

مطالعه و بررسی طرح های مقاوم سازی ساختمان های بتن آرمه

مجتبی عربی*، حسین عباسی شکیباپور، محمد سرکوهی، ناصر فدایی مقدم

کارشناسی ارشد عمران گرایش سازه، موسسه آموزش عالی بعثت کرمان، ایران

Mojtaba.arabi@besat.ac.ir

کارشناسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان، ایران

H.a.shakiba.p.58@gmail.com

کارشناسی عمران، جهاد دانشگاهی ایران واحد کرمان، ایران

Mohammadsarkoohi54@gmail.com

کاردانی عمران، جهاد دانشگاهی ایران واحد کرمان، ایران

Fadayi6310@gamil.com

خلاصه

نیاز روز افزون انسان برای بهبود شرایط محیط زیست و گسترش فعالیت ها وی را به ساخت و ایجاد بنا و می دارد که پاسخگو این احتیاج ها باشد در این بناها علاوه بر رفع نیاز های فیزیکی باید آسایش روانی و هماهنگی با محیط زیست نیز مورد توجه قرار گیرد بتن یکی از مصالح ساختمانی است که با توجه به قابلیت های فراوان خود امروزه در صنعت ساختمان جایگاه ویژه ای دارد وسعت این جایگاه موجب شده است که مسایل مربوط به ساختمان های بتنی در سراسر جهان مورد تحقیق و بررسی قرار گیرد. در این مقاله مسایل کلی مقاوم سازی و طرح های پیشنهادی برای مقاوم سازی ساختمان های بتن آرمه و اقدام های اولیه پیش از هرگونه عملی و روش های موجود و متداول مقاوم سازی مورد بررسی قرار گرفته است

کلمات کلیدی: ساخت، بتن، مقاوم سازی، ساختمان بتنی

۱. مقدمه

پس از وقوع زلزله های متوال در کشور و گذشت عمر مفید ساختمان ها مردم روی به ساخت ساز جدید و با بررسی ساختمان برای مرمت و مقاوم سازی کرده اند. نگهداری میتواند ابزاری جهت جلوگیری از فرسودگی و بازیافت و یا توسعه عمر مفید ساختمان به حساب آید بازرسی، نگهداری، مرمت و مقاوم سازی یک سازه که بایستی به خوبی شناخته شود زیرا که می تواند در صرفه جویی اقتصادی نقش مهمی داشته باشد. در برنامه ریزی یک پروژه مرمت یا مقاوم سازی موارد [8] زیر بایستی در نظر گرفته شوند:

(۱) مشخص کردن وضعیت سازه

(۲) تعیین ملزومات عملیات مرمت و مقاوم سازی

(۳) مهیا کردن یک برنامه کاری

(۴) نظارت بر کیفیت اجرای کاری

[6] تعیین هدف مقاوم سازی:

(۱) انتخاب سطح عملکرد اجزای سازه ای

(۲) انتخاب سطح عملکرد اجزای غیر سازه ای

۳) انتخاب سطح خطر

۴) سطح عملکرد کل ساختمان با استفاده از موارد ۱ و ۲

۵) انتخاب هدف مقاوم سازی با استفاده از مورد ۳

مقاوم سازی ساختمان باید تحت بررسی قرار گیرد که عواملی همچون :

۱) تشخیص : تعیین دلایل آسیب پذیری و یا آسیب دیدگی

۲) درمان : تجویز روش های مقاوم سازی

مورد بحث بعد از ارزش یابی اولیه از لحاظ مقاوم سازی ساختمان از نظر اقتصادی ، عملکرد و اهمیت ساختمان می باشد.

[6] در بحث تشخیص گزینه های زیر مد نظر می باشد :

۱) اقدامات اولیه : که شامل بازدید و جمه آوری اطلاعات و انجام برخی از آزمایشات ساده ، بررسی نقشه ها و پروانه

و مدارک فنی ساختمان و جمع بندی گزارش اولیه می باشد.

۲) ارزیابی : که شامل تکمیل اطلاعات و تعیین میزان نارسایی ها و طبقه بندی نارسایی می باشد و بررسی علل بروز

نارسایی ها و ارزیابی وضع موجود می باشد.

