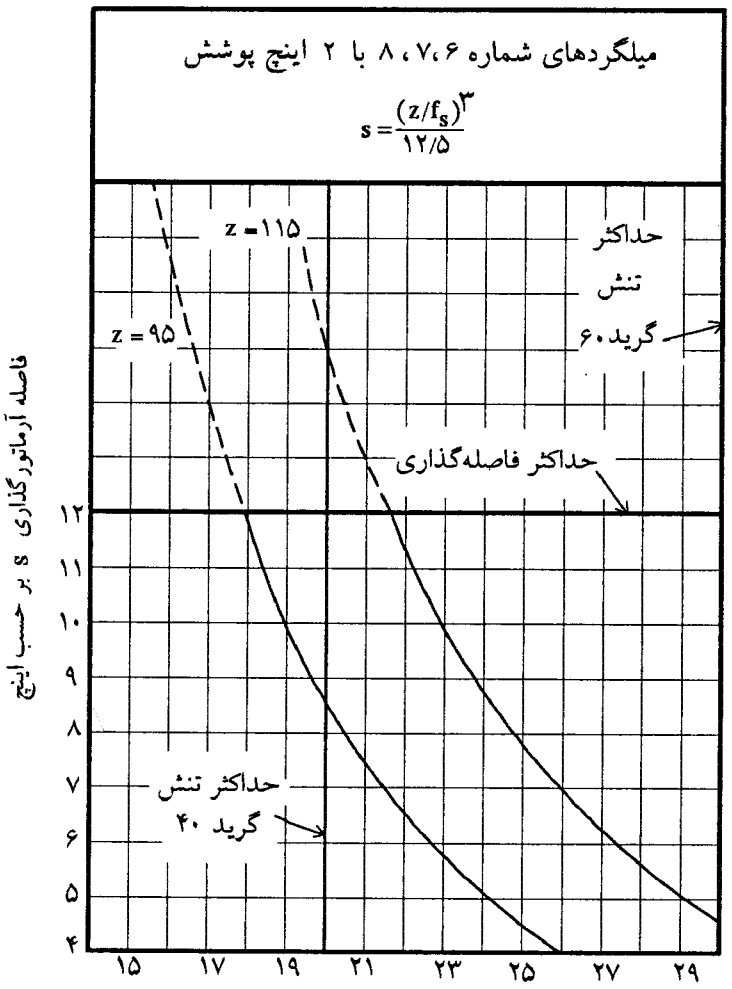
۳- آرماتورهای شماره ۷ تا ۱۱ با گرید ۴۰ از استاندارد ASTM A 615 حذف شده است.



تنش مجاز بار بهره‌برداری f_s بر حسب Ksi

شکل ۲-۶-۷ (الف)- فاصله میلگرد برای کنترل ترک‌خوردگی خمشی

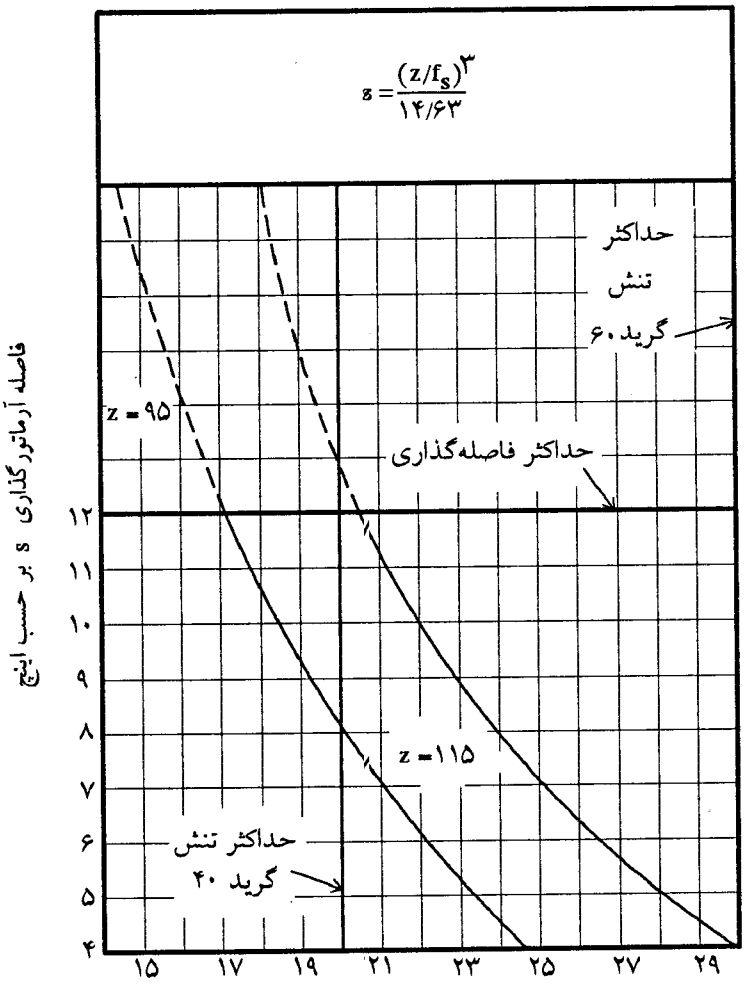
(میلگردهای شماره ۳ تا ۵)



تنش مجاز بار بهره‌برداری f_s بر حسب Ksi

شکل ۲-۶-۷ (ب)- فاصله‌گذاری میلگرد برای کنترل ترک‌خوردگی خمشی

(میلگردهای شماره ۶ تا ۸)



تنش مجاز بار بهره‌برداری f_s بر حسب Ksi

شکل ۲-۶-۷ (پ) - فاصله‌گذاری میلگرد برای کنترل ترک‌خوردگی خمشی

(میلگردهای شماره ۹ تا ۱۱)

❑ ۲-۷ وصله میلگرد

وصله میلگردها باید مطابق ضوابط مندرج در آئین‌نامه ACI 318 انجام شود. در طراحی مخازن استوانه‌ای با کشش حلقوی، وصله‌ها باید به طور متناوب قرار گیرد به گونه‌ای که وصله‌های حلقوی مجاور به صورت افقی یکدیگر را پوشش دهد (از مرکز یک وصله به مرکز وصله دیگر)، به شرط آن که این فاصله از طول یک وصله یا سه فوت (۹۱۵ میلیمتر) کمتر نشود و در امتداد قائم به فاصله بیش از هر سه ردیف میلگرد در امتداد هم قرار گیرد.

باید توجه داشت که به علت ضخامت زیاد تاوه بعضی از سازه‌های نگهدارنده مایعات، شبکه فوقانی میلگرد تاوه ممکن است به طول رویهم افتادگی[1] آرماتور نیاز داشته باشد. شرایط مورد نیاز میلگردهای فوقانی در آئین‌نامه ACI 318 تعریف شده است.

❑ ۲-۸ درزها

۲-۸-۱ تغییرات حجم

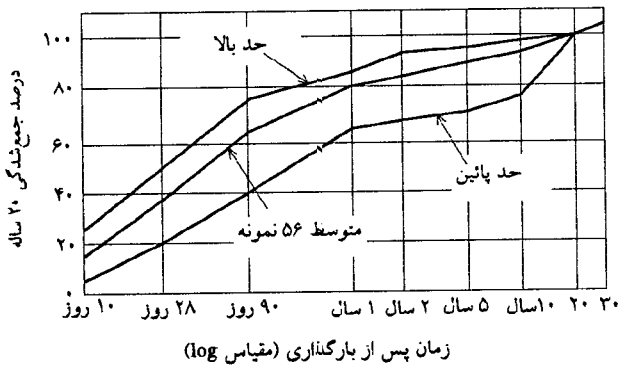
تغییرات حجم بتن معمولاً به علت انبساط یا انقباض در برخورد با پدیده‌هایی مثل خزش[2]، جمع‌شدگی[3]، درجه حرارت و یا میزان رطوبت موجود در بتن روی می‌دهد. تغییرات درجه حرارت روزانه یا فصلی نسبت به تغییرات رطوبت بیشتر متداول و قابل پیش‌بینی است.

جمع‌شدگی به علت تبخیر آب اضافی معمولاً در دوره پرورش[4] بتن و یا بعد از آن و با توجه به کنترل مقدار رطوبت و درجه حرارت شروع می‌شود. جمع‌شدگی بتن به طوری که در شکل ۲-۸-۱ نیز دیده می‌شود، ممکن است تا چندین سال ادامه یابد، مگر این که به بتن سخت شده همچنان آب داده شود. در سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست که در آن مایعات نگهداری می‌شود، جمع‌شدگی بتن پس از آبگیری ممکن است متوقف و یا حتی در هوای گرم و مرطوب روند آن معکوس شود.

1- Top lar lap length
2- creep
3- Shrinkage
4- Curing period

به منظور ایجاد امکان تغییرات حجم بتن با حداقل صدمه به سازه، درزهای حرکتی و میلگردهای مناسب باید به وسیله مهندس طراح در سازه پیش‌بینی شده و محل آن روی نقشه‌های اجرایی نشان داده شود. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد درزها به نشریه ACI 504 R مراجعه شود.

بتن بدون جمع‌شدگی را می‌توان به منظور کاهش ترکهای جمع‌شدگی در سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست به کاربرد، لیکن این کمیته در حال حاضر در موقعیتی قرار ندارد که بتواند جزئیات شرایط استفاده از آن را ارائه نماید. اطلاعات بیشتر در مورد بتن بدون جمع‌شدگی در نشریه ACI 223 آمده است. در هر حال و به طور کلی مراقبت بیشتر در دوران طراحی و اجرای سازه‌ها توصیه می‌شود.



شکل ۲-۸-۱- منحنی نسبت جمع‌شدگی دوران خشک شدن بتن بر حسب زمان برای نمونه‌های ۲۸ یا ۹۰ روزه با رطوبت نگهداری ۵۰ تا ۷۰ درصد.

۲-۸-۲ درزهای حرکتی

۲-۸-۲-۱ درزهای انبساط

درزهای انبساط، درزهای حرکتی است که برای انبساط و انقباض بتن در دوره‌های پرورش و بهره‌برداری آن به کار می‌رود، و تغییرات ابعادی ناشی از بارگذاری را میسر ساخته، نواحی و قطعاتی که ممکن است تحت تاثیر تغییرات اندازه قرار گیرد را جدا یا

مجزا می‌نماید و حرکتهای نسبی یا نشستهای ناشی از انبساط، انقباض، حرکتهای نامتقارن فونداسیون یا بارهای وارده را امکان‌پذیر می‌سازد. درزهای انبساط همچنین می‌تواند وظیفه درزهای انقباض و درزهای ساختمانی را نیز ایفا کند.

به طور کلی محل قرار گرفتن درزهای انبساط در نزدیکی نقاطی است که تغییرات عمده در شکل سازه ممکن است اتفاق افتد. همانطور که در پیشگفتار گزارش فنی شماره ۶۵ شورای ساختمانی فدرال[1] (آکادمی ملی علوم)[2] آمده است: «عوامل بسیاری در ایجاد حرکتهای سازه ناشی از درجه حرارت و ادامه این حرکتها تا قبل از بروز خسارت عمده یا لزوم تعمیرات گسترده دخالت دارد. به علت پیچیدگی این مسئله تاکنون روش کلی قابل قبولی برای تعریف دقیق اندازه و محل درزهای انبساط صورت نگرفته است».

از نظر سابقه امر، در سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست، فواصل درزهای انبساط محتاطانه انتخاب شده و غالباً تحت تاثیر شکل هندسی مخازن و ساختمانها قرار گرفته، که بین ۵۰ تا ۲۵۰ فوت (۱۵/۲۵ تا ۷۶/۲۵ متر) برای دیوارها و ساختمانهای روبنایی تغییر می‌کند. تاوه‌های فونداسیون با درزهای اجرایی[3] مکرر ساخته شده و بدون درز انبساط تا ۶۰۰ فوت (۱۸۳ متر) به اجرا در آمده است.

به طور کلی فواصل درزهای انبساط بهتر است از ۱۲۰ فوت (۳۶/۶ متر) تجاوز نکند و در مواردی که فاصله درز انبساط از ۱۵۰ فوت (۴۶ متر) متجاوز باشد، بررسی بیشتر طراحی میلگردها و جزئیات درز انبساط ضروری است. عکس‌العمل زمین روی تاوه فونداسیون نیز باید مورد بررسی قرار گیرد، اغلب محل درز انبساط در نقاط تغییر شکل عمده سازه انتخاب می‌شود، در چنین شرایطی جزئیات اجرایی درز باید چنان طراحی شود که برش ناشی از نشست نابرابر سازه در طرفین درز به خوبی منتقل شده و در صورتی که انتقال برشی وجود نداشته باشد، اثر تغییر شکل ناشی از نشت نابرابر در جزئیات درز مانند و اثر استاپ (نوار آب‌بند) مورد توجه قرار گیرد.

1- Federal construction council
2- National Academy of Science
3- Construction joint

توصیه‌های یاد شده در پاراگراف بالا برای سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست که بخشی از آنها با مایع پر می‌شود عادی می‌باشد. در مواردی که مخازن یا سایر سازه‌ها برای مدت طولانی بخصوص در اقلیم‌های گرم خالی بمانند، فواصل درزها باید کمتر اختیار شود. در این خصوص باید به شرایط سازه در دوران ساختمان نیز توجه لازم معطوف شود.

درزهای انبساط بسیاری با موفقیت، طراحی و اجرا شده که برخی در شکل ۲-۸-۲-۱ نشان داده شده است. جزئیات پیشنهادی دیگری در شکلهای ۸، ۱۱ و ۱۲ نشریه ACI 504 R ارائه گردیده است. تمامی درزهای انبساط باید مجهز به نوعی پرکننده قابل فشرده شدن[1] و ماده درزگیر[2] در محل تماس مایع باشد. اگر درز باید کاملا آب‌بند باشد، واتراستاپ از جنس لاستیکی، نئوپرین[3] یا پلاستیک به عنوان مانع اولیه در برابر نشت آب در درز باید تعبیه شود. نوار آب‌بند، ماده پرکننده درز و ماده درزگیر باید چنان انتخاب شود که برای حرکتهای درز مناسب باشد. میلگردها باید در فاصله ۲ اینچ (۵۱ میلیمتر) از سطح درز متوقف شود.

۲-۸-۲-۲ واتراستاپ لاستیکی بیشترین حرکتهای درز انبساط را تحمل کرده و در صورت نگهداری در شرایط تاریک و مرطوب برای مدت نامحدودی دوام می‌یابد[4]. واتراستاپ‌های پی- وی- سی[5] حرکتهای کمتری را اجازه داده و در برابر نور و خشکی حساسیت کمتری دارد. واتراستاپ‌های پی- وی- سی به وسیله حرارت قابل اتصال می‌باشد. حداقل ضخامت هر نوع واتراستاپ باید $\frac{۳}{۸}$ اینچ یا ۹/۵ میلیمتر باشد و پهنای

1- Compressible filler
2- Joint filler
3- Neoprene
۴- واتراستاپ‌های به کار برده شده در سرریز سد کارون مسجد سلیمان که در جریان تخریب و بازسازی آن در سال ۱۳۷۳ مورد بازدید مترجم قرار گرفت در شرایط کارگاهی و بازدید محلی در همان شرایطی مشاهده شد که حدود ۱۸ سال قبل خریداری و نصب شده بود. (م)
5- Polyvinyl chloride

آن برای درز انبساط حداقل ۹ اینچ (۲۳۰ میلیمتر) و برای سایر درزها حداقل ۶ اینچ (۱۵۰ میلیمتر) در نظر گرفته شود تا بخوبی در بتن جاگیر شود. در هر حال مهندس طراح باید تناسب جنس واتراستاپ و ترکیب شیمیائی مایع درون سازه را رسیدگی و تحقیق کند.

ماده پرکننده درز دو وظیفه مختلف انجام می‌دهد، یکی بجای قالب برای بتن‌ریزی بعدی سمت مقابل درز و دیگری تامین فضا برای بتنی که منبسط می‌شود. ماده درزگیر ایده‌آل به اندازه نصف ضخامتش قابل فشرده شدن است و به همان اندازه نیز وقتی بتن منقبض و جمع می‌شود به تبعیت حرکت قطعه بتنی منبسط می‌شود. چوب پنبه[1]، نئوپرین، لاستیک، فوم[2] و سایر مصالح طبق استانداردهای D1752 و D1751 و D1056 و ASTM D994 همگی برای درزها مواد مناسبی می‌باشد.

۲-۸-۲-۳ کارخانجات سازنده باید مواد درزبندی را برای مقاصد مورد نظر توصیه نمایند. تاکنون تعداد اندکی مواد درزبندی بدون تغییر شکل[3] برای استفاده در زیر آب توصیه شده است لیکن برای سایر مصارف، انواع بدون تغییر شکل و خود تراز[4] ممکن است مورد استفاده قرار گیرد.

موارد درزبندی مورد استفاده در مخازن و تاسیسات تصفیه آب باید از نوع مصوب برای آب آشامیدنی باشد و علاوه بر ملاحظات مزه، بو و سمی بودن، باید در برابر کلرزنی آب نیز مقاومت داشته باشد. همچنین اثرات دراز مدت کلر با غلظت عادی در آب آشامیدنی و نیز تاثیر کوتاه‌مدت کلر ضدعفونی با غلظت زیاد باید مورد رسیدگی و توجه قرار گیرد. درزگیرهای مورد نظر برای استفاده در هر مورد باید به وسیله نمایندگان با صلاحیت مربوط به پروژه خاص، مورد تصویب قرار گیرد.

1- Cork
2- Foam
3- Non sag
4- Self - leveling

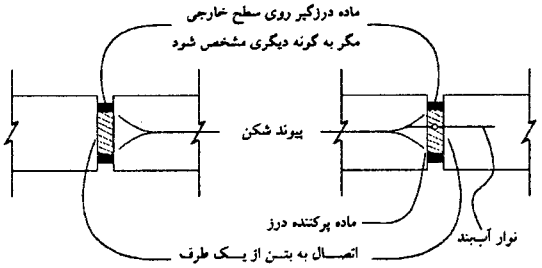
۲-۸-۲-۴ درزهای انقباض- بعضی از مهندسان طراح از درز انقباض به عنوان درز حرکتی و برای اتلاف تنش ناشی از انقباض و جمع شدن بتن استفاده می‌کنند. در مواردی که از درز انقباض استفاده می‌شود فواصل آن نباید از ۳۰ فوت یا ۹/۱ متر بیشتر شود، مگر این که آرماتور اضافی طبق توصیه شکل ۲-۵ به کار برده شود. درزهای انقباض معمولاً به دو صورت «کامل» و «ناقص» مورد استفاده قرار می‌گیرد. در درز انقباض کامل، تمام میلگردها به فاصله دو اینچ یا ۵۱ میلیمتر از محل درز خاتمه می‌یابد و سطح بتن محل درز با اندود مخصوص ضد اتصال و چسبندگی مانند شکل ۲-۸-۲-۴ پوشیده می‌شود. به منظور آب‌بندی می‌توان از واتراستاپ‌های فلزی، پلاستیک یا لاستیکی نیز استفاده نمود. در صورت نیاز به منظور تامین تغییر شکل مساوی در طرفین درز می‌توان برای انتقال تنش از میلگردهای انتظار[1] یا زبانه استفاده کرد. سطح خارجی درز را نیز می‌توان با مواد آب‌بند برای جلوگیری از نفوذ آب و مواد خارجی اندود نمود.

در بعضی موارد ممکن است، برای انتقال نیروهای کششی از محل درز، دو قسمت سازه در طرفین درز بهم اتصال یابد، که در این شرایط درز انقباض ناقص به کار برده می‌شود. این درز شبیه درز کامل است، لیکن به منظور تضعیف محل درز و حصول اطمینان در ایجاد ترک در امتداد آن، نباید بیش از ۵۰ درصد میلگردها از محل درز عبور داده شود. در تاوه و کف سازه‌ها از گوه[2] نیز برای کاهش مقطع بتنی و تضعیف سطح آن استفاده می‌شود. اگر گوه قابل برداشتن باشد، می‌توان جای آن را با درزگیر پر نمود. بهتر است فواصل درزهای انقباض ناقص کاهش یافته و به $\frac{۲}{۳}$ فاصله درزهای انقباض کامل برسد. در صورت کاربرد وصله[3] در درز انقباض ناقص باید مطابق شکل ۲-۸-۲-۴ عمل شود.

در صورت کاربرد بتن بدون تکیدگی می‌توان از تعبیه درزهای انقباض صرفنظر کرد. در شکل ۲-۸-۲-۴ جزئیات نمونه درز انقباض دیده می‌شود.

1- Dowels
2- Insert
3- Splice

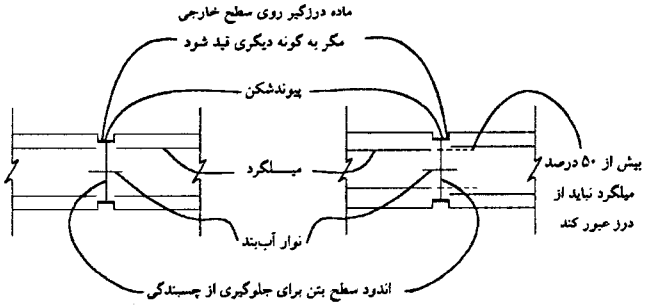
۲-۸-۲-۵ میلگرد اضافی در درزها- به منظور جلوگیری از خرد شدن و تکه شدن بتن در امتداد درزهای حرکتی، بخصوص درزهای انبساط باید قسمت بتنی سازه منتهی به درز انبساط با میلگرد انتهایی تقویت شود. میلگردهای تقویتی انتهایی نباید از میلگرد نمره ۳ و فواصل ۱۲ اینچ (۳۰۵ میلیمتر) در هر وجه قطعه بتنی کمتر باشد و باید به بقیه میلگردهای سازه متصل شود.



