

اثر زلزله

بر مخازن فولادی نگهداری مایع

نوشته

پرویز سیدبزازقی

(استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین)



نگارنده دانش

سرشناسه	: سیدرزاقی، مهران، ۱۳۵۶ -
عنوان و نام پدیدآور	: اثر زلزله بر مخازن فولادی نگهداری مایع / نوشته مهران سیدرزاقی.
مشخصات نشر	: تهران: نگارنده دانش، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: ۱۱۲ ص: مصور (بخش رنگی)، جدول.
شابک	: ۱۲۰۰۰۰ ریال: ۷-۰۰-۸۸۷۶-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیبا
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: مخزن‌های ذخیره -- اثر زلزله
موضوع	: Storage tanks -- Earthquake effects
شناسه افزوده	: سازه‌های فولادی -- اثر زلزله
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۶ س ۳/م ۶۶۰/۳۸ TA
رده‌بندی دیو	: ۷۶۰۴۱/۶۸۱
شماره کتابشناختی ملی	: ۴۹۲۹۰۹۷

www.ketabodanesh.com

اثر زلزله بر مخازن فولادی نگهداری مایع

نوشته	مهران سیدرزاقی
حروفچینی	واحد تولید نشر نگارنده دانش
لیتوگرافی، چاپ، صحافی	گلیاگرافیک، فرشویه، صالحانی
نوبت چاپ	اول، ۱۳۹۶
تعداد صفحات، قطع	۱۱۲، وزیری
تعداد	۵۰۰ نسخه
بها	۱۲۰۰۰ تومان

مرکز فروش

تلفن: ۶۶۹۶۱۳۹۳

نگارنده دانش

هرگونه تکثیر، اسکن یا کپی‌برداری از تمام یا بخشی از مطالب این کتاب حتی با ذکر منبع، بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است. هیچ فرد حقیقی یا حقوقی اجازه تولید و انتشار لوح یا مجموعه آموزشی از این اثر را به هر نحو ندارد.

با توسعه و گسترش روزافزون دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی در کشور، انتشار کتاب‌ها و منابع علمی مناسب برای پژوهش، تدریس، و تحصیل در سطوح مختلف دانشگاهی از ضروریات گریزناپذیر است.

شایان گفت است که از گذشته‌های دور کمبود کتاب‌های فنی و کاربردی مناسب هم از نظر محتوا و هم از نظر نگارش کاملاً محسوس بوده است، زیرا همواره با استانداردهای روزآمد جهانی همخوانی نداشته‌ایم. همین کمبود باعث شده است که فاصله میان مراکز صنعتی و مراکز آموزش عالی بسیار زیاد و ارتباط آنها بسیار کم شود. به نحوی که نیازهای دانشجویان، فانیان، صنعتگران تا هم‌اکنون برآورده نشود.

براساس همین دلواپسی‌ها انتشارات نگارنده دانش متولد شد تا با تکیه بر شانه‌های برگزیدگان مجرب علمی و فنی و بهره‌برداری از نتایج آداب‌شناسان صنعت نشر، گامی بلند در این زمینه بردارد. با این امید که بخش کوچکی از این کمبودها — به‌ویژه کتاب‌های فنی — منتهی به علوم پایه، و نرم‌افزارهای تخصصی — جبران شود و منابعی جامع و به‌روز در اختیار فضای صنعتی و دانشگاهی کشور قرار گیرد.

انتشارات نگارنده دانش همواره توسعه‌یافته است با تولید و نشر آثار علمی و کاربردی ممتاز، گامی مؤثر و سودمند در گسترش و پیشرفت علم و صنعت این سرزمین برداشته. با این دیدی است که با جان و دل پذیرای پیشنهادها و نقدهای دانشمندان گرانمایه، استادان ممتاز، صاحب‌نظران سرآمد، دانشجویان گرامی باشد. ما را از غنایم و چشمه‌های دانش خود بی‌بهره نگذارید.

