تقدیم به:

جان باختگان زلزله های ایران

دستنامه‌ی زلزله،
چرا و چگونه؟

... در کشور ایران، ضرورت وجود مجموعه‌ی مدوّنی از کتاب‌های مهندسی زلزله و طراحی ساختمان‌های مقاوم، برکسی پوشیده نیست. آموزش مبتنی بر سرفصل‌های مناسب در دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی، ارتقاء دانش و تجربه‌ی مهندسان، تعریف و طرح مسائل پژوهشی مورد نیاز در این زمینه، مستلزم وجود کتاب‌هایی است که علاوه بر کیفیت علمی، با نیازهای بومی، انطباق کاملی داشته باشد. در راستای رسیدن به هدف بزرگ جامعه‌ی ایمن که لازمه‌ی حیات پایدار بشری برای سیر تکامل است، طی تلاشی مستمر در بیش از یک‌و نیم دهه، دوره‌ی «دستنامه‌ی مهندسی زلزله»، تدوین شده و در حال تکامل است. ...

... از همان ابتدای تحصیل در رشته‌ی عمران در دانشگاه صنعتی شریف (سال ۱۳۷۳) برنامه‌ای جدی برای کار علمی داشتم، ولی برایم روشن نبود که دقیقاً قرار است چه کاری انجام دهم. ... به‌علت آنکه در سال ۱۳۷۶ برنامه‌ای را که در سال ۷۳ برایم مبهم بود، تقریباً روشن شده بود و تصمیم خود را گرفته بودم که روی مباحث زلزله کار کنم، مطالعه‌ی کتب مرتبط با مهندسی زلزله و مقالاتی در این زمینه را به‌طور جدی در برنامه‌ی خود گذاشتم. به‌طور مرتب برخی از ایام هفته را صبح تا عصر در کتابخانه‌ی دانشگاه صرف ورق زدن مقالات مربوطه می‌کردم. چون آن موقع نیز مثل الان اطلاعاتم بسیار اندک بود، خیلی کم از مطالب مقالات سر در می‌آوردم ولی تقریباً افق دوردست را برای خودم ترسیم کرده بودم. به‌علت آنکه تصمیم قطعی خود را گرفته بودم که در موضوعات مرتبط با مهندسی زلزله کار کنم، در گرایش کارشناسی ارشد، مهندسی زلزله را در دانشگاه صنعتی شریف ادامه دادم. در همان سال به طور همزمان در کنکور کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های اقتصادی اجتماعی نیز شرکت کردم (آن موقع‌ها دوره‌ی کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های اقتصادی اجتماعی به طور مستقل برگزار می‌شد) و با رتبه‌ی یک رقمی شروع کردم. ولی خیلی زود فهمیدم که این را ه اشتباه بوده و همان گرایش مهندسی زلزله را ادامه دادم. علاوه بر کار روی دروس این رشته، تقریباً تمامی دروس مرتبط با گرایش کارشناسی ارشد سازه و مکانیک جامدات را در دانشکده های عمران و مکانیک گذراندم. ... در