



مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



جمهوری اسلامی ایران

وزارت راه و شهرسازی

طراحی سازه های مقاوم در برابر انفجار

شاپور علاحونی

شماره نشر: ک-۷۲۲

چاپ اول: ۱۳۹۴

۱۵ ۹۹۹ ۷۵
۹۵/۱، ۹

سرشناسه

طاحونی، شاپور؛ ۱۳۳۴

عنوان و نام پدیدآور

طراحی سازه های مقاوم در برابر انفجار / شاپور طاحونی.

مشخصات نشر

تهران: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۴.

مشخصات ظاهری

۵۲۴ ص.: مصور، جدول، نمودار.

فروست

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی؛ شماره نشر: ک - ۷۲۲.

شابک

۵-۱۳۲-۱۱۳-۶۰۰-۹۷۸

وضعیت فهرست نویسی

فیبا

موضوع

پایداری سازه ها

موضوع

طراحی سازه

موضوع

ساختمان های ضد بمب

شناسه افزوده

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

رده بندی کنگره

۱۳۹۴ ط ۴ ط ۶۵۶ / ۲ TA

رده بندی دیویی

۱۷۱/۶۲۴ :

شماره کتابشناسی

۴۰۸۳۵۶۷

مسئوبه شماره ۹۴/۹۰۲ چاپ کتاب، شورای علمی انتشارات مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

طراحی سازه های مقاوم در برابر انفجار

شاپور طاحونی

شماره نشر: ک ۷۲۲ چاپ اول ۱۳۹۴

بخش تحقیقاتی: سازه

ناشر: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

بها: ۲۷۰۰۰۰ ریال

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: اداره انتشارات و چاپ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
کلیه حقوق چاپ و انتشار اثر به ناشر تعلق دارد و هرگونه تکثیر غیرمجاز از آن پیگرد قانونی بدنبال خواهد داشت.
مسئولیت صحت دیدگاه های علمی بر عهده نویسنده می باشد.

نشانی: تهران، بزرگراه شیخ فضل ا... نوری، روبروی فاز ۲ شهرک فرهنگیان، خیابان نارگل،

صندوق پستی: ۱۶۹۶-۱۳۱۴۵

خیابان شهید علی مروی، خیابان حکمت

دورنگار: ۸۸۲۵۵۹۴۱

تلفن: ۸۸۲۵۵۹۴۲-۶

صفحه الکترونیکی: <http://www.bhrc.ac.ir>

پست الکترونیکی: pub@bhrc.ac.ir

ISBN: 978-600-113-132-5

شابک: ۵-۱۳۲-۱۱۳-۶۰۰-۹۷۸

فروشگاه اینترنتی: <http://pub.bhrc.ac.ir>



پیشگفتار

در برنامه توسعه هر کشور، حفظ و نگهداری سرمایه‌های مادی و معنوی در مقابل تهدیدات نظامی، از اولویت‌های راهبردی تلقی می‌شود و در این راه، رشته‌های گوناگون علوم مهندسی و انسانی از جمله مباحث دفاع غیرعامل می‌توانند مفید واقع شده و نقش مهم و حیاتی داشته باشند. پدافند غیرعامل، به‌کارگیری مجموعه اقداماتی است که در صورت بروز تهدیدات نظامی، آسیب‌پذیری نیروی انسانی، ابنیه و تجهیزات حساس به حداقل میزان خود می‌رساند. در این راستا، باور هر چه بیشتر کارشناسان به این امر، می‌تواند ایمنی کشور در برابر تهاجمات احتمالی نظامی را افزایش دهد. پس از پیروزی انقلاب اسلامی، به دلیل عدم درک و تعریف واحد از تهدیدات و تردید در اولویت آنها، حجمی از سازندگی در مناطق مورد تهدید، بدون توجه به ملاحظات پدافند غیرعامل انجام گرفت، درحالی‌که با توجه به پیشرفت‌دانش فنی - مهندسی، پرداختن کارشناسانه به این مقوله از مهم‌ترین وظایف قشر محقق و دانشگاهی کشور است. در این اساس، تدوین و تألیف کتاب حاضر برای طراحی ساختمان‌ها و ابنیه مقاوم در برابر آثار انفجاری، در دستور کار این مرکز به‌عنوان پشتیبان محاسباتی پیش‌نویس مبحث ۲۱ (پدافند غیرعامل) ملاحظه قرار گرفت. لازم به ذکر است عمده مطالب و مفاهیم این کتاب، در قالب پیش‌نویس مبحث ۲۱ مقررات ملی ساختمان و تحت نظر کمیته تخصصی مربوطه، مورد بحث و اظهارنظر قرار گرفته است.

