اولین کنگره ملی مهندسی عمران ، NCCE 1383
۲۲-۲۴ اردیبهشت ماه ۱۳۸۳ - دانشگاه صنعتی شریف

کد مقاله: ۱۸۰۴-۸۳

ضوابط و مقررات بتن در صنایع نفت

علیرضا خالو، استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف
حمید اسکندری نداف، کارشناس ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات *
* تلفن: ۰۹۱۲۳۱۳۹۱۵۷، نمابر: ۴۴۱۸۴۴۲-۰۲۱، پست الکترونیکی: Ha_Naddaf@yahoo.com

۱- چکیده

این مقاله به بررسی طراحی سازه‌هایی که بطور کلی برای نگهداری مواد مخاطره آمیز ساخته می‌شوند، می‌پردازد. این موضوع شامل مخازن بتن آرمه، حوضچه‌ها، مخازن با بتن درجا و بتن پیش‌ساخته، فاضلاب‌روها، دریچه‌های بازدید، چاه‌های مرطوب، محفظه‌های تقسیم، ایستگاه‌های پمپاژ و سایر سازه‌ها و متعلقات مشابه می‌گردد. این سازه‌ها نیاز به بتن متراکم با مقاومت بالا در برابر خورندگی شیمیائی دارند. همچنین در این مقاله بتن‌ریزی، نسبت اختلاط بتن، عمل‌آوری و محافظت در مقابل مواد شیمیایی تشریح می‌گردد. هدف این مطالعه پیشنهاد روش‌ها و ارائه برخی ضوابط موجود برای طراحی و ساخت مخازن با درجه اهمیت های مختلف و سایر سازه‌های مهندسی نفت بتن مسلح می‌باشد.

کلید واژه‌ها: ***آیین‌نامه‌های بتن، استانداردهای نفت، سازه‌های بتنی***

۲- مقدمه

ایران یکی از بزرگترین تولید کنندگان نفت اوپک است. اقتصاد ایران تحت تاثیر در آمدهای نفتی و فرآورده‌های آن است. در بخش اجرای تاسیسات ساختمانی، ساخت مخازن، ایجاد انبارها، نقاط بارگیری وتخلیه، افزایش نقاط عرضه و امکانات تخلیه بارگیری بنادر، ایجاد ساختمانهای اداری در نواحی مختلف و دیگر تاسیسات،

به دلیل قدیمی بودن استانداردهای شرکت ملی نفت که در حدود ۳۰ سال پیش تهیه شده مشکلات خاصی وجود دارد.

در این راستا از نکات مبرز و آشکار، توجه خاص به مقررات و ضوابط اجرایی بتن در صنعت نفت می باشد. در سازه‌ها آنچه در درجه اول اهمیت قرار دارد، مقاومت و پایداری سازه است. در سازه‌های بتنی مهندسی نفت، قابلیت استفاده از نظر محدودیت تغییر مکانها و ترک خوردگی، دوام و تراوایی پایین هر سه به یک میزان اهمیت دارند. در این سازه‌ها، بتنی که در تماس با آب یا فاضلاب سبک و یا نفت و یا مواد نفتی است باید (الف) کاملاً متراکم و نفوذ ناپذیر باشد تا آلودگی را به حداقل برساند، (ب) در مقابل مواد شیمیائی طبیعی یا فرآوری شده حداکثر مقاومت را داشته باشد و (ج) برای به حداقل رساندن مقاومت جریان، باید دارای سطوح صاف باشد[1].

از آنجا که سازه‌های بتنی مهندسی نفت شرایط بهره‌برداری بسیار دقیقی دارند، طراحی و ساخت آنها باید با دقت زیادی انجام شود. مرغوبیت بتن اهمیت زیادی دارد و در طی ساخت نیاز به کنترل کیفیت دقیق است تا بتن متراکم به دست آید.