مخازن استوانه ای فولادی نگهداری مایع بخش مهمی از بسیاری از مجتمع های صنعتی هستند. این گونه سازه ها در ابعاد گوناگون در صنایع مختلف از جمله صنایع نفت، گاز و پتروشیمی، صنایع غذایی و صنایع شیمیایی یافت می شوند. در بسیاری از موارد بهره برداری از مجتمع صنعتی بسیار وابسته به عملکرد مخازن است به گونه ای که در صورت آسیب دیدن مخازن ممکن است بهره برداری از تمام یا بخشی از مجتمع صنعتی متوقف شود. بر این اساس آسیب دیدگی مخزن می تواند منجر به قطع یا کاهش قابلیت مجتمع صنعتی مورد نظر گردد. علاوه بر این در بسیاری از موارد مخزن برای نگهداری مواد خطرناک (سمی، قابل اشتعال یا انفجار) مورد استفاده قرار می گیرد و نشت این گونه مواد در اثر آسیب دیدگی مخزن می تواند سبب آسیب های زیست محیطی و انسانی شدید شود. بر این اساس عملکرد سازه ای مناسب مخازن در شرایط بارگذاری مختلف بسیار ضروری است. زلزله، عبور بکی از موارد مهم ایجاد کننده آسیب در مخازن فولادی نگهداری مایع شناخته شده است. موارد قابل توجه آسیب دیدگی مخازن در زلزله های گذشته و بعضاً پیامدهای شدید ناشی از آنها توجه متخصصان و پژوهشگران مختلفی را به عملکرد لرزه ای این سازه ها جلب کرده است. به همین دلیل در نواحی لرزه خیز طراحی لرزه ای مخازن جدید امری ضروری به شمار می آید. تجربه بر این در ارزیابی آسیب پذیری و بهسازی لرزه ای تأسیسات صنعتی مخازن معمولاً مورد توجه ویژه متخصصین بهره بردار قرار می گیرند، سیر تکامل و تغییرات سریع ضوابط طراحی لرزه ای مخازن نگهداری مایع در آیین نامه های مختلف از یک سو و نیاز مبرم مراجع ذیربط به اهمیت عملکرد لرزه ای مخازن است و از سوی دیگر نشان دهنده این امر است که به دلیل رفتار لرزه ای مخازن همچنان نیاز به انجام پژوهش و ارائه راهکارهای مناسب برای تحلیل و طراحی لرزه ای مخازن وجود دارد. نکته مهمی که باید به آن توجه داشت این است که طراحی و ارزیابی لرزه ای مخازن عملاً فعالیتی میان رشته ای است و به تخصص هایی مهندسی سازه، مهندسی مکانیک و مهندسی فرایند نیاز دارد. هر یک از این تخصص ها از جنبه ای با طراحی مخازن سروکار دارند و می شوند؛ که این امر خود بر پیچیدگی و نیز اهمیت درک دقیق طراحی لرزه ای مخازن می افزاید.

کتاب پیش رو سعی دارد با ساده ترین بیان ممکن به مسأله اثر زلزله بر مخازن استوانه ای فولادی نگهداری مایع بپردازد. این کتاب در شش فصل تنظیم شده است. فصل اول اختصاص به آشنایی با مخازن دارد. در این فصل ضمن بررسی انواع مخازن به معرفی اجزای اصلی و فرعی مخازن پرداخته می شود. فصل دوم به بررسی رفتار و عملکرد لرزه ای مخازن می پردازد. در این فصل ضمن بررسی رفتار لرزه ای مخازن آسیب های ایجاد شده در مخازن در زلزله های گذشته مرور می شود. فصل سوم اختصاص به مدلسازی مخازن در برابر زلزله دارد. در این فصل مبانی تئوری مورد نیاز برای طراحی لرزه ای مخازن مرور می شوند. قسمت عمده ضوابط طراحی لرزه ای مخازن در فصل چهارم ارائه می شوند. ضوابط ارائه شده در این فصل عمدتاً مربوط به طراحی پوسته هستند. طراحی لرزه ای سایر اجزا از جمله مهار مکانیکی در فصل پنجم ارائه می شود. در فصل ششم مبانی ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای مخازن ارائه شده است و ضمن بیان اصول روش های ارزیابی چشمی و کمی، مروری بر منحنی های شکنندگی موجود در زمینه عملکرد لرزه ای مخازن شده است.