دوره‌ی کارشناسی ارشد، افق برنامه‌ای که در سال ۷۳ برایم مبهم بود، بسیار روشن‌تر شده بود. می‌دانستم که قرار است مثلاً حدود ۱۰ تا ۱۵ سال و مثلاً روزی میانگین ۸ ساعت به مباحث مهندسی زلزله بپردازم و حاصل آن‌را در قالب چندین کتاب با یک عنوان کلی و مشترک منتشر کنم. اصلاً امتحانات دروس برایم اهمیتی نداشت، هرچند در سال ۱۳۷۹ در بین فارغ‌التحصیلان، رتبه‌ی اول شدم، ولی تمام سوگیری کارهایم برای هدف مشخصی بود. مطالبی که در سال چهارم کارشناسی و دو سال کارشناسی ارشد در این خصوص گردآوری کرده بودم در حدود ۱۰۰۰ صفحه بود که به مهندسی زلزله، طراحی لرزه‌ای، سازه‌های بنایی و ارتعاشات مربوط می‌شد. حدود ۶۰۰ صفحه مسائل و مطالبی بود که ترجمه به‌شمار نمی‌آمد، بلکه نگرشی شاید جدید و دسته‌بندی نوینی در ترکیب‌بندی مطالب بود. تصمیم گرفتم آنها را در قالب مثلاً ۳ کتاب منتشر کنم و کارهای مقدماتی آنها را هم در سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۷۹ انجام دادم. بعد از چندبار بررسی، منصرف شدم ولی هر روز به آنها مطالبی اضافه می‌کردم. تا آن زمان حدود ۷۵۰ جلد کتاب مرتبط با دروس مختلف دانشگاهی به زبان های فارسی و انگلیسی را تهیه کرده بودم. البته همه‌ی صفحات تمام کتاب‌ها را نمی‌خواندم. مثلاً در یک کتاب فقط به یک مثال که جای دیگر تکرار نشده بود پرداختم و بقیه‌اش را فقط ورق زدم. در چند زمینه مرتبط با مهندسی زلزله مقالات متعددی را تهیه کردم. از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۷۹ مجموعه‌ی خوبی از مقالات مورد علاقه که در مجلات و کنفرانس‌های کتابخانه‌ی دانشگاه بود تدوین کردم، حدود ۲۰۰ مقاله بود. برخی را دقیق می‌خواندم، برخی را هم در حد چنددقیقه فقط تماشا می‌کردم. کتب موجود در اکثر کتابخانه‌های دانشگاه شریف را که به‌نحوی با ریاضی، ارتعاشات و زلزله مرتبط بود نگاه کردم. در سال ۷۹ که دکترا را در دانشکده‌ی عمران دانشگاه صنعتی شریف شروع کردم، افق هدفم برایم نسبتاً روشن‌تر شده بود. چند درس که در دانشکده در زمینه‌ی سازه و زلزله ارائه می‌شد را گذراندم و پیشنهاد پایان‌نامه را در سال اول تدوین کردم، زیرا یک سابقه‌ی ۳ ساله را با حوصله و جدیت پشت سر گذاشته بودم. به‌علت تشابه مفاهیم و مبانی موجود در مهندسی زلزله و سازه‌های دریایی در زمینه‌ی بارگذاری بارهای

