جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه کشور

مشخصات فنی عمومی
کارهای ساختمانی
تجدید نظر سوم

جلد دهم
بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود
ضابطهٔ شماره ۱۰-۵۵

آخرین ویرایش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۸

معاونت فنی، زیربنایی و تولیدی
امور نظام فنی و اجرایی

وزارت راه و شهرسازی
مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی

Nezamfanni.ir

۱۴۰۳

باسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان برنامه و بودجه کشور
رئیس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره :	۱۴۰۳/۵۶۹۴۵۰
	تاریخ :	۱۴۰۳/۱۱/۰۳

به استناد ماده(۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور، ماده(۲۳) قانون برنامه و بودجه و تبصره(۲) ماده(۴) «نظام فنی‌واجرایی یکپارچه کشور» موضوع مصوبه شماره ۲۵۲۵۴/ت۵۷۶۹۷ه مورخ ۱۴۰۰/۰۳/۰۸ هیئت وزیران، دستورالعمل پیوست با مشخصات زیر ابلاغ و برای اجرا در «سامانه نظام فنی‌واجرایی کشور»به نشانی Nezamfanni.ir منتشر می‌شود.

عنوان:	**مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی (بازنگری سوم) در ۱۰ جلد:** **جلد اول:کلیات، سلامت، ایمنی و محیط زیست و مستندسازی** **جلد دوم: تخریب– ژئوتکنیک** **جلد سوم: بتن و اجرای آن** **جلد چهارم: فولاد و اجرای سازه‌های فولادی** **جلد پنجم: عملیات بنایی، جداکننده‌ها و کف‌ها و سقف‌های کاذب و نمای ساختمانی** **جلد ششم: عایق‌کاری** **جلد هفتم: پوشش‌ها** **جلد هشتم: اصول و روش‌های نصب در و پنجره ساختمانی** **جلد نهم: محوطه‌سازی** **جلد دهم: بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود**
شماره ضابطه:	**۵۵**
نوع ابلاغ:	لازم الاجرا
حوزه شمول:	همه قراردادهای جدیدی که از محل وجوه عمومی ویا به صورت مشارکت عمومی-خصوصی منعقد می‌شوند
تاریخ اجرا:	۱۴۰۴/۰۴/۰۱
متولی تهیه، اخذ بازخورد و اصلاح:	دبیرخانه «مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی» مستقر در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
مرجع اعلام اصلاحات:	امور نظام فنی‌واجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور

این بخشنامه از تاریخ اجرا، جایگزین بخشنامه شماره ۱۰۱/۶۶۲۴۱ مورخ ۱۳۸۳/۰۴/۱۷ می‌شود.

سیدحمید پورمحمدی

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی و اجرایی معاونت فنی،زیر بنایی و تولیدی سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این ضابطه کرده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام و اشکالات موضوعی نیست. از این رو از شما خوانندگان گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- در سامانه مدیریت و دانش اسناد ملی و اجرایی (سما) ثبت نام فرمایید: sama.nezamfanni.ir

۲- پس از ورود به سامانه سما و برای تماس احتمالی، نشانی خود را در بخش پروفایل کاربری تکمیل فرمایید.

۳- به بخش نظرخواهی این ضابطه مراجعه فرمایید.

۴- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۵- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۶- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه:

- تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی شاه-مرکز تلفن ۳۳۲۷۱ سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی و اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
- تهران، بزرگراه شیخ فضل‌ا..نوری، جنب شهرک فرهنگیان، خیابان نارگل، خیابان شهید علی مروی، خیابان حکمت

Email: nezamfanni@chmail.ir Web: nezamfanni.ir

Email: Code55@bhrc.ac.ir Web: www.bhrc.ac.ir

بسمه تعالی

پیشگفتار

اولین نسخه ضابطه ۵۵ در سال ۱۳۵۳ با هدف یکنواخت کردن مشخصات فنی عمومی ساختمان‌ها در سطح کشور، راهنمایی دستگاه‌های اجرائی برای رعایت نکات فنی لازم الاجرا در عملیات ساختمانی و انتخاب مصالح مرغوب تدوین شد. در تهیه آن نسخه علاوه‌بر منابع فنی و تجربیات افراد متخصص، از دفترچه‌های مشخصات فنی عمومی که توسط موسسات خصوصی و دستگاه‌های دولتی تهیه گردیده بود و همچنین از استانداردهای موسسه استاندارد استفاده شد. نسخه اول با همکاری مهندسان مشاور تکنولوگ تهیه گردید و پیش‌نویس آن برای اظهار نظر در اختیار دستگاه‌های اجرائی و مهندسان مشاور قرار گرفت و به موازات آن کمیته کارشناسی با شرکت آقایان علیرضا احسانی از وزارت مسکن و شهرسازی، مرحوم مهندس مصطفی کتیرایی از سازمان مسکن، مهندس احمد خراسانچیان از موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و مرحوم مهندس یزدان‌شناس از سازمان برنامه و بودجه در دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه تشکیل و نسخه پیشنهادی توسط این افراد نهایی و منتشر شد.

بازنگری اول این ضابطه که در سال ۱۳۷۳ انجام شد و در بازنگری دوم ضابطه ۵۵ که در سال ۱۳۸۳ منتشر شد، سازگاری با شرایط و مقتضیات اقلیمی کشور و توجه به فناوری‌های جدید و نوآوری‌های صنعتی نیز مورد توجه قرار گرفت. بازنگری و تکمیل مطالب، بالاخص فصول دوم "مصالح ساختمانی"، پنجم "بتن و بتن آرمه" و درج استانداردهای مرتبط جدید در تمام متن و ویرایش فنی کل مجموعه از اهم مواردی بود که رعایت شد. همچنین به‌منظور کاربردی نمودن ضابطه و استفاده سریع و آسان از مطالب مندرج در آن، نسخه الکترونیکی آن نیز در قالب لوح فشرده تهیه شد که قابلیت‌های ویژه‌ای از جستجوی واژه، نمایش مناسب مطالب و امکان ارسال آن به چاپگر را به خواننده می‌داد.

ویرایش حاضر که تدوین آن به مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی سپرده شد، با توجه به سوابق فوق،"تجدیدنظر سوم" ضابطه ۵۵ به شمار می رود که با توجه به تحولات مهمی که در چند سال اخیر در صنعت ساخت و ساز ایجاد شده، نسبت به ویرایش قبلی، تجدید نظر اساسی در آن انجام پذیرفته است. موضوعات عمده‌ای که در تدوین این ویرایش مورد توجه قرار گرفته است عبارتند از: توجه به اصول توسعه پایدار، حفظ محیط زیست، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کاربردی نمودن فناوری‌های نوین و صنعتی‌سازی ساختمان، توجه به شرایط اقلیمی و جغرافیایی در انتخاب مصالح و ارائه روش‌های اجرا، استفاده از مصالح و روش‌های اجرایی با قابلیت کنترل و نظارت درنظرگیری اولویت مصرف برای مصالح بومی و ساخت داخل کشور و همچنین توجه خاص به شرایط لرزه‌خیزی کشور.

همچنین در متن حاضر، روان‌نویسی و پرهیز از پیچیدگی، با رویکرد تسهیل برای استفاده‌کنندگان، یکپارچه بودن تمام فصول و عدم تعارض میان فصل‌های مختلف و ارائه جزئیات اجرایی برای استفاده آسان ضابطه مورد توجه بوده است. ساختار کلی بازنگری سوم ضابطه ۵۵ در مقایسه با بازنگری دوم متفاوت است. رویکرد کلی در ساختار فعلی ترتیب

عملیات ساختمانی می‌باشد. از سوی دیگر با توجه به نیاز جامعه مهندسی به ضوابط و مشخصات فنی در حوزه بهسازی لرزه‌ای و سلامت ایمنی و محیط زیست دو فصل با عناوین ذکر شده به ضابطه حاضر اضافه شده است.

با توجه به مطالب فوق، این ضابطه پس از تهیه و کسب نظر از عوامل ذی‌نفع نظام فنی و اجرایی کشور به سازمان برنامه و بودجه کشور ارسال شد که پس از بررسی، بر اساس نظام فنی یکپارچه، موضوع ماده ۳۴ قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور و آیین‌نامه اجرایی آن و ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه ابلاغ گردید و برای قراردادهای جدید در طرح‌هایی که از محل وجوه عمومی استفاده می‌کنند و یه به صورت مشارکت عمومی و خصوصی اجرا می‌شوند، لازم‌الاجرا می‌باشد.

لازم به توضیح است به جهت حجم بالای مطالب، این ضابطه در ده جلد مجزا به شرح زیر تهیه و تدوین گردیده است.

جلد اول: کلیات- سلامت، ایمنی و محیط زیست- مستند سازی

جلد دوم: تخریب- ژئوتکنیک

جلد سوم: بتن و اجرای آن

جلد چهارم: فولاد و اجرای سازه‌های فولادی

جلد پنجم: عملیات بنایی، جداکننده‌ها و کف‌ها و سقف‌های کاذب- نمای ساختمان

جلد ششم: عایق کاری

جلد هفتم: پوشش‌ها

جلد هشتم: اصول و روش‌های نصب در و پنجره ساختمانی

جلد نهم: محوطه سازی

جلد دهم: بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود

این جلد (جلد دهم) مشتمل بر فصل چهاردهم (بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود) است.

در خاتمه از کاربران محترم درخواست داریم برای تکمیل ضابطه حاضر پیشنهادها و اصلاحات مورد نظر خود را به دبیرخانه ضابطه ۵۵ (Code55@bhrc.ac.ir) ارسال فرمایند. کارشناسان پیشنهادهای ارسال شده را بررسی و در صورت لزوم نسبت به تهیه متن اصلاحی اقدام خواهند نمود.

شایان ذکر است که در تدوین این ویرایش حدود ۱۰۰ نفر از استادان، کارشناسان و صاحب نظران مشارکتی فعال وجدی داشته اند که بدینوسیله از ایشان تقدیر به عمل می‌آید.

حمید امانی همدانی

معاون فنی، زیربنایی و تولیدی

زمستان ۱۴۰۳

اسامی همکاران در تهیه و ابلاغ مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی- ضابطه شماره ۵۵

جلد دهم- بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود تهیه کنندگان

تهیه کنندگان

نام	نام خانوادگی	محل اشتغال	مدرک تحصیلی	همکاری در تهیه
سید عبدالله	(شادروان) حسینی	دانشگاه تهران	دکترای مهندسی عمران	فصل چهاردهم
سید علی	رضوی طباطبائی	دانشگاه علم و فرهنگ	دکتری مهندسی عمران	فصل چهاردهم
داوود	مستوفی‌نژاد	دانشگاه صنعتی اصفهان	دکتری مهندسی عمران	فصل چهاردهم
اسماعیل	پورشاهید	مهندسین مشاور شالوده سازان شبکه	کارشناسی ارشد مهندسی عمران	فصل چهاردهم
سیامک	ایپکچی	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	دکتری مهندسی عمران	فصل چهاردهم
محمد	یکرنگ‌نیا	دانشگاه شهید رجایی	دکتری مهندسی عمران	فصل چهاردهم
محمدسجاد	زارعیان	دانشگاه شهاب دانش	دکتری مهندسی عمران	فصل چهاردهم
حامد	سیری	سازمان نوسازی مدارس	کارشناسی ارشد مهندسی عمران	فصل چهاردهم
مهدی	خوش‌کردار	مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی	دکتری مهندسی عمران	فصل چهاردهم
سهیل	جعفری‌نژاد	انستیتو مصالح ساختمانی دانشگاه تهران	کارشناس ارشد مهندسی عمران	ترسیم تصاویر
امیر	ملک محمدی	انستیتو مصالح ساختمانی دانشگاه تهران	کارشناس ارشد مهندسی عمران	ترسیم تصاویر

اعضای گروه هماهنگی و تلفیق ضابطه ۵۵

نام	نام خانوادگی	محل اشتغال	مدرک تحصیلی
محمد	شکرچی زاده	دانشگاه تهران	دکترای مهندس عمران
اصغر	ساعد سمیعی	دانشگاه تهران	دکترای مهندس معماری
حسن	آقا تابش	وزارت راه و شهرسازی	کارشناس ارشد مهندسی عمران
محمد حسین	افتخار	بنیاد مسکن انقلاب اسلامی	کارشناس ارشد مهندسی عمران
علیرضا	توتونچی	سازمان برنامه و بودجه کشور	کارشناس ارشد مهندسی عمران
محمد جعفر	علیزاده	وزارت راه و مسکن و شهرسازی	کارشناس ارشد مهندسی عمران
جواد	فرید	شرکت بهراد فردیس	کارشناس ارشد مهندسی عمران
محمدرضا	طبیب زاده	انجمن شرکت‌های مهندسی و پیمانکاری نفت، گاز و پتروشیمی (اپک)	کارشناس ارشد مهندسی عمران
بهناز	پورسید	رییس اسبق امور نظام فنی و اجرایی در سازمان برنامه و بودجه کشور	کارشناسی مهندسی عمران
محمدرضا	سیادت	سازمان برنامه و بودجه کشور	کارشناس ارشد مهندس معماری
حسن	سلطان علی	شرکت سرای ایمنی و کیفیت آوید	کارشناس مهندس عمران
محسن	بهرام غفاری	شرکت توسعه ابنیه حافظ	کارشناس ارشد مهندسی عمران
فرزین	کلانتری	دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	دکترای مهندس عمران
هرمز	فامیلی	دانشگاه علاادوله سمنانی، مهندسین مشاور کوبان کاور	دکترای مهندس عمران
محسن	تدین	انجمن بتن ایران، مهندسین مشاور سیناب غرب	دکترای مهندس عمران
اباذر	اصغری	دانشگاه تهران	دکترای مهندس عمران
رسول	میرقادری	دانشگاه تهران	دکترای مهندس عمران
فرهنگ	فرحبد	مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی	دکترای مهندس عمران
نادر	خواجه احمد عطاری	مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی	دکترای مهندس عمران
سهراب	ویسه	مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی	دکتری مهندسی معدن
مژده	زرگران	مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی	دکترای مهندس شیمی
بهروز	کاری	مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی	دکترای مهندس عمران
علیرضا	خاوندی	دانشگاه زنجان	دکترای مهندس عمران
عبدالله	(شادروان) حسینی	دانشگاه تهران	دکترای مهندس عمران
سید علی	رضوی طباطبائی	دانشگاه علم و فرهنگ	دکترای مهندس عمران
بهنام	مهرپرور	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	دکترای مهندسی عمران

اعضای دبیرخانه ضابطه ۵۵

نام	نام خانوادگی	محل اشتغال	مدرک تحصیلی
محمد	شکرچی زاده	دانشگاه تهران	دکترای مهندس عمران
محمد حسین	افتخار	بنیاد مسکن انقلاب اسلامی	کارشناس ارشد مهندسی عمران
جواد	فرید	شرکت بهراد فردیس	کارشناس ارشد مهندسی عمران
سهیل	جعفری نژاد	انستیتو مصالح ساختمانی دانشگاه تهران	کارشناس ارشد مهندسی عمران
نرگس	خیرطال	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	کارشناس ارشد مهندسی مدیریت
شیوا	بهرامی	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	کارشناس مهندسی فناوری اطلاعات

اعضای کمیته راهبری (با دبیری مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی)

محمد شکرچی‌زاده	رئیس سابق مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی
محمد حسین افتخار	مدیرعامل موسسه فناوری و نوآوری بنیاد تک
محمد جعفر علیزاده	معاونت سابق وزیر راه و شهرسازی
علیرضا توتونچی	معاون امورز نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور

اعضای گروه هدایت و راهبری (سازمان برنامه و بودجه کشور)

علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی و اجرایی
محمدرضا سیادت	کارشناس امور نظام فنی و اجرایی
سجاد حیدری حسنکلو	کارشناس امور نظام فنی و اجرایی

با سپاس از زحمات خانم‌ها مریم چلیکی و زهرا کاشانی، همکاران محترم سازمان بابت کنترل ویراستاری

پیشگفتار بازنگری دوم (۱۳۸۳)

بهره‌گیری از ضوابط، معیارها و استانداردهای فنی در تمامی مراحل طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرح‌های عمرانی با رویکرد کاهش هزینه و زمان و ارتقای کیفیت، از اهمیتی ویژه برخوردار بوده و در نظام فنی اجرایی کشور، مورد تأکید جدی قرارگرفته است.

ضابطه حاضر با عنوان "مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی" به‌منظور ایجاد هماهنگی و یکنواختی در دستورالعمل‌های اجرایی کارهای ساختمانی کشور و همچنین رعایت اصول، روش‌ها و فنون اجرای متناسب با امکانات موجود و سازگار با شرایط و مقتضیات اقلیمی کشور، تهیه و تدوین گردیده است.

به هنگام و روزآمد نمودن ضوابط و استانداردهای فنی، با توجه به فناوری‌های جدید و نوآوری‌های صنعتی، در مقاطع زمانی مختلف، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور نیز در این راستا وظایف و مسئولیت‌های قانونی و به‌منظور هماهنگی و همگامی با فناوری‌های جدید و تکمیل این مجموعه، اقدام به بازنگری و تجدیدنظر در این شریه نموده است.

بازنگری و تکمیل مطالب بالأخص در فصول دوم "مصالح ساختمانی"، پنجم "بتن و بتن آرمه" و درج استانداردهای مرتبط جدید در تمام متن و ویرایش فنی کل مجموعه از اهم مواردی است که در نسخه حاضر انجام‌شده است.

به‌منظور کاربردی‌تر نمودن نشریات حاضر و استفاده سریع و آسانم از مطالب مندرج در آن، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، نسخه الکترونیکی این مجموعه را نیز در قالب لوح فشرده تهیه نموده است. این نسخه دارای قابلیت‌های ویژه‌ای در جستجوی واژه، نمایش مناسب مطالب، امکان ارسال آن به چاپگر و ... می‌باشد.

کارشناسان و متخصصان مشروح زیر، در تهیه و تدوین نسخه پیشین مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی، نقش بسزایی داشته‌اند.

آقای مهندس علی ابریشمی	آقای مهندس اسماعیل عبدالهی علی بیگ
آقای مهندس علیرضا احسانی	آقای دکتر مهدی قالیبافیان
آقای مهندس اکبر اسدالله خان والی	آقای مهندس مصطفی کتیرایی
آقای مهندس حسن تابش	آقای مهندس منوچهر کریم‌خان زند
آقای مهندس احمد جاودان	آقای مهندس جواد مجلسی
آقای مهندس احمد خراسانچیان	آقای مهندس قباد میزانی
آقای مهندس عزت الله خواجه‌نوری	خانم مهندس منیر وزیرنیا
آقای مهندس سیدعلی طاهری	آقای مهندس سید اکبر هاشمی
آقای مهندس رضا طبیب زاده نوری	آقای مهندس مصطفی یزدان‌شناس

معاونت امور فنی از آقای مهندس میر محمود ظفری، کارشناس مسئول گروه عمران دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، به خاطر زحمات و کوشش‌های فراوان ایشان در بازنگری، ویرایش و آماده سازی نسخه الکترونیکی، قدردانی و تشکر می‌نماید. از مدیرکل محترم دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، سرکار خانم مهندس بهناز پورسید و معاون محترم، آقای مهندس تبار که در هدایت پروژه در راستای اهداف دفتر تلاش نموده‌اند، نیز سپاسگزاری می‌شود.

در پایان از تلاش و جدیت آقای دکتر حسین عرب علی بیک و آقای سعید جلالی که طراحی و اجرای نسخه الکترونیکی و آماده‌سازی نسخه کاغذی را برای چاپ به عهده داشته‌اند، تشکر می‌نماید.

امید است در آینده شاهد توفیق روزافزون این کارشناسان، در خدمت جامعه فنی مهندسی کشور باشیم.

معاون امور فنی

تابستان ۱۳۸۳

فهرست مطالب

فصل چهاردهم- بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود ۱
۱۴-۱- کلیات ۳
۱۴-۱-۱- هدف و دامنه کاربرد ۳
۱۴-۱-۲- تعاریف و اصطلاحات ۶
۱۴-۲- موارد عمومی اجرای بهسازی ۱۱
۱۴-۲-۱- نقشه‌های اجرایی طرح بهسازی ۱۱
۱۴-۲-۲- شرایط بارهای بهره‌برداری و انتقال بار در حین عملیات بهسازی ۱۱
۱۴-۳- ساختمان‌های بتن آرمه ۱۲
۱۴-۳-۱- شناسایی تکمیلی ۱۲
۱۴-۳-۱-۱- آزمایش‌های غیرمخرب ۱۲
۱۴-۳-۱-۱-۱- آزمایش چکش اشمیت یا ارتجاعی براساس استاندارد ASTM C805 ..... ۱۲
۱۴-۳-۱-۱-۲- آزمایش فراصوت یا اولتراسونیک ۱۳
۱۴-۳-۱-۱-۳- آزمایش شناسایی آرماتور در بتن ۱۳
۱۴-۳-۱-۱-۴- آزمایش پژواک ضربه ۱۳
۱۴-۳-۱-۲- آزمایش‌های مخرب ۱۴
۱۴-۳-۱-۲-۱- آزمایش مغزه‌گیری ۱۴
۱۴-۳-۱-۲-۲- آزمایش بیرون‌کشیدگی ۱۴
۱۴-۳-۱-۲-۳- آزمایش کشش سطحی ۱۵
۱۴-۳-۲- موارد عمومی در عملیات بهسازی سازه‌های بتنی ۱۶
۱۴-۳-۲-۱- تمیزکاری و تسطیح سطح بتن ۱۶
۱۴-۳-۲-۲- تخریب سطحی و عمیق عضو بتنی ۱۶
۱۴-۳-۲-۳- مضرس نمودن سطح بتن ۱۷
۱۴-۳-۲-۴- سوراخکاری بتن ۱۷
۱۴-۳-۲-۵- کاشت آرماتور یا میل مهار داخل بتن ۱۷
۱۴-۳-۲-۶- درزبندی ترک‌های سازه‌ای ۱۸
۱۴-۳-۲-۶-۱- تزریق رزین اپوکسی ۱۸
۱۴-۳-۲-۶-۲- بخیه زدن ۲۰
۱۴-۳-۲-۶-۳- تنیدن ۲۱
۱۴-۳-۲-۷- ترمیم ناحیهٔ آسیب دیده بتنی ۲۲
۱۴-۳-۳- تعمیر و تقویت ستون‌های بتنی ۲۳
۱۴-۳-۳-۱- افزودن ستون‌های جدید ۲۳
۱۴-۳-۳-۲- افزایش سطح مقطع ستون با استفاده از ژاکت بتنی ۲۴
۱۴-۳-۳-۳- تقویت ستون با استفاده از ورق‌ها و پروفیل‌های فولادی ۲۸
۱۴-۳-۳-۴- تقویت ستون با استفاده از تسلیحات قرار داده شده در نزدیک سطح ۳۰
۱۴-۳-۴- تعمیر و تقویت تیرهای بتنی ۳۱
۱۴-۳-۴-۱- افزودن تیرهای اصلی و فرعی جدید ۳۱
۱۴-۳-۴-۲- افزایش سطح مقطع تیر با استفاده از بتن ۳۲
۱۴-۳-۴-۳- تقویت تیر با استفاده از ورق‌ها و پروفیل‌های فولادی ۳۵
۱۴-۳-۴-۴- اتصال دستک در زیر تیر نزدیک تکیه‌گاه ۳۸

۱۴-۳-۵- تعمیر و تقویت دیوارهای برشی بتنی ۳۹
۱۴-۳-۵-۱- افزودن دیوارهای برشی بتنی جدید ۳۹
۱۴-۳-۵-۲- افزودن سطح مقطع دیوار و المان مرزی ۴۵
۱۴-۳-۵-۳- تقویت با استفاده از دوختن ورق‌ها و تسمه‌های فولادی در طرفین دیوار برشی بتنی ۴۷
۱۴-۳-۶- دال‌ها و دیافراگم‌های بتن‌آرمه ۴۸
۱۴-۳-۶-۱- افزودن دال جدید ۴۸
۱۴-۳-۶-۲- افزودن تیرهای فرعی به تیرهای اصلی و یا ستون ۴۹
۱۴-۳-۶-۳- افزایش سطح مقطع دال بتنی با استفاده از بتن ۵۰
۱۴-۳-۶-۴- تقویت با استفاده از ورق‌ها و یا پروفیل‌های فولادی ۵۲
۱۴-۳-۶-۵- تقویت با استفاده از تسلیحات قرار داده شده در نزدیک سطح ۵۲
۱۴-۳-۶-۶- تقویت اجزای دیافراگم در انتقال بار داخل صفحه ۵۲
۱۴-۳-۷- تقویت و بهسازی توسط کامپوزیت FRP ۵۳
۱۴-۳-۷-۱- انتخاب کامپوزیت FRP مناسب جهت بهسازی ۵۳
۱۴-۳-۷-۲- روش‌های نصب ۵۳
۱۴-۳-۷-۲-۱- روش نصب سطحی ۵۳
۱۴-۳-۷-۲-۲- روش نصب در نزدیک سطح ۵۵
۱۴-۳-۷-۲-۳- روش شیار زنی با تکنیک نصب خارجی ورق روی شیار ۵۶
۱۴-۳-۷-۲-۴- روش شیار زنی با تکنیک نصب خارجی ورق داخل شیار ۵۷
۱۴-۳-۷-۳- نکات عمومی اجرایی و ایمنی در حین اجرا ۵۸
۱۴-۳-۷-۴- نکات مربوط به شرایط محیطی در حین اجرا ۵۹
۱۴-۳-۷-۵- نکات مربوط به اجرای سیستم تقویتی ۶۰
۱۴-۳-۷-۶- نکات مربوط به ایمنی سیستم در برابر گرما و آتش سوزی ۶۱
۱۴-۳-۷-۷- تقویت اعضای بتن آرمه با کامپوزیت FRP ۶۱
۱۴-۳-۷-۷-۱- تقویت خمشی ۶۱
۱۴-۳-۷-۷-۲- تقویت برشی ۶۲
۱۴-۳-۷-۷-۳- تقویت ستون ۶۲
۱۴-۳-۷-۷-۴- تقویت خمشی و برشی دال ۶۳
۱۴-۳-۷-۷-۵- تقویت دیوارهای برشی ۶۴
۱۴-۳-۷-۷-۶- کنترل کیفیت رزین ۶۵
۱۴-۳-۷-۷-۶-۱- خصوصیات فیزیکی ۶۵
۱۴-۳-۷-۷-۷- خصوصیات مکانیکی کوتاه مدت رزین عمل آوری شده ۶۶
۱۴-۳-۷-۷-۸- دوام و خصوصیات کوتاه مدت رزین عمل‌آوری شده ۶۶
۱۴-۳-۷-۸- کنترل کیفیت سیستم تقویتی FRP ۶۶
۱۴-۳-۷-۸-۱- خصوصیات فیزیکی سیستم تقویتی FRP ۶۶
۱۴-۳-۷-۸-۲- اتصال میان کامپوزیت FRP، رزین و بتن ۶۶
۱۴-۳-۷-۹- حداقل بازرسی و نمونه گیری لازم در فرآیند بهسازی ۶۷
۱۴-۳-۷-۹-۱- بازرسی ۶۷
۱۴-۳-۷-۹-۲- نمونه گیری برای کنترل کیفیت ۶۷
۱۴-۳-۷-۱۰- معیارهای پذیرش ۶۸
۱۴-۳-۷-۱۰-۱- مصالح ۶۸
۱۴-۳-۷-۱۰-۲- جهت قرارگیری الیاف ۶۸

۱۴-۴- پیشتنیدگی در بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود ۷۰
۱۴-۴-۱- بهسازی با پیشتنیدگی خارجی ۷۰
۱۴-۴-۲- بهسازی اتصال فولادی تیر به ستون با پیشتنیدگی ۷۲
۱۴-۴-۳- تقویت اتصال بتنی تیر به ستون با پیشتنیدگی ۷۳
۱۴-۴-۴- اجرای پیشتنیدگی به‌وسیله نوارهای FRP ۷۴
۱۴-۵- ساختمان‌های فولادی ۷۷
۱۴-۵-۱- الزامات عمومی ۷۷
۱۴-۵-۱-۱- شناسایی مصالح و جزئیات اجزا و اعضا ۷۷
۱۴-۵-۱-۲- برش حرارتی اعضای موجود ۷۸
۱۴-۵-۱-۳- ایجاد تغییر شکل در اجزا ۷۸
۱۴-۵-۱-۴- تنظیم خیز در ساختمان موجود ۷۹
۱۴-۵-۱-۵- سوراخکاری اعضای موجود ۷۹
۱۴-۵-۱-۶- مخاطرات حریق ۷۹
۱۴-۵-۱-۷- رواداری‌های اجرایی ۷۹
۱۴-۵-۲- الزامات مربوط به بهسازی لرزه‌ای تیرها ۷۹
۱۴-۵-۲-۱- الزامات کلی ۷۹
۱۴-۵-۲-۲- افزودن تیرهای جدید ۸۰
۱۴-۵-۲-۳- تقویت تیر با افزودن ورق ۸۰
۱۴-۵-۲-۴- تقویت تیر با افزودن ورق تقویت در صفحه جان ۸۳
۱۴-۵-۲-۵- تقویت تیر با تعبیه ماهیچه در انتهای آن ۸۴
۱۴-۵-۲-۶- ایجاد تیر مرکب فولادی ـ بتنی ۸۴
۱۴-۵-۲-۷- تقویت تیر فولادی با الیاف پلیمر کامپوزیت (FRP) ۸۵
۱۴-۵-۲-۸- تقویت تیر با افزودن پروفیل ۸۵
۱۴-۵-۲-۹- تقویت تیر با نصب برشگیرهای پس نصب ۸۵
۱۴-۵-۳- ستون ۸۶
۱۴-۵-۳-۱- افزودن ستون‌های فولادی جدید ۸۶
۱۴-۵-۳-۲- تقویت ستون فولادی با ورق، تسمه و یا پروفیل فولادی ۸۶
۱۴-۵-۳-۳- تقویت ستون فولادی با بتن (و آرماتور) ۸۷
۱۴-۵-۳-۴- پر نمودن ستون فولادی با بتن ۸۸
۱۴-۵-۳-۵- تقویت ستون فولادی با الیاف پلیمر کامپوزیت (FRP) ۸۸
۱۴-۵-۴- دیوار برشی ۸۸
۱۴-۵-۴-۱- دیوار برشی بتن‌آرمه ۸۸
۱۴-۵-۴-۲- دیوار برشی مرکب ۸۹
۱۴-۵-۴-۳- دیوار برشی فولادی ۹۰
۱۴-۵-۵- اتصالات ۹۰
۱۴-۵-۵-۱- صفحه پای ستون ۹۰
۱۴-۵-۵-۲- اتصالات ساده تیر به ستون ۹۲
۱۴-۵-۵-۳- اتصالات صلب ۹۳
۱۴-۵-۵-۴- صفحه اتصال مهاربند (ورق گاست) ۹۴
۱۴-۵-۵-۵- وصله ستون ۹۶
۱۴-۵-۵-۶- اتصالات خورجینی ۹۷

۱۴-۵-۶- مهاربند ۹۷
۱۴-۵-۶-۱- افزودن مهاربند جدید یا جایگزین نمودن مهاربند موجود ۹۸
۱۴-۵-۶-۱-۱- مهاربند همگرای فولادی ۹۸
۱۴-۵-۶-۱-۲- مهاربندهای واگرای فولادی ۱۰۰
۱۴-۵-۶-۱-۳- مهاربند کمانش‌تاب (BRB) ۱۰۱
۱۴-۵-۶-۱-۴- مهاربندهای خارجی ۱۰۲
۱۴-۵-۶-۲- تقویت مهاربند با ورق یا تسمه ۱۰۲
۱۴-۵-۶-۳- تقویت مهاربند با افزودن FRP ۱۰۲
۱۴-۵-۶-۴- تقویت مهاربند با افزودن پروفیل ۱۰۴
۱۴-۵-۶-۵- تقویت اتصالات مهاربند ۱۰۴
۱۴-۵-۷- دیافراگم ۱۰۴
۱۴-۵-۷-۱- دال تخت و تیر فرعی فولادی (سقف کامپوزیت) ۱۰۴
۱۴-۵-۷-۲- سقف تیرچه بلوک ۱۰۵
۱۴-۵-۸- سایر ملاحظات اجرایی ۱۰۵
۱۴-۵-۸-۱- ضوابط جوشکاری بر روی اعضای موجود ۱۰۵
۱۴-۵-۸-۲- بررسی جوش‌پذیری ۱۰۵
۱۴-۵-۸-۳- انتخاب و اجرای جوش ۱۰۶
۱۴-۵-۸-۴- موقعیت جوش ۱۰۶
۱۴-۵-۸-۵- شرایط سطح ۱۰۶
۱۴-۶- ساختمان‌های مصالح بنایی ۱۰۷
۱۴-۶-۱- تعیین خواص مصالح و جزئیات سازه‌ای موجود ۱۰۷
۱۴-۶-۱-۱- تخریب و سونداژ ۱۰۷
۱۴-۶-۱-۲- شناسایی ۱۰۷
۱۴-۶-۱-۳- آماده سازی ۱۰۷
۱۴-۶-۱-۴- نمونه گیری و انجام آزمایش ۱۰۹
۱۴-۶-۱-۴-۱- آزمایش جک مسطح ۱۰۹
۱۴-۶-۱-۴-۲- آزمایش برش ملات در محل ۱۱۰
۱۴-۶-۱-۴-۳- آزمایش تعیین مقاومت کششی ملات ۱۱۱
۱۴-۶-۱-۵- ترمیم ۱۱۲
۱۴-۶-۲- دیوار ۱۱۲
۱۴-۶-۲-۱- تقویت سطحی دیوار با بتن پاششی ۱۱۲
۱۴-۶-۲-۱-۱- تخریب لایه رویه دیوارها ۱۱۲
۱۴-۶-۲-۱-۲- سوراخ کاری ۱۱۲
۱۴-۶-۲-۱-۳- مش بندی ۱۱۲
۱۴-۶-۲-۱-۴- بتن‌پاششی و عمل‌آوری ۱۱۳
۱۴-۶-۲-۲- افزودن شناژ به زیر دیوار موجود ۱۱۵
۱۴-۶-۲-۳- کاهش یا افزایش ابعاد بازشوها در دیوار ۱۱۶
۱۴-۶-۲-۴- کلاف‌بندی جدید در دیوار ۱۱۷
۱۴-۶-۲-۴-۱- ایجاد محل کلاف‌ها در دیوار ۱۱۷
۱۴-۶-۲-۴-۲- قراردادن شبکه میلگردها در کلاف‌ها ۱۱۷
۱۴-۶-۲-۴-۳- قالب‌بندی، بتن‌ریزی و عمل‌آوری ۱۱۸

۱۴-۶-۲-۵- روش‌های ترمیم دیوارهای آسیب دیده ۱۱۸
۱۴-۶-۲-۵-۱- تزریق ترک‌ها ۱۱۸
۱۴-۶-۲-۵-۲- دوخت و دوز ترک‌ها ۱۱۸
۱۴-۶-۲-۵-۳- تعویض ناحیه‌ای مصالح ۱۱۸
۱۴-۶-۳- دال و دیافراگم ۱۱۹
۱۴-۶-۳-۱- ایجاد انسجام در دیافراگم با استفاده از تسمه و نبشی از زیر سقف ۱۲۰
۱۴-۶-۳-۲- مرکب کردن دیافراگم با افزودن لایه بتن مسلح ۱۲۱
۱۴-۶-۳-۳- بتن ریزی و عمل آوری ۱۲۱
۱۴-۷- بهسازی پی و شالوده ۱۲۲
۱۴-۷-۱- زهکشی در بهسازی پی‌ها ۱۲۲
۱۴-۷-۱-۱- روش‌های شناسایی و مطالعات ۱۲۲
۱۴-۷-۱-۲- رویکردهای اجرایی سیستم های زهکشی در بهسازی سازه‌ها ۱۲۲
۱۴-۷-۲- بهسازی سازه پی ۱۲۳
۱۴-۷-۲-۱- افزایش ابعاد پی موجود ۱۲۳
۱۴-۷-۲-۲- افزودن پی سطحی جدید در مجاورت پی سطحی موجود ۱۲۵
۱۴-۷-۲-۲-۱- ملاحظات اجرایی و تهیه جزئیات ۱۲۵
۱۴-۷-۲-۳- افزودن شمع در مجاورت پی سطحی موجود ۱۲۶
۱۴-۷-۲-۴- افزودن ریزشمع در مجاورت پی سطحی موجود با سطح پی گسترش‌یافته ۱۲۸
۱۴-۷-۲-۵- افزودن آرماتورهای فوقانی در سرشمع موجود ۱۲۸
۱۴-۷-۲-۵-۱- ملاحظات اجرایی و تهیه جزئیات ۱۲۸
۱۴-۷-۳- بهسازی پی ۱۲۹
۱۴-۷-۳-۱- گروت‌ریزی تراکمی ۱۲۹
۱۴-۷-۳-۲- گروت‌ریزی تزریقی در زیر پی‌های عمیق ۱۳۲
۱۴-۷-۴- بهسازی در فصل مشترک خاک-سازه ۱۳۲
۱۴-۸- تجهیزات و ادوات استهلاک انرژی ۱۳۳
۱۴-۸-۱-کلیات ۱۳۳
۱۴-۸-۱-۱- الزامات کلی میراگرها ۱۳۳
۱۴-۸-۲- میراگرهای اصطکاکی ۱۳۴
۱۴-۸-۲-۱- الزامات کلی میراگرهای اصطکاکی ۱۳۵
۱۴-۸-۳- میراگرهای تسلیمی فلزی ۱۳۶
۱۴-۸-۳-۱- الزامات کلی میراگرهای تسلیمی فلزی ۱۳۸
۱۴-۸-۴- میراگرهای ویسکوز ۱۳۹
۱۴-۸-۴-۱- الزامات کلی میراگرهای ویسکوز ۱۳۹
۱۴-۸-۵- میراگرهای ویسکوالاستیک ۱۴۰
۱۴-۸-۵-۱- الزامات کلی میراگرهای ویسکوالاستیک ۱۴۰
۱۴-۸-۶- تأییدیه فنی و آزمایش‌های لازم ۱۴۰
۱۴-۸-۶-۱- آزمایش‌های نمونه‌های اولیه ۱۴۱
۱۴-۸-۶-۲- آزمایش‌های کنترل محصول ۱۴۲
۱۴-۸-۷- نصب در ساختمان‌های موجود ۱۴۳
۱۴-۸-۷-۱- الزامات کلی نصب ۱۴۳
۱۴-۸-۷-۲- نصب میراگرهای اصطکاکی ۱۴۶

۱۴-۸-۷-۳- نصب میراگرهای تسلیمی فلزی ۱۴۷
۱۴-۸-۷-۴- نصب مهاربندهای کمانش‌تاب ۱۴۸
۱۴-۸-۷-۵- نصب میراگرهای ویسکوز ۱۵۰
۱۴-۸-۷-۶- نصب میراگرهای ویسکوالاستیک ۱۵۱
۱۴-۸-۸- بازرسی‌های دوره‌ای و تعمیر و نگهداری ۱۵۱
۱۴-۸-۸-۱- ضوابط کلی بازرسی دوره‌ای ۱۵۱
۱۴-۸-۸-۲- انواع بازرسی‌های دوره‌ای ۱۵۲
۱۴-۸-۹- تعویض ۱۵۵
۱۴-۹- جداسازی لرزه‌ای ۱۵۷
۱۴-۹-۱- کلیات ۱۵۷
۱۴-۹-۱-۱- الزامات کلی جداسازها ۱۵۷
۱۴-۹-۱-۲- جداساز لاستیکی (الاستومری) ۱۵۸
۱۴-۹-۱-۳- جداساز اصطکاکی (لغزشی) ۱۶۰
۱۴-۹-۱-۴- سیستم ترکیبی جداسازهای لاستیکی و اصطکاکی ۱۶۲
۱۴-۹-۱-۵- سیستم‌های فنری ۱۶۳
۱۴-۹-۲- مدارک فنی طرح ۱۶۴
۱۴-۹-۳- تأییدیه فنی و آزمایش‌های لازم ۱۶۵
۱۴-۹-۳-۱- ثبت نتایج ۱۶۵
۱۴-۹-۳-۲- آزمایش‌های نمونه اولیه ۱۶۶
۱۴-۹-۳-۳- آزمایش‌های کنترل محصول ۱۶۶
۱۴-۹-۴- نصب جداساز لرزه‌ای در ساختمان‌های موجود ۱۶۶
۱۴-۹-۴-۱- الزامات کلی ۱۶۶
۱۴-۹-۴-۲- نصب در ساختمان‌های دارای قاب فولادی یا بتن‌آرمه ۱۶۷
۱۴-۹-۵- جزئیات اجرایی ۱۷۵
۱۴-۹-۵-۱- فاصله آزاد افقی و قائم ۱۷۵
۱۴-۹-۵-۲- ناحیه خندق و ورق‌های پوشاننده افقی ۱۷۶
۱۴-۹-۵-۳- جزئیات اجرایی معماری ۱۷۹
۱۴-۹-۵-۴- جزئیات اجرایی تاسیسات برقی و مکانیکی ۱۸۲
۱۴-۹-۶- دوام سیستم جداساز ۱۸۳
۱۴-۹-۶-۱- دوام در برابر شرایط محیطی ۱۸۳
۱۴-۹-۶-۲- مقاومت در برابر آتش ۱۸۳
۱۴-۹-۷- بازرسی‌های دوره‌ای و تعمیر و نگهداری ۱۸۴
۱۴-۹-۷-۱- ضوابط کلی بازرسی دوره‌ای ۱۸۴
۱۴-۹-۷-۲- انواع بازرسی‌های دوره‌ای ۱۸۵
۱۴-۹-۸- تعویض ۱۸۹
۱۴-۱۰- اجزای غیر سازه‌ای ۱۹۰
۱۴-۱۰-۱- آماده سازی عناصر و مصالح موجود ۱۹۰
۱۴-۱۰-۲- اجزای معماری ۱۹۰
۱۴-۱۰-۲-۱- نماهای خارجی ۱۹۰
۱۴-۱۰-۲-۲- نماهای شیشه‌ای ۱۹۱
۱۴-۱۰-۲-۳- جان‌پناه‌ها و پیش‌آمدگی‌ها ۱۹۲

۱۴-۱۰-۲-۴- سایه‌بان‌ها ۱۹۲
۱۴-۱۰-۲-۵- دیوارهای غیرباربر و جداکننده‌های سنگین ۱۹۳
۱۴-۱۰-۲-۶- بهسازی لرزه‌ای دیوار با شبکه الیاف ۱۹۴
۱۴-۱۰-۲-۷- بهسازی لرزه‌ای راه پله ۱۹۶
۱۴-۱۰-۲-۷-۱- اتصالات پلکان ۱۹۶
۱۴-۱۰-۲-۸- بهسازی سقف‌های کاذب ۱۹۸
۱۴-۱۰-۳- اجزای تأسیساتی (مکانیکی، برقی،رایانه‌ای و غیره) ۱۹۹
۱۴-۱۰-۳-۱- انشعابات ۱۹۹
۱۴-۱۰-۳-۲- تجهیزات و تأسیسات مکانیکی، الکتریکی و ارتباطی ۲۰۰
۱۴-۱۰-۳-۲-۱- اجزای مکانیکی ۲۰۰
۱۴-۱۰-۳-۲-۲- اجزاء الکتریکی و ارتباطی ۲۰۰
۱۴-۱۰-۳-۲-۳- انواع اتصال اجزای مکانیکی، الکتریکی و ارتباطی به سازه ۲۰۱
۱۴-۱۰-۳-۲-۴- کانال‌ها، لوله ها و سینی‌های انتقال کابل‌های برقی و رایانه‌ای ۲۰۱
۱۴-۱۰-۴- ضوابط کنترل اتصالات و ادوات مؤثر در پایداری ثقلی و جانبی اجزای غیرسازه‌ای ۲۰۷
۱۴-۱۰-۵- نحوه اتصال اجزای غیرسازه‌ای به سازه ۲۰۹
۱۴-۱۱- سلامت، ایمنی و محیط زیست ۲۱۰

فهرست شکل‌ها

شکل ۱۴-۱- آزمایش بیرون‌کشیدگی (PULL OUT) – روش اول ۱۴
شکل ۱۴-۲- آزمایش بیرون‌کشیدگی (PULL OUT) – روش دوم ۱۵
شکل ۱۴-۳- آزمایش کشش سطحی(PULL OFF) ۱۵
شکل ۱۴-۴- نحوه سوراخکاری، تمیزکاری و اجرای چسب به داخل سوراخ ۱۸
شکل ۱۴-۵- مراحل ترمیم ترکها با روش تزریق اپوکسی ۱۹
شکل ۱۴-۶- نصب نیپل و بتونه‌کاری برای ترمیم ترک در بتن ۲۰
شکل ۱۴-۷- نصب نیپل روی نمونه بتنی ترک خورده ۲۰
شکل ۱۴-۸- آماده سازی ترک برای تزریق رزین ۲۰
شکل ۱۴-۹- عملیات بخیه زنی در بتن ۲۱
شکل ۱۴-۱۰- ترمیم ترک با بخیه زدن ۲۱
شکل ۱۴-۱۱- تنیده نمودن ترکها ۲۱
شکل ۱۴-۱۲- تقویت ستون بتنی با استفاده از ژاکت بتنی ۲۵
شکل ۱۴-۱۳- تقویت ستون بتنی با استفاده از ژاکت بتنی ۲۶
شکل ۱۴-۱۴- تقویت ستون بتنی با استفاده از ژاکت بتنی ۲۷
شکل ۱۴-۱۵- تقویت ستون بتنی با استفاده از ژاکت فولادی ۲۹
شکل ۱۴-۱۶- تقویت ستون بتنی با استفاده از ژاکت فولادی ۲۹
شکل ۱۴-۱۷- تقویت ستون بتنی با استفاده از ژاکت فولادی ۳۰
شکل ۱۴-۱۸- تقویت ستون با استفاده از روش NSM ۳۱
شکل ۱۴-۱۹- الزامات هندسی در تقویت به روش NSM ۳۱
شکل ۱۴-۲۰- افزایش سطح مقطع تیر بتنی از یک وجه ۳۳
شکل ۱۴-۲۱- افزایش سطح مقطع تیر بتنی از چهار وجه ۳۴
شکل ۱۴-۲۲- افزایش سطح مقطع تیر بتنی از سه وجه ۳۴
شکل ۱۴-۲۳- تقویت تیر بتنی با صفحات فولادی ۳۵
شکل ۱۴-۲۴- تقویت تیر بتنی با تسمه های فولادی ۳۵
شکل ۱۴-۲۵- تقویت دیوار بتنی در محل اتصال به دال ۳۶
شکل ۱۴-۲۶- تقویت تیر همبند با افزایش سطح مقطع تیر همبند ۳۷
شکل ۱۴-۲۷- تقویت تیر همبند با آرماتورهای قطری با افزایش سطح مقطع تیر همبند ۳۸
شکل ۱۴-۲۸- استفاده از دستک‌های فلزی در تقویت اتصالات تیر به ستون بتن مسلح ۳۹
شکل ۱۴-۲۹- اجرای دیوار برشی جدید در محل دال بتنی معمولی یا دال وافل ۴۱
شکل ۱۴-۳۰- مقاوم سازی با اضافه نمودن دیوار برشی جدید ۴۱
شکل ۱۴-۳۱- اتصال دیوار برشی به ستون بتنی موجود ۴۲
شکل ۱۴-۳۲- اضافه نمودن تیر جمع کننده در زیر دال بتنی معمولی ۴۳
شکل ۱۴-۳۳- اضافه نمودن تیر جمعکننده در زیر دال بتنی وافل ۴۳
شکل ۱۴-۳۴- تقویت تیر جمع کننده موجود با افزایش سطح مقطع تیر ۴۴
شکل ۱۴-۳۵- تقویت تیر جمع کننده موجود با استفاده از ورق فولادی ۴۵
شکل ۱۴-۳۶- تقویت دیوارهای برشی موجود ۴۶
شکل ۱۴-۳۷- مراحل انجام تقویت دیوار برشی ۴۷
شکل ۱۴-۳۸- تقویت دیوار برشی با دوختن ورقها و تسمههای فولادی در طرفین دیوار برشی ۴۸
شکل ۱۴-۳۹- جزئیات افزودن تیرهای فرعی به تیر اصلی ۴۹
شکل ۱۴-۴۰- اجرای تیرک فولادی برای تقویت دال بتنی ۵۰

شکل ۱۴-۴۱- مراحل اجرای تقویت بالای دال بتنی ۵۱
شکل ۱۴-۴۲- مراحل اجرای تقویت ناحیه تحتانی دال بتنی ۵۱
شکل ۱۴-۴۳- تقویت سقف دال با سیستم مهاربندی..... ۵۲
شکل ۱۴-۴۴- الف) آغشته کردن عضو بتنی با لایه‌ی نازک از رزین زیر لمینیت و یا بافته‌ی FRP ؛ ب) کشیدن غلتک (کاردک) مناسب روی سطح نوار یا ورق FRP جهت از بین بردن حباب هوا ۵۵
شکل ۱۴-۴۵- روش نصب در نزدیک سطح (NSM)؛ الف)نحوۀ تقویت ستون به صورت شماتیک؛ ب) ایجاد شیار در راستای مورد نظر روی عضو بتنی؛ پ) قرار دادن تسمه (نوار) داخل شیار و تزریق رزین به صورت هم‌زمان ۵۶
شکل ۱۴-۴۶- روش شیار زنی با تکنیک نصب خارجی ورق روی شیار (EBROG)؛ الف) تقویت عضو بتنی به صورت شماتیک؛ ب) مقطع عضو بتنی تقویت شده؛ پ) شیارهای ایجاد شده و پر کردن شیارها با رزین مناسب ۵۷
شکل ۱۴-۴۷- روش شیار زنی با تکنیک نصب خارجی ورق داخل شیار (EBRIG) ۵۸
شکل ۱۴-۴۸- ایجاد گرمایش جهت عمل آوری سریع با استفاده از ظرفیت رسانایی کامپوزیت‌های CFRP ۶۰
شکل ۱۴-۴۹- نمایش انواع مختلف تقویت برشی تیر بتن آرمه با کامپوزیت‌های FRP به صورت شماتیک؛ الف) تقویت دو طرفه؛ ب) تقویت سه طرفه؛ ج) تقویت کامل (دورپیچ)؛ چ) تقویت به صورت پیوسته؛ ه) تقویت به صورت مایل..... ۶۲
شکل ۱۴-۵۰- کامپوزیت‌های FRP مورد استفاده در تقویت برش منگنه‌ای؛ الف) میله FRP؛ ب) شبکه‌ی FRP؛ پ) FRP بادبزنی ۶۳
شکل ۱۴-۵۱- تقویت برش منگنه‌ای دال به صورت شماتیک الف) میله FRP؛ ب) شبکه‌ی FRP؛ پ) FRP بادبزنی ۶۳
شکل ۱۴-۵۲- استفاده از پوشش بتنی جهت مهار کامپوزیت‌های FRP در پی، در تقویت خمشی دیوار برشی..... ۶۴
شکل ۱۴-۵۳- استفاده از نبشی فولادی جهت مهار کامپوزیت‌های FRP در پی، در تقویت خمشی دیوار برشی ۶۴
شکل ۱۴-۵۴- استفاده از FRP بادبزنی جهت مهار کامپوزیت‌های FRP در پی، در تقویت خمشی دیوار برشی ۶۵
شکل ۱۴-۵۵- مهار گیره در سازه..... ۷۰
شکل ۱۴-۵۶- انحرافدهنده مسیر..... ۷۰
شکل ۱۴-۵۷- انحرافدهنده مسیر..... ۷۱
شکل ۱۴-۵۸- جزئیات پیشتنیدگی خارجی اعمالی ۷۱
شکل ۱۴-۵۹- جزئیات بلوک انتهایی و منحرفکننده تاندونها در روش پیشتنیدگی خارجی ۷۲
شکل ۱۴-۶۰- تقویت اتصال فولادی با پیشتنیدگی خارجی به‌وسیله تاندون کششی ۷۲
شکل ۱۴-۶۱- نمونه اجرایی تقویت اتصال بتنی با پیشتنیدگی خارجی ۷۳
شکل ۱۴-۶۲- نصب جک جهت اعمال پیشتنیدگی..... ۷۴
شکل ۱۴-۶۳- پیشتنیدگی بوسیله نوارهای FRP..... ۷۴
شکل ۱۴-۶۴- مراحل اصلی برای پیشتنیدگی نوارهای CFRP ۷۵
شکل ۱۴-۶۵- افزودن تیرهای جدید به سازه موجود ۸۰
شکل ۱۴-۶۶- افزودن ورق تقویت بال تحتانی تیر با جوش گوشه به تیر موجود..... ۸۱
شکل ۱۴-۶۷- افزودن ورق تقویت بال تحتانی تیر و برقرار نمودن عملکرد مرکب ۸۱
شکل ۱۴-۶۸- افزودن ورق تقویت بال فوقانی تیر با استقرار ورق تقویت به صورت ایستاده ۸۱
شکل ۱۴-۶۹- افزودن ورق تقویت بال فوقانی تیر با استقرار ورق تقویت به صورت ایستاده ۸۲
شکل ۱۴-۷۰- تقویت ورق اتصال تحتانی تیر ۸۲
شکل ۱۴-۷۱- آزاد نمودن امکان دوران تیر در نزدیکی محل اتصال به ستون..... ۸۲
شکل ۱۴-۷۲- آزاد نمودن امکان دوران تیر در نزدیکی محل اتصال به ستون..... ۸۳
شکل ۱۴-۷۳- ورق تقویتی به موازات جان تیر ۸۳
شکل ۱۴-۷۴- ورق سخت‌کننده عمود بر صفحه جان تیر ۸۳
شکل ۱۴-۷۵- افزودن ماهیچه به انتهای تیر ۸۴
شکل ۱۴-۷۶- ایجاد ژاکت بتنی روی تیر فولادی ۸۴
شکل ۱۴-۷۷- افزودن تیرورق به تیر موجود ۸۵

شکل ۱۴-۷۸- برشگیر پسنصب ۸۵
شکل ۱۴-۷۹- ایجاد مقطع قوطی با ورق تقویتی ۸۶
شکل ۱۴-۸۰- تعبیه ورق تقویتی در سراسر ارتفاع ستون ۸۷
شکل ۱۴-۸۱- ایجاد پیوستگی بین ستون‌های منقطع در طبقات ۸۷
شکل ۱۴-۸۲- دیوار برشی با سیستم SPRC ۸۹
شکل ۱۴-۸۳- دیوار برشی با سیستم CFSP ۹۰
شکل ۱۴-۸۴- دیوار برشی فولادی ۹۰
شکل ۱۴-۸۵- تقویت صفحه پای ستون با افزودن سختکننده اتصال ورق جدید به ورق قدیم با جوش شیاری ۹۱
شکل ۱۴-۸۶- تعبیه پدستال بتنی جهت تقویت صفحه پای ستون ۹۲
شکل ۱۴-۸۷- استفاده از پیچهای پرمقاومت ۹۲
شکل ۱۴-۸۸- اتصال ساده تقویتشده ۹۳
شکل ۱۴-۸۹- تیر با مقطع کاهش یافته (RBS) ۹۳
شکل ۱۴-۹۰- تقویت اتصال موجود با استفاده از لچکی ۹۴
شکل ۱۴-۹۱- اتصال مهاربند به وجه قوی ستون H با رعایت قاعده دو برابر ضخامت ورق اتصال (شکل پذیری بالا) ۹۵
شکل ۱۴-۹۲- اتصال مهاربند به وجه قوی ستون H بدون رعایت قاعده دو برابر ضخامت ورق اتصال و نیاز به تعبیه سختکننده در لبه ورق اتصال (شکل پذیری محدود) ۹۵
شکل ۱۴-۹۳- اتصال مهاربند به وجه ضعیف ستون H با رعایت قاعده دوبرابر ضخامت ورق اتصال (شکل‌پذیری بالا) ۹۶
شکل ۱۴-۹۴- جزئیات نمونه جهت تقویت اتصال خورجینی برای تحمل بارهای جانبی ۹۷
شکل ۱۴-۹۵- افزودن مهاربند به سازه با اتصال جوشی ۹۹
شکل ۱۴-۹۶- الگوهای مختلف مهاربند همگرا ۹۹
شکل ۱۴-۹۷- نمونه‌ای از افزودن مهاربند به اسکلت بتنی با اتصال پیچی ۱۰۰
شکل ۱۴-۹۸- مهاربند واگرای فولادی ۱۰۰
شکل ۱۴-۹۹- استفاده از مهاربند کمانش‌تاب در اسکلت بتن آرمه ۱۰۱
شکل ۱۴-۱۰۰- استفاده از مهاربند کمانش‌تاب در بهسازی اسکلت بتن‌آرمه ۱۰۱
شکل ۱۴-۱۰۱- جزئیات اتصال مهاربند خارجی به ساختمان موجود ۱۰۳
شکل ۱۴-۱۰۲- تقویت مهاربند با FRP ۱۰۳
شکل ۱۴-۱۰۳- تقویت اتصال مهاربند به ورق اتصال ۱۰۴
شکل ۱۴-۱۰۴- انواع شکل‌های صفحات جک‌های مسطح ۱۱۰
شکل ۱۴-۱۰۵- نمایی از روش انجام آزمایش جک مسطح دوبل ۱۱۰
شکل ۱۴-۱۰۶- نماهایی از آزمایش کشش ملات در محل و در آزمایشگاه با روش آچار ۱۱۱
شکل ۱۴-۱۰۷- انجام آزمایش خمشی بر روی واحد آجرکاری به منظور تعیین مقاومت کششی ملات ۱۱۱
شکل ۱۴-۱۰۸- جزئیات وصله میلگردهای بتن پاششی ۱۱۴
شکل ۱۴-۱۰۹- جزییات اجرای شناژ جدید و اتصال آن به پی موجود ۱۱۵
شکل ۱۴-۱۱۰- جزییات اجرای شناژ جدید بدون اتصال به پی موجود ۱۱۶
شکل ۱۴-۱۱۱- گام‌های لازم برای دوخت و دوز ترک‌ها ۱۱۹
شکل ۱۴-۱۱۲- جزئیات تسمه کشی زیر سقف‌ها ۱۲۰
شکل ۱۴-۱۱۳- بزرگ کردن پی منفرد موجود ۱۲۴
شکل ۱۴-۱۱۴- افزایش پی سطحی در حالت هم‌سطح و جزئیات محل برخورد نوارهای تقویتی پی و شناژ موجود ۱۲۴
شکل ۱۴-۱۱۵- اجرای پی نواری بتنی جدید در کنار پی نواری موجود ۱۲۵
شکل ۱۴-۱۱۶- اجرای پی سطحی جدید در عمقی پایین‌تر از پی سطحی موجود ۱۲۶
شکل ۱۴-۱۱۷- اجرای پی سطحی جدید در عمق کمتر از پی سطحی موجود ۱۲۶

شکل ۱۴-۱۱۸- اجرای شمع درجای جدید در کنار پی نواری موجود ۱۲۷
شکل ۱۴-۱۱۹- جزئیات اتصال ریزشمع به پی نواری موجود با سطح پی گسترش یافته (ریزشمع مسلح به آرماتور) ۱۲۸
شکل ۱۴-۱۲۰- افزودن میلگردهای فوقانی به سرشمع موجود ۱۲۹
شکل ۱۴-۱۲۱- گروت‌ریزی تراکمی در زیر پی سطحی موجود-برنامه آزمایش شناسایی ۱۳۰
شکل ۱۴-۱۲۲- گروت‌ریزی تزریقی در ماسه غیرمتراکم زیر پی سطحی موجود ۱۳۱
شکل ۱۴-۱۲۳- گروت‌ریزی تزریقی در لایه روانگرای زیر پی سطحی موجود ۱۳۱
شکل ۱۴-۱۲۴- گروت‌ریزی تزریقی در لایه روانگرا در پیرامون پی عمیق موجود ۱۳۲
شکل ۱۴-۱۲۵- جزئیات یک نمونه میراگر اصطکاکی انتقالی ۱۳۴
شکل ۱۴-۱۲۶- جزئیات یک نمونه میراگر اصطکاکی دورانی ۱۳۵
شکل ۱۴-۱۲۷- جزئیات یک نمونه میراگر تسلیمی پره مثلثی ۱۳۷
شکل ۱۴-۱۲۸- جزئیات یک نمونه میراگر تسلیمی پانل برشی ۱۳۷
شکل ۱۴-۱۲۹- جزئیات یک نمونه مهاربند کمانش تاب ۱۳۸
شکل ۱۴-۱۳۰- جزئیات یک نمونه میراگر ویسکوز ۱۳۹
شکل ۱۴-۱۳۱- جزئیات یک نمونه میراگر ویسکوالاستیک ۱۴۰
شکل ۱۴-۱۳۲- چیدمان‌های متداول برای نصب میراگرها در قاب ۱۴۴
شکل ۱۴-۱۳۳- جزئیات استفاده از میراگرها به منظور بهسازی لرزه‌ای یک قاب خمشی فولادی موجود ۱۴۵
شکل ۱۴-۱۳۴- جزئیات استفاده از میراگرها به منظور بهسازی لرزه‌ای یک قاب خمشی بتن آرمه موجود ۱۴۵
شکل ۱۴-۱۳۵- چیدمان‌های متداول برای نصب میراگرهای اصطکاکی انتقالی در سازه ۱۴۶
شکل ۱۴-۱۳۶- چیدمان‌های متداول برای نصب میراگرهای اصطکاکی دورانی در سازه ۱۴۶
شکل ۱۴-۱۳۷- چیدمان‌های متداول برای نصب میراگرهای تسلیمی پره فولادی و پانل برشی در سازه ۱۴۷
شکل ۱۴-۱۳۸- جزئیات نصب میراگر تسلیمی پره X-شکل در یک قاب فولادی ۱۴۷
شکل ۱۴-۱۳۹- جزئیات نصب میراگر تسلیمی پره مثلثی در یک قاب فولادی و بتن آرمه ۱۴۸
شکل ۱۴-۱۴۰- جزئیات نصب مهاربند کمانش تاب در قاب به صورت قطری و شورن ۱۴۹
شکل ۱۴-۱۴۱- حالت‌های مختلف قرارگیری مهاربندهای کمانش تاب در یک قاب چند طبقه ۱۴۹
شکل ۱۴-۱۴۲- روش‌های مختلف اتصال مهاربندهای کمانش‌تاب در سازه ۱۴۹
شکل ۱۴-۱۴۳- چیدمان‌های متداول برای نصب میراگرهای ویسکوز در سازه ۱۵۰
شکل ۱۴-۱۴۴- چیدمان‌های متداول برای نصب میراگرهای ویسکوالاستیک در سازه ۱۵۱
شکل ۱۴-۱۴۵- جزئیات یک نمونه جداساز لاستیکی ۱۵۸
شکل ۱۴-۱۴۶- جزئیات یک نمونه جداساز لاستیکی با هسته سربی ۱۵۹
شکل ۱۴-۱۴۷- استفاده از میراگرهای مکمل در ترکیب با جداساز لاستیکی ۱۶۰
شکل ۱۴-۱۴۸- جزئیات یک نمونه جداساز اصطکاکی مسطح ۱۶۰
شکل ۱۴-۱۴۹- جزییات یک نمونه جداساز اصطکاکی تک پاندولی ۱۶۱
شکل ۱۴-۱۵۰- جزییات یک نمونه جداساز اصطکاکی دو پاندولی ۱۶۱
شکل ۱۴-۱۵۱- جزییات یک نمونه جداساز اصطکاکی سه پاندولی ۱۶۲
شکل ۱۴-۱۵۲- نمونه‌هایی از جداساز فنری ۱۶۴
شکل ۱۴-۱۵۳- جزئیات نصب ایمن انواع مختلف جداسازها در بالای ستون با پایه‌های اطمینان یا رینگ محافظ پیرامونی ۱۶۸
شکل ۱۴-۱۵۴- جزئیات اجرایی نصب سیستم جداساز در یک ستون بتن آرمه ۱۷۱
شکل ۱۴-۱۵۵- جزئیات اجرایی برای نصب جداسازها در یک دیوار بنایی ۱۷۱
شکل ۱۴-۱۵۶- مزیت وجود زیرزمین در جداسازی لرزه‌ای یک ساختمان موجود با دیوار باربر ۱۷۲
شکل ۱۴-۱۵۷- جزئیات مراحل اجرای جداساز لرزه‌ای در یک دیوار باربر با مصالح بنایی ۱۷۴
شکل ۱۴-۱۵۸- جزئیات اجرایی معمول برای نصب جداساز در زیر یک ستون بنایی موجود ۱۷۴

شکل ۱۴-۱۵۹- جزئیات تیپ نصب جداساز در زیر دیوار باربر بنایی موجود ۱۷۵
شکل ۱۴-۱۶۰- لزوم رعایت فاصله آزاد افقی و قائم بین اعضای متحرک سامانه جداساز و اعضای ثابت پیرامونی ۱۷۶
شکل ۱۴-۱۶۱- روش‌های مختلف پوشاندن درز حرکتی ۱۷۶
شکل ۱۴-۱۶۲- سه نوع از ورق‌های پوشاننده با قابلیت حرکت در همه جهات افقی ۱۷۷
شکل ۱۴-۱۶۳- اجرای یک سطح مشترک شیب‌دار لغزنده بین پوشاننده خندق و روسازی پیرامونی ۱۷۷
شکل ۱۴-۱۶۴- یک ورق پوشاننده کف با هزینه اجرایی کمتر ولی نیازمند تعمیر پس از زلزله..... ۱۷۸
شکل ۱۴-۱۶۵- ورق پوشاننده درز حرکتی ۱۷۸
شکل ۱۴-۱۶۶- یک درز حرکتی مختلط برای دیوار با قابلیت جابه‌جایی در راستای ورق ۱۷۹
شکل ۱۴-۱۶۷- جزئیات اجرای درزها در محل راه پله ۱۸۰
شکل ۱۴-۱۶۸- مقطعی از یک شفت آسانسور آویزان شده از روسازه ۱۸۱
شکل ۱۴-۱۶۹- نیاز به تأمین امکان جابه‌جایی در تراز جداسازی بین دیوارها و طبقه فوقانی ۱۸۱
شکل ۱۴-۱۷۰- جزئیات اجرای لوله‌کشی‌ها در ساختمان جداسازی شده ۱۸۲
شکل ۱۴-۱۷۱- حالت‌های مختلف قرارگیری لوله‌های دارای اتصالات انعطاف‌پذیر در تراز جداسازی ۱۸۳
شکل ۱۴-۱۷۲- لزوم سازگاری صفحات محافظ آتش با تغییرشکل جداساز لرزه‌ای ۱۸۴
شکل ۱۴-۱۷۳- نصب شاقول یا قلم خط انداز برای کنترل تغییرمکان افقی جداساز لرزه‌ای ۱۸۹
شکل ۱۴-۱۷۴- جزئیات مهار سطحی به‌وسیله اتصال مکانیکی در روی سنگ ۱۹۰
شکل ۱۴-۱۷۵- جزئیات مهار سطحی به‌وسیله اتصال مکانیکی در محل درز ۱۹۰
شکل ۱۴-۱۷۶- جزئیات بهسازی نمای شیشه‌ای..... ۱۹۱
شکل ۱۴-۱۷۷- جزئیات بهسازی نمای شیشه‌ای..... ۱۹۲
شکل ۱۴-۱۷۸- جزئیات اجرایی بهسازی سایه‌بان‌ها و تابلوها..... ۱۹۲
شکل ۱۴-۱۷۹- جزئیات اجرایی بهسازی لرزه‌ای دیوارهای میان قاب غیرسازهای..... ۱۹۳
شکل ۱۴-۱۸۰- جزئیات مربوط به اتصال جداکننده‌ها با سقف و ستون‌های اطراف ۱۹۴
شکل ۱۴-۱۸۱- بهسازی لرزه‌ای دیوارها با استفاده از نوارهای شبکه الیاف ۱۹۵
شکل ۱۴-۱۸۲- جزئیات بهسازی لرزه ای دیوارها با شبکه الیاف..... ۱۹۵
شکل ۱۴-۱۸۳- جزئیات بهسازی راه پله ۱۹۶
شکل ۱۴-۱۸۴- ایجاد فشار یا فروریزش پله به دلیل عدم تأمین سطح لغزش مناسب در پله‌های پیشساخته ۱۹۷
شکل ۱۴-۱۸۵- اتصال لغزشی برای تیر افقی پله فولادی ۱۹۸
شکل ۱۴-۱۸۶- جزئیات اضافه نمودن المان‌های جدید برای سقف کاذب ۱۹۹
شکل ۱۴-۱۸۷- جزئیات اضافه نمودن المان‌های جدید برای تجهیزات در سقف های کاذب (لازم به ذکر است که سیم های نگهدارنده تجهیزات نیز باید به‌صورت مورب در جهات مختلف اجرا گردند) ۱۹۹
شکل ۱۴-۱۸۸- جزئیات مهار باتریها..... ۲۰۱
شکل ۱۴-۱۸۹- جزئیات مهار نگهدارنده لولههای تأسیساتی..... ۲۰۲
شکل ۱۴-۱۹۰- جزئیات مهار کابلی..... ۲۰۳
شکل ۱۴-۱۹۱- جزئیات مهار لولههای تأسیساتی ۲۰۳
شکل ۱۴-۱۹۲- جزئیات مهار لولههای تأسیساتی ۲۰۴
شکل ۱۴-۱۹۳- جزئیات مهار تک لوله..... ۲۰۵
شکل ۱۴-۱۹۴- جزئیات اتصال صلب لوله..... ۲۰۶
شکل ۱۴-۱۹۵- جزئیات نگهدارنده لوله قائم در بام..... ۲۰۷
شکل ۱۴-۱۹۶- مراحل نصب مهارهای غیر چسبنده..... ۲۰۷
شکل ۱۴-۱۹۷- مراحل نصب مهارهای چسبنده ۲۰۸
شکل ۱۴-۱۹۸- اتصال مهار با قطر بیشتر از MM ۱۰ به تجهیزات ۲۰۹

فهرست جدول‌ها

جدول ۱۴-۱- مقایسه برخی از آزمایشهای غیرمخرب در تخمین مقاومت فشاری بتن در محل ۱۲
جدول ۱۴-۲- مقایسه برخی از آزمایشهای مخرب در تخمین مقاومت فشاری بتن در محل ۱۲
جدول ۱۴-۳- حداقل شعاع انحرافدهنده مسیر ۷۱
جدول ۱۴-۴- لیست موارد مهم در شناسایی اعضا و اجزای مختلف ساختمان بنایی ۱۰۸
جدول ۱۴-۵- موارد و روش‌های مربوط به فصل مشترک خاک- سازه ۱۳۲
جدول ۱۴-۶- انواع میراگرهای مورد استفاده در صنعت ساختمان و مشخصات آن‌ها..... ۱۳۳
جدول ۱۴-۷- جزئیات بازدیدهای شش‌گانه میراگرها ۱۵۳
جدول ۱۴-۸- جزئیات انجام بازرسی در میراگرهای مختلف ۱۵۴
جدول ۱۴-۹- جداسازهای مورد استفاده در صنعت ساختمان و مشخصات آن ۱۵۷
جدول ۱۴-۱۰- جزئیات بازدیدهای شش گانه جداسازها ۱۸۷
جدول ۱۴-۱۱- جزئیات انجام بازرسی در سیستم جداسازی..... ۱۸۷
جدول ۱۴-۱۲- روش‌های مختلف اتصال اجزای غیرسازه‌ای..... ۲۰۹

فصل چهاردهم

بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود

۱۴-۱- کلیات

۱۴-۱-۱- هدف و دامنه کاربرد

هدف از این فصل ارائه روش‌ها و دستورالعمل‌های اجرایی مبتنی بر ضوابط، معیارها و استانداردهای فنی برای بهسازی لرزه‌ای در حوزه ساختمان‌های بتن‌آرمه، فولادی، مصالح بنایی، پی‌ها، ادوات و تجهیزات استهلاک انرژی، جداسازی لرزه ای، اجزای غیرسازه‌ای و مسائل ایمنی مربوط به آن‌ها می‌باشد.

ساختمان‌های موجود ممکن است به دلیل نواقص در طراحی یا اجرا، تغییر در آیین‌نامه‌های طراحی، تغییر در کاربری، افزایش بارگذاری یا زیربنا، تغییر و تصرف در اسکلت، خوردگی و فرسودگی مصالح در دوران بهره‌برداری، الزامات مربوط به برآورد سطح عملکرد مناسب ساختمان در سطح خطر لرزه‌ای موردنظر را برآورد ننمایند و به بیان دیگر در مقابل زلزله " آسیب‌پذیر" تشخیص داده شوند. به منظور ارتقای سطح عملکرد ساختمان در سطح خطر لرزه‌ای مشخص، مجموعه‌ای از راهکارهای اجرایی بهسازی لرزه‌ای در ساختمان اتخاذ می‌گردد تا بتوان با اجرای آن‌ها به سازه‌ای ایمن و با عملکرد مناسب در مقابل زلزله دست یافت.

ضوابط این فصل تمامی ساختمان‌های موجود آسیب‌پذیر در برابر زلزله که تماماً یا بخش‌هایی از آن مورد عملیات بهسازی قرار می‌گیرند، را در بر می‌گیرد. جزئیات ترمیم و تقویت سازه‌هایی که در اثر زلزله‌های گذشته آسیب دیده‌اند مشروط بر تشخیص مشاور می‌تواند موضوع این فصل قرار گیرد. برای ضوابط طراحی توصیه می‌شود به ضابطه شماره ۳۶۰ سازمان برنامه و بودجه مراجعه شود.

در ادامه فلوچارت مراحل بهسازی لرزه‌ای ساختمان آورده شده است.

مراحل مقاوم سازی لرزه ای ساختمان
کارفرما (مشاور فنی/دفتر فنی / مدیر طرح)
ارزیابی سریع براساس نشریه ۳۶۴
کارفرما (مشاور فنی/دفتر فنی / مدیر طرح)
تعیین شاخص آسیب پذیری لرزه ای و سطح مقاوم سازی
کارفرما از طریق مشاور فنی یا مدیرطرح
تشخیص نیاز و یا عدم نیاز به مقاوم سازی ساختمان
نیاز به مقاوم‌سازی ندارد
نیاز به مقاوم‌سازی دارد
عدم احراز نیاز به مقاوم سازی
کارفرما
برگزاری مناقصه و انتخاب مشاور ذیصلاح مقاوم سازی و عقد قرارداد
مشاور ذیصلاح مقاوم سازی
آغاز مطالعات مقاوم سازی ساختمان
مشاور ذیصلاح مقاوم سازی
انجام مطالعات کیفی آسیب پذیری لزره ای*
مشاور ذیصلاح مقاوم سازی
ارائه دستورکار خدمات جنبی مشتمل بر سونداژها، آزمایش های مقاومت مصالح و مطالعات ژئوتکنیک *

* انجام مرحله بعد نیاز به تأیید کارفرما دارد.

**مراحل بازرسی دوره ای از ادوات سازه ای بعد از اتمام عملیات اجرایی مقاوم سازی لرزه ای به تشخیص کارفرما / مشاور در صورت نیاز انجام می شود.

۱۴-۱-۲- تعاریف و اصطلاحات

اتصال پیش‌تنیده: اتصالی که در آن انتقال نیروی برشی از طریق اتکای بدنه پیچ به جداره سوراخ صورت می‌گیرد و از مقاومت اتصال در برابر لغزش صرف‌نظر می‌شود. با این‌وجود در اجرا و هنگام نصب، پیچ‌های این نوع اتصالات باید پیش‌تنیده شوند.

آجرهای هوازده: آجرهای هوازده یا آجرهای سوراخ‌دار نوعی آجر ماشینی هستند که دارای سوراخ‌های موازی در طول و عرض خود می‌باشند. این سوراخ‌ها باعث کاهش وزن، افزایش عایق بودن، کاهش مصرف ملات و افزایش سرعت اجرا می‌شوند.

آرماتورهای دوخت: نوعی آرماتور هستند که برای انتقال نیرو بین اجزای مختلف سازه‌های بتنی استفاده می‌شوند. آرماتورهای دوخت معمولاً از میلگردهای آجدار تشکیل شده‌اند و از دو طرف خم شده‌اند.

آزمایش‌های غیرمخرب: عبارت است از آزمایش‌هایی که در آنها نیازی به تخریب عضو و یا اجزا نبوده و یا تخریب کاملاً محدود است و به عمر و استفاده آتی عضو یا قطعه آسیبی نمی‌رساند.

آزمایش‌های مخرب: عبارت است از آزمایش‌هایی که با تخریب عضو و یا اجزا همراه باشد.

آماده‌سازی: عبارت است از مجموعه اقدام‌هایی که در محل سایت، قبل و در حین انجام سونداژ و آزمایش‌های مخرب و غیرمخرب، باید صورت گیرد.

بتن‌پاشی (شاتکریت): عبارت است از پرداخت و اجرای ملات یا بتن روی یک بستر که توسط شلنگ با فشار هوا بر روی سطح موردنظر پاشیده می‌شود. نیروی ایجاد شده ناشی از فشار هوا سبب متراکم شدن مصالح پاشیده شده می‌شود. عموماً روانی مصالح شاتکریت به صورتی انتخاب می‌شود که حتی در سطوح قائم یا زیر سقف‌ها تحت وزن خود به جریان نیفتاده یا دَلمه نزند. شاتکریت برای مصارف مختلفی از جمله ساخت‌وساز، بهسازی و ترمیم کاربرد دارد. با این‌حال کیفیت بتن‌پاشی تا حد زیادی به شرایط اجرای آن وابسته است که از آن جمله می‌توان به کیفیت مصالح، طرح اختلاط، مشخصات تجهیزات به کار گرفته شده، و نیز مهارت افراد اجراکننده آن اشاره نمود.

بتن خودتراکم: بتن خودتراکم یا SCC[1] یک نوع بتن خاص است که تحت وزن خود در قالب جاری می‌شود و نیاز به لرزاندن ندارد. این بتن دارای روانی بالا و جمع‌شدگی کم است و می‌تواند تمام فضاهای خالی را پر کند.

بند (درز): به فصل‌های مشترک بین آجرها یا بلوک‌ها در دیوار اطلاق می‌شود. بندها به دو دسته بندهای افقی و بندهای قائم تقسیم‌بندی می‌شوند. در دیوارهای موجود در هنگام آجرچینی، بندهای افقی با ملات پر می‌شود. بندهای قائم در این دیوارها نیز با ملات پر شده یا در برخی موارد، فاقد ملات می‌باشند.

پاندول: یک شیء آویزان از یک تکیه‌گاه ثابت است که تحت تأثیر گرانش، به‌صورت آزاد به عقب و جلو نوسان می‌کند.

پدستال بتنی: پدستال یک جزء سازه‌ای است که به دلایل مختلف میان ستون و پی اجرا می‌شود. لازم به ذکر است پدستال معمولاً قابلیت تحمل فشار زیادی داشته و از نظر ظاهری و نسبت سطح به ارتفاع مشابه یک سکوی بتنی است.

1- Self-Compacting Concrete

پدیده خستگی: پدیده خستگی به وقوع شکست یا ترک در المان‌های سازه‌ای تحت‌تأثیر بارهای متناوب و تکراری گفته می‌شود. این پدیده می‌تواند در اعضا یا سازه‌های فولادی، مختلط (کامپوزیت) یا چوبی رخ دهد. خستگی باعث کاهش ظرفیت باربری و عمر مفید سازه می‌شود و ممکن است منجر به حوادث جدی شود.

تاندون: تاندون به رشته‌ها یا میلگردهای فولادی گفته می‌شود که با ایجاد کشش در آنها در اعضای بتن پیش‌تنیده، باعث افزایش ظرفیت باربری و کاهش ترک‌خوردگی بتن می‌شوند. تاندون‌ها می‌توانند به دو صورت پیش‌تنیده و پس‌تنیده باشند.

تخریب و سونداژ: عبارت است از برداشتن پوشش‌های معماری تا رسیدن به محل اعضا یا اجزای موردنظر به منظور رسیدن به اهداف زیر:

- دسترسی به اعضا یا اجزای مختلف سازه به منظور انجام شناسایی‌های مورد نیاز
- آماده نمودن شرایط لازم به منظور انجام نمونه‌گیری و آزمایش‌های مخرب و غیرمخرب موردنیاز

تراز جداسازی: جداسازها معمولاً در یک تراز افقی قرار می‌گیرند که به این تراز، تراز جداسازی گفته می‌شود. تراز جداسازی، تراز بین بخش جداسازی شده فوقانی سازه با بخش تحتانی آن ـ که به‌صورت صلب با زمین حرکت می‌کند ـ می‌باشد. این تراز معمولاً در نزدیکی پی ساختمان و در برخی مواقع در طبقات میانی قرار داده می‌شود.

تسلیح: دیوارهای بنایی از نقطه‌نظر مسلح بودن به دیوارهای غیرمسلح و مسلح تقسیم‌بندی می‌شوند. تسلیح دیوارهای بنایی غیرمسلح می‌تواند توسط میلگردهای افقی و یا قائم فولادی، FRP، یا مصالح بومی موجود مانند لیف خرما یا بامبو باشد. این شبکه تسلیح می‌تواند در داخل دیوار اجرا شده که در این صورت درگیری مناسب با دیوار داشته باشد یا در وجوه آن اجرا شود به شرطی که به نحوی مناسب به دیوار متصل شود.

تیر جمع‌کننده: یک نوع تیر سازه‌ای است که برای انتقال بارهای جانبی در یک تراز افقی به اعضای باربر جانبی نقش ایفا می‌کند. این تیر معمولاً در ساختمان‌های دارای بازشو و پل‌ها کاربرد دارد. تیر جمع‌کننده می‌تواند از مصالح فولاد، بتن یا ترکیبی از آن‌ها باشد.

تیر خورجینی: یک نوع اتصال سنتی تیر به ستون در سازه‌های فولادی است که در آن تیر از طرفین ستون عبور می‌کند و در آن تیر با استفاده از نبشی‌های نشیمن یا ورق‌های فولادی بر روی ستون اتکا پیدا می‌کند.

تیر همبند: یک نوع تیر کوتاه است که برای اتصال دو یا چند دیوار برشی به یکدیگر استفاده می‌شود. تیر همبند باعث می‌شود که دیوارهای برشی به عنوان یک واحد سازه‌ای عمل کنند و نیروهای جانبی را به صورت مشترک تحمل کنند. تیر همبند معمولاً دارای نسبت طول به ارتفاع کمتر از چهار است.

تیرهای ساندویچی: تیرهای ساندویچی نوعی تیرهای کامپوزیتی هستند که از دو پوسته نازک و یک هسته ضخیم تشکیل شده‌اند. این تیرها دارای خواص مکانیکی بالا، وزن کم و صلبیت خمشی زیاد هستند.

جداساز: المان سازه‌ای که در راستای افقی منعطف بوده و در راستای قائم سخت است و ضمن تحمل نیروهای قائم،

امکان تغییرشکل‌های افقی بزرگ تحت نیروهای لرزه‌ای را فراهم می‌نماید. انواع جداسازهای لرزه‌ای شامل لاستیکی (الاستومری) و اصطکاکی (لغزنده) می‌باشد.

جداساز اصطکاکی (لغزشی): جداساز اصطکاکی متشکل از دو یا چند سطح با قابلیت لغزش نسبت به یکدیگر می‌باشد. رفتار این جداساز به عواملی همچون هندسه سطوح لغزش، تعداد سطوح لغزش، ضریب اصطکاک مابین سطوح لغزش و مقدار نیروی محوری وارد بر جداساز وابسته می‌باشد.

جداساز لاستیکی (الاستومری): این جداساز شامل لایه‌های متناوب لاستیک و فولاد می‌باشد که طی فرآیندی عمدتاً با استفاده از اعمال فشار و تحت حرارت به یکدیگر متصل می‌شوند. ورق‌های فولادی از انبساط جانبی لاستیک جلوگیری کرده و سختی قائم را به مقدار زیادی افزایش می‌دهند تا جداساز قادر به تحمل وزن ساختمان باشد. لاستیک وظیفه تأمین انعطاف‌پذیری جانبی جداساز و تأمین قابلیت مرکزگرایی برای بازگشت سازه به موقعیت اولیه پس از پایان ارتعاش را به‌عهده دارد.

جداسازی لرزه‌ای: عبارت است از جدا کردن کل یا بخشی از سازه از زمین یا قسمت‌های دیگر سازه به‌منظور افزایش دوره تناوب و کاهش پاسخ لرزه‌ای آن بخش در زمان رویداد زلزله. در جداسازی لرزه‌ای با کنترل همزمان تغییرمکان نسبی طبقات و شتاب وارد بر طبقات، میزان آسیب‌های وارده به اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای به‌شدت کاهش می‌یابد و اختلال در عملکرد ساختمان در اثر وقوع زلزله به حداقل می‌رسد.

بیشینه زلزله مورد انتظار: زلزله‌ای با احتمال رخداد ۲٪ در ۵۰ سال و دوره بازگشت ۲۴۷۵ ساله.

خوردگی گالوانیک: یک نوع خوردگی است که زمانی رخ می‌دهد که دو فلز با پتانسیل الکترودی متفاوت در یک محیط هادی الکتریسیته (الکترولیت) در تماس باشند.

رزین اپوکسی: یک نوع ماده پلیمری است که از ترکیب دو جزء رزین و هاردنر (سخت‌کننده) به دست می‌آید. این ماده دارای خواص فیزیکی و شیمیایی بالایی است و کاربردهای متنوعی در صنایع مختلف دارد.

روسازه: بخش جداسازی شده فوقانی سازه که توسط جداسازها از بخش تحتانی آن جدا شده است.

زهکشی: یک روش است که با استفاده از لوله‌ها، کانال‌ها و شیارها آب اضافی را از سطح یا زیرزمین خارج می‌کند. زهکشی می‌تواند برای اهداف مختلفی مانند افزایش استحکام خاک، جلوگیری از نفوذ آب به داخل ساختمان، کاهش رطوبت و خوردگی ساختمان‌ها و بهبود مشخصات مکانیکی خاک به کار رود.

ژئوالکتریک: یک شاخه از ژئوفیزیک است که با استفاده از خواص الکتریکی زمین به شناسایی ساختار و خصوصیات زیرسطحی زمین می‌پردازد.

ژئوگریدها: ژئوگریدها به ساختار شبکه‌ای از نخ‌ها، فیبرها یا صفحات بافته‌ای اطلاق می‌شوند که مقاومت مکانیکی بالا و خاصیت کشسانی مناسبی دارند.

ساچمه‌پاشی: ساچمه‌پاشی یک روش پاک‌سازی مکانیکی است که در آن از اجسام کروی به عنوان ماده ساینده برای زدودن اکسیدها و سایر آلودگی‌ها از سطوح سازه‌ای استفاده می‌شود. این روش برای بهبود ظاهر و مضرس نمودن سطوح کاربرد دارد.

سندبلاست: یک عملیات اجرایی بر روی سطوح است که در آن مواد ساینده با فشار هوا یا نیروی گریز از مرکز به سطح مورد نظر پرتاب می‌شوند. این روش برای تمیزکاری، زنگ‌زدایی، رسوب‌زدایی و رنگ‌برداری بر روی مواد مختلف نظیر فلز و بتن به کار می‌رود.

سیستم جداسازی: مجموعه‌ای از اجزای سازه‌ای شامل تمامی جداسازها و تمامی المان‌های سازه‌ای نظیر اتصالات که نیروی جانبی را بین اجزای سیستم جداساز منتقل می‌کنند.

شاتکریت تر: روش اجرای شاتکریت است که در آن تمامی اجزای طرح اختلاط بتن یا ملات قبل از وارد شدن به شلنگ با یکدیگر ترکیب شده‌اند.

شاتکریت خشک: روش اجرای شاتکریت است که در آن آبِ اختلاط بتن یا ملات در نازل به مخلوط اضافه می‌شود.

شناسایی: عبارت است از تعیین مشخصات ظاهری جزئیات و مشخصات هندسی اعضا و اجزای مختلف ساختمان.

فاصله آزاد/خندق: فضای اطراف یک سازه جداسازی شده لرزه‌ای که اجازه حرکت سازه را در حین زلزله می‌دهد. این فاصله از برخورد بین روسازه و دیوارهای حائل یا سایر سازه‌ها و تجهیزات جلوگیری می‌نماید. دو نوع فاصله آزاد وجود دارد: فاصله آزاد افقی و عمودی که امکان تغییرمکان افقی و عمودی روسازه را در حین زلزله فراهم می‌کند.

کابل‌های پس‌کشیده: نوعی کابل فولادی هستند که برای ایجاد نیروی فشاری در بتن پیش‌تنیده استفاده می‌شوند. این کابل‌ها پس از ریختن بتن و رسیدن آن به مقاومت لازم، با استفاده از دستگاه‌های کششی، به مقدار مورد نظر کشیده می‌شوند. سپس، برای جلوگیری از خوردگی و زنگ‌زدگی، گروت یا دوغاب سیمانی یا مواد پلیمری به درون غلاف‌های فلزی کابل‌ها تزریق می‌شود.

کامپوزیت FRP[1]: یک ماده مرکب است که از ترکیب فیبرهای پلیمری با رزین تشکیل شده است. فیبرهای FRP نقش باربر را در کامپوزیت دارند و مقاومت و سختی بالایی ارائه می‌دهند. رزین‌ها نقش چسباننده و انتقال دهنده بار به فیبرها را برعهده دارند.

کوپلر مکانیکی: یک نوع اتصال‌دهنده میلگرد است که برای اتصال دو قطعه میلگرد با قطر یکسان یا متفاوت به کار می‌رود. کوپلر مکانیکی به روش‌های مختلفی مانند رزوه‌کاری، جوش‌کاری، پرس‌کاری و پیچ و مهره ساخته و نصب می‌شود.

گراویمتری: یک روش اندازه‌گیری است که برای تعیین چگالی مصالح مختلف نظیر خاک استفاده می‌شود.

گروت اپوکسی منبسط‌شونده: این گروت با تماس با هوا یا با تغییرات حرارتی، به‌صورت خودکار منبسط می‌شود و فاصله‌های خالی را به‌طور مطلوب پر می‌کند.

1- Fiber Reinforced Polymere

لاتکس: یک نوع ماده مرکب است که از ترکیب ذرات پلیمری با مایع آبی تشکیل شده است. لاتکس می‌تواند در طبیعت یافت شود، یا به صورت مصنوعی با پلیمریزاسیون مونومرهای مختلف ساخته شود.

لوله‌های انعطاف‌پذیر: قابلیت انعطاف باعث می‌شود که این لوله‌ها به‌راحتی در محل‌های دارای درز انقطاع استفاده شود و در صورت جابجایی دو طرف درز انقطاع نسبت به هم لوله صدمه نمی بیند و مواد داخل ان بیرون نریزد.

مضرس کردن: یک روش از روش‌های تراشیدن سطح بتن است که باعث می‌شود سطح بتن دندانه‌دار و ناصاف شود. این کار به منظور افزایش مقاومت سایشی بتن، آماده‌سازی بتن برای بتن‌ریزی مجدد، یا ایجاد زیبایی و نگاره روی بتن انجام می‌شود.

منحنی هیسترزیس: نمودار نیرو-تغییرمکان به دست آمده از آزمایش میراگر/جداساز تحت بارگذاری چرخه‌ای، منحنی هیسترزیس نامیده می‌شود.

مهاربند جناقی: مهاربند جناقی از دو یا چند میله فولادی تشکیل شده است که به صورت زاویه‌دار در دو جهت مخالف به قاب‌های سازه متصل می‌شوند.

میراگر: میراگر یک المان سازه‌ای می‌باشد که در اثر ایجاد تغییرمکان نسبی یا سرعت نسبی بین دو انتهای آن، استهلاک انرژی رخ می‌دهد. میراگرها با افزایش میرایی و یا افزایش توأمان میزان سختی و میرایی سازه، سبب کاهش خسارت‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای و ارتقای عملکرد لرزه‌ای سازه می‌شوند.

میراگر اصطکاکی: نوعی مستهلک‌کننده انرژی غیرفعال با رفتاری وابسته به تغییرمکان است که مکانیزم استهلاک انرژی در آن بر پایه اصطکاک ناشی از لغزش انتقالی یا دورانی دو جسم جامد نسبت به یکدیگر می‌باشد.

میراگر تسلیمی فلزی: نوعی مستهلک‌کننده انرژی غیرفعال با رفتاری وابسته به جابه‌جایی می‌باشد که مکانیزم استهلاک انرژی در آن بر اساس تسلیم و تغییرشکل غیرالاستیک در قطعات فلزی به‌کار رفته در میراگر فراهم می‌گردد.

میراگر ویسکوالاستیک: نوعی مستهلک‌کننده انرژی غیرفعال با رفتاری وابسته به سرعت و تغییرمکان است که مکانیزم استهلاک انرژی در آن از طریق ایجاد کرنش برشی در لایه‌های ویسکوالاستیک میراگر فراهم می‌شود.

میراگر ویسکوز: نوعی مستهلک‌کننده انرژی غیرفعال با رفتاری وابسته به سرعت است که مکانیزم استهلاک انرژی در آن بر اساس عبور یک سیال ویسکوز از روزنه‌هایی که در اطراف و مرکز پیستون تعبیه شده است، می‌باشد.

نئوپرن، بوتیل و نیتریل: سه نوع لاستیک مصنوعی هستند که در صنایع مختلف کاربرد دارند. این لاستیک‌ها از پلیمریزاسیون مونومرهای مختلف به دست می‌آیند و خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوتی دارند.

ولکانیزه: ولکانیزه یا ولکانیزاسیون یک فرآیند شیمیایی است که در آن لاستیک طبیعی یا نظائر آن، با افزودن گوگرد یا عامل دیگر، به مواد پایدار و الاستیک تبدیل می‌شوند. این فرآیند باعث می‌شود که لاستیک خواص مکانیکی، حرارتی و شیمیایی بهتری داشته باشد و در برابر سایش، تغییر شکل و حلال‌ها مقاوم‌تر شود.

۱۴-۲- موارد عمومی اجرای بهسازی

۱۴-۲-۱- نقشه‌های اجرایی طرح بهسازی

نقشه‌های اجرایی تأیید شده جهت ساخت باید دارای جزئیات کافی و انطباق کامل با وضعیت موجود ساختمان باشد. نقشه‌ها باید قبل از شروع به کار پیمانکار، مورد بررسی قرارگرفته و با نقشه‌های معماری و تأسیساتی مطابقت داده شود. در صورت مشاهده مغایرت نقشه‌ها با وضع موجود در ابتدا یا حین اجرای طرح بهسازی، باید مراتب به اطلاع دستگاه نظارت و مشاور طرح رسانده شود.

نقشه‌های اجرایی موردنیاز برای اجرای طرح بهسازی سازه، علاوه بر کلیه اطلاعات موردنیاز در ارتباط با نقشه‌های یک سازه جدید، باید با لحاظ نمودن مناسب‌ترین روش اجرا، شرایط ساختمان و محدودیت‌های اجرایی و نصب، توالی اجرای بهسازی و امکانات موجود بوده و حداقل شامل موارد زیر باشد:

- مراحل اجرایی شامل تخریب یا برداشتن اعضای موجود، ترتیب انجام تقویت‌های موضعی یا کلی و نحوه و ترتیب برچیدن ادوات و پایه‌های موقت
- شناسایی مصالح و جزئیات اجزا و اعضا و پیکربندی ساختمان موجود حین اجرا
- مکانیزم پایدارسازی موقتی سازه در هنگام برچیدن اعضای باربر اصلی سازه
- تعیین مواضع تقویت و مشخص نمودن اعضای جدید یا اعضای تحت تقویت با درنظرگرفتن کلیه جزئیات عناصر و اتصالات و ترتیب و توالی پیش نصب و نصب
- درج رواداری‌های هندسی مجاز
- تعیین نواحی و مناطق مجاز برای آزمایش‌های مخرب و غیرمخرب
- تعیین روش تقویت عناصر تضعیف‌شده در اثر انجام آزمایش‌های مخرب
- تعیین مشخصات حفاظت در برابر حریق

۱۴-۲-۲- شرایط بارهای بهره‌برداری و انتقال بار در حین عملیات بهسازی

بارهای زمان بهره‌برداری باید در روند طراحی و اجرای بهسازی موردتوجه قرار گیرد. در این زمینه موارد ذیل موردتوجه قرار گیرد:

- میزان بار قابل‌تحمل، توسط عضو تحت عملیات بهسازی باید مشخص باشد.
- ناپایداری‌های موضعی و کلی یک عضو ناشی از عملیات ترمیم در سطح مقطع باید بررسی شود.

۱۴-۳- ساختمان‌های بتن آرمه

۱۴-۳-۱- شناسایی تکمیلی

در صورت نمونه‌برداری از مصالح برای بعضی مشخصات مکانیکی یا فیزیکی، نمونه‌برداری باید از محل‌های دارای کم‌ترین تنش در اعضای اصلی سیستم‌های باربر ثقلی و جانبی انجام شود. در صورت مغزه‌گیری مقطع باقیمانده تضعیف شده، باید همچنان پاسخگوی بارهای وارده باشد. در حین نمونه‌برداری باید کمترین آسیب به آرماتورهای موجود در داخل بتن وارد شود. محل‌های مغزه‌گیری شده باید بلافاصله پس از نمونه‌گیری، با روش‌های مناسب که توسط مشاور مشخص می‌گردد، ترمیم و بازسازی شوند.

استفاده از روش‌های آزمایش غیرمخرب با شرایط ذکر شده در فصل پنجم ضابطه شماره ۳۹۰ و در استاندارد ACI 228.2R-98 و همچنین مشخصات ذکر شده در این فصل از ضابطه مجاز است. از جدول ۱۴-۱ و جدول ۱۴-۲ می‌توان به عنوان راهنما برای انتخاب آزمایش‌ها استفاده نمود.

جدول ۱۴-۱- مقایسه برخی از آزمایش‌های غیرمخرب در تخمین مقاومت فشاری بتن در محل

نام روش	هزینه	سرعت انجام آزمایش	میزان آسیب به بتن	قابلیت تفسیر نتایج	قابلیت اطمینان
فراصوت	کم	سریع	بدون آسیب	خوب	ضعیف
چکش اشمیت	خیلی کم	سریع	بدون آسیب	تنها در سطح بتن	ضعیف

جدول ۱۴-۲- مقایسه برخی از آزمایش‌های مخرب در تخمین مقاومت فشاری بتن در محل

نام روش	هزینه	سرعت انجام آزمایش	میزان آسیب به بتن	قابلیت تفسیر نتایج	قابلیت اطمینان
مغزه‌گیری	بالا	آهسته	متوسط	خوب	خوب
کشش از سطح	متوسط	سریع	کم	در بخش‌های سطحی بتن	متوسط
بیرون کشیدگی	متوسط	متوسط	کم	در بخش‌های سطحی بتن	متوسط

۱۴-۳-۱-۱- آزمایش‌های غیرمخرب

۱۴-۳-۱-۱-۱- آزمایش چکش اشمیت یا ارتجاعی[1] براساس استاندارد ASTM C805

الف- استفاده از آزمایش چکش اشمیت برای بررسی یکنواختی بتن درجا و همچنین برای تشخیص مناطقی از سازه که بتن ضعیف یا خراب دارند مجاز است.

ب- با توجه به تقریبی بودن این آزمایش، نتیجه آن نمی‌تواند به‌عنوان یک معیار قطعی در رد یا قبول بتن درنظرگرفته شود.

1- Rebound Hammer

پ- برای انجام آزمایش چکش اشمیت، سطح بتن باید کاملاً صاف، تمیز و خشک باشد و هیچ‌گونه اثری از رطوبت در آن دیده نشود. در صورت وجود ناهمواری بر روی سطح بتن، باید قبل از شروع آزمایش رفع شود. نقطه‌ای که چکش اشمیت بر روی آن قرار می‌گیرد، باید حداقل ۲۰ میلی‌متر تا لبه بتن فاصله داشته باشد. در این آزمایش باید روی هر سطح آماده شده بتن ۱۰ مرتبه ضربه وارد شود و فاصله هر کدام از یکدیگر از ۲/۵ سانتی‌متر بیشتر نباشد. چنانچه سطح بتن در حین آزمایش خرد و شکسته شود آزمایش باید دوباره انجام شود. اعدادی که بیشتر از ۶ واحد با میانگین فاصله دارند باید حذف گردند. درصورتی که بیش از ۲ نمونه حذف شود، کل آزمایش مردود است. انجام آزمایش باید مطابق با الزامات استاندارد ASTM C805 باشد.