این کتاب در ده فصل تهیه شده است. در فصل اول، آشنایی با ملاحظات کلی دفاع غیرعامل تشریح شده است. معرفی پدیده انفجار و آثار کلی آن بر محیط اطراف و ساختمان‌ها، معرفی ماهیت فشار انفجار، بارهای انفجاری و نحوه محاسبه بارگذاری ناشی از موج انفجار در شرایط مختلف بر سازه‌های روزمینی و زیرزمینی، به‌همراه بارگذاری و آثار ناشی از برخورد پرتابه‌ها در فصل دوم معرفی شده‌اند. در فصل سوم، نحوه ارزیابی مشخصه‌های دینامیکی مصالح متعارف مهندسی نظیر فولاد، بتن و خاک تشریح شده است. فصل چهارم نحوه مدل‌سازی، تحلیل و ارزیابی پاسخ سازه در برابر بار انفجار را در شرایط عملی، متناسب با قابلیت‌ها و محدودیت‌های هر روش بیان می‌کند. کلیات پدیده تخریب پیش‌رونده که از عوامل مهم در روند تحلیل و ارزیابی انفجاری سازه‌ها محسوب می‌گردد، در فصل پنجم معرفی می‌شود. در فصول ششم، هفتم و هشتم به‌ترتیب ملاحظات



عمومی در طراحی و اجرای سازه‌های بتن مسلح، سازه‌های فولادی و سازه‌های بنایی مسلح در برابر بارهای انفجاری به تفصیل و با حل مثال‌های مختلف معرفی شده است. فصل نهم ملاحظات معماری در طراحی سازه‌ها و فضاهای مختلف در برابر آثار انفجار و پرتابه‌ها را به‌طور خلاصه بیان نموده و جزییات تحلیل و طراحی سازه‌های مدفون و زیرزمینی در قبال آثار انفجارهای سطحی یا مدفون، در فصل دهم به‌همراه مثال‌های مختلف معرفی و تشریح شده است.

این کتاب حاضر به عنوان یک راهنمای آموزشی برای مهندسان برای تحلیل و طراحی سازه‌های امن در برابر انفجار، متناسب با ملاحظات خاص طراحی و اجرایی کشور، راهگشا و مفید باشد. در انتها لازم است از زحمات نویسنده این مجموعه آقای شاپور طاحونی و همکاری آقایان آرشد نیری، بهرام شالوند و آرشد برخوردار که در مراحل مختلف جمع‌آوری، آماده‌سازی، متن، کنترل و تطبیق نهایی مثال‌های طراحی زحمات زیادی متحمل شدند، تشکر و قدردانی نماید. از زحمات گرانقدر آقای دکتر احمد اصغریان جدی و خانم مهندس فاطمه اصغریان جدی جهت همکاری در تهیه فصل اول و مباحث معماری کتاب، قدردانی شود. دست آخر از زحمات جناب آقای دکتر محمدتقی احمدی که وظیفه مدیریت و هدایت فنی تیم تدوین این مجموعه را داشته و قدردانی ویژه به عمل می‌آید.

همچنین از زحمات کمیته تدوین پیش‌نویس و دستورات ملی ساختمان (آقایان دکتر محمدتقی احمدی، مهندس اشتری‌فر، دکتر اصغریان جدی، مهندس زری‌بافان، دکتر نخعی، مهندس شهاب، مهندس فرازنده‌نیا، مهندس شعبی‌دوره، دکتر ایزدی‌فر، مهندس هاشمی فشارکی و مهندس داعی‌نژاد) صمیمانه قدردانی و سپاسگزاران می‌شود.



