

مقایسه انواع

روش‌های طراحی سازه‌های مقاوم

در برابر انفجار

و روش طراحی بهینه

مهندس سید نظام حسین نژاد

دکتر سید جواد ماسمی فشارکی

مهندس سید محمد حسین نژاد

انتشارات باغ فکر

سرشناسه : حسین نژاد، سیدنظام، ۱۳۶۷ -
 عنوان و نام پدیدآور : مقایسه انواع روش‌های طراحی سازه‌های مقاوم در برابر انفجار و روش طراحی بهینه /
 گردآوردگان و مؤلفان سیدنظام حسین نژاد، سیدجواد هاشمی فشارکی، سیدمحمد حسین نژاد.
 مشخصات نشر : تهران : باغ فکر، ۱۳۹۵.
 مشخصات ظاهری : ط، ۱۹۷ ص.
 شابک : 978-600-96441-5-5
 وضعیت فهرست نویسی : فیبا
 موضوع : سازه‌های بتنی -- اثر انفجار
 موضوع : * Blast effect -- Concrete structures
 موضوع : سازه‌های فولادی -- اثر انفجار
 موضوع : * Blast effect -- Steel structures
 موضوع : طراحی سازه
 موضوع : Structural design
 موضوع : سازه‌های بتنی -- طرح و ساختمان
 موضوع : * Design and construction -- Concrete structures
 موضوع : سازه‌های فولادی -- طرح و ساختمان
 موضوع : * Design and construction -- Steel structures
 شناسه افزوده : هاشمی فشارکی، سیدجواد، ۱۳۴۰ -
 شناسه افزوده : حسین نژاد، سیدمحمد، ۱۳۶۷ -
 رده بندی کنگره : ۳۹۵، ۵۴۱/ج۱۰۹۷/TH
 رده بندی دیویی : ۶۹۳/۸۰۴
 شماره کتابشناسی ملی : ۱۰۱۶۷۶

مقایسه انواع روش‌های طراحی سازه‌های مقاوم در برابر انفجار و روش طراحی بهینه
 گردآوردگان و مؤلفان: سیدنظام حسین نژاد، سیدجواد هاشمی فشارکی، سیدمحمد حسین نژاد

انتشارات : باغ فکر

نوبت چاپ: اول ۱۳۹۶

شمارگان : ۱۰۰ نسخه

قیمت : ۱۲۰۰۰ تومان

حروفچین: زندی

شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۹۶۴۴۱-۵-۵

کلیه حقوق چاپ این اثر برای گردآوردگان و مؤلفان محفوظ است.

مقدمه مؤلفین



یا امان الخافین

در کشورمان طراحی سازه‌های براساس آیین‌نامه‌های مقررات ملی ساختمان صورت می‌گیرد. این آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل به‌صورت جامع، طراحی سازه‌های بتراسته و فولادی را پوشش می‌دهند. اخیراً با افزایش بحث پدافند غیرعامل در کشور، بسیاری از مهندسان می‌بایست که علاوه بر سازه‌ها خاص همانند مترو بلکه سازه‌های با کاربری عمومی را نیز در مقابل انفجار و پیامدهای ناشی از آن طراحی کنند. صورتیکه اثرات بار انفجار بر سازه در نظر گرفته شود. برای دست یابی به این مهم و به دلیل نبود آیین‌نامه داخلی طراحی به مطرح می‌شود این است که از کدام یک از آیین‌نامه‌های خارجی که در در بحث انفجار کار کرده‌اند می‌بایست استفاده کرد.

طراحی سازه‌ها در برابر انفجار در سال‌های اخیر به دلیل حملات و انفجارهای صورت گرفته در سازه‌ها اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. سازه‌های ساخته شده معمولاً در برابر بارهای ناشی از انفجار مقاوم نبوده و بسیار در مقابل این نوع بار خاص، آسیب پذیر می‌باشند.

با توجه به دلایل گفته شده مهندسی در دهه‌های اخیر بر آن شدند تا بتوانند روش‌هایی برای طراحی سازه‌ها در برابر انفجار ارائه دهند. به دلیل اهمیت انفجار در سازه‌ها و تأثیرات این بارها بر سازه، تحقیقات روز افزونی در این زمینه در حال انجام می‌باشد که پروژه‌ی حاضر نیز در راستای بررسی آیین‌نامه‌هایی موجود در این زمینه و ارائه‌ی روند کلی طراحی سازه‌های فولادی و بتنی در برابر انفجار خواهد بود.

به منظور دستیابی به پاسخ مناسب، بررسی آیین نامه های مختلف همچون، آیین نامه سازه های پترو شیمی *AISC*، *ASCE*، *UFC* در پژوهش حاضر صورت گرفته که نتایج این بررسی ها نشان می دهد که آیین نامه *UFC* در بحث انفجار و بارگذاری انفجاری قوی تر نسبت به سایر آیین نامه ها کار کرده و می توان از آن به منظور تحلیل و طراحی سازه های فولادی و بتنی مورد استفاده قرار گیرد.

