راهنمای طراحی مهار

برون صفحه ای دیوار

بر اساس ASCE ۷-۰۵ و IBC ۲۰۰۶/۲۰۰۹

مترجمان: مهندس علیرضا صالحین

مهندس علی حیدری

مقدمه

کتاب پیش رو، از جمله کتب مرجع و ارزشمند چاپ شده توسط ICC می باشد که از مراجع اصلی آزمون ورود به حرفه مهندسی عمران در آمریکا می باشد و طبعاً کاربرد بسزایی در ایران نیز خواهد داشت. مراجع مورد آزمون برای ورود به حرفه SE در وب سایت http://www.ncsea.com موجود می باشد و علاقه مندان می توانند بدان مراجعه نمایند. در واقع این کتاب چه برای علاقه مندان به مهاجرت ورود به آزمون حرفه عمرانی SE و چه برای آزمون نظام مهندسی ایران می تواند بسیار مفید و ضروری باشد. اهمیت ترجمه این اثر در مرجع متولی گردآوری و چاپ آن بدین معنا که ICC، نگارنده آن و همچنین نادر بودن کتاب در این زمینه می باشد. شایان ذکر است که از دیگر مراجع ورود به حرفه ذکر شده در SE Exam Study Guide Resources که در نشر دانشگاهی فرهمند مورد ترجمه/در حال ترجمه قرار گرفته است، عبارتند از:

۱- مثال های طراحی کاربردی دیافراگم ها تیرتیغه ها و جمع کننده های بار در سازه های بتنی و فولادی (چاپ شده)

۲- رفع ابهامات همراه با مثال های کاربردی بارگذاری لرزه ای آیین نامه طراحی ساختمان ها (چاپ شده)

۳- رفع ابهامات همراه با مثال های کاربردی بارگذاری باد بر سازه ها (چاپ شده)

۴- رفع ابهامات همراه با مثال های کاربردی بارگذاری برف بر سازه ها (چاپ شده)

۵- دیتیل ها و طراحی ساختمان های فولادی مقاوم در برابر زلزله با رویکرد رفتارشناسی اعضاء (Chia-Ming Uang و Michel Bruneau) (چاپ شده)

۶- مثال های طراحی کاربردی ساختمان ها با جداسازهای لرزه ای و میراگرهای ویسکوز، همراه با نکات مدلسازی در ETABS (بر مبنای IBC) (چاپ شده)

۷- مثال ها و راهنمای طراحی برای نامنظمی های متداول در ساختمان ها بر اساس IBC و ASCE-۷ در ETABS (در دست ترجمه)

۸- مثال ها و راهنمای طراحی سیستم های ساختمانی برای قابلیت بهره برداری بر اساس IBC و ASCE-۷ (در دست ترجمه)

۹- الزامات طرح لرزه‌ای سیستم‌های جداساز و میراگر برای ساختمان های نوساز و بهسازی شده لرزه ای به همراه تفسیر، در آیین‌نامه های ASCE ۷-۲۲ و ASCE ۴۱-۲۳ (در دست ترجمه)

همچنین کتب مرتبط مرجع دیگری نیز در دست بررسی و احتمالاً در آینده ترجمه خواهند گردید. برای درک بهتر این کتاب توصیه می گردد مخاطب محترم کتاب مثال های طراحی کاربردی دیافراگم ها تیرتیغه ها و جمع کننده های بار در سازه های بتنی و فولادی و همچنین کتب رفع ابهامات همراه با مثال های کاربردی بارگذاری لرزه ای و باد منتشر شده توسط همین انتشارات را نیز تهیه و مطالعه بفرمایند.

این کتاب، راهنمای طراحی خلاصه ای جامع از کاربردهای عملی ضوابط بار دیوار برون صفحه ای و معیار طراحی نیروهای باد و نیروی لرزه ای مطابق آیین نامه ساختمانی IBC و آیین نامه بارگذاری آمریکا ASCE ۷ می باشد. توصیه می گردد پیش از شروع به مطالعه کتاب به لغت نامه تخصصی انتهای کتاب برای معادل های انگلیسی به فارسی استفاده شده در متن کتاب مراجعه و آنرا مطالعه بفرمایید.