فهرست مطالب

صفحه	عنوان
iii	پیشگفتار
v	سپاسگزاری و قدردانی
xxix	چکیده
۱	فصل اول- کلیات
۱-۱-۱	مقدمه
۲-۱	۱-۲-۱ پدیده انفجار غیر عامل
۳-۱	۲-۱-۲ تهدیدات
۴-۱	۳-۱-۲ پیش‌بینی سبب آسیب
۱-۴-۱	۴-۱-۲ مکرریم آسیب
۲-۴-۱	۵-۱-۲ همبستگی بین حبابات و تلفات
۵-۱	۶-۱-۲ مروری بر تهدیدهای انفجاری
۶-۱	۷-۱-۲ جایگاه طراحی مهندسی در دفع غیر عامل
۷-۱	۸-۱-۲ نمودار گردشی طراحی
۱۵	فصل دوم- بارگذاری انفجاری
۱-۲-۱	۱-۲-۱ مقدمه
۲-۲	۲-۲-۱ منشأ انفجار
۱-۲-۲	۳-۲-۱ طبقه‌بندی منشأ انفجار
۲-۲-۲	۴-۲-۱ مواد منفجره
۳-۲-۲	۵-۲-۱ ترمودینامیک پدیده انفجار
۴-۲-۲	۶-۲-۱ پدیده انفجار
۵-۲-۲	۷-۲-۱ مشخصه‌های فیزیکی مواد منفجره
۶-۲-۲	۸-۲-۱ مشخصه‌های مکانیکی مواد منفجره
۷-۲-۲	۹-۲-۱ طبقه‌بندی بارهای انفجاری
۳-۲	۱۰-۲-۱ انفجار در هوا
۱-۳-۲	۱۱-۲-۱ فشار مبنای انفجار p_{so}
۲-۳-۲	۱۲-۲-۱ مشخصه‌های موج انفجار
۴-۲	۱۳-۲-۱ بارگذاری موج انفجار بر سازه
۱-۴-۲	۱۴-۲-۱ بارگذاری خارجی سازه در اثر انفجار
۲-۴-۲	۱۵-۲-۱ انفجارهای سطحی
۵-۲	۱۶-۲-۱ انفجار داخلی



مثالهای کاربردی.....	۵۷
۶-۲- شوک زمین.....	۷۰
۱-۶-۲- میزان نفوذ بمب در داخل زمین.....	۷۱
۲-۶-۲- مشخصه‌های شوک زمین.....	۷۲
۳-۶-۲- فشار انفجار درون زمین (میدان آزاد).....	۷۵
۴-۶-۲- فشار انفجار بر سازه‌های مدفون.....	۷۸
۵-۶-۲- محاسبه مشخصه‌های شوک زمین- توصیه استاندارد TM5-1300.....	۷۹
۷-۲- اصابت و نفوذ.....	۸۱
۱-۷-۲- پوراشدگی و قلوهدکنی.....	۸۲
۲-۷-۲- مشخصات فنی گلوله انفجاری و بمب.....	۸۳
۳-۷-۲- محاسبه عمق نفوذ.....	۸۵
۴-۷-۲- میزان نفوذ بمب در داخل زمین.....	۸۷
۸-۲- ترکش‌ها.....	۸۹
۱-۸-۲- بارگذاری ناشی از برخورد ترکش.....	۸۹
۲-۸-۲- طراحی در برابر ترکش‌ها.....	۱۰۲
۳-۸-۲- آثار تخریبی برخورد ترکش‌ها.....	۱۰۴
فصل سوم- رفتار مصالح تحت بارگذاری دینامیک.....	۱۱۵
۱-۳- مقدمه.....	۱۱۵
۲-۳- پاسخ مصالح.....	۱۱۶
۱-۲-۳- رفتار نیرو- تغییر شکل مقطع.....	۱۱۷
۳-۳- مصالح مهندسی متعارف.....	۱۱۸
۴-۳- مصالح بنایی.....	۱۱۸
۱-۴-۳- انواع مختلف سازه‌های بنایی مناسب در برابر اثرات انفجار.....	۱۲۰
۵-۳- مصالح بتنی.....	۱۲۴
۱-۵-۳- بتن غیر مسلح.....	۱۲۴
۲-۵-۳- بتن مسلح.....	۱۲۵
۶-۳- فولاد.....	۱۲۹
۱-۶-۳- فولاد ساختمانی.....	۱۲۹
۲-۶-۳- فولاد نورد سرد.....	۱۳۰
۳-۶-۳- تیرچه‌های فولادی با جان باز.....	۱۳۱
۴-۶-۳- وسایل اتصال.....	۱۳۲
۷-۳- مصالح نما سازی و معماری.....	۱۳۲
۸-۳- مصالح خاکی.....	۱۳۳



