پایدارکننده چرخشی ویسکوز جهت سازه های مدفون در مقابل بارهای دینامیکی با تلفیق میرا کننده محیط ژله ای و پلاسما

* کاوه استاد عسکری

*نویسنده مسئول kaveh_oaa@yahoo.com

چکیده:

محققین دفتر تحقیقات مرکز ملی مقاوم سازی ایران با انجام پروژه ای تحقیقاتی موفق به ابداع و تکمیل روش قبلی ارائه شده توسط همین محققین برای میراکردن بارهای دینامیکی، بالاخص بار ناشی از انفجار شدند. ابداع پایدارکننده های چرخشی ویسکوز جهت سازه های مدفون در مقابل زلزله و بارهای دینامیکی با تلفیق میرا کننده لرزه ای با محیط ژله ای و پلاسما می تواند در طرح های پدافند غیر عامل کشور و جهت مناطقی که بیشترین خطر بروز آسیب از ناحیه پراکنش های منطقه ای دارند به کارگیری شود. در این مقاله که جمع بندی از این طرح می باشد به صورت مختصر راهکار به کارگرفته شده و نتایج حاصله ارائه گردیده است.

واژگان کلیدی: مقاوم سازی، خاک، موج انفجار، پلیمر، میکروشمع، زلزله

۱- مقدمه

با توجه به سوابق لرزه خیزی کشور و همچنین نحوه احداث بناها کشور در سالهای گذشته و همچنین داشتن پتانسیل بالا در اکثر شهرهای پر جمعیت کشوربرای وقوع زلزله، لازم است مسئله مصون سازی جامعه از آثار زلزله به طور جدی مورد توجه قرار گیرد. نابودی سرمایه های ملی و انسانی بر اثر زلزله های مخرب، لزوم توجه به مقاوم سازی ابنیه و ساختمانهای موجود را اجتناب ناپذیر می کند. در چند دهه اخیر تحقیقات زیادی در زمینه مهندسی زلزله صورت گرفته است. همگان اعم از کارشناس و غیر کارشناس به این باور رسیده اند که تأمین ایمنی لرزه ای ساختمان های موجود باید درالویت برنامه های کلان کشور قرارگیرد.

از جمله روش هایی که در کشورهای مختلف جهت مقابله با تهدیدات ناشی از موج و قدرت تخریبی زلزله ها و انفجارات صورت گرفته، به کارگیری سازه های بتنی، سازه های مرکب، دیواره حائل، حفاظ های بتنی، سازه های مجازی و موارد مشابه می باشد. در این پژوهش سعی شده است با ابداع روش جدیدی در بهبود رفتار و در جهت ایمن سازی پناهگاه های امن کشور و نقاط حساس و سازه های خاص اقدام گردد.

۲- سوابق گذشته

محققین براساس مطالعاتی که بر روی اثرات زمین لرزههای اخیر مانند زمین لرزه Northridge آمریکا در سال 1996 انجام دادند مشاهده کردند سازه هایی که با آئین نامه های متداول طراحی شده اند از لحاظ تأمین امنیت و سلامت جانی عملکرد خوبی دارند اما میزان خسارت وارد بر این سازه ها (بخصوص سازه هایی مثل بیمارستان و مراکز درمانی که کارآئی آنها با اهمیت است) بالا بوده و از لحاظ اقتصادی تعمیر و مرمت آنها توجیه ندارد. آئین نامه های طراحی کنونی سازه ها در برابر زلزله عمدتاً با هدف کاهش تلفات جانی ناشی از زلزله تدوین شده اند و تجارب حاصل از زلزله های اخیر نیز نشان دهنده کارآمدی آنها در زمینه کاهش تلفات ناشی از زلزله است. ولی زلزله های بزرگ سالهای اخیر نشانگر آنست که میزان خسارت های سازه ای و غیرسازه ای در برخی موارد بسیار شدید بوده و خسارات مالی سنگینی را به دنبال داشته است.

با توجه به تعداد و گستردگی سازه های آسیب پذیر در برابر زلزله در سطح کشور بودجه و زمان بسیار زیادی لازم است تا تمامی این سازه ها نوسازی و جایگزین شوند. لذا مقاوم سازی سازه های موجود با تدابیری که حداقل هزینه و حجم مصالح و زمان را نیاز داشته باشد، تنها و بهترین راه حل جهت جلوگیری از فجایع و مصیبت های آتی است.

سازه های مدفون مانند نیروگاه سدها که در تونل قرار دارند، به واسطه آن که یکی از عناصر مهم در شریان های حیاتی هستند، باید به گونه ای طراحی شوند که در مدت زلزله و بعد از آن هم بتوانند عملکرد خود را داشته باشد. بنابراین دستیابی به روش یا روش هایی جهت بهسازی لرزه ای سازه های مدفون که در برابر زلزله به اندازه کافی مقاوم نیستند، می تواند بسیار مهم باشد.