این کتاب در ۶ فصل به صورت خلاصه و به نحوی که در حد حوصله یک مهندس طراح برای حداقل دانش مورد نیاز برای تحلیل و طراحی گیرداری دیوارها در سازه ها نیاز دارد را فراهم آورده است. فصل اول کتاب معرفی کلیات و فصل دوم الزامات آئین نامه برای نیروهای باد و لرزه ای می باشد. در فصول سوم و چهارم به بارگذاری باد و زلزله پرداخته شده است. در فصل پنجم بحث مهار و در نهایت در فصل ششم بحث زیر-دیافراگم بیان گردیده است.

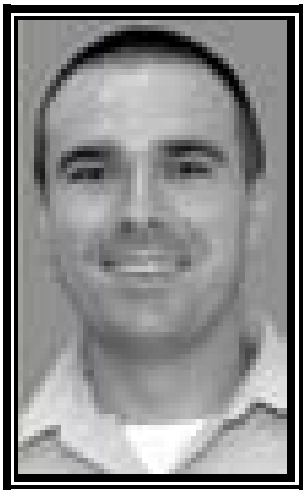
این کتاب شامل مثال های حل شده عملی و کاربردی برای درک مفهومی مطلب می باشد و مطالعه آن به مهندسان طراح سازه، من جمله طراحان عمومی، کنترلرها، طراحان لرزه ای، مقاوم سازی و بهسازی لرزه ای پیشنهاد می گردد. کتاب پیش رو، کمک بسزایی در راستای بحث های مرتبط با مهار دیوارها در آیین نامه زلزله ۲۸۰۰ در ایران می باشد.

در اینجا لازم میدانم، از دوست عزیزم، جناب مهندس علی حیدری که همیشه لطف ایشان شامل حال کلیه مهندسان کشور و نشر دانشگاهی فرهمند گردیده است، تشکر ویژه ای نمایم. همچنین جناب آقای علیرضا فرهمندزادگان که همیشه در نشر این کتب پیشرو در نشر فرهمند ما را یاری رسانیدند و ترسیم، تصحیح اشکال و صفحه آرایی کتاب را انجام داده اند و جناب آقای جعفری که قبول زحمت فرمول نویسی را داشته اند، نیز کمال تشکر را دارم.

لطفاً به منظور انعکاس هر گونه پیشنهاد یا انتقاد در رابطه با این کتاب یا سایر آثار، با نشر دانشگاهی فرهمند به آدرس: تهران، انقلاب، بین فروردین و فخر رازی، پاساژ فروزنده، طبقه اول، واحد ۴۱۹، با شماره تماس ۶۶۴۱۰۶۸۸ دفتر نشر فرهمند ارتباط برقرار نمایید. آدرس وب سایت نشر دانشگاهی فرهمند www.farbook.ir و کانال تلگرامی: https://t.me/farhamandpress می باشد.

مهندس علیرضا صالحین، زمستان ۱۴۰۲

About the Author:



Dr. Timothy W. Mays received a Bachelor of Science degree in civil engineering (CE) from The University of Memphis in ۱۹۹٦ and a Master of Science degree in CE from Virginia Tech in ۱۹۹۷. He was awarded a three-year National Science Foundation Graduate Research Fellowship and elected to remain at Virginia Tech to obtain a Ph.D., which he received in ۲۰۰۰.