۱۳۳	۳-۸-۱- مقاومت برشی
۱۳۵	۳-۸-۲- مقاومت خاک‌ها تحت بارهای دینامیکی
۱۳۷	۳-۸-۳- مقاومت استاتیکی بعد از اعمال بار دینامیکی
۱۴۰	۳-۹-۱- بتن‌الیافی
۱۴۰	۳-۹-۲- کلیات
۱۴۳	۳-۹-۳- خواص مکانیکی بتن‌الیافی
۱۴۴	۳-۹-۳- مقاومت خمشی
۱۴۶	۳-۹-۴- مقاومت کششی و برشی
۱۴۶	۳-۹-۵- مقاومت در برابر ضربه و بارهای دینامیکی
۱۴۹	۳-۱۰-۱- مشخصات دینامیکی مصالح
۱۴۹	۳-۱۰-۲- رفتار تنش- کرنش
۱۵۳	۳-۱۰-۳- ضریب افزایش مقاومت (SIF)
۱۵۳	۳-۱۰-۳- ضریب افزایش دینامیکی (DIF)
۱۵۸	۳-۱۱-۱- رفتار دینامیکی بتن میلگرد
۱۶۴	۳-۱۲-۱- تنش تسلیم طری
۱۶۵	فصل چهارم- اصول تحلیل تحت بار انفجار
۱۶۵	۴-۱-۱- مقدمه
۱۶۸	۴-۲-۱- اصول پایه
۱۷۰	۴-۲-۲- رابطه نیرو- تغییر مکان جانبی
۱۷۳	۴-۲-۲- معادله حرکت تحت نیروی خارجی
۱۷۶	۴-۳-۱- مفهوم تحلیل دینامیکی
۱۷۶	۴-۳-۲- نیروی داخلی اعضای سازه
۱۷۸	۴-۳-۳- ترکیب پاسخ‌های استاتیکی و دینامیکی
۱۷۸	۴-۴-۱- تحلیل دینامیکی خطی
۱۷۹	۴-۴-۲- تحلیل استاتیکی معادل
۱۷۹	۴-۴-۳- بار استاتیکی معادل
۱۸۱	۴-۴-۴- بارگذاری تابع زمان
۱۸۴	۴-۵-۱- ماهیت پاسخ سازه متناسب با زمان انفجار
۱۸۴	۴-۵-۲- فاز مثبت طولانی
۱۸۵	۴-۵-۳- زمان تداوم متوسط- فشار متوسط
۱۸۶	۴-۵-۴- زمان تداوم کوتاه- فشار زیاد
۱۸۶	۴-۶-۱- سیستم دینامیکی معادل
۱۸۸	۴-۶-۲- حل سیستم‌های دینامیکی معادل
۱۸۹	۴-۶-۳- اندرکنش اعضای سازه‌ای



۱۹۱	۴-۶-۳- دقت نتایج تحلیل
۱۹۲	۴-۷- سازه یکدرجه آزادی معادل
۱۹۵	۴-۸- مقاومت نهایی اعضا
۱۹۵	۴-۸-۱- تعریف
۱۹۷	۴-۸-۲- مقاومت نهایی تیرها
۱۹۹	۴-۸-۳- مقاومت نهایی دال‌های دوطرفه
۲۰۴	۴-۸-۴- مقاومت پس از تسلیم
۲۰۴	۴-۸-۵- مقاومت الاستوپلاستیک اعضا
۲۰۶	۴-۹- تحلیل سیستم یکدرجه آزادی
۲۰۷	۴-۹-۱- شرایط انتقال
۲۱۰	۴-۹-۱- توزیع جرم
۲۱۳	۴-۱۰- حل تریسیم
۲۱۸	۴-۱۰-۲- پاسخ سدیم الاستوپلاستیک
۲۲۲	۴-۱۱- مدل‌سازی اجزاء مقاوم
۲۲۴	۴-۱۲- معیارهای عملکردی
۲۲۶	۴-۱۲-۱- شاخص‌های عملکرد اجزای سازه‌ای
۲۲۸	۴-۱۲-۲- معیارهای پاسخ اجزای رها
۲۳۰	۴-۱۲-۳- ارتباط تجربی بین پاسخ نسبی و میزان آسیب‌پذیری
۲۳۳	۴-۱۳- توسعه معیارهای پاسخ
۲۳۴	۴-۱۳-۱- معیارهای مورد استفاده جهت حفاظت در برابر منفجره
۲۳۸	۴-۱۳-۲- معیار پاسخ تأسیسات و سازه‌های پتروشیمی
۲۴۰	۴-۱۳-۳- پنجره‌های ضدانفجار
۲۴۱	۴-۱۴- مقایسه معیارهای پاسخ
۲۴۳	۴-۱۵-۱- سطوح عملکرد ساختمان‌ها
۲۴۳	۴-۱۵-۲- درجه اهمیت ساختمان
۲۴۴	۴-۱۵-۳- پهنه بندی خطر
۲۴۵	۴-۱۵-۴- حداقل عملکرد ساختمان‌ها
۲۴۷	فصل پنجم- خرابی پیش‌رونده
۲۴۷	۵-۱- مقدمه
۲۴۸	۵-۲- تجربه‌های خرابی پیش‌رونده
۲۵۲	۵-۳- مطالعه خرابی پیش‌رونده
۲۵۲	۵-۳-۱- مطالعات مقدماتی
۲۵۴	۵-۳-۲- مطالعات تجربی