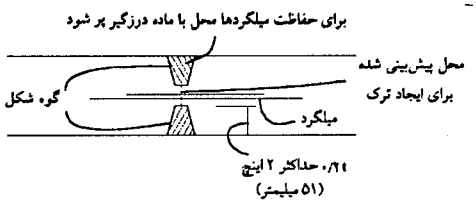
نوع ۲ برای مخزن مایع نوع ۱ برای مخزن غیر مایع

یادآوری: درزگیر و پیوند شکن باید مطابق دستورالعمل سازنده به کار رود.

شکل ۲-۸-۲-۱- درزهای انبساط (بدون مقیاس)



درز انقباض ناقص برای مخزن مایعات درز انقباض برای مخزن مایعات



درز تضعیف شده برای تاوه و کف سازه‌ها

شکل ۲-۸-۲-۴- درزهای انقباض (بدون مقیاس)

۲-۸-۳ درزهای اجرایی[1] یا ساخت

درزهای ساخت به عنوان درزهای حرکتی تلقی نمی‌شود، مگر این که بر اساس مشخصات بخش ۲-۸-۲-۴ طراحی شود. این گونه درزها باید در محلهایی قرار گیرد که صدمه به مقاومت سازه حداقل بوده و جدایی منطقی بین قطعات سازه تامین شده و در اجرای ساختمان تسهیل شود. درزهای ساخت اضافی و یا تجدید نظر در محل درزهای ساخت ممکن است از طرف پیمانکار پیشنهاد شود، لیکن اجرای آن منوط به تصویب مهندس طراح خواهد بود. قبل از بتن‌ریزی جدید در برابر درز، سطح آن باید برای تامین اتصال مطلوب آماده شود، مگر این که به عنوان درز انقباض و طبق بخش ۲-۸-۲-۴ طراحی شده باشد.

تمام میلگردها باید از محل درز عبور کند، مگر این که مانند بخش ۲-۸-۲-۴ طراحی شده باشد و در صورتی که آب‌بندی مورد نظر باشد، باید از واتر استاپ نیز استفاده شود.

۲-۸-۴ بند برشی[2] برای درزهای حرکتی

در برخی موارد بند برشی در عمل مشکل‌ساز بوده است. کارنکردن بند برشی ممکن است موجب فرار آب از پیرامون واتراستاپ شود و لذا در صورت کاربرد بند برشی باید تمهیداتی در نظر گرفت که فرار آب صورت نگیرد. روشهای مختلفی مانند انتقال برش توسط میلگرد انتظار، کاربرد واتراستاپ فلزی، جابجائی محل نصب واتر استاپ و طراحی به گونه‌ای که انتقال نیروی برشی ضرورت نداشته باشد، تجربه شده است.

1-Construction joints
2- Shear keys

۲-۹- بارهای ضربه[1]، لرزش، نیروی گشتاور[2] و زلزله

برای حفظ آب‌بندی یک سازه باید ترکها و عرض ترکها به حداقل ممکن محدود شود و لذا هنگام طراحی سازه به اثرات ضربه و لرزش که هر کدام می‌تواند موجب ایجاد یا انتشار ترک شود باید توجه کافی مبذول گردد، بخصوص که اثر لرزش تجمعی است و با گذشت زمان به میزان ترکها اضافه می‌شود. بنابراین انجام اقدام اصلاحی در کوتاهترین زمان ممکن در جهت کاهش لرزش در سازه‌هایی که ارتعاش موجب ایجاد ترک شده است، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد.

۲-۹-۱ ضربه

سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست گهگاه با بارهای ضربه‌ای مواجه می‌شود. در این گونه موارد روش طراحی محافظه‌کارانه‌ای توصیه می‌شود تا میزان ترکها به حداقل ممکن کاهش یابد. طراحی برای بار ضربه‌ای باید تا حد امکان، کامل انجام شود لیکن در مواردی که تجزیه و تحلیل کامل ضربه‌ها عملی نباشد باید طراحی بارها بر اساس تنشهای توصیه شده در بخش ۲-۶ صورت گیرد و ضریب ضربه مناسب در محاسبات وارد شود. ضریب ضربه مناسب برای ماشین‌آلات سنگین حدود ۲۵ درصد اضافه بر وزن آن توصیه می‌شود.

۲-۹-۲ لرزش

بسیاری از ماشین‌آلات مکانیکی مرتبط با سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست مانند لجن روب‌ها[3]، زلال‌سازها[4]، برخی لخته‌سازها[5]، و آشغالگیرهای خلائی دوار[6]، چون اساساً آهسته کار می‌کند، لرزش سازه‌ای ایجاد نمی‌نماید و لذا برای این نوع تجهیزات، طراحی

1- Impact
2- Torque
3- Scrapers
4- Clarifiers
5- Flocculators
6- Rotating vacuum screens

بر اساس بارهای دینامیک ضرورت ندارد. سایر ماشین‌آلات و تجهیزات متداول مانند پمپهای سانتریفوژ، هواکشها، مرکز گریزها[1]، دمنده‌ها، موتور ژنراتورها و کمپرسورها دارای سرعتهای زیاد بوده و در طراحی سازه و فونداسیون آن باید ملاحظات دقیقی مورد نظر قرار گیرد. معمولاً قیمت این گونه ماشین‌آلات بسیار گرانتر از هزینه اجرای فونداسیون است و صرفه‌جوئی در هزینه فونداسیون و قبول خطر در کاهش عمر تجهیزات و ماشین‌آلات و نیز افزایش هزینه تعمیرات و نگهداری، کاری نابخردانه محسوب می‌شود.

در سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست، ماشینهایی که بیشترین مسائل لرزشی را ایجاد می‌کند عبارتند از ماشینهای سانتریفوژ آبگیری از لجن زلال‌سازها یا لجن هاضم‌ها[2]. این ماشینها بسیار حساس است و فونداسیون آن باید با دقت زیاد طراحی شود تا بدون لرزشهای تشدیدی خطرناک به کار خود ادامه دهند. مخلوط کن‌های شیمیائی نیز از عوامل ایجاد بارهای دینامیک می‌باشد و فونداسیون آن نیز برای ارتعاش و لرزش مستعد است که باید در مورد آن هم دقت لازم انجام گیرد.

کلید موفقیت در طراحی بارهای دینامیکی، حصول اطمینان از وجود تفاوت قابل ملاحظه بین فرکانس طبیعی تکیه‌گاههای ماشین‌آلات با فرکانس نیروهای مخرب است. در صورتی که این دو فرکانس بهم نزدیک شود، لرزشهای تشدیدی در محل پایه‌های تجهیزات و ماشین‌آلات به وجود می‌آید. برای کاهش لرزشهای تشدیدی (رزنانس) باید نسبت فرکانس طبیعی سازه به فرکانس نیروهای مخرب خارج از طیف ۰/۵ تا ۱/۵ و ترجیحاً بزرگتر از ۱/۵ باشد.

برای پی‌های سطحی[3]، فرکانس بارگذاری مطمئن عبارت است از نصف بار ایمن مجاز استاتیک وارد بر پی در همان محل و برای همان بستر خاکی یا سنگی[۱۶ و ۱۷]. برخی سازندگان ماشین‌آلات حداقل نسبت جرم فونداسیون به جرم ماشین‌آلات را بین ۴

1- Centrifuges
2- Forced-draft fans and centrifuges for dewatering clarifiers or digester sludge
3- Spread fondations

تا ۶ توصیه کرده‌اند. تبعیت از این قاعده همیشه نتایج رضایت‌بخشی نداشته است [۱۸] و برای حصول اطمینان از عدم وقوع رزنانس تجهیزات با فونداسیون توصیه می‌شود که فرکانس طبیعی سیستم فونداسیون دقیقاً محاسبه شود. برای محاسبه فرکانس طبیعی فونداسیون می‌توان به مرجع شماره [۱۶] و برای فونداسیون های مستقر روی شمع به مراجع شماره‌های [۱۹ تا ۲۱] رجوع شود. غالباً فونداسیون ماشینها از کف و سایر قسمتها، عایق و یا به کلی جدا می‌شود، تا کمترین انتقال ارتعاش به بقیه سازه صورت گیرد. اگر ارتعاش پیش‌بینی شده دارای فرکانس و دامنه‌ای بوده که بتواند به زمین منتقل شود، فونداسیون ماشین‌آلات نیز باید به وسیله پایه‌های ضربه‌گیر[1] نسبت به زمین عایق شود. برای اطلاعات بیشتر در مورد جزئیات طراحی فونداسیون برای بارهای دینامیک می‌توان به مرجع شماره [۲۲] مراجعه نمود.

در صورتی که ماشین‌آلات مستقیماً روی فونداسیون مستقر نگردد و روی مجموعه‌ای از تیر و ستون واقع شود، در این صورت فرکانس طبیعی اجزاء تکیه‌گاه در درجه اول اهمیت قرار می‌گیرد. ناگفته نماند که مقاومت اجزای سازه مذکور باید در محدوده مجاز و قابل قبول واقع شود.

فرکانس طبیعی هر سازه در امتداد قائم و در دو امتداد اصلی افقی محاسبه می‌شود. به منظور ترکیب اثرات چندین جرم اصلی بار مثل ماشین‌آلات و بدنه سازه، فرکانس طبیعی را می‌توان از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$F_N = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{F_1^2} + \frac{1}{F_2^2} + \frac{1}{F_3^2} + \frac{1}{F_4^2} + \ldots}}$$

که در آن :

FN = فرکانس طبیعی مرکب

F_1 = فرکانس طبیعی جرم ۱

1- Shock-absorbing support

F_2 = فرکانس طبیعی جرم ۲

F_3 = فرکانس طبیعی جرم ۳

F_4 = فرکانس طبیعی جرم ۴

هر کدام از فرکانسهای منفرد با استفاده از عبارتهای مندرج در جدول ۲-۹-۲ (الف) که در آن D عبارتست از تغییر مکان آنی[1] جرم مورد نظر ، بر حسب سیکل در دقیقه قابل محاسبه است. نیروی ثقل باید در جهت لرزش فرض شود و بجای یک تجزیه و تحلیل جامع، مقدار D را می‌توان با استفاده از روش مندرج در بخش ۹-۵-۲-۳ از نشریه ACI 318 محاسبه نمود.

معادله اخیر روش ساده محاسبه فرکانس طبیعی یک سازه، از تغییر مکان استاتیک[2] آن است. جدول ۲-۹-۲ (ب) فقط در حالت بار متمرکز، به تغییر مکان استاتیک سازه زیر بار یک ماشین به فرکانس طبیعی همان سازه بر اساس معادله فوق مربوط می‌شود. برای سازه‌هایی که در آن بارهای یکنواخت یا سایر بارها قابل توجه است ممکن است جدول مشابهی تنظیم شود. همان طور که قبلاً گفته شد، نسبت فرکانس طبیعی سازه به فرکانس ماشین‌آلات یا سایر نیروها باید یا از ۰/۵ کمتر و یا از ۱/۵ بیشتر باشد، البته شرط دوم ارجح است. جدول ۲-۹-۲ (ب) حداکثر تغییر مکانهای سازه‌ای مورد توصیه را برای سرعتهای مفروض ماشین‌آلات نشان می‌دهد.

1- Immediate deflection
2- Static deflection

جدول ۲-۹-۲ (الف)- فرکانس طبیعی تیرها

شرایط انتهایی		بار	موقعیت تغییر مکان D	D تغییر مکان، اینچ	D تغییرمکان، میلیمتر
انتهای ۱	انتهای ۲			فرکانس طبیعی، یکل در دقیقه	
گیردار	آزاد	یکنواخت	انتهای ۲	$\frac{۲۳۳}{\sqrt{D}}$	$\frac{۱۱۷۴}{\sqrt{D}}$
مفصل یا گیردار	مفصل یا گیردار	یکنواخت	وسط دهانه	$\frac{۲۱۳}{\sqrt{D}}$	$\frac{۱۰۷۳}{\sqrt{D}}$
گیردار یا گیردار یا مفصل	گیردار یا آزاد یا مفصل	متمرکز (در هر وضعیت)	زیر بار	$\frac{۱۸۸}{\sqrt{D}}$	$\frac{۹۴۷}{\sqrt{D}}$

جدول ۲-۹-۲ (ب)- حداکثر تغییر مکان سازه‌ای مورد توصیه برای سرعتهای مختلف ماشین‌آلات

سرعت کار ماشین سیکل در دقیقه (Hz)	حداقل فرکانس طبیعی مورد توصیه برای سازه، سیکل در دقیقه (Hz)	حداکثر تغییر مکان استاتیک سازه به علت بار مرده و بار ماشین‌آلات، اینچ (میلیمتر)
۴۰۰ (۶/۶۷)	۶۰۰ (۱۰)	۰/۱۰ (۲/۵۴)
۶۰۰ (۱۰)	۹۰۰ (۱۵)	۰/۰۴۴ (۱/۱۲)
۸۰۰ (۱۳/۳)	۱۲۰۰ (۲۰)	۰/۰۲۵ (۰/۶۳۵)
۱۰۰۰ (۱۶/۷)	۱۵۰۰ (۲۵)	۰/۰۱۶ (۰/۴۰۶)
۱۲۰۰ (۲۰)	۱۸۰۰ (۳۰)	۰/۰۱۱ (۰/۲۷۹)
۲۰۰۰ (۳۳/۳)	۳۰۰۰ (۵۰)	۰/۰۰۴ (۰/۱۰۲)
۲۴۰۰ (۴۰)	۳۶۰۰ (۶۰)	۰/۰۰۲۷ (۰/۰۶۹)

به طور نظری، فرکانس طبیعی سازه می‌تواند کمتر از دوران ماشین باشد که در این حالت می‌توان از رزنانس لرزش اجتناب نمود. یک اشکال این است که ماشین‌هنگام روشن و خاموش شدن از سیکل بحرانی عبور می‌کند. همزمانی کوتاه مدت، احتمالاً موجب صدمه به ماشین نمی‌شود، بلکه به طور کلی بهتر آن است که تغییر مکان در حداقل بوده و فرکانس طبیعی سازه کاملاً بیش از سرعت کارکرد ماشین باشد. همچنین ممکن است که ماشین برای مدتی با سرعتهای کمتری کار کند و در نتیجه با فرکانس بحرانی رزنانس لرزش، نزدیک یا همزمان شود.

در صورتی که ماشین‌آلات در یکی از طبقات بالاتر (غیر همکف) نصب شود، استفاده از لرزه‌گیر[1] توصیه می‌شود، ولی باید توجه شود که لرزه‌گیر جانشین طراحی سازه برای بارهای دینامیک نمی‌شود، زیرا تمام لرزه‌گیرها بخشی از لرزش را منتقل می‌کند.

اطلاعات کاملتر و بیشتر در مورد روشهای تحلیل بارهای دینامیک از مراجع شماره‌های ۲۳ تا ۲۶ قابل تحصیل می‌باشد.

۲-۹-۳ نیروی گشتاور

در طراحی برخی سازه‌ها، بررسی اثرات گشتاور نیروهای چرخشی ممکن است ضرورت پیدا کند. حوضهای ته‌نشینی مدور بزرگ غالباً در این گروه از سازه‌ها قرار دارد.

در اغلب حوضهای ته‌نشینی تمامی مکانیزم بر روی یک ستون محوری تکیه دارد. حوضهای ته‌نشینی همواره رو به افزایش است و امروزه حوضهای ته‌نشینی در حال بهره‌برداری است که ۵۰۰ فوت (۱۵۲ متر) قطر دارد. این گونه حوضچه‌ها دارای لجن‌روب‌های کنسولی[2] با طول نزدیک به ۲۵۰ فوت (۷۶ متر) می‌باشد که نیروی گشتاور بازدارنده آن تا ۵،۰۰۰،۰۰۰ پوند- فوت (۷۸۰،۰۰۰ نیوتن- متر) مشخص شده است و فونداسیون باید در برابر آن مقاومت کافی داشته باشد. مواردی دیده شده است که ستون

1- Isolator
2- Cantilever scrapers

وسط از کف بریده است. در اغلب سازه‌ها کلید محدودکننده‌ای در سیستم پیش‌بینی می‌شود تا از افزایش بار وارده جلوگیری شود.

در بعضی از انواع حوضچه‌های ته‌نشینی، لجن‌روبهای شعاعی روی ستون محوری تکیه دارد، ولی انتهای دیگر آن که مجهز به موتور است روی پوسته خارجی حوض حرکت دورانی انجام می‌دهد. در این گونه موارد عکس‌العمل افقی هم روی ستون محوری و هم روی پوسته خارجی وارده می‌شود و گشتاوری وجود نخواهد داشت.

تجمع لجن که موجب ایجاد گشتاور بازدارنده می‌شود، به صورت بار افقی مثلثی شکل روی بازوی طره با اعمال حداکثر آن روی محور و کاهش تدریجی به سمت انتهای خارجی بازو فرض می‌شود، که با طرح احتمالی تجمع لجن مطابقت دارد.

از نقطه نظر فونداسیون، توزیع بار اسکلت فلزی سازه قابل توجه نمی‌باشد، لیکن اندازه گشتاور بازدارنده به قدری شایان اهمیت است که هنگام طراحی باید مقدار گشتاور مزبور ۵۰ درصد بیش از مقدار واقعی منظور شود. مقاومت اصطکاکی زمین و فشار رانشی خاک بازوهای اهرم کوچکی نسبت به محور گشتاور وارد کرده و در صورتی که فونداسیون کوچک باشد یا روی خاکریز نکوبیده و لای لغزان قرار گیرد، ممکن است مکانیزم دوار باعث جرخانیدن فونداسیون ستون محوری شود، و به همین جهت می‌توان ستون بتنی محور و تاوه فونداسیون کف را به شیوه اتصال کلیدی[1] و با استفاده از میله‌های مهاری انتظار[2] در برابر گشتاور وارده تقویت نمود.

افزایش مقاومت فونداسیون در برابر گشتاور با احداث شمعهای تحکیمی (شیبدار) در پیرامون فونداسیون حوض ته‌نشینی و یا با افزایش اصطکاک به کمک افزایش وزن و یا افزایش سطح فونداسیون برای ایجاد بازوی اهرم بزرگتر میسر می‌شود.

۲-۹-۴ طراحی مخازن در برابر بار زلزله- در طراحی و محاسبه مخازن برای مقاومت در برابر بارهای زلزله جرم هیدرودینامیک مایع درون آن باید در نظر گرفته شود.

۱- "Keyed" در مورد اتصال شکلی از بتن یا مانند آن گفته می‌شود که در فرورفتگی یا شکاف درجا محکم شود.

2- Dowels

این امر هر دو مخازن باز و بسته و نیز تمامی اندازه‌ها و اشکال مخازن مانند مکعب، مکعب مستطیل و استوانه را شامل می‌شود.

فشارهای هیدرودینامیک شامل هر دو مولفه جنبشی[1] و انتقالی[2] می‌باشد. فشارهای جنبشی ناشی از اثر شتابنده دیوارهای مخزن در برابر جرم مایع درون آن و فشارهای انتقالی به علت حرکت نوسانی[3] مایع داخل مخزن (با صدای چلپ و چلوب) به وجود می‌آید. علاوه بر نیروهای یاد شده، در طراحی مخازن، اثرات زلزله بر فشارهای خاک خارج و بارهای مرده سازه نیز باید منظور شود.

روش بررسی فشارهای هیدرودینامیک که توسط هوسنر[4] انجام شده در مرجع شماره [۲۷] آمده است. اطلاعات اضافی در زمینه اثرات بارهای زلزله بر تسهیلات محیط زیست در مرجع شماره [۲۸] ذکر شده است. سایر روشهای منطقی تعیین مقاومت مخازن در برابر زلزله مانند روش انرژی در مراجع شماره‌های [۲۹ و ۳۰] بیان شده است.

حرکتهای زلزله می‌تواند نیروهای بزرگ افقی و واژگون کننده‌ای[5] را بر سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست وارد نماید. اقدامات ویژه‌ای مورد نیاز است تا درزهای کف مخازن بتواند در برابر نیروهای برشی و کششی عمده مقاومت نماید و در همان حال نیز امکان حرکتهای مورد لزوم مشخص شده در بخش ۲-۸ را تامین کند.

1- Impulsive
2- Convective
3- Oscillation
4- G.W.Housner
5- Overturning

فصل سوم- مصالح، نسبت اختلاط و آزمون

انتخاب و انبار مصالح و نسبت اختلاط آن برای سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست باید مطابق آئین‌نامه ACI 301 انجام شود مگر این که در این گزارش صریحاً طرز دیگری توصیه شود.

❑ ۳-۱ مصالح سیمانی

۳-۱-۱ بجز محدودیتهای مندرج در ردیفهای ۳-۱-۲ و ۳-۱-۳ سیمان مصرفی باید با یکی از مشخصات زیر مطابقت نماید:

۱- سیمان پرتلند ASTM C 150 ، انواع I و IA و II و IIA و III و IIIA یا V.

۲- مخلوط سیمان هیدرولیکی ASTM C 595 انواع I (PM) و I(SM) و IP و مواد افزودنی هواساز مربوط به آن که با پسوند A مشخص شود.

۳- سیمان منبسط شونده هیدرولیکی[1] ASTM C 845 نوع E-IK

چنانچه تهیه بتن با مصرف مواد افزودنی هواساز مورد نظر باشد، عامل هواساز باید طبق بخش ۳-۲ مصرف شود.