۱۴-۳-۱-۱-۲- آزمایش فراصوت یا اولتراسونیک[1]

الف- استفاده از آزمایش فراصوت در تخمین مقاومت فشاری بتن به‌صورت تقریبی، تخمین عمق ترک و کنترل یکنواختی بتن مجاز است. انجام آزمایش باید مطابق با الزامات استاندارد ASTM C597 باشد. نتایج باید به تأیید دستگاه نظارت رسانده شود.

ب- استفاده از دستگاه آزمایش فراصوت در اجزای بتنی کوچک و با عرض کم و در محلی که سطح نمونه صاف نبوده و دارای زبری و ناهمواری باشد مجاز نیست.

۱۴-۳-۱-۱-۳- آزمایش شناسایی آرماتور در بتن

الف- در اعضای بتنی با چند لایه میلگرد و همچنین میلگردهای عرضی و طولی، اکثر دستگاه‌های اسکن بتن دقت کافی نداشته و باید از یک روش جایگزین نسبت به صحت نتایج به‌دست آمده از این روش اطمینان حاصل نمود.

ب- چنانچه در طرح اختلاط بتن از سنگدانه‌های با خواص مغناطیسی استفاده شده باشد یا میزان آهن موجود در سیمان از حد استاندارد بالاتر باشد، تعیین پوشش بتن با استفاده از این آزمایش قابل استناد نمی‌باشد.

پ- تخمین‌های حاصل از دستگاه شناسایی آرماتور در جایی که آرماتورها با سیم به هم بسته شده باشند، به‌صورت موضعی مخدوش شده و اندازه‌گیری باید در چند مقطع طولی انجام و از مقادیر اندازه‌گیری شده میانگین‌گیری شود.

ت- در شناسایی آرماتورهای مدفون در بتن با قطر کمتر از ۱۰ میلیمتر یا بیشتر از ۳۲ میلیمتر، آزمایش باید چندین بار تکرار شود و از میانگین نتایج استفاده شود.

۱۴-۳-۱-۱-۴- آزمایش پژواک ضربه[2]

استفاده از آزمایش پژواک ضربه برای تعیین محل پوسته‌شدگی، فضاهای خالی، کرمو بودن و اندازه‌گیری ضخامت بتن مجاز است و باید مطابق با الزامات استاندارد INSO-17315 باشد. استفاده از نتایج این آزمایش در محل‌هایی با تراکم بالای آرماتورها که احتمال وجود فضاهای خالی در بتن و عدم پوشش کافی در اطراف آرماتورها زیاد می‌باشد، الزامی می‌باشد.

1- Ultrasonic
2- Impact Echo

۱۴-۳-۱-۲- آزمایش‌های مخرب

۱۴-۳-۱-۲-۱- آزمایش مغزه‌گیری

الف- قطر مغزه اخذ شده نباید از سه برابر قطر بزرگ‌ترین سنگدانه بتن کمتر باشد. مغزه‌گیری از طریق چرخش بسیار سریع سرمته بر روی نمونه بتنی انجام می‌گیرد.

ب- برای خنک کردن دستگاه حین عملیات مغزه‌گیری باید از آب استفاده شود.

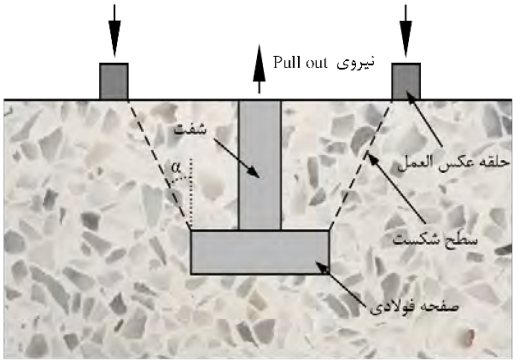
پ- نمونه‌های به‌دست‌آمده از مغزه‌گیری باید با استفاده از ساب‌زنی در دو انتها به میزان کافی تسطیح شده و کلاهک‌گذاری شوند. ضخامت کلاهک مغزه‌ها باید تا حد ممکن کم بوده و از ۱۰ میلیمتر تجاوز ننماید. جنس ماده کلاهک (ملات پایه سیمانی یا مخلوطی از گوگرد و ماسه سیلیسی) باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که مقاومت فشاری آن از مقاومت نمونه مغزه بیشتر باشد. نمونه‌های مغزه‌گیری شده و کلاهک‌گذاری شده حداقل باید به‌مدت ۴۸ ساعت در آب با دمای ۱۸ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و سپس آزمایش مقاومت فشاری انجام شود. قبل از انجام آزمایش مقاومت فشاری، نمونه‌ها باید در حالت خشک باشند. برای سایر الزامات به فصل ۶ مراجعه شود.

ت- تعداد مغزه‌ها باید با توجه به کیفیت بتن توسط مشاور تعیین گردد. انجام مغزه‌گیری از بتن سخت‌شده باید براساس استاندارد INSO-12306 انجام شود.

۱۴-۳-۱-۲-۲- آزمایش بیرون‌کشیدگی[1]

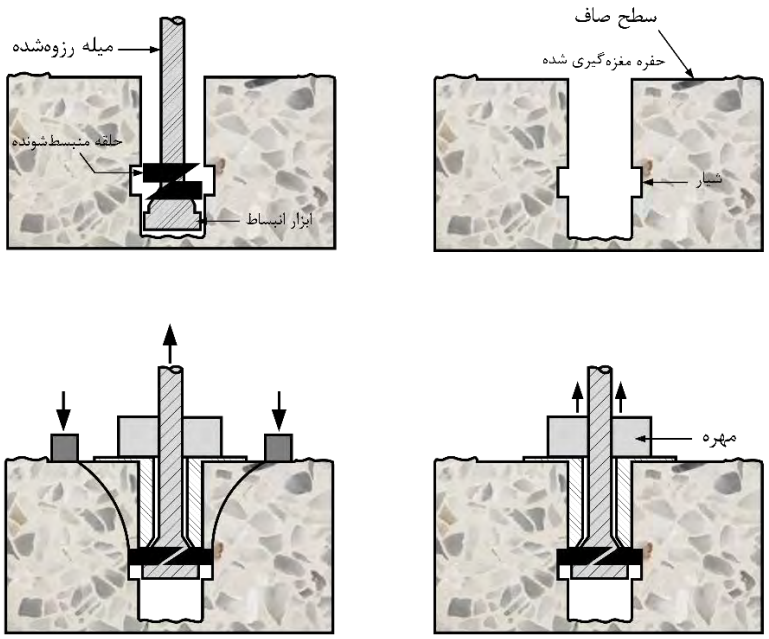
الف- تعیین میزان مقاومت چسبندگی بتن با استفاده از آزمایش کشش از سطح مطابق با هر دو روش ذکر شده در استاندارد ASTM C900–19 مجاز است.

ب- میله فلزی انجام آزمایش می‌تواند پیش از بتن‌ریزی در داخل بتن قرار گیرد (روش اول) و یا با استفاده از سوراخ‌کاری پس از سخت شدن بتن اجرا شود (روش دوم). برای جزئیات به شکل ۱۴-۱ و شکل ۱۴-۲ مراجعه شود.



شکل ۱۴-۱- آزمایش بیرون‌کشیدگی (Pull Out) – روش اول

1- Pull Out

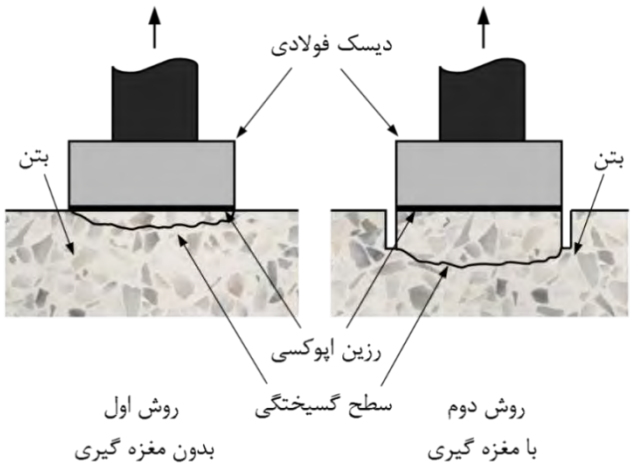


شکل ۱۴-۲- آزمایش بیرون‌کشیدگی (Pull Out) – روش دوم

۱۴-۳-۱-۲-۳- آزمایش کشش سطحی[1]

الف- استفاده از آزمایش کشش سطحی مطابق با استانداردهای ASTM C1583 / C1583M – 20 و BS 1881-207 برای تعیین مقاومت فشاری بتن مجاز است.

ب- برای تخمین مقاومت فشاری بتن حداقل ۳ نمونه آزمایش باید انجام شود. جایی که ضخامت پوشش بتن کمتر از ۲۰ میلیمتر است نباید دیسک کشش در آن محل قرار گیرد. فاصله مرکز به مرکز دیسک کششی حداقل دو برابر قطر دیسک و فاصله دیسک از لبه آزاد نمونه حداقل باید به اندازه قطر دیسک کششی باشد (شکل ۱۴-۳).



شکل ۱۴-۳- آزمایش کشش سطحی(Pull Off)

1- Pull Off

۱۴-۳-۲- موارد عمومی در عملیات بهسازی سازه‌های بتنی

۱۴-۳-۲-۱- تمیزکاری و تسطیح سطح بتن

الف- قبل از انجام عملیات تمیزکاری، باید کلیه برآمدگی‌های کوچک، نوک‌تیز، خطی و باریک ناشی از قالب‌بندی، ترشحات بتنی ناشی از جابجایی قطعات بتنی از روی سطح بتن توسط کاردک و برس، بدون آسیب به پوشش بتن زدوده شده و خلل و فرج‌ها و عیوب سطحی توسط مواد ترمیمی اصلاح گردند.

ب- تمیزکاری سطح بتن باید مطابق با الزامات استاندارد ASTM D4258 - 05 (2012) انجام پذیرد. تمیزکاری سطح بتن باید با استفاده از یکی از روش‌های وکیوم، بلاست یا تمیزکاری با فشار آب انجام شود. در مواردی که سطح بتن مملو از مواد روغنی باشد، شستشو باید با آب حاوی حلال‌ها و مواد شیمیایی اسیدی و قلیایی یا بخار آب انجام شود. برای زدودن آلودگی‌هایی نظیر نمک و مواد صابونی از شوینده‌های قلیایی و برای از بین بردن زنگ‌ها و مواد روغنی و گریسی و همچنین برای زدودن پوسته سطحی شیره سیمان از اسیدشویی و برای از بین بردن چربی‌ها از بخار آب استفاده گردد.

پ- چنانچه نواحی روغنی و دیگر آلودگی‌ها روی سطح بتن سخت شده باشند، قبل از استفاده از حلال‌ها، باید این نواحی با استفاده از برس سیمی یا کاردک از روی سطح جدا شوند.

۱۴-۳-۲-۲- تخریب سطحی و عمیق عضو بتنی

الف- قبل از شروع عملیات تخریب، باید بر اساس ارزیابی دقیق مشاور، طرح بهسازی مشخص گردد. اگر میزان تخریب به‌حدی است که افت مقاومت عضو بتنی قابل توجه بوده و منجر به خرابی موضعی یا کلی آن می‌شود، باید با استفاده از شمع‌بندی و جک‌زنی، بار از روی عضو برداشته شود. در غیر این‌صورت در مواردی که تخریب در ناحیه کوچکی از عضو بتنی صورت گرفته و تاثیر چندانی در افت مقاومت و سختی عضو ندارد، نیازی به شمع‌بندی و باربرداری نمی‌باشد.

ب- قبل از تخریب بتن باید تا فاصله حداقل ۵ سانتیمتر اطراف محدوده موردنظر برای تخریب علامت‌گذاری شود. ناحیه علامت‌گذاری شده باید دارای شکل هندسی منظم (مربع یا مستطیل) باشد. در تخریب سطحی بتن، بتن باید تا عمق حداقل ۳۰ میلیمتر تا پشت آرماتورها برداشته شود. در تخریب سطحی عضو بتنی باید از سایش بتن، چکش و قلم، واترجت‌های صنعتی یا اره‌های الماسه استفاده گردد و از ابزارهای ضربه‌ای استفاده نگردد. در برداشت لایه نازک از بتن، استفاده از سایش بتن با استفاده از ساچمه‌پاشی مختص سطوح افقی یا ماسه‌پاشی برای هریک از سطوح افقی یا قائم مجاز است.

پ- در تخریب عمیق عضو بتنی به‌واسطه آنکه آرماتور داخل بتن و بتن اطراف ناحیه تخریب دچار آسیب می‌گردد، باید پس از تخریب عمیق ناحیه موردنظر، بتن اطراف که دچار آسیب شده است با استفاده از روش‌های تخریب

سطحی زدوده شود. استفاده از انواع روش‌ها از جمله برشکاری با لنز حرارتی یا واترجت، تراشیدن، ضربه و خوردکردن، انفجار و مغزه‌گیری برای تخریب عمیق بتن مجاز است.

۱۴-۳-۲-۳- مضرس نمودن سطح بتن

الف- مضرس کردن بتن با هدف حذف لایه‌های سست و آلوده بتن و آماده‌سازی بتن برای بتن‌ریزی جدید باید انجام شود. در صورت استفاده از واترجت‌های صنعتی برای مضرس کردن بتن باید فشار آب و دبی آن بر اساس راهنمای سازنده به‌گونه‌ای تنظیم شود که فشار جت آب منجر به تخریب سطحی بتن نشود. میزان مضرس کردن بتن به تراکم سنگدانه‌ها و نوع آن‌ها وابسته می‌باشد.

ب- استفاده از سندبلاست یا ابزارهای تراش برای مضرس کردن سطح بتن در صورت وجود اپراتور ماهر بلامانع است.

۱۴-۳-۲-۴- سوراخ‌کاری بتن

الف- برای سوراخ‌کاری بتن برمبنای قطر و عمق سوراخ‌کاری و همچنین میزان مقاومت بتن، از یکی از روش‌های دریل‌کاری یا مغزه‌گیری باید استفاده شود. استفاده از روش‌های دریل‌کاری برای ایجاد سوراخ‌های مورداستفاده در کاشت میل‌مهار در داخل بتن الزامی می‌باشد. در این روش چنانچه عمق سوراخ بیشتر از ۳۰ سانتیمتر باشد، نباید یکباره اقدام به سوراخ‌کاری نمود و عملیات مته‌زنی باید در مراحل مختلف انجام شود.

ب- در عملیات دریل‌کاری نمونه بتنی، قبل از شروع عملیات سوراخ‌کاری، ابتدا باید موقعیت دریل با استفاده از پایه‌های مخصوص متصل به دریل روی نمونه بتنی تثبیت شده و از راستای عمودی مته بر روی سطح عضو بتنی با استفاده از تراز، اطمینان حاصل گردد. دریل مورداستفاده باید مجهز به چکش با سرعت‌های متغیر و همچنین گیره مناسب باشد. پس از ایجاد سوراخ در عمق موردنظر، قبل از خاموش کردن، دریل باید از داخل سوراخ به طور کامل خارج شده باشد.

پ- قبل از عملیات سوراخ‌کاری برای کاشت میل‌مهار با استفاده از دریل‌کاری، باید با استفاده از روش‌های اسکن آرماتور نسبت به موقعیت آرماتورهای موجود در بتن آگاه شد و موقعیت سوراخ‌ها را طوری تنظیم کرد که آرماتورهای داخل بتن هیچ‌گونه آسیبی نبینند. چنانچه موقعیت سوراخ در جایی باشد که در مسیر آن آرماتور موجود بوده و امکان تغییر مسیر سوراخ‌کاری نباشد، باید از روش مغزه‌گیری با ایجاد سوراخ‌های با قطر بالا استفاده شود.

۱۴-۳-۲-۵- کاشت آرماتور یا میل مهار داخل بتن

الف- استفاده از مواد پایه سیمانی، چسب‌های شیمیایی اپوکسی و یا مهارمکانیکی برای کاشت میلگرد مجاز است. نوع کاشت میلگرد باید در نقشه‌های اجرایی ذکر شده باشد.

ب- قطر سوراخ چسب‌های پایه سیمانی حداقل باید ۵ میلیمتر از قطر میل مهار یا میلگرد، بزرگ‌تر درنظر گرفته شود. قطر حداقل سوراخ برای چسب‌های پایه اپوکسی یا برای مهارهای مکانیکی حداقل باید ۲ میلیمتر بزرگتر از قطر میل مهار یا میلگرد بزرگ‌تر درنظر گرفته شود.

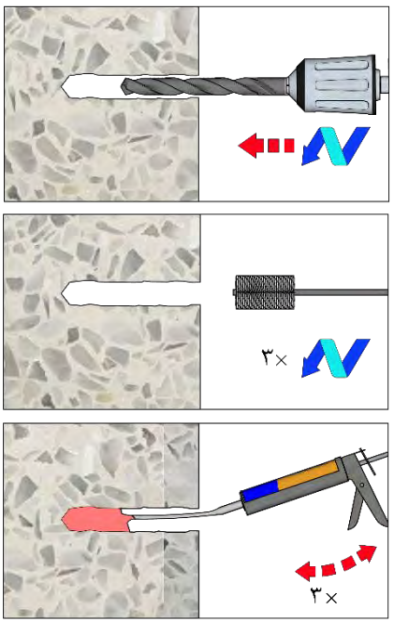
پ- در مرحله تمیزکاری باید بر اساس توصیه‌های کارخانه سازنده چسب، با یک شیلنگ انتقال هوا به انتهای سوراخ طوری دمیده شود که تمام گردوغبار از بالای سوراخ خارج شده و سپس با استفاده از برس‌های مخصوص با چندین بار رفت و برگشت همراه با چرخش به سمت داخل سوراخ، هرگونه گردوغبار و یا مواد روغنی و آلوده احتمالی که در جداره سوراخ باقی‌مانده باشد، زدوده شود. برای مهارهای مکانیکی، تنها کافی است گردوغبار ایجاد شده در سوراخ با استفاده از دمیدن هوای فشرده به داخل سوراخ و یا مکش از داخل سوراخ، خارج شده و نیازی به انجام تمهیدات دیگری نباشد.

ت- قبل از کاشت میلگردها، در صورت لزوم باید در محدوده عمق کاشت چربی‌زدایی و زنگ‌زدایی شوند.

ث- تزریق چسب شیمیایی کاشت باید با استفاده از تفنگ‌های مخصوص که امکان ترکیب مواد چسب را به هنگام تزریق به داخل سوراخ ممکن می‌سازد، انجام شود. میزان چسب مورد استفاده برای هر سوراخ، باید با استفاده از کم کردن حجم آرماتور از حجم سوراخ و درنظر گرفتن درصدی پرت محاسبه شود.

ج- پس از پر نمودن سوراخ با چسب کاشت، باید آرماتور یا میل مهار با استفاده از جک هیدرولیک با فشار و چرخش به داخل سوراخ رانده شود. در شکل ۱۴-۴ نحوه صحیح سوراخ‌کاری، تمیزکاری و تزریق چسب نشان داده شده است.

چ- مشخصات چسب مورد استفاده باید منطبق بر آیین‌نامه آبا باشد.



شکل ۱۴-۴- نحوه سوراخ‌کاری، تمیزکاری و اجرای چسب به داخل سوراخ

۱۴-۳-۲-۶- درزبندی ترک‌های سازه‌ای

درزبندی ترک‌ها باید با استفاده از یکی از روش‌های ذیل انجام شود:

۱۴-۳-۲-۶-۱- تزریق رزین اپوکسی

الف- برای ترمیم ترک‌های مویی و باریک (از ۰/۱ تا ۶/۵ میلیمتر) استفاده از روش تزریق با اپوکسی مجاز است. در

این روش ابتدا باید با استفاده از روش‌های آزمایش غیرمخرب ناحیه دارای خرابی و ضعف مشخص شود. باید خطوط افقی و قائم متعامد با فواصل بین ۱۰ تا ۲۰ سانتیمتر شبکه‌بندی شود.

ب- سوراخ‌کاری به‌منظور تزریق اپوکسی باید به‌صورت اریب و با عمق ۲۰۰ تا ۶۰۰ میلیمتر (بسته به شدت ترک‌ها و ضخامت قطعه بتنی) اجرا شود.

پ- محل سوراخ‌ها باید با پمپ هوا تمیز و قبل از تزریق اپوکسی، باید موقعیت نیپل‌ها و پکرها در محل سوراخ‌ها با استفاده از بتونه تثبیت گردد.

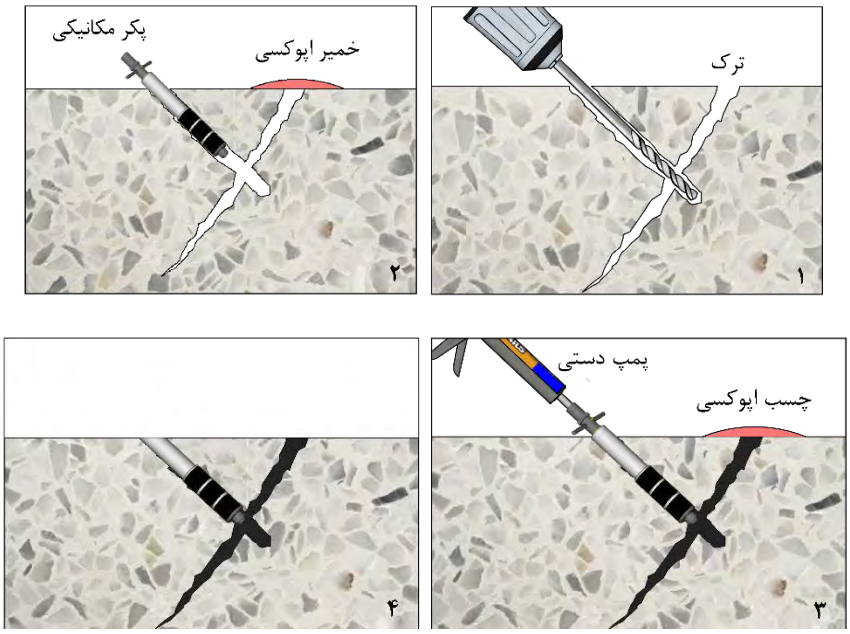
ت- در سطوح قائم، پس از خشک شدن بتونه باید در اطراف سوراخ لایه FRP (یا هر لایه پوشاننده مقاوم) نصب شده و در نهایت عملیات تزریق از پایین‌ترین سوراخ آغاز شود.

ث- عملیات تزریق باید به‌صورت پیوسته تا زمانی ادامه پیدا کند که اپوکسی از سوراخ‌های بالایی به بیرون تراوش کند.

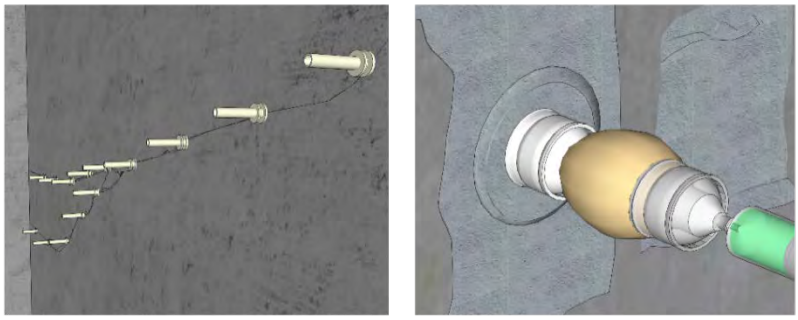
ج- در سطوح افقی، عملیات تزریق اپوکسی باید با استفاده از پمپ به‌صورت پیوسته و بدون قطعی تا زمانی صورت بگیرد که اطمینان حاصل شود کل مسیر ترک از ماده تزریق مملو شده است.

چ- ترمیم ترک‌های بتن با استفاده از تزریق اپوکسی باید مطابق با ACI 503.7-07 باشد. رزین‌های اپوکسی مورد استفاده در این روش باید منطبق با الزامات استاندارد ASTM C-881 باشند. برای جزئیات به شکل ۱۴-۵ تا شکل ۱۴-۸ مراجعه شود.

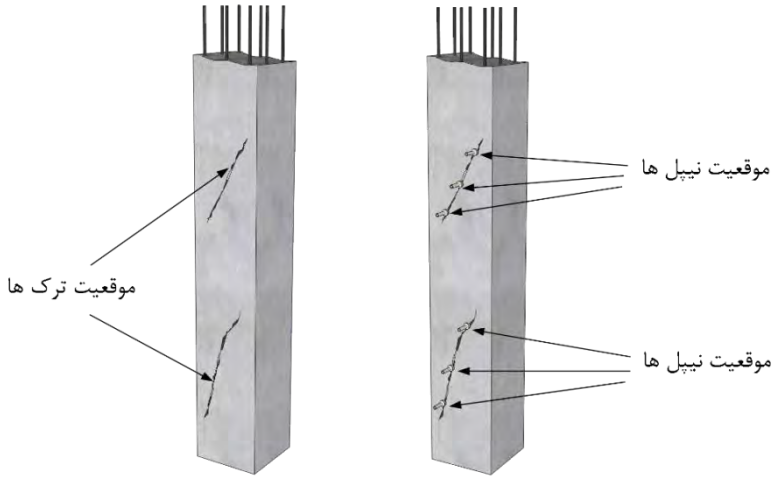
ح- در ترمیم ترک‌های با عرض بیشتر، باید از دوغاب سیمان(گروت) با دانه‌بندی متناسب با حداقل عرض ترک استفاده شود. مشخصات این دوغاب‌ها باید بر اساس استاندارد ASTM C1107 باشند.



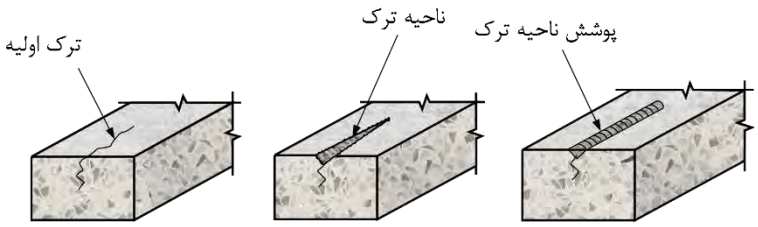
شکل ۱۴-۵- مراحل ترمیم ترک‌ها با روش تزریق اپوکسی



شکل ۱۴-۶- نصب نیپل و بتونه‌کاری برای ترمیم ترک در بتن



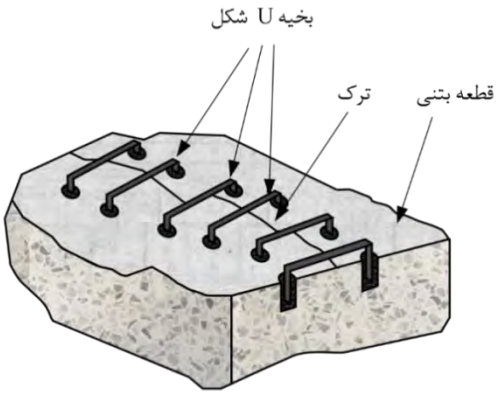
شکل ۱۴-۷- نصب نیپل روی نمونه بتنی ترک خورده



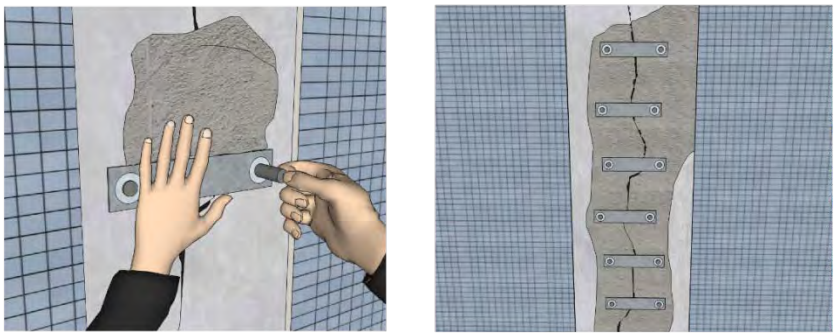
شکل ۱۴-۸- آماده سازی ترک برای تزریق رزین

۱۴-۳-۲-۶-۲- بخیه زدن

چنانچه تعداد و گستردگی ترک‌های بتن به‌حدی باشد که امکان ترمیم با استفاده از تزریق رزین اپوکسی میسر نباشد، باید از روش بخیه‌زنی استفاده شود. در طول ترک در فواصل مشخصی محل استقرار دو پایه المان‌های U شکل باید سوراخ گردد و سپس این المان‌ها در نواحی درنظرگرفته شده جایگذاری شوند. سوراخ‌های تعبیه شده برای قرارگیری المان‌های U شکل پس از استقرار این المان‌ها باید با استفاده از دوغابی که خاصیت جمع شوندگی ندارد، پر شوند. برای جزئیات بیشتر به شکل ۱۴-۹ و شکل ۱۴-۱۰ مراجعه گردد. مشخصات المان‌های U شکل باید توسط مشاور در نقشه‌های اجرایی بیان شود.



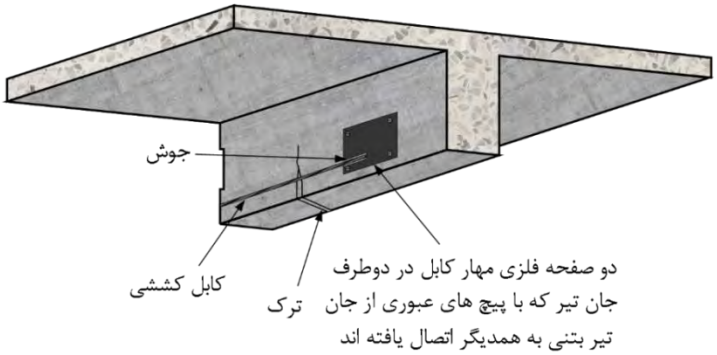
شکل ۱۴-۹- عملیات بخیه زنی در بتن



شکل ۱۴-۱۰- ترمیم ترک با بخیه زدن

۱۴-۳-۲-۶-۳- تنیدن

در این روش میلگردها یا کابل‌های پس‌کشیده در منطقه ترک‌خورده باید به‌گونه‌ای کارگذاری شوند که راستای طولی میلگردها یا کابل‌ها عمود بر امتداد ترک باشد. انتهای میلگردها یا کابل‌های نصب شده از طریق استقرار پایه‌های مناسب متصل به عضو بتنی باید به‌نحو مناسبی مهار شوند تا امکان انتقال نیروی پس‌کشیدگی به آنها میسر شود و در عین حال وجود پایه‌های مهار میلگردها خود عامل ایجاد ترک جدید نشوند. پس از اتمام عملیات پس‌کشیدگی میلگردها یا کابل‌ها، باید کل ناحیه ترک‌خورده و کابل‌کشی شده با استفاده از ملات ماسه سیمان پوشانده شوند. برای جزئیات به شکل ۱۴-۱۱ مراجعه شود.



شکل ۱۴-۱۱- تنیده نمودن ترک‌ها

۱۴-۳-۲-۷- ترمیم ناحیهٔ آسیب دیده بتنی

الف- مصالح مصرفی برای ترمیم باید دارای بیشترین سازگاری با بتن موجود بوده و سطح ترمیم‌یافته باید کاملاً پیوسته با بتن اطراف اجرا گردد. در عین حال ناحیه ترمیم یافته باید دارای مقاومت کافی در برابر شرایط محیطی بوده و عاری از هرگونه ترک باشد.

ب- در محیط‌های با احتمال خوردگی بالا، باید در ماده ترمیم‌کننده از سیمان‌های تیپ ۲ یا ۵ استفاده شود. در مواقعی که نیاز به تسریع در گیرش می‌باشد، باید از سیمان تیپ ۳ یا زودگیرکننده ملات در ماده ترمیم استفاده شود. در استفاده از سیمان‌های زودگیر در ترمیم اعضای بتنی، باید مشخصات این نوع سیمان‌ها منطبق بر استاندارد مصالح سیمانی خشک و مصالح سیمانی با گیرندگی سریع برای تعمیر بتن، ASTM C928 باشد.

پ- برای مواد چسباننده بتن ترمیمی به بتن موجود، استفاده از مواد چسباننده با پایه‌های اپوکسی، لاتکس و سیمانی مجاز است. مواد چسباننده به‌کاررفته درناحیه ترمیم با پایه اپوکسی باید مطابق با الزامات استاندارد چسب‌های پایه رزینی برای بتن، ASTM-C881 باشند. استفاده از مواد چسباننده با پایه‌های اپوکسی در جایی که عضو بتنی در معرض تغییرات دمایی زیاد قرار دارد یا عضو بتنی در معرض درجه حرارت خیلی بالا یا پایین قرارداد، مجاز نیست. مواد چسباننده به‌کاررفته درناحیه ترمیم با پایه لاتکس باید مطابق با ASTM C1059 باشند.

ت- در ترمیم ناحیه آسیب‌دیده چنانچه جنس مصالح ترمیم پایه سیمانی باشد، ناحیه آسیب‌دیده حداقل باید به مدت ۴۸ ساعت مرطوب نگاه داشته شود.

ث- در صورت بتن‌ریزی با قالب، قالب‌ها باید به‌صورت مخروطی‌شکل کارگذاری شوند تا امکان بتن‌ریزی به داخل ناحیه آسیب‌دیده فراهم شود. لبه بالایی قالب باید از لبه بالایی ناحیه آسیب‌دیده بالاتر باشد یا با توجه به حجم بتن‌ریزی، بتن‌ریزی به روش تزریق انجام شود. بدین منظور باید با استفاده از تعبیه دریچه تزریق در قسمت تحتانی قالب و دریچه بازدید در منتهی‌الیه ناحیه فوقانی قالب، بتن‌ریزی انجام شود. بتن‌ریزی باید از پایین به بالا انجام پذیرد. در بتن‌ریزی با قالب، باید یک روز پس از بتن‌ریزی، قالب باز شده و بتن اضافی از روی سطح ناحیه ترمیم‌یافته تراشیده شود.

ج- بتن‌پاشی به هر دو روش تر و خشک مجاز است. در نواحی تخریب شده عمیق، بتن‌پاشی در چند لایه باید انجام شود. زمان پاشش لایه‌ها باید طوری تنظیم شود که بتن ریخته شده دارای رطوبت کافی باشد و بتواند با لایه جدید بتن مخلوط گردد. در هردو روش بتن‌پاشی و بتن‌ریزی با قالب، چنانچه عمق ناحیه آسیب داده از ۵۰ میلیمتر بیشتر باشد، باید یک شبکه مش آرماتور حرارتی دو جهته در داخل ناحیه آسیب‌دیده اجرا شود. در ترمیم نواحی آسیب‌دیده با سطح و عمق کوچک‌تر روش‌های تزریق ملات‌های پایه سیمانی یا پایه شیمیایی مجاز است. برای جزئیات اجرایی این نوع از ترمیم به توضیحات مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۷ مراجعه شود.

چ- در ترمیم ناحیه آسیب‌دیده اعضای بتنی نیز چنانچه گسترهٔ ناحیه آسیب‌دیده قابل توجه باشد، برای شروع عملیات در ابتدا باید بر اساس یکی از روش‌های تخریب عمیق مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۲، ناحیه آسیب‌دیده به‌طور

کامل شامل دال بتنی و آرماتورهای این ناحیه تخریب شوند. تمیزکاری سطح باید بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۱، انجام پذیرد.

۱۴-۳-۳- تعمیر و تقویت ستون‌های بتنی

۱۴-۳-۳-۱- افزودن ستون‌های جدید

الف- چنانچه بتن موجود در محل کارگذاری ستون جدید کرمو و دارای خلل و فرج نباشد، ناهمواری‌های موجود در سطح سازه موجود بتنی باید بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۱ هموار و مسطح شود. قبل از شروع عملیات اجرای ستون بتنی جدید، باید در اطراف محل استقرار ستون جدید، تیر یا دال بتنی موجود از طریق استقرار پایه‌های موقت و جک‌گذاری باربرداری شوند.

ب- در مواردی‌که ستون بتنی به سازه موجود اضافه می‌شود، در محل تماس ستون بتنی جدید با دال یا تیر بتنی، باید ابتدا سطوح موردنظر بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۳ مضرس گردد. سپس سطح دال یا تیر بتنی در محل کارگذاری ستون بتنی جدید، در موقعیت آرماتورهای ریشه ستون مطابق با مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۴ سوراخ‌کاری شود. قبل از عملیات سوراخ‌کاری، باید با استفاده از روش شناسایی میلگرد (بخش ۱۴-۳-۱-۱-۳)، موقعیت آرماتورهای موجود در دال یا تیر بتنی شناسایی شده و سوراخ‌ها در محل‌هایی ایجاد شوند که آرماتورهای موجود قطع نشده و آسیب نبینند. پس از اتمام عملیات سوراخ‌کاری، بایستی سطح دال یا تیر بتنی که در تماس با ستون جدید خواهد بود با استفاده از ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۱ تمیزکاری شده و کلیه سوراخ‌ها با استفاده از فشار باد عاری از گردوغبار گردند. بتن تمیزکاری شده موجود باید مطابق با توضیحات ارائه شده در بخش ۱۴-۳-۲-۷ آغشته به چسب بتن گردد و همچنین سوراخ‌ها با چسب مخصوص کاشت یا گروت پر شوند. در ادامه آرماتورهای ریشه ستون از داخل آنها عبورداده شوند، به نحوی که طول وصله پوششی موردنظر در دو طرف تیر یا دال بتنی فراهم گردد. پس از عبور دادن آرماتورهای ریشه، باید آرماتورهای عرضی متناسب با طرح بهسازی در محل اجرا شود.

پ- در محل تماس ستون بتنی جدید با فونداسیون، ابتدا سطح فونداسیون باید بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۳ مضرس شده و سپس سطوح موردنظر با استفاده از ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۱ تمیزکاری شوند. عملیات سوراخ‌کاری فونداسیون موجود بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۴ و کاشت آرماتورهای انتظار بر اساس الزامات مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۵ انجام شود. پس از اتمام عملیات کارگذاری آرماتورهای ریشه ستون در داخل دال‌ها یا تیرهای بتنی فونداسیون سازه بتنی موجود، باید آرماتورهای طولی و عرضی ستون بتنی جدید در محل اجرا و سپس قالب‌بندی و بتن‌ریزی انجام شود.

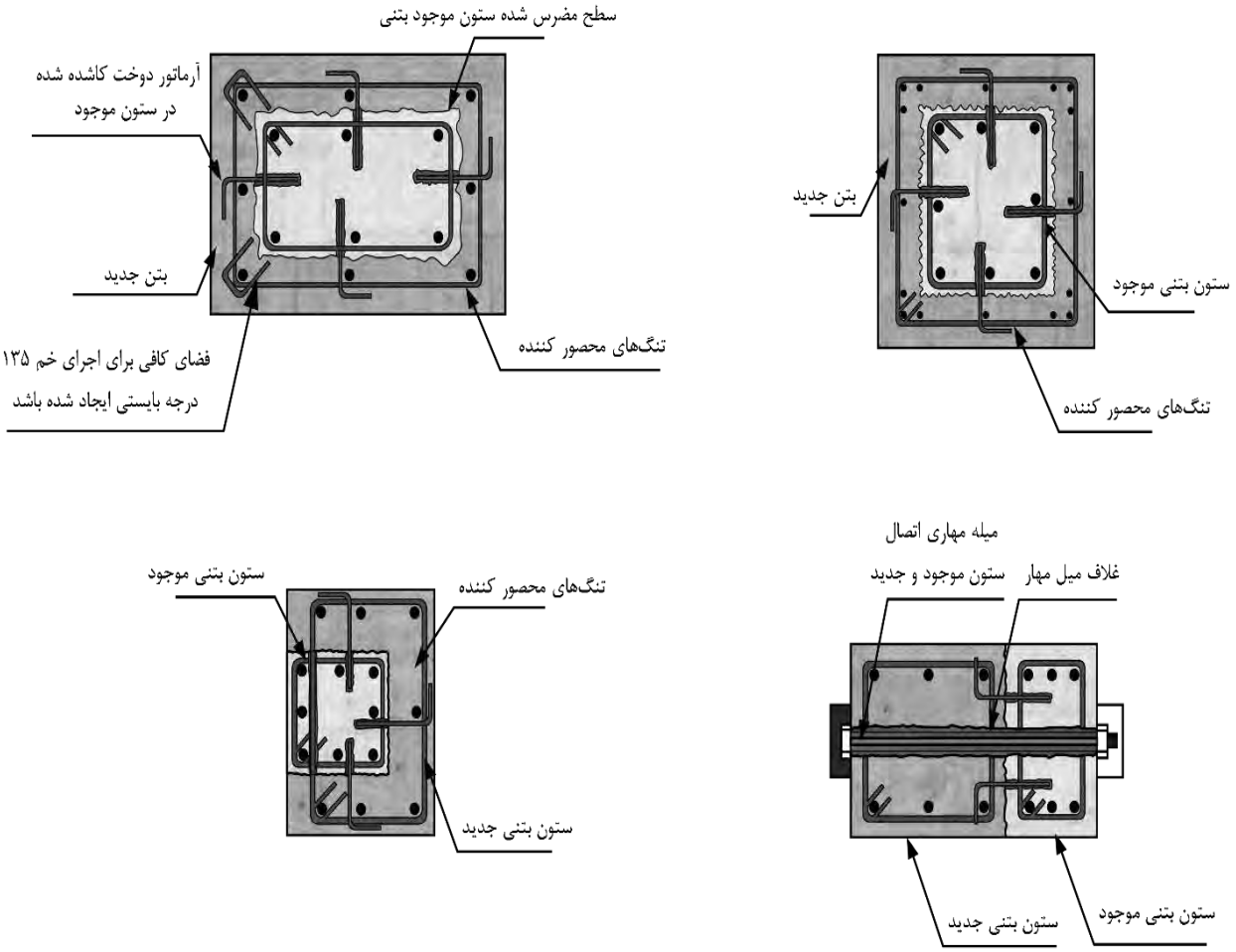
ت- در مواردی‌که ستون فلزی به سازه بتنی موجود اضافه می‌شود، باید تیر یا دال بتنی و همچنین پی در سطحی برابر با سطح ورق فولادی انتهایی ستون و به عمق ضخامت آن ورق بر اساس ضوابط بخش ۱۴-۳-۲-۲ تخریب شود. در

تخریب این ناحیه باید دقت شود که آرماتورهای داخل سازه بتنی موجود آسیب نبینند. پس از تخریب باید سطح داخلی ایجاد شده بر اساس ضوابط بخش ۱۴-۳-۲-۱ تمیزکاری و مسطح شود. بر اساس تعداد آرماتورهای کاشت درنظرگرفته شده عملیات سوراخ‌کاری در تیر یا دال بتنی و فونداسیون سازه بتنی موجود مطابق با ضوابط بخش ۱۴-۳-۲-۴ انجام شود. قبل از عملیات سوراخ‌کاری، باید با استفاده از روش شناسایی میلگرد (بخش ۱۴-۳-۱-۱)، موقعیت آرماتورهای موجود در دال یا تیر بتنی شناسایی شده و سوراخ‌ها در محل‌هایی ایجاد شوند که آرماتورهای موجود قطع نشده و آسیب نبینند. آرایش سوراخ‌های رزوه شده باید توسط شابلون به ورق‌های فولادی که در اعضای بتنی کارگذاری و همچنین ورق‌های فولادی که به دو انتهای ستون جوش داده می‌شوند، انتقال داده شود. پس از کارگذاری ورق‌ها بر روی فونداسیون، موقعیت آن‌ها باید توسط دوغاب سیمانی تثبیت گردد. در این مرحله باید توسط درپوش‌های پلاستیکی، از ورود دوغاب به سوراخ‌های تعبیه شده در عضو بتنی جلوگیری شود. چنانچه ستون جدید فلزی اضافه شده به‌عنوان یکی از اعضای سیستم باربرجانبی سازه محسوب می‌گردد، به‌دلیل عملکرد لرزه‌ای این ستون در بارهای رفت و برگشتی و دینامیکی، استفاده از میل‌مهارهای مکانیکی برای اتصال پای ستون فلزی به فونداسیون مجاز نمی‌باشد.

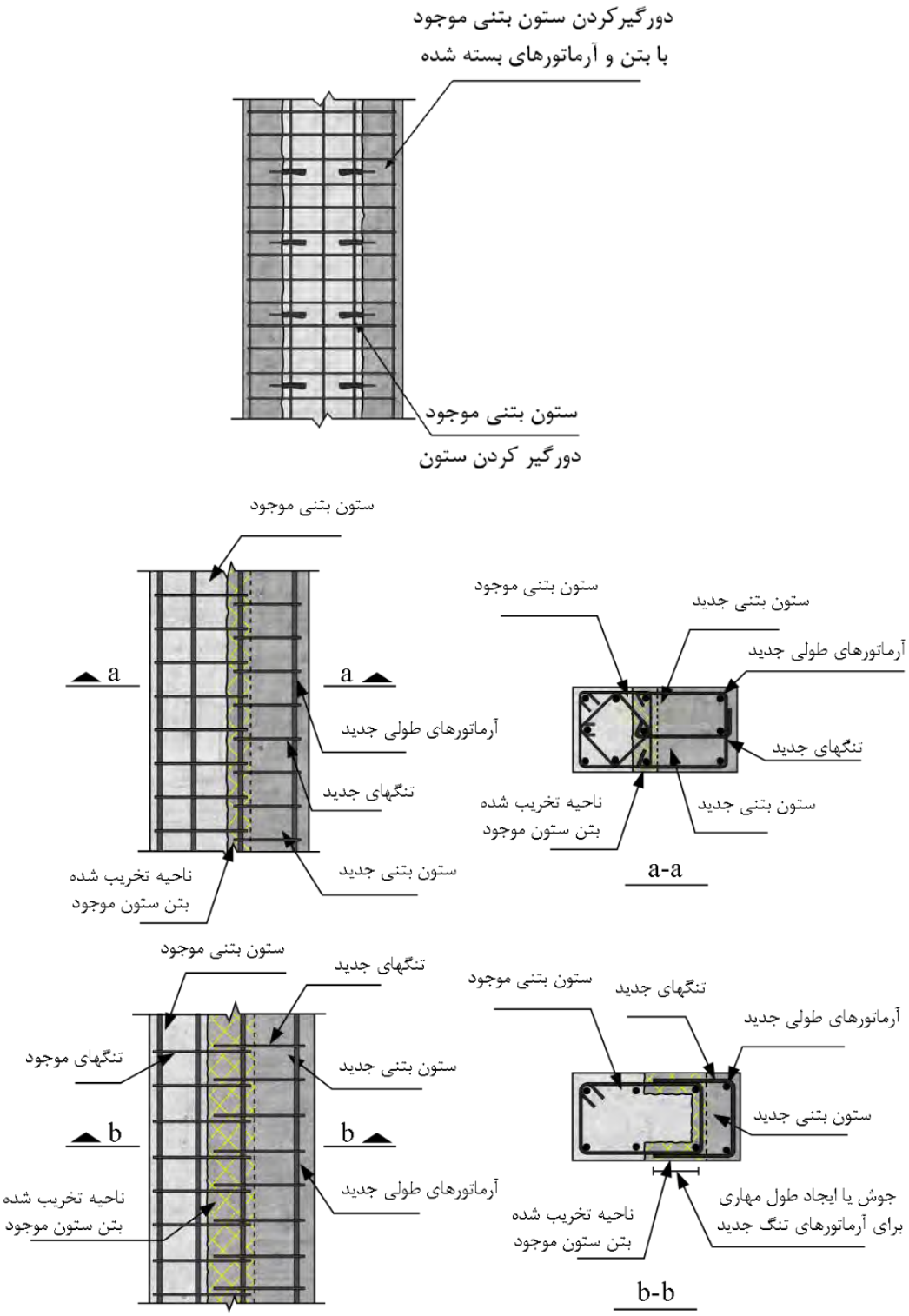
۱۴-۳-۳-۲- افزایش سطح مقطع ستون با استفاده از ژاکت بتنی

در روش افزایش سطح مقطع ستون چنانچه ستون بدون آسیب جدی باشد، تنها سطح پیرامونی ستون بتنی بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۳ باید مضرس شود. در مواردی‌که ستون دچار آسیب جدی شده باشد، ناحیه آسیب‌دیده باید به‌طور کامل مطابق با موارد مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۲ تخریب شده و علاوه بر آن سطح پیرامونی ستون در سایر نواحی بر اساس ضوابط بخش ۱۴-۳-۲-۲ مضرس شود. برای جزئیات به شکل ۱۴-۱۲ مراجعه شود.

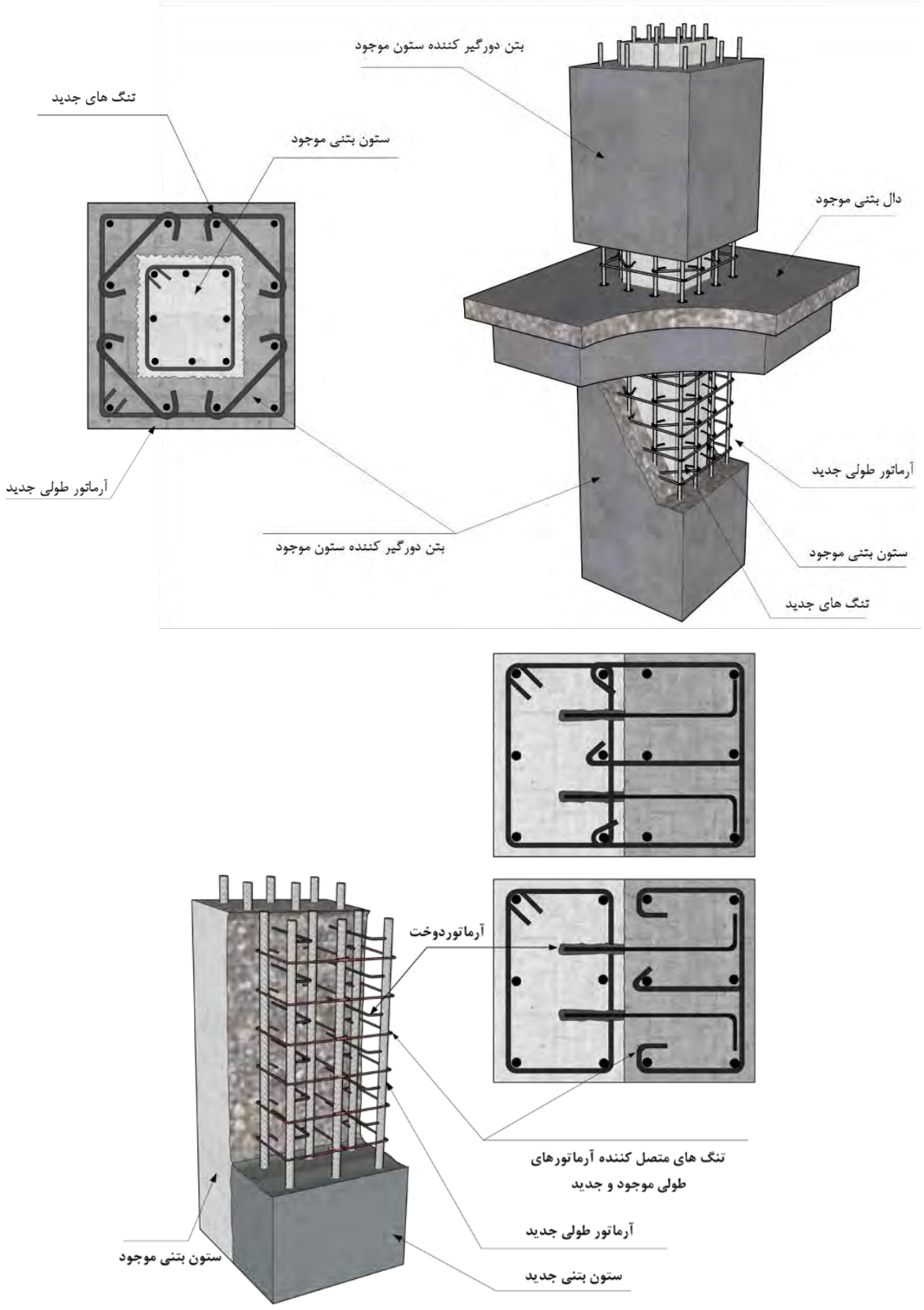
محل آرماتورهای دوخت با هدف دورگیری باید مطابق با بند ۱۴-۳-۲-۴ اجرا شوند. عمق این سوراخ‌ها و فواصل آن‌ها از یکدیگر باید در نقشه‌ها ذکر شده باشد. تمیزکاری باید مطابق با الزامات بند ۱۴-۳-۲-۱ و عملیات کاشت آرماتورهای دوخت باید مطابق با ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۵ انجام شود. مقاومت فشاری بتن جدید باید برابر یا کمی بیشتر از مقاومت فشاری بتن موجود باشد. حداقل ضخامت روکش بتنی در این روش ۱۰۰ میلیمتر باید باشد. چنانچه افزایش ضخامت از این مقدار کمتر باشد، به‌جای استفاده از روش قالب‌بندی و بتن‌ریزی، باید از بتن‌پاشی اطراف ستون استفاده شود. برای جزئیات بیشتر به شکل ۱۴-۱۲ تا شکل ۱۴-۱۴ مراجعه شود.



شکل ۱۴-۱۲- تقویت ستون بتنی با استفاده از ژاکت بتنی



شکل ۱۴-۱۳- تقویت ستون بتنی با استفاده از ژاکت بتنی



شکل ۱۴-۱۴- تقویت ستون بتنی با استفاده از ژاکت بتنی

۱۴-۳-۳-۳- تقویت ستون با استفاده از ورق‌ها و پروفیل‌های فولادی

الف- ورق‌های فولادی باید با استفاده از میل مهارهایی که از سوراخ‌های تعبیه شده برروی ورق‌ها عبور کرده و در داخل ستون بتنی بر اساس ضوابط بخش ۱۴-۳-۲-۵ کاشته می‌گردد، به ستون بتنی متصل شوند. قبل از سوراخ کاری ورق‌های تقویتی، سوراخ‌کاری ستون بتنی موجود باید بر اساس ضوابط بخش ۱۴-۳-۲-۴ انجام شود. موقعیت سوراخ‌ها در ستون بتنی باید با استفاده از روش شناسایی میلگرد به‌گونه‌ای تنظیم شود که هیچ‌یک از آرماتورهای طولی و عرضی ستون، قطع نشده و دچار آسیب نشود. چنانچه به دلیل فشردگی آرماتورهای طولی و عرضی ستون قطع یا آسیب تعدادی از آرماتورهای ستون بتنی در حین عملیات سوراخ‌کاری اجتناب‌ناپذیر باشد، تعداد حداکثر آرماتورهای قطع شده یا آسیب‌دیده باید در نقشه‌های اجرایی بیان شده باشد.

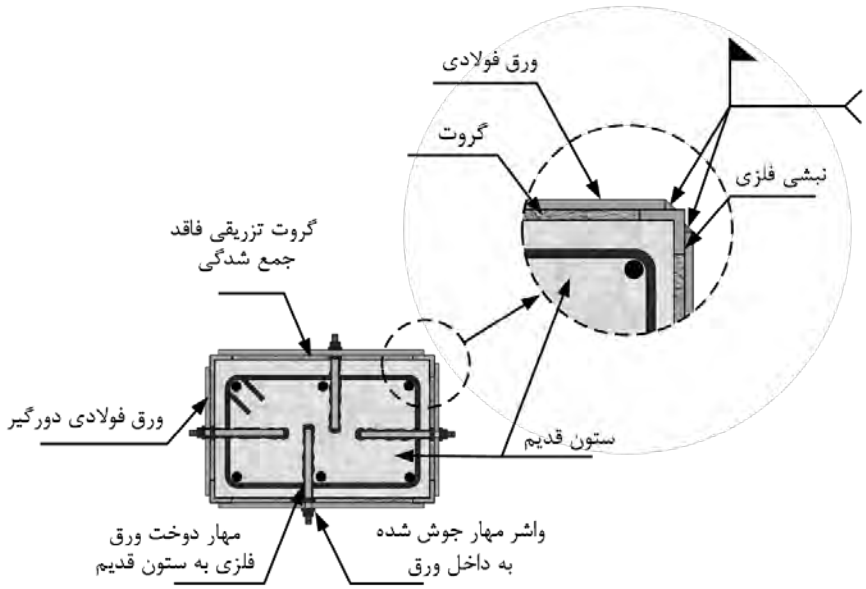
ب- برای تنظیم محل سوراخ‌ها بر روی ستون بتنی و ورق‌های فولادی باید از شابلون استفاده شود. عملیات کاشت میل مهارهای رزوه شده باید بر اساس ضوابط بخش ۱۴-۳-۲-۵ انجام پذیرد. برای تنظیم فاصله بین ورق فولادی و سطح ستون بتنی موجود باید از لقمه‌های مخصوص در سرتاسر سطح ستون استفاده شود.

پ- به‌منظور اتصال مناسب ورق‌های فولادی در گوشه‌های ستون، باید ۴ عدد نبشی فولادی در گوشه‌های ستون تعبیه شود تا بدین ترتیب ورق‌های فولادی اطراف ستون پس از کارگذاری بتوانند روی بال‌های نبشی‌های از قبل کارگذاشته شده، جوش شوند. پس از کارگذاری کامل ورق‌های فولادی، فاصله بین ستون بتنی و ورق‌های فولادی باید با استفاده از گروت‌های بدون جمع‌شوندگی پر شود. برای این منظور باید سوراخ‌هایی جهت تزریق گروت از قبل در ورق فولادی با فاصله حداکثر ۵۰ سانتیمتر تعبیه شده و گروت‌ریزی بر اساس ضوابط بخش ۱۴-۳-۲-۶-۱ (تزریق رزین اپوکسی) انجام پذیرد.

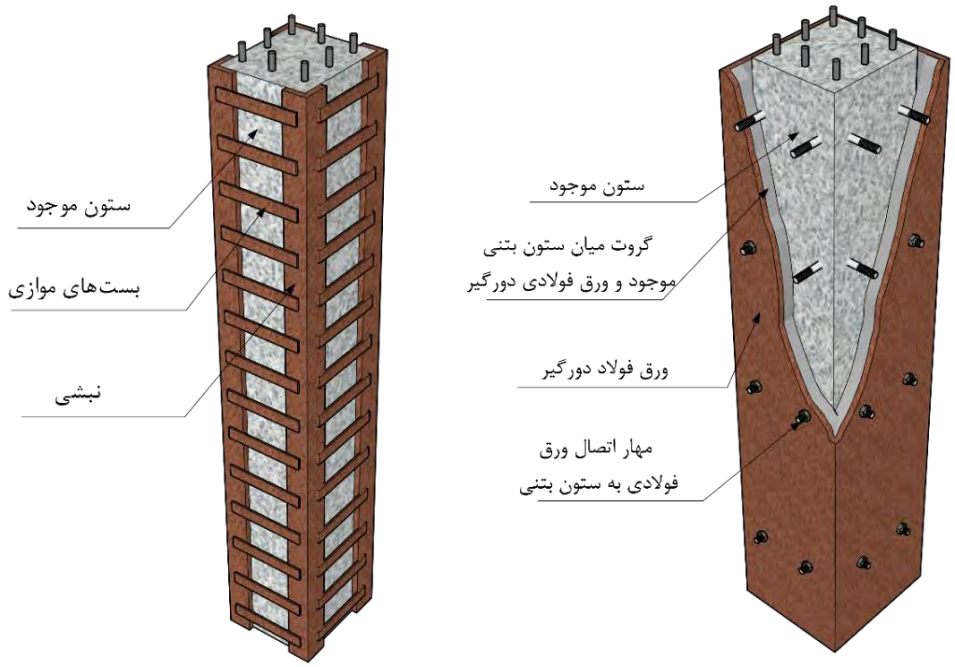
ت- در صورت استفاده از تسمه برای دورگیری ستون بتنی موجود، نیاز به عملیات سوراخ‌کاری و دوخت نمی‌باشد. اگر برای دورگیر نمودن ستون بتنی موجود از خم نمودن یک ورق فولادی استفاده می‌گردد، اتصال دو لبه ورق خم شده باید با جوش سرتاسری انجام شود. الزامات جوشکاری باید مطابق با فصل فولاد و سازه‌های فولادی باشد.

ث- در صورت نیاز به اتصال ورق فولادی به دال بتنی، ورق فولادی باید در بالا و پایین ستون به یک یقه فولادی متصل شود. یقه فولادی باید شامل سوراخ‌هایی باشد تا بتواند از طریق کاشت میل‌مهار در داخل دال بتنی به آن دال اتصال داده شود. چنانچه از ورق دورگیر کننده در ستون فوقانی و تحتانی دال کف استفاده شده باشد، باید یقه‌های فولادی انتهای ستون‌ها از طریق عبور میل‌مهار در سرتاسر ضخامت دال بتنی مستقیماً به یکدیگر اتصال یابند. چنانچه هدف از دورگیرنمودن ستون بتنی افزایش شکل‌پذیری ستون از طریق محصورشدگی بتن باشد، نیازی به استفاده از یقه فولادی نبوده و ورق فولادی دورگیرکننده را می‌توان در لبه دال بتنی خاتمه داد.

ج- در کلیه روش‌های فوق به‌منظور محافظت ورق‌های فولادی یا تسمه‌های دورگیرکننده ستون بتنی از خوردگی و آتش‌سوزی، باید سطح تمام شده ستون تقویت شده با استفاده از پوشش‌های ضدحریق پوشیده شود. برای جزئیات این بخش به شکل ۱۴-۱۵ تا شکل ۱۴-۱۷ مراجعه شود.

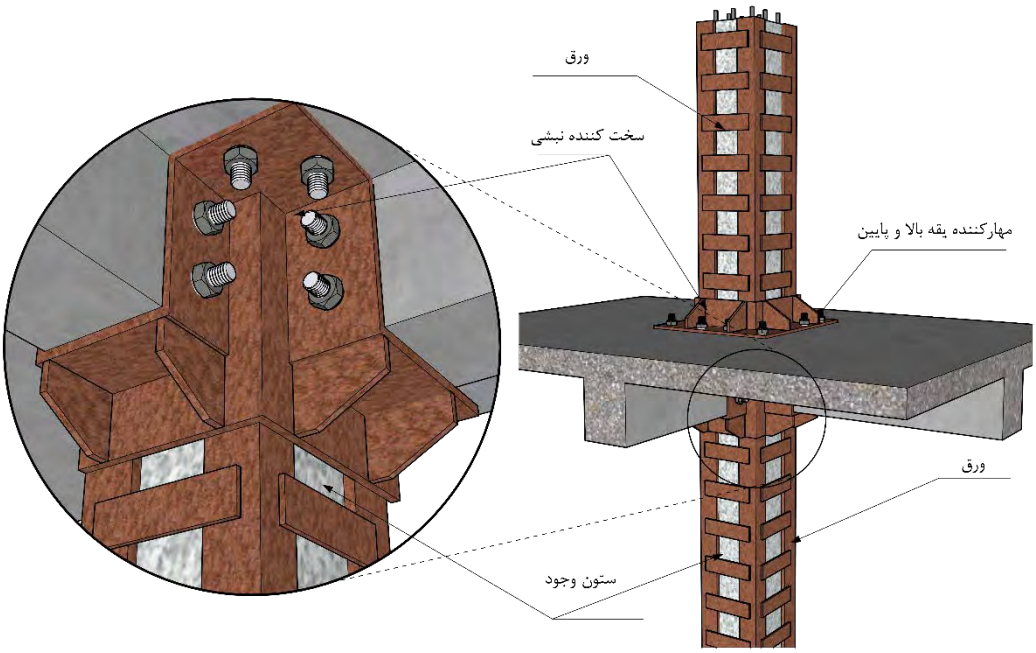


شکل ۱۴-۱۵- تقویت ستون بتنی با استفاده از ژاکت فولادی



روی ورق فولادی با پوشش ضدحریق پوشانده شود

شکل ۱۴-۱۶- تقویت ستون بتنی با استفاده از ژاکت فولادی



شکل ۱۴-۱۷- تقویت ستون بتنی با استفاده از ژاکت فولادی

۱۴-۳-۳-۴- تقویت ستون با استفاده از تسلیحات قرار داده شده در نزدیک سطح[1]

الف- در روش تقویت با استفاده از تسلیحات نزدیک به سطح، چنانچه سطح بتن آسیب‌دیده باشد، باید با استفاده از یکی از روش‌های ترمیم سطح مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۷، ابتدا سطح ستون بتنی اصلاح شده و پس از گیرش ملات‌های مورداستفاده در ترمیم نسبت به استفاده از این روش اقدام شود.

ب- عمق خراش در سطح بتن نباید کمتر از ۱/۵ برابر قطر آرماتور یا عرض تسمه باشد. همچنین عرض خراش نباید از ۱/۵ برابر قطر آرماتور یا ۳ برابر ضخامت تسمه کمتر درنظر گرفته شود.

پ- برای ایجاد خراش، باید با استفاده از فرزهای مخصوص برش بتن و ریل هدایت‌کننده فرز در مسیر مستقیم که روی سطح ستون نصب شده باشد، ابتدا در دو لبه خراش موردنظر ایجاد شود و ترجیحاً در یک یا دو خط دیگر بین دو لبه خراش، شکاف ایجاد شده و در نهایت با استفاده از قلم و چکش، قطعات بتن بین شکاف‌ها برداشته شوند.

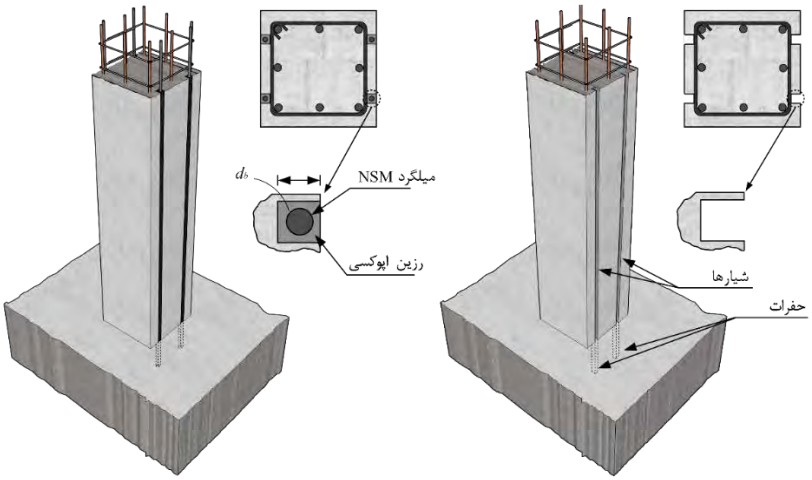
ت- در هنگام ایجاد خراش روی سطح بتن باید دقت شود که آرماتورهای موجود در داخل ستون بتنی آسیب نبینند. برای اتصال آرماتور یا تسمه در خراش ایجاد شده روی سطح بتن، باید از چسب‌هایی که پایه اپوکسی می‌باشند، استفاده شود. قبل از تزریق چسب باید سطح داخلی شکاف‌های ایجاد شده روی سطح بتن بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۱ عاری از هرگونه گرد و غبار شده و رطوبت سطح براساس مشخصات چسب و توصیه‌های کارخانه سازنده چسب تنظیم گردد.

1- Near Surface Mounted-NSM

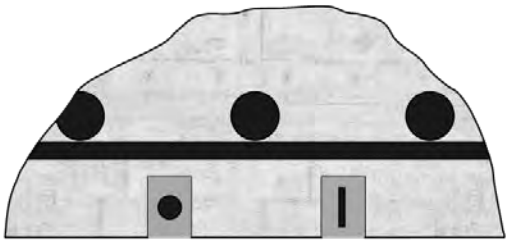
ث- در صورتی که شکاف‌های روی سطح بتن عمیق نباشند، برای زدودن غبار از سطح داخل شکاف استفاده از پمپ هوا کافی بوده و نیازی به استفاده از برس نمی‌باشد.

ج- برای محافظتِ بتن اطراف شکاف و جلوگیری از آغشته شدن آن با چسب اپوکسی، باید قبل از تزریق چسب، روی شکاف با یک نوار لاستیکی پوشانده شده و سپس در میانه عرض نوار لاستیکی یک خط برش سرتاسری جهت تزریق چسب ایجاد شود.

چ- الزامات بندهای ۱۴-۳-۲-۴ و ۱۴-۳-۲-۵ برای کاشت میلگرد باید رعایت شوند. مشخصات چسب و میلگردها یا تسمه‌های مسلح‌کننده و روش اجرای کار باید بر اساس ضوابط مندرج در ACI 440.2R-17 باشند. برای جزئیات به شکل ۱۴-۱۸ و شکل ۱۴-۱۹ مراجعه شود.



شکل ۱۴-۱۸- تقویت ستون با استفاده از روش NSM



شکل ۱۴-۱۹- الزامات هندسی در تقویت به روش NSM

۱۴-۳-۴- تعمیر و تقویت تیرهای بتنی

۱۴-۳-۴-۱- افزودن تیرهای اصلی و فرعی جدید

الف- قبل از اتصال تیرهای فولادی و بتنی جدید، باید کیفیت بتن موجود در سازه قدیمی شامل تیر یا ستون بتنی از طریق یکی از آزمایش‌های غیرمخرب شناسایی شود. چنانچه کیفیت بتن مطلوب نباشد و شامل نواحی تخریب شده

یا کرمو باشد، ابتدا باید بخش آسیب دیده توسط یکی از روش‌های مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۷ ترمیم شود. همچنین ناهمواری‌های موجود در سطح سازه بتنی باید براساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۱ هموار و مسطح گردد.

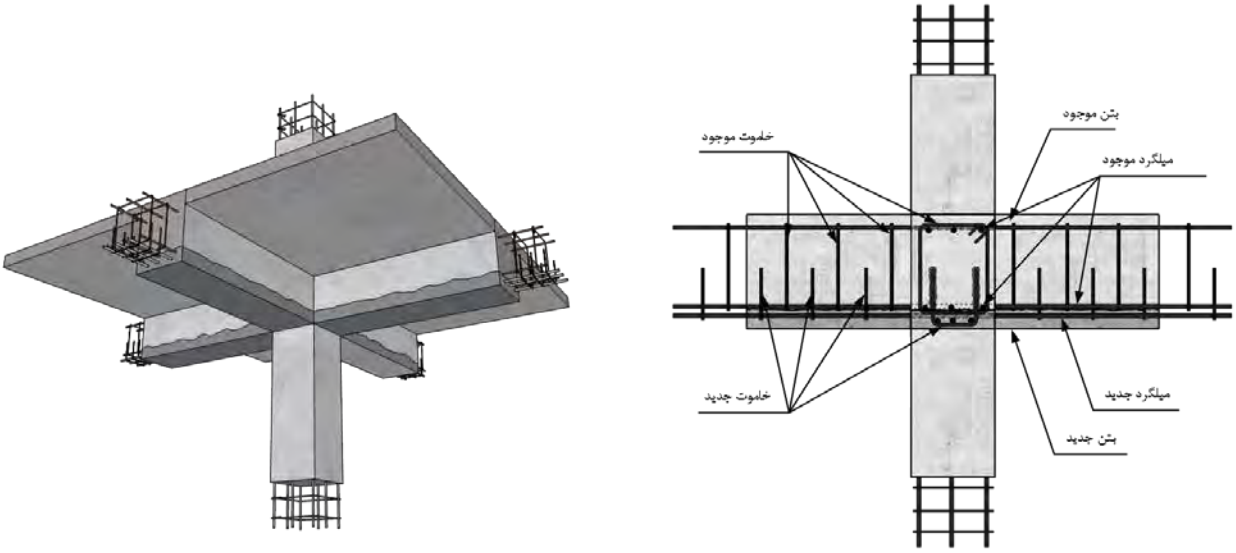
ب- در مواردی‌که اضافه نمودن تیر فلزی به سازه بتنی موجود مدنظر باشد، باید تیر یا ستون بتنی سازه موجود در سطحی برابر با سطح ورق فولادی انتهایی تیر و به عمق ضخامت آن ورق بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۲ تخریب شود. در تخریب این ناحیه باید دقت شود که آرماتورهای داخل سازه بتنی موجود آسیب نبینند. پس از تخریب باید سطح داخلی ایجاد شده بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۱ تمیزکاری و مسطح شود. بر اساس تعداد آرماتورهای کاشت درنظر گرفته شده، و بر مبنای ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۴، باید عملیات سوراخ‌کاری در تیر یا ستون بتنی موجود انجام پذیرد. در سوراخ‌کاری باید دقت شود آرماتورهای طولی و عرضی عضو بتنی موجود آسیب نبینند. آرایش سوراخ‌های رزوه شده باید توسط شابلون به ورق‌های فولادی که در اعضای بتنی کار گذاشته شده‌اند، انتقال داده شود. برای استقرار تیر فلزی جدید در داخل تیر یا ستون بتنی کارگذاری شده و موقعیت آن‌ها توسط دوغاب سیمانی که به‌منظور پرکردن درزهای اطراف ورق ریخته شده، تثبیت می‌گردد. برای جلوگیری از نفوذ دوغاب در محل سوراخ‌های از قبل تعبیه شده، باید این سوراخ‌ها توسط درپوش‌های پلاستیکی پوشانده شوند. تیرهای فلزی در اتصال با دو ورق انتهایی باید به محل انتقال داده شده و پس از تثبیت موقعیت بر روی نبشی‌های کارگذاشته شده در محل، عملیات کاشت میل مهارهای رزوه شده بر اساس ضوابط بخش ۱۴-۳-۲-۵ انجام شود. پیش از اجرای نیروی پیش‌تنیدگی پیچ‌ها، باید از گیرش چسب کاشت، اطمینان حاصل شود.

پ- برای اتصال تیرهای اصلی و فرعی بتنی جدید به سازه بتنی موجود، باید پس از سوراخ‌کاری بر اساس ضوابط مندرج در بند ۱۴-۳-۲-۴، ریشه‌های انتظار متناسب با آرماتورهای طولی طراحی شده در داخل تیر یا ستون بتنی موجود کاشته شوند. پس از کارگذاری آرماتورهای طولی و عرضی تیر جدید بتنی، باید آرماتورهای کاشته شده در داخل عضو بتنی موجود با استفاده از وصله پوششی یا مکانیکی به آرماتورهای طولی عضو جدید متصل شوند.

۱۴-۳-۴-۲- افزایش سطح مقطع تیر با استفاده از بتن

الف- در صورتی که برای افزایش سطح از وجه پایینی استفاده می‌شود، پوشش بتنی وجه تحتانی باید به‌طور کامل مطابق با موارد مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۲ تا روی سطح آرماتورهای طولی برداشت شود. در محل تقاطع آرماتورهای طولی جدید و وجه ستون، باید سطح خارجی ستون بر اساس ضوابط بخش ۱۴-۳-۲-۴ سوراخ‌کاری شود تا آرماتورهای طولی جدید بتوانند از طریق کاشته شدن در سوراخ‌های ستون مهار شوند. قبل از عملیات سوراخ‌کاری، باید با استفاده از روش شناسایی میلگرد (بخش ۱۴-۳-۱-۱)، موقعیت آرماتورهای موجود در ستون بتنی شناسایی شده و سوراخ‌ها در نقاطی ایجاد شوند که آرماتورهای موجود قطع نشده و آسیب نبینند. عملیات کاشت آرماتورهای طولی جدید در داخل سوراخ‌های ستون و در وجه پایینی تیر باید مطابق با ضوابط مندرج در بند ۱۴-۳-۲-۵ و سوراخ‌کاری دو طرف جان تیر بتنی از زیر دال بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۴ باید انجام شود تا محل کاشت آرماتورهای عرضی جدید

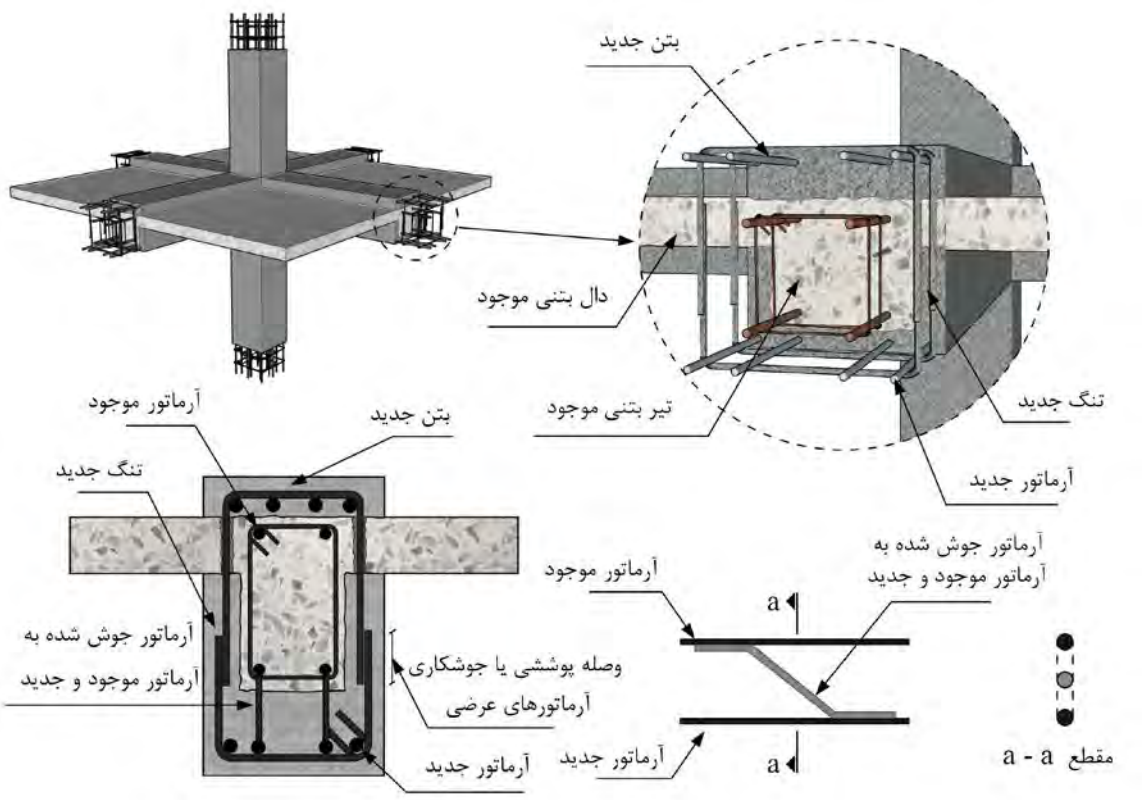
تعبیه گردد. پس از اتمام عملیات سوراخ‌کاری، عملیات کاشت آرماتورهای عرضی در محل‌های موردنظر بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۵ باید انجام پذیرد (شکل ۱۴-۲۰).



شکل ۱۴-۲۰- افزایش سطح مقطع تیر بتنی از یک وجه

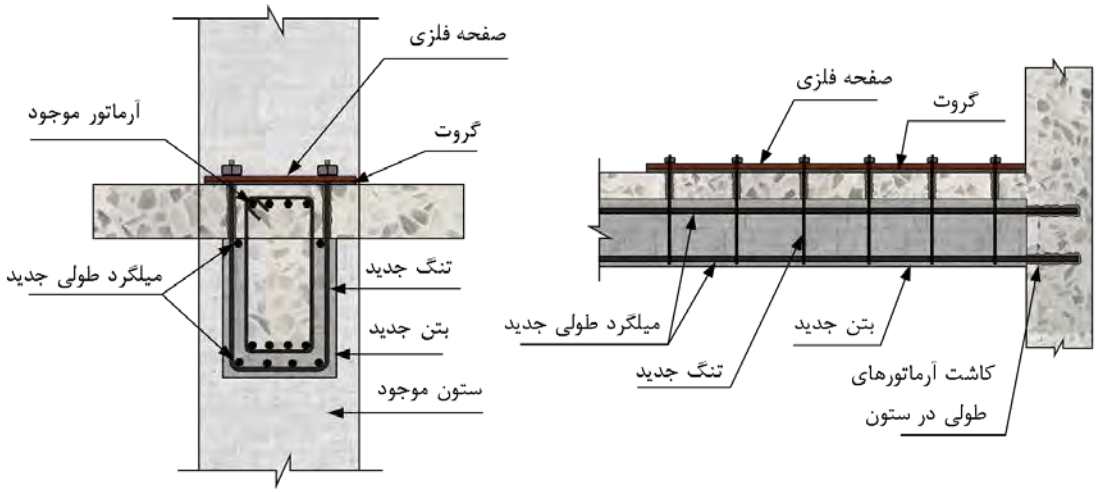
ب- برای افزایش سطح مقطع بتن در چهار وجه، باید سطح تیر بتنی موجود و بخشی از دال که با بتن جدید در تماس است، بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۳ مضرس شده و عملیات سوراخ‌کاری بر اساس ضوابط بخش ۱۴-۳-۲-۴ و با رعایت عدم آسیب به آرماتورهای موجود در تیر بتنی و همچنین کاشت آرماتورهای دوخت در اطراف سطح بیرونی تیر موجود بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۵ انجام شود. برای عبوردادن آرماتورهای عرضی جدید دورگیر تیر بتنی موجود از سقف بتنی، باید بر اساس فواصل طولی آرماتورهای عرضی سوراخ‌هایی در دال بتنی بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۴ و همچنین جهت مهار نمودن آرماتورهای طولی جدید باید بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۴ سوراخ‌هایی در وجه ستون اجرا بشوند. قبل از عملیات سوراخ‌کاری، باید با استفاده از روش شناسایی میلگرد (بخش ۱۴-۳-۱-۱)، موقعیت آرماتورهای موجود در ستون بتنی شناسایی شده و سوراخ‌ها در محل‌هایی ایجاد شوند که آرماتورهای موجود قطع نشده و آسیب نبینند. عملیات کاشت باید بر اساس ضوابط مندرج در بند ۱۴-۳-۲-۵، انجام گردد. آرماتورها باید از طریق یکی از وصله‌های پوششی، مکانیکی یا جوشی (بر اساس نظر مشاور) به آرماتورهای جدید تیر وصله شده و همچنین از طریق آرماتورهای خم داده شده به آرماتورهای طولی تیر بتنی موجود متصل شوند. برای این منظور باید به‌صورت موضعی و در محل اتصال آرماتور خم شده، تیر بتنی موجود از وجه تحتانی بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۲ تخریب شود تا حدی که سطح آرماتور طولی موجود نمایان گشته و بتواند برای اتصال مورداستفاده قرار بگیرد. برای جزئیات به شکل ۱۴-۲۱ مراجعه شود.

پ- مقاومت فشاری بتن موجود باید برابر یا کمی بیشتر از مقاومت فشاری بتن تیر موجود باشد.



شکل ۱۴-۲۱- افزایش سطح مقطع تیر بتنی از چهار وجه

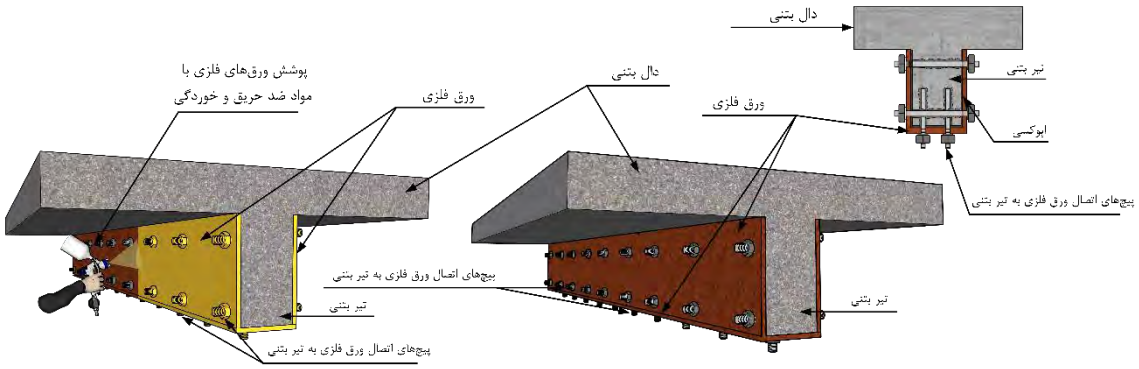
ت- برای افزایش سطح مقطع تیر بتنی در ۳ وجه، الزامات مشابه یک وجه باید رعایت گردد، با این تفاوت که آرماتورهای عرضی به‌جای اینکه در پوشش بتن کارگذاری شوند، تا زیر دال بتنی امتداد یافته و بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۵ در دال کاشته و یا از دال عبور نموده و روی وجه فوقانی دال مهار می‌شوند. برای جزئیات به شکل ۱۴-۲۲ مراجعه گردد.



شکل ۱۴-۲۲- افزایش سطح مقطع تیر بتنی از سه وجه

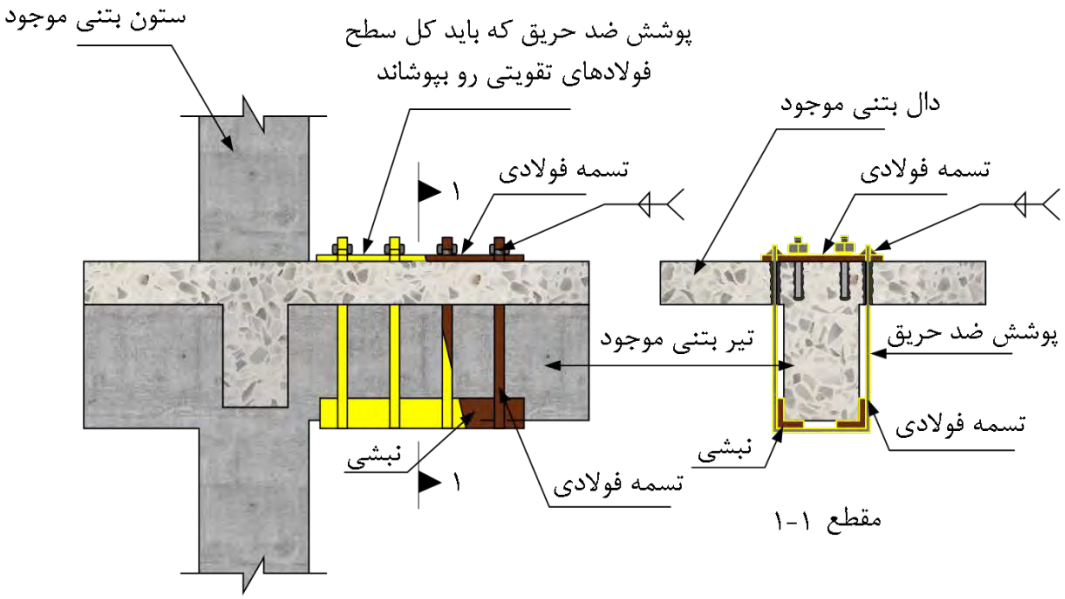
۱۴-۳-۴-۳- تقویت تیر با استفاده از ورق‌ها و پروفیل‌های فولادی

الف- کلیه الزامات این روش، مشابه روش اجرای تقویت ستون‌های بتنی موجود با استفاده از ورق‌های فولادی مندرج در بخش ۱۴-۳-۳-۳ می‌باشد. برای جزئیات به شکل ۱۴-۲۳ مراجعه گردد.



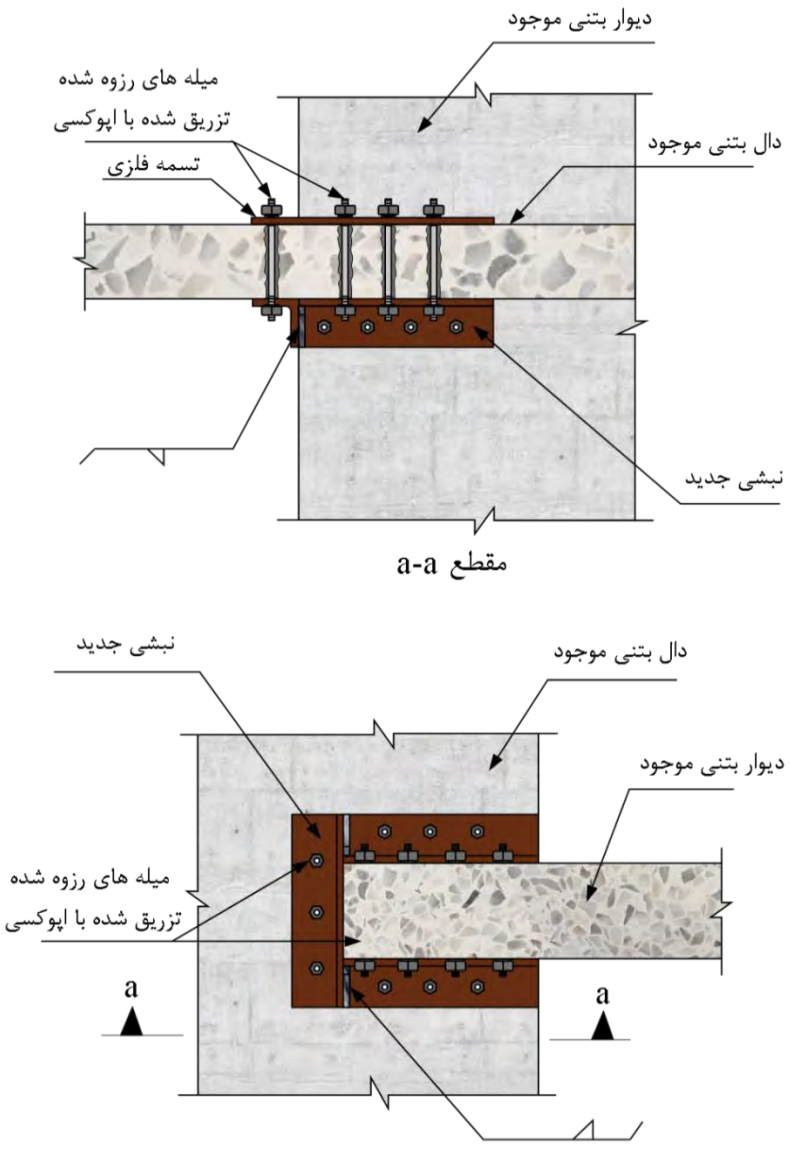
شکل ۱۴-۲۳- تقویت تیر بتنی با صفحات فولادی

ب- علاوه بر استفاده از ورق‌های فولادی، جهت تقویت تیرهای بتنی، استفاده از تسمه‌های فولادی و نبشی در این روش بلامانع است. این روش نیازی به ترمیم تیر بتنی و مضرس نمودن سطح آن ندارد. پس از نصب کامل تسمه‌های فولادی، لازم است این تسمه‌ها با استفاده از ملات ماسه سیمان یا هرگونه ماده ضدحریق و ضدخوردگی در برابر خوردگی، زنگ‌زدگی و آتش محافظت شوند. برای جزئیات به شکل ۱۴-۲۴ مراجعه شود.



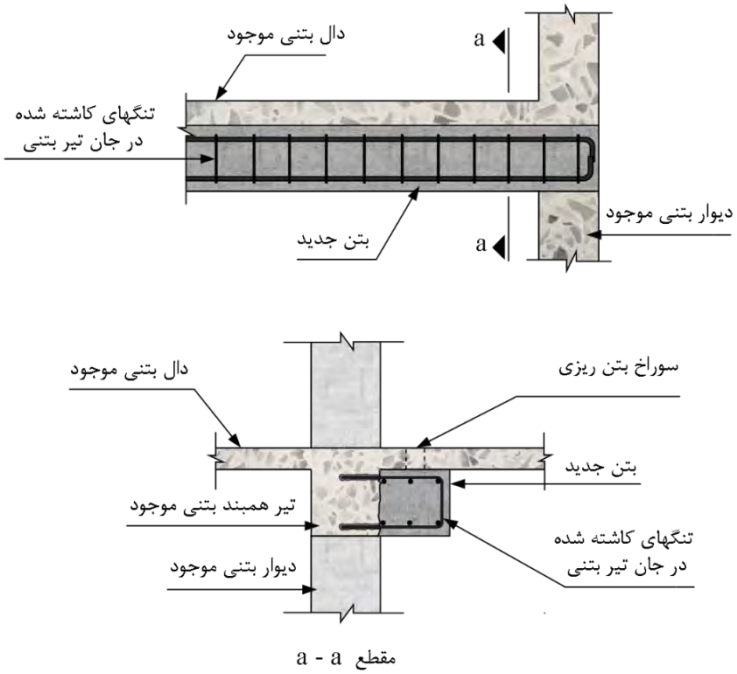
شکل ۱۴-۲۴- تقویت تیر بتنی با تسمه های فولادی

پ- در صورت نیاز به قراردادن پروفیل‌های نبشی در زیر دال بتنی و دوختن آنها به دیوار، سطحی از دیوار در زیر دال بتنی که در محل تماس با نبشی قرارداد، باید مطابق ضوابط مندرج در بند ۱۴-۳-۲-۱ مسطح و بر اساس ضوابط بخش‌های ۱۴-۳-۲-۴ و ۱۴-۳-۲-۵ عملیات سوراخ‌کاری و کاشت میل‌مهارهای رزوه شده در دیوار برشی به‌منظور اتصال نبشی انجام شود. سوراخ‌کاری در دیوار برشی در کل ضخامت دیوار باید انجام گیرد و میل‌مهارهای دوخت از کل دیوار عبور کرده و دو نبشی طرفین دیوار را به‌صورت مستقیم به یکدیگر متصل کنند. قبل از عملیات سوراخ‌کاری در دیوار برشی، باید با استفاده از روش شناسایی میلگرد (بخش ۱۴-۳-۱-۱)، موقعیت آرماتورهای موجود در ناحیه المان مرزی یا جان دیوار شناسایی شده و سوراخ‌ها در محل‌هایی ایجاد شوند که آرماتورهای موجود قطع نشده و آسیب نبینند. برای جزئیات به شکل ۱۴-۲۵ مراجعه گردد.



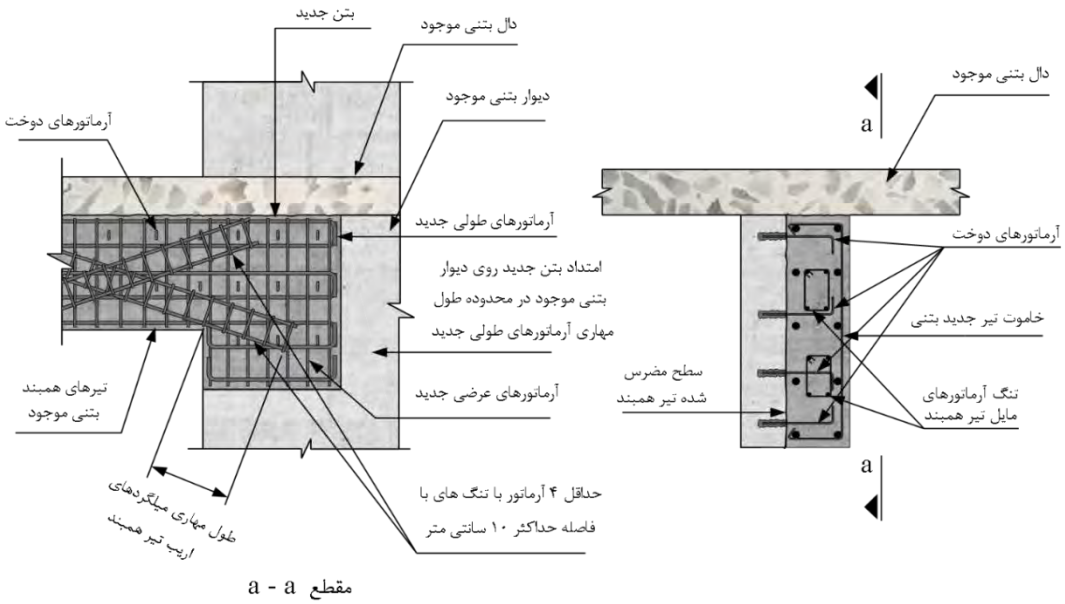
شکل ۱۴-۲۵- تقویت دیوار بتنی در محل اتصال به دال

برای افزایش سطح مقطع تیر همبند، باید سطح مقطع تیر همبند بتنی موجود که قرار است با بتن تازه مجاورت داشته باشد، بر اساس ضوابط بخش ۱۴-۳-۲-۱ تسطیح و تمیزکاری شود. سطح تمیزکاری شده تیرهمبند باید بر اساس طرح بهسازی درنظرگرفته شده برای تعداد آرماتورهای دوخت، فواصل آن‌ها و عمق کاشت بر اساس ضوابط بند ۱۴-۳-۲-۴ سوراخ‌کاری گردد. علاوه بر سوراخ‌های تعبیه شده در تیر همبند بتنی، باید سوراخ‌های بتن‌ریزی در کل ضخامت دال بتنی در محل افزایش سطح تیر همبند اجرا شوند. پس از اتمام عملیات سوراخ‌کاری و کارگذاری میلگردها، باید آرماتورهای دوخت به‌عنوان آرماتورهای عرضی دورگیرکننده و آرماتورهای طولی بر اساس ضوابط بخش ۱۴-۳-۲-۵ در سوراخ‌های موجود کاشته شوند. بتن‌ریزی باید از سوراخ تعبیه شده در دال بتنی انجام پذیرد. برای جزئیات به شکل ۱۴-۲۶ مراجعه گردد.



شکل ۱۴-۲۶- تقویت تیر همبند با افزایش سطح مقطع تیر همبند

ث- در مواردی‌که تیر همبند بتنی موجود عمیق باشد، علاوه بر استفاده از آرماتورهای طولی و عرضی باید از آرماتورهای قطری نیز مطابق شکل ۱۴-۲۷ استفاده شود. مراحل اجرایی این روش باید مشابه مراحل ذکر شده برای تقویت تیرهای همبند با عمق کم باشد، با این تفاوت که در این روش علاوه بر آرماتورهای طولی و دوخت، آرماتورهای عرضی جداگانه و همچنین آرماتورهای قطری در ناحیه افزایش سطح مقطع تیر همبند کارگذاری شود.

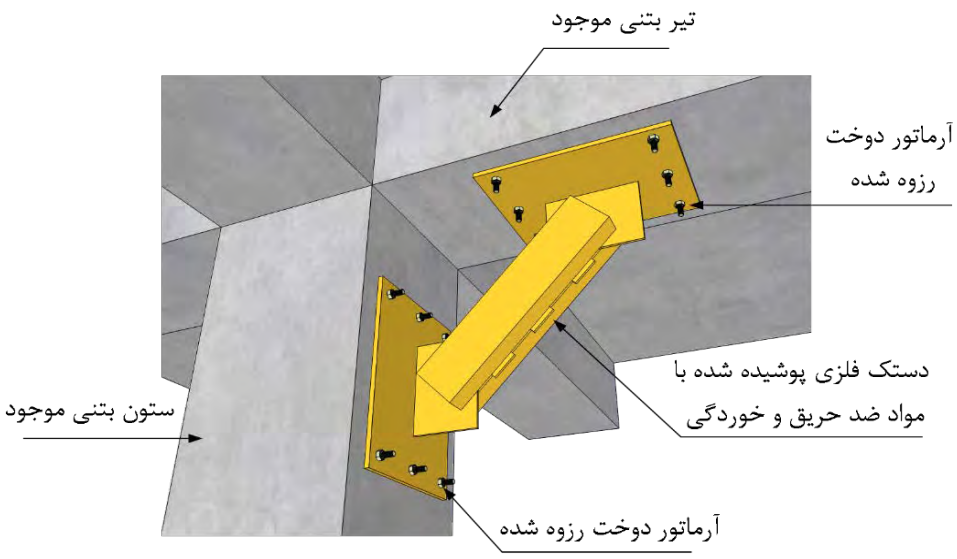


شکل ۱۴-۲۷- تقویت تیر همبند با آرماتورهای قطری با افزایش سطح مقطع تیر همبند

۱۴-۳-۴-۴- اتصال دستک در زیر تیر نزدیک تکیه‌گاه

الف- سطوحی از تیر و ستون بتنی که محل اتصال ورق انتهایی دستک می‌باشند، باید بر اساس ضوابط بخش ۱۴-۳-۲- ۱ تسطیح شده و هرگونه ناهمواری از روی آن‌ها زدوده شود. برای کاشت میل مهارهای رزوه شده، عملیات سوراخ کاری باید براساس ضوابط بخش ۱۴-۳-۲-۴ انجام شود. ورق‌های فولادی باید با چسب اپوکسی مورد تأیید دستگاه نظارت به بتن نصب گردد. در این مرحله باید دقت شود که محل سوراخ‌های تعبیه شده روی ورق‌های فولادی منطبق با سوراخ‌های موجود در تیر و ستون بتنی باشند. به‌منظور گیرش مناسب‌تر و سریع‌تر ورق‌های فولادی روی سطح تیر بتنی می‌بایست ورق فولادی در محل اتصال تحت فشار باشد.

ب- پس از نصب ورق‌های فولادی و گیرش کامل چسب یا رزین، عملیات کاشت میل‌مهارهای رزوه شده باید مطابق با ضوابط بخش ۱۴-۳-۲-۵ انجام گردد. چنانچه استقرار دستک با دو ورق انتهایی در محل امکان‌پذیر نباشد، باید برای تقویت اتصال، از دستک فلزی که تنها به یک ورق انتهایی متصل است استفاده گردد. در این شرایط اتصال ورق انتهایی دوم به دستک باید از طریق جوش‌کاری مطابق با الزامات فصل ۷ این ضابطه در محل انجام شود. برای جزئیات به شکل ۱۴-۲۸ مراجعه گردد.



