مقاوم سازی دیوار های بنایی غیر مسلح (URM) توسط الیاف مسلح پلیمری (FRP)

نگارش : کامران کوزه گر- عضو باشگاه پژوهشگران جوان - دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبستر

چکیده:

در این مقاله به بررسی روند مقاوم سازی دیوارهای بنایی غیر مسلح (URM)[1] با استفاده از الیاف مسلح پلیمری (FRP)[2] می پردازیم ، هدف اصلی از این پژوهش ، توسعه و ایجاد شرایطی است که در آن مسائل اقتصادی و هزینه های مقاوم سازی دربرابر کارایی و مقاومت کلی قابهای ساختمانی در نواحی زلزله خیز بسیار کمتر است و با توجه به این که اغلب خرابی های سازه های بنایی را خرابی های خارج از صفحه ای تشکیل می دهد ، در طی رخداد زلزله ، به سازهٔ دیوار آسیب هایی وارد می گردد اما همه این آسیب ها داخل صفحه ای بوده وهیچ نوع خرابی خارج ازصفحه ای در شرایط زلزله ملایم تا شدید در سازه روی نمی دهد. همچنین مطالعات تحلیلی وپژوهشی به تثبیت ، طراحی و مقاوم سازی سازه های بنایی رهنمون خواهند شد.

مطالعات تجربی و عملیات تحقیقاتی که برای این امر صورت گرفته است شامل انجام آزمایش روی سه دیوار بنایی غیرمسلح با نسبت های لاغری حدود ۲۲ بوده که در حالت اول بدون مقاوم سازی و در دو حالت بعدی بصورت جداگانه توسط الیاف افقی و عمودی مقاوم سازی و مسلح شده است. نتایج حاصله کاملا از تاثیر الیاف FRP بر مقاوم سازی سازهٔ دیوار بنایی در برابر حرکات جانبی و زلزله حکایت می کند.

مقدمه:

استفاده از قاب های سازه ای پر شده توسط دیوارهای بنایی غیرمسلح بصورت یک عملیات اجرایی متداول درآمده که نه تنها در روستاها و شهرک های کشور ، بلکه درسراسر جهان رواج یافته است ، اگرچه انتظار نمی رود چنین سازه هایی در مکانیزم های مقاومتی و تحمل همه بارهای محوری و جانبی شرکت نمایند ، لیکن به نظر می رسد کارایی قاب های ساختمانی تحت تاثیر وجود این دیوارهای پرکننده در سازه می باشد. رخدادهای زلزله در سرتاسر جهان نشان داده اند که وجود دیوارهای بنایی مقاوم شده (به هر صورت) بر امتداد توزیع بار نیروهای زلزله تاثیر گذاشته و خرابی کمتری ببار می آورند.

دیوارهای پرکننده بنایی غیرمسلح (که از این ببعد برای راحتی آنها را به اختصار با URM نشان می دهیم) ، نیازمند طراحی بارگذاری لرزه ای داخل صفحه ای هستند زیرا تمایل به بارگذاری در امتداد خارج از صفحه مقاومت این دیوارها را کاهش می دهد که این مساله منشا نگرانی بوده زیرا در بسیاری از موارد مشاهده شده است که اکثر خرابیهای خارج از صفحه ای در دیوارهای URM در حین زلزله خسارت های مالی و جانی فراوان ببار آورده است.

در طی چند سال گذشته تکنیک های جدیدی با استفاده از کامپوزیت های FRP برای تقویت و تعمیر چنین دیوارهایی صورت گرفته اند. به این منظور ۳ دیوار بنایی شامل یک دیوار مسلح نشده و ودو دیوار مسلح شده توسط الیاف FRP که در شرایط حدی نهایی تحت بارگذاری افقی داخل صفحه ای مطالعه و آزمایش شده اند که در ادامه این مقاله به بررسی نتایج تجربی بارگذاری های داخل صفحه ای این دیوارها و تاثیرات مقاوم سازی همراه با مقایسه آنها می پردازیم.