مبنای این کتاب در بخش طراحی لرزه ای مخازن، ضوابط آیین نامه طراحی لرزه ای تأسیسات و سازه های صنعت نفت (تشریح ۱۳۸۰) است. هرچند تلاش شده تمامی ضوابط طراحی لرزه ای آن تشریح که مرتبط با مخازن می باشند در این کتاب

ارائه شوند، این کتاب به هیچ وجه نمی‌تواند به عنوان جایگزین برای آیین نامه مذکور در نظر گرفته شود. این کتاب می‌تواند به عنوان مرجعی مناسب برای دانشجویان کارشناسی ارشد و دکترای مهندسی سازه و زلزله باشد. علاوه بر این مهندسانی که تمایل به فعالیت در زمینه طراحی لرزه‌ای و یا ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای مخازن دارند از این کتاب می‌توانند به عنوان راهنما استفاده نمایند. در فصل‌های چهارم و پنجم مثال‌های متنوعی طرح و حل شده‌اند. در طرح مثال‌ها سعی شده است که جنبه‌ها و زوایای مختلف و خاصی که ممکن است طراحان در زمان طراحی لرزه‌ای با آن روبرو شوند مورد توجه قرار گیرند.

در پایان لازم می‌دانم از تمامی افرادی که به نحوی اینجانب را در تهیه این کتاب یاری داده‌اند تشکر نمایم. عامل آشنایی و علاقمندی من به عملکرد لرزه‌ای مخازن استاد ارجمند جناب آقای دکتر ساسان عشقی بوده‌اند. بخش بزرگی از آموخته‌های نگارنده در زمینه اثر زلزله بر مخازن نگهداری مایع از محضر این استاد ارجمند کسب شده است. از تمامی همکاران ارجمند در کمیته تدوین و بازنگری نشریه ۳۸، سپاسگزارم. همچنین لازم است از دانشجویان پویای کارشناسی ارشد و دکترای خدای که در طول سال‌های گذشته به گونه‌های مختلف با اینجانب در زمینه اثر زلزله بر مخازن همکاری داشته‌اند سپاس بزرگ نمایم. از آقایان مهندس علی توکلی جوهری، مهندس هومن فیلی، مهندس سروش رتوف و مهندس سینا میلادی دانشجویان دوره دکتری و دکترای مهندسی سازه و زلزله که بازبینی متن اولیه این کتاب را پذیرا شدند سپاسگزارم. همچنین لازم است از دوست و همکار عزیزم آقای مهندس سهیل سروش‌نیا، آقای مسعود نیری و انتشارات وزین نگارنده دانش و تمامی کارکنان این انتشارات به رسمیت شکر این کتاب را فراهم آوردند قدردانی نمایم.

مهران سیدرزاقی

دانشگاه آزاد اسلامی قزوین

آذر ۱۳۹۶

فصل ۱. آشنایی با مخازن فولادی نگهداری مایع

۱.۱	مقدمه	۱
۲.۱	طبقه‌بندی مخازن نگهدارنده مایع	۱
۱.۲.۱	طبقه‌بندی مخازن براساس فشار داخلی	۱
۲.۲.۱	طبقه‌بندی مخازن براساس قرارگیری بر تکیه‌گاه	۲
۳.۲.۱	طبقه‌بندی مخازن براساس نسبت ارتفاع به قطر	۲
۲.۱	اجزای اصلی مخزن استوانه‌ای	۲
۱.۳.۱	پوسته	۳
۲.۳.۱	ورق کف مخزن	۳
۳.۳.۱	سقف مخزن	۳
۴.۳.۱	شالوده، بزرن و مهار مکانیکی	۶
۵.۳.۱	اجزا و تجهیزات جانبی	۷

فصل ۲. رفتار و عملکرد لوله‌های مخزن

۱.۲	مقدمه	۹
۲.۲	رفتار لرزه‌ای مخازن	۹
۱.۲.۲	رفتار مخازن مهارنشده	۱۰
۲.۲.۲	رفتار مخازن مهارشده	۱۰
۳.۲	عملکرد مخازن در زلزله‌های گذشته	۱۲
۱.۳.۲	نشت مایع	۱۲
۲.۳.۲	کمانش پوسته	۱۴
۳.۳.۲	آسیب‌دیدگی سقف	۱۶
۴.۳.۲	آسیب‌دیدگی مهار مکانیکی	۱۶
۵.۳.۲	شکستگی لوله‌ها	۱۸
۶.۳.۲	آسیب‌دیدگی شالوده	۱۹
۷.۳.۲	آتش‌سوزی در مخازن	۲۰
۸.۳.۲	فروریزش کامل مخزن	۲۱
۴.۲	طبقه‌بندی آسیب‌های وارد به مخازن در زلزله	۲۱