شکل ۱۴-۲۸- استفاده از دستک‌های فلزی در تقویت اتصالات تیر به ستون بتن مسلح

۱۴-۳-۵- تعمیر و تقویت دیوارهای برشی بتنی

۱۴-۳-۵-۱- افزودن دیوارهای برشی بتنی جدید

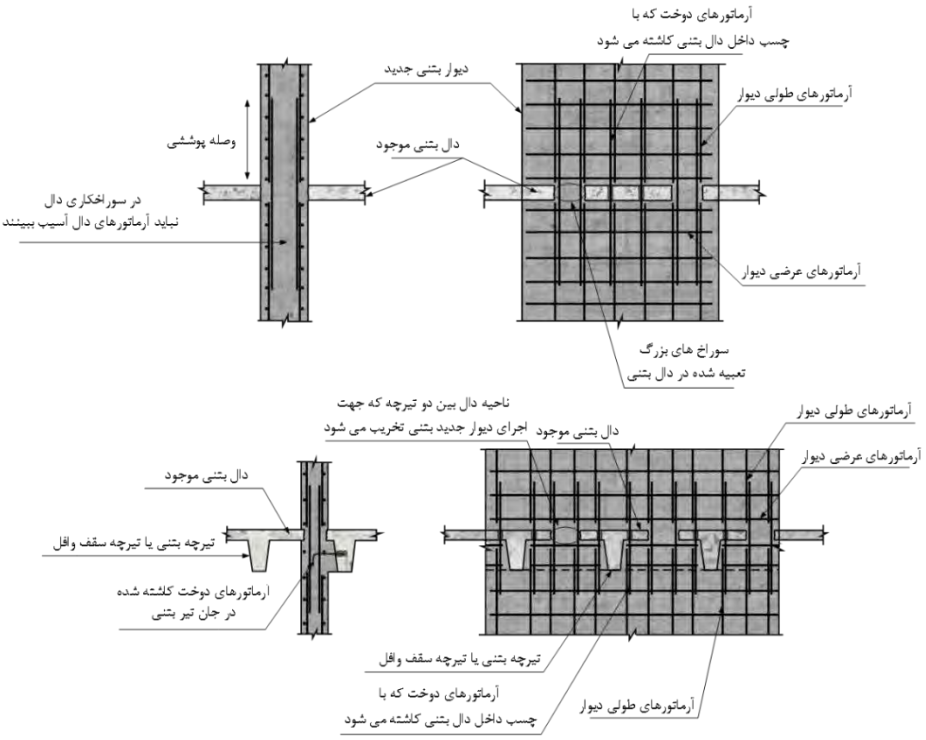
الف- در اجرای دیوارهای برشی بتنی جدید، آرماتورهای طولی دیواربرشی جدید، باید بدون ناپیوستگی از دیوار بالایی به دیوار پایینی امتداد یابند. برای عبور آرماتورهای طولی دیوار باید دال بتنی در محل عبور آرماتورها بر اساس ضوابط بخش ۱۴-۳-۲-۴ سوراخ‌کاری شود. قطر سوراخ‌ها باید به‌نحوی باشد که علاوه بر عبور آرماتورهای طولی دیوار برشی از داخل دال بتنی، بتن تازه نیز بتواند از اطراف میلگردهای عبوری از سوراخ‌های تعبیه شده در دال بتنی ریخته شود. سوراخ‌کاری دال بتنی نباید موجب آسیب‌رسانی به آرماتورهای موجود در دال بتنی گردد. علاوه بر تعبیه سوراخ برای عبور آرماتورهای طولی دیوار، باید سوراخ‌های بزرگی در طولی برابر با فاصله دو آرماتور طولی دیوارهای جدید و عرضی برابر با ضخامت دیوار بتنی در فواصل حداکثر ۵۰۰ میلیمتر از یکدیگر در راستای دیوار جدید در دال بتنی تعبیه گردد. سوراخ‌های بزرگ باید از طریق تخریب دال بتنی با یکی از روش‌های توصیه شده در بخش ۱۴-۳-۲-۲ ایجاد شده و از برش‌کاری دال بتنی باید اجتناب شود.

ب- قبل از عملیات سوراخ‌کاری در دال و تخریب آن، باید از طریق نصب پایه‌های موقت در دو طرف محل استقرار دیواربرشی جدید، بار از روی دال برداشته شده و دال مهار گردد. پس از عملیات سوراخ‌کاری دال بتنی بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۴، سطح دال بتنی در محل اتصال به دیوار برشی جدید باید بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۳ مضرس شود، تا در سطح تماس با بتن اجرا شده، چسبندگی لازم فراهم شود. پس از اتمام عملیات سوراخ‌کاری و مضرس نمودن دال بتنی، باید سطوح مضرس شده دال بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۱ تمیزکاری و غبارروبی شوند. آرماتورهای طولی و عرضی دیوار در محل‌های موردنظر اجرا و آرماتورهای طولی دیوار باید

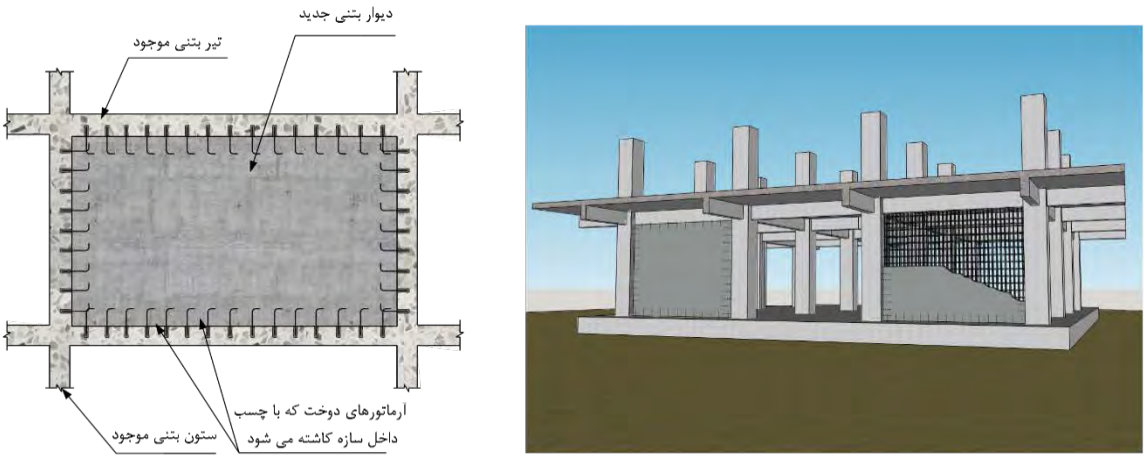
با استفاده از وصله‌های مکانیکی یا پوششی مطابق شکل‌های نشان داده شده (شکل ۱۴-۲۹ و شکل ۱۴-۳۰) به یکدیگر اتصال یابند. پس از استقرار آرماتورهای طولی و عرضی دیوار برشی، باید در دو طرف دیوار قالب‌بندی انجام شده و بتن تازه از بالای دال از طریق سوراخ‌های ایجاد شده در دال به داخل قالب ریخته شود. برای جلوگیری از محبوس ماندن هوا در قسمت‌های تحتانی دیوار، بتن‌ریزی دیوار برشی هر طبقه باید از روی کف هرطبقه و به‌صورت مرحله به مرحله انجام شود. به‌منظور اطمینان از پرشدن بتن داخل قالب تا تراز تعیین شده، باید در محل تراز موردنظر دریچه‌های کوچکی در قالب ایجاد تا به‌محض خروج بتن از دریچه، نسبت به پرشدن بتن اطمینان حاصل گردد.

پ- در صورتی که برای اجرای دیوار برشی جدید، از روش بتن‌پاشی استفاده می‌گردد، باید پاشش بتن در زیر دال بتنی با دقت انجام پذیرد و تا حدامکان عرض باریکی (حداقل به اندازه ضخامت دیوار برشی جدید) از زیر دال در یک مرحله بتن‌پاشی تکمیل شود. به منظور جلوگیری از شکل‌گیری ترک در زیر دال بتنی در محل اتصال دیواربرشی جدید به دال باید با یکی از روش‌های درزبندی سازه بتنی مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۶، ترک‌های موجود ترمیم یابند. همچنین به منظور اطمینان از اتصال کامل دیوار برشی و دال بتنی باید با تعبیه سوراخ در دال در فواصل معین در محل اجرای دیوار برشی با تزریق گروت در داخل سوراخ از بالای دال بتنی، کنترل شود.

ت- در حالت اجرای دیوار برشی به‌صورت میانقاب که در آن دیوار برشی جدید باید به تیر و ستون‌های اطراف دیوار اتصال یابد، بر اساس تعداد آرماتورهای دوخت موردنیاز، عملیات سوراخ‌کاری باید بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۴ انجام شود. عملیات سوراخ‌کاری نباید آرماتورهای موجود در تیر و ستون‌های بتنی را قطع نموده و آسیبی به آنها وارد سازد. در انتهای عملیات سوراخ‌کاری باید سطوحی از تیر و ستون بتنی موجود که در تماس با دیواربرشی جدید می‌باشند بر اساس ضوابط بخش ۱۴-۳-۲-۳ مضرس شده و سپس بر اساس ضوابط مندرج بخش ۱۴-۳-۲-۱ تمیزکاری شوند. پس از اتمام عملیات تمیزکاری، باید عملیات کاشت آرماتورهای دوخت بر اساس ضوابط بخش ۱۴-۳-۲-۵ انجام گیرد. در عملیات تزریق سوراخ‌های تعبیه شده در وجه تحتانی تیرهای بتنی که چسب تمایل به سرازیر شدن دارد، باید بر اساس توصیه کارخانه سازنده چسب، از چسب‌های مخصوصی استفاده شود که دچار ریزش از سوراخ نشود. پس از اتمام عملیات کاشت آرماتورهای دوخت، عملیات آرماتورگذاری، قالب‌بندی و بتن‌ریزی دیواربرشی جدید باید انجام شوند. نوع چسب مصرفی باید پیش از مصرف به تأیید دستگاه نظارت رسانده شود. برای درک بیشتر به شکل ۱۴-۳۰ مراجعه شود.

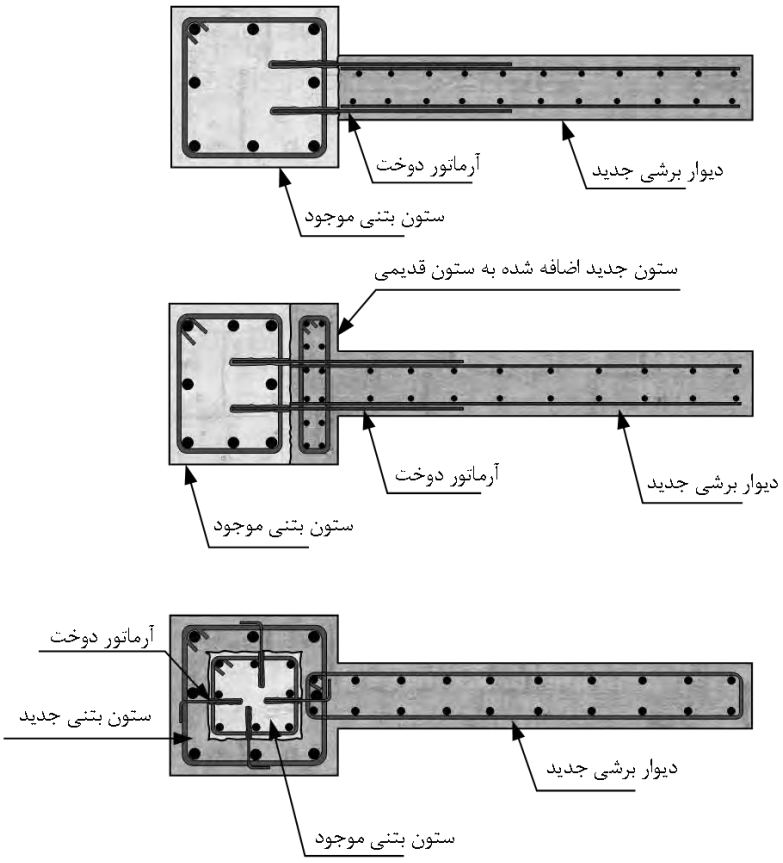


شکل ۱۴-۲۹- اجرای دیوار برشی جدید در محل دال بتنی معمولی یا دال وافل



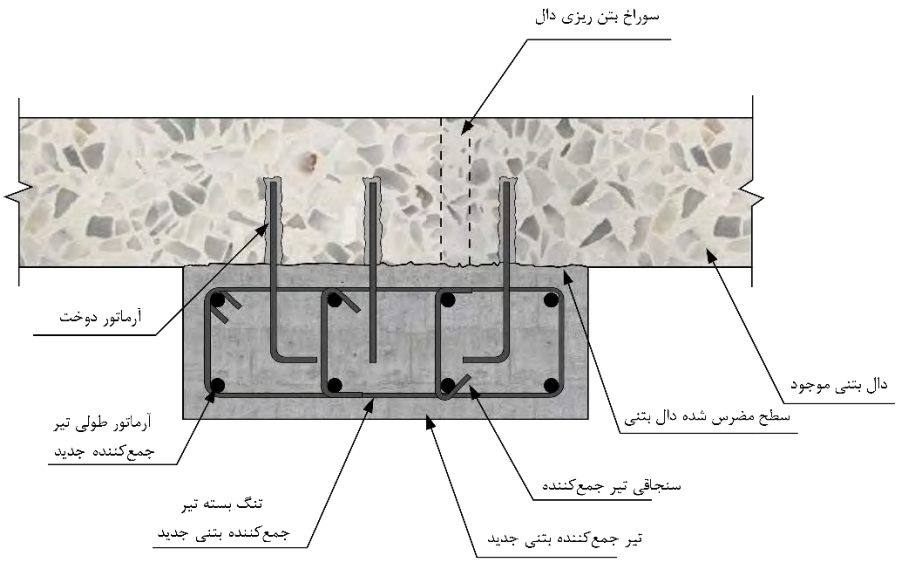
شکل ۱۴-۳۰- مقاوم سازی با اضافه نمودن دیوار برشی جدید

ث- در صورت اجرای ژاکت بتنی طبق نظر مشاور باید ضوابط بند ۱۴-۳-۳-۳ رعایت شود. برای جزئیات به شکل ۱۴-۳۱ مراجعه شود.



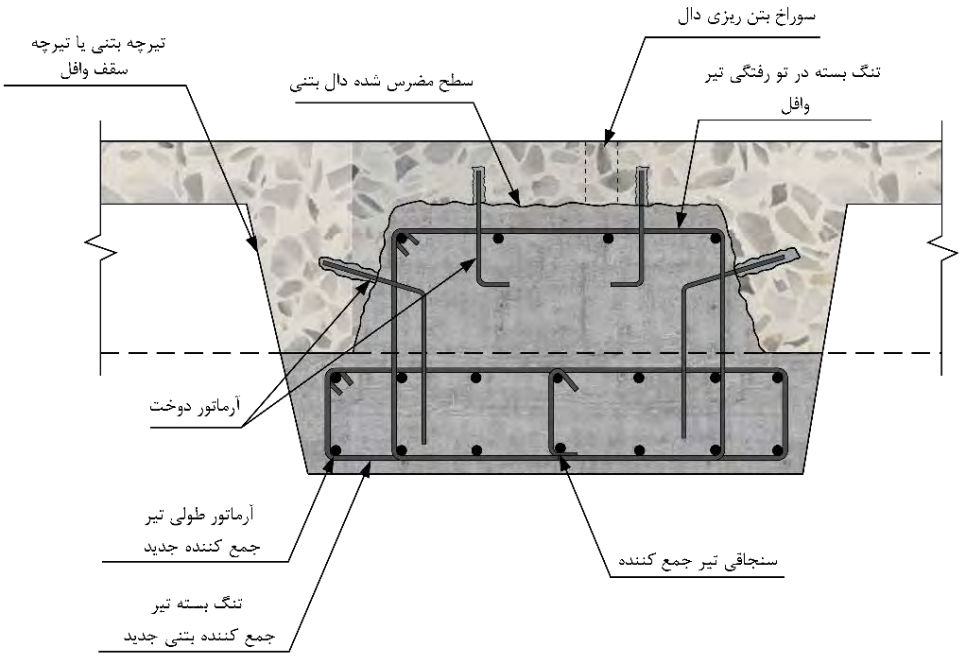
شکل ۱۴-۳۱- اتصال دیوار برشی به ستون بتنی موجود

ج- در مواردی که قرار است تیر جمع‌کننده در زیر دال بتنی موجود اجرا شود، سطح زیرین دال در تماس با تیر جمع کننده، باید ابتدا بر اساس ضوابط مندرج در بخش‌های ۱۴-۳-۲-۱ و ۱۴-۳-۲-۳ تسطیح و مضرس شود. همچنین با استفاده از الزامات بخش ۱۴-۳-۲-۴ یک سوراخ به قطر حداقل ۱۰۰ میلیمتر در دال جهت بتن‌ریزی ایجاد گردد. در وجه تحتانی دال در صورت وجود سوراخ‌هایی جهت کاشت آرماتورهای دوخت در نقشه‌های اجرایی باید ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۴ رعایت شود. پس از اتمام عملیات سوراخ‌کاری، سطح بتن باید طبق بند ۱۴-۳-۲-۱ تمیز و عملیات اجرای چسب بر روی دال بتنی باید مطابق با الزامات بند ۱۴-۳-۲-۷ و عملیات کاشت آرماتورهای دوخت بر اساس ضوابط بخش ۱۴-۳-۲-۵ انجام شود. برای اجرای تیر باید از بتن خودتراکم مطابق با الزمات فصل ششم این ضابطه استفاده گردد. برای درک بیشتر به شکل ۱۴-۳۲ مراجعه شود.



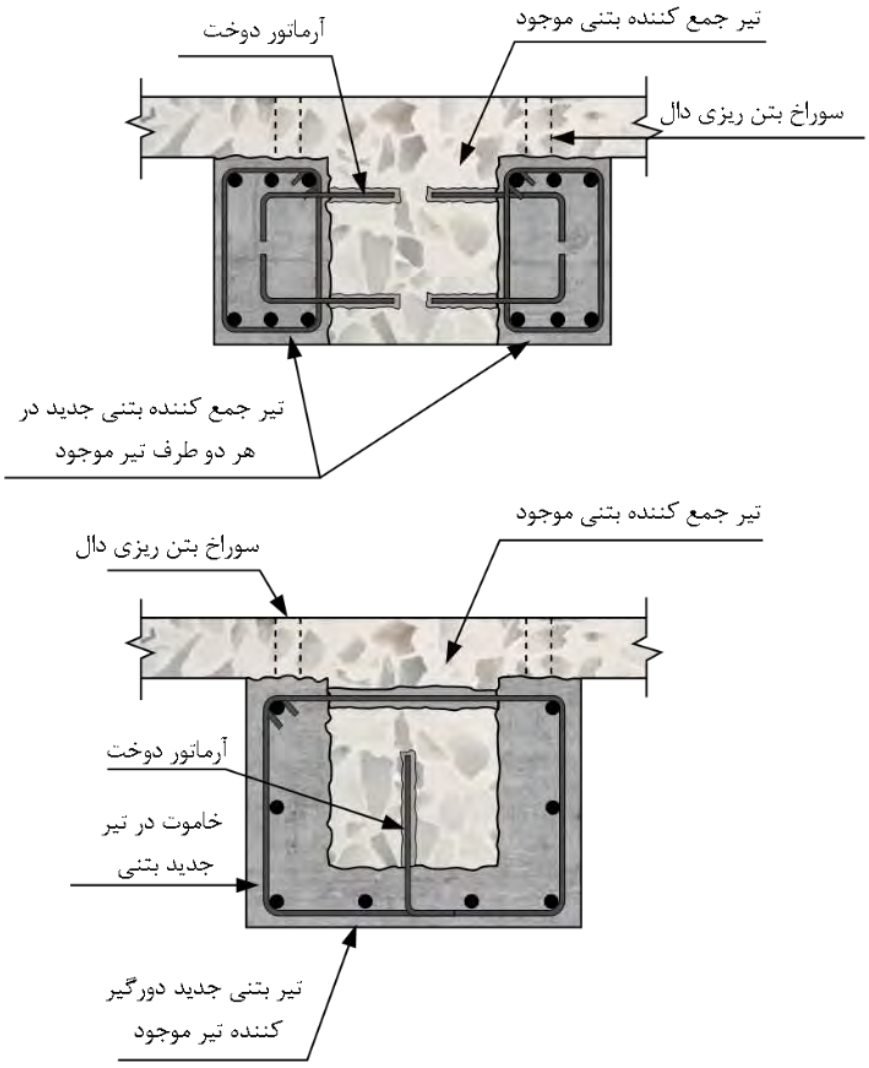
شکل ۱۴-۳۲- اضافه نمودن تیر جمع کننده در زیر دال بتنی معمولی

چ- چنانچه تیر جمع‌کننده در دال وافل اجرا می‌گردد، به‌منظور کاهش عملیات تخریب دال بتنی، تیر جدید باید در ناحیه بین دو تیرچه اجرا شود. در این حالت مضرس نمودن بتن باید به سطح زیرین دال در ناحیه بین تیرچه و سطوح جانبی تیرچه محدود شود. در دال‌های وافل‌دار با توجه به کم بودن ضخامت دال بتنی، عملیات کاشت آرماتورهای دوخت به‌جای دال بتنی باید در سطوح جانبی تیرچه‌ها انجام شود. برای جزئیات به شکل ۱۴-۳۳ مراجعه گردد.



شکل ۱۴-۳۳- اضافه نمودن تیر جمع‌کننده در زیر دال بتنی وافل

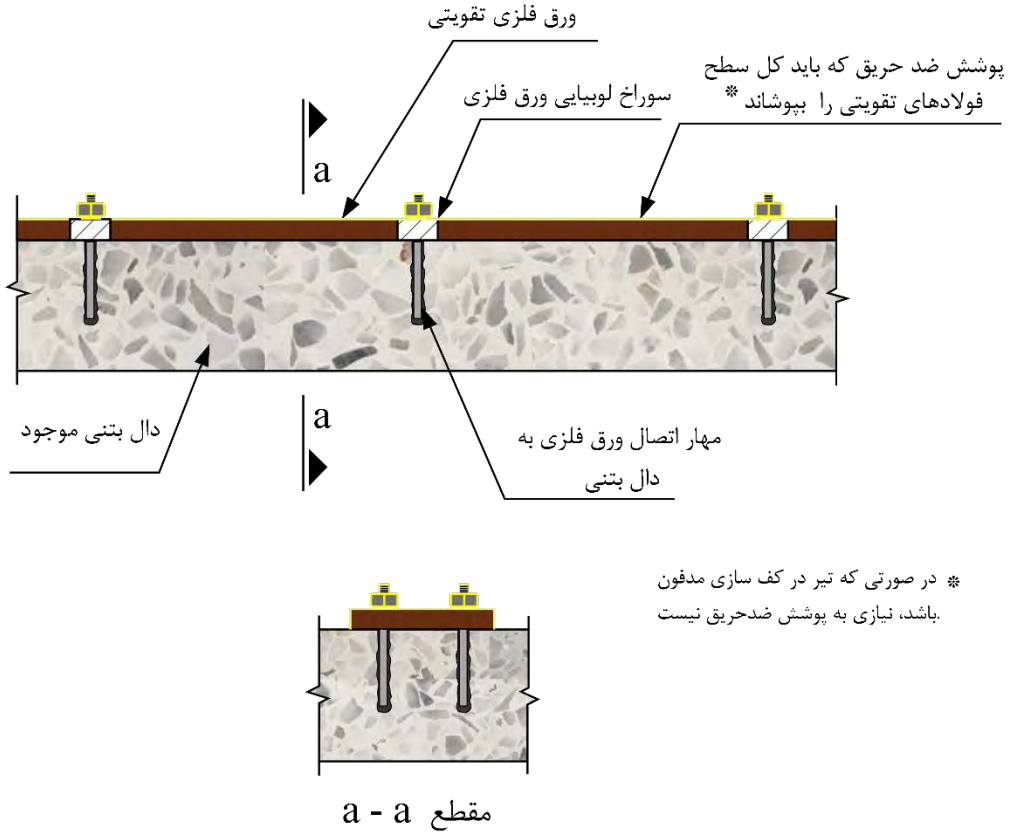
ح- چنانچه در راستای دیوار برشی، تیرهای بتنی موجود باشد و مقاومت تیرهای بتنی موجود، پاسخگوی نیازهایی که به‌واسطه ایجاد دیوار برشی اضافه شده به سیستم تولید شده نباشد، باید تیرهای بتنی موجود از طریق افزایش سطح توسط ژاکت بتنی بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۴-۲ و یا ورق‌های فولادی بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۴-۳ تقویت گردند. برای جزئیات اجرایی به شکل ۱۴-۳۴ رجوع شود.



شکل ۱۴-۳۴- تقویت تیر جمع کننده موجود با افزایش سطح مقطع تیر

خ- در مواردی که سطح مقطع تیرهای جمع‌کننده باید افزایش پیدا کند و حجم آرماتورهای جدید قابل‌توجه باشد، کل یا بخشی از مقاومت موردنیاز می‌بایست از طریق کارگذاری یک تسمه فولادی با مقاومت بالا و محصور در داخل ناحیه بتنی جدید، تأمین گردد. در این شرایط به‌منظور عملکرد مختلط کامل بین ورق فولادی و بتن اطراف آن، باید برشگیرهای کافی برروی ورق فولادی تعبیه شود.

د- در مواردی که ورق‌های فولادی باید با استفاده از آرماتورهای دوخت به دال بتنی متصل شود، ابتدا باید سطح عضو بتنی در تماس با ورق فولادی بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۳ مضرس و عملیات سوراخ‌کاری و کاشت آرماتورهای دوخت بر اساس ضوابط بخش‌های ۱۴-۳-۲-۴ و ۱۴-۳-۲-۵ انجام گیرد. محل سوراخ‌های تعبیه شده در دال بتنی عیناً باید توسط شابلون، روی ورق‌های فولادی موردنظر تعبیه شوند. برای اتصال ورق فولادی به دال بتنی و ایجاد نیروی اصطکاک موردنظر، باید مهره‌ها تا حد نیروی پیش‌تنیدگی مجاز آرماتورهای رزوه شده سفت بشوند. برای جزئیات بیشتر به شکل ۱۴-۳۵ مراجعه گردد.



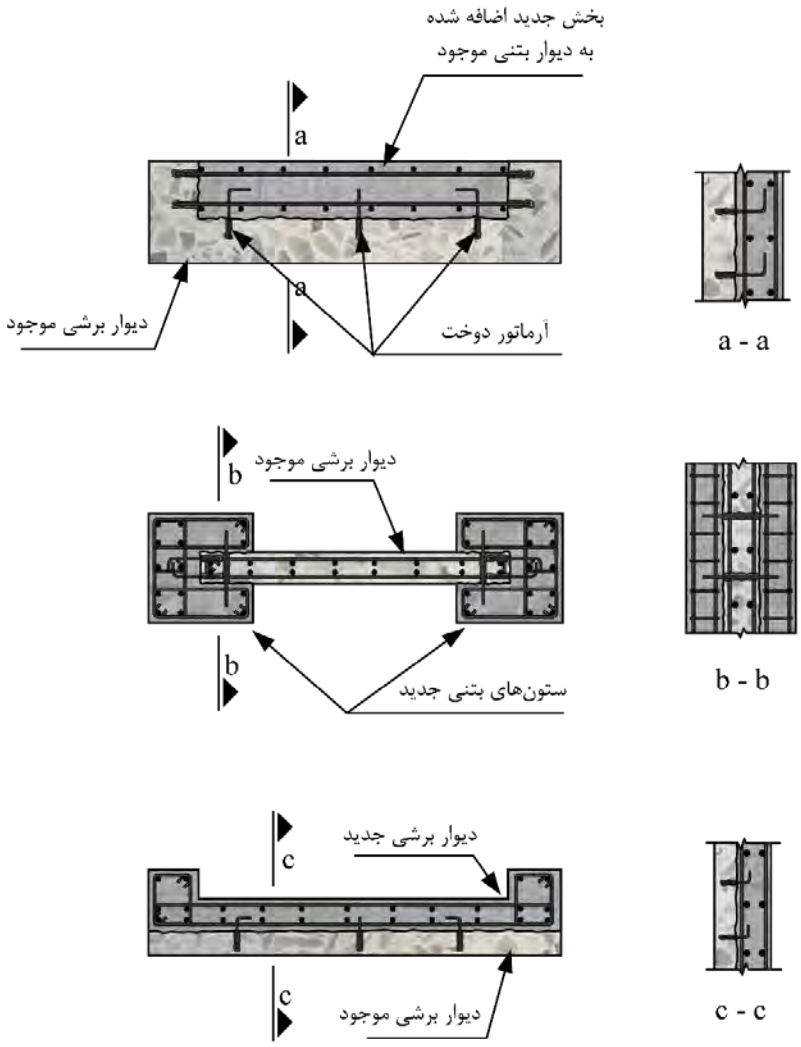
شکل ۱۴-۳۵- تقویت تیر جمع کننده موجود با استفاده از ورق فولادی

۱۴-۳-۵-۲- افزودن سطح مقطع دیوار و المان مرزی

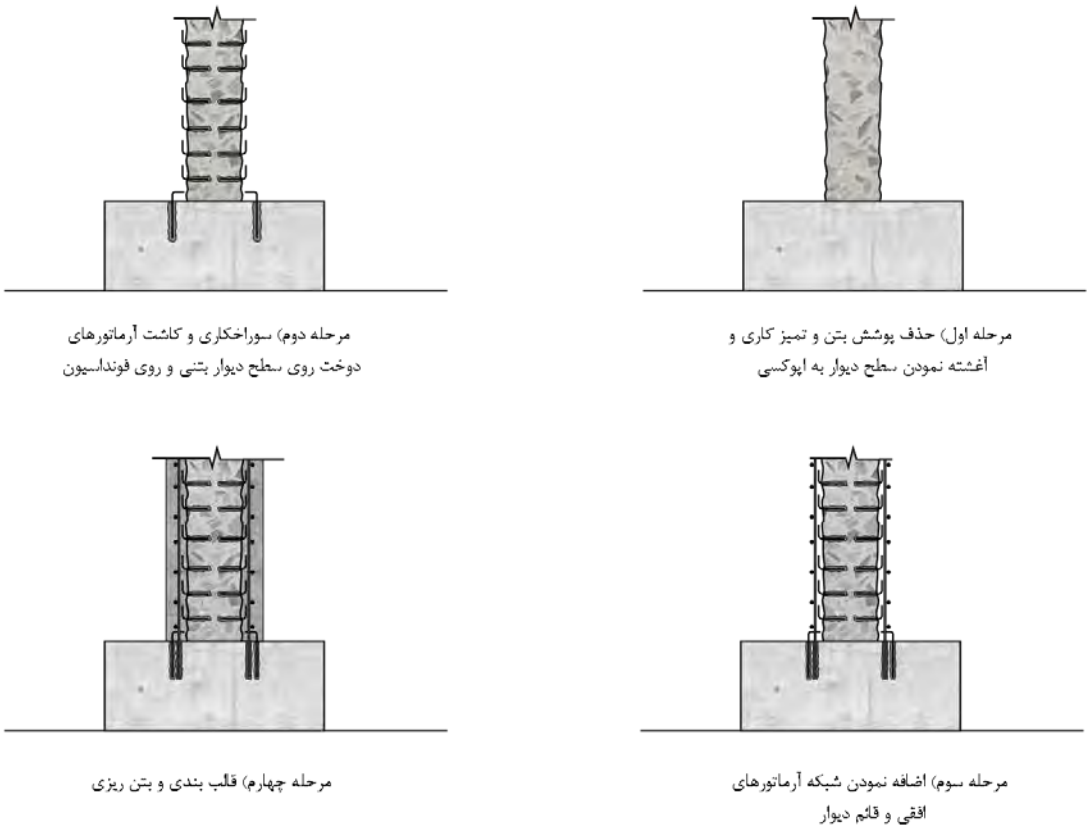
الف- در مواردی که ضخامت دیوار بتنی موجود باید افزایش یابد، سطحی از دیوار که قرار است با بتن تازه در تماس باشد، باید با استفاده از ضوابط بخش‌های ۱۴-۳-۲-۳ ، ۱۴-۳-۲-۱ و ۱۴-۳-۲-۴ مضرس، تمیزکاری و سوراخ‌کاری شود. علاوه بر سوراخ‌کاری دیوار بتنی موجود، برای حفظ یکپارچگی ضخامت جدید دیوار در سرتاسر ارتفاع دیوار بتنی، باید آرماتورهای طولی کارگذاشته در ضخامت افزوده شده، به‌صورت سرتاسری از دال‌های بتنی در مسیر دیوار عبور داده شوند. به منظور عبور آرماتورهای طولی و بتن‌ریزی از داخل دال بتنی، سوراخ‌کاری مطابق با بند ۱۴-۳-۲-

۴ انجام شود. در صورت عدم تناسب عرض پی فعلی و نیاز به اجرای پی جدید باید تمامی مراحل اجرای بتن پی مطابق با بند ۱۴-۳-۵-۱ باشد.

ب- چنانچه در دو انتهای دیوار بتنی موجود اجزای مرزی قرار دارند، به‌طوری‌که ضخامت آنها از ضخامت دیوار موجود به علاوه ضخامت جدید بیشتر می‌باشد، به‌منظور مهار نمودن آرماتورهای افقی ضخامت جدید دیوار در داخل اجزای مرزی واقع در دو انتهای دیوار باید در محل آرماتورهای افقی سوراخ‌هایی داخل این اجزا اجرا شود. عملیات سوراخکاری و دوخت آرماتورها باید الزامات بندهای ۱۴-۳-۲-۴ و ۱۴-۳-۲-۵ را رعایت نمایند. برای جزئیات به شکل ۱۴-۳۶ و شکل ۱۴-۳۷ مراجعه گردد.



شکل ۱۴-۳۶- تقویت دیوارهای برشی موجود



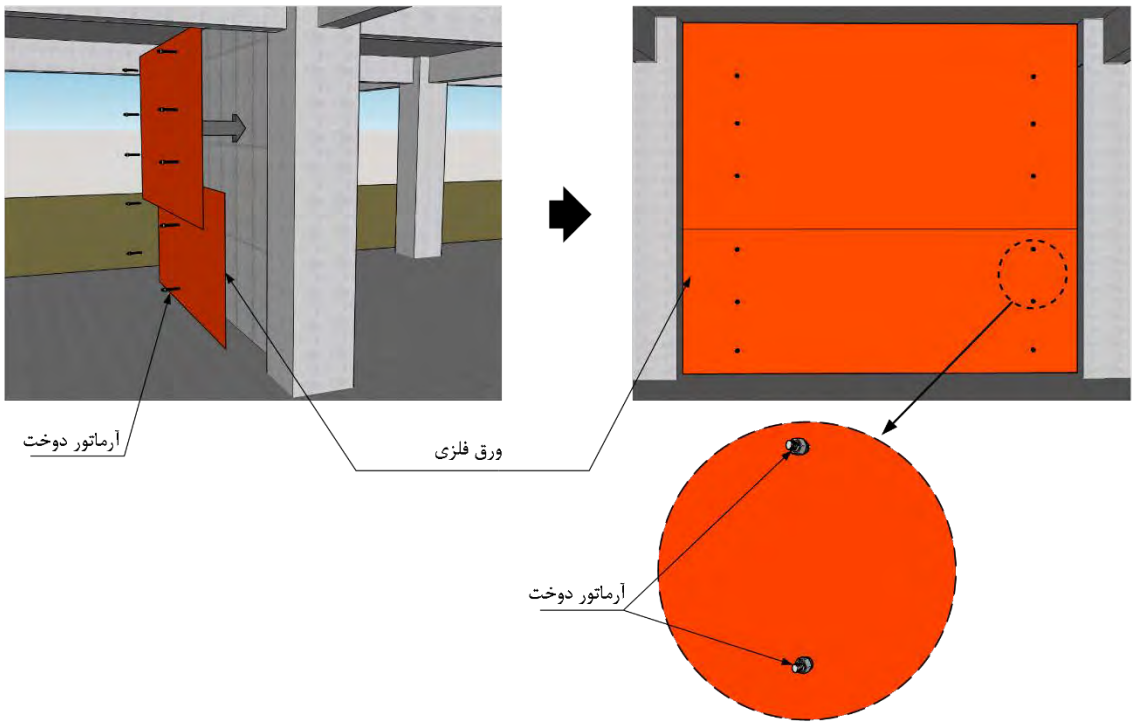
شکل ۱۴-۳۷- مراحل انجام تقویت دیوار برشی

۱۴-۳-۵-۳- تقویت با استفاده از دوختن ورق‌ها و تسمه‌های فولادی در طرفین دیوار برشی بتنی

در روش تقویتِ دیوارهای برشی بتن مسلح، با ورق فولادی ابتدا باید سطح دیوار بر اساس ضوابط بخش ۱۴-۳-۲-۱ تسطیح شده و ناهمواری‌های آن زدوده و برای کاشت میلگرد بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۴ سوراخ‌کاری شود. چیدمان سوراخ‌ها بر روی دیوار و ورق اتصال باید با استفاده از شابلون تنظیم گردد. به‌منظور اتصال ورق فولادی به فونداسیون و دال فوقانی و همچنین ستون‌های طرفین دیوار، باید سوراخ‌هایی در محل اتصال ورق فولادی با استفاده از نبشی به اجزای مرزی بتنی اطراف بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۴ در آن‌ها پیش‌بینی شود. مشخصات فنی نبشی مورد استفاده باید در نقشه‌های اجرایی بیان شده باشد.

میل‌مهارهای رزوه شده دوخت باید بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۵ در سوراخ‌های تعبیه شده در دیوار بتنی کاشته شوند. پس از گیرش میل‌مهارهای دوخت در محل‌های پیش‌بینی شده، برای ایجاد فاصله بین ورق و سطح دیوار باید گروت‌ریزی انجام پذیرد. حداقل فاصله خالی باید برابر با یک واشر و مهره در محل هر میل‌مهار باشد. چنانچه یک یا تعدادی از مهره‌ها در صفحه نباشند یا دیوار دارای انحنای کلی به‌نحوی باشد که با عملیات تسطیح قابل‌ترمیم نباشد، باید با استفاده از کاستن یا افزودن مهره‌ها و واشرها، محل قرارگیری انتهای همه مهره‌ها در یک صفحه تنظیم

شود. پس از نصب ورق فولادی، لبه سایر ورق‌ها باید با استفاده از جوش نفوذی با رعایت ضوابط فنی جوشکاری[1] (WPS) به یکدیگر متصل شوند. برای اتصال ورق فولادی به اجزای مرزی بتنی اطراف، باید با جوشکاری پروفیل‌های نبشی که از قبل بر اساس سوراخ‌های ایجاد شده در اجزای بتنی پیرامون سوراخ شده‌اند، به لبه‌های ورق فولادی جوش داده شده و سپس میل‌مهارهای دوخت در سوراخ نبشی‌ها و اجزای بتنی پیرامونی اطراف دیوار بتنی بر اساس ضوابط مندرج در بخش ۱۴-۳-۲-۵ کاشته شوند. فضای خالی بین ورق‌های فولادی و دیوار بتنی که توسط مهره‌های پشت ورق فولادی ایجاد شده، باید توسط دوغاب سیمانی مخصوص بدون جمع‌شوندگی پر شود. سطح بیرونی ورق فولادی نصب شده باید توسط پوشش‌های مخصوص ضدآتش و ضدخوردگی مورد تأیید دستگاه نظارت محافظت شود (شکل ۱۴-۳۸).



شکل ۱۴-۳۸- تقویت دیوار برشی با دوختن ورق‌ها و تسمه‌های فولادی در طرفین دیوار برشی

۱۴-۳-۶- دال‌ها و دیافراگم‌های بتن‌آرمه

۱۴-۳-۶-۱- افزودن دال جدید

چنانچه نیاز باشد برای بهبود مقاومت و سختی سازه در یک یا چند بازشو کف‌های سازه، دال بتنی جدید اضافه شود، سطوحی از سازه بتنی موجود که با دال بتنی جدید در تماس خواهند بود باید بر اساس ضوابط بخش‌های ۱۴-۳-۲-۲ و ۱۴-۳-۲-۱ مضرس و تمیزکاری شوند. سوراخ‌کاری و کاشت آرماتورهای دوخت، باید با رعایت اصول مندرج در بخش‌های ۱۴-۳-۲-۴ و ۱۴-۳-۲-۵ انجام گردد. پس از کاشت آرماتورهای دوخت باید شبکه آرماتورهای دال

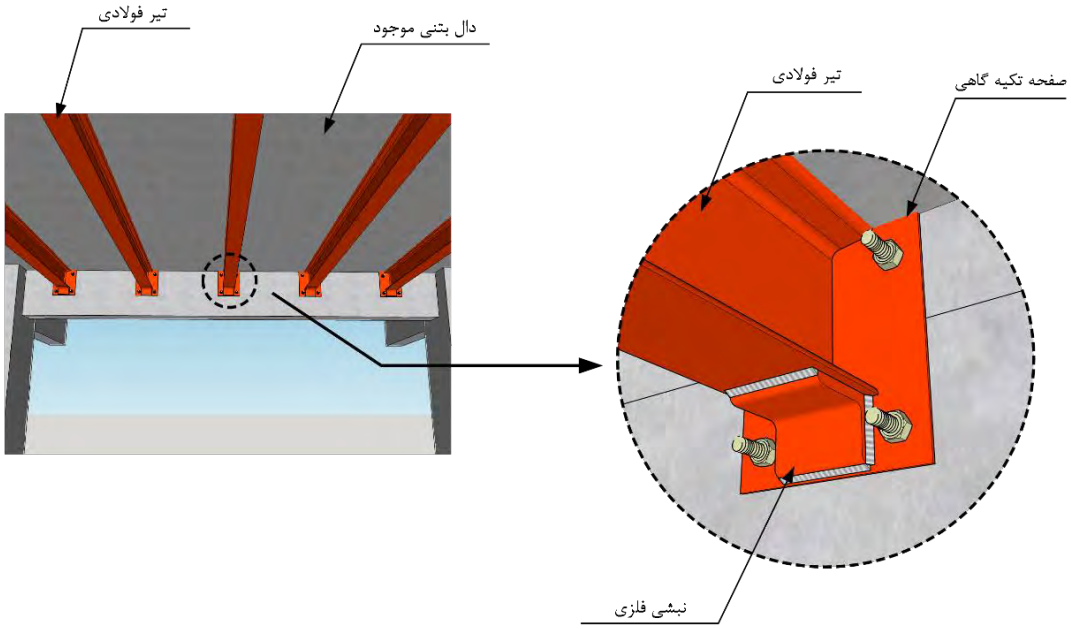
1- Welding Procedure Specification

جدید در محل دال اضافه شده و درنهایت قالب‌بندی و بتن‌ریزی انجام پذیرد. سطح دال جدید باید با دال‌های بتنی موجود مجاور در یک تراز باشد.

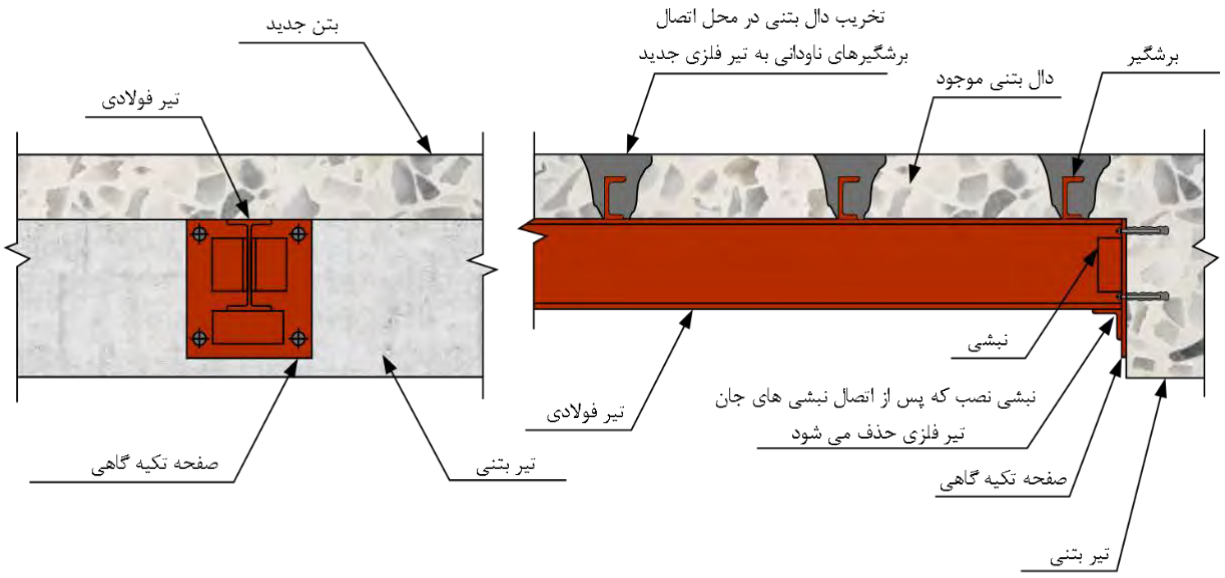
۱۴-۳-۶-۲- افزودن تیرهای فرعی به تیرهای اصلی و یا ستون

الف- برای اجرای تیرچه‌های بتنی، تیرچه دال باید دارای ارتفاع کافی برای نصب صفحات فولادی اتصال باشد. چنانچه ارتفاع تیر لبه‌ای دال بتنی به‌حدی نباشد که اجازه نصب ورق فلزی را بدهد، باید از یک نبشی ساخته شده از ورق مطابق با مشخصات فنی استفاده گردد. نحوه اتصال ورق فولادی به سطح تیر دال بتنی باید مشابه با بند ۱۴-۳-۶-۱ باشد. در هر صورت با استفاده از روش اسکن میلگرد باید محل آرماتورهای موجود در داخل تیر بتنی شناسایی شوند تا موقعیت سوراخ‌های جدید به‌گونه‌ای تنظیم شود که هیچ‌یک از آرماتورهای داخل تیر بتنی آسیب نبینند یا قطع نشوند. برای جزئیات بیشتر به شکل ۱۴-۳۹ و ۱۴-۴۰ مراجعه شود.

ب- به‌منظور اتصال تیرچه فلزی به دال بتنی، در تعدادی ناحیه در راستای طول تیر، باید دال بتنی در محل تماس با تیرچه فلزی تخریب شود تا پس از کارگذاری تیرچه فلزی، برشگیرهای اتصال تیرچه به دال بتنی از بالای دال کارگذاری شوند. تخریب دال بتنی با رعایت ضوابط بند ۱۴-۳-۲-۲ باید به‌گونه‌ای انجام پذیرد که آرماتورهای دال بتنی آسیب نبینند.



شکل ۱۴-۳۹- جزئیات افزودن تیرهای فرعی به تیر اصلی

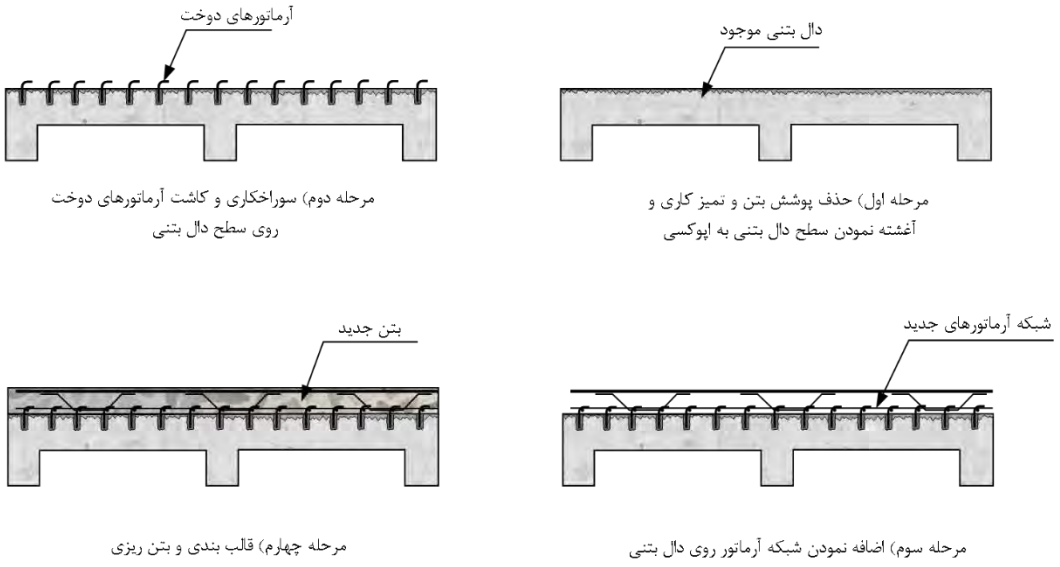


شکل ۱۴-۴۰- اجرای تیرک فولادی برای تقویت دال بتنی

۱۴-۳-۶-۳- افزایش سطح مقطع دال بتنی با استفاده از بتن

الف- در صورت نیاز به افزایش سطح مقطع دال بتنی، تخریب باید از وجهی که قرار است دال بتنی افزایش ضخامت داده شود، بر اساس ضوابط بخش ۱۴-۳-۲-۲ تا روی آرماتورهای واقع در دال بتنی انجام پذیرد. باید در این مرحله نهایت دقت در عملیات تخریب صورت بگیرد تا آرماتورهای موجود در دال بتنی آسیب نبینند. عملیات سوراخ‌کاری باید مطابق با ضوابط بند ۱۴-۳-۲-۴ و مضرس نمودن سطح و آغشته کردن سطح با چسب و کاشت آرماتور مطابق با بند ۱۴-۳-۲-۵ انجام شود. سوراخ‌ها باید مطابق ضوابط بند ۱۴-۳-۲-۱ تمیزکاری شده و آغشته به چسب اپوکسی گردد.

ب- باید دقت شود انتهای آرماتورهای کارگذاشته در ناحیه جدید دال بتنی در وجه فوقانی از طریق کاشت داخل دال بتنی و در وجه تحتانی دال از طریق کاشت در داخل جان تیرهای لبه‌ای مهار گردند. برای افزایش ضخامت دال بتنی از وجه تحتانی علاوه بر بتن‌ریزی از روی دال و سوراخ‌های تعبیه شده در آن، باید از بتن‌پاشی از زیر دال نیز استفاده شود. مراحل این روش‌ها در شکل ۱۴-۴۱ و شکل ۱۴-۴۲ نشان داده شده است.



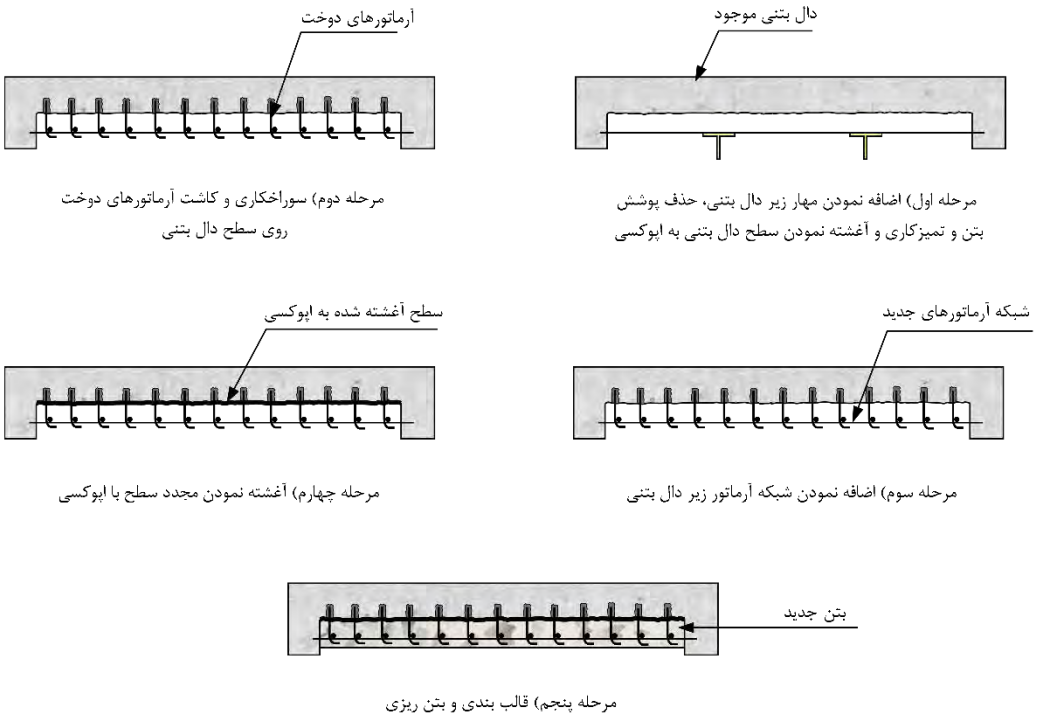
مرحله اول) حذف پوشش بتن و تمیز کاری و آغشته نمودن سطح دال بتنی به اپوکسی

مرحله دوم) سوراخکاری و کاشت آرماتورهای دوخت روی سطح دال بتنی

مرحله سوم) اضافه نمودن شبکه آرماتور روی دال بتنی

مرحله چهارم) قالب بندی و بتن ریزی

شکل ۱۴-۴۱- مراحل اجرای تقویت بالای دال بتنی



مرحله اول) اضافه نمودن مهار زیر دال بتنی، حذف پوشش بتن و تمیزکاری و آغشته نمودن سطح دال بتنی به اپوکسی

مرحله دوم) سوراخکاری و کاشت آرماتورهای دوخت روی سطح دال بتنی

مرحله سوم) اضافه نمودن شبکه آرماتور زیر دال بتنی

مرحله چهارم) آغشته نمودن مجدد سطح با اپوکسی

مرحله پنجم) قالب بندی و بتن ریزی

شکل ۱۴-۴۲- مراحل اجرای تقویت ناحیه تحتانی دال بتنی

۱۴-۳-۶-۴- تقویت با استفاده از ورق‌ها و یا پروفیل‌های فولادی

برای تقویت دال بتنی با استفاده از ورق‌ها یا پروفیل‌های فولادی، ابتدا باید سطح موردنظر برای تقویت توسط ضوابط بخش ۱۴-۳-۲-۱ تسطیح و عاری از هرگونه ناهمواری گردد. پس از انجام عملیات تسطیح در محل کارگذاری ورقه فلزی باید گروت‌ریزی انجام شود. کاشت میل‌مهارهای دوخت، باید با رعایت ضوابط بخش‌های ۱۴-۳-۲-۴ و ۱۴-۳-۲-۵، اجرا شود.

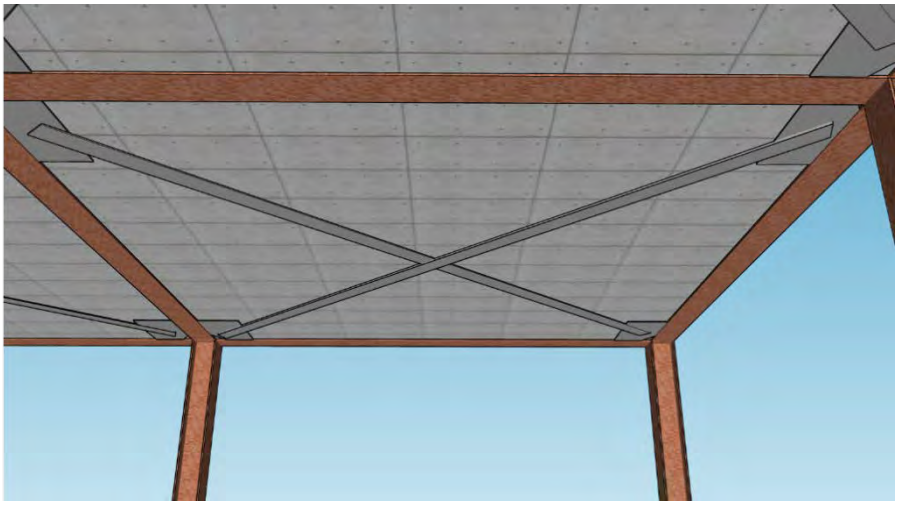
۱۴-۳-۶-۵- تقویت با استفاده از تسلیحات قرار داده شده در نزدیک سطح[1]

مراحل اجرای تقویت دال بتنی با استفاده از تسلیحات قرارداده شده در نزدیک سطح کاملاً مشابه با مراحل عنوان شده برای تقویت تیرهای بتنی می‌باشد.

۱۴-۳-۶-۶- تقویت اجزای دیافراگم در انتقال بار داخل صفحه

لبه‌های دال در محل اتصال به دیوار برشی باید از آسیب محافظت شوند. در صورت وجود ضعف باید با استفاده از میلگردهای ریشه، اتصال مورد نیاز تأمین گردد. جزئیات مربوطه باید در نقشه‌های اجرایی بیان شود.

استفاده از کش‌ها برای تقویت دال‌ها مجاز است. مشخصات کش‌ها شامل قطر و مشخصات مکانیکی باید در نقشه‌های اجرایی ذکر گردد. فرآیند سوراخ‌کاری باید طبق بند ۱۴-۳-۲-۴ و دوخت آرماتورهای دوخت طبق بند ۱۴-۳-۲-۵ انجام شود (شکل ۱۴-۴۳).



شکل ۱۴-۴۳- تقویت سقف دال با سیستم مهاربندی

1- Near Surface Mounted -NSM

۱۴-۳-۷- تقویت و بهسازی توسط کامپوزیت FRP

۱۴-۳-۷-۱- انتخاب کامپوزیت FRP مناسب جهت بهسازی

الف- خواص کششی ارائه شده توسط تولیدکنندگان کامپوزیت FRP بر مبنای آزمایش‌های انجام‌گرفته در محیط آزمایشگاه و بدون در نظرگرفتن اثرات محیطی می‌باشد. ولی در فاز طراحی و اجرا باید عوامل محیطی و ضرایب کاهش تأثیرات محیطی (C_E) در نظر گرفته شود و شرایط محیطی در حین اجرا و شرایط ذکر شده در مشخصات فنی با یکدیگر تطابق داشته باشند.

ب- دستگاه مشاور باید از نظر دوام، سیستم تقویتی را انتخاب نماید که تحت آزمایش‌های مربوط به دوام قرار گرفته باشد؛ این آزمایش‌ها باید با موارد ذکر شده فوق ناشی از عوامل محیطی مؤثر در انتخاب سیستم، هم راستا و سازگار باشند. آزمایش‌های چرخه‌های تر و خشک‌شدگی (بر مبنای استاندارد ASTM D3045)، چرخه‌های یخ‌بندان و ذوب (بر مبنای استاندارد ASTM C666)، تابش فرابنفش (بر مبنای استاندارد ASTM G23) و آب نمک (بر مبنای استاندارد ASTM D1141) با توجه به شرایط محیطی باید انجام شوند.

پ- با توجه به آنکه سیستم‌های تقویتی FRP، یک لایه غیرقابل‌نفوذ در برابر رطوبت روی سطح بتن ایجاد می‌نمایند؛ در مکان‌هایی که انتقال بخار رطوبت موردنیاز است، باید ابزار کافی جهت خارج شدن رطوبت از سازه بتنی با تأیید مشاور و دستگاه نظارت تعبیه گردد.

ت- انواع کامپوزیت FRP به صورت لمینت، بافته الیاف، میلگرد و تسمه مورد استفاده قرار می‌گیرد. انواع الیاف مورد استفاده در مصالح کامپوزیتیFRP ، الیاف پلیمری کربن، الیاف پلیمری شیشه، الیاف پلیمری آرامید و الیاف پلیمری بازالت می‌باشند.

۱۴-۳-۷-۲- روش‌های نصب

روش نصب کامپوزیت‌های FRP بر اساس آنچه که در نقشه‌های اجرایی آمده، باید مطابق با یکی از روش‌های ذیل انتخاب گردد.

۱۴-۳-۷-۲-۱- روش نصب سطحی [1]

الف- تعمیر سطحی بتن در محل اتصال در صورت لزوم

الف ۱- پیش از شروع عملیات، در صورت وجود خرابی در سطح بتن، باید نسبت به رفع و تعمیر آن اقدام شود.

الف ۲- با تولیدکننده سیستم تقویتی FRP باید در مورد سازگاری مصالح تقویتی با مواد استفاده شده در تعمیر سطح، مشورت صورت گیرد.

1- Externally Bonded Reinforcement

الف ۳- سیستم‌های تقویتی FRP با نصب خارجی نباید روی سطوح مشکوک به وجود فعالیت‌های مربوط به خوردگی آرماتورها نصب گردند. دلایل خوردگی باید تعیین گردیده و هرگونه خرابی ناشی از خوردگی آرماتور نیز باید قبل از نصب خارجی هرگونه سیستم FRP، بر اساس دستورالعمل‌های ارائه شده توسط مشاور برطرف گردد.

الف ۴- در صورت وجود ترک‌های با عرض بیشتر از ۰/۳ میلی‌متر، ترک‌ها باید قبل از نصب سیستم تقویتی FRP، با تزریق پرفشار توسط اپوکسی با مشخصات و روش ارائه شده توسط مشاور پر شوند. هم‌چنین خرابی‌های سطحی بتن، باید توسط ملات تعمیری اصلاح شوند. شایان ذکر است در صورت وجود ناصافی‌های سطحی، باید آن‌ها را توسط بتونه‌های مستحکم (از جنس رزین) اصلاح نمود. رزین اپوکسی مورد استفاده باید به تأیید دستگاه نظارت برسد. می‌توان از آیین‌نامه‌ی ACI 503-93(08) و استاندارد (ASTM C881) بدین منظور استفاده نمود.

ب- آماده سازی سطحی

ب-۱- استفاده از یکی از روش‌های ماسه‌پاشی، فشار آب و یا ساییدن برای آماده‌سازی سطح مجاز است. در پایان این عملیات، باید سنگ‌دانه‌ها نمایان شده باشد. جهت زدودن گرد و غبار و آلودگی‌های موجود روی سطح بتن باید از فشار آب یا هوا استفاده گردد.

ب-۲- انتخاب روش مورد استفاده برای انجام آماده سازی سطحی باید در نقشه‌های اجرایی بیان شده باشد.

پ- سیستم‌های آماده‌ی ورق FRP (لمینیت)

پ-۱- باید یک لایه رزین بر روی بتن به صورت قوسی شکل اجرا شود. ضخامت رزین باید در وسط قوس بیش‌تر باشد. برای عرض ورق ۱۰۰ میلی متر، قوسی به ارتفاع حداکثر ۵ میلی متر لازم است. جزئیات در شکل ۱۴-۴۴ مشخص شده است.

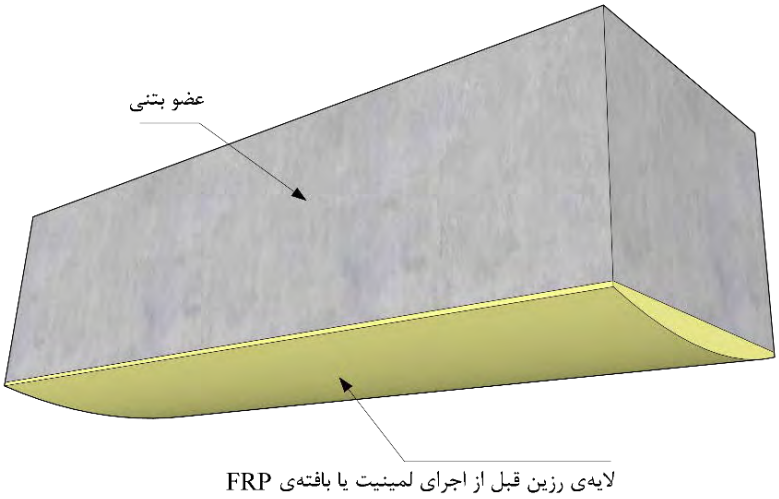
پ-۲- جهت اطمینان از اتصال مناسب با سطح بتن و هم‌چنین جلوگیری از تشکیل حباب هوا در زیر ورق، لازم است یک غلتک دستی به آرامی روی آن کشیده شود.

پ-۳- در صورتی که ورق‌های پیش‌ساخته در یک لایه استفاده شود؛ تعداد لایه‌های بیش‌تر، در صورت تأیید دستگاه نظارت امکان پذیر می‌باشد.

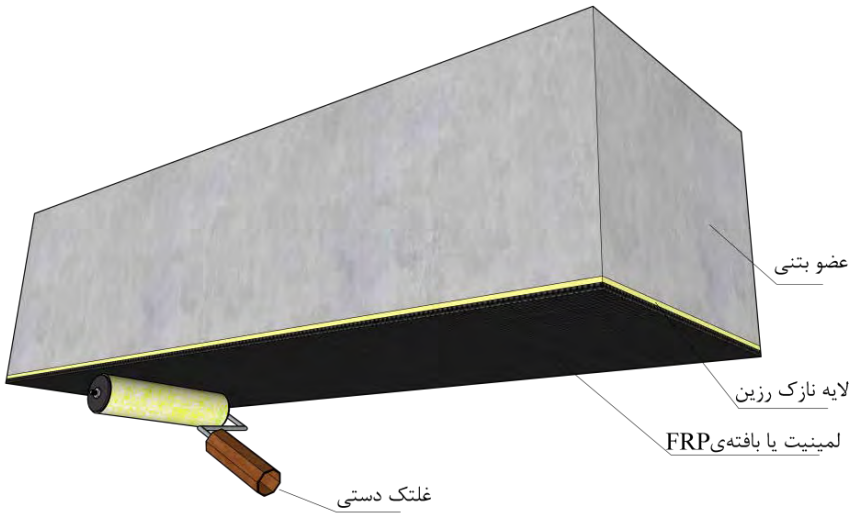
ت- سیستم‌های FRP با به کارگیری بافته‌ی الیافی با کاربرد تَر

ت-۱- در هنگام اجرای ورق‌های FRP (به صورت بافته)، با استفاده از غلتک دستی و یا ماله و کاردک دندانه‌دار، روی سطح باید با لایه بسیار نازکی از رزین آغشته گردد. سپس ورق FRP مورد نظر روی سطح قرار گرفته و با غلتک و یا کاردک روی آن به آرامی کشیده شود، به صورتی که هیچ گونه حباب هوایی در زیر آن مشاهده نگردد.

ت-۲- در هنگام تقویت با چندین لایه، نصب لایه بعدی باید قبل از عمل‌آوری و سفت شدن لایه قبلی صورت گیرد.



(الف)



(ب)

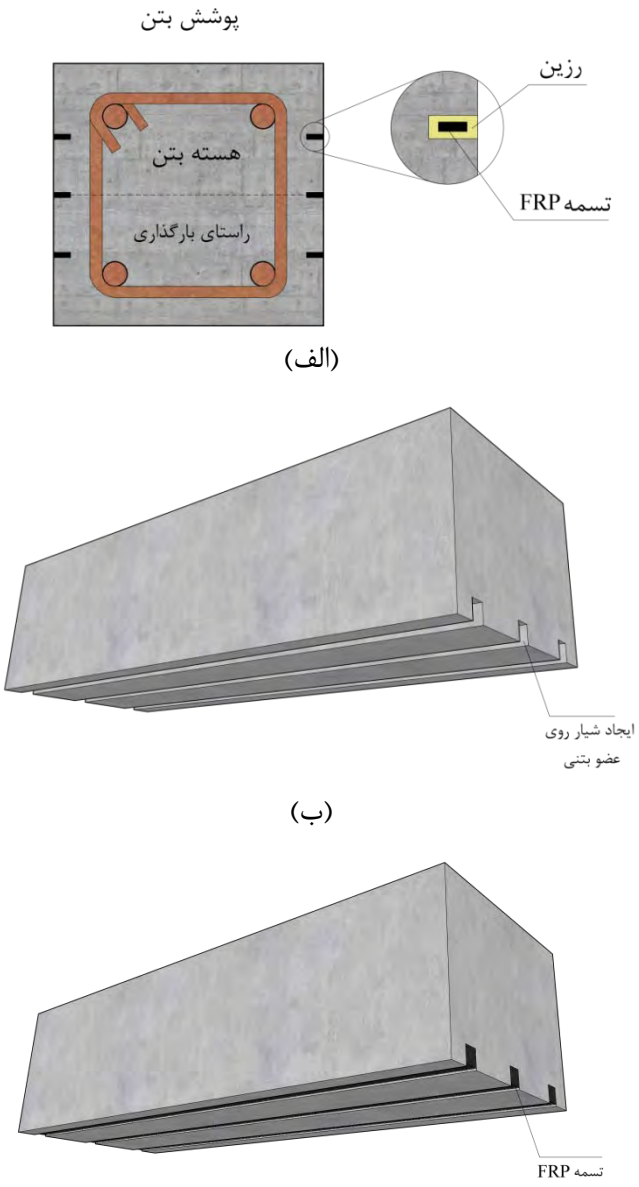
شکل ۱۴-۴۴- الف) آغشته کردن عضو بتنی با لایه‌ی نازک از رزین زیر لمینیت و یا بافته‌ی FRP ؛ ب) کشیدن غلتک (کاردک) مناسب روی سطح نوار یا ورق FRP جهت از بین بردن حباب هوا

۱۴-۳-۷-۲-۲- روش نصب در نزدیک سطح[1]

الف- در شکل ۱۴-۴۵ نحوه نصب میلگرد یا تسمه‌های FRP در روش نصب در نزدیک سطح نشان داده شده است.

ب- حداقل ابعاد شیارها در این روش، باید ۱/۵ برابر قطر میلگرد (یا ضخامت تسمه) FRP در نظر گرفته شود. در هنگام استفاده از تسمه‌های مستطیل شکل به ابعاد a_b و b_b (که a_b بعد کوچک‌تر تسمه می‌باشد)، حداقل ابعاد شیار مورد استفاده باید برابر با $3a_b$ و $1.5b_b$ باشد (شکل ۱۴-۴۵).

1- Near Surface Mounted-NSM



شکل ۱۴-۴۵- روش نصب در نزدیک سطح (NSM)؛ الف)نحوهٔ تقویت ستون به صورت شماتیک؛ ب) ایجاد شیار در راستای مورد نظر روی عضو بتنی؛ پ) قرار دادن تسمه (نوار) داخل شیار و تزریق رزین به صورت هم‌زمان

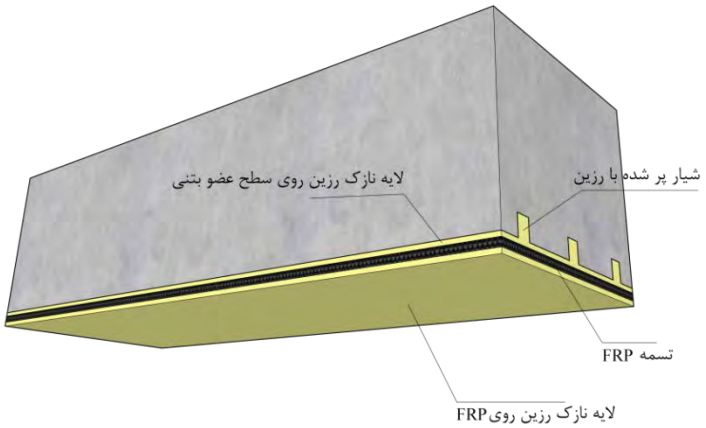
۱۴-۳-۷-۲-۳- روش شیار زنی با تکنیک نصب خارجی ورق روی شیار[1]

الف- الزامات مربوط به روش تقویت با تکنیک نصب خارجی ورق روی شیار، مشابه با نصب کامپوزیت FRP با روش نصب سطحی (EBR) می‌باشد؛ با این تفاوت که نیازی به آماده‌سازی سطح که در روش EBR ارائه گردید، نمی‌باشد.

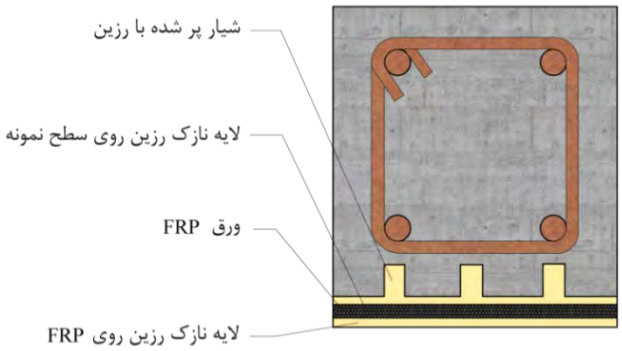
ب- گروه‌های شیار باید در نقشه‌های اجرایی ارائه شده باشد.

1- Externally Bonded Reinforcement on Groove- EBROG

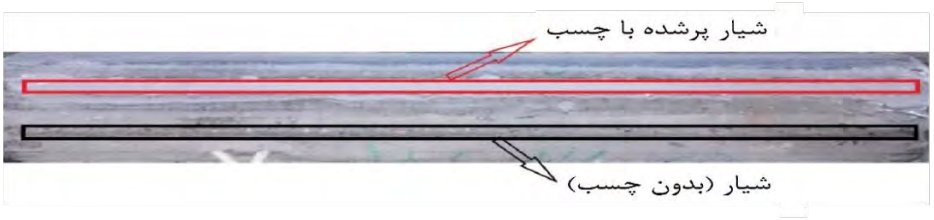
پ- در این روش، در ابتدا باید درون شیار با رزین مورد تأیید دستگاه نظارت پر شود؛ سایر مراحل تقویت مشابه با روش EBR می‌باشد. جزئیات در شکل ۱۴-۴۶ ارائه شده است.



(الف)



(ب)



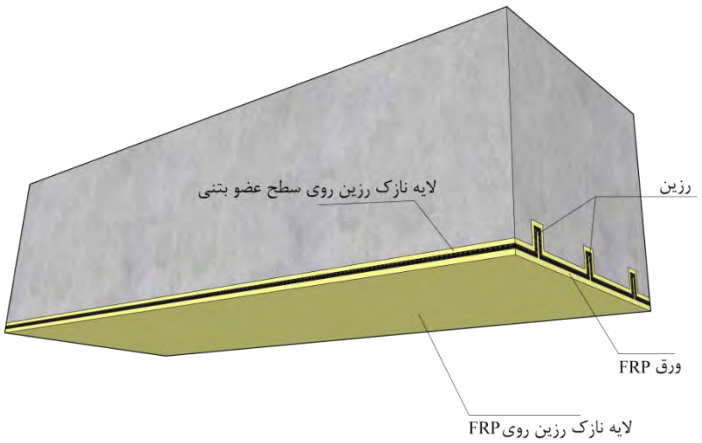
(پ)

شکل ۱۴-۴۶- روش شیار زنی با تکنیک نصب خارجی ورق روی شیار (EBROG)؛ الف) تقویت عضو بتنی به صورت شماتیک؛ ب) مقطع عضو بتنی تقویت شده؛ پ) شیارهای ایجاد شده و پر کردن شیارها با رزین مناسب

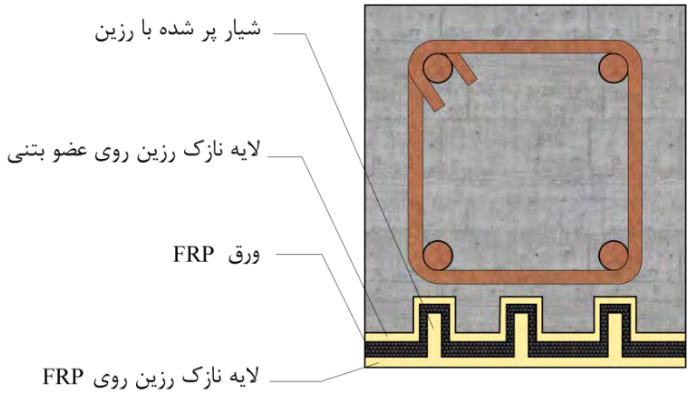
۱۴-۳-۷-۲-۴- روش شیار زنی با تکنیک نصب خارجی ورق داخل شیار[1]

الزامات این روش مشابه روش بیان شده در بخش پیش‌گفته می‌باشد؛ با این تفاوت که در این روش پس از تعبیه شیارهای مورد نظر، ابتدا باید داخل آن‌ها رزین ریخته شده و سپس ورق FRP در محل شیارها به وجه شیار چسبانده شود. برای جزئیات به شکل ۱۴-۴۷ مراجعه شود.

1- Externally bonded reinforcement in grooves-EBRIG



(الف)



(ب)

شکل ۱۴-۴۷- روش شیار زنی با تکنیک نصب خارجی ورق داخل شیار (EBRIG)

۱۴-۳-۷-۳- نکات عمومی اجرایی و ایمنی در حین اجرا

الف- کامپوزیت‌های FRP باید توسط دست‌کش‌های تمیز و تحت شرایط خشک جابه‌جا گردند؛ همچنین پوشش‌های محافظ ورق‌های FRP باید تنها قبل از شروع تقویت برداشته شوند.

ب- در هنگام نصب سیستم‌های چندلایه، لازم است روش عمل‌آوری لایه قبلی، پیش از چسباندن لایه جدید پایش شود. در صورت مشاهده هرگونه ناهنجاری در نحوه عمل‌آوری لایه قبلی، عملیات نصب لایه‌های بعدی باید متوقف شود.

پ- قبل از شروع تقویت،کامپوزیت‌های FRP باید در اندازه‌های موردنیاز برش داده شده و آماده گردند؛ در صورت وجود شرایط ویژه حمل این موارد باید طبق دستورالعمل‌های سازنده اجرا گردد.

ت- الیاف و ورقه‌های FRP باید به‌گونه‌ای حمل گردند که تغییری در جهت و راستای آن‌ها ایجاد نگردد. هرگونه پیچ‌خوردگی، تاخوردگی یا تغییر دیگری در الیاف FRP باید به دستگاه نظارت گزارش شود.

ث- در صورت وقوع هرگونه خرابی و واردآمدن خسارت به سیستم تقویت شده با کامپوزیت‌های FRP، موارد باید به دستگاه نظارت اطلاع داده شده و با تولیدکننده سیستم FRP مشورت صورت گیرد.

ج- تقویت با کامپوزیت‌های FRP، باید توسط تکنسین‌های آموزش‌دیده و دارای صلاحیت و بر اساس دستورالعمل‌های نصب ارائه شده توسط مشاور و تولیدکننده انجام پذیرد. هیچ‌گونه تغییر نسبت به دستورالعمل مذکور (مگر با مشورت و تأیید مشاور و تولیدکننده) نباید در اجرا صورت گیرد.

چ- تمامی تجهیزات موردنیاز جهت تقویت باید به تعداد کافی و مناسب در محل پروژه وجود داشته باشد تا هیچ‌گونه وقفه‌ای در پیوستگی عملیات بهسازی اتفاق نیفتاد.

ح- در هنگام تقویت، جهت جلوگیری از آلودگی و نشت رزین روی سطوح مجاور، باید سطوح مذکور پوشانده شود.

۱۴-۳-۷-۴- نکات مربوط به شرایط محیطی در حین اجرا

الف- دما، رطوبت نسبی و رطوبت سطح در زمان نصب، روی عملکرد سیستم تقویتی با کامپوزیت FRP اثر می‌گذارند؛ لذا شرایط محیطی از جمله دمای سطح موردنظر برای تقویت، شرایط رطوبت سطح بتن، رطوبت نسبی و نقطه شبنم متناظر با آن قبل و در هنگام نصب باید کنترل گردد.

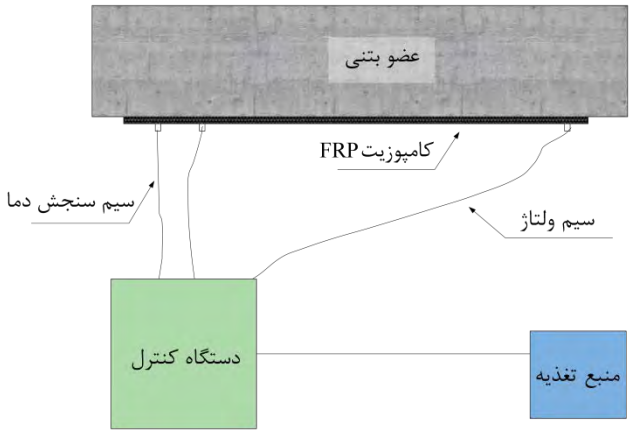
ب- حداکثر دمای مجاز برای اجرا باید توسط مشاور در مشخصات فنی ذکر گردد.

پ- میزان رطوبت نسبی مجاز سطح باید توسط تولیدکننده مصالح تعیین شده باشد. سطح بتن تحت هیچ شرایطی نباید مرطوب باشد. دمای سطح بتن باید حداقل ۵ درجه سانتی‌گراد بیش‌تر از دمای نقطه شبنم (که به رطوبت هوا وابسته است) باشد.

ت- از آغازگرها، رزین‌های اشباع و چسب‌ها نباید در شرایط دمایی سرد یا یخبندان (فصل زمستان) استفاده کرد.

ث- دمای سطح بتن از مقدار حداقل تعیین شده توسط تولیدکننده نباید کم‌تر باشد.

ج- در صورت تأیید دستگاه نظارت، استفاده از یک منبع حرارتی کمکی جهت بالابردن دمای سطح در حین نصب سیستم تقویتی و همچنین ایجاد دمای مناسب جهت عمل‌آوری مجاز می‌باشد. منبع گرمایی مذکور باید تمیز بوده و سطح و یا سیستم FRP عمل‌آوری نشده را آلوده نکند. استفاده از سیستم‌های گرمایش کمکی مختلف از جمله وسایل گرمازای الکتریکی، سیستم‌های گرمایشی مادون‌قرمز، پتو و استفاده از ظرفیت رسانایی الکتریکی کامپوزیت‌های CFRP جهت ایجاد گرمایش در کامپوزیت‌ها مجاز است. شکل ۱۴-۴۸ گرمایش به روش مذکور را نشان می‌دهد. جزئیات این روش باید در مشخصات فنی بیان شود.



شکل ۱۴-۴۸- ایجاد گرمایش جهت عمل آوری سریع با استفاده از ظرفیت رسانایی کامپوزیت‌های CFRP

چ- رزین‌ها نباید در سطوح مرطوب مورداستفاده قرار گیرند، مگر در مواردی که برای استفاده در شرایط مذکور تولید شده باشند. برای این موارد اخذ مجوز دستگاه نظارت الزامی است.

ح- استفاده از سیستم‌های تقویتی FRP روی سطوح بتنی که در معرض انتقال بخار رطوبت می‌باشند، مجاز نمی‌باشد.

سازه یا عضو تقویت شده با FRP باید به‌طور کامل عمل‌آوری شود؛ در غیر این صورت نباید تحت بار سرویس قرار گیرد. تولیدکننده باید مدت‌زمان تقریبی لازم جهت عمل‌آوری رزین‌های مختلف در دماهای موردنظر را اعلام نماید.

خ- هنگام نصب سیستم تقویتی یا عمل آوری رزین، در صورت وجود شرایطی همانند دمای نامطلوب، تماس مستقیم با باران، گرد و خاک یا آلودگی، تابش بیش از حد خورشید، باید با استفاده از چادر یا صفحات پلاستیکی، محافظت دمایی و محیطی صورت گیرد.

۱۴-۳-۷-۵- نکات مربوط به اجرای سیستم تقویتی

الف- در صورت استفاده از روش مکانیکی، برای نصب کامپوزیت‌های FRP صلاحیت دستگاه مورداستفاده باید توسط دستگاه نظارت تأیید گردد.

ب- در مواردی که باید کامپوزیت FRP به‌صورت پیش‌تنیده اجرا گردد، پیمانکار باید تجهیزات لازم برای عملیات پیش‌تنیدگی را پیش از اجرا، به تأیید دستگاه نظارت برساند.

پ- در هنگام تقویت با کامپوزیت‌های FRP، در محل‌هایی که عضو دارای لبه‌های تیز باشد، بایستی لبه‌های مذکور را به اندازه‌ی حداقل شعاعی که در نقشه‌های اجرایی بیان شده، گرد نمود.

ت- در صورت استفاده از چندین لایه کامپوزیت FRP، استفاده بیش‌تر از ۳ لایه برای ورق‌های FRP، و استفاده بیش‌تر از ۵ لایه برای نوارهای معمولی توصیه نمی‌گردد.

ث- در حالت استفاده از سیستم تقویتی چندلایه، لازم است از موارد زیر اطمینان حاصل شود:

ث-۱- تمامی لایه‌ها به رزین آغشته شده باشند.

ث-۲- مقاومت برشی رزین جهت انتقال نیروهای برشی بین لایه‌ها، کافی باشد.

ث-۳- مقاومت اتصال بین بتن و ورق FRP کافی و مناسب باشد.

ج- استفاده از ورق‌های FRP بر روی هم، در تمامی سیستم‌های تقویتی مجاز نمی‌باشد.

چ- هنگام تقویت با سیستم‌های FRP، جهت و ترتیب چسباندن ورق‌های FRP باید از قبل مشخص باشد؛ تغییر در جهت ورق‌های FRP تنها با مجوز مشاور، مجاز می‌باشد.

ح- برای دهانه‌های بزرگ، طول‌های مختلف مصالح (ورق FRP) جهت انتقال پیوسته بارها، با درنظرگرفتن وصله پوششی مناسب بین ورق‌ها، می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد. جزئیات وصله پوششی از جمله طول موردنیاز، باید بر مبنای آزمایش‌های از پیش تعیین شده توسط مشاور و طبق دستورالعمل‌های تولیدکننده باشد.

۱۴-۳-۷-۶- نکات مربوط به ایمنی سیستم در برابر گرما و آتش سوزی

پیش از تقویت سازه‌ها با کامپوزیت‌هایFRP، میزان خطرپذیری سازه مورد تقویت در برابر آتش‌سوزی باید توسط مشاور ارزیابی شود. در صورت صلاحدید، باید سازه‌ی تقویت شده با کامپوزیت FRP با روش‌هایی در برابر آتش محافظت گردد. در این خصوص باید یکی از روش‌های ذیل استفاده گردد:

الف- استفاده از پوشش سطحی

پوشش‌های سطحی محافظ می‌تواند به‌صورت رنگ یا پانل‌های پیش‌ساخته باشد. پوشش‌های سطحی باید براساس طرح دستگاه مشاور و مطابق با دستورالعمل‌های تولیدکننده و تحت نظر دستگاه نظارت نصب گردند. تولیدکننده پوشش سطحی باید درجه محافظت در برابر آتش را به‌عنوان تابعی از ضخامت پانل یا روکش محافظ بیان نماید. با استفاده از سیستم عایق‌بندی مناسب با ضخامت موردنیاز، باید تاب‌آوری سازه در برابر آتش را تا ۵ ساعت افزایش داد (CNR 200/2004). سازگاری بین سیستم تقویتی نصب خارجی و لایه‌ی نهایی باید توسط مشاور تأیید گردد.

ب- افزودنی‌های ضد حریق

استفاده از افزودنی‌های ضدحریق در ماتریس رزین، مجاز می‌باشد. نوع و مقدار استفاده از افزودنی‌های ضدحریق باید توسط دستگاه مشاور و با استعلام از تولیدکننده تعیین گردد.

۱۴-۳-۷-۷- تقویت اعضای بتن آرمه با کامپوزیت FRP

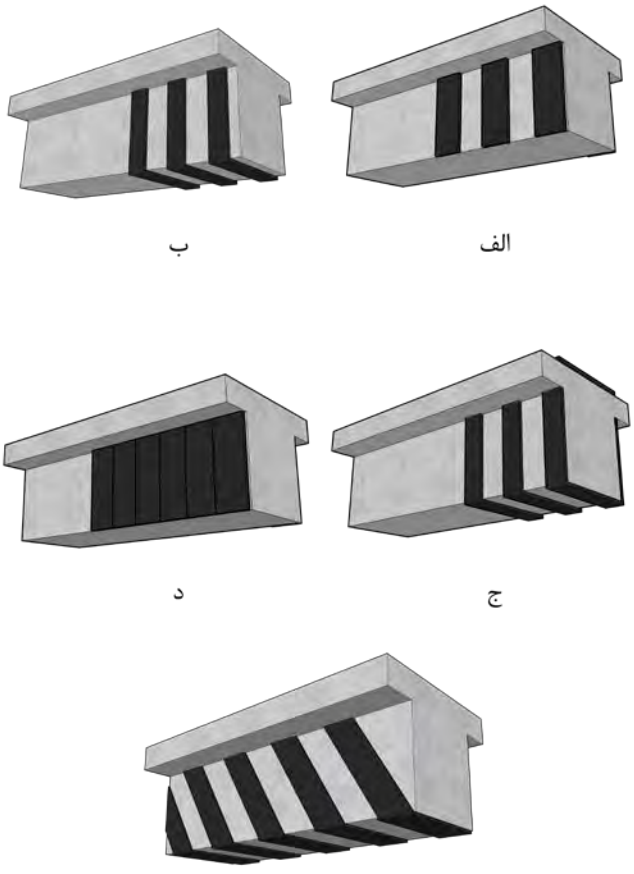
۱۴-۳-۷-۷-۱- تقویت خمشی

در اتصال کامپوزیت‌های FRP به وجه کششی اعضای خمشی، جهت الیاف باید در راستای طول عضو قرار گیرد.

۱۴-۳-۷-۷-۲- تقویت برشی

الف- تقویت برشی با کامپوزیت‌های FRP، باید به‌صورت‌های تقویت ۲ طرفه، تقویت ۳ طرفه و تقویت کامل (دورپیچ) باشد. جزئیات باید مطابق با شکل ۱۴-۴۹ الف تا پ باشد.

ب- در تقویت برشی استفاده از ورق‌های FRP به‌صورت پیوسته مجاز است. در این حالت، ممکن است رطوبت احتمالی موجود در داخل بتن، به دلیل عدم امکان خروج، به مرور زمان به کامپوزیت‌های FRP فشار آورده و سیستم تقویتی را دچار ضعف نماید (شکل ۱۴-۴۹-ت).



شکل ۱۴-۴۹- نمایش انواع مختلف تقویت برشی تیر بتن آرمه با کامپوزیت‌های FRP به صورت شماتیک؛ الف) تقویت دو طرفه؛ ب) تقویت سه طرفه؛ ج) تقویت کامل (دورپیچ)؛ چ) تقویت به صورت پیوسته؛ ه) تقویت به صورت مایل

۱۴-۳-۷-۷-۳- تقویت ستون

الف- استفاده از کامپوزیت‌های FRP در تقویت ستون‌ها تنها به‌صورت دورپیچی (ایجاد محصورشدگی) مجاز می‌باشد.

ب- استفاده از ورق طولی با استفاده از روش شیارزنی در تقویت ستون‌ها، تنها با تأیید دستگاه نظارت مجاز می‌باشد.

پ- جهت جلوگیری از پاره شدن کامپوزیت FRP به علت تمرکز تنش در مقاطع گوشه‌دار و غیر دایروی، باید تیزی گوشه‌ها با ایجاد انحنایی با حداقل شعاعی برابر با ۱۳ میلی‌متر اصلاح گردد.

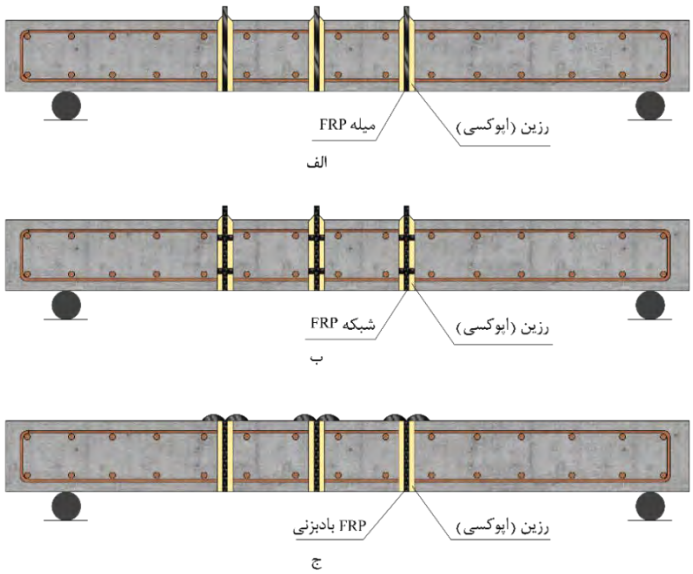
۱۴-۳-۷-۷-۴- تقویت خمشی و برشی دال

الف- جهت تقویت خمشی دال‌ها، استفاده از کامپوزیت‌های FRP به‌صورت طولی مجاز است. عرض و فاصله‌ی نوارها و همچنین سایر جزئیات باید در نقشه‌های اجرایی ارائه گردد.

ب- تقویت برشی منگنه‌ای دال با استفاده از میله‌های قائم FRP[1]، شبکه FRP[2] و یا FRP بادبزنی[3] به صورت قائم در اطراف ستون مجاز است. برای جزئیات به شکل ۱۴-۵۰ و شکل ۱۴-۵۱ مراجعه شود؛ سایر جزئیات اجرایی باید توسط مشاور ارائه گردد.

(الف) (ب) (پ)

شکل ۱۴-۵۰- کامپوزیت‌های FRP مورد استفاده در تقویت برش منگنه‌ای؛ الف) میله FRP؛ ب) شبکه‌ی FRP؛ پ) FRP بادبزنی



شکل ۱۴-۵۱- تقویت برش منگنه‌ای دال به صورت شماتیک الف) میله FRP؛ ب) شبکه‌ی FRP؛ پ) FRP بادبزنی

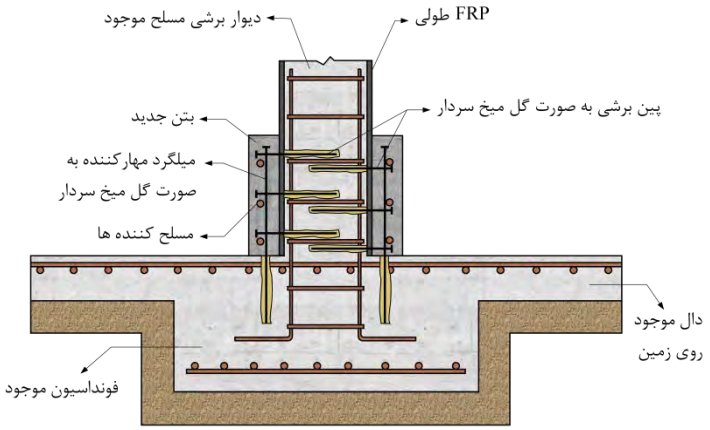
1- FRP rod
2- FRP grid
3- FRP fan

۱۴-۳-۷-۷-۵- تقویت دیوارهای برشی

برای مهار طولی FRP در تقویت دیوار برشی، الیاف باید تا تراز کف‌ها ادامه یابد. در پی‌ها، مهار کامپوزیت FRP باید با یکی از روش‌های زیر انجام گیرد:

الف- مهار توسط محفظه‌ی بتنی

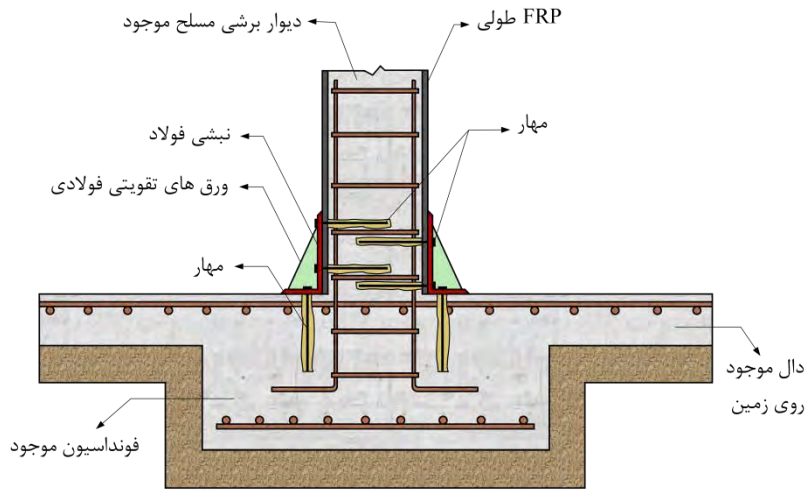
در این حالت، پوشش بتنی توسط میله‌هایی با قطر مناسب به پی و همچنین دیوار برشی باید دوخته شود. پوشش بتنی مورداستفاده باید مسلح به آرماتور فولادی لازم باشد. برای جزئیات به شکل ۱۴-۵۲ مراجعه شود. سایر الزامات باید در مشخصات فنی بیان شده باشد.



شکل ۱۴-۵۲- استفاده از پوشش بتنی جهت مهار کامپوزیت‌های FRP در پی، در تقویت خمشی دیوار برشی

ب- مهار توسط نبشی فولادی

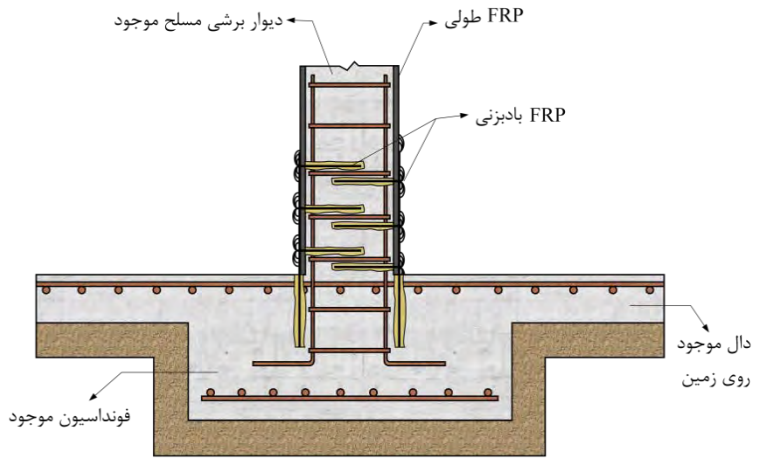
در این روش، باید نبشی‌های فولادی با پیچ‌هایی به داخل دیوار برشی و همچنین پی مهار گردند. پیچ‌های مذکور باید تمام نیروی کششی وارده را به‌صورت اصطکاکی تحمل نمایند. برای جزئیات به شکل ۱۴-۵۳ مراجعه کنید. سایر الزامات باید در مشخصات فنی بیان شده باشد.



شکل ۱۴-۵۳- استفاده از نبشی فولادی جهت مهار کامپوزیت‌های FRP در پی، در تقویت خمشی دیوار برشی

پ- استفاده از مهار بادبزنی

در این حالت، کامپوزیت FRP به‌صورت مهار بادبزنی در داخل پی مهار می‌گردد. برای جزئیات به شکل ۱۴-۵۴ مراجعه شود. سایر مشخصات باید در مشخصات فنی بیان شده باشد.



شکل ۱۴-۵۴- استفاده از FRP بادبزنی جهت مهار کامپوزیت‌های FRP در پی، در تقویت خمشی دیوار برشی

۱۴-۳-۷-۷-۶- کنترل کیفیت رزین

۱۴-۳-۷-۷-۶-۱- خصوصیات فیزیکی

الف- ویسکوزیته رزین

ویسکوزیته رزین در سطوح قائم، افقی و سقف‌ها باید بر اساس EN 1299 (CEN 1998 a) کنترل گردد.

ب- شرایط عمل آوری و انقباض

ب-۱- رزین باید براساس مقاومت مورد نیاز تحت شدیدترین شرایط خارجی و محیطی (شامل دما و رطوبت)، قادر به عمل آوری باشد. این شرایط باید توسط تولیدکننده تعیین شده باشد.

ب-۲- حداکثر دما باید بر اساس دوره کارایی و ویسکوزیته تعیین گردد. حداقل دمای مجاز که در آن عمل‌آوری قابل انجام است ۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

ب-۳- حداکثر رطوبت نسبی، باید ۸۰ درصد باشد.

ب-۴- میزان انقباض رزین باید به کم‌تر از ۰/۱ درصد طبق استانداردهای EN 12612-3 و CEN2001b محدود شود.

پ- مدت زمان کارایی

پ-۱- رزین مورد استفاده، قبل از اعمال روی سطح، حداکثر تا ۴۰ دقیقه (در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و یا دمای معمولی در هنگام تقویت) قابل استفاده خواهد بود.

پ-۲- حداکثر مدت زمانی که پس از اعمال رزین روی سطح، می‌توان اتصال کامپوزیت FRP را نصب نمود، مطابق با استاندارد EN 12189 (CEN 1999 a)، باید به ۲۰ دقیقه (در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد) محدود شود.

پ-۳- برای تمامی اجزای رزین، حداکثر مدت زمان انبارش در محفظه‌های استاندارد و در دمای ۵ تا ۲۵ درجه سانتی گراد، نباید از ۶ ماه تجاوز نماید.

ت- مقاومت در برابر رطوبت

انتقال رطوبت از طریق رزین باید حداقل باشد. حداکثر جذب آب مطابق با استاندارد EN 13580 پس از غوطه‌وری در آب نباید از ۳٪ وزن رزین بیش‌تر شود.