Dr. Mays received an Academic Excellence Scholarship for his undergraduate studies at بـاد بطـور ی‌از توپوگـــراف ی‌ژه، کـه در آنجـا سـرعت نـاش‌ی‌ت (بـــه اســتثناء منـــاطق بـــاد وی‌قـع work at Virginia Tech. He was selected as student marshal in both ۱۹۹٦ and ۱۹۹۷ and graduate student speaker in ۲۰۰۰. He was honored at the ۲۰۰۰ undergraduate graduation where he was asked to speak. Senator Warner later read Dr. Mays' address into the congressional record. Dr. Mays received the Paul E. Torgersen Research Excellence Award in ۲۰۰۰ for his outstanding research in engineering.

The Earthquake Engineering Research Institute (EERI) selected a paper Dr. Mays wrote at Virginia Tech as the most outstanding paper in the field of earthquake engineering. In ۲۰۰۰, he accepted a job with Lindbergh & Associates (L&A), a structural design firm in Charleston, S.C. Given his passion for teaching, he also accepted an adjunct position at The Citadel. In ۲۰۰۲, Dr. Mays left L&A to accept a tenure track position as an assistant professor at The Citadel.

Dr. Mays continues to perform cutting edge design work in his areas of expertise: antiterrorism, seismic design, and routine structural design. He designed antiterrorism upgrades and new blast resistant structures for the Federal Reserve, National Imagery and Mapping Agency, Westinghouse, Fort Jackson, and Robins Air Force Base. As part of a six-story addition to the existing six-story McLeod Regional Medical Center in Florence, S.C., Dr. Mays designed the first steel plate/reinforced concrete shear wall retrofit of a steel-framed building in South Carolina. He received the ۲۰۰٦ ASCE Technical Merit Award for his work on this project.

Dr. Mays has taught short courses to engineers, architects, and planners on antiterrorism, seismic design, and com-mon building code applications. In addition to his role as a faculty member at The Citadel, Dr. Mays serves as the president of his own company, Structural Engineering and Education Solutions, LLC and as a senior structural engineer with four consulting firms in the southeastern United States.

Dr. Mays was selected by the National Society of Professional Engineers (NSPE) as its ۲۰۰٦ Engineering Education Excellence Award winner and by the American Society of Civil Engineers (ASCE) as the winner of the ۲۰۰٤ ASCE/Ex-CEED New Faculty Excellence in Teaching Award. He received the ۲۰۰٦ New Faculty Research Award from the American Society of Engineering Education (ASEE) Southeast Section recognizing him for the most outstanding technical research achievements by a new engineering faculty member in the southeastern United States.

Leadership is paramount at The Citadel, where Dr. Mays serves as a captain in the South Carolina Unorganized Mili-tia. The Department of Civil and Environmental Engineering elected him as faculty advisor to the ASCE student chapter for four consecutive years. Outside of The Citadel, Dr. Mays serves as a leader on the state and national level as a practic-ing engineer. He is chairman of the Structural Technical Group for ASCE SC section and has served in this capacity since ۲۰۰۰. He was awarded the Service to Profession Award (ASCE SC section) for his volunteer work in ۲۰۰٤.

Dr. Mays founded the Structural Engineers Association of South Carolina and currently serves as the executive direc-tor. He serves as Ocean and Marine Engineering Division chairman for the ASEE. He is former chairman of the Civil Engineering Division and current chairman of the Research Division of ASEE southeastern section. He recently served as an organizational committee member and technical committee member for ASCE ۲۰۰٥ Solutions to Coastal Disasters con-ference. From ۲۰۰۰ until present, Dr. Mays served on three separate FEMA/Project Impact committees. He is chairman of the National Council of Structural Engineers Association's publications committee. He is a prolific speaker who participates in code development and some of his areas of expertise include code applications, structural design, seismic design, steel connections, structural dynamics, and civil engineering aspects of antiterrorism.