۲۵۷	۴-۵- تحلیل و طراحی در مقابل خرابی پیش‌رونده
۲۵۸	۵-۵- روش های تحلیل
۲۵۸	۵-۵-۱- روش غیر مستقیم
۲۶۰	۵-۵-۲- روش طراحی مستقیم
۲۶۲	۵-۶- ضوابط طراحی
۲۶۲	۵-۶-۱- سازه با سطح عملکرد خیلی پایین
۲۶۳	۵-۶-۲- سازه با سطح عملکرد پایین
۲۶۴	۵-۶-۳- الزامات طراحی سطوح عملکرد متوسط و بالا
۲۶۶	۵-۷- روش های تحلیل خرابی پیش‌رونده
۲۶۷	۵-۷-۱- تحلیل استاتیکی خطی
۲۶۹	۵-۷-۲- تحلیل استاتیکی غیرخطی
۲۷۰	۵-۷-۳- حذف ستون از سازه
۲۷۲	۵-۷-۴- رگدازی و بازتوزیع بار
۲۷۴	۵-۷-۵- تحلیل دینامیکی غیرخطی
۲۷۵	۵-۸- معیارهای پذیرش
۲۷۵	۵-۸-۱- معیارهای پذیرش نیرو
۲۷۶	۵-۸-۲- معیارهای پذیرش تغییر شکل
۲۷۷	۵-۸-۳- معیارهای پذیرش خسارت
۲۷۹	فصل ششم- طراحی سازه های بتن مسلح در برابر بار انفجار
۲۷۹	۶-۱- مقدمه
۲۷۹	۶-۲- کلیات طراحی انفجاری
۲۸۱	۶-۳- ضرایب افزایش و محدودیت پذیرش
۲۸۱	۶-۳-۱- ضرایب دینامیکی
۲۸۳	۶-۳-۲- ضوابط پذیرش
۲۸۳	۶-۴- ملاحظات اجرایی عمومی
۲۸۶	۶-۵- توابع مقاومت
۲۸۸	۶-۶- محاسبه ظرفیت اعضا
۲۹۰	۶-۶-۱- ظرفیت خمش
۲۹۲	۶-۶-۲- ظرفیت برشی
۲۹۳	۶-۶-۴- ظرفیت برشی بتن
۲۹۳	۶-۶-۵- آرماتور برشی
۲۹۵	۶-۶-۶- حداقل آرماتور برشی
۲۹۵	۶-۶-۷- ظرفیت برش مستقیم
۲۹۶	۶-۶-۸- طراحی میلگردهای قطری



