

من لم یشکر مخلوق لم یشکر خالق

با حمد و سپاس از یگانه فرزانه به خاطر تمامی نعماتی که بر ما عطا فرموده

در ابتدا به عنوان یک شاگرد بر خود فرض می‌دانم مراتب سپاسگزاری قلبی را از همه کسانی که در راه کسب دانش و معرفت یاری‌ام نموده‌اند، ابراز نمایم. بویژه پدر و مادر دلسوز و مهربانم که آرامش روحی و آسایش فکری فراهم نمودند تا با حمایت‌های همه‌جانبه در محیطی مطلوب، مراتب تحصیلی و نیز پروژه درسی را به نحو احسن به اتمام برسانم و همه‌ی اساتید گرامی که در تمام دوران تحصیلات از رهنمودهایشان بهره‌مند شده‌ام. خاصه استاد ارجمند جناب آقای دکتر ابراهیم زمانی به خاطر راهنمایی‌های پی‌گیر و بذل محبتی که بر من ارزانی داشته و در راهنمایی اینجانب برای تهیه و تدوین این پرژه از هیچ کوششی دریغ نورزیدند، کمال تشکر و قدردانی را می‌نمایم.

مقدمه:

با توجه به خسارات و تلفات ناشی از زلزله در نواحی با خطرپذیری بالا، لزوم طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله امری انکارناپذیر است. برای طرح یک ساختمان در مقابل زلزله لازم است اطلاعاتی جامع و کامل از رفتار آن در مقابل نیروهای ناشی از زلزله در دست باشد. باید دانست که رعایت ضوابط و مقررات مندرج در آیین‌نامه‌ها تضمین‌کننده‌ی مقاوم شدن کامل ساختمان‌ها در برابر نیروهای ناشی از زلزله نیست. به همین جهت باید رفتار سازه‌ها را به طور کلی و به دقت مورد توجه قرار داد. هر چه سازه باربر جانبی دارای شکل‌پذیری بیشتری باشد، دارای توان جذب انرژی بالاتری خواهد بود. بدین مفهوم که نیروی جانبی زلزله باعث ایجاد تغییرشکل‌های بیشتری پیش از گسیختگی در سازه شده و همین باعث کاهش تلفات جانی ناشی از زلزله می‌شود. بنابراین به منظور داشتن طرحی مقاوم در برابر زلزله‌های شدید، در نظر گرفتن قابلیت شکل‌پذیری و روند مناسب اتلاف انرژی در سازه‌ها امری ضروری است. استفاده از دیوارهای برشی فولادی SPSW برای گرفتن نیروهای جانبی زلزله و باد در ساختمان‌های بلند در سال‌های اخیر مطرح و مورد توجه قرار گرفته است. این پدیده نوین که در جهان به سرعت رو به گسترش می‌باشد در ساخت ساختمان‌های جدید و همچنین تقویت ساختمان‌های موجود به خصوص در کشورهای زلزله‌خیزی همچون آمریکا و ژاپن به کار گرفته شده است. استفاده از این سیستم در مقایسه با قاب‌های ممان‌گیر تا حدود ۵۰٪ صرفه جویی در مصرف فولاد را در ساختمان‌ها به همراه دارد. دیوارهای برشی فولادی از نظر اجرایی، سیستمی بسیار ساده بوده و هیچگونه پیچیدگی خاصی در آن وجود ندارد. لذا مهندسان، تکنسین‌ها و کارگران فنی با دانش فنی موجود و بدون نیاز به کسب مهارت جدید می‌توانند آن را اجرا نمایند. دقت انجام کار در حد دقت‌های متعارف در اجرای سازه‌های فولادی بوده و با رعایت آن ضریب اطمینان اجرایی به مراتب بالاتر از انواع سیستم‌های دیگر می‌باشد. با توجه به سادگی و امکان ساخت آن در کارخانه و نصب آن در محل، سرعت اجرای سیستم بالا بوده و هزینه‌های اجرایی تا حد بالایی زیادی کاسته می‌شود. سیستم از نظر سختی برشی از سخت‌ترین سیستم‌های مهاربندی که X شکل می‌باشد، سخت‌تر بوده و باتوجه به امکان ایجاد بازشو در هر نقطه از آن، کارایی همه سیستم‌های مهاربندی را از این نظر دارا می‌باشد. همچنین رفتار سیستم در محدوده پلاستیک و میزان جذب انرژی آن نسبت به سیستم‌های مهاربندی بهتر است. در سیستم دیوارهای برشی فولادی به علت گستردگی مصالح و اتصالات، تعدیل تنش‌ها به مراتب بهتر از سیستم‌های مقاوم دیگر در برابر بارهای جانبی مانند قاب‌ها و انواع مهاربندی که معمولاً در آنها مصالح به صورت دسته شده و اتصالات متمرکز می‌باشند، صورت گرفته و رفتار سیستم بخصوص در محدوده پلاستیک مناسب‌تر می‌باشد. در این پروژه هدف، طراحی، انجام محاسبات فنی و مدلسازی کامپیوتری دیواربرشی یک ساختمان مسکونی ۶ طبقه می‌باشد. بارگذاری زلزله براساس استاندارد ۲۸۰۰ ایران – ویرایش چهارم و طراحی‌ها براساس آیین‌نامه Steel Plate Shear Walls ۲۰۰۰ AISC-Design Guide صورت گرفته است.