Publications:
Diaphragms, Chords and Collectors ICC
Guide to the Design of Out-of-Plane Wall Anchorage ICC
Engineering Tilt-Up
Design Guide for Pile Caps CRSI
Design Guide for Drilled Piers CRSI

فهرست مطالب

فصل۱: معرفی..... ۱۱
حیطه مطالب..... ۱۱
صدمه ساختمان های موجود از بلایای طبیعی ۱۱
فصل۲: الزامات آئین نامه برای نیروهای باد و لرزه ای ۲۱
۲,۱ حیطه مطالب ۲۱
۲,۲ اجزا و روش های تعیین بار باد نماسازی ۲۱
۲,۳ روش۱: روش ساده سازی شده..... ۲۱
۲,۴ روش۲: روش تحلیل..... ۲۳
۲,۵ روش ۲A- روش جایگزین تمام- ارتفاع..... ۲۵
۲,۶ الزامات بار لرزه ای برون صفحه ای..... ۲۶
۲,۷ دسته طراحی لرزه ایA ۲۷
۲,۸ دسته طراحی لرزه ای B..... ۲۸
۲,۹ دسته های طراحی لرزه ای E، D، C و F ۳۰
فصل۳: تعیین بار باد..... ۳۷
۳,۱ حیطه کاربرد ۳۷
فصل۴: تعیین بار لرزه ای ۷۵
۴,۱ حیطه کاربرد ۷۵
فصل۵: مهار (گیرداری)..... ۱۰۷
۵,۱ حیطه کاربرد ۱۰۷
فصل۶: دیافراگم فرعی ۱۵۷
۶,۱ حیطه کاربرد ۱۵۷
پیوست ۱- جداول تبدیل آحاد..... ۱۷۴
پیوست ۲- واژه نامه تخصصی انگلیسی به فارسی..... ۱۷۷
پیوست ۳- مجموعه کتاب های مرتبط با آزمون ورود به حرفه معرفی شده در مقدمه کتاب..... ۱۸۹

فصل اول : معرفی

۱,۱ حیطه کاربرد

این کتاب ضوابط بار برون صفحه و معیار طراحی برای دیوارهای سازه ای و غیرسازه ای را که بطور رایج در ساختمان ها یافته می شوند، خلاصه می نماید. هر دو ضابطه لرزه ای و باد بطور مفصل با توجه به IBC ۲۰۰۶/۲۰۰۹ و ASCE ۷-۰۵ در نظر گرفته و ارائه شده اند. فصل ۱ خلاصه ای از صدمه لرزه ای برون صفحه ای و باد را در دیوارهای سازه ای ناشی از زلزله ها و تندبادها پیشین را ارائه می دهد. فصل ۲ خلاصه ای جامع از ضوابط بار برون صفحه ای دیوار و معیار طراحی را مطابق IBC ۲۰۰۶/۲۰۰۹ وASCE ۷-۰۵ ارائه می نماید. ضوابط و معیار با نوع المان (به مفهوم دیوار سازه ای، دیوار غیرسازه ای، جان پناه و مهار (گیرداری)) سازمان دهی شده است. با توجه به دسته طراحی (SDC) فصول ۳ و ۴ حاوی سری هایی از مسائل تعیین بار لرزه ای و بار هستند. فصول ۳ و ۴ حاوی مجموعه ای از مسائل تعیین بار لرزه ای و باد هستند. فصل ۵ مثال های طراحی ارائه می کند که برروی تعیین دیتیل های مهار عملی در محل مورد نیاز برای تامین تقاضاهای بار مورد نظر مورد اشاره در فصول ۳ و ۴ ذکر گردیده، می پردازد. نهایتاً فصل ۶ مثال شکلی دیافراگم فرعی را برای دیافراگم های کف قاب–سبک (LSF) و سقف ارائه می نماید که از عرشه فولادی یا تخته بندی چوبی تشکیل می شود. با وجود اینکه آنها به عنوان سطوح برون صفحه ای نسبت به دیوار عمل می کنند، بارهای ناشی از سیل و انفجار درنظر گرفته شده، خارج از حیطه این کتاب است.