باد، زلزله و موج و مفاهیم مشترک نظیر طیف در هر دو و اشتراک‌هایی در مباحث مکانیک سازه و ارتعاشات در دوره‌ی ارشد و اوایل دکترا چند کلاس مرتبط با این رشته را هم می‌رفتم. به‌علت این پیش‌زمینه و علاقه‌ای که استاد راهنمای دکترای اینجانب به مباحث سازه‌های دریایی داشت و داغ بودن بحث دریای خزر در سال ۱۳۸۰ پیشنهادیه‌ی اول پایان‌نامه را که در خصوص مهندسی زلزله بود کنار گذاشتم و به مباحث سازه دریایی پرداختم، با توجه به پیش‌زمینه‌ای که در مکانیک سازه و ارتعاشات داشتم، کافی بود دروسی در زمینه‌ی تئوری موج، هیدرودینامیک و تحلیل و طراحی سازه‌های دریایی بگذرانم. این‌گونه دروس را در دانشکده‌های مکانیک و عمران گذراندم. در تمام لحظات سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۶ که به پایان‌نامه‌ی خود در مورد سازه‌های دریایی مشغول بودم، در زمینه‌ی مهندسی زلزله هم مطالعه می‌کردم و مطلب می‌نوشتم و درگیر پایان نامه‌های مرتبط با مهندسی زلزله‌ی چند نفر از دانشجویان کارشناسی ارشد در دانشکده‌های عمران و مکانیک دانشگاه صنعتی شریف شدم. در سال ۱۳۸۵ بیش از ۳۰۰۰ صفحه مطلب آماده‌ی چاپ داشتم. هنگامی که پیشنهاد تهیه‌ی تفسیر استاندارد ۲۸۰۰ به اینجانب داده‌شد، برنامه‌ی قبلی خود را اندکی تغییر دادم و حدود ۱۲۰۰ صفحه از آن مطالب را در قالب تفسیر و تشریح ۲۸۰۰ چاپ کردم. در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ بازخورد مثبتی از کتب تفسیر استاندارد ۲۸۰۰ توسط خوانندگان محترم به من منتقل شد و اندک ابهامی هم که در افق برنامه-ریزی و هدف خود داشتم رفع شد. تصمیم به تکمیل مطالبی گرفتم که تا آن روز گردآوری کرده بودم. تا آن زمان تمام فعالیت‌های آموزشی، پژوهشی، حرفه‌ای و اوقات فراغت خود را در راستای این هدف تنظیم کرده بودم و از سال ۸۶ مصمم‌تر به این کار ادامه دادم. برخی روزها از صبح تا شب ۵۰ صفحه مطلب تدوین می کردم ، چون سبقه‌ی چندین ساله را داشتم. هم سرعت ترجمه‌ام بسیار بالا رفته بود و هم با فوت‌وفن‌های تولید کتاب به خوبی آشنا شده بودم. برای قسمت‌هایی از ویرایش ادبی، یک سیستم مکانیزه تدوین کردم که کار سنتی ده روزه را در یک روز و با دقت بالایی انجام می‌دهد. سعی داشتم ترکیب‌بندی مطالب و ساختار کتاب‌ها تا حدی نو باشد. هدف این بود که کتاب‌ها مورد استفاده‌ی دانشجویان و مهندسان یا هر دو واقع شود. مجدانه مطالعه، تحقیق و نوشتن را ادامه دادم. البته این کار علاوه بر زمان، نیاز به هزینه‌های مالی بسیار زیادی هم داشت. در سال ۱۳۸۸ بیش از ۶۰۰۰ صفحه مطلب تایپ‌شده و ویرایش‌شده و بازخوانی‌شده داشتم. به‌طور جدی تصمیم به نشر این مطالب گرفتم. در سال های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ که به نشر آنها پرداختم، همواره در حال تدوین مطالب جدید هم بودم. در حال حاضر غیر از کتاب‌هایی که در سری دستنامه‌ی مهندسی زلزله منتشر شده، بیش از ۴۰۰۰ صفحه مطلب در زمینه‌های مختلف مرتبط با مهندسی زلزله، دروس دوره‌ی کارشناسی و ارشد، حروف‌چینی کرده‌ام. حروف‌چینی و کارهای فرمول و شکل کتاب‌ها را تا حدود ۶۰٪ شخصاً انجام داده‌ام (بسیار انگیزه می‌خواست و واقعاً طاقت‌فرسا بود). در تمام این مدت یعنی از سال ۷۶ تا ۸۹ توان مالی و اکثر وقت خود را صرف تولید کتب دستنامه کرده‌ام. تعداد زیادی از خوانندگان عزیز تاکنون مرا مورد لطف قرار داده و مراتب رضایت خود را از این سری اعلام کرده‌اند. ولی خوشحالی باطنی بنده مربوط به زمانی است که یک نفر اشکالات و خطاهای موجود در این کتاب‌ها را به بنده تذکر دهد. همواره آرزوی توفیق برای عزیزانی را دارم که بنده را در رفع اشتباهات این کتاب ها یاری می‌کنند. ... اگر یک دانشجوی علاقه‌مند و باانگیزه در طول حدود ۱۵ سال تلاش شبانه-روزی برای رسیدن به یک هدف مشخص به‌طور متوسط روزی ۱۲ ساعت یعنی ماهانه حدود ۳۵۰ ساعت به تلاش علمی بپردازد و تمام کارهای خود را در این مسیر تنظیم کند و در آخر سر حدود ۱۵۰۰۰ صفحه مطلب داشته باشد (۱۲x۱۵x۳۵۰=۶۳۰۰۰)، نشان‌دهنده‌ی استفاده از قسمت اندکی از انرژی و استعدادی است که خداوند در نهاد همه‌ی ما به ودیعه نهاده است. ...