۳- بعضی مفاهیم

اصطلاحات و مفاهیم مختلف در ارتباط با ارتقاء سطح لرزه ای و مقاوم سازی ساختمانها به کار برده می شوند اما تعاریف واحد و کاملاً مشخصی برای آنها ارائه نشده اند. ذیلا" تعریف بعضی از کلمات کلیدی به اختصار ارائه می گردد.

مقاوم سازی: تجدید یا جایگزین کردن عنصری نو در قسمتی از ساختمان موجود جهت بالا بردن ظرفیت سازه ای نسبت به ساختمان اصلی به طوری که عملیات انجام شده باعث می شود مقاومت وشکل پذیری ساختمان تقویت شده، نسبت به ساختمان اولیه بالا رود.

ترمیم: تجدید و یا جایگزین کردن قسمتی نو در ساختمان خسارت دیده و یا رو به زوال رفته، جهت بدست آوردن سطح مقاومت و یا شکل پذیری برای ساختمان قبل از خسارت دیدگی.

دوباره مدل کردن: تجدید و یا جایگزین کردن قسمتی نو در ساختمان موجود که صاحب ملک بخواهد کاربری آن را عوض کند.

بهسازی:شامل مقاوم سازی، ترمیم و دوباره مدل کردن می شود.

توان بخشی: تجدید و یا جایگزین کردن قسمتی نو در ساختمان خسارت دیده جهت دستیابی به همان سطح بهره برداری که ساختمان قبل از خسارت دارا بوده است.

بازسازی: بازسازی ساختمانها در یک منطقه مشخص اکثرا جهت بناهای تاریخی بکار می رود که شامل ترمیم ومقاوم سازی می شود.

به منظور بهبود رفتار لرزه ای ساختمانها در برابر نیروهای زلزله لازم است ظرفیت لرزه ای ساختمان موجود و ظرفیت لرزه ای مورد نیاز برای تقویت تخمین زده شود وچگونگی رسیدن به ظرفیت مورد نیاز مشخص شود.

۴- هدف از مقاوم سازی ابنیه زیر زمینی

یکی از اساسی ترین کارکردهای مقاوم سازی در ساختمان های ایمن حفاظت از آن ساختمان در برابر بارهای احتمالی می باشد. مواردی چون شدت آسیب پذیری، هزینه مالی و مقدار عملیات مورد نیاز شاخصه های اصلی در مقاوم سازی ابنیه بخصوص ابنیه زیر زمینی می باشد، جهت دستیابی به این شاخصه ها، می توان هر کدام را به شرح زیر بسط داد:

-آسیب پذیری: آسیب پذیری عبارت است از مقدار آسیب پذیری سازه در برابر زلزله و اهمیت آن سازه. به عنوان مثال هرچه ساختمانی مهمتر یا آسیب پذیرتر باشد، نیاز به ایمن سازی مؤثرتر، بیشتر احساس می‌شود.

-هزینه مالی: صرف هزینه مالی تا جایی معقول و بهینه است که ارزش هزینه صرف شده برای حراست ساختمان با توجه به تجهیزات موجود در آن و کارکرد آن ساختمان در مواقع مختلف برابر باشد.

-مقدار عملیات مورد نیاز: در بعضی مواقع هزینه از اهمیت کمتری برخوردار بوده و امکان انجام مقاوم سازی به دلایلی نظیر زمانبری زیاد و عدم وجود امکانات غیر ممکن است. لذا با توجه به قابل اجرا شدن مقاوم سازی، طرح تهیه گردد.

۵- روش های متداول مقاوم سازی سازه های مدفون

در این چند ساله مقاوم سازی سازه های مدفون مورد توجه خاصی قرار گرفته است. طرح های مختلفی برای مقاوم سازی سازه های مدفون در مقابله با زلزله وجود دارد. البته هر یک دارای خصوصیات و روش های خاص خود هستند. ولی یکی از مشکلات این طرح ها

هزینه های سنگین آنها می باشد. که اغلب با افزایش عمق همراه است. از آنجایی که امواج زلزله بخش و کاهش انرژی است. لذا افزایش عمق، تا حدودی ایمنی را افزایش می دهد. در مقابل استفاده از این راه، باعث کاهش بهره برداری سازه در شرایط بهره برداری و افزایش هزینه ساخت می شود. از سوی دیگر لایه های مختلف زمین، بخشی از امواج زلزله را که به فرکانس طبیعی لایه نزدیکتر است تقویت می کند و عدم توجه به این مطلب در هنگام طراحی، خسارت های جبران ناپذیری را به همراه دارد. به دلایل اقتصادی عموما تدابیر فوق الذکر در سازه های مدفون، به طور کامل لحاظ نمی شود. از طرفی با عنایت به خطرات ناشی از زلزله و انفجارات، مهندسین سعی در یافتن روش های جایگزین کم هزینه و سهل الاجراتری برای مقاوم سازی و ایمن سازی سازه‌ها داشته‌اند.

