بنام خداوند جان آفرین حکیم سخن در زبان آفرین

جناب آقای دکتر منصور قلعه نوی

ارائه دهنده مقاله نگرشی بر عملکردساختمان های بنایی غیر مسلح در برابر زلزله و بررسی اثرات FRP در بهبود عملکرد لرزه ای

دومین کنفرانس مقاوم سازی با عنوان کنفرانس ملی مرمت و بهسازی لرزه ای ایران ، یادبود زلزله بم ، با هدف کشف استعداد های نهفته و بروز قابلیت های به بار نشسته جهت توسعه و رشد ایران اسلامی ، با برپایی سالگرد جانباختگان زلزله دلخراش بم در روز های ۳ و ۴ دی ماه ۱۳۸۶ برگزار گردید.

به پاس ارج نهادن به تلاش های علمی و پژوهشی جنابعالی در ارایه مقاله مذکورکه توسط هیئت محترم علمی کنفرانس مورد پذیرش قرار گرفت ، این گواهینامه به شما اهداء می گردد.

توفیق نامبرده را در توام نمودن علم و عمل و خشیت و تقوی و کسب رضای خالق و تلاش در خدمت به خلق و سازندگی ایران عزیز آرزومند است.

دکتر مریم کاظمی پور

معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان

دکتر ژوبین محتمد

دبیرعلمی کنفرانس مقاوم سازی

/ تذهیب شماره ۲۰۰۴ - تلفن مرکز پخش : ۵۵۶۱۹۲۴۹ - ۸۸۳۱۳۴۳۱ - حق چاپ محفوظ

کد مقاله:۸۶۸۵

نگرشی بر عملکردساختمان های بنایی غیر مسلح در برابر زلزله و بررسی اثرات FRP در بهبود عملکرد لرزه ای

محسن راشکی ، دانشجوی کارشناسی ارشد سازه دانشگاه سیستان و بلوچستان
مهدی رستمیان ، دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
استاد راهنما : دکتر منصور قلعه نوی ، استاد یار دانشکده مهندسی عمران دانشگاه سیستان و بلوچستان

چکیده :
بخش عمده ای از ساختمان های موجود در کشور را بناهای آجری تشکیل می دهند ، بررسی تاریخچه و گزارشات زلزله های کشور نشان می دهد که وقوع زمین لرزه های مخرب هر چند سال یکبار ، خرابی ها و تلفات جانی فراوانی را به همراه داشته است که ساختمان های بنایی غیر مسلح بیشترین سهم را در این میان داشته اند . عدم شکل پذیری سازه های بنایی و عملکرد نامناسب سازه در برابر فشار و خمش حاصل از زلزله و همچنین ضعف های اجرایی ، ساکنان این بناها را در مناطق زلزله خیز در معرض خطر جدی قرار داده است . در این مطالعه عملکرد ساختمان های بنایی غیر مسلح در برابر زلزله مورد بررسی قرار گرفته و به نقاط آسیب پذیر و نحوهٔ گسیختگی های احتمالی اشاره شده است در ادامه مزایای استفاده از الیاف پلیمری مسلح شده (FRP) به منظور مقاوم سازی این سازه ها و تأثیر آنها بر بهبود عملکرد لرزه ای این سازه ها آورده شده است .

کلید واژه ها : زلزله ، ساختمان های بنایی غیر مسلح ، آسیب پذیری ، FRP

مقدمه :
در زلزله های سالهای اخیر ، « زرند ۱۳۸۳ ، بم ۱۳۸۲۳ ، آوج ۱۳۸۱ ، منجیل ۱۳۶۹ و ... » خرابی حاصل از ساختمان های بنایی و آجری ، بخش عمده ای از تلفات جانی و مالی حاصل از زلزله را شامل می شود . گزارش زلزلهٔ اخیر بم ، بیانگر صد در صد خرابی در سازه های بنایی خشتی ، و سازه های بنایی بدون شناژ و نیز ۹۰٪ خرابی در سازه های بنایی با شناژ بتنی را نشان می دهد . بررسی خرابی های مشابه در زلزلهٔ منجیل و زرند نیز موئید این مطلب است که در اکثر موارد ، خرابی ها ، با تخریب کامل سازه « اعضای سازه ای و غیر سازه ای » همراه بوده است . سرشماری سال ۸۵ نفوس و مسکن نشانگر آن است که از مجموع خانه های سرشماری

