

بازسازی، اصلاح و تقویت ساختمان های فولادی و بتنی

بررسی راهکارهای بازسازی و تقویت سازه ها
پایگاه خبری تحلیل فولاد مرکز آهن

اصفهان-خیابان امام خمینی-چهار راه شریف-مجتمع الماس-طبقه ۵-واحد ۵۱۵ | مرکز آهن

بازسازی، اصلاح و تقویت ساختمان های فولادی و بتنی



بررسی راهکارهای بازسازی و تقویت سازه ها

بعد از جنگ جهانی دوم همراه با توسعه اقتصادی در بسیاری از کشورهای پیشرفته دنیا، ساختمان های مدرنی نیز ساخته شد. پیشرفت اقتصادی این کشورها، پیشرفت های اساسی در زمینه طراحی و محاسبه سازه ها در برابر زلزله و تحقیقات مربوطه را نیز به همراه داشت. در این راستا مشخصات تعداد زیادی از ساختمان های ساخته شده، نیازهای مقاومت ساختمان در برابر زلزله را مطابق آخرین آئین نامه ها برآورده نمی ساخت. همچنین ساختمان های متعدد در ضمن زلزله های دهه های اخیر خسارت کلی دیدند. بنابراین ضرورت توسعه روش های ارزیابی رفتار ساختمان های موجود در برابر زلزله و همچنین روش های اصلاح و تقویت به منظور مرتفع نمودن نقاط ضعف این ساختمان ها در جهان، اهمیت خاص خود را پیدا کرد و کشورهای مختلف بسته به نیاز و امکانات خود گام هایی در این زمینه برداشته اند. این روش ها شامل بهبود عملکرد میلگرد و سایر مصالح و همچنین روش های دیگری بوده که در ادامه تقدیم حضورتان می گردد.

دسته بندی روش های اصلاح ساختمان های بتن مسلح به منظور مقاوم کردن

در واقع ارزیابی ساختمان، جهت و تکنیک مقاوم سازی ساختمان در برابر زلزله را روشن می کند. پارامترهای اساسی در انتخاب روش اصلاح ساختمان ها عبارتند از:

- هزینه بازسازی
- زمان بازسازی
- اخلاص در بهره برداری از ساختمان ضمن تقویت
- شدت زلزله عامل

• نظر کارفرما

مهندسی طراح باید با توجه به همه این پارامترها، طرح های مربوطه را تهیه نمایند.

۱ - برنامه ریزی و تهیه طرح های اولیه تقویت

جهت برنامه ریزی امر تقویت ساختمان، بعد از تعیین شدت زلزله در منطقه مورد نظر برای طراحی باید رفتار مورد نیاز برای سازه را نیز مشخص نموده و مقدار مقاومت و شکل پذیری لازم و سیاست اولیه برای رسیدن به این اهداف مطالعه و تعیین گردند. مطالعه امکان استفاده از ساختمان در ضمن تقویت و بررسی نیروی کار ماهر جهت این کار نیز جزء مطالعات اولیه تهیه طرح تقویت می باشد.



انتخاب روش مقاوم سازی ساختمان

به طور کلی باید روش هایی به کار گرفته شوند که رفتار سازه های تقویت شده با آن ها در برابر زلزله به وسیله آزمایش یا آنالیز تایید و مشخص شده باشد. مقاوم سازی ساختمان های بتن مسلح در برابر بارهای جانبی به یکی از صورت های زیر خواهد بود

- افزایش مقاومت جانبی
- افزایش شکل پذیری سازه
- ترکیب حالت اول و دوم که در بیشتر ساختمان ها عملاً این روش مرسوم است
- متعادل کردن سختی و مقاومت سازه در پلان و ارتفاع

بنابراین باید موارد فوق برای هر ساختمان مطالعه و پس از انتخاب یکی یا ترکیبی از آن ها و با توجه به بازدهی روش های مختلف تقویت، تکنیک مناسب را اختیار نمود. در انتخاب روش تقویت باید موارد زیر نیز مد نظر باشد.