[6] بعد از تشخیص وارد بحث درمان می شویم که شامل موارد زیر می باشد :

۱) تعیین گسترده مقاوم سازی

۲) انتخاب مصالح و روش مقاوم سازی

۳) بررسی فنی و اقتصادی طرح مقاوم سازی

[7] ۱-۲. راهنمایی انجام مطالعات خدمات در پروژه های مقاوم سازی

۱) تخریب و سونداژ : تخریب و سونداژ عبارت است از برداشتن پوشش های معماری تا رسیدن به محل اعضا یا

اجزای مورد نظر. هدف از این مرحله دسترسی به اعضا یا اجزای مختلف سازه به منظور انجام شناسایی های مورد

نیاز و آماده نمودن شرایط لازم به منظور انجام نمونه گیری و آزمایش های مخرب و غیر مخرب مورد نیاز

۲) شناسایی : که عبارت است از تعیین مشخصات ظاهری جزییات و هندسی اعضا و اجزای مختلف سازه

۳) تهیه نقشه های ارزیابی جامع وضع موجود و یا کنترل و دقیق نقشه های موجود از سازه

۴) بررسی ظاهری و کیفی اعضا و اجزای سازه ای و غیر سازه ای

۵) آماده سازی : که شامل مجموعه اقداماتی که در محل سایت قبل و در حین انجام سونداژ و آزمایش های مخرب

و غیر مخرب باید صورت گیرد.

۶) آزمایش های مقاومت مصالح که شامل

الف) آزمایش های مخرب که شامل آزمایش هایی که با تخریب عضو همراه باشد

ب) آزمایش های غیر مخرب که شامل آزمایش های که در آن نیازی به تخریب عضو یا اجزا نبوده و یا تخریب کاملا

محدود است

پ) آزمایش تست کشش میلگرد

ث) تست مقاومت فشاری بتن به وسیله چکش اشمیت و یا مغزه گیری

هدف از این فرآیند ها تکمیل نقشه های ارزیابی جامع و وضع موجود و یا کنترل و دقیق بودن نقشه های موجود سازه و تعیین مشخصات فیزیکی و مکانیکی و شیمیایی مصالح به کار رفته در سازه و تعیین کیفیت و میزان آسیب های محیط و شیمیایی مصالح به کار رفته در سازه می باشد.

[6] ۱-۳. شکل های مختلف گسیختگی یک سازه :

- ۱) گسیختگی مهار سقف ها و کف ها به دیوار ها.
- ۲) آسیب دیدگی ناشی از ضربه زدن سازه های مجاور به یک دیگر به دلیل عدم فاصله جداکننده میان آنها.
- ۳) بروز گسیختگی در محل اتصال تیر به ستون به یک دیگر در صورتی که آرماتور کافی برای جذب برش ممان پیشینی نشده باشد.
- ۴) بروز گسیختگی ناشی از پیچش مثلا در مواردی که دیوار برشی به صورت نامتقارن در پلان توزیع شده باشد.
- ۵) گسیختگی در خاک پی میتواند ناشی از نیرو های واژگونی ، لرزشی و یا پدیده آبگونی باشد.

۲[6]. روش های مقاوم سازی ساختمان های بتن آرمه

تقویت ساختمان های موجود یا ساختمانی که بر اثر زلزله آسیب دیده است معمولا از نظر فنی بسیار پیچیده تر از طرح و اجرای ساختمان جدید است. نامشخص بودن اجزای سازه ای ، نوع مقاومت مصالح مصرف شده از یکسو و عدم تطابق ساختمان های موجود با مدل های کلاسیک سازه ای نظیر قاب های گیر دار ، قاب های مهاربندی شده و غیره و از شوی دیگر تخمین مقاومت لرزه ای ساختمان را بسیار دشوار میکند از این رو مسایل زیر مورد بررسی و طرح قرار می گیرد

[1] ۱-۲. اندرکنش بین بتن قدیم و جدید

تلاش جهت نزدیک کردن مقاومت و مدول ارتجاعی مصالح جدید با مصالح قدیم نیز از مواردی است که نباید از نظر دور داشت این موارد بستگی زیادی به ترکیب و رفتار مصالح جدید دارد. لرزش های ایجاد شده به انحنای گوناگون در خلال سخت شدن بتن جدید میتواند اثر منفی روی مقاومت و پیوستگی آن به بتن قدیم بگذارد و بدین جهت بهتر است روشهایی جهت پایین آوردن زمان سخت شدن بتن جدید در نظر گرفت.

