مهندسی و مدیریت ساخت

فصلنامه علمی تخصصی
شرکت بلندپایه (سهامی خاص)
سال اول، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۲

(ویژه‌نامه مخازن بتنی ذخیره سوخت)

آب‌بندی مخازن بتنی نفت خام

بررسی گرمایش مخازن بتنی مدفون نیروگاه شهید مفتح همدان

بررسی مراحل ساخت و تست مخزن آزمایشی سوخت مازوت نیروگاه شهید مفتح همدان

بررسی طرح‌های اختلاط مناسب بتن برای مخازن بتنی ذخیره نفت خام

انتخاب شکل و ابعاد بهینه مخازن ذخیره سوخت بتنی مدفون (مطالعه موردی مخازن همدان، ایرانشهر و مارون)

مقایسه معیارهای فنی و اقتصادی مهم برای انتخاب بین مصالح فلزی و بتنی در احداث مخازن با ظرفیت ۵۰۰ هزار بشکه

پروژه مخازن استراتژیک بتنی نفت خام امیدیه

مهندسی ، خرید و تدارکات ، ساخت و اجرا ، آموزش و تست و راه اندازی

مخازن دفنی بتنی سوخت نیروگاه ایرانشهر

مخازن دفنی بتنی سوخت نیروگاه همدان

بسمه‌تعالی

فصلنامه علمی تخصصی شرکت بلندپایه
سال اول، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۲

صاحب امتیاز: شرکت بلندپایه
مدیر مسئول: آرش صادقی
سردبیر: امیر امیری دیبا

هیأت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا):

بهروز امین فرد	مهندسی عمران، دانشگاه شیراز
یدالله پشنگ پیشه	دکترای مهندسی خاک و پی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
بهمن حقیقی	فوق‌لیسانس سازه، دانشگاه صنعتی اصفهان
آرش صادقی	فوق‌لیسانس مهندسی و مدیریت ساخت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
محمود کتابچی	فوق‌لیسانس برنامه‌ریزی و توسعه، دانشگاه تهران
محمود نادری پور	فوق‌لیسانس اقتصاد، دانشگاه تهران
علی اکبر نجفی	دکترای سازه و دکترای معماری از انگلستان

همکاران این شماره (به ترتیب حروف الفبا):
مریم خدیور، علی اکبر رمضانیانپور، مهدی رئیس الواعظین، محمدعلی رهنما، محمد صالحی، زهره عاشوری، احسان موسوی امام چائی، محمدرضا نورمحمدی، هادی نوری خواجوی

طرح روی جلد: ابوالفضل پنجه فولادگران
ویراستار: مریم سرباز

نشانی: تهران، خیابان نجات‌الهی شمالی، پلاک ۲۰۸، شرکت بلندپایه، تلفن: ۸۸۹۰۹۴۳۶-۰۲۱
پست الکترونیک: cemjournal@bolandpayeh.com

توضیح عکس روی جلد:
پروژه طراحی و اجرای مخازن بتنی استراتژیک ذخیره نفت خام امیدیه برای اولین بار در نوع خود در ایران در سال ۱۳۸۱ به شرکت بلندپایه واگذار شد. این پروژه شامل دو مخزن بتنی هر یک به ظرفیت ۵۰۰,۰۰۰ بشکه و دو مخزن بتنی دیگر هر یک به ظرفیت ۱,۰۰۰,۰۰۰ بشکه می‌باشد.
پروژه طراحی و اجرای مخازن بتنی مدفون ذخیره مازوت ۶۰,۰۰۰ مترمکعبی نیروگاه ایرانشهر و همدان در سال ۱۳۸۸ به شرکت بلندپایه واگذار گردید. مخازن ایرانشهر چهار سلولی و مخازن همدان دو سلولی بوده و هم اکنون هر دو پروژه در حال بهره‌برداری هستند.

فهرست مطالب

سخن نخست ۱

مقایسه معیارهای فنی و اقتصادی مهم برای انتخاب بین مصالح فلزی و بتنی در احداث مخازن با ظرفیت ۵۰۰ هزار بشکه ۳

انتخاب شکل و ابعاد بهینه مخازن ذخیره سوخت بتنی مدفون (مطالعه موردی مخازن همدان و ایرانشهر و مارون)..... ۱۱

بررسی طرح‌های اختلاط مناسب بتن برای مخازن بتنی ذخیره نفت خام..... ۲۱

بررسی مراحل ساخت و تست مخزن آزمایشی سوخت مازوت نیروگاه شهید مفتح همدان ۲۹

بررسی گرمایش مخازن بتنی مدفون نیروگاه شهید مفتح همدان ۳۵

آب‌بندی مخازن بتنی نفت خام ۴۱

Comparison of Important Technical and Economical Criteria for Selection of Concrete or Steel Materials for Construction of 500,000-Barrels Storage Tanks 47

Selection of Optimal Shape and Dimensions of Underground Concrete Fuel Storage Tank Case Study of Hamedan, Iranshahr and Maroon Tanks) 48

A Review of Appropriate Concrete Design Mix for RC Oil Reservoirs 49

Examination of Construction and Testing of Experimental Fuel Tank of Hamedan Shahid Mofateh Power Plant 50

Analyzing Heating of Buried Concrete Tanks of Hamedan Shahid Mofateh Power Plant 51

Water Sealing of Concrete Fuel Tanks 52

سخن نخست

یکی از وظایف مهم جامعه مهندسی کشور حمایت از تولیدات داخلی به عنوان یک مسئولیت ملی می‌باشد. در این راستا و در حوزه پروژه‌های صنعت ساخت، استفاده از تکنولوژی بتن به عنوان مصالح اصلی در ساخت انواع سازه می‌تواند گام مؤثری در ایفای این مسئولیت باشد. استفاده از مصالح فلزی در مراحل مختلف اعم از تولید فلز، ساخت و آزمایش بعضاً وابسته به واردات خارجی بوده و از دیدگاه کلان اقتصادی مطلوب نیست.

در سال‌های اخیر در ایران استفاده از مصالح فلزی در ساخت برخی از سازه‌های خاص تبدیل به استفاده از مصالح بتنی شده است. از جمله این سازه‌ها برج‌های خنک‌کن نیروگاه‌های حرارتی بوده که ساخت آن از مصالح فلزی با تکنولوژی روسی تبدیل به استفاده از مصالح بتن با تکنولوژی بومی گردیده است. اولین برج خنک‌کن که با این تکنولوژی ساخته شده است، برج خنک‌کن نیروگاه شهید منتظری در اصفهان می‌باشد. همچنین در ساخت مخازن سوخت نیروگاه‌های ایرانشهر و همدان نیز از مصالح بتنی استفاده شده است.

یکی از پروژه‌های مهم زیربنایی و استراتژیک در کشور ایران ساخت و بهره‌برداری از مخازن ذخیره سوخت می‌باشد. لزوم توسعه و پیشرفت هر چه بیشتر این پروژه‌ها در کشور و همچنین عوامل دیگری مانند پدافند غیرعامل پتانسیل‌های استفاده از تکنولوژی مصالح بتنی را در ساخت سازه‌های پروژه‌های مذکور افزایش می‌دهد. تجربیات کشورهایی مانند نروژ، چین و ویتنام در ساخت مخازن بتنی سوخت مورد توجه است.

ویژه‌نامه حاضر با هدف انتقال تجربیات و دانش موجود در شرکت بلندپایه در زمینه طراحی و ساخت مخازن بتنی سوخت آماده شده است. این تجربیات همچنین در اولین کنفرانس ذخیره‌سازی و مخازن نفت و گاز که در تاریخ ۳۰ مهر و ۱ آبان ۱۳۹۲ برگزار شده است، در قالب شش عنوان مقاله توسط مجموعه بلندپایه ارائه شده است.

در پایان ضمن تشکر از عوامل و دست‌اندرکاران کنفرانس مذکور، امید است با برگزاری کنفرانس‌ها و همایش‌های علمی مشابه و حضور هر چه بیشتر فعالان حوزه ذخیره‌سازی و مخازن نفت و گاز، شاهد برداشتن گام‌های مؤثر در ارتقاء دانش و تکنولوژی و همچنین بومی سازی این صنعت باشیم.

مدیرعامل شرکت بلندپایه

مقایسه معیارهای فنی و اقتصادی مهم برای انتخاب بین مصالح فلزی و بتنی در احداث مخازن با ظرفیت ۵۰۰ هزار بشکه [۱]

محمود کتابچی[۱]، آرش صادقی[۲]، امیر امیری‌دیبا[۳]
[۱] معاون برنامه‌ریزی و اقتصادی شرکت بلندپایه
[۲] معاون مهندسی شرکت بلندپایه
[۳] کارشناس ارشد فنی شرکت بلندپایه

چکیده

با توجه به تجربه شرکت بلندپایه در طراحی و ساخت مخازن سوخت، مقایسه جامعی در مورد ده معیارهای مهم فنی و اقتصادی برای احداث مخازن سوخت با ظرفیت حدود ۵۰۰ هزار بشکه (۸۰,۰۰۰ مترمکعب) و انتخاب بین مصالح فلزی و بتنی انجام شده است. نتایج مقایسه نشان داده است در هشت معیار سرمایه‌گذاری اولیه احداث، مسائل کلان اقتصادی، مصرف انرژی در حین ساخت، زمان اجرای پروژه، مساحت زمین مورد نیاز، یخ زدگی و تمهیدات حرارتی، خوردگی در محیط اسیدی، خوردگی در شرایط محیطی و ایمنی و امنیت احداث مخزن بتنی اولویت داشته است. در یک مورد نشتی و حفاظت محیط زیست احداث مخزن فلزی اولویت داشته و در یک مورد تجهیزات جانبی اولویت یکسان بدست آمده است.

کلمات کلیدی: مخازن سوخت، مخزن فلزی، مخزن بتنی، مقایسه فنی و اقتصادی، بلندپایه

---

[۱] **مقاله اولین کنفرانس ذخیره‌سازی و مخازن نفت و گاز –سالن همایش‌های دانشگاه شهید بهشتی –۳۰ مهر و ۱ آبان ۱۳۹۲ - ارائه شفاهی**

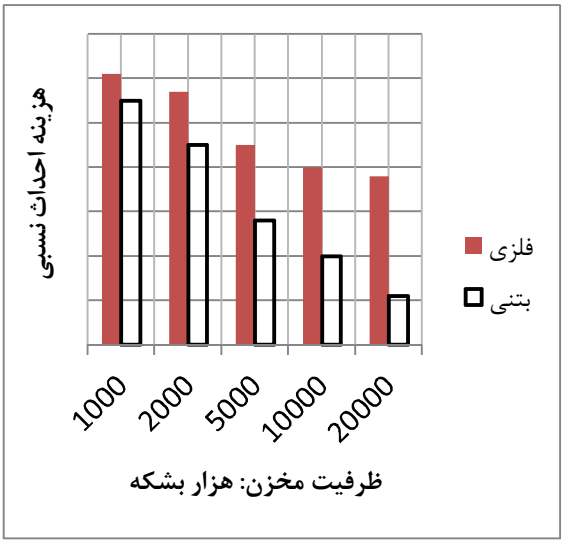
۱- مقدمه

پیشرفت روزافزون تکنولوژی ساخت سازه‌های بتنی و مزیت‌های فراوان اینگونه سازه‌ها، ضرورت استمرار مطالعه و بررسی امکانپذیری احداث مخازن بتنی را جهت نیل به اهداف فنی اعم از دستیابی به سازه‌های برتر از نظر ایمنی، امنیتی، دوام، کیفیت، انعطاف‌پذیری، افزایش سرعت و کمیت در اجرا و همچنین اهداف اقتصادی اعم از کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری، کاهش واردات و صرفه‌جویی ارزی، امکان استفاده از خدمات مهندسی داخل کشور، استفاده از مواد و مصالح محلی، افزایش اشتغال‌زایی، کاهش آلودگی محیط اجتناب‌ناپذیر می‌نماید.

با توجه به این نیاز، مقایسه جامعی در مورد معیارهای مهم و نقاط قوت و ضعف مخازن فلزی و بتنی مانند موارد فنی، اجرایی، مالی، اقتصادی، بهره‌برداری، نگهداری و ایمنی انجام گرفته است؛ تا بتواند برای تصمیم‌گیری در انتخاب بهینه مورد استفاده قرار گیرد. در ادامه معیارهای مهم برای تصمیم‌گیری در مورد مخازن فلزی یا بتنی با حجم حدود ۶۰,۰۰۰ تا ۹۰,۰۰۰ مترمکعب مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲- کاهش هزینه‌های احداث

اختلاف هزینه احداث مخازن فلزی و بتنی برای مخازن با احجام مختلف یکسان نمی‌باشد. در شکل شماره ۱ که توسط شرکت M&R سازنده مخازن ذخیره نفت خام در آفریقای جنوبی ارائه گردیده است، این اختلاف هزینه برای احجام از یک میلیون تا ۲۰ میلیون بشکه نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود در احجام بالا تفاوت هزینه احداث مخازن بتنی با فلزی محسوس‌تر می‌باشد، بطوریکه در مخازن ۱۰ میلیون بشکه‌ای نسبت هزینه‌های مذکور به نصف و در مخازن ۲۰ میلیون بشکه‌ای به یک‌سوم می‌رسد.



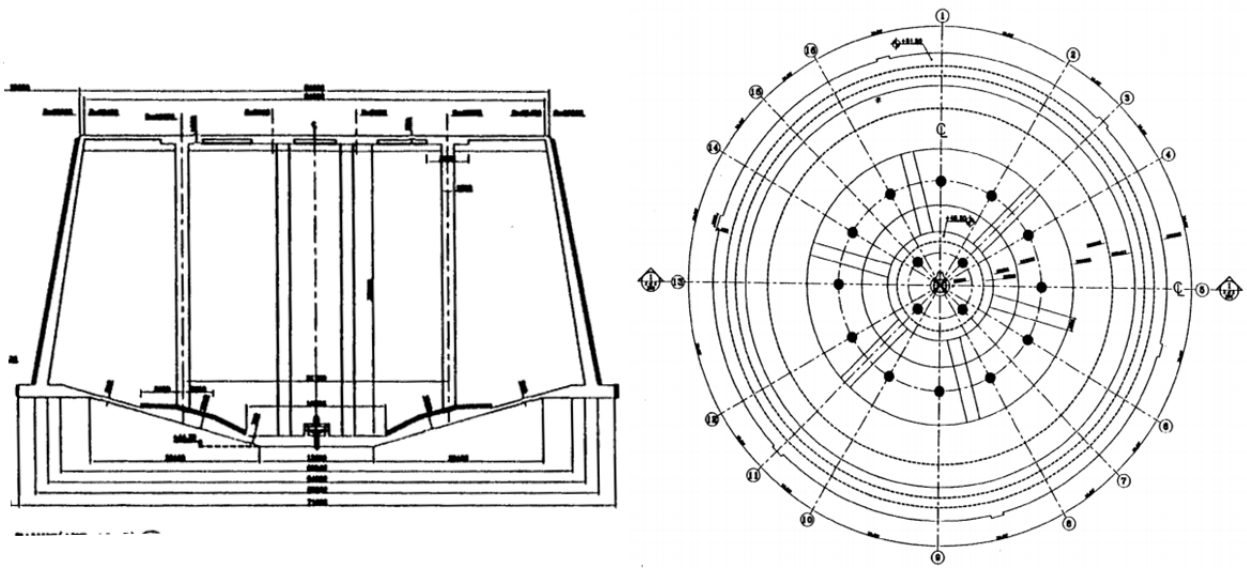
شکل ۱ مقایسه نسبی هزینه احداث مخازن بتنی و فلزی در ظرفیت‌های مختلف

اگر در همین نمودار روند کاهش اختلاف هزینه احداث مخازن بتنی و فلزی را در سمت احجام کمتر از یک میلیون بشکه پیش‌بینی نماییم، در حدود احجام ۵۰۰ هزار بشکه (۸۰,۰۰۰ مترمکعب) اختلاف ناچیز هزینه‌ها دور از انتظار نخواهد بود. برای بررسی صحت این پیش‌بینی نتایج برآورد هزینه‌های احداث مخازن با حجم ۵۰۰ هزار بشکه ارائه می‌شود. در این برآوردها جهت سهولت در مقایسه، هزینه‌های مشترک در بخش‌های مکانیک، برق و ابزار دقیق و همچنین ضرایب منطقه‌ای و بالاسری در نظر گرفته نشده است.

الف) برآورد هزینه احداث مخزن بتنی:

فرضیات این برآورد عبارتست از: اجرای کف مخزن با جزئیات خاص (ژئوممبرین و...)، اجرای دیوار مخزن با قالب لغزنده، عملیات خاکبرداری و خاکریزی برای اجرای فونداسیون در حد متعارف، لحاظ انجام عملیات هیدروتست.

شکل شماره ۲ نمایی از پلان و مقطع مخزن بتنی را نشان می‌دهد. برآورد انجام شده برای این مخزن برابر سه میلیون دلار بوده است.



شکل ۲ پلان و مقطع مخزن بتنی با ظرفیت ۵۰۰ هزار بشکه (۸۰،۰۰۰ مترمکعب)

ب) برآورد هزینه احداث مخزن فلزی

فرضیات این برآورد عبارتست از: ثابت بودن سقف مخزن، عملیات خاکبرداری و خاکریزی برای اجرای فونداسیون در حد متعارف، لحاظ کردن هزینه اجرای Dyke Wall و جاده‌های پیرامونی، در نظر گرفتن هزینه اجرای رنگ و سندبلاست، لحاظ انجام عملیات هیدرو تست .

برآورد انجام شده نشان داده است که مقدار ۱،۳۰۰ تن فلز برای این مخزن لازم بوده و هزینه آن در حدود ۳٫۲ میلیون دلار بوده است.

همانگونه که ملاحظه می‌شود در حدود احجام مخازن مورد نظر، با فرضیات ذکر شده، اختلاف هزینه قابل توجهی به چشم نمی‌خورد. اما با بکارگیری روش‌های اجرایی دیگر می‌توان در هزینه و زمان انجام پروژه صرفه‌جویی به عمل آورد. از جمله این روش‌ها استفاده از اعضای پیش‌ساخته بتنی و ترکیب آن با بتن درجا جهت ایجاد یکپارچگی و آب‌بندی درزها می‌باشد. در مورد مخازن فلزی نیز می‌توان از تکنیک ساخت و بالابری توأم استفاده نمود.

۳- مسائل اقتصادی و صرفه‌جویی انرژی

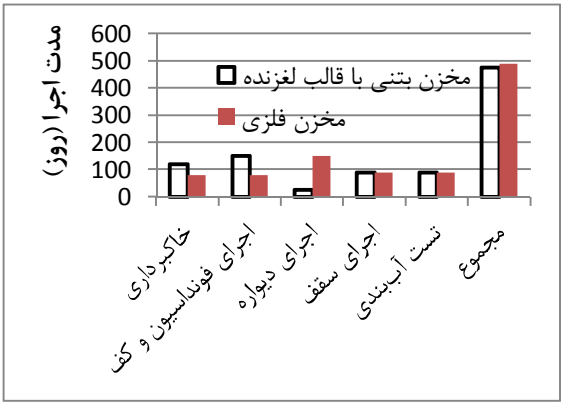
با توجه به اطلاعات ساخت و بهره‌برداری مخازن بتن مسلح نگهداری نفت، محصولات نفتی و گاز مایع در شوروی سابق که توسط انستیتو BHUUПK ارائه گردیده است، مصرف انرژی در احداث مخازن بصورت بتنی کمتر از فلزی می‌باشد.

در احداث سازه‌های بتنی علاوه بر استفاده از مواد و مصالح محلی (از قبیل شن، ماسه و سیمان) که در کشور به وفور یافت می‌شود، اشتغال‌زایی بیشتری در زمینه‌های مختلف در کشور ایجاد می‌شود.

۴- مدت زمان اجرای مخازن

با توجه به تجربیات و نمونه‌های موجود در خصوص مخازن فلزی و بتنی، مدت زمان اجرای هر یک از اجزای مخزن در دو حالت مذکور متفاوت می‌باشد. شکل شماره ۳ مقایسه‌ای از زمان اجرای اجزای مختلف مخزن ۵۰۰ هزار بشکه‌ای را نشان می‌دهد.

بطور کلی زمان مورد نیاز برای اجرای مخازن در دو حالت تفاوت چندانی با یکدیگر ندارد اما با استفاده از تکنیک‌های خاص مانند قالب لغزنده یا بهره‌گیری از المانه‌های پیش‌ساخته در مخازن بتنی و همچنین سیستم ساخت و بالابری توأم در مخازن فلزی، می‌توان زمان اجرای مخزن را به نحو قابل ملاحظه‌ای کاهش داد.



شکل ۳ مقایسه مدت اجرای اجزای مختلف مخزن ۵۰۰ هزار بشکه در دو حالت بتنی و فلزی

۵- مساحت زمین مورد نیاز

مساحت زمین مورد نیاز برای احداث مخازن فلزی و بتنی از جوانب مختلف قابل توجه می‌باشد:

الف) سطح اشغال مخازن در پلان

جهت تأمین حجم هندسی مورد نیاز یک مخزن، می‌توان به ترکیبات متفاوتی از سطح پلان و ارتفاع دست یافت. بدیهی است که با توجه به عوامل گوناگونی از جمله محدودیت‌های سازه‌ای، ملاحظات اقتصادی و نحوه بهره‌برداری از مخزن، بایستی راه‌حل بهینه انتخاب شود.

در مخازن بتنی از آنجا که امکان تقویت سازه‌ای لازم از طریق تغییر در هندسه و افزایش ضخامت دیواره و کف و مقادیر آرماتورهای مسلح کننده و پس‌تنیدگی وجود دارد، افزایش ارتفاع مخزن و به تبع آن کاهش سطح اشغال در پلان با سهولت بیشتری قابل انجام می‌باشد. استاندارد API650 محدودیت‌هایی را برای قطر و ارتفاع مخازن فلزی در نظر گرفته است. با عنایت به این موضوع و محدودیت‌هایی که در ساخت و اجرا وجود دارد، ارتفاع بلندترین مخازن فلزی موجود به ۱۸ تا ۱۹ متر محدود گشته و بدین لحاظ سطح اشغال مخازن فلزی در پلان با توجه به محدودیت ارتفاع، می‌تواند بیشتر از مخازن بتنی باشد. یکی از دلایل محدودیت ارتفاع مخازن فلزی، محدودیت حداکثر ضخامت ورق‌ها با توجه به عملیات خم‌کاری آنها می‌باشد.