سیمانهای مختلف نباید بجای یکدیگر در یک قطعه ساختمانی یا در بخشی از کار مصرف شود. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد سیمان می‌توان به نشریه ACI 225R رجوع نمود.

1- Expansive hydraulic cement

۳-۱-۲ سیمان ضد سولفات[1]

مقدار تری‌کلسیم آلومینات C_3A موجود در مصالح سیمانی نباید در هیچ نوع بتنی که در معرض خطر ملایم سولفاتها ۱۵۰ تا ۱۰۰۰ قسمت در میلیون یا (ppm ۱۰۰۰-۱۵۰) قرار می‌گیرد از ۸ درصد بیشتر شود. سیمان پرتلند روباره آهنگدازی[2] (ASTM C595) ، نوع IS (MS) یا IS-A (MS) و سیمان پوزولانی پرتلند[3] (ASTM C 595) انواع IP و IPA که پوزولان‌آن‌از ۲۵ درصدوزن مصالح‌سیمانی تجاوزنکند، ممکن‌است‌دراین‌مواردمصرف شود.

در صورتی که بتن سازه در مجاورت سولفاتهای شدید (ppm ۱۰۰۰ یا بیشتر) قرار گیرد، مقدار تری‌کلسیم آلومینات نباید از ۵ درصد تجاوز کند. در صورتی که چنین سیمانی موجود نباشد، سیمانی که C_3A در آن بین ۵ تا ۸ درصد باشد می‌توان مصرف نمود، مشروط بر آن که نسبت آب به سیمان ۱۰ درصد کاهش یابد. روش دیگر جایگزین نمودن مواد پوزولانی مانند خاکستره کوره[4] بجای سیمان است به گونه‌ای که مجموع محتوای C_3A از ۵ درصد سیمان حاصله تجاوز نکند. در این حالت مقدار پوزولان نباید از ۲۵ درصد وزن سیمان بعلاوه پوزولان تجاوز کند. استفاده از قلیائی‌های قوی‌تر، در صورتی مجاز خواهد بود که خاکستر کوره مناسب یا پوزولان دیگر و یا روباره کوره آهنگدازی[5] نرم به عنوان عامل بازدارنده مصرف شود.

بعضی سیمانهای هیدرولیکی منبسط شونده (بدون افت) که با کلینکر[6] سیمانهای پرتلند انواع II و V ساخته شده و به قدر کافی نیز سولفاته شده باشد ممکن است در برابر سولفاتها مقاومت مناسبی ایجاد نماید. (به بخش ۲-۵-۷ از ACI 223 مراجعه شود).

1- Sulfate-resistant cement
2- Portland blast furnance slag cement
3- Portland pozzolan cement
4- Fly ash
5- Ground granulated blast-furnace slag
6- Clinker

۳-۱-۳ سیمان کم قلیا[1]

در صورتی که سنگدانه‌ها دارای واکنش قلیایی باشد سیمان مورد مصرف باید حاوی کمتر از ۰/۶ درصد مواد قلیایی باشد.

۳-۱-۴ پوزولانها

پوزولانها باید با ASTM C 618 مطابقت داشته باشد و دارای افت حرارتی[2] کمتر از ۳ درصد باشد. همه پوزولانها برای مقاومت در برابر سولفاتها مناسب نمی‌باشد. مقدار پوزولان در سیمان نباید از ۲۵ درصد وزن پوزولان به علاوه سیمان تجاوز کند، زیرا ممکن است باعث جذب نامتعارف مواد افزودنی بتن شود.

❑ ۳-۲ مواد افزودنی

هر افزودنی هواساز باید با مشخصات مندرج در استاندارد ASTM C 260 مطابقت کند. بررسیها نشان داده است که این نوع افزودنی علاوه بر بهبود مقاومت در برابر چرخه یخ زدن و آب شدن متوالی، دارای خواص بسیاری مانند بهبود کارآیی[3] (با اسلامپ[4] ثابت)، آب اندازی[5] کمتر، چسبندگی بهتر و انقباض کمتر می‌باشد. بنابراین مصرف عامل هواسازی باعث ایجاد بتن متراکم و سازه آب‌بند می‌شود و باید برای تمام بتن‌های مندرج در بند ۳-۵-۱ مصرف شود.

مواد افزودنی شیمیائی مورد مصرف باید با استاندارد ASTM C 494 و پوزولانها با استاندارد ASTM C 618 مطابقت کند. به طور کلی تمامی مواد افزودنی بتن باید طبق استاندارد ACI 212.2 R تهیه شده و به تائید مهندس مربوطه برسد. مصرف مواد افزودنی

1- Low alkaline cement
2- Ignition loss
3- Workability
4- Slump
5- Bleeding

کم‌کننده آب[1] نیز مورد توصیه بوده و برای راهنمایی بیشتر می‌توان بـه نشـریه ACI 226R مراجعه نمود.

۳-۲-۱ میزان کلرید

حداکثر محتوای ین‌کلرید محلول در آب ناشـی از تمـام اجـزاء مخلـوط بتـن شـامل مصالح سیمانی، آب، سنگدانه و مواد افزودنی که بـه صـورت درصـد سـیمان داده می‌شـود نباید از ۰/۶ درصد برای بتن‌پیش‌تنیده و ۰/۱ درصد برای سایر انـواع بتـن تجـاوز کنـد. در صورتی که سازه در معرض تماس با کلرید قرار گیرد حداکثر محتـوای کـلرید محلـول در آب باید از ۰/۱ درصد تجاوز نکند و به همان ترتیب نیز اندازه‌گیری و تعیین شود. فقط آن دسته از مواد افزودنی که صریحاً از طرف سازندگان، بدون کلرید معرفـی می‌شـوند، بـاید مورد استفاده قرار گیرد. تعیین میزان ین کلرید محلـول در آب بـاید بـر طبـق دسـتورالعمل مندرج در گزارش شماره FHWA-RD-77-85 اداره راه فدرال[2] زیر عنـوان «نمونـه‌گیری و آزمون ین کلرید موجود در بتن»[3] صورت گیرد. هیچگونه کلسیم کـلرید یـا مـاده افزودنـی دیگر محتوی کلرید، غیر از ناخالصی‌های اتفاقی، نباید در بتن به مصرف برسد.

❑ ۳-۳ آب

آب اختلاط بتن باید آشامیدنی باشد، مگر برای ساختن نمونه‌های سیمان که می‌تـوان از آب شیرین غیر آشامیدنی استفاده کرد بـه شـرط آن کـه مقـاومت ۷ روزه و ۲۸ روزه آن معادل ۹۰ درصد مقاومت نمونه بتن با آب آشامیدنی باشد و آزمایش طبـق ASTM C109 صورت گیرد.

1- Water reducing agent
2- Federal Highway Administration
3- Sampling & Testing for chloride Ion in Concrete

❑ ۳-۴ سنگدانه‌ها[1]

۳-۴-۱ سنگدانه‌های مورد مصرف در بتن آب‌بند و مقاوم در برابر مواد شیمیایی

سنگدانه‌های ریز باید مطابق شرایط مندرج در نشریه استاندارد ASTM C 33 باشد. سنگدانه‌های درشت باید طبق نظر مهندس طراح، مفاد و تمامی شرایط کیفی مندرج در نشریه ASTM C 33 را دارا بوده و ضمن رعایت محدودیت جاگیری به اندازه‌ای که عملی و قابل مصرف باشد انتخاب شود.

بزرگترین اندازه‌اسمی سنگدانه درشت نباید از یک پنجم فاصله باریکترین قالب‌بندی، یک سوم عمق تاوه یا سه چهارم فاصله بین میلگردها تجاوز کند. با نظر مهندس طراح می‌توان از محدودیتهای فوق صرفنظر نمود مشروط بر این که کارایی و روشهای تراکم به گونه‌ای باشد که بتن ریخته شده توپر، بدون فضای خالی و قسمتهای کرمو باشد.

۳-۴-۲ سنگدانه مورد مصرف در سازه بتنی معمولی

به طور کلی، سنگدانه مصرفی برای تمام انواع بتن غیر از آنچه در بندهای ۳-۴-۱ و ۳-۵-۱ ذکر شده است باید طبق بند ۲-۴ از نشریه ACI 301 باشد. برای اطلاعات بیشتر به نشریه ACI 221 R مراجعه شود.

❑ ۳-۵- تعیین نسبت اختلاط

۳-۵-۱ بتن آب‌بند و مقاوم در برابر مواد شیمیائی

تمامی بتن‌هایی که باید در برابر آب نفوذناپذیر و در مقابل چرخه یخبندان و آب شدن متوالی و مواد شیمیائی طبیعی یا مورد استفاده مقاوم باشد، باید با مواد افزودنی

1- Aggregates

هواساز ترکیب شود. نسبت اختلاط کلیه مصالح باید چنان باشد که بتن حاصل دارای دانه‌بندی پیوسته، تراکم حداکثر و کارایی بالا باشد. حداقل مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن‌هایی که در معرض یخبندان شدید و متوالی نباشد، برابر با ۳۵۰۰ پوند بر اینچ مربع (24 MPa) و برای بتن‌های مقاوم در برابر یخبندان شدید و متوالی برابر با ۴۰۰۰ پوند بر اینچ مربع (28 MPa) ، خواهد بود مگر این که برای شرایط سازه‌ای خاص بتن با مقاومت بالاتر مورد نیاز باشد. مشخصات بتن مورد لزوم و تعیین نسبت اختلاط باید طبق نشریه شماره ACI 211-1 و رعایت نکات زیر صورت گیرد:

۱- نوع سیمان- طبق بخش ۳-۱

۲- حداکثر نسبت آب به سیمان : ۰/۴۵، در صورت مصرف پوزولان، حداکثر نسبت آب به سیمان به علاوه پوزولان : ۰/۴۵

۳- حداقل نسبت مصالح سیمانی:

شماره سنگدانه درشت	کیلوگرم در متر مکعب
۴۶۷ (حداکثر ۳۸/۱ میلیمتر)	۳۰۷
۵۷ (حداکثر ۲۵/۴ میلیمتر)	۳۱۸
۶۷ (حداکثر ۱۹ میلیمتر)	۳۳۵

اختلاط بتن با سیمان کمتر از آنچه در جدول بالا ذکر شده است هنگامی ممکن است به کار رود که بر مهندس طراح محقق شود اختلاط پیشنهادی منجر به بتنی می‌شود که سایر شرایط بخش ۳-۵-۱ را تامین می‌کند و دارای پایداری، نفوذناپذیری، کارایی، تراکم‌پذیری و قابلیت پرداخت قابل قبول به شرح فهرست شده در بخش ۱-۱ باشد.

۴- مقدار هوا (طبق C 231 یا ASTM C 173) : باید برابر ۱± ۵/۵ درصد برای سنگدانه درشت اندازه ۴۶۷، و ۱±۶ درصد برای سنگدانه درشت اندازه ۵۷ یا ۶۷ باشد.

۵- اندازه‌گیری اسلامپ (طبق ASTM C 143) هنگام تخلیه در قالب: حداقل ۱ اینچ (۲۵ میلیمتر) و حداکثر ۳ اینچ (۷۵ میلیمتر) برای پی‌سازی، صندوقه‌ها[1]، دیوارهای زیربنا[2] و حداکثر ۴ اینچ (۱۰۰ میلیمتر) برای تاوه‌ها، تیرها، دیوارهای تقویت شده[3] و ستونها.

توجه: به علت این که اسلامپ بتن بدون تکیدگی دارای افت بیشتری است، بنابراین در محل بچینگ پلانت[4] (مرکز تهیه بتن) اسلامپ بالاتری مورد لزوم خواهد بود. (به بخش ۴-۳ از ACI 223 مراجعه شود) و در صورتی که از ماده افزودنی کاهش آب[5] قابل قبول با درجه بالا استفاده شود، اسلامپ‌های فوق‌الذکر اعمال نخواهد شد.

۳-۵-۲ بتن سازهای معمولی

به طور کلی نسبت اختلاط کلیه بتن‌هایی که مشمول بند ۳-۵-۱ نمی‌شود باید طبق فصل سوم از آئین‌نامه ACI 301 و ACI 211-1 انجام شود.

۳-۵-۳ تصویب نسبت اختلاط

پیمانکار باید نسبت اختلاط را که توسط آزمایشگاه مورد قبول مهندس طراح و بر طبق ACI 301 و ACI 318 تهیه می‌شود برای بررسی و تصویب تسلیم نماید.

1- Caisson
2- Superstructure walls
3- Reinforced walls
4- Batch plant
5- Water reducing agent

❑ ۳-۶ ارزیابی و پذیرش

۳-۶-۱ در دوران اجراء مقاومت فشاری ۷ روزه به عنوان مکمل مقاومت ۲۸ روزه با مقایسه میانگین نسبی مقاومت ۷ و ۲۸ روز که از طرف آزمایشگاه تعیین می‌شود، باید مورد استفاده قرار گیرد. حداقل دو نمونه برای هر دوره سنی و در هر بتن‌ریزی با حجم حدود ۱۰۰ یاردمکعب (۷۶/۴۵ مترمکعب) یا کسری از آن باید برای آزمون تهیه شود. تمام نمونه‌ها باید در شرایط آزمایشگاهی عمل آورده شود، مگر این که مهندس بخواهد به همان تعداد نمونه در شرایط کارگاهی پرورده شود.

برای جزئیات بیشتر به استانداردهای C 172 و C 39 و ASTM C 31 و ACI 214 مراجعه شود.

۳-۶-۲ در صورتی که بتن با مقاومت ۲۸ روزه تطبیق ننماید، مهندس می‌تواند دستور آزمون روی سازه بتنی سخت شده را طبق بخش ۳-۱۷ نشریه ACI 301 صادر نماید. در صورتی که از بتن سازه، مغزه‌گیری[1] شود و آن نیز با مشخصات بخش ۳-۲-۳-۱۷ از نشریه ACI 301 یا ۴-۴-۷-۴ از نشریه ACI 318 تطبیق نکند، مهندس می‌تواند به هزینه پیمانکار بتن سازه را مردود اعلام یا اختلاط را تغییر دهد و یا به هر دو اقدام مذکور مبادرت ورزد.

1- To be cored

فصل چهارم- اجـــــــراء

اجرای سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست به طور کلی باید طبق نشریه ACI 301 به ویژه فصلهای ۴ تا ۱۳ صورت گیرد، مگر این که ترتیب دیگری در این گزارش مشخص شده باشد.

❑ ۴-۱ بتن

۴-۱-۱ طرح اختلاط بتن

علاوه بر پارامترهای طرح اختلاط متناسب با ویژگیهای سازه‌ای، مقاومت شیمیائی و پایداری سازه، بتن ساخته شده باید با تجهیزات مورد استفاده برای حمل و تخلیه متناسب باشد.

به طور کلی دانه‌بندی پیوسته و اختلاط مصالح دانه درشت بر اساس رعایت تناسب طیف دانه‌بندی از درشت به نرم با حفظ کیفیت چسبندگی مطلوب باعث می‌شود که بتن‌ریزی در محل مورد نظر و با وسایل پیش‌بینی شده بسهولت انجام گیرد. از اختلاطهای نامتناسب، شل، ماسه‌ای و یا آب انداخته باید اجتناب شود.

نسبتهای اختلاط باید بر طبق استانداردهای ACI 301 و ACI 211-1 تعین شود.

۴-۱-۲ مخلوط کردن بتن

با توجه به این که یکنواختی در تهیه بتن آب‌بند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، بتن تهیه شده لازم است به خوبی و به اندازه کافی مخلوط شود تا از نظر رنگ و روانی یکنواخت شده و اسلامپ و توزیع مواد افزودنی هواساز لازم را نیز دارا باشد. بتن ممکن

است آماده به محل مصرف حمل شود و یا در محل بتن‌ریزی مخلوط شود. (طبق توصیه بخش ۷ از نشریه ACI 301)

❑ ۴-۲ بتن‌ریزی

جزئیات مورد توصیه برای اجرای بتن‌ریزی قابل قبول، به منظور بدست آوردن بتن مقاوم و آب‌بند که در سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست ضروری است در نشریه ACI 304R درج شده است. در صورت خرابی هر یک از دستگاههای تولید، حمل و تخلیه بتن، پیمانکار باید قابلیت ادامه بتن‌ریزی را دارا باشد. در صورت از کار افتادن تجهیزات اولیه بتن‌ریزی، تجهیزات پشتیبانی جایگزین باید ظرف ۳۰ دقیقه برای بهره‌برداری آماده شود. یک منبع تهیه بتن یدکی با مصالح و اختلاط قابل قبول نیز موجب اطمینان از تداوم بتن‌ریزی و جلوگیری از تحمیل درزهای ساختمانی پیش‌بینی نشده و اغلب غیر قابل قبول و نامنظم می‌شود.

به منظور اجتناب از جدا شدن[1] دانه‌بندی مصالح بتن آماده، بتن‌ریزی باید در لایه‌های افقی ۱۲ تا ۲۴ اینچ (۳۰۵ تا ۶۱۰ میلیمتر) تا سطح نهایی افقی طبق ACI 309R صورت گیرد. بتن‌ریزی با سقوط آزاد از ارتفاع بیش از ۴ فوت (۱/۲ متر) یا از میان فقس میلگردها مجاز نخواهد بود. (به بخش ۴-۲-۳ مراجعه شود).

۴-۲-۱ جام[2]

از جام‌هایی که بتن از کف آن تخلیه می‌شود ممکن است برای انتقال بتن به محل مورد لزوم استفاده شود. باید توجه خاصی مبذول نمود که از تکان یا ضربه شدید به جام که ممکن است موجب جداشدگی بتن شود جلوگیری گردد.

1- Segregation
2- Bucket

۴-۲-۲ شوت[1]

شوت‌هایی که بـرای انتقـال بتـن بـه کـار بـرده می‌شـود بـاید از جنـس فـلز (غـیر از آلومینیوم) یا چوب با آستر فلزی ساخته شود و شیب آن از یک (قائم) به دو (افقی) بیشتر و از یک (قائم) به سه (افقی) کمتر نباشد، تا بتن به اندازه کـافی کـه شـوت را تخلیـه کنـد سرعت داشته و به اندازه مطلوب نیز کند حرکت کند تا دانه‌بندی از هم جـدا نشـود. بـرای جلوگیری از جدا شدن دانه‌بندی بتن ، ممکن است انتهای شوت مجهز به مانعی باشد و یا این که بتن مستقیماً از طریق شوت تخلیه، ترمی[2] (قیف و لوله) یا لولـه‌های خرطومـی بـه داخل قالب ریخته شود.

۴-۲-۳ شوت تخلیه، لوله‌های خرطومی و ترمی باید برای جلوگـیری از سـقوط آزاد و امکان جای‌گیری بتن در قفس میلگردهای دیوارها و سـتونها مـورد اسـتفاده قـرار گـیرد. هنگام بتن‌ریزی محل این گونه وسائل باید مرتباً در فواصل کوتاه تغییر نماید تا از تجمـع بتن در یک نقطه جلوگیری شود. ویبراتور نباید برای انتقال و جابجائی بتن در قالبها مـورد استفاده قرار گیرد. ترمی باید برای بتن‌ریزی در زیر سـطح آب و جلوگـیری از جداشـدگی سنگدانه استفاده شود.

۴-۲-۴ پمپ کردن بتن

ظرفیت تجهیزات پمپ کردن بتن باید متناسب با اسلامپ و حداکثر انـدازه سـنگدانه بتن مورد مصرف باشد. خطـوط لولـه انتقـال پـمپ نبـاید از جنـس آلومینیـوم باشـد. افـت اسلامپ بتن از نقطه شروع پمپاژ تا نقطه تخلیه بتن نباید از ۱/۵ اینچ (۳۸/۱ میلیمتر) بیشتر شود.

1- Chute
2- Tremie

۴-۲-۵ انتقال با تسمه[1]

تجهیزات انتقال بتن با تسمه باید به طور مشخص برای بتن‌ریزی بدون جداشدگی سنگدانه‌ها طراحی شده باشد. سیستم انتقال نباید بر مقاومت، اسلامپ یا محتوای هوای بتن ریخته شده تاثیر گذارد. سیستم بتن‌ریزی باید بتواند بتن مورد لزوم را در تمامی سطح بتن‌ریزی به طور مداوم و بدون تاخیر برای جابجائی تجهیزات تخلیه نماید.

۴-۲-۶ تجهیزات بتن‌ریزی پشتیبان[2]

تجهیزات یدکی بتن‌ریزی برای مواقعی که به علل پیش‌بینی نشده تجهیزات اولیه متوقف یا دچار نقص فنی می‌شود، باید فوراً آماده باشد. این گونه تجهیزات باید ظرف ۳۰ دقیقه قابلیت شروع عملیات و ادامه بتن‌ریزی را دارا باشد، تا از ایجاد درز سرد یا درز ساختمانی جلوگیری شود. همچنین امکان استفاده از ماده افزودنی کندگیرکننده[3] نیز باید در حین بتن‌ریزی پیش‌بینی شود.

۴-۲-۷ گشودگی‌ها[4] در قالب‌بندی دیوارها و ستونها- محدودیتها

گشودگی‌های موقت در قالب دیوارها و ستونها برای تخلیه بتن به داخل آن باید پیش‌بینی شود تا سقوط آزاد بتن به ۴ فوت یا ۱/۲ متر محدود گردد. موقعیت این گونه گشودگی‌ها باید به گونه‌ای تعیین شود که در امر جای‌گیری و تراکم بتن نیز تسهیل گردد. فواصل گشودگی‌ها در امتداد افقی به منظور اجتناب از جریان بتن در داخل قالب و جدا شدن شن و ماسه نباید از ۶ تا ۸ فوت (۱/۸ تا ۲/۴ متر) بیشتر باشد.