برای این منظور به موسسات استاندارد و پتروشیمی جهت دریافت استانداردهای مرتبط با پتروشیمی کشورهای آمریکا، ژاپن و انگلیس مراجعه شد. پس از بررسی مراجع استفاده شده در این استانداردها، خلاصه‌ای از حداقل ضوابط مورد نیاز برای این مبحث انتخاب گردید. این ضوابط، به مواد مورد استفاده در بتن، ملات و مواد کمکی در پروژه‌های مختلف در زمینه صنایع نفت خام می پردازد. همچنین این ضوابط، سازه‌های مختلف بتنی مورد بررسی قرار می‌دهد[2].

ضوابط عمومی ساخت سازه‌های بتنی در صنایع نفت برای طراحی سازه، مواد و ساخت سازه‌های نگهدارنده مواد مخاطره آمیز عرضه می شود، که شامل مخازن بتن آرمه، حوضچه‌ها و سایر سازه‌هائی می‌گردد که نیاز به بتن متراکم با مقاومت بالا در برابر خورندگی شیمیائی دارند، همچنین نسبت اختلاط بتن، بتن ریزی، عمل آوری و محافظت در مقابل مواد شیمیایی را شامل می‌شود[3]. مواردی که باید مورد توجه قرار داد عبارتند از (۱) سیمان‌ها، (۲) سنگدانه‌ها، (۳) آب، (۴) آرماتورها، (۵) افزودنی‌ها.

۳- سازه‌های بتنی با درجه اهمیت معمولی

با توجه به اینکه سازه‌های بتنی به طور کامل ناتراوا نیستند. برای سازه‌های بتنی درجا مانند: مخازن آب، حوضچه‌ها، کانال‌ها باید عوامل موثر در اتلاف مایعات و تمامی ضوابط آببندی را در نظر گرفت

مقادیری ازاتلاف مایعات در (الف) درزها (ب) ترکها (ج) اتصالات اجزای سازه و یا به طور اتفاقی بوقوع می‌پیوندند. میزان نشت مایعات متناسب با عمق مایعات در نقطهٔ خروج از مخزن می‌باشد که به فشار داخلی و فشارخارجی، بستگی دارد. لازم بذکر است که میزان اتلاف از طریق کف سازه، نسبت به دیواره سهم بیشتری از

کل اتلاف مایعات را به خود اختصاص می‌دهد و آزمون‌ها عمدتاً در عمق کمتر از ۸ m صورت می‌گیرد. با اندود و استفاده از روکش آببندی می توان مقدار نشت مایعات را کاهش داد[4].

۳-۱- آببندی

منظور از آببندی، استفاده از اندود و یا روکش سطح داخلی بتن در سازه‌های نگهدارنده مایعات است. استفاده از روکش یا اندود کردن سطح داخلی بتن، در واقع پوششی بازدارنده در برابر نقاط معیوب بتن به وجود می‌آورد و سبب کاهش میزان نشت مایعات می‌شود. روشهای جلوگیری از نشت عبارتند از:

الف-اندودها: اندودها به وسیله قلم مو و برس، غلتک و یا افشانه بر سطح بتن قرارمی‌گیرند. اندودها بر سطح بتن مانند یک لایه یا پوشش سطح بتن عمل کرده و ترک‌های جزئی ساکن و غیر گسترش یابندهٔ بتن را آببندی می‌کند.

ب-روکش‌ها: روکش‌ها لایه‌های آببندی هستند که بر سطح داخلی به صورت غشایی پیوسته کشیده می‌شوند. روکش ممکن است با مواد چسبنده و یا اتصالات و ابزار مکانیکی به بتن متصل شود.

لازم بذکر است در سازه‌هایی که تنها دیواره های آنها روکش بندی شده است میزان نشت مایعات نسبت به سازه‌هایی که روکش فقط بر کف آنها نصب شده باشد بیشتر است.