این مطلب قابل ذکر است که مطالعات آزمایشگاهی روش های مقاوم سازی در برابر انفجار نسبت به زلزله کم خرج تر و امکان پذیر تر است. (اغلب از ارتعاشات انفجاری جهت بررسی خواص زمین لرزه ای سازه های مختلف بهره گیری می شود)

۵-۱- اثر موج در خاک

خواص امواج زلزله با عبور از محیط های مختلف دگرگون می گردد. فرکانس های بالا بسرعت میرا شده و فرکانسهای پایین تا مسافتهای دورتر پایدار می مانند. از سوی دیگر لایه های مختلف زمین بخشهایی از طیف فرکانس را که به فرکانس طبیعی لایه نزدیکتر است تقویت می کنند. در صورتی که لایه هایی در زمین وجود داشته باشند که فرکانس آنها از طیف اصلی فرکانس لرزه، دورتر باشد موج تقویت نشده و مستهلک می شود. لذا جنس خاک پی نقش مهمی بر مستهلک نمودن موج و انرژی و در ضمن پایداری سازه در اثر نیروهای استاتیکی و دینامیکی دارد.

۵-۱-۱- استهلاک موج

افزایش ضریب استهلاک موجب کاهش نیروهای زلزله در زمین می شود.

$$\zeta = E / \mu . w$$

W فرکانس زاویه ای

E ضریب ارتجاعی مصالح

μ ضریب اصطکاک

ضریب استهلاک در مصالح خاکی متفاوت است و می تواند بین ۱۰ تا ۲۰ متغیر باشد که ناشی از عوامل مختلفی می باشد که عبارت است از:

۱. رفتار پسماند
۲. اصطکاک ناشی بین ۲ سطح سازه و خاک
۳. لزجت داخلی ذرات – اصطکاک – تخلخل بین ذرات و مقاومت خارجی آب در ذرات خاک

در خاک های دانه ای استهلاک ناشی از اصطکاک از عوامل دیگر مهمتر است. این مطلب هم قابل ذکر است که عبور موج در محیط متخلخل همراه با توزیع انرژی است (که این امر در طرح پیشنهادی مورد توجه قرار گرفته است).

۵-۱-۲- بار گذاری زلزله بر سازه

این مطلب قابل ذکر است که مطالعات آزمایشگاهی روش های مقاوم سازی در برابر انفجار نسبت به زلزله کم خرج تر و امکان پذیر تر است اغلب از ارتعاشات انفجاری جهت بررسی خواص زمین لرزه ای سازه های مختلف بهره گیری می شود .

رفتار یک ماده منفجره بر یک سازه، عموما با کمک ۲ عنصر مهم مطالعه می‌گردد:

۱-اندازه قدرت انفجار، که با TNT سنجیده می شود.

۲-فاصله منبع انفجار تا هدف

فشار امواج حاصل از انفجار پس از گذشت از بازهٔ زمانی انفجار به صورت تصاعدی کاهش می یابد. طبق آزمایشات انجام شده، این فشار مثبت حتی می تواند به فشار منفی تبدیل گردد که در این صورت تشدید خرابی را به همراه خواهد داشت. زیرا در اثر این فشارهای منفی سازه، در معرض نیروهایی در جهت مخالف قرار می گیرد. با رخ دادن انفجار، (با قدرت معین بر حسبTNT)، در سطح زمین یا نزدیک به آن، حداکثر فشار حاصله از این انفجار کروی به صورت تابعی از فاصله نسبت به منبع گسترش دهنده نزول می کند.

وقتی که موج زلزله یا انفجار به سازه می رسد، سازه در معرض فشار بازتاب و نتایج بارگذاری، که ممکن است بسیار پیچیده باشد، قرار می گیرد. هر چند که این بارگذاری بسیار پیچیده است ولی باز هم موج انفجار بر اساس بارگذاری قابل محاسبه می باشد.

موج زلزله که قبل از برخورد به صورت فشاری بوده، پس از برخورد و انعکاس تبدیل به موج کششی می شود. بیشترین آسیب به ساختمان در اثر این موج کشش است (مراجعه به قسمت اثر موج زلزله بر بتن).