۱۴-۳-۷-۷-۷- خصوصیات مکانیکی کوتاه مدت رزین عمل آوری شده

الف- مدول الاستیسیته در خمش باید بر اساس ISO 128 (ISO 1993 b) تعیین شده و بین ۲۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ مگاپاسکال باشد.

ب- مقاومت برشی مطابق با استاندارد EN 12188 باید حداقل برابر با ۱۲ مگا پاسکال در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد باشد.

پ- مقاومت چسبندگی عامل اتصال، مطابق با استاندارد EN 12188 باید بزرگ‌تر از ۱۵ مگاپاسکال در دمای ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد باشد.

۱۴-۳-۷-۷-۸- دوام و خصوصیات کوتاه مدت رزین عمل‌آوری شده

خصوصیات مربوط به دوام باید براساس داده‌های پروژه‌های مربوط به ۱۵ سال گذشته که دارای شرایط مشابه با شرایط پروژه موردنظر هستند و بر اساس استانداردهای زیر تعیین گردد:

prEN 13584-1 (CEN 2001 f) ،prEN 13733 (CEN 2001 g)

prEN 13894-1 (CEN 2001 h) prEN 13894-2 (CEN 2001 i)

۱۴-۳-۷-۸- کنترل کیفیت سیستم تقویتی FRP

۱۴-۳-۷-۸-۱- خصوصیات فیزیکی سیستم تقویتی FRP

الف- وزن و حجم شکستگی الیاف باید بر اساس استاندارد ASTM D3121 و ASTM D2584 و یا وزن واحد سطح برای هر یک از راستاهای الیاف تعیین گردد.

ب- حداقل میزان رزین موردنیاز جهت آغشته‌سازی، بر حسب گرم رزین برای یک مترمربع الیاف کامپوزیت FRP باید از سوی تولیدکننده تعیین گردد.

۱۴-۳-۷-۸-۲- اتصال میان کامپوزیت FRP، رزین و بتن

الف- عملکرد اتصال باید بر اساس آزمایش کشش مستقیم مطابق با استاندارد(EN 1542 (CEN 1999 c و در مدت زمان ۷ و ۱۴ روز و تحت شرایط عمل‌آوری مورد نظر، انجام پذیرد.

ب- دوام بر اساس عملکرد اتصال در کشش مستقیم باید مطابق با استاندارد EN 13733 تعیین شود.

۱۴-۳-۷-۹- حداقل بازرسی و نمونه گیری لازم در فرآیند بهسازی

۱۴-۳-۷-۹-۱- بازرسی

الف- مصالح کامپوزیت نیاز به بازرسی ویژه‌ای جهت نگهداری ندارد. اگر لایه رزین مورداستفاده به دلایلی همچون سایش یا تنزل یا سایر شرایط محیطی از بین رفته باشد، باید آن را با رزین سازگار جایگزین نمود.

ب- سیستم‌های تقویتی با کامپوزیت‌های FRP به دلیل قرارگیری در محیط‌های مختلف و مواجهه با خطرات احتمالی، باید به‌صورت دوره‌ای پایش و بازرسی گردند.

پ- در هنگام تقویت با سیستم کامپوزیت FRP، باید بازرسی روزانه صورت گیرد. در این بازرسی باید موارد زیر کنترل گردند:

پ-۱- تاریخ و ساعت اجرای عملیات بهسازی

پ-۲- دمای اولیه، رطوبت نسبی و شرایط کلی آب و هوایی

پ-۳- دمای سطح بتن

پ-۴- روش‌های آماده سازی سطح مورد استفاده در پروژه

پ-۵- شرح کیفی وضعیت تمیزی سطح

پ-۶- نوع منبع گرمازای کمکی (در صورت استفاده)

پ-۷- ضخامت ترک‌هایی که با اپوکسی مناسب پر نشده‌اند

پ-۸- تعداد دسته‌های ورق یا لمینیت استفاده شده در پروژه و محل استفاده از آن‌ها

پ-۹- نسبت، زمان و شرح کیفی اختلاط تمامی رزین‌های مورد استفاده (ازجمله چسب، بتونه، ملات تعمیری و ...)

پ-۱۰- مشاهدات مربوط به روند عمل‌آوری رزین

پ-۱۱- مکان و اندازه‌ی برآمدگی‌های سطح تقویتی و یا حباب‌های هوا

ت- نتایج گزارش مربوط به بازرسی و نتایج حاصل از آزمایش پانل‌های شاهد باید به مدت ۱۰ سال یا مدت زمانی که توسط مشاور تعیین می‌گردد، نگه‌داری شوند.

ث- پیمانکار باید نمونه‌های گرفته شده در حین پروژه را نگه‌داری نموده و نتایج آن را در صورت نیاز ارائه نماید.

۱۴-۳-۷-۹-۲- نمونه گیری برای کنترل کیفیت

الف- در صورتی که سیستم به‌صورت پیش‌ساخته باشد، آزمایش‌های کنترل کیفیت سیستم تقویتی با کامپوزیت FRP باید توسط تولیدکننده از قبل انجام‌گرفته و نتایج آن در دسترس باشد.

ب- در صورتی که از سیستم‌های تقویتی با کاربرد تَر استفاده شود، باید کنترل کیفیت توسط آزمایشگاه انجام گیرد.

پ- در صورت نیاز به نمونه‌گیری شبه مخرب، باید مساحتی به صورت اضافه در محل پروژه (تحت همان شرایط محیطی واقعی) تقویت گردد و نمونه‌گیری در مساحت اضافی انجام شود. مساحت اضافی مذکور «مساحت شاهد» نامیده می‌شود. مساحت کلی سطح اضافی نباید از ۰/۵ درصد مساحت اصلی مورد تقویت کم‌تر باشد. همچنین این مساحت تحت هیچ شرایطی نباید از ۰/۱ مترمربع کم‌تر باشد. مساحت شاهد باید به گونه‌ای در نظر گرفته شود که آزمایش‌های شبه‌مخرب انجام شده، روی سیستم تقویتی اصلی اثری نگذارد.

ت- بعد از عمل‌آوری در محل پروژه، پانل‌های شاهد باید به‌منظور ارزیابی مواردی چون مقاومت کششی و مدول الاستیسیته مطابق با استانداردهای ASTM D3039/D3039M، D7205/D7205M و D7565/D7565M و دمای انتقال شیشه مطابق با استاندارد ASTM E1640 در سیستم‌های با کاربردتر مورد آزمایش قرار گیرند. دوره‌ی تناوب آزمایش‌ها باید توسط مشاور تعیین گردد.

ث- با توجه به آنکه در سیستم‌های پیش عمل‌آوری شده، استخراج پانل‌های شاهد مسطح و کوچک امکان‌پذیر نمی‌باشد. معیارها باید بر اساس مشخصات ارائه شده توسط دستگاه نظارت تعیین گردد.

ج- آزمایش چسبندگی ورق به بتن (کشش سطحی[1]) مطابق با استاندارد ASTM D7522/D7522M باید به ازای حداقل ۲ مترمربع و حداکثر ۵ مترمربع تقویت با کامپوزیت FRP، یک نوبت از آزمایش‌های مذکور انجام گیرد.

چ-آزمایش کشش مستقیم باید مطابق با استاندارد EN 1542 (CEN 1999c) (ارزیابی سازگاری رزین مورداستفاده و سطح بتن) با استفاده از پانل دایروی به ضخامت ۲۰ میلیمتر با قطری حداقل برابر با ۴۰ میلیمتر انجام شود.

۱۴-۳-۷-۱۰- معیارهای پذیرش

۱۴-۳-۷-۱۰-۱- مصالح

الف- قبل از آغاز پروژه، خصوصیات مصالح مصرفی باید توسط تولیدکننده ارائه شده باشد. در صورت نیاز به آزمایش‌های تکمیلی این کار باید توسط دستگاه نظارت انجام شود.

ب- آزمایش تعیین زمان کارایی رزین و سخت‌شدگی در هنگام عمل‌آوری، به‌صورت درجا در محل پروژه به‌صورت چشمی مجاز است.

۱۴-۳-۷-۱۰-۲- جهت قرارگیری الیاف

جهت و نحوه قرارگیری الیاف، ورق‌ها و لمینیت‌های مورداستفاده باید توسط دستگاه نظارت و با بازرسی چشمی تعیین گردد. الیاف نباید بیشتر از ۵ درصد انحراف داشته باشد.

1- Pull off

پ- لایه لایه شدگی سیستم تقویتی

الف- لایه لایه شدگی‌های کم‌تر از ۱۳۰۰ میلیمترمربع، تا زمانی که لایه‌لایه شدگی از ۵ درصد مساحت کل تقویت کم‌تر باشد، قابل صرف‌نظرکردن است.

ب- لایه‌لایه‌شدگی‌های بزرگ‌تر از ۱۶,۰۰۰ میلیمترمربع، روی عملکرد اتصال اثر گذاشته و باید تعمیر گردند.

پ- در مواردی که لایه‌لایه‌شدگی‌های کوچک‌تر از ۱۶,۰۰۰ میلیمترمربع باشد، ناحیه مذکور باید با کمک تزریق اپوکسی و جایگزین نمودن لایه جدید، تعمیر گردد.

ت- ارزیابی و تعمیر لایه‌لایه‌شدگی برای سیستم‌های پیش‌عمل‌آوری شده، باید از طریق طرح ارائه شده از سوی مشاور صورت گیرد.

ت- عمل‌آوری رزین

الف- کیفیت عمل‌آوری نسبی باید بر اساس نمونه‌های گرفته شده از رزین و یا پانل‌های شاهد و مطابق با استاندارد ASTM D3418 ارزیابی شوند. ارزیابی عمل‌آوری به‌صورت چشمی و بر اساس میزان سخت‌شدگی رزین باقی‌مانده مجاز می‌باشد.

ب- در سیستم‌های پیش‌ساخته، میزان سخت‌شدگی رزین، باید بر اساس دستورالعمل‌های تولیدکننده ارزیابی گردد.

ث- مقاومت رزین

الف- برای اتصالات پیوستگی – بحرانی، باید از آزمایش کشش رزین روی نمونه‌های مغزه‌گیری شده مطابق با ASTM D7522/D7522M استفاده گردد. این آزمایش در هنگام استفاده از روش NSM، کاربرد ندارد. مقاومت کششی رزین باید حداقل ۱/۴ مگاپاسکال باشد و سبب گسیختگی سطح بتن گردد. مقادیر کم‌تر و همچنین وقوع گسیختگی بین سیستم تقویتی و بتن باید جهت‌پذیرش و یا عدم‌پذیرش، به دستگاه نظارت اطلاع داده شود.

ب- برای سیستم‌های تقویت شده با روش NSM، کیفیت رزین باید با مغزه‌گیری و بازرسی چشمی در پیرامون تسمه‌ها انجام شود. مغزه‌گیری باید به‌گونه‌ای باشد که پیوستگی تسمه FRP را از بین نبرد. نمونه‌گیری باید در انتهای تسمه‌ها انجام گیرد.

۱۴-۴- پیش‌تنیدگی در بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود

۱۴-۴-۱- بهسازی با پیش‌تنیدگی خارجی

الف- اگر تاندون مستقیم نباشد، مهارها و انحراف‌دهنده‌های مسیر تاندون باید بر روی سازه موجود نصب گردد.

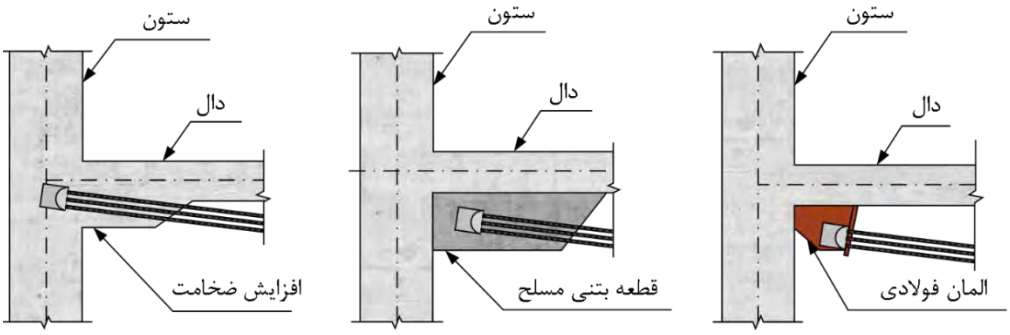
ب- هرگاه به علت محدودیت‌هایی نظیر عدم وجود فضای کافی برای قراردادن مهارها و یا به علت اعمال خروج از مرکزیت نتوان گیره‌ها را در سازه موجود مهار کرد، باید از یکی از روش‌های ذیل استفاده شود:

ب-۱- استفاده از عناصر فولادی مطابق با شکل ۱۴-۵۵-الف،

ب-۲- استفاده از بلوک‌های بتن‌مسلح مطابق با شکل ۱۴-۵۵-ب،

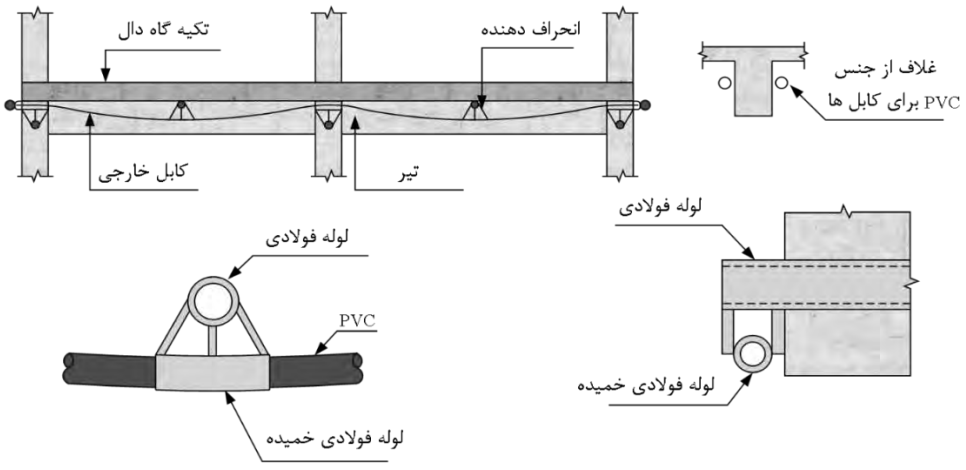
ب-۳- افزایش ضخامت عضو مطابق با شکل ۱۴-۵۵-پ.

پ- استفاده از شکل‌های دیگر برای انحراف‌دهنده مسیر مجاز است. برای جزئیات بیشتر به شکل ۱۴-۵۶ و شکل ۱۴-۵۷ مراجعه شود. حداقل شعاع انحراف این انحراف‌دهنده‌ها براساس تعداد و قطر مفتول‌های درون تاندون‌ها در جدول ۱۴-۳ آورده شده است.

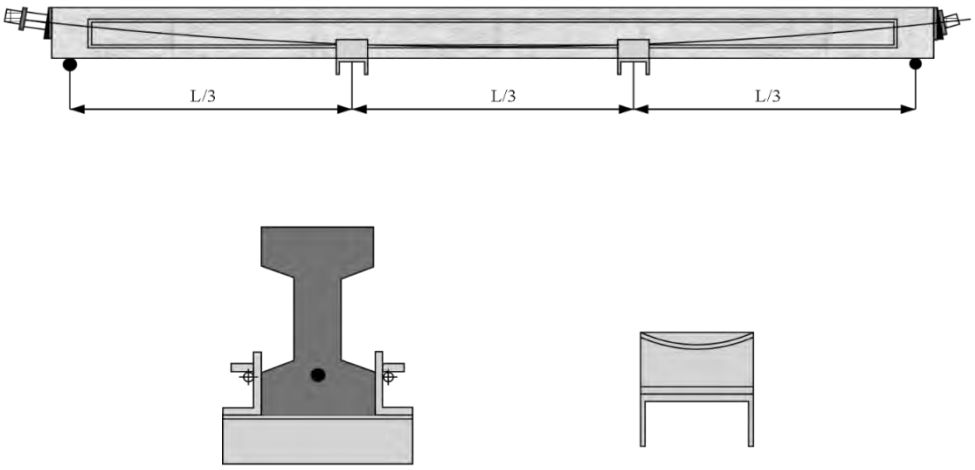


الف) تعبیه قطعه فولادی **ب) تعبیه قطعه بتن‌مسلح** **پ) افزایش ضخامت دال**

شکل ۱۴-۵۵- مهار گیره در سازه



شکل ۱۴-۵۶- انحراف‌دهنده مسیر



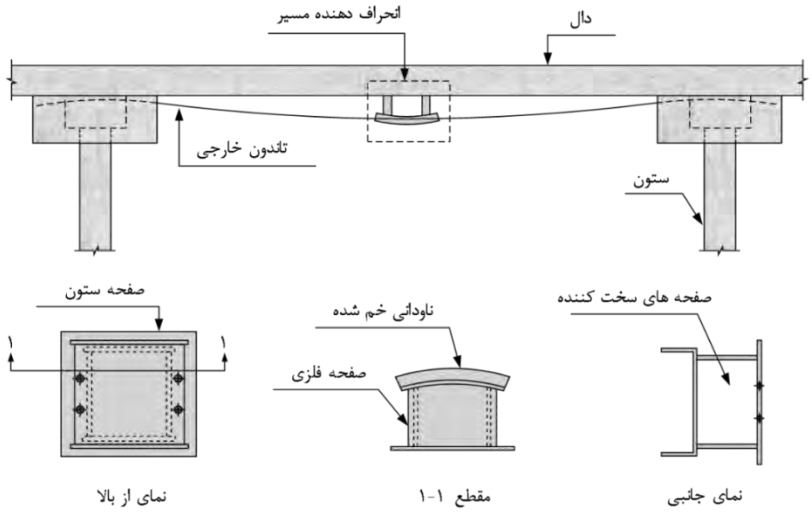
شکل ۱۴-۵۷- انحراف‌دهنده مسیر

جدول ۱۴-۳- حداقل شعاع انحراف‌دهنده مسیر

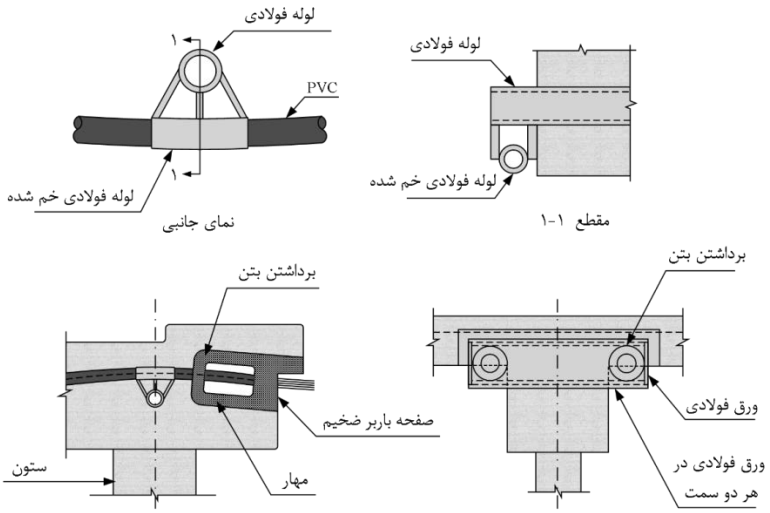
ردیف	سایز تاندون (x-y)	حداقل شعاع قوس (متر)
۱	تا سایزهای 5-19 یا 6-12	۲/۵
۲	تا سایزهای 5-31 یا 6-19	۳/۰
۳	تا سایزهای 5-55 یا 6-37	۴/۰

عدد x تقسیم بر ۱۰ در واحد اینچ قطر هر تاندون می‌باشد.
عدد y تعداد تاندون‌های مهارشده در هر گیره می‌باشد.

ت- برای آگاهی از نصب تاندون‌های خارجی در زیر دال در طول محور ستون‌ها و اجرای پروفیل آن‌ها به شکل ۱۴-۵۸ مراجعه شود. مشخصات مصالح مصرفی باید در نقشه‌های اجرایی ذکر شده باشد. جزئیات بلوک‌های انتهایی اعمال نیرو و منحرف‌کننده مسیر تاندون‌ها در پیش‌تنیدگی خارجی در شکل ۱۴-۵۹ نشان داده شده است.



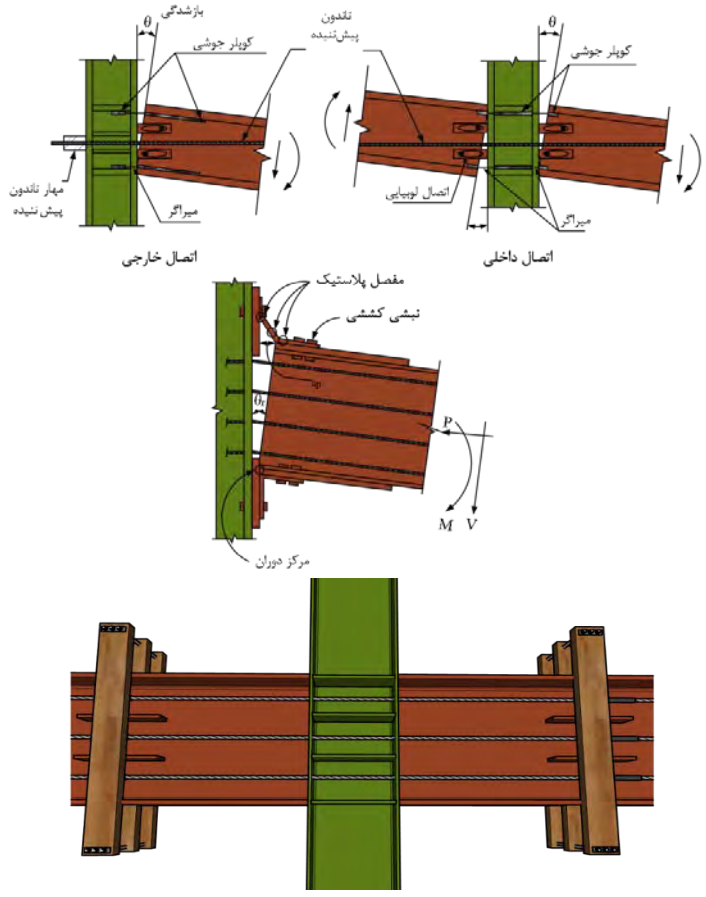
شکل ۱۴-۵۸- جزئیات پیش‌تنیدگی خارجی اعمالی



شکل ۱۴-۵۹- جزئیات بلوک انتهایی و منحرف‌کننده تاندون‌ها در روش پیش‌تنیدگی خارجی

۱۴-۴-۲- بهسازی اتصال فولادی تیر به ستون با پیش‌تنیدگی

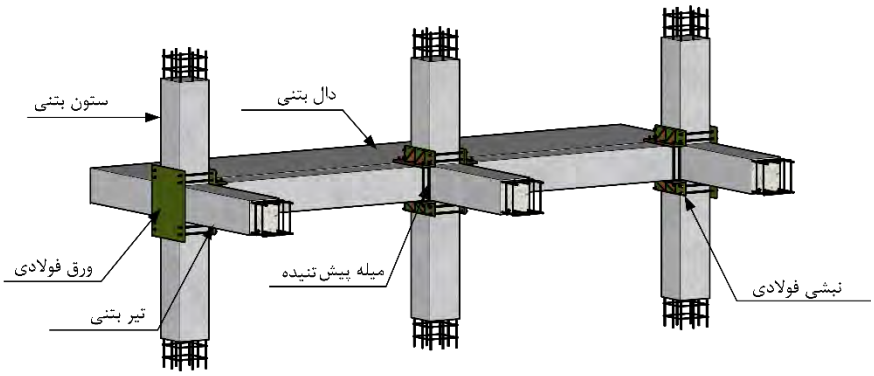
جزئیات بهسازی اتصال فولادی تیر به ستون با پیش‌تنیدگی در شکل ۱۴-۶۰ ارائه شده است. سایر جزئیات نظیر مشخصات فنی مصالح مصرفی باید در نقشه‌های اجرایی بیان شده باشد.



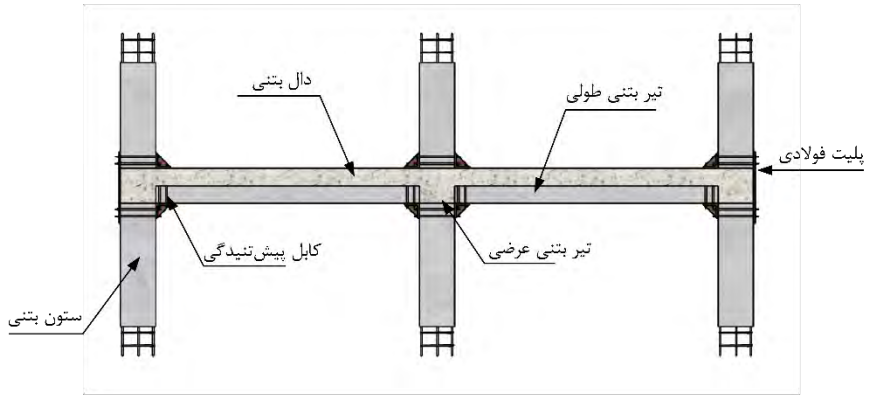
شکل ۱۴-۶۰- تقویت اتصال فولادی با پیش‌تنیدگی خارجی به‌وسیله تاندون کششی

۱۴-۴-۳- تقویت اتصال بتنی تیر به ستون با پیش‌تنیدگی

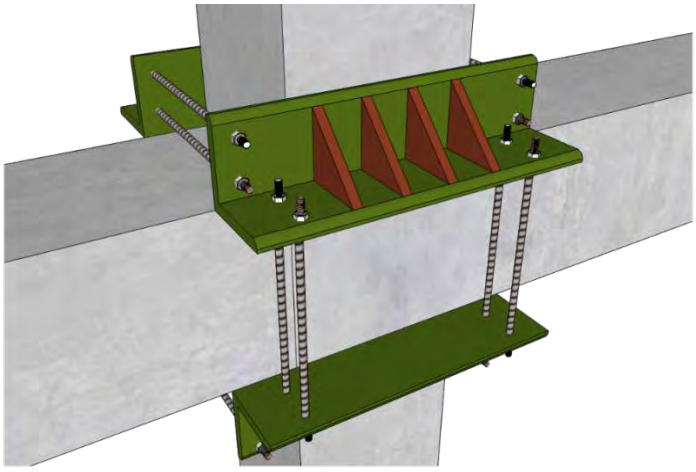
جزئیات مربوط به اتصال بتنی تیر به ستون با پیش‌تنیدگی در شکل ۱۴-۶۱ ارائه شده است. سایر جزئیات از جمله مصالح مصرفی باید در نقشه‌های اجرایی ارائه شده باشد.



نمای سه بعدی



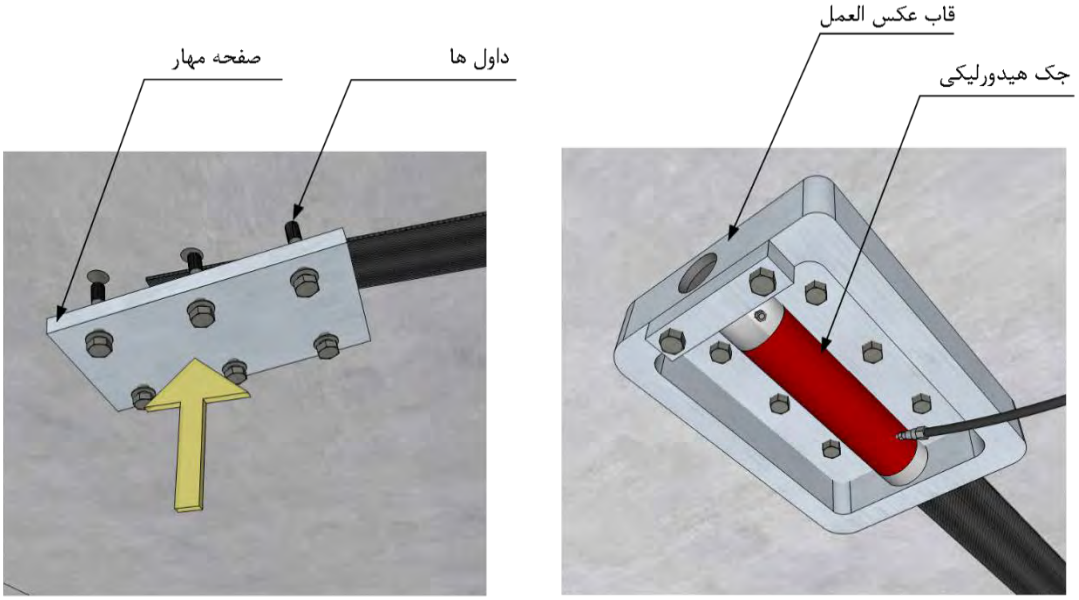
نمای روبرو



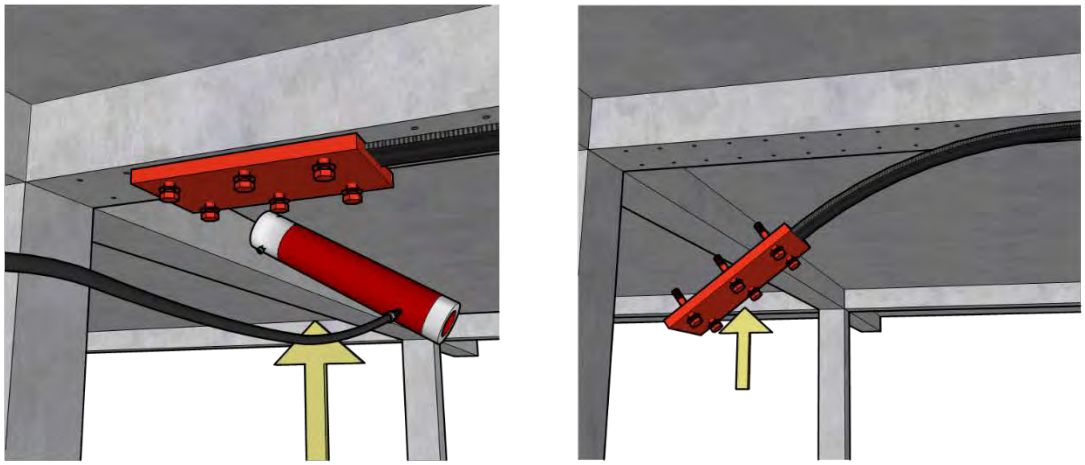
شکل ۱۴-۶۱- نمونه اجرایی تقویت اتصال بتنی با پیش‌تنیدگی خارجی

۱۴-۴-۴- اجرای پیش‌تنیدگی به‌وسیله نوارهای FRP

الف- در پیش‌تنیدگی با نوارهای FRP[1]، استفاده از CFRP[2] و GFRP[3] مجاز نمی‌باشد. در این روش اتصال نوار باید با یک مهار مکانیکی انجام شود. با استفاده از جک هیدرولیکی نیروی پیش‌تنیدگی باید اعمال گردد. جزئیات این روش در شکل ۱۴-۶۲ و شکل ۱۴-۶۳ ارائه شده است. سایر جزئیات از جمله مشخصات مصالح مصرفی باید در نقشه‌های اجرایی بیان شده باشد. نیروی اعمالی در انتهای نوار، باید یک روز پس از نصب آزاد شود.

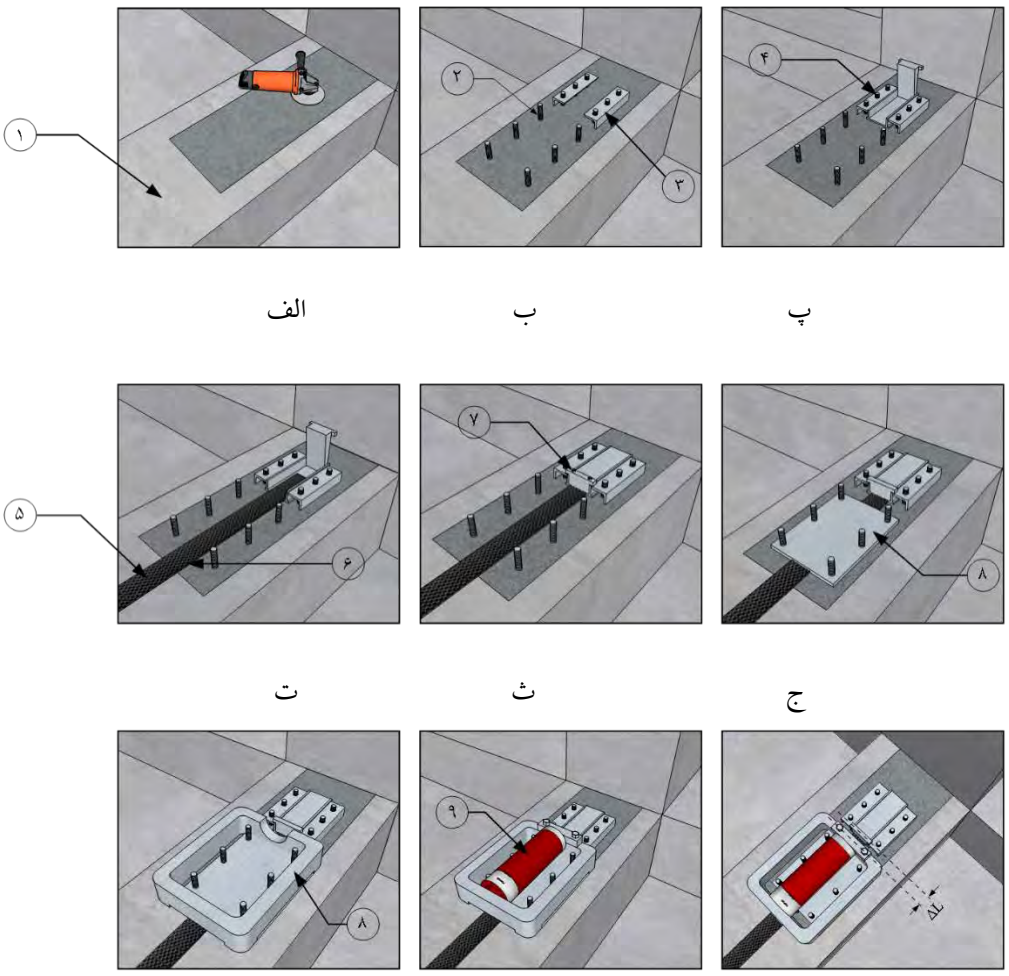


شکل ۱۴-۶۲- نصب جک جهت اعمال پیش‌تنیدگی



شکل ۱۴-۶۳- پیش‌تنیدگی بوسیله نوارهای FRP

1- Fiber Reinforced Polymer
2- Carbon Fiber Reinforced Polymer
3- Glass Fiber Reinforced Polymer



شکل ۱۴-۶۴- مراحل اصلی برای پیش‌تنیدگی نوارهای CFRP

ب- مراحل نصب نوارهای CFRP برای پیش‌تنیدگی باید مطابق با شکل ۱۴-۶۴ باشد. این روش باید شامل موارد زیر باشد:

ب-۱- آماده‌سازی و زبر کردن سطح به صورتی که فضای خالی به حداقل برسد (شکل ۱۴-۶۴ -الف).

ب-۲- ایجاد سوراخ‌های مربوط به پیچ‌های اتصال ورق و گیره بر روی عضو. مکان این سوراخ‌ها باید قبلاً بر روی عضو مطابق با شکل ۱۴-۶۴ -ب مشخص شده باشد.

ب-۳- نصب گیره در محل خود.

پ- برای اتصال نوارهای FRP به بتن پس از پیش‌تنیدگی، چسب اپوکسی باید آماده شده و نوار به چسب اپوکسی آغشته شود. برای جزئیات به شکل ۱۴-۶۴ -پ، ت و ث مراجعه شود.

ت- مهارهای فولادی، قاب آلومینیومی و جک هیدرولیکی در هر دو انتهای عضو باید قرار گیرد. برای جزئیات به شکل ۱۴-۶۴ -ج ، چ و ح مراجعه شود.

ث- عملیات کشش تا نیروی پیش‌تنیدگی (شکل ۱۴-۶۴ -خ).

ج- در صورتی که چسب قادر به تحمل نیروی پیش‌تنیدگی نباشد، بعد از عمل‌آوری چسب، سوراخ‌هایی باید از میان نوارهای FRP به درون تیر ایجاد شود و سپس بولت‌ها همراه با تزریق اپوکسی به داخل این سوراخ‌ها، فرو برده شوند. پس از عمل‌آوری چسب در اطراف این بولت‌ها، باید گیره فولادی دو انتهای نوار پیش‌تنیده برداشته و طول اضافی این نوار (خارج از صفحات ضخیم انتهایی) بریده شود.

۱۴-۵- ساختمان‌های فولادی

۱۴-۵-۱- الزامات عمومی

علاوه بر مطالب مندرج در این بخش، مشخصات فنی عمومی مندرج در فصل هفتم (فولاد و اجرای سازه‌های فولادی) در مورد عملیات بهسازی نافذ بوده و باید ملاک عمل قرار گیرد، مگر مواردی که مشخصات فنی خاصی در این بخش معین شده باشد.

نقشه‌های اجرایی موردنیاز برای اجرای طرح بهسازی سازه‌های فولادی باید علاوه بر مشخصات کلی مندرج در ابتدای فصل شامل موارد زیر باشد:

الف- میزان آماده‌سازی سطوح برای دستیابی به وضعیت سطحی کلاس A یا B برای اتصالات پیچی پیش‌تنیده یا لغزش بحرانی و همچنین روش آماده‌سازی سطح قبل از اجرای جوشکاری

ب- تعیین رده الکترود مصرفی و جدول تطابق رده الکترود با مصالح موجود در سازه و توالی اجرای جوشکاری

پ- تعیین مشخصات پوشش موردنیاز برای حفاظت سطوح عناصر تقویت‌شده یا بدون پوشش در برابر عوامل محیطی

ت- تعیین مشخصات پوشش ضدحریق برای عناصر مختلف سازه‌ای در حیطه عملیات بهسازی و همچنین پوشش‌های ضدحریق آسیب‌دیده در اثر عملیات بهسازی

۱۴-۵-۱-۱- شناسایی مصالح و جزئیات اجزا و اعضا

الف- به‌منظور شناسایی مصالح فولادی در ساختمان مورد تقویت، اطلاعات حاصل از آزمایش‌های تعریف‌شده در فصل هفتم (فولاد و اجرای سازه‌های فولادی) ضروری است. درهرصورت نوع آزمایش‌ها در صورت نیاز باید توسط مشاور در مشخصات فنی تعیین گردد.

ب- محل و نوع بازرسی‌های غیرمخرب با درنظرگرفتن نوع جوش و حساسیت قطعه اتصالی باید توسط مشاور از پیش تعیین شود. جوش‌های اجرا شده باید با انجام بازرسی‌های چشمی (VT[۱])، نفوذ رنگ (PT[۲]) و ذرات مغناطیسی (MT[۳]) برای جوش‌های گوشه و همچنین آزمایش فراصوت (UT[۴]) یا پرتونگاری (RT[۵]) برای جوش‌های نفوذی، بر اساس مندرجات فصل هفتم (فولاد و اجرای سازه‌های فولادی) مورد ارزیابی قرار گیرند.

پ- در صورت لزوم استفاده از اتصال پیش‌تنیده یا اصطکاکی (لغزش بحرانی)، باید مشخصات پیچ و مهره مورداستفاده در ساختمان از نظر ابعادی و مکانیکی با ضوابط مندرج در فصل هفتم ضابطه انطباق داشته باشد.

1- Visual Test
2- Paint Test
3- Magnetic Test
4- Ultrasonic Test
5- Radiography Test

به‌منظور اطمینان از مشخصات مکانیکی، انجام آزمایش‌های مخرب مربوط به استحکام کششی و سختی‌سنجی الزامی است.

ت- جهت انجام آزمایش مخرب بر روی عناصر سازه‌ای باید تمهیداتی برای جلوگیری از ناپایداری و تخریب سازه در نظر گرفته شود. پس از انجام نمونه‌برداری یا برش‌کاری، لازم است قطعه آسیب‌دیده به نحو مناسبی ترمیم شود.

ث- در صورت بروز خوردگی در عناصر سازه، میزان زوال و کاهش ضخامت باید بر اساس اندازه‌گیری دقیق تعیین شود. اندازه‌گیری دقیق باید پس از برداشت بخش‌های زنگ‌زده و خورده‌شده و تمیز کردن سطح با فرچه سیمی، در مقطع آسیب‌دیده از سطح فلز انجام شده و با ابعاد اولیه آن قبل از رخداد خوردگی مقایسه شود تا میزان خوردگی به طور دقیق مشخص گردد.

ج- به منظور شناسایی عناصر بتنی و آرماتورهای به کاررفته در ساختمان فولادی نظیر دال و پی به فصل ششم (بتن و اجرای سازه‌های بتنی) مراجعه شود.

۱۴-۵-۱-۲- برش حرارتی اعضای موجود

الف- در مواردی لازم است در طرح بهسازی، برخی از اعضا مورد برش‌کاری حرارتی قرار گرفته یا برخی از اعضا حذف شوند. در برش‌کاری رعایت الزامات بند M2.2 از AISC 360-16 و AWS D1.1/D1.1M و فصل هفتم این ضابطه (فولاد و اجرای سازه‌های فولادی) الزامی است. قبل از برش حرارتی برای زبانه نمودن تیرها و سوراخ دسترسی جوش در مقاطع گرم نورد شده با بال به ضخامت بیش از ۴۰ میلی‌متر و مقاطع تیرورق یا ستون ساخته شده از ورق با ضخامت بیش از ۴۰ میلی‌متر پیش‌گرمایش با دمای حداقل ۶۵ درجه سانتی‌گراد باید انجام شود.

ب- در صورتی که در اثر برش‌کاری حرارتی سطح مقطع عضوی کاهش پیدا کند، اثرات آن روی استحکام سازه باید توسط مشاور به دقت بازبینی شود. اگر برش حرارتی بر روی عضوی که تحت بار است صورت گیرد، باید مقاومت مقطع کاهش‌یافته قبل از برش ارزیابی شود.

۱۴-۵-۱-۳- ایجاد تغییر شکل در اجزا

الف- به کار بردن روش‌های گرم کردن موضعی و یا اعمال تغییرشکل مکانیکی برای ایجاد انحنا و یا از بین بردن آن (صاف کردن) در صورتی مجاز است که دمای مواضع گرم‌شده از ۵۶۵ درجه سلسیوس برای فولادهای پرمقاومت و ۶۵۰ درجه سلسیوس برای فولادهای نرمه معمولی، تجاوز ننماید. به هر حال هرگاه آهن‌آلات اسکلت فولادی ساختمان‌ها نیاز به صاف کردن و ترمیم داشته باشند، انجام این عملیات هنگامی مجاز خواهد بود که انحرافات مقدار آن‌ها از رواداری‌های مجاز مندرج در فصل هفتم این ضابطه تجاوز ننماید.

ب- اگر افزایش درجه حرارت منجر به کاهش قابل‌ملاحظه مقاومت تسلیم، مقاومت نهایی و مدول الاستیسیته فولاد شود و احتمال عدم کفایت اعضا تحت بارهای سرویس وجود داشته باشد، جزئیات اجرایی این روش حتماً باید در نقشه‌های اجرایی ارائه شده باشد.

۱۴-۵-۱-۴- تنظیم خیز در ساختمان موجود

باربرداری یا کاهش خیز و یا ایجاد خیز منفی باید به نحوی باشد که خیز ایجادشده، تنش‌های پیش‌بینی‌نشده تولید نکند و آسیبی به اعضای سازه‌ای و غیرسازه‌ای وارد ننماید. روش و میزان ایجاد پیش‌خیز باید توسط مشاور تعیین‌شده و قبل از اجرا به تأیید دستگاه نظارت برسد.

۱۴-۵-۱-۵- سوراخ‌کاری اعضای موجود

اگر در عملیات بهسازی، نیاز به ایجاد اتصال پیچی باشد باید اثری که سوراخ‌ها بر کاهش مقاومت عضو در تحمل بارهای حین اجرا خواهد گذاشت، لحاظ شود.

۱۴-۵-۱-۶- مخاطرات حریق

باید تدابیر لازم در صورت رخداد حریق در هنگام عملیات در نظر گرفته شده باشد.

۱۴-۵-۱-۷- رواداری‌های اجرایی

الف- رعایت رواداری‌های مندرج در فصل هفتم (فولاد و اجرای سازه‌های فولادی) الزامی است، مگر آنکه رواداری‌های متفاوتی توسط مشاور اعلام شده باشد.

ب- در صورتی که رواداری‌ها غیرقابل‌پذیرش شناخته شوند، ارائه طرح اصلاحی به‌منظور رفع معایب موجود و یا ایجادشده در اثر عملیات اجرایی شامل پیچیدگی، اعوجاج، تابیدگی، انحنا، کج‌شدگی، افتادگی، ناشاقولی و ... تا رسیدن به رواداری مجاز مندرج در فصل هفتم این ضابطه یا مقادیر تعیین‌شده توسط مشاور الزامی می‌باشد.

۱۴-۵-۲- الزامات مربوط به بهسازی لرزه‌ای تیرها

۱۴-۵-۲-۱- الزامات کلی

الف- شناسایی ترکیب عناصر فولاد پایه به‌منظور تدوین روش جوش‌کاری مناسب باید پیش از آغاز عملیات اجرایی انجام پذیرد.

ب- عملیات باربرداری موقت باید با تعبیه شمع و پایه اطمینان در زیر تیر یا دال عمود بر تیر مورد تقویت صورت گیرد. اجرای این شمع‌ها باید در تعداد کافی و در موقعیت‌های مناسب پیش‌بینی گردد.

پ- در صورت نیاز تیرهای تحمل‌کننده بارهای شمع‌بندی در طبقات پایین باید به دلیل تغییر مسیر و افزایش سهم بارگیری بررسی و مورد تقویت احتمالی قرار گیرند.

ت- سطح فلز پایه با درنظرگرفتن کلاس آماده‌سازی سطوح، مندرج در فصل هفتم این ضابطه (فولاد و اجرای سازه‌های فولادی) باید برای انجام عملیات تقویت و جوشکاری پیش‌بینی شود.

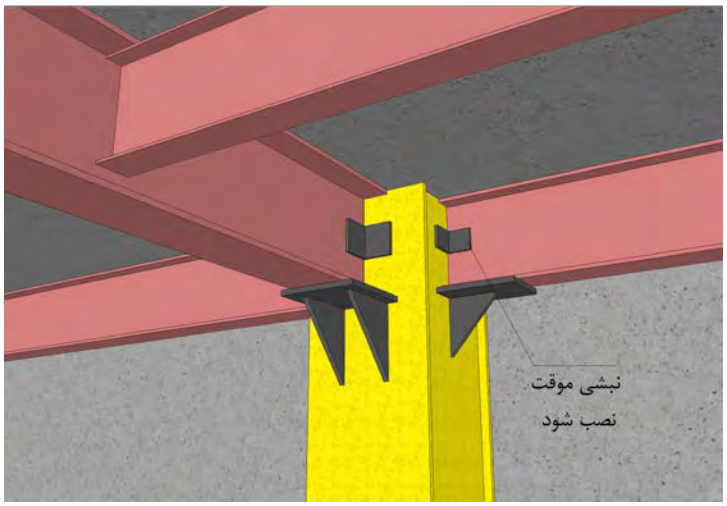
ث- انجام عملیات تقویت باید با رعایت دستورکار روند مشخص و مدوّن جوش‌کاری (WPS) مورد تأیید دستگاه نظارت انجام شود.

ج- جوش‌کاری ورق‌های جدید به تیر باید با رعایت توالی مناسب و دستورکار روند مشخص جوش‌کاری (WPS) انجام پذیرد تا از ایجاد تغییرشکل‌های ناخواسته در تیر جلوگیری به عمل آید.

۱۴-۵-۲-۲- افزودن تیرهای جدید

در صورتی که تیرهای اصلی جدید به‌منظور افزودن یا ایجاد بخشی از سیستم باربر جانبی یا ثقلی جدید به سازه در دهانه‌های مشخصی از ساختمان موجود به کار رود، این تیرها باید اتصال مناسب به کل سیستم باربر ستون‌های اطراف خود داشته باشند و همچنین باید به نحو مناسبی با دیافراگم کف درگیر شوند تا از باربری آن‌ها اطمینان حاصل شود.

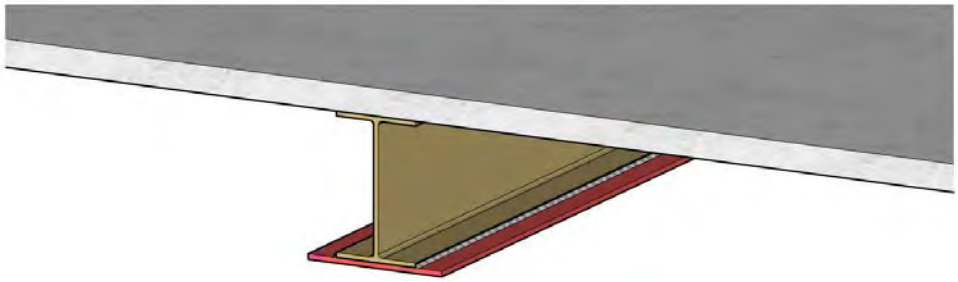
در صورتی‌که تیرهای فرعی جدید برای تغییر مسیر بار، کاهش بار و یا باربرداری از تیرهای موجود یا تیرهای اصلی جدید به سازه اضافه شود، باید با تدابیر لازم از به بار افتادن آن‌ها تحت بارهای بهره‌برداری مطمئن شد. در شکل ۱۴-۶۵ تصاویری از افزودن تیر به سازه موجود نشان داده شده است.



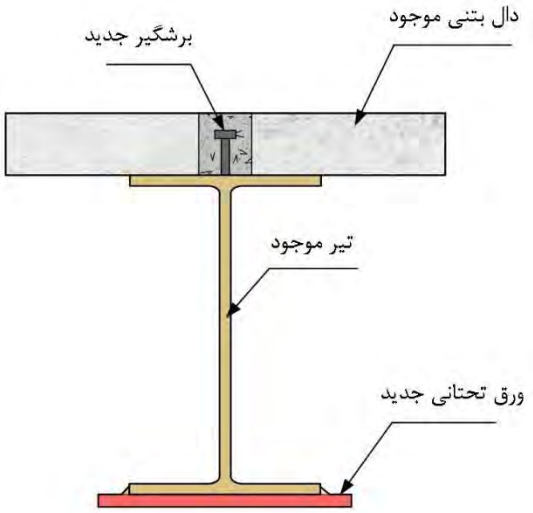
شکل ۱۴-۶۵- افزودن تیرهای جدید به سازه موجود

۱۴-۵-۲-۳- تقویت تیر با افزودن ورق

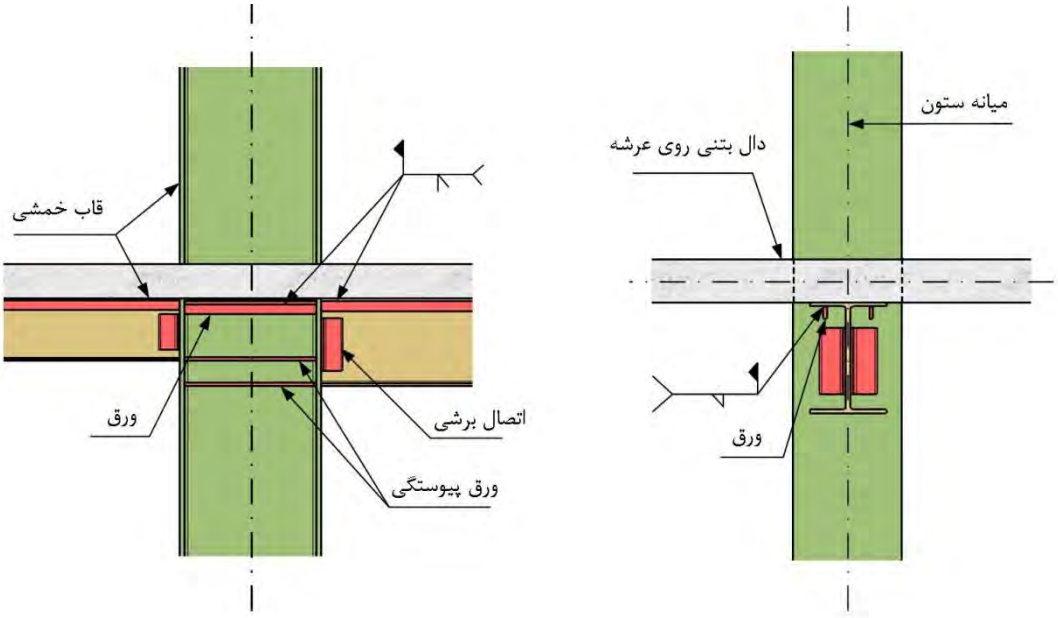
جزئیات تقویت تیر با افزودن ورق در شکل ۱۴-۶۶ تا شکل ۱۴-۷۲ ارائه شده است. سایر جزئیات از جمله مصالح مصرفی باید در نقشه‌های اجرایی بیان شده باشد.



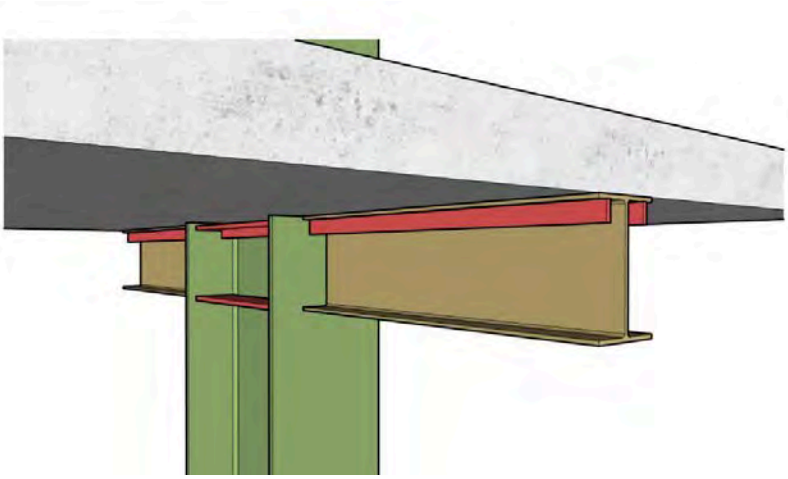
شکل ۱۴-۶۶- افزودن ورق تقویت بال تحتانی تیر با جوش گوشه به تیر موجود



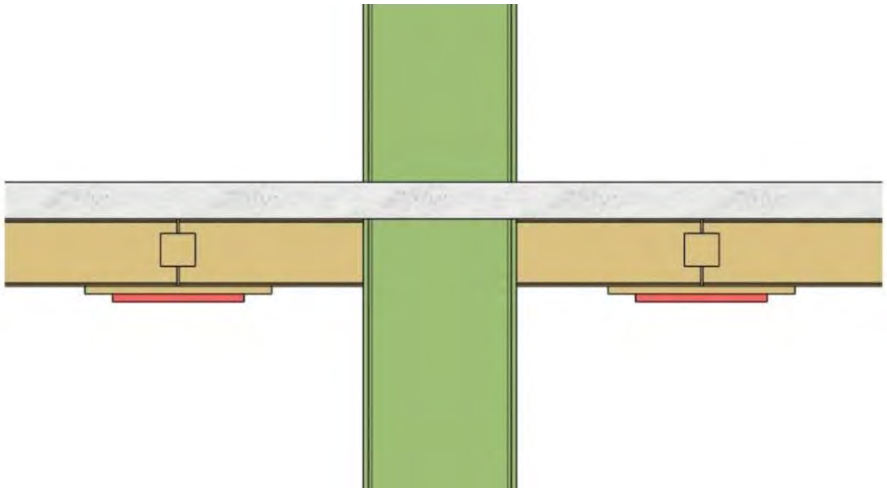
شکل ۱۴-۶۷- افزودن ورق تقویت بال تحتانی تیر و برقرار نمودن عملکرد مرکب



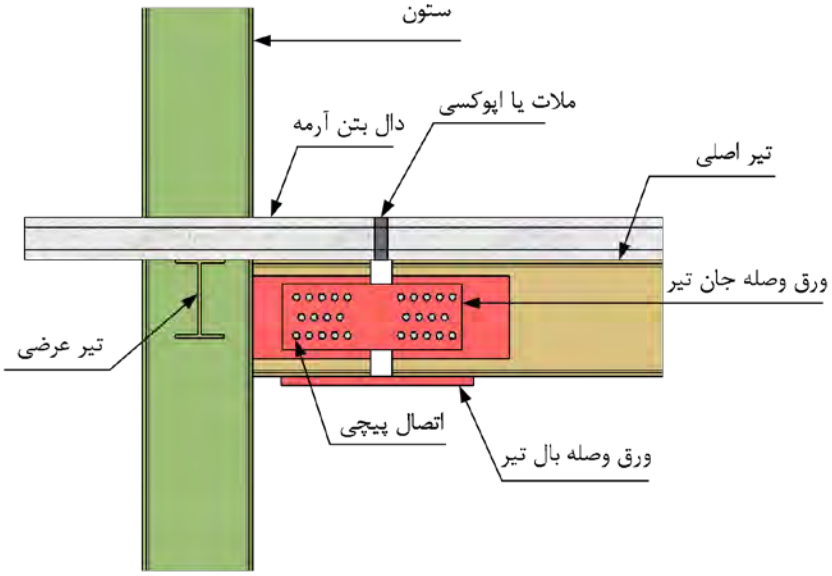
شکل ۱۴-۶۸- افزودن ورق تقویت بال فوقانی تیر با استقرار ورق تقویت به صورت ایستاده



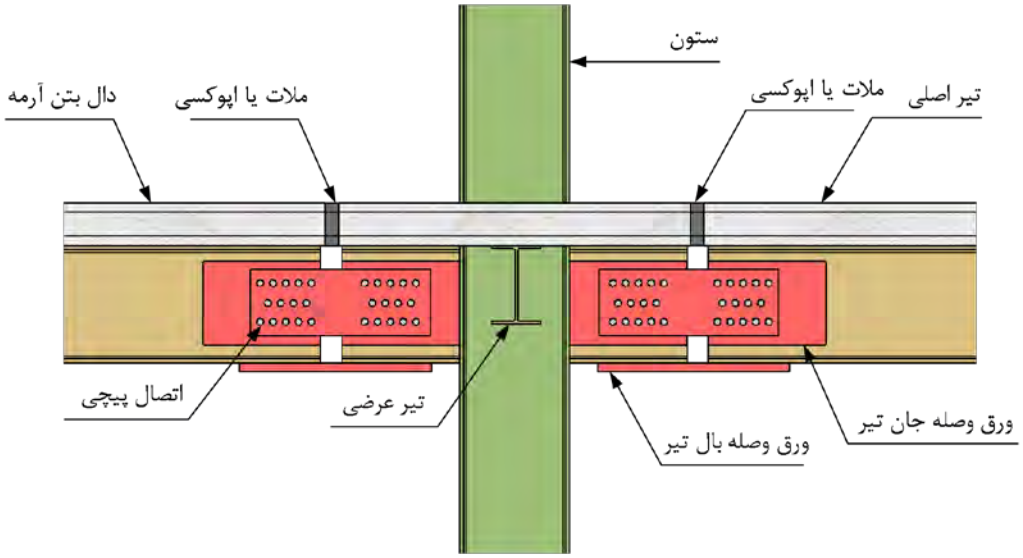
شکل ۱۴-۶۹- افزودن ورق تقویت بال فوقانی تیر با استقرار ورق تقویت به صورت ایستاده



شکل ۱۴-۷۰- تقویت ورق اتصال تحتانی تیر



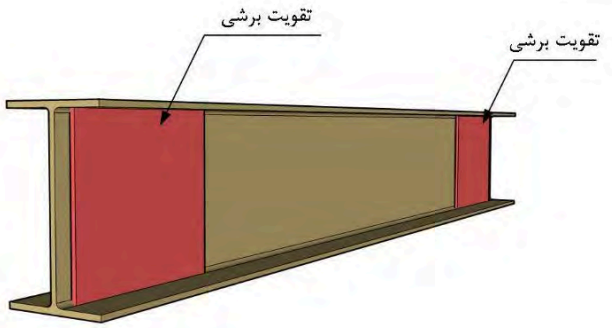
شکل ۱۴-۷۱- آزاد نمودن امکان دوران تیر در نزدیکی محل اتصال به ستون



شکل ۱۴-۷۲- آزاد نمودن امکان دوران تیر در نزدیکی محل اتصال به ستون

۱۴-۵-۲-۴- تقویت تیر با افزودن ورق تقویت در صفحه جان

ورق‌های تقویت برشی جان تیر باید به صورت موازی با جان تیر یا به صورت سخت‌کننده‌های قائم در فواصل مشخصی از یکدیگر در ارتفاع جان قرار گیرد. جوش‌کاری ورق‌های اتصالی تقویتی به ورق جان مقطع فولادی باید با جوش گوشه در محل پروژه و دور تا دور قطعه اتصالی تقویتی اجرا شود. جزئیات در شکل ۱۴-۷۳ و شکل ۱۴-۷۴ ارائه شده است. سایر جزئیات از جمله مصالح مصرفی باید در نقشه‌های اجرایی بیان شده باشد.

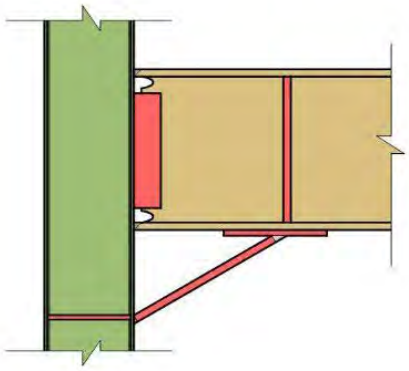


شکل ۱۴-۷۳- ورق تقویتی به موازات جان تیر

شکل ۱۴-۷۴- ورق سخت‌کننده عمود بر صفحه جان تیر

۱۴-۵-۲-۵- تقویت تیر با تعبیه ماهیچه در انتهای آن

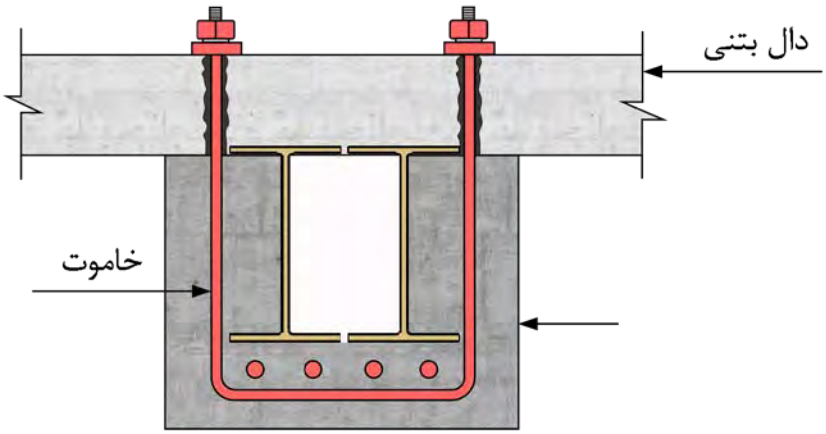
ساخت ماهیچه با شکل‌بُری از مقاطع I و یا با استفاده از تیرورق مجاز است. الزامی است بال ماهیچه با جوش نفوذی به بال تیر و ستون جوش شود؛ ولی جان ماهیچه با جوش گوشه به بال اتصال یابد. در محل تقاطع تیر و بال ماهیچه، سخت‌کننده‌های جان باید در دو طرف جان تیر پیش‌بینی شده باشد. داخل ستون باید از ورق‌های پیوستگی در امتداد بال ماهیچه مطابق با شکل ۱۴-۷۵ استفاده شود. در ستون‌های قوطی‌شکل که امکان تعبیه ورق پیوستگی داخل ستون وجود ندارد، استفاده از ورق‌های پیوستگی خارجی در پیرامون مقطع ستون یا ورق کنارگذر[1] مجاز می‌باشد.



شکل ۱۴-۷۵- افزودن ماهیچه به انتهای تیر

۱۴-۵-۲-۶- ایجاد تیر مرکب فولادی ـ بتنی

در این روش، اتصال ژاکت بتنی به ستون و دال باید به نحو مطلوبی برقرار شود و همچنین طول مهاری آرماتورها تأمین شود (شکل ۱۴-۷۶). در صورت نیاز و یا درج در نقشه‌های اجرایی، تعبیه برشگیر در جداره تیرهای فولادی الزامی است. مشخصات مصالح مصرفی باید توسط مشاور بیان شود.



شکل ۱۴-۷۶- ایجاد ژاکت بتنی روی تیر فولادی

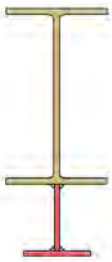
1- Side Plate

۱۴-۵-۲-۷- تقویت تیر فولادی با الیاف پلیمر کامپوزیت (FRP)

برای جلوگیری از خوردگی گالوانیک الیاف کربن لازم است از الیاف شیشه GFRP بین لایه CFRP و سطح فولادی استفاده شود تا به‌عنوان عایق عمل نماید. در اعضای فولادی تقویت‌شده با الیاف پلیمر کامپوزیت FRP، اتصال مناسب بین FRP و فولاد نیازمند آماده‌سازی سطح فولادی است و سطح فولاد باید عاری از هر گونه پوشش مشتمل بر ضدزنگ، رنگ، زنگ‌زدگی و چربی باشد.

۱۴-۵-۲-۸- تقویت تیر با افزودن پروفیل

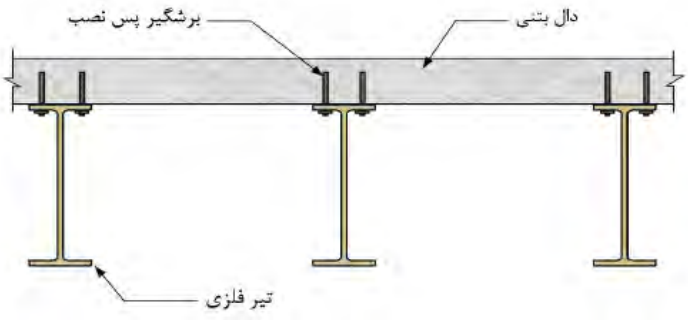
افزودن پروفیل یا مقاطع ساخته شده از ورق به تیر موجود در مواردی که محدودیت ارتفاعی در طبقات وجود ندارد، استفاده بیشتری دارد و نسبت به تقویت با تسمه یا ورق مؤثرتر است. برای اتصال پروفیل جدید به تیر موجود، طول موردنیاز پروفیل جدید باید از قبل آماده‌سازی شده باشد تا در هنگام نصب از جوشکاری نفوذی یا تعبیه وصله در ارتفاع جلوگیری شود (شکل ۱۴-۷۷).



شکل ۱۴-۷۷- افزودن تیرورق به تیر موجود

۱۴-۵-۲-۹- تقویت تیر با نصب برشگیرهای پس نصب

از روش‌های ایجاد یا بهبود عملکرد مرکب بین تیر فولادی و دال بتنی، استفاده از برشگیرهای پس‌نصب[1] می‌باشد. استفاده از برشگیرهای پس‌نصب به دلیل نصب از زیر دال و عدم تخریب بتن، از نظر اجرایی و اقتصادی گزینه مناسبی است. برشگیرهای پس‌نصب باید قبل از استفاده مورد آزمایش قرار گرفته باشد(شکل ۱۴-۷۸).



شکل ۱۴-۷۸- برشگیر پس‌نصب

1- Post-Installed Shear Stud

۱۴-۵-۳- ستون

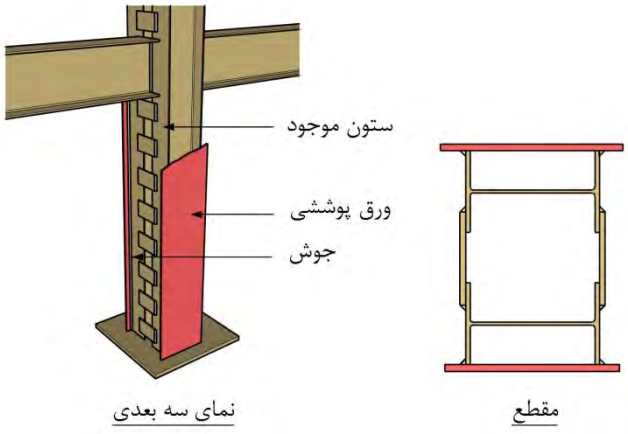
۱۴-۵-۳-۱- افزودن ستون‌های فولادی جدید

ستون‌های جدید به‌طور عمده با هدف کاهش سهم بارهای ثقلی از روی سایر ستون‌ها یا ایجاد بخشی از سیستم باربر جانبی به سازه با هر اسکلتی (سازه فولادی، بتنی، بنایی و...) اضافه می‌شوند. برای این کار به کمک پایه‌هایی که در محل ستون ضعیف نصب می‌شود، باربرداری انجام شده و پس از نصب ستون‌های جدید، جک‌ها به ترتیب حذف می‌شوند. معیارهای باربرداری می‌بایست توسط مشاور پروژه به اطلاع مجری طرح برسد.

۱۴-۵-۳-۲- تقویت ستون فولادی با ورق، تسمه و یا پروفیل فولادی

الف- ورق یا تسمه‌هایی که برای تقویت ستون موجود مورداستفاده قرار می‌گیرند، باید از طریق جوش نفوذی کامل و یا جوش نفوذی (شیاری)، جوش نیمه‌نفوذی، جوش گوشه یا پیچ به بال‌های ستون اتصال یابند. جزئیات در شکل ۱۴-۷۹ ارائه شده است.

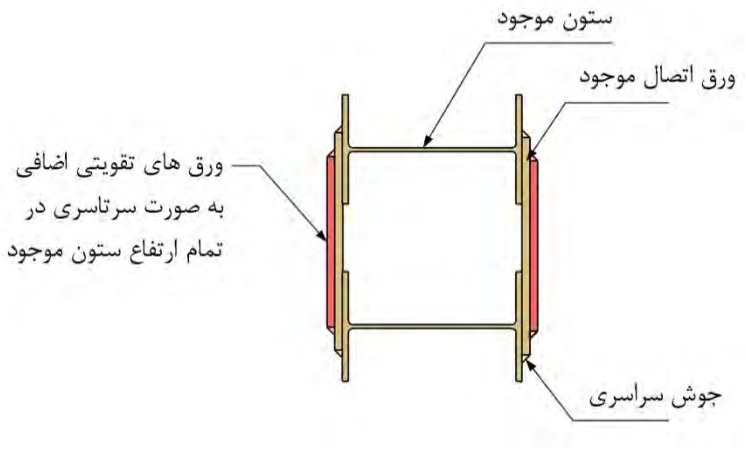
ب- باید از جوشکاری بیش از حد در ناحیه اتصال تیر به ستون درصورتی‌که سبب ایجاد تنش‌های پسماند نامطلوب در موضع اتصال شود، جلوگیری به‌عمل آید.



شکل ۱۴-۷۹- ایجاد مقطع قوطی با ورق تقویتی

پ- اتصال تسمه یا ورق تقویتی به صورت ورق پوششی به بال ستون مجاز است.

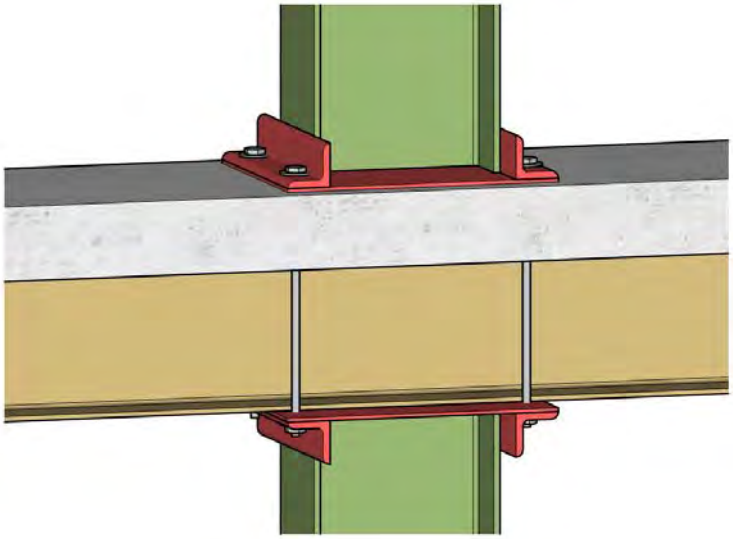
ت- در ستون‌های مرکب اتصال ورق تقویتی در سراسر ارتفاع ستون به ورق‌های تقویتی موجود مجاز است. در این حالت عرض ورق تقویتی باید از هر طرف حداقل ۲ سانتی‌متر از عرض ورق موجود کمتر باشد تا جوشکاری انجام شود. جزئیات در شکل ۱۴-۸۰ ارائه شده است.



شکل ۱۴-۸۰- تعبیه ورق تقویتی در سراسر ارتفاع ستون

ث- در ستون‌های دوبل که با بست به یکدیگر متصل شده‌اند، در صورت استفاده از ورق تقویتی، لبه ورق تقویت باید به لبه ورق بست موجود جوش شود.

ج- در برخی مواقع که پیوستگی ستون در تراز طبقات برقرار نباشد و امکان برقراری ارتباط ستون طبقه بالا و پایین با ورق‌های سخت‌کننده و تقویتی دشوار باشد و یا امکان‌پذیر نباشد، استفاده از اتصال پیوستگی خارجی ستون مجاز است. در این روش باید با تعبیه نبشی و پیچ‌های بلند، دو بخش ستون به یکدیگر ارتباط داده شوند. جزئیات کلی در شکل ۱۴-۸۱ ارائه شده است.



شکل ۱۴-۸۱- ایجاد پیوستگی بین ستون‌های منقطع در طبقات

۱۴-۵-۳-۳- تقویت ستون فولادی با بتن (و آرماتور)

الف- در تقویت ستون فولادی با بتن باید قبل از اجرا، سطح فولاد کاملاً تمیز و زنگ‌زدایی شده و آماده‌سازی گردد و در صورت درج در نقشه‌های طرح، ادوات اتصال برشی از قبل روی آن تعبیه شود.

ب- در صورت نیاز به ژاکت بتنی ما بین طبقات باید تمهیدات لازم در خصوص امتداد میلگرد و بتن جدید لحاظ شود.

پ- در صورتی که ستون فولادی دچار خوردگی شدید شده باشد، باید از ژاکت بتنی استفاده گردد.

۱۴-۵-۳-۴- پر نمودن ستون فولادی با بتن

بتن مصرفی باید دارای روانی بالا باشد و می‌بایست از بتن خودتراکم استفاده گردد. بتن‌ریزی باید از طریق تزریق بتن از مقطع تحتانی ستون به داخل ستون انجام شود. همچنین با تعبیه سوراخ‌های هواگیری با قطر کوچک‌تر از قطر کوچک‌ترین سنگدانه شن به‌کاررفته در بتن، باید از پر شدن تمامی فضای ستون با بتن اطمینان حاصل شود. در ستون‌های قوطی ساخته‌شده از ورق، باید جوش اتصال ورق‌ها، سرتاسری و دارای مقاومت کافی باشد تا در اثر فشار بتن، ستون دچار خرابی نشود. در ستون‌های دوبل پا باز تعبیه درپوش در محل بازشوها الزامی است.

۱۴-۵-۳-۵- تقویت ستون فولادی با الیاف پلیمر کامپوزیت (FRP)

قبل از اجرای FRP بر روی عنصر فولادی باید سطح فولاد آماده‌سازی شود، قسمت‌های تیز، برنده و پستی و بلندی‌های احتمالی ناشی از جوشکاری کاملاً به حالت مسطح درآید و کنج‌های تیز با شعاع انحنای مطلوب به‌صورت گرد تبدیل گردد.

۱۴-۵-۴- دیوار برشی

۱۴-۵-۴-۱- دیوار برشی بتن‌آرمه

الف- در اجرای دیوارهای برشی موارد مندرج در فصل ششم این ضابطه (بتن و اجرای سازه‌های بتنی) باید ملاک قرار گیرد و علاوه بر آن موارد مندرج در این بند نیز ملاک عمل می‌باشد. به‌منظور اجرای دیوار برشی بتن‌آرمه در اسکلت فولادی، اتصال آن به ستون‌ها، تیرهای اطراف و دیافراگم کف حائز اهمیت می‌باشد. همچنین در صورتی که دیوار در مجاورت ساختمان موجود اجرا می‌شود، تأمین قالب بتن در مجاورت ساختمان کناری و رعایت درز انقطاع و عدم آسیب به دیوار بنایی ساختمان‌های مجاور باید موردتوجه قرار گیرد. آماده‌سازی سطوح فولادی، رنگ‌زدایی و همچنین اضافه‌کردن برشگیرها به مقاطع فولادی می‌بایست قبل از شروع عملیات آرماتوربندی صورت پذیرد.

ب- اجرای دیوارهای برشی بتنی به‌صورت پیوسته و یا به‌صورت منقطع و مابین قاب‌ها مجاز است. در حالت پیوسته دیوار برشی باید تیر و ستون را در برگیرد، و در حالت منقطع دیوار برشی مابین تیر و ستون قرار می‌گیرد. جزئیات کامل باید در نقشه‌های اجرایی ارائه شود.

پ- استفاده از نبشی و یا ناودانی به‌عنوان اتصال برشی بین ستون فلزی و دیوار بتنی مجاز است. به‌منظور اجرای دیوار، دو گزینه شاتکریت و بتن‌ریزی مجاز است.

ت- در انتهای دیوار به دلیل وجود ستون‌های فولادی و حجم قابل‌توجه میلگرد باید به‌جای استفاده از وصله‌های پوششی از کوپلرهای مکانیکی یا وصله جوشی در دیوارها و اعضای مرزی استفاده گردد. جزئیات آن‌ها باید در نقشه‌های مشخصات فنی ارائه شود.

ث- در ساختمان موجود، صفحات لبه‌ای اتصال باید در لبه دیوار به تیرها و ستون‌ها جوش شوند. سپس پانل‌های فولادی بزرگ به این صفحات لبه‌ای اتصال جوشی و یا پیچی گردند. اتصال وصله‌های پانل در محل، به‌صورت پیچ یا جوش مجاز است.

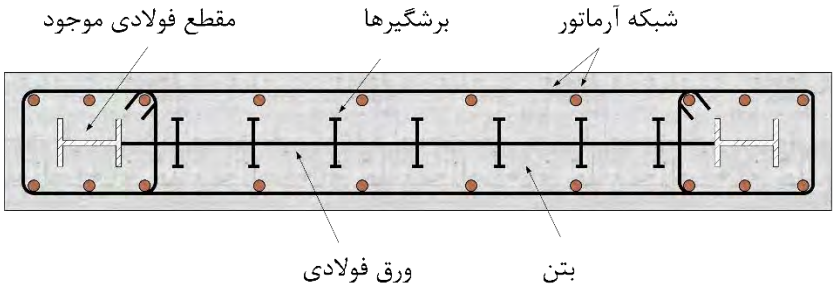
۱۴-۵-۴-۲- دیوار برشی مرکب

الف- اجرای دیوارهای برشی مرکب در سه نوع دیوار برشی بتن مسلح با المان مرزی فولادی، دیوار برشی بتن مسلح با هسته فولادی (SPRC[1]) دیوار برشی فولادی پر شده با بتن (CFSP[2]) مجاز است.

ب- در دیوارهای برشی با المان مرزی فولادی، ستون‌های فولادی باید یا داخل دیوار برشی مسلح مدفون و یا از یک یا دو وجه با دیوار برشی بتن‌آرمه درگیر شوند. مقطع فولادی ابتدا باید آماده‌سازی و بر روی آن‌ها برشگیرها نصب شوند و سپس قالب‌بندی شده و نهایتاً بتن‌ریزی انجام پذیرد.

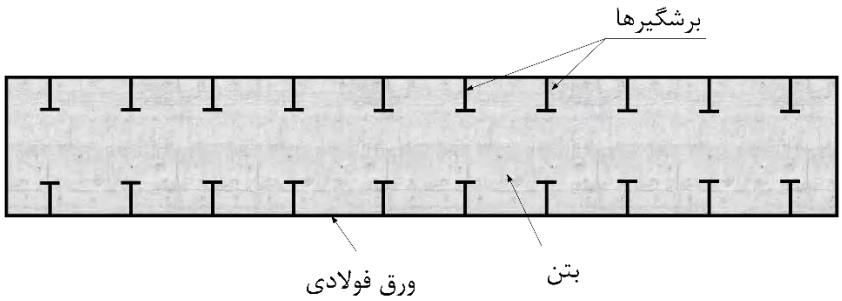
پ- در دیوارهای برشی بتن مسلح با هسته فولادی پس از آماده‌سازی مقطع ستون‌ها و اضافه‌کردن برشگیرها بر روی مقطع ستون‌ها، باید بین دو مقطع ستون‌های فولادی موجود، ورق‌های فولادی مجهز به برشگیرها اضافه شود و پس از آرماتوربندی و قالب‌بندی، عملیات بتن‌ریزی صورت پذیرد. جزئیات کلی در شکل ۱۴-۸۲ نمایش داده شده است. سایر جزئیات شامل مشخصات مصالح مصرفی و اندازه‌ها باید در نقشه‌های اجرایی آورده شود.

ت- در دیوارهای برشی فولادی پرشده با بتن، پوسته خارجی دیوار باید فولادی باشد و بتن میانی لزوماً نباید مسلح باشد و مابین دو دیوار فولادی باید با بتن پرشود. جزئیات کلی در شکل ۱۴-۸۳ نمایش داده شده است. سایر جزئیات شامل مشخصات مصالح مصرفی و اندازه‌ها باید در نقشه‌های اجرایی آورده شود.



شکل ۱۴-۸۲- دیوار برشی با سیستم SPRC

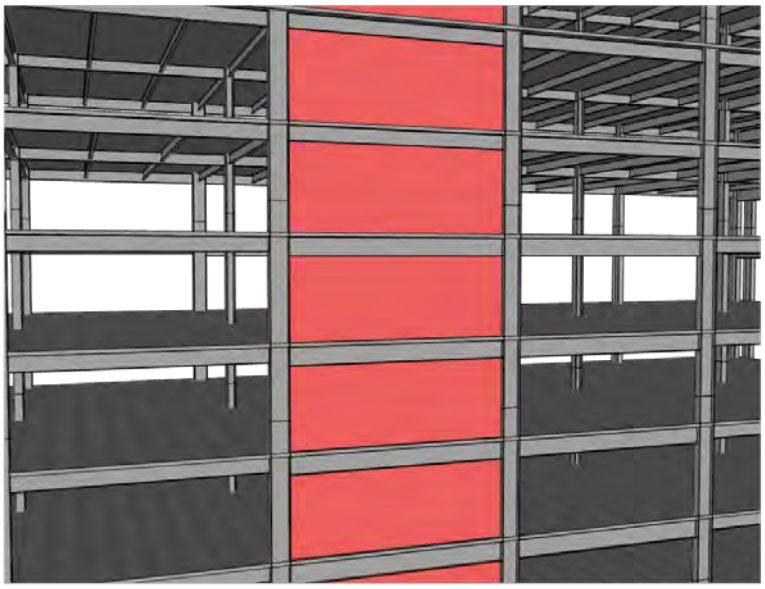
1- Steel Plate Reinforced Concrete
2- Concrete-Filled Steel Plate



شکل ۱۴-۸۳- دیوار برشی با سیستم CFSP

۱۴-۵-۴-۳- دیوار برشی فولادی

دیوارهای برشی فولادی در مقایسه با سایر دیوارهای برشی، علاوه بر سبک‌تر بودن دیوار، فضای کمتری را نیز اشغال می‌کنند. دیوار برشی فولادی به ویژه در ساختمان‌های بلند که هزینه انتقال تجهیزات قالب‌بندی و پمپ‌کردن بتن به محل قابل‌توجه است، می‌تواند جایگزین دیوار برشی بتنی گردد (شکل ۱۴-۸۴).



شکل ۱۴-۸۴- دیوار برشی فولادی

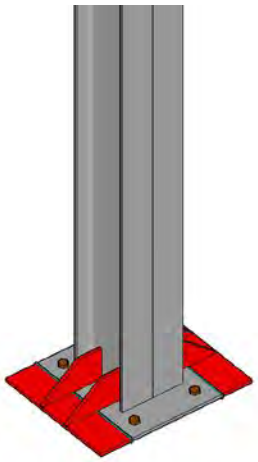
۱۴-۵-۵- اتصالات

۱۴-۵-۵-۱- صفحه پای ستون

الف- صفحه پای ستون باید با افزودن میل‌مهار و یا کلید برشی و یا افزایش ابعاد صفحه و تعداد سخت‌کننده‌های روی آن تقویت شود. افزایش ابعاد صفحه پای ستون باید با استفاده از جوش نفوذی کامل و لبه‌سازی مناسب و هماهنگی ضخامت صفحه پای ستون موجود و ورق جدید باشد. در این صورت استفاده از روش افزایش ابعاد صفحه پای ستون

با افزایش تعداد سخت‌کننده‌ها، تعداد بولت‌ها و تقویت صفحه پای ستون با تعبیه میلگردهای متعدد در اطراف ستون و ایجاد یک ژاکت بتنی در قالب یک پدستال بتنی مجاز است.

ب- در مواردی که ضخامت ورق صفحه پای ستون کافی نباشد، اجرای صفحه پای ستون جدید باید به‌صورت دو صفحه U شکل و اتصال آن‌ها به یکدیگر با جوش نفوذی و تأمین اتصالات لازم انجام گیرد. در صورتی که ابعاد پی نیز باید اصلاح شود، سخت‌کننده‌های ذوزنقه‌ای یا مثلثی باید به ستون و صفحه ستون جوش شوند. جزئیات اجرا باید مطابق با شکل ۱۴-۸۵ باشد.

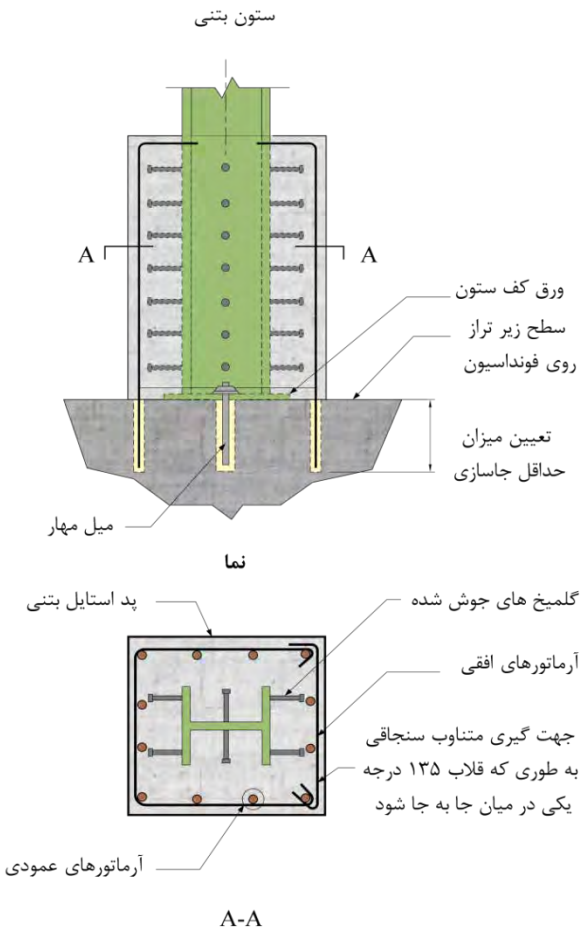


شکل ۱۴-۸۵- تقویت صفحه پای ستون با افزودن سخت‌کننده اتصال ورق جدید به ورق قدیم با جوش شیاری

پ- در صورتی که افزودن صفحات جدید به صفحه ستون اجرایی نباشد، می‌توان صفحه‌ستون را در یک پدستال واقع بر روی پی مدفون کرد. جزئیات پدستال بتنی، باید مانند ستون بتن مسلح که کلیه شرایط و ضوابط فصل ششم این ضابطه (بتن و اجرای سازه‌های بتنی) و آیین‌نامه آبا را ارضا می‌کند، طرح و اجرا شود. جزئیاتی از آن در شکل ۱۴-۸۶ ارائه شده است.

ت- به منظور دسترسی به صفحه پای ستون، کف‌سازی باید با رعایت مراقبت‌های لازم برای آسیب نرساندن به اجزای سازه‌ای برداشته شود. اگر ضروری است صفحه پای ستون موجود به‌طور کلی جایگزین شود، تمهیدات لازم برای ایجاد یک مسیر بار جدید و موقتی برای ستون باید در نظر گرفته شود. در این موارد میل‌مهارهای موجود در تراز روی پی باید قطع و میل‌مهارهای جدید مجدداً جایگزین شوند.

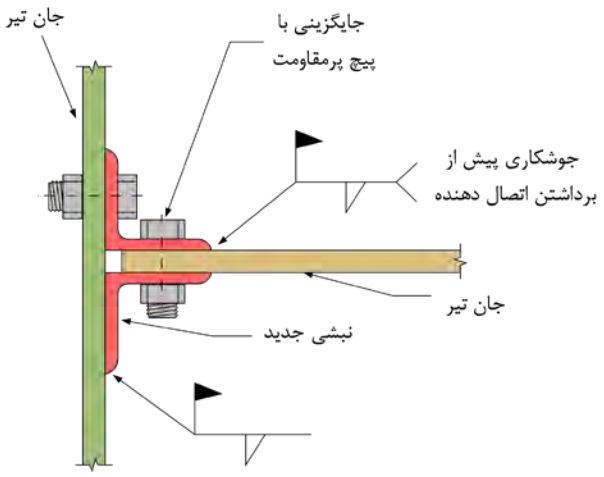
ث- در صورتی که در زمان تقویت صفحه پای ستون، میزان خوردگی پای‌ستون قابل‌توجه باشد و در روند محاسبات به آن توجه نشده باشد، طرح باید مورد بازنگری قرار گیرد.



شکل ۱۴-۸۶- تعبیه پدستال بتنی جهت تقویت صفحه پای ستون

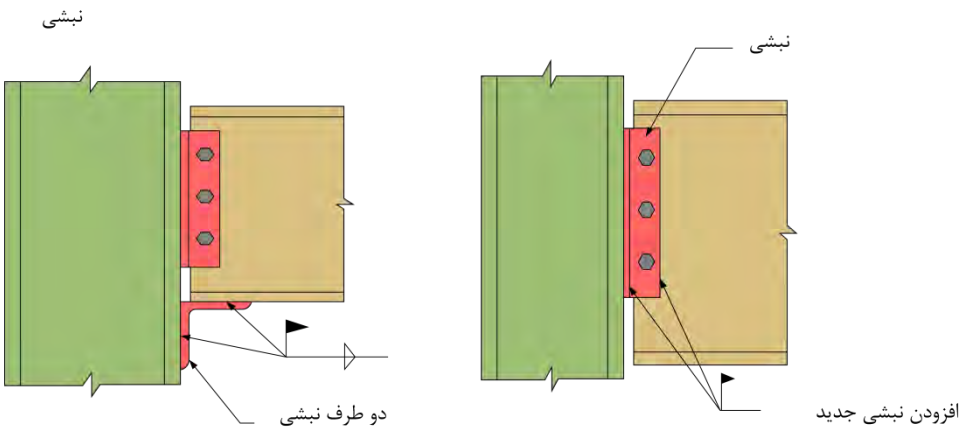
۱۴-۵-۵-۲- اتصالات ساده تیر به ستون

الف- اگر نبشی با پیچ به جان تیر متصل شده باشد، قبل از برداشتن پیچ باید نبشی را با جوش به جان تیر اتصال داده و سپس پیچ‌ها را با پیچ‌های مناسب (مقاومت بالاتر یا ابعاد بزرگ‌تر) جایگزین نمود. جزئیات در شکل ۱۴-۸۷ ارائه شده است.



شکل ۱۴-۸۷- استفاده از پیچ‌های پرمقاومت

ب- در اتصالات ساده با پیچ و پرچ می‌توان از جوش گوشه در دورتادور نبشی و یا از اضافه نمودن نبشی نشیمن به‌منظور تقویت اتصال تیر مفصلی به ستون استفاده کرد. جزئیات در شکل ۱۴-۸۸ ارائه شده است.

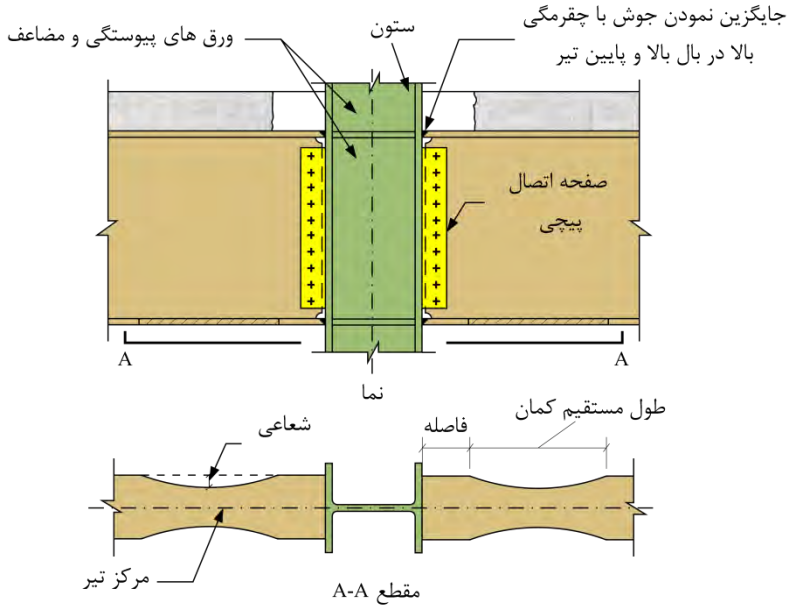


شکل ۱۴-۸۸- اتصال ساده تقویت‌شده

پ- در صورتی که اتصال با نبشی نشیمن برقرار شده باشد، تقویت ورق‌های جان اتصال و تقویت بیشتر با استفاده از سخت‌کننده داخل نبشی به‌منظور افزایش ظرفیت انتقال بار مجاز است. تعبیه سخت‌کننده در نبشی تحتانی باید باتوجه‌به ملاحظات معماری و ارتفاع مفید کف تا سقف باشد. جوش نبشی نشیمن باید کنترل و در صورت لزوم و نقص در جوش اصلاح شود.

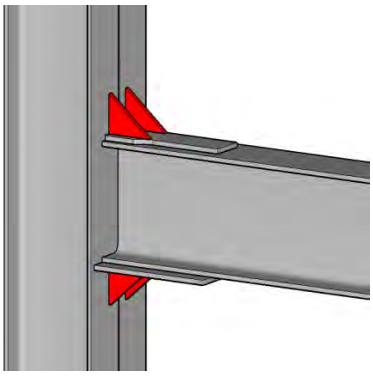
۱۴-۵-۵-۳- اتصالات صلب

الف- جزئیات روش بهسازی اتصالات صلب در شکل ۱۴-۸۹ آورده شده است.



شکل ۱۴-۸۹- تیر با مقطع کاهش یافته (RBS)

ب- از تعبیه صفحات تقویتی بر روی بال‌های تیر در بر اتصال تیر به ستون و افزودن ماهیچه و همچنین افـزودن ورق های کنارگذر[1] می‌توان برای تقویت اتصال استفاده کرد. جزئیات در شکل ۱۴-۹۰ ارائه شده است.



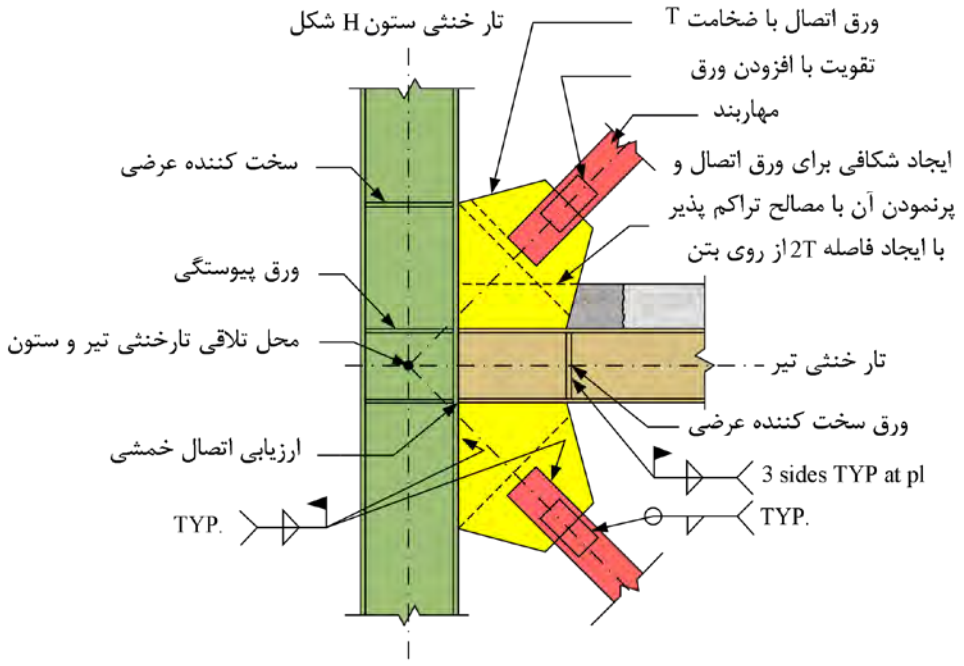
شکل ۱۴-۹۰- تقویت اتصال موجود با استفاده از لچکی

پ- در اجرای طرح تقویت تطابق فلز جوش با فلز مبنا و همچنین رعایت طاقت جوش شیاری و رعایت دستورکارهای مدوّن روند مشخص جوشکاری (WPS) برای یک جوش نفوذی کامل در محل (تعبیه سوراخ دسترسی جان، ورق پشت‌بند و برداشتن آن‌ها) باید موردتوجه قرار گیرد. در کل رعایت ضوابط اتصالات گیردار فولادی مطابق با فصل هفتم (فولاد و اجرای سازه‌های فولادی) الزامی می‌باشد.

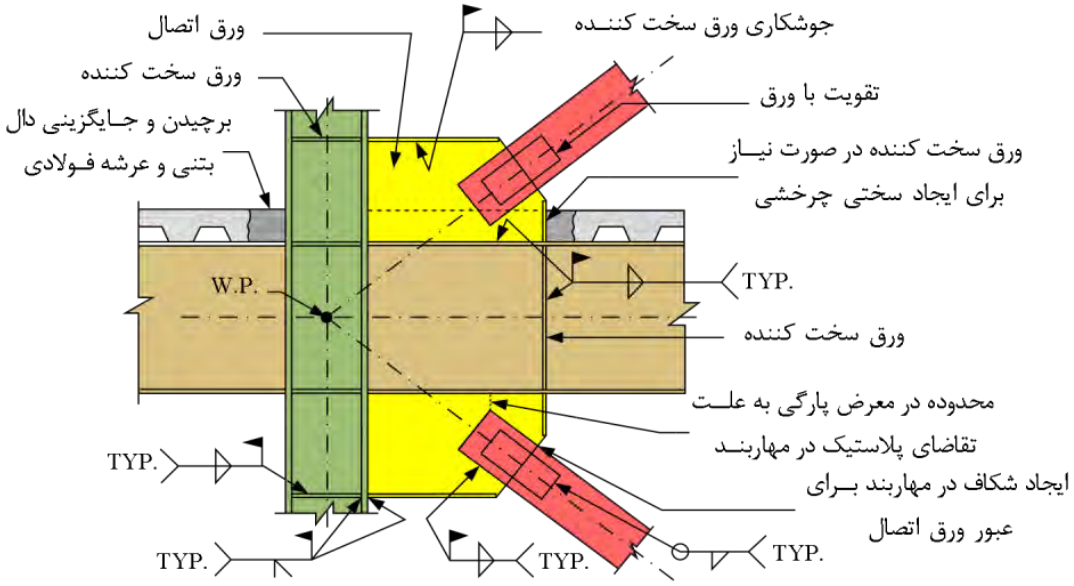
۱۴-۵-۵-۴- صفحه اتصال مهاربند (ورق گاست)

الف- باید با تعبیه یک صفحه اتصال جدید یا تقویت صفحه اتصال موجود، بهسازی صفحات اتصال مهاربند انجام شود. تقویت صفحه اتصال باید با توجه به میزان شکل‌پذیری مورد انتظار از سیستم مهاربندی صورت گیرد. در مهاربندی‌هایی که رفتار پایدار پس‌کمانشی خارج از صفحه از آن‌ها انتظار می‌رود، تعبیه فاصله‌ای برابر دو برابر ضخامت ورق اتصال، برای محور آزاد خمش الزامی می‌باشد. جزئیات در شکل ۱۴-۹۱ تا شکل ۱۴-۹۳ آورده شده است.

