فصلنامه علمی تخصصی
مهندسی و مدیریت ساخت
سال دوم، شماره سوم
شماره پیاپی هفتم
پاییز ۱۳۹۶
نویسنده مسئول: محمدرضا احسان دوست
آدرس ایمیل:
e.ehsandoost20@gmail.com

بررسی آسیب‌پذیری لرزه ای وراهکارهای مقاوم سازی سازه های آجری غیر مسلح(مطالعه موردی:کشور ایران)

محمدرضا احسان دوست
دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کازرون، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، کازرون، ایران.
ابراهیم زارع
مربی دانشگاه کازرون

چکیده

گستردگی ساختمان های آجری به عنوان مسکن بیش از سی درصد مردم جهان بر کسی پوشیده نیست. بخش های عمده ای از ساختمان های موجود در کشور ایران به ویژه در شهرهای متوسط و کوچک را ساختمان های مصالح بنایی یعنی ساختمان هایی که با آجر،بلوک سیمانی و یا سنگ ساخته می‌شوند و در آن ها تمام یا قسمتی از بارهای قائم توسط دیوارهای مصالح بنایی تحمل می گرددرا تشکیل می دهند.بنابراین بررسی آسیب پذیری این نوع سازه تحت اثر زلزله دارای اهمیت خاصی می باشد.همچنین اغلب سازه هایی که دارای اهمیت تاریخی می باشند با استفاده از مصالح بنایی ساخته شده اند. سازه های آجری معمولا در برابر زلزله دارای ضعف های عمده ای می باشند. شناخت این ضعف ها مقدمه‌ای بر انتخاب روشی مناسب برای مقاوم سازی آنها می باشد. سازه های آجری جزء آسیب پذیرترین نوع سازه در مقابل زلزله می باشند. علت شکست و گسیختگی این ساختمانها عمدتاً به دلیل ناکافی بودن شکل پذیری آنها می باشد و عملکرد نامناسب سازه در برابر فشار و خمش حاصل از زلزله و به ویژه ضعف های اجرایی،ساکنان این بناها را در مناطق زلزله خیز در معرض خطر جدی قرار داده است در این مقاله روش بررسی آسیب پذیری لرزه‌ای سازه های آجری و روشهای اجرایی رفع انواع ضعف های آنها مورد بررسی قرار می گیرد.

کلمات کلیدی: آسیب پذیری ، گسیختگی، مقاوم سازی، زلزله، ساختمان های بنایی غیر مسلح

An Overview of the Seismic Vulnerability and Strategies for Strengthening Brick Structures Unarmed
Case Study: Iran

Mohammadreza Ehsandoost
Young Researchers and Elite Club, Kazerun Branch, Islamic Azad University, Kazerun, Iran.
Ebrahim Zare

JECM
Journal of Engineering & Construction Management
Volume 2 , Issue 3,
Autumn 2017
Corresponding author:
ehsandoost, mohammadreza
Email address:
e.ehsandoost20@gmail.com

۱-مقدمه

به لرزش هایی که بر اثرآزاد شدن انرژی های ثمرکز یافته درلایه های زیرین زمین به وجود می اید و ممکن است باعث تغییراتی درسطح زمین و بروز خساراتی مالی و جانی شود زمین لرزه اطلاق می شود. زلزله به عنوان یک پدیده طبیعی مکررا به وقوع و غافلگیر کردن ما ادامه خواهد داد و با فاصله گرفتن از رخداد آخرین زلزله به وقوع زلزله ای دیگر نزدیک می شویم.بررسی انجام شده پس از زلزله های مختلف در سه دهه ی اخیر نشان از آن داشته که از میان آسیب های گوناگون ناشی از مراحل شکل گیری ساختمان-از بدو سیاست گذاری تا بهره برداری-آسیب های ناشی از مرحله اجرا همواره از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده اند .در این مرحله حساس متأسفانه بیشترین مشکل را باید در بی توجهی و عدم التزام عملی مجریان به آئین نامه های رایج(از جمله آئین نامه طراحی و اجرای ساختمان ها در برابر زلزله (آئین نامه ۲۸۰۰) و مبحث هشتم مقررات ملی)دانست که از دو جنبه ی محاسبات و نیز نظارت و اجرا قابل تأمل و بررسی است. بنابراین کم توجهی و اهمال از یک سو و دستورالعمل های ساختمانی تدوین نشده ولی رایج از سوی دیگر منشأ اصلی ناهنجاری ها را تشکیل می دهند. آمار تلفات جانی و تخریب کامل بنا، تقریباًو تماماً به ساختمان های آجری تعلق دارد . این وضعیت ، عمدتاً از انهدام ساختمان های آجری ناشی می شود که نوع غالب در معماری شهری و روستایی ماست. در سال ۱۹۹۱ ، مگنز و کالوی ، مطالعه ای آزمایشگاهی بر روی پنج دیوار آجری در مقیاس کامل انجام داده و به بررسی اثر نسبت ارتفاع به طول دیوار پرداختند.