۵-۳- اثر موج زلزله بر بتن

امواج زلزله در قسمتهای مختلف دیوارهٔ سازه منتشر شده و پس از رسیده به سطوح آزاد دیواره ها منعکس شده و پراکنده می شوند. این امواج که قبل از برخورد به صورت فشاری بودند، پس از برخورد و انعکاس تبدیل به موج کششی می شوند. انعکاس موج تنش در بدنهٔ سازه های بتن آرمه باعث به وجود آمدن پدیده ای به نام قلوه کن شدگی می گردد که به عنوان یکی از عوامل مخرب سازه های امن ساخته شده از بتن به شمار می رود. برای مقابله با این پدیده چند روش مورد استفاده قرار می گیرند. در روش ارائه شده برای این مورد راحلی ارائه شده است.

۶ - راهکار پیشنهادی برای سازهای مدفون در برابر زلزله

در هنگام ارائه راهکارهای جدید برای مقاوم سازی زلزله ای و یا انفجاری سازه، باید موارد متعددی در نظر گرفت که اهمیت آن سازه در جای نخست قرار دارد. یکی از سازه های بسیار مهم در هر کشور مراکز زیر زمینی نظامی و یاغیر نظامی می باشد که اصطلاحا به آن سازه های امن گفته می شود. هرچند هزینه مصرفی در جهت مقاوم سازی این سازه ها ممکن است بسیار زیاد باشد، ولی با توجه به کاهش خسارت های مالی و جانی که در صورت بروز حادثه رخ می دهد، قابل توجیه است.

لذا با توجه به مطالب بالا به کار بردن روش های نوین مقاوم سازی جهت ایمنی و کم هزینه شدن مقاوم سازی سازه های امن ضرورت دارد. برای مقاوم سازی این گونه سازه ها، نیازمند به راهکار های بهینه می باشد، لیکن قبل از ارائه روش پیشنهادی باید مطالبی در مورد مواد و مصالح که در این زوش استفاده شده است ذکر کرد

۶ -۱- مواد کامپوزیت پلیمری (FRP)

این مواد بطور کلی ترکیبی از دو ماده الیاف و رزین می باشند که در آن الیاف عامل ایجاد مقاومت و رزین عامل ایجاد پیوستگی و یکپارچگی الیاف و همچنین عامل توزیع و انتقال یکنواخت بار به الیاف می باشد. وظیفه محافظت از الیاف و اتصال آنها به سطح و انتقال نیرو از سازه به الیاف نیز بر عهده رزین می باشد در حالی که وقتی الیاف با رزین مورد استفاده قرار می گیرند، مقاومت کششی آن به 2 الی 3 برابر مقاومت کششی فولاد کاهش می یابد.

این مواد تنوع بسیار زیادی دارند ولی در زیر چند مورد از آنها اشاره می شود:

(CFRP) مواد کامپوزیت پلیمری با الیاف کربن

(AFRP): مواد کامپوزیت پلیمری با الیاف آرامید

(GFRP): مواد کامپوزیت پلیمری با الیاف شیشه

(E-Glass): رایج ترین نوع است ولی در برابر مواد قلیایی آسیب پذیر می باشد.

AR-Glass: الیاف شیشه مقاوم در برابر قلیایی ها

دلایل استفاده از این گونه مواد عبارت است:

۱. قابلیت افزایش مقاومت در جهت دلخواه
۲. مقاوم در برابر خوردگی و فرسودگی
۳. وزن بسیار کم (برای تقویت دیوار برشی، وزن دیوار اضافه نخواهد شد و در نتیجه نیازی به تقویت پی نمی باشد)
۴. مقاوم در برابر بارهای متناوب، دینامیکی و تکراری (استفاده در پلها به دلیل خستگی ناپذیر بودن)
۵. افزایش رفتار شکل پذیر سازه
۶. سرعت به کارگیری و نصب بالا
۷. رفتار تقریبا یکسان از لحاظ انبساط و انقباض با بتن
۸. قابلیت حمل آسان
۹. صرفه اقتصادی(علیرغم بالاتر بودن قیمت واحد خود مواد کامپوزیت نسبت به مصالح دیگر، به دلایل زیر استفاده از این مواد در مقاوم سازی به صرفه می باشد)

- وزن کم و عدم نیاز به تقویت پی ها
- ضخامت تمام شده کم و عدم کاهش زیر بنای مفید ساختمان
- سرعت نصب بالا و عدم نیاز به ماشین آلات سنگین و پر صدا
- مقاوم در برابر خوردگی و عدم وجود هزینه نگهداری

۶-۲- میراگر اصطکاکی:

این میراگر بعنوان قسمتی از سیستم مهاربند جانبی، شامل صفحات فولادی می باشد که به یکدیگر بولت شده و عموما در قسمت وسط مهاربند Xشکل قرار می گیرد (شکل۱). سیستمی نظیر این میراگرها وجود دارد که می توان آن را به وسیله اتصالاتی در محل اتصال تیر - ستون تعبیه نمود. این میراگرها انرژی زلزله را بواسطه لغزش صفحات فولادی بر روی یکدیگر به انرژی گرمایی تبدیل می نماید. خوشبختانه محققین دانشگاه تربیت مدرس در چند ماه پیش موفق به ساخت این میراگر با کیفیت بهتر از نوع خارجی شدند که جزئیات آن در مجله فنی و مهندسی تربیت مدرس انتشار یافته است.