[1] در یک مطالعه نتایج زیر بدست آمده است

- ۱) لرزشهایی با سرعت لرزش کمتر از ۲۰ میلی متر بر ثانیه و با دامنه جابه جایی ۰,۷ ثانیه روی مقاومت بتن تاثیر قطعی ندارد.
- ۲) بتن با مقاومت بیش از ۵ تا ۶ نیوتن بر میلی متر مربع میتوان لرزشی با سرعت بیش از ۱۰۰ میلی متر بر ثانیه را تحمل کند.
- ۳) وقوع لرزش های قبل از سپری شدن زمان سخت شدگی در صورتی که استحکام بتن پایین باشد میتواند سبب افزایش مقاومت شود زمان بحران سخت شدگی ۳ الی ۱۴ ساعت بعد ساخت بتن می باشد.
- ۴) نحوه کار باید طوری باشد که تغییر مکان نسبی بین بتن قدیم و جدید اتفاق نیوفتد.

۲-۲. انتقال برش بتن قدیم و جدید از طریق اصطکاک بتن به بتن و آرماتور

انتقال برش بین بتن قدیم و جدید مادام آن که از وسایل اضافی نظیر میل مهار ، میلگرد خم شده و غیره استفاده نمیگردد تابع اصطکاک موجود بین بتن قدیم و بتن جدید است. نیروی اصطکاک خود تابع نیروی عمودی منطقه بین دو سطح و کیفیت زبری سطح تماس می باشد ضریب اصطکاک انواع سطح برحسب تنش فشاری می باشد.

۲-۱. ایجاد نیروی اصطکاک در سطح تماس باقی مانده بتن :

یکی از موارد کاربرد میل مهار در سازگار نمودن دیوارهای برشی تقویتی با سازه موجود می باشد. طراحی این میلگرد ها از مهمترین مراحل طراحی می باشد. سهل انگاری و بی توجهی در این زمینه باعث ابطال کلیه اقدامات انجام گرفته جهت [3] مرمت و تقویت موضعی یا کلی سازه میگردد. مقاومت میل مهار از رابطه زیر بدست می آید

$$P_u = 2.5\phi^2 \sqrt{B_p * B_s} \quad (1)$$

که در آن

ϕ : قطر میلگرد به سانتی متر می باشد.

B_s : تنش فولاد بر حسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع می باشد.

B_p : مقاومت ۲۸ روزه نمونه مکعبی بتن بر حسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع می باشد.

P_u : ظرفیت نهایی میل مهار بر حسب کیلوگرم می باشد

و طول از میلگرد که در بتن قرار داده می شود باید در رابطه زیر صدق کند :

$$T \geq 6\phi \quad (2)$$

۰,۰۰۵ ϕ و استفاده از ضریب اطمینان را جهت اطمینان از اینکه تغییر شکل میل مهار در نقطه اعمال نیرو به آنها از کوچکتر توصیه می شود.

۲-۳. ارزیابی خطرات ناشی از زلزله در سازه های موجود

[2] ۲-۳-۱. ارزیابی کیفی :

ابتدا می بایست کلیه اسناد و مدارک و نقشه های موجود سازه از نظر جمع آوری و ارزیابی گردند و همچنین به عنوان یک اقدام تکمیلی از سازه مورد نظر بازدید عمل آورده شود از آنجایی که برای بسیاری از سازه های موجود با کبود نقشه و اسناد موجه هستیم ممکن از بازدید از سازه تنها راه ممکن برای ارزیابی آن باشد.

پس از ارزیابی کیفی ممکن است به این نتیجه برسیم که سازه دارای استحکام و مقاومت کافی است که در این صورت باید دلایل استواری برای نظر خود ارایه دهیم. و اگر به این نتیجه برسیم که با اطلاعات موجود قادر به تعیین مقاومت سازه در برابر زلزله نیستیم لازم است که سازه به طور تحلیلی ارزیابی کنیم.

۲-۳-۲. ارزیابی تحلیلی :

در این ارزیابی باید مقاومت اجزا سازه ای و غیر سازه ای در مقابل نیروهای ناشی از زلزله بررسی گردد برای اینکار میتوان از همان روشهای موجود که در طراحی یک سازه جدید استفاده می شود بهره برد. مقاومت سازه در مقابل زلزله به صورت بیان می گردد این ضریب عبارت است از نسبت میزان مقاومت سازه در مقابل زلزله به مقاومت یک سازه RC ضریب زلزله را به صورت زیر تعریف کرد: IC جدید می تواند از خود در مقابل زلزله بروز دهد از این رو می توان

$$R_c = V_{as}/V_{rs} \quad (3)$$

نیروی برشی است V_{rs} نیروی برشی است که سازه یا جز مورد نظر در حال حاضر قادر است تحمل کند و V_{as} که در آن همان برش پایه V_{rs} که این سازه یا جز مورد نظر در حالت ایده آل باید قادر به تحمل آن باشد در موارد کل ساختمان است.