1- Conveying
2- Back-up
3- Retarders
4- Portholes

۴-۲-۸ تخلیه بتن در قالب

بتن‌ریزی بخشهای دیوار بین درزها باید یکسره ادامه یابد تا بتن به صورت یکپارچـه ایجاد شود. فاصله زمانی بین بتن‌ریزی واحدهای مجـاور نبـاید از ۴۸ سـاعت کمـتر طـول بکشد.

بتن‌ریزی تیرها و تاوه‌ها نباید قبل از حصول اطمینان از گیرش اولیه بتن ریخته شـده دیوارها و ستونها شروع شود. بلافاصله پس از تخلیه بتن، تراکم و جا انداختن آن در داخل قالب و اطراف میلگردها و گوه‌ها[1] باید به طور رضایتبخش انجام گیرد تا فضـای خـالی در میان جسم بتنی به وجود نیاید. هر لایه افقی باید به وسیله دستگاه ویبراتور مناسـب ویـبره و متراکم شود. ویبراتور باید تا داخل لایّه زیرین نفوذ کنـد تـا دو لایـه بـا هـم یکپارچـه و یکدست شود. به منظور اجتناب از وارد شدن فشار زیاد به قالب، ویبراتور نباید بیش از دو فوت (۶۱۰ میلیمتر) در لایه زیرین فرو رود. استفاده از ویبراتور برای حرکت افقی بتـن در داخل قالب مجاز نمی‌باشد. استفاده از ویبراتورهای مکانیکی با حداقل فرکانس ۸۰۰۰ دور در دقیقه برای تراکم بتن در داخل قالب ترجیح داده می‌شود. عملیات ویبره کردن بتن بـاید منطبق با دستورالعمل مندرج در نشریه ACI 309R انجام شود. عملیات ویـبره کـردن بتـن باید تا زمان توقف خروج حبابهای بزرگ هوا از سـطح بتـن و قبـل از شـروع جداشـدگی سنگدانه‌ها ادامه یابد.

ویبراتورهای متصل به قالب وسـیله‌ای بسـیار مناسـب بـرای ویـبره کـردن دیوارهـا و ستونهای بلند است. در طراحی قالب‌بندی باید فشـار کـامل مـایع درون آن کـه بـه وسـیله ویبراتورها ایجاد می‌شود در نظر گرفته شده باشد. بـرای اطلاعـات بیشـتر در زمینـه ویـبره کردن و تراکم بتن به نشریه ACI 309R مراجعه شود.

1- Inserts

۴-۲-۹ محدودیت درجه حرارت

۴-۲-۹-۱ هوای سرد

در صورتی که درجه حرارت حداقل ۴۰ درجه فارنهایت (۴/۴ درجه سانتیگراد) باشد، آب و سنگدانه‌ها باید به اندازه‌ای گرم شود که درجه حرارت بتن هنگام بتن‌ریزی از ۵۵ درجه فارنهایت (۱۳ درجه سانتیگراد) پائین‌تر نرود. شرایطی باید فراهم شود تا بتن برای مدت حداقل ۷ روز در درجه حرارتی که از ۵۰ درجه فارنهایت (۱۰ درجه سانتیگراد) کمتر نباشد مرطوب نگهداری شود.

به منظور حفظ حرارت تولیدی بتن در فرآیند گیرش (هیدراسیون) می‌توان تاوه، تیر، دیوار و ستون را با انواع وسائل و پوششها مانند پتو و کرباس عایق شده (برزنت) در برابر تبادل حرارتی و سرما، عایق و حفظ نمود. قالبها نیز ممکن است یا حرارت داده شده و یا عایق‌بندی شود. عمل آوردن بتن با بخار در شرایط جوی[1] ممکن است برای تسریع در پروردن و افزایش مقاومت آن به کار رود. جزئیات توصیه‌های بیشتر در نشریه ACI 306R ارائه شده است.

برای احتراز از بروز هرگونه خطری، توصیه می‌شود برداشت قالبها از سازههای بتن‌ریزی شده در کارگاه، پس از حصول اطمینان از وجود مقاومت کافی در بتن صورت گیرد.

۴-۲-۹-۲ هوای گرم

در مواردی که حرارت محیط از ۹۰ درجه فارنهایت (۳۲ درجه سانتیگراد) یا بیشتر تجاوز کند، باید اقدامات احتیاطی در طول مدت پیمانه و اختلاط مصالح[2]، بتن‌سازی[3]،

1- Atmospheric steam curing
2- Batching
3- Mixing

بتن‌ریزی و پرورش[1] بتن صورت گیرد. سنگدانه‌ها و سیمان باید خنـک نگهـداری شـود و مصرف افزودنی‌های کندگیرکننده به ویژه در صورت استفاده از بتـن بـدون افـت می‌توانـد مفید واقع شود.

برخی اوقات ضرورت ایجاب می‌کند که آب مصرفی با استفاده از نیتروژن مـایع، بـه وسیله سردسازی، یا به وسیله جایگزین کردن بخشی از آب با خرده یخ[2]، خنک شود.

قالب دیوارها باید بمجرد سفت شدن کافی بتـن بـه منظـور جلوگـیری از وارد شـدن صدمه به آن برداشته شـود. عملیـات پـرورش بتـن بـاید بلافاصلـه بـه وسـیله آب‌پاشـی و پوشاندن قطعات بتنی با گونی خیس یا مصرف مواد شـیمیائی پـروردن بتـن غـیر سـمی و سفید رنگ و قابل قبول مهندس آغاز گردد.

پروردن بتن تاوه بـاید بلافاصلـه پـس از خاتمـه پرداخـت سـطح آن و نـاپدید شـدن درخشندگی آب شروع شود. در صورتی که از مواد پروردن غشائی مایع[3] استفاده شود (بـه بخش ۴-۶ مراجعـه کنیـد)، ترکیـب مـورد مصـرف بـاید لک‌کننـده نبـوده و غـیر سـمی و سفیدرنگ باشد. جزئیات توصیه‌ها در نشریه ACI 305 R ارائه شده است.

❑ ۴-۳ درزها

۴-۳-۱ درزهای اجرایی یا ساخت

درزهای ساخت قائم باید طبق دستورالعمل فصل ۶ نشـریه ACI 301 طـرح و اجـرا شود. دستورالعمل نامبرده برای درزهای افقی نیز ممکن است مورد استفاده قـرار گـیرد. در مواردی که ارتفاع دیوار از ۸ فوت (۲/۴۴ متر) تجاوز کند، بتن جدید بـاید روی یـک لایـه

1- Curing
2- Shaved or crushed ice
3- Liquid membrane curing

ملات سیمانی که به طور یکنواخت روی سطح قبلی ریخته شده است، تخلیه شود. ملات سیمان باید با همان مشخصات بتن اصلی تهیه شود جز این که فاقد سنگدانه درشت باشد.

۴-۳-۲ درزهای حرکتی

سطح بتن باید تمیز، خشک و عاری از چربی، روغن، ترکیبات قیری و کیورینگ باشد و درزگیر باید طبق توصیه سازنده مصرف شود. در مواردی که یک ماده درزگیر[1] مورد استفاده قرار می‌گیرد بررسیهای لازم برای سازگاری آن با مایع درون سازه نیز باید انجام شود. برای اطلاع از جزئیات توصیه‌ها در زمینه درزگیرها به نشریه ACI 504 R مراجعه شود.

۴-۳-۳ واتراستاپ‌ها (نوارهای آب‌بند)

۴-۳-۳-۱ فولادی

نوارهای آب‌بند فولادی بخوبی در درزهای ساخت مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوع واتراستاپ‌ها معمولاً متشکل از یک صفحه فولادی با ابعاد $\frac{۱}{۴}$ ×۶ اینچ (۶×۱۵۲ میلیمتر) است که ۳ اینچ (۷۶ میلیمتر) از آن در هر طرف درز در داخل بتن قرار می‌گیرد. به منظور اتصال رضایتبخش واتراستاپ فولادی به بتن، سطح آن باید عاری از هر گونه مواد خارجی، گل، روغن، پوسته، زنگ و غیره باشد. اتصال دو قطعه واتراستاپ نیز باید با جوش سر به سر صفحه‌ها صورت گیرد.

1- Sealant

۴-۳-۳-۲ واتراستاپهای انعطاف‌پذیر

واتراستاپهای لاستیکی، پلاستیکی، فلزی یا سایر مواد قابل قبول بـاید دارای شـکل و طرحی باشد که کار آب‌بندی را بخوبی ایفا کند. در مواردی که امکان حرکـت وجـود دارد مانند درزهای انبساط، قسمت میانی واتراستاپ باید به صورت لوله‌ای و ترجیحـاً توخـالی و قسمتهای کناری باشکل و مقطعی باشد که علاوه بر گیرداری حرکات قابل پیش‌بینی درز را نیز تامین کند.

هنگام استفاده از واتراستاپ نرم، تمام قسمتهای آن مانند لبه‌های کناری، انتها و غـیره باید درجا بسته و یا محکم شود و در مدت نصب و تا قبل از پایان بتن‌ریزی از جای خود حرکت نکند. برای توصیه‌های مربوط به نصب، به شـکلهای ۱۲ و ۱۶ نشـریه ACI 504R مراجعه شود.

❑ ۴-۴ قالب‌بندی

۴-۴-۱ کلیات

قالب‌بندی باید طبق توصیه‌ها و دستورالعمل‌های نشریه ACI 347 و SP-4 طراحـی، ساخته، نصب و بعد از بتن‌ریزی برداشته شود.

۴-۴-۲ طراحی قالب

قالبها باید چنان طراحی شـود کـه بتـن تمـام قسـمتهای سـازه عینـاً طبـق نقشـه‌های اجرایی با همان اندازه‌ها، شکل، رقوم و موقعیت بدون هیچگونه تغییر مکـان ریختـه شـود. قالب‌بندی باید چنان طراحی، نصب، تقویت، مهار و نگهداری شود که بتواند با ایمنی تمام بارهای قائم و افقی وارده را تا هنگامی که به وسیله سازه بتنی تحمل شود نگهدارد.

قالبهای پانل برای سازه‌های محتوی مایع و مجاری باید با بزرگترین انـدازه ممکـن و متناسب با تجهیزات بالابرنده ساخته شود. سطح قالبها باید با مصالح صاف و صیقلی مانند ورق فولادی، ورقهای چوب روکـش شـده، تختـه چندلایـی روکـش شـده یـا فـایبرگلاس پوشیده شود. نصب قالبها باید به نحوی انجام شود که برداشتن قالبها با حداقـل آسـیب بـه سطوح بتنی سازه میسر باشد. بارهای قـائم وجـانبی بـاید بـه وسـیله قالبهـا و سیسـتم‌های پشت‌بند و تقویتی قالب‌بندی به زمین منتقل شود.

قالب‌بندی و داربست موقت باید تمامی بارهای قائم و جانبی از جمله بارهای زنـده، بار باد و بارهای ساختمانی را با رعایت ضریب اطمینان قابل قبول و ضرایب بار بر اساس توصیه‌های مندرج در نشریه ACI 347 تحمل کند.

تمام قالب بندی‌ها باید در برابر ملات آب‌بند شود و سیستم اتصالات به نحوی باشد که فشارهای مثبت موجود در محل مفاصل و درزها موجب خروج دوغاب بتن نشود.

۴-۴-۳ کلاف قالب[1]

مجموعه‌های مهاری کلاف قالب‌بندی در سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیسـت بـاید ضمن تامین امکان تنظیم و سفت کردن قالب‌ها، تا فاصله ۱/۵ اینچی (۳۸ میلیمتری) سطح قالب هیچ قطعه فلزی یا مواد خارجی از خود باقی نگذارد. مجموعه بـاید در سـطح قـالب مجهز به حفره‌های مخروطی شکل به عمق ۱/۵ اینچ (۳۸ میلیمـتر) و قطـر یـک ایـنچ (۲۵ میلیمتر) برای پر کردن و لکه‌گیری باشد.

کلافها باید کاملاً اندازه و کیپ باشند و در محلـی کـه از قـالب عبـور می‌کنـد بـرای جلوگیری از نشت مایعات سوراخها باید درزبندی شود.

1- Form tie

در صورتی که قسمتی از میل مهارهای انفرادی در داخل بتن سازه محتوی مایع باقی بماند، در وسط قسمت مانده میله، باید یک واشر (پولک) کیپ قرار داده شود. استفاده از واشر برای میل مهارهای چندتایی ضرورت ندارد. میل مهارهای سراسری که به کلی از سازه خارج می‌شود، در طول تماس با بتن باید باریک و مخروطی شکل باشد و انتهای مقطع بزرگتر آن در دیوار سمت مایع قرار گیرد. پیمانکار باید موظف گردد مصالح و روشی را که برای پر کردن سوراخهای مخروطی ایجاد شده به کار می‌گیرد ارائه نماید.

۴-۴-۴ اندود قالب یا مواد رهاساز[1]

سطح قالب‌بندی در تماس با بتن‌ریزی باید با اندود مناسبی که مانع چسبیدن بتن به قالب شود و با مشخصات بخش ۴-۴ نشریه ACI 347 مطابقت داشته باشد، اندود شود. اندود مورد مصرف برای قالب‌بندی مخازن تصفیه آب باید پس از گذشت مدت مشخصی، که معمولاً ۳۰ روز است، سمی نباشد.

۴-۴-۵ بازدید قبل از بتن‌ریزی

قالب‌بندی باید قبل از بتن‌ریزی از نظر تمیزی و عاری بودن از موا خارجی، خطوط هندسی و فواصل میلگردها مورد بازرسی قرار گیرد. گشودگی‌های بازرسی مورد نیاز زیر نظر بازرس فنی برای بازدید و نظافت داخل قالب‌بندی در نقاط مورد نظر باید تعبیه شود.

۴-۴-۶ قالب‌برداری

قالب‌برداری باید برابر دستورالعمل مندرج در نشریه ACI 347-78 (مورد تائید مجدد در سال ۱۹۸۴) انجام شود.

1- Form coating or release agents

در مناطق گرم و خشک، باقی ماندن قالب بندی چوبی درجا ممکن است مانع عمل آوردن بتن شود، بنابراین در این گونه موارد قالب‌بندی باید یا دائماً مرطوب، یا برداشته و یا شل شود تا امکان مرطوب کردن سطوح بتنی فراهم گردد و یا این که سطوح مزبور به وسیله مواد غشائی عمل آورنده بتن اندود شود. در هوای سرد قالب‌برداری متفاوت است، زیرا قالب‌بندی باید در برابر سرما عایق شود تا بتن به مقاومت مورد نظر برسد، و یا این که قالبها باید با ورقهای عایق حرارتی جایگزین شود تا از بروز ترکهای پنجه غازی[1] در سطح بتن اجتناب گردد.

۴-۴-۷ شمع زدن مجدد قالب[2]

شمع زدن مجدد قالب‌بندی، در صورتی که مجاز باشد، باید بر اساس دستورالعملهای مندرج در نشریه ACI 347-78 (مورد تائید مجدد در سال ۱۹۸۴) انجام شود.

❑ ۴-۵ پرداخت سطوح نما

۴-۵-۱ پرداخت سطوح بدون قالب

برای جزئیات مورد توصیه می‌توان به بخش ۶-۴-۴ و فصل ۷ از نشریه ACI 302.1R مراجعه نمود. بتن باید به طور یکنواخت در جلوی ماله‌پخش و در عملیات پرداخت اولیه تا جائی که امکان دارد کمتر بر آن کار شود. آب اضافی ناشی از ماله‌کشی و صافکاری باید اجازه داده شود که تبخیر گردد. در صورتی که مقدار آب زیاد باشد باید قبل از ادامه ماله‌کشی با تمهیداتی خارج شود. در صورتی که سطوح خیلی صاف مورد نظر باشد، ماله‌کشی یا صافکاری نهایی باید حتی‌المقدور به تعویق افتد. به طور کلی

1- Crazing of concrete
2- Reshoring

مناسبترین زمان برای صافکاری نهایی هنگامی است که آب سطح بتن کاملاً ناپدید شده و با انگشت نتوان گودی در آن ایجاد نمود. صافکاری و ماله‌کشی نهایی موقعی لازم می‌شود که پرداخت خاص و یا مسدود کردن ترکها مورد نظر باشد.

۴-۵-۲ پرداخت غیر لغزنده

تمامی سطوح کفها، پیاده‌روها، راه‌پله‌ها و سایر قسمتهایی که برای آمد و شد افراد پیاده مورد استفاده قرار می‌گیرد و احتمالاً ممکن است تر باشد، باید دارای پرداخت سطوح غیر لغزنده و زبر طبق بخش ۷-۱۱ از نشریه ACI 302.1R باشد.

۴-۵-۳ پرداخت سطوح قالب‌بندی شده

مشخصات سطوح قالب‌بندی شده نسبت به هم تفاوت بسیار دارد، از پوسته برداری و تعمیر نواقص عمده تا پرداخت به شکل سطوح صاف و یکنواخت، که ممکن است شامل سنگ زدن، تراشیدن، برس‌کاری و بتونه‌کاری باشد. این قبیل کارها باید بلافاصله پس از قالب‌برداری شروع شود. در مواردی که پرداخت سطوح به وسیله تراشیدن، چکش‌کاری، تیشه‌کاری و سند بلاست[1] مورد نظر باشد ابتدا باید بتن کاملاً پرورده شده باشد. این‌گونه موارد و سایر انواع پرداخت سطوح بتنی در فصل ۱۰ از نشریه ACI 301 به طور جامع ارائه شده است.

۴-۵-۴ تعمیر سطوح ناقص

تعمیرات سطوح ناقص بتنی باید طبق فصل ۹ از نشریه ACI 301 و ACI 309 .2 R انجام شود.

1- Sandlbasting

۴-۵-۴-۱ سوراخ اتصالات

سوراخهای مخروطی شکل میله‌های قالب‌بندی در بتن، بعد از این که کاملا" از مواد خارجی پاک و تمیز شده و مرطوب گردید، باید با دوغاب (ملات روان) غیر قابل انقباض و غیر فلزی از انتهای بزرگتر آن پر و با میله فولادی کوبیده و متراکم شود. استفاده از توپی لاستیکی یا پلاستیکی در عمق سوراخ و قبل از پر کردن و کوبیدن با ملات روان توصیه می‌شود. قبل ازشروع کار مصالح و فرآیند پر کردن سوراخ اتصال باید به تصویب مهندس برسد.

۴-۵-۴-۲ لکه‌گیری نواقص کوچک

سطوح بتنی باید بعد از قالب‌برداری با روشهای قابل قبول تعمیر و اصلاح شود، ضمن‌این که اندودسیمانی سطوح‌معیوب به تنهایی موردقبول‌نخواهد بود. تعمیرات سطوح‌مزبور باید بلافاصله پس از قالب‌برداری و قبل‌ازاستفاده‌ازموادکیورینگ صورت‌گیرد.

لکه‌گیری خوب با اتصال کافی و مطمئن به بتن اصلی، اساس کار تعمیرات است. در مواردی که نمای ظاهری اهمیت دارد، ملات بدون جمع‌شدگی و لکه ناپذیر[1] باید مصرف شود. فرآیند عمل آوردن لکه‌گیری محلهای تعمیراتی همانند پروردن بتن اصلی است.

۴-۵-۴-۳ نواحی کرمو[2]

مناطق کرمو، ناشی از بتن‌ریزی نادرست و ویبراسیون ناکافی است. این که آیا بتن‌های کرمو باید لکه‌گیری شود یا خیر بستگی به سطح، عمق و محل آن دارد. در صورتی که تعمیر بتن کرمو اجازه داده شود، محل آن باید تا رسیدن به بتن سخت و سالم تراشیده شده و قبل از انجام عملیات پر کردن و لکه‌گیری مورد بازدید قرار گیرد.

1- Nonstaining
2- Honeycombed areas

۴-۶ عمل آوردن یا پروردن بتن[1]

پروردن درست بتن تازه مستلزم حفظ رطوبت آن به منظرو ارتقاء هیدراسیون سیمان در مدت عمل‌آوری است که از ایجاد ترکهای سطحی به علت از دست دادن آب جلوگیری می‌کند. برای اطلاع از جزئیات توصیه‌ها به نشریه ACI 308 مراجعه شود.

در مواردی که سطوح بتنی با استفاده از ترکیبات غشایی پرورده می‌شود، کلیه کارهای پرداخت سطوح جز سنگ زدن، تیشه‌کاری، چکش‌کاری و سندبلاست باید قبلاً خاتمه یافته باشد.

پروردن بتن باید بلافاصله پس از گیرش اولیه بتن یا خاتمه کار پرداخت سطوح شروع شود. عمل آوردن بتن با روشهای مختلف صورت می‌گیرد، مانند پاشیدن آب، ایجاد حوضچه، استفاده از روکشهای حافظ رطوبت یا به کار بردن ترکیبات غشایی مایع برای تشکیل فیلم نازک غیر قابل نفوذ روی سطح بتن.

نگهداری قالب دیوارها برای مدتی، یکی از بهترین وسائل حفظ رطوبت بتن است، ولی در هوای خشک و گرم، قالب خود باعث جذب رطوبت بتن و موجب جلوگیری از اتلاف گرمای ناشی از هیدراسیون می‌شود. بنابراین در هوای گرم و خشک توصیه می‌شود یا قالب مرطوب نگهداری شود و یا به محض این که بتن به اندازه کافی سخت شد، قالب برداشته و کار عمل آوردن با مرطوب کردن و یا با استفاده از مواد غشائی فوراً آغاز شود.