شکل ۱: میراگر اصطکاکی در یک ساختمان فولادی

روشی که در این مقاله به آن پرداخته شده به گونه ای است که در چند مرحله انرژی موج زلزله جذب می شود، به صورتی که حداقل انرژی موج به بتن نهایی می رسد، سپس توسط نوع جدیدی از بتن و همین طور با طرز قرار گرفتن خاص آرماتورها و استفاده از میراگرها و اثر زلزله را خنثی می کند و آسیب ها را به حداقل می رساند. همان طور که گفته شد می توان این روش را به چند مرحله تقسیم کرد.

۶-۲-۱- مرحله اول (جذب انرژی)

در این مرحله ابتدا، موج زلزله را به طور نسبی بوسیله لایه های مصنوعی خاک مستهلک نموده، به طوری که انرژی ناشی از موج لرزه ای صرف جابجایی این لایه ها می گردد. برای این منظور و همین طور افزایش رفتار میرایی در لایه های زمین، از مصالح ارتجاعی مقاوم (PVC متراکم) در خاک هایی که تخلخل بالا دارند استفاده می شود.

سپس از میکرو شمع ها استفاده می شود که در این روش که توسط ارتش آمریکا نیز به کار گرفته شده است، اثر زلزله یکی بیشتر کاهش پیدا می کند.

در انتهای این مرحله، از نوعی محیط ژله ای (یا پلاسما) استفاده می کنیم تا بار وارده در سطح وسیع تری پخش شده و نتیجتاً بار زلزله و یا انفجار به طور مستقیم نمی‌تواند دیواره بتنی را تخریب نماید. در این صورت اثرات مخرب ایجاد شده بر روی سازه به حداقل می‌رسد. مقدار بار بحرانی در هنگام وقوع زلزله در زمان بسیار کوتاه اتفاق می افتد. لذا می توان با کاهش این اثر بخشی در بازهٔ زمانی مورد نظر و گسترش آن در بازهٔ زمانی بزرگتر، قدرت و شدت بار وارده را کاهش داده و به تبع آن مقدار تخریب را کاهش دهیم.

در طرح پیشنهادی، محیط حافظ پلاسمایی دارای طراحی پانل های جدا از هم می باشد که در صورت پارگی و یا از هم پاشیدن یک پانل، بقیه پانل ها بتوانند به باربری خود ادامه داده و در مقابل زمین لرزه‌ها و یا انفجارات بعدی نیز مقاومت کنند.

۶-۲-۲- مرحله دوم

در این مرحله ترکیبی از مصالح FRP با بتن جدید (این نوع بتن در مرکز تحقیقات مهندسی جهاد آذربایجان شرقی طراحی شده که اثر ویران بخش زلزله بر بتن که در بخش اثر زلزله بر بتن ذکر شد به حداقل می رساند) اثر زلزله را به حداقل ممکن می رساند.

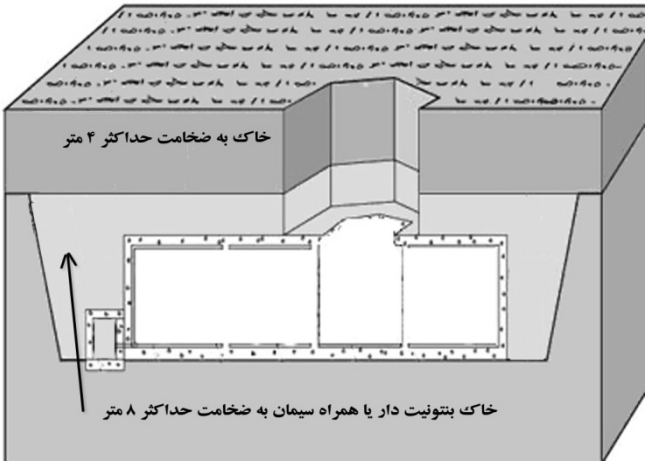
۶-۲-۳- مرحله سوم

در این مرحله با استفاده از میراگرهای اصطکاکی و روش آرماتور بندی پیوسته، حداقل فاصله بین آرماتور ها اثر زلزله را خنثی می کند.