در سال ۱۹۹۴ یان کلوفسکی و هم کارانش روابط تئوری برای محاسبه ی حداکثر بار جانبی درون صفحه ای دیوارهای مورد مطالعه ارائه کردند در سال ۱۹۹۵ ، یوشی مورا به اتفاق هم کارانش اثر میل گردهای افقی و قائم را بر رفتار لرزه ای دیوارهای بنایی کلاف بندی شده بررسی کردند. در سال ۲۰۰۱ جیوردانوو دی لوکا در پژوهشی قابلیت روش های عددی مختلف را برای تحلیل سازه های بنایی بررسی کردند ونشان دادند می توان به طور مؤثری از این روش ها برای مطالعه رفتار این سازه ها استفاده کرد.

همچنین پادوانی و همکارانش(۲۰۰۳) ، برج ناقوسی تاریخی را با استفاده از روش های عددی تحلیل کردند و بامشاهد ه ی الگوی ترک خوردگی یکسان با واقعیت،به کاربرد ابزار برای درک بهتر رفتار سازه های بنایی و نیز نقش مهم مد ل سازی عددی در پروسه یبازسازی ومقاوم سازی بناهای تاریخی تأکید کردند.

نکته اساسی در مورد ساختمان های مصالح بنایی غیر مسلح این است که با توجه به این که مصالح مصرفی دارای خاصیت غیر الاستیک هستند در صورتی که ضوابط فصل سوم آئین نامه ۲۸۰۰ و مبحث هشتم مقررات ملی در مورد آن ها رعایت نشود فاقد شکل پذیری کافی خواهند بود .و چون نیروی زلزله بیش از حد مقاومت ساختمان بوده و این نیروی اضافی بایستی با شکل پذیری ساختمان خنثی شود، لذا ساختمان های فاقد شکل پذیری کافی در زلزله های بزرگ فرو خواهند ریخت.(شکل پذیری قابلیت تغییر شکل عناصر باربر قبل از رسیدن به حد گسیختگی می باشد).

تاریخچه ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای ساختمانها

قدیمی ترین فعالیتها در این زمینه به سال ۱۹۷۲میلادی بر میگردد زمانیکه مدل های غیرخطی جهت شناسایی رفتار ساختمانها پیشنهاد شد از جدید ترین روش هایی که امروزه مطالعات روی آنهادر حال انجام است استفاده از شبکه های عصبی (Neural Network) .برای پیش بینی خسارت می باشد.

در ایران پس از واقعه مصیبت بار زلزله رودبار – منجیل درسال (۱۳۶۹) با تلاش بیشتری به تحلیل لرزه خیزی ایران و بحث ارزیابی آسیب پذیری ساختمانها و بررسی روشهای مقاوم سازی در برابر زلزله پرداخته شد، مخصوصاً درتهران به دلیل احتمال زلزله بزرگ قریب الوقوع، در مراکزتحقیقاتی از جمله مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن،پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله ومرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی بر روی موضوع ارزیابی آسیب پذیری ساختمانها و بررسی روشهای مقاوم سازی آنها تحقیقاتی صورت گرفته است.

موقعیت زمین شناسی ایران

کشور ایران با وسعت ۱,۶۴۸,۱۹۵ کیلومترمربع، میان ۲۵ تا۴۰درجه شمالی ،۴۴تا۶۳درجه طول شرقی واقع شده است .به طور کلی۳ منطقه لرزه خیزی درایران وجود داردکه ازان می شود به زاگرس .البرز وایران مرکزی اشاره کردصفحه عربستان از جنوب غربی,هندوستان ازشرق وجنوب شرقی, سیبری ازشمال شرقی به ایران فشار وارد می کند مقاومت ایران در برابر فشار واردشده باعث وورود گسل وشکستگی متعدد می شود فعالیت این گسل باعث شده است که ایران مناطق مهم زمین لرزه خیز دنیا به حساب اید نتیجه نهایی انکه ناهمواری های ایران جوان است و در قلب اخرین آثاراخرین کمربند کوهزایی سیاره زمین(الپی) ودربین پلیت های تکنوتیکی قرارگرفته اند.

لرزه خیزی ایران

با قرار گیری ایران روی کمربند الپ-هیمالیا,کشور ایران درقرن گذشته، زمین لرزه به بزرگی۷,۵ ریشتر یا بیشتر راتجربه کرده است. چنان که پهنه بندی نقشه های زمین لرزه خیزی نیز نشان می دهد بیش از۲,۳وسعت کشور در محور زمین لرزه خیزی پرخطر قرار گرفته است که اکثر شهرهای پر جمعیت نیز در راستای ان استقرار یافته اند,مناطقی که بیشتر تحت تاثیر فعالیت گسل اند و شدت عمق کانون زمین لرزه در ان نیز کم عمق سطحی است. زمین لرزهایی که درایران ثبت شده اند نیز به ندرت عمق کانونی بیشتر از ۵۰ کیلومترداشته اند و طبق تقسیمات از نظر مهندسی زمین لرزه,زمین لرزه با عمق کانونی بیشتر از۷۰کیلومتر,زمین لرزه نوع عمیق و کمتر از ان

زمین لرزه نوع سطحی به شمار می اید که زمین لرزه سطحی هموار مخرب تر بوده است.

