

نگاهی بر زمین‌لرزه و مقاوم‌سازی ساختمان

نگین چوبینه^۱، شکوفه صابری^۲، کیمیا مهربد^۳

^۱ کارشناسی، دانشکده‌ی مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی اصفهان

^۲ کارشناسی، دانشکده‌ی مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی اصفهان

^۳ کارشناسی، دانشکده‌ی مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

زمین‌لرزه از دیرباز از جمله مهم‌ترین مخاطرات طبیعی بوده‌است که زندگی و محیط زندگی انسان‌ها را تهدید می‌کند. به همین دلیل بشر همواره بر آن بوده‌است تا با بررسی علل و پیش‌بینی زمان و مکان وقوع آن، از ضررهای مالی و جانی ناشی از آن جلوگیری کند. در این پژوهش، سعی بر آن است تا با شناخت ماهیت و ویژگی‌های زمین‌لرزه و همچنین امکانات و فناوری‌های روز برای پیش‌بینی و ثبت قدرت آن‌ها، روش بهینه‌ای برای مقاوم‌سازی سازه‌ها در راستای کاهش تلفات زمین‌لرزه یافت شود.

کلمات کلیدی: زمین‌لرزه، ثبت قدرت، مقاوم‌سازی سازه‌ها، کاهش تلفات زمین‌لرزه

مقدمه

زمین‌لرزه، لرزش و جنبش زمین است که به علت آزاد شدن انرژی ناشی از گسیختگی سریع در گسل‌های پوسته زمین در مدت کوتاهی روی می‌دهد. به استثنای زلزله‌هایی که اطراف آتشفشان‌ها رخ می‌دهد، زلزله نتیجه عکس‌العمل ناگهانی و سریع پوسته‌ی زمین در مقابل نیروهای شدید، کند ولی مداوم است که در درون زمین تدریجاً از بین می‌روند. این عکس‌العمل در ساختمان زمین‌شناسی موجب ایجاد گسل می‌شود. به عبارت دیگر سنگ‌های تشکیل‌دهنده زمین، در طول عمر خود، سخت تحت تأثیر نیروهای مختلف قرار می‌گیرند و نتیجه اعمال این نیروها، تولید نیروهای داخلی در آن‌هاست، که شدت آن‌ها بر واحد سطح تنش خوانده می‌شود. تا زمانی که تنش موثر بر سنگ از حد تحمل سنگ تجاوز نکند سنگ پایدار می‌ماند. هنگامی که تنش موثر برسنگ از حد تحمل تجاوز کند سنگ گسیخته و گسل ایجاد می‌شود. ضمن ایجاد گسل ارتعاشاتی به وجود می‌آید که منجر به زلزله می‌شود. ارتعاشات ناشی از زمین‌لرزه ویرانی زیادی به بار می‌آورد، و از آنجایی که یک پدیده‌ی طبیعی به‌شمار می‌رود، امکان پیش‌بینی آن وجود ندارد. تاکنون دستگاه‌های گوناگونی برای ثبت امواج زلزله ساخته شده‌اند که لرزه‌نگار نامیده می‌شوند. مقدار بزرگی یک زلزله طبق قرارداد

به صورت ریشتر^۱ گزارش می‌شود. زلزله‌های کوچک‌تر از شدت ۳ اغلب غیر محسوس و بزرگتر از ۷ خسارت‌های جدی را به بار می‌آورند. شدت لرزه با روش اصلاح شدهٔ مرکالی^۲ اندازه‌گیری می‌شود. [۱]

مقاوم‌سازی به‌منظور افزایش مقاومت یک سازه در برابر نیروهای وارد بر آن است. هدف از مقاوم‌سازی کاهش اثرات مخرب زمین‌لرزه است. مقاوم‌سازی به روش‌های مختلفی انجام می‌شوند که عبارتند از:

- جداسازی لرزه‌ای؛
- زره‌پوش کردن سطوح؛
- استفاده از بادبند فولادی.