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

شده ، بیش از نیمی از آنها را ساختمان های با مصالح بنایی تشکیل می دهند ((مجموع ۱۵۸۵۹۹۲۶ خانه ، ۴۰۸۰۶۵۸ فلزی ، ۱۹۰۸۳۴۱ بتن آرمه ، ۹۷۰۹۷۱۴ خانه با مصالح بنایی و ۱۶۱۲۱۳ خانه اظهار نشده)) .
مطابق جدول [ارائه شده توسط EMS – ۹۵] صدمات حاصل از زمین لرزه در ساختمان های بنایی را می توان بر اساس خسارت های سازه ای و غیر سازه ای به ۵ گروه تقسیم کرد که متاسفانه اکثر زلزله های ذکر شده با تخریب کامل اعضای سازه ای و غیر سازه ای همراه بوده است که سبب شد تلفات جانی حاصل از زلزله ، به حداکثر ممکن برسد .

تعریف آسیب ها بطور خلاصه	انواع آسیب پذیری
بدون آسیب پذیری سازه ای - آسیب پذیری غیر سازه ای ناچیز ترک های مویی در برخی دیوار ها ،جدا شدن قطعات سست سنگ بالای ساختمان	ناچیز
آسیب پذیری سازه ای ناچیز- آسیب پذیری غیر سازه ای متوسط ترک های مویی در بسیاری از دیوارها ، جدا شدن قطعات بزرگ سنگ و گچ	متوسط
آسیب پذیری سازه ای متوسط - آسیب پذیری غیر سازه ای شدید ترکهای بزرگ و وسیع دیوار ، جداشدن اجراء پوشش سقفوگسیختگی ذر اجزاء غیر سازه ای	قابل توجه
آسیب پذیری سازه ای شدید - آسیب پذیری غیر سازه ای خیلی شدید گسیختگی خطرناک دیوار ها ، آسیبدیدگی سازه ای برخی از اجزاء سقف و طبقات	شدید
آسیب پذیری سازه ای خیلی شدید – فرو ریزش کامل یا نزدیک به کامل	فرو ریختن

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

شکل (۱)

عملکرد ساختمانهای آجری غیر مسلح درمقابل زلزله

دلیل اصلی ناپایداری ساختمان های آجری غیر مسلح ، عدم شکل پذیری آنها می باشد { } اغلب سازه های ساخته شده ، مقاومتشان کمتر از مقاومتی است که زلزله طلب می کند « مقاومت طلب » و بنابراین ناگزیرند تاوان این کمبود مقاومت را با تغییر شکل مومسان بپردازند .

شکننده بدون ذاتی مصالح بنایی توانایی پاسخ به این درخواست را از ساختمان سلب کرده و خرابی سازه را در پی دارد .

الف) شدت زلزله از مقاومت ساختمان کمتر است و در این صورت سازه سختی اولیه خود را حفظ کرده ؛ ضریب بازتاب برابر ۱ ، و نیروی زلزله برابر جرم ساختمان ضرب در شتاب زلزله است . این نیرو برای ایجاد ترک و در هم شکستن سازه کافی نیست و بنابراین ساختمان از زلزله آسیبی نمی بیند .

ب) شدت زلزله در لحظات واپسین آن از حد مقاومت سازه فراتر می رود و ترکها و خردشدگیها آغاز می شود ؛ سختی کم شده ، تناوب زیاد می شود و در نتیجه ضریب بازتاب افزایش می یابد و سبب بالا رفتن نیروی زلزله می شود . اما چون این تحولات در لحظه های واپسین اتفاق می افتد و زلزله ادامه نمی یابد ، سازه پایدار می ماند و در پایان زلزله فقط مقداری ترک و خرد شدگی ملاحظه خواهد شد .

ج) شدت زلزله در همان لحظه های آغازین از حد مقاومت سازه فراتر می رود و در نتیجهٔ کاهش سختی و افزایش ضریب بازتاب ، سازه در معرض نیروهای بزرگتری قرار می گیرد ، به گونه ای که خیلی زود در هم می شکند و با خاک یکسان می شود .