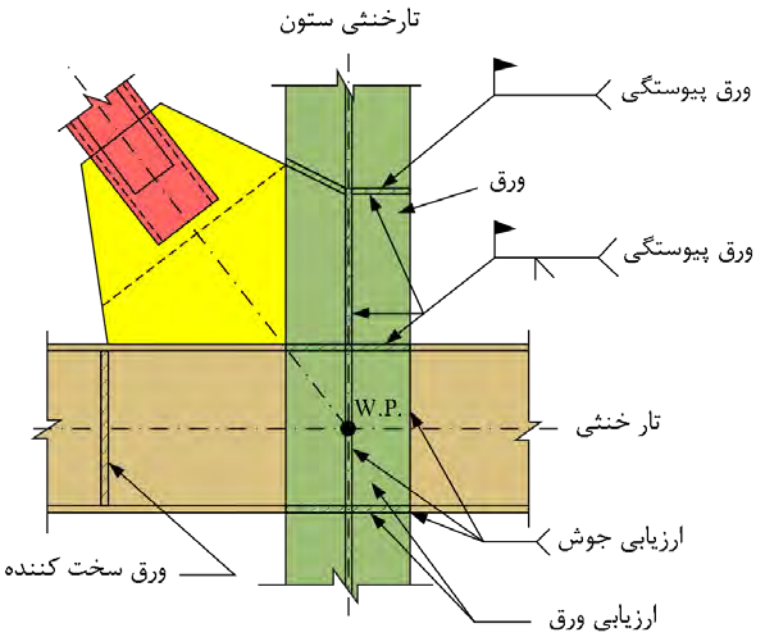
1- Side plates



شکل ۱۴-۹۱- اتصال مهاربند به وجه قوی ستون H با رعایت قاعده دو برابر ضخامت ورق اتصال (شکل پذیری بالا)



شکل ۱۴-۹۲- اتصال مهاربند به وجه قوی ستون H بدون رعایت قاعده دو برابر ضخامت ورق اتصال و نیاز به تعبیه سخت‌کننده در لبه ورق اتصال (شکل پذیری محدود)



شکل ۱۴-۹۳- اتصال مهاربند به وجه ضعیف ستون H با رعایت قاعده دوبرابر ضخامت ورق اتصال (شکل‌پذیری بالا)

ب- تعبیه ورق اتصال به تیر و ستون باید به نحوی انجام گردد که نبشی فوقانی و یا تحتانی تیر، مانع اتصال ورق اتصال به تیر و ستون نشود.

۱۴-۵-۵-۵- وصله ستون

الف- وصله ستون‌های موجود باید به صورت لب‌به‌لب با جوش نفوذی کامل (در کارخانه) یا به‌صورت پوششی با پیچ یا جوش گوشه (در کارخانه و محل پروژه) انجام گیرد.

ب- در هنگام استفاده از ورق وصله، الزامی است که ابعاد ستون در ارتفاع طبقه کاملاً یکسان باشد.

پ- در مواردی که ورق‌های وصله به‌صورت ضعیف، طراحی یا اجرا شده، یا طول جوش کافی تأمین نشده باشد، باید ورق تقویت و افزایش جوش یا جایگزین‌کردن ورق اتصال یا تبدیل اتصال به اتصال پیچی (به‌خصوص در ستون‌های با مقطع H) انجام شود. تعبیه سوراخ در بال یا جان مقطع باید با ادوات مناسب و رعایت رواداری‌های ابعادی و فواصل مجاز سوراخ‌ها از یکدیگر و از لبه صورت پذیرد. درهرصورت در تقویت اتصال توجه به این موضوع الزامی است که به طور هم‌زمان روی باربری جوش و پیچ حساب نگردد.

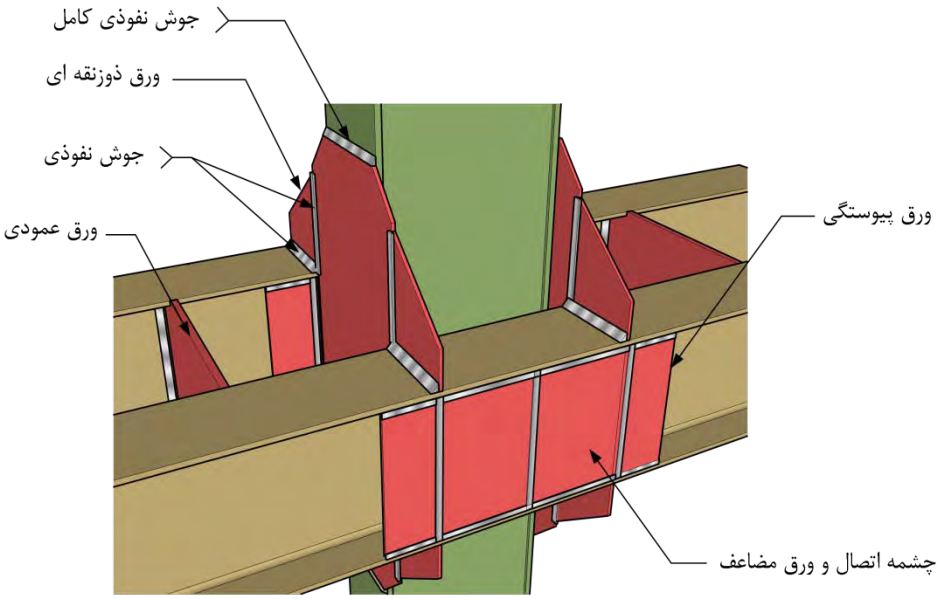
ت- در وصله‌های پوششی پیچی، در صورتی که ظرفیت ورق پاسخگو باشد، می‌توان با افزایش قطر پیچ و با لحاظ نمودن ظرفیت ورق‌های اتصال، ظرفیت وصله را به حد مطلوب رساند.

ث- در عملیات جوش‌کاری باید از تغییرشکل‌های احتمالی و اعوجاج و انحراف ستون به یک سمت مشخص با در نظر گرفتن تمهیدات لازم جلوگیری به‌عمل آید.

ج- در مواردی‌که برای تقویت اتصال، از تعبیه صفحات انتهایی در دو سمت وصله و اتصال پیچی دو صفحه به یکدیگر استفاده و قسمتی از ستون بریده می‌گردد، باید به اندازه ضخامت صفحات انتهایی از ارتفاع ستون کم گردد. لبه‌سازی جهت انجام جوش نفوذی کامل بین ورق ستون و ورق انتهایی باید انجام پذیرد.

۱۴-۵-۵-۶- اتصالات خورجینی

در شکل ۱۴-۹۴ جزئیات تقویت اتصال خورجینی به‌منظور تحمل بارهای جانبی ارائه شده است. الزامات مربوط به ابعاد و جنس مصالح مصرفی باید در نقشه‌های اجرایی بیان شده باشد. در صورتی‌که تیرهای خورجینی از نوع لانه زنبوری باشد، چشمه‌ها باید پر شود.



شکل ۱۴-۹۴- جزئیات نمونه جهت تقویت اتصال خورجینی برای تحمل بارهای جانبی

۱۴-۵-۶- مهاربند

مهاربندها و ملحقات آن‌ها در اثر ضعف‌ها و نقایصی به‌شرح زیر مورد عملیات بهسازی قرار می‌گیرند:

- نقایص مرتبط با عضو مهاربندی نظیر لاغری کلی زیاد، لاغری تک پروفیل‌ها، لقمه‌های ناکافی، افتادگی و ناصافی[1]، سطح مقطع ناکافی، وصله نامناسب در طول عضو
- نقایص مرتبط با ورق‌های اتصال نظیر ضعف ورق اتصال[2]، آسیب به ناحیه حفاظت‌شده[3] در حین عملیات اجرایی، عدم تعبیه محور آزاد خمش، عدم تعبیه سخت‌کننده روی ورق اتصال و عدم اتصال پیوسته ورق اتصال به تیر در محل ورق‌های زیرسری اتصال تیر به ستون

1- Out of Straightness
2- Gusset
3- Protected Zone

- نقایص مرتبط با ادوات و جزئیات اتصال از جمله طول جوش یا تعداد پیچ ناکافی، عدم جوشکاری در وجوه کناری ساختمان و صعوبت اجرا به دلیل وجود ساختمان کناری، اتصالات ناکافی به صفحات میانی و انتهایی و عدم تعبیه مهارهای جانبی در محل اتصال مهاربند به میانه تیر
- سایر نقایص نظیر زنگ‌زدگی و خوردگی، آتش‌سوزی، مغایرت مشخصات مکانیکی یا هندسی با نقشه‌های طراحی

روند عمومی تقویت مهاربندها شامل مراحل زیر می‌باشد:

- تعیین جوش‌پذیری فلز پایه
- انجام عملیات باربرداری موقت با تعبیه شمع و پایه اطمینان برای دهانه مهاربندی ۸ یا ۷ شکل در صورت نیاز
- آماده‌سازی سطح فلز پایه برای انجام عملیات تقویت و جوشکاری
- انجام عملیات تقویت یا جایگزین نمودن مهاربند با رعایت دستورکار مدوّن و مورد تأیید دستگاه نظارت در مورد روند مشخص جوشکاری (WPS)
- تقویت اتصال مهاربند به تیر و ستون
- بازرسی و کنترل کیفیت و کنترل رواداری‌ها
- تمیزکاری و رنگ‌کاری سطوح
- برچیدن شمع‌ها
- پرداخت پوشش ضدحریق

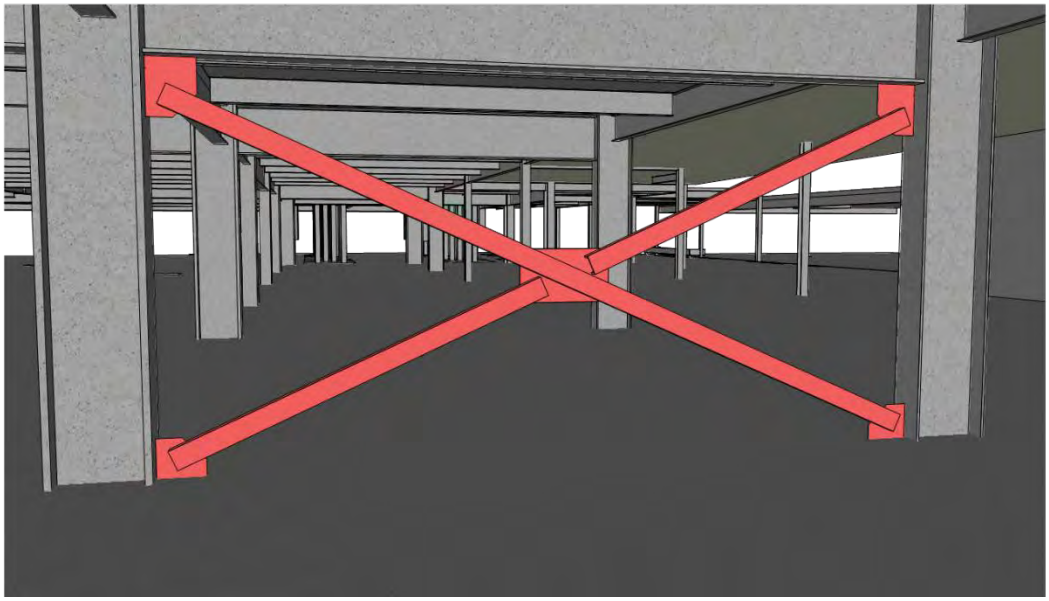
در ادامه به مشخصات اجرای طرح بهسازی مهاربندها پرداخته می‌شود.

۱۴-۵-۶-۱- افزودن مهاربند جدید یا جایگزین نمودن مهاربند موجود

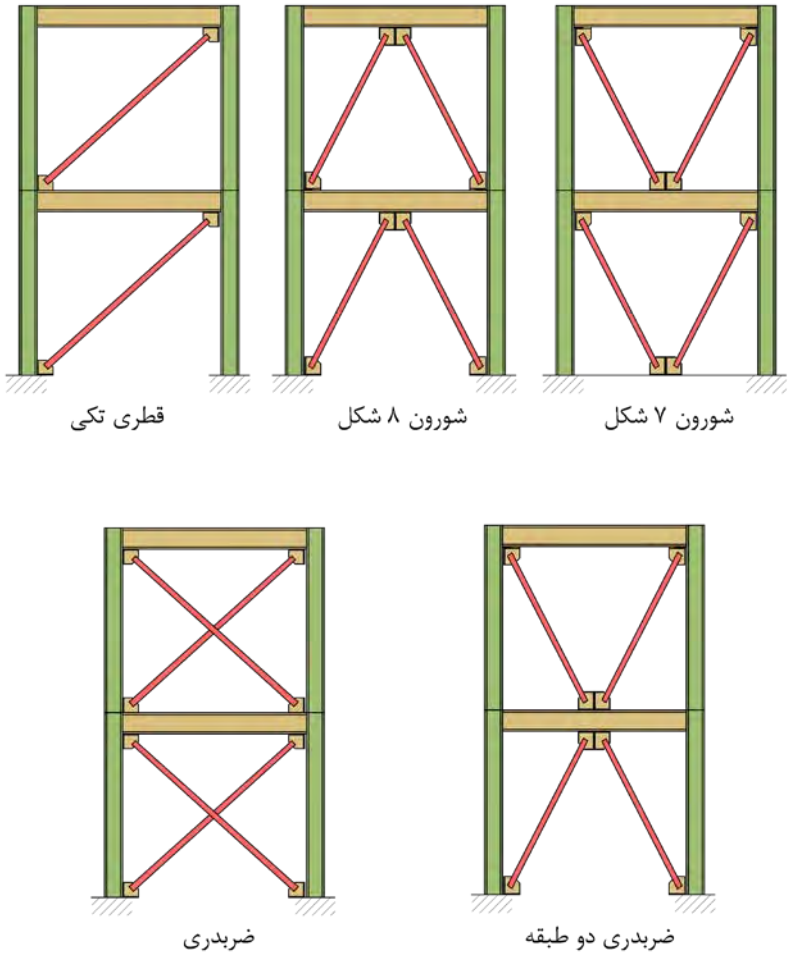
مهاربندهای جدید در انواع مختلفی نظیر مهاربند همگرا، واگرا و کمانش‌تاب قابل تعبیه هستند.

۱۴-۵-۶-۱-۱- مهاربند همگرای فولادی

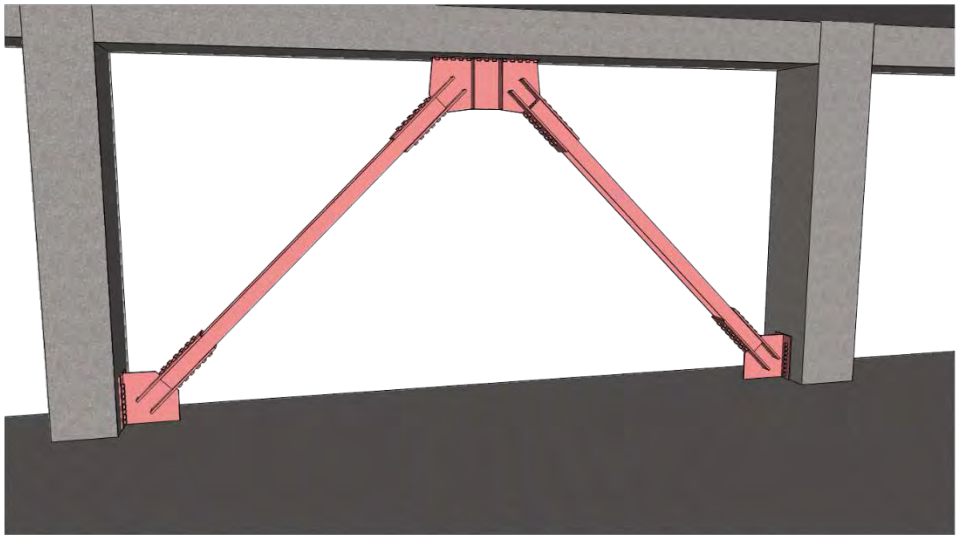
استفاده از مهاربند همگرای فولادی (CBF) از متداول‌ترین روش‌های بهسازی در سازه‌های فولادی می‌باشد. این نوع مهاربند در الگوهای متنوعی نظیر ضربدری (X)، قطری (مورب تک)، ۷ یا ۸ شکل (شورون) قابل اجرا هستند. استفاده از این مهاربندها در سازه‌های بتن‌آرمه نیز کاربرد دارد. استفاده از الگوی ۷ یا ۸ شکل مستلزم تقویت یا جایگزینی تیر دهانه مهاربندی یا اضافه شدن تیر جدید می‌باشد (شکل ۱۴-۹۵ تا شکل ۱۴-۹۷).



شکل ۱۴-۹۵- افزودن مهاربند به سازه با اتصال جوشی



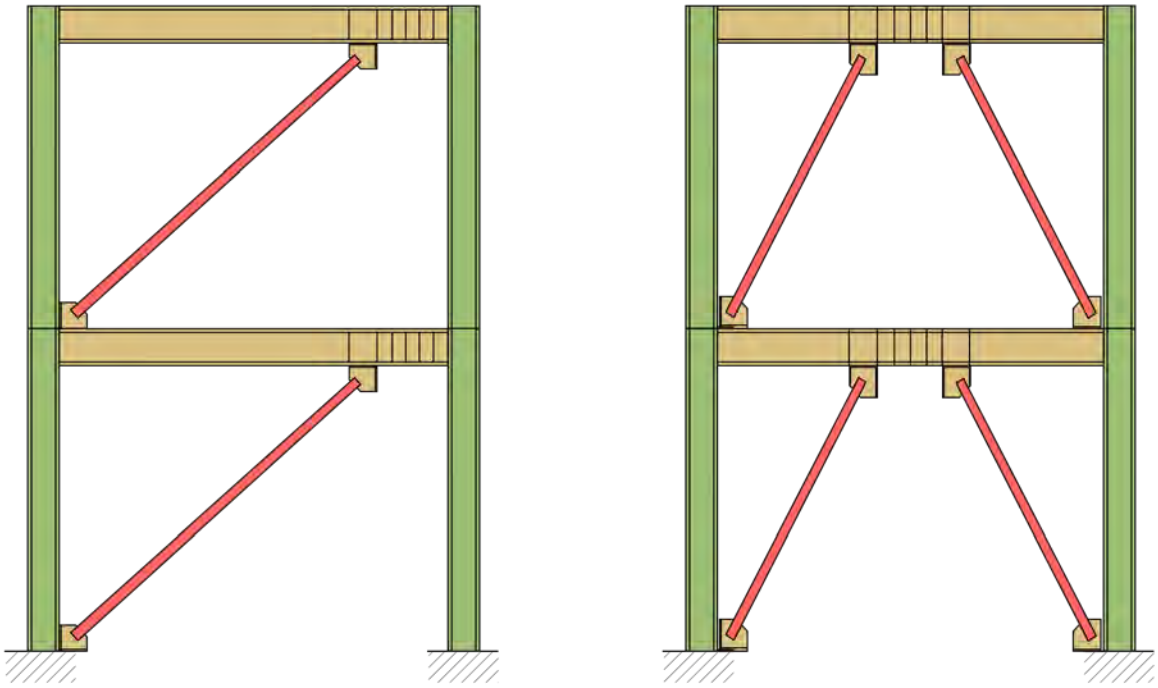
شکل ۱۴-۹۶- الگوهای مختلف مهاربند همگرا



شکل ۱۴-۹۷- نمونه‌ای از افزودن مهاربند به اسکلت بتنی با اتصال پیچی

۱۴-۵-۶-۱-۲- مهاربندهای واگرای فولادی

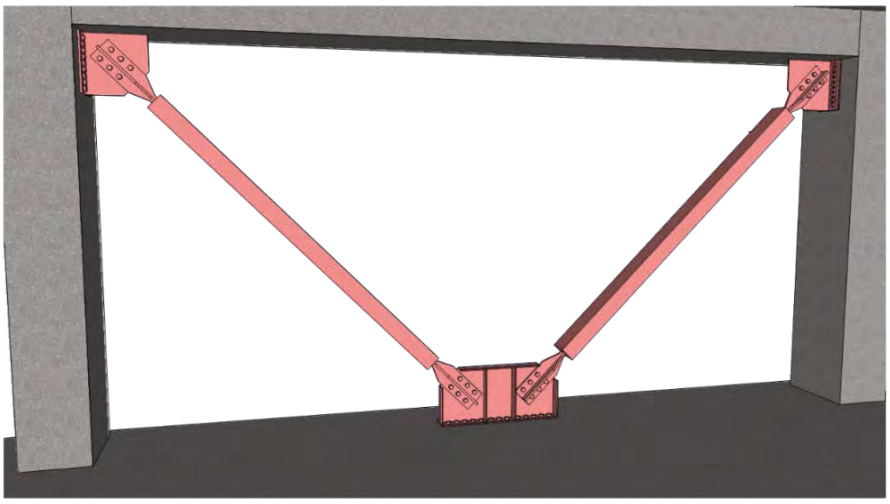
مهاربندهای واگرای فولادی نسبت به مهاربندهای همگرا امکان اجرای جزئیات متنوع‌تری را به لحاظ معماری فراهم می‌کنند و در دو الگوی تیر پیوند میانی و تیر پیوند کناری قابل‌اجرا هستند. در صورت استفاده از مهاربند واگرا، تیر دهانه مهاربندی باید مورد تقویت یا جایگزینی قرار گیرد یا تیر جدیدی به زیر تیر موجود اضافه شود و اجرای سخت‌کننده‌های جان تیر دهانه مهاربندی طبق نقشه‌های طرح الزامی است (شکل ۱۴-۹۸).



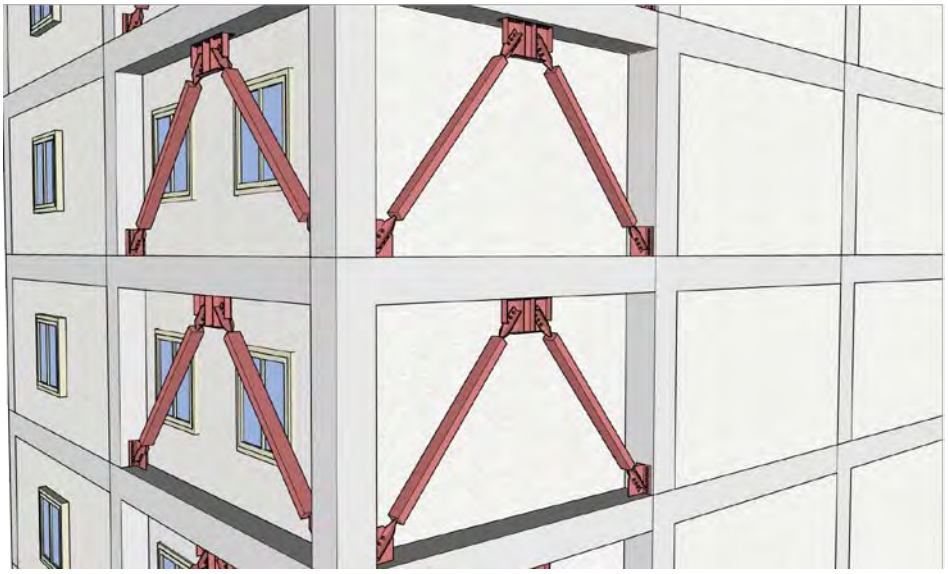
شکل ۱۴-۹۸- مهاربند واگرای فولادی

۱۴-۵-۶-۱-۳- مهاربند کمانش‌تاب (BRB)

مهاربند کمانش‌تاب (BRB[1]) نوعی از مهاربندها با قابلیت اتلاف انرژی بالا می‌باشد که معایب سیستم‌های مهاربندی همگرای متداول را ندارد. استفاده از این نوع مهاربندها در تقویت سازه‌های فولادی و بتنی کاربرد وسیعی پیدا کرده است. در این نوع مهاربند، بخشی از مهاربند موسوم به هسته، داخل غلافی قرار می‌گیرد کـه از کمانش هسته جلوگیری می‌نماید. با تعبیه غلاف پیرامونی رفتار مهاربند در فشار همانند رفتار آن در کشش می‌باشد. الگوی مهاربند کمانش‌تاب متداول به صورت قطری (تک مورب) و ۷ یا ۸ شکل می‌باشد. با توجه به جزئیات غلاف مهاربند، آرایش ضربدری از نظر اجرایی غیر ممکن می‌باشد(شکل ۱۴-۹۹ و شکل ۱۴-۱۰۰).



شکل ۱۴-۹۹- استفاده از مهاربند کمانش‌تاب در اسکلت بتن آرمه



شکل ۱۴-۱۰۰- استفاده از مهاربند کمانش‌تاب در بهسازی اسکلت بتن‌آرمه

1- Buckling-Restrained Brace

مهاربندهای کمانش‌تاب قبل از استفاده باید آزمون‌های تأیید صلاحیت را مطابق آیین‌نامه‌های معتبر داخلی یا خارجی احراز کرده باشند و گواهی‌نامه فنی طرح و تولید را از مراجع ذیصلاح داشته باشند و ضوابط مراجع مذکور را از نظر مشخصات فنی و انطباق ظرفیت باربری احراز نمایند.

۱۴-۵-۶-۱-۴- مهاربندهای خارجی

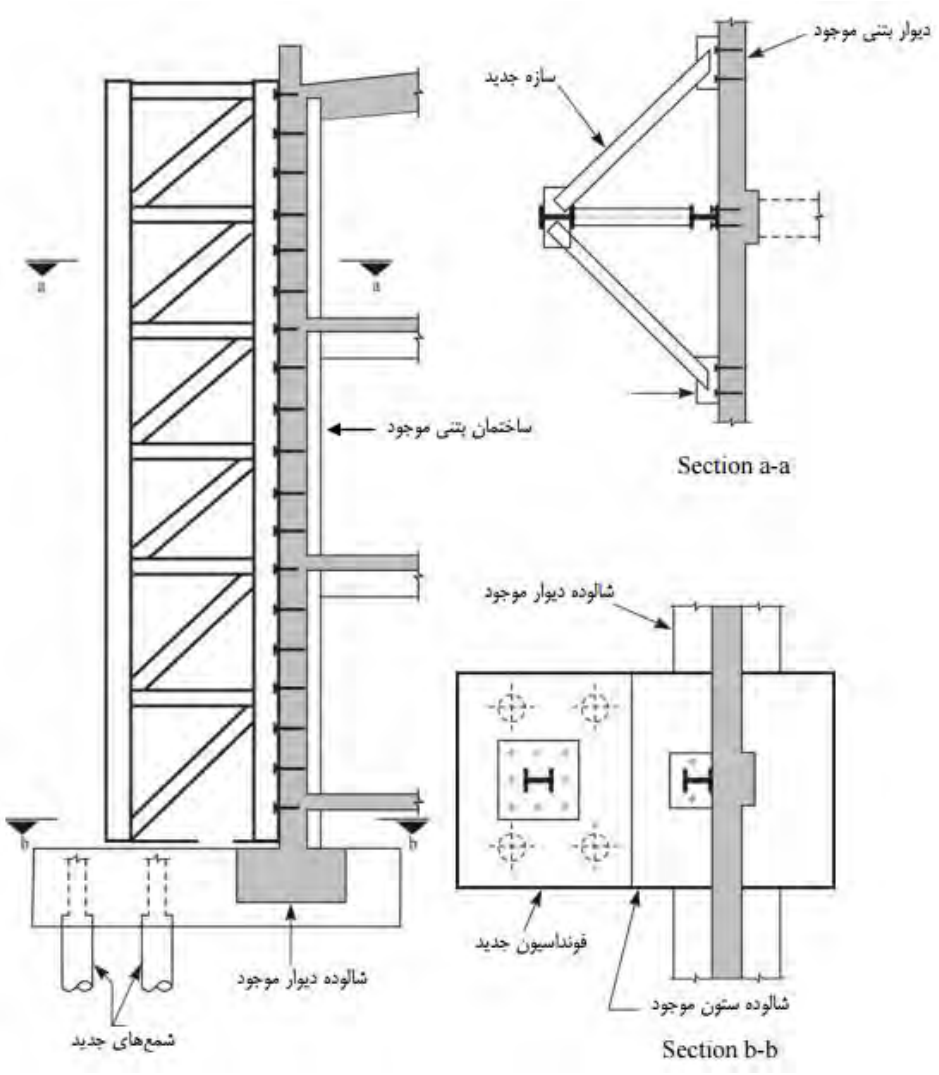
در مواردی نیاز است که بنا به ملاحظات معماری یا دسترسی و ... مهاربند در خارج ساختمان اضافه شود. در این گونه موارد، اتصال مهاربند جدید به سازه موجود و همچنین امکان تعبیه پی مستقل برای سیستم مهاربندی حایز اهمیت است (شکل ۱۴-۱۰۱).

۱۴-۵-۶-۲- تقویت مهاربند با ورق یا تسمه

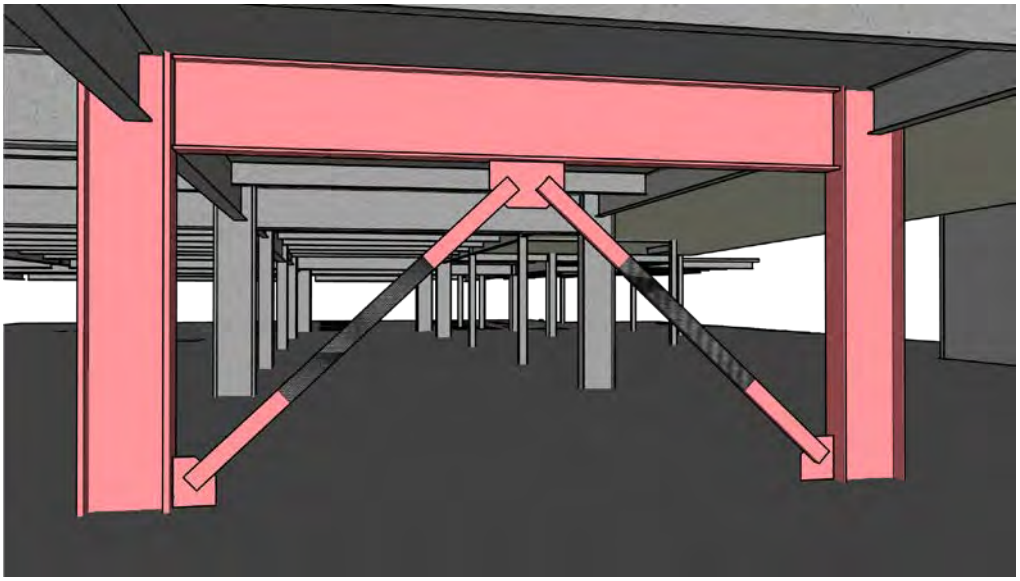
مهاربند را می‌توان با افزودن ورق و یا تسمه تقویت نمود. در این حالت ضروری است اجزای تقویتی در کل طول مهاربند اجرا گردد و همچنین در ناحیه ورق اتصال به میزان کافی امتداد یابد. همچنین قطعه تقویتی باید به صورت تمام طول باشد و از به‌کارگیری وصله در میانه طول مهاربند خودداری شود. در اجرای این نوع تقویت باید به امکان دسترسی و جوشکاری یا اجرای پیچ در حدفاصل درز انقطاع با ساختمان مجاور توجه لازم مبذول گردد.

۱۴-۵-۶-۳- تقویت مهاربند با افزودن FRP

یکی از راهکارهای تقویت مهاربند، استفاده از الیاف پلیمر کامپوزیت (FRP) است. استفاده از FRP در مهاربندها در جهت عرضی، باعث تقویت مقطع در مقابل کمانش‌های موضعی می‌شود. همچنین استفاده از FRP در جهت طولی ظرفیت محوری مقطع را افزایش می‌دهد. استفاده از CFRP برای تقویت مقطع فولادی مخاطره خوردگی گالوانیک را در پی دارد که باید تدابیر لازم اتخاذ گردد (شکل ۱۴-۱۰۲).



شکل ۱۴-۱۰۱- جزئیات اتصال مهاربند خارجی به ساختمان موجود



شکل ۱۴-۱۰۲- تقویت مهاربند با FRP

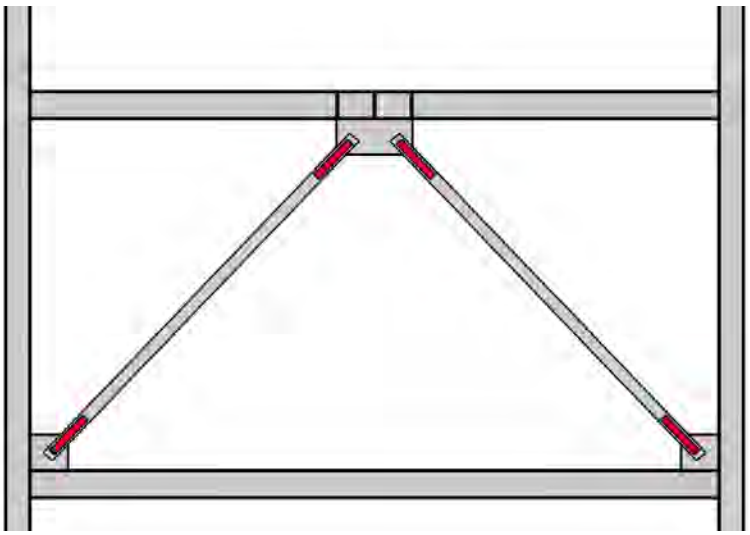
۱۴-۵-۶-۴- تقویت مهاربند با افزودن پروفیل

به منظور افزایش ظرفیت مهاربند، می‌توان پروفیل‌هایی به مقطع مهاربند متصل کرد. به‌عنوان مثال مقاطع نبشی و ناودانی تک را می‌توان به دوبل تبدیل نمود. همچنین مقاطع دوبل ناودانی یا دوبل نبشی را می‌توان با اضافه نمودن نبشی یا ناودانی تقویت نمود.

۱۴-۵-۶-۵- تقویت اتصالات مهاربند

معمولاً تقویت قاب مهاربندی با تقویت اتصالات مهاربند همراه می‌باشد. اتصالات مهاربند شامل ورق اتصال[1] و اتصال مهاربند به آن و همچنین اتصال ورق اتصال به تیر و ستون می‌باشد.

تقویت ورق اتصال می‌تواند با اضافه‌کردن ورق‌هایی به لبه خارجی آن و یا با اضافه‌کردن سخت‌کننده بر روی آن همراه باشد (شکل ۱۴-۱۰۳).



شکل ۱۴-۱۰۳- تقویت اتصال مهاربند به ورق اتصال

۱۴-۵-۷- دیافراگم

ضعف دیافراگم یکی از عوامل رایج آسیب سازه‌های فولادی در زلزله‌های اخیر بوده است. در اسکلت‌های فولادی سقف‌های طاق ضربی، دال یک طرفه با تیر فرعی کامپوزیت، تیرچه بلوک و عرشه فولادی و... کاربرد دارد.

۱۴-۵-۷-۱- دال تخت و تیر فرعی فولادی (سقف کامپوزیت)

سقف‌های کامپوزیت به دلایل متعددی نظیر ضخامت کم، ضعف مقاومت خمشی یا برشی، مقاومت ناکافی بتن و میلگردگذاری نامناسب ممکن است مورد تقویت قرار گیرند. در بهسازی سقف‌های کامپوزیت به‌عنوان یک روش مناسب

1- Gusset Plate

می‌توان از افزودن ضخامت بتن، تسمه فولادی یا ورق فولادی یا شیت‌های FRP برای بهسازی استفاده کرد. در مواردی که کنش‌های داخلی دیافراگم دارای ضعف می‌باشد، لازم است به صورت موضعی دال مورد تقویت قرار گیرد.

۱۴-۵-۷-۲- سقف تیرچه بلوک

سقف‌های تیرچه بلوک معمولاً دارای ضخامت دال کمی هستند و افزودن بتن‌مسلح بر روی آن‌ها می‌تواند به ارتقای عملکرد آن‌ها در زلزله بیانجامد. در سقف‌های تیرچه بلوک سفالی، حفاظت از سفال‌ها در مقابل شکستن و سقوط بسیار حایز اهمیت است. فروریزش آجرها در سقف‌های تیرچه بلوک یکی از عوامل تلفات انسانی در زلزله‌های اخیر بوده است.

بدین منظور معمولاً زیر تیرچه‌ها تسمه‌کشی و میلگردگذاری شده و تیرچه‌ها به یکدیگر بسته می‌شوند و یا کل سفال‌ها برداشته شده و مجدداً از زیر عملیات نازک‌کاری انجام می‌شود. برچیدن سفال منجر به کاهش چشمگیر بار مرده ساختمان خواهد شد.

در کلیه راهکارهای تقویت سقف، بازشوهای سقف و تقویت موضعی آن‌ها، لحاظ نمودن اثر اضافه سربارها و اعمال بار جدید بر اجزای غیرسازه‌ای و جزئیات معماری و تأسیساتی باید مورد توجه قرار گیرد.

۱۴-۵-۸- سایر ملاحظات اجرایی

۱۴-۵-۸-۱- ضوابط جوشکاری بر روی اعضای موجود

رعایت تمامی الزامات جوشکاری در فصل هفتم این ضابطه (فولاد و اجرای سازه‌های فولادی) الزامی می‌باشد. به طور خاص موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

الف- جوشکاری بر روی قطعات موجود باید بر اساس دستورکار روند مشخص جوشکاری (WPS) صورت گیرد.

ب- سطح اعضای فولادی باید قبل از جوشکاری آماده‌سازی شده و ازجوشکاری بر روی سطوح زنگ‌زده و دارای رنگ و پوشش گالوانیزه خودداری شود.

پ- پیش‌گرمایش قطعات و الکترود مطابق دستورکار روند مشخص جوشکاری (WPS) ارائه‌شده، الزامی می‌باشد.

دستور کار باید توسط مشاور در نقشه‌های اجرایی بیان شده باشد.

۱۴-۵-۸-۲- بررسی جوش‌پذیری

در مواردی که جوش‌کاری بر روی اعضای فولادی موجود ضروری باشد، باید انطباق کامل بین رده الکترود مصرفی و رده فولادی برقرار باشد. در مواردی که نمی‌توان نوع رده فولاد را با نوشته‌هایی که روی اعضا وجود دارد و یا مستندات پروژه تشخیص داد، باید با استفاده از آزمایش‌های در محل یا اخذ نمونه‌هایی از اعضا، رده مقاومتی فولاد تعیین گردد. برای تعیین دستورکار روند مشخص جوشکاری (WPS) باید به AWS D1.1/D1.1M، (AWS, 2015) مراجعه شود.

۱۴-۵-۸-۳- انتخاب و اجرای جوش

الف- جوش گوشه نسبت به جوش نفوذی از نظر امکان اجرا ارجح است.

ب- در صورت امکان، جوش‌ها به صورت صاف و یا افقی انجام شوند.

پ- در صورت امکان از جوش‌کاری بر مسیر تنش اصلی اجتناب شود.

ت- از ایجاد شرایط تنش دو محوره یا سه محوره در جوش پرهیز شود.

ث- از جوش‌کاری با حجم زیاد به دلیل احتمال بروز انقباض و اعوجاج جلوگیری شود.

ج- از ناپیوستگی‌های ناگهانی هندسی در جوش پرهیز شود.

چ- برای جوش‌های گوشه، عموماً طراحی اتصال با کمترین حجم جوش ارجح است.

ح- در صورت امکان از جوش نیمه نفوذی (PJP) یا گوشه به‌جای جوش نفوذی کامل (CJP) استفاده شود.

خ- جای جوش‌ها طوری انتخاب شود که کرنش‌های انقباضی در راستای طولی فلز پایه ایجاد تا از گسیختگی قالبی جلوگیری شود.

د- انتخاب فلز پرکننده برای جوش‌های نفوذی کامل (CJP) که در راستای عمود بر جوش درکشش است باید مطابق AWS D1.1/D1.1M باشد.

ذ- از ضربات قوس در نواحی تحت تنش بالا یا دارای پاشش‌های جوش پرهیز شود.

۱۴-۵-۸-۴- موقعیت جوش

در صورت امکان، تمهیداتی باید در نظر گرفته شود تا بتوان جوش را در موقعیت تخت و یا افقی اجرا کرد. در مواردی‌که اجرای جوش به‌صورت تخت یا افقی امکان نداشته باشد، باید از اضافه نمودن ورق‌های پوششی به بال‌های بالایی و پائینی استفاده گردد.

۱۴-۵-۸-۵- شرایط سطح

آلاینده‌های سطحی نظیر روغن، رنگ و زنگ‌زدگی از سطح فلز مادر در منطقه جوشکاری به پهنای ۲/۵ سانتی‌متر از هر طرف لبه جوش باید قبل از عملیات، پاک‌سازی شوند. فولاد زنگ‌زده باید با سنگ‌زنی تمیز شود و با کلاس آماده سازی سطوح در فصل هفتم این ضابطه (فولاد و اجرای سازه‌های فولادی) تطبیق یابد.

۱۴-۶- ساختمان‌های مصالح بنایی

۱۴-۶-۱- تعیین خواص مصالح و جزئیات سازه‌ای موجود

ساختمان‌های مصالح بنایی موجود، باید اطلاعات کافی از خصوصیات مکانیکی مصالح تشکیل‌دهنده ساختمان‌ها نظیر مقاومت فشاری آجر، مشخصات ملات از جمله مقاومت برشی و کششی ملات و همچنین مشخصات مجموعه آجرکاری (مجموعه آجر و ملات) به منظور شناسایی ظرفیت ساختمان مورد بررسی و سیاست‌گذاری روش متناسب بهسازی لرزه‌ای، به‌دست دهند. لازم است شناسایی اعضا و اجزای مختلف ساختمان‌های بنایی در تطابق با مفاد ضابطه شماره ۲۵۱ و در قالب جدول ۱۴-۴ صورت پذیرد. در پایان این مرحله باید موارد ذیل قابل استخراج باشد.

الف- تهیه نقشه‌های وضعیت موجود و یا انطباق و تصحیح نقشه‌های موجود در صورت وجود نقشه‌های ساخت؛

ب- تعیین مشخصات فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی مصالح به کار رفته در سازه؛

پ- تعیین مقدار و نوع آسیب‌های محیطی وارده شده به مصالح به کار رفته در ساختمان.

۱۴-۶-۱-۱- تخریب و سونداژ

بدین منظور لازم است پوشش‌های معماری تا رسیدن به محل اعضا یا اجزای مورد نظر جهت دسترسی کافی به اجزای مختلف سازه و انجام شناسایی‌های مورد نیاز و یا آماده نمودن شرایط لازم برای نمونه‌گیری و آزمایش‌های مخرب و غیرمخرب، برداشته شود.

۱۴-۶-۱-۲- شناسایی

در این مرحله لازم است مشخصات ظاهری جزئیات و ویژگی‌های هندسی اعضا و اجزای مختلف سازه به منظور تهیه نقشه‌های ارزیابی جامع وضع موجود (چون ساخت) و یا کنترل و تدقیق نقشه‌های موجود از سازه، وضعیت ظاهری و کیفی اعضا و اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای و همچنین تعیین تعداد و محل انجام آزمایش‌های مخرب و غیرمخرب، شناسایی و تدقیق گردد.

۱۴-۶-۱-۳- آماده سازی

آماده سازی محل اجرای کار باید در محل سایت، قبل و در حین انجام سونداژ و آزمایش‌های مخرب و غیرمخرب، به منظوردستیابی به اهداف زیر صورت گیرد:

الف- به‌منظور استقرار دستگاه‌ها باید اقداماتی نظیر تأمین داربست، بالابر، جابه‌جایی یا تخریب برخی از اعضا و اجزای غیرسازه‌ای، به‌منظور تسهیل در حمل تجهیزات به داخل انجام پذیرد.

جدول ۱۴-۴- لیست موارد مهم در شناسایی اعضا و اجزای مختلف ساختمان بنایی

عضو	شرح شناسایی
کلاف افقی و قائم	الف- تعیین ابعاد کلاف ب- تعیین وضعیت ظاهری کلاف و مشخص نمودن آسیب‌های محیطی و شیمیایی و از بین‌رفتگی بتن و آرماتورهای به کار رفته پ- تعیین نوع، فواصل و مشخصات آرماتورهای به کار رفته ت- تعیین وضعیت و جزئیات اتصال کلاف‌های افقی به کلاف‌های قائم ث- تعیین وضعیت و جزئیات اتصال کلاف به دیوار ج- تعیین وضعیت و جزئیات اتصال کلاف به دیافراگم چ- سایر موارد
پی	الف- تعیین نوع پی (منفرد، نواری، گسترده و غیره) ب- تعیین نوع مصالح پی پ- تعیین ابعاد پی ت- شناسایی شناژ و تعیین ابعاد و نوع مصالح به کار رفته ث- تعیین وضعیت ظاهری پی و شناژ و تعیین آسیب‌های محیطی، شیمیایی و از بین‌رفتگی بتن و آرماتورهای به کار رفته در پی و شناژ ج- تعیین نوع، مشخصات و آرماتورهای به کار رفته در پی و شناژ چ- سایر موارد
دیوار بنایی	الف- تعیین ابعاد دیوار (ارتفاع، طول و ضخامت) ب- تعیین نوع ملات مصرفی در دیوار پ- تعیین نحوه آجرچینی، وضعیت درزها، قفل و بست‌ها، هشته‌گیرها و غیره ت- تعیین محل و ابعاد بازشو در دیوار ث- تعیین جزئیات و مشخصات اتصال دیوار به دیافراگم ج- تعیین جزئیات و مشخصات نعل‌درگاه چ- سایر موارد
بام	الف- تعیین مشخصات ظاهری و هندسی بام، شامل پلان، شیب‌بندی، نوع ایزولاسیون و غیره ب- تعیین مشخصات و ابعاد خرپشته پ- تعیین مشخصات و ابعاد جان‌پناه ت- تعیین مشخصات تأسیسات و تجهیزات احتمالی مستقر در بام ث- سایر موارد
سقف و سقف کاذب	الف- تعیین نوع سقف (انعطاف‌پذیر، نیمه صلب و صلب) ب- تعیین ابعاد و مشخصات اجزای تشکیل‌دهنده سقف شامل تعیین ابعاد، نحوه اتصال و دیگر موارد مربوط شامل تیرچه‌های سقف، بلوک‌های بتنی و غیره پ- نحوه اجرای سقف (طاق ضربی، تیرچه بلوک و غیره) ت- تعیین مشخصات مهاربندهای محتمل در سقف‌ها به‌منظور ایجاد انسجام ث- شناسایی انواع سقف کاذب و نحوه اتصال آن به سقف اصلی ج- تعیین تأسیسات و تجهیزات موجود در سقف کاذب چ- نحوه مهار و قرارگیری تاسیسات و تجهیزات در سقف کاذب ح- سایر موارد
درز انقطاع	الف- شناسایی و تعیین ابعاد درز انقطاع ب- تعیین مشخصات مواد و مصالح پرکننده درز انقطاع

ب- باید شرایط محیطی لازم به‌منظور انجام آزمایش‌های مخرب و غیرمخرب، همچنین صاف، تمیز و صیقلی نمودن سطوح، زنگ‌زدایی و تمیز نمودن و برداشتن هرگونه پوشش و یا مانع از روی اجزای مورد بررسی، تأمین آب و برق موردنیاز دستگاه‌ها، تهویه و غیره تأمین گردد.

پ- فرآیند انجام آزمایش‌ها و برداشت اطلاعات از محل، باید با پیش‌بینی‌هایی به منظور جلوگیری از بروز خسارت به تجهیزات موجود، حفظ ایمنی کارکنان، بهره‌برداران و ساکنین انجام پذیرد. همچنین الزامات کلی فصل ۸ این ضابطه باید رعایت شود.

۱۴-۶-۱-۴- نمونه گیری و انجام آزمایش

۱۴-۶-۱-۴-۱- آزمایش جک مسطح

آزمایش جک مسطح باید با هدف تعیین مدول الاستیسیته مجموعه آجرکاری و تعیین مقاومت فشاری بر اساس نظر مشاور به دو صورت جک مسطح تکی یا دوبل مطابق با استانداردهای ASTM 1196-91 و ASTM 1197-91 انجام شود. نکاتی که باید در مورد آزمایش جک مسطح مدنظر قرار گیرد عبارت‌اند از:

الف- فشاری که سبب بازگرداندن جک به وضعیت اولیه می‌گردد باید پیش از انجام آزمایش تعیین شده باشد.

ب- فشار باید به‌صورت یکنواخت در جک اعمال شود.

پ- در صورتی که نمونه مورد نظر تحت سربارهای کم (بین ۰/۱ تا ۰/۱۵ مگاپاسکال) قرار داشته باشد به منظور جلوگیری از ترک‌خوردگی، لازم است از آزمایش جک مسطح تک به جای دوبل استفاده شود تا نمونه در محدوده الاستیک تحریک گردد.

ت- در صورتی که مصالح غیرهمگن بوده و وجود درزهای ملات غیرمنظم منجر به تمرکز تنش شود، نتایج این آزمایش قابل قبول نخواهد بود.

ث- در صورت ضخیم بودن درزهای ملات (بیش از ۲ سانتی‌متر)، شیار ایجاد شده باید از محل آجرها عبور کند.

ج- در حین انجام آزمایش جک مسطح تکی به‌منظور برآورد میزان تنش در رج مشخصی از دیوار، شیارها باید توسط دریل و یا سنگ فرز ایجاد شده و با دمنده[1] یا برس به‌خوبی تخلیه و پاک شوند (شکل ۱۴-۱۰۴).

چ- به‌منظور پرهیز از انبساط ناحیه‌ای جک مسطح باید از ورق‌های پرکننده مخصوص[2] با ابعاد و اندازه‌های مناسب استفاده گردد.

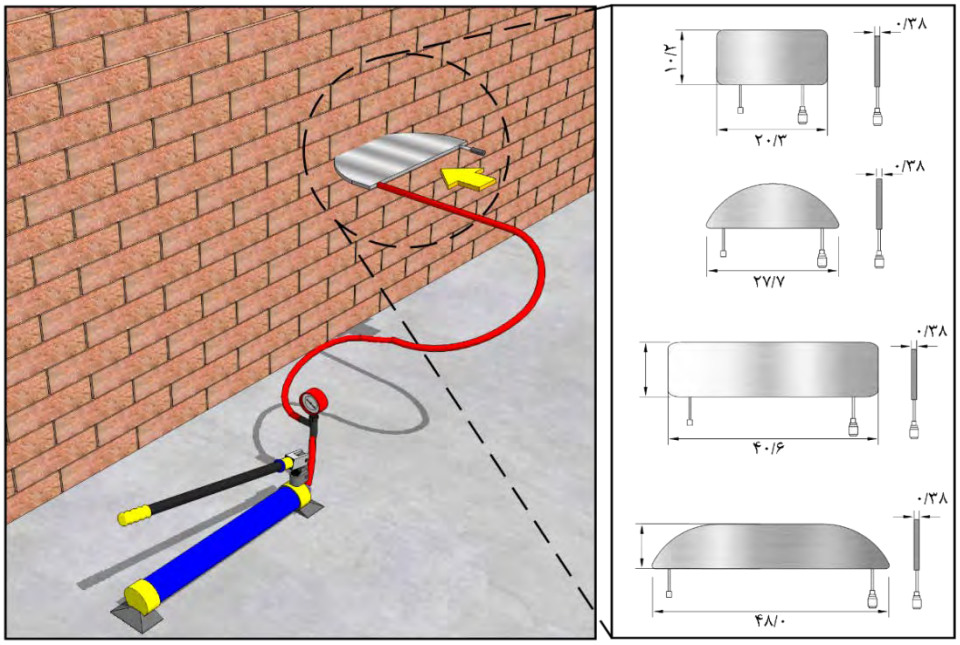
در انجام آزمایش جک مسطح دوبل مطابق شکل ۱۴-۱۰۵ به منظور تعیین منحنی تنش- کرنش آجرکاری الزامات ذیل باید رعایت شود:

الف- تمامی موارد ذکر شده در انجام آزمایش جک مسطح تکی در این آزمایش رعایت گردد.

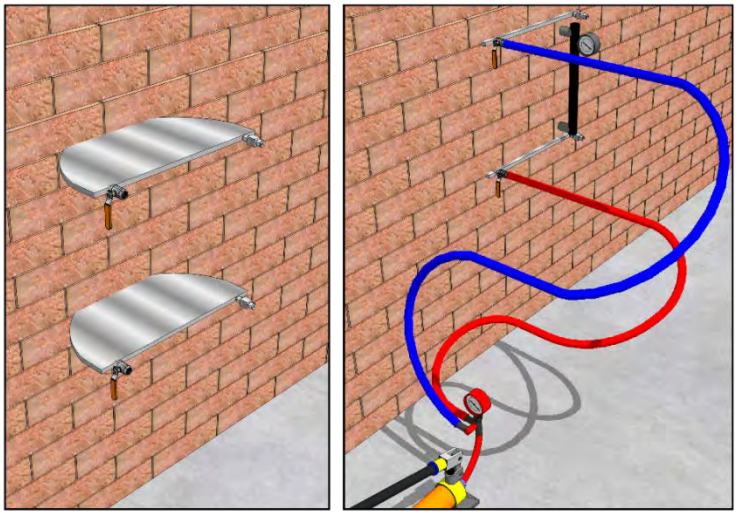
1- Blower
2- Shim

ب- فاصله چهار کرنش‌سنج باید بین ۷۵٪ تا ۹۰٪ فاصله دو جک مسطح از یکدیگر باشد.

پ- نمونه حداقل باید دربردارنده ۵ رج آجر برای آجرهای با ارتفاع بیش از ۱۰ سانتی‌متر، حداقل ۳ رج و ارتفاع نمونه باید بین ۱/۰ تا ۱/۵ برابر طول صفحه مسطح جک و نیز بیشتر از ۲/۵ برابر عمق این صفحه باشد.



شکل ۱۴-۱۰۴- انواع شکل‌های صفحات جک‌های مسطح



شکل ۱۴-۱۰۵- نمایی از روش انجام آزمایش جک مسطح دوبل

۱۴-۶-۱-۴-۲- آزمایش برش ملات در محل

در آزمایش تعیین مقاومت برش ملات، باید الزامات ذیل رعایت گردد.

الف- رج خارجی دیوار باید تحت آزمایش برش قرار گیرد.

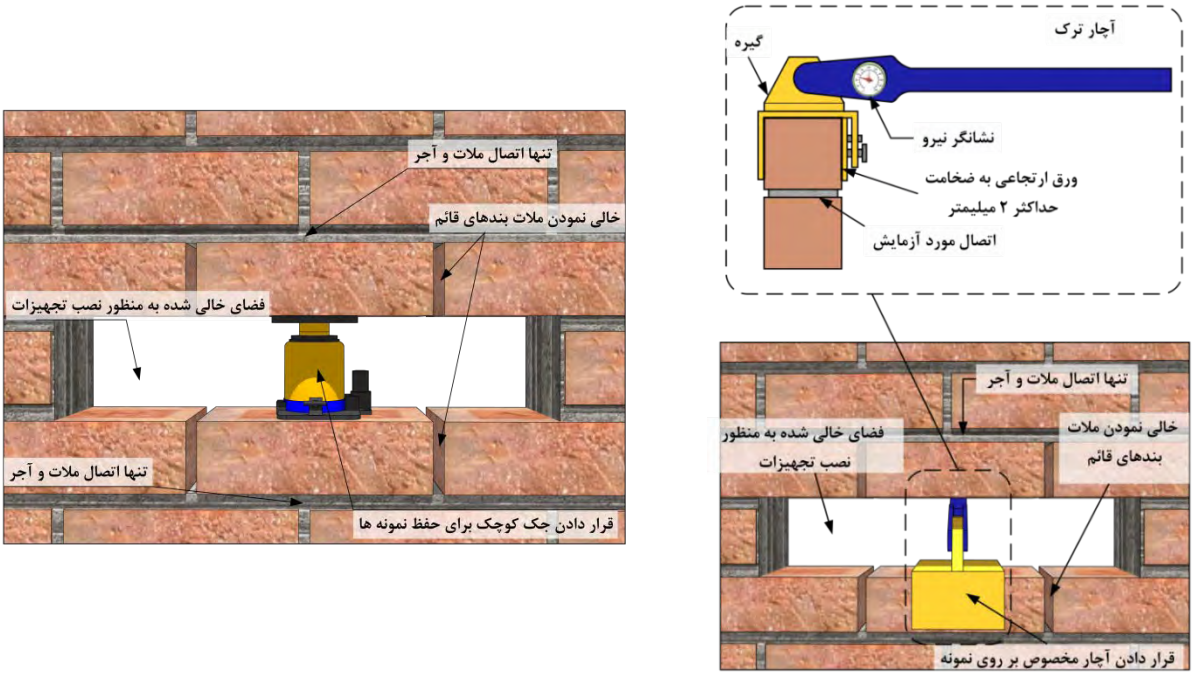
ب- آجرهای بالا و پایین آجر تحت آزمایش، باید سالم و نشکسته باقی بمانند.

پ- آجر تحت آزمایش باید سالم و بدون ترک باقی بماند.

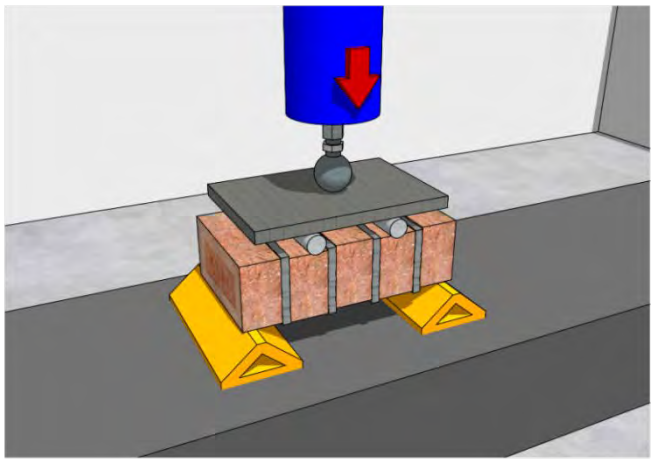
ت- آجرهای دو طرف آجر تحت آزمایش باید برداشته و دو سطح در درزهای قائم، باید قبل از آزمایش، به‌خوبی تمیز شوند.

۱۴-۶-۱-۴-۳- آزمایش تعیین مقاومت کششی ملات

آزمایش‌های تعیین مقاومت کششی ملات باید مطابق استاندارد BS EN 1052-5:2005 انجام شود که جزئیات آن در شکل ۱۴-۱۰۶ و شکل ۱۴-۱۰۷ نشان داده شده است.



شکل ۱۴-۱۰۶- نماهایی از آزمایش کشش ملات در محل و در آزمایشگاه با روش آچار



شکل ۱۴-۱۰۷- انجام آزمایش خمشی بر روی واحد آجرکاری به منظور تعیین مقاومت کششی ملات

۱۴-۶-۱-۵- ترمیم

در این مرحله لازم است شروع عملیات کلی ترمیم اعضای ساختمان به اتمام عملیات نمونه‌گیری در تمامی محل‌های مورد نظر موکول نشده و انجام عملیات ترمیم هر محل بلافاصله بعد از انجام عملیات سونداژ و نمونه‌گیری در آن محل (اتمام فرآیند آزمایش)، صورت پذیرد.

۱۴-۶-۲- دیوار

۱۴-۶-۲-۱- تقویت سطحی دیوار با بتن پاششی

۱۴-۶-۲-۱-۱- تخریب لایه رویه دیوارها

الف- به‌منظور اجرای لایه بتن پاششی، تمام پوشش‌های موجود بر روی دیوار تا سطح اصلی دیوار باید برداشته شود.

ب- در صورت ضرورت باقی‌ماندن اندود سیمانی سخت شده، سطح مذکور باید قبل از اجرای بتن پاششی مضرس شود.

۱۴-۶-۲-۱-۲- سوراخ کاری

الف- تجهیزات استفاده شده در سوراخ‌کاری نباید باعث ایجاد خرابی‌های ناشی از لرزش در دیوار گردد. در مرحله بعد می‌بایستی داخل سوراخ‌ها با استفاده از پمپ باد و یا شستشو با واترجت تمیز گردد. همچنین لازم است راستای سوراخ‌کاری مورب، با زاویه ۳۰ درجه نسبت به عمود بر سطح سوراخ‌کاری، انجام شود.

ب- شبکه مش فولادی باید در محل تقاطع میلگردهای افقی و قائم نصب گردد. در روش کاشت با گروت، قطر سوراخ‌کاری باید حداقل ۳ برابر قطر میلگرد و در صورت استفاده از روش کاشت با چسب اپوکسی این مقدار باید حداقل ۴ میلی‌متر بیشتر از قطر میلگرد مورد استفاده باشد.

پ- برای حصول اطمینان از پرشدن سوراخ، باید ابتدای سوراخ‌ها با فتیله ملات و فشردن آن به درون سوراخ، پر شود.

ت- به منظور حصول اطمینان از ممزوج شدن میلگرد داخل سوراخ با دوغاب اطراف، باید حداقل یک دور میلگرد درون سوراخ چرخانده شود.

۱۴-۶-۲-۱-۳- مش بندی

الف- لازم است از شبکه میلگرد (مش‌بندی) به‌صورت پیش‌ساخته کارخانه‌ای و مطابق با جزئیات طرح مشاور استفاده گردد. در غیر این صورت به‌منظور ساخت شبکه میلگرد در محل، استفاده از میلگردهای به صورت کلاف حلقوی ممنوع است.

ب- در زمان قراردادن شبکه میلگرد بر روی سطح مورد نظر، می‌بایستی شبکه میلگرد بافته شده با استفاده از بست فلزی مناسب در محل همپوشانی و یا تقاطع با آرماتورهای انتظار به آن‌ها وصل شود.

پ-جایگذاری شبکه میلگرد باید به نحوی باشد که حدود ۲ الی ۳ سانتیمتر از دیوار فاصله داشته باشد و پس از اجرای عملیات پاششی بتن، در وسط ضخامت بتن اجرا شده (روکش تقویتی) قرار گیرد.

ت- برای درگیرکردن روکش تقویتی با دیافراگم ساختمان در روش بتن پاششی از داخل ساختمان، می‌بایستی پوشش معماری (اندودکاری) زیر دیافراگم موجود در امتداد روکش و به عرض مناسب برداشته شود.

۱۴-۶-۲-۱-۴- بتن‌پاششی و عمل‌آوری

الف- پیش از تقویت دیوار با بتن پاششی، در صورت تشخیص دستگاه نظارت باید آزمایش شبیه‌سازی عملیات اجرایی جهت حصول اطمینان از صلاحیت و توانایی اجرایی عوامل پیمانکار انجام شود. به‌این‌ترتیب که در محلی از دیوار که بیشترین انباشتگی بتن پاششی وجود دارد، پانلی که از نظر ضخامت، آجرچینی و خصوصیات مصالح به دیوار اصلی شبیه باشد باید ساخته و بتن پاششی با جزئیات مشابه بتن پاششی اصلی بر روی آن اجرا شود. در اجرای بتن پاششی بر روی پانل باید کلیه تجهیزات و نیروی انسانی که برای اجرای بتن پاششی بر روی دیوارهای اصلی به کار گرفته خواهد شد، درنظر گرفته شود. در کارهای کوچک و موقت و در صورت سابقه پیمانکار در اجرای بتن پاششی با تجهیزات و نیروی انسانی مشابه، در صورت تشخیص دستگاه نظارت، نیازی به انجام این آزمایش نمی‌باشد.

ب- مقدار حجمی هوا در بتن پاششی اجرا شده به روش تر باید برابر ۶٪ تا ۷٪ باشد.

پ- نمونه‌گیری باید حداقل از هر سری مصالح ریخته شده در اجرای بتن پاششی و حداقل از هر ۳۸/۲ مترمکعب بتن انجام شود.

ت- آزمونه استاندارد بتنی برای انجام آزمایش‌های تعیین مقاومت فشاری ملات یا بتن پاششی در صورتی که حداکثر ابعاد سنگ‌دانه‌ها بزرگ تر از ۹/۵ میلی‌متر باشد باید دارای حداقل قطر ۷۶ میلی‌متر برای مغزه‌ها و ۷۶ میلی‌متر برای نمونه‌های مکعبی باشد. این اندازه‌ها در صورتی که حداکثر ابعاد سنگ دانه‌ها کوچک‌تر از ۹/۵ میلی‌متر باشد به ۵۱ میلیمتر می‌تواند کاهش یابد. آزمونه‌ها حداقل باید ۲۴ ساعت قبل از انجام آزمایش در آب، مرطوب شوند.

ث- محل مغزه‌گیری باید با روش مناسب ترمیم شود. نحوه ترمیم باید توسط مشاور در نقشه‌های اجرایی بیان شده باشد.

ج- قبل از اجرای پاشش بتن بر روی سطوح، می‌بایستی سطوح موردنظر با روش‌هایی از قبیل خراش دادن و یا مضرس کردن به کمک ابزار مناسب، بدون تخریب لایه‌های زیرین و یا سندبلاست با دانه‌بندی و فشار هوای متناسب، ناهموار شوند تا به‌این‌ترتیب پس از اجرای بتن‌پاشی، اتصال کافی بین لایه‌های جدید و لایه‌های موجود ایجاد شود.

چ- قبل از اجرای بتن پاششی، می‌بایستی تراز بودن سطح و یکنواختی ضخامت مورد انتظار لایه‌ها با نصب ریسمان (یا سیم‌های مفتولی صاف و مستقیم) به صورت افقی و قائم کنترل شود.

ح- میزان رواداری در ضخامت لایه اجرا شده حداکثر به میزان ۸+ میلیمتر و حداقل به میزان ۳- میلیمتر می‌باشد.

خ- اگر در مواردی سطح دچار وارفتگی، دلمه‌زدگی، جدایش ذرات، تخلخل و حباب‌های زیر سطحی باشد، لایه مذکور باید به صورت کامل برداشته شده و لایه جدید بتن پاششی جایگزین آن شود.

د- با کمک چکش (دارای وزن ۰/۵ تا ۲ کیلوگرم) باید سطح از نظر پوکی و وجود حفره بررسی شود و در صورت پوک بودن، باید مساحت بتن پاششی دارای پوکی، به طور کامل برداشته و با بتن پاششی جدید جایگزین شود.

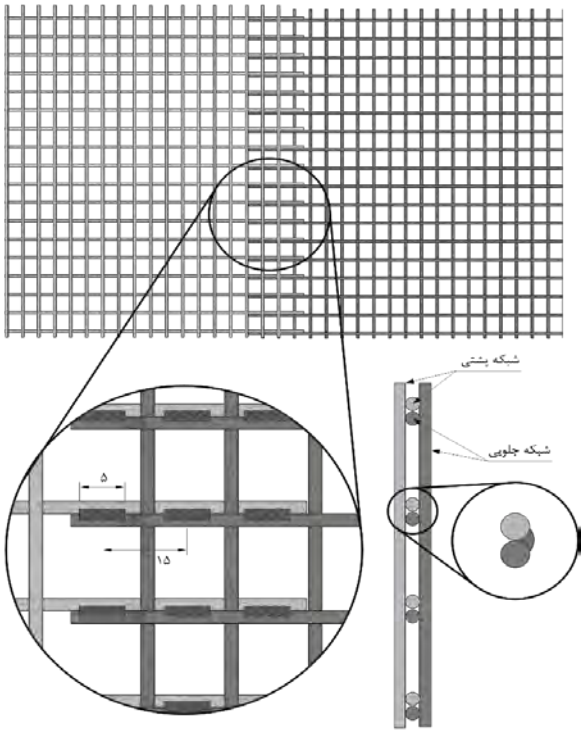
ذ- عبور لوله‌ها و اجزای تأسیسات از ضخامت بتن پاششی یا قطع شبکه میلگردها مجاز نمی‌باشد.

ر- حداقل پوشش بتن پاششی مابین شبکه میلگرد و دیوار در صورت عدم تعیین در نقشه‌ها و مشخصات فنی باید مقدار ۳ سانتیمتر درنظر گرفته شود.

ز- لازم است قبل از اجرای بتن‌پاششی، سطح پی‌ها و دیوارهای زیرکار با استفاده از پاشش آب با فشار (پمپ آب) از هرگونه گرد و غبار و مصالح سست تمیز گردد.

ژ- میزان مقاومت فشاری بتن پاششی باید توسط مشاور در نقشه‌های اجرایی ذکر گردد.

س- اتصال و قرارگیری شبکه‌های میلگرد (شبکه مش) به دیوار باید به نحوی انجام شود که نسبت به تکان‌نخوردن و عدم جابه‌جایی‌های شبکه در حین بتن‌پاشی اطمینان حاصل شود. نحوه وصله میلگردهای شبکه بتن‌پاششی باید توسط مشاور در نقشه‌های اجرایی ذکر شود. استفاده از جوشکاری برای وصله شبکه میلگرد مجاز است و به‌منظور جلوگیری از صدمه دیدن میلگردها باید از جوش منقطع با شدت آمپر کم استفاده شود. در شکل ۱۴-۱۰۸ وصله میلگردهای شبکه بتن پاششی نشان داده شده است.



شکل ۱۴-۱۰۸- جزئیات وصله میلگردهای بتن پاششی

ش- در صورت وجود لوله دودکش، ناودانی، آب باران، دریچه و... در دیوارهای دارای طرح بتن پاششی، این قبیل موارد باید برچیده شده و جای خالی آنها با آجر و ملات ماسه‌سیمان تا سطح دیوار پر گردد، سپس عملیات مش‌گذاری و بتن‌پاشی انجام شود.

ص- یکنواختی ضخامت بتن پاششی در تمام طول و ارتفاع دیوار ضروری است. بدین منظور لازم است با شمشه‌گیری نسبت به یکنواختی و هموارشدن سطح نهایی لایه بتن پاشیده شده اقدام شود.

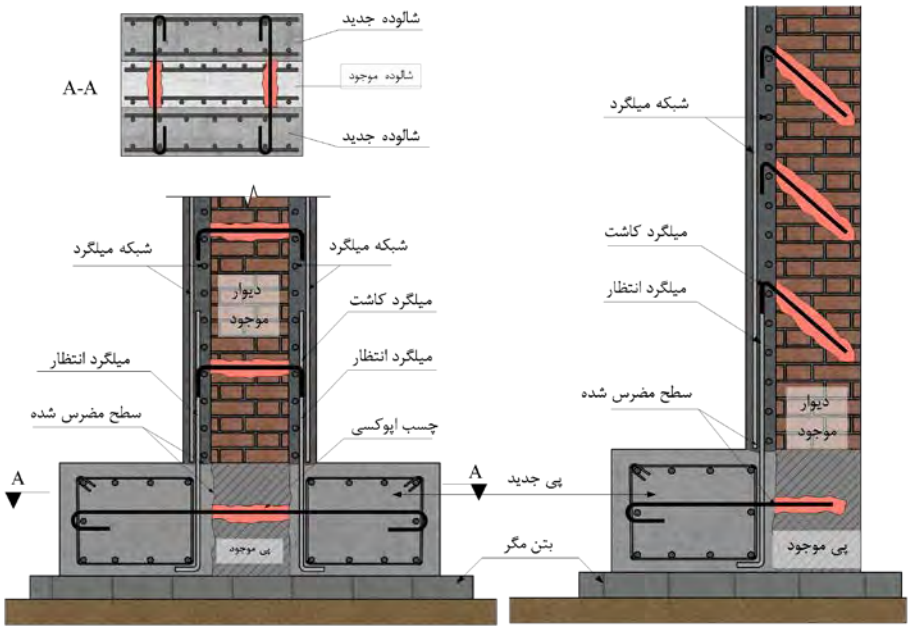
۱۴-۶-۲-۲- افزودن شناژ به زیر دیوار موجود

الف- جزئیات مربوط به اتصال و افزودن شناژ به پی موجود در شکل ۱۴-۱۰۹ و شکل ۱۴-۱۱۰ نشان داده شده است. فواصل و مصالح مصرفی باید توسط مشاور در نقشه‌های اجرایی بیان شده باشد.

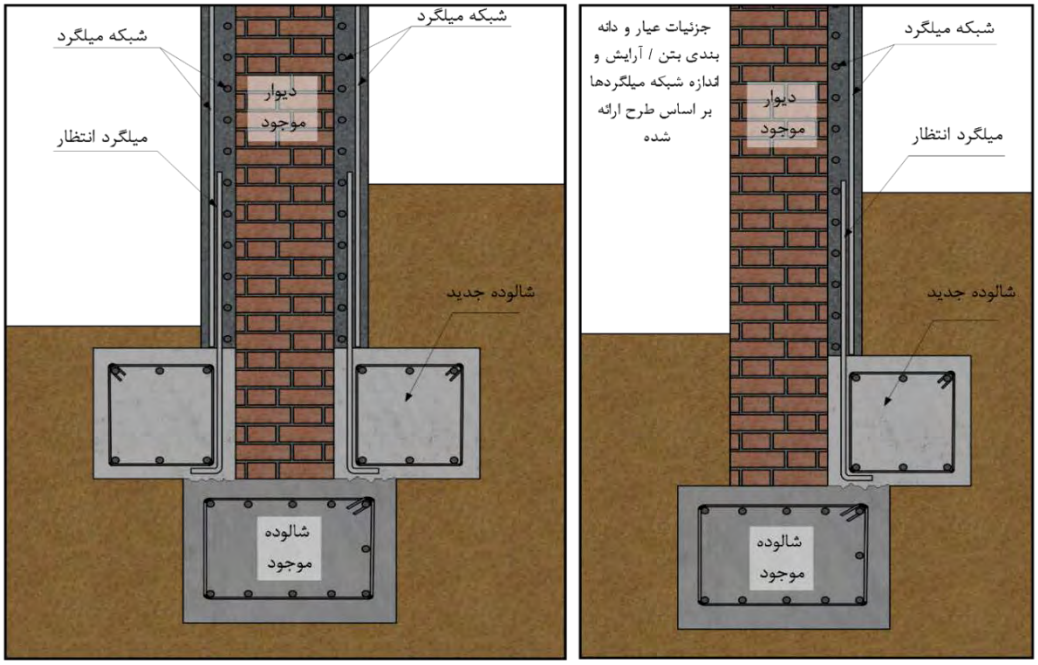
ب- در صورتی‌که عمق خاکبرداری زیاد است، می‌بایستی پی‌کنی به‌صورت شیبدار و با لحاظ تمهیدات لازم در تأمین پایداری گودها انجام گیرد تا از ریزش خاک و دیوارها جلوگیری گردد.

پ- در محل‌هایی که عملیات اجرای پی‌کنی و شاتکریت به صورت همزمان بایستی اجرا گردد، لازم است تراشیدن اندود دیوارها قبل از اجرای پی‌کنی محل‌های موردنیاز انجام شود تا از ریختن نخاله حاصل از تراشیدن اندود دیوارها به داخل محل‌های پی‌کنی شده جلوگیری گردد.

ت- کف پی‌ها باید تراز باشد و ابعاد پی‌کنی و مصالح پی‌سازی می‌بایستی توسط مشاور در نقشه‌های اجرایی از قبل مشخص شده باشد. درهرصورت عرض پی‌کنی باید به مقداری باشد که عوامل اجرایی امکان فعالیت داشته باشند.



شکل ۱۴-۱۰۹- جزییات اجرای شناژ جدید و اتصال آن به پی موجود



شکل ۱۴-۱۱۰- جزییات اجرای شناژ جدید بدون اتصال به پی موجود

ث- در صورت وجود پی‌سازی با سنگ و سیمان در نقشه‌ها، سنگ‌های مصرفی باید از نوع لاشه‌ای، مقاوم و شکسته‌شده بوده و اندازه آن‌ها نباید بیش از حد کوچک و یا بزرگ باشد. همچنین اطراف سنگ‌ها باید با ملات ماسه‌سیمان به عیار ۲۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب کاملاً پوشش داده شود.

ج- قبل از اجرای بتن‌ریزی محل شناژ جدید، می‌بایستی سطح بدنه و کف محل کنده شده جهت اجرای پی به منظور جلوگیری از جذب آب بتن توسط خاک اطراف با پلاستیک ضخیم و یا مواد عایق‌کننده پوشانده شود.

چ- در صورت لزوم اتصال شناژ جدید و پی موجود، مشخصات مته‌های مورد استفاده برای سوراخ‌کاری در پی موجود باید به نحوی باشد که باعث ایجاد صدمه به عضو در حین سوراخ‌کاری نشود. بدین منظور لازم است از ادوات سوراخ‌کاری (دریل‌های) با قدرت کافی و سرعت دور بالا استفاده گردد.

۱۴-۶-۲-۳- کاهش یا افزایش ابعاد بازشوها در دیوار

الف- بلوک و یا آجرها در محل بازشو جدید باید بادقت کافی برداشته شود تا به بلوک‌ها یا آجرهای مجاور آسیب وارد نشود. همچنین می‌بایستی نسبت به پایداری دیوار بالای بازشو و نیز سقف متکی به دیوار در محل تعریض بازشو اطمینان حاصل گردد. در این حالت لازم است با استفاده از جک‌های موقت، نسبت به اجرای تیرهای نعل‌درگاه جدید متصل به تیرهای نعل‌درگاه موجود در بازشوی قدیمی اقدام شود.

ب- به‌منظور کوچک‌کردن ابعاد بازشو باید از مصالحی استفاده گردد که حتی‌المقدور از نظر مشخصات ظاهری و مکانیکی شباهت زیادی به مصالح موجود داشته باشند. بدین منظور لازم است اطراف بازشوهای موجود با استفاده از قلم و چکش به‌صورت هشت‌گیر درآمده تا پیوستگی کافی بین دیوارچینی جدید و دیوار قدیم ایجاد شود. ضمناً

می‌بایستی آجرهای هوازده و آسیب‌دیده در اطراف بازشوی موجود برداشته شده و با مصالح جدید جایگزین شوند. همچنین لازم است در اطراف بازشو موجود، میلگردهای نمره ۸ به طول ۴۰ سانتیمتر با فواصل ۳۰ سانتی‌متری به صورت کاشت اجرا شده و سمت بیرون‌زده این میلگردها (۲۰ سانتیمتر) درون رج‌های بخش الحاقی مدفون شود.

۱۴-۶-۲-۴- کلاف‌بندی جدید در دیوار

۱۴-۶-۲-۴-۱- ایجاد محل کلاف‌ها در دیوار

الف- محل کلاف‌ها در دیوار باید با استفاده از ادوات سوراخ‌کاری (دریل‌های) چکشی یا با استفاده از قلم و تیشه ایجاد شود. همچنین ضخامت کلاف‌های افقی و قائم اضافه شده باید برابر ضخامت دیوار موجود باشد. درصورتی‌که اضافه نمودن کلاف‌های افقی در بخش فوقانی دیوارها مدنظر باشد، نباید تغییری در وضعیت تیرها داده شود. در حالتی که تیرریزی سقف موازی با جهت دیوار است، باید لبه‌های دیافراگم روی دیوار با استفاده از قلم و چکش و تیشه به‌طور کامل در سرتاسر طول دیوار برداشته و لبه فوقانی دیوار رویت شود.

ب- در صورت وجود دیافراگم طاق ضربی و قرارگیری تیرهای دیافراگم به‌صورت عمود بر دیوار موردنظر، برداشتن محل کلاف باید تا لبه تیرها انجام شود و نباید تغییری در وضعیت این تیرها داده شود.

پ- در صورتی که اضافه‌کردن کلاف‌های افقی در بخش تحتانی دیوارها (به‌عنوان مثال بر روی پی) مدنظر باشد، باید تمهیدات لازم برای تأمین پایداری دیوارها در حین برداشتن دیوارها در محل تعبیه کلاف و نیز تا زمان گیرش کامل بتن در کلاف فراهم گردد. درهرحال، ضخامت در نظر گرفته شده برای کلاف‌های افقی تحتانی نباید از ۴۰٪ ضخامت دیوار تجاوز کند؛ لذا لازم است عملیات تخریب و برداشتن دیوار در این حالت، به‌صورت مقطعی و با طول‌های کمتر از یک‌سوم طول دیوار موردنظر انجام شود و پس از بتن‌ریزی و گیرش کامل بتن، مقاطع بعدی دیوار برداشته شود.

همچنین می‌بایستی به‌منظور گیرش مناسب وجوه بتن کلاف در تماس با دیوار، پس از اتمام عملیات تخریب و قبل از اجرای بتن کلاف، سطوح موردنظر با استفاده از جریان سریع و پرفشار هوا که از دهانه نازل خارج می‌شود، تمیز و عاری از هرگونه مصالح سست گردد.

۱۴-۶-۲-۴-۲- قراردادن شبکه میلگردها در کلاف‌ها

الف- لازم است دقت کافی در جایگذاری میلگرد طولی و عرضی کلاف‌های قائم و افقی و همچنین شبکه میلگرد پی متصل به کلاف‌ها به لحاظ تأمین پوشش مناسب بتن روی میلگردها صورت پذیرد. بدین منظور لازم است با استفاده از فاصله‌دهنده‌ها و مفتول‌های فلزی ضمن تأمین ضخامت پوششی لازم، شبکه اجرا شده به صورت محکم و بدون امکان جابجایی در محل جاگذاری گردد. به علاوه نباید از قطعات سنگ و کاشی به منظور تأمین فواصل میلگردها و پوشش آن‌ها استفاده گردد.

ب- برای افزایش یکپارچگی بتن کلاف و دیوار، لازم است میلگردهایی به‌صورت خم‌های ۹۰ درجه در هر ۵۰ سانتیمتر طول دیوار به‌صورت کاشت در ضخامت دیوار اجرا شده و انتهای آن در محل تعبیه کلاف قرار گیرد.

۱۴-۶-۲-۴-۳- قالب‌بندی، بتن‌ریزی و عمل‌آوری

الف- قالب‌بندی و اجرای بتن باید با رعایت الزامات فصل چهارم این ضابطه انجام شود.

ب- بتن محل کلاف‌های افقی و قائم و پی کلاف‌ها باید دارای اسلامپ حداقل ۷۵ میلیمتر باشد.

۱۴-۶-۲-۵- روش‌های ترمیم دیوارهای آسیب دیده

محدوده کاربرد این بخش، ترمیم دیوارهای مصالح بنایی است که تحت بار ثقلی دچار خسارت‌هایی شده‌اند و به‌منظور بهره‌گیری از ظرفیت و مشارکت آن‌ها در باربری لرزه‌ای، می‌بایست به وضعیت اولیه خود باز گردند.

۱۴-۶-۲-۵-۱- تزریق ترک‌ها

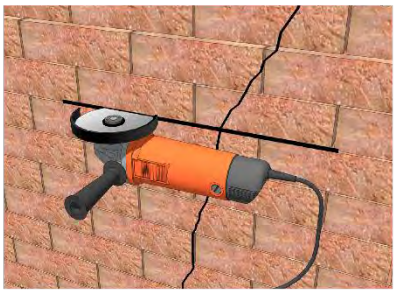
پس از تعیین محدوده ترک‌ها، درون درز ترک‌ها باید از ذرات و سنگدانه‌های سست با هواگیری، واترجت صنعتی، چکش برقی یا برس سیمی تمیز شود. همچنین در اطراف مرز ترک به‌منظور کنترل پرشدن کامل نواحی ترک از مصالح تزریق شونده، باید سوراخ تعبیه شود. در این خصوص لازم است از رزین‌های اپوکسی و پلی‌اورتان برای پر کردن ترک‌ها استفاده شود و در صورت عدم دسترسی به این مواد و تأیید دستگاه نظارت، به کمک دوغاب پرسیمان با عیار مشخص عملیات تزریق در محل ترک انجام شود. در صورت استفاده از دوغاب سیمان، دوغاب باید با فشار حداقل ۰/۲ مگاپاسکال به داخل ترک‌ها تزریق شوند.

۱۴-۶-۲-۵-۲- دوخت و دوز ترک‌ها

برای دوختن ترک‌ها با میلگرد، باید شیارهایی عمود بر راستای ترک در محل‌های مختلف خصوصاً در بند ملات ایجاد شده و بر روی آن مقدار مناسب چسب اجرا گردد. گام‌های لازم برای دوخت و دوز ترک‌ها باید مطابق شکل ۱۴-۱۱۳ انجام شود.

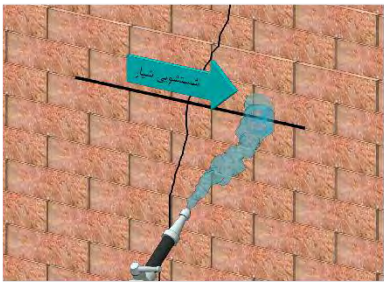
۱۴-۶-۲-۵-۳- تعویض ناحیه‌ای مصالح

در حالاتی که امکان تعمیرات اجرای مصالح بنایی با روش‌های متداول وجود نداشته باشد، باید بخش آسیب‌دیده برداشته شده و دیوار جداکننده جدید در آن ناحیه انجام شود.

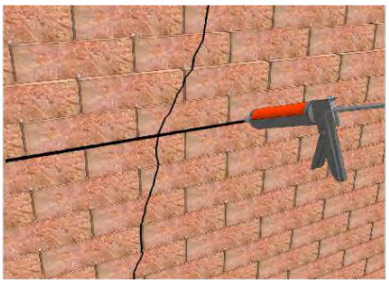


الف) ایجاد شیار در درز دیوار به کمک فرز

ب) اطمینان از وجود شیار به میزان ۵۰ سانتی‌متر در هر سمت ترک

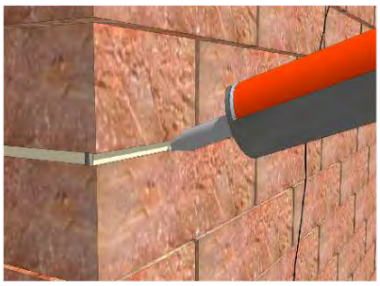


پ) شستشوی شیار



ت) اجرای اولین لایه چسب

ث) نصب میله درون شیار



ج) اجرای دومین لایه چسب روی میله

چ) اجرای ملات

شکل ۱۴-۱۱۱- گام‌های لازم برای دوخت و دوز ترک‌ها

۱۴-۶-۳- دال و دیافراگم

برای تقویت دیافراگم سازه‌های بنایی به‌خصوص سقف طاق ضربی، با توجه به عدم صلبیت این نوع سقف‌ها دو راهکار مدنظر است. اولین راهکار برچیدن کل آجرهای سقف و احداث دال جدید راهکار دوم، ایجاد انسجام و یکپارچگی و افزایش صلبیت آن‌ها است. برای افزایش صلبیت سقف‌های طاق‌ضربی از روش‌هایی مانند مختلط (کامپوزیت) نمودن تیرهای سقف با تعبیه برشگیرهای کم‌ارتفاع و آرماتورگذاری و بتن‌ریزی جدید روی تیرها، جوش تسمه‌های فولادی یا میلگرد در الگوهای مختلف در زیر تیرچه‌های سقف، اجرای تیرهای عرضی عمود بر تیرهای موجود به خصوص در محل تکیه‌گاه ها استفاده می‌شود.

علاوه بر ایجاد صلبیت در سقف طاق‌ضربی، ایجاد تکیه‌گاه کافی برای سقف و اتصال کافی بین سقف و اعضای باربرجانبی سازه ضروری است. بدین منظور از متصل کردن انتهای تیرها با میلگرد یا تیر فولادی جدید به یکدیگر و متصل نمودن آن‌ها به المان‌های باربر جانبی، نبشی‌کشی در زیر تکیه‌گاه‌های اتصال و افزودن طول تکیه‌گاه استفاده می‌شود. ایجاد صلبیت در طاق‌ضربی باید هم در تراز فوقانی و هم تراز تحتانی سقف انجام شود.

۱۴-۶-۳-۱- ایجاد انسجام در دیافراگم با استفاده از تسمه و نبشی از زیر سقف

در اجرای تسمه‌ها باید نکات ذیل رعایت شود:

الف- تسمه‌ها باید کاملاً صاف، بدون انحنا و شکم‌دادگی باشند. در صورت لزوم با پیش‌گرمایش می‌توان آن‌ها را به شرایط ذکر شده رساند.

ب- تسمه‌های مورداستفاده باید یکپارچه بوده و تا حد ممکن باید از وصله نمودن آن‌ها خودداری شود.

پ- در هنگام اجرای تسمه‌ها، از اتصال مناسب آنها با تمامی تیرآهن‌های موجود در مسیر هر تسمه و همچنین کلاف‌های افقی و قائم باید اطمینان حاصل گردد.

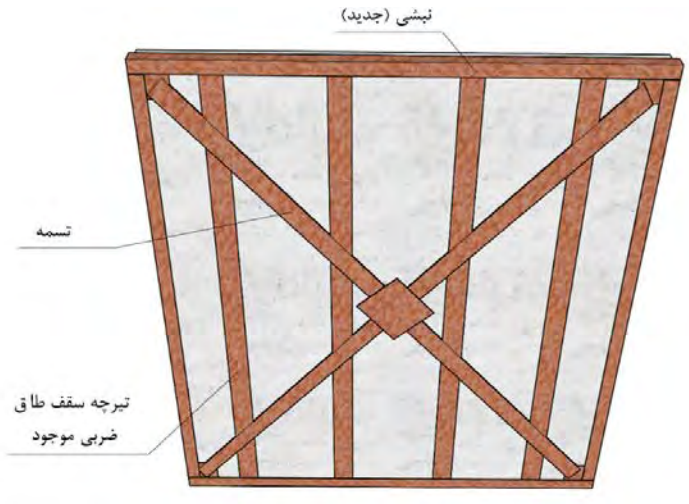
ت- حداقل سطح مقطع میلگرد و یا تسمه که برای مهاربندی ضربدری تیرآهن‌های سقف و یا استوار کردن آخرین دهانه به‌کار می‌رود، باید میلگرد ۱۴ و یا تسمه معادل آن باشد.

ث- تیرآهن‌های موجود در سقف باید به‌وسیله میلگرد از روی سقف و یا تسمه فولادی از زیر سقف به‌صورت ضربدری به یکدیگر باید بسته شوند به‌طوری که اولاً طول مستطیل ضربدری شده بیش از ۱/۵ برابر عرض آن نباشد و ثانیاً مساحت تحت پوشش هر ضربدری از ۲۵ مترمربع تجاوز ننماید (شکل ۱۴-۱۱۲).

ج- تکیه گاه مناسبی برای پاطاق آخرین دهانه طاق‌ضربی تعبیه گردد و با توجه به سربالا بودن جوشکاری تسمه‌ها، باید از الکترود مناسب و جوشکار ماهر استفاده گردد.

چ- پس از عملیات نصب، بر روی تسمه‌ها باید ضدزنگ اجرا شود.

ح- جهت پوشش و نازک‌کاری روی محل تسمه‌ها، می‌بایستی سطح تسمه‌ها با توری سیمی پوشانده و سپس عملیات نازک‌کاری و اجرای پوشش بر روی آن انجام شود. درصورتی‌که ضخامت تسمه‌ها از ضخامت سفیدکاری سقف بیشتر باشد پیمانکار می‌باید روی تسمه‌ها را به صورت آویز سفیدکاری نماید.



شکل ۱۴-۱۱۲- جزئیات تسمه کشی زیر سقف‌ها

۱۴-۶-۳-۲- مرکب کردن دیافراگم با افزودن لایه بتن مسلح

در اجرای مرکب کردن دیافراگم با افزودن لایه بتن مسلح، موارد ذیل باید رعایت شود:

الف- ایجاد شیار در عایق‌کاری سقف باید با دستگاه کاتر انجام شود.

ب- لایه عایق‌کاری، جان‌پناه و مصالح شیب‌بندی سقف باید تخریب و برچیده شود.

پ- قبل از اجرای بتن‌ریزی روی سقف، سطح اجزای اصلی نمایان شده آن باید به طور کامل از گردوخاک و سایر نخاله‌ها و مصالح سست تمیز شود.

ت- در هنگام اجرای شبکه میلگرد، استفاده از میلگردهای به صورت کلاف حلقوی (میلگردهای ساده) مجاز نمی‌باشد.

ث- پیش‌بینی لازم در خصوص مسیر داکت‌ها، کانال کولر، لوله‌های تأسیساتی اعم از آب، فاضلاب، برق، تلفن، آتش‌نشانی و غیره باید پیش از آغاز عملیات انجام شده باشد.

ج- میزان ضخامت بتن‌ریزی سقف باید توسط مشاور در نقشه‌های اجرایی ذکر شده باشد. درهرصورت می‌بایستی بال بالایی تیرآهن‌های موجود در سقف و برشگیرهای روی آن‌ها به‌صورت کامل با رعایت حداقل پوشش داخل بتن قرار گیرد.

چ- در عملیات تخریب و جمع‌آوری لایه‌های دیافراگم، استفاده از ادوات تخریب چکشی جهت تخریب و جمع‌آوری لایه‌های رویی از قبیل عایق‌کاری بلامانع بوده ولی در ادامه لازم است با استفاده از ابزارآلات تخریب مکانیکی با قدرت تخریب محدودتر از قبیل قلم و چکش، لایه‌های منتهی به طاق‌های آجری را با ظرافت بیشتر و اطمینان از عدم آسیب به اجزای اصلی سقف، جمع‌آوری و تمیز کرد.

۱۴-۶-۳-۳- بتن ریزی و عمل آوری

الف- مقاومت فشاری مورد انتظار بتن (نمونه استوانه‌ای ۲۸ روزه)، بایستی توسط مشاور در نقشه‌ها و مشخصات فنی تعیین شود؛ در غیر این صورت حداقل مقاومت فشاری ۳۰۰ کیلوگرم بر سانتیمترمربع و با عیار سیمان ۳۵۰ کیلوگرم در مترمکعب در نظر گرفته شود.

ب- محل دقیق بتن‌ریزی باید طبق نظر دستگاه نظارت مشخص گردد. تمام سطوح اجزای قدیمی ساختمان که با بتن جدید در تماس هستند می‌بایستی مضرس شده و همچنین ضمن تمیزکاری و مرطوب کردن، با دوغاب سیمان آغشته گردند.

۱۴-۷- بهسازی پی و شالوده

۱۴-۷-۱- زهکشی در بهسازی پی‌ها

۱۴-۷-۱-۱- روش‌های شناسایی و مطالعات

پیش از آغاز عملیات بهسازی باید شناسایی وضعیت تراوش آب در خاک بستر پی و یا مشخص نمودن علل نشست آن، با انجام آزمایش‌های مکانیک خاک و مطالعات ژئوتکنیک تعیین شود. با انتخاب محلی مناسب در بستر ساختمان، با رعایت فاصله ایمن از بدنه پی، باید اقدام به حفر گمانه شناسایی به روش حفاری دستی تا عمق حداقل ۲۰ متر شود. محل و عمق گمانه باید توسط مشاور تعیین شود. جهت جلوگیری از ریزش خاک در گمانه مطالعاتی و گسترش ریزش خاک تا زیر پی لازم است تمهیداتی از جمله استفاده از ملات گچ و سیمان در تثبیت دیواره گمانه و یا حفر گمانه به صورت پیش کول‌گذاری شده رعایت گردد. در محل گمانه باید اقدامات ذیل انجام شود:

الف- نمونه‌برداری از خاک جهت انجام آزمایش‌های دانه‌بندی و حدود اتربرگ

ب- شناسایی لایه‌های دارای پتانسیل نشست و تورم

پ- شناسایی چشمی لایه‌های دارای خاصیت زهکشی

ت- آزمایش ژئوفیزیک مانند تعیین سرعت موج برشی در خاک به روش امواج سطحی چندکاناله (MASW[1])، گراوی‌متری و ژئوالکتریک،جهت شناسایی ناهنجاری و حفرات موجود در بستر پی

ث- تعیین تراز ایستایی آب با استفاده از لوله‌های پیزومتر

ج- انجام تحقیقات محلی جهت شناسایی مسیر قنوات موجود در محدوده پروژه

چ- انجام آزمایش پمپاژ صحرایی جهت تعیین دبی آب ورودی به گمانه مطالعاتی

۱۴-۷-۱-۲- رویکردهای اجرایی سیستم های زهکشی در بهسازی سازه‌ها

الف- بدنه تمامی چاه‌های زهکشی و گالری‌ها و انباره‌های زهکشی باید با استفاده از کوَل مسلّح، محافظت گردد.

ب- از ایجاد حفرات و فضای خالی در حدفاصل ترانشه حفاری شده تا مسیرهای کوَل‌گذاری شده خودداری شود و این فضاها با استفاده از مصالح زهکشی با مقاومت فشاری مناسب پر گردد. یکی از روش‌های مناسب کارگذاری گونی های پر شده از شن تمیز می‌باشد.

پ- از مسدود نمودن مسیر قنوات باید خودداری شود و در صورت نیاز به انحراف مسیر قنوات از محدوده پروژه، پس از انجام هماهنگی و اخذ مجوزهای لازم از سازمان‌های ذی‌ربط، این عملیات باید توسط افراد مجرب و با رعایت اصولی فنی انجام گیرد تا از پس‌زدگی و انباشت آب در بستر و یا پشت دیوارهای حائل جلوگیری شود.

ت- از ایجاد حفرات با ابعاد بیش از ۱/۵۰ متر جهت حفر گالری‌های زهکشی خودداری گردد.

1- Multichannel Analysis of Surface Waves

ث- حداقل فاصله لازم از تاج گالری‌های زهکشی تا تراز تحتانی پی رعایت گردد، این فاصله با توجه به سطح تنش های بستر پی باید توسط مشاور تعیین گردد.

ج- در صورتی که پی نواری باشد و در محیط ساختمان بر روی آن دیوار حائل احداث شود، از اجرای گالری‌های زهکشی در زیر نوارهای پی خودداری گردد. در این حالت گالری‌های زهکشی از قسمت‌هایی از بستر زمین که دارای سطح تنش کمتری هستند، باید عبور داده شوند.

چ-در صورتی که در زمان انجام عملیات زهکشی لازم باشد تراز آب پایین آورده شود و یا به تراز اولیه برگردد، از آبکشی سریع و یا توقف پمپاژ به‌صورت یک‌باره خودداری گردد تا تغییرات کوتاه‌مدت در فشار آب حفره‌ای باعث تغییر در تنش مؤثر خاک و یا فشار آب نگردد.

۱۴-۷-۲- بهسازی سازه پی

۱۴-۷-۲-۱- افزایش ابعاد پی موجود

الف- جزئیات افزایش ابعاد پی در شکل ۱۴-۱۱۳ آورده شده است. چنانچه پی منفرد موجود تنها شامل میلگردهای تحتانی باشد، می‌توان میلگردهای اتصال را در بالای پی تعبیه کرد و فولادهای سطح فوقانی آن را افزایش داد.

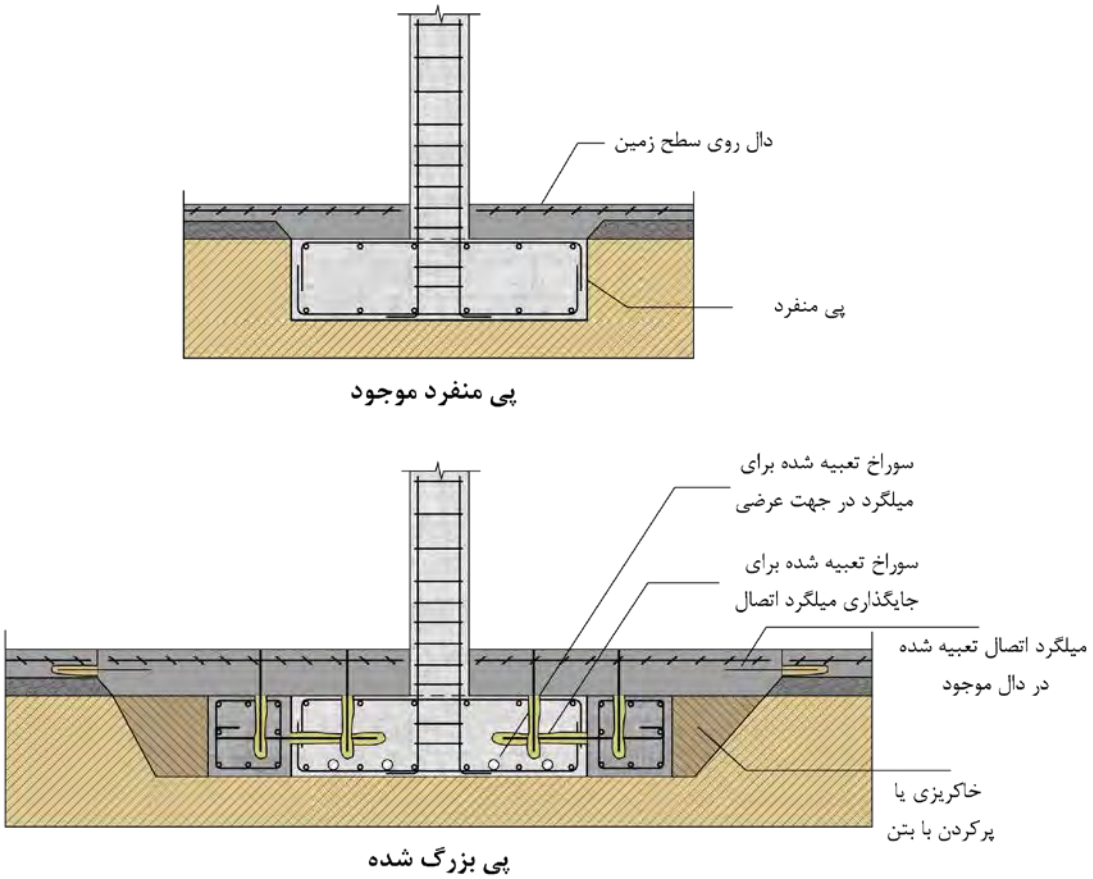
ب- در افزودن میلگردها، محل سوراخ‌کاری به جهت جلوگیری از آسیب به میلگردهای موجود باید در تراز بالای میلگرد موجود انجام شود.