۱. علل وقوع زمین‌لرزه

زمین ساختاری صفحه‌ای یا پوسته‌ای دارد که صفحه‌ها نسبت به هم در حال حرکت هستند. محل شکستگی-های صفحات، گسل نام دارد که صفحه‌های کناری گسل به موازات آن حرکت می‌کنند. در حالت عادی حرکت صفحه‌ها آرام است، اما اگر به دلیلی حرکتی ناگهانی رخ دهد، منجر به وقوع زمین‌لرزه می‌شود.

هنگام حرکت صفحه‌ها، نیروی اصطکاک بسیار بزرگی بین صفحات به وجود می‌آید. این نیروی اصطکاک مانع لغزش صفحه‌ها شده و منجر به تغییر الاستیک پوسته می‌شود. زمانی که نیروهای الاستیک بیشتر از نیروی اصطکاک می‌شود، اصطلاحاً قفل اصطکاکی می‌شکند. در این حالت بلوک‌های سنگی روی گسل به‌طور ناگهانی می‌لغزد و منجر به زمین‌لرزه می‌شود. [۲]

لغزش بین دو بلوک سنگی در یک نقطه درون زمین آغاز می‌شود که به آن نقطه کانون زمین‌لرزه می‌گویند. نقطه‌ی سطحی معادل کانون زمین‌لرزه، اپی سنتر نام دارد. امواج اولیه که P نیز نامیده می‌شوند، از سایر امواج تولید شده سریع‌تر هستند. این سرعت بالا، منجر به میرایی زود هنگام امواج اولیه شده و خرابی ناشی از آن‌ها را به حداقل می‌رساند. امواج اولیه به صورت کشش فشاری منتشر شده و حرکت ذرات در آن‌ها در جهت حرکت موج است. امواج ثانویه یا امواج S ، سرعت کم‌تری دارند و جهت حرکات ذرات در آن‌ها عمود بر جهت انتشار موج است. [۳]

امواج سطحی در سطح پوسته منتشر شده می‌شوند و قدرت بسیار بالایی دارند. علت اصلی ویرانی‌های ناشی از زمین‌لرزه، امواج سطحی هستند. موج سطحی از نوع لاولو، تقریباً مشابه موج داخلی ثانویه است با این تفاوت که ذرات ماده به موازات سطح زمین و در جهت عمود بر انتشار موج حرکت می‌کنند. انتشار این امواج مانند

^۱ Richter
^۲ Mercalli

تکان‌هایی است که بر اثر حرکت طناب به سمت چپ یا راست ایجاد می‌شود. برخی امواج سطحی، ذرات را در امتداد مدارهای دایره‌ای به حرکت درمی‌آورند. این امواج، امواج ریلی نامیده می‌شوند. [۳]

۲. پیش‌بینی

یعنی زمین‌لرزه در کجا و چه زمانی و با چه قدرتی ممکن است اتفاق بیفتد. امروزه امکان پیش‌بینی وقوع زمین‌لرزه‌ها تا حدودی امکان‌پذیر است، اما زمان و قدرت آن همچنان نامعلوم است. مجموعه‌ای از علائم در طبیعت وجود دارد که در صورت مشاهده آن‌ها، امکان وقوع زمین‌لرزه وجود دارد. این علائم عبارتند از:

- تغییر در رفتار حیواناتی نظیر اسب‌ها، خرگوش‌ها، و پرندگان؛

- تغییر دمای زمین و خروج گازهایی همچون رادون و آرگون و تغییرات شیمیایی در آب چشمه‌ها و گازهای طبیعی خروجی؛

- افزایش فاصله بین شکستگی‌ها؛

- افزایش یا کاهش فشار بر حفره‌های خاک که باعث پایین رفتن آب یا فوران آن می‌شود؛

- شکستن ناگهانی بخشی از پوسته‌ی جامد.

۳. لرزه‌نگار

قرن‌هاست که انسان به مطالعه زمین‌لرزه‌ها که موجب خسارت‌های جانی و مالی وسیعی می‌شده‌اند علاقه‌مند بوده است. اولین تلاش در چنین راهی به چینی‌ها مربوط می‌شود. در سال ۱۳۲ میلادی، یک فیلسوف چینی به نام چانگ-هنگ لرزه‌نگاری به نام لرزه‌نگار اختراع نمود. چنین دستگاهی مشاهده بروز یک حرکت را امکان‌پذیر می‌کرد ولی اندازه‌گیری میزان حرکت با آن ممکن نبود.