در مواردی که بهره‌گیری از چند مخزن مجاور یکدیگر مورد نظر باشد، به دلیل انتقال حرارت کمتر در جداره‌های بتنی، با توجه به ضوابط ایمنی مربوط به انفجار، آتش‌سوزی و خطر انتقال آتش، فاصله مخازن بتنی مجاور از یکدیگر می‌تواند در مقایسه با مخازن فلزی کمتر باشد و سطح اشغال کلی را کاهش دهد.

در صورتیکه استفاده از مخازن مدفون مد نظر قرار گیرد، به دلیل وجود خاک بین دیواره‌ها، ریسک خطر انتقال آتش به مخازن مجاور بسیار کاهش یافته و فاصله بین مخازن مدفون می‌تواند در مقایسه با مخازن روزمینی محدودیت کمتری داشته باشد. بنابراین مخازن بتنی به دلیل امکان اجرا کردن آنها بصورت مدفون، مزیت خواهند داشت.

به دلیل نیاز مخازن فلزی به دیوار بتنی پیرامونی اضافی (Dyke Wall) که مانع از جاری شدن سیال و یا منفجر شدن مخزن در هنگام حریق می‌شود، سطح اشغال واقعی مورد نیاز برای هر مخزن بیش از سطح پلان مخزن به تنهایی بوده و این امر موجب افزایش نسبی سطح اشغال مخازن فلزی در مقایسه با مخازن بتنی می‌گردد.

ب) سطح مورد نیاز جهت تجهیز کارگاه

مهمترین فضاهای مورد نیاز جهت اجرای مخزن بتنی، بچینگ اصلی و یدکی، محل دپوی مصالح، آزمایشگاه، کارگاه خم و برش آرماتور، انبار روباز برای نگهداری تجهیزات پس‌تنیدگی و در صورت پیش‌ساخته بودن سقف، فضایی جهت ساخت، عمل‌آوری و دپوی قطعات پیش‌ساخته خواهد بود.

در مخازن فلزی انبار سرپوشیده دپوی ورق‌ها و کارگاه ماشین‌کاری و جوشکاری از جمله فضاهای اصلی مورد نیاز می‌باشد.

هرچند سطح دقیق مورد نیاز تجهیز برای ساخت هریک از دو نوع مخزن بتنی و فلزی به حجم و ابعاد مخزن و مقتضیات خاص طراحی بستگی دارد، اما بصورت عمومی می‌توان سطح تجهیز کارگاه برای مخزن بتنی را بیشتر از فلزی دانست.

۶- بهره‌برداری و نگهداری

موضوع بهره‌برداری از مخازن و نگهداری آنها به نحوی که در طول عمر مفید تعیین شده برای آنها قابلیت بهره‌برداری خود را حفظ نمایند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. به منظور مقایسه مخازن بتنی و فلزی از این دیدگاه و روشن نمودن مزایا و معایب هر کدام، توجه به موارد ذیل ضروری به نظر می‌رسد.

الف) یخزدگی و تمهیدات حرارتی

ضریب انتقاب حرارت در فولاد α=790 و در بتن α=16.5 وات بر متر درجه کلوین می‌باشد. بدین معنی که فولاد از نظر انتقال حرارت به مراتب رساناتر از بتن می‌باشد. همچنین دیواره مخازن بتنی چند برابر ضخامت ورق‌های فولادی مخازن فلزی است. با توجه به این امر، در فصل زمستان و در دمای زیر صفر، انتقال حرارت در مخارن بتنی به راحتی مخازن فلزی صورت نمی‌گیرد و در نتیجه سیال داخل مخازن بتنی بخصوص در صورت مدفون بودن آنها، در معرض یخزدگی قرار نخواهد گرفت. در صورتی که در مخازن فلزی جهت جلوگیری از یخزدگی سیال باید حتماً تمهیدات Heat Tracing در نظر گرفته شود.

بطور کلی در دمای پایین، سیالات با ویسکوزیته بالا (از جمله مازوت) روانی خود را از دست داده و پمپاژ آنها با مشکل مواجه می‌شود. بدین لحاظ در بسیاری از مناطق سردسیر، عملیات حرارتی بر روی سیال با ویسکوزیته بالا، اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. لذا با عنایت به تفاوت ضریب انتقال حرارتی فولاد و بتن و اختلاف ضخامت دیواره و سقف در دو نوع مخزن مذکور، میزان عملیات حرارتی و انرژی لازم جهت گرم نمودن سوخت، در مخازن بتنی بسیار کمتر از مخازن فلزی خواهد بود.

همچنین برای ایجاد هم‌دمایی (یکسان نمودن دمای نقاط مختلف) در سوخت داخل مخزن بخصوص در مناطق سردسیر و سوخت‌های با ویسکوزیته بالا، معمولاً از میکسر و یا اجکتور استفاده می‌شود تا سوخت در مخزن به جریان بیفتد و توزیع دما در آن یکنواخت گردد. در این شرایط مخازن فلزی که در آنها انتقال حرارت بیشتری از طریق دیوارها انجام می‌گیرد، توزیع دمای سوخت داخل مخزن از تغییرات دمای محیط تأثیر بیشتری پذیرفته و لذا نیازمند تمهیدات بیشتری جهت هم‌دما نمودن می‌باشد.

ب) خوردگی در محیط اسیدی درون مخزن

برخی از سوخت‌های هیدروکربنی حاوی درصدی گوگرد بوده و ممکن است در اثر ترکیب با آب احتمالی موجود در سوخت تولید اسید نمایند. ورق‌های فولادی کف مخازن فولادی معمولاً در محیط اسیدی ایجاد شده، دچار خوردگی (Corrosion) شده و بعد از مدتی باید نسبت به تعمیر یا تعویض آنها اقدام نمود؛ و لذا به جهت جلوگیری از خوردگی زودرس، تا ارتفاع حداقل یک متر داخل مخازن فلزی لاینینگ می‌شود. در مقابل با فرض ارضای شرایط فنی و اجرایی مناسب برای مخازن بتنی، احتمال نفوذ مواد خورنده به جسم بتن و خوردگی آرماتورها بسیار پایین بوده و لذا نگهداری مخازن بتنی از این لحاظ آسان‌تر و کم‌هزینه‌تر می‌باشد.

ج) خوردگی در معرض شرایط محیطی

با توجه به خواص ذاتی بتن، هزینه‌های بازرسی، تعمیرات و حفاظت درازمدت در مقابل خوردگی و زنگ‌زدگی ناشی از شرایط محیطی و آب و هوایی در مخازن بتنی کمتر از مخازن فلزی است. ملاحظات زیر در ارتباط با مخازن فلزی و بتنی قابل ذکر می‌باشد:

مخازن فلزی: در مخازن فلزی جهت مقابله با خوردگی استفاده از روش‌هایی از قبیل اجرای انواع روکش‌ها و پوشش‌ها و یا حفاظت کاتدی الزامی می‌باشد و در طول دوره بهره‌برداری نیز بطور مستمر نیازمند بازرسی‌های دوره‌ای و تعمیرات مداوم می‌باشد.

مخازن بتنی: در مخازن بتنی جهت تأمین شرایط بهره‌برداری و جلوگیری از ایجاد و گسترش خوردگی بایستی عوامل زیر مدنظر قرار گیرند: تأمین پوشش کافی بتن روی میلگرد، محدود کردن عرض ترک در مقابل نیروهای وارده، کنترل ترک‌های حرارتی با تأمین آرماتور حرارتی و اجرا جزئیات اجرایی لازم، محدود کردن حداکثر

فواصل میلگردها برای شرایط محیط مختلف، محدود کردن حداقل دیواره مخزن و اجزای فرعی داخلی، تأمین تراکم و نفوذپذیری بتن با توجه به نسبت آب به سیمان و نوع و میزان افزودنی‌ها در بتن.

بدین ترتیب با تأمین شرایط و مشخصات فوق که در مرحله طراحی و اجرا (قبل از شروع بهره‌برداری) امکانپذیر می‌باشد، می‌توان از بهره‌برداری مناسب مخزن بتنی با حداقل نیاز به تعمیرات مستمر و دوره‌ای اطمینان حاصل نمود.

۷- ایمنی و امنیت

لازم است مخازن ذخیره سوخت از امنیت کافی برخوردار باشند. یکی از بهترین راه‌های تأمین امنیت مخازن، مدفون ساختن آنهاست؛ که در این صورت خطر انفجار، اقدامات خرابکارانه، آتش‌سوزی و غیره به حداقل خواهد رسید. مخازن فلزی را به دلیل نیاز به تعمیرات مستمر نمی‌توان مدفون ساخت اما مخازن بتنی را می‌توان بصورت مدفون اجرا نمود.

در صورت وقوع حریق در مخازن فلزی، در هر لحظه امکان انفجار مخزن و یا ذوب شدن دیواره وجود دارد. لذا جهت جلوگیری از جاری شدن سیال داخل مخزن به بیرون از آن در هنگام حریق باید مبادرت به احداث یک دیواره بتنی (Dyke Wall) دور تا دور مخزن نمود. حداقل ارتفاع دیواره مذکور 1.8 m بوده و مطابق استاندارد NFPA ارتفاع و ابعاد دیوار در پلان باید بگونه‌ای باشد که در صورت نیاز بتوان تمام حجم سیال را در آن جای داد. در زیر برخی از مزایای مخازن بتنی از لحاظ ایمنی و مسائل امنیتی آورده شده است:

الف) حفاظت در مقابل حریق

جهت حفاظت مخزن و مستحدثات پیرامونی آن در مقابل حریق، شعاع حرارتی در اطراف مخزن معمولاً به میزان دو برابر قطر مخزن در نظر گرفته می‌شود. در هنگام آتش‌سوزی کلیه مستحدثات و تجهیزات موجود در شعاع مذکور تحت تأثیر حرارت ناشی از آتش بوده و بایستی اقدام لازم جهت جلوگیری از ایجاد خطرات و خسارات ثانویه و افزایش دامنه حریق به عمل آید. بدیهی است که بتن مسلح و اجزای آن به مراتب در مقابل آتش‌سوزی مقاوم‌تر از اعضای فولادی می‌باشند.

ب) حفاظت در مقابل انفجار

در برخی از سایت‌های صنعتی و مخازن حاوی مایعات پرخطر، نمی‌توان احتمال وقوع انفجار را به صفر رسانید و در صورت وقوع چنین پیشامدی، سازه‌هایی که در شعاع تأثیر نیروی دینامیکی آن هستند در معرض خطر قرار می‌گیرند. از آنجا که بتن مسلح در مقایسه با فولاد مقاومت قابل ملاحظه‌ای در برابر شرایط لحظه‌ای و ضربه‌های ناشی دارا می‌باشد، معمولاً برای حفاظت و مقاومت در برابر اینگونه خطرها انتخاب می‌شود.

ج) حفاظت در مقابل رعد و برق

لازم است سازه در مقابل خسارات آتش‌سوزی ناشی از رعد و برق ایمنی کافی را داشته باشد. مخازن فلزی به دلیل رسانا بودن، بیشتر در معرض خطر رعد و برق می‌باشد؛ در صورتی که مخازن بتنی رسانای جریان الکتریسیته نبوده و خطر کمتری آنها را تهدید می‌کند.

۸- تجهیزات جانبی

در تجهیزات جانبی مخازن بتنی و فلزی تفاوت عمده‌ای وجود ندارد. با توجه به اینکه این مخازن وظیفه ذخیره‌سازی سیال را به عهده دارند، تجهیزاتی نظیر پمپ‌های انتقال سوخت، تجهیزات اطفاء و اعلام حریق و تجهیزات نمایشگر دمای و فشار داخل مخزن و همچنین سطح سیال برای هر دو نوع مخازن بتنی و فلزی می‌بایست وجود داشته باشد.

۹- نشتی و حفاظت محیط زیست

در مخازن فلزی با بکارگیری روش‌های حفاظت در مقابل خوردگی (پوشش داخلی، حفاظت کاتدیک و غیره) از سوراخ شدن مخزن و نشت سوخت جلوگیری می‌شود و لذا نیازی به استفاده از پوشش‌های نفوذناپذیر مانند

ژئوممبرین در زیر مخزن فلزی نمی‌باشد. اما در مخازن بتنی علیرغم بکارگیری تمهیدات لازم جهت کنترل عرض ترک‌ها و آب‌بند نمودن آنها، در جهت اطمینان، سیستم جمع‌آوری نشتی احتمالی در زیر و اطراف مخزن پیش‌بینی می‌شود تا منجر به آلودگی محیط زیست نگردد. در این خصوص استفاده از پوسته‌های غشائی غیرقابل نفوذ (Impermeable Membranes) در زیر مخازن بتنی معمول می‌باشد و ناحیه اطراف و مرزهای مخزن نیز با یک لایه خاک غیرقابل نفوذ و یا غشاء محافظ پوشیده می‌شود.

۱۰- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

معیارهای مهم فنی و اقتصادی در انتخاب بین مخازن بتنی و فلزی در احجام حدود ۵۰۰ هزار بشکه مورد بررسی قرار گرفت. جدول شماره ۱ خلاصه‌ای از موارد ذکر شده را نشان می‌دهد.

با توجه به جمع‌بندی ارائه شده در جدول شماره ۱ از نقطه نظر معیارهای فنی و اقتصادی معرفی شده و در حدود ظرفیت ۵۰۰ هزار بشکه، احداث مخزن بتنی اولویت بالاتری دارد. البته باید توجه نمود که به منظور انتخاب بهینه، همواره مقایسه دقیق معیارهای مهم برای هر پروژه لازم می‌باشد.

جدول ۱ مقایسه کلی معیارهای فنی و اقتصادی مخازن بتنی و فلزی در احجام حدود ۵۰۰ هزار بشکه

	مخزن فلزی	مخزن بتنی	جمع‌بندی
سرمایه‌گذاری اولیه احداث	حدود ۳٫۲ میلیون دلار	حدود ۳ میلیون دلار	مخزن **بتنی** اولویت دارد
مسائل اقتصادی	نیاز به واردات	افزایش اشتغال‌زائی	مخزن **بتنی** اولویت دارد
مصرف انرژی در حین ساخت	بیشتر	کمتر	مخزن **بتنی** اولویت دارد
زمان اجرای پروژه	حدود ۵۰۰ روز	حدود ۴۷۵ روز (امکان کاهش زمان دارد)	مخزن **بتنی** اولویت دارد
مساحت زمین مورد نیاز	بیشتر	کمتر	مخزن **بتنی** اولویت دارد
یخ زدگی و تمهیدات حرارتی	نیاز به انرژی و تمهیدات بیشتر	نیاز به انرژی و تمهیدات کمتر	مخزن **بتنی** اولویت دارد
خوردگی در محیط اسیدی	هزینه بیشتر برای نگهداری	هزینه کمتر برای نگهداری	مخزن **بتنی** اولویت دارد
خوردگی در شرایط محیطی	تعمیرات دوره‌ای بیشتر	تعمیرات دوره‌ای کمتر	مخزن **بتنی** اولویت دارد
ایمنی و امنیت	خطرات بیشتر	خطرات کمتر	مخزن **بتنی** اولویت دارد
تجهیزات جانبی	تفاوتی ندارد	تفاوتی ندارد	اولویت یکسان
نشتی و حفاظت محیط زیست	احتمال نشتی کمتر	احتمال نشتی بیشتر	مخزن **فلزی** اولویت دارد

۱۱- مراجع

۱- گزارش‌های فنی و اقتصادی مقایسه مخازن سوخت شرکت بلندپایه، ۱۳۸۵

انتخاب شکل و ابعاد بهینه مخازن ذخیره سوخت بتنی مدفون (مطالعه موردی مخازن همدان و ایرانشهر و مارون) [۱]

علی اکبر نجفی[۱]، بهمن حقیقی پوده[۲]، محمد صالحی[۳]، مریم خدیور[۴]
[۱]مشاور مدیرعامل شرکت بلندپایه
[۲]مدیر بخش طراحی سازه شرکت مهندسین مشاور طرح و توسعه بلندپایه
[۳]کارشناس‌ارشد طراحی شرکت مهندسین مشاور طرح و توسعه بلندپایه
[۴]کارشناس ارشد فنی شرکت بلندپایه

چکیده

انتخاب شکل هندسی مخزن اولین گام در فرآیند طراحی آن محسوب می‌شود. این انتخاب به عوامل مختلفی همچون میزان فضای در دسترس، محدودیت ارتفاع، مسایل ژئوتکنیکی، سطح آب‌های زیرزمینی، مسائل اقتصادی و اجرایی بستگی دارد و باید سعی شود که با در نظر گرفتن جمیع جهات انتخاب بهینه صورت پذیرد. در این مقاله در ابتدا برخی از انواع اشکال موجود برای المان‌های اجرایی مخازن بتنی شرح داده شده و در ادامه چند نمونه از تجربیات شرکت بلندپایه در خصوص نحوه انتخاب شکل و ارتفاع بهینه مخازن بتنی سوخت نیروگاه‌های همدان و ایرانشهر و مخازن استراتژیک ذخیره نفت خام مارون بیان می‌گردد. این انتخاب‌ها بر اساس بررسی‌های فنی - اقتصادی و پارامترهای تأثیرگذار و خاص هر پروژه صورت پذیرفته است. نتایج نشان داده است که برای انتخاب مخازن با ارتفاع کمتر از ۱۵ متر و تحت تأثیر بارهای حرارتی اندک، شکل مخزن مدور بهینه است. در صورتی که مخزن مورد نظر دارای شرایط خاص (مانند بار حرارتی زیاد، سقف گنبدی شکل، مجهز به سیستم‌های خاص و...) باشد باید آنالیزهای قیمت و بررسی روش‌های اجرا به شکل دقیق‌تر و با جزئیات بیشتر انجام پذیرد.

کلمات کلیدی: مخازن بتنی مدفون، شکل بهینه، مخزن سوخت همدان، مخزن سوخت ایرانشهر، مخازن نفت خام مارون

---

[۱] **مقاله اولین کنفرانس ذخیره‌سازی و مخازن نفت و گاز - سالن همایش‌های دانشگاه شهید بهشتی – ۳۰ مهر و ۱ آبان ۱۳۹۲ - ارائه شفاهی**

۱- مقدمه

ضرورت احداث مخازن مدفون بتنی در سال‌های اخیر در کشور ما بیش از پیش احساس می‌شود. این مخازن علاوه بر آنکه می‌توانند مشکل کمبود ذخیره‌سازی نفت خام و سوخت را در کشور ما تا حدی زیادی مرتفع سازد، از لحاظ مسائل پدافندی، کمبود فضا در تأسیسات نیروگاهی، ایمنی بالا در مقابله با حوادثی مانند انفجار و آتش‌سوزی نیز مفید و مؤثر خواهد بود. از این‌رو وزارت نفت و نیرو و سایر کارفرمایان درصدد برآمدند تا با اعطای قراردادهایی در قالب طرح و ساخت به پیمانکاران، تا حد امکان این نیاز کشور را برطرف سازند. به عنوان نمونه ای از این پروژه‌های اجرا شده می‌توان به مخازن ذخیره سازی بتنی مارون، کرمان، اصفهان، گوره، همدان و ایرانشهر اشاره نمود. از آنجایی که این مخازن را می‌توان در شکل‌های مختلف طراحی نمود، اولین گام در طراحی آنها، انتخاب شکل هندسی مخزن می‌باشد. از لحاظ هندسی مخازن معمولاً در دو شکل استوانه‌ای و مکعبی ساخته می‌شوند. در ادامه این بخش توضیحاتی در خصوص انواع طرح‌های المان‌های اجرایی دیواره، کف و سقف ارائه می‌گردد.

۲- مقایسه از نظر شکل دیواره

دیواره مخازن معمولاً به دو شکل مستقیم یا مدور ساخته می‌شود. با توجه به وجود نیروهای غشایی کششی در دیواره مخازن دایروی و وجود ضریب طراحی ۱/۶۵ برای مقاطع تحت کشش خالص، به نظر می‌رسد که در این مخازن مقادیر میلگرد بیشتری مورد نیاز می‌باشد. از طرف دیگر در صورتی که نیروهای موجود در دیواره فقط بصورت غشایی باشند و لنگر خمشی حاصل از بارگذاری گرادیان حرارتی وجود نداشته باشد، با توجه به اینکه نیروهای غشایی فقط توسط میلگرد مهار می‌شوند، می‌توان ضخامت بتن کمتری در دیواره لحاظ نمود. همچنین بر اثر زیاد شدن ارتفاع مایع ممکن است به پس تنیدگی دیوار نیاز باشد.

در مخازن با دیواره‌های مستقیم لنگر خمشی در دیواره در محل اتصال به فونداسیون زیاد بوده و نیاز به ضخامت بتن بیشتر می‌شود. همچنین وجود گوشه‌های تیز در این نوع مخازن اشکالات عدیده در طرح و ساخت مخازن مکعبی ایجاد می‌نمایند. تمرکز تنش‌های زیاد در این مناطق و کنترل عرض ترک در گوشه‌ها منجر به مقادیر زیاد میلگرد می‌شود. معمولاً آب‌بندی این مناطق نیز مشکل‌تر بوده و نشت مخازن از این قسمت‌ها محتمل‌تر می‌باشد.لذا در محل برخورد دیواره‌های مخزن مکعب مستطیل ناگزیر به استفاده از نوارهای آب‌بند و بکارگیری تمهیدات خاص هنگام بتن‌ریزی و قالب‌بندی جهت کم کردن نشت خواهیم بود. از طرف دیگر با توجه به تمرکز شدید تنش در محل تقاطع دیواره‌ها، این روش در مناطق با لرزه‌خیزی بالا چندان مناسب نمی‌باشد. ارتفاع دیواره‌ها نیز در مخازن مختلف از تراز آب‌های زیرزمینی و مسایل ژئوتکنیکی منطقه تاثیر می‌پذیرد.