در این کتاب طراحی سازه های بتنی و فولادی بر اساس آیین نامه های مختلفی همچون *UFC 3-340-02* [11]، *ASCE 59* [10] و ... مورد بررسی قرار گرفته شده است. با توجه به مطالب بیان شده در فصول این کتاب می توان به این نتیجه رسید که طراحی سازه های بتنی و فولادی در آیین نامه *UFC* کامل تر و جامع تر از آیین نامه های دیگر است؛ و این آیین نامه ریفه (پارامترهای) انفجاری بیشتری را در بحث طراحی در نظر گرفته است. ولی سایر آیین نامه های موجود تنها به رجوع دادن آیین نامه های دیگر از جمله *AISC [4]*، *ACI [20]* بسنده کرده اند. (البته این نکته قابل ذکر است که هنوز بحث طراحی در بار انفجار برای سازه های بتنی و فولادی جای کار بسیار دارد و پارامترهای نامشخص در این زمینه بسیار است).

با توجه به ماهیت پیچیده طراحی سازه ها، بارگذاری، تحلیل و طراحی سازه های امن بسیار دشوار است. عدم اطلاع دقیق از توان تهاجمی و آثار مخرب سلاح ای مورد استفاده سبب می شود با توجه به اهمیت سازه، برای سازه های در معرض اصابت مستقیم موشک ها، تجهیزات خرابی تهدیداتی در نظر گرفته شود (به عنوان مثال ساخت در عمق زمین)؛ بر این اساس، در بیشتر مواقع طراحی سازه ها، امن معطوف به بارگذاری انفجاری برای یک انفجار معیار می باشد؛ به این ترتیب، برای بارگذاری انفجاری سازه ها از الگوهای بارگذاری انفجاری استفاده می شود. الگوی بارگذاری در واقع تبدیل اثرات ناشی از انفجار به سازه به شکلی ساده و قابل فهم می باشد، که طراح بتواند به سادگی ممکن سازه را در برابر آن بصورت مقاوم طراحی نماید. این الگوی بار به عواملی همچون نوع سازه، فاصله از محل انفجار، شرایط خاک، مشخصات منبع انفجار و ... بستگی دارد.

روش های مورد استفاده جهت طراحی سازه ها در برابر انفجار تفاوت های زیادی با روش های طراحی سازه ها در برابر بارهای استاتیکی و دینامیکی متعارف دارا می باشد. این تفاوت به ماهیت بارهای انفجاری و رفتار سازه ها در نرخ کرنش های بالا مربوط می شود. بر این اساس، آیین نامه ها و دستورالعمل های بارگذاری، تحلیل و طراحی سازه ها در بارگذاری های ناشی از انفجار تهیه شده اند. لازم است طراحان سازه های مقاوم در برابر انفجار با مباحث مربوط به این موضوع به حد کافی آشنا باشند تا تفاوت های طراحی این گونه سازه ها با سازه های معمولی را دریابند و از در نظر گرفتن تمهیدات ویژه در این خصوص غافل نشوند. استفاده از آیین نامه های معتبر و کتاب های مرتبط می تواند بسیار راهگشا باشد.

در طی سالیان گذشته به دلیل عدم شناخت کافی از انفجار و فقدان آیین نامه های طراحی و ساخت مناسب، بسیاری از ساختمان های موجود که دارای کاربری های حساس و مهمی هستند، غیر مقاوم ساخته شده اند و امروزه بنظر

می‌رسد که توانایی مقابله با انفجارهای متعارف و محتمل را ندارند. ضمناً بدلیل لزوم عملکرد مداوم آن‌ها و یا ملاحظات اقتصادی و غیره مجبور به مقاوم سازی این گونه از سازه‌ها می‌باشیم. متأسفانه در داخل کشور تحقیقات قابل توجهی در مورد بررسی اثرات انفجار بر سازه‌ها و اجزای آن‌ها (دال، تیر و ستون) صورت نگرفته و همچنین منابع خارجی نیز به دلیل داشتن طبقه بندی، در دسترس نبوده و منابع محدودی که در کشور در دسترس می‌باشد اکثراً مربوط به جنگ جهانی دوم بوده و یا مقالات در سایت‌های علمی نیز بعضاً دارای اطلاعات کامل نیستند. در این کتاب سعی شده تا با بررسی آیین‌نامه‌های گوناگون، طراحی سازه‌های بتنی و فولادی بیان شود.