الف) از دیدگاه سازه ای

جلوگیری از ازدیاد فرم های غیر ضروری
رعایت تقارن در پلان و ارتفاع ساختمان
استفاده از سیستم های نامعین سازه ای

ب) از نظر معماری، شهرسازی، نوع مصالح مصرفی و نحوه ساخت نیز بررسی لازم باید به عمل آید.

تقویت ساختمان با استفاده از دیوارهای برشی

یکی از محبوب ترین تکنیک های تقویت به منظور افزایش مقاومت سازه در برابر زلزله اضافه نمودن دیوار برشی در جای مناسب توسط بتن ریزی درجا است زیرا این روش بسیار قابل اعتماد، تجربه شده و نتایج آن به خوبی قابل پیش بینی می باشد.

به طور کلی روش های تقویت ساختمان های بتن مسلح به وسیله دیوار برشی به شرح زیر می باشد.

- ۱- پر کردن فضای خالی دهانه قاب موجود با دیوار بتن مسلح
- ۲- پر کردن بازشوهای دیوارهای موجود به منظور افزایش مقاومت آن ها
- ۳- افزایش ضخامت دیوار برشی موجود با بتن مسلح
- ۴- تقویت دیوار برشی موجود با پوشش آن به وسیله ورق فلزی که با بلت به بدنه دیوار فیکس می شود.
- ۵- احداث دیوار برشی مجزا به صورت بتن ریزی درجا که از داخل سقف عبور کرده و با فوندانسیون ها نیز کاملاً درگیر است.



روش های اتصال دیوارها به تیر، ستون و دیوار موجود

- ۱- استفاده از میلگرد اتصال یا آنکر بلت (مکانیکی یا شیمیایی)
- ۲- ایجاد کلید برشی از طریق در آوردن حفره در بتن موجود
- ۳- جوش کردن میلگرد های دیوار اضافه شده به میلگرد تیر، ستون یا دیوار موجود
- ۴- میلگرد دیوار جدید، بدنه تیر بتنی بالا و پایین را در بر گرفته و ادامه می یابد.
- ۵- میلگرد دیوار جدید قلاب شده و دور تیر و ستون چهار طرف می گردد.
- ۶- بدون هیچ گونه اتصالی

مقدار مقاومت سازه پس از تقویت با دیوار برشی و هدف از تقویت

مقاومت برشی قاب وقتی دهانه آن با دیوار بتن مسلح پر شود افزایش می یابد. ولی مقاومت خمشی و مقاومت در برابر بلند شدن فوندانسیون ممکن است کمتر از مقاومت برشی باشد. بنابراین کمترین مقدار مقاومت های برشی، خمشی و مقاومت در جلوگیری از بلند شدن فوندانسیون به عنوان مقاومت پس از تقویت محسوب می شود. چون دیوار برشی اضافه شده بار قائم سازه را افزایش می دهد لذا غالباً کنترل فوندانسیون ها ضرورت پیدا می کند. هدف نهایی از تقویت این است که مقاومت سازه را به آن مقدار مقاومت، که جهت مقابله با بار زلزله مورد نیاز است برسانیم. در این راستا برای مواقعی که ظرفیت ساختمان با شکست خمشی و یا بلند شدن فوندانسیون ارتباط پیدا می کند باید شکل پذیری کافی برای دیوار مد نظر باشد.

به طور کلی برای کلیه ساختمان هایی که رفتار آن ها در برابر زلزله با شکست برشی ارتباط پیدا می کند روش تقویت با دیوار برشی مناسب است. روشن است که اضافه کردن دیوار، مسیر پنجره ها، هواکش و غیره را مسدود می کند که در طراحی باید این امور مد نظر باشند. دیوارها باید تا حد امکان به صورت متقارن در پلان ساختمان توزیع شده که ایجاد پیچش نکنند. همچنین این گونه دیوارها باید به صورت ممتد در ارتفاع ساختمان ادامه یابند. بدیهی است وقتی بار محوری ستون های دو طرف دیوار ناشی از بار قائم طبقات زیاد باشد، مساله بلند شدن فوندانسیون ها مطرح نبوده و دیوار اکثراً باعث افزایش مقاومت برشی سازه خواهد بود. این مساله در جایگزینی دیوارها در پلان ساختمان با توجه به هدف تقویت باید مورد نظر قرار گیرد.