۱- Unreinforced Masonry Walls

۲- Fiber Reinforced Polymer

سیویلیکا: مرجع دانش
www.civilica.com

انتخاب اجزای دیوارها و هدف از تکنیک های بکار رفته:

در انجام پژوهش از ۳ دیوار در حالات حدی به شرح زیر استفاده شده است:

۱- یک دیوار URM که برای بدست آوردن رفتار مکانیکی اجزای بنایی و مقایسه آن با نتایج دیوارهای مقاوم سازی شده ضروری است.

۲- یک دیوار مقاوم سازی شده توسط الیاف عمودی FRP.

۳- یک دیوار مقاوم سازی شده توسط الیاف افقی FRP.

تکنیک های مقاوم سازی برای موارد زیر انجام می شوند:

۱- برای توسعه مدل های تحلیلی برای پیشگویی عکس العمل دیوارهای URM تحت بارگذاری های داخل صفحه ای.

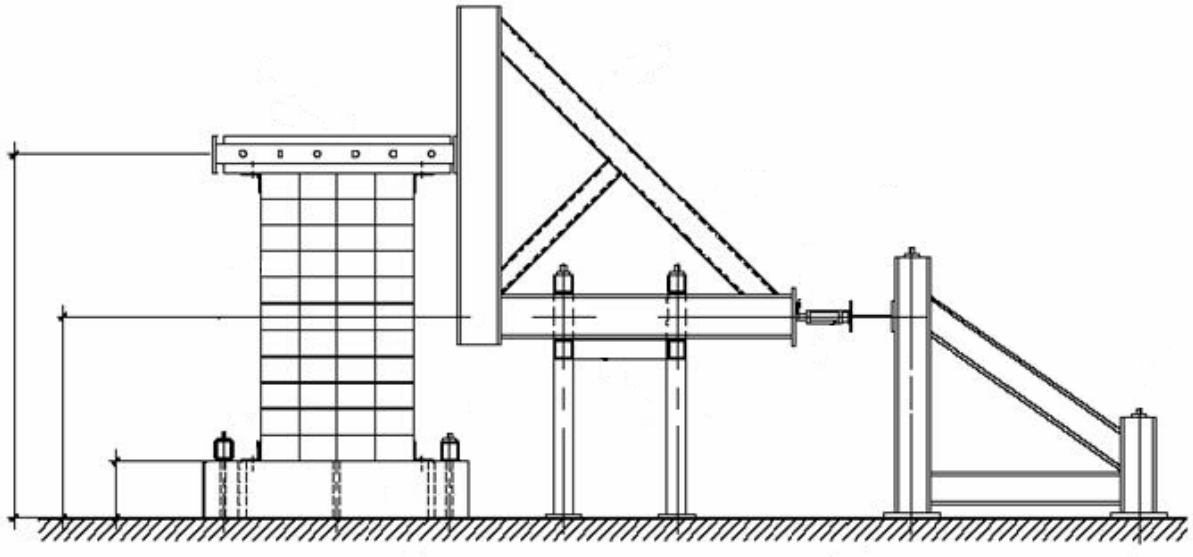
۲- حداقل نمودن اثرات سختی دیوارهای URM مقاوم سازی شده با الیاف FRP با در نظر گرفتن اینکه در برخی از موارد به دیوار آسیبهایی نیز وارد می گردد.

۳- در اثر رویداد زلزله هیچ نوع خرابی های خارج از صفحه ای رخ ندهد.

جزئیات طرح مقاوم سازی:

نمونه ای که در شکل الف نمایش داده شده است ، شامل ۳ قسمت اصلی می باشد : قاب عکس العملی ، قاب لغزشی و خرک ها. بار بوسیله جک هیدرولیکی که خود توسط یک تیر فولادی بال پهن به قاب عکس العملی متصل شده ، به قاب لغزشی وارد می گردد.

اعضای بتنی بنایی بر روی تکیه گاه بتن مسلح ساخته شده اند که خود به کف محکم آزمایشگاه متصل شده است. در قسمت بالای دیوارها یک تیر بتن مسلح نصب شده است که برای انتقال بار از قاب لغزشی به دیوارها بکار می رود. دو تیر فولادی که به قاب لغزشی متصل شده اند ، عمل انتقال بار را به تیرهای بتن مسلح تکمیل می کنند همچنین خرک ها بشکل محکمی به زمین متصل بوده و در طول آزمایش از قاب لغزشی در برابر دوران محافظت می کنند.