پ- به‌منظور انتقال برش در پی‌های موجود و جدید، استفاده از روش‌هایی همچون مضرس نمودن سطح پی موجود، پخ زدن پی موجود به صورتی که در بالا پهن‌تر از پایین باشد، عمیق‌تر اجرا کردن پی جدید نسبت به پی موجود مجاز است.

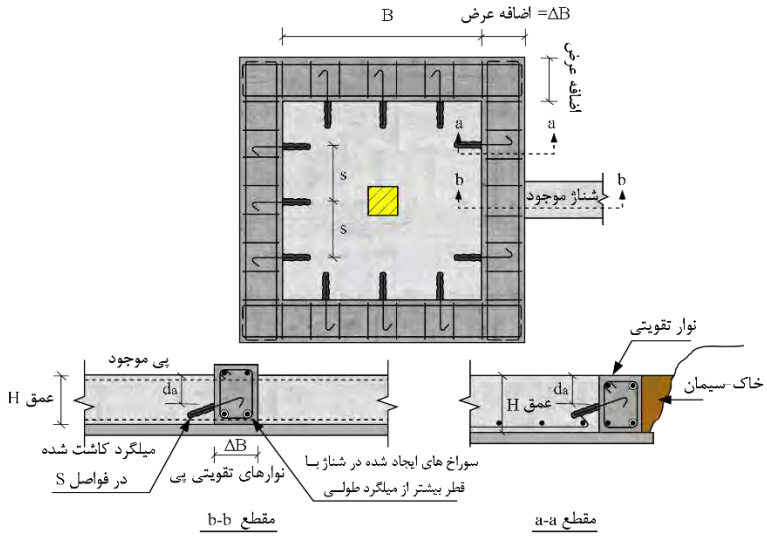
ت- در صورت نیاز به جایگزین‌نمودن پی موجود، نیاز است که شمع‌بندی موقتی صورت پذیرد. تحکیم مناسب بستر پی و احداث بتن جدید به صورت کامل در زیر ستون برای به حداقل رساندن یا حذف هرگونه نشست احتمالی پس از برداشتن شمع‌ها ضروری است.

ث- عمق مضرس نمودن باید به میزان ۶ میلیمتر باشد.

ج- برای جلوگیری از اضافه عرض بیشتر پی‌کنی (ΔB)، استفاده از قالب معکوس و شفته سیمانی برای پایداری جداره گود و پر کردن پشت قالب مجاز است. برای جزئیات بیشتر به شکل ۱۴-۱۱۴ مراجعه شود.



شکل ۱۴-۱۱۳- بزرگ کردن پی منفرد موجود



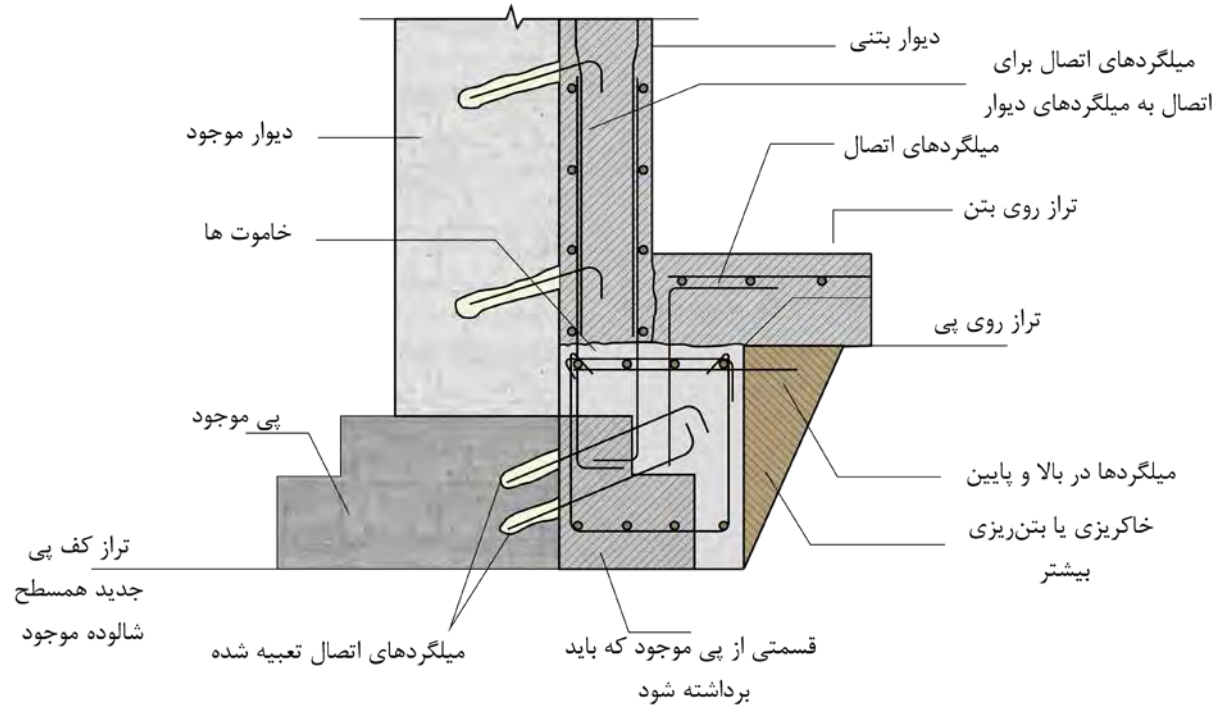
شکل ۱۴-۱۱۴- افزایش پی سطحی در حالت هم‌سطح و جزئیات محل برخورد نوارهای تقویتی پی و شناژ موجود

چ- چنانچه شناژهای رابط هم‌ارتفاع با پی موجود باشند باید با افزایش ضخامت نوارهای تقویتی به میزان ۱۰ سانتیمتر از بالا و عبور میلگردهای فوقانی نوار تقویتی از بالای شناژ و سوراخ‌کاری شناژ در قسمت پایین بدون

برخورد به میلگردهای آن و عبور میلگردهای پایین از محل سوراخ‌ها، پیوستگی نوارهای تقویتی تأمین گردد. جزئیات مطابق با مقطع b-b شکل ۱۴-۱۱۴ می باشد.

۱۴-۷-۲-۲- افزودن پی سطحی جدید در مجاورت پی سطحی موجود

الف- در صورت اجرای دیوار بتنی جدید بر روی دیوار بنایی یا بتنی موجود و نیاز به پی جدید، لازم است از پی نواری با یک شناژ استفاده شود و میلگردهای اتصال به پی قدیم اضافه شود. برای جزئیات بیشتر به شکل ۱۴-۱۱۵ مراجعه شود.



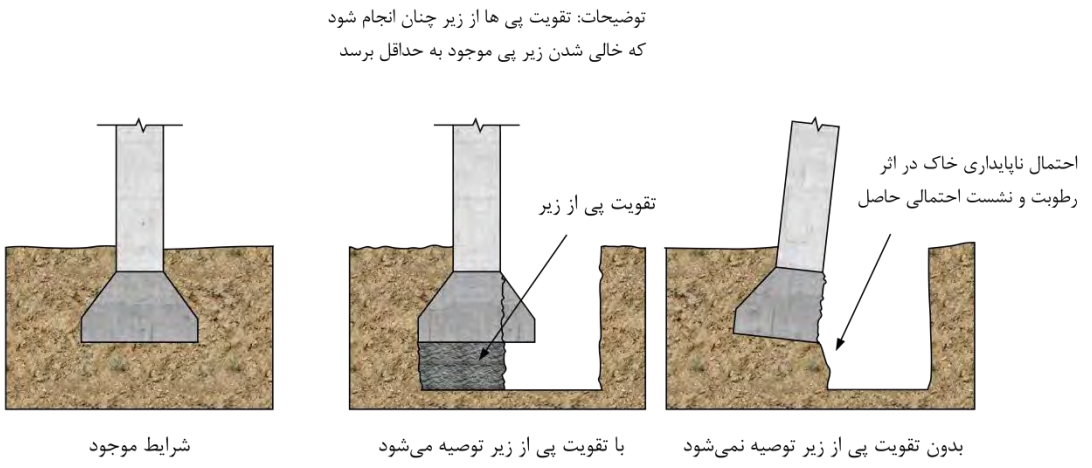
شکل ۱۴-۱۱۵- اجرای پی نواری بتنی جدید در کنار پی نواری موجود

۱۴-۷-۲-۲-۱- ملاحظات اجرایی و تهیه جزئیات

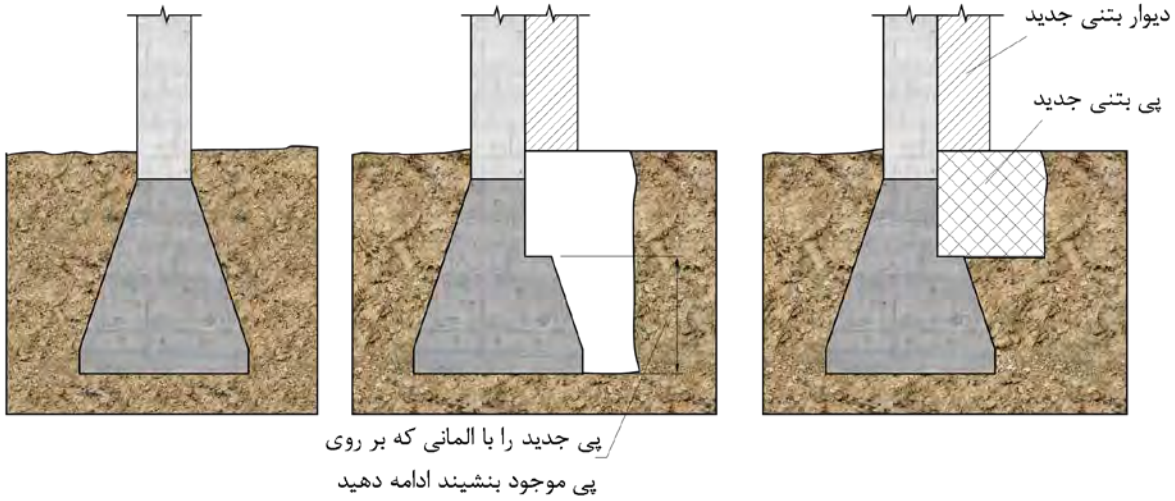
الف- درصورتی‌که پی جدید عمیق‌تر از پی موجود باشد، با توجه به آنکه به‌ویژه در خاک‌های با چسبندگی کم، ممکن است خاک از زیر پی موجود به داخل ناحیه جدید حفرشده ریزش کند و به حرکت آن منجر گردد، باید از زیربندی برای اصلاح این حالت استفاده گردد. برای زیربندی باید گودال‌هایی با طول کوتاه در فواصل کم از هم حفر گردد، سپس زیر پی موجود در مجاورت گودال‌ها نیز حفر شود و آنجا زیر پی تقویت شود (شکل ۱۴-۱۱۶).

ب- استفاده از شمع برای زیربندی مجاز است.

پ- در مواردی که پی موجود عمیق‌تر از پی جدید باشد باید از جزئیات مطابق با شکل ۱۴-۱۱۷ استفاده گردد. سایر جزئیات شامل مصالح مصرفی و اندازه‌ها باید در نقشه‌های اجرایی بیان شود.



شکل ۱۴-۱۱۶- اجرای پی سطحی جدید در عمقی پایین‌تر از پی سطحی موجود



شکل ۱۴-۱۱۷- اجرای پی سطحی جدید در عمق کمتر از پی سطحی موجود

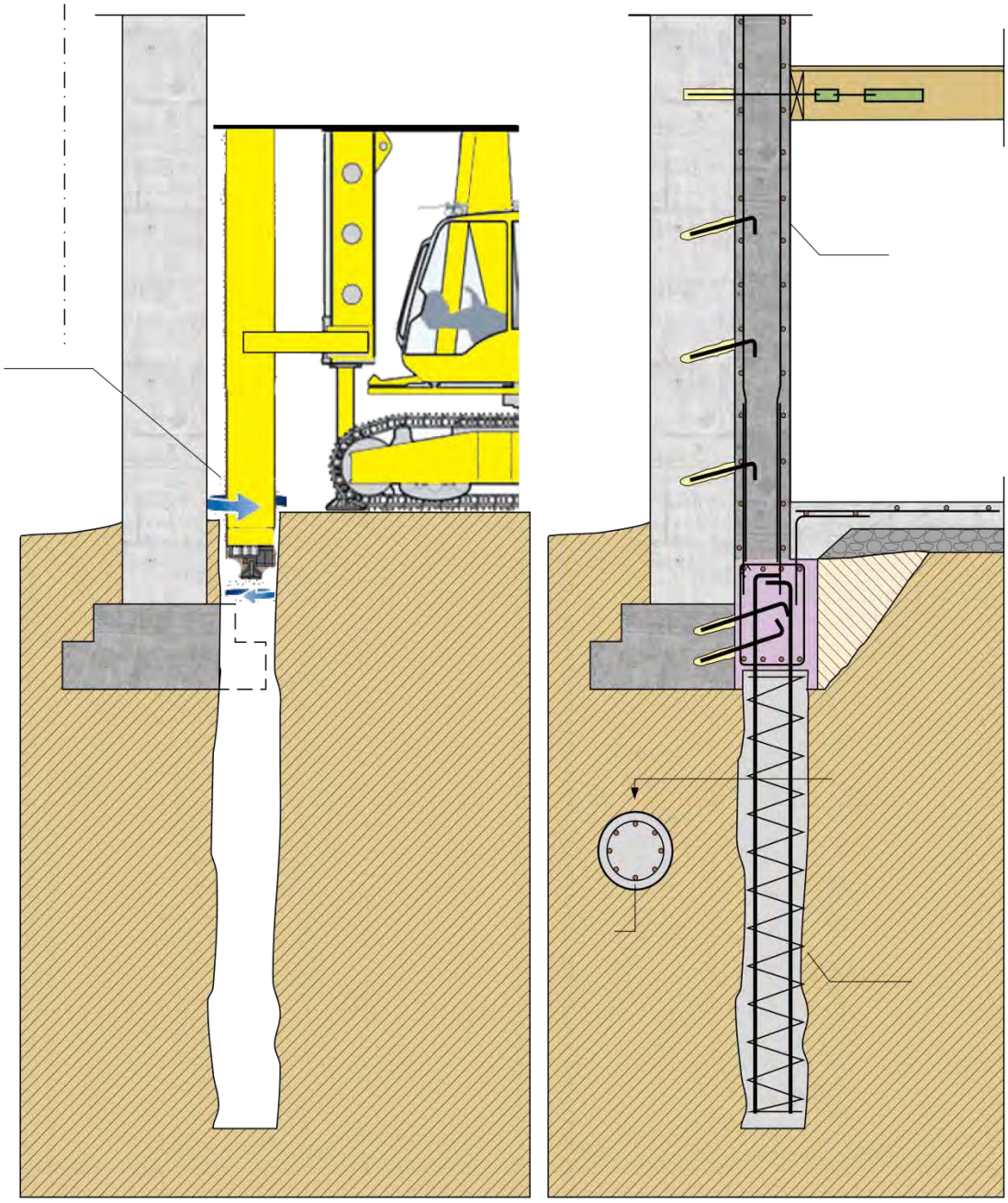
۱۴-۷-۲-۳- افزودن شمع در مجاورت پی سطحی موجود

لازم است فواصل شمع‌های درجا به‌گونه‌ای انتخاب شود که سوراخ حفاری‌شده از پی موجود عبور کند و یا در کنار آن قرار گیرد. همچنین الزامات زیر رعایت شود:

الف- حداقل پوشش بتنی جداره شمع باید به میزان ۱۰ سانتیمتر باشد.

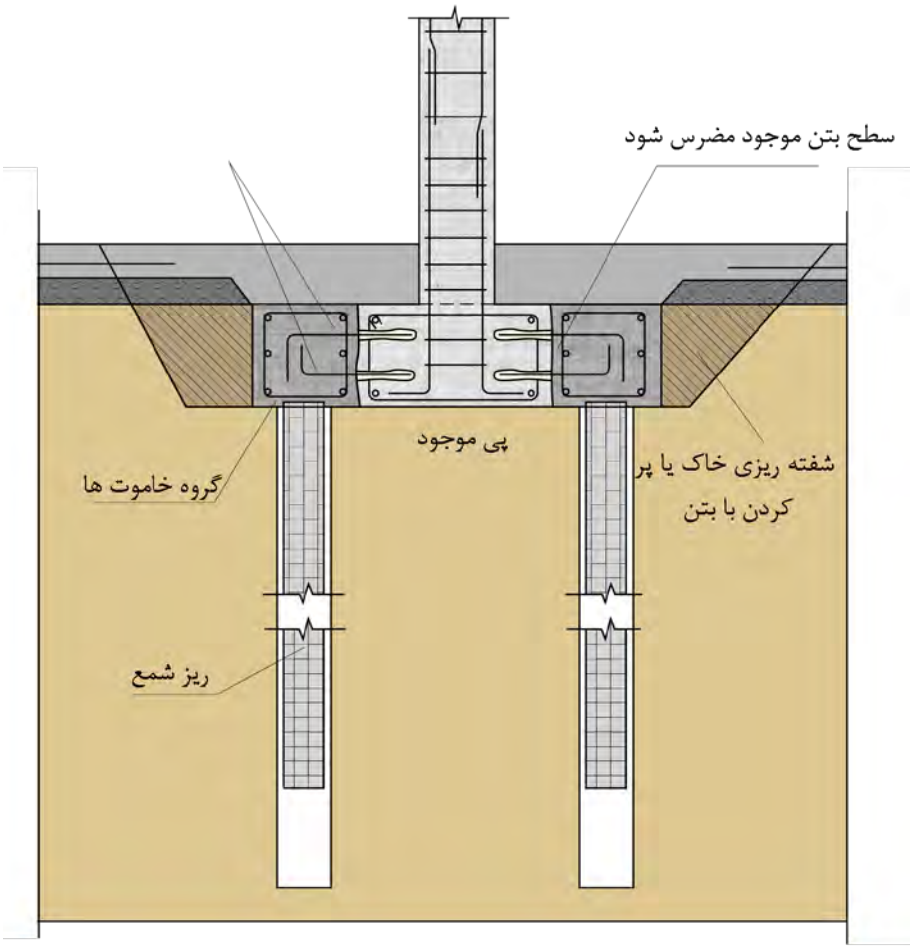
ب- حداکثر عمق مضرس نمودن جداره پی موجود باید ۶ میلیمتر باشد.

پ- قسمت‌های حفاری‌شده باید با خاک دانه‌ای و یا شفته آهکی پر شوند. سایر جزئیات در شکل ۱۴-۱۱۸ نشان داده شده است.



شکل ۱۴-۱۱۸- اجرای شمع درجای جدید در کنار پی نواری موجود

۱۴-۷-۲-۴- افزودن ریزشمع در مجاورت پی سطحی موجود با سطح پی گسترش‌یافته



شکل ۱۴-۱۱۹- جزئیات اتصال ریزشمع به پی نواری موجود با سطح پی گسترش یافته (ریزشمع مسلح به آرماتور)

در زمان تزریق دوغاب سیمان در بستر پی‌ها خصوصاً در بهسازی بستر ساختمان‌های قدیمی باید دقت شود که تزریق حجم زیاد سیال با کنترل مناسب فشار تزریق و در چند مرحله انجام شود تا باعث بالازدگی خاک کف و یا ایجاد تنش‌های اضافی در بستر پی نگردد. در شکل ۱۴-۱۱۹ نحوه اتصال شمع به پی جدید نمایش داده شده است.

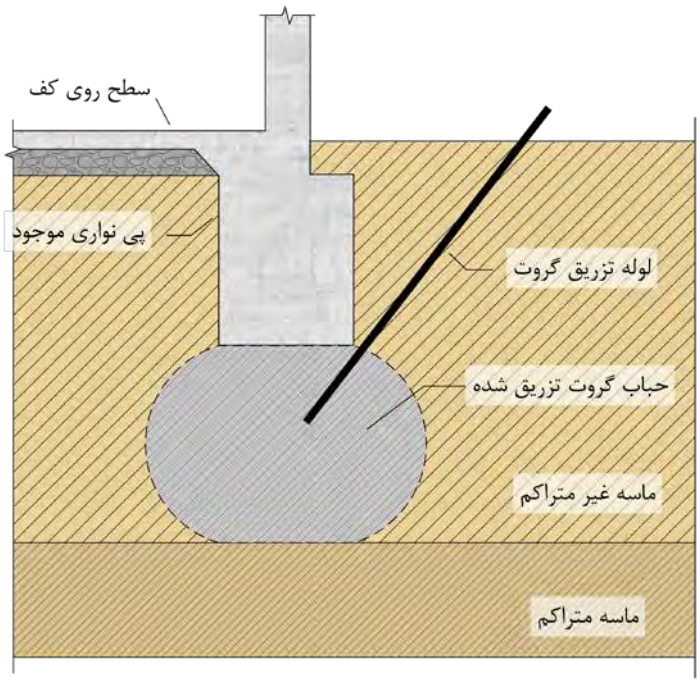
۱۴-۷-۲-۵- افزودن آرماتورهای فوقانی در سرشمع موجود

در صورتی‌که نیاز به تقویت میلگردهای فوقانی باشد باید مطابق با شکل ۱۴-۱۲۰ میلگردهای فوقانی تقویت گردد.

۱۴-۷-۲-۵-۱- ملاحظات اجرایی و تهیه جزئیات

الف- باید با استفاده از دستگاه شناسایی آرماتور از آسیب میلگردهای موجود در هنگام سوراخ‌کاری به‌منظور جایگذاری میلگردهای جدید جلوگیری به‌عمل آید.

ب- شبکه میلگرد جدید باید با استفاده از مفتول به شبکه قبلی متصل شود.



شکل ۱۴-۱۲۰- افزودن میلگردهای فوقانی به سرشمع موجود

۱۴-۷-۳- بهسازی پی

۱۴-۷-۳-۱- گروت‌ریزی تراکمی

الف- استفاده از روش گروت‌ریزی تراکمی برای خاک‌های رسی و ماسه‌ای مجاز است. در خاک‌های با خاصیت خمیری بالا، این روش توصیه نمی‌گردد.

ب- گروت مصرفی باید روانی کمی داشته باشد و از طریق گمانه‌های حفرشده طبق الگوی شبکه‌ای با فواصل بین ۱٫۲ تا ۳٫۶ متری، تزریق شود. فشار تزریق با درجه مکش بهینه بین ۲۸ تا ۵۶ لیتر در دقیقه از طریق غلافی با قطر داخلی ۵۰ تا ۱۰۰ میلیمتر باید انجام شود.

پ- گروت تا رسیدن به پس‌زنی که به یک از روش‌های ذیل انجام می‌پذیرد، باید تزریق شود:

پ-۱- حرکت کوچکی در سطح زمین یا لایه بهسازی‌شده فوقانی رخ دهد.

پ-۲- گروت به میزان حجم تعیین‌شده تزریق شود.

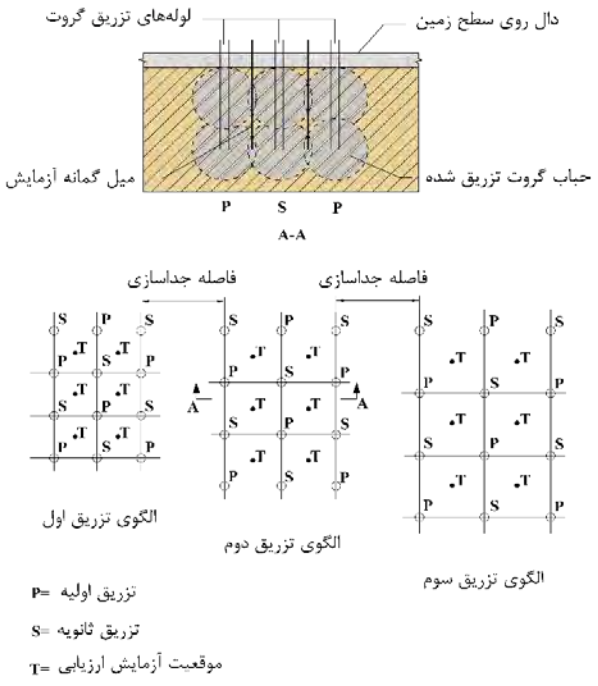
پ-۳- فشار به حداکثر تعیین‌شده در میزان دبی مشخص‌شده پمپ رسیده شود.

ت- سطح چگالش به‌دست‌آمده با انجام آزمایش نفوذ مخروط یا آزمایش نفوذ استاندارد (مطابق ضابطه شماره ۲۲۴ سازمان برنامه و بودجه) کنترل شود.

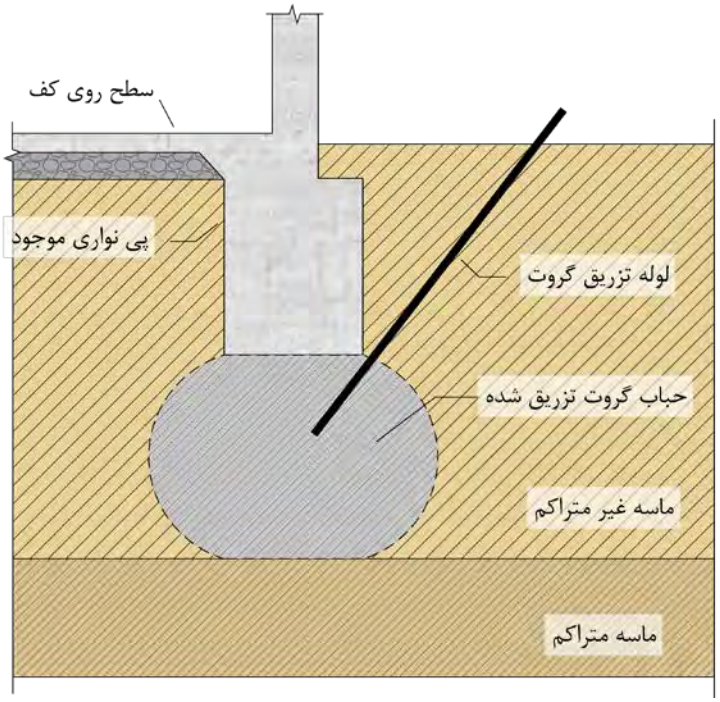
ث- الزامی است گروت‌ریزی تراکمی در زیر پی‌های سطحی به‌صورت قائم انجام شود. لازم است ناحیه گروت‌ریزی از تراز زیر پی سطحی موجود تا عمق لایه‌های با سختی مناسب و یا تا عمق موردنظر در رابطه با کاهش حباب تنش در زیر پی ادامه یابد.

ج- کنترل تراکمی سطح چگالش به‌دست آمده در خاک پی سطحی موجود با استفاده از آزمایش نفوذپذیری مخروطی یا آزمایش نفوذپذیری استاندارد مجاز نمی‌باشد. سطح چگالش حاصل باید با بررسی حجم گروت تزریق‌شده اندازه‌گیری شود.

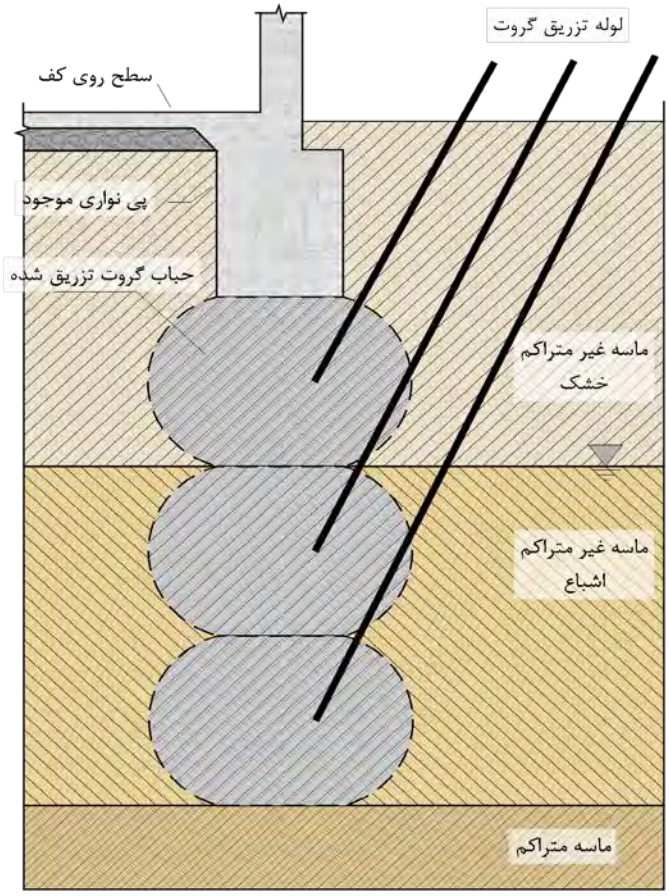
چ- برای تعیین ارتباط بین حجم گروت و سطح چگالش باید کار آزمایشی در ناحیه‌ای باز و در مجاورت ساختمان موجود انجام شود. محل آزمایش به‌منظور شناسایی باید به بخش‌هایی مطابقِ شکل ۱۴-۱۲۱ تقسیم گردد. در هر گمانه، گروت در محدوده مشخص‌شده، تزریق و حجم گروت تزریقی در هر گمانه باید اندازه‌گیری و گزارش شود. پس از تزریق گروت، سطح چگالش به‌دست‌آمده در هر بخش از ناحیه مورد شناسایی، با انجام آزمایش‌های نفوذپذیری مخروطی و یا نفوذپذیری استاندارد در موقعیت‌های آزمایش مطابق با شکل ۱۴-۱۲۱ باید تعیین گردد. فاصله‌گذاری و حجم گروت تزریق‌شده در هر گمانه که سطح قابل پذیرش تراکمی موردنظر را برآورده کند، برای تزریق گروت زیر پی‌های سطحی باید انتخاب شود. الگوی محوربندی نقاط تزریق مشابه با الگوی ارائه‌شده در شکل ۱۴-۱۲۱ باید باشد که در آن موقعیت نقاط آزمایش در مرکز محور مرکزی پی ممتد قرار گیرد. فاصله جداکننده‌ای معادل ۳ برابر حداقل فاصله ۱٫۲ متر در بین این بخش‌ها برای به حداقل رساندن تأثیر طرفین بر هم باید رعایت شود. در صورتی که شرایط خاک بستر و نوع پی سطحی برای استقرار لوله قائم تزریق مناسب نباشد (شکل ۱۴-۱۲۲ و شکل ۱۴-۱۲۳) و یا پی از نوع عمیق باشد (شکل ۱۴-۱۲۴)، در این حالات می‌توان تزریق را با لوله‌های مورب با همان الگوی پیش‌گفته انجام داد.



شکل ۱۴-۱۲۱- گروت‌ریزی تراکمی در زیر پی سطحی موجود-برنامه آزمایش شناسایی



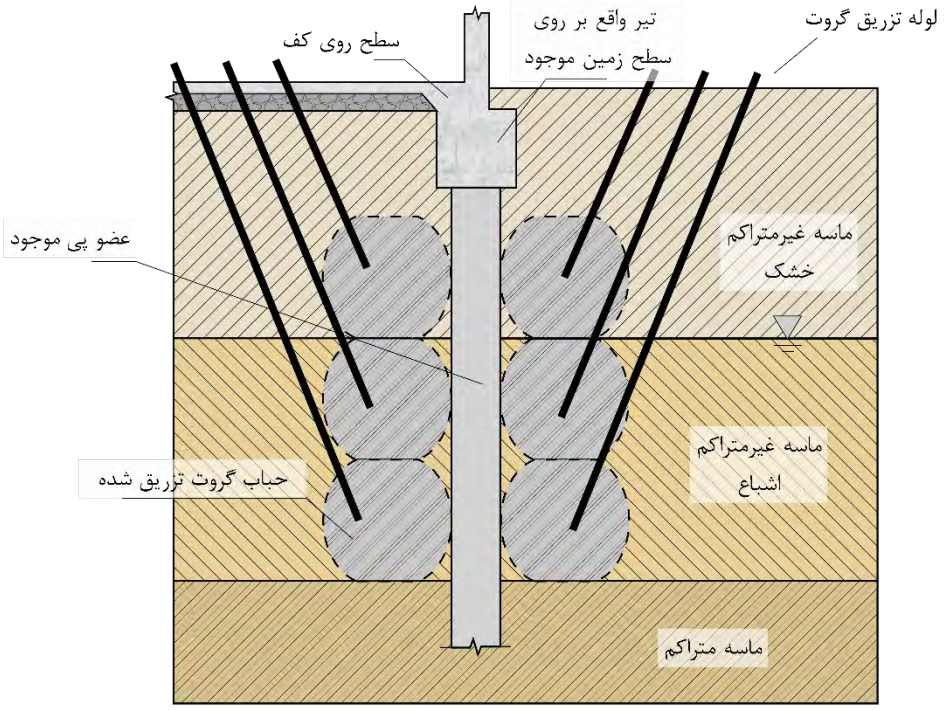
شکل ۱۴-۱۲۲- گروت‌ریزی تزریقی در ماسه غیرمتراکم زیر پی سطحی موجود



شکل ۱۴-۱۲۳- گروت‌ریزی تزریقی در لایه روانگرای زیر پی سطحی موجود

۱۴-۷-۳-۲- گروت‌ریزی تزریقی در زیر پی‌های عمیق

در بهسازی پی‌های عمیق باید یک ناحیه تحکیم‌یافته از ماسه در پیرامون ایجاد گردد. نقاط تزریق باید در فاصله ۰٫۹ متری اعضای پی تعبیه شود. ناحیه گروت‌ریزی باید زیر شناژ یا کلاهک روی پی عمیق تا بالای لایه ماسه‌ای سخت مطابق شکل ۱۴-۱۲۶ امتداد یابد.



شکل ۱۴-۱۲۴- گروت‌ریزی تزریقی در لایه روانگرا در پیرامون پی عمیق موجود

۱۴-۷-۴- بهسازی در فصل مشترک خاک-سازه

برای مسائل و موارد مربوط بهسازی فصل مشترک خاک و سازه به جدول ۱۴-۵ مراجعه شود.

جدول ۱۴-۵- موارد و روش‌های مربوط به فصل مشترک خاک- سازه

مسئله	روش
افزایش نیروی فشاری ناشی از بار مرده	افزایش سطح پی موجود و یا اجرای لایه‌های شفته سیمانی
کنترل واژگونی	استفاده از شمع ناپیوسته
حل ضعف‌های لغزشی	افزایش سطح پی موجود و یا اجرای لایه‌های شفته سیمانی بر روی پی موجود، در صورت کفایت ضخامت بلوکاژ و یا اجرای کلید برشی
ایجاد انسجام بین خاک و سازه	کاربرد شمع‌های کششی، میکروپایل

۱۴-۸- تجهیزات و ادوات استهلاک انرژی

۱۴-۸-۱-کلیات

میراگرها باید ضوابط این بخش را برآورده نمایند و بر اساس الزامات بیان شده در این بخش و همچنین ضوابط "دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود- ضابطه شماره ۳۶۰" و "دستورالعمل استفاده از میراگرها در طراحی و مقاوم‌سازی ساختمان‌ها- ضابطه شماره ۷۶۶"، برای بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود به کار گرفته شوند. به‌طورکلی، میراگرها برای سازه‌هایی مناسب می‌باشند که نیازمند عملکرد لرزه‌ای بالایی بوده و امکان پرداخت هزینه‌های ویژه طراحی، نصب و اجرای آن‌ها وجود دارد. این هزینه‌ها اغلب با کاهش نیاز به سختی و مقاومت موردنیاز که برای اهداف بهسازی لازم است، تعدیل می‌شود. در جدول ۱۴-۶ انواع میراگرهای مدنظر این دستورالعمل به همراه مشخصات آن‌ها ارائه شده است.

جدول ۱۴-۶- انواع میراگرهای مورد استفاده در صنعت ساختمان و مشخصات آن‌ها

نوع میراگر	مدل رفتاری وابسته به	میزان حساسیت به		تعداد چرخه قابل تحمل	فعال شدن تحت زلزله سرویس	تغییرشکل ماندگار پس از زلزله طرح	نیاز به تعویض پس از زلزله طرح
		خستگی کم چرخه	دمای محیط				
تسلیمی فلزی	تغییرمکان	زیاد	ناچیز	اندک	خیر	بله	بله
اصطکاکی	تغییرمکان	ناچیز	ناچیز	متوسط	خیر	بله	معمولاً خیر
ویسکوز	سرعت	ناچیز	ناچیز	زیاد	بله	خیر	معمولاً خیر
ویسکوالاستیک	سرعت و تغییرمکان	ناچیز	زیاد	زیاد	بله	خیر	معمولاً خیر

۱۴-۸-۱-۱- الزامات کلی میراگرها

طراحی، ساخت، تضمین کیفیت و رفتار صحیح میراگر بر عهده شرکت سازنده میراگر می‌باشد. نکات ذیل باید در طراحی، ساخت و نصب میراگر بر اساس پاسخ بیشینه زلزله مورد انتظار[1] رعایت گردد:

الف- زوال ناشی از جابه‌جایی‌های بزرگ با چرخه کم[2] ناشی از نیروهای لرزه‌ای باید در نظر گرفته شود. میراگرهایی که در اثر خستگی ناشی از جابه‌جایی‌های بزرگ با چرخه کم دچار شکست می‌شوند، باید در برابر نیروهای باد بدون لغزش، حرکت یا چرخه غیرالاستیک مقاومت کنند.

ب- زوال ناشی از جابه‌جایی‌های کوچک با چرخه زیاد[3] ناشی از نیروهای باد، حرارتی و یا سایر بارگذاری‌های چرخه‌ای باید لحاظ شود. میراگرهایی که در اثر بار باد فعال می‌گردند، باید تحت اثرات خستگی، زوال مقاومت و

1- Maximum Considered Earthquake (MCE)
2- Low-cycle
3- High-cycle

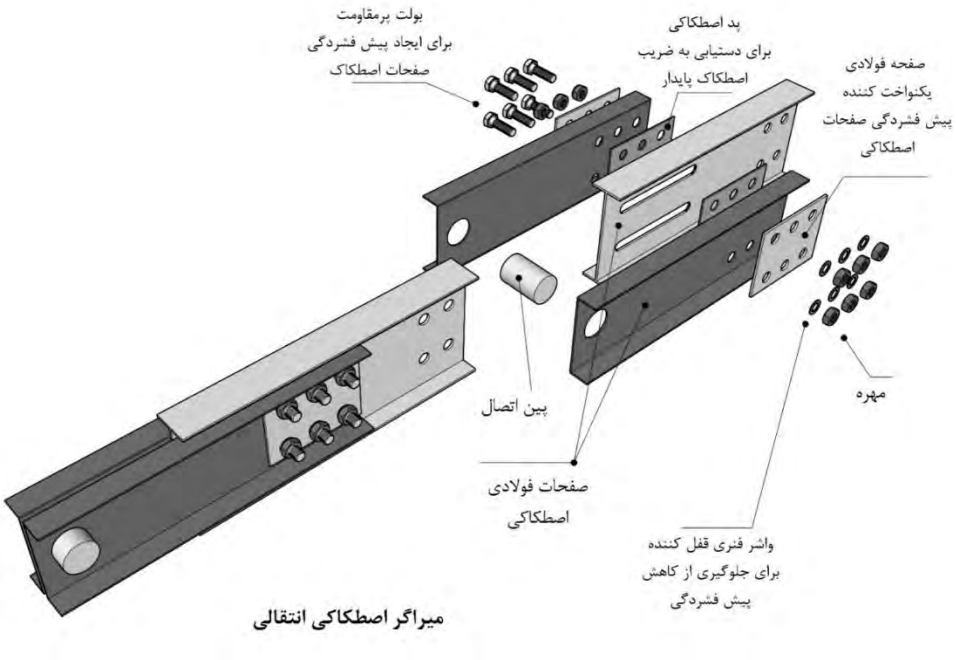
کارایی مورد بررسی قرار گیرند و پس از وقوع تندبادهای اعمالی بر سازه، تحت بازرسی دوره‌ای و تعمیر و نگهداری قرار گیرند.

پ- چسبندگی احتمالی اجزای میراگر در اثر خوردگی یا سایش، تجزیه بیولوژیکی، رطوبت یا قرارگرفتن در معرض مواد شیمیایی باید موردتوجه قرار گیرد.

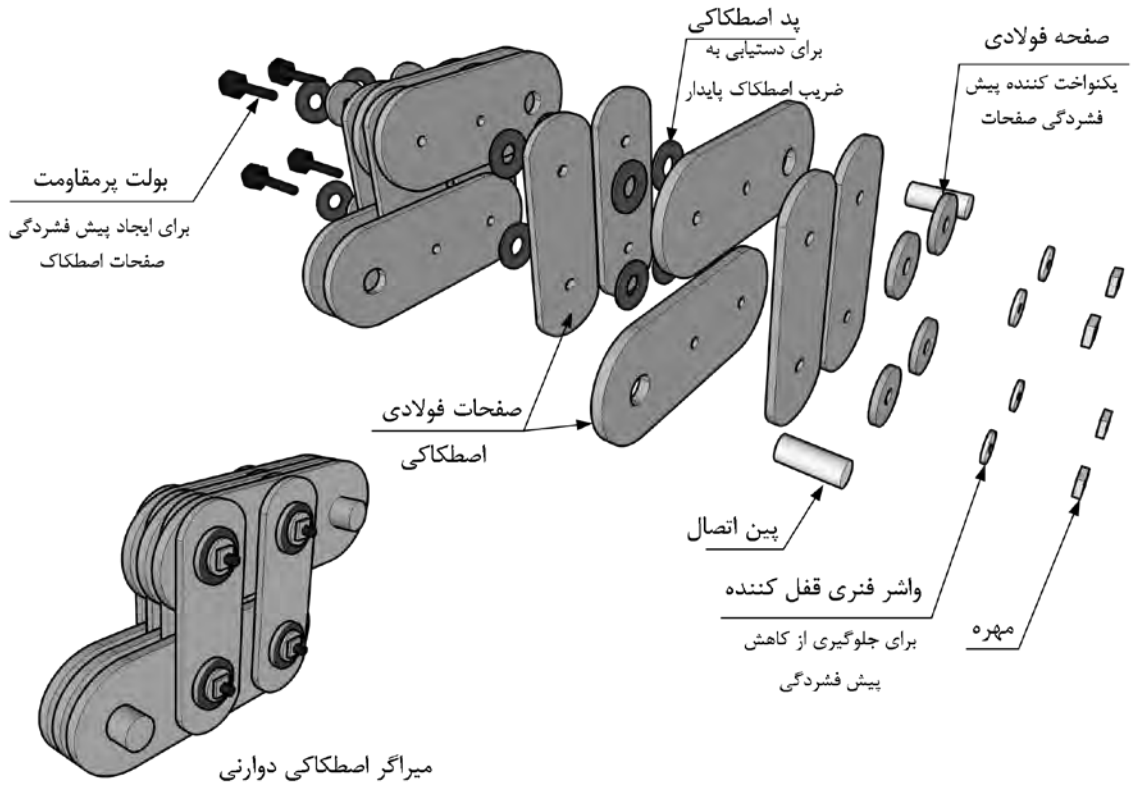
ت- اثرات ناشی از قرار گرفتن در معرض شرایط محیطی شامل دما، رطوبت، تابش (به عنوان مثال اشعه فرابنفش)، مواد خورنده (مثل آب‌نمک) و غیره باید مدنظر قرار گیرد.

۱۴-۸-۲- میراگرهای اصطکاکی

میراگرهای اصطکاکی در رده میراگرهای وابسته به تغییرمکان می‌باشند که بر پایه اصطکاک ناشی از لغزش انتقالی یا دورانی دو جسم جامد نسبت به یکدیگر عمل می‌کنند. مقدار انرژی مستهلک شده در این نوع میراگرها باید متناسب با مقاومت اصطکاکی و حرکت نسبی بین صفحات میراگر باشد. استفاده از میراگرهای اصطکاکی شامل میراگرهای اصطکاکی-انتقالی، اصطکاکی-دورانی و اصطکاکی-انتقالی-دورانی با رعایت الزامات مربوطه مجاز می‌باشد. در شکل ۱۴-۱۲۵ جزئیات یک نمونه میراگر اصطکاکی انتقالی و در شکل ۱۴-۱۲۶ جزئیات یک نمونه میراگر اصطکاکی دورانی نشان داده شده است.



شکل ۱۴-۱۲۵- جزئیات یک نمونه میراگر اصطکاکی انتقالی



شکل ۱۴-۱۲۶- جزئیات یک نمونه میراگر اصطکاکی دورانی

۱۴-۸-۲-۱- الزامات کلی میراگرهای اصطکاکی

الف- در میراگرهای اصطکاکی عدم بروز پدیده‌هایی از قبیل پدیده چسبندگی-لغزش[1] و جوش سرد[2] در سطوح لغزش، وادادگی[3] در ادوات پیش‌تنیدگی و یا در سطوح لغزشی تحت فشار، زوال سطوح تحت اثر سایش، و تغییر ضریب اصطکاک و خواص فیزیکی سطوح لغزش در اثر عوامل محیطی از جمله مواردی است که باید مورد توجه قرار گیرد.

ب- مصالح پایه مورد استفاده در ساخت میراگر و سطوح لغزش میراگر باید در برابر خوردگی در طول عمر بهره-برداری محافظت گردند. برای بررسی مقاومت درازمدت سطوح فلزی در برابر خوردگی باید از روش‌های آزمایش مناسب همچون آزمایش پاشش مه نمک[4] مطابق استاندارد ASTM B117 استفاده شود. در صورتی که شرایط ویژه‌ای از منظر آلاینده‌های محیطی بر پروژه حاکم باشد، روش عمل‌آوری باید بر اساس آن شرایط خاص تنظیم گردد. جهت بررسی استحکام پوشش‌های سطحی به کار رفته، باید آزمایش کشش سطحی[5] بر اساس استاندارد ASTM D4541 انجام پذیرد.

1- Stick-Slip
2- Cold welding
3- Relaxation
4- Operating Salt Spray (Fog)
5- Pull-off

پ- استفاده از سطوح اصطکاک فلز روی فلز، به دلیل امکان ایجاد جوش سرد در سطوح لغزش و احتمال تغییر قابل توجه نیروی اصطکاک در گذر زمان، ممنوع می‌باشد.

ت- سطوح لغزش در میراگرهای اصطکاکی باید شامل یک سطح فلزی دارای پرداخت عالی (به طور معمول فولاد ضدزنگ) در تماس با یک مصالح غیرفلزی نرم‌تر باشد. مصالح پد اصطکاکی باید مقاومت مناسبی در برابر سایش داشته باشد.

ث- کاهش میزان نیروی پیش‌تنیدگی میراگر باید با به‌کارگیری پیچ‌های پرمقاومت، استفاده از مصالح پرمقاومت/کم سایش در سطح لغزش و به‌کارگیری تعداد کافی واشر فنری بشقابی در زیر کله و مهره پیچ، به کمترین مقدار برسد.

ج- عملکرد پدهای اصطکاکی طی آزمایش نمونه‌های اولیه میراگر و آزمایش میراگرهای تولیدی باید مورد تأیید قرار گیرد. پارگی، تغییرشکل، کنده‌شدگی، آسیب فیزیکی بر روی آن پس از آزمایش غیرقابل قبول است و باید پس از هر آزمایش مورد بازرسی چشمی قرار گیرد.

چ- گزارش‌های آزمایشگاهی و گواهینامه آزمایش مصالح فولادی و سایر مواد اولیه مصرفی در ساخت میراگر و پد اصطکاکی باید به صورت تأیید شده از مرجع مورد تأیید مشاور، تهیه و صادر گردد.

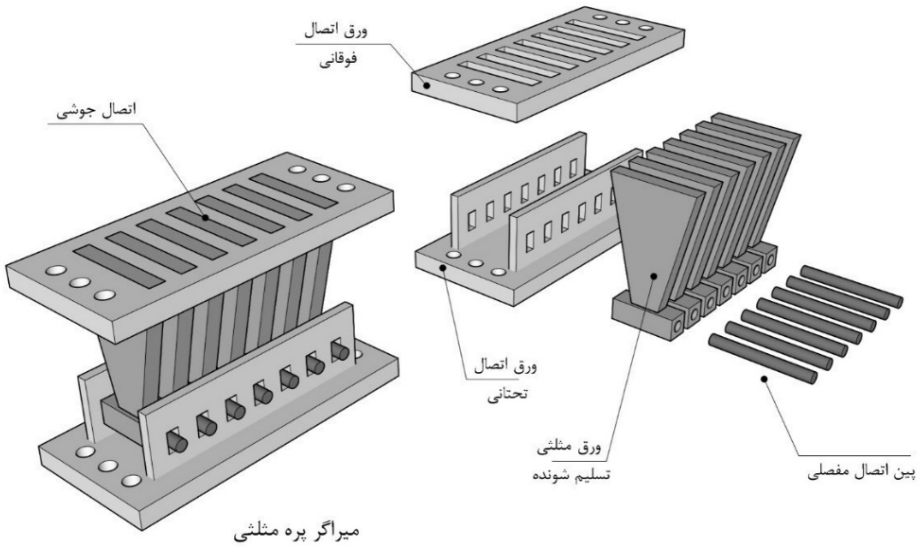
ح- آماده‌سازی سطح و پوشش‌های محافظ برای محافظت در برابر خوردگی باید بر اساس دستورالعمل انجمن بین‌المللی خوردگی[1] انجام پذیرد.

خ- محصولات فولادی ضدزنگ باید الزامات استانداردهای ASTM A240 و یا BS EN 10088 را رعایت نمایند.

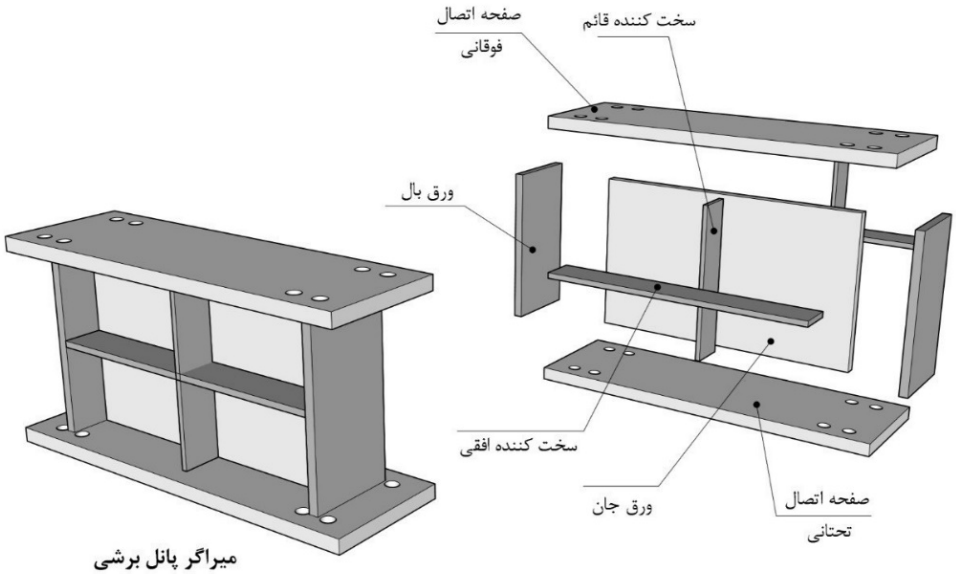
۱۴-۸-۳- میراگرهای تسلیمی فلزی

میراگرهای تسلیمی فلزی از نوع مستهلک‌کننده انرژی غیرفعال با رفتاری وابسته به جابه‌جایی می‌باشند. در این نوع میراگرها، انرژی منتقل شده به سازه در هنگام زلزله باید موجب تسلیم و تغییرشکل غیرالاستیک در قطعات فلزی به‌کار رفته در میراگر شود. میراگرهای پره مثلثی[2] و پره X-شکل[3]، میراگرهای شکاف‌دار[4]، خمشی لانه زنبوری[5]، پانل برشی[6] و مهاربندهای کمانش‌تاب[7] در رده میراگرهای تسلیمی فلزی قرار می‌گیرند و استفاده از آن‌ها با رعایت الزامات مربوطه مجاز می‌باشد. در شکل ۱۴-۱۲۷ تا شکل ۱۴-۱۲۹ جزئیات یک نمونه میراگر پره مثلثی، میراگر پانل برشی و مهاربند کمانش‌تاب نشان داده شده است.

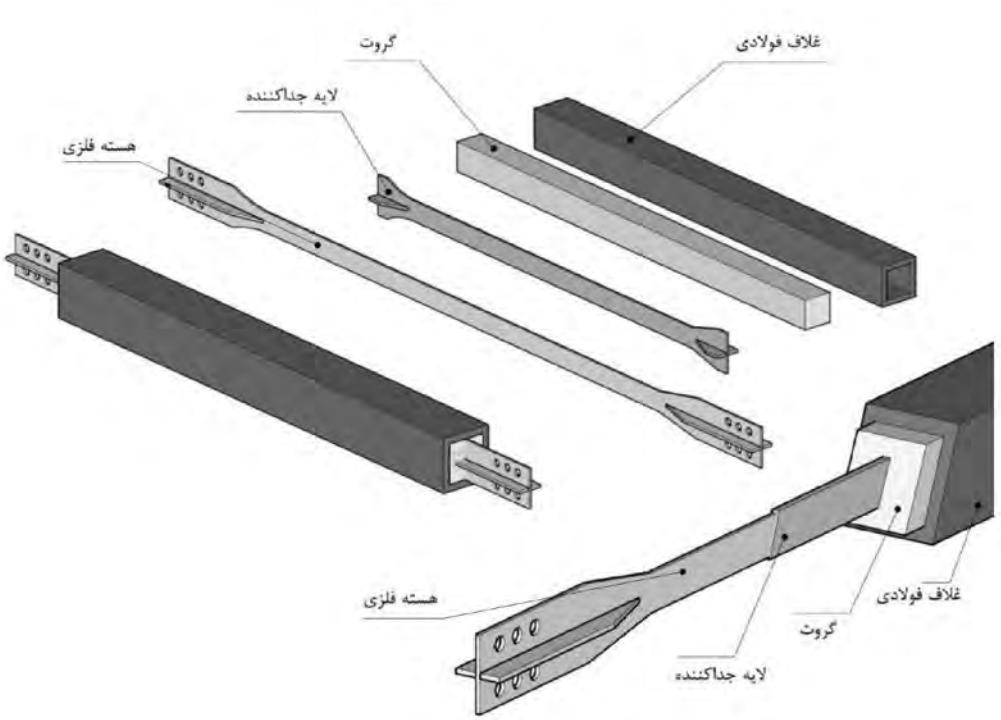
1- National Association of Corrosion Engineers (NACE International)
2- Triangular-Plate Added Damping And Stiffness (TADAS)
3- X-Shaped Plate Added Damping And Stiffness (XADAS)
4- Slit Dampers
5- Bending Type of Honeycomb
6- Shear Panel Type
7- Buckling Restrained Brace (BRB)



شکل ۱۴-۱۲۷- جزئیات یک نمونه میراگر تسلیمی پره مثلثی



شکل ۱۴-۱۲۸- جزئیات یک نمونه میراگر تسلیمی پانل برشی



شکل ۱۴-۱۲۹- جزئیات یک نمونه مهاربند کمانش تاب

۱۴-۸-۳-۱- الزامات کلی میراگرهای تسلیمی فلزی

الف- در ساخت میراگرهای تسلیمی باید از فلزات شکل‌پذیری مثل فولاد نرمه و یا آلیاژهای خاصی استفاده شود که به راحتی تسلیم شده و عملکرد قابل‌قبولی را جهت استهلاک انرژی در هنگام اعمال بارهای شدید لرزه‌ای ارائه نماید. فلزی که برای ساخت این میراگرها به کار می‌رود، باید دارای رفتار مناسب هیسترزیس، دامنه خستگی بالا، استحکام نسبی بالا و عدم حساسیت زیاد نسبت به تغییرات درجه حرارت باشد.

ب- مشخصات تسلیم فولاد مورد استفاده در ساخت میراگرهای تسلیمی، باید با دقت بالایی در اختیار باشد. بازه مقادیر مقاومت تسلیم با انجام آزمایش‌های ساده مصالح به‌دست می‌آید. همچنین برای تأیید اطلاعات حاصل از آزمایش نمونه‌های کششی، تعدادی از میراگرها باید طبق ضوابط بند ۱۴-۸-۶ تحت آزمایش قرار گیرند.

پ- تمام جوش‌های متصل‌کننده همچون جوش‌های ورق‌های اتصال، براکت‌ها و سخت‌کننده‌ها و همچنین پیچ‌ها و پین‌های متصل‌کننده میراگر و اتصالات آن به یکدیگر و به سازه باید بر اساس مشخصات ارائه شده در نقشه‌ها انجام شود.

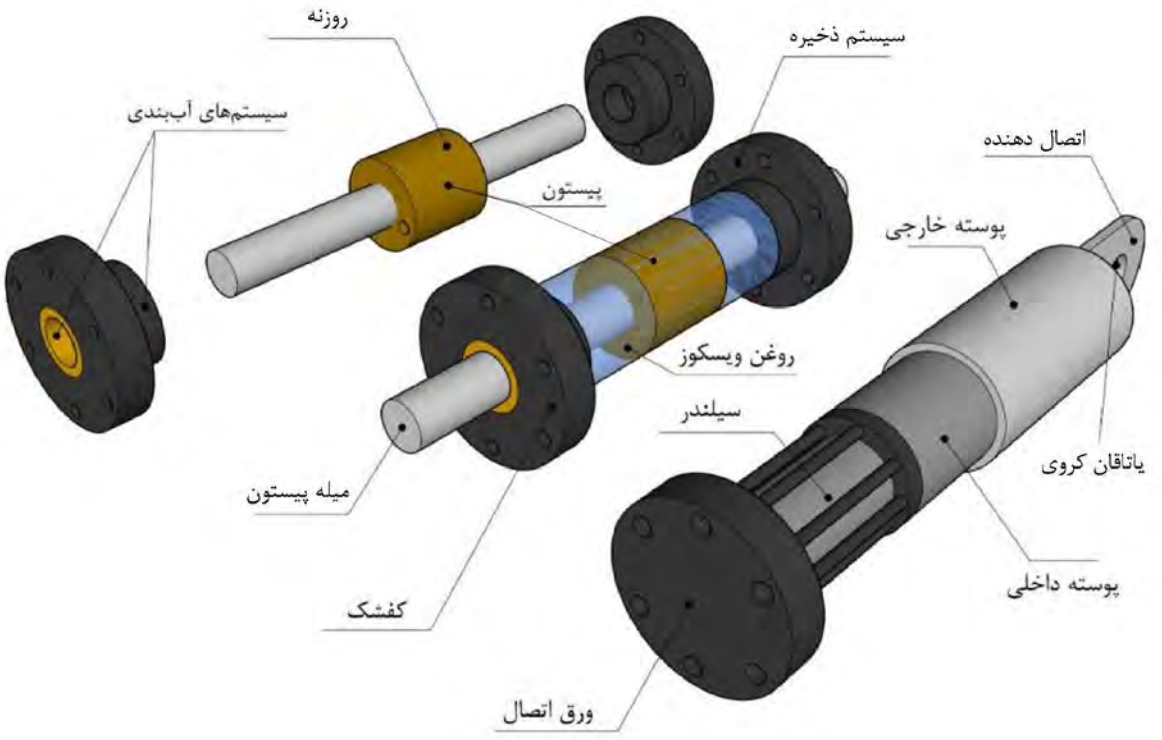
ت- کیفیت تمام جوش‌های مورد استفاده در ساخت میراگرهای تسلیمی باید توسط بازرس جوش مورد بررسی و تأیید قرار گیرد.

ث- در میراگر پره مثلثی، به‌منظور اتصال مناسب پایه ورق‌های مثلثی به ورق اتصال فوقانی میراگر و ایجاد یک حالت گیرداری، باید شیارهایی در ورق اتصال ایجاد و پایه هر ورق مثلثی در داخل شیار وارد شده و از دو طرف به طور کامل جوش شود. همچنین جهت اطمینان از حرکت نسبتاً آزاد ورق‌های مثلثی در راستای قائم، باید یک اتصال مفصلی شیاردار در رأس ورق‌ها ایجاد گردد.

ج- در اطراف هسته تسلیم شونده مهاربندهای کمانش تاب، باید از یک لایه جداکننده (عمدتاً ماده پلیمری) استفاده گردد.

۱۴-۸-۴- میراگرهای ویسکوز

میراگرهای ویسکوز در رده میراگرهای وابسته به‌سرعت هستند که مکانیزم استهلاک انرژی آن‌ها بر اساس عبور یک سیال ویسکوز از روزنه‌هایی که در اطراف و مرکز پیستون تعبیه شده است، می‌باشد. یک میراگر ویسکوز شامل سیلندر، پیستون، میله پیستون، سیال ویسکوز، پوشش محافظ داخلی، آب‌بندها و سایر بخش‌های اصلی است که نمونه‌ای از جزئیات آن در شکل ۱۴-۱۳۰ نشان داده شده است. حداکثر مقدار طول و قطر میراگر باید توسط مشاور تعیین شود.



شکل ۱۴-۱۳۰- جزئیات یک نمونه میراگر ویسکوز

۱۴-۸-۴-۱- الزامات کلی میراگرهای ویسکوز

الف- شیرهای مصرفی در دستگاه‌های دارای محفظه ذخیره باید بر اساس مدت زمان توصیه شده توسط سازنده مورداستفاده قرار بگیرند.

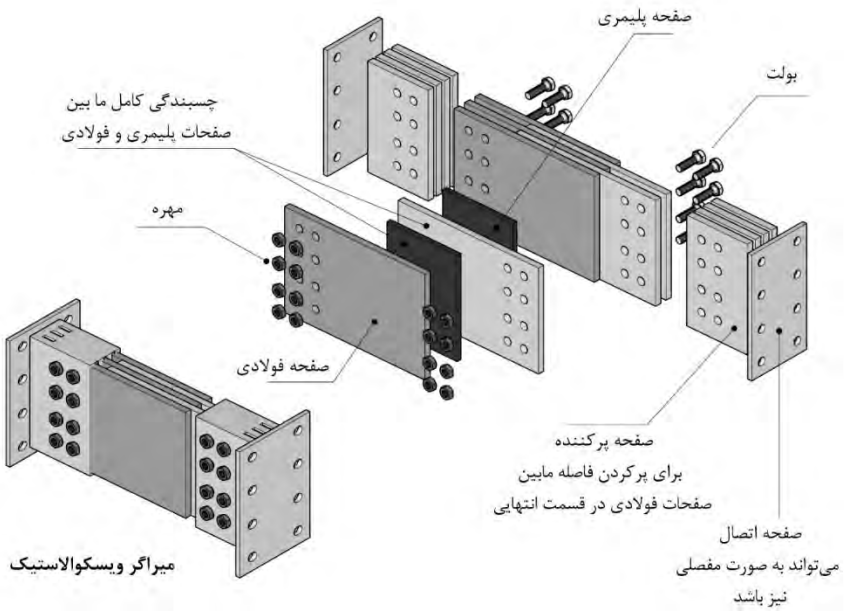
ب- استفاده از لاستیک برای آب‌بندی مجاز نمی‌باشد.

پ- اتصال اجزا باید به‌جای جوش‌کاری به‌وسیله رزوه کردن یا پس‌کشیدگی به یکدیگر انجام شود.

ت- با توجه به فعال‌شدن میراگرهای ویسکوز تحت اثر نیروی باد، عمر خستگی میراگر و اجزای آن شامل آب‌بندها باید بررسی شده و در صورت لزوم نسبت به تعمیر یا تعویض میراگر اقدام شود.

۱۴-۸-۵- میراگرهای ویسکوالاستیک

میراگرهای ویسکوالاستیک در رده میراگرهای وابسته به سرعت و تغییرمکان هستند که مکانیزم استهلاک انرژی در آن‌ها از طریق ایجاد کرنش برشی در لایه‌های ویسکوالاستیک میراگر فراهم می‌شود. یک میراگر ویسکوالاستیک از تعدادی صفحه فولادی و پلیمری (لاستیکی) که به طور کامل به یکدیگر چسبانده شده‌اند، تشکیل شده است. در شکل ۱۴-۱۳۱ جزئیات یک نمونه میراگر ویسکوالاستیک نشان داده شده است.



شکل ۱۴-۱۳۱- جزئیات یک نمونه میراگر ویسکوالاستیک

۱۴-۸-۵-۱- الزامات کلی میراگرهای ویسکوالاستیک

الف- صفحات پلیمری باید تحت‌فشار و حرارت و استفاده از پرایمر و مواد چسباننده اپوکسی به صفحات فولادی چسبانده شوند.

ب- به‌منظور جلوگیری از لغزش مابین صفحات فولادی و پلیمری، پیش از انجام اتصال لازم است سطح صفحات فولادی آماده‌سازی شود و کاملاً خشک و عاری از هر نوع ماده روغنی یا آلودگی باشد.

۱۴-۸-۶- تأییدیه فنی و آزمایش‌های لازم

الف- میراگرها قبل از استفاده باید آزمایش‌های تأیید صلاحیت را مطابق آیین نامه‌های معتبر داخلی یا بین‌المللی احراز کرده باشند و گواهینامه فنی طرح و تولید را از مراجع ذیصلاح داشته باشند و ضوابط مراجع مذکور را از نظر

مشخصات فنی و انطباق ظرفیت باربری احراز نمایند و مورد تأیید مشاور باشند. این آزمایش‌ها شامل آزمایش نمونه‌های اولیه[1] و آزمایش کنترل محصول[2] می‌باشد.

ب- کنترل کیفیت برای نمونه‌های اولیه میراگر و میراگرهای تولید شده برای پروژه باید یکسان باشد. این روش‌ها باید توسط مشاور، پیش از ساخت نمونه‌های اولیه ارائه گردد.

پ- حتی‌المقدور باید از آزمایش میراگر در داخل قاب اجتناب شود. در غیر این‌صورت لازم است با اتخاذ تدابیری رفتار چرخه‌ای میراگر به تنهایی و بدون مشارکت قاب تعیین گردد.

ت- لازم است محل انجام آزمایش، چیدمان آزمایش و نحوه انجام آن توسط مشاور تعیین گردد و یا به تأیید مشاور برسد. در این زمینه لازم است از تجربیات شرکت‌های سازنده و متخصصین آزمایشگاه مربوطه استفاده شود. همچنین معیارهای پذیرش مربوط به نتایج آزمایش‌ها و گزارش مشخصات فنی محصول باید توسط مشاور کنترل و تأیید گردد.

ث- لازم است تمام یا بخشی از آزمایش‌های نمونه‌های اولیه و آزمایش‌های کنترل محصول در حضور نماینده مشاور انجام شود. در صورتی که آزمایش‌های نمونه اولیه مشابه قبلاً توسط شرکت سازنده میراگر انجام شده باشد، لازم است نتایج آزمایش‌ها، تصاویر و سایر مستندات مربوطه توسط شرکت سازنده به مشاور ارائه شود.

ج- لازم است گزارش آزمایش‌های نمونه‌های اولیه و آزمایش‌های کنترل محصول به صورت مکتوب توسط مشاور یا شرکت سازنده تهیه گردد. علاوه بر نتایج، لازم است از مراحل آزمایش فیلم‌برداری یا عکس‌برداری شده و ضمیمه گزارش آزمایش‌ها گردد.

چ- مشاور باید گواهی‌نامه‌های مصالح مصرفی، گزارشات آزمایشگاهی متالوژی، خوردگی و دوام، کارخانه فولاد و سایر مصالح مصرفی (شامل شرح جزئیات برای هر سری ساخت با توجه به سریال روی میراگر) را از تولیدکننده درخواست نموده و ضمیمه مشخصات فنی نماید. در غیاب استانداردهای داخلی، استفاده از استانداردهای معتبر بین‌المللی برای آزمایش و کنترل کیفیت مصالح مصرفی در ساخت میراگرها مجاز می‌باشد.

۱۴-۸-۶-۱- آزمایش‌های نمونه‌های اولیه

الف- آزمایش‌های نمونه‌های اولیه باید به طور جداگانه بر روی دو میراگر در ابعاد واقعی از هر نوع و اندازه‌ای که در طرح به‌کاررفته انجام پذیرد. زمان انجام آزمایش‌ها باید قبل از تولید میراگرهای موردنیاز پروژه باشد. در طی این آزمایش‌ها باید منحنی نیرو- تغییرمکان فرض شده برای میراگرها توسط مشاور و توانایی هر یک از وسایل در تحمل ارتعاشات شدید ناشی از زلزله مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. آزمایش نمونه‌های اولیه نباید جایگزین برنامه کنترل کیفیت ساخت میراگرها شود.

1- Prototype tests
2- Production tests

ب- در صورتی که به دلیل محدودیت تجهیزات آزمایشگاهی، امکان انجام آزمایش بر روی نمونه با مقیاس کامل وجود نداشته باشد، می‌توان آزمایش‌های نمونه اولیه را بر روی نمونه‌های با مقیاس کوچک انجام داد، به شرطی که شرایط زیر فراهم گردد:

۱- آزمایش اندازه‌های معادل برای نمونه اولیه، توسط مشاور مورد تأیید قرار گیرد.

۲- جزئیات، نوع مصالح، روند ساخت و کنترل کیفیت نمونه مقیاس شده مشابه نمونه مقیاس کامل بوده و قوانین مقیاس در تعیین دامنه و سرعت بارگذاری رعایت شود.

۳- ضریب مقیاس از ۱:۴ کوچکتر نباشد.

پ- استفاده از نمونه‌های اولیه آزمایش شده در ساختمان مجاز نمی‌باشد، مگر آنکه توسط مشاور و دستگاه نظارت تأیید شود و الزامات آزمایش نمونه‌های اولیه و نمونه‌های تولیدی را برآورده نماید. بدین منظور مشاور باید معیارهای پذیرش مشخصی را برای مشخصات اسمی به‌دست‌آمده از آزمایش نمونه‌های اولیه تهیه نماید و مقادیر حدی عملکرد را که در صورت تجاوز از آن، میراگر مردود اعلام می‌شوند، مشخص نماید.

ت- رفتار نیرو-تغییرمکان میراگر مورد آزمایش باید در هر چرخه از هر آزمایش به گونه‌ای ثبت شود که رفتار هیسترزیس میراگر قابل ترسیم و تحلیل باشد.

ث- میراگرهایی که اولاً دارای اندازه و مصالح مشابه، و ساختار داخلی، فشارهای داخلی استاتیکی و دینامیکی (در صورت وجود) یکسان بوده و ثانیاً تحت روند تولید و روش کنترل کیفیت یکسانی ساخته شده و قبلاً توسط شرکت سازنده آزمایش شده باشند، در صورت وجود شرایط زیر نیازی به آزمایش نمونه اولیه ندارند:

۱- کلیه اطلاعات آزمایش‌های مربوطه در دسترس مشاور قرار داده شده و توسط وی تأیید شوند.

۲- سازنده بتواند مشابهت میراگر آزمایش شده قبلی را با میراگر مورد نظر فعلی برای مشاور اثبات نماید.

۳- استفاده از اطلاعات مربوط به آزمایش‌های قبلی به صورت کتبی توسط مشاور تأیید شود."

۱۴-۸-۶-۲- آزمایش‌های کنترل محصول

الف- به‌منظور کنترل کیفیت ساخت میراگرهای تولید شده برای پروژه، میراگرها قبل از نصب در ساختمان باید مورد آزمایش قرار گیرند و طبق معیارهای پذیرش باید کنترل گردند تا از کیفیت ساخت آن‌ها اطمینان کافی حاصل شود. برنامه آزمایش برای میراگرهای تولیدی و معیارهای پذیرش آنها باید توسط مشاور تعیین شود.

ب- در صورتی که به گونه دیگری نشان داده شود که مشخصات میراگرهای تولید شده الزامات فنی پروژه را تأمین می‌نماید، با تأیید مشاور پروژه می‌توان از انجام این برنامه آزمایش صرف‌نظر کرد. در این موارد، مشاور باید یک برنامه جایگزین تعیین نماید تا از کیفیت میراگرهای تولید شده اطمینان حاصل شود.

پ- میراگرهایی که مصالح سازنده آن در حین آزمایش متحمل تغییر شکل‌های غیرارتجاعی می‌شوند و یا آسیب می‌بینند، نباید پس از آزمایش در پروژه استفاده شوند.

۱۴-۸-۷- نصب در ساختمان‌های موجود

۱۴-۸-۷-۱- الزامات کلی نصب

الف- نوع میراگر و شرکت سازنده آن باید در نقشه‌های اجرایی تعیین گردد. موقعیت و چیدمان نصب میراگر، نحوه و زاویه نصب میراگر و همچنین اعضای متصل‌شونده به میراگر، تمام جوش‌های متصل‌کننده همچون جوش‌های ورق‌های اتصال، براکت‌ها و سخت‌کننده‌ها و همچنین پیچ‌ها و پین‌های متصل‌کننده میراگر و اتصالات آن به یکدیگر و به سازه باید بر اساس جزئیات نقشه‌های اجرایی ارائه شده توسط مشاور باشد و به توصیه‌های تولیدکننده تجهیزات نیز باید توجه شود.

ب- نصب میراگرها با استفاده از المان‌های مهاربندی در قاب‌های فولادی و با پیش‌بینی اتصالات مناسب، در قاب‌های بتن‌آرمه مجاز است. در صورت نیاز، با نظر مشاور باید نسبت به تقویت موضعی یا کلی المان‌های تیر و ستون در دهانه مهاربندی (مطابق جزئیات اجرایی ارائه شده در بخش ۱۴-۳ برای ساختمان‌های بتن‌آرمه و بخش ۱۴-۵ برای ساختمان‌های فولادی) اقدام نمود.

پ- محل قرارگیری میراگر نباید خللی در شرایط معماری و سرویس‌دهی سازه ایجاد نماید. در دهانه‌های داخلی، میراگرها و مهاربندهای مربوطه باید به‌گونه‌ای قرار گیرند تا مانع مسدودشدن راهروهای موجود، درهای ورودی و سایر سیستم‌های ساختمان شوند. در دهانه‌هایی که میراگر و مهاربندهای مربوطه قرار داده می‌شوند، باید جزئیات عناصر معماری و دیوارهای میانقابی به‌گونه‌ای باشد که تداخلی در عملکرد سیستم میراگر در حین تغییرمکان‌های جانبی در زلزله ایجاد نگردد. همچنین باید امکان دسترسی برای بازدید دوره‌ای، تعمیر و نگهداری میراگرها فراهم شود. در مواردی که سیستم میراگر مابین جداکننده قرار می‌گیرد، استفاده از دیوارهای خشک[1] مناسب می‌باشد.

ت- نصب میراگرها در سازه با انواع مختلف چیدمان‌ها شامل چیدمان قطری، چیدمان شورن مستقیم، چیدمان شورن غیرمستقیم، چیدمان دروازه‌ای، چیدمان جکی، چیدمان پانلی و یا سایر چیدمان‌های مورد تأیید مشاور مجاز می‌باشد که جزئیات نصب باید توسط مشاور در نقشه‌های اجرایی ارائه گردد. ملاحظات معماری و محدودیت‌های اجرایی، نوع میراگر و حداکثر ظرفیت تغییرشکلی آن، شرایط سازه و مسائل مرتبط با زیبایی شناختی سازه (در صورت اجرای میراگرها به صورت نمایان) باید در انتخاب چیدمان نصب، مدنظر قرار گیرد. در شکل ۱۴-۱۳۲ به صورت شماتیک چیدمان‌های متداول برای نصب میراگرها در یک قاب نشان داده شده است.

ث- در چیدمان قطری و شورن مستقیم که میراگر در امتداد محور مهاربند نصب می‌شود، به‌منظور حفظ پایداری لازم است اتصال میراگر به مهاربند به صورت گیردار باشد. اتصال میراگر به گره اتصال تیر-ستون در داخل صفحه قاب بسته به نوع میراگر می‌تواند به شکل مفصلی یا گیردار بوده اما در دوران از خارج صفحه قاب لازم است به شکل مفصلی باشد.

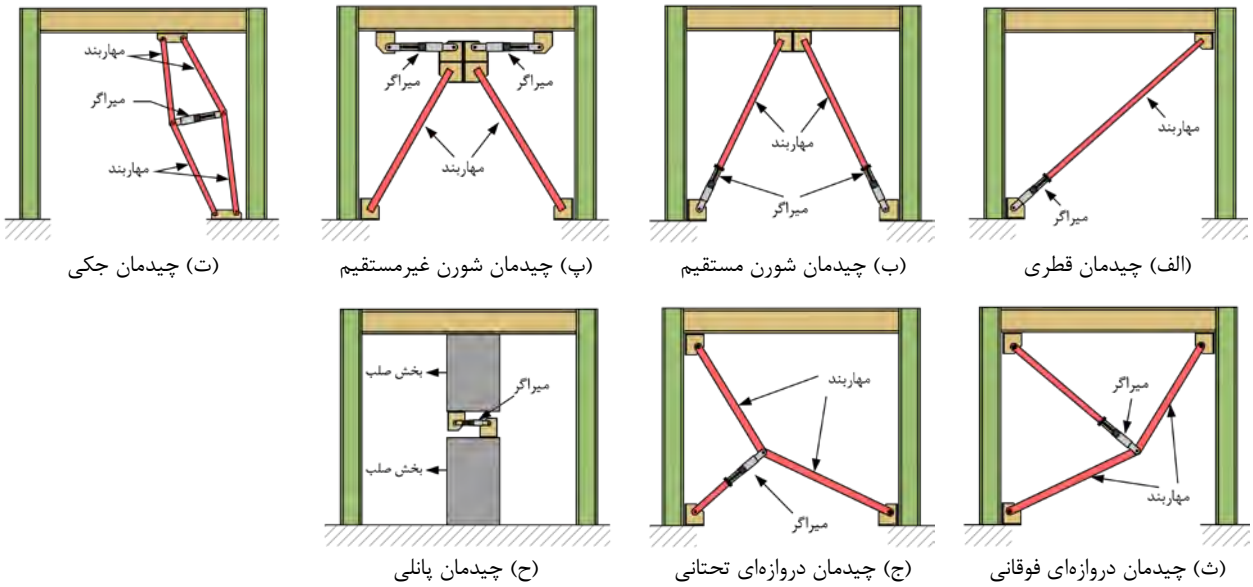
1- Dry-wall

ج- نصب میراگرها به صورت افقی با استفاده از چیدمان شورن (هفتی یا هشتی)، با توجه به نیاز طرح باید شامل یک و یا دو میراگر در هر دهانه باشد. در چیدمان شورون غیرمستقیم به‌منظور حفظ پایداری چیدمان در امتداد خارج از صفحه قاب، لازم است محل اتصال دو مهاربند در امتداد خارج از صفحه قاب با استفاده از اتصالات کشویی مقید شود. در این نوع چیدمان، میراگرهایی که برای جذب انرژی نیاز به تغییرشکل محوری دارند (همانند میراگرهای اصطکاکی و ویسکوز) باید به صورت دو سر مفصل در رأس این چیدمان قرار گیرند. در حالی‌که میراگرهایی که برای جذب انرژی نیاز به تغییرشکل برشی دارند (همانند میراگرهای تسلیمی پره فولادی، پانل برشی و ویسکوالاستیک) لازم است به صورت گیردار در رأس این چیدمان قرار داده شوند.

چ- جزئیات اجرایی اتصال مهاربندها به سازه و به پی (در صورت لزوم)، باید مطابق روش اجرای قاب‌های مهاربندی در ساختمان‌های فولادی و بتنی باشد. سایر جزئیات باید توسط مشاور بیان گردد.

ح- نقاط اتصال میراگرها باید با در نظرگرفتن تمهیدات کافی برای اثرات ناشی از تغییرمکان‌های همزمان طولی، جانبی و قائم سیستم میرایی ساخته شوند.

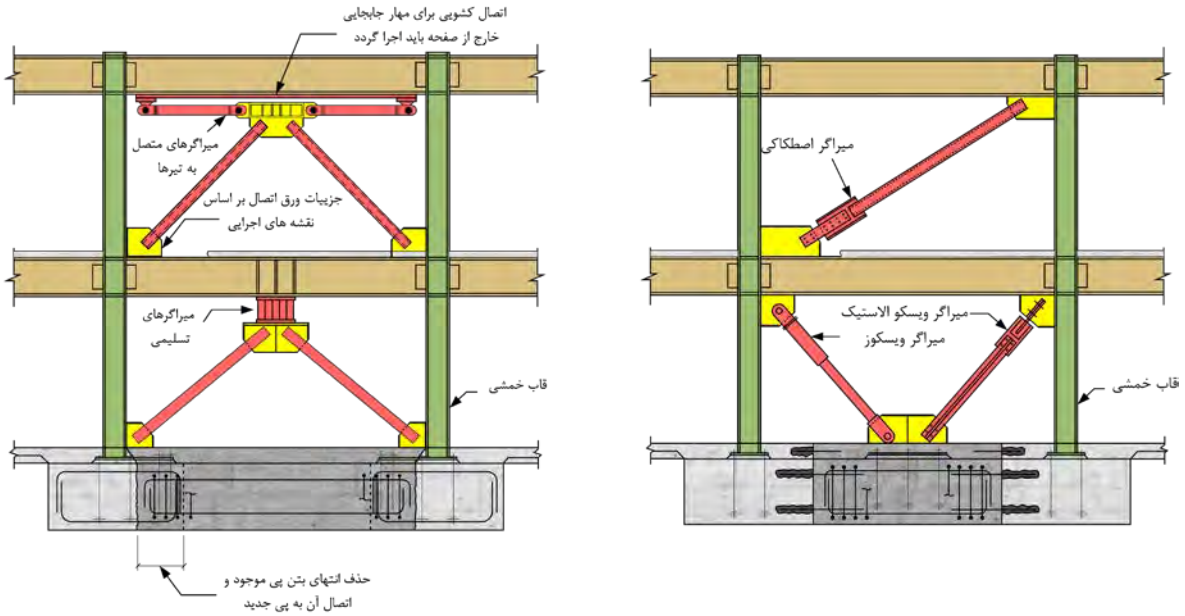
خ- در شکل ۱۴-۱۳۳ و شکل ۱۴-۱۳۴ نمونه‌ای از جزئیات نصب میراگرها در یک قاب خمشی موجود فولادی و بتنی به منظور بهسازی لرزه‌ای قاب ارائه شده است.



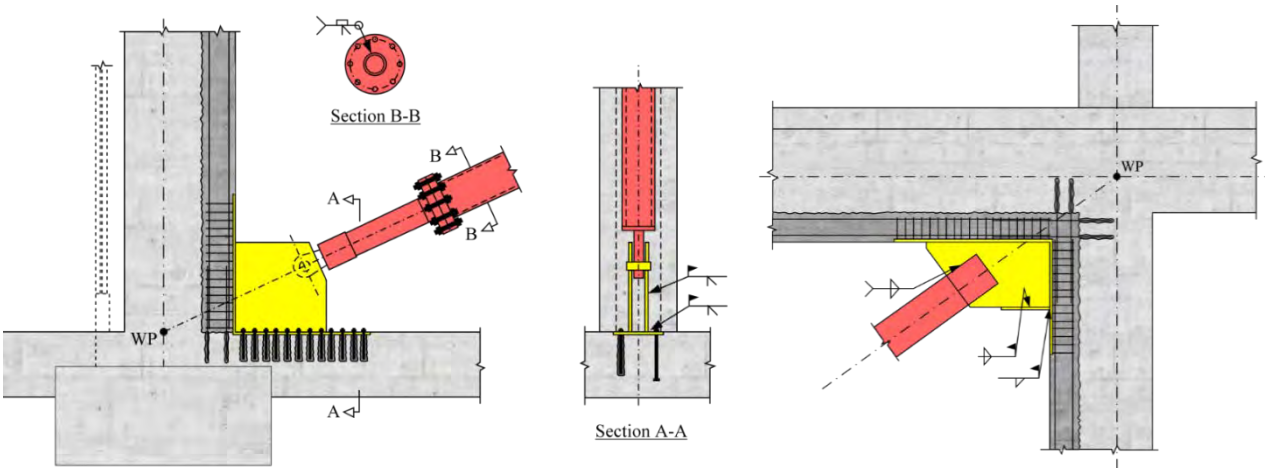
(الف) چیدمان قطری (ب) چیدمان شورن مستقیم (پ) چیدمان شورن غیرمستقیم (ت) چیدمان جکی

(ث) چیدمان دروازه‌ای فوقانی (ج) چیدمان دروازه‌ای تحتانی (ح) چیدمان پانلی

شکل ۱۴-۱۳۲- چیدمان‌های متداول برای نصب میراگرها در قاب

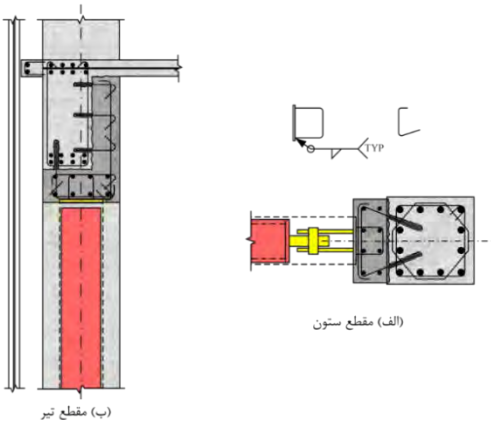


شکل ۱۴-۱۳۳- جزئیات استفاده از میراگرها به منظور بهسازی لرزه‌ای یک قاب خمشی فولادی موجود



(ب) جزئیات اتصال ورق اتصال و میراگر به پی

(الف) جزئیات اتصال ورق اتصال و مهاربندها به ناحیه اتصال

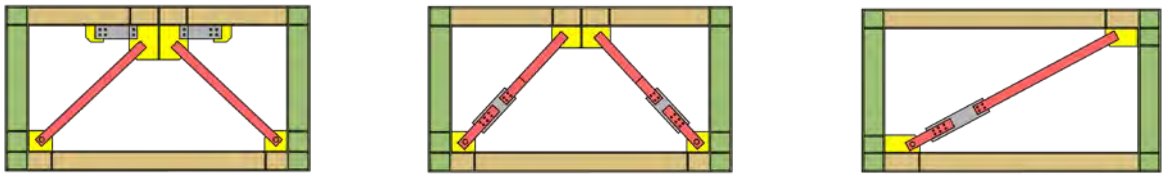


(پ) جزئیات تقویت المان‌های تیر و ستون به‌منظور نصب میراگر و مهاربندهای مربوطه (در صورت لزوم)

شکل ۱۴-۱۳۴- جزئیات استفاده از میراگرها به منظور بهسازی لرزه‌ای یک قاب خمشی بتن آرمه موجود

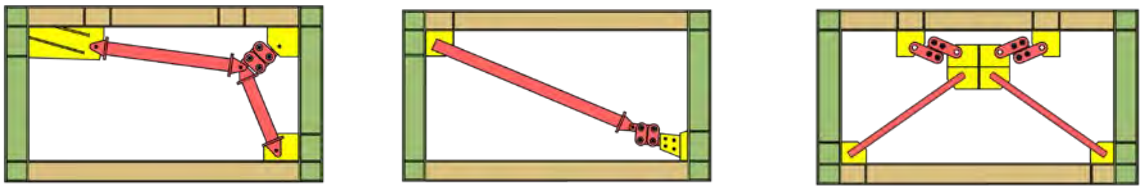
۱۴-۸-۷-۲- نصب میراگرهای اصطکاکی

الف- نصب میراگرهای اصطکاکی در سازه با انواع مختلف چیدمان‌ها شامل چیدمان قطری، چیدمان شورن مستقیم، چیدمان شورن غیرمستقیم، چیدمان دروازه‌ای و چیدمان پانلی مجاز است. موقعیت و چیدمان نصب میراگر باید بر اساس جزئیات نقشه‌های اجرایی ارائه شده توسط مشاور باشد و به توصیه‌های تولید کننده تجهیزات نیز باید توجه شود. در شکل ۱۴-۱۳۵ و شکل ۱۴-۱۳۶ چیدمان‌های متداول برای نصب میراگرهای اصطکاکی انتقالی و اصطکاکی دورانی نشان داده شده است.

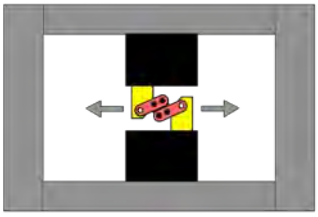


(الف) چیدمان قطری (ب) چیدمان شورن مستقیم (پ) چیدمان شورن غیرمستقیم

شکل ۱۴-۱۳۵- چیدمان‌های متداول برای نصب میراگرهای اصطکاکی انتقالی در سازه



(الف) چیدمان شورن (ب) چیدمان قطری (پ) چیدمان دروازه‌ای



(ت) چیدمان پانلی

شکل ۱۴-۱۳۶- چیدمان‌های متداول برای نصب میراگرهای اصطکاکی دورانی در سازه

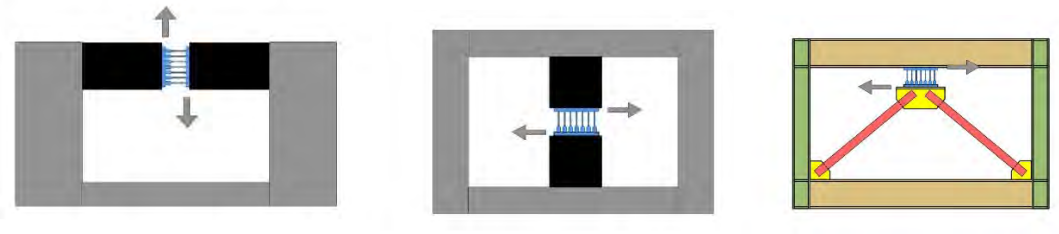
ب- اتصال مهاربند به ورق اتصال به صورت اتصال پینی، پیچی و یا جوشی مجاز می‌باشد.

پ- گره اتصال میراگرهای اصطکاکی به مهاربندها باتوجه‌به شرایط نصب می‌تواند به‌صورت اتصال مفصلی و یا گیردار اجرا گردد. در چیدمان‌های قطری و شورن مستقیم که میراگر در امتداد محور مهاربند نصب می‌شود، به منظور حفظ پایداری لازم است اتصال میراگر به مهاربند یا ورق اتصال به صورت اتصال پیچی (گیردار) انجام شود. در سایر چیدمان‌ها که میراگر در امتداد محور مهاربند قرار نمی‌گیرد، لازم است اتصال میراگر به مهاربند به صورت اتصال پین

شده (مفصلی) اجرا گردد. اتصال میراگرهای اصطکاکی به ورق اتصال، با توجه به شرایط نصب به صورت اتصال پینی و یا پیچی مجاز است.

۱۴-۸-۷-۳- نصب میراگرهای تسلیمی فلزی

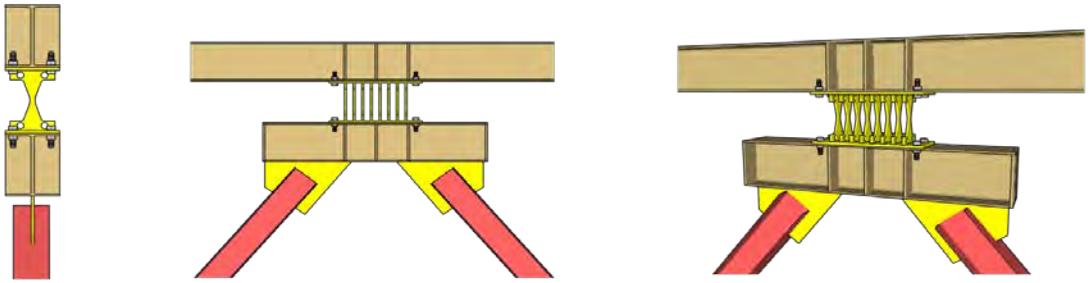
الف- نصب میراگرهای تسلیمی پره فولادی و پانل برشی در سازه با چیدمان شورن، چیدمان پانلی و یا سایر چیدمان‌های مورد تأیید مشاور مجاز می‌باشد. موقعیت و چیدمان نصب میراگر باید بر اساس جزئیات نقشه‌های اجرایی ارائه شده توسط مشاور باشد و به توصیه‌های تولیدکننده تجهیزات نیز باید توجه شود. در شکل ۱۴-۱۳۹ چیدمان‌های متداول برای نصب میراگرهای تسلیمی پره فولادی و پانل برشی نشان داده شده است.



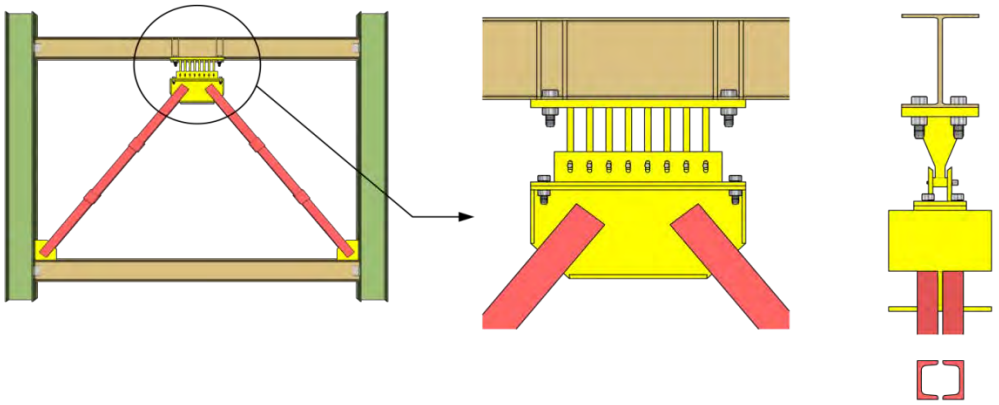
(الف) چیدمان شورن (ب) چیدمان پانلی افقی پ) چیدمان پانلی عمودی

شکل ۱۴-۱۳۷- چیدمان‌های متداول برای نصب میراگرهای تسلیمی پره فولادی و پانل برشی در سازه

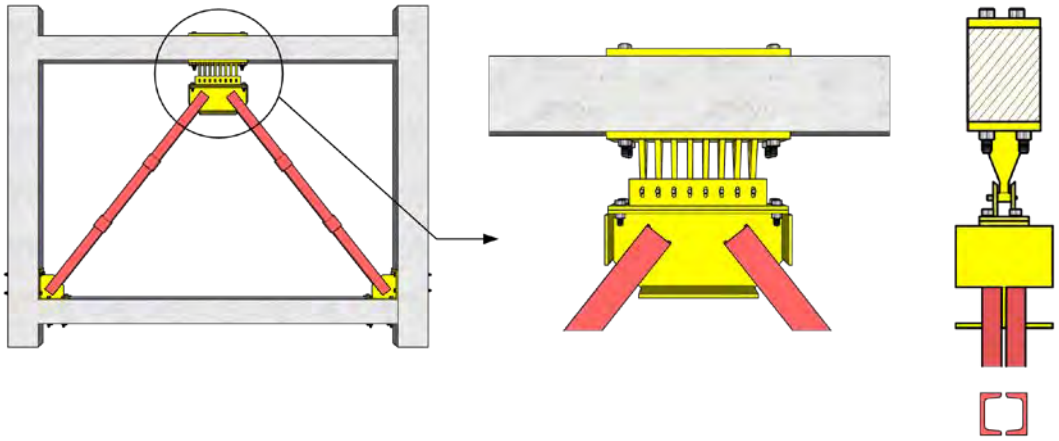
ب- در چیدمان شورن، میراگرهای تسلیمی پره مثلثی و پره X-شکل باید بین راس مهاربندهای هشتی و تیر طبقه نصب شوند. به منظور فراهم نمودن امکان تعویض میراگر پس از زلزله، باید اتصال میراگر به تیر بالاسری و مهاربندهای هشتی با پیچ انجام شود. با پیش‌بینی اتصالات مناسب، نصب این میراگرها در قاب‌های بتنی نیز مجاز است. در شکل ۱۴-۱۳۸ جزئیات نصب میراگر پره X-شکل در یک قاب فولادی و در شکل ۱۴-۱۳۹ جزئیات نصب میراگر پره مثلثی در یک قاب فولادی و بتن آرمه نشان داده شده است. سایر الزامات اجرایی نصب باید مطابق با الزامات کلی بند ۱۴-۸-۷-۱ باشد.



شکل ۱۴-۱۳۸- جزئیات نصب میراگر تسلیمی پره X-شکل در یک قاب فولادی



(الف) جزئیات نصب میراگر پره مثلثی در یک قاب فولادی



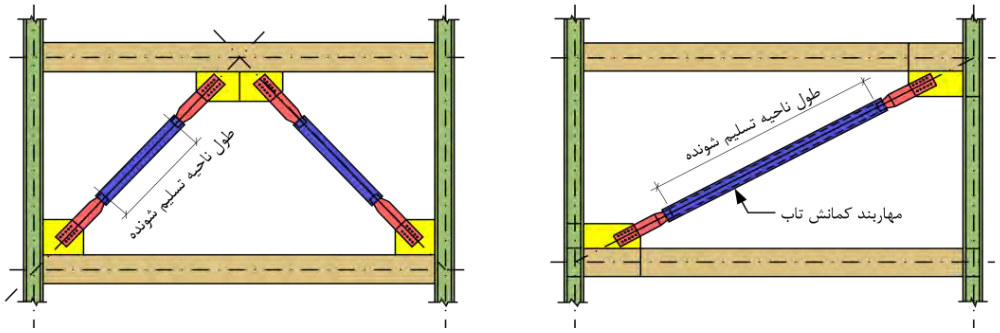
(ب) جزئیات نصب میراگر پره مثلثی در یک قاب بتن آرمه

شکل ۱۴-۱۳۹- جزئیات نصب میراگر تسلیمی پره مثلثی در یک قاب فولادی و بتن آرمه

۱۴-۸-۷-۴- نصب مهاربندهای کمانش‌تاب

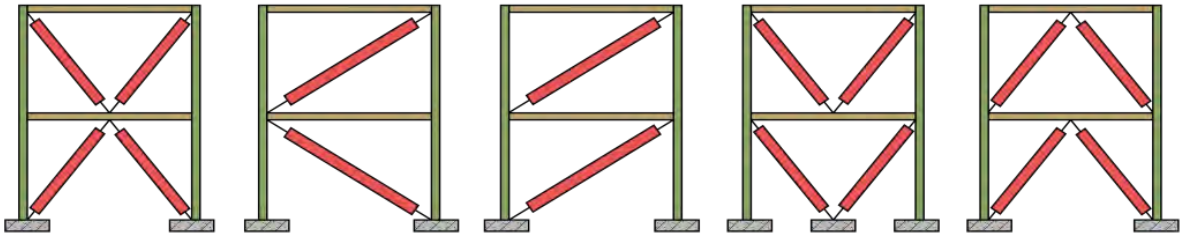
الف- مهاربندهای کمانش‌تاب باید به صورت المان‌های مهاربندی قطری و یا شورن (هفتی یا هشتی) در قاب نصب شوند. با پیش‌بینی اتصالات مناسب، نصب این میراگرها در قاب‌های بتن آرمه نیز مجاز است. جزئیات کلی نصب این مهاربندها باید مطابق شکل ۱۴-۱۴۰ باشد. حالت‌های مجاز مختلف قرارگیری مهاربندهای کمانش‌تاب در یک قاب چند طبقه در شکل ۱۴-۱۴۱ نشان داده شده است.

ب- جزئیات اجرایی اتصال مهاربندهای کمانش‌تاب به سازه و به پی (در صورت لزوم)، باید مطابق روش اجرای قاب‌های مهاربندی در ساختمان‌های بتنی و فولادی باشد. اتصال مهاربندها به ورق اتصال به صورت اتصال مستقیم با پین، پیچ یا جوش و یا اتصال با وصله پیچی یا جوشی مجاز است. شکل ۱۴-۱۴۲ جزئیات مختلف اتصال مهاربندهای کمانش‌تاب به سازه‌های فولادی را نشان می‌دهد. سایر الزامات اجرایی نصب باید مطابق با نقشه‌های اجرایی ارائه شده توسط مشاور و الزامات کلی ارائه شده در بند ۱۴-۸-۷-۱ باشد.