جزئیات تقویت سازه ها

معمولترین روش اتصال دیوار و قاب بتن مسلح استفاده از میلگرد اتصال بوده که به دو صورت مکانیکی و شیمیایی به کار می رود. موقعی که برای اتصالات از میلگرد اتصال استفاده می شود باید موارد زیر رعایت گردند:

۱ - میلگردها باید در چهار طرف دیوار نصب شوند. (در مورد اتصال دیوارهای پیش ساخته بهتر است که فقط در اضلاع افقی بالا و پایین دیوار، میلگرد اتصال وجود داشته باشد. در این صورت اگر دیوارها در اثر بار زلزله آسیب دیده و خرد شوند به ستون ها آسیبی نخواهد رسید.

۲ - به منظور جلوگیری از خرد شدن و پریدگی بتن، اطراف میلگرد اتصال با اسپیرال یا شبکه ای میلگرد محصور شود.

۳ - در مواردی که به ضخامت دیوار موجود اضافه می شود، باید سطح دیوار موجود به اندازه کافی مضرس شده که چسبندگی کافی بین بتن قدیم و جدید به وجود آید.

به هر صورت در انتخاب نوع اتصال، علاوه بر اینکه باید درگیری مطمئن بین دیوار و بتن قاب بتن مسلح اطراف در نظر باشد، باید دوام اتصال، مصالح مصرفی در اتصال، مقاومت در برابر آتش سوزی، وجود کارگر ماهر و فنی در کارگاه، صدا و ارتعاشات ایجاد شده در هنگام اجرا و قیمت تمام شده آن نیز بررسی و مطالعه شود.



جزئیات و مشخصات فنی دیوارها

۱ - ضخامت دیوار باید از $1/4$ عرض ستون و ۱۵ سانتی متر بیشتر باشد. ولی نباید از عرض تیر بالا و پایین اضافه تر گردد.

۲ - درصد میلگرد دیوار برشی باید بیشتر از ۰٫۲۵ درصد سطح مقطع دیوار بوده ولی نباید از ۱٫۲ درصد بیشتر گردد. اگر ضخامت دیوار بیش از ۱۸ سانتی متر باشد باید از دو لایه میلگرد استفاده شود.

۳ - مقاومت فشاری بتن جدید نباید از مقاومت فشاری قاب موجود کمتر باشد.

۴ - اطراف بازشوها در دیوارهای برشی، باید به اندازه کافی با میلگرد تقویت گردد.

۵ - وقتی به ضخامت دیوار موجود اضافه می گردد، ضخامت اضافه شده نباید کمتر از ۱۲ سانتی متر و بیشتر از ضخامت دیوار موجود باشد. اگر از پلمپ جهت پاشیدن بتن جدید به بدنه دیوار موجود استفاده شود نتیجه بهتر است.

تحقیقات و کارهای تجربی گسترده ای که در زمینه تعیین مقاومت برشی دیوارهای بتن مسلح پر کننده انجام شده نشان می دهد که مقاومت برشی این دیوارها در صورتی که در اتصالات با قاب از میلگرد اتصال استفاده شده باشد بیش از ۸۳ درصد مقاومت برشی دیوارهایی است که به صورت یکپارچه با قاب بتن ریزی شده اند. همچنین از نتایج آزمایشات بر می آید که هرچه طول میلگرد اتصال بیشتر بوده مقاومت برشی دیوار پر کننده به مقاومت دیوار یکپارچه با قاب نزدیک تر می شود.