۲۹۶	۷-۶- طراحی برای تغییر شکل
۲۹۶	۱-۷-۶- طراحی خمشی در تغییر شکلهای کوچک
۲۹۷	۲-۷-۶- طراحی خمشی در تغییر شکل‌های بزرگ
۲۹۸	۸-۶- جزییات آرماتوربندی
۲۹۸	۱-۸-۶- طراحی با خاموت‌های قلاب
۳۰۰	۲-۸-۶- ملاحظات اجرایی
۳۰۲	۳-۸-۶- ملاحظات تغییر شکل‌های بزرگ
۳۰۳	۹-۶- خاموت‌گذاری قلاب و بسته
۳۰۳	۱-۹-۶- کنج‌ها
۳۰۴	۲-۹-۶- دیوارها
۳۰۴	۱۰-۶- میلگ - ضربدري (Laced)
۳۰۷	۱-۱۰-۶- جزییات اجرایی گوشه‌ها
۳۰۸	۲-۱۰-۶- دیوارها
۳۰۹	۳-۱۰-۶- دال
۳۱۰	۴-۱۰-۶- دال سقف
۳۱۰	۱۱-۶- طراحی ستونها
۳۱۱	۱-۱۱-۶- مقاومت دینامیک فشار
۳۱۲	۲-۱۱-۶- اثرات لاغری
۳۱۲	۳-۱۱-۶- ملاحظات ویژه
۳۱۳	۴-۱۱-۶- طراحی ستون‌های خارجی
۳۱۴	۱۲-۶- تحقیقات و مطالعات جدید
۳۲۱	مثال‌های کاربردی
۳۶۳	فصل هفتم- طراحی سازه‌های فولادی در برابر بار انفجار
۳۶۳	۱-۷- مقدمه
۳۶۳	۲-۷- انواع سازه
۳۶۴	۱-۲-۷- سازه‌های متعارف
۳۶۴	۲-۲-۷- سازه‌های سفارشی
۳۶۵	۳-۲-۷- سازه‌های حفاظتی خاص
۳۶۵	۳-۷- مشخصات اعضای فولادی
۳۶۵	۱-۳-۷- شکل‌پذیری
۳۶۶	۲-۳-۷- شکل‌پذیری اتصال
۳۶۶	۳-۳-۷- اضافه مقاومت مصالح فولادی
۳۶۶	۴-۳-۷- مقاطع مرکب
۳۶۷	۵-۳-۷- ستون‌های محیطی



۳۶۷	۷-۳-۶- طراحی تیرهای محیطی
۳۶۷	۷-۳-۷- طراحی دال
۳۶۷	۷-۴- خواص مصالح فولادی
۳۶۸	۷-۴-۱- ضریب افزایش مقاومت (SIF)
۳۶۸	۷-۴-۲- ضریب افزایش دینامیکی (DIF)
۳۶۸	۷-۴-۳- تنش طراحی دینامیکی
۳۶۹	۷-۵- شاخص‌های طراحی انفجاری
۳۶۹	۷-۵-۱- ترکیب بارگذاری و ضرایب مقاومت
۳۷۰	۷-۵-۲- کماتش‌های موضعی
۳۷۰	۷-۵-۳- کمیدهای پاسخ سازه‌ای
۳۷۳	۷-۶-۱- معیار تغییر شکل قاب‌ها
۳۷۴	۷-۵-۴- تغییر β ها، حدی برای اعضای صفحه‌ای
۳۷۶	۷-۶- معکوس بدن تن‌ها
۳۷۷	۷-۷- طراحی اعضای فرعی
۳۷۸	۷-۷-۱- نفوذ
۳۷۸	۷-۷-۲- کشش
۳۷۹	۷-۷-۳- فشار خالص محوری
۳۷۹	۷-۷-۴- ظرفیت خمشی
۳۸۰	۷-۷-۵- رابطه لنگر- انحنا برای تیرها
۳۸۱	۷-۷-۶- لنگر پلاستیک طراحی M_p
۳۸۱	۷-۷-۷- طراحی خمشی
۳۸۳	۷-۷-۸- طراحی برشی
۳۸۳	۷-۸- مودهای ناپایداری
۳۸۳	۷-۸-۱- کماتش موضعی
۳۸۴	۷-۸-۲- لهیدگی جان
۳۸۴	۷-۹- مهاربندی جانبی
۳۸۵	۷-۹-۱- ضوابط اعضا با $\mu \leq 3$
۳۸۵	۷-۹-۲- ضوابط اعضای با $\mu > 3$
۳۸۷	۷-۹-۳- ضوابط اعضای مهاربندی
۳۸۷	۷-۱۰- تیرهای فرعی و تیرچه‌های فولادی
۳۸۸	۷-۱۱- ستون‌ها و تیرستون‌ها (طرح پلاستیک)
۳۸۹	۷-۱۱-۱- ترکیب نیروی محوری و لنگر خمشی
۳۹۰	۷-۱۲- طراحی درهای ضد انفجار (Blast door)
۳۹۱	۷-۱۲-۱- ملاحظات طراحی
۳۹۲	۷-۱۲-۲- شیوه‌های ساخت