ترکیبات پروردن غشایی باید برای تمامی دوره عمل آوردن بتن کلیه سطوح را به طور کامل و یکنواخت به گونه‌ای پوشش دهد که هیچ لکه خالی باقی نماند. آهن‌آلات روکار، درزها و بتنی که باید تسطیح شود باید در برابر مواد پروردن بتن حفاظت شود مگر این که آزمایشهای لازم نشان دهد که چسبندگی رضایتبخش سطوح مزبور امکان پذیر است.

1- Curing

مصالح عمل آورنده غشایی باید طبق مشخصات ASTM C 309 بوده و حداقل دارای ۱۸ درصد جامد باشد، زردکننده نبوده و تلفات رطوبت آن کمتر از ۰/۰۳۹ گرم بر سانتیمتر مربع حداکثر در ۷۲ ساعت باشد. نرخ مصرف ماده شیمیائی باید بر اساس توصیه سازنده یا حدود ۱۵۰ تا ۲۰۰ فوت مربع برای هر گالن (ft^2/gal) باشد [به بند ۲-۳-۳ از ACI 308-81 (تجدید نظر شده در سال ۱۹۸۶) مراجعه شود]. قشر پلی‌اتیلن برای عمل آوردن بتن بایستی مطابق با ASTM C 171 باشد. مواد عمل آورنده بتن در ساخت تصفیه‌خانه آب باید غیر سمی و فاقد رنگ و بو باشد.

۴-۷ آزمون نشت آب

انجام آزمون آب‌بندی در سازه‌های محتوی مایع، امری عادی است. آزمون نشت آب باید هنگامی صورت گیرد که دیوارهای مخزن نمایان و فرار آب به آسانی قابل رویت بوده و تعمیرات آن مقدور باشد. بنابراین آزمونهای نشت آب قبل از خاکریزیهای پشت سازه و پوشانیدن روی آن صورت می‌گیرد. برای تاسیسات آب آشامیدنی، به منظور صرفه‌جویی در مصرف آب انجام آزمون نشت آب به همراه عملیات ضدعفونی صورت می‌گیرد.

ضوابط پذیرش نشت آب از مخزن و روشهای آزمون آن باید در متن قرار داد اصلی ساختمان مشخص شود. مخازن معمولاً تا محور لوله سرریز پر می‌شود. اگر مخزن خشک باشد، باید مدتی پر نگه‌داشته شود تا جذب آب به وسیله دیوارها و کف به طور کامل انجام شود. مخزن هنگامی قابل پذیرش است که :

الف- هیچگونه آثار فرار آب یا رطوبت در آن دیده نشود.

ب- حجم آب نشتی در مدت زمان معین (پس از کسر مقدار تبخیر شده) کمتر از مقدار مشخصی باشد.

حجم قابل قبول فرار آب بر حسب نوع کاربرد مخزن متفاوت است. میزان نشت آب برابر با یک دهم درصد (۰/۱ ٪) حجم مخزن، در مدت زمان ۲۴ ساعت (پس از جـذب و پایداری)، در مواردی که اثرات مهمی در پی نداشته باشد، معمولاً برای یک مخزن ذخـیره آب عدد قابل قبولی خواهد بود.

فصل پنجم- حفاظت در برابر مواد شیمیائی

۵-۱ مقاومت بتن و آرماتور

بتنی که با سیمان نوع مناسب، دانه‌بندی درست، ترکیب مناسب و اختلاط درست، ساخته و به درستی حمل، تخلیه، پخش، ویبره و عمل آورده شود، بتنی است متراکم، مقاوم، آب‌بند و با دوام در برابر اغلب مواد شیمیائی که در شرایط معمولی به هیچگونه حفاظتی در برابر خوردگی و تخریب شیمیائی نیاز ندارد. به همین ترتیب میلگردهای واقع درچنین بتنی نیز معمولاً در برابر مواد شیمیائی خورنده بخوبی حفاظت می‌شود. بتن خوب که به اندازه کافی دارای مواد افزودنی هواساز باشد نیز در برابر یخبندان متوالی که خود در بسیاری مناطق از اثرات و حملات مواد شیمیائی شدیدتر است، بخوبی مقاومت می‌کند.

۵-۲ نیاز به حفاظت

شرایط خورندگی و فساد که حفاظت سطح بتن را ضروری می‌سازد، از شرایط معمولی تا حاد تغییر می‌کند که به نوع و میزان مواد شیمیائی مورد مصرف و همچنین نوع زباله‌های عمومی و صنعتی بستگی دارد.

نوع حفاظت در برابر مواد شیمیائی نیز بر حسب نوع و غلظت مواد شیمیائی، میزان تماس مواد مذکور با سطوح بتنی؛ شرایط فیزیکی مثل درجه حرارت، فشار، سائیدگی و فرسودگی قسمتهای مکانیکی؛ و چرخه یخبندان و آب شدن متوالی، متفاوت است.

در صورت وجود شرایطی که پوسیدگی، تخریب و کنده شدن بتن روی آرماتورها را امکان‌پذیر سازد، حفاظت مستقیم میلگردها با موادی مثل اپوکسی طبق استاندارد ASTM A 775 می‌تواند مطلوب باشد.

۵-۳ انواع حفاظت

انواع بسیاری از موانع یا اندودهای حفاظتی وجود دارد که از تماس سطوح بتنی با مواد شیمیائی جلوگیری می‌کند. موفقیت مصرف این گونه مواد به چسبندگی آن به سطح بتن و ناتراوایی کامل لایه اندود بستگی دارد.

از جمله اندودهای مختلف می‌توان انواع ترموپلاستیک‌ها[۱] و ترموستینگ‌ها[۲]، سرامیک‌ها، ملاتهای مقاوم در برابر مواد شیمیائی، مواد ورقی و موانع مرکب را نام برد.

در صورتی که شرایط به اندازه‌ای حاد باشد که بتن با کیفیت مطلوب را هم تخریب کند، تامین حفاظت کامل، مطمئن و با دوام حتی با مصرف بهترین مواد نیز مشکل خواهد بود. در این گونه موارد بهتر است درباره خنثی سازی فاضلاب به شدت مخرب، تدابیری اندیشیده شود.

در صورت نیاز به حفاظت ویژه آرماتورها، اندود اپوکسی ارجحیت خواهد داشت و مشخصات چنین موادی را می‌توان از استاندارد ASTM A 775 بدست آورد.

۱- Thermoplastic ماده‌ای که در اثر حرارت (بدون تغییر خواص آن) نرم می‌شود و هنگامی که سرد شد مجدداً سفت و سخت می‌شود.

۲- Thermosetting ماده‌ای که در اثر حرارت یا پروردن سخت می‌شود و با حرارت دوباره نرم نمی‌شود مانند رزین ترکیبی

❑ ۵-۴ اندودهای توصیه شده

۵-۴-۱ تصفیه‌خانه‌های آب

به طور کلی غلظت‌های معمولی مواد شیمیائی مورد مصرف در تصفیه‌خانه‌های آب، که برای انعقاد، کنترل مزه و رنگ و ضدعفونی آب به کار می‌رود، معمولاً تاثیری بر روی بتن ندارد، مگر زاج مایع که نیاز به اندود یکسره و خنثی مثل پی- وی- سی یا لاستیک به ضخامت ۰/۵۰۸ میلیمتر دارد.

۵-۴-۲ تاسیسات تصفیه‌خانه‌های فاضلاب خانگی

در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب خانگی، بتن به ندرت به حفاظت ویژه نیاز دارد، اگر چه تجهیزات مکانیکی در این گونه محیطها معمولاً با نوعی اندود حفاظتی مانند رنگ ذغال سنگ پایه[1] یا نوعی اپوکسی در برابر آسیب‌ناشی از شرایط خورندگی ملایم حفاظت می‌شود.

در شرایط استثنایی به طور مثال، جائیکه رکود و گندیدگی باعث تولید هیدروژن سولفید می‌شود، محیطی که به دلیل عدم تهویه اصلاح یا تمیز کردن مرتب آن مشکل و یا غیر اقتصادی است، انواع اندودهای معمولی و رنگ که برای فلزات به کار می‌رود ممکن است ضروری باشد. در این گونه موارد برای اطمینان از حاصل کار، باید دقت کافی مبذول گردد تا اندود به کار رفته برای کاربرد مورد نظر کاملاً شناخته شده و آزموده باشد.

1- Coal-tar-based paint

۵-۴-۳ تصفیه‌خانه‌های فاضلاب صنعتی

در تصفیه‌خانه‌های صنعتی، برخی موارد PH فاضلاب ممکن است تا حدود یک کاهش یابد. انواع حفاظتهای مورد مصرف عبارتند از ملاتهای مقاوم در برابر مواد شیمیائی، آجر و کاشی ضد اسید و آسترهای ضخیم قیری، اپوکسی و ورقهای لاستیکی و پلاستیکی.

۵-۴-۴ حفاظت کفها در تصفیه‌خانه‌ها

کفهای بتنی که ممکن است به طور اتفاقی مواد اسیدی بر روی آن ریخته شود، باید با پوششی از انواع لاک، اپوکسی، لاستیک و یا اندودهای فنولیک حفاظت شود.

❑ ۵-۵ انتخاب سیستم حفاظت

انتخاب سیستم حفاظت در هر پروژه‌ای باید مستقلاً مورد بررسی قرار گیرد، زیرا مصالح و تکنیکهای مختلفی که در زمانهای گوناگون به کار گرفته می‌شود، مسائل تازه‌ای از حمله مواد شیمیائی را به همراه دارد. جزئیات توصیه‌ها در نشریه ACI 515.1R ارائه شده است.

به منظور کسب اطلاعات بیشتر در زمینه روشهای آماده‌سازی سطوح بتنی و نیز اختلاط و کاربرد اندودهای مناسب باید به سازندگان مواد حفاظتی مراجعه شود. برای پوشش کامل سطح و چسبندگی درست اندود به آن، سطح بتن قبل از مصرف مواد حفاظتی باید سالم، تمیز و خشک باشد. به طور کلی، برای تمیز کردن سطوح بتنی، شست و شوی با اسید موریاتیک[1] و یا سندبلاست توصیه می‌شود.

1- Muriatic acid

۵-۶ پیش‌بینی‌های ایمنی

سمیت هر محصول حفاظتی باید مورد بررسی قرار گیرد. هنگام به کار بردن هر نوع اندود، ضرورت نیاز به تهویه باید مورد توجه واقع شود. لزوم استفاده از لوازم و تجهیزات ایمنی مثل دستکش، عینک، و نقاب نیز باید قبل از شروع کار بررسی شود.

۵-۷ مواد شیمیائی مورد مصرف در تصفیه‌خانه‌ها

مواد شیمیائی که در پاره‌ای موارد در تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب با آن مواجه می‌شویم قبلاً در جدول ۲-۳-۲ درج شده است. برای برخی از مواد مذکور که در تماس با بتن واقع می‌شود، کاربرد اندودهای حفاظتی ضرورت دارد. اطلاعات تکمیلی در زمینه اثرات مواد شیمیائی روی سطوح بتنی در جدول ۲-۵-۲ از نشریه ACI 515.1R ارائه شده است.

گروه ۱

این گروه از مواد شیمیائی به تنهایی برای بتن زیان آور نمی‌باشد ولی فهرست آن در ذیل به این علت است که در برخی موارد تصفیه آن به منظور جلوگیری از لکه انداختن و جذب شدن مایع در بتن که ممکن است در آینده با دیگر ترکیبات شیمیائی واکنش دهد، مطلوب می‌باشد.

کربن فعال[1] (مگر این که هم زده شود[2]، که در این صورت در گروه ۳ قرار می‌گیرد)

سیلیس فعال[3] (مگر این که همزده شود، که در این صورت در گروه ۳ قرار می‌گیرد)

هیدروکسیدکلسیم[4]

1- Activated carbon
2- Agitated
3- Activated silica
4- Calcium hydroxide

اکسید کلسیم[1]

پرمنگنات پتاسیم[2]

بیکربنات سدیم[3] (با توجه به قلیایی بودن سنگدانه)

کربنات سدیم[4]

فلوراید سدیم[5]

هیدروکسیدسدیم[6] (مگر دارای تراکم بیش از ۲۰ درصد باشد، که در این صورت در گروه ۳ قرار می‌گیرد)

سلیکات سدیم[7]

سیلیکان فلوراید سدیم[8]

فسفات تری‌سدیم[9]

گروه ۲

بتنی که در معرض این گروه مواد شیمیائی قرار می‌گیرد باید با سیمان مقاوم در برابر سولفات (بخش ۳-۱) یا همراه با اندود مناسب طبق بخش ۵-۴ اجرا شود.

سولفات مس[10]

سولفات فریک[11]

گروه ۳

بتن‌هایی که در معرض این گروه قرار می‌گیرد باید با اندودهای حفاظتی به شرحی که در بخش ۵-۴ آمده است پوشیده شود.

1- Calcium oxide
2- Potassium permanganate
3- Sodium bicarbonate
4- Sodium carbonate
5- Sodium fluoride
6- Sodium hydroxide
7- Sodium silicate
8- Sodium siliconfluoride
9- Trisodium phosphate
10- Copper sulfate
11- Ferric sulfate

کربن فعال (مگر این که همزده و مخلوط نشود، که در این صورت در گروه ۱ قرار می‌گیرد)

سیلیس فعال (مگر این که مخلوط و همزده نشود، که در این صورت در گروه ۱ قرار می‌گیرد).

زاج مایع[1]

سولفات آمونیوم آلومینیوم[2]

محلول کلرور آلومینیوم[3]

سولفات پتاسیم آلومینیوم[4]

سولفات آلومینیوم[5]

سولفات آمونیوم[6]

هیپوکلرید کلسیم[7]

کلر

کلرید فریک[8]

اسید فلوسیلیسیک[9]

بی‌سولفیت سدیم[10]

هیدروکسید سدیم[11] (مگر دارای تیراکم کمتر از ۲۰ درصد باشد، که در این صورت در گروه ۱ قرار می‌گیرد.)

اسید سولفوریک

1- Alum, liquid
2- Aluminum ammonium sulfate
3- Aluminum chloride solution
4- Aluminum potassium sulfate
5- Aluminum sulfate
6- Ammoium sulfate
7- Calcium hypochloride
8- Ferric chloride
9- Fluosilicic acid
10- Sodium bisulfite
11- Sodium hydroxide

فصل ششم- مراجـــــع

۶-۱ مراجع توصیه شده

مدارک سازمانهای مختلف ارائه دهنده استاندارد که در این نشریه به آن اسـتناد شـده ذیلاً با ذکر شماره‌های مشـخصه و سـال تصویـب یـا تجدیـد نظـر فهرسـت شـده اسـت. فهرست مذکور شامل جدیدترین مصوبه یـا تجدیـد نظـر هـر نشـریه در تـاریخ تهیـه ایـن گزارش است. از آنجا که برخی از ایـن مـدارک و مراجـع مکـرر مـورد تجدیـد نظـر قـرار می‌گیرد، استفاده‌کننده از این گزارش، در صورت تمایل به مراجعـه بـه آخریـن تجدیدنظـر باید مستقیماً با سازمان تهیه‌کننده آن تماس بگیرد.

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)

T 260-84	Sampling and Testing for Total Chloride Ion in Concrete and Concrete Raw Materials.

Americn Concrete Institute (ACI)

201.2R-77 (Reapproved 1982)	Guide to Durable Concrete
ACI 211.1-81 (Revised 1985)	Standard Practice for selecting Proportions for Normal , Heavyweight, and Mass Concrete
212.2R-81 (Revised 1986)	Guide for Use of Admixtures in Concrete
214-77 ((Reapproved 1983)	Recommended Practice for Evaluation of Strength Test Results of Concrete
221R-84	Guide for use of Normal Weight Aggregate in Concrete
223-83	Standard Practice for the use of shrinkage-Compensatiing Concret
224R-80 (Revised 1984)	Control of Cracking in Concrete Structures
224.1R-84	Causes, Evaluations, and Repair of Cracks in Concrete Structures
225R-85	Guide to the Selection and Use of Hydraulic Cements
301-84 (Revised 1988)	Specifications for Structural Concrete for Buildings
302.1R-80	Guide for Concrete Floor and slab construction.
304R-85	Guide for Measuring, Mixing, Transporting, and Placing Concrete

305R-77 (Revised 1982) Hot Weather Concreting

306R-88 Cold Weather Concreting

308-81 (Revised 1986) Standard Practice for Curing Concrete

309R-87 Guide for Consolidation of Concrete

309.2R-82 Identification and Control of Consolidation-Related Surface Defects in Formed Concrete

318-83 (Revised 1986) Building Code Requirements for Reinforced Concrete

318R-83 (Supplement 1986) Commentary on Building Code Requirements for Reinforced Concrete

344R-70 (Reapproved 1981) Design and Construction of Circular Prestressed Concrete Structures

347-78 (Reapproved 1984) Recommended Practice for Concrete Formwork

504R-77 Guide to Joint Sealants for Concrete Structures

515.1R-79 (Revised 1985) Guide to the Use of Waterproofing, Dampproofing, Protective, and Decorative Barrier Systems for Concrete

SP-4 Formwork for concrete, 4th Edition, 1981 , Revidsed 2nd Printing

American National Standards Institute (ANSI)

A58.1-1982 American National Standard Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures

ASTM

A 615-86	Standard Specification for Deformed and Plain Billet-Steel Bars for Concrete Reinforcement
A 616-86	Standard Specification for Rail-Steel Deformed and Plain Bars for Concrete Reinforcement
A 617-86	Standard Specification for Axle-Steel Deformed and Plain Bars for Concrete Reinforcement
A 706-86	Standard Specification for Low-Alloy Steel Deformed Bars for Concrete Reinforcement
A 767-85	Standard Specification for Zinc-Coated (Galvanized) Steel Bars for Concrete Reinforcement
A 775-86	Standard Specification for Epoxy-Coated Reinforcing Steel Bars
C 31-87	Standard Practices for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field
C 33-86	Standard Specification for Concrete Aggregates
C 39-86	Standard Test Method for Compressive Strrength of Cylindrical Concrete Specimens
C 109-86	Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or 50-mm Cube Specimens)
C 143-78	Standard Test Method for Slump of Portland Cement Concrete
C 150-86	Standard Specification for Portland Cement
C 171-69 (Reapproved 1986)	Standard Specification for Sheet Materials for Curing Concrete
C 172-82	Standard Method of Sampling Freshly Mixed Concrete

C 173-78	Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method
C 231-82	Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method
C 260-86	Standard Specification for Air Entraining Admixtures for Concrete
C309-81	Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete
C 494-86	Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete
C 595-86	Standard Specification for Blended Hydraulic Cements
C 618-85	Standard Specification for Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete
C 806-75	Standard Test Method for Restrained Expansions of Expansive Cement Mortar
C 845-80	Standard Specification for Expansive Hydraulic Cement
C 878-80	Standard Test Method for Restrained Expansion of Shrinkage-Compensating concrete
D 994-71 (Reapproved 1982)	Standard Specification for Preformed Expansion joint Filler For Concrete (Bituminous Type)
D 1056-85	Standard Specification for Flexible Cellular materals-Sponge or Expanded Rubber
D 1751-83	Standard Specification for Preformed Expansion Joint Fillers for Concrete Paving and Structural Construction (Nonextruding and Resilient Bituminous Types)

D 1752-84 Standard Specification for Preformed sponge Rubber and Cork Expansion Joint Fillers for Concrete Paving and Structural Construction

نشریات فوق‌الذکر از سازمانهای نامبرده زیر قابل تهیه است:

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)
444N. Capitol Street NW, Suite 225
Washington, DC 2001.

American Concrete Institute (ACI)
P.O.Box 19150
Detroit, MI 48219-0150

American National Standards Institute (ANSI)
1430 Broadway
New York, NY 10018

ASTM
1916 Race St.
Philadelphia, PA 19103.

۶-۲ مراجع مورد استفاده

1. "Water Treatment Plant Design," Manual of Engineering Practice No. 19, American Society of Civil Engineers, New York, 1969, 353 pp.

2. " Wastewater Treatment Plant Design," Manual of Engineering Practice No. 36, American Society of Civil Engineers, New York, 1977 , 574 pp.

3. "Design and Construction of Sanitary and Storm Sewers," Manual of Engineering Practice No. 37, American Society of Civil Engineers, New York, 1969, 332 pp.

4. "Underground Concrete Tanks," Information Sheet No. IS071D, Portland Cement Association, Skokie, 1973, 4pp.

5. "Circular Concrete Tanks Without Prestressing," Information Sheet No. IS072D, Portland Cement Association, Skokie, 1942 , 32 pp.

6. "Rectangular Concrete Tanks," Information Sheet No. IS003.03D, Portland Cement Association, Skokie, 1969 (Revised 1981), 16 pp.

7. Moody, W.T., "Moments and Reactions for Rectangular Plates," Engineering Monograph No. 27, U.S. Bureau of Reclamation , Denver, 1960 (Revised 1963), 74 pp.

8. Vetter, C.P., "Stresses in Reinforced Concrete Due to Volume Changes," Transactions, ASCE,V.98,1933 , pp. 1039-1053.

9. Klein, Frank; Hoffman, Edward , S.; and Rice, Paul F., "Application of Strength Design Methods to Sanitary Structures," Concrete International: Design & Construction, V.3, No.4, Apr. 1981, pp35-40.