شکل الف – دتایل انجام آزمایش روند مقاوم سازی

سیویلیکا: مرجع دانش
www.civilica.com

به منظور جلوگیری از لغزش دیوارها در فصل مشترک بین تیرهای بتن مسلح تحتانی و فوقانی ، کنج های فولادی به تیرهای بتنی مسلح در چهار نقطه متصل می شوند ، هدف از این کار ایجاد شرایط لازم برای شباهت شرایط مرزی دیوارهای بنایی غیرمسلح پرشده تحت بارگذاری داخل صفحه ای می باشد..

اعضای بنایی بتنی از دو بلوک توخالی جدارنازک در اندازه های ۳۰,۵×۲۰,۳×۱۰,۲ سانتی متر (۱۲×۸×۴ اینچ) ساخته شده اند. مساحت کل بلوک ها ۱۷۹ سانتی مترمربع و مقاومت فشاری آنها۰,۰۱ مگاپاسکال است ، دیوارها دارای ۲۲۳,۵ سانتی متر ارتفاع ، ۱۲۲ سانتی متر طول و ۱۰ سانتی متر ضخامت می باشند و نسبت لاغری(نسبت ارتفاع به ضخامت) این دیوارها حدود ۲۲ می باشد. دیوارها با دقت بنایی و سازه ای ویژه ای ساخته می شوند و همچنین این نمونه ها در طی ۲ روز متداول احداث می شوند که نیمی از پانل دیوار در هر روز ساخته شده و برای تطابق با طبیعت بعد از اتمام ساخت ، قبل از آزمایش به مدت ۳۰ روز در معرض شرایط طبیعی و جوی قرار می گیرند.

نیروها و جابجایی های رکورد شده شامل آنهایی هستند که توسط نیروسنج و همچنین مبدل های جابجایی ولتاژ خطی (LDVT)[۱] ، پتانسیل سنج های جابجایی و کرنش سنج ها اندازه گیری و ثبت شده اند. همانطور که در شکل الف مشاهده می شود نیروسنج ها بین جک هیدرولیکی و قاب لغزشی قرار گرفته اند.

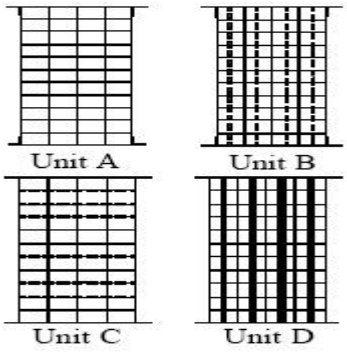
همچنین سیستم های LDVT بترتیب در بالا و در نصف ارتفاع دیوارها برای بدست آوردن جابجایی های جانبی دیوار نصب شده اند ، در دو انتهای مفاصل نیز پتانسیل سنج های جابجایی برای تعیین مولفه های تغییر شکل های خمشی و برشی قرار می گیرند و بالاخره کرنش سنج ها در قسمت های میانی و انتهایی الیاف مسلح پلیمری (FRP) برای اندازه گیری کرنش های الیاف بکار می روند.

ماتریس های طرح:

اولین قسمت از این آزمایش مربوط به ارزیابی کارایی داخل صفحه ای دیوارهای URM با انواع مختلفی از طرح های مقاوم سازی می باشد.

Test Unit	Retrofit Scheme
A	Controlled Unit – No Retrofit
B	Vertical FRP Rods-٤Ø١٠
C	Horizontal FRP Rods-١٠Ø٦
D	Vertical Carbon FRP Sheets

جدول الف



شکل ب

همانطور که در جدول الف نشان داده شده است ، واحد های آزمایش به شرح زیر می باشند:

۱- دیوار URM معمولی که برای دسترسی به رفتار مکانیکی اعضای بنایی بتنی و تعیین کارایی طرح های مختلف مقاوم سازی بکار می رود .

۲- دیوار URM که توسط رشته الیاف عمودی و با ۴ آرماتور نمره ۱۰ مقاوم می شود.