[6,8] ۲-۴. طبقه بندی آسیب دیدگی اعضا بتن مسلح :

در این قسمت یک روش کیفی برای یادآوری میزان آسیب دیدگی ارایه میگردد در این طبقه بندی میزان آسیب دیدگی اعضا مختلف سازه به پنج طبقه ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ تقسیم شده است که به شرح زیر می باشد :

سطح ۱ : بر روی اعضای که دچار ای میزان آسیب دیدگی شده اند ترکهای خمشی پراکنده با عرض کمتر از ۱ یا ۲ میلی متر دیده می شود که این ترک ها ناشی از کمبود فولاد در مقطع نیست بلکه از نارسایی هایی مانند طریه اتصال دیوار جدا کننده به اعضا قاب می باشد.

سطح ۲ : در این حالت تعداد زیادی ترک های خمشی بزرگ یا ترک قطری پراکنده ناشی از برش بر روی قطعه مشاهده میگردد. عرض این ترک ها از ۵ میلی متر کمتر می باشد و در این حالت تغییر شکل دایم در عضو مورد نظر دیده نمی شود.

سطح ۳ : در این حالت ترک های قطری متقاطع ناشی از برش و یا قلوه کنی شدید بتن در اثر برش و خمش مشاهده می گردد اتصال تیر به ستون که دچار ترک شده باشند در این گروه قرار میگیرند.

سطح ۴ : در این حالت بتن در هسته عضو بتنی دچار گسیختگی شده و آرماتور ها کمانه کرده و عضو بتنی یکپارچگی خود را از دست داده اما هنوز فرونریخته است و تغییر شکل های دایم افقی و دایم قائمی مشاهده شده ، اتصالات تیر به ستون که بتن آنها به شدت متلاشی شده است در این گروه قرار میگیرد.

سطح ۵ : در این حالت عناصر قائم بطور جزئی فرو می ریزند در صورتی که شرایط تعیین شده برای تغییر شکل در هر گروه درست نباشد نوع آسیب دیدگی به یک گروه بالاتر نسبت داده می شود.

بطور کمی مشخص نشده باشد می توان با توجه به طبقه بندی که در بالا شرح داده شده است و FC در صورتی که ضریب جدول زیر به طور کیفی مقداری برای آن در نظر گرفت

جدول ۱ مقدار کیفی FC

ساختمان	عضو بتن آرمه			
	سطح آسیب دیدگی			
	1	2	3	4
جدید	0.95	0.75	0.45	0.10
قدیم	0.65	0.50	0.25	0.00

- [1] کمتر از ۰.۵ ، بدست آید باید فوراً نسبت به تقویت عضو مورد نظر اقدام کرد FC در صورتی که ضریب تا حد ممکن بسته به شرایط روش های زیر را می توان انتخاب کرد : FC برای افزایش ضریب
- (۱) تخریب طبقات فوقانی و یا قسمتی از ساختمان
 - (۲) محدود نمودن بهره برداری از ساختمان (کاهش سربار زنده)
 - (۳) اصلاح سختی و ظرفیت کل سازه و اعضا آن به وسیله

(الف) تعبیه اعضا اضافی مانند دیوار پرکننده و بادبندی

(ب) تقویت اعضا موجود چه عضو سالم و چه عضو صدمه دیده

(پ) تعویض اعضا صدمه دیده

4,6,7] ۲-۵. مصالح و تکنیک های مقاوم سازی

۲-۵-۱. شمع زدن :

به طور کلی پس از آسیب دیدن سازه قبل از شروع هرگونه عملیات شمع زدن و باربرداری اهمیت زیادی دارد این کار باید در کوتاه ترین بازه زمانی ممکن انجام شود که میتوان از وسایل داربست های فلزی ، نیم رخ های فولادی و شمع چوبی استفاده کرد.