۱,۲ صدمه وارده به ساختمان های موجود، ناشی از بلایای طبیعی

ضوابط طراحی نیروهای برون صفحه ای و باد روی دیوارهای در طول سالیان متمادی بر اساس نظریه مهندسی و دروس آموخته شده از تندبادها و زلزله های پیشین، تکامل یافته اند. نیروهای طراحی برون صفحه ای روی دیوارها ذاتاً اینرسی هستند، بنابراین، متناسب با شتاب های لرزه ای مدنظر در سایت بوده و جرم به دیوار متناسب با قانون دوم نیوتن (به مفهوم F=m.a) تخصیص داده می گردد. با این حال، شتاب تجربه شده توسط یک دیوار خاص مختص سازه بوده، ممکن است بواسطه اتصال میان درجات مختلف آزادی سازه تشدید شده و در طراحی سازه ای رایج در عوض تخمین های محافظه کارانه مطابق آیین نامه که با عملکرد تاریخی سازه های ساختمانی قضاوت می شوند، به حساب نمی آیند. از آنجاییکه نیروی لرزه ای برون صفحه ای متناسب با جرم تخصیص داده شده به یک دیوار معین است، دیوارهای سنگین معمولاً بیشتر مستعد گسیختگی در طول یک واقعه لرزه ای خاص هستند. عملکرد دیوار در زلزله های قبلی این حس را ایجاد کرده که گسیختگی های برون صفحه دیوار و دیوارهای غیرسازه ای را می توان بدترین ویران کننده ترین مکانیسم های صدمه ممکن تصور نمود. با وجود اینکه زلزله سال ۱۸۸۶ چارلستون، در کارولینای جنوبی یکی

از ویران کننده ترین زلزله های ساحل شرقی در تاریخ ایالات متحده بوده است، عمده صدمه قابل توجه از گسیختگی های برون صفحه ای آغاز گردید. آزمون دقیق شکل ۱,۱ نشان می دهد که گسیختگی برون صفحه دیوار خارجی طبقه دوم تاشی از عدم وجود مهار در انتهای لبه فوقانی دیوار زیر شیروانی بوده، اما ترک خوردگی برشی قابل ملاحظه نیز در بالای در و دیوارهای طبقه اول نیز موجود است. دیوارهای جان پناه که تا بالای ارتفاع سقف میانی ادامه دارند، بطور ویژه ای مستعد شتاب لرزه ای هستند. شکل ۲-۱ نشان می دهد که حتی تحت زمین لرزه های متوسط، گسیختگی جان پناه زمانیکه هیچ علامتی از صدمه سازه ای موجود نیست، نیز می تواند رخ دهد. هنگامیکه مهار سقف کافی نباشد، دیوار بیرونی طبقه بالای یک ساختمان، شدیداً در معرض گسیختگی برون صفحه ای خواهد بود. پس از اینکه گسیختگی مهار رخ داد، دیوارهای به عنوان طره عمل نموده و دیوارهای بنایی غیرمسلح در کشش بسرعت گسیخته می گردند (اشکال ۳-۱ تا ۵-۱ را مشاهده نمایید). اشکال ۶-۱ تا ۱۱-۱ گسیختگی موضعی و کامل دیوارهای بیرونی طبقه بالای سازه های بنایی غیر مسلح را نشان می دهند. طبقات فوقانی مشکوک به گسیختگی برون صفحه ای نسبت به طبقات پائین تر می باشند، این امر به دلیل (۱) شتاب های بالاتر در ترازهای بالایی ساختمان (۲) ظرفیت کمتر مهار در اکثر موارد و (۳) فشار بار کرده کمتر در دیوارهای می باشند. دیوارهای باربر معمولاً نسبت به دیوارهای غیرباربر (غیرحمال) به دلیل فشار محوری افزایش یافته در دیوار که باید پیش از اینکه گسیختگی کششی ناشی از خمش برون صفحه رخ دهد، بدان غلبه نمایند، بهتر عمل می کنند. با وجود اینکه عمده گسیختگی برون صفحه دیوار (شکل ۱۲-۱) را مشاهده نمایید، در زلزله های پیشین از ساختمان با مصالح بنایی غیرمسلح بودند، دیوارهای پیش ساخته بتنی جورچینی برپاشونده (tilt up) (اشکال ۱۲-۱ را مشاهده نمایید) ساخته شده پیش از زلزله ۱۹۷۱ سان فرناندو در کالیفرنیا نیز در طول زلزله بسیار ضعیف عمل کردند. بسیاری از این ساختمان ها برای مقابله با بارهای لرزه ای برون صفحه ای با استفاده از گوه های چوبی که در خمش عمود بر جهت تارهای چوبی بارگذاری شده بودند (در آئین نامه های نوین ساختمانی دیگر مجاز نمی باشد). زلزله سال ۱۹۹۴ نورث ریج در کالیفرنیا روشن نمود که دیافراگم های انعطاف پذیر سقفی (مشابه آنهایی که برای سازه پیش ساخته جور چین) بطور عمده ای نیروی مهاری مورد نیاز در اتصال دیوار به دیافراگم را تشدید می کنند. تغییرات بعدی آئین نامه، تشدید نیرو را هنگامیکه دیافراگم های انعطاف پذیر برای مهار افقی دیوارهای بتنی و بنایی بکار می روند، نیز اضافه کرده است.