۲-اهمیت ساختمان های با مصالح بنایی در کشور

منظور از ساختمان های با مصالح بنایی،ساختمانهایی است که با آجر، بلوک سیمانی و یا با سنگ ساخته شوند و در آنها تمام و یا قسمتی از بارهای قائم توسط دیوارهای با مصالح بنایی تحمل می گردد. دلایل عملکرد رفتار نا مناسب سازه های مصالح بنایی در مقابل زلزله را می توان در مواردی هم چون شکننده بودن مصالح و کاهش مقاومت بر اثر تکرار بارهای شدید، وزن سنگین، سختی زیاد و در نتیجه پاسخ شدید در مقابل امواج زلزله با پریود طبیعی کوتاه و وابستگی زیاد مقاومت ساختمان به کیفیت ساخت خلاصه نمود. در آیین نامه زلزله ایران(استاندارد ۲۸۰۰)، برای تقویت ساختمان های بنایی استفاده از کلاف بند های بتن آرمه افقی و قائم در نقاط زلزله در اطراف دیوارها الزام گردیده است.
در تحقیقات بسیاری از کشورهای زلزله خیز نشان داده است همچنین وجود کلاف بتن آرمه، مقاومت وپایداری دیوارهای بنایی را در برابر زلزله بسیار بالا می برد.

انواع شکست ساختمانهای مصالح بنایی

شکست ساختمانهای بنایی به دودسته کنترل شونده از طریق تغییر شکل و کنترل شونده از طریق نیروتقسیم می گردد . شکست های کنترل شونده از طریق تغییر شکل انعطاف پذیری بیشتری از شکست های کنترل شونده از طریق نیرو دارند ،لذا در فروریزش ها دارای خطر کمتری هستند و قادر به جذب مقدار قابل توجهی از انرژی پس از ترک خوردگی هستند و سازه را به سمت ایمنی بیشتر سوق می دهند در صورتی که شکست های کنترل شونده از طریق نیرو در طبیعت به صورت ترد و شکننده بوده و به فروریزش های ناگهای منتج می گردد

انواع مودهای شکست دیوارهای بنایی

پیش بینی مودهای شکست اجزای بنایی بسیار مشکل بووده و به عوامل متفاوتی بستگی دارد. جهت بارگذاری، مقدار تنش قائم، تعداد و اندازۀ بازشوها و مقاومت ملات بکارفته در درزها نقش مهمی در تعیین نوع شکست ایفا میکنند.با توجه به حرکت زمین در زمان وقوع زلزله ممکن است نیروها موازی دیوار برشی اعمال شوندکه موجب شکست داخل صفحه می گردند و یا عمود بر دیوار برشی باشند که در آن صورت شکست خارج از صفحه رخ می دهد

۳-روشهای کیفی ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای

در روش های کیفی با توجه به شرایط لرزه خیزی و شرایط ساختمان سازی و بر اساس تجربه زلزله های گذشته، فرمهای ویژه ای تهیه می شوند. بازرسان ساختمان با استفاده از این فرمها، اطلاعاتی از قبیل سیستم باربر قائم، سیستم مقاوم فرمها، اطلاعاتی از قبیل سیستم باربر قائم، سیستم مقاوم ساخت، شرایط محل ساختمان، وضعیت پی و ... را جمع آوری نموده و در یک بانک اطلا عاتی ذخیره می کنند. از این روشها می توان برای برآورد اولیه و تقریبی ظرفیت .مقاومت لرزه ای ساختمانهای یک منطقه خاص استفاده نمود
از جمله روشهای کیفی می توان به روش ارزیابی آسیب پذیری پیشنهادی سب ، روش ارائه شده توسط انجمن روش ارزیابی آسیب ATC ، تکنولوژی کاربردی آمریکا پذیری آریا، روش آیین نامه نیوزیلند، روش آیین نامه .ژاپن و روش ارزیابی آسیب پذیری کانادا اشاره کرد

مشخصات مصالح

برای برآورد مناسب از رفتار ساختمان،علاوه بر وضعیت اعضاء ،هندسه و پیکر بندی باید مشخصات اسمی مصالح بنایی،یا به عبارتی مقادیر استفاده شده در اسناد و مدارک ساخت و ساز نیز به عنوان کران پایین مشخصات مصالح در نظر گرفته شود. متأسفانه در صنعت ساختمان سازی ایران بطور شایسته به کیفیت مصالح توجه نمیشود و اغلب مجریان ،فرض بر استاندارد بودن مصالح موجود در بازار می گذارند ،که این عامل به همراه عواملی همچون استفاده ی نابجا و نا مناسب از مصالح و همچنین عدم اجرای مناسب موجب آسیب پذیری ساختمان می گردد.با توجه به زلزله خیز بودن ایران بایستی برای سبک سازی و کاهش جرم ساختمان مصالح مقاوم و سبک با حداکثر نسبت مقاومت به وزن به کار برده شود،تا .علاوه بر ایمنی بیشتر ، تأثیر زلزله بر ساختمان نیز کاهش یابد

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 داردرفتار یک ساختمان آجری غیر مسلح را در مقابل زلزله می توان به صورت زیر خلاصه کرد
الف) شدت ز لزله 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 درپایان 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 نتیجه 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 باخاک یکسان می شود.