۲-۵-۲. بتن در جا :

برای بهبود مشخصات چسبندگی و کنترل انقباض برای تماس سطح جدید و قدیم توصیه های زیر برای این روش مورد توجه قرار می گیرد :

- ۱) قسمت آسیب دیده بتن را با ابزار مناسب بردارید.
- ۲) سطح حاصله را با ابزار مناسب زبر کنید.
- ۳) پوشش روی آرماتور را بردارید.
- ۴) قسمت بتن را که احتمالاً پرب شده و آرماتور زنگ زده را تمیز کنید.
- ۵) گرد و غبار موجود را با آب تحت فشار بشوید.
- ۶) آرماتور جدید را با روش های جوش دادن و غیره به آرماتور قدیم یا مهار کنید یا در بتن قرار دهید.
- ۷) قبل از ریختن بتن جدید حداقل شش ساعت قطعه مورد نظر را اشباع نگه دارید.
- ۸) بتن را از یک طرف قالب بریزید که محبوس شدن هوا در آن جلوگیری شود.
- ۹) نامی قسمت های نمایان را با گونی مرطوب مراقبت کنید (حداقل به مدت ۱۰ روز)

۲-۵-۳. بتن پاشی :

دلایل عمده استفاده از این روش برای تقویت

- ۱) چسبندگی خوب میان بتن و مصالح ریز دانه و سطح زیرین.
- ۲) به دلیل انرژی زیاد تراکم و پایین بودن نسبت آب به سیمان مشخصات مخلوط بهبود می یابد.
- ۳) می توان بتن را روی سطح قائم ، مایل و بالاسری اجرا کرد.

آماده سازی سطح بریا این نوع بتن :

- ۱) برداشتن قسمت آسیب دیده.
- ۲) زبر نمودن سطح.
- ۳) ماسه پاشی تمامی سطوح و بازکردن حفره های موجود در بتن قدیم.
- ۴) آب پاشی سطح برای برطرف کردن گرد و غبار.
- ۵) اشباع نمودن عضو حداقل به مدت شش ساعت قبل از عملیات.

۲-۵-۴. انواع فولاد هایی که به قطعه اضافه می شود :

- به هنگام تقویت اعضا بتنی اغلب لازم است که فولاد هایی به شکل آرماتور ، شبکه جوش شده ، تسمه ، تنگ و یا صفحات فلزی به عضو مورد نظر اضافه شود به عنوان نمونه می توان به موارد زیر اشاره کرد :
- ۱) اضافه نمودن صفحه فولادی به سطح خارجی برای افزایش مقاومت خمشی و برشی.
 - ۲) اضافه نمودن آرماتور یا شبکه جوش شده به همان منظور در مورد قبل.
 - ۳) اضافه کردن تسمه یا تنگ برای ایجاد مقاومت برشی



۲-۵-۵. افزودن دیوار و بادبند :

این روش عمدتاً برای مقاوم سازی کل یک ساختمان استفاده میشود. اعضا جدید باربر به دلیل اصلاح رفتار ظاهری یک ساختمان قابل توجه هستند علاوه بر تشخیص تعداد اعضا موقعیت قرار دادن آنها در داخل سازه با اهمیت خاصی برخوردار است. جهت اضافه کردن دیوار چندین روش وجود دارد که رایج ترین آنها قالب بندی درجا جهت ایجاد دیوار پرکننده بتن مسلح متصل و یا غیر متصل به قاب و تعمیر کردن دیوار با اعضا موجود با استفاده از بتن های ویژه منبسط شونده و بدون افت یا به وسیله ترزیف رزین های اپکسی رفع گردیده است. میان قاب می تواند در امتداد محیط خود یا در امتداد تیر به قاب متصل شود در حالت اخیر اگر فاصله بین ستون ها و دیوار بتنی در جا ایجاد شود شکل پذیری قاب افزایش پیدا خواهد کرد. اتصال دیوار با قاب از طریق تعبیر اتصال دهنده های برشی مانند قلاب های فولادی یا بلوک های کوچک بتنی قلاب و مفید شده اند تا مین می شود.

روش های دیگر مانند :

- (۱) پانلهای فولادی موجدار متصل به قاب که با پانلهای غیر سازه ای به صورت ترکیبی عمل می نمایند توجه خاصی در مورد حفاظت این پانلهای نازک فولادی در برابر خوردگی و حریق باید انجام شود.
- (۲) قرار دادن متفاوت مهاربند فولادی ، خرپا و قاب فولادی متصل می تواند کار آمد باشد.