۳-۲-معیارهای کمی

میزان مجاز نشت مایعات در یک مخزن بتنی بدون روکش بدنه، که عمق آن ۸ متر یا کمتر باشد، نباید از یک دهم درصد (۰/۱ ٪) از حجم کل مایعات در طی ۲۴ ساعت تجاوز کند. میزان مجاز نشت مایعات از یک مخزن بتنی که تنها دیواره‌های آن دارای روکش هستند و عمق آن ۹/۵ متر یا کمتر می باشد، نباید از شش صدم درصد (۰/۰۶ ٪) حجم کل مایعات در طی ۲۴ ساعت تجاوز کند. میزان مجاز نشت مایعات از سازه‌های بتنی نگهدارنده مایعات که تنها کف آنها روکش شده باشد و دارای عمق جانبی ۹/۵ متر یا کمتر باشند نباید از ۰/۰۴ ٪ از حجم کلی مایعات در طی۲۴ ساعت تجاوزکند. میزان مجاز نشت مایعات از سازه‌های بتنی نگهدارنده مایعات که بدنه آنها کاملا روکش و درزبندی شده باشد نباید از ۰/۰۵ ٪ از حجم کلی مایعات درطی ۲۴ ساعت تجاوزکند.

۴- سازه های بتنی با درجه اهمیت بالا

در طراحی و ساخت سازه‌های مخازن مواد مخاطره آمیز باید دقت لازم به عمل آید. سازه مخازن مواد مخاطره آمیز معمولا مجهز به مخازن ثانویه و بعضی مواقع سیستمهای نشت یابی می باشند. علت آن مسائل اقتصادی و خطرات زیست محیطی ناشی از نشت است. هر دو سیستم مخازن اولیه و ثانویه باید نفوذ ناپذیر باشند. بنابراین طراحی و ساخت سازه‌های اولیه و ثانویه نیاز به دقت فراوانی دارد. این ضوابط عموماً برای مخازن مایعات (مایعات

صنعتی، خانگی) و تاسیسات تصفیه فاضلاب می باشد. این نکات سازه‌های حاوی مواد رادیواکتیو را در بر نمی‌گیرد[5].

۴-۱- مخازن اولیه

حداقل ضوابط لازم برای مخازن اولیه بصورت زیر می‌باشد:

۱- پی‌ها: پی‌ها باید حداقل ضخامتی برابر ۳۰۰mm داشته باشد.

۲- طراحی بتن و نسبت‌های اختلاط آن

کلیات طراحی و نسبت‌های اختلاط بتن، برای ساخت مخازن و حوضچه زیست محیطی مشابه ضوابط بتن‌های متوسط می‌باشد. اگر مخازن بتنی بطور صحیح طراحی و ساخته شوند، آنها برای غالب کاربردها نشت ناپذیر خواهند بود. دیواره‌های مخازن بتن آرمه بر خلاف نوع فولادی آن مقاومت بسیار بالایی در برابر تنش‌های خمشی در هنگام زمین لرزه دارند. همچنین بتن آرمه خاصیت محافظتی و جلوگیری از انتقال حرارت بسیار بالائی در برابر آتش از خود نشان می‌دهد.

۳- دال‌های غشائی

دستورالعمل طراحی دال‌های غشائی کف برای سازهای بتنی پیش تنیده مدور در ACI 372 و ACI 373 ارائه شده است. بطور کلی این دستورالعمل برای سازه های غیر مدور هم قابل استفاده می‌باشد. به منظور افزایش آب بندی دال‌های غشائی باید بتن ریزی بدون درز و ترک باشد. یک دال غشائی ممکن است مسلح به آرماتورهای پیش‌تنیده و یا معمولی باشد.

۴- دال‌های کف

دال‌های کف غیر پیش تنیده باید حداقل ۱۵۰ mmضخامت داشته باشند. چنانچه دال کف پیش‌تنیده باشد باید حداقل ۱۲۵ mm ضخامت و میانگین فشار تراکمی آنها بعد از کسر تمام افتها از جمله اصطکاک بین دال و بستر زیرسازی $1/5\ N/mm^2$ باشد.

۵- آرماتور بندی فونداسیون

شبکه فونداسیون با دو لایه آرماتور معمولی باید حداقل ۳۰۰mm ضخامت و با آرماتور پیش‌تنیده یابد حداقل ضخامت ۲۵۰mm داشته باشد.

۶- آرماتور حرارتی وجمع‌شدگی برای مخازن غیر پیش‌تنیده

حداقل آرماتور برای مخازن بتنی اولیه باید ۰/۵درصد سطح مقطع در هر جهت باشد. حداکثر فاصله گذاری میلگردها نباید از۳۰۰ mm تجاوز نماید.