ساختمان های بنایی غیر مسلح موجود را می توان از دو منظر مورد بررسی قرار داد :

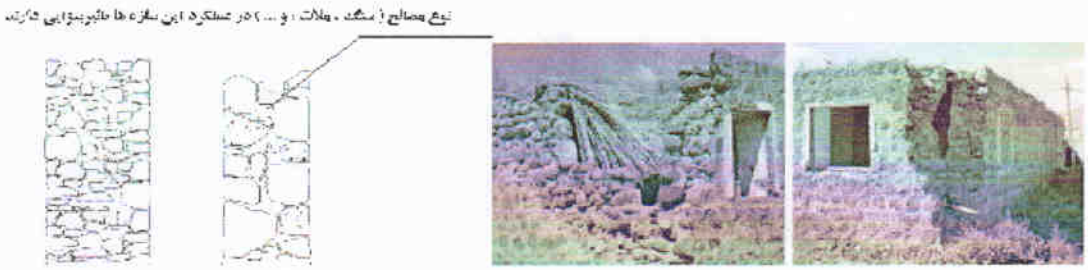
۱ - ساختمان های بنایی با مصالح سنتی « غیر مهندسی »

این بناها ، بخش وسیعی از ساختمان های مسکونی موجود در روستاها و شهرهای کوچک و قدیمی را شامل می شوند سقف و دیوارهای ضخیم ساخته شده بوسیله سنگ و خشت و سقف های پوشیده شده با تیرهای چوبی و آهنی یا گنبدهای خشتی ، مشخصه اصلی این ساختمان ها می باشد . مطالعه ضوابط موجود درمبحث ۸ مقررات ملی ساختمان « طرح و اجرای ساختمان های با مصالح بنایی » بیانگر این مطلب می باشد که در واقع مقاومت این ساختمانها تنها به گونه ای است که جان فرد را در زمان وقوع زلزله های خفیف و متوسط محفوظ نگه دارد و ساخت آنها برای مناطق با خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد ممنوع می باشد .

اغلب این ساختمان ها ، ساخته شده بوسیله ساکنان آنها بوده و اغلب مصالح به کار رفته در آنها مصالحی هستند که در محیط اطراف آنها یافت می شوده است . کیفیت پایین مصالح ، عدم مهارت کافی در ساخت ، وجود سوراخ ها و فضاهای موجود درون دیوار « که سبب کاهش مقاومت برشی آن می شوند » وزن زیاد سقف ها «

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

افزایش نیروی جانبی »پوسیده شدن تیرهای چوبی و آسیب پذیری لبه ها و گوشه هـا ، عـدم مقاومـت لـرزه ای سقف های گنبدی ،مهمترین دلایل ویرانی این بناها در زمان وقوع زلزله می باشند . در این بناها ، نوع مـصالح « ملات ، سنگ و ... » تاثیری بسزایی در عملکرد سازه داشته و عملکرد بناهای مختلف ، بـا مـصالح مختلـف ، هـم متفاوت میباشد .



شکل (۲)

۲ - ساختمانهای بنایی نیمه مهندسی

ساختمانهای بنایی آجری با شناژ ، بدون شناژ و نیز ساختمانهای نیمه اسکلت را می توان در ایـن قـسمت مـورد بررسی قرار داد در این ساختمانها قسمت عمده بار ثقلی و نیروی جانبی حاصل از زلزله را دیوارهای باربر تحمـل می کنند . در ساختمانهای نیمه اسکلت نیز دیوارهای باربر برای تحمل بارهای ثقلی در نظر گرفتـه مـی شـوند و خصوصیات ترد و شکننده مصالح بنایی ، سبب می شود ساختمان در برابـر نیروهـای جـانبی درون صـفحه ای « امتداد بار وارده موازی دیوار » و بیرون صفحه ای « امتداد بارعمود بر دیوار » مقاومت کافی را نداشته باشند .

در حالت کلی ، دلایل آسیب پذیری زیاد این سازه ها در برابر زلزله از دو جنبه مورد بررسی قرار گرفته :

۱ - ضعف های اجرا و نادیده گرفتن ضوابط آیین نامه :

در میان خرابی های پس از زلزله ، آنچه که بیش از همه به چشم می خورد ، سناریوی تکراری ضعف در اجـرا و ساخت می باشد . برخی از نواقص متداول عبارتند از :

سیستم سازه ای و آسیب پذیر :

۱ - کامل نبودن مسیر بار « دال ، دیوار ، پی »
۲ - کافی نبودن مقاومت برشی ساختمان
۳ - ناتوانی در حفظ انسجام هنگام ارتعاش
۴ - عدم وجود سیستم ثانویه کمکی مانند کلاف
و ...