افزایش مقاومت سازه با افزودن مقاومت دیوارهای بتن مسلح موجود

برای افزایش مقاومت دیوار بتن مسلح موجود بسته به موقعیت دیوار و شرایط معماری و غیره می توان یکی از روش های زیر را انتخاب کرد:

روش اول: اگر امکان اضافه کردن ضخامت دیوار باشد، مطابق آنچه قبلا گفته شد با بستن شبکه میلگرد کنار دیوار موجود و بتن ریزی به ضخامت حداقل ۱۲ سانتی متر تقویت انجام می شود. البته اتصال این بتن به بتن موجود بسیار حائز اهمیت بوده و باید سطح بتن قبلی کاملا مضرس شده و در صورت نیاز از میلگرد اتصال استفاده گردد. این افزایش ضخامت می تواند در یک طرف دیوار باشد، لذا با توجه به موقعیت دیوار، مسائل معماری و زیبایی ساختمان و مسائل تاسیساتی و غیره، تقویت در طرفی که حداقل ضایعه برای ساختمان را داشته باشد باید اجرا گردد.

روش دوم: در ساختمان هایی که از نظر جا در مجاورت دیوار برشی در مضیقه هستند مانند دیوار اطراف آسانسور، جهت تقویت یک طرف دیوار با ورق فولادی که به وسیله بلتهایی به بتن دیوار فیکس شده کاملا پوشانده می شود. نمونه این نوع تقویت در یک ساختمان ۸ طبقه در آمریکا انجام شده است.

روش سوم: پر کردن فضاهای خالی در دیوار موجود. البته این در صورتی امکان پذیر است که بستن درها و پنجره های موجود زیانی به عملکرد ساختمان وارد نکند. اتصالات قطعات پر کننده با دیوار موجود به وسیله میلگرد اتصال تامین می شود.

روش چهارم: احداث المان های جدید مقاوم در برابر بار جانبی مانند دیوار برشی جدید

روش های اول تا سوم نسبت به روش چهارم اقتصادی تر و ساده تر می باشد. بدیهی است در صورتی که امکان اجرای روش سوم بوده، از همه اقتصادی تر خواهد بود.

در احداث دیوارهای برشی جدید، با توجه به ایجاد کشش در یک طرف دیوار، مشکل تقویت فوندانسیون و مهار آن پیش می آید. وقتی دیوار مزبور در خارج ساختمان احداث گردد، چون از بارهای عمودی ساختمان نمی توان استفاده کرده این مشکل حادثتر است. برای مهار فوندانسیون ها در چنین حالتی می توان از شمع یا فوندانسیون های عمیق استفاده کرد.

برای تقویت دیوارهایی که از نظر خمشی ضعیف هستند از همان روش های فوق استفاده می شود. البته تامین اتصال کافی برای میلگردهای خمشی در این حالت ضروری است. لازم به ذکر است که چنانچه دیوار برشی به حد تسلیم خمشی برسد، شکل پذیری بیشتری خواهد داشت. بنابراین چون دیوارهای برشی با درصد میلگرد بیش از ۰٫۵ درصد اکثرا تحت اثر برش می شکنند، توصیه می شود در محاسبات، میلگرد خمشی دیوار را حداالامکان کم کرد.



بررسی نقاط ضعف دیوارهای برشی

یکی دیگر از نقاط ضعف دیوارهای برشی موجود، مقاومت پایین تیر اتصال دهنده دو دیوار می باشد. برای تقویت این تیر می توان به یکی از روش های زیر عمل کرد.

- ۱- با پر کردن فضای خالی بین دو دیوار کلا تیر حذف شود
- ۲- تیر کاملا تخریب، و به جای آن تیر با مشخصات کافی بتن ریزی شود.
- ۳- تقویت تیر با پوشش بتن آرمه در یک یا دو طرف آن انجام گیرد.
- ۴- کاهش تنش داخل تیر با اضافه کردن عناصر مقاوم دیگر صورت گیرد

چنانچه تیر خیلی ضعیف باشد، روش دوم برای تقویت منطقی است. ولی چنانچه اتصال تیر با دیوارها ضعیف بوده می توان سیستم را به صورت اتصال لولایی بین تیر و دیوار مدل کرده و پس از ارزیابی اگر باز هم جوابگوی نیروی وارده نبود، روش دوم را به کار برد.

