

محافظت در مقابل زلزله

EARTHQUAKE PROTECTION

بخش تحقیقات و مطالعات

به کوشش: سعید شیبیدی

ندا کامران پور

زمستان ۱۳۷۱



RAH SHAHR

مهندسين مشاور معمار و شيرساز و عمران آب Architects, Urban Design & Hydraulic Consultants

پیشگفتار

بشر از دیرباز در معرض قهر طبیعت بوده و آموخته که با خوف و هراس آن زندگی کند هرچندکه همواره در حال کوشش بوده تا براین عوارض طبیعی فائق آمده و آنها را مقهور هوش و ابتکار خود نماید. وی توانسته است بعضی از این عوارض را مرتفع نموده و از بعضی دیگر اجتناب نماید برای مثال با احداث سد و مسیل توانسته است جریان رودخانه و سیل را کنترل و یا منحرف کند و یا با ایجاد سکونتگاه در دشتها خود را از خطرات آتشفشانها مصون نگاه دارد ولی تنها موردی که موفق به مهار و یا کنترل آن نشده، مسئله زمین لرزه است که تا کنون چندین مرتبه نه تنها دستاوردهای وی بلکه خود او را نیز دستخوش تهاجم و نابودی قرار داده است.

مراجعه به سوابق تاریخی و باستانشناسی حاکی از این است که در طی دوران مختلف، زمین بارها در معرض زلزله قرار گرفته و چه بسیار روستاها و حتی شهرها که یکباره ویران گشته و از صحنه روزگار محو شده اند. بر همین اساس بشر چه بصورت انفرادی و چه بصورت تشکیلاتی و سازمانی همواره در جستجوی راه حلی برای تخفیف عوارض زلزله بوده و به راه‌های نیز نائل شده است که هرکدام کم و بیش در حل مشکلات مؤثر بوده اند ولی تا یافتن راه حل نهایی مسئله که نه جلوگیری از وقوع زلزله، بلکه یافتن راه حلی برای تخفیف ویرانیهای ناشی از آن است، راه بسیاری باقی است.

تأثیر این موضوع برسرنوشت انسان، بخش تحقیقات و مطالعات این مهندسين مشاور را بر آن داشت تا نتیجه ابتکارات

تکنولوژیک در مورد تخفیف آثار زلزله را که تحت مقاله ای در نشریه 'INTERNATIONAL CONSTRUCTION' مورخ آگوست ۱۹۹۲ به چاپ رسیده بود ترجمه و منتشر نماید تا متخصصان و مهندسان کشور بیش از پیش با کوششی که در جهان مصروف این مهم می گردد آشنا شوند .

مطالب مندرج در این مقاله ، نگاهی بر گذشته ، حال و آینده پیشرفتهای انجام شده در زمینه 'محافظت از ساختمانها با استفاده از غلتکهای لاستیکی از دیدگاه "انجمن تحقیقات تولید کنندگان لاستیک مالزی" (MRPRA) ، پلی تکنیک بریستول - انگلستان ، V.A. CONVEY ، K.N.G FULLER و A.G. THOMAS است که تقدیم حضور می گردد .

سعید شهیدی

مدیربخش تحقیقات و مطالعات

محافظت در مقابل زلزله

اساس جداسازی پایه^۲ ساختمان از زمین ، برای حفاظت درمقابل زلزله ، ساده است : ساختمان از حرکات ولرزه های زمین جدا می شود . تبدیل این مفهوم به سیستمهای عملی و قابل اطمینان ، نتیجه دهها سال کوشش است .

حتی تا ۱۵ سال قبل ، جداسازی پایه^۲ ساختمان از زمین برای مقابله با زلزله برای بعضی افراد ، رویایی خارق العاده بنظر می رسید ، اما امروزه بعنوان تنها راه حل ممکن برای بعضی از ساختمان ها و نیز انتخابی جذاب برای طیف گسترده ای از انواع دیگر ساختمانها است .

این سیستم ، در ساختمانهای جدید و همچنین ساختمانهای موجود در آمریکا، ژاپن و اروپا مورد استفاده قرار گرفته است . در بیشتر این سیستمها ، لاستیک طبیعی نقش اول را ایفاء می کند .

تاریخچه و توسعه

ایده^۲ جداسازی پایه^۲ ساختمان از زمین بیش از يك قرن پیش بوجود آمد ، ولی بیشتر طرحهای پیشنهاد شده دارای اشکالاتی بودند که آنها را غیر قابل اجراء می نمودند .