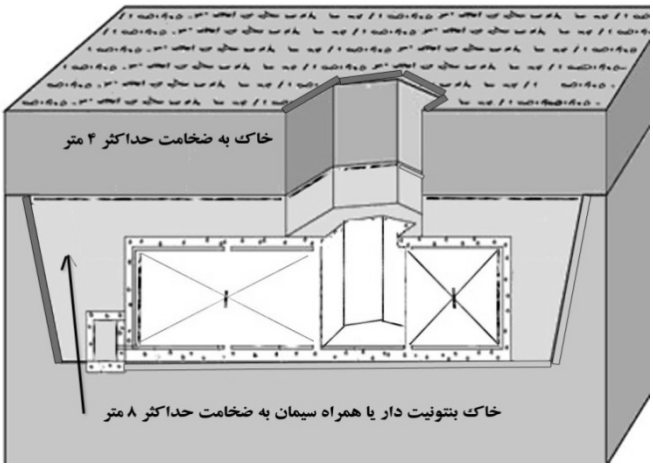
برای احتیاط می توان از شمع ها که به صورت مایل به سنگ بستر سخت وصل هستند استفاده کرد. عملکرد شمع های مایل به گونه ایست که باعث افزایش مقاومت دیواره های قائم و تحکیم دیواره بتنی می گردند و لذا از ریزش دیواره به داخل و آسیب دیدن تجهیزات جلوگیری می نمایند. از طرفی با توجه به کنترل توده خاک و تثبیت آن، باعث افزایش مقاومت خاک در اطراف سازه می گردند. بدین صورت انرژی دینامیکی را مستهلک می‌کنند. لذا استفاده از این روش در مقاوم سازی سازه‌های مختلف بسیار مناسب می باشد. نکته قابل ذکر این است که به نظر می آید این روش خیلی پر هزینه است. ولی موارد زیر قابل ذکر است:

۱. بعضی از مکان ها از نظر اهمیت به قدری مهم هستند که آسیب دیدن آنها در اثر زلزله و یا انفجار، خسارت های جبران ناپذیری وارد می کند.

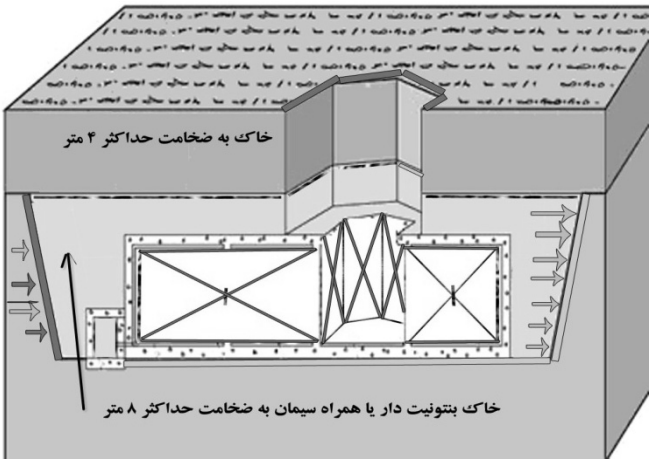
۲. به علت اینکه این روش برای سازه های مدفون است و همچنین اجبار خاکبرداری در این نوع سازه ها، هزینه این روش زیاد نمی شود. همان گونه که در شکل یک می بینید روشهای متداول خارجی و موجود در کشور جوابگوی بار وارده نبوده و به سرعت در اثر موج های اولیه آسیب می بینند. برای بهسازی بسیاری از این گالری های مدفونی که امروزه ساخته شده و به کارگیری می شود راهکارهای متعددی ارائه گردیده است که در این تحقیق با توجه به نقاط ضعف بارز ساختاری این گونه گالری ها، پیشنهاد به کارگیری میراکننده های مکانیکی به همراه سپر مرکب که تلفیقی از محیط فلزی انعطاف پذیر و یا محیط پلاسما می تواند باشد، ارائه گردیده است.



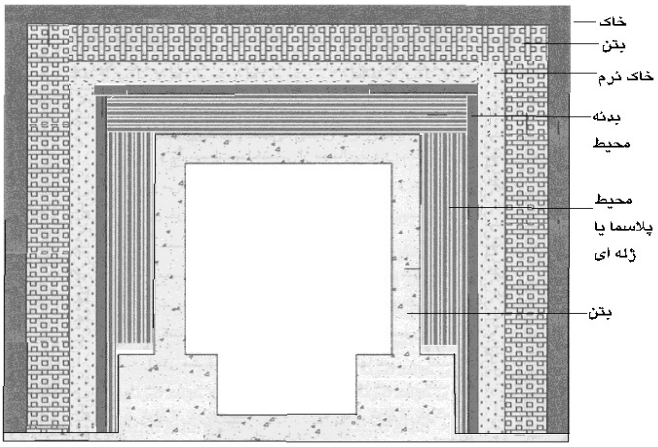
شکل۱ نحوه قرارگیری لایه های مختلف جهت میرا کنندگی بار دینامیکی ناشی از انفجار یا زلزله که به صورت متداول به کارگیری می شود و در حوادث گذشته عدم کارائی آن ثابت شده است.