فهرست مطالب

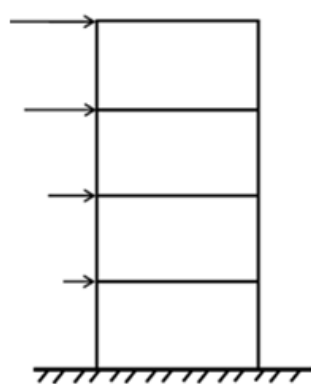
فصل اول : مبانی نظری سیستم دیوار برشی فولادی	۷
فصل دوم : معرفی فرضیات اولیه پروژه	۱۶
فصل سوم: بارگذاری های وارد بر ساختمان	۱۹
فصل چهارم: طراحی دستی اعضا	۲۵
فصل پنجم: نحوه مدل کردن دیوار برشی در نرم افزار	۵۸
فصل ششم: نتایج تحلیل کامپیوتری	۶۳

فصل اول:

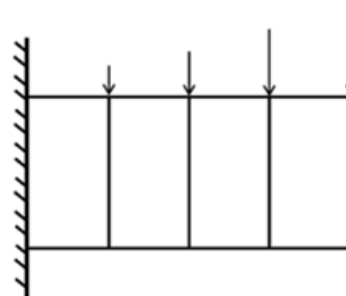
مبانی نظری سیستم دیوار برشی فولادی

دیوار برشی

در مهندسی سازه، دیوار برشی دیواری است که از قطعات مهاری (قطعات برشی) ساخته شده و وظیفه خنثی کردن اثر بارهای جانبی وارد بر سازه را بر عهده دارد. دیوار برشی برای مقابله با بارهای جانبی متداولی همچون بار باد و زلزله طراحی می شود. دیوارهای برشی نوعی از سیستم‌های سازه ای است که از سختی داخل صفحه‌ای بسیار زیاد برخوردار می باشد. این دیوارها مشابه یک تیر طره قائم و عمیق عمل می کنند که برای ساختمان پایداری جانبی ایجاد نموده و در مقابل برش‌ها و لنگرهای خمشی ناشی از بارهای جانبی مقاومت می کنند. بارهای جانبی در یک صفحه و در طول بعد قائم دیوار اعمال می شوند. این نوع از بارها معمولا به وسیله اعضای دیافراگم یا جمع کننده یا بسپار، به دیوار منتقل می گردند. این دیوارها از چوب، بتن و مصالح بنایی ساخته می شوند.



دیوار برشی



تیر طره

انواع دیوار برشی

دیوار برشی بتن مسلح

یکی از مطمئن ترین روش های مقابله با نیروهای جانبی است.. دیوار برشی به عنوان یک ستون طره بزرگ و مقاوم در برابر نیروهای لرزه ای عمل می کند و یک عضو ضروری برای سازه های بتن مسلح بلند و یک عضو مناسب برای سازه های متوسط و کوتاه می باشد. قرارگیری آن در پلان باید حداقل امکان متقارن و مرکز ثقل هر طبقه در حوالی مرکز صلبیت دیوارهای برشی باشد. دو نوع دیوار برشی بتن مسلح وجود دارد :

الف) بتن درجا: در دیوارهای برشی درجا به منظور یکنواختی و پیوستگی میلگردهای دیوار، به قاب محیطی قلاب می شوند.