۳- مقایسه از نظر شکل پی

شکل فونداسیون قاعدتاً از هندسه دیواره تبعیت می‌کند لذا نیروهای آن تحت تأثیر نیروهای منتقل شده از دیواره می‌باشند. علاوه بر این هندسه فونداسیون نیز در نیروهای ایجاد شده تاثیرگذار است. در ادامه برخی از انواع طرح‌های موجود برای شکل پی مخازن شرح داده می‌شود.

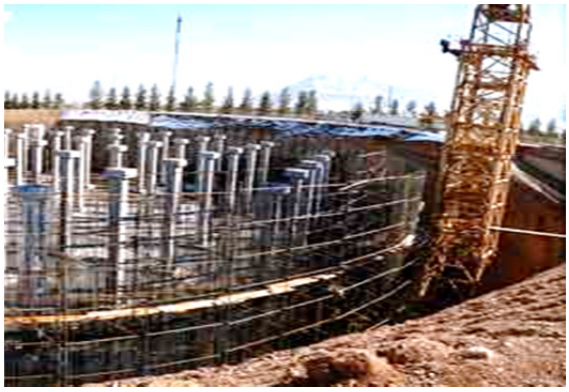
مخزن مستطیلی: مخازن مستطیلی نسبت به سایر اشکال از سهولت بیشتری در اجرای پی برخوردار است. در فونداسیون این مخازن نیروهای خمشی وجود دارد. به عنوان نمونه‌هایی از این مخازن می‌توان به مخازن سوخت بتنی مدفون ۶۰،۰۰۰ مترمکعبی همدان و ایرانشهر اشاره نمود که در تصاویر ۱ و ۲ قابل مشاهده می‌باشند.

شکل ۱ مخزن ۶۰ هزار متر مکعبی همدان

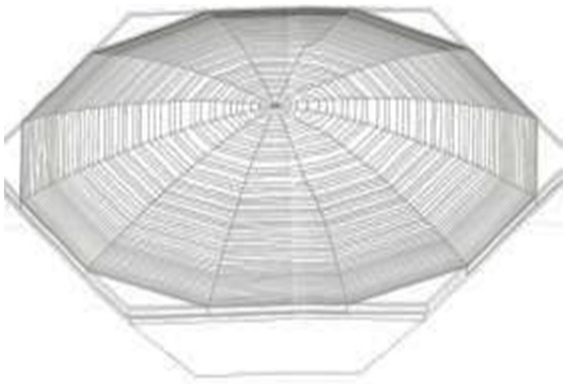
شکل ۲ مخزن ۶۰ هزار متر مکعبی ایرانشهر

مخزن دایروی: در فونداسیون‌های دایروی کلیه آرماتورها باید با شعاع‌های مختلف خم شوند که این امر علاوه بر افزایش صعوبت، هزینه‌های اجرایی را نیز بیشتر می‌کند. مخزن زیرزمینی ۹۰،۰۰۰ مترمکعبی شهید منتظری اصفهان مطابق با تصویر شماره ۳ نمونه‌ای از یک مخزن استوانه‌ای به قطر ۱۰۰ و ارتفاع ۱۲ متر می‌باشد.

مخزن چند وجهی: تصویر شماره ۴ نمونه‌ای از یک مخزن چند وجهی، بتنی و مدفون می‌باشد. این مخزن دارای وجوه شیب‌داری است که به زمین تکیه داده شده‌اند. سقف این مخزن به صورت پوسته اجرا شده و نیاز به ستون را از بین برده است، این سقف فولادی بوده و دارای تیرهای اصلی است که در مرکز گنبد به هم می‌رسند، و تیرهای فرعی اتصال دهندهٔ تیرهای اصلی می‌باشند.

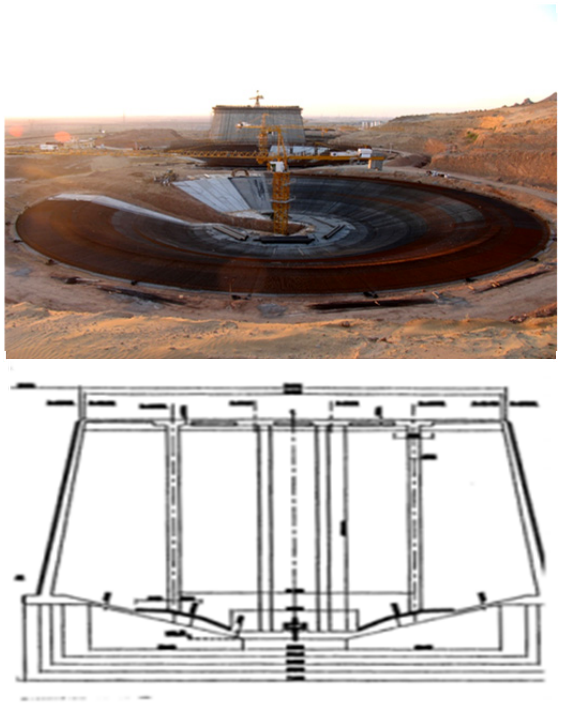


شکل ۳ مخزن استوانه‌ای شهید منتظری اصفهان



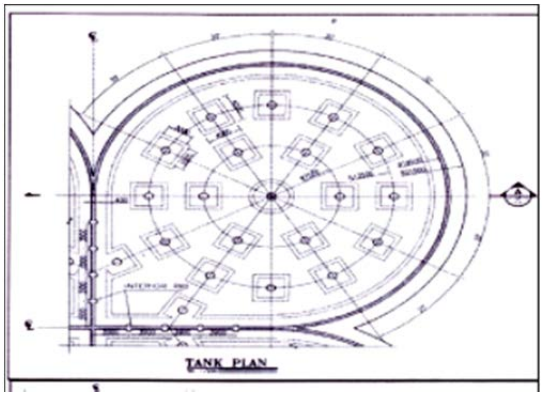
شکل ۴ نمای ایزومتریک مخزن چند وجهی

مخزن دایروی شیبدار: در این مخزن، پلان فونداسیون دایره‌ای بوده ولی دارای دیواره‌های شیب‌داری است که به خاک تکیه دارند. در این حالت که نهایتاً شکلی شبیه یک مخروط ناقص تشکیل می‌شود، بر اثر نیروهای مایع که در امتداد قائم می‌باشند، مولفه‌ای در امتداد سطح فونداسیون تولید می‌شود که منجر به نیروی غشایی می‌گردد. به عنوان نمونه‌ای از این طرح می‌توان به مخازن استراتژیک نفت خام مارون مطابق با تصویر شماره ۵ اشاره نمود.



شکل ۵ مخازن استراتژیک ذخیره سوخت مارون

مخزن گلبرگی: در این طرح که از کنار هم قراردادن چهار مخزن مشابه و جداگانه تشکیل شده، شکلی شبیه گلبرگ ایجاد شده است. نمونه اجرا شده این طرح مخازن سوخت نیروگاه کرمان می‌باشد.



شکل ۶ بخشی از پلان مخازن سوخت کرمان

مخزن شبه بیضوی: این مخزن بیشتر برای تصفیه آب بدین شکل طراحی شده است، ولی در مخازن سوخت نیز گزینه مناسبی برای بررسی به نظر می‌رسد، در این طرح قوس‌های طرفین با اندکی کاهش حجم، سبب کاهش محسوس در بتن‌ریزی دیواره‌ها می‌شود، به بیان دیگر در این طرح نسبت محیط به حجم در مقایسه با طرح مکعب مستطیلی بزرگتر است.

شکل ۷ نمونه ای از یک مخزن شبه بیضوی

۴- مقایسه از نظر شکل سقف

روش‌های متعددی به منظور احداث سقف وجود دارد که در ادامه به برخی از انواع آنها اشاره خواهد شد.

سقف با دال مسطح: در صورت استفاده از دال مسطح می‌توان یکی از دو روش بتن‌ریزی درجا و استفاده از قطعات پیش‌ساخته بتنی را به کار برد. در حالت اول باید از قالب‌بندی در زیر سقف و داربست کافی استفاده نمود. در روش دوم میلگردهای سراسری پایین دال که موازی درز قطعات می‌باشد، در قطعات پیش‌ساخته قرار داده شده و پس از قرارگیری این قطعات روی تیرها، میلگردهای تقویتی و سراسری بالا و پایین اجرا می‌گردد. پس از آن لایه بتن بالایی ریخته می‌شود. برش‌گیرهای تعبیه شده در روی قطعات پیش‌ساخته عملکرد دو لایه بتن را با یکدیگر فراهم می‌آورد. در حقیقت قطعات پیش‌ساخته در اینجا نقش قالب را بازی می‌کنند. از مزایای استفاده از قطعات پیش‌ساخته می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- حذف هزینه قالب‌بندی سقف‌ها و صرفه‌جویی در زمان
۲- امکان اجرای قطعات پیش ساخته همزمان با فعالیت‌های دیگر و تسریع در عملیات اجرایی سقف
۳- امکان استفاده از بتن با کیفیت بهتر در صورتی که عمل‌آوری بتن در کارخانه انجام شود.

همچنین مشکلات استفاده از این روش شامل موارد ذیل می‌باشد:

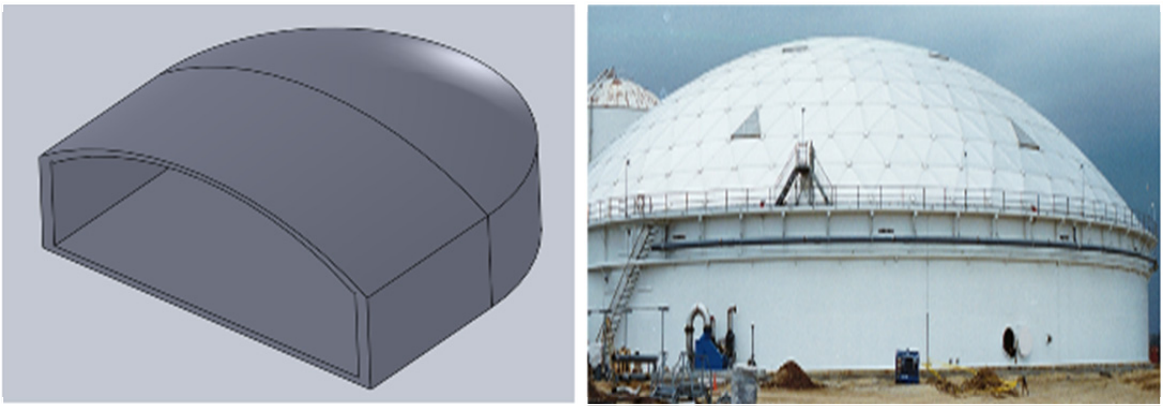
۱- قطعات پیش‌ساخته باید تحمل بارهای حین ساخت را داشته و معمولاً به دلیل فاصله زیاد ستون‌ها و دهانه بزرگ قطعات پیش‌ساخته استفاده از یک یا دو ردیف داربست‌بندی به منظور تأمین تکیه‌گاه‌های اضافی جهت کاهش دهانه و کم کردن لنگر در میانه سقف اجتناب‌ناپذیر است.

۲- به دلیل کاهش عمق موثر میلگردهای تقویتی پایین دال مقدار این میلگردها افزوده می شود. و به طور کلی میزان مصرف آرماتور در روش پیش ساخته بیشتر است.

۳- محلی در کارگاه جهت ساخت و انبار قطعات پیش ساخته نیاز بوده و در صورت ساخت قطعات خارج از کارگاه هزینه حمل و نقل وجود دارد.

۴- تراکم آرماتورها در انتهای قطعات پیش ساخته، عملیات نصب را با مشکل مواجه کرده و تبدیل به یک فعالیت وقت گیر می‌نماید.

سقف گنبدی شکل: بهترین مزیت استفاده از سقف‌های گنبدی حذف ستون‌هاست. در این سقف‌ها تحت اثر بارهای قائم نیروهای غشایی فشاری در پوسته ایجاد می‌شود که به همین علت می‌توان از مقاطع با ضخامت و میلگرد کمتر استفاده نمود. البته علیرغم کاهش حجم بتن و فولاد در سقف، دیوارهای مخزن به شدت تحت تأثیر نیروی اعمال شده از سقف به دیوار قرار می‌گیرد. همچنین در محل اتصال گنبد به سقف نیروهای رانشی بسیار زیادی ایجاد می گردد که انتقال این نیروها به دیواره مدور موجب افزایش بسیار زیاد نیروهای غشایی کششی خواهد شد. معمولاً در زیر گنبد و در بالای دیواره استفاده از یک رینگ تنیده جهت کنترل نیروهای کششی اجتناب‌ناپذیر است. در حالت کلی اجرای سقف‌های گنبدی مشکل بوده و اجرای این روش عمدتاً مقرون به صرفه نخواهد بود.



شکل ۸ نمونه‌ای از یک سقف گنبدی شکل کروی (مدور) و استوانه‌ای

۵- انتخاب شکل بهینه مخزن

همانگونه که از موارد پیش گفته بر می‌آید انتخاب شکل مخزن به موارد متعددی بستگی دارد و باید شرایط هر پروژه به تنهایی مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد. در این بررسی ضروری است علاوه بر اینکه طرح‌های اولیه سازه‌ای طبق آلترناتیوهای مختلف تهیه شده باشد، با مد نظر قرار دادن مسائلی از جمله محل احداث سازه، قیمت مصالح و شرایط اجرایی در منطقه، گزینه بهینه توسط افراد مجرب انتخاب گردد. شایان ذکر است در برخی موارد ممکن است به علت برخی محدودیت‌های پروژه ملزم به رعایت موارد خاصی باشیم که طرح را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به عنوان مثال در مواردی به دلیل محدودیت در فضای سایت و یا تراز آبهای زیرزمینی به اجبار ارتفاع مخزن از مقادیر بهینه فاصله گرفته است.

۶- ارزیابی فنی و اقتصادی طرح‌های مختلف مخازن (مطالعه موردی مخازن امیدیه، همدان و ایرانشهر)

بررسی‌های فنی و اقتصادی جهت انتخاب شکل و ارتفاع بهینه مخازن در شرکت بلندپایه در پروژه‌های مختلف انجام شده و انتخاب بین گزینه‌های مختلف طبق توجیهات مستند صورت پذیرفته است.

الف) مقایسه تأثیر ارتفاع در مخازن مارون

پروژه مخازن استراتژیک ذخیره نفت خام مارون که برای اولین بار در نوع خود در ایران به صورت بتنی طراحی و اجرا می‌گردید، در سال ۱۳۸۱ به شرکت بلندپایه واگذار شد. این پروژه شامل طرح و اجرای دو مخزن بتنی هر یک به ظرفیت ۵۰۰,۰۰۰ بشکه و دو مخزن بتنی دیگر هر یک به ظرفیت ۱,۰۰۰,۰۰۰ بشکه می‌باشد. با توجه به نیازی که در خصوص دستیابی به ابعاد بهینه این مخازن احساس می‌شد در سال ۱۳۸۲ تحقیقی بر روی شکل مخازن صورت گرفت که نتیجه آن انتخاب مخزن بصورت مخروط ناقص و کف شیب‌دار بود. بدین منظور سه مخزن بتنی با ظرفیت ۵۰۰,۰۰۰ بشکه و به ارتفاع‌های ۱۰،۱۵ و ۲۰ متر طراحی و نتایج آن از نظر اقتصادی با یکدیگر مقایسه شدند که نتایج حاصله به شرح ذیل می‌باشد:

۱- در مخزن کوتاه‌تر (ارتفاع ۱۰ متر) به علت گسترده‌تر بودن سطح، هزینه آیتم‌های کفسازی، اجرای فونداسیون و سقف بیشتر از گزینه‌های دیگر می‌باشد. این میزان افزایش هزینه در مقایسه با ارتفاع ۱۵ متر، تأثیری برابر ۴۰ تا ۵۰ درصد را در آیتم‌های خاکبرداری، کفسازی، اجرای فونداسیون و سقف دارا می‌باشد.

۲- در مخزن با ارتفاع بیشتر (ارتفاع ۲۰ متر) به دلیل افزایش نیروهای غشایی حاصل از افزایش نیروی هیدرواستاتیک مایع، حجم میلگرد در دیواره و کف به شدت افزوده شده و ناگزیر به استفاده از سیستم‌های پس‌تنیدگی به منظور مهار نیروهای کششی و کنترل عرض ترک هستیم. در این مخزن، میزان افزایش هزینه آرماتوربندی در فونداسیون و دیواره در مقایسه با مخزن با ارتفاع ۱۵ متر ۳۰ تا ۴۰ درصد خواهد بود.

۳- مخزن با ارتفاع ۱۵ متر هم به لحاظ سطح و هم به لحاظ ارتفاع حالت متعادل‌تری داشته و از نظر اقتصادی بهینه است.

ب) بررسی استفاده از پس تنیدگی در مخازن مارون

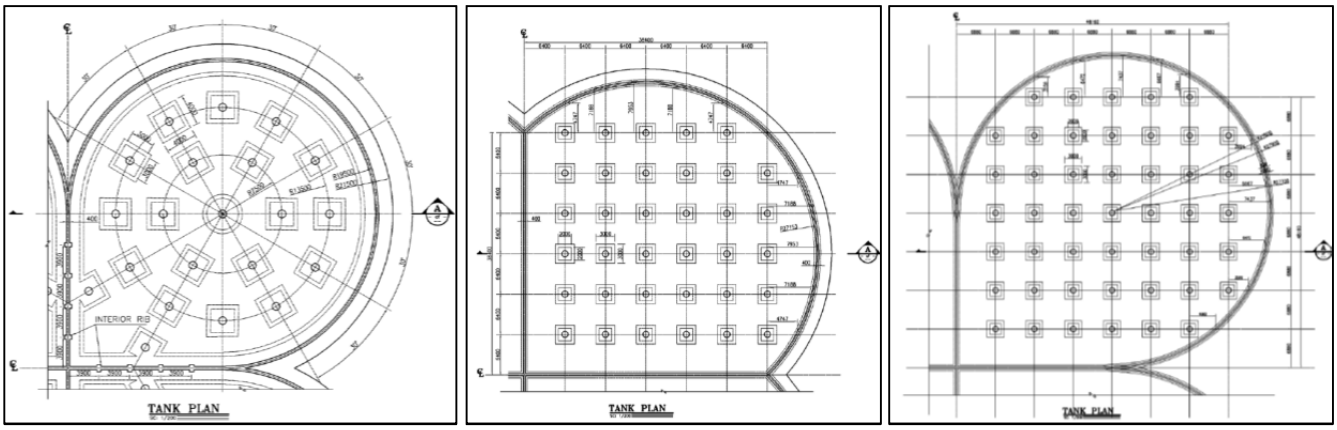
به منظور تعیین بار مالی ناشی از اجرای سیستم پس‌تنیدگی در دیواره های مخازن ۱,۰۰۰,۰۰۰ بشکه‌ای نیز تحقیقی انجام شد. بدین منظور یک مخزن استوانه‌ای به ارتفاع ۱۷ متر و با حجم یک میلیون بشکه انتخاب گردید. سقف این مخزن فلزی قوسی و بدون ستون بود که نیروهای رانشی بسیار زیادی از سقف به دیواره‌ها منتقل می‌گردید. این نیروها تنش‌های کششی غشایی در پوسته استوانه‌ای ایجاد می‌نمود. در یکی از این مدل‌ها کلیه نیروهای غشایی توسط سیستم پس‌تنیدگی و در دیگری فقط به کمک میلگرد مهار شدند. مقایسه مالی این مخازن نشان داد گرچه استفاده از پس‌تنیدگی حدود ۳۰ تا ۳۵ درصد از آرماتوربندی دیواره می‌کاهد، اما اختلاف هزینه زیادی در اجرای این دو مخزن مشاهده نمی‌شود. لذا استفاده از سیستم‌های پس‌تنیدگی باید با تأمل بیشتر و با

مدنظر قرار دادن مشکلات اجرایی آن (از جمله تطویل مدت پروژه، تاخیر در اجرای برخی فعالیت‌ها بعلت رعایت توالی، نیاز به تجهیز بیشتر کارگاه، نیاز به مساحت بیشتر جهت انبار تجهیزات، نیاز به پلتفرم دسترسی در ارتفاع دیواره برای انجام عملیات پس تنیدگی و...) صورت پذیرد.

ج) مقایسه مخازن مکعبی و چهار قوسی در نیروگاه‌های ایرانشهر و همدان

پروژه طراحی و اجرای مخازن بتنی مدفون ۶۰،۰۰۰ مترمکعبی ایرانشهر و همدان در ابتدای سال ۱۳۸۸ به شرکت بلندپایه واگذار گردید. در ابتدای کار طرح مکعبی برای این مخازن انتخاب شد. همچنین سه طرح با ارتفاع مایع ۶ متر، ۸ متر و ۱۱ متر نیز پیشنهاد گردید که پس بررسی‌های انجام شده توسط مدیران هر یک از پروژه‌ها، در مخزن همدان ارتفاع مایع برابر ۶ متر و در مخزن ایرانشهر برابر با ۸ متر در نظر گرفته شد. در مراحل بعدی اجرای کار با توجه به اینکه پیمانکار طرح و ساخت در نظر داشت تا احجام میلگرد مصرفی کاهش یابد، مقرر گردید تا طرح قوسی شکل نیز برای این مخازن کنترل گردد. در این طرح وجوه خارجی مخازن شامل چهار قوس با مراکز مجزا بود که توسط دیوارهای جداکننده به یکدیگر متصل می‌شدند. ارتفاع مایع در این سازه‌ها برابر ۶ متر، ۹ متر و ۱۲ متر مدنظر قرار گرفتند. در تصاویر ۹، ۱۰ و ۱۱ پلان این مخازن مشاهده می‌گردد.

پس از آن احجام آیتم‌های اصلی شامل بتن، قالب، و میلگرد به تفکیک در المان‌های کف، دیوار، ستون و سقف محاسبه شده و مقایسه گردید. جدول ۱ مقایسه این مقادیر در مخازن چهارقوسی و جدول ۲ مقایسه این مقادیر در مخزن مکعب مستطیل را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است در کلیه این سازه‌ها بارگذاری بحرانی عموماً بار گرادیان حرارتی پوسته می‌باشد. این بارها به دلیل پر نمودن مخزن با مایع داغ (جهت سیال شدن) مازوت ایجاد می‌گردد. در این حالت فرض می‌گردد که تفاوت درجه حرارت بین وجوه داخلی و خارجی دیواره $32^{\circ}C$ می‌باشد.