شکل۲ نحوه قرارگیری لایه های مختلف جهت میراکنندگی بار دینامیکی ناشی از انفجار یا زلزله که به صورت متداول به کارگیری می شود و روش بهسازی کارائی آن با میراکننده های مکانیکی و افزودن سپر محیط مرکب



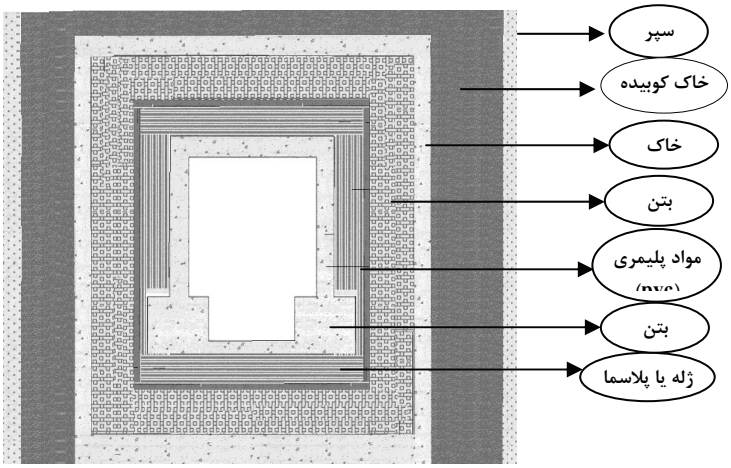
شکل۱ نحوه قرارگیری لایه های مختلف جهت میرا کنندگی بار دینامیکی ناشی از انفجار یا زلزله که به صورت متداول به کارگیری می شود و روش بهسازی کارائی آن با میراکننده های مکانیکی و افزودن سپر محیط مرکب تقویت شده



شکل۴ نحوه قرارگیری لایه های مختلف جهت میرا کنندگی بار دینامیکی ناشی از انفجار یا زلزله بدون سپر دفاعی تحتانی که ممکن است باعث واژگونی سازه در اثر موج با شدت بالا باشد.

۷- سپر دفاعی تحتانی

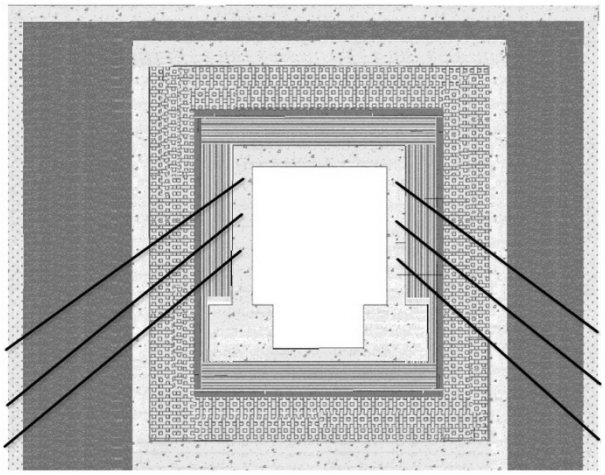
سپر دفاعی تحتانی باعث افزایش کارائی گالری در تحمل موج و بار وارده ناشی از انفجار و زلزله می شود. همان گونه که در شکل زیر دیده می شود بکارگیری سپر تحتانی از سازه در برابر واژگونی و همچنین در برابر افت های موضعی ناشی از اعمال بار و در نهایت از آسیب دیدیگی سازه از قسمت پائین جلوگیری به عمل می آورد.



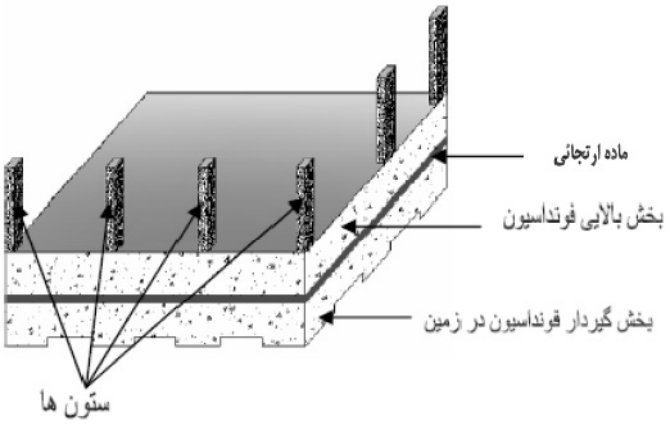
شکل۵ نحوه قرارگیری لایه های مختلف جهت میرا کنندگی بار دینامیکی ناشی از انفجار یا زلزله با سپر تحتانی جهت جلوگیری از واژگونی