ب) بتن پیش ساخته: در دیوارهای برشی پیش ساخته یکنواختی و پیوستگی با تهیه کلیه های دوزنقه شکل در طول لبه های پانل و یا از طریق اتصال پانل ها به قاب توسط میخ های فولادی صورت می گیرد.

دیوار برشی فولادی

به جهت مقاوم سازی ساختمان های فولادی به کار می رود و با اتصالاتش سبب تقویت تیر و ستون های اطراف می شود و مزایایی چون اجرای آسان، وزن کم، اقتصادی بودن، شکل پذیری زیاد، نصب سریع و جذب انرژی بالا دارد.

دیوار برشی مرکب

الف) ورق های تقویت شده فولادی مدفون در بتن مسلح

ب) خرپاهای ورق فولادی مدفون در داخل دیوار بتن مسلح

دیوار برشی مصالح بنایی

دیوارهای برشی مسلح نظیر دیوارهای با آجر تو خالی و پر شده با دوغاب

مزایای دیوارهای برشی

۱. افزایش چشمگیر سختی ساختمان به نحوی که بر اثرات ثانویه نقش موثری دارد. این مزیت خود به خود موجب افزایش درجه ایمنی در مقابل شکست یا ریزش ساختمان می شود.
۲. کاهش قابل ملاحظه خسارت به عناصر غیرسازه ای که در اکثر موارد هزینه آنها کمتر از هزینه اعضای سازه ای نیست.
۳. اثر قابل توجه در ایجاد آرامش خیال و تأمین امنیت روانی ساکنین ساختمانهای بلند مرتبه در هنگام وقوع زلزله.
۴. دیوارهای برشی قادرند حتی پس از پذیرش ترکهای زیاد، بارهای ثقلی که برای آنها هم طراحی شده اند تحمل کنند. این پدیده را بطور کامل نمی توان از ستونها انتظار داشت.
۵. شکل پذیری بالا.

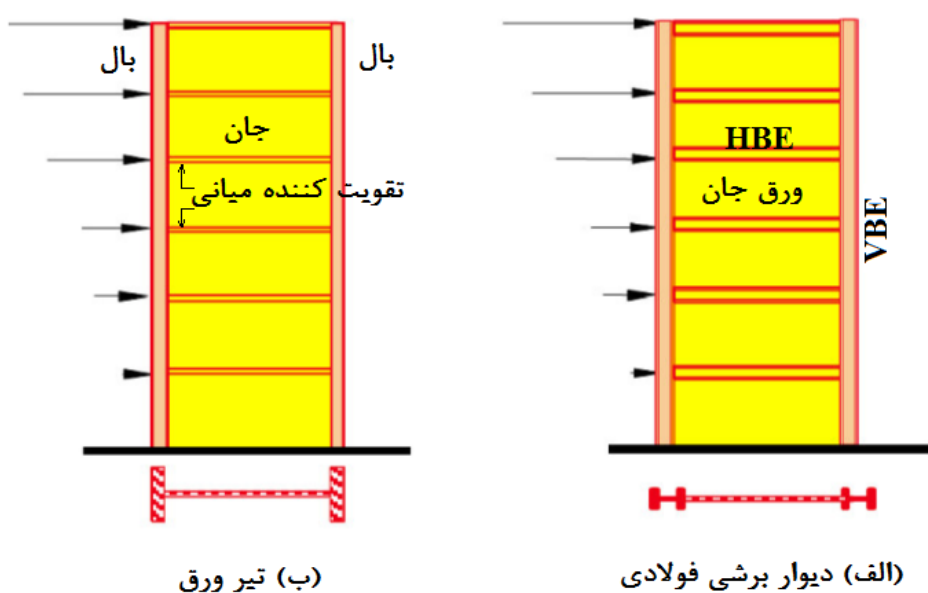
معایب دیوار برشی

۱. امکان شکست برشی در صورت عدم طراحی مناسب.
۲. ایجاد نیروی بالارانش در صورت عدم تخمین صحیح تعداد دیوارها و قرارگیری نامناسب آنها.