تقویت دیوارهای برشی پیش ساخته

نقاط ضعف این گونه دیوارها عبارتند از:

۱ - عدم ظرفیت کافی خمشی یا برشی دیوار

۲ - عدم ظرفیت کافی خمشی و برشی در اتصال دیوار به دیوار

۳ - عدم ظرفیت خمشی در جهت عمود بر دیوار

نقطه ضعف اول یعنی ناکافی بودن ظرفیت خمشی و برشی دیوار را می توان به یکی از صورت های زیر برطرف کرد:

الف- افزایش مقاومت خمشی و برشی دیوار با پر کردن در و پنجره های موجود در آن با مصالح بتن مسلح

ب- افزایش مقاومت خمشی و برشی با اضافه کردن ضخامت دیوار در یک طرف دیوار

ج کاهش تنش های خمشی و برشی دیوار با اضافه کردن عناصر مقاوم دیگر

اقتصادی ترین روش برای افزایش مقاومت دیوارهای پیش ساخته پر کردن در و پنجره های موجود در آن می باشد. عدم ظرفیت کافی در اتصال دیوار به دیوار باعث می شود که هر دیوار به طور مستقل عمل کرده و در نتیجه مقاومت خمشی آن کاهش یابد. برای اصلاح اتصالات باید میلگرد کنار دیوارها را با تخریب بتن در این ناحیه ظاهر نموده و پس از اضافه کردن خاموت هایی برای بستن میلگرد دو دیوار به هم، اقدام به بتن ریزی نمود.

وقتی دیوارها برای بارهای عمود بر سطح مثل نیروی باد ضعیف هستند، با اضافه کردن ستونک هایی بین قطعات دیوار، یا با اضافه کردن تیر افقی بین ستون های قاب اصلی و در ارتفاع وسط دیوار، دهانه بار بر دیوار کاهش یافته و بدین وسیله این نقطه ضعف برطرف می گردد.

برای اصلاح تیر اتصال دهنده دو دیوار پیش ساخته، از همان روش هایی که در مورد اصلاح این تیر برای دیوارهای درجا بتن ریزی شده، گفته شد، استفاده می شود.



پر کردن دهانه قاب بتن مسلح با دیوار از جنس مصالح بنایی غیر مسلح

دیوار با مصالح بنایی جزء اعضا غیر سازه ای بوده که در بیشتر موارد، بدون اینکه در طراحی سازه در نظر گرفته شده باشد، بعد از اجرای ساختمان بین دهانه های قاب را پر کرده است. یکی از علل آسیب دیدگی سازه ها در زلزله های گذشته همین دیوارها می باشد. در این جا با این فرض که ستون های بتن مسلح دو طرف دهانه قاب، تاب تحمل نیروهای کششی و فشاری و همچنین نیروی برشی ناشی از عملگر دیوار پر کننده بنایی را داشته باشد، به بررسی مقاومت جانبی یک چنین سیستمی می پردازیم. نتایج آزمایشاتی که بر روی قاب بتن مسلح هفت طبقه قبل و بعد از پر کردن دهانه ها با دیوار بنایی و تحت بار متناوب توسط سه نفر از محققین هندی انجام شده است به شرح زیر می باشد:

- ۱- قدرت باربری قاب پر شده با مصالح بنایی حدود دو برابر همان قاب بدون دیوار است.
- ۲- سختی قاب پر شده تحت بار سرویس حدود $2/7$ برابر قاب بتن مسلح بدون دیوار می باشد.
- ۳- سختی اولیه قاب پر شده حدود ۲ برابر سختی قاب بدون دیوار است.
- ۴- شکل پذیری قاب بتن مسلح بدون دیوار، حدود $3,29$ برابر، نسبت به قاب بتن مسلح پر شده، بهتر است.
- ۵- جمع اتلاف انرژی قاب پر شده حدود $1,5$ برابر قاب بدون دیوار می باشد.
- ۶- خسارت وارد به قاب های پر شده در نهایت قابل توجه است. ممکن است در حرکت های متناوب قطعات آجر، خرد شده و پرتاب شود که ایجاد خطر برای ساکنین محل می نماید. به همین منظور باید پیش بینی های لازم به عمل آید.