اساس کاری لرزه‌نگارهای بعدی بر اساس حرکت نسبی آونگ نسبت به زمین است. در این دستگاه وزنه‌ای آونگ شکل رو پایه‌ای ثابت قرار گرفته و با کوچک‌ترین حرکت زمین تکان می‌خورد. قلمی در انتهای این وزنه قرار گرفته که با حرکت خود نگاشت‌های زمین‌لرزه را بر روی کاغذی که در زیر آن قرار گرفته‌است، ثبت می‌کند.

لرزه‌نگارها انواع مختلفی دارند. اساس کار لرزه‌نگارهای قدیمی حرکت آونگی است که به آن‌ها مکانیکی گفته می‌شود. نوعی دیگر از لرزه‌نگارهای مکانیکی، لرزه‌نگار مکانیکی نوری است که حین حرکت آونگ، آینه‌ای بر روی آن قرار داده می‌شود تا نگاشت‌ها را به صورت باریک‌های نور بر روی فیلم عکاسی ظاهر نماید. لرزه‌نگارهای پیشرفته‌ای که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرند، از اصل حرکت آونگی استفاده می‌کنند اما،

این آونگ در یک سیم‌پیچ قرار گرفته است و هنگام حرکت زمین، در آن نیروهای القایی ایجاد می‌شود، که این نیروهای القایی با مشتق زمانی جابه‌جایی حرکت زمینی متناسب است. [۳]

۱.۳. واحدهای اندازه‌گیری

ریشتر توسط چارلز ریشتر در سال ۱۹۳۵ ارائه شد و از لگاریتم اندازه‌ی بزرگ‌ترین دامنه‌ی امواج ثبت شده در یک لرزه‌نگار به دست می‌آید. بزرگی زمین‌لرزه با واحد ریشتر مبین میزان امواجی است که از زمین منتشر می‌شود و نشان‌دهنده‌ی اندازه‌ی ذاتی زمین‌لرزه است. شدت زمین‌لرزه با مقیاس مرکالی میزان خرابی‌های به وجود آمده را مشخص می‌کند و به ساخت و ساز نیز بستگی دارد. ممکن است دو زمین‌لرزه با بزرگی‌های یکسان در مناطق مختلف شدت‌های متفاوتی را باعث شوند. [۳]

۴. مقاوم‌سازی

مقاوم‌سازی به منظور بهبود عملکرد یک سازه (ساختمان) در برابر نیروهای وارده (نیروهای زمین لرزه) به آن است. راه‌کاری متعددی تاکنون برای این مسئله ارائه شده است. اجرای این روش‌ها بر روی ساختمان، به شرایط گوناگونی از جمله نوع سازه، اهمیت سازه، زمان لازم، هزینه‌ها و ... بستگی دارد. از راه‌کارهایی که تا به امروزه مورد استفاده قرار گرفته است، می‌توان استفاده از بادبندهای فولادی، مقاوم سازی سطح عضو، زره‌پوش کردن ستون، و جداسازی لرزه‌ای نام برد.

جداسازی لرزه‌ای روش نوین و توسعه‌یافته‌ای در زمینه مقاوم‌سازی است، که بر اساس استهلاک انرژی کار می‌کند. در این روش، استفاده از میراگرها نقشی اساسی دارد. میراگرها انواع مختلفی دارند، که از بین آن‌ها می‌توان به میراگر فولادی، ویسکوز، ویسکوز الاستیک، و میراگر هیدرولیک اشاره کرد.

به غیر از میراگرها، ایزولاسیون تکیه‌گاه بخش مهمی از جداسازی لرزه‌ای را شامل می‌شود. [۴] و [۵]

۱.۴. ایزولاسیون تکیه‌گاه^۲

ایزولاسیون تکیه‌گاه، یک روش پیشرفته برای جلوگیری یا کاهش تخریب ساختمان‌ها در حین زلزله است. در ساختمان‌های زیادی در کشورهای نیوزلند، هند، ژاپن، ایتالیا، و آمریکا از این تکنولوژی بهره گرفته‌اند. ساختمان‌هایی که مستقیماً روی زمین قرار گرفته‌اند همراه با هرگونه لرزش زمین حرکت می‌کنند و منجر به خسارات گسترده‌ای می‌شوند.