دیوار برشی فولادی

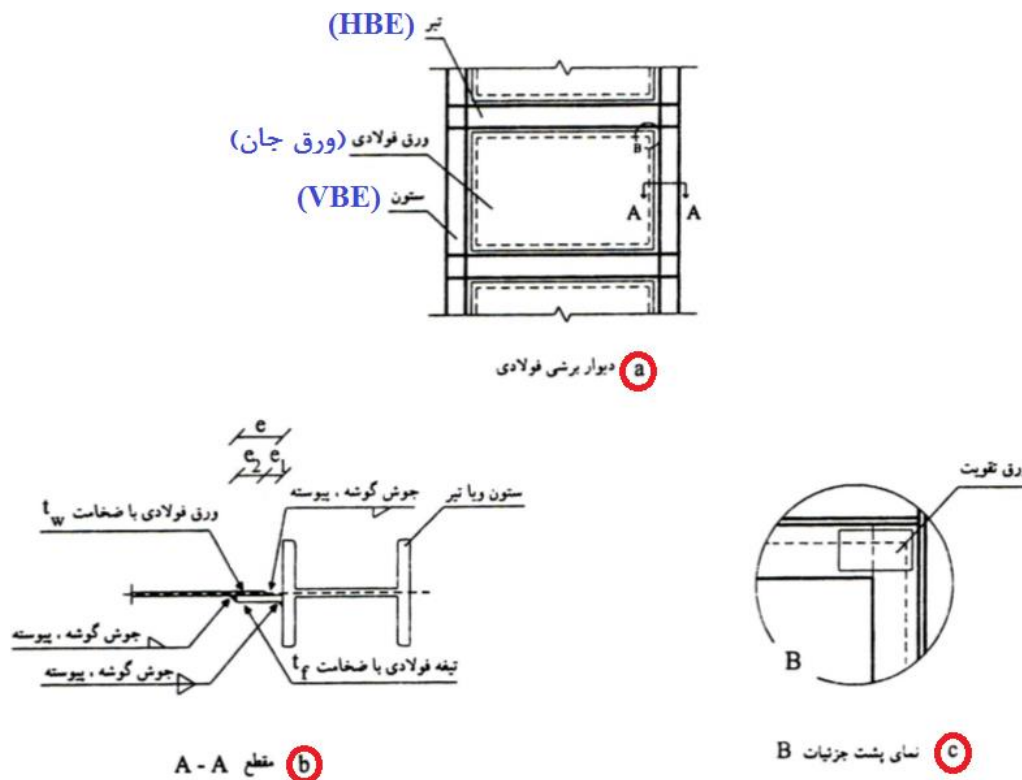
دیوار برشی فولادی که با نام اختصاری SPSW در آیین نامه AISC معرفی می‌شود، نوعی سیستم جدید مقاوم در برابر بارهای جانبی بوده دارای عملکرد بهتری می‌باشد. در این سیستم، نیروهای جانبی توسط دیافراگم‌های کف طبقات به صورت افقی به صفحه، تیر و ستون‌های این نوع دیوار منتقل می‌شود. قاب فولادی محیطی هر صفحه ممکن است دارای اتصال تیر به ستون به صورت ساده (مفصلی) و یا ممان‌گیر (گیردار) باشد. همچنین صفحه می‌تواند با سخت‌کننده یا بدون آن باشد. علاوه بر این، صفحه ممکن است توسط پیچ و یا جوش به قاب محیطی‌اش متصل گردد.

رفتار اصلی دیوار برشی صفحه‌ای فولادی مقاومت در برابر برش افقی طبقه و مقابله با لنگر واژگونی ناشی از بارهای جانبی است، این رفتار را می‌توان با عملکرد تیرورق‌ها شبیه سازی کرد. پانل دیوار برشی صفحه‌ای فولادی شامل یک ورق نازک فولادی با ضخامت ۳ تا ۱۰ میلی متر، دو ستون و تیرهای افقی کف می‌باشد. صفحه فولادی دیوار برشی فولادی همراه با دو ستون مجاور، مانند یک تیر ورق قائم (طره) رفتار می‌نماید. در این تیر ورق قائم، ستون‌ها بعنوان بال‌های تیر ورق و صفحه فولادی دیوار مانند جان آن، رفتار می‌کند. تیرهای افقی کف، اصولاً بعنوان سخت‌کننده‌های عرضی در این تیر ورق قائم تلقی می‌شود.