فشار باد طرح، بر اساس بار موقعیت (به استثناء مناطق باد ویژه، که در آنجا سرعت ناشی از توپوگرافی باد بطور طبیعی افزایش می یابد) فشارهای باد بطور مستقیم به تخمین موقعیت سوژه به خط ساحلی مستعد تندباد وابسته است. سرعت بادهای طراح ساحل جنوب شرقی بطور قابل ملاحظه ای نسبت به آنچه برای بقیه ایالات متحده استفاده می شود، بالاتر است. شکل ۱۳-۱ نشان می دهد که قطعه بنایی بتنی غیرمسلح (بلوک بتنی تو خالی) نیز در معرض گسیختگی برون صفحه ای دیوار است. با این حال توجه داریم که برخلاف نواحی با لرزه خیزی بالا، سازه قاب سبک از هر نوعی که در معرض برون صفحه ای می باشد،

هنگامیکه فشار واقعی باد از آنچه در طراح در نظر گرفته شده بود، تجاوز نماید، مستعد گسیختگی خارج از صفحه می باشد (اشکال ۱۴-۱ و ۱۵-۱ را مشاهده نمایید).

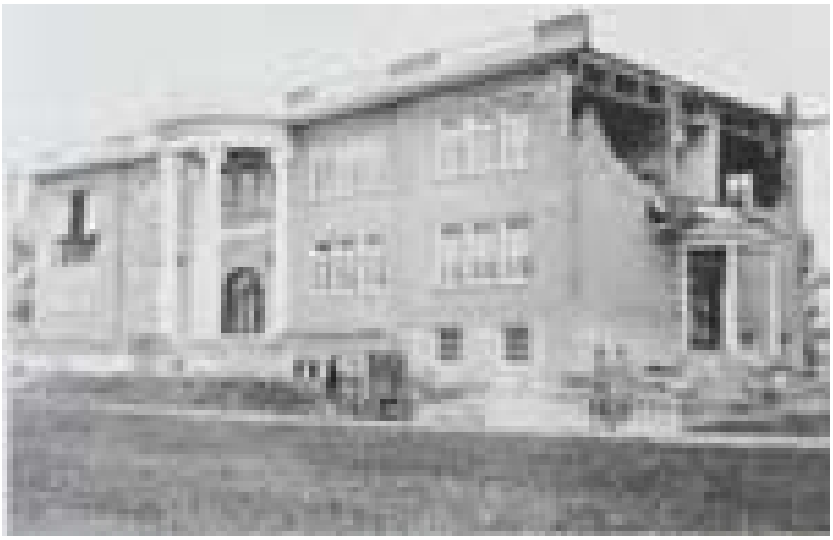
شکل ۱-۱ ساختمان با سقف شیروانی ساخته شده از آجر در گوشه خیابان های Queen و Mazyck. زلزله: چارلستون، SC ۳۱ آگوست ۱۸۸٦