۳- دیوار URM که توسط رشته الیاف افقی و با ۱۰ آرماتور نمره ۶ مقاوم می شود.

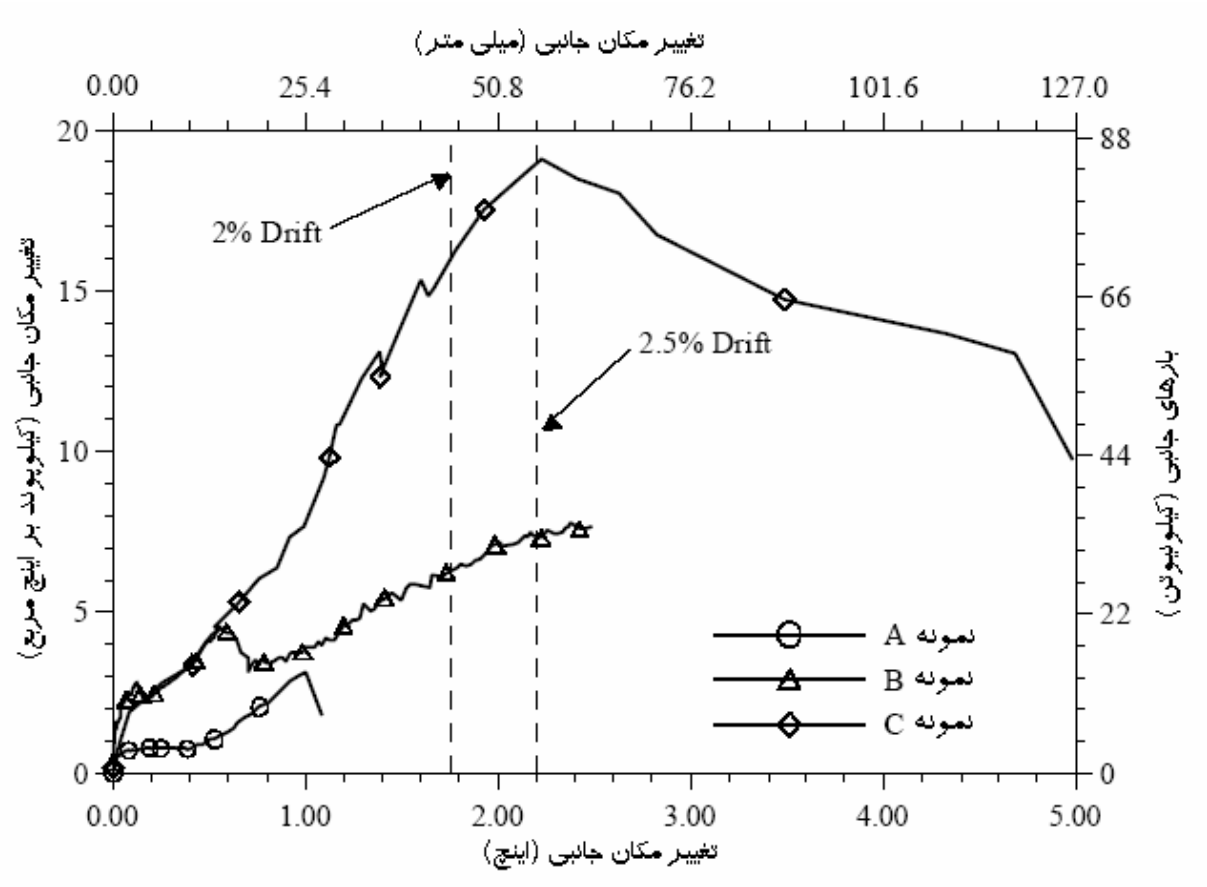
۴- دیوار URM که توسط ورقه های کربنی FRP مقاوم می شود و در اینجا از بررسی آن صرفنظر می شود.