10. Gogate, Anand B., "Structural Design Considerations for Settling Tanks and Similar Structures," ACI Journal , Proceedings V.65, No. 12, Dec.1968, PP.1017-1020.

11. Gogate, Anand B.,"Structural Design of Reinforced Concrete Sanitary Structures-Past, Present, and Future," Concrete International : Design & Construction, V.3, No. 4, Apr. 1981, pp. 24-28.

12. Gogate, Anand B., "An Analysis of ACI Committee 350's Recommended Design Standards," Concrete International : Design & Construction, V.6, No. 10 , Oct. 1984 , pp. 17-19.

13. Troxell, G.E.; Raphael, J.M.; and Davis, R.E.,"Long-Time Creep and Shrinkage Tests of Plain and Reinforced Concrete," Proceedings, ASTM, V,58, 1958, pp.1101-1120.

14. "Expansion Joints in Buildings," Technical Report No. 65 ,Federal Construction Council, National Academy of Sciences, National Research Council, Washington, S.C., 1974, 43 pp.

15. Allen, E, A., and Higginson, E.C., "Waterstops in Articulated Concrete Construction," ACI Jornal , Proceedings V.52, No.1 , Sept. 1955, pp.83-91, Also, Discussion, Part 2, Dec. 1955, pp. 1149-1152.

16. Whitman, Robert V., and Richart, Frank E., "Design Procedures for Dynamically Loaded Foundations," Proceedings, ASCE, V.93 , SM6, Nov . 1967 , pp. 169-193.

17. Irish, K., and Walker, W.P., Foundations for Reciprocating Machines, Concrete Publications Ltd., London, 1969, 103 pp.

18. Karabinis, A. Harry , and Fowler, Timothy J., "Design Considerations for Dynamically Loaded Equipment Foundations." Foundations for Equipment &Machinery. SP-78, American Concrete Institute, Detroit, 1982, pp.61-78-

19. Novak, Milos, "Vertical Vibration of Floating Piles," Proceedings, ASCE, V. 103 , EMI , Feb. 1977 , pp. 153-168.

20. Novak , Milos, and Howell, John F., "Torsional Vibration of Pile Foundations," Proceedings, ASCE , V. 103, GT4, Apr. 1977, pp. 272-285.

21. Singh , Jogeshwar P.; Donovan, Neville C.; and Jobsis, Adrianus C., "Design of Machine Foundations on Piles," Proceedings, ASCE, V.102, GT8, AIG.1977, pp. 863-877.

22. Barkan, D.D., Dynamics of bases and Founcatons, McGraw Hill Book Co., New York, 1962 , 496 pp.

23. Biggs, J.M., Introduction to Structural Dynamics, McGraw Hill Book Co., New York, 1964, 341 pp.

24. Church, A.H., Mechanical Vibrations, John Wiley & Sons, New York, 1963 , 432 pp.

25. Skipp, B.O., Editor, Vibration in Civil Engineering, Butterworhts, London, 1966 , 298 pp.

26. Major, A., Vibration Analysis and Design of Foundations for Machines and Turbines, Collets, London, 1962, 828 pp.

27. Housner, G.W., "The Dynamic Behavior of water Tanks," Bulletin, Seismic Society of America, V. 53 , No. 2, Feb. 1963, pp. 381-387.

28. Ballantyne, D. B,; Pinkham, C.W.; and weinberger, L.W., "Seismic Induced Loadings on Sanitary facillities," ASCE Speciaty Conference on Lifeline Earthquake Engineering, (Oakland, Aug. 1981) , American Society of Civil Engineers, New York, 1981.

29. Housner, George W., "Limit Design of Structures to resist Earthquakes,: Proceedings, Workd Conference on Earthquake Engineering, University of California , Berkeley, 1956, pp.5-1- 5-13.

30. Medearis, Kenneth, "Energy Absorption of Structures under Cyclic Loading," Proceedings, ASCE, V.90, ST1, Feb. 1964, pp.61-69.

31. Stark, David, "Longtime Study of Concrete Durability in Sulfate Soils," George Vereck Symposium on Sulfate Resistance of Concrete, SP-77, American Concrete Institute, Detroit, 1982, pp.21-40.

32. Lamond, Joseph F., "Twenty-Five Years' Experience Using Fly Ash in Concret," Fly Ash, Sillica Fume, Slag and Other Mineral By-Products in Concrete, SP-79, American Concrete Institute, Detroit, 1983, pp. 47-69.

❑ ۶-۳ مراجع اضافی

1. Biczok, Imre, Concrete Corrosion and Concrete Protection, 5th Edition, Chemical Publishing Co., New York , 1967 , 543 pp.

2. "Code of Practice for the Design of Concrete Structures for Retaining Aqueous Liquids," (BS8007:1987), British Standards instiution, London, 1987.

3. Critchell, Peter L., Joints and Cracks in Concrete, Contractors Record Ltd., London, 1958, 232 pp.

4. Davies, John Duncan, and Long, John Edward, "Behavior of Square Tanks on Elastic Foundation," Proceedings, ASCE, V.94, EM3, June 1968, pp. 753-772.

5. Manning, G.P., Concrete Reservoirs and Tanks, Concrete Publications Ltd., London, 1967, 384 pp.

6. Kleinlogel , Adolf, Influences on Concrete, translated from the German by F.S.Morgenroth, Frederick Ungar Publishing Co., New York , 1950, 281 pp.

7. Concrete Manual , 8th Edition, U.S. Bureau of Reclamation, Denver, 1975 , 627 pp.

8. "Concrete for Massive Structures," Information sheet No. IS0W128T. Portland Cement Association, Skokie, 1987 , 24 pp.

9. "Concrete for Wastewater Treatment Works," Information Sheet No. IS182W, Portland Cement Association, Skokie, 1976 , 15 pp.

10. "Concrete for Water Treatment Works," Publication No. PA069W, Portland Cement Association, Skokie, 1963 , 24 pp.

11. "Effect of Various Substances on Concrete and Protective Treatments," Information Sheet No. IS001T, Portland Cement Association, Skokie, 1986, 24 pp.

12. "Volume Changes of Concrete," Information Sheet No. IS018T, Portland Cement Association," Sokokie , 1969 , 4 pp.

13. "Design of Circular Domes," Information sheet no. IS076D, Portland Cement Association, Skokie, 1942, 8 pp.

This report was submitted to letter ballot of the committee and was approved in accordance with ACI balloting procedures.

۲- آزمون آب‌بندی سازه‌های بتن آرمه

ترجمه

ACI 350.1R-93

و

AWWA 400-93

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول- کلیات	
۱-۱- مقدمه	۵
۱-۲- هدف	۶
۱-۳- سابقه	۶
فصل دوم- ضوابط فنی	
۲-۱- کلیات	۸
۲-۲- نشت آب	۸
۲-۳- فشار آب	۱۰
۲-۴- آب‌بندی (عایق‌بندی)	۱۲
۲-۵- ضوابط کمی	۱۳
فصل سوم- آزمون آب‌بندی	
۳-۱- کلیات	۱۵
۳-۲- شرایط سازه	۱۵
۳-۳- عوامل موثر در آزمون	۱۶
۳-۴- روش آزمون	۱۸
فصل چهارم- مراجع	
۴-۱- مراجع مورد استفاده	۲۲

فصل اول- کلیـــات

۱-۱ مقدمه

کمیته ۳۵۰ مؤسسه بتن آمریکا[1] در زمینه سازه‌های بتنی مهندسی محیط زیست[2]، به این نتیجه رسید که تهیه و تدوین ضوابط فنی استاندارد و روش آزمون استاندارد برای آب‌بندی سازه‌های بتن آرمه ضرورت دارد. کمیته ۴۰۰ انجمن کارهای آبی آمریکا[3] در زمینه آب‌بندی[4] همانند ای- سی- آی (ACI) علاقمند به مشارکت در تهیه ضوابط فنی و روش آزمون آب‌بندی مخازن و تکنولوژی روز آن شد. متعاقباً کمیته مشترکی از دو موسسه مزبور برای تهیه یک گزارش مشترک شامل روشها و توصیه‌های لازم برای آب‌بندی سازه‌های بتن آرمه محتوی آب تشکیل گردید.

توصیه‌های مندرج در این گزارش برای سازه‌های بتن آرمه محتوی آب که درجا بتن‌ریزی شده باشد، مانند مخازن، استخرها، حوضچه‌ها، لوله‌های مجاری و غیره ارائه گردیده است. توصیه‌ها فقط به سازه‌های نگهدارنده آب و فاضلاب مربوط می‌شود. توصیه‌های مذکور ضرورتاً سایر مایعات را به علت تفاوت لزجت با آب و فاضلاب در بر نمی‌گیرد، ولی در عین حال روش آزمون آب‌بندی ممکن است برای آب‌بندی سایر سازه‌های محتوی دیگر مایعات نسبت به آب بکار رود. توصیه‌ها شامل سازه‌های بتنی پیش‌تنیده، سازههای بتنی پیش‌ساخته مثل آبروها (کانالهای سرپوشیده) و لوله‌ها، روسازی‌های‌بتنی، کانالها، سازه‌های‌محتوی‌موادخطرناک، سازه‌های‌محتوی‌گازوغیره‌نمی‌شود.

1- American Concrete Institute (ACI)
2- Environmental Engineering Concrete Structures
3- American Water Works Association
4- Waterproofing

۲-۱ هدف

هدف از تهیه این گزارش، ارائه طریق در زمینه ضوابط آب‌بندی و روش آزمون آب‌بندی سازه‌های بتنی تقویت شده درجا، می‌باشد.

۲-۳ سابقه

توصیه‌ها و نظرات سایر ارگانها و مؤسسات فنی داخلی و بین‌المللی در زمینه آب‌بندی سازه‌های بتنی از طرف این کمیته قبل از تهیه گزارش مورد بررسی و استفاده قرار گرفته است. توصیه‌های سایر نهادهای فنی نیز به طور مختصر در قسمتهای بعدی این گزارش اشاره شده است.

کمیته سازه‌های بتنی نگهدارنده آب از انجمن کارهای آبی آمریکا[1] در خلاصه گزارش [۱] منتشر شده خود توصیه نمود که «نشت آب به میزان ۰/۱ درصد حجم مخزن ظرف ۲۴ ساعت که با اندازه‌گیری افت سطح آب طی مدت ۵ روز صورت گیرد، به عنوان حداکثر نرخ نشت مجاز شناخته شود.» کمیته مذکور همچنین اعلام نمود که «میزان نشت مجاز آب از سازه‌های بتنی نگهدارنده آب در هیچ ماخذی بیان نشده و بین مهندسان نیز توافق کلی در این زمینه وجود ندارد.»

نشریه ACI 350R [۲] اعلام نمود که نرخ نشت ۰/۱ درصد در هر ۲۴ ساعت (پس از جذب[2] و پایداری آب[3]) در مجموع برای مخازن ذخیره قابل قبول است. رؤیت نشت یا رطوبت قابل قبول نخواهد بود. همین گزارش تاکید نمود که «حجم نشت قابل قبول با توجه به نوع و کاربرد مخزن می‌تواند متفاوت باشد.»

1- The American Water Works Association Committee on Concrete Water-Holding Structures.
2- Absorption
3- Stabilization

در سال ۱۹۷۶ آئین‌نامه اجرایی مؤسسه استاندارد انگلستان[1] در زمینه سازه‌های بتنی نگهداری مایعات [۳] حداکثر افت سطح مایع را ۰/۴ اینچ (۱۰۱ میلیمتر) در ۷ روز تعریف کرد. این رقم در سال ۱۹۸۲ به نرخ ۰/۴ اینچ (۱۰۱ میلیمتر) یا ۰/۲ درصد در ۷ روز با انتخاب عدد کوچکتر به عنوان عدد معتبرتر اصلاح شد. در سال ۱۹۸۷ موسسه استاندارد انگلستان [۴] دوره تثبیتی را بر حسب عرض ترک طراحی تعیین نمود.

1- The 1976 British Standards Institution Code of Practice for the Structural Use of Concrete for Retaining Aqueous Liquids.

فصل دوم- ضوابط فنی

۲-۱ کلیات

ضوابط آب‌بندی ویژگیهایی را بررسی می‌کند که موجب تلفات آب از طریق نشت آن از سازه‌های در حال بهره‌برداری می‌شود. هیچ سازه بتنی کاملاً آب‌بند نخواهد بود. نشت آب در پاره‌ای موارد از محل نواقص اتفاقی، درزها و محل اتصالات صورت می‌گیرد و میزان آن به فشار آب در آن نقاط بستگی دارد. میزان نشت آب را می‌توان با استفاده از اندودها و آستریهای آب‌بند کاهش داد. توصیه فرآیند طراحی آب‌بندی سازه‌های بتن‌آرمه موضوع این گزارش نیست لیکن روشهای طراحی آب‌بندی در نشریه ACI 350R [۲] ارائه شده است.

۲-۲ نشت آب

۲-۲-۱ ترکها

در فرآیند طراحی سازه‌های بتنی محتوی آب مندرج در نشریه ACI 350R روشهای کاهش ترکها شرح داده شده است. توصیه‌ها شامل کنترل تنشهای کششی، در نظر گرفتن درزهای کافی و بجا، پیش‌بینی و نصب حداقل میلگرد مورد نیاز، کنترل مصالح بتن و استفاده از جزئیاتی است که موجب تمرکز و ایجاد ترک در بتن نشود. ترکها با نشت قابل مشاهده و آشکار قابل قبول نمی‌باشد. وجود ترکهای ریز و غیر قابل مشاهده در ضوابط طراحی آب‌بندی مورد توجه قرار گرفته است.

۲-۲-۲ درزها

تقریباً تمام سازه‌های بتنی دارای درز می‌باشد. درزها برای مقاصد مختلف در سازه‌ها در نظر گرفته می‌شود. درزها ممکن است برای تسهیل در امر اجرای سازه، برای کمک به کنترل جمع‌شدگی بتن و تنشهای حرارتی و یا برای کنترل تنشهای ناشی از تکیه‌گاههای مختلف در سازه باشد. هر درز امکان بالقوه‌ای برای نشت آب است. درزها در حین اجرای سازه نیاز به مراقبت و نظارت بیشتری نسبت به دیگر بخشهای سازه دارد، زیرا احتمال نشت آب از محل درزها بیشتر است. هر چه درز پیچیده تر باشد، امکان نقص و نشت آب از آن بیشتر است. احتمال نشت آب از یک درز انبساط بیش از یک درز انقباض یا کنترل است و امکان نشت آب از این درزها بیشتر از یک درز اجرایی است. در درزهای سازههای محتوی آب برای به حداقل رساندن میزان نشت آب معمولاً از نوارهای آب‌بند استفاده می‌شود. هنگام بتن‌ریزی باید مراقبت شود تا آب‌بند[1] جابجا نشود و از بوجود آمدن سوراخ یا جای خالی برای تشکیل مسیر فرار آب جلوگیری گردد. در ضوابط آب‌بندی احتمال عبور آب از محل نصب آب‌بند یا اطراف آن مورد توجه قرار گرفته است.

۲-۲-۳ تراوایی یا نفوذپذیری

نفوذپذیری به عبور جریان از بتن ترک نخورده اشاره دارد و نباید با نشت آب قابل اندازه‌گیری، اشتباه شود. بتن کاملاً غیر قابل نفوذ نیست و نفوذپذیری بر حسب نسبتهای ویژه‌ای از اجزاء بکار رفته در بتن متفاوت است. بدیهی است کاربرد واژه نفوذپذیری برای سازه‌هایی که محتوی آب است، به اتلاف خیلی کم آب اشاره دارد.

1- Waterstop

۲-۲-۴ اتصالات

اتصالات به معنای انواع مصالح بیگانه یا مختلفی است که از بتن عبور می‌کند و یا در آن کار گذارده می‌شود. اتصالات ممکن است برای نگهداری برخی از اقلام کار در حین ساختمان و یا در سازه نهایی مورد استفاده قرار گیرد و یا مانند لوله‌کشی از داخل بتن عبور کند. هر یک از این مصالح بیگانه می‌تواند عاملی برای جریان آب از سطح تماس اتصال با بتن سازه باشد. در عبور از دیوارها و کفها غالباً از آب‌بند گلویی[1]، واتراستاپها یا آب‌بندها[2] برای کاهش نشت آب استفاده می‌شود. در ضوابط فنی مورد نظر به امکانات بالقوه نشت آب از طریق اتصالات توجه شده و نشت آب قابل رؤیت از اطراف آن ممنوع شناخته شده است. عامل دیگری که در تعیین مقدار نشت آب تاثیر دارد، اتصالات از نوع فلزی است که بر خلاف بتن، تر یا خشک، آن دارای حجم یکسان است و تغییر حجم نمی‌دهد.

❑ ۲-۳ فشار آب

۲-۳-۱ فشار داخلی

نرخ نشت آب متناسب با ارتفاع آب بالاتر از محل نشت است. وجود یک نقص فنی در کف مخزن در مقایسه با وجود همان نقص در دیوار آن موجب تخلیه آب بیشتری می‌شود. فشار آب نه تنها موجب نشت آب از محل درزها می‌شود، بلکه باعث بزرگتر شدن مجرای نشت آب نیز می‌گردد و این امر نشانگر آن است که درزها نقاط اصلی نشت آب از سازه‌ها است.

1- Cut off collars
2- Waterseals

آزمونهای آب‌بندی تاکنون در تعداد بسیاری از سازه‌ها انجام گرفته است و نتایج آن اساس تهیه ضوابط فنی نشت آب را تشکیل می‌دهد. بیشتر این آزمونها روی سازه‌هایی انجام شده که عمق آب آن کمتر از ۳۰ فوت (۹/۱۴ متر) و اغلب کمتر از ۲۵ فوت (۷/۶۱ متر) بوده است. از آنجا که عمق آب تاثیر زیادی روی مقدار نشت آن دارد، ضوابط فنی برای نشت مجاز در سازه‌های فاقد اندود و روکش حفاظتی، محدود به سازه‌هایی می‌شود که عمق آب در آن از حداکثر ۲۵ فوت (۷/۶۱ متر) تجاوز نکند، مگر این که اطلاعات کافی برای سازه‌های عمیق‌تر گردآوری شود.

۲-۳-۲ فشار خارجی

نشت آب از سازه‌های محتوی آب که در روی زمین یا مدفون در زمین احداث می‌شود، متاثر از رقوم سطح آب زیرزمینی بالاتر از رقوم کف سازه می‌باشد. آب زیرزمینی موجب ایجاد فشار معکوس در نقاط ضعف سازه در زیر تراز آب زیرزمینی و باعث کاهش فشار نشت آب از سازه به بیرون آن می‌شود. باید توجه داشت که اثر آب زیرزمینی در کاهش نشت آب از سازه نباید به عنوان یک توصیه برای کاستن نشت آب از سازه تلقی شود و پذیرفتن حداقل نشت آب نیز به علت وجود آب زیرزمینی توصیه نمی‌شود. علی‌رغم وجود آب زیرزمینی و اثرات آن، توصیه می‌شود که آب‌بندی به طور کامل در مورد سازه اعمال گردد. این منظور با پائین آوردن مصنوعی و موقتی سطح آب زیرزمینی در دوران آزمون امکان‌پذیر خواهد بود.

۲-۴ آب‌بندی[1] (عایق‌بندی)

۲-۴-۱ کلیات

آب‌بندی به اندود یا روکش کردن سطح داخلی مخازن و استخرها اشاره دارد. در بخشهای قبلی این فصل، کمیته سازه‌ها را فاقد اندود و یا آستر عایق‌کاری فرض نموده است. کاربرد اندود یا روکش در سطوح داخلی بتن، باعث ایجاد مانع در برابر برخی نقائص شده و نتیجتاً موجب کاهش نشت آب می‌شود.

۲-۴-۲ اندود

اندود سطوح بتنی به وسیله برس، غلتک و یا پاشیدن با پمپ صورت می‌گیرد. اندود موجب می‌شود که سطوح بتنی با یک لایه یا فیلم نازک پوشیده شده و حتی مقداری از مواد به داخل خلل و فرج سطح آن وارد گردد. اندود، ترکهای سطحی و نازک و غیر متحرک را پر نموده و معمولاً باعث کاهش نشت آب می‌شود. باید توجه داشت که اندود موجب پرکردن ترکهای عمیق و درزهای متحرک نخواهد شد. بنابراین، ضوابط آب‌بندی برای سازه‌های اندود شده نسبت به سازه‌های نظیر آن که اندود نشده باشد دقیق‌تر نخواهد بود. مزیت اصلی کاربرد اندود در رابطه با آب‌بندی این است که سازه دارای بخشی از ضوابط آب‌بندی می‌شود.

۲-۴-۳ روکش

روکش ورق صنعتی پیوسته‌ای است که با آن می‌توان سطوح داخلی بتن را پوشانید. روکش ممکن است به وسیله چسب و یا با وسایل مکانیکی به بتن متصل شود. روکش

1- Waterproofing

مانع مستقلی در برابر عبور آب بشمار آمده ترکها و درزهای متحرک را می‌پوشاند بنابراین، ضوابط آب‌بندی مجاز برای سازه‌ای که روکش شده باشد نسبت به سازه نظیر آن که روکش نشده باشد دقیق‌تر خواهد بود.