۷- حداقل آرماتور معمولی برای مخازن پیش‌تنیده

حداقل آرماتور غیر پیش‌تنیده در هنگامیکه انقباض مقداری مقّید شده باشد (مانند دالهای کف) و همچنین برای مخازن معمولی چنانچه از انقباض کاملاً جلوگیری شود (مانند هنگامیکه بتن ریزی رویه پیوسته و بتن سخت شده باشد) برای مخازن ثانویه ۰/۱۵درصد و برای مخازن اولیه ۰/۳۰درصد توصیه می‌گردد. برای اطلاعات و توصیه‌های بیشتر در ارتباط با مخازن مدور پیش تنیده به ACI 372 و ACI 373 مراجعه فرمائید.

۸- نسبت آب به سیمان و مواد چسبنده

بالاترین نسبت آب به سیمان باید ۰/۴۰ برای مخازن اولیه و ۰/۴۵ برای مخازن ثانویه می‌باشد(مطابق با ACI 350-R). برای کاهش میزان نفوذ پذیری حداقل مقدار مواد چسبنده در مخلوط، برای مخازن اولیه Kg/m^3 ۴۲۰، مخازن ثانویه Kg/m^3 ۳۶۰ می‌باشد. به استثنای موارد خاص برای بهبود مقاومت شیمیائی، مقدار خاکستر بادی و یا سایر پوزولانها، نباید از میزان ۲۵ درصد کل مواد چسبنده تجاوز نماید.

۹- حداقل ضخامت دیوار بتنی درجدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- حداقل ضخامت دیوار بتنی

حداقل ضخامت دیوار و محل آرماتورهای فولادی در دیوارها			
شرح	**ارتفاع دیوار**	**حداقل ضخامت**	**محل قرار آرماتور**
بتن ریزی در محل	بیش از ۳ m	۳۰۰mm	هردوروی دیوار
	از ۱/۲m تا ۳ m	۲۵۰mm	هر دوروی دیوار
	تا ۳ m	۱۵۰mm	درون دیوار
بتن پیش ساخته	بیشتر ۱۲۰۰ mm	۲۰۰mm	درون دیوار
	کمتر ۱۲۰۰mm	۱۰۰mm	درون دیوار
شرح		**حداقل ضخامت دیوار**	
مخازن بتنی پیش تنیده کابلی		به ACI 373 - مراجعه نمائید	
مخازن بتنی مدور پیش تنیده		به ACI 372- مراجعه نمائید	

۱۰- بتن مسلح به الیاف مصنوعی

الیاف مصنوعی با طول ۲۰mm تا ۵۰ mm در بتن مسلح استفاده می‌شود. اختلاط این الیاف با بتن باعث کاهش ترک‌خوردگی و حالت خمیری بتن می‌گردد. در موقع انتخاب الیاف مصنوعی باید به این مساله توجه داشت که بعضی از الیاف (از قبیل رایون، اکریلیک، فایبرگلاس و پلی استرها) مورد آسیب مواد قلیائی موجود در سیمان قرارگیرند. نسبت‌های اختلاط الیاف باید مطابق دستورالعمل سازنده باشد. در هر صورت مدت زمان مخلوط کردن باید به اندازه‌ای باشد تا الیاف کاملاً با بتن بصورت همگن مخلوط شود. افزودن الیاف مصنوعی معمولاً سبب کاهش اسلامپ بتن از ۲۵ الی ۵۰mm می‌شود. این مساله در طراحی اختلاط باید مورد توجه قرار گیرد.

۱۱- واتراستاپ‌ها، درزگیرها و بندها

از واتراستاپ‌ها برای درزهای انبساطی- انقباضی و در محلی که ایجاد درز ساختمانی اجتناب ناپذیر است استفاده می شود. واتراستاپ در درزهای بتن قرار داده می شود تا جلوی نشت مایعات را بگیرد. از درزگیرهای مکانیکی برای ترمیم درزهای موجود استفاده می‌گردند. همچنین جنس واتراستاپها می‌تواند به صورت واتراستاپ‌های پی وی سی، لاستیک انبساطی یا واتراستاپ‌های فلزی باشد.