۱- Linear Voltage Displacement Transducer

سیویلیکا: مرجع دانش
www.civilica.com

نتایج تجربی:

اغلب آیین نامه ها در سراسر جهان ، به منظور کاهش فاکتورهای آسیب به مولفه های غیرسازه ای و آسایش ساکنین ، جابجایی های میان طبقه ای را محدود می کنند ، بعنوان مثال در ایالات متحده ، آیین نامه UBC-۹۷ ، جابجایی های بین طبقه ای را برای سازه هایی که پریود اصلی آنها کمتر از ۰,۷ ثانیه است به ۲,۵٪ و برای سازه هایی که پریود اصلی آن بیشتر از ۰,۷ ثانیه به ۲ ٪ محدود می کند ، بنابراین یکی از اهداف اصلی قسمت های تجربی این مقاله عبارتند از ارزیابی و تخمین میزان آسیب های وارده به دیوارهای مورد آزمایش با این دو سطح تغییرمکان جانبی طرح.



نمودار الف – نتایج آزمایش روی دیوار بنایی مسلح شده با الیاف FRP و حالت غیرمسلح آن

نمودار الف نتایج ۳ حالت آزمایش را برای تغییرمکان جانبی طبقات به ازای ۲ ٪ و ۲,۵ ٪ نشان می دهد ، این نتایج نشان می دهند که قبل از روی دادن گسیختگی در الیاف عمودی هیچ گونه تغییرات خاصی بین نمونه های B و C روی نمی دهد ، ولی بعد از این مرحلهٔ خرابی عکس العمل واحد نمونه B در مقایسه با نمونه واحد C عمدتا متفاوت است.

همچنین از نتایج مهم آزمایش این است که ظرفیت باربری نمونه های B و C بترتیب بین ۳ الی ۶ برابر بیشتر از نمونه غیر مسلح A می باشند. تحقیقات نشان می دهد که این شرایط می تواند ناشی از این باشد که الیاف افقی FRP ، مانع از لغزش ستونی از بلوکها می گردد ، همچنین دیوار بنایی بعنوان یک نمونه یکپارچه تا زمانی که الیاف افقی شروع به تحمل کشش می نمایند ، عمل می کند. یعنی دیوار های بنایی مسلح شده با رشته الیاف افقی FRP می توانند موجب ظرفیت باربری افقی زیادی شوند.

سیویلیکا: مرجع دانش
www.civilica.com

نمونه دیوار غیرمسلح بنایی A :

با توجه به نمودار الف مشخص می شود که نمونه A هرگز به مرحله تغییرمکان جانبی مجاز طبقات برای طراحی قاب های ساختمانی نمی رسد. یعنی اگر دیوارهای URM در قابهای ساختمانی برای تغییرمکان جانبی مجاز طراحی شده و بکار روند بشدت مستعد پذیرش آسیب های زیاد خواهند بود. تجربیاتی که از زلزله های ملایم تا شدید در روستاهای زلزله خیز بدست آمده است نیز بر این روند تاکید دارد.

انجام آزمایش این نمونه در تغییر مکان جانبی ۱ اینچ (۲,۵۴ سانتی متر) برای امنیت بیشتر متوقف گردیده و در این سطح جابجایی ، خرد شدگی مهیبی در پنجه فشاری واقع در قسمت تحتانی دیوار همانطور که در شکل پ مشاهده می گردد ، دیده شده است. ماکزیمم مقدار بار برای نمونه A حدود ۱۴ کیلونیوتن (برای Δ=۲,۵۴ سانتی متر) می باشد.

شکل پ – خرد شدگی نمونه غیر مسلح در ناحیه تحتانی (شکل بعد از خرابی)

نمونه دیوار بنایی مسلح شده (B) با الیاف عمودی FRP :

در انجام تحقیقات روی نمونه مسلح شده B با الیاف عمودی پلیمری طبق جدول الف به مقدار ماکزیمم تغییرمکان جانبی مجاز برای قابهای ساختمانی دست یافت و با در نظرگرفتن پارامترهای امنیتی تغییرمکان آن در ۲,۳۸ اینچ (۶,۰۵ سانتی متر) متوقف گردید. این نمونه دیوار مسلح تا میزان ۳۳,۳۶ کیلونیوتن بارگذاری گردید و در ماکزیمم میزان جابجایی Δ=۶,۰۵ سانتی متر ترک های عریض در قسمت فوقانی و تحتانی دیوار مشاهده گردیده است که در شکل ت نیز مشاهده می شود.