انواع ساختمانهای آجری

ساختمانهای آجری که با مصالح فشاری و ملات ساخته می شوند را می توان به چهار گروه تقسیم نمود که عبارتند از ساختمانهای آجری غیر مسلح، نیمه مسلح، مسلح و مرکب

۱-ساختمانهای آجری مسلح : این نوع ساختمانها متداولترین و قدیمی ترین نوع ساختمان را در کشور ما تشکیل می دهد و خود به دو نوع روستایی و شهری تقسیم می شوند . در ساختمانهای روستایی دیوارها عموماً از خشت خام و یا سنگهای رودخانه ای و با ملات گل ساخته می شوندو سقف نیر بصورت گنبدی و یا با استفاده از تیرهای چوبی و با پوشش گل، بنا می شود . در نوع شهری، دیوارها معمولاً با آجر فشاری و با ملات ماسه سیمان ساخته شده و سقف نیز طاق ضربی است.

۲-ساختمانهای آجری نیمه مسلح : در این ساختمانها که تقریباً مشابه با ساختمانهای نوع (۱) هستند برای بهبود رفتار ساختمان در مقابل زلزله از کلافهای فوقانی، تحتانی و یا قائم در دیوارهای آجری استفاده می گردد. کاربرد این عناصر سبب می شود که ساختمان دارای افزایش نسبی مقاومت و شکل پذیری گردد. .

۳-ساختمانهای آجری مسلح : با توجه به اینکه کلافهای تحتانی و افقی مانع شکست خمشی نمی شود لذا در این ساختمانها یک سیستم مقاوم لرزه ای که کاملا ایستا و قابل محاسبه باشد مورد استفاده قرار می گیرد. یک سیستم کاملاً ایستا، سیستمی است که در برابر کلیه حالتهای اصلی شکست (خمش و برش) مقاومت کافی را داشته باشد . دیوار برشی نمونه ای از اینگونه سیستمها می باشد.

۴-ساختمان آجری مرکب : این نوع ساختمانها دارای اسکلت های فلزی یا بتنی، که بین آنها با مصالح بنایی پر شده است و اصطلاحاً اعضای میانقاب نامیده می شود . با توجه به اینکه در این نوع ساختمانها تمام یا قسمتی از بارهای قائم توسط دیوارهای با مصالح بنایی تحمل می گردد، لذا براساس آئین نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران، این قبیل ساختمانها نیز در ردیف ساختمانهای با مصالح بنایی قرار می گیرند.

نامنظمی

هنگامی که مرکز جرم و مرکز سختی بر هم منطبق نباشند و ساختمان تحت تأثیر نیروی زلزله قرار گیرد سیستم علاوه بر حرکات جانبی ، دارای حرکات پیچشی نیز می شود،که عموماً هرچه این فاصله بیشتر باشد حرکات پیچشی افزایش می یابد این حرکات پیچشی باعث ایجاد نیروی پیچشی قابل توجهی می شود که به نیروهای جانبی افزوده می شود؛ساختمان های بنایی غیر مسلح به علت عدم انسجام مناسب،در صورتی که توزیع جرم ،سختی و یا مقاومت به گونه ای باشد که نامنظمی در ساختمان ایجاد شود شدیداً در مقابل نیروهای حاصل از وجود پیچش آسیب پذیر هستند.

اجرای دیواره

در ساختمان های مصالح بنایی قسمت عمده بار ثقلی و نیروی جانبی حاصل از زلزله را دیوارهای باربر تحمل میکنند. خصوصیات ترد و شکننده مصالح بنایی ،سبب می شود ساختمان در برابر نیروهای جانبی درون صفحه ای «امتداد بار وارده موازی دیوار»و بیرون صفحه ای «امتداد بار عمود بر دیوار»مقاومت کافی نداشته باشند. نخستین ترک در سازه پس از رسیدن مجموع تنش بر حالت بحرانی،مطابق گسیختگی کلمب و همراه با صدای گسیختگی خواهد بود. و به دلیل غیر الاستیک بودن مصالح در زمان 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

آجر چینی نامناسب دیوارهای آجری از جمله قرار گیری بندهای قائم آجر چینی بر روی هم،خالی بودن بندهای قائم از ملات و همچنین کم یا زیاد بودن ضخامت بندهای افقی و عدم دوغاب ریزی دیوارها می تواند سبب کاهش مقاومت برشی، لغزشی و خارج از صفحه ی دیوارهای آجر می شود. عدم توجه به چیدمان آجر در رگ های متوالی و اجرای هشتگیر می تواند عاملی باشد که دو دیوار متعامد به راحتی از یکدیگر جدا شوند و فرو بریزند. همچنین عدم توجه به نسبت مناسب سیمان مصرفی در ملات ماسه – سیمان مورد استفاده در اجرای دیوار از مقاومت دیوارها می کاهد.