اولین نمونه^۲ موفق جداسازی پایه^۲ ساختمان ، بصورتی طراحی شده بود تا از بیشتر تاثیرات و ارتعاشات زمینی

بکاهد و هم اکنون ۲۵ سال تجربه در زمینه استفاده از غلتک لاستیک طبیعی پوشش دار، برای جداسازی ارتعاشی ساختمانها وجود دارد . این نوع استفاده از لاستیک در لندن و نیز دیگر شهرهای اصلی انگلستان بسیار رواج یافته است .

اکنون حتی تجربه بیشتری در استفاده از لاستیک طبیعی در غلتکهای ورقه ای وجود دارد :

غلتکهایی که بصورت تولید انبوه طراحی شده اند ، در حدود ۴۰ سال است که در انگلستان مورد استفاده قرار می گیرند و تجربه استفاده از بالشتکهای باربرازجنس لاستیک طبیعی درپلها ، بیش ازیک قرن سابقه دارد . عمرمفید این غلتکها که در زیر ساختمانها قرار می گیرند ، ممکن است حتی از عمر مفید ساختمان نیزبیشترباشد.

تجربیات اجرائی، تئوریا و تستهای آزمایشگاهی نشان می دهند که می توان این انتظاررا داشت که غلتکهای لاستیک طبیعی پوشش داری که بطور مناسبی طراحی گشته اند ، برای ۱۰۰ سال یا بیشتر بطور صحیح عمل نمایند . البته مواد اولیه ای با کیفیت بالاوطراحی وتولید خوب نیزاز ضروریات این امر می باشند .

MRPRA ، نقش اول را در حفظ استانداردهای ملی و بین المللی داشته و دارد و فرمولاسیون و جزئیات کاملی از کاربرد ۴۵ نوع لاستیک طبیعی را که مصارف مهندسی دارند ، منتشرنموده است .بدنبال موفقیت جداسازی ارتعاشی پایه ساختمان از زمین در ساختمانها ،

MRPRA، کاربرد زمینه جداسازی زلزله ای پایه ساختمان از زمین را در ابتدای دهه ۱۹۷۰ آغاز نمود .

روشن گردید که موارد لازم برای سیستم جداسازی پایه ساختمان از زمین ، در بیشتر نواحی برای ساختمانهایی که در خاکهای سخت واقع شده اند ، به شرح زیر بودند :

- الف - فرکانس طبیعی افقی کم ، $0/5$. هرتز یا کمتر.
- ب - تخفیف میزان لرزش تا سطحی معادل ۱۰ الی ۲۰٪ از مقدار بحرانی آن .
- پ - فرکانس طبیعی عمودی ، به اندازه ای که مانع از حرکت ساختمان در طی زلزله شود .
- ت - ترجیحاً وجود يك عامل ثابت بادبندی برای جلوگیری از حرکت ساختمان در مقابل بادهای شدید .
- ث - کمترین میزان انتقال فرکانس ، مطلوبترین حالت برای بسیاری از انواع ساختمانها می باشد .
- ج - قابلیت اطمینان و احتمالاً سادگی سیستم ، مهمترین عامل می باشد . سیستم باید دارای خصوصیات و یا تجهیزات مطمئن باشد و یا اینکه ضریب ایمنی آن در مقابل جابجائی ناشی از شدیدترین زلزله ، بالا باشد .

در آن زمان ، تنها تعداد بسیار کمی طرحهای جداسازی پایه^۶ ساختمان وجود داشت و بنظر می رسید که همه^۶ آنها دچار نقص و کمبودهایی بودند ، بنابراین MRPRA برنامه هایی برای ایجاد سیستمی که کاملاً قابل اجرا باشد آغاز نمود. این برنامه شامل

کارهای زیر می شد :

الف - بهبودهایی در زمینه درک ویژگیهای مقاومتی و سختی

غلتکهای لاستیکی پوشش دار .

ب - مطالعه دلایل عدم موفقیت دیگر غلتکهای لاستیکی

پوشش دار .

پ - اجرای تستهای میز لرزنده (ویبراتوری) برمدلهای

ساختمانی با پی های عادی و همچنین جداسازی شده .

ت - ایجاد فرمولاسیونهایی برای لاستیک ، جهت ایجاد

ویژگیهای مناسب .