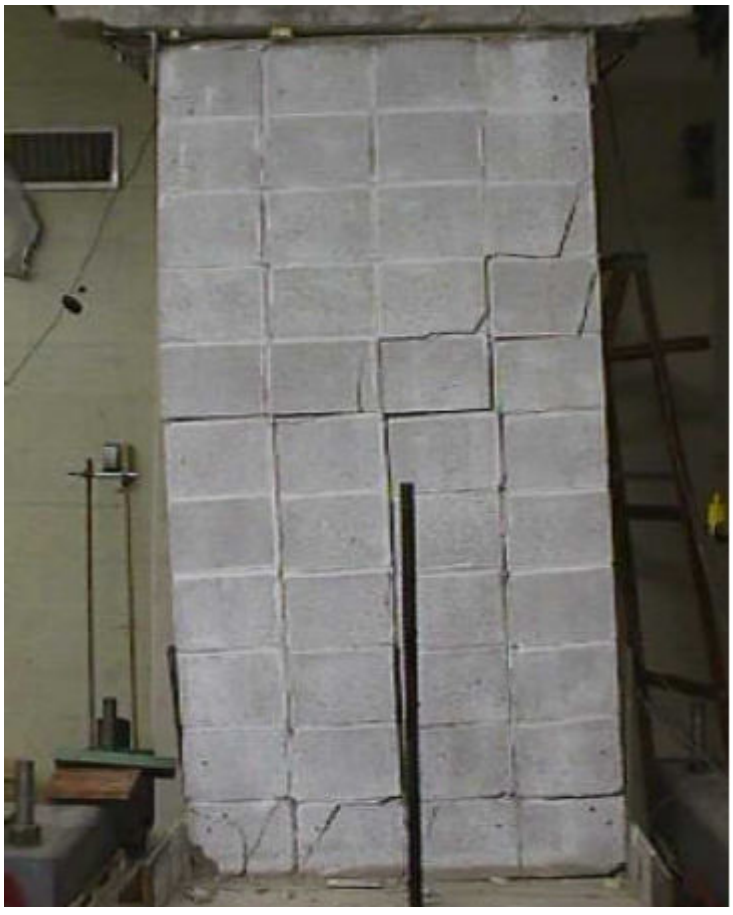
همچنین نفوذ کرنش از رشته الیاف عمودی FRP به قسمت های بالایی و پایینی تیرهای بتن مسلح مشاهده شده ، بیان کننده این مساله است که الیاف عمودی FRP در انتقال بار از دیوار به تیرها نقش مهمی دارند.

سیویلیکا: مرجع دانش
www.civilica.com

شکل ت – الیاف عمودی و نقش آن در افزایش مقاومت دیوار بنایی(شکل بعد از خرابی)

نمونه دیوار بنایی مسلح شده (C) با الیاف افقی FRP :

نمونه مسلح شده C با الیاف افقی پلیمری مطابق جدول الف نیز به بالاترین حد تغییرمکان جانبی مجاز برای قابهای ساختمانی رسیده و حتی از آن نیز فراتر رفت ، این نمونه از دیوار مسلح به ماکزیمم مقدار بار ۸۴,۹۶ کیلونیوتن برای ۲,۲۳ اینچ (Δ=۵,۶۶ سانتی متر) رسید و هنگامی که مقدار بار به ۵۶,۹۶ کیلونیوتن رسید ، یک ترک کلی قطری در تغییرمکان ۶,۹۲ سانتی متری در سازه مطابق شکل ت رخ داد.



شکل ث - الیاف افقی و نقش آن در افزایش مقاومت دیوار بنایی (شکل بعد از خرابی)

سیویلیکا: مرجع دانش
www.civilica.com

نتیجه گیری:

۳ دیوار بنایی تحت بارگذاری داخل صفحه افقی و در شرایط مرزی نهایی قرار گرفته و بررسی شدند که مدهای خرابی بدست آمده برای دیوار مقاوم سازی نشده (نمونه A) به دو صورت خرابی لغزشی دیوار در امتداد محل اتصال درزهای افقی و خرابی اعضای بنایی ، در قسمت تحتانی پنجه فشاری دیوار می باشد .