اجزای مختلف سیستم دیوار برشی فولادی به شرح زیر است:

- ✓ ورق فولادی عمودی که به تیرها و ستون‌های دیوار سیستم باربر جانبی متصل است، ورق جان نامیده می‌شود.
- ✓ ستون‌ها در سیستم دیوار برشی فولادی که به اعضای مرزی قائم VBE مرسوم هستند.
- ✓ تیرها در این سیستم بعنوان اعضای افقی HBE قلمداد می‌شوند.
- ✓ سخت‌کننده‌های احتمالی



انواع دیوار برشی فولادی

دیوارهای فولادی برشی بدون سخت کننده

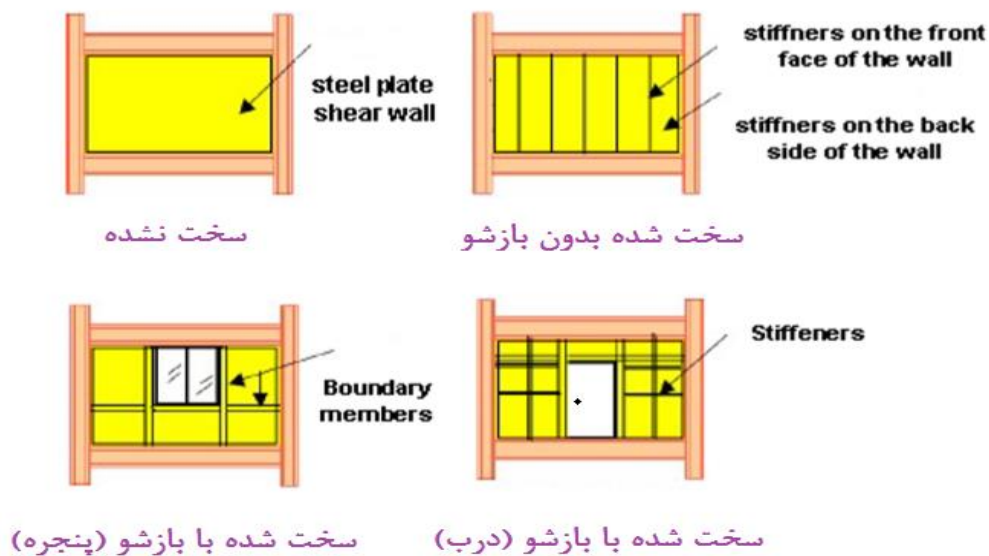
در این نوع دیوارها ورق جان مقاومت فشاری ناچیزی دارد و بنابراین کمانش بر اثر بارهای کوچک به وجود می‌آید. از طرف دیگر، بارهای جانبی توسط مقاومت کششی قطری به وجود آمده در جان دیوار تحمل می‌شود که این عملکرد همانند میدان-های کششی به وجود آمده در تیر ورق‌ها است.

دیوارهای فولادی شامل سخت کننده

در این نوع دیوارها سخت‌کننده‌ها ظرفیت کمانشی ورق جان دیوار برشی را افزایش می‌دهد.

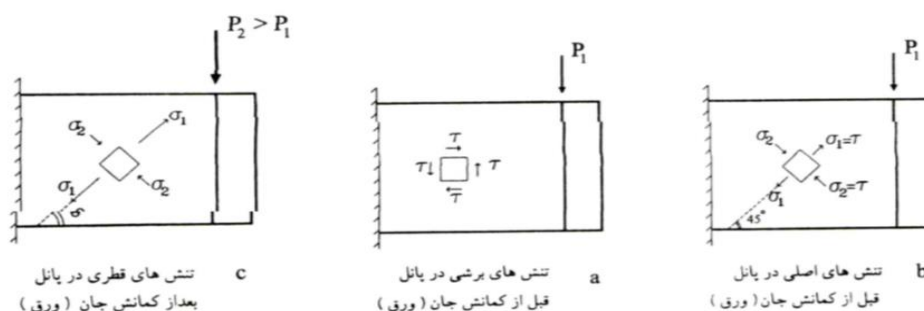
دیوار برشی فولادی مرکب (ترکیب بتن و فولاد)

در این سیستم سختی مورد نیاز برای ورق فلزی جان دیوار توسط بتن‌آرمه تامین می‌شود. از بتن سخت‌کننده می‌توان در یک طرف یا هر دو طرف ورق جان دیوار استفاده کرد.