۸- شمع های مایل(ریز شمع)

عملکرد شمع های مایل به گونه است که با دو کارکرد باعث مقاوم سازی دیواره های قائم و تحکیم دیواره بتنی می گردند و لذا از ریزش دیواره به داخل و آسیب دیدن تجهیزات جلوگیری می نمایند و باعث افزایش مقاومت خاک در اطراف سازه می گردند، چون به خوبی باعث تثبیت خاک می شود .



شکل۶ نحوه قرارگیری لایه های مختلف جهت میرا کنندگی بار دینامیکی ناشی از انفجار یا زلزله با سپر تحتانی جهت جلوگیری از واژگونی و با به کارگیری شمع عای مورب(میکروشمع) جهت افزایش باربری سازه



شکل ۷ روش میرایی بار از ناحیه پی

۹-نتایج و پیشنهادات

۱- با توجه به مطالب گفته شده به کارگیری روش های یاد شده ضمن افزایش باربری سازه، از بروز خسارات به تجهیزات داخل آن جلوگیری کرده و امکان استفاده از سازه امن را بعد از زلزله و یا انفجار فراهم می سازد.

۲- امواج زلزله هنگام عبور از لایه های مختلف زمین در حال انعکاس، شکسته و جذب می شوند. در این مقاله در طرح پیشنهادی از خصوصیات تخلخل برای هرچه بیشتر نمودن جذب استفاده شده است.

۳- سازه های مقاوم شده انفجاری عموما در مقابل زلزله نیز باربری مناسبی دارند.

۴- جهت توزیع و جذب موج در زمین، ژئومبین به صورت لایه های بسیار نازک با ضخامت طراحی در لایه های خاک استفاده می شود.

۵- با توجه به مشابه بودن بارگذاری زلزله و انفجار بهتر است در سازه های مختلف این دو مقاوم سازی بصورت همزمان صورت پذیرد.

مراجع:

[1] – " طرح جدیدی از دیوارهای مقاوم در برابر برخورد و انفجار با استفاده از بتن و صفحات فولادی " - علی بیرامی شهابی– مجموعه مقالات کنفرانس مقاوم سازی زلزله ای دانشگاه امیر کبیر ۱۳۸۵

[2]- " فلسفه بهسازی خاک وسازه در برابرزمین لرزه و پدید ه های ناشی از آن " - علیرضا میرزاگل تبار روشن - مجموعه مقالات کنفرانس مقاوم سازی زلزله ای دانشگاه امیر کبیر ۱۳۸۵

[3]- " معرفی و بررسی مشخصات و کاربرد و نحوه عملکرد مصالح کامپوزیت و نوین در مقاوم سازی لرزه ای ساختمانهای بتن مسلح و مصالح بنایی موجود - آرلن اسکندری- مجموعه مقالات کنفرانس مقاوم سازی زلزله ای دانشگاه امیر کبیر ۱۳۸۵

[4] -بررسی اثرات توپوگرافی بر پاسخ لرزه‌ای آبرفت"؛ پروژه کارشناسی ارشد خاک و پی، محمدرضا دهقانی، دانشگاه صنعتی شریف، دیماه ۱۳۷۵.

[5]" مجموعه سخنرانیها سمینار آموزشی اثرات زلزله در ساختمان های متفاوت "، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن (۱۳۶۴)

[6]– " دینامیک سازه ها و تعیین نیروی زلزله"، آنیل چوبرا ، ترجمه شاپور طاحوئی (۱۳۷۷)

[7]Earthquake Engineering Research, 'Loma PRIETA Collection, University of California", Berkeley

[8] 'Northridge Earthquake of 2003 reconnaissance report', (2004), Earthquake Engineering Research institute, Earthquake Spectra, Supplement C to Volume 11

[9] EQE International (1995). The January, 2003 Kobe earthquake; An EQE Summary Report, April

[10]Richardson.G.N & Feger.A & Lee. K.L, "Seismic testing of reinforced earth walls", journal of geotechnical engineering, Div. ASCE 103 (1), 1977, pp. 1-17.

[11]Wilkins.M.L., "Fundamental methods Hydrodynamics", Journal of Methods in computational phsics, Vol.3, 1964, pp. 211-263.

[7]- Biggs.j.M., "Introduction to structural Dynamics".2004