شکل ۹ پلان مخزن چهارقوسی با ارتفاع ۶ متر، ۸ متر و ۱۲ متر مایع

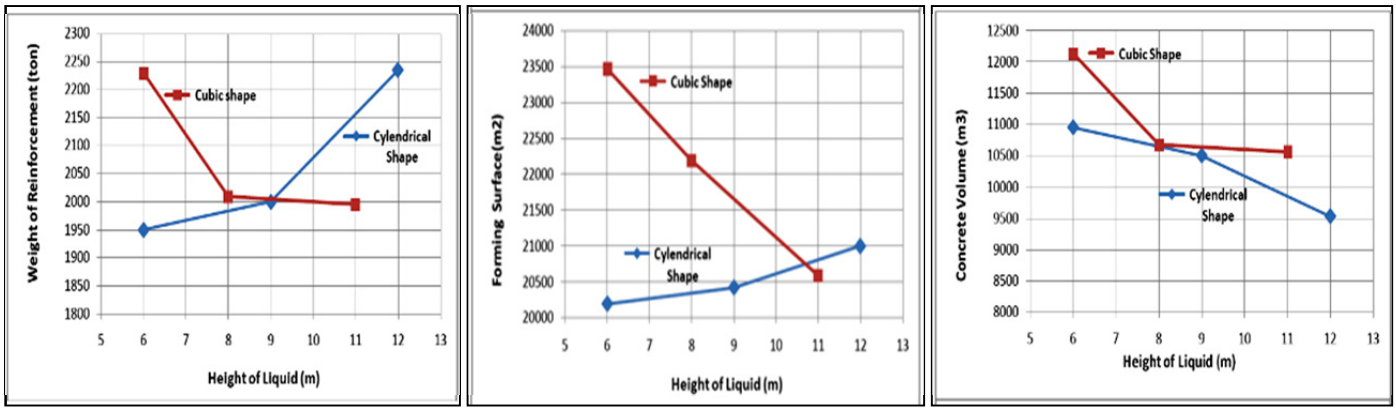
جدول ۱: مقایسه مقادیر مصالح مصرفی مخازن همدان و ایرانشهر در حالت مخزن چهارقوسی با ارتفاعهای مختلف

	بتن (m^3)				قالب (m^2)				میلگرد (ton)			
	کف	دیوار	ستون	سقف	کف	دیوار	ستون	سقف	کف	دیوار	ستون	سقف
آلترناتیو ۱: چهار قوسی با ارتفاع مایع ۶ متر	۴۷۰۰	۱۶۷۵	۳۵۰	۴۲۳۰	۲۴۰	۷۷۰۰	۲۲۵۰	۱۰۰۰۰	۱۰۴۴	۱۸۲	۳۴	۶۹۰
	جمع: ۱۰,۹۵۵				جمع: ۲۰,۱۹۰				جمع: ۱,۹۵۰			
آلترناتیو ۲: چهار قوسی با ارتفاع مایع ۹ متر	۴۴۳۰	۲۲۰۰	۳۸۰	۳۴۹۰	۲۵۰	۱۰۰۰۰	۲۱۷۰	۸۰۰۰	۹۱۰	۵۵۵	۷۰	۴۶۵
	جمع: ۱۰,۵۰۰				جمع: ۲۰,۴۲۰				جمع: ۲,۰۰۰			
آلترناتیو ۳: چهار قوسی با ارتفاع مایع ۱۲ متر	۳۴۰۰	۳۰۰۰	۸۵۰	۲۲۸۰	۲۶۴	۱۲۰۰۶	۳۳۷۰	۵۳۶۰	۷۷۰	۸۲۰	۱۷۰	۴۷۵
	جمع: ۹,۵۳۰				جمع: ۲۱,۰۰۰				جمع: ۲,۲۳۵			

جدول ۲: مقایسه مقادیر مصالح مصرفی مخازن همدان و ایرانشهر در حالت مخزن مکعبی با ارتفاعهای مختلف

	بتن (m^3)				قالب (m^2)				میلگرد (ton)			
	کف	دیوار	ستون	سقف	کف	دیوار	ستون	سقف	کف	دیوار	ستون	سقف
آلترناتیو ۱: مکعبی با ارتفاع مایع ۶ متر	۴۹۰۰	۲۴۷۰	۳۷۰	۴۴۰۰	۱۳۳۰	۸۲۲۰	۲۴۵۰	۱۱۴۶۰	۸۵۰	۴۰۰	۸۰	۹۰۰
	جمع:۱۲,۱۴۰				جمع: ۲۳,۴۶۰				جمع: ۲,۲۳۰			
آلترناتیو ۲: مکعبی با ارتفاع مایع ۸ متر	۴۱۰۰	۲۸۱۶	۴۶۰	۳۳۰۰	۱۰۰۰	۹۳۸۷	۳۰۰۰	۸۸۰۰	۶۲۰	۵۸۰	۱۰۰	۷۱۰
	جمع:۱۰,۶۷۶				جمع: ۲۲,۱۸۷				جمع: ۲,۰۱۰			
آلترناتیو ۳: مکعبی با ارتفاع مایع ۱۱ متر	۳۰۰۰	۳۸۰۰	۵۶۸	۳۱۹۱	۸۹۵	۱۱۲۷۸	۲۲۷۲	۶۱۳۹	۶۰۰	۸۰۰	۹۸	۴۹۷
	جمع: ۱۰,۵۵۹				جمع: ۲۰,۵۸۴				جمع: ۱,۹۹۵			

همچنین در نمودارهای شماره ۱ نیز مقادیر کلی بتن، قالب و میلگرد در مخزن‌های چهارقوسی برای ارتفاع مـایع ۶ متـر، ۹ متر و ۱۲ متر رسم گردیده و با مخازن مکعبی با ارتفاع مایع ۶ متر، ۸ متر و ۱۱ مقایسه شده است.



نمودار ۱ مقایسه مقادیر مصالح مصرفی مخازن همدان و ایرانشهر در حالت مخزن چهارقوسی با ارتفاع‌های مختلف

لازم به ذکر است که به منظور مهار نمودن نیروهای غشایی در دیواره‌های قوسی خصوصاً هنگامی که ارتفاع دیواره زیاد باشد، استفاده از ریب‌های افقی و قائم اجتناب‌ناپذیر است. توسط این ریب‌ها ابعاد دیواره به قطعات کوچکتر در جهات عمودی و افقی تقسیم می‌شود. این ریب‌ها ابعادی بزرگتر از ضخامت دیواره داشته و عموماً مقادیر زیادی میلگرد در آنها مورد نیاز می‌باشد. اجرای ریب‌های مذکور عملیات قالب‌بندی یا اجرای دیواره با سیستم قالب لغزنده را با مشکل مواجه کرده و موجب کاهش سرعت اجرا و افزایش هزینه‌ها می‌گردد. علاوه بر این وجود گوشه‌های تیز در محل برخورد قوس‌ها و مشکلات قالب‌بندی این مناطق نیز موجب صعوبت بیشتر در اجرای این نوع مخازن می‌گردد. همچنین شکل چهارقوسی مخزن پرت زیاد میلگرد در آرماتوربندی سقف و کف را در پی خواهد داشت.

از مقایسه فنی و اقتصادی موارد فوق الذکر و همچنین مقادیر جداول شماره ۱و ۲ نهایتاً نتایج ذیل حاصل گردیدند:

۱- اجرای مخزن مکعب مستطیلی مقرون به صرفه‌تر از مخزن چهار قوسی می‌باشد.

۲- ارتفاع بهینه مایع داخل مخزن بین ۹ تا ۱۱ متر می‌باشد.

گفتنی است که این مقادیر برای مخزن مکعب مستطیل در شرایط بارگذاری خاص (بارگذاری حرارتی و گرادیان حرارتی) در این مطالعه موردی به دست آمده است و در صورتی که شرایط پروژه تغییر کند نیاز به بازنگری محاسبات می‌باشد.

۷- نتیجه گیری

با توجه به مسائل کلی ذکر شده در این بخش و در صورتی که سازه دارای ابعاد و بارگذاری‌های متعارف بوده و ارتفاع حداکثر ۱۵ متر داشته باشد و بارهای حرارتی زیاد به آن وارد نگردد، استفاده از مخازن مدور هم از لحاظ سازه‌ای و هم به لحاظ اجرایی توجیه‌پذیرتر خواهد بود. در صورتی که مخزن مورد نظر دارای شرایط خاص باشد یا به عللی مجبور به استفاده از سیستم‌های خاصی باشیم باید آنالیزهای قیمت و بررسی روش‌های اجرا به شکل دقیق‌تر و با جزئیات بیشتر انجام پذیرد، به عنوان مثال در صورت استفاده از سقف گنبدی یا مخازن استوانه‌ای با ارتفاع زیاد باید هزینه‌های مربوط به اجرای سقف گنبدی و پس‌تنیدگی دیوار در آن پروژه از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر باشد. و یا در صورت زیاد بودن بارهای گرادیان حرارتی، با توجه به برابری تقریبی مصالح مورد انتظار برای مخازن استوانه‌ای و مکعبی، باید به موارد دیگر از جمله آنالیز قیمت‌ها، شرایط محلی و مسائل اجرایی توجه شود. همچنین نتایج مقایسه اقتصادی که از مطالعه موردی مخازن استوانه‌ای شکل با ارتفاع و سیستم سقف مختلف حاصل شده است، در جدول شماره ۳ قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۳ مقایسه مخازن استوانه ای ۵۰۰،۰۰۰ بشکه‌ای در حالات مختلف

مشخصات	واحد	متر	ارتفاع	۱۰	۱۵	۲۰	۲۰
		متر	قطر استوانه	۱۰۰٫۸	۸۲٫۳۰	۷۱٫۴۰	۷۱٫۴۰
			سقف گنبدی	-	-	-	×
			سقف مسطح با ستون	×	×	×	-
			سیستم پس‌تنیدگی	-	×	×	×
احجام	واحد	مترمکعب	بتن ریزی	۱۳,۴۴۰	۱۰,۹۳۳	۱۰,۶۵۰	۸,۲۴۶
		مترمربع	قالب بندی	۱۶,۴۴۴	۱۵,۵۵۰	۱۵,۱۶۰	۱۴,۰۶۹
		تن	آرماتوربندی	۱,۳۰۰	۹۴۰	۱,۱۰۶	۷۶۳
برآورد مالی	واحد	دلار	خاکبرداری	۱۳,۴۴۴	۹,۵۵۶	۸,۶۶۷	۵,۱۱۱
		دلار	کف سازی	۲۰۳,۶۶۷	۱۴۱,۴۴۴	۱۰۶,۵۵۵	۱۰۱,۳۳۳
		دلار	فونداسیون	۸۱۸,۱۱۱	۵۷۳,۳۳۳	۶۸۴,۵۵۵	۴۱۹,۶۶۶
		دلار	ستون‌ها	۷۴,۲۲۲	۱۱۴,۴۴۴	۹۴,۴۴۴	۰
		دلار	دیواره	۵۷۲,۵۵۵	۸۹۰,۱۱۱	۱,۱۹۸,۸۸۸	۱,۲۹۲,۶۶۷
		دلار	سقف	۷۸۲,۱۱۱	۵۱۹,۷۷۷	۴۲۵,۳۳۳	۳۲۲,۵۵۶
برآورد کل	واحد	دلار		**۲,۴۶۴,۱۱۰**	**۲,۲۴۸,۶۶۵**	**۲,۵۱۸,۴۴۲**	**۲,۱۴۱,۳۳۳**

۸- مراجع

۱- شرکت بلندپایه،" گزارش فنی مقایسه سازه ای مخازن بتنی سوخت مازوت نیروگاههای همدان و ایرانشهر"، ۱۳۹۰

۲- شرکت بلندپایه،" گزارش مقایسه مالی مخازن بتنی پانصد هزار بشکه ای اب با ارتفاع های مختلف "، ۱۳۸۵

۳- شرکت بلندپایه، گزارش مقایسه اقتصادی مخازن یک میلیون بشکه ای با سیستم پس تنیدگی و بدون آن"، ۱۳۸۵

۴- خدایار بهمن، سرتیپ پور بابک، ایرانفر شهرام، ویژگیهای سازه ای طرح های مخازن بتنی بزرگ برای ذخیره مایعات نفتی در ایران، اولین همایش ملی تامین، نگهداشت ، انتقال و توزیع فرآورده های نفتی، ۱۳۸۸

بررسی طرح‌های اختلاط مناسب بتن برای مخازن بتنی ذخیره نفت خام [۱]

علی اکبر رمضانیانپور[۱]، مهدی رئیس الواعظین[۲]، هادی نوری خواجوی[۳]
[۱] مشاور عالی تکنولوژی بتن شرکت بلندپایه
[۲] مدیر واحد بتن و ژئوتکنیک شرکت بلندپایه
[۳] کارشناس فنی شرکت بلندپایه

چکیده

مطالعه تاریخچه و عملکرد مخازن بتنی مسلح ذخیره کننده نفت که تعداد آنها نیز قابل ملاحظه نیست، نشان می‌دهد که در بعضی از سازه‌های بتنی مسلح لازم است علاوه بر ملحوظ داشتن پارامتر مقاومت به عنوان مشخصه‌ای برای بتن، مسأله نفوذپذیری و دوام این سازه‌ها در دراز مدت بویژه هنگامیکه در تماس دائم با نفت و آب شور می‌باشد نیز در طراحی در نظر گرفته شود. بطورکلی یکی از مهمترین معیارهای فنی بتن مخازن، ضریب نفوذپذیری می‌باشد. در اغلب آئین‌نامه‌ها و استانداردها با افزایش مقاومت فشاری، بحث ضریب نفوذپذیری پوشش داده شده است. در این مقاله که نتایج طرح اختلاط بتن مناسب مخازن نفتی در جنوب ایران آمده است، سعی شده است با بررسی در نظرگرفتن مقاومت فشاری و ضریب نفوذپذیری، طرح اختلاط بهینه مورد نظر بدست آید. از طرفی حضور یون های کلراید و سولفات همزمان در نفت رعایت الزامات خاصی را در طرح اختلاط بتن مخازن نفتی ضروری می‌نماید. در این بررسی مقاومت مشخصه بتن (مقاومت فشاری نمونه‌های سیلندری ۲۸ روزه) برابر ۳۵ مگاپاسکال در نظر گرفته شده است. از طرفی میزان نفوذپذیری مناسب برابر $۱۰^{-۱۲}$ تا $۱۰^{-۱۴}$ متر بر ثانیه است. در این راستا طرح‌های اختلاط بتن مخازن نفتی با نسبت‌های آب به سیمان مختلف با و بدون استفاده از پوزولان بررسی شده و مقاومت فشاری و ضرایب نفوذپذیری آنها بدست آمده است. پوزولان مصنوعی در این تحقیق دوده سیلیس بوده و خواص بتن‌های ساخته شده با این ماده با بتن شاهد مقایسه گردیده است. طرح‌های مناسب اختلاط برای تأمین مشخصه‌های مقاومت و دوام مخازن نفتی بتنی ارائه گردیده است.

کلمات کلیدی: مخازن بتنی نفت خام، طرح اختلاط بتن، ضریب نفوذپذیری، جذب آب، عمق نفوذ آب، بلندپایه

---

[۱] **مقاله اولین کنفرانس ذخیره‌سازی و مخازن نفت و گاز –سالن همایش‌های دانشگاه شهید بهشتی –۳۰ مهر و ۱ آبان ۱۳۹۲ - ارائه شفاهی**

۱- مقدمه

بررسی تاریخچه و عملکرد مخازن بتنی ساخته شده از بتن مسلح، که تعداد آنها اندک می‌باشد، ثابت می‌کند که علاوه بر ویژگی‌های مکانیکی، دوام اینگونه سازه‌ها از اهمیت بسزایی برخوردار است. ارزیابی دوام بلندمدت بتن بعلت درگیر بودن پارامترهای متفاوت موجود، کار چندان ساده‌ای نیست.

از آنجائیکه چنین سازه‌هایی مستقیماً با نفت خام و آب شور در تماس می‌باشند، ضریب نفوذپذیری عمل مهمی است که باید مورد توجه قرار گیرد. ضریب نفوذپذیری یکی از ویژگی‌های اساسی بتن است که بر دوام آن تأثیر می‌گذارد. هرچه نفوذ در بتن کمتر باشد، واکنش کمتری بین نفت و بتن صورت گرفته و در نتیجه تأثیرات نفت خام به حداقل می‌رسد.

بیشتر استانداردها و آئین نامه‌ها، ضریب نفوذپذیری با افزایش مقاومت فشاری جبران می‌شود، بعلت تنوع پارامترهای مؤثر بر این ضریب، در نظر گرفتن صرفاً مقاومت فشاری جهت ارزیابی دقیق ضریب نفوذپذیری، کار چندان دقیقی نیست.

مطالعه حاضر، تغییرات این ضریب، نه تنها از نقطه نظر مقاومت فشاری بلکه از نقطه نظر سایر عوامل از قبیل نسبت آب به سیمان و در یک مورد با بکارگیری میکروسیلیس مورد بررسی قرار گرفته است.

در این مقاله، نتایج بررسی‌های انجام شده بر روی مخازن ذخیره نفت خام بتنی در جنوب ایران ارائه شده است.

۲- شرایط پروژه

۲-۱- مشخصات نفت خام

در این مخازن سه نوع نفت ذخیره خواهد شد که مشخصات آنها در جدول شماره ۱ آمده است. [۱]

۲-۲- شرایط محیطی

محل پروژه در منطقه ای گرم و خشک در جنوب ایران قرار دارد. مطابق اطلاعات آماری هواشناسی، به مدت ۱۷ سال، متوسط حداقل و حداکثر دمای تابستان به ترتیب ۲۷٫۸ و ۴۶٫۸ درجه سانتیگراد گزارش شده است. این ارقام در زمستان بین ۷٫۴ و ۲۸٫۵ درجه سانتیگراد تغییر می‌کند. برطبق BS 5328 شرایط ریزمحیطی مخازن ذخیره نفت خام بعنوان «بسیارشدید» تا «شدیدترین» شرایط طبقه‌بندی شده‌اند.[۲]

از آنجائیکه کل سازه بتنی در یک غشاء پلیمری (ژئوممبرین)، بعنوان پوششی محافظ ساخته می‌شود، تأثیرات شیمیایی خاک و آب زیرزمینی مورد توجه قرار نگرفته است.

۲-۳- مشخصات طراحی

مقاومت فشاری مشخصه موردنظر و حداکثر ضریب نفوذپذیری به ترتیب برابر ۴۲ مگاپاسکال و $۱۰^{-۱۲}$ متر بر ثانیه تعریف شده‌اند.

۲-۴- تأثیرات فیزیکی نفت خام بر بتن

مطالعات انجام شده توسط الکساندر و استانیچ در دانشگاه کیپ تاون در آفریقای جنوبی جهت بررسی عملکرد و دوام بتنی که در معرض نفت خام قرار دارد [۳]، نشان داده است که با توجه به تمامی مکانیزم‌های ممکن برای نفوذ نفت خام به داخل بتن، همچنین با توجه به دمای محیط از ۲۰ تا ۸۰ درجهٔ سانتیگراد، نفت خام دارای هیچ اثر مخربی نخواهد بود، مگر آنکه نفت دارای استری باشد که گزارش نشده باشد.

۳- برنامهٔ تحقیقاتی

۳-۱- مشخصات مصالح

مصالح به گونه‌ای انتخاب شدند که با معیارهای استاندارد BS مطابقت داشته باشد.

۳-۲- مصالح سنگدانه‌ای

سنگدانه‌ها شامل شن در دو اندازهٔ حداکثر ۳٫۴ اینچی و ۳٫۸ اینچی و نیز ماسه می‌باشد. این مصالح به نحوی انتخاب شدند تا با منحنی‌های دانه‌بندی BS 882 مطابقت داشته باشند [۴].

جدول ۱ مشخصات نفت خام

ردیف	خواص	واحد	مقدار			روش آزمایش
			نفت خام سبک صادراتی مارون	نفت خام پالایشگاهی مارون	نفت خام سنگین	
۱	SG@15.56 ˚C		0.852-0.860	0.852-0.860	0.879-0.887	ASTM D-4052
۲	API Granity		----------	----------	----------	ASTM D -4062
۳	Sulphur Content	Wt%	1.41	1.41	2.37	ASTM D2622
۴	H2S Content	ppm	100	----------	150	RIP
۵	Nitrogen Total	Wt%	0.18	0.18	0.21	ASTM D-3228
۶	Base Sediment & Water	Vol%	----------	----------	-------	ASTM D-96
۷	Water Content	Vol%	0.1	0.1	0.1	ASTM D-95
۸	Salt Content	P.T.B	20	20	20	ASTM D-3230
۹	Kinematic viscosity @10˚C	CSt	22.90	22.80	40.02	ASTM D-445
۱۰	Kinematic viscosity @20˚C	CSt	11.55	11.55	26.76	ASTM D-445
۱۱	Kinematic viscosity @40˚C	CSt	6.25	6.26	11.58	ASTM D-445
۱۲	Pour Point	˚C	-------	-------	--------	ASTM D-97
۱۳	RVP	Psi	--------	--------	--------	ASTM D-323
۱۴	Asphaltenes	Wt%	1.20	1.20	1.34	IP-1-3
۱۵	Wax Content	Wt%	5.10	5.10	5.17	BP-247
۱۶	Drop Melting Point of Wax	˚C	55.0	55.0	59	IP-3
۱۷	Carbon residue (CONRD)	Wt%	4.62	4.62	5.65	ASTM D-189
۱۸	Ash Content	Wt%	Trace	Trace	0.000	ASTM D-482
۱۹	Acidity Total	Mg KOH/g	0.05	0.05	0.105	ASTM D-664
۲۰	Nickel	ppm	20.0	20.0	19.0	UOP-800
۲۱	Vanadium	ppm	61.0	61.0	71.0	UOP-800
۲۲	Iron	ppm	4.5	4.5	7.7	UOP-800
۲۳	Lead	ppm	<1.0	<1.0	<1.0	UOP-891
۲۴	Sodium	ppm	2.1	19	19	UOP-891

در این پروژه، پس از بررسی سنگدانه‌های ۱۷ معدن موجود در منطقهٔ پروژه، آزمایش‌های لازم، نظیر آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی و واکنش قلیایی بر روی تمام مصالح انجام شد تا مناسب‌ترین مصالح انتخاب گردد.