دیوارهای باربر :

۱ - نادرست چیدن مصالح بنایی
۲ - طول زیاد دیوار مهار نشده
۳ - قرار داشتن تیرهای دال به صورت مستقیم بر روی دیوار
و ...

دال ها ۱ - زیاد بودن وزن دال ۲ - عدم انسجام و یکنواختی دال ۳ - کافی نبودن طول تکیه گاهی تیرهای سقف و ...

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

۲ - آسیب پذیری ذاتی ساختمانهای بنایی بواسطه مصالح سازنده

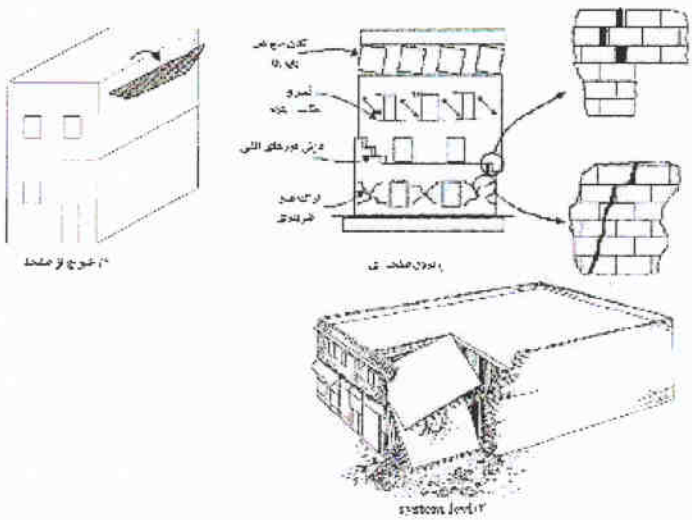
اغلب سازه های آجری نظیر دیوارها و ستون ها تحت ترکیبی از فشار و خمش هستند . زمین لرزه های متوسط و شدید ، تولید نیروهای درون صفحه ای و خارج از صفحه ای بر روی دیوار بنایی می کنند که می تواند سبب خرابی های گسترده و فاجعه آمیزی در این سازه ها گردد .

طبق بررسی های Iizundia , (۱۹۹۱) holmes , (۵ - ۱۹۹۴) Bruneau می توان خرابی های ساختمان های بنایی غیر مسلح را در سه کلاس طبقه بندی کرد :

۱ - درون صفحه ای in plane ۲ - خارج از صفحه out of plane

۳ - system level

دو گروه اول ، بر اساس اثر امتداد نیروی وارده بر خرابی طبقه بندی شده اند و درگروه سوم ، اساساً ، الگوی سطح خرابی سیستم را بیان می کند . در واقع این حالت ، پی آمد آسیب های گروه ۱ و ۲ میباشد ، نمونه ای از هر سه حالت خرابی در شکلهای زیر آمده است .



شـــــــــکل (۳) شـــــــــکل(۴)

شکل (۵)

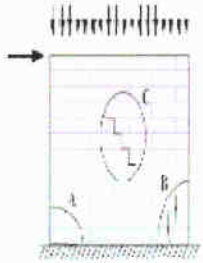
چنانچه مطابق الگوی آسیب های درون صفحه ای برای ساختمان فوق در شکل آمده است :

- ترکهای مورب (شکل c - ۶) اغلب برای نسبت کم Aspectratio « درازا به پهنا » یا پایه های پهن و بار محوری زیاد و ملات های سخت به وجود آورده و برای نیروی محوری کم و نیز ترکیب ملات سست ، علاوه بر ترکهای قطری پلکانی در درزهای ملات ، تمایل به لغزش های افقی و نیز ترک های پلکانی مورب در گوشه ها نیز دارد . ترک های مورب ، به دلیل دو طرفه بودن نیروی زلزله اغلب به شکل ترک های ضربدری ظاهر می شوند .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

- ترک های خمشی «افقی » اغلب در بالاو پایین اعضای باریک رخ می دهند . شکسست های خمشی در پنجه دیوار (شکل B -۶) ناشی از گسترش ترک های کششی در پایه دیوار و گسیختگی نهایی ناشی از واژگونی دیوار و یا شکستن ناحیه تحت فشار است . به صورت کلی ، شکستهای خمشی با تلوخوردن دیوار همراه شده پنجه و پاشنه آن در معرض خورد شدن قرار می گیرند .
این شکست ها اغلب در دیوارهایی با پایه باریک (نسبت aspect ratio زیاد) رخ می دهد .