ده سال بعد از آغاز برنامه، کنفرانسی در مورد جداسازی پی

ساختمان ها در کوالالامپور، یعنی جایی که مقر اصلی تحقیقات و توسعه

لاستیک مالزی (MALAYSIAN RUBBER RESEARCH AND DEVELOPMENT BOARD)

است ، برگزار گردید . در طی کنفرانس ، اولین پروژه های مربوط به

جداسازی پی ها بعلاوه پیشرفتهای حاصله بتوسط MRPRA توضیح

داده شدند .

بدنبال این ، از MRPRA دعوت شد تا فرمولاسیونهای لاستیکی

را تهیه و نیز غلتکهای طرح نمایند تا پی های ساختمان

FOOTHILL COMMUNITIES LAW and JUSTICE CENTRE در سنت

برنادینو (کالیفرنیا) را جدا سازی نماید . این ساختمان که جایگاه ابزار

مهم کامپیوتری است ، تنها ۱۸ کیلومتر از SAN JACINTO و ۲۲ کیلومتر

از SAN ANDREAS فاصله دارد .

این پروژه بسیار مشکلی بود چرا که ترکیب ساختمانی بلند و نسبتاً باریک و طراحی برای مقابله با زلزله هایی بسیار شدید ، بدین معنا بود که غلتکها باید توانایی جابجائی تا ۳۸۰ میلیمتر را داشته باشند . برای تأمین چهار چوب مطمئنی در مورد کیفیت غلتکها، از استاندارد غلتکهای پل ها استفاده شد .

استانداردهای غلتکهای پل چنین بودند :

حداقل شرائط لازم برای لاستیک ، شامل قدرت ، مقاومت در مقابل سایش و کریستالیزه شدن در دمای کم ، پیوند لاستیک به آهن و ساختمان غلتک و اینکه غلتک نباید تحت تنش قرار گیرد ، می باشد .

طرحهای مختلفی از غلتکهای لاستیکی و روشهای پخت لاستیک در پروژه مورد استفاده قرار گرفتند و نه تنها به میزان زیادی از شدت لرزش (صرفنظر از میزان دما) کاسته شد ، بلکه لاستیک نیز بطور قابل قبولی در مقابل نیروهای ضعیف، مقاوم گشت بطوریکه دیگر نیاز به استفاده از بادبند نبود .

پروژه Foothill Communities Law and Justice Centre

بطور موفقیت آمیزی با استفاده از غلتکهای لاستیک طبیعی که لرزش را به میزان زیادی تخفیف می دادند ، تکمیل شد .

این اولین ساختمان در آمریکا بود که پی های آن از زمین جداسازی شده بود و غلتکها، هم اکنون در زیرزمینی که بدین منظور روشن و نورانی شده، برای بازدید عموم به نمایش گذاشته شده اند. حتی قبل از اینکه این ساختمان بطور رسمی افتتاح گردد، توانسته بود یک لرزش ۴/۹ ریشتری را در سال ۱۹۸۶ پشت سر بگذارد.

روشهای موجود برای جداسازی پی های ساختمان

غلتکهای لاستیک طبیعی که دارای قدرت تخفیف دهندگی زیاد در مقابل لرزشها می باشند، تنها سیستم موجود برای جداسازی پی ساختمانها نیستند. می توان از غلتکهای لاستیکی با قدرت کم که دارای قطعاتی هستند که لرزش را به میزان زیادی تخفیف می دهند نیز استفاده نمود که این تجهیزات می توانند درونی و یا بیرونی باشند. مانند غلتکهای لاستیکی - سربی.

غلتکهای لاستیکی پوشش دار، با هسته مرکزی سربی، از اهمیت ویژه ای در حفاظت پلها در مقابل زلزله برخوردارند.

اخیراً سیستمهای لغزنده و یا سیستمهای مرکب الاستومر/لغزنده (ELASTOMER / SLIDER) نیز عرضه شده و در تعدادی پروژه نیز مورد استفاده قرار گرفته اند.

شاید هنوز دادن نقش قطعی به انواع مختلف روش های موجود جداسازی پی ساختمانها زود باشد ولی بنظر می رسد سیستمهایی که

دارای لغزندگی هستند برای مناطقی که در آنها پیش بینی زلزله های درازمدت می شود ، ارجحیت داشته باشند در حالیکه غلتکهای لاستیکی - سربی برای مناطقی که در آنها جابجایی باید بسیار محدود باشد (مانند پلها) ، بسیار مناسبتر هستند .