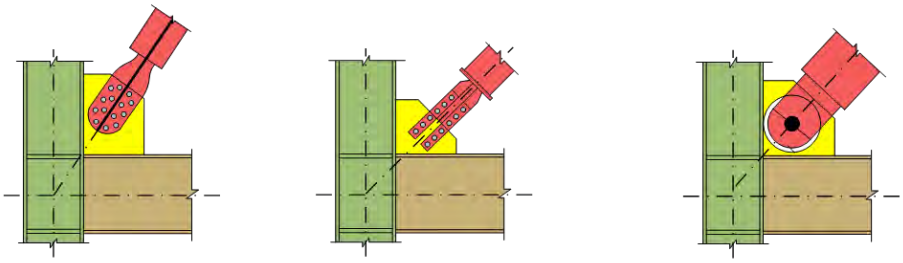
(الف) مهاربندی قطری (ب) مهاربندی شورن

شکل ۱۴-۱۴۰- جزئیات نصب مهاربند کمانش تاب در قاب به صورت قطری و شورن

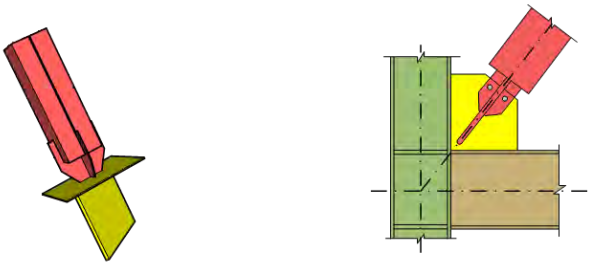


الف- مهاربندی هشتی ب- مهاربندی هفتی پ- مهاربندی قطری ت- مهاربندی قطری (زیگزاگ) ث- مهاربندی ضربدری چند طبقه

شکل ۱۴-۱۴۱- حالت‌های مختلف قرارگیری مهاربندهای کمانش تاب در یک قاب چند طبقه



(الف) اتصال مستقیم با پین (ب) اتصال با وصله پیچی (پ) اتصال مستقیم با پیچ

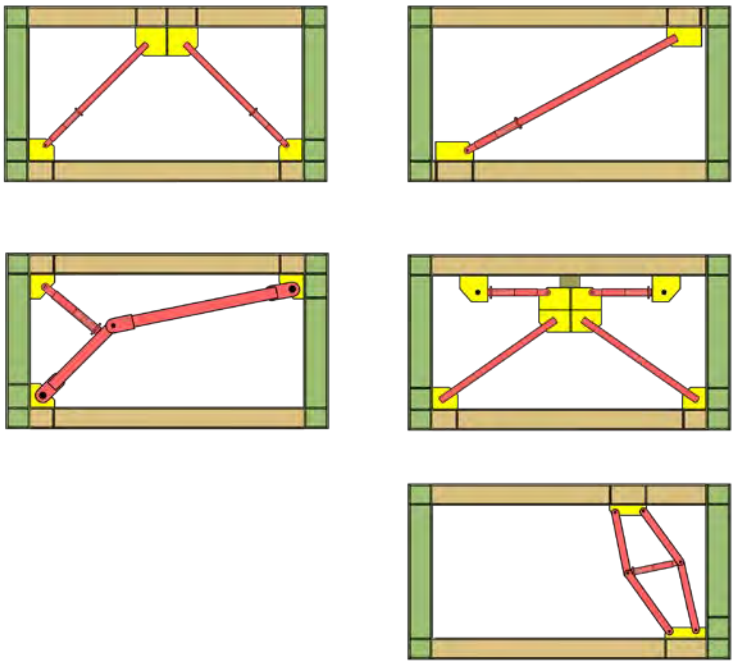


(ت) اتصال مستقیم با جوش (ث) اتصال با وصله جوشی

شکل ۱۴-۱۴۲- روش‌های مختلف اتصال مهاربندهای کمانش‌تاب در سازه

۱۴-۸-۷-۵- نصب میراگرهای ویسکوز

الف- نصب میراگرهای ویسکوز در سازه به صورت چیدمان قطری، شورن مستقیم، شورن غیرمستقیم، دروازه‌ای، جکی و سایر چیدمان‌های مورد مشاور، مجاز می‌باشد. با پیش‌بینی اتصالات مناسب، نصب این میراگرها در قاب‌های بتن آرمه نیز مجاز است. موقعیت و چیدمان نصب میراگر باید بر اساس جزئیات نقشه‌های اجرایی ارائه شده توسط مشاور باشد و به توصیه‌های تولیدکننده تجهیزات نیز باید توجه شود. چیدمان‌های متداول برای نصب میراگرهای ویسکوز در سازه در شکل ۱۴-۱۴۳ نشان داده شده است.



شکل ۱۴-۱۴۳- چیدمان‌های متداول برای نصب میراگرهای ویسکوز در سازه

ب- میراگرهای ویسکوز باید در انتهای خود دارای یاتاقان‌های کروی چرخشی باشند که توسط پین به سازه متصل شوند. این یاتاقان‌ها باید حداقل زاویه دوران ۵± درجه را فراهم آورند تا میراگر با تغییرشکل‌های خارج از صفحه که در هنگام نصب با آن مواجه می‌شود، سازگار باشد.

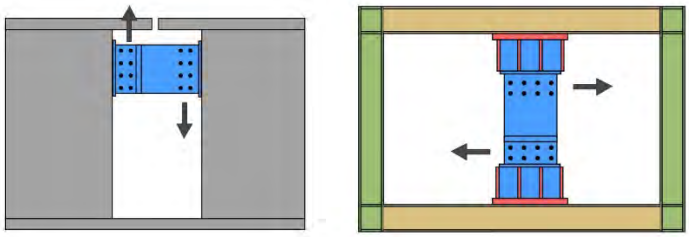
پ- برای اتصال میراگرهای ویسکوز به سازه، باید آن‌ها را به ورق اتصال پین نمود. به این منظور لازم است میراگر به طور مستقیم به ورق اتصال دوبل، پین شود و یا از ورق‌های وصله‌ای استفاده شود که از یک سمت به ورق اتصال پیچ شده و از سمت دیگر به میراگر پین گردد. پین‌های متصل‌کننده میراگر به سازه، باید سوراخ‌هایی با رواداری کم داشته باشد و پیچ‌های اتصال نیز باید به صورت اتصال اصطکاکی بسته شوند تا تأثیر لقی اتصال در حین بارگذاری دینامیکی، به حداقل برسد.

ت- گره اتصال میراگرهای ویسکوز به مهاربندها با توجه به شرایط نصب می‌تواند به صورت اتصال مفصلی و یا اتصال فلنجی اجرا گردد. در چیدمان‌های قطری و شورن قطری که میراگر در امتداد محور مهاربند نصب می‌شود، اتصال

میراگر به مهاربند باید به صورت اتصال فلنجی و یا رزوه‌ای انجام شود. در سایر چیدمان‌ها که میراگر در امتداد محور مهاربند قرار نمی‌گیرد، لازم است اتصال میراگر به مهاربند به صورت اتصال پین شده (مفصلی) اجرا گردد. سایر الزامات اجرایی نصب باید مطابق با نقشه‌های اجرایی ارائه شده توسط مشاور و الزامات کلی ارائه شده در بند ۱۴-۸-۷-۱ باشد.

۱۴-۸-۷-۶- نصب میراگرهای ویسکوالاستیک

موقعیت و چیدمان نصب میراگر باید بر اساس جزئیات نقشه‌های اجرایی ارائه شده توسط مشاور و الزامات کلی ارائه شده در بند ۱۴-۸-۷-۱ باشد و به توصیه‌های تولیدکننده تجهیزات نیز باید توجه شود. در شکل ۱۴-۱۴۴ برخی از چیدمان‌های متداول برای نصب میراگرهای ویسکوالاستیک در سازه نشان داده شده است.



(الف) چیدمان پانلی افقی (ب) چیدمان پانلی عمودی

شکل ۱۴-۱۴۴- چیدمان‌های متداول برای نصب میراگرهای ویسکوالاستیک در سازه

۱۴-۸-۸- بازرسی‌های دوره‌ای و تعمیر و نگهداری

تمام میراگرها لازم است مطابق برنامه زمان‌بندی و چک‌لیست مورد تأیید مشاور، مورد بازدید دوره‌ای قرار بگیرند. انجام صحیح نگهداری و بازدید از میراگرها مستلزم همکاری مالک ساختمان، مدیریت ساختمان، پیمانکار ساختمان، شرکت مشاور و شرکت سازنده میراگر می‌باشد.

۱۴-۸-۸-۱- ضوابط کلی بازرسی دوره‌ای

الف- امکان دسترسی به میراگرها برای بازدید دوره‌ای، تعمیر و نگهداری آن‌ها باید فراهم شود.

ب- میراگرهای تولید شده باید دارای پلاک مشخصات فلزی (یا هر نوع پلاک مقاوم دیگر) باشند و مشخصاتی همچون نام و علامت تجاری شرکت تولیدکننده میراگر، کشور تولیدکننده، شماره سریال، شماره ردیابی مرتبط با گزارش آزمون میراگر تولید شده، نوع و ظرفیت میراگر، تاریخ تولید و سایر اطلاعات ضروری دیگر بر روی آن درج گردد. همچنین محل قرارگیری میراگر در سازه باید مشخص باشد.

پ- مشاور باید یک برنامه زمان‌بندی مناسب برای بازدید دوره‌ای، نگهداری و آزمایش میراگرها به منظور تضمین پاسخ قابل اعتماد وسایل در طول دوره عمر مفید طراحی آن‌ها تهیه نماید.

ت- سند بازرسی و آزمایش باید تاریخچه‌ای از کارکرد میراگرها و تغییرات احتمالی خصوصیات آن‌ها در طول عمر مفید طراحی را در بر گیرد.

ث- شرایط نگهداری میراگرها قبل از نصب، در هنگام و پس از نصب باید مورد توجه ویژه قرار گیرد. باید به توصیه‌های شرکت سازنده میراگر عمل شود.

ج- میزان نگهداری و آزمایش‌های مربوط باید متناسب با نوع میراگر و مدت‌زمان طی شده از شروع به کارگیری میراگر باشد. اثرات ناشی از گذشت زمان، سال‌خوردگی، عمر سازه، خزش، خستگی و اثرات ناشی از شرایط محیطی شامل باد، حرارت، رطوبت، خوردگی و قرار گرفتن در معرض مواد مضر باید در تنظیم برنامه زمان‌بندی برای بازدیدهای دوره‌ای مدنظر قرار گیرد.

چ- بازرسی‌ها باید توسط پرسنل آموزش‌دیده و متخصص انجام پذیرد.

ح- بازرسی‌ها باید بر اساس چک‌لیست مورد تأیید مشاور انجام پذیرد. گزارش بازرسی باید در چند نسخه تکثیر شده و در اختیار بازرس (یا شرکت بازرسی)، کارفرما، مشاور و دستگاه نظارت قرار داده شود تا مورد بررسی قرار گرفته و در صورت لزوم در بازرسی‌های بعدی مورد استفاده قرار گیرد.

۱۴-۸-۸-۲- انواع بازرسی‌های دوره‌ای

به طور کلی شش دسته بازدید به شرح زیر برای میراگرها تعریف می‌شود که لازم است از زمان نصب میراگر تا پایان عمر بهره‌برداری از آن‌ها مورد توجه قرار گیرد.

۱) بازدید پس از نصب: این بازدید باید پس از نصب میراگرها در محل پروژه صورت گیرد و شامل مشاهده چشمی و اندازه‌گیری می‌باشد. نکات زیر در بازرسی پس از نصب باید مورد توجه قرار گیرد:

۱- پس از نصب میراگرها، باید پلاک مشخصات میراگرها کنترل گردد. نوع میراگر و میزان ظرفیت نیرویی و تغییرمکانی میراگر نصب شده باید مطابق با نقشه‌ها باشد.

۲- موقعیت نصب میراگر، نحوه و زاویه نصب میراگر و همچنین اعضای متصل‌شونده به میراگر، باید بر اساس جزئیات نقشه‌های نصب ارائه شده توسط مشاور و یا سازنده تجهیزات باشد. پس از نصب و در هنگام بازدید دوره‌ای، باید میراگر نصب شده با نقشه‌های اجرایی موجود تطابق داده شود. در صورت وجود مغایرت با نقشه‌ها یا مشکلات در نصب، باید با نظر مشاور، اصلاحات لازم بر روی نحوه نصب میراگر صورت گیرد.

۳- باید کنترل شود که قطعات یا اجزایی از میراگر در هنگام نصب و اجرا جا نمانده باشد. در صورت بروز خطا، باید سریعاً نسبت به رفع آن اقدام شود.

۴- تمام جوش‌های متصل‌کننده همچون جوش‌های ورق‌های اتصال، براکت‌ها و سخت‌کننده‌ها و همچنین پیچ‌ها و پین‌های متصل‌کننده میراگر و اتصالات آن به یکدیگر و به سازه باید بر اساس مشخصات ارائه شده در نقشه‌ها بررسی شود. در صورت بروز مغایرت بین مشخصات جوش یا پیچ در نقشه و موارد اجرا شده در کارگاه، باید اصلاحات لازم انجام پذیرد. بررسی کنترل کیفیت جوش‌ها باید توسط بازرس جوش انجام شود. کنترل سفتی پیچ‌ها باید توسط آچار ترک‌متر (آچار مدرج برای سنجش و اعمال گشتاور) انجام شود.

۵- در صورت اعمال ضربه فیزیکی شدید به میراگر در پروسه حمل یا نصب و یا وجود اشکالات مشهود فیزیکی در میراگر، باید از نصب آن ممانعت نمود و پس بازرسی، میراگر معیوب باید برای تعمیر به شرکت تولیدکننده عودت داده شود.

۲) بازدید سالانه: این بازدید باید مطابق نظر مشاور، به صورت سالانه و یا دو سالانه انجام شده و شامل مشاهده چشمی می‌باشد.

۳) بازدید دوره‌ای ۵ ساله: در شرایط عادی و به دور از وقوع زلزله، این بازدید باید هر ۵ سال یکبار انجام شود تا تاثیرات گذر زمان (سال‌خوردگی) و تاثیر شرایط محیطی (همچون خوردگی) مورد بررسی قرار گیرد. این بازدید شامل مشاهده چشمی و اندازه‌گیری می‌باشد.

۴) بازدید اضطراری: این بازدید باید پس از وقوع زلزله‌ای با حداقل شدت زلزله سطح سرویس و یا پس از وقوع هر نوع حادثه‌ای که به نوعی میراگرها را تحت تاثیر قرار می‌دهد (نظیر آتش سوزی، سیل و طوفان شدید)، انجام شده تا در صورت مشاهده علائم زوال، نسبت به تعمیر یا تعویض میراگرها اقدام شود. این بازدید شامل مشاهده چشمی می‌باشد.

۵) بازدید دقیق: این بازدید باید زمانی انجام شود که در حین سایر بازدیدها در یک یا تعدادی از میراگرها ایراد یا نقص اساسی مشاهده گردیده باشد. این بازدید شامل ارزیابی دقیق از طریق مشاهده چشمی و اندازه‌گیری می‌باشد.

۶) بازدید پس از تعمیر و بازسازی: این بازدید باید پس از انجام هر نوع عملیات تعمیر میراگر و یا بازسازی ساختمان که به نوعی میراگرها را تحت تاثیر قرار می‌دهد، انجام شده و شامل مشاهده چشمی و اندازه‌گیری می‌شود.

جزئیات بیشتر در خصوص روند انجام بازدیدها و شرح وظایف هر یک از اشخاص حقیقی و حقوقی دخیل در روند انجام بازدیدها در جدول ۱۴-۷ ارائه شده است. نحوه انجام ارزیابی روی میراگرهای مختلف و مواردی که لازم است مورد بازدید قرار گیرد در جدول ۱۴-۸ ارائه شده است.

جدول ۱۴-۷- جزئیات بازدیدهای شش‌گانه میراگرها

نوع بازدید	زمان انجام	مسئول انجام بازدید	نوع ارزیابی	مسئول کنترل نتایج ارزیابی
پس از نصب	پس از نصب	پیمانکار اصلی	مشاهده چشمی و اندازه‌گیری	مشاور
سالانه	حداکثر ۲ سال یکبار	مالک ساختمان	مشاهده چشمی	مشاور
دوره‌ای ۵ ساله	هر ۵ سال یکبار	مالک ساختمان	مشاهده چشمی و اندازه‌گیری	مشاور
اضطراری	پس از وقوع حادثه	مالک ساختمان	مشاهده چشمی	مشاور
دقیق	پس از تشخیص ایراد	مالک ساختمان	مشاهده چشمی و اندازه‌گیری	مشاور
پس از تعمیر و بازسازی	پس از تعمیر یا بازسازی	مالک ساختمان	مشاهده چشمی و اندازه‌گیری	مشاور

جدول ۱۴-۸- جزئیات انجام بازرسی در میراگرهای مختلف

نوع میراگر	نوع بازرسی	
	مشاهده چشمی	اندازه‌گیری
میراگرهای تسلیمی فلزی	• کنترل وضعیت ظاهری • اطمینان از عدم زنگ‌زدگی • اطمینان از عدم وجود ترک در اجزا • کنترل وضعیت پوشش رنگ قطعات • اطمینان از عدم وجود قید برای حرکت میراگر	• کنترل ابعادی • اندازه‌گیری مقدار تغییرشکل اجزای تسلیم شونده • بررسی ظرفیت باقیمانده میراگر در اثر پدیده خستگی تجمعی • کنترل تعداد و ابعاد پیچ‌ها و پین‌های اتصال و اطمینان از سفتی آن‌ها
میراگرهای اصطکاکی	• کنترل وضعیت ظاهری • اطمینان از عدم زنگ زدگی • اطمینان از عدم وجود ترک در اجزا فلزی و صفحات لغزش • کنترل وضعیت پوشش رنگ قطعات • اطمینان از عدم وجود قید برای حرکت میراگر	• کنترل ابعادی • اندازه‌گیری مقدار تغییرشکل ایجاد شده در میراگر • کنترل میزان پیش فشردگی مابین سطوح لغزش • کنترل عدم زوال سطوح لغزش تحت اثر سایش • کنترل خواص سطوح لغزش در اثر گذر زمان و عوامل محیطی • کنترل تعداد و ابعاد پیچ‌ها و پین‌های اتصال و اطمینان از سفتی آن‌ها
میراگرهای ویسکوز	• کنترل وضعیت ظاهری • اطمینان از عدم زنگ زدگی • اطمینان از عدم وجود ترک در اجزا • اطمینان از عدم وجود قید برای حرکت میراگر • اطمینان از عدم وجود نشتی میراگر	• کنترل ابعادی • اندازه‌گیری مقدار تغییرشکل ایجاد شده در میراگر • کنترل تعداد و ابعاد پیچ‌ها و پین‌های اتصال و اطمینان از سفتی آن‌ها
میراگرهای ویسکوالاستیک	• کنترل وضعیت ظاهری • اطمینان از عدم زنگ‌زدگی • اطمینان از عدم وجود ترک در اجزا • اطمینان از عدم وجود قید برای حرکت میراگر • اطمینان از عدم جداشدگی لایه‌های ویسکوالاستیک و فلزی	• کنترل ابعادی • اندازه‌گیری مقدار تغییرشکل ایجاد شده در میراگر • کنترل تعداد و ابعاد پیچ‌ها و پین‌های اتصال و اطمینان از سفتی آن‌ها

در انجام بازرسی‌ها موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

۱- بر اساس مشخصات فنی و دستورالعمل شرکت تولیدکننده میراگر، باید بازرس باتجربه در زمینه میراگرها، تمامی میراگرهای نصب شده را بر اساس چک‌لیست مورد تأیید مشاور، بازرسی و کنترل نماید. دوره زمانی بازدیدها باید توسط مشاور ارائه شود.

۲- در صورت مشاهده نشانه‌هایی از زوال و یا وجود نگرانی از عملکرد میراگرها در گذر زمان، دستگاه نظارت باید از بین میراگرهای موجود در پروژه، دو نمونه از هر تیپ میراگر را انتخاب نموده و برای کنترل کارایی و تضمین کیفیت به آزمایشگاه مجهز ارسال نماید. در صورت نیاز، میراگرهای معیوب یا صدمه‌دیده باید توسط شرکت تولیدکننده تعمیر یا تعویض گردند.

۳- مشخصات فنی میراگرهای تعمیر یا تعویض شده، باید با مشخصات طراحی اولیه پروژه همخوانی داشته باشد.

۴- میراگرها پیش از ارسال باید علامت‌گذاری و شماره‌گذاری شوند و سپس در آزمایشگاه همان میراگرها مورد آزمایش قرار گیرند.

۵- میراگرهایی که در برابر باد فعال می‌گردند (همچون میراگرهای ویسکوز و اجزای آن‌ها شامل آب‌بندها)، در معرض خستگی ناشی از بار باد قرار دارند؛ بنابراین پس از وقوع طوفان‌ها و تندبادهای اعمالی بر سازه، باید تحت بازرسی‌های دوره‌ای و تعمیر و نگهداری قرار گیرند. همچنین احتمال نشت سیال و اختلال در عملکرد میراگرهای ویسکوز در درازمدت وجود دارد که در تنظیم برنامه زمان‌بندی برای بازدیدهای دوره‌ای و تعمیر و نگهداری باید موردتوجه قرار گیرد.

۶- در میراگرهای اصطکاکی، عدم بروز پدیده‌هایی از قبیل پدیده چسبندگی-لغزش و جوش سرد در سطوح لغزش، وادادگی در ادوات پیش‌تنیدگی و یا در سطوح لغزشی تحت‌فشار، تغییر در نیروی پیش تنیدگی، زوال سطوح تحت اثر سایش، و تغییر ضریب اصطکاک و خواص سطوح لغزش در اثر عوامل محیطی در طول زمان از جمله مواردی است که در بازرسی‌ها باید موردتوجه قرار گیرد. در صورتی که میراگر در محیط مرطوب و یا شرایط محیطی خورنده قرار دارد یا در معرض مواد مضر می‌باشد، در صورت صلاحدید مشاور، باید بازدیدهای دوره‌ای در فواصل زمانی کوتاه‌تری انجام گیرد.

۷- در میراگرهای تسلیمی فلزی باید تغییرشکل‌های پسماند و ظرفیت باقیمانده میراگر در اثر پدیده خستگی تجمعی پس از وقوع زلزله مورد توجه قرار گیرد. در مهاربندهای کمانش تاب وقوع تغییرشکل‌های پسماند، بادکردگی غلاف مهاربند، وقوع کمانش خارج از صفحه، مشاهده مصالح جدا شده، خرابی و از بین رفتن ملات باید مورد توجه قرار گیرد.

۸- میراگرهای ویسکوالاستیک پس از زلزله معمولاً نیاز به تعویض ندارند، لیکن لازم است مورد بازرسی قرار گیرند و وضعیت چسبندگی بین صفحات پلیمری و صفحات فولادی و عدم گسیختگی در اجزای فلزی و اتصالات و صفحات پلیمری باید موردتوجه قرار گیرد.

۱۴-۸-۹- تعویض

امکان دسترسی به میراگرها به منظور تعویض آن‌ها به دلیل تغییر مشخصاتشان در طول زمان و یا آسیب‌دیدن آن‌ها در برابر باد یا زلزله باید فراهم شود. در مورد تعویض میراگرها موارد زیر باید موردتوجه قرار گیرد:

۱- با توجه به فعال شدن میراگرهای ویسکوز تحت اثر نیروی باد و عمر خستگی آن‌ها، میراگر و اجزای آن شامل آب‌بندها باید بررسی شده و در صورت لزوم نسبت به تعمیر یا تعویض آن‌ها با نظر مشاور اقدام شود.

۲- میراگرهای تسلیمی فلزی معمولاً تحت نیروی باد فعال نشده و متحمل آسیبی نمی‌گردند؛ ولی در هنگام زلزله در اثر پدیده خستگی با تعداد چرخه کم دچار آسیب می‌شوند و باید پس از زلزله مورد بازرسی قرار گیرند و در صورت نظر مشاور تعویض گردند. در تصمیم‌گیری برای تعویض میراگرهای تسلیمی فلزی، باید توجه ویژه‌ای به ظرفیت باقیمانده میراگر در اثر پدیده خستگی تجمعی شود.

۳- در میراگرهای اصطکاکی، میزان نیروی پیش‌تنیدگی و وضعیت سطوح لغزش باید بررسی شود و در صورت تغییر در نیروی پیش‌تنیدگی و یا تغییر خواص سطوح لغزش در طول زمان و یا زوال سطوح تحت اثر سایش، نسبت به تعمیر و یا تعویض آن‌ها با نظر مشاور اقدام شود.

۴- در میراگرهای ویسکوالاستیک در صورتی که شواهدی از گسیختگی یا زوال در اجزای فلزی و اتصالات و گسیختگی در صفحات پلیمری و یا از دست رفتن چسبندگی بین صفحات پلیمری و صفحات فولادی مشاهده گردد، لازم است میراگر یا اتصالات آن با نظر مشاور تعویض یا تعمیر گردد.

۱۴-۹- جداسازی لرزه‌ای

۱۴-۹-۱- کلیات

جداسازها باید ضوابط این بخش را برآورده نمایند و بر اساس الزامات بیان شده در این بخش و همچنین ضوابط "دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود- ضابطه شماره ۳۶۰" و "راهنمای طراحی و اجرای سیستم‌های جداساز لرزه‌ای در ساختمان‌ها- ضابطه شماره ۵۲۳"، برای بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود به کار گرفته شوند. در انتخاب روش جداسازی لرزه‌ای برای بهسازی یک ساختمان موجود، مشاور طرح باید بر اساس لرزه‌خیزی منطقه، اهمیت ساختمان، نوع سیستم سازه‌ای، نوع خاک پروژه، هزینه اجرای سیستم جداسازی، فضای پیرامونی لازم برای ساختمان جداسازی شده و درنظرگرفتن سایر پیش‌بینی‌های موردنیاز، به مطالعه فنی، اقتصادی و اجرایی پروژه پرداخته و پس از مشورت با کارفرما نسبت به انتخاب گزینه جداسازی و وسایل لازم برای آن تصمیم‌گیری نماید. از مهمترین مزایای بهسازی ساختمان‌های موجود با روش جداسازی لرزه‌ای این است که مداخلات بهسازی در روسازه به حداقل می‌رسد و در اکثر موارد قابلیت استفاده از ساختمان در حین عملیات بهسازی فراهم می‌باشد. در جدول ۱۴-۹ جداسازهای مجاز برای استفاده در ساختمان به همراه مشخصات آن‌ها نشان داده شده است.

جدول ۱۴-۹- جداسازهای مورد استفاده در صنعت ساختمان و مشخصات آن

انواع جداساز		ظرفیت تغییرشکل جانبی	سختی موثر جانبی	سختی و ظرفیت محوری	ظرفیت استهلاک انرژی	قابلیت مرکزگرایی
لاستیکی (الاستومری)	با میرایی کم	زیاد	کم	زیاد	ندارد	عالی
	با میرایی زیاد	زیاد	کم	زیاد	دارد	متوسط
	با هسته سربی	زیاد	کم	زیاد	دارد	متوسط
اصطکاکی (لغزشی)	مسطح	زیاد	کم	زیاد	دارد	ندارد
	تک پاندولی	زیاد	کم	زیاد	دارد	متوسط
	دو پاندولی	زیاد	کم	زیاد	دارد	متوسط
	سه پاندولی	زیاد	کم	زیاد	دارد	متوسط

۱۴-۹-۱-۱- الزامات کلی جداسازها

طراحی، ساخت، تضمین کیفیت و رفتار صحیح جداسازها بر عهده شرکت سازنده جداساز می‌باشد. به منظور دستیابی به عملکرد مطلوب، سیستم جداساز لرزه‌ای باید دارای قابلیت‌های زیر باشد و تأمین این قابلیت‌ها توسط آزمایش‌های معینی مطابق بند ۱۴-۹-۳ این ضابطه و الزامات سایر آیین نامه‌های معتبر داخلی یا بین‌المللی باید تأیید گردد. این الزامات باید به طور همزمان در یک وسیله و یا به کمک چند وسیله برای سیستم جداسازی فراهم گردد.

۱- بتواند نیروهای قائم ناشی از وزن روسازه و نیروهای قائم ناشی از زلزله را تحمل کند؛

۲- در مقابل بارهای جانبی سطح بهره‌برداری (همچون زلزله‌های کوچک یا بار باد) سختی کافی داشته باشد، تا ارتعاش‌های آزار دهنده برای ساکنین ایجاد نکند؛

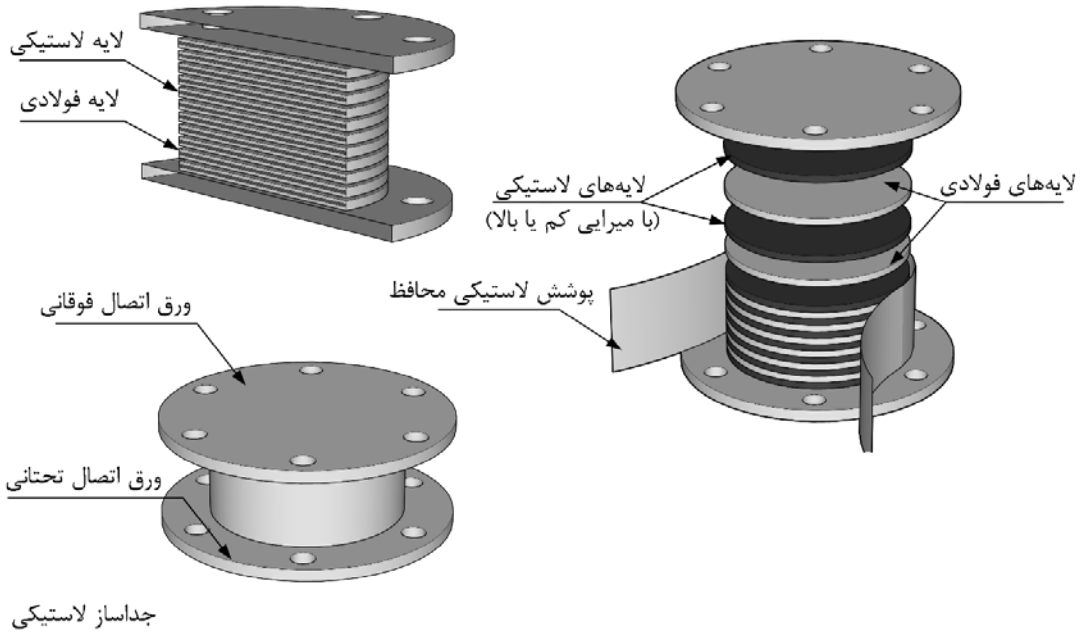
۳- در هنگام وقوع زلزله در راستای افقی انعطاف‌پذیری لازم را تامین نماید. این قابلیت باید توسط تکیه‌گاه‌های الاستومری (از جنس لاستیک طبیعی یا مصنوعی) و یا سطوح لغزنده (از جنس تفلون و فولاد ضدزنگ) تأمین شود؛

۴- میرایی و قابلیت استهلاک انرژی داشته باشد تا جابه‌جایی افقی نسبی بین روسازه و پی را کاهش دهد؛

۵- پس از اتمام زلزله، خاصیت بازگشت به موقعیت اولیه (مرکزگرایی) را تامین نماید، تا بتواند روسازه را به موقعیت اولیه خود برگرداند و مانع کاهش فزاینده ظرفیت جابه‌جایی جداسازها در اثر ارتعاشات طولانی مدت گردد.

۱۴-۹-۱-۲- جداساز لاستیکی (الاستومری)

الف- جداسازهای لاستیکی[1] باید شامل لایه‌های متناوب لاستیک و فولاد باشند که به صورت یک در میان روی یکدیگر قرار گرفته و این لایه‌ها باید طی فرآیندی عمدتاً با استفاده از اعمال فشار و حرارت به یکدیگر متصل (ولکانیزه[2]) شوند، به گونه‌ای که هیچ‌گونه لغزشی مابین صفحات لاستیک و فولاد رخ ندهد (شکل ۱۴-۱۴۵).



شکل ۱۴-۱۴۵- جزئیات یک نمونه جداساز لاستیکی

ب- نکات زیر در فرآیند تولید جداسازهای لاستیکی باید به طور ویژه موردتوجه قرار گیرد:

- کیفیت مواد خام مورداستفاده در ساخت لاستیک؛
- فرایند خمیرکردن و ترکیب مواد؛
- ضخامت ورق‌های لاستیکی و فولادی؛
- آماده‌سازی سطح ورق‌های فولادی و کشیدن مواد چسبی بر روی آن‌ها؛

1- Elastomeric isolation
2- Vulcanize

- تنظیم شرایط فرآوری محصول (دما و زمان) برای خشک کردن چسب و فرآوری لاستیک.

پ- لاستیک باید ضمن تأمین انعطاف‌پذیری جانبی، نیروی بازگرداننده لازم برای ایجاد قابلیت مرکزگرایی و بازگشت سازه به موقعیت اولیه را تأمین نماید. ورق‌های فولادی باید سختی قائم موردنیاز برای تحمل وزن ساختمان را تأمین نمایند.

ت- به‌منظور حفاظت لایه‌های لاستیکی و فولادی از عوامل محیطی، لازم است از یک کاور لاستیکی در دور جداساز استفاده شود. این لایه صرفاً پوششی حفاظتی بوده و نباید تأثیری در سختی و سایر مشخصات رفتاری جداساز داشته باشد.

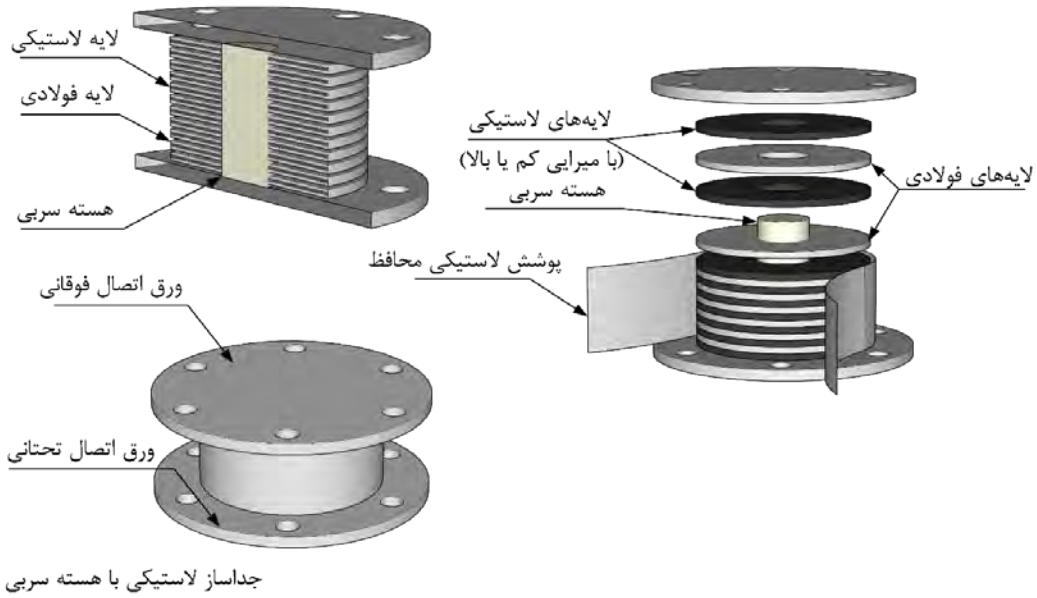
ث- به‌منظور تأمین میرایی و استهلاک انرژی موردنیاز در جداسازهای لاستیکی، باید یکی از راه‌حل‌های زیر استفاده شود:

۱- استفاده از یک یا چند هسته سربی مطابق با شکل ۱۴-۱۴۶؛

۲- اضافه نمودن ترکیباتی همچون ذرات کربنی بسیار ریز، روغن، رزین، دوده و یا انواع دیگر پرکننده‌ها به لاستیک طبیعی به‌منظور افزایش میرایی آن؛

۳- استفاده از میراگرهای مکمل همچون میراگرهای تسلیمی (فولادی و سربی)، میراگرهای ویسکوز، میراگرهای اصطکاکی و یا ترکیبی از آن‌ها در کنار جداسازهای لاستیکی (شکل ۱۴-۱۴۷)؛

۴- استفاده ترکیبی از جداسازهای مختلف مطابق بند ۱۴-۹-۱-۴.



شکل ۱۴-۱۴۶- جزئیات یک نمونه جداساز لاستیکی با هسته سربی

(الف) میراگر تسلیمی سربی

(ب) میراگر تسلیمی فولادی U-شکل

(پ) میراگر اصطکاکی

(ت) میراگر ویسکوز

(ث) میراگر ویسکوز و تسلیمی فولادی

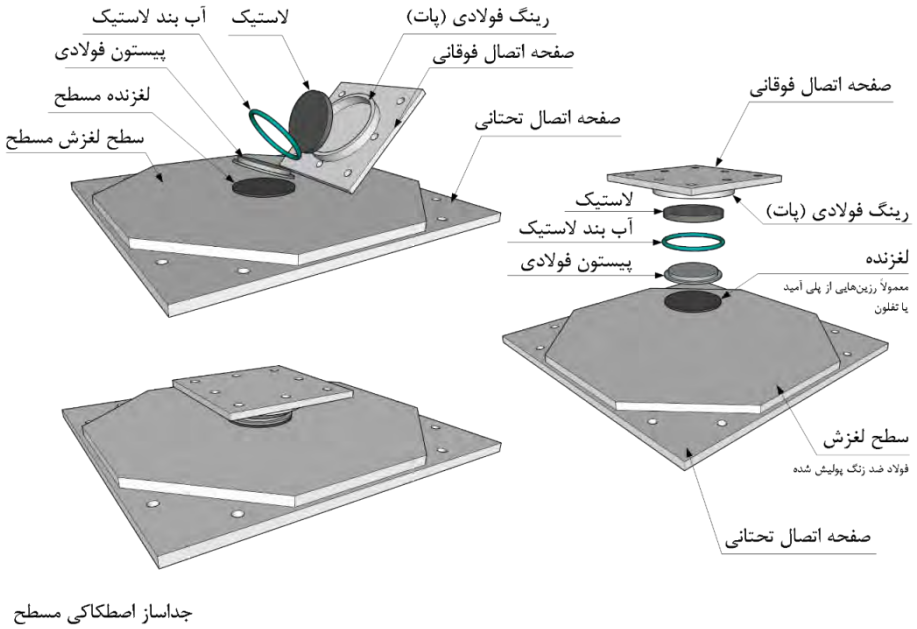
(ج) میراگر تسلیمی سربی و تسلیمی فولادی

شکل ۱۴-۱۴۷- استفاده از میراگرهای مکمل در ترکیب با جداساز لاستیکی

۱۴-۹-۱-۳- جداساز اصطکاکی (لغزشی)

الف- استفاده از جداسازهای اصطکاکی در سازه با شرایط ذیل مجاز است:

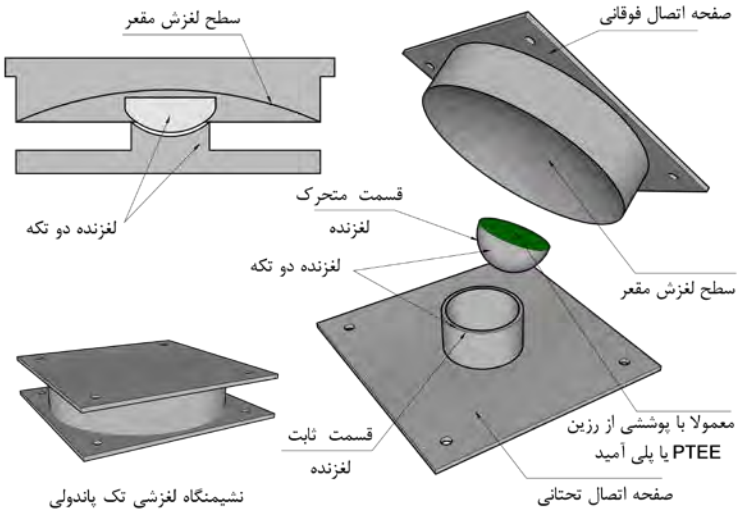
۱- تکیه‌گاه‌های لغزنده با سطوحی کاملاً مسطح (جداساز اصطکاکی مسطح[1]): این جداسازها به دلیل عدم قابلیت مرکزگرایی، لازم است در ترکیب با سایر جداسازهای با قابلیت مرکزگرایی بالا (همچون جداسازهای لاستیکی) استفاده شوند. جزئیات یک جداساز اصطکاکی مسطح در شکل ذیل نشان داده شده است.



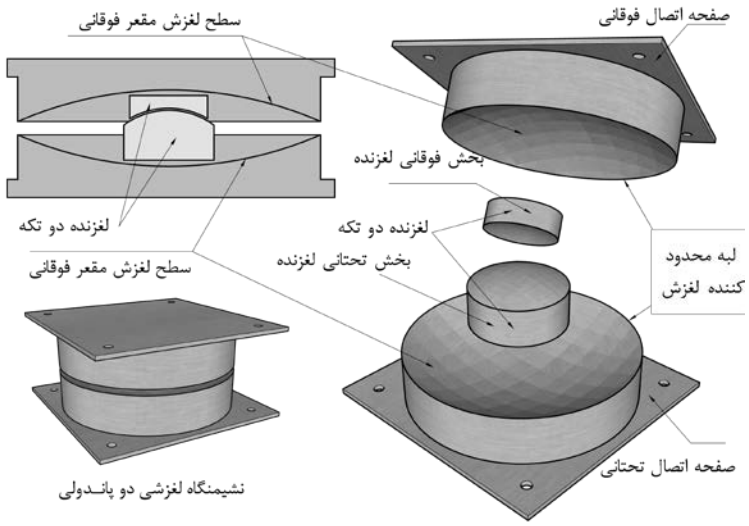
شکل ۱۴-۱۴۸- جزئیات یک نمونه جداساز اصطکاکی مسطح

1- Flat sliding bearing or Pot bearing

۲- تکیه‌گاه‌های لغزنده با سطوح دارای انحنا (جداساز اصطکاکی پاندولی[1]): استفاده از جداسازهای اصطکاکی پاندولی به‌تنهایی و به‌صورت تک پاندولی، دو یا سه پاندولی در ساختمان‌ها مجاز می‌باشد. استفاده از این جداسازها در جداسازی سازه‌هایی که تجهیزات حساس به ارتعاش در فرکانس‌های بالا در آن‌ها نصب خواهد شد، باید با مطالعه دقیق صورت پذیرد. جزئیات مربوط به انواع جداسازهای اصطکاکی پاندولی در شکل ۱۴-۱۴۹تا شکل ۱۴-۱۵۱ نشان داده شده است.

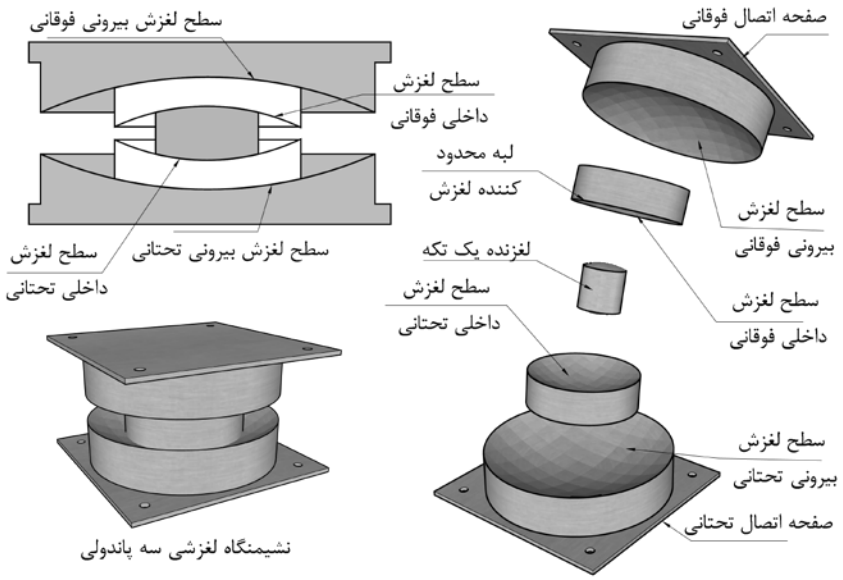


شکل ۱۴-۱۴۹- جزییات یک نمونه جداساز اصطکاکی تک پاندولی



شکل ۱۴-۱۵۰- جزییات یک نمونه جداساز اصطکاکی دو پاندولی

1- Friction Pendulum System (FPS) bearing



شکل ۱۴-۱۵۱- جزییات یک نمونه جداساز اصطکاکی سه پاندولی

ب- سطوح لغزش باید شامل فولاد ضدزنگ و رزین‌هایی از خانواده پلی تترا فلئورو اتیلن (تفلون)[1] و یا پلی‌آمید[2] باشد.

پ- شرایط این جداسازها در طول زمان و در شرایط محیطی متغیر باید موردتوجه قرار گیرد. از این‌رو باید بازدیدهای منظم و دوره‌ای به‌منظور کنترل وضعیت این جداسازها انجام پذیرد. در طول دوره ساخت و نگهداری جداسازهای اصطکاکی در صورت وقوع موارد ذیل باید نسبت به ارزیابی مجدد جداسازها اقدام نمود:

- امکان وقوع جوش سرد در سطح تماس جداساز در طول زمان؛
- وقوع یخ‌زدگی؛
- وقوع خوردگی در اجزا؛
- از بین رفتن سطوح کم‌اصطکاک در این تجهیزات.

در زمان بهره‌برداری این سامانه باید در مورد میزان دقیق ضریب اصطکاک در آن، تغییرات آن در زمان حرکت و عوامل مؤثر بر آن، به کمک آزمایش‌های مورد تأیید مشاور اطمینان یافت.

۱۴-۹-۱-۴- سیستم ترکیبی جداسازهای لاستیکی و اصطکاکی

الف- استفاده ترکیبی از جداسازها با رعایت الزامات این بخش و مطابق نظر مشاور مجاز می‌باشد.

ب- در یک سیستم جداسازی، جداسازهای لاستیکی با میرایی کم به دلیل قابلیت استهلاک انرژی ناکافی، لازم است در ترکیب با میراگرها و یا سایر جداسازهای دارای قابلیت استهلاک انرژی بالا (همچون جداساز اصطکاکی مسطح)

1- Polytetrafluoroethylene (PTFE)
2- Polyamid

استفاده شوند. در این سیستم ترکیبی، از جداسازهای لاستیکی باید به منظور ایجاد نیروی جانبی بازگرداننده و از جداسازهای اصطکاکی مسطح به منظور استهلاک انرژی و تأمین میرایی موردنیاز سیستم استفاده شود.

پ- استفاده ترکیبی از جداسازهای لاستیکی مختلف مجاز است.

ت- استفاده ترکیبی از جداسازهای لاستیکی و اصطکاکی پاندولی به دلیل تفاوت جابجایی‌های قائم این دو نوع جداساز در هنگام زلزله، مجاز نمی‌باشد و بکارگیری آن‌ها در مجاورت هم، به‌ویژه در زیر اعضای قائم با سختی زیاد مانند دیوارهای برشی بتن‌آرمه ممنوع می‌باشد.

ث- استفاده از جداسازهای اصطکاکی پاندولی مختلف با شعاع انحنای متفاوت به دلیل تفاوت جابجایی‌های قائم آن‌ها، در یک سیستم جداسازی مجاز نمی‌باشد و لازم است از یک نوع جداساز اصطکاکی پاندولی استفاده شود. لذا استفاده ترکیبی از جداسازهای اصطکاکی تک پاندولی و دو یا سه پاندولی به طور همزمان در سیستم جداسازی مجاز نمی‌باشد. همچنین استفاده ترکیبی از جداساز لغزشی مسطح و جداساز اصطکاکی پاندولی مجاز نمی‌باشد.

۱۴-۹-۱-۵- سیستم‌های فنری

به‌منظور جداسازی کامل سه‌بعدی به‌ویژه جداسازی تجهیزات از ساختمان باید از سیستم‌های فنری استفاده گردد. در این سیستم باید از فنرهای حلقوی فولادی که در دو راستای افقی و قائم انعطاف‌پذیرند استفاده شود. به‌منظور تأمین میرایی موردنیاز، همراه این سامانه باید از میراگر لزج استفاده گردد (شکل ۱۴-۱۵۲).

شکل ۱۴-۱۵۲- نمونه‌هایی از جداساز فنری

۱۴-۹-۲- مدارک فنی طرح

الف- مشاور باید برای اجرای صحیح پروژه، اطلاعات دقیق و شفافی در زمینه مشخصات طراحی، ساخت قطعات، آزمایش قطعات و نحوه اجرای سامانه را در قالب مدارک فنی طرح تدوین نماید. به این منظور لازم است ضوابط و مقررات ارزیابی و تأیید صلاحیت سازندگان و کنترل کیفیت محصولات تولید شده به شرح زیر توسط مشاور تدوین شود:

۱- تدوین مستندات مربوطه به‌منظور احراز صلاحیت سازندگان و دریافت مدارک موید صلاحیت سازنده و تجربیات پیشین آنها در زمینه ساخت جداساز؛

۲- تهیه مستندات زیر پس از نهایی‌شدن مشخصات فنی سامانه جداسازی مورد نظر:

- جزئیات مواد اولیه مورد قبول؛
- محدودیت‌های ابعادی؛
- فرآیند ساخت قطعات؛
- روند و نحوه انجام آزمایش‌ها؛
- معیارها یا نحوه کنترل کیفیت قطعات و جداسازها؛
- برنامه دوره‌ای بازرسی، پایش و نگهداری سامانه جداساز.

۳- ارسال مدارک شامل "مشخصات فنی طرح و ساخت جداساز" به همراه "مستندات احراز صلاحیت" برای برگزاری مناقصه بین سازندگان تأیید صلاحیت شده.

ب- مدارک فنی طرح باید به‌عنوان مرجع بررسی هر مورد در زمینه طراحی، ساخت و اجرای پروژه باشد. مشاور باید دقت لازم را در تدوین هماهنگ این مدارک به عمل آورد به‌گونه‌ای که هم مشخصات فنی و نحوه اجرا و ساخت در آن‌ها تبیین گردیده و هم مسئولیت هر یک از بخش‌های درگیر در پروژه اعم از مشاور، سازنده قطعات، پیمانکار و ناظر پروژه با شفافیت عنوان گردد.

۱۴-۹-۳- تأییدیه فنی و آزمایش‌های لازم

الف- مشاور باید یک برنامه کنترل کیفیت برای اطمینان از کیفیت و عملکرد مناسب وسایل جداسازی تدوین نماید. فرآیندهای خاص بازرسی و آزمایش برای تأیید کیفیت فرآیند ساخت باید مختص هر پروژه و توسط مشاور پروژه ارائه گردد. آیتم‌های کنترل کیفیت شامل مشخصات مصالح، بازرسی‌های ظاهری، بازرسی‌های ابعادی و آزمایش‌های عملکردی هستند.

ب- جداسازها باید بر اساس الزامات حداقلی مورد آزمایش قرار گیرند. این آزمایش‌ها شامل آزمایش نمونه‌های اولیه[1] و آزمایش کنترل محصول[2] می‌باشد.

پ- روش‌های ساخت و کنترل کیفیت استفاده شده برای نمونه‌های اولیه جداساز و جداسازهای تولید شده برای پروژه باید یکسان باشد. این روش‌ها باید توسط مشاور پیش از ساخت نمونه‌های اولیه ارائه گردد.

ت- لازم است محل انجام آزمایش، چیدمان آزمایش و نحوه انجام آن توسط مشاور تعیین گردد و یا به تأیید مشاور برسد. در این زمینه لازم است از تجربیات شرکت‌های سازنده و متخصصین آزمایشگاه مربوطه استفاده شود. همچنین معیارهای پذیرش مربوط به نتایج آزمایش‌ها و گزارش مشخصات فنی محصول باید توسط مشاور کنترل و تأیید گردد.

ث- لازم است تمام یا بخشی از آزمایش‌های نمونه‌های اولیه و آزمایش‌های کنترل محصول در حضور نماینده مشاور انجام شود. در صورتی که آزمایش‌های نمونه اولیه مشابه، قبلاً توسط شرکت تولیدکننده جداساز انجام شده باشد، لازم است نتایج آزمایش‌ها، تصاویر و سایر مستندات مربوطه توسط شرکت تولیدکننده به مشاور ارائه شود.

ج- لازم است گزارش آزمایش‌های نمونه‌های اولیه و آزمایش‌های کنترل محصول به‌صورت مکتوب توسط مشاور یا شرکت سازنده تهیه گردد. علاوه بر نتایج، لازم است از مراحل آزمایش فیلم‌برداری یا عکس‌برداری شده و ضمیمه گزارش آزمایش‌ها گردد.

چ- گزارش آزمایش‌های مصالح مصرفی در فرآیند ساخت جداسازها باید توسط تولیدکننده به مشاور ارائه گردد. در غیاب استانداردهای داخلی، استفاده از استانداردهای معتبر بین‌المللی برای کنترل کیفیت مصالح مصرفی در ساخت جداسازها مجاز می‌باشد.

۱۴-۹-۳-۱- ثبت نتایج

رفتار نیرو- تغییرمکان نمونه مورد آزمایش باید در هر چرخه از هر آزمایش به گونه‌ای ثبت شود که رفتار هیسترزیس جداساز قابل ترسیم و تحلیل باشد. در صورتی که رفتار وسیله جداساز تابع نیروی محوری باشد باید این اطلاعات در زمان بارگذاری ثبت و ارائه شوند.

1- Prototype tests
2- Production tests

۱۴-۹-۳-۲- آزمایش‌های نمونه اولیه

الف- آزمایش‌های نمونه اولیه باید به‌طور جداگانه بر روی نمونه با ابعاد واقعی از هر نوع و اندازه قالب در سامانه جداسازی انجام پذیرد. در صورت وجود سیستم مقاوم در برابر باد در مشخصات فنی، نمونه آزمایش هم باید دارای این سیستم باشد.

ب- در صورتی که به دلیل محدودیت تجهیزات آزمایشگاهی، امکان انجام آزمایش بر روی نمونه با مقیاس کامل وجود نداشته باشد، می‌توان آزمایش‌های نمونه اولیه را بر روی نمونه‌های با مقیاس کوچک انجام داد، به شرطی که شرایط زیر فراهم گردد:

۱- آزمایش اندازه‌های معادل برای نمونه اولیه، توسط مشاور مورد تأیید قرار گیرد.

۲- جزئیات، نوع، مصالح، روند ساخت و کنترل کیفیت نمونه مقیاس شده مشابه نمونه مقیاس کامل بوده و قوانین مقیاس در تعیین دامنه و سرعت بارگذاری رعایت شود.

۳- ضریب مقیاس از ۱:۴ کوچکتر نباشد.

پ- نمونه‌های آزمایش شده نباید در سازه مورد استفاده قرار گیرند، مگر اینکه توسط مشاور و دستگاه نظارت قابل‌پذیرش باشند و الزامات آزمایش نمونه‌های اولیه و نمونه‌های تولیدی را برآورده نماید.

۱۴-۹-۳-۳- آزمایش‌های کنترل محصول

الف- به‌منظور کنترل کیفیت ساخت جداسازهای تولید شده برای پروژه، جداسازها قبل از نصب در ساختمان باید مورد آزمایش قرار گیرند و طبق معیارهای پذیرش باید کنترل گردند تا از کیفیت ساخت آن‌ها اطمینان کافی حاصل شود. برنامه آزمایش برای جداسازهای تولیدی و معیارهای پذیرش آن‌ها باید توسط مشاور تعیین شود.

ب- در صورتی که به گونه دیگری نشان داده شود که مشخصات جداسازهای تولید شده الزامات فنی پروژه را تأمین می‌نماید، با تأیید مشاور پروژه می‌توان از انجام این برنامه آزمایش صرف‌نظر کرد. در این موارد، مشاور باید یک برنامه جایگزین تعیین نماید تا از کیفیت جداسازهای تولید شده اطمینان حاصل شود.

پ- جداسازهایی که در حین آزمایش متحمل آسیب می‌شوند، نباید پس از آزمایش در پروژه استفاده شوند.

۱۴-۹-۴- نصب جداساز لرزه‌ای در ساختمان‌های موجود

۱۴-۹-۴-۱- الزامات کلی

الف- نصب جداسازها در ساختمان‌های موجود دارای اسکلت فولادی یا بتن‌آرمه و ساختمان‌های دارای دیوار بنایی باربر با رعایت الزامات این بند مجاز می‌باشد.

ب- مدیر پروژه باید بعد از مشاوره با تولیدکننده در مورد تعداد و تاریخ حمل جداسازها، تصمیم‌گیری نماید. تجهیزات جداساز پس از حمل به کارگاه و قبل از نصب، باید در محل ایمن نگهداری گردند تا در مقابل عواملی همچون ضربه، گرما، تابش اشعه فرابنفش، مواد شیمیایی و روغن محافظت شده و از آسیب به آن‌ها جلوگیری گردد.

پ- برای نصب تجهیزات جداساز لرزه‌ای باید از کارگران ماهر و دوره‌دیده استفاده گردد. همچنین لازم است یک مهندس دوره‌دیده (که مسئولیت مستقیم کارگران را دارد) توسط مدیر پروژه برای امور جداسازی لرزه‌ای انتخاب شود. مدیر پروژه باید دانش جداسازی لرزه‌ای لازم را برای اطمینان از کیفیت ساخت و نصب تجهیزات داشته باشد.

ت- فرزکاری و فعالیت جوشکاری در مجاورت جداسازها به دلیل احتمال آسیب رساندن به جداساز ممنوع می‌باشد. اگر جوشکاری اجتناب‌ناپذیر باشد، باید از حفاظت در مقابل حریق استفاده گردد. جداسازهای لاستیکی باید پوشیده شود تا از ایجاد خراشیدگی و هر آسیب دیگری جلوگیری گردد. جداسازهای لغزنده باید با روش مناسبی پوشش داده شوند. تمام این تجهیزات به‌ویژه جداسازهای اصطکاکی باید در مقابل باران و ورود آب به داخل جداساز محافظت گردند.

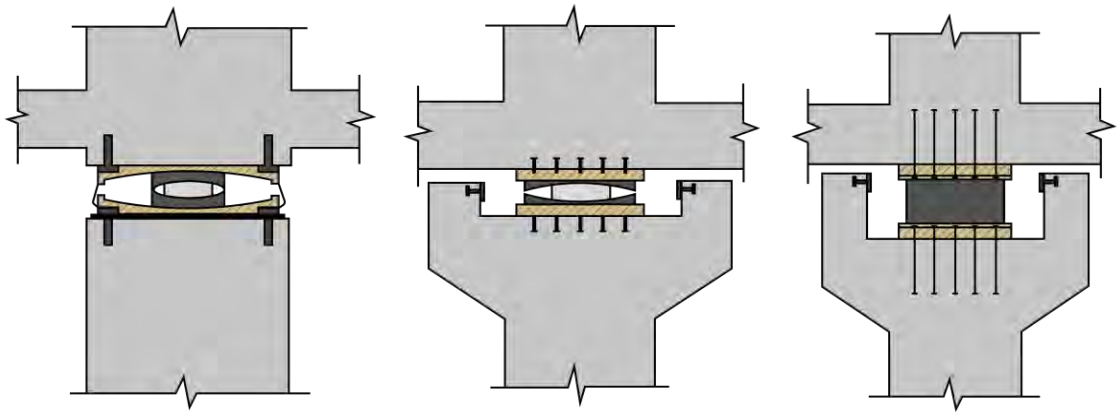
ث- در ساختمان‌های جداسازی شده لرزه‌ای باید تابلوهای هشدار دائمی در مکان‌های مناسبی که به راحتی قابل رویت باشد، نصب گردد و تذکرات لازم و ضروری در مورد شرایط بهره‌برداری و نگهداری از ساختمان (از جمله لزوم خالی نگه‌داشتن خندق‌های پیرامونی و عدم قراردادن اشیایی که می‌تواند مانع حرکت سازه جداسازی شده شود) به مالکین و بهره‌برداران ارائه شود. یک تابلو باید در محل ورودی فضای دسترسی به جداسازها (اگر مهیا شده باشد) و سایر تابلوها باید در پیرامون ساختمان و روی دیوار خارجی نصب شوند تا از ایجاد هرگونه مانعی که اثربخشی درزهای حرکت لرزه‌ای را کاهش می‌دهد، جلوگیری شود.

۱۴-۹-۴-۲- نصب در ساختمان‌های دارای قاب فولادی یا بتن‌آرمه

الف- برای نصب جداسازهای لرزه‌ای در ساختمان‌های موجود دارای اسکلت فولادی یا بتن‌آرمه، باید تراز جداسازی با توجه به ملاحظات فنی، اقتصادی و اجرایی در نقشه‌های اجرایی ارائه شده توسط مشاور تعیین شده باشد. نصب جداسازها در ناحیه پایینی، میانی و یا بالایی ستون مطابق نظر مشاور مجاز است. در صورت لزوم باید تقویت سازه در طبقه جداسازی شده در دستور کار قرار گیرد.

ب- به‌منظور کنترل جابه‌جایی‌های احتمالی فراتر از حد انتظار و جلوگیری از گسیختگی جداساز، مطابق نظر مشاور، می‌توان از پایه‌های اطمینان[1] یا رینگ محافظ در پیرامون جداساز مطابق شکل ۱۴-۱۵۳ استفاده نمود. سایر جزئیات باید توسط مشاور در نقشه‌های اجرایی ارائه گردد.

1- Fail-safe back-up system



الف- جداساز لاستیکی با هسته سربی ب- جداساز اصطکاکی تک پاندولی پ- جداساز اصطکاکی سه پاندولی

شکل ۱۴-۱۵۳- جزئیات نصب ایمن انواع مختلف جداسازها در بالای ستون با پایه‌های اطمینان یا رینگ محافظ پیرامونی

پ- مراحل نصب جداساز بر روی یک ستون فولادی تفاوت ماهیتی نسبت به ستون بتن‌آرمه ندارد و عملیات نصب باید بر اساس جزئیات نقشه‌های اجرایی ارائه شده توسط مشاور انجام گردد. اجرای عملیات نصب جداسازهای لرزه‌ای به‌منظور بهسازی یک ساختمان از نوع قاب خمشی بتن‌آرمه باید مطابق مراحل ذیل انجام شود.

۱- به‌منظور دسترسی به پایه ستون‌ها، لازم است تا تراز زیر جداسازی حفاری انجام گیرد. همچنین به‌منظور فراهم نمودن امکان جابه‌جایی روسازه، باید در پیرامون ساختمان، خندقی مطابق نقشه‌های اجرایی حفر گردد.

۲- بخش پایینی ستون که در زیر تراز جداسازی قرار دارد (و در صورت لزوم بخش فوقانی ستون) باید مطابق نظر مشاور با استفاده از ژاکت بتنی مقاوم‌سازی گردد. جزئیات بهسازی ستون‌ها با ژاکت بتنی در بخش ۱۴-۳ این فصل ارائه شده است. به‌منظور نصب پایه‌های موقت جهت تعبیه جک‌های هیدرولیکی، باید قبل از بتن‌ریزی ژاکت بتنی تعدادی میل‌مهار یا کوپلر در موقعیت تعیین شده در نقشه‌های اجرایی قرار گیرد. همچنین در بخش بالایی ستون در صورت عدم نیاز به اجرای ژاکت بتنی، باید سوراخ‌هایی در ستون ایجاد گردد و میل‌مهارها یا کوپلرها با استفاده از چسب اپوکسی دوجزئی در سوراخ‌ها قرار داده شوند. نصب پایه‌های موقت به کمک میله‌های پیش‌تنیده نیز مطابق نظر مشاور مجاز می‌باشد.

۳- قبل از برش ستون‌ها، باید جک‌های هیدرولیکی در اطراف ستون جداشونده به‌منظور باربرداری ثقلی از روی ستون تعبیه گردند. باربرداری از ستون باید با استفاده از جک‌های هیدرولیکی و با کمک پایه‌های موقت نصب شده در اطراف ستون و یا براکت‌های فولادی نصب شده بر روی ستون در بالا و پایین محل برش انجام پذیرد. در صورت لزوم، تجهیزاتی به منظور اندازه‌گیری نیرو و تغییرشکل تحمل شده توسط پایه‌های موقت، باید نصب گردد. به‌منظور انتقال گرد و غبار ناشی از برش ستون‌ها به خارج از ساختمان باید از تجهیزات فیلترکننده استفاده شود.

۴- برای شروع برش ستون ابتدا باید حلقه شاقول شده در محل برش ستون و به‌دور آن ایجاد گردد تا سطح برش به‌صورت کاملاً افقی باشد. سپس ستون باید به کمک دستگاه‌های برش با سیم‌های تیغه الماسه برش

داده شود. به‌منظور رعایت اصول ایمنی، لازم است عملیات برش ستون و نصب جداساز لرزه‌ای برای هر ستون به طور کامل انجام شده و سپس عملیات برش و نصب بر روی ستون بعدی آغاز گردد.

۵- پس از برش ستون در دو تراز بالا و پائین محل نصب جداساز، باید بلوک بتنی بریده شده با کمک جرثقیل ریلی به بیرون هدایت شود.

۶- پس از خارج کردن بلوک بتنی، در صورت لزوم مطابق نظر مشاور باید صفحات فولادی تقویتی در سربالایی و پایینی ناحیه برش خورده نصب و جهت اتصال جداساز به ستون، پیرامون سطح برش خورده رینگ فولادی اجرا گردد. پس از این مرحله، جداساز باید به محل نصب حمل شده و مابین ستون قرار گیرد. لازم است پس از سفت کردن پیچ‌های جداساز، پیچ‌ها علامت‌گذاری شوند تا در صورت شل‌شدن، توسط بازرس قابل‌تشخیص باشد.

۷- پس از نصب جداساز در موقعیت تعیین شده، فضای خالی بین جداساز و ستون باید با کمک جک تخت، توسط گروت انبساطی کاملاً پر شود.

۸- پس از اطمینان از کسب مقاومت گروت سیمانی و برقراری اتصال مناسب، باید جک‌های هیدرولیکی باربرداری شود تا بار ستون به جداساز منتقل گردد. پس از این مرحله حذف پایه‌های موقت مجاز است. محل کوپلرها باید با درپوش پوشانیده شود. کوپلرها یا میل‌مهارها باید در جای خود باقی بمانند تا در صورت نیاز به تعمیر یا تعویض جداساز در آینده، مورد استفاده مجدد قرار گیرند. به‌منظور جلوگیری از تغییرشکل جداساز تا قبل از تکمیل فرآیند نصب همه جداسازها، لازم است با نصب نگهدارنده‌های موقت، جابجایی افقی جداسازها را مقید نمود. مدیر پروژه باید در موارد لزوم در مورد جزئیات این قیود با مهندس ناظر تبادل نظر و مشورت نماید.

۹- در صورت لزوم مطابق نقشه‌های اجرایی باید یک دال بتنی جدید به‌عنوان دیافراگم صلب در بالای جداسازها به‌منظور عملکرد یکپارچه آن‌ها اجرا گردد.

۱۰- در پیرامون خندق، باید دیوار حائل مطابق نقشه‌های اجرایی اجرا شده و درز جابه‌جایی باید با ورق‌های فولادی قابل لغزش پوشانده شود.

ت- در صورتی‌که ساختمان از بلوک‌های نزدیک به هم تشکیل شده و بین بلوک‌ها درز انبساط پیش‌بینی شده باشد، برای جلوگیری از برخورد بلوک‌ها به یکدیگر به‌واسطه تغییرشکل افقی جداساز، باید از قفل لرزه‌ای[1] در عرض درز انبساطی استفاده شود. این سیستم باید از مواد با ویسکوزیته بالا ساخته شده باشد تا در برابر حرکات آزاد و طولانی‌مدت حرارتی ساختمان وارد عمل نشود ولی در هنگام بروز شوک‌های شدید ناشی از زلزله قفل شده و مانع از حرکت نسبی دو بلوک مجاور نسبت به هم گردد.

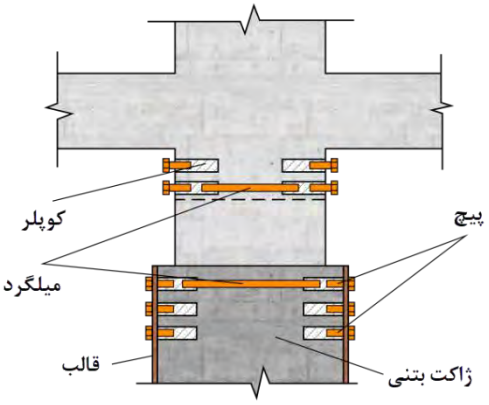
پ- در شکل ۱۴-۱۵۴ جزئیات اجرایی مراحل نصب سیستم جداساز در یک ستون بتن آرمه نشان داده شده است. سایر جزئیات شامل مشخصات مصالح مصرفی و ابعاد باید در نقشه‌های اجرایی ارائه گردد.

1- Seismic lock

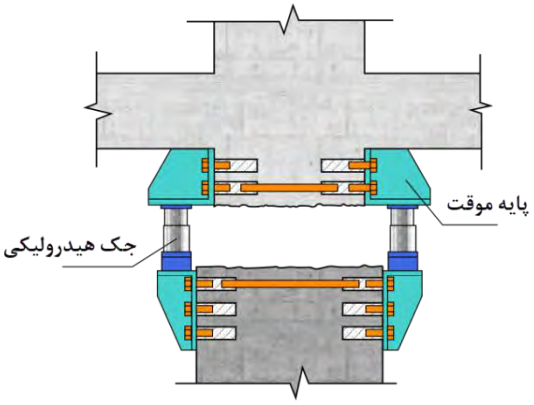
۱۴-۹-۴-۳- نصب در ساختمان‌های دارای دیوار باربر بنایی

الف- محل تراز جداسازی باید در نقشه‌های اجرایی ارائه شده توسط مشاور تعیین گردد.

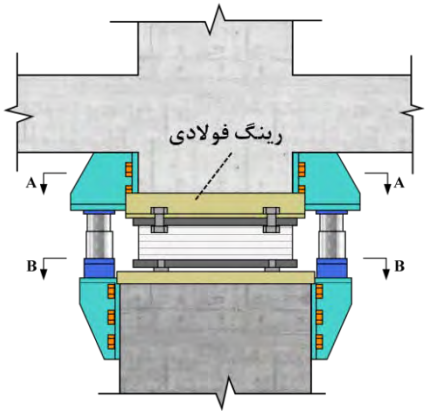
ب- در ساختمان‌های موجود با دیوار باربر که عمدتاً از مصالح بنایی غیرمسلح ساخته شده‌اند، جداسازها باید در داخل دیوارها قرار گیرند. برای انتقال یکنواخت نیروهای قائم از دیوار فوقانی به جداسازها و از جداسازها به دیوار تحتانی، باید تیرهای ساندویچی بتنی در تراز بالا و پایین جداساز اجرا گردد. این تیرهای ساندویچی جدید باید در دو طرف دیوارها اجرا شده و به کمک میلگردهای پس‌کشیده به یکدیگر بسته شوند تا اتصال مناسبی با دیوار پیدا کنند. در محل نصب جداسازها، باید تیرهای عرضی کوتاهی مابین تیرهای ساندویچی اجرا شود تا نیروها را از جفت تیرها به جداسازها منتقل کنند. جزئیات مربوط در شکل ۱۴-۱۵۵ آورده شده است.



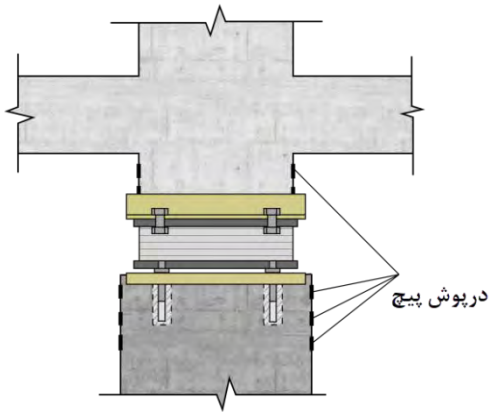
(۱) تقویت ستون با ژاکت بتنی، سوراخکاری و جایگذاری کوپلرها و میل‌مهارها به منظور نصب پایه‌های موقت



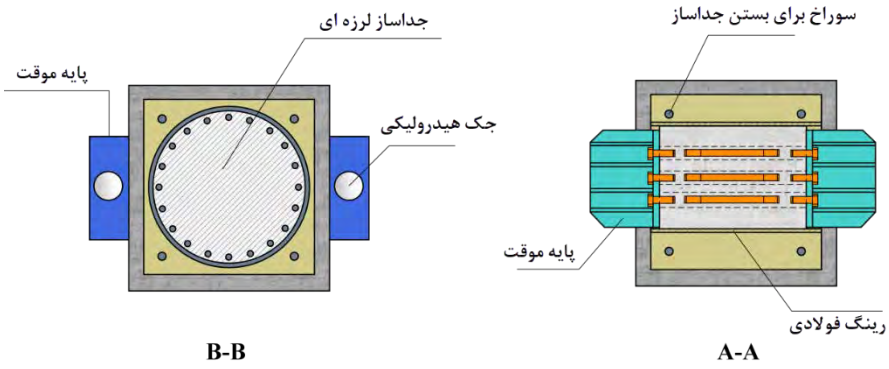
(۲) نصب پایه‌های موقت در بالا و پایین محل برش، جایگذاری جک هیدرولیکی به منظور باربرداری از ستون و انتقال بار به پای‌های موقت و نهایتاً برش ستون با سیم برش الماسه



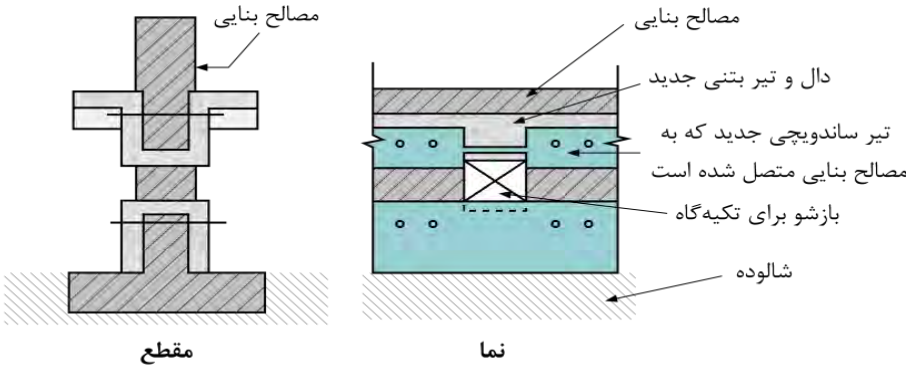
(۳) خروج بلوک بتنی برش خورده، نصب رینگ فولادی پیرامون سطح برش خورده به منظور نصب جداساز، قرارگیری جداساز در موقعیت تعیین شده مابین ستون



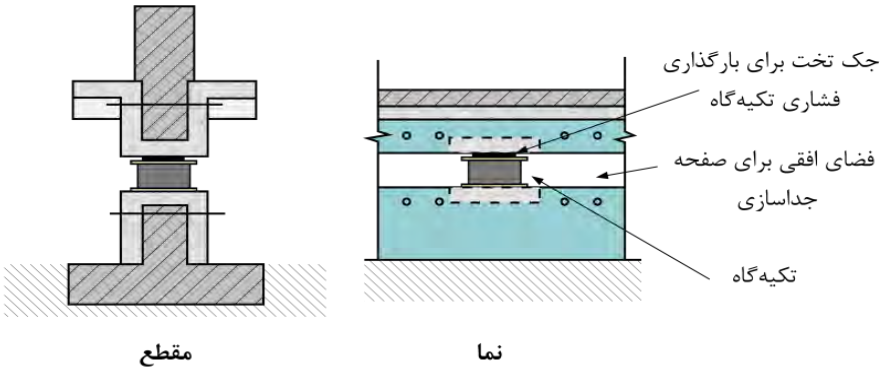
(۴) تزریق گروت انبساطی با جک تخت در فضای بین جداساز و ستون، باربرداری از جک‌های هیدرولیکی و انتقال بار از پایه‌های موقت به جداساز و نهایتاً برچیدن پایه‌های موقت و پوشاندن کوپلرها با درپوش



شکل ۱۴-۱۵۴- جزئیات اجرایی نصب سیستم جداساز در یک ستون بتن آرمه



الف - تیرهای ساندویچی جدید ساخته شده و یک بازشو برای نصب جداساز ایجاد می‌گردد

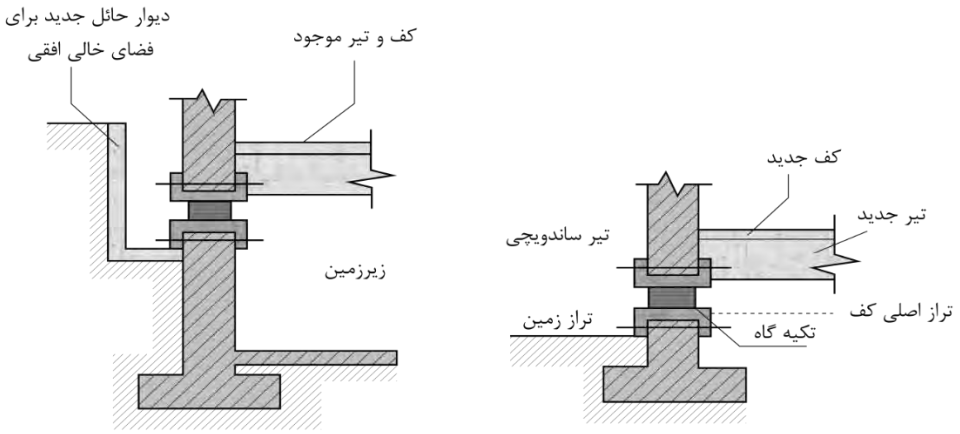


ب- جداساز مابین دیوار قرار داده شده و به کمک یک جک تخت پیش بارگذاری می گردد تا بارهای دیوار را تحمل کند

شکل ۱۴-۱۵۵- جزئیات اجرایی برای نصب جداسازها در یک دیوار بنایی

پ- اگر به دلایل زیبایی‌شناختی یا ضرورت حفظ میراث فرهنگی، اجرای تیرهای ساندویچی در دو طرف دیوار نامناسب باشد، باید یک تیر جدید به صورت بخش به بخش، مستقیماً در زیر دیوار موجود اجرا گردد. این فرآیند نیازمند آن است که در طول گسترده‌ای دیوار با جک و یا سایر تجهیزات نگه داشته شود.

ث- لازم است یک فضای دسترسی برای عملیات بازرسی و تعمیر و نگهداری جداسازها ایجاد شود. در مواردی که ساختمان فاقد زیرزمین بوده و بر روی یک پی با عمق مدفون کم بنا شده باشد، در صورت لزوم مطابق نظر مشاور باید تراز طبقه همکف بالاتر آورده شود تا فضای دسترسی لازم تأمین شود. اگر ساختمان دارای زیرزمین باشد و یا عمق مدفون پی زیاد باشد، اجرای جداسازها و تیرهای ساندویچی زیر طبقه همکف موجود، مطابق نقشه‌های اجرایی مجاز می‌باشد (شکل ۱۴-۱۵۶).



ب - ساختمان دارای زیرزمین الف - ساختمان فاقد زیرزمین

شکل ۱۴-۱۵۶- مزیت وجود زیرزمین در جداسازی لرزه‌ای یک ساختمان موجود با دیوار باربر

ت- در شکل ۱۴-۱۵۷ به صورت شماتیک جزئیات اجرای سیستم جداساز در یک ساختمان با دیوارهای بنایی نشان داده شده است. مراحل مختلف اجرای جداساز لرزه‌ای در زیر یک دیوار باربر با مصالح بنایی باید به شرح ذیل باشد:

۱- بازشوهایی در دیوار بنایی در محدوده نصب جداساز لرزه‌ای باید ایجاد شود؛ ابعاد بازشو باید به‌اندازه‌ای باشد که تیرهای عرضی پایینی و بالایی و جداساز بتوانند در داخل بازشو جای گیرند.

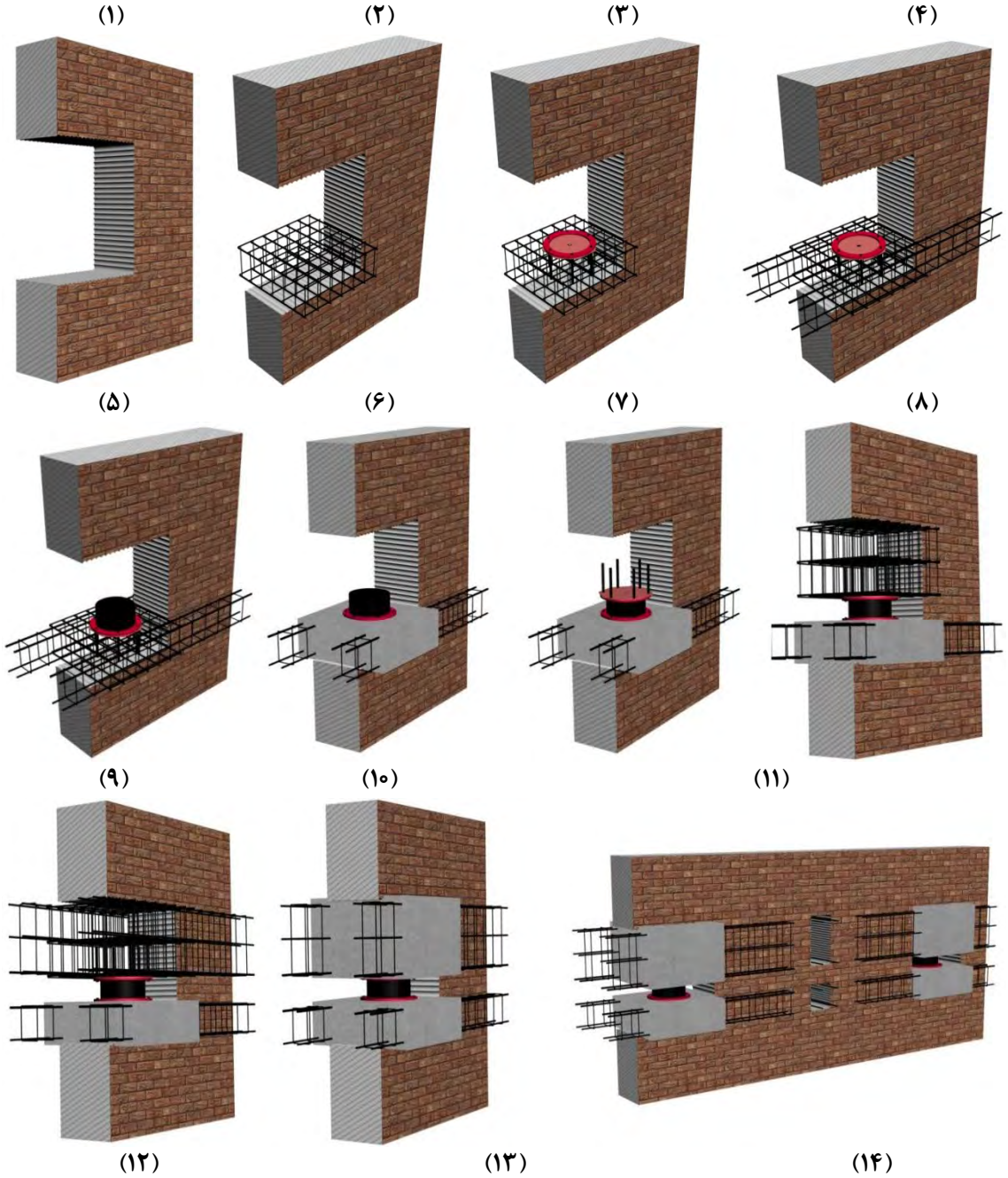
۲- تیرهای ساندویچی در دو طرف دیوار باید اجرا شوند؛ در صورت امکان باید دیوار در محدوده اجرای تیرهای ساندویچی در هر دو طرف حدود ۱۰ سانتی‌متر تراشیده و تیرهای ساندویچی آرماتوربندی، قالب‌بندی و بتن‌ریزی شود. از میلگردهای پس‌کشیده باید برای برقراری اتصال مناسب تیرهای ساندویچی و دیوار بین آن استفاده شود.

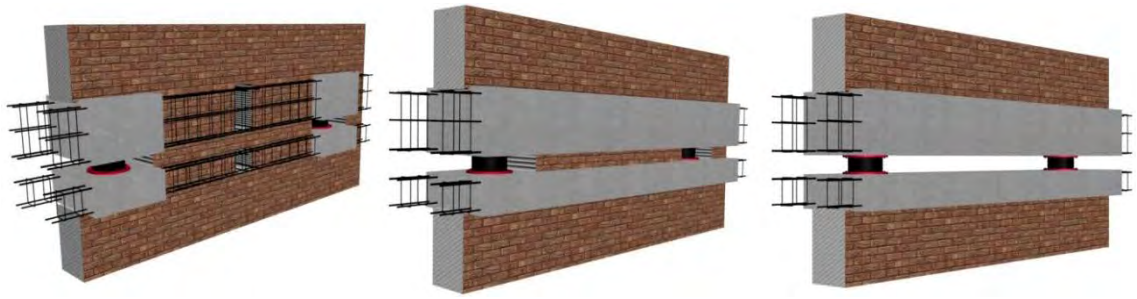
۳- برای انتقال نیرو از تیرهای ساندویچی به جداسازها، تیرهای عرضی باید بین تیرهای ساندویچی در محدوده نصب جداسازها اجرا شود؛ اجرای تیرهای عرضی باید هم‌زمان با اجرای تیرهای ساندویچی در محدوده بازشوها انجام گیرد. در هنگام آرماتوربندی تیر عرضی، میل‌مهارها و صفحات موردنیاز برای نصب جداساز در موقعیت تعیین‌شده باید جای‌گذاری شود.

۴- در صورت لزوم مطابق نقشه‌های اجرایی باید یک دال بتنی جدید به‌عنوان دیافراگم صلب در بالای جداسازها به‌منظور عملکرد یکپارچه آن‌ها اجرا گردد.

۵- جداسازها باید در موقعیت تعیین شده مابین دیوارها نصب گردند و فاصله بین جداساز و تیرهای عرضی باید با تزریق گروت منبسط‌شونده با استفاده از جک تخت پر شود.

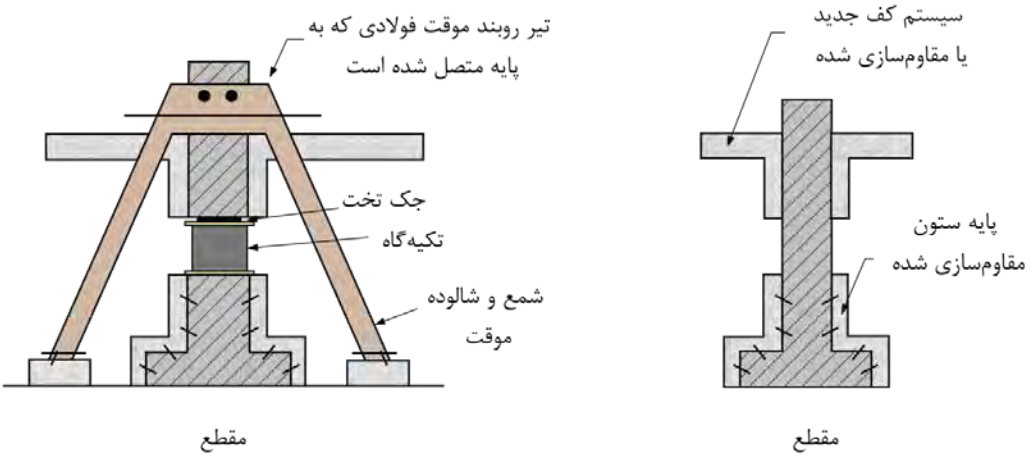
۶- دیوار مابین تیرهای ساندویچی پایینی و بالایی به‌منظور جداسازی کامل روسازه از زیرسازه پس از کسب مقاومت گروت باید برش داده شود؛ برش ایجاد شده در دیوار باید به اندازه فاصله آزاد قائم ذکر شده در نقشه‌های اجرایی باشد. درهرحال این فاصله نباید کمتر از ۵۰ میلی‌متر باشد.



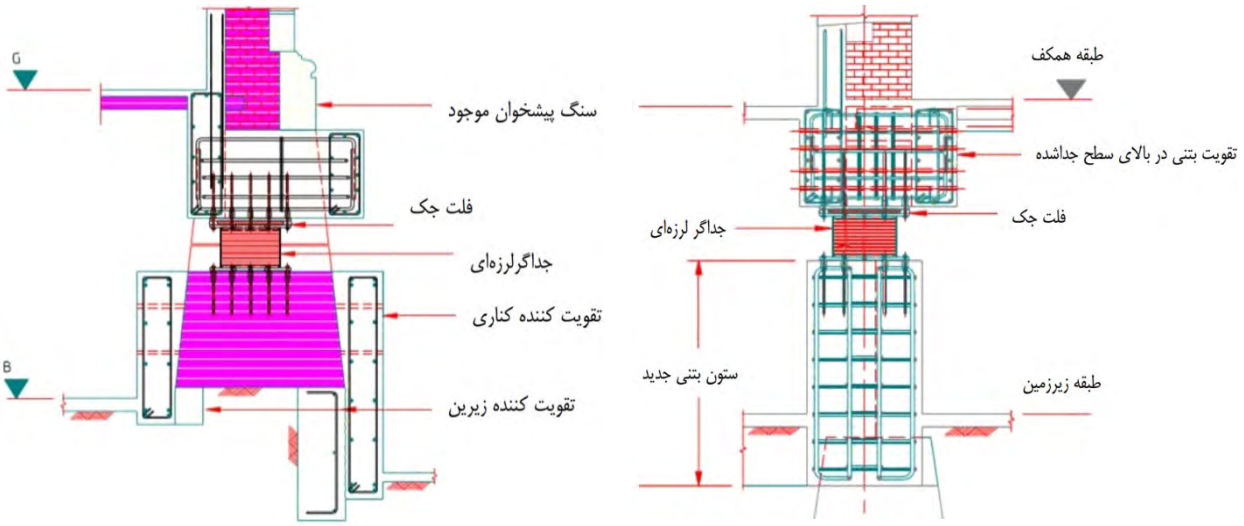


شکل ۱۴-۱۵۷- جزئیات مراحل اجرای جداساز لرزه‌ای در یک دیوار باربر با مصالح بنایی

چ- در صورت وجود ستون‌های بنایی یا بتنی داخلی، باید جداسازها بر روی آن‌ها نیز نصب گردند تا رفتار روسازه کاملاً از زیرسازه جدا شود. این ستون‌ها در صورت لزوم مطابق نظر مشاور باید با اجرای ژاکت بتنی و افزایش ابعاد بهسازی شوند. پس از بهسازی پایه ستون و تشکیل یک کف تیر و دال قوی، ستون باید با کمک شمع‌های موقت باربرداری شود تا ستون بریده شده و جداساز در بین ستون قرار گیرد و سپس به کمک یک جک تخت آن را بارگذاری نمود (شکل ۱۴-۱۵۸).



شکل ۱۴-۱۵۸- جزئیات اجرایی معمول برای نصب جداساز در زیر یک ستون بنایی موجود



شکل ۱۴-۱۵۹- جزئیات تیپ نصب جداساز در زیر دیوار باربر بنایی موجود

۱۴-۹-۵- جزئیات اجرایی

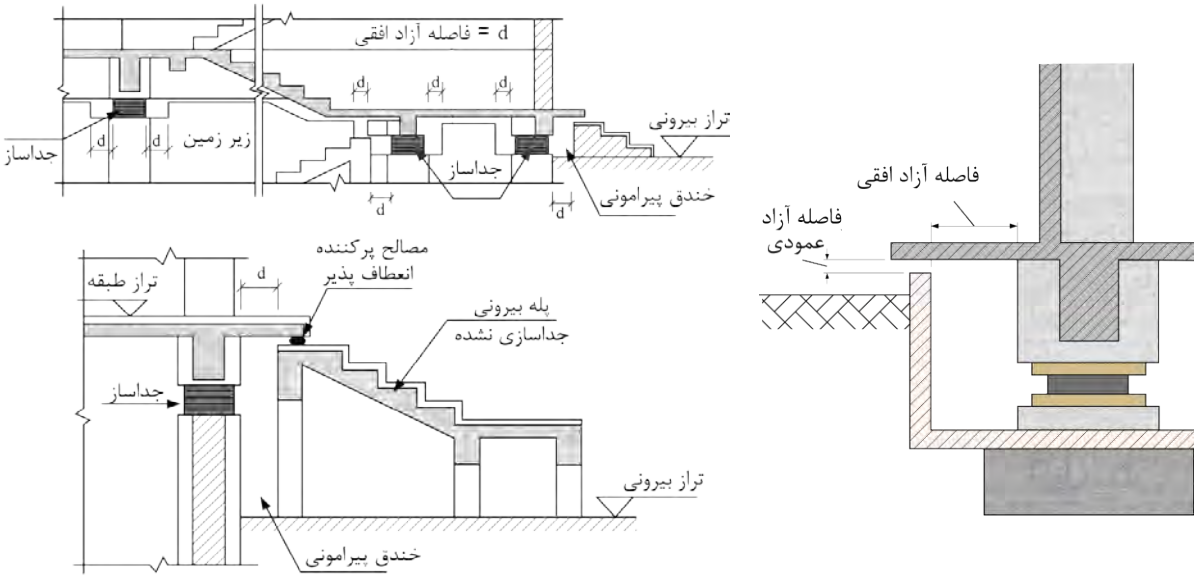
۱۴-۹-۵-۱- فاصله آزاد افقی و قائم

الف- در ساختمان جداسازی شده باید با تعبیه درزهای حرکتی (درز انقطاع)، امکان حرکت افقی آزادانه در تمامی جهات بین روسازه و پی، موانع صلب پیرامونی و یا ساختمان‌های کناری بالای تراز جداسازی مطابق شکل ۱۴-۱۶۰ فراهم شده باشد. اندازه این فاصله آزاد افقی باید توسط مشاور و بر اساس بیشینه تغییرمکان کل سیستم جداساز تحت بیشینه زلزله مورد انتظار، بیشینه تغییرمکان جانبی روسازه بالای جداساز، و تغییرمکان جانبی سازه‌های مجاور تعیین شود. در تعیین این فاصله آزاد لازم است تأثیر عوامل پیش‌بینی نشده همچون تأثیر حرکات نزدیک به گسل دو جهته و یا تاثیر حرکات ناشی از پیچش در گوشه ساختمان‌ها، در نظر گرفته شود.

ب- در تعیین فاصله آزاد قائم بین اعضای متحرک سامانه جداساز با اعضای ثابت پیرامونی، تغییرشکل‌های ناشی از خزش، تغییرات دما، تاب‌خوردن سازه و ملاحظات اجرایی نصب و دسترسی به جداسازها باید توسط مشاور موردتوجه قرار گیرد. درهرحال این فاصله نباید کمتر از ۵۰ میلی‌متر باشد.

پ- در مورد جداسازهای اصطکاکی پاندولی با توجه به سطح مقعر جداساز و حرکت سازه به سمت بالا در هنگام تغییرمکان جانبی، فاصله آزاد قائم بیشتری مطابق با نقشه‌های اجرایی باید در نظر گرفته شود.

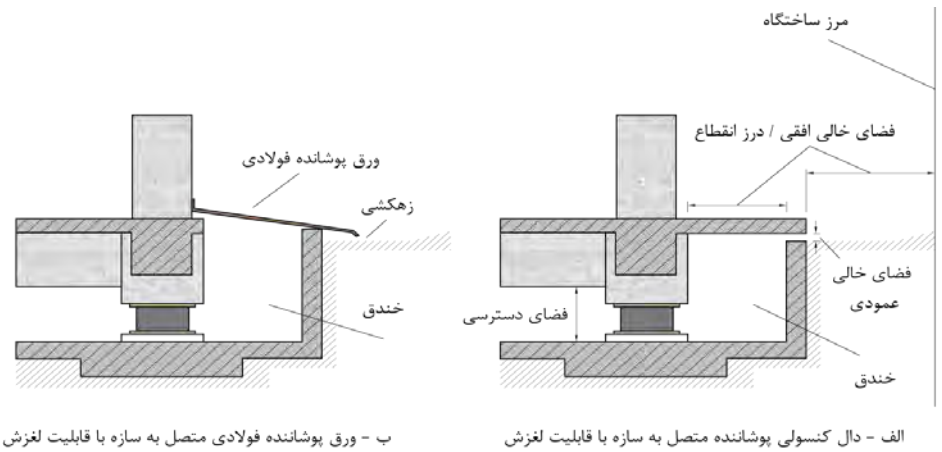
ت- در منطقه پیرامون ساختمان جداسازی شده لرزه‌ای، هیچ مانعی نباید در پیرامون روسازه و در فاصله حداقل ۵۰۰ میلیمتری از آن قرار گیرد. قرار دادن هر گونه وسایل و تجهیزات همچون مخازن آب و تجهیزات الکتریکی، سازه‌های موقت، انبار موقت مصالح و پارک خودرو در پیرامون ساختمان جداسازی شده ممنوع می‌باشد.



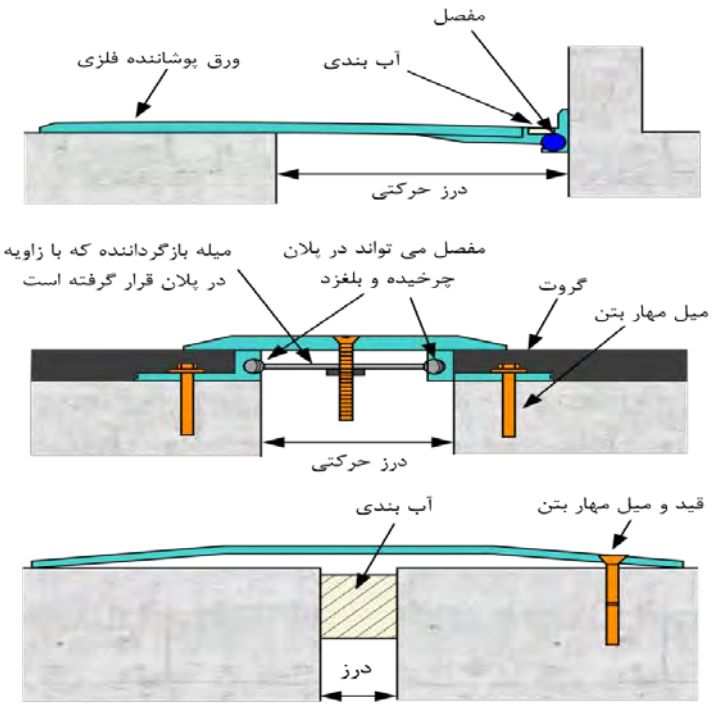
شکل ۱۴-۱۶۰- لزوم رعایت فاصله آزاد افقی و قائم بین اعضای متحرک سامانه جداساز و اعضای ثابت پیرامونی

۱۴-۹-۵-۲- ناحیه خندق و ورق‌های پوشاننده افقی

الف- در ساختمان‌های دارای زیر زمین باید در پیرامون خندق، دیوار حائل اجرا گردد. در صورت امکان تراز ارتفاعی بالای دیوارهای حائل خندق باید از تراز زمین پیرامونی بیشتر باشد. پس از جداسازی باید روی درز انقطاع (خندق) پوشانده شود تا ضمن تأمین ایمنی افراد در هنگام بهره‌برداری عادی، از نفوذ آب باران، زباله یا برف به داخل آن جلوگیری شود. در پوشاندن خندق استفاده از دال کنسولی، دال‌های مفصلی، ورق‌های فولادی و یا پوشش‌های کشویی قابل لغزش مجاز است. در صورت استفاده از ورق فولادی باید از یک سمت به سازه جداسازی شده متصل و در سمت دیگر بر روی دیوار حائل قرار گیرد و باید بتواند به سادگی در امتداد و روی آن بلغزد. جزئیات در شکل ۱۴-۱۶۱ و شکل ۱۴-۱۶۲ ارائه شده است.