توجه گردد بادبند ها باید به نحوی طراحی گردند که خروج از مرکزیت در سازه حتی المقدور کوچک و قابل کنترل باشد و ضمناً اتصال بادبند به سازه باید به نحو مناسب طراحی گردد که تامین مقاومت کافی اتصالات در سازه مرکب را داشته باشد و این مقاومت باید حداقل به اندازه مقاومت اعضا مربوطه باشد و تامین این مقاومت به طریقه زیر مقدور است :

- (۱) ایجاد مهار بتنی از طریق سوراخ های ایجاد شده در دال
- (۲) ایجاد گل میخ های فولادی در سوراخ های دال و جوش دادن آن به پروفیل
- (۳) زره پوش نمودن اعضا افقی بادبند و اتصال زره به دال
- (۴) ایجاد سوراخ در دال جهت عبور اعضا قائم بادبند در آن

جهت مقابله با نیروی کششی ناشی از زلزله در اعضا قائم بادبند هنگام وقوع زلزله می توان آنها را به ستون های مجاور که تحت اثر نیروی فشار حاصل از وزن ساختمان قرار دارد متصل نمود این اتصال می تواند با زره پوش کردن ستون و عضو قائم بادبند به صورت یک پارچه و یا با جوش دادن میلگرد های ستون موجود به عضو قائم بادبند صورت پذیرد. معمولاً از پروفیل نبشی یا ناوانی در این خصوص استفاده میشود نکته اساسی ایجاد اتصال مناسب میان بادبند و قاب در محل تیر به ستون می باشد. روش های زیر در این مورد قابل استفاده اند :

- (۱) استفاده از طوقه فولادی که از ورق های فولادی در بالا و پایین اتصال تشکیل شده و به کمک جوش و دوغاب سیمان نصب میشود.
- (۲) استفاده از مقطع قوطی شکل متشکل از نبشی و ورق های فولادی در صورتی که تیرهای جانبی اتصال تیر به ستون را پیچیده نمایند.

[6,4] ۲-۵-۶. مقاوم سازی با اعضا پیش ساخته

برای اجرای این روش اولین کاری که باید انجام شود باربرداری از مقطع اصلی می باشد و بعد از اتمام عملیات مجدداً مقطع مرکب بارگذاری شود این روش مقاوم سازی نیازمند پیوستگی مناسب بین دو قطعه قدیم و جدید است.

۲-۶. مقاوم سازی اعضا سازه ای جدید



۲-۶-۱. ستون :

افزایش مقاومت خمشی و برشی ستون ها اصلاح تغییر شکل پذیری و ایجاد سختی مورد نظر آنها می تواند با روش های مختلف انجام گیرد. مقاومت خمشی ستون را می توان با افزایش سطح بتن و اضافه کردن میلگرد طولی افزایش داد و مقاومت برشی و خصوصا تغییر شکل پذیری ستون را با استفاده از آرماتور عرضی اصلاح کرد.

۲-۶-۱-۱. مرمت موضعی :

تزریق چسب فقط در مورد مرمت ستون ها با ترک جزئی بدون خرابی در بتن و آرماتور کاربرد دارد تنها ترمیم ترک عرضی ۰,۵ تا ۰,۱ میلی متر توصیه می گردد و تزریق دوغاب سیمانی برای ترک های ۲ تا ۵ میلی متر.

۲-۶-۱-۲. زره پوش بتنی :

از زره پوش بتنی در مواردی که ستون دچار آسیب دیدگی شدید و نقصان مقاومت شده باشد استفاده می شود به دلیل افزایش ظرفیت باربری ستون این روش جهت تقوت به کار می رود. زره پوش کردن می تواند به وسیله بتن مسلح ، پروفیل فولادی یا ورق فولادی انجام شود.

زره پوش بتن مسلح باید مطابق با قواعد زیر باشد :

- ۱) مقاومت فولاد تقویتی باید حداقل مساوی مقاومت فولاد موجود باشد.
- ۲) مقاومت بتن تقویتی باید حداقل ۵۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع بیشتر از مقاومت بتن موجود باشد.
- ۳) حداقل ضخامت زره برای بتن پاشی ۴ سانتی متر و برای بتن درجا ۱۰ سانتی متر می باشد.
- ۴) سطح فولاد اضافه شده به مقطع باید حداقل ۶۰ درصد سطح مقطع زره محدود گردد.
- ۵) تعداد آرماتور نمیتواند از چهار عدد برای زره مستطیل شکل کمتر و حداقل قطر آرماتور ۱۴ میلی متر می باشد.
- ۶) قطر تنگ نباید کمتر از ۸ میلی متر و یا یک سوم قطر میلگرد طولی (هر کدام بزرگتر بود) باشد.
- ۷) فاصله تنگ نباید از ۲۰ سانتی متر و در وسط ستون از ۱۰ سانتی متر و در فاصله یک چهارم ارتفاع ستون از دو انتها تجاوز کند.