۲-۴-۴ روکش ناقص

در برخی سازه‌ها، روکش فقط در قسمت کف سازه به کار می‌رود. در مواردی که کف سازه روکش شده و به طور صحیح و موثر به دیوار متصل و آب‌بندی شود، ضوابط آب‌بندی آن دقیقتر از سازه‌های روکش نشده می‌باشد، اما نسبت به سازه‌هایی که تماماً روکش شده از دقت کمتری برخوردار خواهد بود. پیرامون روکشها باید با دقت و اطمینان به دیوارها متصل و آب‌بند شود، به طوری که در طول عمر مخزن هیچگاه آب مخزن از آن عبور نکند. احتمال نشت آب در سازه‌هایی که فقط دیوارهای آن روکش شده باشد بیش از سازه‌هایی است که تنها کف آن روکش شده باشد.

❑ ۲-۵ ضوابط کمی

نرخ مجاز نشت آب برای سازه‌های روکش نشده با عمق ۲۵ فوت (۷/۶۲ متر) و کمتر نباید از ۰/۱ درصد حجم آب در ۲۴ ساعت بیشتر شود. نرخ مجاز نشت برای سازه‌هایی که دارای دیوار روکش شده و عمق آب ۳۰ فوت (۹/۱۴ متر) یا کمتر باشد نباید از ۰/۰۶ درصد حجم آب، در ۲۴ ساعت بیشتر شود. نرخ مجاز نشت آب برای سازه‌هایی که دارای کف روکش شده و عمق آب ۳۰ فوت (۹/۱۴ متر) و کمتر باشد نباید از ۰/۰۴ درصد حجم آب در هر ۲۴ ساعت افزونتر شود. نرخ مجاز نشت برای سازه‌هایی که روکش کامل شده باشد نباید از ۰/۰۲۵ درصد حجم آب در هر ۲۴ ساعت تجاوز کند.

نرخ مجاز نشت برای سازه‌های بتنی با دیوارهای بلندتر و عمق آب بیشتر از موارد ذکر شده بالا، باید با رعایت قضاوت مهندسی و با توجه به شرایط کف مخزن و نیز محل و نوع درزهای بتنی برآورد شود.

فصل سوم- آزمون آب‌بندی

۳-۱ کلیات

در سازه‌های بتنی محتوی آب، آزمون آب‌بندی باید به منظور حصول اطمینان از عدم وجود نواقص ناپیدا و عدم نشت اتفاقی غیرمجاز آب از سازه صورت گیرد. نشت آب از سازه مورد آزمون نباید از حدود تعریف شده در فصل دوم این دستورالعمل تجاوز کند. روش آزمون باید عواملی را که در مدت آزمون بر ارتفاع سطح آب اثر می‌گذارد، اما ناشی از نشت آب از مخزن نمی‌باشد حذف نموده و یا به حداقل ممکن کاهش دهد. همچنین روش آماده‌سازی برای آزمون باید اتلاف آب از سازه به علت عوامل یا اجزایی که جزء اصلی سازه نگهدارنده آب نمی‌باشد را حذف نموده و یا به حداقل کاهش دهد.

۳-۲ شرایط سازه

سازه نگهدارنده آب باید از نظر سازه‌ای و ساختمان، پایان یافته و دارای مقاومت لازم در برابر فشارهای وارده از جمله فشار هیدروستاتیک باشد، و ترجیحاً خاکریزی پشت آن نیز صورت نگرفته باشد (مشروط بر این که در طراحی سازه این منظور پیش‌بینی شده باشد). در این حالت، محل نشت و رطوبت قابل مشاهده، تشخیص و علامتگذاری خواهد بود. سطح آب زیرزمینی نیز باید پائین‌تر از کف سازه و ترجیحاً پائین‌تر از سیستم زهکشی مخزن نگهداری شود. خطوط تخلیه زهکشی مجاور سازه باید قابل رویت باشد و بتوان مقدار جریان عبوری را در دوران آزمون مشاهده و اندازه گرفت. تمام آب‌بندها، فرازبندهای موقت، درپوش لوله‌ها و شیرهای بسته باید مورد بررسی قرار گیرد تا از

مسدود بودن آن اطمینان حاصل شود و در صورت امکان طی مدت آزمون نیز مورد بازدید و مشاهده قرار گیرد.

❑ ۳-۳ عوامل موثر در آزمون

۳-۳-۱ جذب

سازه‌های نگهدارنده آب که مدتی قبل تخلیه شده و برای مدتی بدون آب مانده باشد، در دوران آبگیری مجدد و پس از آن مقداری آب جذب می‌کند. جذب آب توسط بتن نه تنها موجب کاهش میزان آب شده، بلکه باعث مقداری افزایش حجم بتن سازه نیز می‌شود. اشباع بتن با آب در مواردی خود نیز موجب انسداد منافذ و ترکهای موجود در بتن می‌شود. جذب آب توسط بتن تا مدت زمان طولانی ادامه می‌یابد، هرچند اثرات مهم آن بلافاصله پس از آبگیری کامل سازه قابل مشاهده خواهد بود. فاصله زمانی لازم بین آبگیری مخزن و شروع آزمون در مورد سازه‌های بتنی عادی محتوی آب مدت سه روز توصیه شده است. این مدت برای جذب آب به وسیله بتن سازه و کاهش اثرات آن بر روی نتایج آزمون کافی خواهد بود. در صورتی که نتایج دقیق‌تری از انجام آزمون مشخص شده باشد، مدت بیشتری مثلاً ۷ روز یا بیشتر را می‌توان در نظر گرفت.

۳-۳-۲ تغییر مکان سازه[1]

سازه بر اثر فشار آب در معرض تغییر مکانهایی قرار خواهد گرفت، به طوری که تغییر مکان اولیه ممکن است با تغییر مکان نهایی متفاوت باشد. ترکهای مویی، وادادگی[2]، و یا خزش[3] بتن موجب تغییر توزیع تنشها و کرنشها[4] و نتیجتاً تغییر مکان بتن می‌شود.

1- Deflection
2- Relaxation
3- Creep
4- Strain

فاصله زمانی بین آبگیری سازه و شروع انجام آزمون که به منظور پایداری جذب آب، مورد توصیه قرار گرفته است، باید برای حذف هر گونه اثر قابل ملاحظه در تغییر مکان سازه‌ای موثر در نتایج آزمون کافی باشد.

۳-۳-۳ درجه حرارت

حجم آب در اثر تغییر درجه حرارت تغییر می‌کند. در تغییرات عادی درجه حرارت و با اندازه معمولی سازه مورد آزمون، تغییر درحجم آب نباید اثرات قابل ملاحظه‌ای روی رقوم سطح آب و نتایج آزمون داشته باشد. برای مثال در مورد اثرات تغییر درجه حرارت روی حجم آب، چنانچه برای یک مخزن ۲۰۰×۲۰۰ فوت (۶۱×۶۱ متر) به عمق ۲۰ فوت (۶/۱ متر) آب، درجه حرارت از ۷۰ درجه فارنهایت به ۶۸ درجه فارنهایت کاهش یابد، رقوم سطح آب فقط $\frac{۱}{۳۲}$ اینچ (۰/۸ میلیمتر) افت خواهد کرد. اگر این تغییر درجه حرارت در مدت ۳ روز اتفاق افتد موجب افت نرخ حجم ۰/۰۰۸ درصد در ۲۴ ساعت خواهد شد، اگر چه برای کاهش اثرات تغییر درجه حرارت، قرائت رقوم سطح آب باید هر ۲۴ ساعت یک بار تکرار شود. فواصل زمانی موجب می‌شود که قرائت درجه حرارت روزانه در ساعت معین و حدود همان درجه حرارت صورت گیرد. در صورتی که درجه حرارت روزانه با تغییرات فاحشی روبرو شود، بهتر است انجام آزمون صورت نگیرد و در صورتی که اندازه‌گیری خیلی دقیق میزان نشت آب مورد نظر باشد، باید تغییرات درجه حرارت نیز ملحوظ گردد.

۳-۳-۴ تبخیر و بارندگی

در مخازن سرپوشیده محتوی آب، بارندگی نباید بر نتایج آزمونها اثر گذارد و تبخیر نیز نباید تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر آن داشته باشد. هر چند تبخیر هنگامی دارای اثر قابل

اندازه‌گیری است که سازه مجهز به سیستم هوادهی[1] خوب بوده و در مناطق نیمه خشک یا خشک واقع شده باشد.

تبخیر و بارندگی دارای اثرات قطعی بر سطح آب در سازه‌های روباز می‌باشد بنابراین نتایج آزمون باید به طور دقیق بر اساس بارندگی و تبخیر منطقه تصحیح شود. انجام این منظور با پیش‌بینی یک ظرف شفاف روباز شناور و مدرج در داخل سازه که بخشی از آن با آب پر باشد، مقدور می‌گردد. این ظرف باید دور از کناره‌های سازه قرار گیرد و هیچگونه سرپناه یا سایبان بر آن ایجاد مانع یا سایه نکند. ظرف مذکور باید به اندازه کافی دارای حجم خالی باشد تا توسط بارندگی سرریز و در عین حال توسط امواج سطحی مخزن هم آب وارد آن نشود.

❑ ۳-۴ روش آزمون

۳-۴-۱ تدارک آزمون

خاکریزی پشت سازه ترجیحاً باید قبل از انجام آزمون صورت نگیرد. دسترسی برای بازرسی و بازدید به تمام نقاط سازه، لوله‌کشیها، کانالها و مجاری خروجی از سازه شامل خروجیهای زهکشی باید فراهم باشد. هنگامی که سازه از لحاظ بارگذاری آزمون، آمادگی کامل پیدا کرد، کلیه خروجیها و اتصالات باید مسدود و سازه از آب پر شود. در مدت پر کردن مخزن، خروجیها از نظر آب‌بندی، خروجیهای زهکش‌ها از لحاظ اضافه شدن جریان، و سازه، به ویژه درزهای بتن برای نشت قابل رویت آب، باید به طور مرتب بازدید و کنترل شود. در صورت مشاهده هرگونه نشت آب از نقاط مختلف سازه، یا افزایش جریان در سیستم زهکشی، باید نواقص مذکور قبل از انجام آزمون به طورکامل

1- Venting

مرتفع گردد. به هر صورت در اندازه‌گیریهای آزمون هیچگونه کاهشی برای نقاط نشت اصلاح نشده، نباید در نظر گرفته شود. هنگامی که تدارک و آماده‌سازی برای آزمون آب‌بندی به شرح فوق صورت گرفت، سازه باید برای مدت حداقل سه روز قبل از شروع آزمون پر از آب نگهداری شود.

۳-۴-۲ اندازه‌گیریهای آزمون

رقوم سطح آب داخل سازه‌های جدید حداقل در دو نقطه با زاویه ۱۸۰ درجه از یکدیگر، ترجیحاً در چهارنقطه با زاویه ۹۰ درجه از یکدیگر باید اندازه‌گیری و ثبت گردد. اندازه‌گیری نقاط مذکور معمولاً اثرات نشت نامتقارن مخزن روی مقادیر محاسبه شده را به حداقل می‌رساند.

میزان درجه حرارت در عمق تقریبی ۱۸ اینچ (۴۵۷ میلیمتر) زیر سطح آب مخزن باید قرائت و ثبت شود. در صورتی که تعیین میزان نشت آب به طور خیلی دقیق مورد نظر باشد، اندازه‌گیری درجه حرارت سطح آب باید به فواصل ۵ فوتی (۱/۵۲ متری) به شرح فوق صورت گیرد. همان طور که قبلاً ذکر شد، برای مخازن روباز باید یک ظرف شفاف نیمه پر روباز و مدرج در حدود میانه مخزن در نقطه مناسبی مستقر و رقوم سطح آب در آن نیز قرائت و ثبت شود. قرائت باید در فواصل ۲۴ ساعت به صورت همزمان و به طور مرتب تکرار شود. پشت ساختمان باید برای بررسی هرگونه نشت آب روزانه مورد بازدید و بازرسی قرار گیرد.

انجام آزمون باید چندان ادامه یابد تا حدود $\frac{۱}{۲}$ اینچ (۱/۲۷ سانتیمتر) افت در سطح آب مخزن بر اساس حداکثر نرخ مجاز نشت رخ دهد.

مثال ۱- سازه‌ای با کف صاف، بدون روکش و با بتن تقویت شده (فولادی)، با عمق آب ۲۰ فوت (۶/۱ متر) موجود است.. نرخ مجاز نشت برابر با ۰/۱ درصد حجم آب مخزن در ۲۴ ساعت است.

مدت انجام آزمون :

$$\text{روز } ۲/۰۸ = \frac{\text{۰/۵ (اینچ)}}{\text{۱۲ (اینچ/ فوت)}\times\text{۲۰ (فوت)} \times \text{۰/۰۰۱ (اینچ/ اینچ/ روز)}}$$

اندازه‌گیری‌ها در فواصل هر ۲۴ ساعت صورت گرفته است، بنابراین مدت انجام آزمون باید حداقل سه روز در نظر گرفته شود.

مثال ۲- سازه‌ای با کف مخروطی یا هرمی گود، بدون روکش، از بتن تقویت شده (فولادی)، با عمق آب در کناره با ۱۵ فوت (۴/۵۷ متر) و حداکثر آن در وسط برابر با ۲۱ فوت (۶/۴ متر) موجود است. نرخ مجاز نشت آب ۰/۱ درصد از حجم آب مخزن در هر ۲۴ ساعت است.

A = مساحت

d = عمق معادل

$$\text{d=}\frac{\text{A فوت مربع} + \frac{\text{A فوت مربع (۱۵ فوت- ۲۱ فوت)}}{\text{۳}} \times \text{۱۵ فوت}}{\text{A فوت مربع}} = \text{۱۵+۲=۱۷فوت}$$

مدت انجام آزمون :

$$\text{روز } ۲/۴۵ = \frac{\text{۰/۵ (اینچ)}}{\text{۱۲ (اینچ/ فوت)}\times\text{۱۷ (فوت)} \times \text{۰/۰۰۱ (اینچ/ اینچ/ روز)}}$$

اندازه‌گیری‌ها در فواصل هر ۲۴ ساعت صورت گرفته است، بنابراین مدت انجام آزمون باید حداقل سه روز در نظر گرفته شود.

در انتهای مدت آزمون، سطح آب باید در همان نقاطی که قبلاً قرائت و ثبت شده بود، مجدداً قرائت و ثبت شود. درجه حرارت و سطح آب در وسیله اندازه‌گیری تبخیر و یا بارندگی نیز باید قرائت و ثبت شود و سپس نرخ نشت آب از مخزن بر اساس تبخیر یا بارندگی هر کدام که لازم باشد و در صورت نیاز درجه حرارت محاسبه و اصلاح شود. اگر نرخ نشت آب در پایان اندازه‌گیری مذکور از مقدار مجاز پیش‌بینی شده در فصل دوم و یا مقدار معین شده دیگر، تجاوز نماید، سازه ازنظر ضوابط آزمون مردود خواهد بود. همچنین در صورت مشاهده جریان آب از سازه (به جز از طریق سیستم زهکشی زیرین آن)، یا اگر رطوبت سطح خارجی آن به علتی غیر از بارندگی و تعریق، باعث خیس و نمناک شدن دست خشک گردد، باز هم سازه فاقد ضوابط بوده و قابل قبول نمی‌باشد.

هر سازه‌ای که در آزمون مردود شناخته شود، باید تعمیر و مجدداً مورد آزمون قرار گیرد. تعمیرات شامل تخلیه آب سازه و بازدید کامل قسمتهای داخلی برای پیدا کردن نواقص و علل نشت آب خواهد بود.

فصل چهارم- مراجـــــع

۴-۱ مراجع مورد استفاده

1. "Summary Report on Concrete Water-Holding Structures," AWWA Committee on Concrete Water Holding Structures, American Water Works Association Journal, Aug. 1978 , Denver.

2. ACI Committee 350, "Environmental Engineering Concrete Structures (ACI 350R-89) ," American Concrete Institute, Detroit, 1989, 20 pp.

3. "Code of Practice for the Structural Use of Concrete for Retaining Aqueous Liquids (BS 5337:1976)، "British Standards Institution, London, 1976.

4. "British Standard Code of Pracice for Design of Concrete Structures for Retaining Aqueous Liquids (BS 8007:1976)," British Standards Institution, London, 1987.

ضرائب تبدیل:

یک اینچ = ۲۵/۴ میلیمتر

یک فوت = ۰/۳۰۵ متر

$t_F = ۱/۸\ t_c + ۳۷$

t_F = درجه حرارت بر حسب فارنهایت

t_c = درجه حرارت بر حسب سانتیگراد

جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه و بودجه

دفتر تحقیقات و معیارهای فنّی

فهرست نشریات

پائیز

۱۳۷۵

فهرست نشریات دفتر تحقیقات و معیارهای فنّی

شماره ردیف	عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار: چاپ اوّل	تاریخ انتشار: چاپ آخر	ملاحظات
۱	زلزله‌خیزی ایران (از سال ۱۹۰۰ تا سال ۱۹۶۹)	۱	۱۳۵۰	-	
۲	زلزله هشتم مرداد ماه ۴۹ قرناوه (گنبد کاووس)	۲	۱۳۵۰	-	
۳	بررسی‌های فنی	۳	۱۳۵۰	-	
۴	طرح و محاسبه واجرای رویه‌های بتنی در فرودگاهها	۴	۱۳۵۰	-	
۵	آزمایش لوله‌های تحت فشارسیمان وپنبه‌نسوز درکارگاه‌های لوله‌کشی	۵	۱۳۵۰	-	
۶	ضمائم فنی دستورالعمل طرح، محاسبه واجرای رویه‌های بتنی درفرودگاهها	۶	۱۳۵۰	-	
۷	دفترچه تیپ شرح قیمتهای واحد عملیات راههای فرعی	۷	۱۳۵۱	۱۳۵۴	فاقد اعتبار
۸	دفترچه تیپ شرح قیمتهای واحد عملیات راههای اصلی	۸	۱۳۵۱	۱۳۵۴	فاقد اعتبار
۹	مطالعه وبررسی در تعیین ضوابط مربوط به طرح مدارس ابتدائی	۹	۱۳۵۱	-	
۱۰	بررسی‌فنی‌مقدماتی‌زلزله ۲۱ فروردین‌ماه ۱۳۵۱ منطقه قیروکارزین استان فارس	۱۰	۱۳۵۱	-	
۱۱	برنامه‌ریزی فیزیکی بیمارستانهای عمومی کوچک	۱۱	۱۳۵۱	-	
۱۲	روسازی شنی و حفاظت رویه آن	۱۲	۱۳۵۲	-	
۱۳	زلزله ۱۷ آبانماه بندرعباس	۱۳	۱۳۵۲	-	
۱۴	تجزیه‌وتحلیل‌هزینه‌کارهای‌ساختمانی‌و راهسازی(بخش کارهای‌آجری)	۱۴	۱۳۵۲	۱۳۵۳	
۱۵	تجزیه‌وتحلیل‌هزینه‌کارهای‌ساختمانی‌ور احسازی(بخش‌تعیین‌هزینه‌ساعتی‌ماشینهای‌راهسازی)	۱۵	۱۳۵۲	-	فاقد اعتبار
۱۶	شرح قیمتهای واحد تیپ برای کارهای ساختمانی	۱۶	۱۳۵۲	-	فاقد اعتبار
۱۷	برنامه ریزی فیزیکی بیمارستان‌های عمومی از ۱۵۰ تخت تا ۷۲۰ تخت	۱۷	۱۳۵۲	-	
۱۸	مشخصات فنی عمومی لوله‌هاواتصالات‌پی.وی.سی‌سخت برای‌مصارف‌آب‌رسانی	۱۸	۱۳۵۲	-	
۱۹	روش نصب و کارگذاری لوله‌های پی.وی.سی	۱۹	۱۳۵۲	-	
۲۰	جوشکاری در ساختمانهای فولادی	۲۰	۱۳۵۲	۱۳۷۳	
۲۱	تجهیزوسازماندهی کارگاه جوشکاری	۲۱	۱۳۵۲	۱۳۶۳	
۲۲	جوش‌پذیری فولادهای ساختمانی	۲۲	۱۳۵۲	۱۳۶۲	
۲۳	بازرسی و کنترل کیفیت جوش در ساختمانهای فولادی	۲۳	۱۳۵۲	۱۳۷۳	
۲۴	ایمنی در جوشکاری	۲۴	۱۳۵۲	۱۳۷۳	
۲۵	زلزله ۲۳ نوامبر ۱۹۷۲ ماناگوا	۲۵	۱۳۵۲	-	
۲۶	جوشکاری در درجات حرارت پایین	۲۶	۱۳۵۲	۱۳۷۳	
۲۷	مشخصات فنی عمومی لوله‌کشی آب سردوگرم و فاضلاب ساختمان	۲۷	۱۳۵۲	-	