محمدرضا تابش‌پور

سخن مؤلفان

با توجه به لرزه‌خیزی کشور ایران وجود منابع علمی مناسب به منظور ارتقای دانش مهندسان عمران و معماری، یک امر ضروری می‌باشد. یکی از الزامات مهم در توسعه دانش لازم برای ساخت سازه‌های مقاوم در برابر زلزله توجه به مسائل مربوط به اثرات دیوارهای پرکننده در سازه‌های بتنی و فولادی از نقطه‌نظر این محققین می‌باشد. در دهه‌های گذشته محققین و مهندسین زیادی روی اثرات دیوارهای آجری پرکننده‌ی در قاب‌های ساختمانی، پژوهش کرده‌اند و همواره اثراتی که دیوارهای آجری پرکننده می‌توانند بر روی رفتار سازه داشته باشند، یکی از دغدغه‌های مهندسین بوده است. از آن‌جا که مصالح مورد استفاده و در نتیجه مقاومت و سختی این دیوارها تا حد بسیار زیادی به محل ساخت و مصالح در دسترس وابسته است، اکثر کشورها با توجه به شرایط اقلیمی موجود خود ضوابطی را برای در نظر گرفتن اثرات دیوارهای آجری پرکننده، در طراحی‌ها و آئین‌نامه‌های خود وارد کرده‌اند. کشور ما ایران هم از این قاعده مستثنی نبوده است و در طی سال‌های گذشته شاهد بودیم که در بعضی از بندهای آیین‌نامه اثر وجود دیوار پرکننده آجری در رفتار ساختمان لحاظ شده است. می‌توان گفت بر خلاف تمام تلاش‌هایی که توسط محققان انجام شده است بخش اعظم جامعه مهندسین با مفاهیم مربوط به این بحث آشنایی کافی نداشته و چه بسا طرح‌هایی که بی‌جهت دست بالا بوده و یا اشتباها دست پایین می‌باشد. . نکته‌ی مهم این است که حجم انبوهی از جمعیت ایران در چنین ساختمان‌هایی زندگی می‌کنند. هدف این کتاب آن است که مودهای شکست ساختمان‌های دارای دیوار پرکننده به‌طور مفهومی مورد بررسی قرار گیرد تا ضوابط اجرای درست، مورد تأکید بیشتری واقع شود به‌نحوی که مودهای نامطلوب شکست در زلزله‌های محتمل در آینده رخ ندهد. مطالعه‌ی مودهای شکست به‌همراه انجام آزمایش‌های مورد نیاز و تحلیل‌های عددی با نرم‌افزار، برای تدوین آئین‌نامه‌ها مورد نیاز هستند. کتاب حاضر به منظور بررسی اثرات منفی دیوار پرکننده آجری و ارائه راهکارهایی برای جلوگیری از اثرات مخرب آن‌ها تدوین شده است. هرچند این کتاب براساس کار تحقیقاتی آقایان آزاد و کریمی و خانم موسوی است ولی فرایند تولیدو این کتاب وامدار پایان‌نامه‌های ایشان نیست و تولید همسان ورودی و خروجی نرم‌افزار براساس تولید ویژه برای همین کتاب انجام شده است. مراجع اصلی این کتاب، دستنامه ۱۸، ۱۹، ۲۰ می‌باشد هرچند قسمت‌هایی از این کتاب مستقیما یا غیرمستقیم برگرفته از دستنامه مذکور است، ولی برای راحتی خواننده سعی شده است مطالب به طور منسجم و جامع باشد که فقط در صورت لزوم به دستنامه ۱۸، ۱۹ و ۲۰ مراجعه شود.