ارتفاع آزاد دیوار مصالح بنایی نباید بیش از ۴ متر باشد، زیرا ارتفاع زیاد دیوار باعث افزایش لنگر خارج از صفحه ناشی از اینرسی دیوار و نیروی سقف و در نتیجه کاهش توان باربری و ایستایی دیوار در برابر نیروهای خارج از صفحه می شود. همچنین طول آزاد دیوار نباید از ۵متر فراتر رود، طول مهار نشده زیاد دیوار ،باعث افزایش لنگر خارج از صفحه ناشی از اینرسی دیوار و نیروی دیوارهای متقاطع و در نتیجه کاهش توان باربری و ایستایی دیوار در برابر نیروهای خارج از صفحه می شود.

دیوار نسبی

برای تأمین مقاومت برشی ساختمان ،بایستی دیوار نبسی در شرایط مطلوبی باشد.در صورتی که شرایط دیوار نبسی برای ساختمان های مختلف مصالح بنایی از مقادیر ذکر شده در جدول۱ کمتر باشند ساختمان آسیب پذیر محسوب می شود.

جدول۱ درصدهای مورد نیاز دیوار نسبی

نوع و تعداد طبقات ساختمان		زیرزمین	طبقه اول	طبقه دوم
ساختمان های آجری	یک طبقه	۶٪	۴٪	—
	دوطبقه	۸٪	۶٪	۴٪
ساختمان های با بلوک سیمانی	یک طبقه	۱۰٪	۶٪	—
	دوطبقه	۱۴٪	۱۰٪	۶٪
ساختمان های سنگی	یک طبقه	۶٪	۵٪	—
	دوطبقه	۸٪	۸٪	۵٪

علت شکست دیوارهای آجری

مقاومت مصالح مورد استفاده در یک ساختمان در برابر زلزله بطور کلی در رابطه با موارد ذیل می باشد:
۱-خاصیت جذب انرژی و تغییر شکل پلاستیک زیاد
۲-نسبت مقاومت به وزن
۳-همگن بودن
۴-مقاومت یکسان (و البته زیاد)، حداقل در دو جهت عمود برهم
۵-ایجاد اتصالات با مقاومت کامل (حداقل در حد مقاومت مصالح مورد استفاده

انواع گسیختگی دیوارهای آجری

موارد ذیل در زمره مهمترین انواع گسیختگی دیوارهای آجری می باشد
۱-بوجود آمدن ترکهای قائم در محل اتصال دیوارها به یکدیگر
۲-ایجاد ترک افقی در دیوارهای جانبی ساختمان و در ناحیه بین دو بازشو که در یک راستای قائم قرار گرفته باشند
۳-تشکیل ترکهای افقی بین دیوارها و سقف ساختمان
۴-بوجود آمدن ترک مورد در منطقه بین دو بازشو که در یک تراز افقی ساخته شده باشند
۵-گسیختگی موضعی در گوشه های دیوارهاپ

کلاف بندی

نقش کلاف و کلاف بندی برای انسجام و یکپارچه کردن سازه در ایجاد سیستم مقاوم در برابر زلزله، در ساختمان های مصالح بنایی قابل انکار نیست.از این رو آئین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله،آئین نامه ۲۸۰۰(و همچنین مبحث هشتم مقررات ملی)اجرای کلاف افقی را در تراز زیر دیوار و تراز سقف هرگونه ساختمان های با مصالح بنایی یک یا دو طبقه الزامی میدارد. این در الی است که در برخی ساختمان ها به ایجاد تصویری از کلاف بسنده می شود.عدم مهار دیوار با محدود کردن و کلاف بندی افقی و قائم مناسب از نظر ابعاد،اجرا،محل، فاصله و نیز عدم اتصال مناسب میان دیوار و کلاف های افقی و به ویژه کلاف های قائم از دلایل اصلی بروز ناهنجاری و ناپایداری در این گونه دیوارها است. همچنین در صورتی که ما به جای استفاده از کلاف بتن مسلح از پروفیل های فولادی (معادل تیرآهن IPE۱۰۰) استفاده کنیم می بایست کلاف های فولادی به خوبی به سقف متصل شده و همچنین این کلاف ها به نحوی مناسب به کلافی قائم و دیوار متصل شود.

بازشوها

نا پیوستگی در دیوارهای آجری به دلیل تعبیه طاقچه ، بازشوهای بزرگ و...بدون رعایت تمهیدات لرزه ای از جمله تعبیه کلاف و کاهش دهانه طاقچه و بازشوها و ... سبب پایین آمدن مقاومت برشی دیوار و گسیختگی در این گونه دیوارها می شود. در ساختمان های مصالح بنایی به طور کلی باید از احداث باز شوهای وسیع احتراز نمود و حتی المقدور بازشوها در قسمت مرکزی دیوارها قرار گیرند. درادامه به چند نکته در مورد بازشوها اشاره می کنیم. نزدیکی باز شوها به انتهای دیوار سبب می شود که در عمل، اتصالی بین آن دیوار و دیوار متقاطع در گوشه وجود نداشته باشد. و دیوار به صورت یک دیوار مهار نشده رفتار می کند برای این منظور فاصله اولین بازشو در دیوار از بر خارجی ساختمان نبایستی کمتر از ۳/۲ ارتفاع بازشو باشد،مگر اینکه در طرفین بازشو کلاف قائم قرار گرفته باشد. همچنین در صورتی که فاصله افقی دو بازشواز۳/۲ ارتفاع کوچکترین بازشوی طرفین خود و یا از ۱ مجموع طول آن دو باز شو کوچکتر باشد،دیوار بین دو بازشو جزئی از بازشو محسوب می شود و این سبب آسیب پذیری ساختمان می شود.