- شکست های کششی(شکلA- ۶) با گسترش تنش نرمال کششی تا درز افقی ناشی از ترک های افقی است که لغزش درامتداد درز افقی را به همراه دارد .



شکل (۶)

شکل (۷)

- چنانچه ملاحظه شد ، در این سازه ها دیوارهای باربر اغلب به عنوان اصلی ترین عضو سازه ای ، وظیفه تحمل بارهای قائم و جانبی را به عهده دارند . چون در ساختمانهای آجری ، سقف بر دیوارها تکیه دارد ، گسیختگی دیوار ، احتمال در هم فرو ریختن کل ساختمان را در پی دارد . ترک های ذکر شده با توجه به خاصیت مصالح به صورت غیر الاستیک در سازه گسترش می یابند . نخستین ترک در سازه پس از رسیدن مجموع تنش به حالت بحرانی ، مطابق گسیختگی کلمب و همراه با صدای گسیختگی همراه بوده و در زمان بسیار اندکی میتواند گسترش یابد و خرابی کلی در دیوار را سبب گردد . این رفتار ناشی از افت سریع سختی و مقاومت و ظرفیت کم اتلاف انرژی حاصل از رفتار ترد و شکننده دیوار می باشد .
ارتقاء عملکرد زلزله ای این سازه ها ، با اضافه کردن اجزاء سازه ای جدید نظیر قاب و یا دیوارهای برشی هزینه بر بوده و یا تنها به سیستم سازه ای خاص محدود می باشد . سایر روش های مقاوم سازی نظیر تزریق دوغاب ، jacking ، اضافه کردن فولادهای مسلح کننده ، ایجاد هسته مرکزی و ... با وجود اینکه می توانند موثر باشند ، اما نیاز به نیروی کار ماهر داشته ، دارای وزن زیادی بوده ، فضای بیشتری را اشغال می کند و عملکرد طبیعی ساختمان را نیز مختل می کنند .
اکنون استفاده از شکل های گوناگون FRP « ورق و میلگرد » به دلیل عملکرد مناسب و نیز صرفه اقتصادی « با در نظر گرفتن مجموع هزینه های ممکن به شکل گسترده ای در امر بهسازی این ساختمانها رایج شده است .
مزایای استفاده از این پلیمرها و نیز نحوه اثر آنها در بهبود عملکرد سازه در زیر آورده شده است .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

برخی از مزایای استفاده از FRP در مقاوم سازی ساختمان های بنایی

۱ - سبک بودن و بالابودن مقاومت نسبت به وزن

۲ - مدول الاستیسیته بالا

۳ - مقاومت بالا در کشش و برش

۴ - مقاومت در مقابل رطوبت و خوردگی

۵ - انعطاف پذیری بالا

۶ - دوام و پایداری بالا

۷ - هزینه نصب و زمان کم

۸ -بهبود انسجام سازه در زمان وقوع زلزله

۹ - به کارگیری FRP نیاز به خراب کردن دیوار و دوباره ساختن آن ندارد .

۱۰ - مقاوم سازی کل دیوارها ، با ترمیم درصد کمی از دیوارها می تواند انجام شود .

۱۱ - وزن کمی داشته و فضای بسیار کمی را نیز اشغال می کند .

و ...

شـــــکل (۸)

ساختمان تقویت شده با FRP

نقاط ضعف :

۱ - آسیب پذیر بودن رزین موجود در FRP در برابر نور فرا بنفش

راه حل : به سادگی با رنگ زدن برطرف می شود .

۲ - فروپاشی الیاف FRP در برابر گرمای زیاد

راه حل : الیاف مقاوم در برابر گرمای FRP نیز موجود می باشد که البته نسبت به نمونه معمولی قیمت بیشتری دارند

برخی از اثرات بکارگیری FRP در عملکرد سازه :

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

۱ - بهبود رفتار برشی و افزایش ظرفیت تحمل نیرو و مقاومت درون صفحه ای عضو

۲ - مصالح مقاوم سازی نشده در اثر تنش های محدودی به صورت ناگهانی گسیخته شده و به نقطه پیک تحمل می رسند ، FRP مقاومت کششی را تا حد بسیار زیادی بهبود بخشیده و مانع از گسیختگی ناگهانی می شود

۳ - لایه های FRP سبب می شوند گسیختگی به صورت تدریجی و مدت دار بوده و سازه حتی پس از گسیختگی انسجام خود را حفظ کرده باشد .