آزمایشی که روی اتصالات دیوارهای با مصالح بنایی که دو طرف آن با تور سیمی و شات کریت بتنی پوشانده شده و توسط محققین دیگری انجام شده است، نشان می دهد که برای ساختمان های نسبتا کوتاه، مقاومت اتصال مزبور با مقاومت اتصال دیوار بتنی که با میلگرد اتصال به قاب اتصال یافته برابر است.

با توجه به تحقیقات فوق و نتایج آزمایشات مربوطه به نظر می رسد اگر قاب بتن آرمه سازه دارای مقاومت کافی باشد، چنانچه دهانه قاب با دیوار مصالح بنایی پر شود می توان از آن به عنوان یک عامل تقویت سازه استفاده کرد. برای جلوگیری از خطر پرت شدن قطعات آجر بهتر است دو طرف دیوار با ملات ماسه سیمان و تور سیمی شات کریت شود.

لازم به ذکر است که بر طبق آزمایشات انجام شده پوشش دیوار بنایی با تور سیمی و شات کریت باعث افزایش قابل توجهی در مقاومت آن در برابر بارهای جانبی خواهد بود.

استفاده از پانل های پیش ساخته در نمای ساختمان ها به منظور مقابله با بارهای جانبی

پانل های پیش ساخته با اتصالات معمولی در نمای ساختمان ها یکی از نقاط ضعف آن ها در برابر زلزله می باشد. بر این اساس برای ساختمان های با قاب خمشی پذیر، اجرای صحیح اتصالات پانل ها حدود ۶۸ درصد به سختی جانبی قاب اضافه کرده و همچنین مود تغییر شکل سیستم از تغییر شکل برشی به تغییر شکل برشی - خمشی تبدیل می گردد. لازم به ذکر است که در این تحلیل به سختی کل سازه، با منظور کردن اثرات پانل ها، ۳۶ درصد افزوده می گردد. بنابراین با توجه به نتایج این تحقیق، پانل های پیش ساخته نما که قبلا به عنوان اعضا غیر سازه ای محسوب می شدند در صورت اجرای صحیح اتصالات می توانند به عنوان یک عضو تقویت کننده سازه در برابر بار جانبی تلقی گردند.

در این راستا در تقویت عملی بعضی از ساختمان ها نحوه اتصالات این پانل ها را اصلاح و از آن به عنوان یک المان مقاوم در برابر زلزله استفاده نموده اند. لذا می توان یکی از تکنیک های تقویت ساختمان ها را اصلاح و اتصالات پانل های پیش ساخته در نمای آن ها دانسته و از آن بهره گرفت. چنانچه در نمای ساختمان های جدید استفاده از این پانل ها مورد نظر باشد، می توان در طراحی سازه اثرات این پانل ها را روی مقاومت جانبی سازه به حساب آورد.

تقویت ساختمان های بتن مسلح با استفاده از بادبند فلزی و پانل فلزی

تقویت سازه های بتن مسلح با بادبند فلزی، در سال های اخیر مورد توجه خاص قرار گرفته و کارهای مطالعاتی، تحقیقاتی و آزمایشگاهی گسترده ای نیز در این زمینه انجام گرفته است. در ژاپن ساختمان های زیادی با این

روش تقویت شده است. روش های مختلفی که تاکنون جهت اجرای بادبند فلزی در ساختمان بتن مسلح پیشنهاد شده است به شرح زیر می باشد:

- ۱ - استفاده از یک قاب فلزی مخصوص، جهت نصب بادبند یا پانل فلزی، که این قاب به قاب بتنی مسلح فیکس می شود.
 - ۲ - مانند حالت اول ولی قاب فلزی مخصوص وجود نداشته باشد.
 - ۳ - بادبند مستقیماً به وسیله بت و جوش به قاب بتن مسلح اتصال می یابد که این روش را روش اتصال مستقیم می خوانند.
 - ۴ - برای اتصال بادبند یا پانل فلزی به قاب بتن مسلح، از ملات یا بتن و میلگرد اتصال که در بدنه قاب نصب شده، استفاده می شود. این روش را روش اتصال غیر مستقیم می نامند.
- روش های ۱ و ۴ به عنوان روش های مناسب برای اتصالات بادبند توصیه می شود.

مزایا و معایب تقویت ساختمان با بادبند و پانل فلزی

الف - مزایا

این نوع تقویت دارای خواص شکل پذیری بوده و در اثر تقویت وزن ساختمان اضافه نمی شود. امکان نصب پنجره و هواکش و غیره در دهانه های بادبندی شده وجود دارد.

امکان عمل بهتر، کنترل بهتر و دقت کافی در ساخت را دارد.

ب- معایب

این نوع تقویت نیاز به اتخاذ تدابیر لازم برای جلوگیری از آتش سوزی و زنگ زدگی دارد. در تغییر شکل های بزرگ بادبندها کمانه می کنند. جهت نصب بادبند یا پانل فلزی باید در ابتدا، دیوارهای غیر سازه ای تخریب و میلگردهای اتصال در بدنه تیر و ستون قاب بتنی نصب گردد. آن گاه بادبند یا پانل فلزی که قبلاً با قاب فلزی مخصوص به صورت پیش ساخته موجود می باشد در محل قرار گرفته و پس از بستن میلگردهای اسپیرال، درز بین قاب فلزی و قاب بتنی با ملات ماسه سیمان یا ملات اپوکسی پر می شود.

عملکرد ساختمان تقویت شده با سیستم بادبند در برابر زلزله

چنانچه مکانیزم تسلیم یا مقاومت سازه در برابر زلزله فقط به سیستم بادبندی بستگی داشته باشد، چون مقاومت سازه بعد از تقویت به سه مقاومت مجزا یعنی مقاومت قاب بتن مسلح موجود، مقاومت سیستم بادبند و مقاومت اتصالات بادبند و قاب بستگی داشته، بدیهی است رفتار سازه بستگی به هر کدام از سه مقاومت فوق خواهد داشت.

مکانیزم دیگر مقاومت، بلند شدن فوندانسیون بوده که ممکن است بعد از تقویت این مکانیزم مجاز فرض شده باشد زیرا بلند شدن فوندانسیون بدون اینکه آسیبی به قاب و بادبند وارد شود باعث اتلاف انرژی به میزان قابل توجهی می شود. به منظور تصمیم گیری در مورد انتخاب مکانیزم مقاومت یا خرابی برای طراحی، چهار حالت جدول فوق به انضمام مکانیزم بلند شدن فوندانسیون بررسی شده و برای هر مکانیزم برش طبقه بر طبق استانداردهای موجود برآورد می شود مینیمم این مقادیر به عنوان بار جانبی برای طراحی بادبندها مورد استفاده قرار می گیرد.

طراحی تقویت با سیستم بادبند

قاب بیرونی ساختمان ها به علت دسترسی بهتر و امکان انجام کار آسان تر، مناسب ترین محل برای تعبیه بادبند فلزی است. البته باید در و پنجره و سایر بازشوها که معمولاً در بدنه بیرونی ساختمان قرار دارند نیز در طراحی مد نظر باشند. اتصال قاب مخصوص بادبند به قاب بتن مسلح از اهمیت ویژه و خاصی برخوردار است که باید پیش بینی های لازم در این مورد در هنگام طراحی شود.