۳-۳- سیمان

با توجه به وجود توأم یون‌های کلرید و سولفات در نفت خام، انتخاب نوع سیمان از نظر دوام از اهمیت بالایی برخوردار است. در نهایت، سیمان پرتلند تیپ ۲ با میزان C_3A بهینه بین ٪۵ تا ٪۸ انتخاب شد. [۴]

۳-۴- آب

برای تمامی مخلوط‌های بتن، از آب آشامیدنی استفاده گردید.

۳-۵- فوق روان‌کننده

بخاطر شرایط محیطی، نسل جدیدی از فوق‌روان کننده، بر اساس پلیمرهای اثر پلی‌کربوکسیل اصلاح شده مورد استفاده قرار گرفت.

۳-۶- میکروسیلیس

میکروسیلیس، عاری از کلراید، شامل حداقل ٪۹۰ سیلیس و حداکثر ٪۱۰ مواد باقیمانده بر روی الک شمارهٔ ۳۲۵، مورد استفاده قرار گرفت. [۵]

۳-۷- طرح اختلاط

طرح‌های مخلوط مختلفی با نسبت‌های متفاوت آب به سیمان در بتن بدون میکروسیلیس و یک مورد نیز جهت مقایسه حاوی میکروسیلیس ساخته شدند (به جدول شماره ۲ مراجعه شود).

۴- آزمایش‌های بتن سخت شده

مقاومت فشاری، جذب آب و ضریب نفوذپذیری نمونه‌های بتن مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

ضریب نفوذپذیری به روش CRD-C48-92 استاندارد ارتش آمریکا تعیین گردید [۶]. از آنجائیکه پس از گذشت ۳ هفته، جریان به حالت یکنواخت نرسید، نمونه‌ها در پایان آزمایش شکسته شده و عمق نفوذ آب اندازه‌گیری شد نتایج آزمایش نمونه‌های بتن سخت شده در جدول شماره ۳ نشان داده شده است. [۵ و ۷]

جدول ۲ مشخصات طرح های اختلاط بتن

شماره طرح	نسبت آب آزاد به سیمان	سیمان (kg/m^3)	دوده سیلیسی (kg/m^3)
C1	۰.۴	۴۰۰	۰
C2	۰.۳۵	۴۰۰	۰
C3	۰.۳۲	۴۰۰	۰
C4	۰.۳	۴۰۰	۰
S1	۰.۴	۳۷۲	۲۸

جدول ۳ نتایج آزمایش‌های نمونه‌های بتنی

شماره طرح	نتایج آزمایشها			
	مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه‌های مکعبی (Mpa)	جذب آب (٪)	عمق نفوذ آب (cm)	ضریب نفوذپذیری نمونه‌های بتنی بر اساس رابطه ولنتا (m/s)
C1	۳۷.۰	۱.۲۴	۲.۰۳	5.72×10^{-13}
C2	۴۴.۵	۰.۹۵	۲.۰۰	5.51×10^{-13}
C3	۵۱.۰	۱.۷۲	۱.۴۰	2.71×10^{-13}
C4	۶۳.۳	۱.۴۳	۱.۲۷	2.21×10^{-13}

۵- محاسبهٔ ضریب نفوذپذیری بر اساس عمق نفوذ آب

ولنتا برای حالتی که جریان یکنواخت نرسیده است با بکارگیری تئوری حرکت نفوذی آب در بتن بر اساس رابطه دارسی، معادله‌ای (۱) را جهت ارتباط بین x (عمق نفوذ) و k (ضریب نفوذپذیری بتن در حالت جریان غیر یکنواخت) پیشنهاد داده است این رابطه به صورت زیر است [۸]:

$$x = \sqrt{2 \times k^2 \times h \times t}$$

N: عبارت است از عمق نفوذ آب (به متر) در زمان t (به ثانیه)

h: عبارت است از ارتفاع هیدرواستاتیک منجر به نفوذ آب (به متر) که برابر ارتفاع آب اعمال شده (h_p) به علاوه ارتفاع موئینگی می‌باشد.

در این مطالعه از مقدار h_o به علت کوچکی بسیار صرفنظر شده است. زمان آزمایش ۲۱ روز و ارتفاع آب نیز ۲۰۰ متر در نظر گرفته شد.

نتایج محاسبات مربوط به ضرایب نفوذپذیری در جدول شماره ۳ خلاصه شده‌اند. [۷]

۶- نتایج آزمایش‌ها

نتایج آزمایش‌ها در جدول شماره ۳ و شکل های ۱ تا ۵ نشان داده شده‌اند.

جدول ۳ نشان می‌دهد که تمامی مخلوط‌های بتن دارای متوسط نفوذ آبی کمتر از ٪۱٫۸ می‌باشند که به عنوان بتن با نفوذپذیری پائین طبقه‌بندی می‌شوند. این جدول همچنین نشان می‌دهد که تمامی مخلوط‌ها دارای ضرایب نفوذپذیری کمتر از $۱۰^{-۱۲}$ متر در ثانیه می‌باشند که مشخصات طراحی از نظر ضریب نفوذپذیری را برآورده می‌کنند.

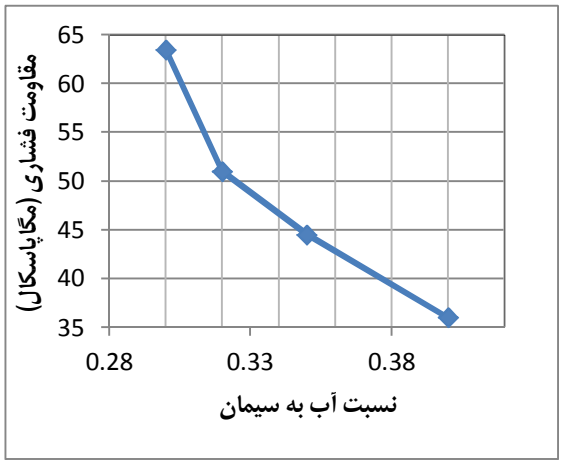
شکل ۱ نشان می‌دهد که همچنانکه انتظار می‌رفت، کاهش نسبت آب به سیمان به افزایش مقاومت فشاری منجر می‌شود.

مشاهده شده است که تغییر نسبت آب به سیمان از ۰/۳۲ به ۰/۳۵ تأثیر عمده‌ای بر عمق نفوذ آب دارد (به شکل شماره ۲ مراجعه گردد). برای مقادیر ضریب نفوذپذیری مخلوط‌های بتن نیز چنین روندی مشاهده می شود (به شکل شماره ۳ مراجعه گردد).

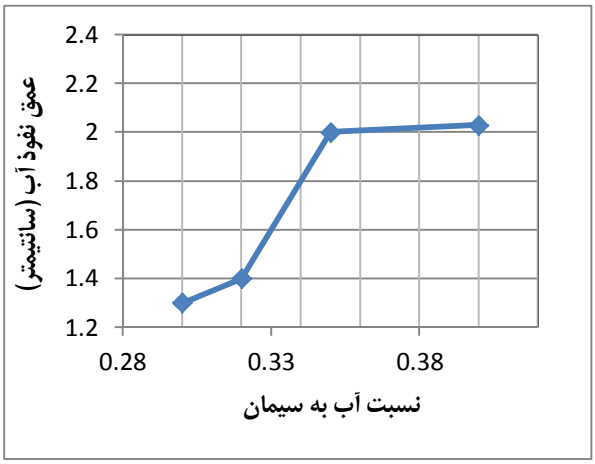
افزایش ٪۱۵ مقاومت فشاری در مخلوط‌های بتن با تغییر نسبت آب به سیمان از ٪۳۲ به ٪۳۵ باعث کاهش ۵۰ درصدی ضریب نفوذپذیری می‌گردد (به شکلهای شماره ۴ و ۵ مراجعه گردد).

همانطور که منحنی فوق (شکل شماره ۵) نشان می‌دهد رابطه مشخصی بین مقاومت فشاری و نفوذپذیری بتن مشاهده نمی‌شود. لذا مقاومت فشاری به تنهایی نمی‌تواند نشانگر دوام بتن باشد و پارامتر نفوذپذیری پارامتر مهمی است که می‌بایستی در مشخصات طرح بتن‌ها برای محیط‌های خورنده و شدید به منظور تأمین دوام در نظر گرفته شود.

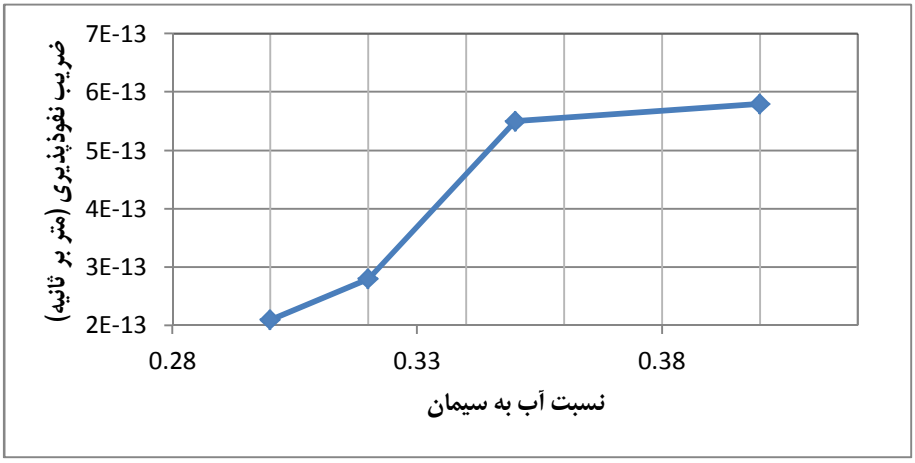
در ضمن ضریب نفوذپذیری مخلوط‌های بتن حاوی میکروسیلیس به مقدار قابل توجهی پائین‌تر از مخلوط‌های فاقد این ماده می‌باشد.



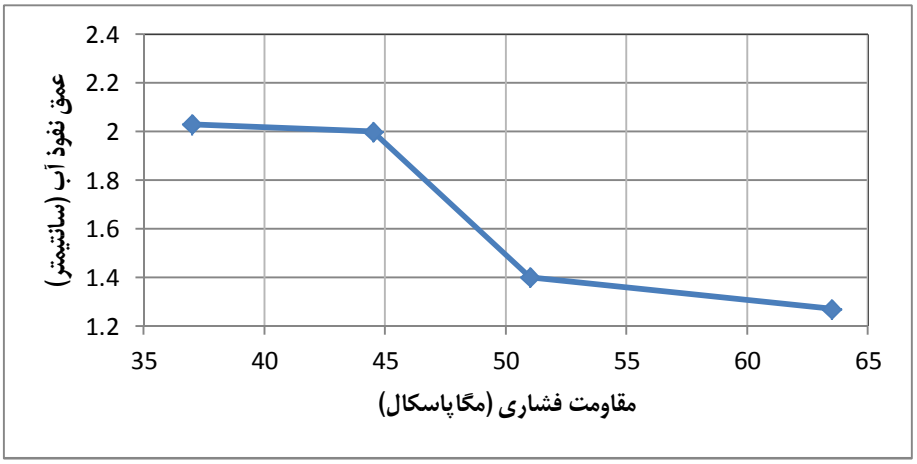
شکل ۱ مقاومت فشاری طرح های اختلاط در برابر نسبت آب به سیمان



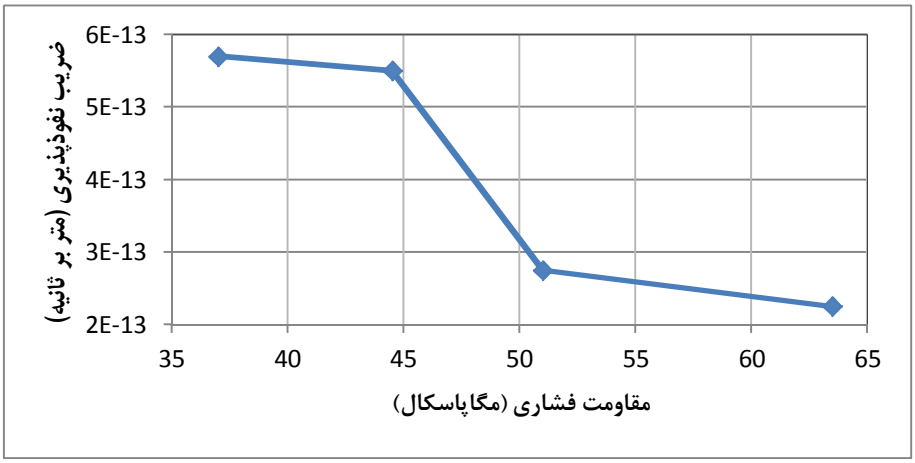
شکل ۲ عمق نفوذ آب در برابر نسبت آب به سیمان



شکل ۳ ضریب نفوذپذیری در برابر نسبت آب به سیمان



شکل ۴ عمق نفوذ آب در برابر مقاومت فشاری



شکل ۵ ضریب نفوذپذیری در برابر مقاومت فشاری

۷- نتیجه‌گیری

نتایج زیر از آزمایش‌های به عمل آمده در این بررسی استنباط می‌گردد:

۱ـ مخلوط‌های بتن حاوی نسبت آب به سیمان کمتر از ۰/۴ به نفوذپذیری کمی در بتن منجر می‌شوند.

۲ـ تغییرات نسبت آب به سیمان تأثیر بسزایی بر عمق نفوذ آب و ضریب نفوذپذیری دارند.

۳ـ در این کار تحقیقاتی با ثابت در نظر گرفتن کلیه مصالح تشکیل دهنده بتن، مخلوط دانه‌بندی و میزان سیمان مصرفی و تنها با تغییر میزان نسبت آب به سیمان رابطه مشخصی بین افزایش مقاومت فشاری و کاهش ضریب نفوذپذیری مشاهده نگردید.

۴ـ برای پیش‌بینی دوام و تأمین آن در محیط‌های خورنده و شدید لازم است ضریب نفوذپذیری بتن به عنوان یک معیار طرح انتخاب گردد.

۵ـ افزودن میکروسیلیس در مخلوط‌های بتن به نحو چشمگیری مقاومت فشاری را افزایش و ضریب نفوذپذیری را کاهش می‌دهد.

۸- مراجع

1- Kantey & Templer Consulting, “Basic Design Report of Concrete Crude Oil Storagr Tanks in Marun, Umidieh”, South Africa, Aug.2004.

2- British Standard Institution, BS 5328 – part 1, “Guide to Specifying Concrete”, 1997. 22 pages.

3- Alexander, M.G. and Stanish, K.: The Performance and Durability of Concrete in Contact with Crude Oil; A Literature survey, Department of Civil Engineering University of Cape Town, March 2003, 5 pages.

۴- علی اکبر رمضانیانپور، علی پویا، مسعود یکانی فرد، مهدی رئیس الواعظین: گزارش شماره ۳ طرح اختلاط بتن، تحلیل نتایج آزمایش‌های مصالح مصرفی بتن، شرکت بلندپایه، تهران، ۱۳۸۲، ۱۳۸ صفحه

۵- علی اکبر رمضانیانپور، علی پویا، مسعود یکانی فرد، مهدی رئیس الواعظین: گزارش شماره ۳ طرح اختلاط بتن، تحلیل نتایج آزمایش‌های مصالح مصرفی بتن، شرکت بلندپایه، تهران، ۱۳۸۲، ۱۳۸ صفحه

6- U.S. Army Corps of Engineers, CRD-C48-92: Standard Test Method for Water Permeability of Concrete, 4 Pages.

۷- علی اکبر رمضانیانپور، علی پویا، مسعود یکانی فرد، مهدی رئیس الواعظین: گزارش ضریب نفوذپذیری بتن، شرکت بلندپایه، تهران، ۱۳۸۳، ۱۹ صفحه

8- Ramachandran, V.S. and Beaudoin, J. J.: Handbook of Analytical Techniques in Concrete Science and Technology; Noyes Publications Park Ridge, New Jersey. USA William Andrew Publishing, LLC, Norwich, New York, U.S.A. 1999, 964 pages.

بررسی مراحل ساخت و تست مخزن آزمایشی سوخت مازوت نیروگاه شهید مفتح همدان [۱]

آرش صادقی[۱]، سید محمدعلی رهنما[۲]، احسان موسوی امام چائی[۲]
[۱]معاون مهندسی شرکت بلندپایه
[۲] کارشناس ارشد فنی شرکت بلندپایه

چکیده

در سال ۱۳۸۸ شرکت بلندپایه به عنوان پیمانکار طرح و اجرای مخزن بتنی ۶۰،۰۰۰ مترمکعبی نیروگاه حرارتی شهید مفتح همدان انتخاب شد. مصالح بتن از نظر مقاومت در برابر زلزله و مقاومت در برابر فشار سیال داخل کاملاً قابل اطمینان می‌باشد؛ اما به عنوان مصالح جدید در ساخت مخازن سوختی، نیازمند انجام آزمایشاتی جهت سنجش میزان نفوذناپذیری است. سوخت مورد استفاده در این پروژه مازوت بوده و با افزایش دمای آن، گرانروی آن کاهش پیدا کرده و همچنین بتن با بالا رفتن دما نفوذپذیرتر می‌شود. استفاده از لاینینگ در سطح داخلی مخزن اجتناب‌ناپذیر است. لذا به جهت اطمینان از نفوذناپذیری مخزن با لاینینگ، پس از ساخت مخزن و پیش از سوخت‌گیری آن، اقدام به ساخت مخزن آزمایشی مشابه مخزن اصلی اما با ابعادی کوچکتر شده تا میزان نفوذپذیری مخزن بتنی با اجرای لاینینگ XYPEX، در شرایط مختلف و دماهای متفاوت مورد بررسی قرار بگیرد. در این آزمایش‌ها مخزن با آب و مازوت در دمای محیط و دمای ۶۰ درجه سانتیگراد در حین ایجاد فشار ۰/۶ بار مورد بررسی قرار گرفت و هیچگونه نشتی در مخزن مشاهده نگردید. این مشاهدات نشاندهنده اجرای صحیح لاینینگ و نفوذناپذیری مخزن بوده و می‌تواند مورد اطمینان بودن مخازن بتنی در نگهداشت سوخت مازوت را تأیید نماید.

کلمات کلیدی: مخزن آزمایشی، لاینینگ، مخزن بتنی ، مازوت، نیروگاه

---

[۱] **مقاله اولین کنفرانس ذخیره‌سازی و مخازن نفت و گاز –سالن همایش‌های دانشگاه شهید بهشتی –۳۰ مهر و ۱ آبان ۱۳۹۲ - ارائه شفاهی**

۱- مقدمه

نیروگاه‌های حرارتی به عنوان اصلی‌ترین مراکز تأمین برق در کشور دارای ارزش استراتژیک می‌باشند و مازوت، یکی از رایج‌ترین سوخت‌ها، نیازمند ذخیره‌سازی و انتقال مناسب به مجموعه نیروگاهی در راستای تأمین مستمر انرژی می‌باشد. در همین راستا و در جهت بومی‌سازی فرآیند ذخیره‌سازی سوخت، سازمان توسعه برق در ایران در سال ۱۳۸۸ اقدام به تعریف پروژه‌ای در قالب افزایش ظرفیت مخازن نیروگاهی کشور نمود. با توجه به خطرات احتمالی و برای امنیت و ایمنی بیشتر این مخازن به صورت مدفون و بتنی اجرا شدند. در این راستا شرکت بلندپایه به عنوان پیمانکار طرح و اجرا، مسئولیت ساخت مخزن مدفون بتنی ۶۰،۰۰۰ مترمکعبی نیروگاه حرارتی شهید مفتح همدان را عهده‌دار شد. این مخزن شامل دو سلول ۳۰،۰۰۰ مترمکعبی می‌باشد.

در کشور ما و اغلب کشورهای جهان مخازن به صورت فلزی اجرا می‌شوند. با توجه به ناشناخته بودن این مخازن در تمامی مراحل باید از عملکرد صحیح و مناسب این مخزن اطمینان حاصل می‌گردید. با توجه به اتمام عملیات ساخت مخزن بتنی و پیشنهاد شرکت بلندپایه مبنی بر Backfill (پر کردن) دیواره‌های بیرونی مخزن قبل از سوختگیری مخزن و از طرفی نامشخص بودن عملکرد مواد لاینینگ مخزن بتنی سوخت (مواد زایپکس ZYPEX) در مقابل مازوت، مقرر گردید که یک مخزن آزمایشی یک مترمکعبی منطبق بر مخزن اصلی ساخته شود و دیواره های داخلی و کف آن مشابه مخزن اصلی لاینیگ گردد در ادامه در این مقاله به بررسی مشخصات ساخت، مراحل ساخت و مراحل مختلف آزمایش پرداخته شده است.

شکل ۱ مخزن ۶۰،۰۰۰ متر مکعبی نیروگاه شهید مفتح همدان

شکل ۲ مخزن آزمایشی

۲- مشخصات مخزن آزمایشی

مخزن آزمایشی بتنی با ابعاد داخلی ۱۰۰×۱۰۰×۱۰۰ سانتیمتر، ابعاد خارجی ۱۴۰×۱۶۰×۱۶۰ سانتیمتر و ضخامت دیواره و کف ۳۰ سانتیمتر مطابق نقشه‌های زیر در شش مرحله که در ادامه به شرح آن پرداخته شده، اجرا و در شش مرحله به شرح زیر تست گردید:

۱- تست مخزن آزمایشی بوسیله آب قبل از لاینینگ و بدون فشار در دمای محیط

۲- تست مخزن آزمایشی بوسیله آب قبل از لاینینگ و با فشار 0.6bar در دمای محیط

۳- تست مخزن آزمایشی بوسیله آب پس از لاینینگ و بدون فشار در دمای محیط

۴- تست مخزن آزمایشی بوسیله آب پس از لاینینگ با فشار 0.6bar در دمای محیط

۵- تست مخزن آزمایشی بوسیله آب پس از لاینینگ با فشار 0.6bar در دمای آب ۶۰ درجه سانتیگراد

۶- تست مخزن آزمایشی بوسیله آب پس از لاینینگ با فشار 0.6bar در دمای مازوت تا حدود ۶۰ درجه

۳- مراحل ساخت مخزن آزمایشی

مرحله اول

در تاریخ ۱۳۹۰/۶/۱۸ ابتدا یک ورق ژئوممبرین به ابعاد حدود چهار مترمربع روی زمین قرار داده شد تا هرگونه نشت کف مخزن قابل رویت باشد.