^۲ Base Isolation

وقتی یک ساختمان ایزوله شده روی برینگ‌های انعطاف‌پذیر یا پدهایی که به عنوان ایزولاسیون شناخته می‌شوند، در حین زلزله به مقدار کمی حرکت می‌کنند.

سیستم ایزولاسیون مانند سیستم تعلیق ماشین، کار می‌کند که به ماشین اجازه می‌دهد (بدون پرتاب شدن اجزای ماشین) روی زمین ناهمواری حرکت کند. سیستم ایزولاسیون می‌تواند در سازه‌های آجری و سنگی و یا بتن‌های تقویت‌شده توانایی تحمل زلزله را ایجاد کند.

یکی از اولین سازه‌ها که از این تکنولوژی استفاده کرد، ساختمانی به نام ویلیام کلایتون در ۱۹۸۲ در نیویورک بود.

اجزای اصلی ایزوله‌کننده‌ها:

- هسته سرب

- اجزای لاستیکی

- اجزای فولادی

هسته سرب به خاطر ویژگی پلاستیکی خود انتخاب شده است. اگرچه ممکن است در حین زلزله تغییر شکل داشته باشد، اما به شکل اصلی خود برمی‌گردد و می‌تواند بارها تغییر شکل دهد. اگرچه، ممکن است در حین زلزله، هنگامی که سرب تغییر می‌کند انرژی جنبشی به انرژی حرارتی تبدیل شود.

اجزای لاستیکی با انعطاف‌پذیری خود باعث حرکت ساختمان می‌شوند، اما آن را به موقعیت خود برمی‌گرداند. در پایان زلزله اگر یک ساختمان به محل اصلی خود برنگردد لاستیک آن را به آرامی برمی‌گرداند و حتی ممکن است ماه‌ها طول بکشد، اما سرانجام به محل اصلی خود برمی‌گردد.

اجزای فولادی یا لایه‌های فولادی در میان لاستیک به این معنا است که بیرینگ می‌تواند در یک مسیر افقی حرکت کند ولی در جهت عمودی سفت است. [۶]

نتیجه‌گیری

زمین لرزه، لرزش ناگهانی و عظیم پوسته ی جامد زمین است. این لرزش ناشی از آزاد شدن انرژی درونی زمین و فشار بیش از حد طبقات درون سنگ‌هاست. از آنجایی که زمین لرزه یک پدیده‌ی طبیعی است و به صورت آماري رخ می‌دهد، بشر از دیرباز در پی اختراع دستگاهی برای ثبت زمین لرزه بوده است و این تلاش منجر به اختراع دستگاه‌های متنوع شده است. به خاطر اینکه احتمال پیش‌بینی زمین لرزه ضعیف است، نیاز به یافتن راه‌هایی برای مقابله نیاز است. در حال حاضر راه‌های مقابله با زمین لرزه پیشرفت‌های قابل توجهی داشته-

اند. از جمله راه‌های کاربردی، استفاده از تکنولوژی ایزولاسیون تکیه‌گاه است، که با توجه به هزینه مناسب و کارایی بالا، یکی از مناسب‌ترین روش‌های مقاوم‌سازی است.

منابع و مراجع

[1]. <http://en.wikipedia.org/wiki/earthquakes>

[2].

http://ansatte.uit.no/webgeology/webgeology_files/persian/earthq_pe_08.swf

[3]. <http://www.tebyan.net/newindex.aspx?pid=42522>

[4]. http://en.wikipedia.org/wiki/Vibration_control

[5]. [http://www.omran-](http://www.omran-mb.com/index.php?option=com_helloworld&NO=10&ROW=11&PS=89&PN=4&PAPER)

[mb.com/index.php?option=com_helloworld&NO=10&ROW=11&PS=89&PN=4&PAPER](http://www.omran-mb.com/index.php?option=com_helloworld&NO=10&ROW=11&PS=89&PN=4&PAPER)

[6]. <http://www.sciencelearn.org.nz/Contexts/Earthquakes/Looking-Closer/How-do-base-isolators-work>