شکل ۲-۱ گسیختگی جان پناه. زلزله: لوما پریتا، CA ۱۷ اکتبر ۱۹۸۹

شکل ۳-۱ دیوار گسیخته شده طبقه دوم یک ساختمان اداری و صدمه متعاقب وارده بر اتومبیل های پارک شده در محوطه مجاور. زلزله: کولینگا، CA ۲ می ۱۹۸۳.

شکل ٤-۱ گسیختگی مهار دیوار آجری در دیافراگم سقفی. زلزله: لوما پریتا CA ۱۷ اکتبر، ۱۹۸۹

شکل ۵-۱ گسیختگی درون صفحه ای دیوارهای آجری غیرمسلح در دبیرستان در Three Forks, MT ، زلزله: هلنا، MT ۲۷ ژوئن ۱۹۲۵.



شکل ٦-۱ گسیختگی برون صفحه دیوارهای بنایی تقویت نشده در مدرسه ای در منهتن، MT، زلزله: هلنا، MT ۲۷ ژوئن ۱۹۲۵

**شکل ۷-۱ گسیختگی دیوار در ساختمان .Oakland Cyclery and J.A. Munro & Co.
زلزله: سان فرانسیسکو، CA ۱۸ آوریل ۱۹۰۶.**

شکل ۸-۱ دبیرستان Long Beach Polytechnic. زلزله: لانگ بیچ CA ۱۰ مارس ۱۹۳۳.

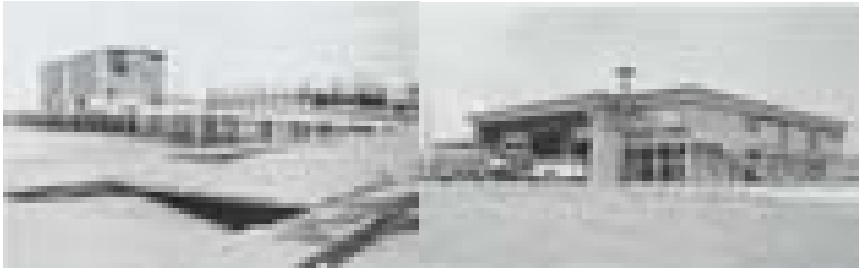
شکل ۹-۱ دیوار بیرونی تخریب شده طبقه دوم یک ساختمان در ناحیه محدوده مرکز شهر کاملاً ویران شده کولینگا. زلزله: کولینگا، CA ۲ می ۱۹۸۳.

شکل ۱۰-۱ دیوار گسیخته بیرونی طبقه دوم یک ساختمان اداری. زلزله: کولینگا، CA ۲ می ۱۹۸۳

شکل ۱۱-۱ ناحیه فیلمور خارج لس آنجلس. زلزله نورث ریج، CA ۱۷ ژانویه ۱۹۹٤.

شکل ۱۲-۱ مهاربندی ساختمان گسیخته شده که به روش پیش ساخته در چاتسورس ساخته شده است، CA. زلزله: نورث ریج، CA.

شکل ۱۳-۱ گسیختگی دیوار خارجی بلوک بتنی تو خالی. تندباد ایزابل سپتامبر ۲۰۰۳.



شکل ١٤-١ گسیختگی دیوار قاب سبک خارجی. تندباد Ike سپتامبر ۲۰۰۸. (تصویر سمت راست) شکل ۱۵-۱ گسیختگی دیواره قاب سبک وزن خارجی. تندباد Katrina. سپتامبر ۲۰۰۵.(تصویر سمت چپ)