مرحله دوم

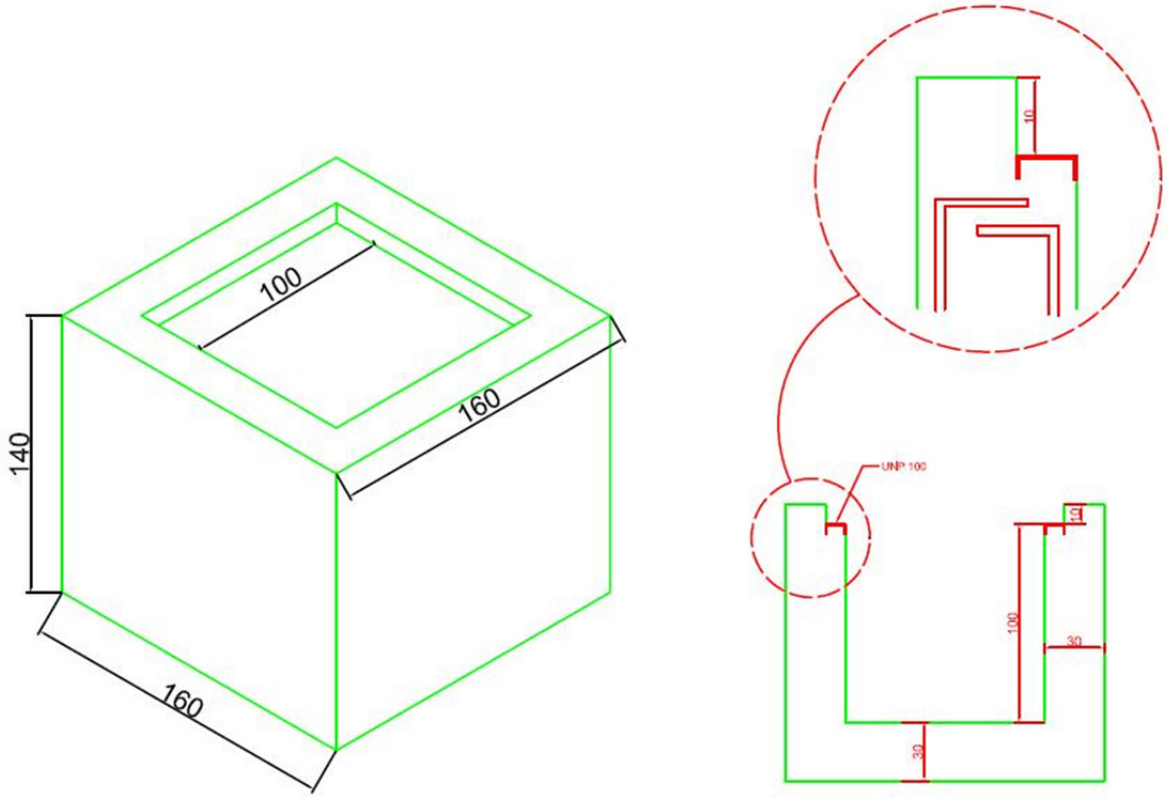
اقدام به آرماتوربندی کف مخزن آزمایشی روی ورق ژئوممبرین گردید . در این مرحله سعی شد تا با در نظر گرفتن ابعاد و نوع میلگرد و فواصل بکار گرفته در مخزن اصلی شبیه سازی کامل صورت گیرد.بنابراین از آرماتورهای φ۲۵ و با فواصل ۲۰ سانتیمتر از هم استفاده گردید در این مرحله نیز کاور بتن ۵ سانتیمتر در نظر گرفته شد

مرحله سوم

کاراجرای آرماتوربندی دیواره‌های مخزن آزمایشی مطابق با دیواره های ساخته شده در مخزن اصلی آغاز شد. که از میلگردهایی با مشخصات ۲۵Φ و با فواصل ۲۰ سانتیمتر از هم استفاده گردید در این مرحله نیز کاور بتن ۵ سانتیمتر در نظر گرفته شد

مرحله چهارم

در این مرحله پس از کنترل آرماتوربندی، اقدام به قالب‌بندی دیواره‌ها نموده و از کاور پلاستیکی جهت تنظیم فاصله میلگرد با قالب استفاده شد. در انتها بوسیله پین و گوه و مهاری‌های لازم قالب‌ها را محکم کرده و در راستای ایجاد شرایط مشابه مخزن بتنی اصلی ساخته شده در چهار وجه مخزن آزمایشی از میان‌بلت‌های چدنی آب‌بند استفاده گردید.



شکل ۳ مشخصات مخزن آزمایشی

شکل ۴ عملیات آرماتورگذاری کف

مرحله پنجم

در این مقطع از کار بعد از اخذ مجوز لازم، بتن‌ریزی کف و دیواره مخزن آزمایشی اجرا شد. لازم به ذکر است ساخت بتن با مشخصات فنی زیر همانند بتن مصرفی در مخزن اصلی و توسط بچینگ موجود در کارگاه انجام گردید.

شکل ۵ عملیات قالب‌بندی دیواره

جدول ۱ مشخصات بتن مصرفی در مخزن آزمایشی

سیمان Kg/m^3	آب آزاد Lit/m^3	ماسه Kg/m^3	شن بادامی Kg/m^3	شن نخودی Kg/m^3	فوق روان کننده Lit/m^3	نسبت آب به سیمان	اسلامپ هدف cm
۳۸۰	۱۶۵	۱۱۵۰	۳۷۰	۳۵۰	۱.۵	۰.۴۷	۱۴

مرحله ششم

پس از انجام بتن‌ریزی دیواره و کف، سوراخ‌های مربوط به میان‌بلت‌های آب‌بند بوسیله چسب بتن و گروت مطابق آنچه در مخزن بتنی انجام گرفته پر شد و در نهایت ساخت سقف مخزن آزمایشی شروع شد. در این قسمت جهت بهبود عمل اتصال فلنچ روی سقف با بتن کناره از ناودانی (UNP 100) در دور تا دور دیوار استفاده می‌کنیم، و از لبه بتنی به ارتفاع ۱۰ سانتیمتر برای کنترل سرریز آب یا مازوت و جلوگیری از ریختن آن برروی دیواره‌ها استفاده شد. بعد از گذشت دوره لازم و کیورینگ کامل بتن، مخزن آزمایشی جهت شروع عملیات تست اولیه آماده می‌گردد.

مشخصات بتن مورد استفاده در مخزن در جدول شماره یک نشان داده شده است.

شکل ۶ اجرای عملیات بتن‌ریزی

۴- مراحل مختلف تست مخزن آزمایشی

مرحله اول

در این حالت مخزن پر از آب و در دمای طبیعی محیط قرار داده شد، نتیجه بدست آمده نشت جزئی از کف بود، به نحوی که در پای مخزن آزمایشی روی ژئوممبرین نم و رطوبت جزئی بر روی سطح بتن قابل مشاهده بود.

شکل ۷ رطوبت جزئی پای مخزن

مرحله دوم

در این مرحله برای شبیه‌سازی مخزن آزمایشی با مخزن بتنی اصلی از نظر فشار وارده به دیواره‌ها و کف مقرر گردید یک لوله فلزی به قطر شش اینچ (۱۵٫۳ سانتیمتر) و به ارتفاع شش متر بر روی مخزن آزمایشی نصب گردد به همین جهت برای سهولت در اتصال و قابلیت دسترسی به داخل مخزن با استفاده از ورق ۱۰ mm یک فلنج درپوشی ساخته شد و جهت آب‌بندی فلنج از واشر clean great استفاده گردید.

شکل ۸ فلنج درپوش و واشر آب‌بندی

مرحله سوم

پس از تخلیه آب مخزن و باز کردن فلنج لاینینگ داخل مخزن بوسیله مواد XYPEX انجام شد. پس از تکمیل کار و طی شدن دوره نگهداری و عمل آوری لاینینگ (سه روز) و با مجوز دستگاه نظارت اقدام به پر کردن مخزن از آب نمودیم (بدون نصب فلنچ و لوله مربوطه به آن). نتیجه بدست آمده در این مرحله از آزمایش عدم مشاهده هر گونه نشت یا نم بروی سطح بیرونی مخزن بوده است.

مرحله چهارم

با تایید دستگاه نظارت شروع به نصب مجدد فلنچ ، لوله و اتصالات مربوطه گردید و روی فلنچ متصله یک هیتر برقی قرار داده شد تا در صورت نیاز برای مرحله بعدی امکان گرم نمودن داخل مخزن میسر شود و در انتهای کار پس از اطمینان از آب بند شدن جداره فلنچ شروع به پر کردن مخزن و لوله از آب نمودیم که نتیجه حاصله در این قسمت از تست همان مشاهدات مرحله قبل بود و هیچگونه نشت یا رطوبتی دیده نشد.

شکل ۹ هیتر متصل به فلنچ

مرحله پنجم

هیتر بالای فلنچ را روشن نموده و دمای آب داخلی مخزن آزمایشی را تا حدود ۶۰ درجه سانتیگراد رسانده شد . پس از گذشت مدتی از دوره تست بر روی دیوار مخزن در چهار نقطه نم و نشت بسیار جزئی مشاهده گردید و ضمناً در امتداد دو نقطه از چهار نقطه مذکور ترکهای مویی به سمت تراز بالای مخزن آزمایشی بروی دیواره بوجود آمده بود که علت پدید آمدن اینگونه ترک ها ناشی از عملیات

جوشکاری و مکانیکی جهت ساختن فلنچ و اتصالات مربوطه بر روی سطح بالایی مخزن بود. در جهت رفع این مشکل در مرحله بعدی دور تا دور لوله متصل به مخزن آزمایشی توسط لوله داربست بطور کامل مهار گردید تا از دوران و ایجاد تنش جلوگیری گردد.

در این مرحله سعی گردید با توجه به تأکید دستگاه نظارت همواره داخل لوله متصله به مخزن آزمایشی مورد بازرسی قرار گرفته و از پر بودن لوله اطمینان حاصل گردد تا فشار وارده بر دیواره ثابت باقی بماند.

مرحله ششم

مرحله نهایی آزمایش شروع شد. قبل از ریختن مازوت به داخل مخزن، ابتدا فلنچ و اتصالات بطور کامل باز گردیده و قسمت‌هایی که در مرحله قبل دچار ترک و یا در آن ناحیه نم مشاهده شده بود از سمت داخل مجدداً لاینینگ بوسیله PATCHIN PLUG ترمیم گردید و بعد از طی شدن دوره نگهداری لاینینگ ترمیم شده (به مدت سه روز) مازوت به داخل مخزن آزمایشی ریخته شد.

با استفاده از هیتر برقی نصب شده در داخل مخزن، دمای مازوت تا حدود ۶۰ درجه سانتیگراد رسانده شد و از تاریخ ۹۰/۸/۳ لغایت ۹۰/۸/۱۰ مخزن در این حالت نگهداری شد و بطور مستمر از مخزن بازدید بعمل آمد و نهایتاً هیچگونه نم یا نشت مازوت از دیواره و کف آن مشاهده نگردید.

شکل ۱۰ نمای کلی مخزن پس از انجام آزمایش

۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

با توجه به مشاهدات می‌توان نتیجه گرفت که مخزن بتنی مازوت که با مواد XYPEX لاینینگ شده باشد در صورتی که بتن‌ریزی و لاینینگ آن به نحو صحیح اجرا شده باشد و همچنین نسبت به آب نفوذناپذیر باشد، در مقابل مازوت نیز نفوذناپذیر خواهد بود.

همچنین از نتایج بدست آمده می‌توان مورد اطمینان بودن مخازن بتنی در نگهداشت سوخت مازوت را تأیید نمود.

بررسی گرمایش مخازن بتنی مدفون نیروگاه شهید مفتح همدان[۱]

سید محمدعلی رهنما[۱]، محمدرضا نورمحمدی[۲]
[۱] کارشناس ارشد فنی شرکت بلندپایه
[۲] کارشناس طراحی مکانیکال شرکت مهندسین مشاور طرح و توسعه بلندپایه

چکیده

شرکت بلندپایه در نیروگاه شهید مفتح همدان یک مخزن بتنی مدفون به ظرفیت ۶۰،۰۰۰ مترمکعب برای ذخیره‌سازی مازوت احداث نموده است. جهت جلوگیری از رسیدن مازوت به نقطه سفت‌شدگی (pour point) و تسهیل در پمپاژ مازوت نیاز به گرم کردن مازوت وجود دارد. یکی از روش‌های گرم کردن که در این پروژه برای گرم کردن سوخت از کویل‌های کف‌خواب استفاده شده است. اما مشخصات بخار تحویلی (دما و فشار) با مشخصات بخار طراحی تفاوت داشت و باعث بوجود آمدن مشکل در گرم کردن سوخت گردید. بنابراین مازوت به دمای مورد نظر نمی‌رسید و قابل پمپاژ نبود. برای رفع این مشکل ۱۰ راهکار پیشنهاد شد و با بررسی و تحلیل آنها، راه‌حل نهایی با تلفیق دو راهکار «تغییر محل تخلیه سیرکوله پمپ به بالای مخزن» و «گرم کردن موضعی سوخت بوسیله بخار مستقیم» بدست آمد.

کلمات کلیدی: **مخزن** ذخیره بتنی، مخزن مدفون، گرمایش، مازوت، نیروگاه، بلندپایه

[۱] **مقاله اولین کنفرانس ذخیره‌سازی و مخازن نفت و گاز -سالن همایش‌های دانشگاه شهید بهشتی -۳۰ مهر و ۱ آبان ۱۳۹۲ -ارائه شفاهی**

۱- مقدمه

در این مقاله به مبحث گرمایش داخل مخزن بتنی مازوت پرداخته شده است. ویسکوزیته سیالات با دمای آن‌ها رابطه معکوس دارد؛ به همین علت در مخازن مازوت با گرم کردن آن تا دمای خاصی این سوخت را قابل پمپ شدن می‌کنند.

دلیل دیگر گرم کردن مازوت جلوگیری از رسیدن این ماده به نقطه سفت‌شدگی (pour point) می‌باشد. نقطه سفت‌شدگی دمایی است که در آن سیال به حالت نیمه جامد تبدیل می‌گردد و خاصیت روانی خود را از دست می‌دهد.

برای گرم کردن مخازن بتنی باید به این نکته توجه داشت که نفوذپذیری بتن با افزایش دمای آن بالا می‌رود. بنابراین دمای مازوت و گرادیان دما در آن باید طوری طراحی شود که دمای مازوت از حداقل تعیین شده بالاتر رود و همچنین دمای دیواره از حدی بالاتر نرود تا مازوت در دیواره بتنی مخزن نفوذ نکند.

در این مقاله روش‌های گرمایش انتخاب شده در پروژه مخزن مدفون نیروگاه شهید مفتح همدان و مشکلات بوجود آمده و راهکارهای انجام شده توسط شرکت بلندپایه ذکر خواهد شد.

۲- مخازن نیروگاه شهید مفتح همدان

مخزن مذکور به صورت کاملاً دفنی و با ظرفیت ۶۰،۰۰۰ مترمکعب (دو سلول ۳۰،۰۰۰ مترمکعبی) در محوطه مخازن نیروگاه شهید مفتح همدان ساخته شده است. شکل شماره ۲ نمایی از این پروژه را نشان می‌دهد

شکل ۱ تصویری از اجرای مخزن مدفون مازوت نیروگاه همدان (۸۹/۰۶/۳۰)

این مخزن شامل دو سلول گرم و سرد بوده و مدت زمان برای گرمایش هر مخزن به شرح زیر می‌باشد:

الف) مدت زمان گرمایش شش روز (۱۴۰ ساعت) برای گرم کردن مازوت از دمای محیط تا دمای بهره‌برداری (۵۵ درجه سانتیگراد) در سلول گرم

ب) مدت زمان گرمایش سه روز (۷۰ ساعت) برای گرم کردن مازوت موجود از دمای نگهداری (۴۰ درجه سانتیگراد) تا دمای بهره‌برداری (۵۵ درجه سانتیگراد) در سلول سرد

لازم به توضیح است که با توجه به حداکثر مصرف هر واحد (۵۰ مترمکعب بر ساعت)، در صورتیکه تمام واحدها (چهار واحد) با بار ۱۰۰ درصد کار کنند، (ضریب بار متوسط سالیانه نیروگاه‌ها ۶۰ درصد می‌باشد)، مدت زمان مصرف شدن کامل یک سلول ۳۰،۰۰۰ مترمکعبی به قرار زیر خواهد بود.

(متر مکعب بر ساعت) ۲۰۰ = ۴×۵۰ : مصرف یک ساعت نیروگاه

(ساعت) ۱۵۰ = ۲۰۰ ÷ ۳۰۰۰۰ : زمان مصرف یک سلول مخزن

با توجه به اینکه ظرفیت هر مخزن برای مصرف شش روز نیروگاه کافی می‌باشد، لذا گرمایش مخزن دوم باید طوری تنظیم گردد که بتواند قبل از اتمام مخزن قبلی به نقطه گرمایش لازم برسد.

با عنایت به مطالب فوق گرمایش در شش روز برآورد کننده نیازهای مصرفی نیروگاه بوده و هرگونه کاهش زمان منجر به اتلاف حرارتی بیشتر و هزینه اولیه بالاتر خواهد بود. با این استدلال که اگر مخزن فرضی در سه روز گرم شود، سه روز بعدی می‌بایست در دمای ماکزیمم نگهداری شود که در مقایسه با حالت گرم شدن تدریجی در شش روز اتلاف بیشتری را در حالت سه روز گرم کردن خواهیم داشت.

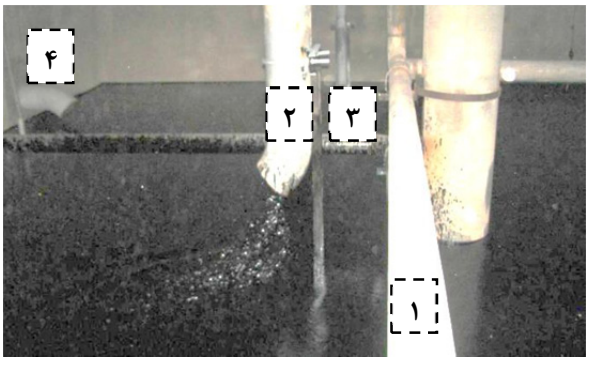
برای گرمایش مخازن در نیروگاه‌های حرارتی معمولاً از کویل که بخار در آن جریان دارد استفاده می‌گردد تا از بخار تولیدی حداکثر استفاده شده باشد و در مصرف انرژی صرفه‌جویی گردد. در این پروژه طبق مشخصات ارسالی به شرکت بلندپایه برای گرمایش مخازن بخار ۱۶ بار و ۲۰۰

درجه سانتیگراد می‌بایست در نقطه تحویل (terminal point) در اختیار این شرکت گذاشته می‌شد و تمامی طراحی‌ها بر طبق این مشخصات بوده است، اما در هنگام تحویل سوخت، بخار ۲ بار و ۱۳۰ درجه تحویل داده شده است و این تغییرات مشکلاتی در بر داشته است که در ادامه به شرح و نحوه حل آن پرداخته شده است.

۳- گرمایش مخزن با بخار ۱۶ بار و ۲۰۰ درجه

بر اساس داده‌های اولیه (فشار ۱۶ بار و دمای ۲۰۰ درجه سانتیگراد) گرمایش مازوت در این مخازن به وسیله قرار دادن کویل در مخزن صورت پذیرفته و نگهداشت دمای مازوت در مسیر به وسیله قرار دادن Trace در مسیر انجام می‌پذیرد.

همانطور که گفته شد گرمایش مخزن توسط کویل‌ها تأمین می‌شود. این کویل‌ها بر خلاف کویل‌های معمول در مخازن فلزی که در اطراف مخزن می‌باشد در کف کویل کشیده شده است. با توجه به فشار و دمای بخار داده شده در این پروژه از لوله‌های Stainless Steel Sch 40 به عنوان کویل‌های داخل مخزن استفاده شده است. این سیستم رساندن دمای مازوت را در زمان تعیین شده به ۶۰ درجه سانتیگراد می‌رساند، لازم به ذکر است که طراحی کویل در فاصله ۶ متری از دیوار مخزن به دلیل الزامات ACI جهت کنترل کیفیت و عمر بتن صورت گرفته و بخار ۱۶ بار و ۲۰۰ درجه برای پوشش حرارتی این فاصله در نظر گرفته شده است. شکل شماره ۲ نمایی از کف مخزن مازوت نیروگاه همدان را نشان می‌دهد. در شکل کویل کف خواب (۱)، سیرکوله خط مخزن (۲)، خط پرکن مخزن (۳) و مسیر تخلیه (۴) مشاهده می‌گردد.



شکل ۲ کف مخزن مازوت نیروگاه همدان

۴- مشکلات و راهکارهای ارائه شده

در نیروگاه همدان گرم کننده طراحی شده برای مخازن مازوت، کویل با سطح مناسب در کف مخزن می‌باشد. گرم‌کن طراحی شده نمی‌تواند دمای مازوت را به ۶۰ درجه سانتیگراد برساند. این مشکل به دلیل فرض اولیه طراحی بر مبنای دمای بخار ۲۰۰ درجه سانتیگراد و فشار ۱۶ بار بوده، اما مشخصات بخار تحویلی ۱۳۳ درجه سانتیگراد و فشار ۲ بار می‌باشد. برای حل این مشکل راهکارهایی ارائه و در مورد آن بحث و تبادل نظر شده است و در نهایت راه‌حلی عملی برای مشکل انتخاب شده است.

۵- بررسی ترمودینامیک شرایط موجود

در این قسمت شرایط موجود تشریح شده و عدم توانایی سیستم موجود برای گرمایش مخزن، توسط محاسبات ترمودینامیکی نشان داده شده است.