۳۹۳	۳-۱۲-۷- نمونه درهای ضد انفجار
۳۹۸	۴-۱۲-۷- روش‌های طراحی
۳۹۹	فصل هشتم- طراحی ساختمان‌های بنایی مسلح در برابر بار انفجار
۳۹۹	۱-۸- مقدمه
۴۰۰	۲-۸- رفتار مصالح بنایی
۴۰۲	۱-۲-۸- ملاحظات عمومی
۴۰۳	۲-۲-۸- مصالح بنایی
۴۰۵	۳-۲-۸- آرماتور مسلح‌کننده
۴۰۶	۴-۲-۸- ملات
۴۰۶	۲-۸- روش‌های ساخت
۴۰۷	۳-۸- انواع گسیختگی
۴۱۰	۱-۳-۸- خمش
۴۱۰	۲-۳-۸- برش کشش قری
۴۱۳	۳-۳-۸- برش مستقیم
۴۱۴	۴-۳-۸- پوسته‌پوسته شدن مصالح
۴۱۴	۴-۸- ملاحظات اجرایی
۴۱۶	۱-۴-۸- آرماتور طولی
۴۱۶	۲-۴-۸- آرماتور عرضی
۴۱۸	۳-۴-۸- دیوارها
۴۱۹	۴-۴-۸- اتصالات تکیه‌گاهی
۴۱۹	۵-۸- مصالح بنایی غیرمسلح
۴۲۰	۱-۵-۸- ارزیابی عملکرد
۴۲۰	۲-۵-۸- تحلیل دیوار
۴۲۱	۳-۵-۸- ملاحظات مقاوم‌سازی
۴۲۳	۶-۸- معیار پذیرش اعضای بنایی
۴۲۳	۱-۶-۸- سطح عملکرد ۱ و ۲
۴۲۴	۲-۶-۸- سطح عملکرد ۳ و ۴
۴۲۴	۷-۸- مطالعات جدید
۴۲۷	فصل نهم- ملاحظات معماری در طراحی ساختمان
۴۲۷	۱-۹- مقدمه
۴۲۸	۲-۹- معیارهای طراحی معماری
۴۲۸	۱-۲-۹- شکل ظاهری ساختمان
۴۳۲	۲-۲-۹- احجام و المان‌های پیرامونی



۴۳۴	۳-۲-۹- نماهای جانبی و وجوه بیرونی ساختمان
۴۳۵	۴-۲-۹- ارتباط فضاهای داخلی ساختمان
۴۳۶	۵-۲-۹- تهویه داخلی
۴۳۷	۶-۲-۹- بازشوهای خارجی
۴۳۸	۷-۲-۹- طراحی پنجره
۴۳۹	۸-۲-۹- طراحی قاب و مهاربندی
۴۴۰	۹-۲-۹- عناصر غیر سازه‌ای و معماری داخلی
۴۴۰	۱۰-۲-۹- خلاصه معیارهای طراحی معماری
۴۴۱	۳-۹- ضوابط و معیارهای برنامه ریزی و طراحی فضاهای امن
۴۴۲	۱-۳-۹- تعریف فضای امن
۴۴۲	۲-۳-۹- تعیین مکان فضاهای امن در ساختمان
۴۴۴	۳-۳-۹- ظرفیت، سطح و تراکم فضاهای امن
۴۴۴	۴-۹- ورودی و خروجی اضطراری در پناهگاه‌ها
۴۴۸	۱-۴-۹- عایق‌کاری
۴۴۹	۲-۴-۹- استتار
۴۵۱	فصل دهم- طراحی سازه‌های زیرزمینی
۴۵۱	۱-۱۰- مقدمه
۴۵۲	۲-۱۰- شوک زمین
۴۵۵	۳-۱۰- پارامترهای اصلی شوک زمین
۴۵۶	۱-۳-۱۰- حداکثر جابه‌جایی ذرات
۴۵۸	۲-۳-۱۰- حداکثر سرعت ذرات
۴۵۸	۳-۳-۱۰- فشار ناشی از انفجار در میدان آزاد
۴۵۹	۴-۳-۱۰- ضربه مخصوص
۴۵۹	۴-۱۰- بارگذاری سازه‌ها ناشی از شوک زمین
۴۶۱	۵-۱۰- فشار ناشی از انفجار با استفاده از روابط تجربی
۴۶۲	۶-۱۰- شوک داخل سازه
۴۶۲	۱-۶-۱۰- حرکات دیوار و کف
۴۶۳	۲-۶-۱۰- حرکات تجهیزات
۴۶۳	۷-۱۰- انتقال و بازتاب شوک
۴۶۵	۸-۱۰- طراحی دیوارهای پناهگاه به روش استاتیکی معادل
۴۶۵	۱-۸-۱۰- تخمین ضخامت اولیه دیوار و فولادگذاری
۴۶۸	۲-۸-۱۰- طراحی ضخامت بهینه دیوار
۴۷۱	۹-۱۰- میزان نفوذ بمب در داخل زمین
۴۸۰	۱۰-۱۰- طراحی سقف پناهگاه در برابر برخورد بمب‌های نفوذگر
۴۸۰	۱-۱۰-۱۰- نفوذ