۴-۲- مخازن ثانویه

سیستم‌های مخازن ثانویه باید از رسوخ مواد نشتی مخزن اولیه به محیط اطراف جلوگیری نماید. این مخازن ثانویه نشتی‌ها را به خود نگاه می‌دارد تا بعداً انتقال داده و یا مواد نشت پیدا کرده به یک کانال یا حوضچه قابل کنترل هدایت شود. مخازن ثانویه معمولاً در زمان بکارگیری خشک می باشند.

مخازن ثانویه، حتی اگر از نظر مقررات به آنها احتیاجی نباشد، با این حال برای مخازن زیست‌محیطی، حوضچه ها و سیستمهای لوله‌های زیرزمینی که به منظور جمع‌آوری و نگهداری، تصفیه و انتقال مواد مخاطره آمیز می باشند، توصیه می‌گردند.

حداقل ضوابط لازم برای مخازن ثانویه شامل موارد زیر است:

۱-سازگاری شیمیائی: سازگاری سیستم مخازن ثانویه بعلت تماس فیزیکی مواد محتوی آن با زیرکاری و روپوشهایی که بر روی آنها نصب گردیده‌اند، حائز اهمیت است.

۲-جنس مخازن ثانویه : جنس مخازن ثانویه را می‌توان از همان موادی که مخازن اولیه ساخته می شود بکار برد. لیکن چون این مواد درکوتاه مدت نظافت و انتقال داده می شوند، مواد سازنده آن از مواد مخازن اولیه ارزانتر باشند.

همچنین مخازن پلاستیکی با قابلیت ارتجاعی را می‌توان خارج از مخازن و یا حوضچه ها، بعنوان مخزن ثانویه بکار برد. این مخازن پلاستیکی خارجی به منظور محافظت از اشعه ماوراء بنفش و جلوگیری از آسیب دیدن پشت چینی و خاک ریزی که در پشت آنها انجام شده، بکارمی‌رود.

۵-نتایج

در این مقاله به ضوابط مصالح، نسبتهای اختلاط و ساخت بتن مورد استفاده در صنایع نفت با استناد به مراجع و استانداردهای جهانی پرداخته شد.

ضوابط کلی، مواردی نظیر کنترل نشت مایعات در مخازن سازه‌های بتنی معمولی پیش تنیده و همچنین اهمیت و ضوابط ساخت مخازن اولیه وثانویه در بر می‌گیرد. از جمله ضوابط مهم می توان به تاثیر بیشتر روکش کف مخزن نسبت به دیواره‌های آن جهت جلوگیری از نشت مایعات اشاره کرد. همچنین استفاده از مخازن ثانویه با کیفیت نسبتاً پایین تر از بتن مخازن اولیه جهت جلوگیری از نشت و مسائل زیست محیطی قویاً پیشنهاد می‌گردد.

با توجه به استانداردهای موجود شرکت ملی نفت ملاحظه گردید قدیمی بوده و حدوداً ۳۰ سال پیش تهیه شده است، الزام به بروزکردن آنها و تهیه استاندارد جامع وجود دارد.

قدردانی

از سرکار خانم توانا (آرشیو شرکت پتروشیمی) و همچنین آقای دکتر حاذق از شرکت مهندسی نفت که ما را در این مطالعه یاری نمودند کمال تشکر را داریم.

مراجع

[1]- Environment Engineering Concrete Structures, ACI 350 .2R-97, American Concrete Institute, 1998.
[2]-Standards for Materials for Concrete Mortars & Admixtures, IPS M-CE- 165, Iranian Petroleum Standards Organization 1996.
[3]- Construction Standard for Concrete Structure, IPS C-CE-200, Iranian Petroleum Standards Organization, 1996.
[4]-Testing Reinforced Concrete Structures for Water Tightness Reporting, ACI 350.IR-93 /AWWA400-93, American Concrete Institute, 1998.
[5]-Concrete structure for containment of Hazardous Materials, ACI 350.IR-97, American Concrete Institute, 1998.