۲-۶-۱-۳. زره پوش فولادی :

زره پوش فولادی عبارت است از چهار پروفیل نبشی که در طول گوشه ستون قرار گرفته و توسط تسمه عرضی بهم وصل شده است. قطعه متصل کننده می تواند میلگرد با حداقل ۱۲ میلی متر و یا تسمه فولادی با حداقل ابعاد ۲۵*۴ میلی متر باشد.

۲-۶-۱-۴. ورق پوشش فولادی :

در این روش از ورق فولادی نازک جهت پوشش کامل ستون استفاده می شود. ورق فولادی با ضخامت ۴ تا ۶ میلی متر به طور پیوسته به یک دیگر جوش شده به طوری که فاصله بین ورق و سطوح ستون توسط پرکننده نظیر دوغاب سیمان بدون منبسط شونده یا افت پرگردد.

۲-۶-۲. تیر :

۱) در صورتی که به وجود آمدن ترک های ریز بر روی تیرها (آسیب دیدگی سطح ۱) کافسیت که با تزریق ترکیبات رزین به درون ترک ها آنها را بسط.

۲) اگر تیر مورد نظر دچار ترکهای جدی ناشی از وجود تنش های قطری باشد اما هنوز بتن متلاشی نشده (آسیب دیدگی سطح ۲) ابتدا می بایست با شمع زدن جلوی گسترش آسیب دیدگی را گرفت و آنگاه با تزریق رزین ترکها را در درز گرفت و برای جلوگیری از له شدن بتن در لبه تیر باید از نبشی استفاده کرده و تنگ ها را بر روی نبشی بست.

۳) اگر مایل به سوراخ کردن سقف برای عبور تنگ نیستیم می توان با چسباندن ورق فولادی به ضخامت ۲ تا ۳ میلی متر عذسی را تامین کنیم.

۴) در صورت آسیب دیدگی که بتن به طور موضعی متلاشی شده (آسیب دیدگی سطح ۳) باید ابتدا سیستم شمع بندی مناسب قطعه مورد نظر را حمایت کرد و سپس بعد از خارج کردن بتن متلاشی شده سطح زیر آن را برای بتن آماده کرده و پس از قرار دادن فولاد لازم اقدام به بتن پاشی کرد.

۲-۳-۶. اتصال تیر به ستون :

با تزریق اپوکسی می توان جهت مرمت اتصال آسیب دیده و با ترک کوچک اقدام کرد این روش بدون آسیب دیدگی بتن و یا کماتش و گسیختگی آرماتور است اگر آسیب دیدگی جدی باشد می توان با روش های زره بتن مسلح و تکنیک کوژ و تقویت با ورق فولادی این عمل را انجام داد.

رعایت مشخصات زیر در تکنیک کوژ ضروری است :

- ۱) استفاده از بتن با مقاومت ۲۵۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع برای نمونه مکعبی
- ۲) کندن پوشش میلگرد و محل اتصال و جوش آرماتور جدید با قطر بالا وجه خارجی اتصال
- ۳) تعبیه خاموت با فواصل اندک از یک دیگر

[6,4] ۲-۳-۴. دال :

خرابی در دال ها زیاد است که میتوان با تزریق اپوکسی ، دوغاب سیمان ، تعمیر و تعویض در صورتی که بتن خرد شده باشد و افزایش ضخامت دال انجام داد. افزایش ضخامت دال با روش های زیر رفتار بهتری دارد :

- ۱) ایجاد سطح زیر به وسیله مخلوط اپوکسی و شن
- ۲) ایجاد حفره و ناهمواری در دال موجود
- ۳) تعبیه میل مهار در بتن موجود به کمک اپوکسی
- ۴) تعبیه گل میخ های از نبشی ، میخ مخصوص و میلگرد

۲-۳-۵. دیوار برشی :

دیوار برشی به لحاظ سختی و مقاومت بالا مهم ترین عضو در برابر زلزله است پس آسیب وارده به آن را باید جدی گرفت برای ترک های کوچک تزریق اپوکسی و تعمیر و تعویض قطعات و در ترک های بزرگ و خرد شده را میتوان از روش های مقاوم سازی تیر و ستون که در بالا گفته شده است استفاده کرد.