۴۸۱	۱۰-۱-۲- محاسبه ضرایب مقاومت سقف بتنی برای حفاظت در برابر نفوذ
۴۹۴	۱۰-۱۱- دال‌های نداشت‌ده
۴۹۵	۱۰-۱۲- ضوابط خاص اجرایی در سازه‌های مدفون بتنی
۴۹۵	۱۰-۱۲-۱- فولاد گذار
۴۹۷	۱۰-۱۲-۲- سطوح داخلی
۴۹۸	۱۰-۱۳- سازه‌های مدفون قوسی
۴۹۸	۱۰-۱۴- ملاحظات تاسیسات برقی و مکانیکی
۵۰۰	۱۰-۱۴-۱- تهویه
۵۰۱	۱۰-۱۴-۲- کاربرد دستگاه‌های تهویه
۵۰۳	مراجع:
۵۰۶	Abstract



چکیده

بارگذاری انفجاری بر تجهیزات، ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها در خلال حملات نظامی در بخش‌های وسیعی از جهان رواج یافته و بر امنیت جامعه تأثیرگذار است. به همین دلیل، نیاز روزافزون به حفاظت از این نوع سازه‌ها در قبال حوادث انفجاری مشهود است. تجربه‌های اخیر تأکید می‌نمایند که بار انفجار تصادفی یا عمدی، نوعی دیگر از بارگذاری است که باید در تحلیل و طراحی ساختمان‌ها مورد توجه باشد. اگرچه همه ساختمان‌ها در معرض خطر مشابهی قرار ندارند و تمهیدات مشابهی برای تمامی تهدیدها در نظر گرفته نمی‌شود، اما امروزه اهمیت ارزیابی کلیه خطرهای و اتخاذ تمهیدات مناسب برای تأمین ایمنی و سلامت ساختمان‌ها از افکار معلوم است. در این راستا لازم است توجه ویژه‌ای به سازه‌های ساختمانی و تأسیساتی که خرابی آنها منجر به آسیب جدی زیرساخت‌های اقتصادی و اجتماعی می‌شود، معطوف گردد. پرداختن به چنین موضوعات و چالش‌هایی، نیازمند دانش ویژه‌ای درباره قابلیت‌های اجزاء و نحوه مقابله با این نوع تهدیدات در مقیاس وسیع است. این کتاب راهنما به گستره وسیعی از مطالب علمی و فنی در خصوص آثار بارگذاری‌های شدید مربوط به فشار انفجار، شوک و آثار برخورد ترکش‌ها می‌پردازد، همچنین یک دستورالعمل کاربردی برای طراحان سازه‌های بتن مسلح، فولادی و بتنی به حساب می‌آید. خوانندگان این راهنما قادر خواهند بود تا موازن حاکم بر طراحی مقاوم در برابر انفجار، درجه حفاظت مورد نیاز، رفتار دینامیکی مصالح و جزئیات مورد نیاز جهت دستیابی به اهداف موردنظر را تعیین نمایند. در یکی از فصول کتاب نیز روش‌های طراحی سازه ساختمانی در برابر تخریب پیش‌رونده ارائه شده است. با توجه به محدودیت مراجع جهت کاربرد اصول طراحی مقاوم سازه‌ها در برابر انفجار، این راهنما می‌کوشد تا خلاصه‌ای از مهم‌ترین اطلاعات ذکر شده در مراجع مرتبط با طراحی انفجاری را جهت ارائه یک روش کارآمد، مفید و مؤثر، برای طیف گسترده‌ای از سازه‌ها ارائه نماید.