محمدرضا تابش‌پور
tabeshpour@yahoo.com
افسانه سادات موسوی
Afsan.mosavy@gmail.com
امیر آزاد
Amir0azad@gmail.com
کمیل کریمی
Komeil.karimi@yahoo.com

فهرست مطالب

فصل اول: مروری بر مودهای شکست دیوار پرکننده ۱

۱.۱ مقدمه ۳
۲.۱ رفتار دیوار پرکننده ۴
۱.۲.۱ گسیختگی به‌دلیل کشش قطری ۴
۲.۲.۱ گسیختگی فشاری ۴
۱.۲.۲.۱ خرد شدگی گوشه‌های تحت بارگذاری ۴
۲.۲.۲.۱ گسیختگی فشاری دستک قطری ۵
۳.۱ تاریخچه‌ی مدل‌سازی دیوار پرکننده‌ی آجری ۶
۴.۱ شکست طبقه‌ی نرم (نامنظمی در ارتفاع) ۸
۱.۴.۱ تاریخچه‌ی ادبیات ۸
۲.۴.۱ مباحث مفهومی ۱۰
۵.۱ پیچش (نامنظمی در پلان) ۱۳
۱.۵.۱ مرور مقالات ۱۳
۲.۵.۱ مباحث مفهومی ۱۴
۶.۱ ستون کوتاه (سازه‌های بتنی) ۱۴
۱.۶.۱ مرور مقالات ۱۵
۲.۶.۱ مباحث مفهومی ۱۶
۱.۲.۶.۱ ستون کوتاه موضعی ۱۶
۱.۱.۲.۶.۱ گسیختگی خمشی ۱۶
۲.۱.۲.۶.۱ گسیختگی برشی ۱۸
۲.۲.۶.۱ ستون کوتاه کلی (طبقه‌ی بسیار سخت غیرشکل پذیر) ۲۲
۷.۱ برهم‌کنش (سازه‌های بتنی دارای دیوار پرکننده) ۲۳
۱.۷.۱ مرور مقالات ۲۳

فصل دوم: دیوار پرکننده آجری و نحوه‌ی مدل‌سازی آن در نرم‌افزار SAP2000 ۲۹

۱.۲ مقدمه ۳۱

۲.۲ مدل‌های پایه‌ای (میکرو) ۳۲
۳.۲ مدل‌های ساده (ماکرو) ۳۲
۴.۲ پارامترهای دستک معادل فشاری ۴۰
۵.۲ مدول یانگ مصالح بنایی ۴۰
۶.۲ معرفی نرم‌افزار SAP2000 و نحوه‌ی مدل‌سازی در آن ۴۲
۱.۶.۲ مدل کردن رفتار غیرخطی اعضاء ۴۲
۲.۶.۲ مدل سازی مفصل برشی در SAP2000 ۴۳

فصل سوم: تئوری و فرمول‌بندی تجربی برش ۴۷

۱.۳ مقدمه ۴۹
۲.۳ شکست عضو بتنی ۴۹
۱.۲.۳ شکست خمشی ۵۰
۲.۲.۳ شکست قطری کششی ۵۰
۳.۲.۳ شکست برشی- فشاری و شکست برشی-کششی ۵۰
۳.۳ ظرفیت تغییرشکل ستون‌های موجود ۵۱
۱.۳.۳ مد گسیختگی خمشی ۵۱
۲.۳.۳ مد گسیختگی برشی ۵۲
۳.۳.۳ مد گسیختگی برشی- خمشی ۵۲
۴.۳ مدل ظرفیت جابه‌جایی نسبی ۵۳
۵.۳ مدل گسیختگی محوری ۵۴
۱.۵.۳ مدل اصطکاک – برش ۵۴
۱.۱.۵.۳ زاویه‌ی ترک بحرانی ۵۶
۲.۱.۵.۳ جابه‌جایی نسبی گسیختگی محوری ۵۷
۶.۳ بررسی مقاومت برشی در آئین‌نامه‌های مختلف ۵۷
۷.۳ قوانین طراحی اعضا ۷۰
۱.۷.۳ مصالح ۷۰
۱.۱.۷.۳ بتن محصورنشده ۷۱
۲.۱.۷.۳ بتن محصور شده ۷۳