بهرحال همیشه باید در نظر داشت که در استفاده از سیستمهایی که شامل لغزندگان و تخفیف دهندگان شدت لرزش می باشند ، اشکالاتی نیز در کنار مزیت ها وجود دارد. مشکلات تنها به دلیل مسائل مالی نیستند ، بلکه پیچیدگی ها و نیز انتقال حرکت های فرکانس بالا به سازه "جداسازی شده " نیز از دیگر عوامل مشکل زا محسوب می شوند.

جداسازی پی ساختمان ها ، بوسیله غلتکهای لاستیک طبیعی که دارای قدرت زیادی در لرزش هستند، چند مزیت دارد . به شرط آنکه مراقبت ویژه در رابطه با فرمولاسیون ، طراحی و تولید غلتکها بعمل آید ، می توان قابلیت اطمینان بلند مدتی را انتظار داشت که این در اثر سادگی طرح خواهد بود .

برای ساختمانهایی که اهمیت بسیار دارند، طرح تخفیف دهنده ای که از لاستیک طبیعی، برای انتقال میزان کمی از فرکانسهای بالا استفاده می کند ، دارای مزیت های بسیاری است .

نهایت جابجایی و حالات مختلف عدم کارایی

اتفاقات مختلفی را که می‌توانند منجر به عدم کارایی گردند، باید هنگام انتخاب مواد و همچنین طراحی غلتکهای لاستیک طبیعی که دارای توان زیاد در تخفیف لرزش می‌باشند، در نظر گرفت:

الف - عدم کارایی صفحات آرماورها در اثر نیروهای فشاری شدید.

ب - عدم کارایی چسب مورد استفاده بین لاستیک و آرماورها در اثر تنشهای ایجاد شده فی مابین آنها.

پ - عدم چسبندگی خود لاستیک در اثر نیروهای هیدرواستاتیکی.

ت - عدم چسبندگی خود لاستیک در اثر نیروهای برشی.

ث - بیرون غلتیدن در اثر جابجائیهای نسبتاً شدید افقی غلتک در مواردی که بوسیله پین به سازه متصل می‌گردند.

ج - خمیدگی در اثر نیروهای شدید (ممکن است همیشه موجب عدم کارکرد نشوند).

تجربه و اطمینان زیادی نسبت به ترکیبات لاستیکی، در طی بیش از یک قرن گذشته ایجاد شده است. همانند دیگر کارهای تکنولوژیکی، معلوم گشته که باید توجه لازم را در تجزیه و تحلیل نتایج تستهای آزمایشگاهی در رابطه با کارایی مبدول نمود.

سرعت در فرسودگی، یکی از مواردی است که نکات بالا در مورد آن صادق می‌باشند، همچنانکه این موارد برای گسیختگی در پیوندها نیز صدق می‌کنند. تستهای آزمایشگاهی که بر روی

پیوندهای لاستیک به فلز صورت گرفته اند، تقریباً همیشه منتج به عدم کارایی در چسبندگی مولکولی می شوند (یعنی عدم کارایی در خود لاستیک) . عدم کارایی ترکیبات لاستیکی فنی، بندرت روی می دهد ولیکن وقتی چنین اتفاقی بیفتد، بخش قابل ملاحظه ای از آنها مربوط به چسب هستند تا چسبندگی مولکولی . در مورد غلتکهای بزرگ ، باید دقت زیادی نمود تا بر روی ناحیه اتصال نسبتاً وسیع آنها، پیوند مناسب و خوبی بدست آید .

پیچ نمودن غلتکها ، براتصال آنها بوسیله پین ارجحیت دارد، چرا که امکان جابجایی بیشتری بدون بیرون غلتیدن ، ایجاد می شود، البته بدین ترتیب ، احتمال گسیختگی پیوند ، افزایش می یابد.

نه بیرون غلتیدن و نه قابلیت گسیختگی محدود، هیچکدام الزاماً منجر به عدم کارایی سیستم نمی شوند، هرچند که هیچیک مطلوب نیستند و ممکن است در نهایت مشخص شود که بهتر است غلتکها را بوسیله اتصالات مرکزی که قابلیت انتقال تنش را دارند ، متصل نمود .

بدین ترتیب می توان مانع از بیرون غلتیدن شده و امکان گسیختگی پیوند را به حداقل رساند .

نیروی برشی

تك لایه های لاستیک طبیعی ، قابلیت مقاومت در مقابل نیروهای برشی راتا میزان زیادی دارند . بهر حال هنگامی که میزان کشش