طراحی و نحوه اجرای ساختمان های آجری غیر مسلح

استفاده از دیوارهای آجری غیرمسلح فقط در کشورهایی که لرزه خیزی پائینی دارند به رسمیت شناخته شده است . محاسبه نیروی نهایی که این دیوارها می توانند تحمل کنند با استفاده از روشهای انرژی معمولاً صورت می پذیر. استفاده از ساختمانهای اجرای غیر مسلح در مناطق زلزله خیز توصیه نمی گردد. در صورت ساخت این چنین ساختمانها در مناطق زلزله خیر رعایت نکات ذیل به صورت اکیدتوصیه می گردد:
۱-ضخامت حداقل دیوارهای ساخته شده با خشت خام و آجر بترتیب ۴۰ و ۳۰ سانتیمتر و حداکثر نسبت ارتفاع آنها یا طول بدون اتکایشان به ضخامت بترتیب ۱۰ و ۲۰ می باشد.
۲-عرض کل بازشوها دردیوارهای خارجی از یک سوم طول کل دیوار بیشتر نباشد و مجموع سطح بازشوها در هر دیوار خارجی نباید از یک سوم سطح نمای دیوار بیشتر گردد.
۳-فاصله بین بازشوها بیش از ۷۵ سانتیمتر بوده و فاصله بین یک بازشو در یک دیوار با دیوارعمود بر آن و یا از گوشه ساختمان نباید از ۷۵ سانتیمتر کمتر باشد.

۴-ملات مورد استفاده و آجرها با یکدیگر سازگاری داشته باشند.
۵-فاصله بین بازشو در یک دیوار داخلی و دیوار مجاور آن باید از سه برابر ضخامت دیوار داخلی بیشتر باشد.
۶-از نقطه نظر فرم و شکل هندسی، مناسب است که ساختمانها مخروطی شکل یا استوانه ای، و باسقف های گنبدی باشند.

طراحی و نحوه اجرای ساختمان های آجری غیر مسلح استفاده از دیوارهای آجری غیرمسلح فقط در کشورهایی که لرزه خیزی پائینی دارند به رسمیت شناخته شده است . محاسبه نیروی نهایی که این دیوارها می توانند تحمل کنند با استفاده از روشهای انرژی معمولاً صورت می پذیر. استفاده از ساختمانهای اجرای غیر مسلح در مناطق زلزله خیز توصیه نمی گردد. در صورت ساخت این چنین ساختمانها در مناطق زلزله خیر رعایت نکات ذیل به صورت اکیدتوصیه می گردد :
۱-ضخامت حداقل دیوارهای ساخته شده با خشت خام و آجر بترتیب ۴۰ و ۳۰ سانتیمتر و حداکثر نسبت ارتفاع آنها یا طول بدون اتکایشان به ضخامت بترتیب ۱۰ و ۲۰ می باشد.
۲-عرض کل بازشوها دردیوارهای خارجی از یک سوم طول کل دیوار بیشتر نباشد و مجموع سطح بازشوها در هر دیوار خارجی نباید از یک سوم سطح نمای دیوار بیشتر گردد.
۳-فاصله بین بازشوها بیش از ۷۵ سانتیمتر بوده و فاصله بین یک بازشو در یک دیوار با دیوارعمود بر آن و یا از گوشه ساختمان نباید از ۷۵ سانتیمتر کمتر باشد.
۴-ملات مورد استفاده و آجرها با یکدیگر سازگاری داشته باشند.
۵-فاصله بین بازشو در یک دیوار داخلی و دیوار مجاور آن باید از سه برابر ضخامت دیوار داخلی بیشتر باشد.
۶-از نقطه نظر فرم و شکل هندسی، مناسب است که ساختمانها مخروطی شکل یا استوانه ای، و باسقف های گنبدی باشند

مقاوم سازی دیوارهای آجری موجود

مقاوم سازی در کل، موضوعی پیچیده می باشد و در بعضی از حالات بسیار مشکل است حتی هزینه آن بیشتر از هزینه تخریب و دوباره سازی ساختمان باشد . ولی به این نکته مهم باید توجه داشت که تقویت ساختمانهای آجری می تواند سبب گردد که بجای گسیختگی کلی، ساختمان حداکثر دچار خرابی موضعی شده و لذا از میزان تلفات جانی به شدت کاسته گردد .از نکات مهم در مقاوم سازی آ ن است که فقط دیوارهای باربر محیطی را نباید در نظر گرفت و تقویت نمود بلکه ساختمان به گونه ای باید مقاوم سازی شود که در زمان بروز زلزله، هیچ بخشی از آن تخریب نگردد.به بیان دیگر تقویت یک ساختمان بنایی باید بصورت همه جانبه در نظر گرفته شود.