با مقایسه معیارهای پذیرش آیین‌نامه‌های گوناگون شباهت‌هایی در سطوح عملکرد دیده می‌شود. البته باید به این نکته توجه داشت که امکان مقایسه مستقیم میان سطوح عملکرد در آیین‌نامه‌های مختلف وجود ندارد، زیرا نحوه تعریف سطوح عملکرد در آیین‌نامه‌های مختلف باهم متفاوت می‌باشد. یکی از نگرانی‌ها درباره اعضای بتنی و مصالح بنایی در آیین‌نامه‌های انفجار قابل استفاده نبودن آن‌ها برای خسارت‌های ناشی از گسیختگی موضعی، اسپالینگ و حالت‌هایی شبیه حالت مای فون به پاسخ اعضا به صورت موضعی می‌باشد است. همچنین معیارهای پاسخ برای بسیاری از مصالح نوین از جمله FRP، پل‌رئای، کل‌پذیر و سیستم‌های گیرایی ژئوتکستایل وجود ندارد.

براین اساس این کتاب، شامل فصل زیر می‌باشد:

- در فصل اول بارگذاری انفجاری تشریح شده است
- در فصل دوم به معرفی انواع روش‌های سازه پرداخته شده است
- فصل سوم اختصاص به انواع روش‌های طراحی سازه‌های بتنی دارد
- در فصل چهارم انواع روش‌های طراحی سازه‌های فولادی تبیین شده است

بدیهی است این کتاب خالی از اشکال و قصور نیست؛ بنابراین از صاحب نظران، استادان گرامی و دانشجویان عزیز خواهشمندیم تا نظرات ارزشمند خود را برای غنای بیشتر آن ارائه نمایند.

با احترام

۱۳۹۵

سید جواد هاشمی فشارکی

سید نظام حسین نژاد

سید محمد حسین نژاد

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: بارگذاری انفجار
۱-۱	تعریف انفجار
۲-۱	منع انفجار
۲-۲-۱	انتشار موج انفجار
۲-۲-۲-۱	انکسار موج انفجار
۲-۲-۳-۱	انعکاس انفجار
۳-۱	رده های محافظتی یا ایمنی
۳-۲-۱	روش های محافظت در برابر اثر انفجار
۴-۱	بارهای ناشی از انفجار
۴-۲-۱	امواج ناشی از انفجار
۴-۳-۱	موج ضربه
۴-۴-۱	موج فشار
۴-۴-۲	انتشار موج انفجار
۵-۴-۱	طبقه بندی بارهای انفجاری
۵-۵-۱	پارامترهای جبهه موج انفجار
۵-۵-۲-۱	پاسخ سازه
۵-۵-۳-۱	طراحی در مقابل فشار بار انفجار
۵-۵-۳-۲	طراحی در برابر فشار انفجار زیاد
۵-۵-۴-۱	طراحی در برابر فشار کم بار انفجار