فصل چهارم: مدلسازی در نرم‌افزار OpenSees ۸۵

۱.۴ مقدمه ۸۷

۲.۴ OpenSees چیست؟ ۸۸
۳.۴ محاسن برنامه ۹۱
۴.۴ دانلود OpenSees ۹۲
۵.۴ اجرای OpenSees ۹۲
۶.۴ روش نوشتن ۹۲
۷.۴ برنامه‌ی Tcleditor ۹۳
۸.۴ مفسر OpenSees ۹۳
۹.۴ تعریف واحدها ۹۴
۱۰.۴ تولید دستورات MATLAB ۹۴
۱۱.۴ تعریف روند Tcl ۹۵
۱۲.۴ خواندن فایل‌های خارجی ۹۵
۱۳.۴ ساخت مدل Model-Building ۹۶
۱.۱۳.۴ انواع مدل‌های مصالح تک محوره ۹۶
۲.۱۳.۴ انواع مدل‌های مقاطع ۹۶
۳.۱۳.۴ انواع المان (اعضاء) ۹۷
۱۴.۴ فرضیات مدل‌سازی درOpenSees ۹۷
۱.۱۴.۴ تعریف المان‌های سازه‌ای ۹۷
۱۵.۴ uniaxial material ۱۰۰
۱.۱۵.۴ مصالح هیسترتیک ۱۰۰
۲.۱۵.۴ ماده‌ی حالت حدی ۱۰۲
۱۶.۴ منحنی‌های حدی ۱۰۴
۱.۱۶.۴ منحنی حدی برش ۱۰۴
۲.۱۶.۴ منحنی حدی نیروی محوری ۱۰۵
۳.۱۶.۴ مدل سازی ستون در OpenSees ۱۰۷
۴.۱۶.۴ فنر برشی ۱۰۸
۵.۱۶.۴ فنر محوری ۱۰۹

فصل پنجم: برهم‌کنش بین قاب و دیوار پرکننده‌ی آجری ۱۱۵

۱.۵ مقدمه ۱۱۷
۲.۵ تعیین سهم قاب و دیوار از بار جانبی ۱۲۱
۳.۵ مدل‌های مورد بررسی ۱۲۶

۱.۳.۵ نتایج نرم‌افزار SAP2000 ۱۲۷
۱.۱.۳.۵ قاب خالی ۱۲۷
۲.۱.۳.۵ دیوار پرکننده‌ی ۲۳ سانتی‌متری ۱۲۸
۳.۱.۳.۵ دیوار پرکننده‌ی ۱۷ سانتی‌متری ۱۲۹
۴.۱.۳.۵ مقایسه‌ی مدل رفتار دیوار ۲۳ سانتی‌متری و ۱۷ سانتی‌متری ۱۳۰
۵.۱.۳.۵ مقایسه‌ی چیدمان مختلف دیوار پرکننده‌ی ۱۷ سانتی‌متری ۱۳۰
۲.۳.۵ نتایج نرم‌افزار OpenSees ۱۳۱
۱.۲.۳.۵ دیوار پرکننده‌ی ۱۷ سانتی‌متری ۱۳۱

فصل ششم : بررسی شکست ستون کوتاه ۱۶۷

۱.۶ مقدمه ۱۶۹
۲.۶ ستون کوتاه ۱۶۹
۱.۲.۶ ستون کوتاه موضعی ۱۷۳
۱.۱.۲.۶ گسیختگی خمشی ۱۷۴
۲.۱.۲.۶ گسیختگی برشی ۱۷۴
۲.۲.۶ ستون کوتاه کلی ۱۷۴
۳.۲.۶ بررسی تغییرات سختی ۱۷۷
۴.۲.۶ نسبت خمش و برش در ستون کوتاه ۱۷۸
۳.۶ اثر اجزای دیوار پرکننده‌ی بر اعضای قاب ۱۷۹
۱.۳.۶ نیاز برشی اعضای دیوار پرکننده ۱۷۹
۴.۶ مدل‌های ظرفیت ۱۸۰
۱.۴.۶ ظرفیت محوری ۱۸۲
۲.۴.۶ ظرفیت خمشی ۱۸۲
۳.۴.۶ ظرفیت برشی ۱۸۳
۵.۶ پاسخ الاستیک ستون بتن‌مسلح ۱۸۴
۱.۵.۶ تغییرشکل خمشی (Δ_{fl}) ۱۸۴
۲.۵.۶ لغزش آرماتورها (Δ_{sl}) ۱۸۴
۳.۵.۶ تغییرشکل برشی (Δ_{sh}) ۱۸۵
۶.۶ پاسخ غیر الاستیک ستون بتن مسلح ۱۸۵
۱.۶.۶ انحنای خمشی ۱۸۶
۲.۶.۶ ظرفیت جابه‌جایی نسبی برشی ۱۸۶