فصل ۳. مدل‌سازی رفتار مخازن روزمینی فولادی در زلزله

۱.۳	مقدمه	۲۳
۲.۳	رفتار مخازن در شرایط بهره‌برداری و زلزله	۲۳
۳.۳	هیدرودینامیک مخزن در اثر زلزله	۲۵
۴.۳	بلندشدگی مخزن	۲۸
۵.۳	عملکرد پوسته مخزن	۳۱
۱.۵.۳	تاریخچه مطالعات انجام شده در زمینه کمانش پوسته‌های استوانه‌ای	۳۱
۲.۵.۳	کمانش و رفتار پس‌کمانشی در پوسته‌های استوانه‌ای ایده‌آل	۳۳
۳.۵.۳	عوامل مؤثر بر مقاومت پوسته‌های استوانه‌ای در برابر کمانش	۳۴
۴.۵.۳	صورت‌های مختلف نقض در پوسته‌ها	۳۴
۵.۵.۳	کمانش پافیلی در پوسته‌های استوانه‌ای	۳۷

فصل ۴. طراحی لرزه‌ای مخازن

۱.۴	مقدمه	۳۹
-----	-------	----

۳۹	۲.۴ طبقه‌بندی مخازن از نظر اهمیت
۴۰	۳.۴ مبانی روش تحلیل و طراحی لرزه‌ای
۴۰	۱.۳.۴ تحلیل مخزن
۴۰	۲.۳.۴ طراحی مخزن
۴۱	۴.۴ تحلیل و طراحی لرزه‌ای مخازن براساس نشریه ۳۸۰
۴۱	۱.۴.۴ محاسبه زمان تناوب بخش موج
۴۳	۲.۴.۴ محاسبه زمان تناوب بخش سخت
۴۶	۵.۴ محاسبه ارتفاع مایع درون مخزن
۴۹	۶.۴ محاسبه نیروی زلزله در مخزن
۴۹	۱۶.۴ نیروی زلزله بخش سخت
۵۰	۲۶.۴ نیروی زلزله بخش موج
۵۰	۳۶.۴ برش پایه
۵۴	۷.۴ محاسبه لنگر واژگونی
۵۴	۱.۷.۴ لنگر واژگونی پای چهاره
۵۶	۳.۷.۴ لنگر زانک
۵۶	۸.۴ کنترل نیاز مهار مکانیکی
۵۸	۹.۴ بهنای لارم با ورق حلقوی
۶۲	۱۰.۴ کنترل تنش در پوسته
۶۲	۱.۱۰.۴ تنش محوری پوسته
۶۳	۲.۱۰.۴ تنش حلقوی پوسته
۶۷	۱۱.۴ مروری بر طراحی لرزه‌ای مخزن

فصل ۵. ضوابط تکمیلی طراحی ۱۰.۱ ی

۷۵	۱.۵ مقدمه
۷۵	۲.۵ ضوابط مربوط به مهار مکانیکی
۷۵	۱.۲.۵ ضوابط تجویزی
۷۶	۲.۲.۵ ضوابط محاسباتی
۷۹	۳.۲.۵ اتصال مهار مکانیکی به مخزن و شالوده
۸۰	۳.۵ محاسبه بلندشدگی در مخازن خودمهار
۸۱	۴.۵ لوله‌های متصل به مخزن
۸۲	۵.۵ اتصال پوسته به کف
۸۲	۶.۵ ضوابط ویژه مخازن خودمهار
۸۳	۷.۵ کنترل لغزش در مخازن با کف تخت
۸۳	۸.۵ طراحی لرزه‌ای شالوده مخزن
۸۳	۱.۸.۵ انواع شالوده مخازن
۸۴	۲.۸.۵ نیروهای طراحی شالوده مخزن

فصل ۶. ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای مخازن

۸۵	۱.۶ مقدمه
۸۵	۲.۶ روش‌های ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای مخازن
۸۵	۱.۲.۶ ارزیابی میدانی (چشمی)
۹۱	۲.۲.۶ ارزیابی کمی (تحلیلی)
۹۲	۳.۶ توابع شکنندگی لرزه‌ای مخازن
۹۳	۱.۳.۶ منحنی‌های HAZUS
۹۳	۲.۳.۶ منحنی‌های O'Rourke و So
۹۵	۳.۳.۶ منحنی‌های سیدرزاقی و عشقی
۹۹	پیوست
۱۰۱	منابع