روشهای مقاوم سازی دیوارهای بنایی غیرمسلح

۱-پر کردن ترکهای دیوار با دوغاب:
در حالی که دیوار دچار ترک خوردگی است و نیاز به مقاوم سازی نداشته باشد می توان تزریق دوغاب به داخل ترک های استفاد نمود. باید توجه نمود که ملات مورد استفاده در تزریق باید متناسب با ملات استفاده شدهدر سازه بنایی انتخاب شود.
۲-استفاده از صفحات مش فولادی:
چنانچه دیواری نیاز به مقاوم سازی نداشته باشد و فقط اصلاح ترکهای آن موجب به دست آوردن کفایت در مقابل نیروهای جانبی شود می توان از این روش استفاده کرد
۳-روش استفاده از پشت بندهای بتنی
در این روش در محل تقاطع دیوارهای طولی و عرضی و همچنین محل شناژهای قائم که به طور معمول به صورت متقارن و منظم در ساختمان وجود دارند، یک پشت بند بتن آرمی تعبیه می شود. ضخامت این پشت بند ها به طور معمول بین ۳۵ تا ۵۰ سانتیمتر قرار می دهند. عمده مزایا و معایب این روش به صورت زیر است.
۴-اضافه کردن دیوار جدید:
وقتی توزیع سختی در پلان یکنواخت نباشد و مساله پیچش مطرح باشد ممکن است با اضافه کردن دیوار جدید داخل ساختمان به عنوان دیوار برشی یا در خارج ساختمان به عنوان پشت بند،مرکز سختی و مرکزجرم ساختمان را به هم نزدیکتر کرد.
۵-اجرای کلاف افقی فلزی:
به منظور تامین انسجام ساختمان و اتصال دیوارهای موجود می توان از پروفیلهای فولادی معادل تیرآهن نمره۱۰استفاده کرد مشروط برآنکه کلاف فولادی با سقف به خوبی در گیر شده باشد و همچنین این کلاف ها به نحو مناسبی با کلاف قائم احداثی،دیوار یا روکش بتن مسلح جدید الاحداث مورد نظر در گیر شده باشند.
۶-مهاربندی دیوار با استفاده از الیاف پلیمری:
در این روش در داخل دیوار بصورت افقی یا قائم الیاف پلیمری قرار داده می شود.
۷-مهار بندی فولادی با استفاده از نوارهای فولادی:
در این روش در دو طرف شیارهایی قطری ایجاد کرده و درون آنها نوارهای فولادی قرار داده می شود. این نوارها در دو طرف دیوار توسط پیچ هایی به یکدیگر متصل می گردند.

۴-نتیجه گیری

برای جلوگیری از بروز حوادث باید برای ساختمان های آسیب پذیر تمهیداتی برگزید .از این رو ساختمان ها را به نحو زیر تقسیم بندی می کنیم:
۱) ساختمان های فرسوده:برای جلوگیری از بروز خسارت هنگام زلزله در این ساختمان ها نیاز به نوسازی این ساختمان ها میباشد یعنی تخریب کامل ساختمان و ساختن ساختمانی مطابق با آیین نامه ها که می طلبد دولت همکاری های لازم را جهت ایجاد تسهیلات انجام دهد.
۲)ساختمان های آسیب پذیر:برای جلوگیری از بروز خسارت در این گونه ساختمان ها می بایست بهسازی و مقاوم سازی

سازی به روش های رایج از جمله تزریق گروت یا پرکردن دیوارهای آجری ،FRPاپوکسی، فیبرهای برای رسیدن به دیوار نسبی و طول سطح بازشوی ایده آل و... وابسته به نقطه ضعف ساختمان انجام پذیرد