۳.۶.۶ ظرفیت محوری ۱۸۶
۷.۶ مدل‌سازی ۱۸۷
۱.۷.۶ پارامترهای دیوار پرکننده ۱۸۷
۲.۷.۶ سازه‌های مورد مطالعه ۱۸۸
۱.۲.۷.۶ نتایج نرم‌افزار SAP2000 ۱۹۰
۱.۱.۲.۷.۶ قاب ۳ طبقه ۳دهانه ۱۹۰
۲.۲.۷.۶ نتایج نرم‌افزار OpenSees ۱۹۳
۱.۲.۲.۷.۶ قاب ۳ طبقه ۳ دهانه ۱۹۳
۸.۶. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۱۹۴

فصل هفتم: بررسی طبقه نرم ۲۱۷

۱.۷ مقدمه ۲۱۹
۲.۷ شکست طبقه‌ی نرم (یا ضعیف) ۲۱۹
۳.۷ سازه‌ی مورد مطالعه ۲۲۲
۱.۳.۷ طراحی سازه‌ی ۳ طبقه با استفاده از نرم‌افزار SAP2000 ۲۲۳
۲.۳.۷ نتایج سازه‌ی ۳ طبقه با استفاده از نرم‌افزار OpenSees ۲۲۴

فصل هشتم: بررسی پیچش سازه به دلیل نامنظمی چیدمان دیوار پرکننده ۲۳۷

۱.۸ مقدمه ۲۳۹
۲.۸ آئین‌نامه‌ی لرزه‌ای، استاندارد شماره ۲۸۰۰ (مشابه UBC-97) ۲۴۳
۳.۸ مدل‌سازی دیوارهای پر کننده‌ی بنایی ۲۴۵
۴.۸ توضیحات میراگر و اصول عملکرد ۲۴۷
۵.۸ مدل‌سازی میراگر در نرم افزار OpenSees ۲۴۸
۶.۸ مطالعه‌ی عددی ۲۴۹
۷.۸ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۲۵۴

فصل نهم: تاثیر دیوار پرکننده بر پریود سازه ۲۷۱

۱.۹ مقدمه ۲۷۳

۲.۹ بررسی تاثیر دیوار پرکننده‌ی آجری ۲۷۳
۱.۲.۹ جابه‌جایی نسبی قاب‌های بتنی ۲۷۴
۲.۲.۹ پریود سازه و روابط تجربی پیشنهادی آئین‌نامه‌ها ۲۷۵
۳.۹ مدل‌های مورد بررسی ۲۷۸
۱.۳.۹ طراحی سازه‌ها ۲۸۲
۱.۱.۳.۹ طراحی سازه‌ی ۳ طبقه ۲۸۲
۲.۱.۳.۹ طراحی سازه‌ی ۵ طبقه ۲۸۳
۳.۱.۳.۹ طراحی سازه‌ی ۹ طبقه ۲۸۳
۲.۳.۹ سازه‌ی ۳ طبقه ۲۸۴
۱.۲.۳.۹ جابه‌جایی نسبی ۲۸۴
۲.۲.۳.۹ پریود سازه ۲۸۴
۳.۳.۹ نتایج سازه‌ی ۵ طبقه ۲۸۸
۱.۳.۳.۹ جابه‌جایی نسبی ۲۸۸
۲.۳.۳.۹ پریود سازه ۲۸۹
۴.۳.۹ نتایج سازه‌ی ۹ طبقه ۲۹۱
۱.۴.۳.۹ جابه‌جایی نسبی ۲۹۱
۲.۴.۳.۹ پریود سازه ۲۹۲
۴.۹ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۲۹۴
۱.۴.۹ ارائه‌ی پیشنهاداتی در راستای اتصال و یا عدم اتصال دیوار به قاب ۲۹۴
۲.۴.۹ روابط تجربی پریود آئین‌نامه‌های مختلف برای سازه‌های مورد بررسی ۲۹۴