فهرست نشریات دفتر تحقیقات و معیارهای فنّی

شماره ردیف	عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار: چاپ اوّل	تاریخ انتشار: چاپ آخر	ملاحظات
۲۸	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی (بخش ملاتها)	۲۸	۱۳۵۳	-	
۲۹	بررسی نحوه توزیع منطقی تخت‌های بیمارستانی کشور	۲۹	۱۳۵۳	-	
۳۰	مشخصات فنی عمومی برای طرح و اجرای انواع شمعها و سپرها	۳۰	۱۳۵۳	۱۳۶۵	
۳۱	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی (بخش اندودها، قرنیزها وبندکشی)	۳۱	۱۳۵۳	-	
۳۲	شرح قیمتهای واحد تیپ برای کارهای لوله‌کشی آب و فاضلاب ساختمان	۳۲	۱۳۵۳	-	
۳۳	مشخصات فنی عمومی راههای اصلی	۳۳	۱۳۵۳	-	فاقد اعتبار
۳۴	مشخصات فنی عمومی اسکلت فولادی ساختمان	۳۴	۱۳۵۳	-	فاقد اعتبار
۳۵	مشخصات فنی عمومی کارهای بتنی	۳۵	۱۳۵۳	-	فاقد اعتبار
۳۶	مشخصات فنی عمومی کارهای بنائی	۳۶	۱۳۵۳	-	فاقد اعتبار
۳۷	استانداردهای نقشه‌کشی	۳۷	۱۳۵۳	-	
۳۸	مشخصات فنی عمومی اندودکاری	۳۸	۱۳۵۳	-	فاقد اعتبار
۳۹	شرح قیمتهای واحد تیپ برای‌کارهای‌تاسیسات حرارتی وتهویه‌مطبوع	۳۹	۱۳۵۳		فاقد اعتبار
۴۰	مشخصات فنی عمومی درو پنجره	۴۰	۱۳۵۳	-	فاقد اعتبار
۴۱	مشخصات فنی عمومی شیشه‌کاری در ساختمان	۴۱	۱۳۵۳	-	فاقد اعتبار
۴۲	مشخصات فنی عمومی کاشی‌کاری و کف‌پوش در ساختمان	۴۲	۱۳۵۳	-	فاقد اعتبار
۴۳	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی (بخش کاشی کاری، سرامیک کاری، فرش‌کف و عایق‌کاری)	۴۳	۱۳۵۳	-	
۴۴	استاندارد پیشنهادی لوله‌های سخت پی.وی.سی در لوله‌کشی آب آشامیدنی	۴۴	۱۳۵۴		
۴۵	استاندارد پیشنهادی لوله‌های سخت پی.وی.سی در مصارف صنعتی	۴۵	۱۳۵۴		
۴۶	زلزله ۱۶ اسفند ۱۳۵۳ (سرخون بندرعباس)	۴۶	۱۳۵۴		
۴۷	استانداردپیشنهادی‌اتصالهای‌لوله‌های‌تحت‌فشارپی.وی.سی	۴۷	۱۳۵۴		
۴۸	مشخصات فنی عمومی راههای فرعی درجه یک و دو	۴۸	۱۳۵۴		فاقد اعتبار
۴۹	بحثی پیرامون فضا در ساختمانهای اداری	۴۹	۱۳۵۴		
۵۰	گزارش شماره ۱ مربوط به نمودارهای شتاب نگار در ایران	۵۰	۱۳۵۴		
۵۱	مشخصات فنی عمومی کارهای نصب ورقهای پوششی سقف	۵۱	۱۳۵۴		فاقد اعتبار
۵۲	شرح قیمتهای واحد تیپ برای کارهای تاسیسات برق	۵۲	۱۳۵۴		فاقد اعتبار
۵۳	زلزله‌های سال ۱۹۷۰ کشور ایران	۵۳	۱۳۵۴		
۵۴	راهنمای‌طرح‌واجرای‌عملیات‌نصب‌لوله‌های‌سخت پی.وی.سی در لوله‌کشی آب سرد	۵۴	۱۳۵۴		

فهرست نشریات دفتر تحقیقات و معیارهای فنّی

شماره ردیف	عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار: چاپ اوّل	تاریخ انتشار: چاپ آخر	ملاحظات
۵۵	مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی (تجدید نظر اول)	۵۵	۱۳۵۴	۱۳۷۴	تجدید نظر اوّل: چاپ دوّم
۵۶	راهنمای طرح و اجرای عملیات نصب لوله‌های سخت پی.وی.سی	۵۶	۱۳۵۴		
۵۷	شرایط لازم برای طرح و محاسبه ساختمانهای بتن‌آرمه	۵۷	۱۳۵۴		
۵۸	گزارش شماره ۲ مربوط به نمودارهای شتاب‌نگار در ایران	۵۸	۱۳۵۴		
۵۹	شرح قیمتهای واحد تیپ برای خطوط انتقال آب	۵۹	۱۳۵۴		فاقد اعتبار
۶۰	شرح قیمتهای واحد تیپ برای شبکه توزیع آب	۶۰	۱۳۵۵		
۶۱	طرح ومحاسبه قابهای شیبدار و قوسی فلزی	۶۱	۱۳۵۵		
۶۲	نگرشی برکارکرد و نارسائیهای کوی نهم آبان	۶۲	۱۳۵۵		
۶۳	زلزله‌های سال ۱۹۶۹ کشور ایران	۶۳	۱۳۵۵		
۶۴	مشخصات فنی عمومی درزهای انبساط	۶۴	۱۳۵۵		فاقد اعتبار
۶۵	نقاشی ساختمانها (آئین کاربرد)	۶۵	۱۳۵۵		فاقد اعتبار
۶۶	تحلیلی برروند دگرگونیهای سکونت در شهرها	۶۶	۱۳۵۵		فاقد اعتبار
۶۷	راهنمائی برای اجرای ساختمان بناهای اداری	۶۷	۱۳۵۵		
۶۸	ضوابط تجزیه و تحلیل قیمتهای واحد اقلام مربوط به خطوط انتقال آب	۶۸	۱۳۵۶		
۶۹	زلزله‌های سال ۱۹۶۸ کشور ایران	۶۹	۱۳۵۶		
۷۰	مجموعه مقالات سمینار سنتو (پیشرفتهای اخیر در کاهش خطرات زلزله، تهران۲۳-۲۵آبانماه۱۳۵۵)	۷۰	۱۳۵۶		
۷۱	محافظت ابنیه فنی آهنی و فولادی در مقابل خورندگی	۷۱	۱۳۵۶		
۷۲	راهنمائی برای تجزیه قیمتهای واحد کارهای تاسیساتی	۷۲	۱۳۵۶		
۷۳	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی (بخش عملیات خاکی با وسایل مکانیکی)	۷۳	۱۳۵۶		
۷۴	ضوابطی برای طرح و اجرای ساختمانهای فولادی (براساس آئین نامه AISC)	۷۴	۱۳۵۶		
۷۵	برنامه کامپیوتری مربوط به آنالیز قیمت کارهای ساختمانی وراهسازی	۷۵	۱۳۵۶		
۷۶	مجموعه راهنمای تجزیه‌واحدقیمتهای‌واحدکارهای‌ساختمانی و راهسازی(قسمت‌اول)	۷۶	۱۳۵۶		
۷۷	زلزله ۴ مارس ۱۹۷۷ کشور رومانی	۷۷	۱۳۵۶		
۷۸	راهنمای طرح ساختمانهای فولادی	۷۸	۱۳۵۷	۱۳۶۲	
۷۹	شرح خدمات نقشه‌برداری	۷۹	۱۳۶۰	۱۳۶۴	
۸۰	راهنمای ایجاد بناهای کوچک در مناطق زلزله‌خیز	۸۰	۱۳۶۰		
۸۱	سیستم گازهای طبی دربیمارستانها ـ محاسبات و اجرا	۸۱	۱۳۶۱		

فهرست نشریات دفتر تحقیقات و معیارهای فنّی

شماره ردیف	عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار		ملاحظات
			چاپ اوّل	چاپ آخر	
۸۲	راهنمای اجرای سقفهای تیرچه و بلوک	۸۲	۱۳۶۲	۱۳۷۵	ویرایش سوّم: چاپ دوّم
۸۳	نقشه‌های تیپ پلها و آبروها تا دهانه ۸ متر	۸۳	۱۳۶۶	۱۳۷۳	
۸۴	طراحی مسکن برای اشخاص دارای معلولیت (باصندلی چرخدار)	۸۴	۱۳۶۳		
۸۵	معیارهای طرح هندسی راههای اصلی و فرعی	۸۵	۱۳۶۵		
۸۶	معیارهای طرح هندسی راههای روستائی	۸۶	۱۳۶۴		
۸۷	معیارهای طرح هندسی تقاطع‌ها	۸۷	۱۳۶۷		
۸۸	چکیده‌ای از طرح هندسی راهها و تقاطع‌ها	۸۸	۱۳۶۴		
۸۹	مشخصات فنی تاسیسات برق بیمارستان	۸۹	۱۳۶۹	۱۳۷۳	
۹۰	دیوارهای سنگی	۹۰	۱۳۶۳		
۹۱	الفبای کالبد خانه سنتی (یزد)	۹۱	۱۳۶۴		
۹۲	جزئیات معماری ساختمانهای آجری	۹۲	۱۳۶۳	۱۳۷۳	
۹۳	گزارش فنی (ساختمان مرکز بهداشت قم)	۹۳	۱۳۶۳		
۹۴	تیرچه‌های پیش‌ساخته خرپائی (مشخصات فنی، روش طرح و محاسبه به انضمام جدولهای محاسبه تیرچه‌ها)	۹۴	۱۳۶۶	۱۳۶۷	
۹۵	مشخصات فنی نقشه‌برداری	۹۵	۱۳۶۸		
۹۶	جداول طراحی ساختمانهای بتن فولادی به‌روش حالت حدی	۹۶	۱۳۶۵		
۹۷	ضوابط طراحی فضاهای آموزشگاههای فنی حرفه‌ای (جلداوّل، کارگاههای مربوط به رشته ساختمان)	۹۷	۱۳۶۵		
۹۸	ضریب‌ها و جدولهای تبدیل واحدها و مقیاسها	۹۸	۱۳۶۶	۱۳۶۷	
۹۹	وسایل کنترل ترافیک	۹۹	۱۳۷۰		
۱۰۰	بلوک بتنی و کاربرد آن در دیوار	۱۰۰	۱۳۶۸		
۱۰۱	مشخصات فنی عمومی راه	۱۰۱	۱۳۶۴	۱۳۷۵	چاپ سوّم
۱۰۲	مجموعه نقشه‌های تیپ تابلیه پلها (پیش ساخته، پیش تنیده، درجا) تا دهانه ۲۰ متر	۱۰۲	۱۳۶۶	۱۳۷۳	
۱۰۳	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (منابع آب و خاک ونحوه بهره‌برداری در گذشته و حال)	۱۰۳	۱۳۶۷	۱۳۷۳	
۱۰۴	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (هیدرولیک کانالها ومجاری)	۱۰۴	۱۳۶۷	۱۳۷۳	
۱۰۵	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (هیدرولیک لوله‌ها و مجاری)	۱۰۵	۱۳۶۷	۱۳۷۳	
۱۰۶	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (اندازه گیرهای جریان)	۱۰۶	۱۳۶۷	۱۳۷۳	
۱۰۷	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (نقشه‌های تیپ)	۱۰۷	۱۳۶۸	۱۳۷۳	

فهرست نشریات دفتر تحقیقات و معیارهای فنّی

شماره ردیف	عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار		ملاحظات
			چاپ اوّل	چاپ آخر	
۱۰۸	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (مشخصات فنی عمومی)	۱۰۸	۱۳۶۸	۱۳۷۳	
۱۰۹	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری وزهکشی(خدمات فنی دوران بهره‌برداری و نگهداری)	۱۰۹	۱۳۶۸	۱۳۷۳	
۱۱۰	مشخصات فنی عمومی واجرائی تاسیسات برقی ساختمان	۱۱۰	۱۳۷۱	۱۳۷۵	چاپ سوّم
۱۱۱	محافظت ساختمان در برابر حریق (بخش اوّل)	۱۱۱	۱۳۶۷	۱۳۷۳	
۱۱۲	محافظت ساختمان در برابر حریق (بخش دوّم)	۱۱۲	۱۳۷۱	۱۳۷۳	
۱۱۳	کتابنامه تونل و تونل سازی	۱۱۳	۱۳۶۸		
۱۱۴	کتابنامه بندر	۱۱۴	۱۳۶۸		
۱۱۵	مشخصات فنی عمومی ساختمانهای گوسفندداری	۱۱۵	۱۳۷۱		
۱۱۶	استاندارد کیفیت آب آشامیدنی	۱۱۶	۱۳۷۱		
۱۱۷	مبانی و ضوابط طراحی طرحهای آبرسانی شهری	۱۱۷	۱۳۷۱		
۱۱۸	مبانی و ضوابط طراحی شبکه‌های جمع‌آوری آبهای سطحی وفاضلاب شهری	۱۱۸	۱۳۷۱		
۱۱۹	دستورالعمل های تیپ نقشه‌برداری (مجموعه‌ای شامل ۴ جلد)	۱۱۹	۱۳۷۱		
۱۲۰	آئین‌نامه بتن ایران "آبا" (بخش اوّل)	۱۲۰	۱۳۷۰	۱۳۷۵	ویرایش دوّم
	آئین‌نامه بتن ایران "آبا" (بخش دوّم)	۱۲۰	۱۳۷۲	۱۳۷۴	چاپ دوّم
۱۲۱	ضوابط فنی بررسی و تصویب طرحهای تصفیه آب شهری	۱۲۱	۱۳۷۱		
۱۲۲	مجموعه نقشه‌های تیپ اجرایی ساختمانهای گوسفندداری	۱۲۲	۱۳۷۱		
۱۲۳	ضوابط و معیارهای طرح و محاسبه مخازن آب زمینی	۱۲۳	۱۳۷۴		ویرایش دوّم
۱۲۴	مشخصات فنی عمومی مخازن آب زمینی	۱۲۴	۱۳۷۲		
۱۲۵	مجموعه نقشه‌های تیپ اجرایی مخازن آب زمینی	۱۲۵	۱۳۷۳		
۱۲۶	فهرست مقادیر و آحادبهای مخازن آب زمینی	۱۲۶			زیر چاپ
۱۲۷	آزمایشهای تیپ مکانیک خاک (شناسایی وطبقه‌بندی خاک)	۱۲۷	۱۳۷۲		
۱۲۸	مشخصات فنی عمومی تاسیسات مکانیکی ساختمانها:				
	تاسیسات گرمائی، تعویض هوا و تهویه مطبوع (بخش دوّم)	۱۲۸	۱۳۷۲		
	تاسیسات بهداشتی (بخش سوّم)	۱۲۸	۱۳۷۴		
۱۲۹	ضوابط فنی بررسی و تصویب طرحهای تصفیه فاضلاب شهری	۱۲۹-۳	۱۳۷۲		
۱۳۰	گزارش و آمار روزانه بهره‌برداری ازتصفیه‌خانه‌های آب	۱۳۰-۳	۱۳۷۳		
۱۳۱	راهنمای طرح،اجرا وبهره‌برداری راههای جنگلی	۱۳۱			
۱۳۲	موازین فنی ورزشگاههای کشور(مجموعه‌ای شامل ۴ جلد)	۱۳۲	۱۳۷۴		
۱۳۳	راهنمای نگهداری وتعمیرات تصفیه‌خانه‌های آب و حفاظت و ایمنی تاسیسات	۱۳۳	۱۳۷۴		
۱۳۴	نیروی انسانی در تصفیه‌خانه‌های آب و مراقبت بهداشتی و کنترل سلامت آنها	۱۳۴	۱۳۷۴		

فهرست نشریات دفتر تحقیقات و معیارهای فنّی

شماره ردیف	عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار: چاپ اوّل	تاریخ انتشار: چاپ آخر	ملاحظات
۱۳۵	سه مقاله از آقای مهندس مگردیچیان در یک مجلد	۱۳۵	۱۳۷۴		
۱۳۶	طرح جامع مصالح ساختمانی کشور	۱۳۶	-		در دست اقدام
۱۳۷	راهنمای بهره‌برداری و نگهداری از مخازن آب	۱۳۷	۱۳۷۴		
۱۳۸	مهندسی نگهداری ساختمان و تاسیسات	۱۳۸	۱۳۷۴		
۱۳۹	آئین نامه بارگذاری پلها	۱۳۹	۱۳۷۴		
۱۴۰-۱	نقشه‌های تیپ کلینیک و آزمایشگاه درجه یک دامپزشکی	۱۴۰-۱			در دست اقدام
۱۴۰-۲	نقشه‌های تیپ کلینیک و آزمایشگاه درجه دو دامپزشکی	۱۴۰-۲			در دست اقدام
۱۴۰-۳	نقشه‌های تیپ کلینیک مستقل دامپزشکی	۱۴۰-۳			در دست اقدام
۱۴۱	راهنمای طراحی کارگاههای پرورش ماهی‌های گرم آبی	۱۴۱	۱۳۷۵		
۱۴۲	ضوابط طراحی کارگاههای پرورش ماهی‌های گرم آبی	۱۴۲	۱۳۷۵		
۱۴۳	برنامه‌ریزی و طراحی هتل	۱۴۳	۱۳۷۵		
۱۴۴-۱	تسهیلات پیاده‌روی، مبانی فنّی	۱۴۴-۱	۱۳۷۵		
۱۴۴-۲	تسهیلات پیاده‌روی (توصیه‌ها و معیارهای فنّی)	۱۴۴-۲	۱۳۷۵		
۱۴۵-۱	تقاطع‌های هم‌سطح، مبانی فنّی (برنامه‌ریزی، طـــرّاحی و مدیریت)	۱۴۵-۱			در دست‌اقدام
۱۴۵-۲	تقاطع‌های هم‌سطح، توصیه‌ها و معیارهای فنّی (برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت)	۱۴۵-۲			در دست‌اقدام
۱۴۶	آموزش ایمنی تردّد به خردسالان و نوجوانان	۱۴۶	۱۳۷۵		
۱۴۷	ضوابط طرّاحی ساختمانهای پرورش گاو شیری	۱۴۷	۱۳۷۵		
۱۴۸	دستورالعمل تهیه پروژه راههای جنگلی	۱۴۸			در دست‌اقدام
۱۴۹-۱	مقدار تابش کلّی خورشید بر تراز افقی در گسترهٔ ایران (قسمت اوّل: تابش خورشید و ابر گرفتگی)	۱۴۹-۱			در دست‌اقدام
۱۵۰	ســـازهای بتنی مهنـدسی محیط‌زیست و آزمـــون آب‌بنـدی سازه‌های بتن‌آرمه	۱۵۰			در دست‌اقدام
۱۵۱	نقشه‌های تیپ ساختمانهای پرورش گاوشیری در اقلیم کاملاً مناسب	۱۵۱			در دست‌اقدام
۱۵۲	راههای اجرای بتن در مناطق گرمسیری	۱۵۲			در دست‌اقدام

فهرست مجموعه سخنرانیها و مقالات سمینارها و نشریات بدون شماره
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

شماره ردیف	عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار		ملاحظات
			چاپ اوّل	چاپ آخر	
۱	مجموعه برگردان مقاله‌های برگزیده از سمینارهای بین‌المللی تونل‌سازی (تونل سازی ۸۵)	-			
۲	مجموعه سخنرانیهای دومین سمینار تونل‌سازی	-			
۳	بتن در مناطق گرمسیر (اولین سمینار بندرسازی)	-	۱۳۶۵		
۴	مجموعه مقاله‌های ارائه‌شده به چهارمین سمپوزیوم آثرودینامیک و تهویه تونلهای راه (انگلستان ۱۹۸۲)	-	۱۳۶۵		
۵	مجموعه مقاله‌های ارائه شده به کنفرانس محافظت ساختمانها در برابر حریق (۲۰-۳۰تیرماه۱۳۶۵)	-	=		
۶	مجموعه سخنرانیهای سومین سمینار تونل‌سازی	-	=		
۷	مجموعه سخنرانیهای اولین سمینار بندرسازی	-	=		
۸	توصیه‌های بین‌المللی متحدالشکل برای محاسبه و اجرای سازه‌های متشکل از پانل‌های بزرگ بهم پیوسته	-	۱۳۶۷		
۹	چهره معماری دزفول در آینه امروز	-			
۱۰	واژه‌نامه بتن (بخشی از آئین‌نامه بتن ایران)		۱۳۶۸	۱۳۷۱	
۱۱	مهندسی زلزله وتحلیل سازه‌ها در برابر زلزله	-	۱۳۶۹		
۱۲	بررسی و تهیه بتن با مقاومت بالا با استفاده از کلینگر	-	۱۳۶۸		
۱۳	مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی بتن ۶۹	-	۱۳۶۹		
۱۴	مجموعه مقالات سمینار بتن ۶۷	-	۱۳۶۹		
۱۵	گزارش زلزله منجیل ۳۱ خرداد ماه ۱۳۶۹	-	۱۳۶۹		
۱۶	مجموعه مقالات اولین سمینار بین‌المللی مکانیک خاک و مهندسی پی ایران (جلدهای اول و دوم)	-	۱۳۶۹		
۱۷	مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی بتن ۶۹ (پیوست)		۱۳۷۰		
۱۸	بررسی، ارزیابی و نقد طرحهای مرتع و آبخیزداری	-	۱۳۷۰		
۱۹	بررسی،ارزیابی ونقد طرحهای مرتع و آبخیزداری(جمع‌بندی و نتیجه‌گیری)	-	۱۳۷۰		
۲۰	مجموعه مقالات اولین سمینار بین‌المللی مکانیک خاک و مهندسی پی ایران (جلد سوم)	-	۱۳۷۰		
۲۱	زلزله وشکل‌پذیری سازه‌های بتن‌آرمه	-	۱۳۶۹		
۲۲	خلاصه مقالات کنفرانس بین‌المللی بتن ۷۱	-	۱۳۷۱		
۲۳	مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی بتن ۷۱ (فارسی)	-	۱۳۷۱		
۲۴	مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی بتن ۷۱ (انگلیسی)	-	۱۳۷۱		
۲۵	مجموعه مقالات‌دومین سمینار بین‌المللی‌مکانیک و مهندسی پی‌ایران(فارسی ـ انگلیسی)	-	۱۳۷۱		
۲۶	مقدمه‌ای بروضع موجود دامداری، تولیدات دامی، بیماری و خدمات دامپزشکی درکشور	-	۱۳۷۲		