مشخصات بخاری که به صورت مطمئن برای این پروژه قابل تأمین بوده و وارد کویل‌های مبدل نیز گردیده است، بخار با فشار ۲ بار و ۱۳۳ درجه سانتیگراد می‌باشد؛ که در این محاسبات عدم امکان گرم کردن مخزن در تعداد روزهای معین با بخار تحویلی مشخص گردیده و با محاسباتی که با فرض بخار ۱۶ بار و ۲۰۰ درجه سانتیگراد مقایسه گردیده است.

میزان حرارت لازم برای گرم کردن:

Time of Heating: $\Delta\theta=140$ hr

Volume of warm cell $V=30{,}000\ m^3$

$Q_{uw}=m.C_f.\Delta T/\Delta\theta = V.\rho_f.C_f.(T_{fw}-T_a)/\Delta\theta$

$Q_{uw}=15728946.43$ kj/hr

REQUIRED STEAM (16 bar, 200 °C):

$\dot{m}_{uw}=Q_{uw}/(hg-hf)$

$\dot{m}_{uw}=6694.023$ g/hr

AVAILABLE STEAM (2 bar, 133 °C):

$\dot{m}_{uw}=Q_{uw}/(hg-hf)$

$\dot{m}_{uw}=7271$ kg/hr

میزان پرت حرارت از دیواره‌ها و سطح مازوت:

Q_W=5294206 kj/hr

REQUIRED STEAM (16 bar, 200 °C):

$\dot{m}_w=Q_w/(hg-hf)$

$\dot{m}_{uw}$=2253kg/hr

AVAILABLE STEAM (2 bar, 133 °C):

$\dot{m}_w=Q_w/(hg-hf)$

$\dot{m}_{uw}$=2447 Kg/hr

مجموع بخار مورد نیاز برای هر دو شرایط تحویلی در صورتی که بر اساس ۱۴۰ ساعت گرمایش انجام گردد و مازوت طبق طرح اولیه گرم و جوابگویی مصارف مربوط به واحد های مختلف نیروگاه و بهره‌بردار باشد.

بخار ۱۶ بار و ۲۰۰ درجه سانتیگراد:

$\dot{m}_{total}$=8946 Kg/hr

بخار ۲ بار و ۱۳۳ درجه سانتیگراد:

$\dot{m}_{total}$=9718 Kg/hr

پس از برآورد بخار مورد نیاز در هر دو شرایط تحویلی امکان عملی تامین بخار بررسی می‌گردد.

Specific volume of steam V=0.1238 @ 16BAR &200°C

Specific volume of steam V=0.6033 @ 2BAR &133°C

جهت بررسی امکان عملی تامین مقدار مورد نیاز بخار تنها محک سرعت بخار در لوله می باشد که طبق فرمول زیر سرعت بخار در لوله محاسبه می گردد.

$G=0.28\times V\times Y\times d^2$

d قطر لوله (سانتیمتر)

Y چگالی (کیلوگرم بر مترمکعب)

V سرعت (متر بر ثانیه)

G ظرفیت بخار (کیلوگرم بر ساعت)

V=17 m/s @16 bar, 200°c

V=93 m/s @2 bar, 133°c

با توجه به محاسبات مشخص می‌گردد که دستیابی به سرعت ۹۳ متر بر ثانیه در فشار ۲ بار عملاً غیرممکن بوده و قطعاً سیستم در شش روز با این مشخصات بخار گرم نخواهد گردید و عملا بهره بردار دچار مشکل جهت سرویس دهی واحد های مختلف نیروگاه خواهد شد.

در صورت افزایش تعداد روزهای گرمایش علاوه بر مشکلاتی که برای بهره‌بردار جهت تحویل گیری مازوت مورد نیاز بوجود خواهد آمد، باعث انباشت حرارتی در بالا و در نتیجه بوجود آمدن اختلاف دمایی در بالا و پایین مخزن خواهد گردید.

در صورتی که بخار با فشار ۲ بار و دمایی ۱۳۳ درجه سانتیگراد داشته باشیم و سرعت بخار در لوله را ۴۰ متر بر ثانیه فرض کنیم حداکثر گذردهی بخار ۴۴۵۱ کیلوگرم بر ساعت خواهد بود که طبق محاسبات زیر نشان دهنده عدم توانایی بخار تحویلی موجود جهت گرم کن مخزن ذخیره مازوت می‌باشد.

$\dot{m}_{uw}=Q_{uw}/(hg-hf)$

$4451= Q_{uw}/2163$

Q_{uw}=9627513 kj/hr

$Q_{uw}=m.C_f.\Delta T/\Delta\theta = V.\rho_f.C_f.(T_{fw}-T_a)/\Delta\theta$

با جایگذاری پارامتر ها حداقل زمان مورد نیاز جهت گرمایش مازوت به تنهایی ۲۲۸ ساعت برآورد می گردد اما جهت افزایش دما می بایست بر هدر رفت گرما از دیواره ها و سطح نیز غلبه گردد بنابراین میزان کل گرمایی مورد نیاز به شرح زیر می باشد.

$Q_{W=}$5294206 kj/hr

$Q_{Tw}=Q_{UW}+Q_W/2$= 12305228 kj/hr

با توجه به سطح کویل که در این پروژه تغییر نخواهد کرد و همچنین اختلاف دمایی که می‌بایست ایجاد کند حداکثر توان گرمایشی مبدل به شرح زیر می‌باشد:

$Q_{Tw}= A_h\ U_h\ (T_{ST} - T_{fw})$=9859200 kj/hr

(prepared by coil) $Q_{Tw\leq}\ Q_{Tw}$ (required)

که طبق محاسبات بالا مشخص می‌گردد مبدل توان افزایش دمایی مازوت داخل مخزن را نخواهد داشت.

۶- راهکارهای ارائه شده

در ادامه راهکارهای رفع این مشکل که در این پروژه بررسی شده‌اند، آورده شده است:

۱- تقویت بخار ورودی

حتی‌الامکان مشخصات بخار به مشخصات قراردادی (۱۶ بار و ۲۰۰ درجه) نزدیک شود.

۲- قرار دادن هیتر الکتریکی در مکش پمپ

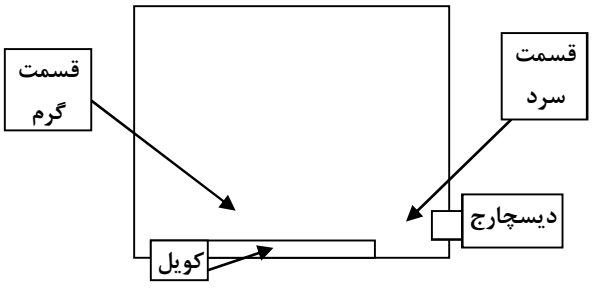
یکی از روش‌های رایج قرار دادن هیتر الکتریکی در محل مکش پمپ می‌باشد. (در مخازن بتنی مدفون ایرانشهر که توسط شرکت بلندپایه ساخته شده‌اند از این سیستم استفاده شده است) این روش کارآمد بوده اما دارای هزینه اولیه و مصرف برق بالا می‌باشد.

۳- قرار دادن trace در خط مکش پمپ

قرار دادن تریس لوله را گرم می کند اما به علت کوتاه بودن لوله خروجی (۴ متر) و سرعت سیال، انتقال حرارت به سیال به خوبی صورت نمی گرد و این روش جوابگو نمی باشد.

۴- نزدیک کردن لوله discharge به کویل‌ها

در حالت اولیه طراحی لوله دیسچارج در کنار مخزن و در محل نسبتاً سرد بوده (بطور کل بالای مخزن گرم تر از پایین آن می باشد، اما پایین مخزن نیز قسمت های گرم و سرد دارد که قسمت های کنار دیواره سرد و دور از دیواره گرم می باشند)، با نزدیک کردن دیسچارج به محل کویل‌ها می‌توان مازوت گرم‌تری برداشت کرد.

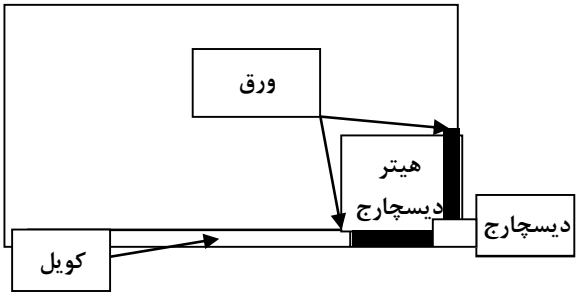


شکل ۳ نشان دهنده گرم‌تر بودن مازوت در نزدیکی کویل

۵- قرار دادن هیتر discharge

در عوض گرم کردن کل مخزن می توان سیال در حال خروج را گرم کرد، این کار را با هیتر دیسچارج که در محل خروج سیال قرار می گیرد، می توان انجام داد. این روش کارایی خوبی دارد اما به علت محدودیت سازه قابل اجرا نمی باشد. (با بالا رفتن دما نفوذ پذیری بتن افزایش می‌یابد، بنابراین نزدیک دیواره نباید گرم شود.)

در صورت ورق کوبی داخل مخزن(روی دیواره و کف مخزن) در کنار دیسچارج و عدم نفوذ سیال گرم و گرما به بیرون و دیواره ایراد و محدودیت سازه ای این روش بر طرف خواهد شد. با توجه به مصرف مازوت و ظرفیت مصرف یک ساعت پمپ این روش کاملا قابل اجرا می باشد اما کمی هزینه بر خواهد بود.



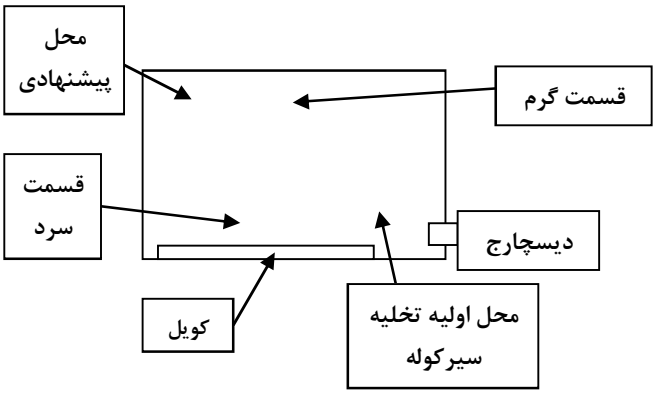
شکل ۴ طرح قرار دادن هیتر دیسچارج

۶- سیرکوله پمپ از بالا تخلیه شود

با ریختن مازوت سرد بر روی قسمت گرم فوقانی (سیال گرم به بالا می‌رود) یکنواختی و توزیع دمایی بهتری خواهیم رسید. (در حالت اولیه و قبل از رفع مشکل دمای پایین ۴۰ و دمای بالای مخزن ۷۰ درجه سانتیگراد بوده است).

۷- هیتر بخار در محل مکش پمپ

این روش همانند روش هیتر الکتریکی است اما به دلیل افت فشار بالا در مسیر NPSHR پمپ (هد مورد نیاز پمپ) تأمین نخواهد شد، به این دلیل این روش مردود می‌باشد.



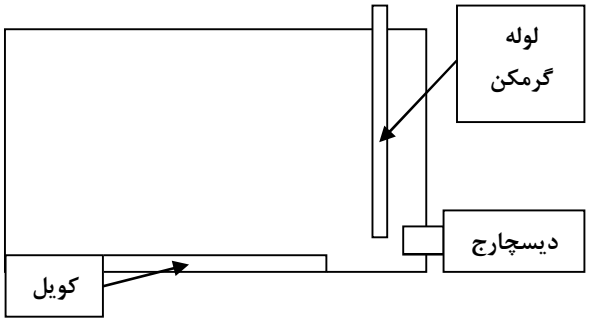
شکل ۵ نشان‌گر محل تخلیه جدید

۸- قرار دادن گرم کن بخار در خط برگشت مازوت بعد از پمپ

به علت تخلیه لوله به کف مخزن و نزدیکی محل برداشت این کار می‌تواند به افزایش دمای مازوت برداشتی کمک کند. اما به دلیل دائمی نبودن سیرکوله و همچنین محدودیت فضا در پمپ خانه این روش نیز عملاً مردود می‌باشد.

۹- گرم کردن مازوت با بخار مستقیم

می‌توان بخار را به صورت مستقیم به مازوت تزریق کرد و مازوت را به صورت موضعی گرم کرد. بخار مایع شده را پس از پمپاژ می‌توان از مازوت جدا کرد. تزریق بخار را به کمک یک لوله ۲ اینچی در محل دیسچارج انجام می‌گیرد.



شکل ۶ محل قرارگیری گرمکن موضعی

۷- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

با توجه به راهکارهای ارائه شده و بحث و بررسی برای رفع مشکل در این پروژه چهار راهکار زیر پیشنهاد گردید:

۱- تقویت بخار ورودی و نزدیک کردن مشخصات آن به مشخصات داده شده توسط کارفرما (۱۶ بار و ۲۰۰ درجه)

۲- روش دوم با کمترین هزینه و احتمال جوابگویی بالا (اما نه صد در صد) عبارت است از محل تخلیه سیرکوله پمپ به بالای مخزن.

۳- طرح هیتر دیسچارج نیز با سیل کردن آن از رسیدن حرارات به سازه جلوگیری می‌شود و از نظر فنی با محاسبات کافی قابل قبول می‌باشد اما این طرح تا حدودی هزینه‌بر می‌باشد.

۴- طرح گرم کردن موضعی به وسیله بخار مستقیم نیز طرحی با صرفه اقتصادی و ساده می‌باشد.

در انتها در تصمیم گیری بین چهار پیشنهاد فوق، که اولی ملزوم تقویت بخار و سه پیشنهاد دیگر که یک پیشنهاد با هزینه کم و کارایی نه کاملا تضمین شده دیگری دارای هزینه و کارایی تضمین شده و راه آخر نیز به عنوان یک راه کمکی، یقینا اولویت با راه اول بود اما امکان تأمین بخار موجود نبود. بین سه گزینه دیگر اولویت با گزینه کم هزینه تر بود و با بررسی بیشتر و انجام محاسبات و آزمایشات راه حل دوم به کمک راه چهارم کارایی خود را کاملا ثابت کرد و در حال حاضر سیستم گرمایش به خوبی کار خود را انجام می‌دهد و مازوت به راحتی پمپ می‌گردد.

۸- مراجع

- مستندات و مدارک مخازن نیروگاه شهید مفتح همدان
- عادل قهرمانی، "مهندسی سیستم بخار ، مرجع طراحی و نکات اجرائی" چاپ اول، انتشارات مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۸

آب‌بندی مخازن بتنی نفت خام[۱]

سید مهدی رئیس الواعظین[۱]، زهره عاشوری[۲]
[۱]مدیر واحد بتن و ژئوتکنیک شرکت بلندپایه
[۲] کارشناس بتن شرکت بلندپایه

چکیده

با توجه به پیشرفت روزافزون تکنولوژی ساخت سازه‌های بتنی و همچنین مزایای آن در احداث مخازن نفتی، استفاده از بتن در ساخت مخازن نفت خام را می‌توان مورد توجه قرار داد. در طراحی و اجرای اینگونه مخازن، آب‌بند نمودن آنها از اهمیت بالایی برخوردار است. در این مقاله به اصول روش‌های آب‌بندی مورد استفاده در مخازن بتنی نیروگاه‌های همدان و ایرانشهر توسط شرکت بلندپایه اشاره شده است. در مخزن نیروگاه ایرانشهر، جهت کاهش نفوذپذیری بتن از محدود کردن نسبت آب به سیمان و همچنین حذف درزهای اجرایی با استفاده از قالب لغزنده استفاده شده داشته است. در مخزن نیروگاه همدان نیز از محدود کردن نسبت آب به سیمان و مواد شیمیایی کریستال شونده به عنوان پوششی بر روی سطح داخلی بتن برای آب‌بند نمودن آن استفاده شده است. با توجه به نتایج حاصل شده پس از سوخت‌گیری این مخازن، هر دو روش استفاده شده برای آب‌بندی مخازن مذکور به خوبی عمل کرده است.

کلمات کلیدی: **مخزن** آب‌بندی، مخازن بتنی، طرح اختلاط بتن، نسبت آب به سیمان

---

[۱] **مقاله پنجمین کنفرانس ملی بتن ایران - سالن همایش‌های مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی - ۱۵ مهر ۱۳۹۲ - چاپ شده**

۱- مقدمه

امروزه نفت به عنوان یک سرمایه استراتژیک از جنبه‌های اقتصادی و سیاسی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. بر این مبنا ذخیره‌سازی این ماده گرانبها جهت نگهداری و بهره‌برداری مفید نقش بسزایی در استفاده از این کالای استراتژیک دارد. جهت نگهداری و ذخیره سازی نفت خام، مخازن فلزی و بتنی با اشکال و احجام مختلف در سطح جهان مورد استفاده قرار گرفته است. در ایران، تاکنون از مخازن ذخیره‌سازی فلزی جهت این امر استفاده شده با این حال، شرکت بلندپایه یکی از پیشگامان ساخت مخازن ذخیره نفت خام سبک و سنگین در ایران به صورت بتنی می‌باشد. از مزایای این مخازن بتنی می‌توان به در دسترس بودن مصالح سازنده، کاهش هزینه‌های نگهداری و نیز ایمنی بالا در مقابل آتش‌سوزی اشاره نمود. در این میان، بحث آب‌بند نمودن مخازن بتنی جهت نگهداشت نفت از جنبه اقتصادی و نیز آسیب‌های احتمالی به محیط زیست از اهمیت دوچندانی برخوردار می‌باشد. بدین ترتیب، روش‌های مختلفی برای کنترل و ممانعت از نشت این مایع به خارج از مخازن وجود دارد. در این مقاله، روش‌های مورد استفاده جهت کنترل نشت نفت در دو مخزن بتنی ساخته شده توسط شرکت بلندپایه مورد توجه قرار گرفته است. مخازن مذکور، شامل مخازن بتنی ۶۰،۰۰۰ متر مکعبی همدان و ایرانشهر می‌باشد که در بخش‌های مختلف مقاله حاضر به آن پرداخته می‌شود.

۲- برخی روش‌های جلوگیری از نشت نفت خام در مخازن بتنی

۲-۱- بهینه نمودن طرح اختلاط بتن

از مناسب‌ترین روش‌های جلوگیری از نشت مایعات در بتن، تهیه بتنی با کیفیت و کارآیی مناسب بوده به نحوی که خود بتن بتواند به تنهایی در برابر نشت مایع از داخل مخزن مقاومت نماید. بدین ترتیب با بهره‌گیری از طرح اختلاط بهینه برای ساخت بتن شامل دانه‌بندی مصالح سنگی مناسب، استفاده از میزان پایین آب به سیمان و نیز کاربرد مواد مضاف مانند میکروسیلیس می‌توان به کاهش خلل و فرج در مصالح بتنی دست یافت. با کاهش یافتن این خلل و فرجها و فضاهای خالی در بتن و نیز کاهش لوله‌های موئین، مسیر عبور مایعات طولانی شده و بنابراین می‌توان مقدار نشت از پوسته بتنی را به حداقل رساند.

۲-۲- آب‌بندی غشایی

اساس این روش، استفاده از آب‌بندی غشایی می‌باشد. در این روش ملات امولسیون پلیمری با طرح اختلاط خاص در چند لایه با رعایت نکات فنی روی دیوارها اجرا می‌شود. در نتیجه تشکیل فیلم پلیمری و واکنش‌های پوزولانی ناشی از میکروسیلیکای موجود در این مواد، یک پرده انعطاف‌پذیر و مقاوم آب‌بند بصورت پوششی بر روی سطوح بتنی شکل می‌گیرد. از سوی دیگر، با اتخاذ تدابیری خاص، محل اتصال کف به دیوار که یکی از حساس‌ترین نقاط از لحاظ آب‌بندی می‌باشد، ایزوله گشته و لایه کف و دیواره مخزن کاملاً یکپارچه می‌گردند. برای آب‌بندی کف نیز از نوعی بتن آب بند با اسلامپ پایین به ضخامت حداقل ۱۵ سانتیمتر استفاده می‌شود. لازم به ذکر است، در روش مذکور، قبل از اجرای لایه آب‌بند، ضمن شستشوی کامل سطوح از گرد و غبار و چربی احتمالی، تمام ذرات سست از سطح بتن می‌باید جدا گردند و همچنین جهت چسبندگی بهتر لایه آب‌بند به سطح زیر کار استفاده از چسب رابط پلیمری در این روش الزامی می‌باشد.

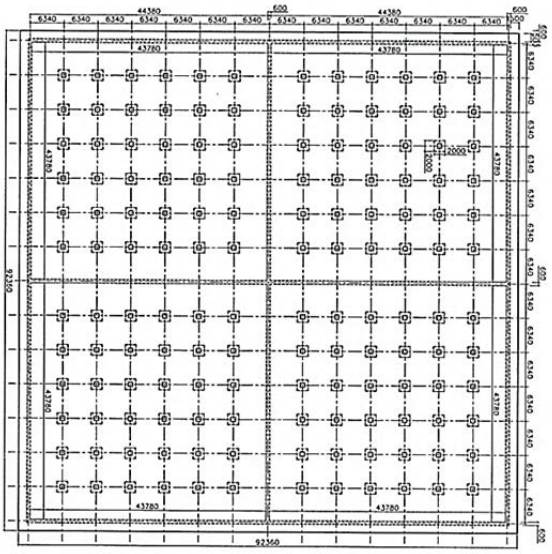
۲-۳- استفاده از مواد شیمیایی

استفاده از مواد شیمیایی فعال و سیستم های ضدآب کننده کریستالی نیز از روش های دیگرجلوگیری از نشت نفت خام در مخازن بتنی می باشد. این مواد پودری به هنگام اختلاط با آب، به صورت دوغاب سیمان عمل کرده و روی سطح بتن داخل و یا خارج دیواره بتنی قرار می گیرد. همچنین از این مواد جهت آب بند نمودن درزهای اجرایی و یا محل ترک های احتمالی موجود بر روی بتن نیز استفاده می گردد. این مصالح با پایه سیمانی با ایجاد یک سیستم کریستالی نامحلول در خلل و فرج‌های بتن، میزان نشت نفت از این مخازن را به حداقل می‌رساند. از

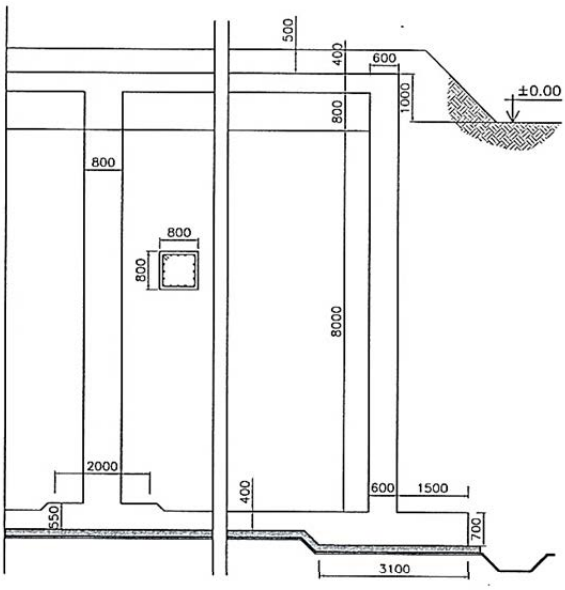
این مصالح علاوه بر جلوگیری از نشت مخازن نفتی، در سیستم‌های انتقال فاضلاب، سیستم‌های تونل و مترو، فضاهای زیرزمینی و استخرها نیز استفاده می‌گردد.