فصل دهم: بهسازی لرزه‌ای سازه‌های دارای دیوار پرکننده ۳۰۳

۱.۱۰ مقدمه ۳۰۵
۲.۱۰ روش‌های بهسازی لرزه‌ای ۳۰۵
۱.۲.۱۰ بهسازی کلی یا عمومی ۳۰۵
۱.۱.۲.۱۰ استفاده از بادبندهای فولادی ۳۰۶
۲.۱.۲.۱۰ اضافه کردن دیوار برشی بتنی ۳۰۸
۳.۱.۲.۱۰ اضافه کردن دیوار برشی فولادی ۳۰۸
۴.۱.۲.۱۰ استفاده از جداگرهای لرزه‌ای ۳۰۹
۵.۱.۲.۱۰ استفاده از میراگرها ۳۱۱

۲.۲.۱۰ بهسازی موضعی ۳۱۱
۱.۲.۲.۱۰ استفاده از ژاکت بتنی ۳۱۴
۲.۲.۲.۱۰ استفاده از ژاکت فولادی ۳۱۴
۳.۲.۲.۱۰ استفاده از الیاف مسطح پلاستیکی یا غلاف FRP ۳۱۷
۳.۱۰ میراگر اصطکاکی ۳۱۹
۴.۱۰ میراگر اصطکاکی مورد استفاده در این مطالعه ۳۲۰
۵.۱۰ اجزای میراگر ۳۲۰
۶.۱۰ پارامترهای میراگر ۳۲۲
۷.۱۰ میرایی ویسکوز معادل برای میراگر اصطکاکی ۳۲۴
۸.۱۰ طراحی میراگر ۳۲۶
۱.۸.۱۰ مدلسازی میراگر در برنامه‌ی OpenSees ۳۲۷
۲.۸.۱۰ میراگرها و بارهای وارده به سازه ۳۲۸
۹.۱۰ مصالح FRP ۳۳۰
۱.۹.۱۰ مزایا و معایب ۳۳۰
۲.۹.۱۰ روشهای ساخت مواد مرکب ۳۳۰
۱۰.۱۰ بهسازی اعضای بتنی ۳۳۲
۱.۱۰.۱۰ بهسازی ظرفیت خمشی ۳۳۲
۲.۱۰.۱۰ بهسازی برشی ۳۳۳
۳.۱۰.۱۰ بهسازی ستونهای بتنی مسلح ۳۳۴
۱.۳.۱۰.۱۰ بهسازی برشی ۳۳۴
۲.۳.۱۰.۱۰ بهسازی از طریق محصورشدگی ۳۳۵
۱۱.۱۰ ظرفیت شکلپذیری ستونهای بهسازی شده با FRP (μ_Δ) ۳۳۵
۱.۱۱.۱۰ نمودار ظرفیت برشی ۳۳۶
۲.۱۱.۱۰ نمودار ظرفیت خمشی ۳۳۸
۱۲.۱۰ ظرفیت جابه‌جایی نسبی پلاستیک بیشینه ۳۳۸
۱.۱۲.۱۰ تاثیر متغیرهای طراحی بر شکل پذیری جابه‌جایی Δ_m روابط FRP با یک مثال موردی ۳۳۹
۱.۱.۱۲.۱۰ تاثیر مصالح ۳۳۹
۲.۱.۱۲.۱۰ تاثیر خواص هندسی ۳۴۱
۳.۱.۱۲.۱۰ تاثیر میزان آرماتور ۳۴۳

۴.۱.۱۲.۱۰ تاثیر بار محوری ۳۴۵
۱۳.۱۰ راه‌های جلوگیری از تشکیل ستون کوتاه ۳۴۶

واژه‌نامه انگلیسی به فارسی ۳۵۱
واژه‌نامه فارسی به انگلیسی ۳۵۹
فهرست الفبایی ۳۶۷

فصل ۱

مروری بر مودهای شکست دیوار پرکننده