۱-۵-۵- تحلیل محیط انفجار ۱۰

فصل دوم: آشنایی با روش‌های طراحی سازه ۱۴

۱-۲- مقدمه ۱۵

۲-۲- انواع روش‌های طراحی در سازه‌های بتنی [1] ۱۶

۱-۲-۲- روش تنش مجاز ۱۶

۲-۲-۲- روش طراحی مقاومت ۱۷

۲-۲-۲- طراحی در حالت حدی ۱۹

۲-۲-۲- انش روش‌های طراحی در سازه‌های فولادی [2] ۲۱

۱-۳-۲- مق ۲۱

۲-۳-۲- ۲۱

۳-۳-۲- حالات حدی ۲۲

۴-۳-۲- طراحی به روش رایج و مقاومت ۲۲

۵-۳-۲- طراحی به روش تنش مجاز ۲۴

۶-۳-۲- طراحی به روش خمیری ۲۶

۴-۲- طراحی به روش سطح عملکرد ۲۶

۱-۴-۲- لزوم طراحی براساس عملکرد [3] ۲۶

۲-۴-۲- مبانی و مفاهیم طراحی لرزه ای براساس عملکرد [3] ۲۷

۳-۴-۲- مبانی و مفاهیم در طراحی براساس عملکرد تحت بار انفجار ۳۹

۵-۲- بهسازی سازه‌های موجود تحت روش سطح عملکرد ۵۳

۱-۵-۲- جکت بتنی ۵۳

۲-۵-۲- جکت فولادی ۵۴

۳-۵-۲- ورق پوش فولادی ۵۴

۴-۵-۲- استفاده از مواد کامپوزیت و الیاف تقویت شده (FRP) ۵۴

۵۶.....	۲-۵-۵- استفاده از میراگرها.....
۵۸.....	۲-۵-۶- استفاده از جداساز لرزه ای.....
۵۸.....	۲-۵-۷- استفاده از بادبندهای کمانش تاب
۵۹.....	۲-۵-۸- دیوارهای برشی.....
۵۹.....	۲-۵-۹- قاب های فولادی.....
۶۰.....	۲-۵-۱۰- مهاربندهای فلزی.....
۶۳	فصل سوم طراحی اجزای سازه‌ای بتنی تحت بار انفجار
۶۴.....	۳-۱- مقدمه
۶۴.....	۳-۲- ملاحظات عمومی در طراحی تیر
۶۴.....	۳-۲-۱- کرنش گسسته و کرنش و بلوک تنش معادل (ویتنی).....
۶۵.....	۳-۲-۲- فولاد متوازن
۶۵.....	۳-۲-۳- ظرفیت خمشی
۶۷.....	۳-۲-۴- ظرفیت برشی
۶۸.....	۳-۲-۵- ظرفیت پیچشی
۷۳.....	۳-۲-۶- ظرفیت فشاری
۷۳.....	۳-۳- ملاحظات عمومی در طراحی ستون
۷۳.....	۳-۳-۱- تعیین مقاومت ستون کوتاه تحت بار محوری خالص.....
۷۴.....	۳-۳-۲- اعضا فشاری تحت بار خمشی و محوری
۷۷.....	۳-۳-۳- خمش دو محوره
۷۷.....	۳-۳-۴- اثرات لاغری ستون
۷۹.....	۳-۳-۵- حداقل برون محوری بار
۷۹.....	۳-۴- آیین‌نامه ۲۴۰۰-۲۰۱۱ [11].....
۷۹.....	۳-۴-۱- مقدمه

۸۰	۳-۴-۲- مقاومت دینامیکی مصالح
۸۴	۳-۴-۳- مشخصات استاتیکی
۸۹	۳-۴-۴- تنشهای طراحی دینامیکی سازههای بتآرمه
۹۵	۳-۴-۵- اصول طراحی تیرهای بتن آرمه
۱۰۰	۳-۴-۶- مقاومت خمشی دینامیکی نهایی تیرها
۱۰۷	۳-۴-۷- ظرفیت برشی نهایی (کشش قطری)
۱۱۲	۳-۴-۸- ظرفیت نهایی پیچشی
۱۱۸	۲-۴- طراحی خمشی
۱۲۲	۳-۴-۱۰- میل دینامیکی
۱۲۶	۳-۴-۱۱- ارزیابی تیر برای بتآرمه
۱۴۴	۳-۴-۱۲- طراحی بنام کی سازه های خارجی
۱۴۴	۳-۵-۱- آیین نامه ASCE [10]
۱۴۴	۳-۵-۱- الزامات عمومی بتن مسلح
۱۴۵	۳-۵-۲- تیرها
۱۴۶	۳-۵-۳- ستون ها
۱۴۷	۳-۵-۴- اتصالات تیر ستون
۱۴۸	فصل چهارم طراحی سازه های فولادی تحت بار انفجار [22]
۱۴۹	۴-۱- مقدمه
۱۴۹	۴-۲- طراحی تیرهای یکسره (ممتد) و تک دهانه
۱۴۹	۴-۲-۱- مقدمه
۱۵۰	۴-۲-۲- ظرفیت خمشی دینامیکی
۱۵۳	۴-۲-۳- توابع سختی و مقاومت
۱۵۵	۴-۲-۴- طراحی برای خمش

۱۵۶	۵-۲-۴- طراحی برای برش
۱۵۷	۶-۲-۴- کماتش موضعی
۱۵۸	۷-۲-۴- لهیدگی جان تیر
۱۵۸	۸-۲-۴- مهاربندی جانبی
۱۶۳	۳-۴- طراحی صفحات
۱۶۳	۱-۳-۴- مقدمه
۱۶۳	۲-۳-۴- ظرفیت خمشی دینامیکی
۱۶۴	۳-۳-۴- توابع سختی و مقاومت
۱۶۵	۴-۳-۴- طراحی اتصال خمش
۱۶۵	۵-۳-۴- طراحی برای برش
۱۶۶	۴-۴- ملاحظات ویژه، تیرها
۱۶۶	۱-۴-۴- خمش نامستقران
۱۶۹	۵-۴- ستون‌ها و تیرستون‌ها
۱۶۹	۱-۵-۴- معیارهای طراحی خمیری
۱۷۲	۲-۵-۴- ضرایب طول مؤثر برای تیرستون‌ها
۱۷۲	۳-۵-۴- ضریب طول مؤثر K
۱۷۴	۶-۴- طراحی قاب
۱۷۴	۱-۶-۴- مقدمه
۱۷۵	۲-۶-۴- طراحی اولیه قاب‌های صلب یک طبقه
۱۸۱	۳-۶-۴- طراحی اولیه قاب‌های یک طبقه همراه با مهاربندی‌های مکمل
۱۸۸	۷-۴- طراحی سازه‌های فولادی در سازه‌های پتروشیمی [4]
۱۸۸	۱-۷-۴- مبانی طراحی