۴ - افزایش ظرفیت اتلاف انرژی

۵ - مقاوم سازی مصالح ، فرکانس اصلی و نیز سختی اولیه موارد را تغییر نمی دهد تقویت

۶ - تقویت مقاومت برشی درزهای ملات

و ...

به کارگیری FRP در قوسها نیز موفقیت آمیز بوده و میتواند خرد شدن مصالح بنایی را در اثر نیروی وارده به لایه لایه شدن قوس ، تعدیل کرده و آسیب ها را تا حد زیادی کاهش دهد « ولی نمیتواند شکل قوس را در برابر ترک ها حفظ کند » ، بسته به محل استفاده ، مقاوم سازی روطاق ، گسیختگی ترد ولی مقاومت بالا را به همراه دارد و به کارگیری FRP در زیر طاق ،گسیختگی نرم و شکل پذیر را برای قوسها و گنبدها نتیجه می دهد .

نتایج :

رفتار ساختمان های بنایی تحت اثر نیروهای جانبی که رفتار واقعی سازه در هنگام وقوع زلزله را نمایان می سازد مورد بررسی قرار گرفت . همانطور که از مشاهده انواع خرابیهای احتمالی سازه در زمان وقوع زلزله نتیجه شده آسیب پذیرترین قسمت سازه دیوارهای باربرِ تحت خمش و برش هستند که نیاز به مقاوم سازی آنها بیش از سایر اجزا انتظار می رود . این عمل ضمن بالا بردن ضریب ایمنی این نوع سازه ها در برابر زلزله، امکان تخریب کامل آنها را به میزان قابل توجهی کاهش می دهد . مطالعات و آزمایشات متعدد انجام شده بر روی پلیمر FRP نشان می دهد که استفاده از این الیاف ، روش موثری برای بهبود عملکرد برشی و خمشی دیوارهای بنایی غیر مسلح می باشد که برخی از دلایل ارجحیت این روش بر سایر روشهای مقاوم سازی در این مقاله آورده شد .

منابع و مأخذ :

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

[۱] : "Hazard mitigation and strengthening of unreinforced masonry walls using"composites"Composite Structures, V ۷۳, Issue ۴, June ۲۰۰۶

[۲] : "Aseismic retrofitting of unreinforced masonry walls using FRP"Composites Part B: Engineering, V ۳۷, Issues ۲-۳, April ۲۰۰۵-March ۲۰۰۶

[۳] : "Flexural and shear strengthening of un-reinforced masonry with FRP bars"Composites Science and Technology, V ۶۶, Issue ۲, February ۲۰۰۶

[۴] : دکتر حسن مقدم ،"طرح لرزه ای ساختمان های آجری"،انتشارات دانشگاه صنعتی شریف،۱۳۷۳

[۵]: "A methodology to assess seismic risk for populations of unreinforced masonry building",Omer onur erbay, B.S,Middle East Technical University.۱۹۹۷

[۶] : مقاومسازی دیواهای آجری به کمک الیاف پلیمری مسلح شده (FRP) و"محمد رضا احسانی ، اسماعیل پورشاهد"

[۷] : "seismic vulnerability of masonry buildings ",Dr .Ing.S.M.Mohasseb

[۸] : "Moment/thrust interaction diagrams for reinforced masonry sections"Construction and Building Materials,

[۹] : "Modeling of unreinforced masonry walls under shear and compression"Engineering Structures, V ۲۹

[۱۰] : "Masonry walls: materials and construction"Construction and Building Materials, V ۱۵, Issue ۸, December ۲۰۰۱

[۱۱] : محمودرضا ماهری،"دستورالعمل بهسازی سازه های موجود"،دانشگاه شیراز

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

[١٢] : "The use of fibre reinforced polymers to improve seismic resistance of masonry",N.G. Shrive, Department of Civil Engineering, University of Calgary, April ٢٠٠٥

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com