منابع

۱-مبحث پنجم مقررات ملی ساختمان
۲-دکتر حسن مقدم ،»طرح لرزه ای ساختمان های (آجری»،انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، (۱۳۷۳
۳-نشریه شماره. ۳۷۶دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمانهای بنایی غیر مسلح موجود۱۳۸۶
4-Larbi, A., Harris, H.G., “Seismic pere formance of low aspect ratio reinforced block masonry shear walls”, Proceedings of 4th U.S. National Conference on Earthquake Engineering, Vol. 2, May 20-24, (1990).
5-Priestley ,M.J.N.,’Seismic Design of Masonry Structures to the New Zealand Standard NZS 4230p,Bull.N.Z.Soc.Earthquake Engng,No.2,pp.191-205,1995.
6-.Shing, P.B., Schuller, M. Hoskere, V.S., “Strength and ductility of reinforced masonry shear walls”, 5th North American Masonry Conference, June 3-6, (1990).
Magenes, G., Calvi, G.M., “Cyclic behavior of brick masonry walls”, Proceedings of the 10th WCEE,-7
Madrid, Spain, July 19-24, (1992).
۸-زنگی آبادی، علی و همکاران (۱۳۸۷) ؛« تحلیل شاخص های آسیب پذیری مساکن شهری در برابر خطر زمین لرزه) .مطالعهٔ موردی: مساکن شهر اصفهان)» ، جغرافیا و توسعه
۹-برکچیان، م . "ارزیابی کمی آسیب پذیری ساختمانهای مهم فولادی در برابر زلزله با استفاده از تحلیلهای غیر ارتجاعی .“پایان نامه کارشناسی ارشد ،مهندسی زلزله. پژوهشکده .ساختمان ومسکن. زمستان((۱۳۷۸
۱۰-طایفی نصرآبادی، عباسعلی; رشیدی مهرآبادی،محمد حسین; "مقاوم سازی سازه های بنایی درمقابل زلزله“، . همایش ملی مقاوم سازی ایران، دانشگاه یزد، شهریور ۱۳۸۷
11-Applied Technology Council(ATC),’Evaluating the Seismis Resistance of Existing Buildings’,ATC14,1994.
۱۱-شایان، سیاوش(۱۳۸۴ (؛ فرهنگ اصطلاحات جغرافیای .طبیعی انتشارات مدرسه، چاپ چهارم
۱۲-پورمحمدی، محمدرضا و همکاران (۱۳۸۴) ؛« مشارکت و خودامدادی محله ای و نقش آن در کنترل بحران زمین لرزه»؛کنفرانس بین المللی مخاطرات زمین، بلایای طبیعی و راهکارهای مقابله با آن ها، دانشگاه تبریز،گروه جغرافیای .طبیعی
۱۳-نشریه شماره. ۵۲۴ راهنمای روش ها شیوه های بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود و جزئیات اجرایی .
14-Arya, A.S. (1967). Design and construction ofmasonry buildings in seismic areas, Bulletin, Indian Society of Earthquake Technology.
۱۴-مبحث هشتم مقررات ملی صفحه ی ۱۰
۱۵-نیک منش، م. ر; "مقاوم سازی لرزه ای دیوار حمال (باربر)در ساختمان های بنایی"، اولین همایش بین المللی مقاوم سازی لرزه ای، ۱۳۸۵
16-Hendry, W. H., “Structural brickwork”, McMillan Press, (1992).
17-Jankolovski, E., Parsanejad, S., “Earthquake resistance of unreinforced clay brick masonry walls”, Proceedings of the 2nd International Conference of Seismology and Earthquake Engineering, Tehran, Iran, May 15-17, (1995).
18-BIA, (1996). The assessment and improvementof structural performance of earthquake riskbuildings-draft for general release, New ZealandNational Society for Earthquake Engineering.
19-Foo, S., Naumoski, N., and Saatcioglu, M. (2001). Seismic hazard, building codes andmitigation options for Canadian buildings, Department of Civil Engineering University ofOttawa, Ontario, Canada.
20-Hendry,A.W.,Sinha,B.P.,Davis,S.R.,’Load Bearing BrickworkDesign’,P-H,1995.
21- National Workshop ,”Earthquake Resistant Masonry Construction’U.S.Department of Commerce ,1997.
۲۲-دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های بنایی غیر .مسطح موجود،نشریه شماره۳۷۶ فصل دوم
۲۳-میرزا گل تبار روشن، علی رضا و همکاران (۱۳۸۴) ؛»مقاوم سازی ساختمان ها در برابر زمین لرزه»؛کنفرانس بین المللی مخاطرات زمین، بلایای طبیعی و راهکارهای مقابله با .آن ها، دانشگاه تبریز، گروه جغرافیای طبیعی
۲۴-ستار شیخی، غلامرضا; بخشی، حشمت اله; یزدی نژاد، محمد مهدی; "روشی برای بهسازی لرزه ای ساختمان های مصالح بنایی"، همایش ملی مقاوم . سازی ایران، دانشگاه یزد، شهریور ۱۳۸۷
۲۵-دکتر محمدرضا یزدانبخش- درسهایی از زلزله بم (رفتار ساختمانهای دیوار باربر،فولادی ،بتن آرمه و اجزاءِ غیر سازه ای در زلزله ی بم)،صفحه ی ۲۰
۲۶-زهرائی. س. م . و ارشاد. ل. "گزارش پروژهً بررسی آسیب پذیری لرز ه ای ساختمان های شهر قزوین ." مرکز تحقیقات (ساختمان و مسکن، اسفند ۱۳۷۱
۲۷-پژوهشنامه زلزله شناسی و مهندسی زلزله،صفحه ۴۳،سال ۱۳۸۱
۲۸-دکتر منصور قلعه نوی،محسن راشکی، مهدی رستمیان، .طبقه بندی و بررسی رفتار لرزه ای ساختمان های مصالح

بنایی غیر مسلح و مزایای مقاوم سازی آن ها با کمک الیاف پلیمری مسلح شده

29-Bouchard, M.; A Performance - Based Approach To Retrofitting Unreinforced Masonry StructuresFor Seismic Loads : Ms.Thesis, Massa-.chusetts Institute Technology, 2007

۳۰-آئین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله، صفحات۵۲تا۵۶.

۳۱-ناطقی الهی، فریبرز .(۱۳۷۸)راهنمای مقاوم سازی ساختمانهای فولادی موجود ، پژوهشگاه بین المللی زلزلهشناسی و مهندسی زلزله.

۳۲-آئین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله، صفحات۴۸تا۴۹.

33-Japan Building Disaster Prevention Association(2001). Standard for seismic evaluation of existingreinforced concrete buildings, English version

۳۴-علائی طالقانی، محمود (۱۳۸۲) :ژئومورفولوژی ایران؛ انتشارات قومس.