برای نمونه مقاوم سازی شده با الیاف عمودی پلیمری B ، مدهای خرابی مشاهده شده عبارتند از لغزش بلوک ها در امتداد قائم و به صورت ستونی. خرابی اعضای بنایی پنجه فشاری در قسمت تحتانی دیوار و به صورت کشیدگی الیاف قائم می باشد زیرا این الیاف در انتقال بار از دیوار به تیرها موثر می باشند.

همچنین برای نمونه مقاوم سازی شده با الیاف افقی پلیمری C ، مدهای خرابی بدست آمده ناشی از بیرون کشیدگی الیاف افقی از محل اتصال و در امتداد خارج از صفحه در اثر کاهش سریع ظرفیت باربری افقی می باشد. بنابراین یکی از گامهای اصلی در این تحقیق شناسایی مدهای خرابی بالقوه یا حالات حدی دیوارهای بنایی تعمیرشده و همچنین اثر آن بر روی ظرفیت باربری این دیوارها (URM) می باشد

هدف از ارائه دو حالت تقویت دیوارهای فوق با مصالح FRP توسعه راهبرد و استراتژی های مربوط به تقویت سازه ها است که تکنیک های موثر و اقتصادی را برای تقویت دیوارهای با مصالح بنایی غیر مسلح به همراه می آورد.

نتایج آزمایشگاهی نشان می دهد نمونه های مقاوم سازی شده افزایش مهمی را در ظرفیت باربری و سختی دیوارها نشان می دهند ، این دو عامل بایستی در ارزیابی عکس العمل لرزه ای قابهای ساختمانی با دیوارهای پرشده با مصالح بنایی مورد توجه قرار گیرند. همچنین یکی از جنبه های مرتبط با مقاوم سازی دیوارهای بنایی ، اثرات سختی چنین دیوارهایی است و اثرات مهم آن در مکانیزم پلاستیک قابهای ساختمانی با تعداد طبقات مختلف می باشد.

نواحی که برای توزیع اولیه انرژی در طی رخدادهای زلزله می توانند در محدوده الاستیک باقی بمانند ، این عکس العمل ها ممکن است منجر به افزایش قابل توجهی در جابجایی های شکل پذیر در نقاط مختلف گردند واگر یک ارزیابی صحیح لرزه ای در سازه صورت نگیرد ، چنین شرایطی می تواند موجب بروز خرابی های فاجعه بار گردد.

سیویلیکا: مرجع دانش
www.civilica.com

References:

١- Tumialan, J.G., Huang, P-C., Nanni, A., Silva, P.F. ٢٠٠١."Strengthening of Masonry Walls by FRP Structural Repointing," Non-Metallic Reinforcement for Concrete Structures -Cambridge, England.

٢- International Conference of Buildings Officials (ICBO), ١٩٩٧. Uniform Building Code, Structural Engineering Design Provisions, UBC ١٩٩٧, Volume ٢, USA.

٣- Dhanasekar, M. & Page, A W. ١٩٨٦. Influence of Brick Masonry Infill Properties on The Behavior of Infill Frames, Proceedings of the Institution of Civil Engineers London: ٥٩٣-٦٠٥.

٤- Stafford, Smith, B. ١٩٦٦. Behavior of the square infill frames, Journal of Structural Division, ASCE, ١٩٩٢(١): ٣٨١-٤٠٣.

٥- Leuchars, J. M. & Scrivener, J. C. ١٩٧٦. Masonry infill panels subjected to cyclic in-plane loading, Bulletin of the New Zealand National Society for Earthquake Engineering ١٢٢-١٣١.

٦- Zarnic, Roko. ١٩٩٤. Experimental investigation of the R/C frame infill by masonry wall, International Journal for Engineering Modelling, ٧(١-٢) ١٩٩٤: ٣٧-٤٥.

٧- Stuart Foltz & Charles W.C. Yancey. ١٩٩٣. The Influence of Horizontal Reinforcement On the Shear Performance of of Concrete Masonry Walls, Masonry: Design and Construction, Problems and Repair, ١٩٩٣: ٣٣-٥٨.

سیویلیکا: مرجع دانش
www.civilica.com