۳- پروژه مخزن بتنی نیروگاه ایرانشهر

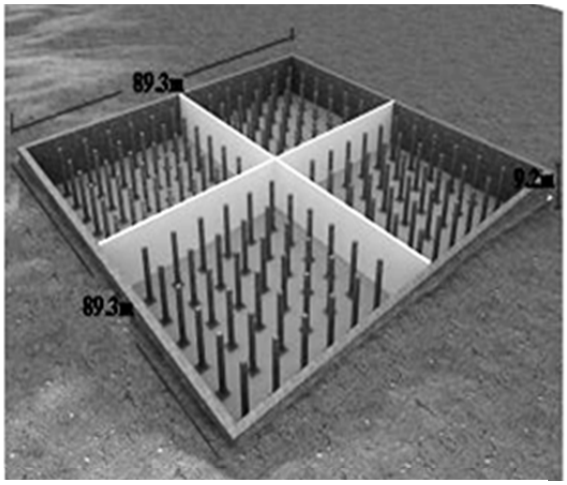
نیروگاه ایرانشهر در ۱۷ کیلومتری جاده ایرانشهر به بم در استان سیستان و بلوچستان واقع شده است. این مخزن نیز از نوع بتنی مدفون بوده و ابعاد آن ۸۵×۸۵ و به ارتفاع ۹ متر و با حجم ۶۰۰۰۰ مترمکعب می‌باشد. مقاومت ۲۸ روزه نمونه‌های استوانه‌ای استاندارد بتن جهت ساخت این مخزن برابر با ۳۵۰ کیلوگرم بر سانتیمترمربع در نظر گرفته شده است. به دلیل شرایط خاص در این سازه نیز نفوذپذیری بتن از اهمیت خاصی برخوردار است. نمایی از مخزن مورد نظر در شکل شماره (۱) و (۲) و نمایش شماتیک آن در شکل شماره (۳) و مخزن مذکور در حین ساخت، در شکل شماره (۴) ارائه شده است.



شکل ۱ نمایی از مخزن نیروگاه ایرانشهر



شکل ۲ مقطع مخزن نیروگاه ایرانشهر



شکل ۳ نمای شماتیک مخزن نیروگاه ایرانشهر

استفاده از سیستم قالب لغزنده در بتن‌ریزی یکپارچه و بدون درز نقش اصلی را برای آب‌بندی مخزن مذکور ایفا نمود. برای به حداقل رساندن نشت مواد نفتی از مخزن ایرانشهر، از روش بهینه نمودن طرح اختلاط بتن مصرفی استفاده شده است. بدین ترتیب، با اصلاح طرح اختلاط بتن مصرفی و استفاده از مواد افزودنی مناسب و قرار دادن واتر استاپ در درزهای اجرایی یا انبساطی و رعایت نکات مهم اجرایی آب‌بندی این مخزن تأمین شده است. لازم به ذکر است، آب‌بندی در این مرحله جزء اقتصادی‌ترین روش‌ها محسوب می‌گردد. طرح اختلاط

مزبور برای ساخت بتن، با دارا بودن مواد افزودنی از نوع فوق‌روان‌کننده نیاز به افزایش آب مصرفی را به حداقل رسانده و بر این اساس از میزان خلل و فرج‌های احتمالی در بتن تا حد زیادی می‌کاهد. پایین بودن نسبت آب به سیمان، مؤثرترین روش جهت کاهش نفوذپذیری بتن می‌باشد که باعث کم شدن لوله‌های مویین در بتن می‌گردد، که در این طرح این نسبت ۰/۴ در نظر گرفته شده است. ضمناً روش اجرای صحیح بتن‌ریزی و رعایت مشخصات فنی به هنگام اجرا مکمل موارد فوق در آب‌بند بودن این مخازن می‌باشد.

بدین ترتیب، ماده افزودنی مناسب جهت استفاده در این مرحله با داشتن خاصیت روان‌کنندگی سبب کاهش نسبت آب به سیمان و افزایش سهولت متراکم سازی بتن شده که این امر خود باعث کاهش قطر لوله‌های مویین، افزایش وزن مخصوص، تراکم بتن و در نتیجه سبب کاهش نفوذپذیری می‌شود. همچنین به دلیل عملکرد چندکاره مواد فوق‌روان‌کننده مورد نظر، این مواد بر مقاومت فشاری و دوام بتن مزبور نیز می‌افزاید. لازم به ذکر است، کاربرد مواد فوق‌روان‌کننده، از نفوذ سولفات‌ها و املاح خورنده در بتن نیز جلوگیری کرده و یون کلر فعال موجود در آن را نیز غیرفعال می‌نماید.

از آنجا که دانه‌بندی مصالح بتنی از عوامل مهمی است که بر کارآیی بتن تأثیر زیادی دارد، در کل فرآیند طرح اختلاط و ساخت بتن مورد نظر، توجه ویژه به دانه‌بندی مصالح سنگی مورد استفاده از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشد. اصلاح منحنی دانه‌بندی و کنترل میزان ذرات ریزدانه، مواد افزودنی پودری (میکروسیلیکا) و نرم دانه مصالح سنگی (عبوری از الک ۲۰۰#) در شکل‌گیری مصالح بتنی با حداقل نفوذپذیری دارای اهمیت می‌باشد. دقت در یکنواخت بودن مخلوط دانه‌بندی باعث می‌شود بتن حاصله کاملاً همگن بوده و فاقد هر گونه جدایی یا آب‌انداختگی باشد، که در نتیجه کارآیی و پمپ‌پذیری بتن بهبود می‌یابد.

علاوه بر موارد فوق، دقت در کلیه مراحل اجرای سازه مورد نظر، سبب جلوگیری از ایجاد درزهای اجرایی ناخواسته و کرموشدگی بتن گردید، که این امر نیز به نوبه خود در کاهش میزان خلل و فرج و نفوذپذیری بتن دارای اهمیت می‌باشد.

شکل ۴ مخزن نیروگاه ایرانشهر در حال ساخت

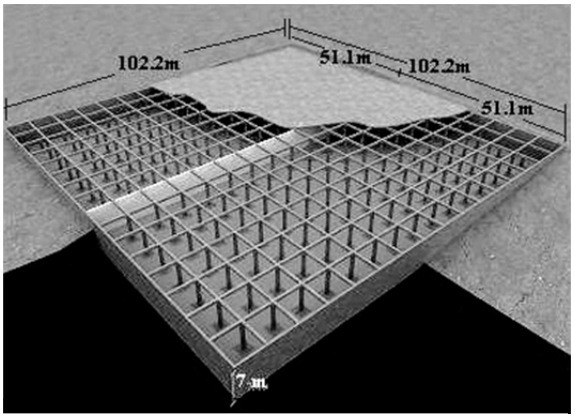
طرح اختلاط بتن مورد استفاده در ساخت مخزن بتنی نیروگاه ایرانشهر در جدول شماره (۱) ارائه شده است.

جدول ۱ طرح اختلاط بتن مورد استفاده در ساخت مخزن بتنی نیروگاه ایرانشهر

سیمان Kg/m^3	ماسه Kg/m^3	شن بادامی Kg/m^3	شن نخودی Kg/m^3	آب آزاد Lit/m^3	آب کل Lit/m^3	فوق روانساز Lit/m^3	نسبت آب به سیمان	اسلامپ cm
420	1090	455	273	168	201	3	0.4	15

۴- پروژه مخزن بتنی نیروگاه شهید مفتح همدان

نیروگاه شهید مفتح همدان در ۴۵ کیلومتری شمال شرقی همدان واقع شده است. مخزن ذخیره سوخت مازوت در نظر گرفته شده جهت نیروگاه از نوع بتنی مدفون می‌باشد و ابعاد آن ۱۰۶×۱۰۶ به ارتفاع ۶.۹ متر است. حجم آن نیز ۶۰،۰۰۰ مترمکعب و از نوع مکعبی می‌باشد. دیواره‌های میانی، مخزن را به چهار قسمت ۱۵،۰۰۰ مترمکعبی تقسیم نموده‌اند. ارتفاع مازوت در مخزن در حالت پر به ۸ متر می‌رسد. ابعاد داخل هر سلول برابر با ۴۳٫۸ × ۴۳٫۸ متر است. مقطع ستون‌های سازه به شکل مربعی در نظر گرفته می‌شوند. تعداد ۳۶ عدد ستون در هر یک از سلول‌ها و در کل ۱۴۴ عدد لحاظ شده است. در شکل شماره (۵) نمایی شماتیک از مخزن و در شکل شماره (۶) نمایش این مخزن در حین ساخت نمایش داده شده است.



شکل ۵ نمای شماتیک مخزن نیروگاه همدان

مقاومت ۲۸ روزه نمونه‌های استوانه‌ای استاندارد بتن جهت ساخت سازه مخزن مزبور، برابر با ۳۵۰ کیلوگرم بر سانتیمترمربع در نظر گرفته شده است. با توجه به شرایط خاص سازه که در تماس با مواد نفتی می‌باشد، بحث دوام، پایایی و نفوذپذیری بتن از اهمیت خاصی برخوردار است. برای به حداقل رساندن میزان نفوذپذیری پوسته‌های بتنی سازه مورد نظر، از مواد شیمیایی کریستال شونده به صورت دو لایه پوشش استفاده شده است. بدین ترتیب، برای پوشش مزبور در وجه درونی مخزن، از مواد شیمیایی با پایه سیمانی استفاده شده که این مواد هنگام اختلاط با آب تبدیل به کریستال‌های نامحلول می‌شوند. ترکیب حاصل، خلل و فرج و لوله‌های موئین لایه سطحی بتن را پر نموده و بتن را در مقابل نفوذ نفت و یا هر مایعی محافظت می‌کند ولی در عین حال به بتن اجازه تنفس هم می‌دهد.

شکل ۶ مخزن نیروگاه همدان در حال ساخت

از مزایا و کاربردهای دیگر استفاده از این مواد می‌توان به موارد زیر نیز اشاره نمود:

- هزینه مناسب
- مقاومت در برابر فشار هیدرواستاتیک
- مقاومت در برابر مواد شیمیایی مهاجم
- غیر سمی بودن
- عدم نیاز به شرایط هوایی خشک یا سطح خشک
- عدم نیاز به محافظت به هنگام عملیات خاکریزی
- دائمی بودن و عدم فرسایش این لایه

۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

امروزه نفت به عنوان یک سرمایه استراتژیک از جنبه‌های اقتصادی و سیاسی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. در ایران، تاکنون از مخازن ذخیره‌سازی فلزی جهت این امر استفاده شده با این حال، شرکت بلندپایه یکی از پیشگامان ساخت مخازن ذخیره نفت خام سبک و سنگین به صورت بتنی می‌باشد، که این مخازن مزیت‌های فراوانی را از جمله امنیت بالای این مخازن، در دسترس بودن مصالح و کاهش هزینه نگهداری نسبت به مخازن فلزی دارد.

برای جلوگیری از نشت مایعات در بتن از روش‌های مختلفی مثل بهینه نمودن طرح اختلاط بتن، آب‌بندی غشایی و مواد شیمیایی استفاده می‌شود. جهت به حداقل رساندن نشت مواد نفتی از مخزن ایرانشهر، از روش بهینه نمودن طرح اختلاط بتن مصرفی استفاده شده است. بدین ترتیب، با اصلاح طرح اختلاط بتن مصرفی و استفاده از مواد افزودنی مناسب و قرار دادن واتر استاپ در درزهای اجرایی یا انبساطی و رعایت نکات مهم اجرایی آب‌بندی این مخزن تأمین شده است.

در مخزن نیروگاه همدان برای به حداقل رساندن میزان نفوذپذیری پوسته‌های بتنی سازه مورد نظر، از مواد شیمیایی کریستال شونده به صورت دو لایه پوشش استفاده شده است، که این مواد هنگام اختلاط با آب تبدیل به کریستال‌های نامحلول می‌شوند. ترکیب حاصل، خلل و فرج و لوله‌های موئین لایه سطحی بتن را پر نموده و بتن را در مقابل نفوذ نفت و یا هر مایعی محافظت می‌کند ولی در عین حال به بتن اجازه تنفس هم می‌دهد.

البته ذکر این نکته ضروری است که بهترین روش برای نفوذناپذیر نمودن بتن، ساخت بتن با طرح اختلاط مناسب و اجرای صحیح و اصولی بتن‌ریزی می‌باشد.

۶- منابع

۱- حقیقی، بهمن، محاسبات سازه‌ای مخزن سوخت بتنی ایرانشهر، شرکت بلندپایه، ۱۳۸۷

۲- فراز، سارنگ، گزارش طرح اختلاط بتن نیروگاه ایرانشهر، شرکت بلندپایه، ۱۳۸۸

۳- پشنگ پیشه، یداله، تحلیل گرادیان حرارتی دیواره مخازن بتنی سوخت،۱۳۹۱

Comparison of important technical and economical criteria for selection of concrete or steel materials for construction of 500,000-barrels storage tanks

Mahmoud Ketabchi[1], Arash Sadeghi[2], Amir Amiri Diba[3]

[1]Planning and Economic VP, Bolandpayeh Co.

[2]Engineering VP, Bolandpayeh Co.

[3]Bolandpayeh Co.

Abstract

In consideration of experiences of Boland Payeh Co. in design and construction of storage tanks, a comprehensive comparison of ten important technical and economical criteria for construction of 500,000 barrels (80,000 m^3) storage tanks for selecting between steel or concrete materials has been conducted. Results has shown that for eight criteria of capital investment, economical issues, energy consumption in construction, project completion duration, required area of land, freezing and thermal considerations, corrosion in acidic conditions, corrosion in environment, safety and security selection of concrete material is prioritized. In criterion of leak and environmental protection selection of steel material is prioritized and in criterion of peripheral equipment no prioritization is necessary.

Keywords: storage tanks, concrete storage tank, steel storage tank, technical and economical comparison, Boland Payeh Co.

Selection of optimal shape and dimensions of underground concrete fuel storage tank Case study of Hamedan, Iranshahr and Maroon tanks)

Ali Akbar Najafi[1], Bahman Haghighi Poudeh[2], Mohammad Salehi[3], Maryam Khadivar[4]

[1]CEO Consultant, Bolandpayeh Co.

[2]Structural Design Manager, TTBP Consultant Eng. Co.

[3]Design Expert, TTBP Consultant Eng. Co.

[4]Technical Expert, Bolandpayeh Co.

Abstract

Selecting the shape of storage tank is the first step in its design process.This selection depends on factors such as available space,height limitation,geotechnical conditions,groundwater level,economic and construction conditions and due diligence is required to consider all aspects of optimum selection.In this paper some shapes of concrete tank elements are described and then experiences of Bolandpayeh company in selecting optimal shape and height of Hamedan, Iranshahr concrete fuel tanks and Maroon Concrete crude oil storage tanks are discussed.This selection was based on documentations related to technical and economic studies on specific factors influencing the relevant project.

Keywords: Underground concrete tanks, Optimum shape, Hamedan fuel tank, Iranshahr fuel tank, Maroon crude oil tanks

A Review of Appropriate Concrete Design Mix for RC Oil reservoirs

Ali Akbar Ramezanian Poor[1], Mehdi Raissolvaezin[2], Hadi Noori Khajavi[3]

[1]Concrete Consultant of Bolandpayeh Co.

[2]Head of Concrete and Geotechnical Department, Bolandpayeh Co.

[3]Bolandpayeh Co.

Abstract

Historical studies and performance checking of RC oil reservoirs which have been constructed in few numbers, indicates that long term permeability and durability of concrete should be considered as key characteristics of concrete as well as strength, particularly when possibility of interface between petroleum and brine is high. Generally, from design point of view, permeability factor of reservoir's concrete is one of the most significant coefficients. However, some codes and standards have covered permeability issue by increasing compressive strength of concrete. This article shows procedure to achieve optimal mix design of concrete by considering permeability and compressive strength of concrete. Results which has been used in this article belong to concrete mix design of oil reservoir project located in south of Iran. On the other hand, some issues should be considered in mix designing because of simultaneous presence of chloride and sulfate ions. In this study, strength of concrete (28-day compressive strength of cylindrical specimens) is equal to 35 MPa and permeability rate is equal to 10-12 – 10-14 m/s. In this regard, concrete mix designs of reservoir by different water-cement ratios with or without using pozzolan have been studied and subsequently compressive strength and permeability ratio have been calculated. Artificial pozzolan used in this study is silica fume and specimens including mentioned material have been compared with standard specimen. Consequently appropriate mix designs in accordance to optimal strength and durability of petroleum concrete reservoir have been achieved.

Keywords: RC oil concrete reservoir, concrete mix design, permeability factor, water absorption, water penetration depth, Boland Payeh Co.

Examination of Construction and Testing of Experimental Fuel Tank of Hamedan Shahid Mofateh Power Plant

Arash Sadeghi[1], Seyyed Mohamad Ali Rahnama[2], Ehsan Moosavi Emamchaee[2]

[1]Engineering VP, Bolandpayeh Co.

[2]Bolandpayeh Co.

Abstract

Design and construction of 60,000 m^3 concrete fuel tank of Hamedan Sahid Mofateh Power Plant was awarded to Bolandpayeh Co. in 2010. Concrete as a material has a great compressive strength and is quite reliable in earthquake, but it is new in construction of fuel tanks and requires tests to examine its impermeability. Since the heavy fuel oil (Mazut) is used in the project and its infiltration increases as the temperature increases and so does the concrete, using Lining at the inner surface of the tank is unavoidable. In order to ensure the permeability of the tank lining After the construction of the tank and before fueling it, The reservoir tank is tended to build a similar experimental one, but with smaller dimensions, to review permeability of the tank with the lining of Xypex in Different conditions and different temperatures. In this experiment, oil reservoir studied with water at ambient temperature and pressure of 0.6 bar at 60 ° C were studied and there was no leak in the the reservoir tank. Indicating correct execution and impermeable lining of the reservoir tank and the lining is guaranteed to be trusted.

Keywords: Reservoir Tank, Mazut, Concrete Tank, Fuel Tank, Power plant

Analyzing Heating of Buried Concrete Tanks of Hamedan Shahid Mofateh Power Plant

Seyyed Mohammad Ali Rahnama[1], Mohammad Reza Noor Mohammadi[1]

[1]Bolandpayeh Co.

[2]Mechanical Designer TTBP Co.

Abstract

The Boland Payeh Company managed to build up a 60000 cubic meters buried concrete tank for Heavy fuel oil storage in Hamadan Shahid Mofateh power plant. To prevent oil from reaching its pour point and making it possible for pumping it is necessary to heat it. In this project oil was heated by stainless steel coils with steam flowing through it. But delivered steam profile (temperature and pressure) was different from design characteristics and made trouble in heating. So oil didn't reach the needed temperature and it wasn't possible to pump it. 10 ways was proposed to solve this problem and by analyzing them final solution reached with combining this two solutions: "changing the place of pump circulation drain to the top of tank" and "heating oil by direct steam".

Keywords: Concrete storage Tank, Buried Tank, Heating , Heavy fuel oil , Power plant , Boland Payeh Co.

Water Sealing of Concrete Fuel Tanks

Mehdi Raissolvaezin[1], Zohreh Ashoori[2]

[1]Head of Concrete and Geotechnical Department, Bolandpayeh Co.

[2]Concrete and Geotechnical Department, Bolandpayeh Co.

Abstract

Due to improving and growth of concrete structures technology and its advantages in building storage tanks, using concrete in construction of storage tanks should be considered. Impermeability of mentioned tanks is of great importance. This article presents basics of water sealing methods which were used in fuel tanks projects in Hamedan and Iranshahr Power Plants by Bolandpayeh Company. In Iranshahr Project, limiting water-cement ratio and also removing joints executive with using sliding form were considered. In Hamedan Project, limiting water-cement ratio and also crystallizable chemicals as a coating material were used on the inner surface of concrete. After fueling the tanks, results show that both of the mentioned methods for water sealing of storage tanks have functioned well and both are applicable in water sealing of storage tanks.

Keywords: water sealing, concrete storage tank, concrete mix design, water-cement ratio

CONSTRUCTION ENGINEERING & MANAGEMENT

Quarterly Journal of Bolandpayeh Company
Vol. 1, No. 3, Autumn 2013

Concrete Oil Strorage Tanks Special Issue

Comparison of Important Technical and Economical Criteria for Selection of Concrete or Steel Materials for Construction of 500,000-Barrels Storage Tanks

Selection of Optimal Shape and Dimensions of Underground Concrete Fuel Storage Tank (Case Study of Hamedan, Iranshahr and Maroon Tanks)

A Review of Appropriate Concrete Design Mix for RC Oil Reservoirs

Examination of Construction and Testing of Experimental Fuel Tank of Hamedan Shahid Mofateh Power Plant

Analyzing Heating of Buried Concrete Tanks of Hamedan Shahid Mofateh Power Plant

Water Sealing of Concrete Fuel Tanks

BOLAND PAYEH Co.

www.bolandpayeh.com
info@bolandpayeh.com