[6,4] ۳.۱.۳ اعضا سازه جدید :

مقاومت سازه موجود در برابر نیرو جانبی می تواند با اضافه نمودن اعضا سازه ای جدید جهت تحمل قسمتی یا تمام نیروی زلزله افزوده گردد اعضا جدید اضافه شده عبارت اند از :

- ۱) دیوار برشی اضافی در یک سازه
- ۲) دیوار برشی در قاب خمشی
- ۳) قاب های اضافی در سازه
- ۴) مهار جانبی در سازه های با قاب خمشی

در کلیه موارد سازه جدید متشکل شده از سازه قدیمی و اعضا جدید به صورت زیر تحلیل و طراحی می گردند :

- ۱) اعضا جدید می تواند دارای سختی جانبی در حد سختی اعضا قدیمی باشد در این حالت نیروی جانبی به نسبت سختی اعضا موجود جدید و همچنین موقعیت آنها در سازه توزیع می گردد.
 - ۲) دیوار برشی با سختی قابل توجه نسبت به دیوار برشی موجود می تواند به سازه اضافه گردد این کار را می توان در محل دیوار های خارجی و یا دیوار های داخلی با جایگزین کردن آنها با دیوار برشی انجام داد.
- اضافه نمودن اعضا جدید به ساختمان موجود رفتار دینامیکی سازه را در مقابل سازه در مقابل زلزله تحت تاثیر قرار می دهد پس باید موارد زیر را مورد توجه قرار داد :
- ۱) اجتناب از تمرکز نیروهای روی اعضا با سختی و تغییر شکل پذیری کم با توزیع یک نواخت اعضا مقاوم در سازه
 - ۲) اصلاح توزیع نیروهای جانبی با کاهش اثر پیچش و هرگونه بی نظمی
 - ۳) ایجاد مقاومت سختی و تغییر شکل پذیری کافی در اعضا
 - ۴) ایجاد اتصال کافی میان سازه موجود و اعضا جدید
 - ۵) ایجاد تناسب یان اعضا موجود و اعضا جدید از نظر سختی

۴. نتیجه گیری

با توجه به موارد گفته باید ساختمان ابتدا ارزش یابی شود که آیا ساختمان ارزش مقاوم سازی را دارد یا خیر مثلا در ساختمان که جز میراث فرهنگی و تاریخ هستن مقاوم سازی در این سازه ها واجب است و با هرگونه هزینه ای و در مواردی که باید کاربری سازه در نظر گرفته شود مثل یک بیمارستان که اگر تخریب شود بعد از نو ساخته شود کاربری آن مدخول می شود ولی برای سازه های معمولی بعد از ارزیابی باید تصمیم به مقاوم سازی از لحاظ اقتصادی گرفت. با اینکه ایران روی کمربند زلزله است و آسیب پذیر بودن اغلب ساختمان های موجود در برابر زلزله لازم است که جهت بالابردن ایمنی و کم شدن مقاومت این سازه و کم شدن تلفات جانی و مالی بیشتر بحث های مقاوم سازی و ترمیم مورد بررسی قرار گیرد و پیشگرمی ساختمان ها را قبل از وقوع زلزله انجام دهیم. در این مقاله سعی بر این شد که با روش های مقاوم سازی ساختمان های اسکلت بتن آشنا شویم و برای مقاوم سازی یکی از راه های مورد نیاز و اقتصادی را انتخاب و انجام دهیم.

۵. مراجع

- ۱) پرویز مباحی و بابک اسماعیلی زاده حکیمی / مرمت و تقویت سازه های بتن مسلح در مناطق زلزله خیز
- ۲) دکتر هوشمند عبد شریف آبادی / زلزله و ساختمان های متداول
- ۳) شاپور طاحونی / طراحی ساختمان های بتن مسلح
- ۴) مقررات ملی ساختمان مبحث ۹ طراحی ساختمان های بتن آرمه
- ۵) استاندارد ۲۸۰۰ آیین نامه طراحی ساختمان در برابر زلزله
- ۶) نشریه ۳۶۰ دستور العمل بهسازی ساختمان های موجود
- ۷) نشریه ۳۹۰ راهنمای انجام مطالعات خدمات جانبی در پروژه های بهسازی لرزه ای
- ۸) نشریه ۳۶۴ دستور العمل ارزیابی سریع ساختمان های موجود