میدان کشش قطری

اساس ایده دیوارهای برشی فولادی نازک که در ۱۵ سال اخیر به طور جدی مورد توجه قرار گرفته است. بهره گیری از میدان کشش قطری است که در این گونه دیوارها ایجاد می شود. مقاومت این گونه دیوارها به طور عمده مقاومت پس کمانشی ورق های نازک یا در واقع مقاومت ناشی از میدان کشش قطری است که پس از کمانش ورق فولادی در آن ایجاد می شود. شکل زیر، یک پانل برشی را نشان می دهد. ورق فولادی جان تا قبل از کمانش، تحت اثر برش خالص می باشد که تنش های اصلی مربوط به آن در شکل نشان داده شده است در صورتیکه نیروی اعمالی افزایش یابد به نحوی که تنش فشاری σ_2 در جان از تنش بحرانی ورق فولادی بیشتر شود ورق کمانش نموده و صفحه جان چروکیده می شوند. طبیعتاً ورق فولادی در جهت σ_2 ، افزایش تنش را نمی تواند تحمل کند ولی در جهت دیگر یعنی σ_1 ، که ورق تحت اثر تنش های کششی قرار دارد، تنش های مذکور می تواند با جاری شدن ورق فولادی افزایش یافته و در نتیجه پانل نیروهای قابل توجهی را تحمل نماید. پدیده مذکور، پدیده پس کمانشی در ورق فولادی نامیده می شود. این پدیده در تیر ورق ها مشهود است.



مزایای کلی دیوار برشی فولادی

۱. کاهش وزن فولاد مصرفی

وزن اندک ورق فولادی، ساده شدن الزامات طراحی به دلیل رفتار مناسب سیستم (و دارا بودن ضریب رفتار بالا) به همراه عملکرد موثر در کنترل تغییرشکل‌های سازه‌ای به واسطه داشتن سختی جانبی زیاد، منجر به کاهش وزن اسکلت طراحی شده، می‌شود.

۲. ایمنی و مقاومت بالای لرزه ای به واسطه پیوستگی، شکل پذیری و استحکام بالای ورق فولادی و اتصالات آن

۳. اجرای آسان: به دلیل

۱-۳. استفاده از اتصال مفصلی با جوش گوشه در همه اتصالات قاب به جز اتصال اعضای احاطه کننده ورق فولادی

۲-۳. حمل و نصب آسان ورق فولادی به دلیل وزن کم، انعطاف بالا و برش کاری و آماده سازی آن در محل کارخانه

۳-۳. کوچک بودن بعد جوش اتصال و اجرای آن تنها با یک عبور (پاس) جوش. همچنین امکان حذف جوش و اجرای اتصال به کمک پیچ و مهره (کاهش حجم جوشکاری سازه نسبت به سایر سازه های فولادی)

۴. افزایش سرعت اجرای ساختمان به نسبت سایر سیستم ها به ویژه سازه های بتنی

از دیگر مزیت های دیوار برشی فولادی می توان به افزایش قابل توجه سرعت اجرا اشاره کرد. این موضوع خصوصا در مقایسه با سیستم دیوار برشی بتنی بسیار بارز است. در سیستم دیوار برشی بتنی هر چقدر که سرعت اجرای سقف با استفاده از تکنولوژی های نوین افزایش یابد، باز هم با توجه به اینکه اجرای بتن سقف و دیوار باید به طور همزمان صورت گیرد اجرای سقف منوط به اجرای دیوار شده و در نهایت سرعت پروژه کاهش می یابد. در مقابل در سیستم دیوار برشی فولادی به این علت که اجرای سیستم باربر جانبی همزمان با نصب اسکلت انجام می شود و پایداری جانبی سازه تامین می گردد، اجازه بتن ریزی و اجرای همزمان سقف ها بدون هیچ محدودیتی به پیمانکار داده می شود. این موضوع باعث انجام فعالیت های اجرایی پروژه به صورت همزمان شده و به شدت سرعت اجرا را افزایش می دهد.

۵. کاهش هزینه آهن آلات اسکلت تا ۵۰ درصد

۶. کاهش هزینه ساخت بنا

۷. کاهش هزینه فونداسیون به واسطه سبک سازی سازه و در نتیجه کاهش هزینه ها

۸. سیستمی مناسب و کم هزینه جهت مقاوم سازی بناهای قدیمی و آسیب دیده

۹. استفاده از مصالح ساختمانی متداول و عمدتا مقاطع تیرآهن ساده و یا لانه زنبور

۱۰. صنعتی سازی