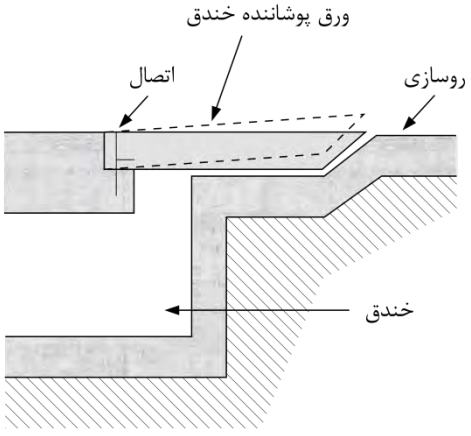


شکل ۱۴-۱۶۱- روش‌های مختلف پوشاندن درز حرکتی



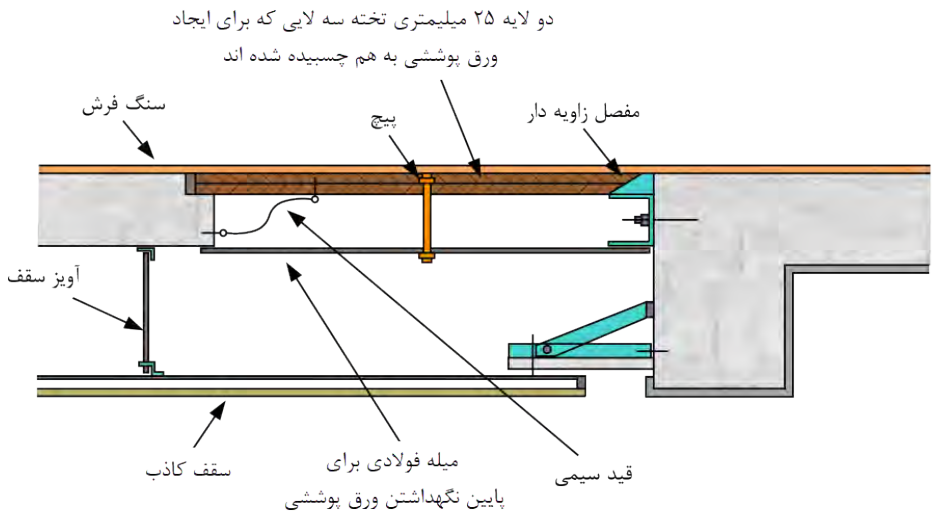
شکل ۱۴-۱۶۲- سه نوع از ورق‌های پوشاننده با قابلیت حرکت در همه جهات افقی

ب- درصورتی‌که تراز روسازی خیابان یا پیاده‌رو (آسفالت، سنگ‌فرش و ...) و سطح طبقه همکف جداسازی شده در یک راستا باشند، به‌منظور پوشاندن خندق یا درزهای حرکتی باید از ورق‌های لغزشی با لبه مورب مطابق با شکل ۱۴-۱۶۳ استفاده شود تا مانعی در برابر حرکت سازه جدا شده ایجاد نشود و از وقوع فشار در ورق پوشاننده به هنگام حرکت ساختمان به سمت روسازی پرهیز شود.



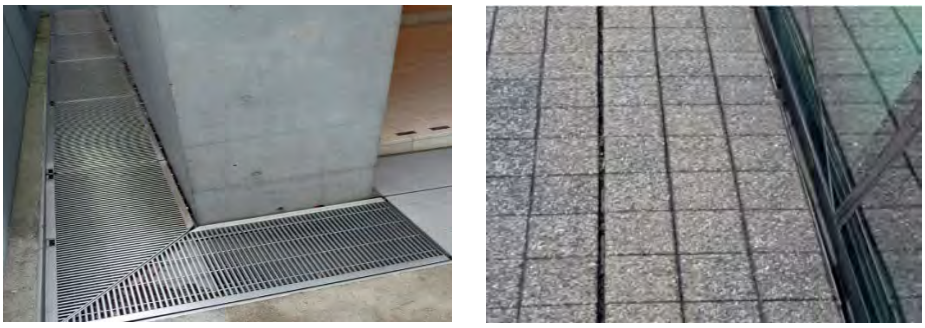
شکل ۱۴-۱۶۳- اجرای یک سطح مشترک شیب‌دار لغزنده بین پوشاننده خندق و روسازی پیرامونی

پ- به جهت ریسک پایین خسارت و سادگی تعمیرات ورق‌های پوشاننده پس از زلزله، استفاده از ورق‌های پوشاننده ساده با هزینه اجرایی کم ولی نیازمند تعمیر پس از زلزله مجاز است. این ورق‌ها امکان جابه‌جایی محدودی را دارند، اما به کمک قیدهای سیمی، باید از افتادنشان در جابه‌جایی‌های بزرگ مطابق با شکل ۱۴-۱۶۴ جلوگیری شود.



شکل ۱۴-۱۶۴- یک ورق پوشاننده کف با هزینه اجرایی کمتر ولی نیازمند تعمیر پس از زلزله

ت- به‌منظور رعایت ملاحظات معماری، به طور معمول لازم است ورق‌های پوشاننده با سنگ‌فرش و سایر المان‌های پیرامونی ادغام و از معرض دید مخفی شوند. در محل زهکش‌ها ورق‌های پوشاننده باید اجازه دهند آب وارد زهکشی شود که داخل خندق یا در نزدیکی آن تعبیه شده است (شکل ۱۴-۱۶۵).



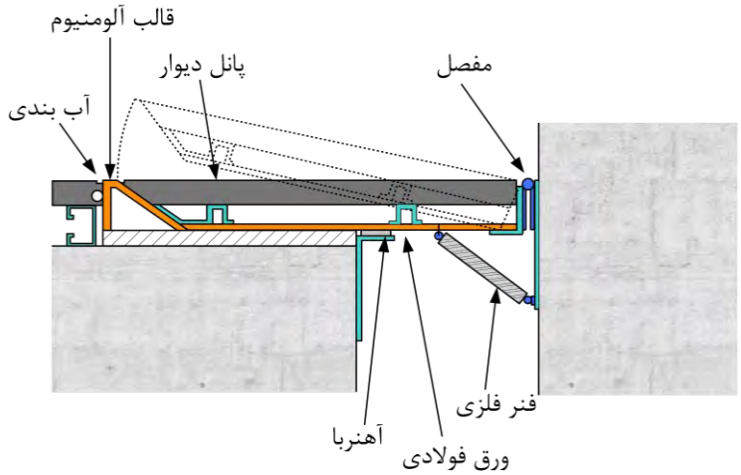
(الف) ورق پوشاننده غیر قابل تشخیص با روسازی اطراف (ب) ورق مشبک پوشاننده خندق در محل زهکش

شکل ۱۴-۱۶۵- ورق پوشاننده درز حرکتی

ث- در اطراف بخش جداسازی شده، در محل دیوار حائل یا آبروی دور سازه جداسازی شده لازم است فاصله آزاد افقی و قائم تأمین شده و برای جلوگیری از ورود حشرات و حیوانات موذی این فاصله به طور مناسب پوشانده شود.

ج- برای درزهای حرکتی در طبقه بام می‌توان از یک پوشش صلب که از یک طرف به دیوار متصل شده و روی آن با یک ماده فلزی براق و منعطف پوشانده شده، استفاده گردد. مفاصل دیوار باید به‌صورتی طراحی و اجرا شود که امکان حرکت به داخل و بیرون، در صفحه دیوار و همچنین جابه‌جایی‌های عمود بر دیوار با در نظرگیری ویژگی‌های

عایق‌بندی را داشته باشد. به این منظور استفاده از درز حرکتی مختلط مطابق شکل ۱۴-۱۶۶ که شامل چند آهن‌ربا، فنر و مفصل است، مناسب می‌باشد. سایر جزئیات باید در نقشه‌های اجرایی ارائه شود.



شکل ۱۴-۱۶۶- یک درز حرکتی مختلط برای دیوار با قابلیت جابه‌جایی در راستای ورق

۱۴-۹-۵-۳- جزئیات اجرایی معماری

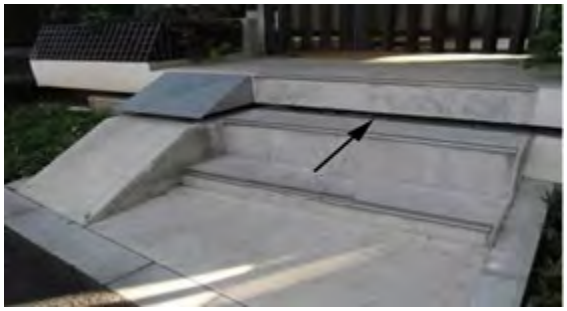
الف- تمام المان‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای و به‌طورکلی هر المانی که از تراز جداسازی عبور می‌کند، باید به نحوی طراحی، جزئیات‌بندی و اجرا شود که بتواند بیشینه تغییرمکان مورد انتظار را تحمل نموده و با آن سازگار باشد. همچنین امکان تطبیق با هر گونه تغییرمکان ماندگار در درازمدت را داشته باشد. در این زمینه لازم است عملکرد پوشش‌های محافظت در برابر آتش و آب‌بندی، ورق‌های پوشاننده درزهای لرزه‌ای، عایق‌بندی برودتی و صوتی، جزئیات ورودی/خروجی، آسانسورها، دیوارها و اتصالات سیستم لوله‌کشی اصلی باید موردتوجه قرار گیرد.

ب- برای سازگاری حرکات نسبی افقی و قائم بین ساختمان جداسازی شده و زمین، باید از اجزای شکل‌پذیر برای اتصالات استفاده شود. به‌علاوه، اجزای سخت که از سطح جداسازی عبور می‌کنند (نظیر راه‌پله، شفت آسانسور و دیوارها) باید به نحوی جزئیات‌بندی شوند که با بیشینه تغییرمکان مورد انتظار، بدون عبور از ضوابط ایمنی جانی منطبق باشند.

پ- در اطراف پله و شفت آسانسور که از سطح جداسازی عبور می‌کند، باید فاصله‌ای افقی حداقل برابر با بیشینه تغییرمکان مورد انتظار سیستم جداساز تحت بیشینه زلزله مورد انتظار به عنوان فاصله آزاد باقی گذاشت و از اجرا یا نصب هر چیزی که مانع حرکت سازه گردد خودداری کرد.

ت- در نرده و اسکلت راه‌پله منتهی به طبقه جداسازی (طبقه‌ای که در آن تجهیزات جداسازی نصب شده است) باید درزهایی ایجاد شود تا علاوه بر جلوگیری از خسارت به خود آن‌ها در حین زلزله، مانعی برای حرکت ساختمان در تراز جداسازی نشود و اثربخشی سیستم جداسازی را کاهش ندهد (شکل ۱۴-۱۶۷).

ایجاد قابلیت تغییرمکان جانبی و قائم در محل پله دسترسی با ایجاد شیار



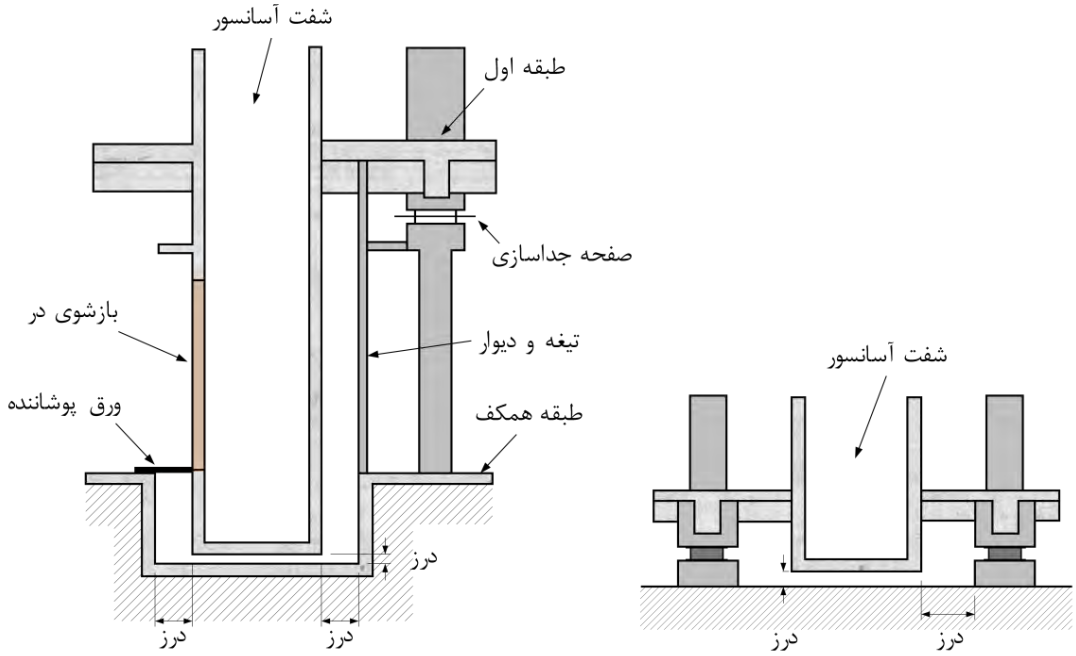
ایجاد قابلیت تغییرمکان جانبی و قائم در محل تماس ساختمان با اطراف

تیر بغل و نرده‌های راه پله بریده شده تا حرکت در تمامی جهات افقی، امکان پذیر شود

پاگرد پله از ساختمان کنسول شده و بر روی ستونک می‌لغزد. دستگیره‌ها برای اینکه مانع حرکت نشوند، از هم جدا شده‌اند

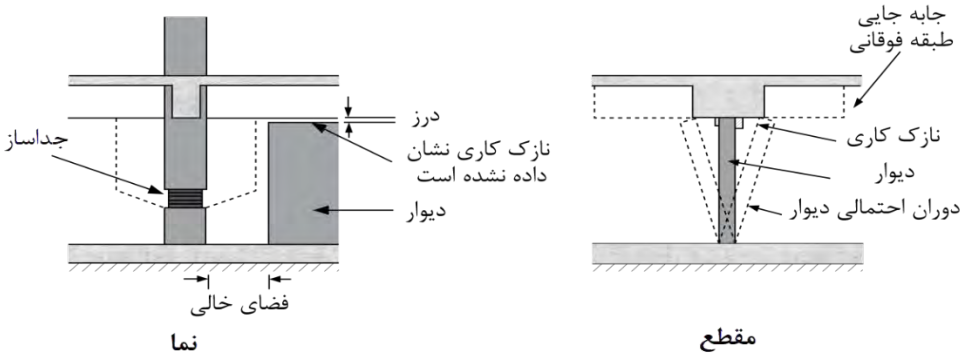
شکل ۱۴-۱۶۷- جزئیات اجرای درزها در محل راه پله

ث- در صورتی که آسانسور به طبقه جداسازی ختم می‌شود، شفت آسانسور در طبقه بالای آن باید به تیر اصلی متصل و دیوار و دال کف جعبه باید به طور یکپارچه با هم به‌گونه‌ای که به کف طبقه جداسازی متصل نباشند، اجرا شوند. در مواردی که شفت آسانسور یا راه پله از طبقه جداسازی شده عبور می‌کند، باید به صورت کنسول از روسازه آویزان شده و نباید آن‌ها را به سازه زیر طبقه جداسازی متصل نمود. فاصله آزاد در جلوی درهای آسانسور و یا هر جای دیگر موردنیاز، باید با یک ورق پوششی کشویی پوشانده شود و باید با نرده‌های هشداردهنده ویژه یا خطوط هشداردهنده، تذکرات لازم به بهره‌برداران داده شود. جزئیات در شکل ۱۴-۱۶۸ مشاهده می‌گردد.



شکل ۱۴-۱۶۸- مقطعی از یک شفت آسانسور آویزان شده از روسازه

ج- اگر تراز جداسازی در طبقات میانی قرار داشته باشد، در تراز جداسازی نباید مانعی برای حرکت ایجاد شود و جزئیات اجرایی لازم برای حرکت تیغه‌های دیوار آن طبقه باید توسط مشاور ارائه شود. در این موارد لازم است با تأمین جزئیات اجرایی مناسب، دیوارها تنها به طبقه زیرین متصل شوند. در صورتی که فاصله بالای دیوار خالی باشد، باید با مصالحی نرم و ضدحریق پر و روی آن با نازک‌کاری پوشانده شود. اگر دیواری در راستای عمود بر طولش غیرباربر باشد، باید نازک‌کاری به شکل ضعیفی به آن متصل باشد تا امکان جابه‌جایی مهیا بوده و بعد از زلزله به‌جای اول خود بازگردانده شود. اگر دیوار برای پایداری به اتصالاتش به سازه فوقانی متکی باشد، نازک‌کاری باید قید لازم را ایجاد کند. جزئیات در شکل ۱۴-۱۶۹ ارائه شده است.

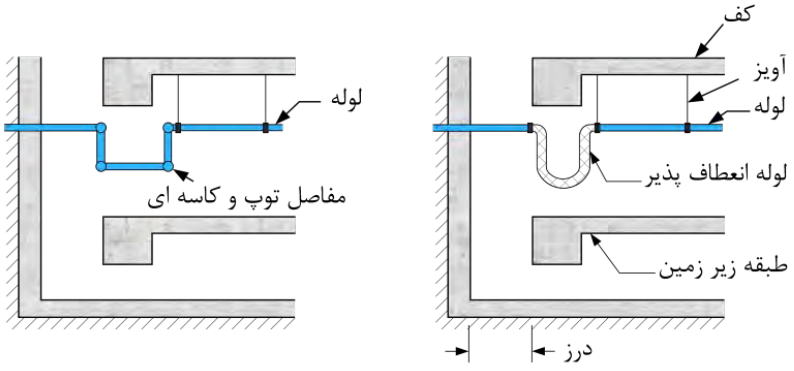


شکل ۱۴-۱۶۹- نیاز به تأمین امکان جابه‌جایی در تراز جداسازی بین دیوارها و طبقه فوقانی

۱۴-۹-۵-۴- جزئیات اجرایی تاسیسات برقی و مکانیکی

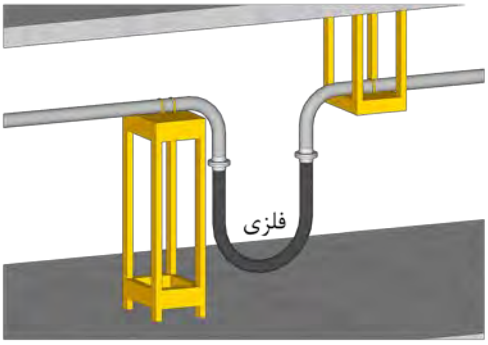
الف- تأسیسات برقی و مکانیکی در تراز جداسازی شده مانند پله‌برقی، کابل‌های برق و مخابرات، مجـاری آب پشت‌بام، لوله‌های آب و فاضلاب، لوله‌های گاز و آتش‌نشانی باید برای حرکات جداسازها در تراز جدا شده طراحی شوند تا متحمل خسارت نشده و پس از زلزله سریع‌تر قابل‌استفاده باشند. در مواردی که لوله‌های آب سرد و گرم، لوله‌های فاضلاب، لوله‌های گاز و آتش‌نشانی، سیم‌کشی و خطوط ارتباطی برق و مخابرات در ساختمان از طبقه بالای محل نصب سامانه جداسازی به طبقه زیر این سامانه عبور می‌کنند، باید قابلیت تحمل تغییرمکان‌های نسبی در محل جداسازی را در خود داشته باشند. در خطوط بااهمیت کمتر مانند لوله‌های دفع آب باران و غیره هم باید با روش‌های ساده‌ای تمهیدات لازم به این منظور پیش‌بینی گردد. جزئیات مربوط به ظرفیت جابه‌جایی لوله‌ها و سیم‌کشی‌های عبوری از تراز جداسازی باید توسط مشاور تعیین شود.

ب- لوله‌ها باید یا انعطاف‌پذیر باشند و یا اتصالات آن‌ها به صورت پینی باشد تا بتوانند جابه‌جایی‌های ناشی از جداسازی را بدون خسارت تحمل کنند. جزئیات اجرای لوله‌ها در یک ساختمان جداسازی شده در شکل ۱۴-۱۷۰ نمایش داده شده است. در شکل ۱۴-۱۷۱ حالت‌های مختلف قرارگیری لوله‌های دارای اتصالات انعطاف‌پذیر در تراز جداسازی نشان داده شده است. در زمان طراحی باید فضای مورد نیاز قرارگیری این اتصالات پیش‌بینی گردد.

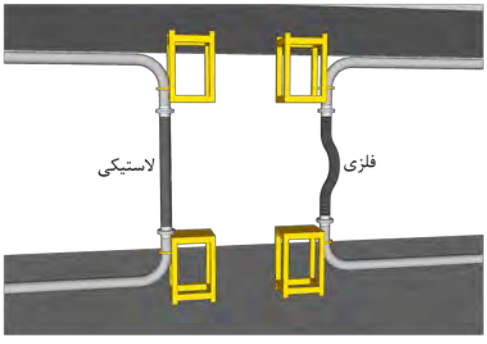


(الف) استفاده از لوله های انعطاف پذیر (ب) استفاده از چند لوله کوتاه با اتصالات پینی

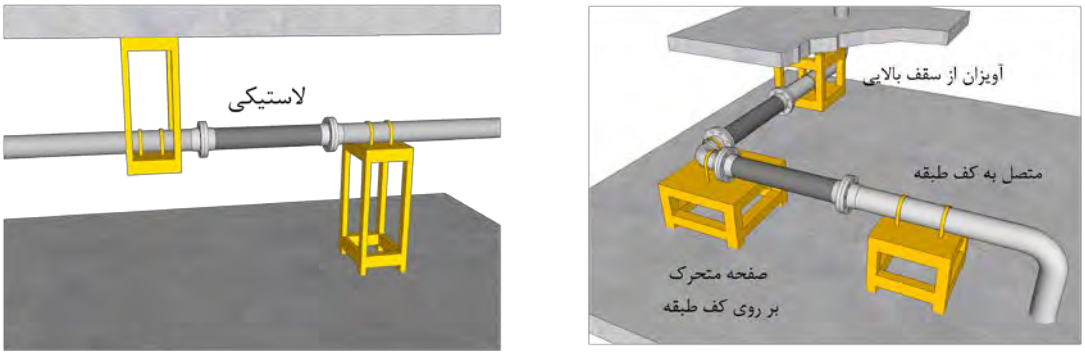
شکل ۱۴-۱۷۰- جزئیات اجرای لوله‌کشی‌ها در ساختمان جداسازی شده



تیپ U شکل



تیپ عمودی



تیپ افقی تیپ L شکل

شکل ۱۴-۱۷۱- حالت‌های مختلف قرارگیری لوله‌های دارای اتصالات انعطاف‌پذیر در تراز جداسازی

پ- سیم‌کشی‌های برق و مخابرات باید با طول اضافی کافی اجرا شوند. همچنین به‌منظور ایجاد شبکه همبندی و برقراری اتصال الکتریکی سازه جداسازی شده به زمین، لازم است بالا و پایین ستون‌ها در تراز جداسازی با استفاده از کابل‌های انعطاف‌پذیر به یکدیگر متصل شود.

۱۴-۹-۶- دوام سیستم جداساز

۱۴-۹-۶-۱- دوام در برابر شرایط محیطی

سیستم جداسازی باید بتواند شرایط محیطی و گذر عمر نظیر خزش، خستگی، دمای بهره‌برداری، در معرض حرارت بودن، فرسایش، رطوبت، آلودگی و برخورد ذرات آسیب‌رسان را تحمل نماید. به‌منظور محافظت از جداسازهای لاستیکی در مقابل عوامل مهاجم خارجی و جلوگیری از اکسیداسیون لاستیک و ایجاد تغییرات در جداساز در طول زمان، باید یک پوشش لاستیکی محافظ دور جداسازها کشیده شود. علاوه بر اکسیداسیون، خزش در طول زمان نیز باید موردتوجه قرار گرفته و در زمان ساخت تمهیدات لازم برای محدود نمودن آن در نظر گرفته شود. در مورد جداسازهای اصطکاکی، سطوح لغزش باید تمیز نگه داشته شود.

۱۴-۹-۶-۲- مقاومت در برابر آتش

الف- مقاومت سیستم جداساز در مقابل آتش به‌ویژه هنگامی که فضای تراز جداساز لرزه‌ای به‌عنوان پارکینگ یا انباری استفاده می‌شود و یا تراز جداسازی لرزه‌ای در میان طبقه ساختمان قرار دارد، باید تأمین گردد. مقاومت در برابر آتش برای سیستم جداساز باید حداقل مشابه میزان مقاومت موردنیاز در برابر آتش برای ستون‌ها، دیوارها یا سایر اعضای باربر ثقلی در همان محدوده از سازه باشد.

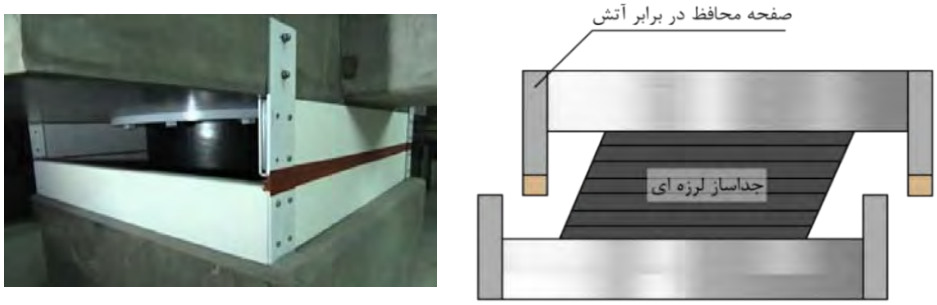
ب- اگر آتش بر ویژگی‌های رفتار جانبی جداساز اثر می‌گذارد، باید وسایل جداساز به‌گونه‌ای حفاظت شود تا مقاومت لازم در برابر بارهای ثقلی حفظ گردد و پایداری سایر اعضای سازه که توسط جداساز نگهداری می‌شود تأمین گردد.

پ- در صورت عدم‌اطمینان از مقاومت جداساز در برابر آتش، باید از تمهیداتی مانند به‌کارگیری پوشش‌های ضدحریق یا تخته‌های گچی در اطراف جداساز باهدف محافظت آن در برابر حرارت زیاد یا حریق استفاده شود. این پوشش‌ها یا صفحات محافظ که بر روی جداسازها به‌کار برده می‌شود، باید بتوانند انتقال حرارت به جداساز را به تعویق بیاندازند به گونه‌ای که ظرفیت باربری ثقلی مورد نیاز جداساز پس از قرار گرفتن در معرض آزمون آتش منطبق بر منحنی استاندارد زمان-دمای تجویز شده بر اساس ASTM E119 یا UL 263، برای مدت زمانی کمتر از مدت‌زمان مورد نیاز برای مقاومت در برابر آتش المان‌های سازه‌ای نصب شده در آن محدوده، مختل نشود. همچنین الزامات آیین‌نامه‌های معتبر داخلی باید برآورده گردد.

ت- صفحات محافظ آتش باید به‌گونه‌ای ایمن طراحی و نصب شوند تا از جداشدن، شل‌شدن و صدمه دیدن آن‌ها در برابر آتش جلوگیری گردد. همچنین لازم است ضمن حفظ یکپارچگی برای مقاومت در برابر آتش، با تغییرشکل‌های افقی و قائم ایجاد شده در جداساز لرزه‌ای سازگار باشند و نباید خللی در حرکت جداساز در حین زلزله ایجاد نمایند (شکل ۱۴-۱۷۲).

ث- هیچ جسم اشتعال‌زایی نباید در اطراف جداساز قرار داده شود.

ج- علاوه بر محافظت خود جداساز در مقابل حریق، باید فاصله بین صفحات پوشاننده کف با مواد انعطاف‌پذیر نسوز پر شود تا از گسترش آتش جلوگیری شود.



شکل ۱۴-۱۷۲- لزوم سازگاری صفحات محافظ آتش با تغییرشکل جداساز لرزه‌ای

۱۴-۹-۷- بازرسی‌های دوره‌ای و تعمیر و نگهداری

تمام جداسازها لازم است مطابق برنامه زمان‌بندی و چک‌لیست مورد تأیید مشاور، مورد بازدید دوره‌ای قرار بگیرند. انجام صحیح نگهداری و بازدید از جداسازها مستلزم همکاری مالک ساختمان، مدیریت ساختمان، پیمانکار ساختمان، شرکت مشاور و شرکت سازنده جداساز می‌باشد.

۱۴-۹-۷-۱- ضوابط کلی بازرسی دوره‌ای

الف- امکان دسترسی به تمامی اجزای سیستم جداسازی به منظور بازدید دوره‌ای، تعمیر و نگهداری آن‌ها باید فراهم گردد.

ب- برنامه بازرسی و نگهداری ایمن، به‌منظور تضمین پاسخ قابل‌اعتماد تجهیزات در طول دوره عمر مفید طراحی آن‌ها، باید توسط مشاور تهیه گردیده و به دستگاه نظارت تحویل شود. در این برنامه باید به توصیه‌های شرکت سازنده توجه گردد. به منظور یادآوری لزوم انجام بازدیدهای دوره‌ای در بازه‌های زمانی مشخص، لازم است یادداشت‌هایی در ساختمان قرار داده شود و تاریخ بازدیدهای انجام شده قبلی و تاریخ بازدید دوره‌ای بعدی در آن ثبت گردد و در معرض دید مالکین قرار داده شود.

پ- اجزای سامانه جداسازی باید به‌منظور ارزیابی تأثیر شرایط محیطی مانند تغییرات ناشی از گذشت زمان، خزش، خستگی، دما، رطوبت یا مواد خارجی مخرب، احتمال خوردگی و زنگ‌زدگی، اتصال بین لایه‌های جداسازهای اصطکاکی و مانند این موارد تحت بازرسی قرار بگیرند.

ت- بازرسی‌ها باید شامل بازرسی خود جداساز لرزه‌ای، کنترل آزادی حرکتی درزها، کنترل مسدود نبودن خندق پیرامونی، بررسی وضعیت قرارگیری روسازه نسبت به زیرسازه (شامل فواصل و زوایای قرارگیری)، کنترل تغییرمکان‌های افقی و عمودی روسازه، کنترل شاقولی بودن جداساز، کنترل اقدامات حفاظتی در مقابل آتش و کنترل آزادی حرکتی تأسیسات برقی و مکانیکی عبوری از تراز جداسازی (شامل لوله‌های آب، فاضلاب، آتش‌نشانی، گاز، برق و مخابرات) باشد.

ث- در برنامه بازرسی دوره‌ای سامانه جداسازی، اقدامات لازم برای بازرسی از وضعیت میراگرها نیز باید پیش‌بینی شود.

ج- بازرسی‌ها باید توسط پرسنل آموزش‌دیده و متخصص انجام پذیرد.

چ- بازرسی‌ها باید بر اساس چک‌لیست مورد تأیید مشاور انجام پذیرد. در گزارش‌ها باید از کلمات و عبارات صریح و بدون جانب‌داری استفاده گردد. همچنین گزارش‌ها باید حاوی ابعاد و اندازه‌های دقیق، عکس و در صورت لزوم فیلم‌برداری باشد. در این گزارش‌ها، عکس‌برداری از زوایای مختلف شامل ترک‌ها، تغییرشکل‌ها، خرابی‌ها، گسیختگی‌ها و موارد مشکوک حائز اهمیت است. گزارش بازرسی باید در چند نسخه تکثیر شده و در اختیار بازرس (یا شرکت بازرسی)، کارفرما، مشاور و دستگاه نظارت قرار داده شود تا مورد بررسی قرار گرفته و درصورت لزوم در بازرسی‌های بعدی مورداستفاده قرار گیرد.

۱۴-۹-۷-۲- انواع بازرسی‌های دوره‌ای

به طور کلی شش دسته بازدید برای جداسازها تعریف می‌شود که لازم است از زمان نصب جداسازها تا پایان عمر بهره‌برداری از آن‌ها موردتوجه قرار گیرد. تجهیزات جداساز لرزه‌ای شامل تکیه‌گاه‌های لاستیکی یا لغزنده، میراگرها، صفحه جداسازی شامل درز انقطاع لرزه‌ای و جزئیات پیرامونی، اتصالات حرکتی، سیم‌کشی‌ها و لوله‌های انعطاف‌پذیر تأسیسات که وارد ساختمان می‌شوند، باید مطابق تواتر زیر مورد بازرسی قرار گیرند:

۱) بازدید پس از نصب: این بازدید باید پس از تکمیل عملیات اجرایی نصب سیستم جداساز صورت گیرد و شامل مشاهده چشمی و اندازه‌گیری می‌باشد. کنترل‌ها باید بر اساس نقشه‌های موجود و با استفاده از ابزارهای اندازه‌گیری و

سنجش دقیق انجام گیرد. پس از انجام این بازدید، دستگاه نظارت باید نسبت به صدور مجوز بهره‌برداری از ساختمان اقدام نماید. این بازرسی‌ها باید موید حرکت آزادانه و بدون قید سازه تا بیشینه جابه‌جایی مورد انتظار باشند و همچنین اعضایی که از سطح جداسازی عبور می‌کنند نیز باید به نحوی ساخته شده باشند که بتوانند بیشینه جابه‌جایی مورد انتظار را تحمل نمایند.

نکات زیر در بازرسی پس از نصب باید موردتوجه قرار گیرد:

۱- موقعیت نصب جداساز و سایر اعضای متصل‌شونده به آن، باید بر اساس جزئیات نقشه‌های نصب ارائه شده توسط مشاور و یا سازنده تجهیزات باشد. در صورت وجود مغایرت با نقشه‌ها یا مشکلات در نصب، باید با نظر مشاور، اصلاحات لازم صورت گیرد.

۲- باید کنترل شود که قطعات یا اجزایی از سیستم جداساز در هنگام نصب و اجرا جا نمانده باشد. در صورت بروز خطا، باید سریعاً نسبت به رفع آن اقدام شود.

۳- در صورت اعمال ضربه فیزیکی شدید به جداساز در پروسه حمل یا نصب و یا وجود اشکالات مشهود فیزیکی در جداساز، باید از نصب آن ممانعت نمود و پس از بازرسی، جداساز معیوب باید برای تعمیر به شرکت تولیدکننده عودت داده شود.

۲) بازدید سالانه: این بازدید باید به صورت سالانه انجام شده و شامل مشاهده چشمی می‌باشد.

۳) بازدید دوره‌ای ۵ ساله: در شرایط عادی و به دور از وقوع زلزله، این بازدید باید هر ۵ سال یکبار انجام شود تا تاثیرات گذر زمان (سال‌خوردگی) و تاثیر شرایط محیطی (همچون خوردگی) مورد بررسی قرار گیرد. این بازدید شامل مشاهده چشمی و اندازه‌گیری می‌باشد. در این بازدید لازم است از ابزارهای اندازه‌گیری مشخصی استفاده شود و در صورت لزوم مطابق نظر دستگاه نظارت، باید نسبت به بیرون آوردن تجهیزات و آزمایش آن‌ها اقدام گردد.

۴) بازدید اضطراری: این بازدید باید پس از وقوع زلزله‌ای با حداقل شدت زلزله سطح سرویس و یا پس از وقوع هر نوع حادثه‌ای که به نوعی میراگرها را تحت تاثیر قرار می‌دهد (نظیر آتش سوزی، سیل و طوفان شدید)، انجام شده تا در صورت مشاهده علائم زوال، نسبت به تعمیر یا تعویض جداسازها اقدام شود. این بازدید شامل مشاهده چشمی می‌باشد.

۵) بازدید دقیق: این بازدید باید زمانی انجام شود که در حین سایر بازدیدها در یک یا تعدادی از جداسازها ایراد یا نقص اساسی مشاهده گردیده باشد. این بازدید شامل ارزیابی دقیق از طریق مشاهده چشمی و اندازه‌گیری می‌باشد.

۶) بازدید پس از تعمیر و بازسازی: این بازدید باید پس از انجام هر نوع عملیات تعمیر مربوط به سیستم جداسازی (مانند لوله‌های انعطاف‌پذیر و اتصالات حرکتی) و یا بازسازی ساختمان (شامل هرگونه ساخت‌وساز داخلی در تراز جداسازی یا هرگونه ساخت‌وساز در پیرامون ساختمان و محوطه‌سازی) که به نوعی جداسازها را تحت تأثیر قرار می‌دهد، انجام شده و شامل مشاهده چشمی و اندازه‌گیری می‌شود.

جزئیات بیشتر در خصوص روند انجام بازدیدها و شرح وظایف هر یک از اشخاص حقیقی و حقوقی دخیل در روند انجام بازدیدها در جدول ۱۴-۱۰ ارائه شده است. نحوه انجام ارزیابی روی جداسازهای مختلف و مواردی که لازم است مورد بازدید قرار گیرد در جدول ۱۴-۱۱ ارائه شده است.

جدول ۱۴-۱۰- جزئیات بازدیدهای شش گانه جداسازها

نوع بازدید	زمان انجام	مسئول انجام بازدید	نوع ارزیابی	مسئول کنترل نتایج ارزیابی
پس از نصب	پس از نصب	پیمانکار اصلی	مشاهده چشمی و اندازه‌گیری	مشاور
سالانه	۱ بار در سال	مالک ساختمان	مشاهده چشمی	مشاور
دوره‌ای ۵ ساله	هر ۵ سال یکبار	مالک ساختمان	مشاهده چشمی و اندازه‌گیری	مشاور
اضطراری	پس از وقوع حادثه	مالک ساختمان	مشاهده چشمی	مشاور
دقیق	پس از تشخیص ایراد	مالک ساختمان	مشاهده چشمی و اندازه‌گیری	مشاور
پس از بازسازی	پس از تعمیر یا بازسازی	مالک ساختمان	مشاهده چشمی و اندازه‌گیری	مشاور

جدول ۱۴-۱۱- جزئیات انجام بازرسی در سیستم جداسازی

سیستم جداساز	نوع بازرسی	
	مشاهده چشمی	اندازه‌گیری
جداسازها	• کنترل وضعیت ظاهری • اطمینان از عدم زنگ زدگی قطعات فلزی • اطمینان از عدم وجود ترک در اجزای فلزی و لاستیکی • کنترل پوشش لاستیکی محافظ • اطمینان از عدم زنگ زدگی و آسیب صفحات لغزش • کنترل وضعیت پوشش حفاظتی حریق جداساز	• کنترل ابعادی • اندازه‌گیری مقدار تغییرشکل افقی و قائم ایجاد شده در جداساز • کنترل تعداد و ابعاد پیچ‌های اتصال و اطمینان از سفتی آن‌ها
تراز جداسازی شده	• اطمینان از وجود درز افقی و قائم کافی در تراز جداسازی شده • اطمینان از عدم وجود قید برای حرکت افقی و قائم تراز جداسازی شده • کنترل اتصالات انعطاف‌پذیر به کار رفته در تاسیسات از منظر طول کافی و عدم وجود نشتی و آسیب در آن‌ها	• کنترل میزان درز افقی در تراز جداسازی شده (حداقل به اندازه تغییرشکل حداکثر تراز جداسازی شده تحت بیشینه زلزله مورد انتظار به علاوه ۵۰ میلی‌متر) • کنترل میزان درز قائم در تراز جداسازی شده (حداقل به اندازه ۵۰ میلی‌متر)

در انجام بازرسی‌ها موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

۱- بر اساس مشخصات فنی و دستورالعمل شرکت تولیدکننده جداساز، باید بازرس باتجربه در زمینه جداسازها، تمامی تجهیزات نصب شده را بر اساس چک‌لیست مورد تأیید مشاور، بازرسی و کنترل نماید. دوره زمانی بازدیدها باید توسط مشاور ارائه شود.

۲- در صورت مشاهده موارد مشکوک در حین بازرسی‌های دوره‌ای و به‌منظور اطمینان از عملکرد صحیح جداسازها، باید مطابق نظر مشاور آزمایش‌هایی برای ارزیابی اصطکاک لغزشی جداسازهای اصطکاکی و سختی جداسازهای لاستیکی انجام شود.

۳- در جداسازهای لاستیکی، لاستیک دور جداساز باید بادقت کنترل گردد. نباید آثاری از زوال و ترک‌خوردگی در لاستیک مشهود باشد. کنترل ضربه و صدمه وارد به لاستیک و سایر بخش‌های جداساز و همچنین کنترل شل‌شدگی یا ترک‌خوردگی یا زنگ‌زدگی در پیچ‌ها و واشرها دارای اهمیت می‌باشد. تمام بخش‌های فولادی برای کنترل خوردگی باید مورد بررسی قرار گیرند. پوشش رنگ محافظ بر اساس دستورالعمل شرکت سازنده باید کنترل گردد تا دچار پوسته‌شدگی نشده باشد. صفحات فولادی بالایی و پایینی جداساز باید با دقت کنترل گردد تا دچار ترک‌خوردگی و تغییرشکل نشده باشد. همچنین جابه‌جایی افقی و قائم جداساز، تغییرشکل پیچ و مهره‌ها و خوردگی فولاد باید مورد بازرسی قرار گیرد.

۴- در مورد جداسازهای لغزنده، بدنه اصلی جداساز باید به دقت مورد بازرسی قرار گیرد تا هرگونه اعوجاج یا تغییرشکل، شکستگی یا ترک‌خوردگی، تغییر رنگ، خوردگی یا زنگ‌زدگی، آسیب‌دیدگی یا چسبیدگی سطوح لغزنده به یکدیگر تعیین گردد.

۵- تمام پیچ‌ها و واشرها نیز برای کنترل شل‌شدگی، زنگ‌زدگی، ترک‌خوردگی یا شکستگی باید مورد بازرسی قرار گیرند.

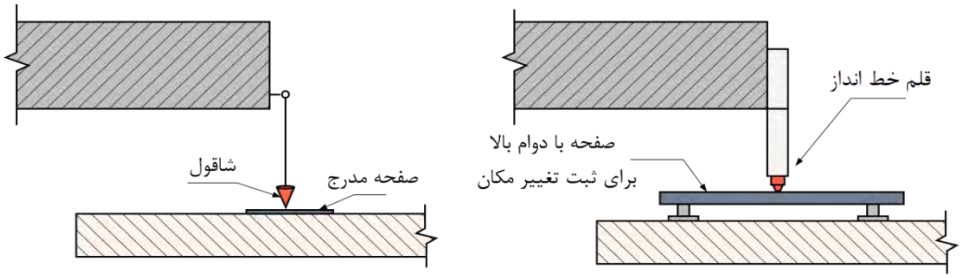
۶- بازرسی میراگرها باید شامل بازرسی چشمی تمامی میراگرها باشد. عدم وجود مشکلات ظاهری همچون صدمه یا ضربه، خوردگی یا زنگ‌زدگی، پوسته‌شدن رنگ محافظ، نشت، شل‌شدگی یا ترک‌خوردگی در پیچ‌ها و واشرها باید کنترل گردد.

۷- فواصل آزاد عمودی و افقی در اطراف جداساز و میراگر باید اندازه‌گیری و با مقادیر موجود در نقشه‌ها مطابقت داده شود و تغییرشکل‌های نامتعارفی در فواصل آزاد نباید رخ داده باشد. ضروری است تمامی اندازه‌گیری‌ها و مشاهدات همراه با عکس ثبت گردد.

۸- تمام مرزهای پیرامون ساختمان و فواصل آزاد پیش‌بینی شده برای حرکت آزادانه ساختمان جداسازی شده، باید مورد بازرسی قرار گیرد تا اطمینان حاصل شود که این فضاها توسط ساخت و سازهای بعدی یا انبار کردن مصالح پر نشده و فاصله آزاد، خالی نگاه‌داشته شده است. در حین بازرسی باید از زوایای مختلف، از این درزهای حرکتی عکس‌برداری گردد.

۹- تغییرمکان افقی، قائم و دوران ساختمان جداسازی شده باید اندازه‌گیری شده و مورد بررسی قرار گیرد.

۱۰- تغییرمکان افقی ساختمان جداسازی شده باید در فصل مشترک جداسازی لرزه‌ای کنترل شود. به‌منظور اندازه‌گیری تغییر مکان افقی باید از شاقول و یا قلم خط انداز (دستگاه ثبت دائمی تغییرمکان‌ها) استفاده شود. این تجهیزات باید از یک طرف به زیرسازه و از طرف دیگر به روسازه متصل گردند. نحوه استفاده از شاقول و قلم خط انداز در شکل ۱۴-۱۷۳ نمایش داده شده است.



شکل ۱۴-۱۷۳- نصب شاقول یا قلم خط انداز برای کنترل تغییرمکان افقی جداساز لرزه‌ای

۱۱- تغییرمکان جداسازها قبل از وقوع زلزله نباید از ۶ میلی‌متر و یا مقداری که در نقشه‌ها ذکر شده، بیشتر باشد. مقادیر تغییرمکان‌ها باید با مقادیر ثبت شده پس از اتمام عملیات ساخت مقایسه گردد.

۱۲- با توجه به احتمال وقوع خوردگی در تراز طبقه جداسازی شده، باید جزئیات ارائه شده توسط مشاور رعایت شود و در هنگام بازدیدهای دوره‌ای، عملکرد آنها کنترل گردد.

۱۳- در تراز جداسازی کلیه سیم‌کشی‌ها، لوله‌کشی‌ها و اتصالات آن‌ها به سقف و دیوارها باید بررسی شود تا مسائلی همچون خوردگی یا زنگ‌زدگی، گره‌خوردگی یا پیچیدگی، ترک‌خوردگی یا شکستگی رخ نداده باشد. مسیر آب باران، فاضلاب و آبرسانی برای کنترل نشتی باید بازرسی شود. باید کنترل شود که وضعیت تمامی تجهیزات مطابق با نقشه‌ها باشد و بعد از اتمام عملیات ساختمانی لوله‌ای اضافی در تراز جداسازی کشیده نشده باشد. هر مشکل یا مورد مشکوکی باید در گزارش منعکس گردد.

۱۴-۹-۸- تعویض

اگرچه اغلب سیستم‌های جداسازی پس از زلزله به تعویض نیاز ندارند، با این حال در مواردی پس از بروز زلزله، جداسازها و یا میراگرها کارآیی خود را از دست داده و نیاز به تعویض آن‌ها به وجود می‌آید. از این رو باید امکانات و تمهیدات لازم برای تعویض تجهیزات جداسازی در شرایط خاص پیش‌بینی شود.

۱۴-۱۰- اجزای غیر سازه‌ای

۱۴-۱۰-۱- آماده سازی عناصر و مصالح موجود

جزء غیرسازه‌ای موجود و سازه مربوط به آن برای بهسازی باید مورد بازدید قرار گیرد و هرگونه رنگ، آلودگی و زنگ‌زدگی احتمالی که اتصال اجزا را مختل می‌کند باید از روی سطح زدوده و در صورت وجود یا بروز هرگونه ناهمواری در سطح اتصال اجزای غیرسازه‌ای، سطح موردنظر تسطیح و هموار گردد. در صورت نیاز به برداشتن پوشش‌های معماری، سطوح اتصال با روش‌های مناسبی باید مضرس گردد و در صورت اتصال سطوح بتنی، سطح بتنی باید مرطوب شود.

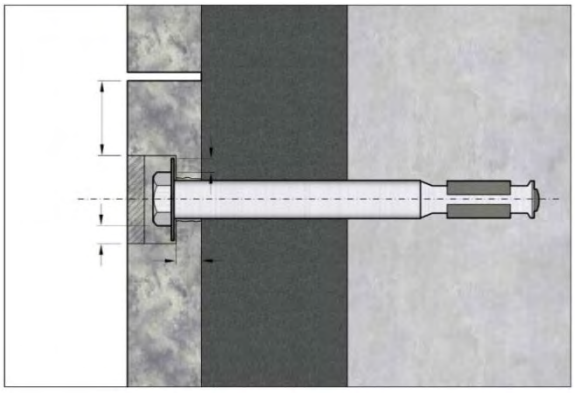
۱۴-۱۰-۲- اجزای معماری

۱۴-۱۰-۲-۱- نماهای خارجی

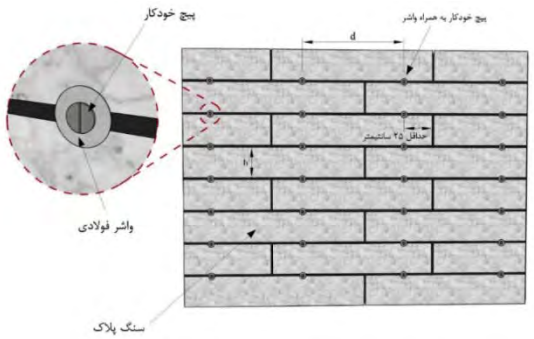
الف- نماهای صلب، سنگین و یا ترد (غیرشکل‌پذیر) نباید مستقیماً به قاب‌های ساختمانی نسبتاً انعطاف‌پذیر متصل باشند.

ب- قطعات و اتصالات مربوط به نگهداری نماها باید قادر به تحمل نیروها و تغییرشکل‌های ناشی از زلزله باشند.

پ- در مواردی که نماهای سنگی به صورت مستقیم به جداکننده‌ها متصل شده باشند، باید آنها را با پیچ مهار کرد. جزئیات در شکل ۱۴-۱۷۴ و شکل ۱۴-۱۷۵ ذکر شده است.



شکل ۱۴-۱۷۴- جزئیات مهار سطحی به‌وسیله اتصال مکانیکی در روی سنگ



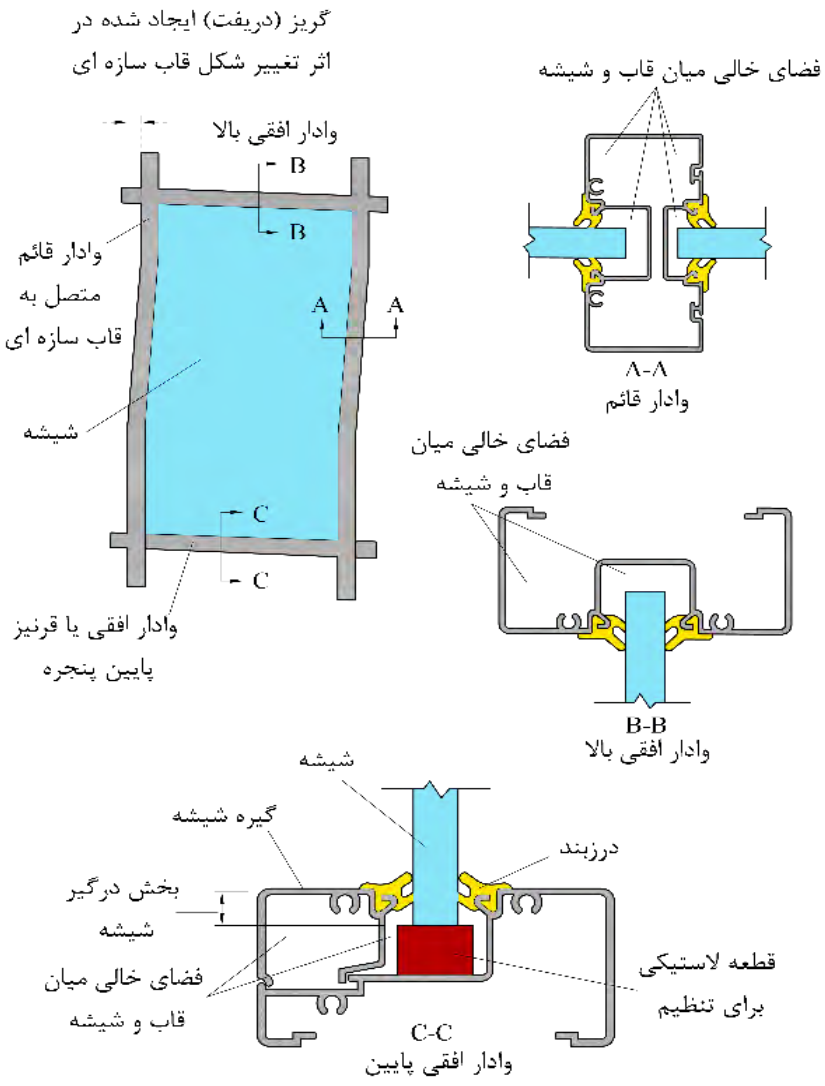
شکل ۱۴-۱۷۵- جزئیات مهار سطحی به‌وسیله اتصال مکانیکی در محل درز

۱۴-۱۰-۲-۲- نماهای شیشه‌ای

الف- در ساختمان‌های موجود در نماهای شیشه‌های معمولی باید با شیشه‌های آب‌دیده حرارتی مطابق استاندارد شماره INSO-2385 تعویض شود.

ب- برای نگه‌داشتن خرده‌های شیشه و جلوگیری از پخش آن‌ها هنگام شکستن، استفاده از طلق مخصوص (برچسب شیشه دارای حداقل ضخامت ۸۰ میکرون) مجاز است.

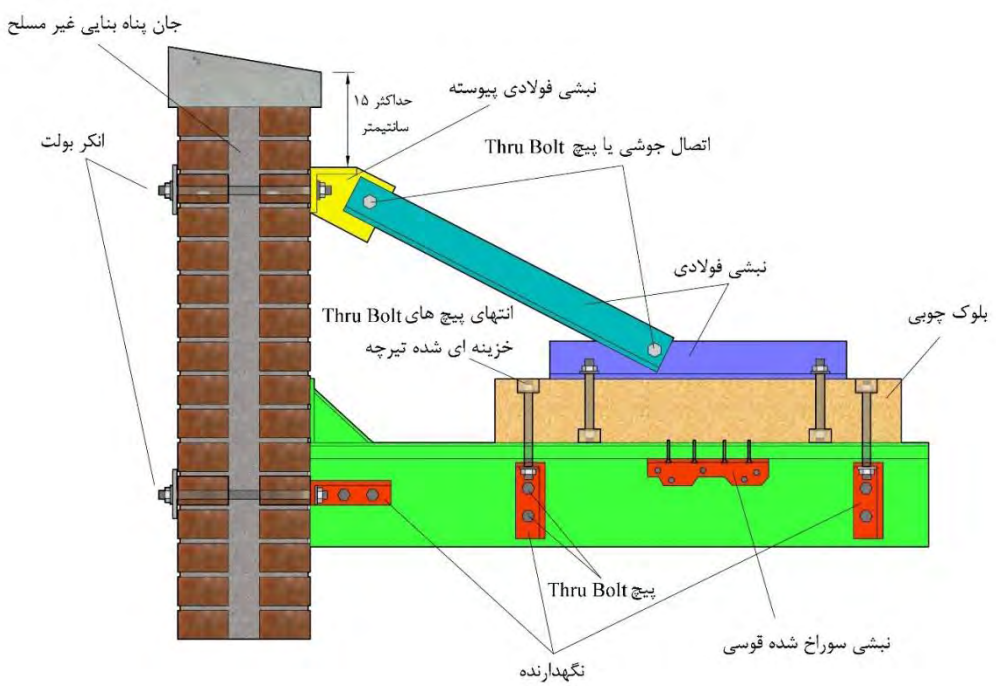
پ- در مواردی که مساحت شیشه‌ها بزرگ باشد، لازم است با بریدن و کوچک کردن شیشه‌های موجود و ایجاد فاصله مناسب جهت تأمین جابه‌جایی نسبی قاب و ضخیم کردن نوار پلاستیکی فاصله قاب تا شیشه را افزایش داد تا در هنگام زلزله شیشه‌ها خرد نشوند. فاصله قاب تا شیشه با توجه به ابعاد قاب باید توسط مشاور محاسبه شود. جزئیات بهسازی نمای شیشه‌ای در شکل ۱۴-۱۷۶ نشان داده شده است.



شکل ۱۴-۱۷۶- جزئیات بهسازی نمای شیشه‌ای

۱۴-۱۰-۲-۳- جان‌پناه‌ها و پیش‌آمدگی‌ها

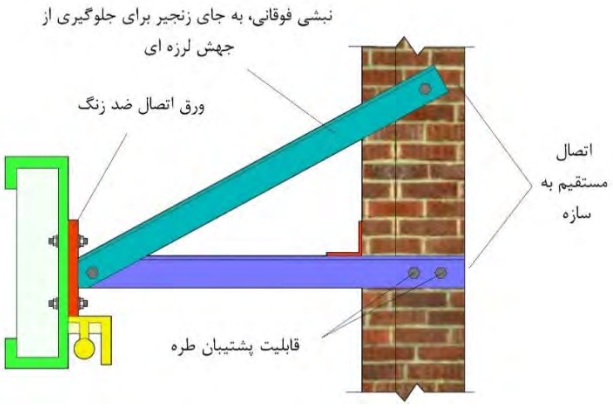
در شکل ۱۴-۱۷۷ جزئیات مهار جان‌پناه بنایی غیرمسلح نشان داده شده است. اندازه اتصالات و شیوه اجرا باید توسط مشاور ارائه گردد.



شکل ۱۴-۱۷۷- جزئیات بهسازی نمای شیشه‌ای

۱۴-۱۰-۲-۴- سایه‌بان‌ها

الف- در شکل ۱۴-۱۷۸ جزئیات اجرایی نصب سایه‌بان و تابلو نشان داده شده است. جزئیات اتصالات و اجزا باید توسط مشاور ارائه شود.



شکل ۱۴-۱۷۸- جزئیات اجرایی بهسازی سایه‌بان‌ها و تابلوها

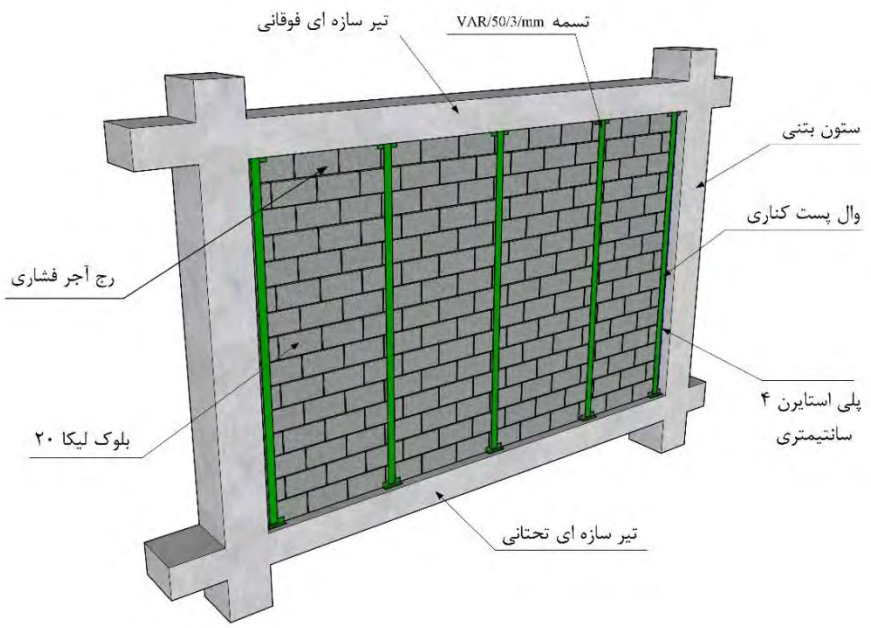
ب- برای جلوگیری از خطرات احتمالی در اثر زلزله در محل‌هایی که بادبند وجود دارد نباید بین بادبند با دیوار پر شود و در صورت نیاز باید یک یا دوطرف بادبند دیوار کشیده شود.

پ- برای بهسازی لرزه‌ای نما باید الزامات ضابطه شماره ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه و پیوست شماره ۶ استاندارد ۲۸۰۰ (ویرایش چهارم) رعایت گردد.

۱۴-۱۰-۲-۵- دیوارهای غیربابر و جداکننده‌های سنگین

الف- جداکننده‌های سنگین باید در جهت خارج از صفحه مقید شده و برای حرکت درون صفحه‌ای نیز دارای اتصالات آزاد باشند. بدین منظور باید از نبشی یا ناودانی فولادی متصل به دال سازه‌ای بالای دیوار در دو سمت دیوار استفاده کرد. استفاده از پروفیل‌های فولادی به‌صورت پیوسته یا منقطع مجاز است.

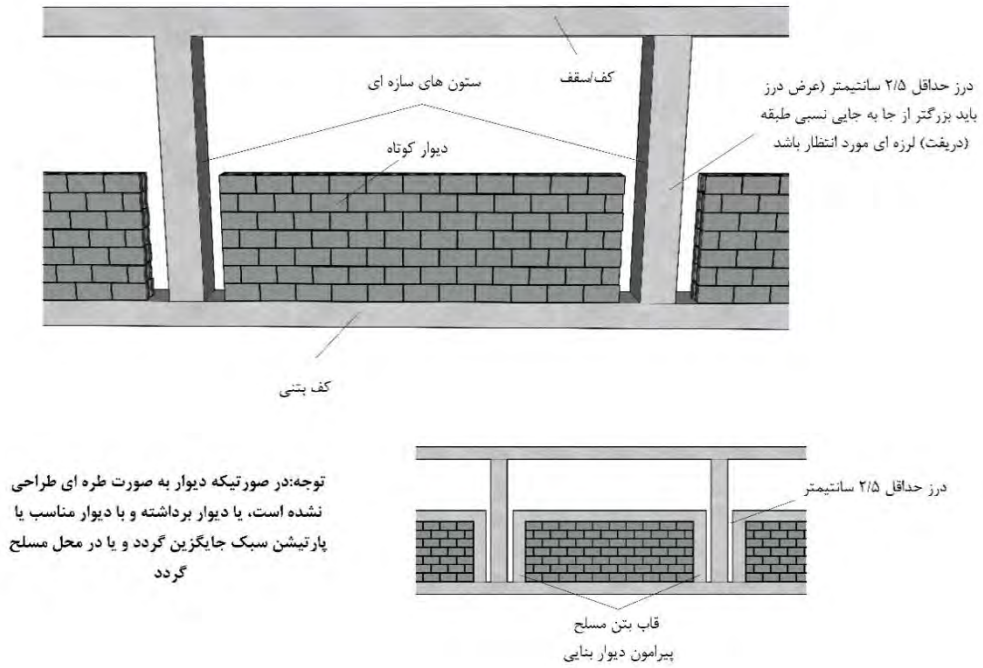
ب- شکل ۱۴-۱۷۹، جزئیات بهسازی لرزه‌ای دیوارهای میانقاب غیر سازه‌ای را نشان می‌دهد. تعداد و نوع وال‌پست‌ها با توجه به پیوست شماره ۶ استاندارد ۲۸۰۰ (ویرایش چهارم) و فصل هشتم این ضابطه باید توسط مشاور تعیین گردد.



شکل ۱۴-۱۷۹- جزئیات اجرایی بهسازی لرزه‌ای دیوارهای میان قاب غیرسازه‌ای

پ- در صورتی که از جداکننده‌ها به‌عنوان مهار جانبی دیگر اعضای غیرسازه‌ای استفاده می‌گردد، جداکننده و مهارهای‌لازم باید توسط مشاور کنترل گردند.

ت- جداکننده‌هایی که تمام ارتفاع طبقه را پوشش نمی‌دهند (دیوار کوتاه) باید از قاب سازه‌ای جدا گردند، زیرا در غیراین‌صورت باعث تشکیل "ستون‌کوتاه" و آسیب‌دیدگی ستون‌های اطراف دیوار می‌گردد. جزئیات مربوط در شکل ۱۴-۱۸۰ ارائه شده است.



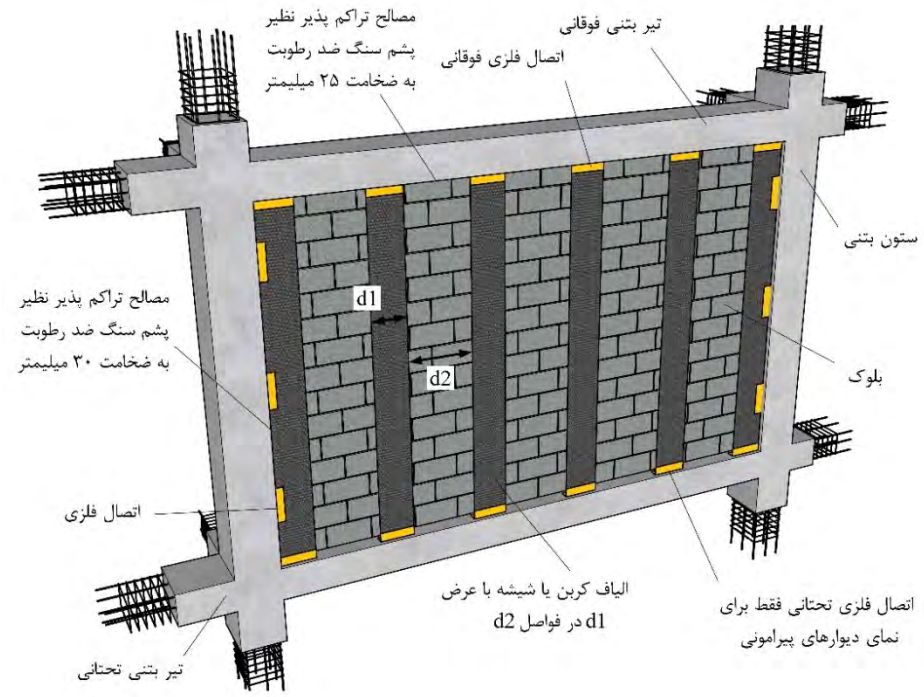
شکل ۱۴-۱۸۰- جزئیات مربوط به اتصال جداکننده‌ها با سقف و ستون‌های اطراف

۱۴-۱۰-۲-۶- بهسازی لرزه‌ای دیوار با شبکه الیاف

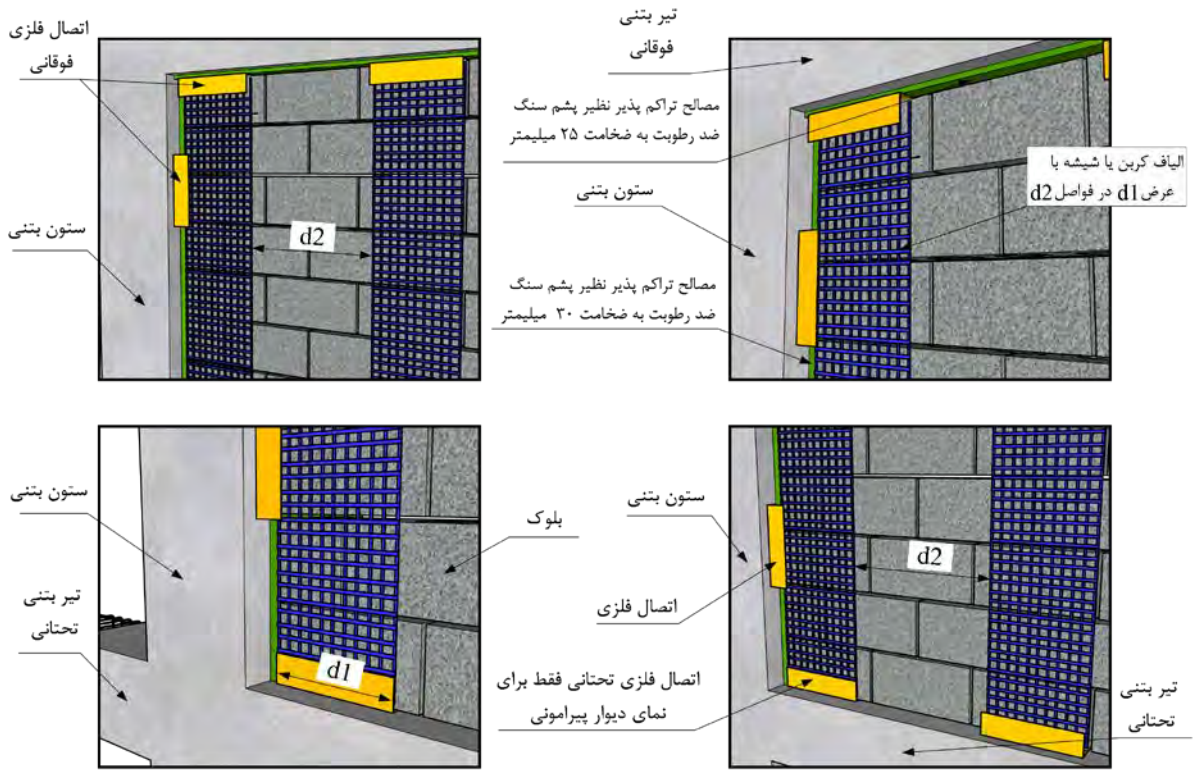
الف- این روش در هنگامی‌که خمش دیوار در یک طرف و قائم در نظر گرفته می‌شود، مجاز است. یک روش مهار لرزه‌ای دیوارها، تسلیح با شبکه الیاف می‌باشد. در این روش خمش دیوار، یک‌طرفه و درراستای قائم می‌باشد، بنابراین دیوار نیازی به مقیدکننده ندارد و محدودیتی در طول دیوار وجود ندارد. در این حالت در لبه‌های دیوار و کنار بازشوها باید از نوار شبکه الیاف استفاده شود. در این روش، ابتدا نازک‌کاری باید در محل نوارها برداشته و نوارهای شبکه از الیاف کربن یا شیشه با اجرای زیرسازی بر روی دیوار قرار داده شده و نازک‌کاری دوباره بر روی آن به‌صورت دستی اجرا شود. بعد از اجرای لایه اول، باید نبشی مهار خارج صفحه دیوار در بالا و پایین دیوار اجرا شده و لایه نهایی نازک‌کاری دیوار بر روی نبشی اجرا شود. توجه شود که نازک‌کاری نباید از حرکت آزاد در داخل صفحه دیوار جلوگیری نماید. در صورت وجود حداقل ۵۰ میلیمتر کف‌سازی به نحوی‌که پایین دیوار در داخل آن قرارگیرد، نیازی به اجرای نبشی پایین نمی‌باشد. جزئیات اجرایی مربوط در شکل ۱۴-۱۸۱ و شکل ۱۴-۱۸۲ و ارائه شده است.

ب- استفاده از ژئوگریدهایی که ساختار شبکه‌ای پلیمری داشته و از نخ و الیاف تشکیل نشده‌اند و پارچه الیافی که عموماً در ساختارهای کامپوزیت FRP مورداستفاده قرار می‌گیرد، مجاز نمی‌باشد.

پ- الیاف شیشه مورد استفاده در محیط سیمانی حتماً باید از الیاف شیشه مقاوم به قلیا باشند. برای آگاهی بیشتر به پیوست ۶ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش آخر بند پ-۶-۱-۴-۲-۱۱-۱ مراجعه شود.



شکل ۱۴-۱۸۱- بهسازی لرزه‌ای دیوارها با استفاده از نوارهای شبکه الیاف



شکل ۱۴-۱۸۲- جزئیات بهسازی لرزه ای دیوارها با شبکه الیاف

۱۴-۱۰-۲-۷- بهسازی لرزه‌ای راه پله

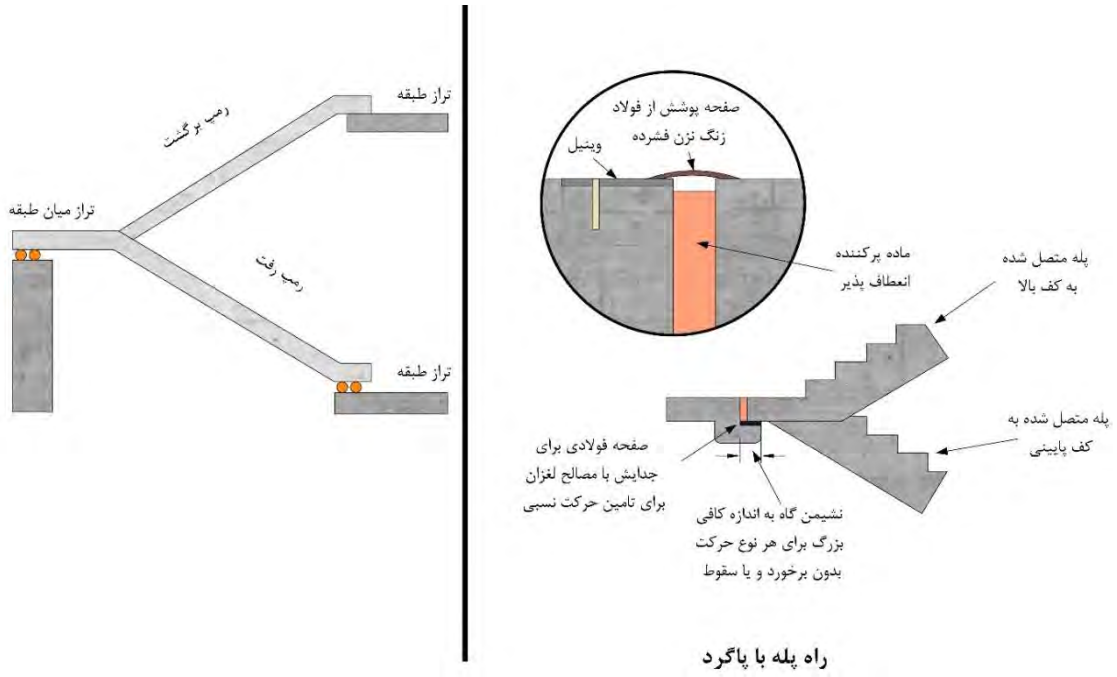
الف- جهت جلوگیری از باربری لرزه‌ای پله‌ها، لازم است جزئیات نشیمن راه‌پله در محل پاگرد به گونه‌ای تغییر داده شود که در یک کف، ثابت بوده و در کف دیگر دارای اتصال لغزنده باشد تا اجازه حرکت موازی با جهت پله فراهم شود. نمونه‌ای پیشنهادی در شکل ۱۴-۱۸۳ آمده است.

ب- در پله‌های سبک لازم است از اتصالاتی با سوراخ‌های لوبیایی برای جداسازی پله از کف‌های متصل و جلوگیری از خرابی ناشی از تغییرمکان‌های بین‌طبقه‌ای استفاده گردد.

پ- اگر نرده پله‌ها با مصالح ترد مانند مصالح بنایی غیرمسلح، سفال‌کاری مجوف و... ساخته شده باشد، باید یا دارای درزهای اجرایی لازم بوده و یا اینکه با مصالح سبک دیگری جایگزین شوند تا از آوار و خطرات ناشی از سقوط مصالح در پله‌ها جلوگیری شود.

ت- لوله‌ها، چراغ‌ها، چراغ‌های اضطراری یا کانال‌ها باید دارای مهاربند باشند تا از خطر سقوط و ایجاد آوار درپله جلوگیری شود.

ث- موارد مندرج در بند ۱۴-۵-۵-۷ این فصل نیز مورد توجه قرار گیرد.

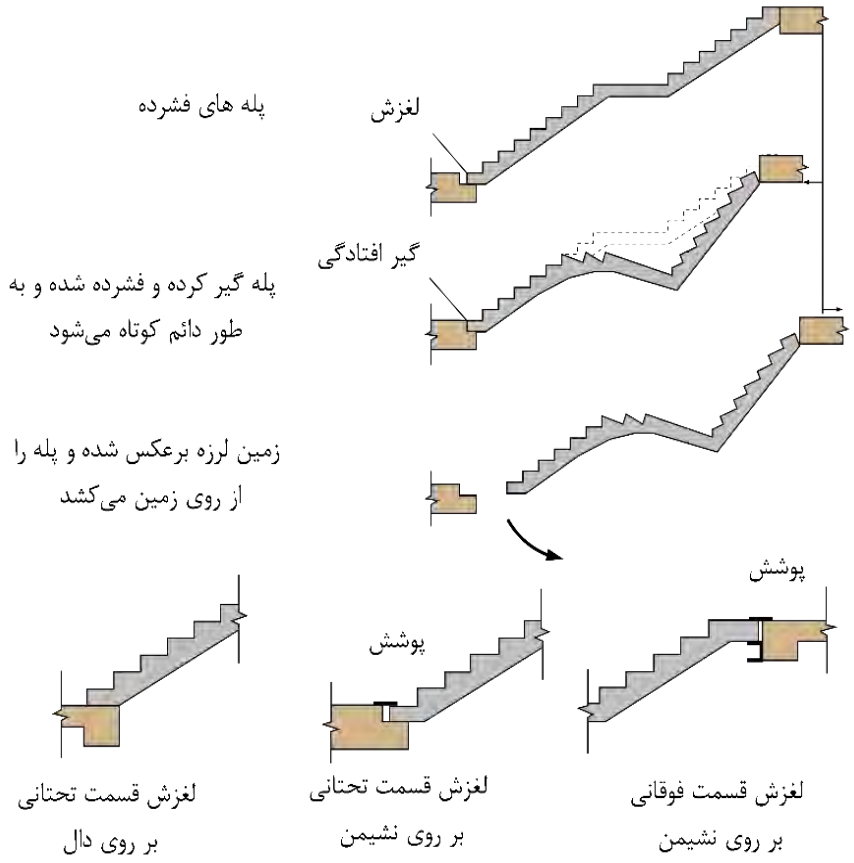


شکل ۱۴-۱۸۳- جزئیات بهسازی راه پله

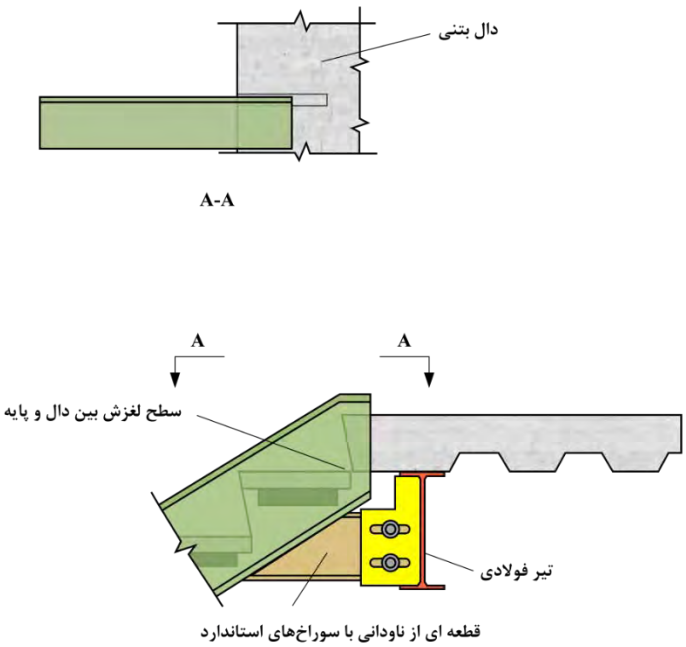
۱۴-۱۰-۲-۷-۱- اتصالات پلکان

الف- اتصالات لغزشی انتهای پله به‌صورت بتنی و فولادی باید با توجه به جزئیات شکل ۱۴-۱۸۴ و شکل ۱۴-۱۸۵ اجرا شود. طول لغزش باید در نقشه‌های اجرایی ارائه شده باشد.

ب- اگر پاگردهای پله با مصالح ترد مانند مصالح بنایی غیرمسلح، آجر سفالی توخالی، و یا بلوک‌های شیشه‌ای ساخته شده باشند، باید با استفاده از حفاظ مناسب از پخش آوار جلوگیری نمود. باید مهارهایی برای لوله‌ها، چراغ‌ها، چراغ های اضطراری و داکت‌ها در نظر گرفته شود تا از خطر ریزش آوار در راه‌پله جلوگیری شود.



شکل ۱۴-۱۸۴- ایجاد فشار یا فروریزش پله به دلیل عدم تأمین سطح لغزش مناسب در پله‌های پیش‌ساخته



شکل ۱۴-۱۸۵- اتصال لغزشی برای تیر افقی پله فولادی

۱۴-۱۰-۲-۸- بهسازی سقف‌های کاذب

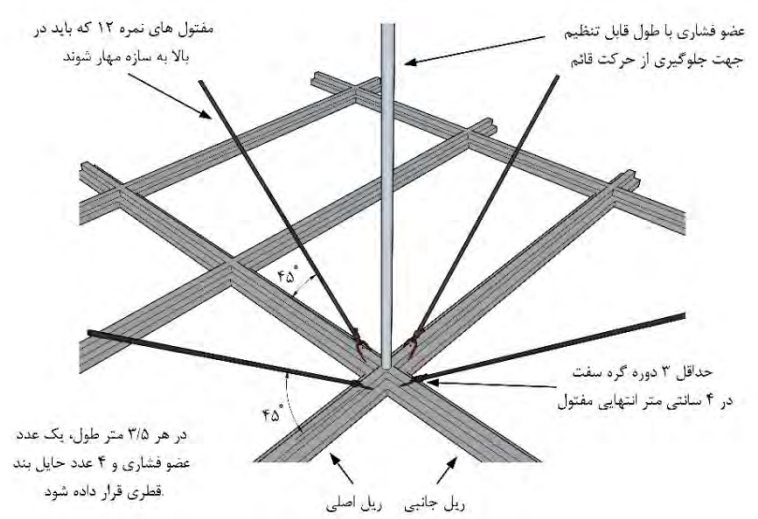
الف- چنانچه سقف کاذب با مصالح تردشکن مانند شیشه ساخته شده باشد، باید جمع‌آوری گردد و مطابق با بندهای مربوطه در استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش آخر آن، بررسی و مجدداً اجرا گردد.

ب- برای نصب المان‌های جدید به سقف سازه‌ای لازم است از چکش‌های فشنگی استفاده گردد. در این صورت باید نحوه عمل و نوع فشنگ مورداستفاده به تصویب دستگاه نظارت برسد.

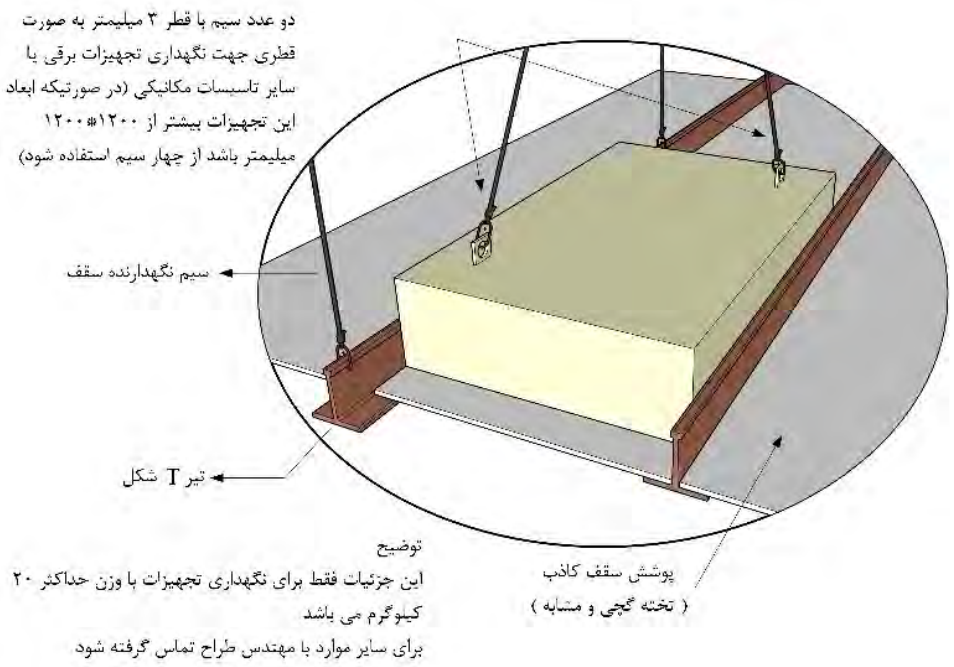
پ- ایجاد درز انقطاع در اطراف سقف به‌منظور تأمین فضا برای تغییر مکان‌های ناشی از نیروهای جانبی ضروری است.

ت- نحوه بهسازی لرزه‌ای سقف‌ها باید مطابق با شکل ۱۴-۱۸۶ و شکل ۱۴-۱۸۷ اشد. سایر جزئیات شامل اندازه‌ها و مصالح مصرفی باید در نقشه‌های اجرایی ارائه شده باشد.

ث- الزام مندرج در فصل هشتم این ضابطه درباره ساخت سقف‌های کاذب نیز باید موردتوجه قرار گیرد.



شکل ۱۴-۱۸۶- جزئیات اضافه نمودن المان‌های جدید برای سقف کاذب



شکل ۱۴-۱۸۷- جزئیات اضافه نمودن المان‌های جدید برای تجهیزات در سقف های کاذب (لازم به ذکر است که سیم های نگهدارنده تجهیزات نیز باید به‌صورت مورب در جهات مختلف اجرا گردند)

۱۴-۱۰-۳- اجزای تأسیساتی (مکانیکی، برقی،رایانه‌ای و غیره)

۱۴-۱۰-۳-۱- انشعابات

الف- لازم است از شیر قطع اتوماتیک گاز حساس به زلزله که با قطع اتوماتیک جریان گاز در زمان زلزله از نشتی گاز جلوگیری می‌نماید استفاده شود.

ب- لوله‌هایی که به شبکه شهری وصل می‌گردند، باید در محل اتصال از اتصالات و لوله‌های انعطاف‌پذیر استفاده گردد.

۱۴-۱۰-۳-۲-۲- تجهیزات و تأسیسات مکانیکی، الکتریکی و ارتباطی

۱۴-۱۰-۳-۲-۱-۲- اجزای مکانیکی

الف- اتصالات مدفون در بتن باید قادر به تحمل نیروهای رفت و برگشتی باشند.

ب- اجزائی که بر روی سیستم‌های جداکننده ارتعاشی قرار دارند باید در هر جهت افقی دارای ضربه‌گیر یا کمک‌فنر باشند. برای اتصالات پیچی به کف‌های فلزی که در آنها سخت‌کننده به کار رفته باشد، باید از واشر استفاده شود.

پ- در اتصالات پیچی در صورتی‌که کف تقویت نشده و یا قادر به انتقال بار نباشد، باید با استفاده از یک صفحه فلزی نسبت به تعبیه واشرهای مسطح با اندازه‌ای بزرگ‌تر از پیچ‌ها و یا هرگونه تقویت دیگر اقدام گردد.

ت- تجهیزاتی که برروی جداگرهای ارتعاشی نصب می‌شوند، باید در هر دو جهت افقی دارای ضربه‌گیر یا قطعه مستهلک‌کننده باشند و در مواردی برای مقابله با واژگونی، از قیود قائم استفاده گردد. پوشش جداگر (ایزولاتور) و مهارها باید از مواد شکل‌پذیر ساخته شده باشد. لازم است از یک صفحه از جنس ویسکوالاستیک یا مواد مشابه با ضخامت کافی بین سپر ضربه‌گیر و تجهیزات استفاده شود تا بار ضربه‌ای را محدود سازد.

ث- از مهارهای انبساطی برای تجهیزات مکانیکی که از لحاظ ارتعاشی ایزوله نشده‌اند و دارای توان بالای ۱۰ اسب بخار (۴۵,۷ KW) می‌باشند، نباید استفاده نمود.

ج- برای تجهیزات مکانیکی‌که توسط مهارهایی که بعد از سوراخ‌کردن و گروت‌ریزی در محل، به تکیه‌گاه متصل می‌شوند و تحت بارگذاری کششی قرار می‌گیرند، باید از سیمان منبسط‌شونده یا گروت اپوکسی منبسط‌شونده استفاده شود.

چ- بارهای وارده ناشی از جابه‌جایی نسبی تأسیسات یا خطوط سرویس‌دهی منتهی به آن‌ها که به سازه‌های جدا از هم متصل‌هستند، باید توسط مشاور یا طراح سازه مورد ارزیابی قرار گیرد.

ح- باتری‌هایی که در قفسه‌ها قرار می‌گیرند، باید دارای قیود پیرامونی باشند، به‌گونه‌ای که از نیفتادن باتری‌ها از قفسه اطمینان حاصل شود. در بین این قیود پیرامونی و سلول‌های باتری از جداگر استفاده شود تا از خسارت به آن‌ها جلوگیری شود. به علاوه قفسه‌ها باید دارای مقاومت جانبی کافی باشند.

خ- اتصال قطعات اضافی خارجی با وزن بیش از ۴۵ کیلوگرم به اجزاء، اگر توسط سازنده انجام نشده باشد، باید به‌طور خاص توسط مشاور یا طراح سازه مورد ارزیابی قرار گیرد.

۱۴-۱۰-۳-۲-۲-۲- اجزاء الکتریکی و ارتباطی

الف- سیم‌پیچی‌های داخلی ترانسفورماتورهای نوع خشک باید به‌صورت مثبت به کف سازه نگهدارنده خود در درون محفظهٔ ترانسفورماتور متصل گردند.

ب- پانل‌های الکتریکی کنترل تجهیزات رایانه‌ای، مخابراتی و سایر مواردی‌که دارای اجزای کشویی یا طبقه‌بندی هستند، باید دارای مکانیزمی برای نگهداشتن اجزاء در مکان خود باشند.

پ- در مواردی‌که لوله حفاظ، سینی کابل، یا اجزای توزیع الکتریکی و ارتباطی مشابه، به سازه‌هایی متصل و قابلیت تغییرمکان نسبت به یکدیگر را دارا باشند، یا برای سازه‌های جداسازی شده که در آن‌ها چنین اجزایی از سطح جداشدگی عبور می‌کنند، اجزاء باید به‌گونه‌ای اجرا شوند که جابه‌جایی‌های نسبی لرزه‌ای را تحمل نموده و در صورت امکان در این موارد از مصالح انعطاف‌پذیر در محل جداشدگی استفاده گردد.

ت- تکیه‌گاه‌های اعضای غیرسازه‌ای، مهاربندها، قاب‌ها، پدستال‌ها، کابل‌ها، برج‌ها، ضربه‌گیرپایه‌ها و حائل‌های آن‌ها باید برای بارها و جابه‌جایی‌های ناشی از زلزله توسط مشاور کنترل گردند.

۱۴-۱۰-۳-۲-۳- انواع اتصال اجزای مکانیکی، الکتریکی و ارتباطی به سازه

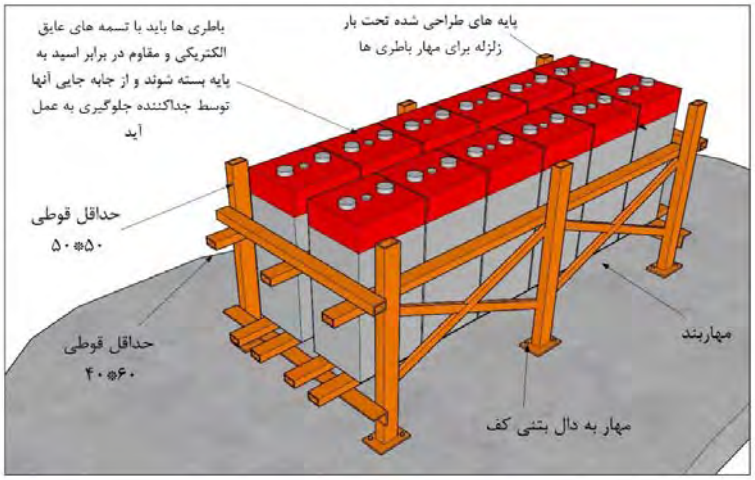
برای اتصال اجزای مکانیکی، الکتریکی و ارتباطی به سازه باید از یکی از اتصالات ذیل استفاده شود:

- اتصال صلب به کف طبقه یا بام
- اتصال تجهیزات به صورت آویزان یا معلق
- اتصال به کف با استفاده از جداساز لرزه‌ای
- اتصال تجهیزات به صورت نصب بر روی دیوار

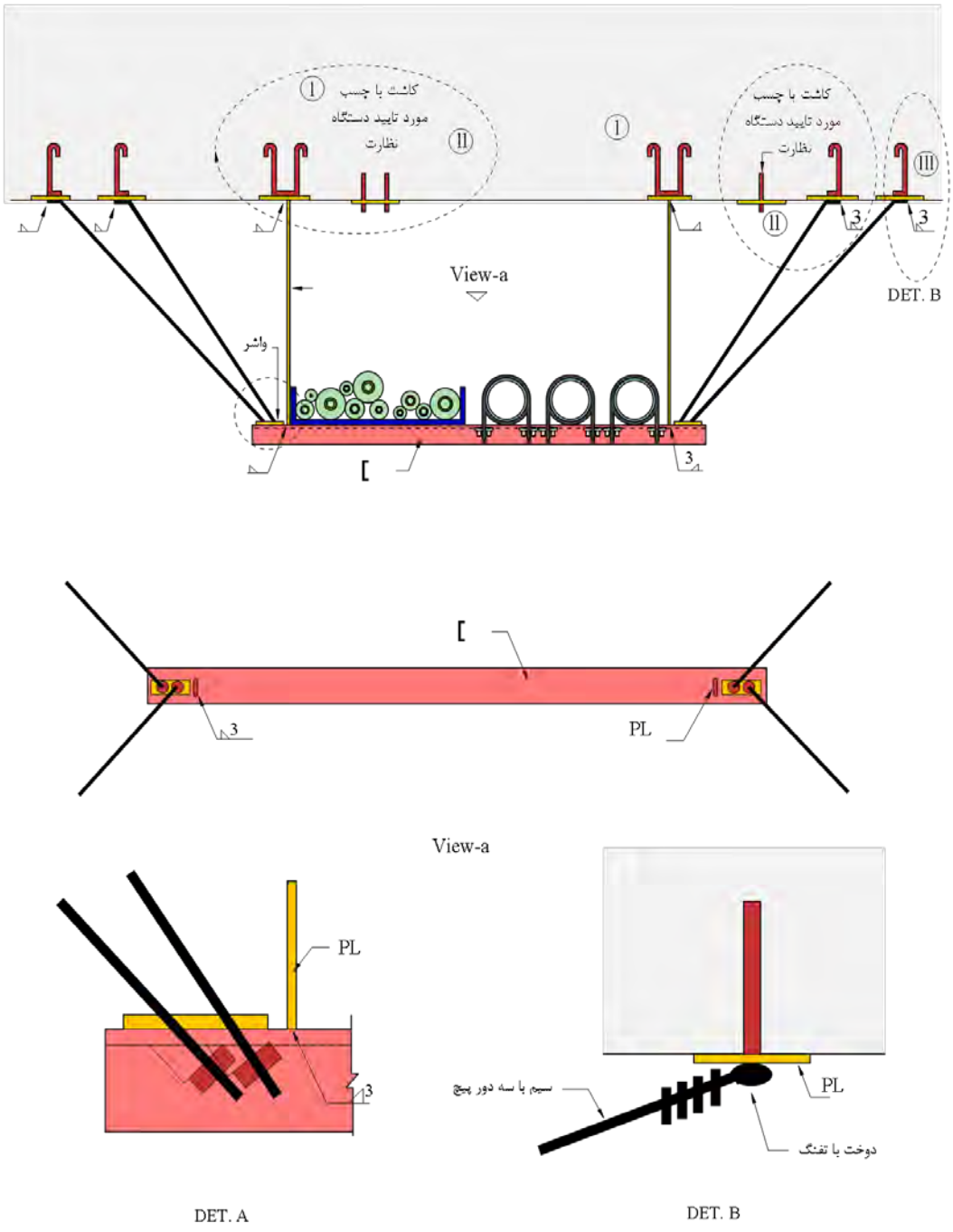
برای جزئیات بیشتر به ضابطه شماره ۷۴۳ سازمان برنامه و بودجه مراجعه شود.

۱۴-۱۰-۳-۲-۴- کانال‌ها، لوله ها و سینی‌های انتقال کابل‌های برقی و رایانه‌ای

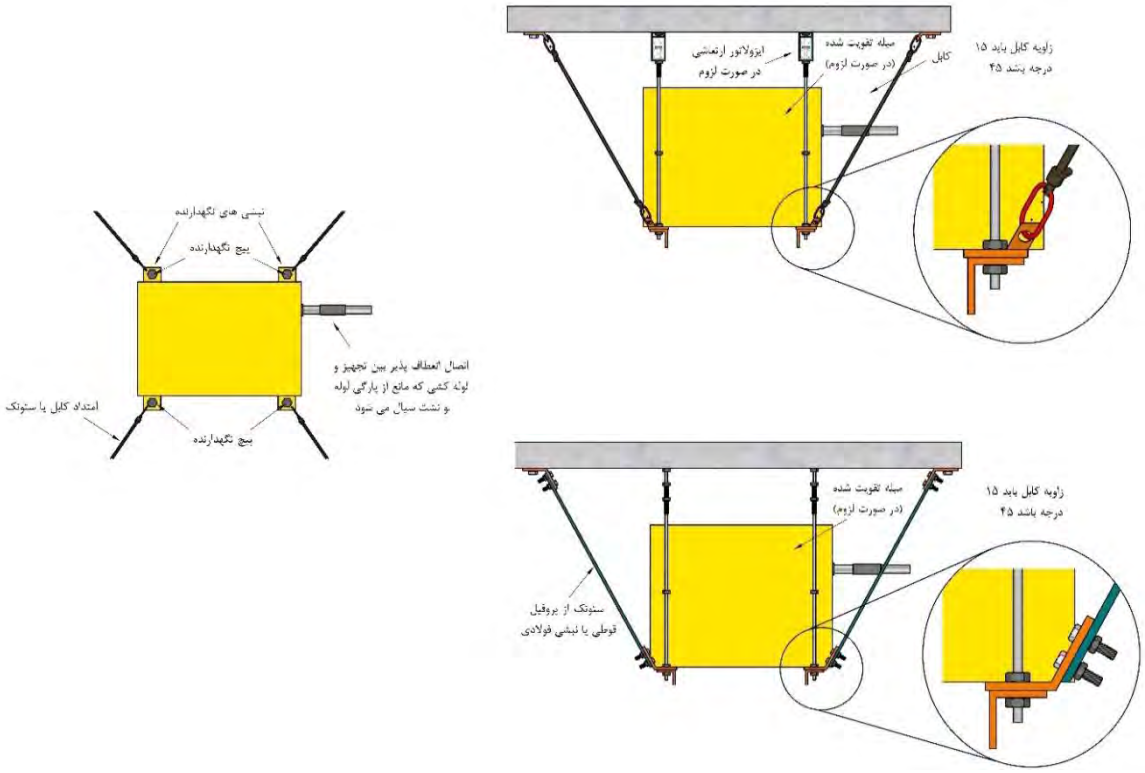
الف- سیستم لوله‌ها، داکت‌ها و سینی کابل‌ها باید قابلیت سرویس‌دهی خود را پس از زلزله حفظ کنند. این تأسیسات شامل شبکه اطفای حریق و سیستم تهویه هوا، سیستم‌های کنترل بیماری‌های خاص، لوله‌های گاز پزشکی و سیستم کنترل تهویه و رطوبت، اتاق عمل و اتاق‌های قرنطینه در بیمارستان‌ها و یا شبکه‌های داده در بانک‌ها و کابل‌های ارتباطی مراکز مخابراتی می‌باشند. در شکل ۱۴-۱۸۸ تا شکل ۱۴-۱۹۴ جزئیات ارائه شده است. المان‌ها، اندازه‌ها و ابعاد باید توسط مشاور در نقشه‌ها و جزئیات فنی ارائه شده باشد.



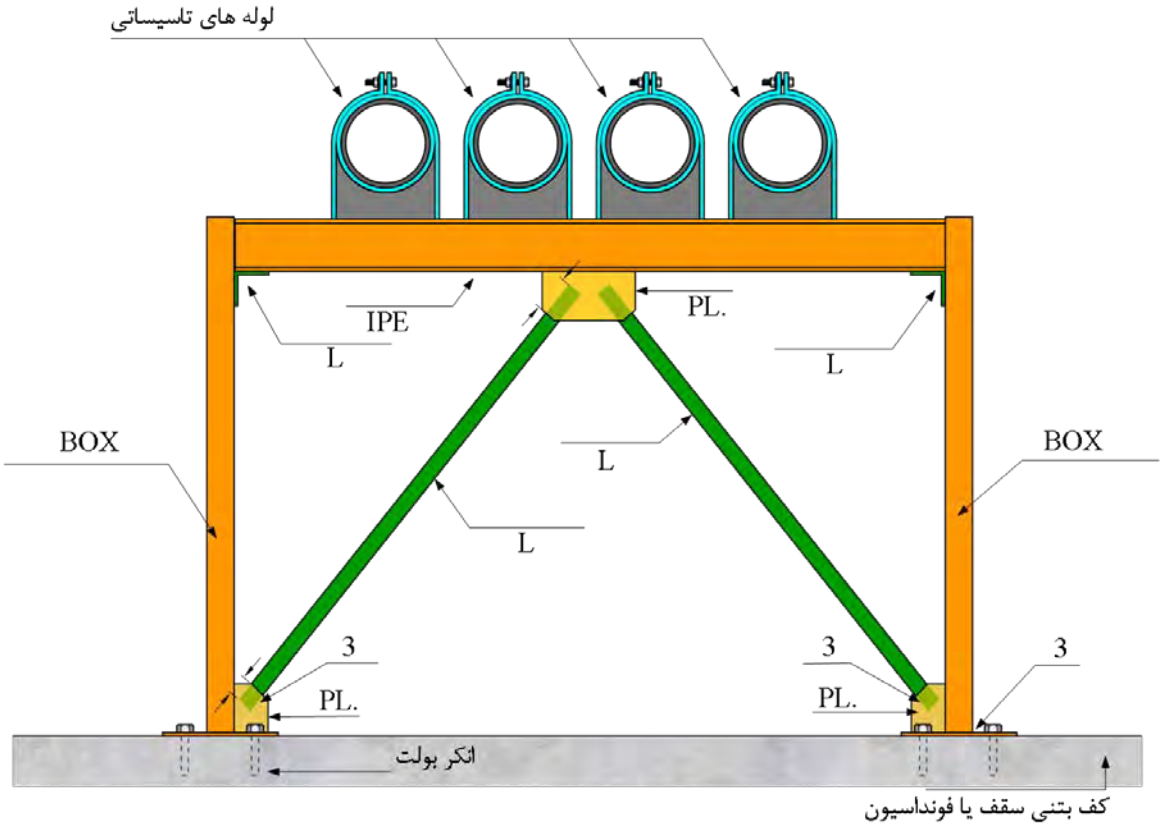
شکل ۱۴-۱۸۸- جزئیات مهار باتری‌ها



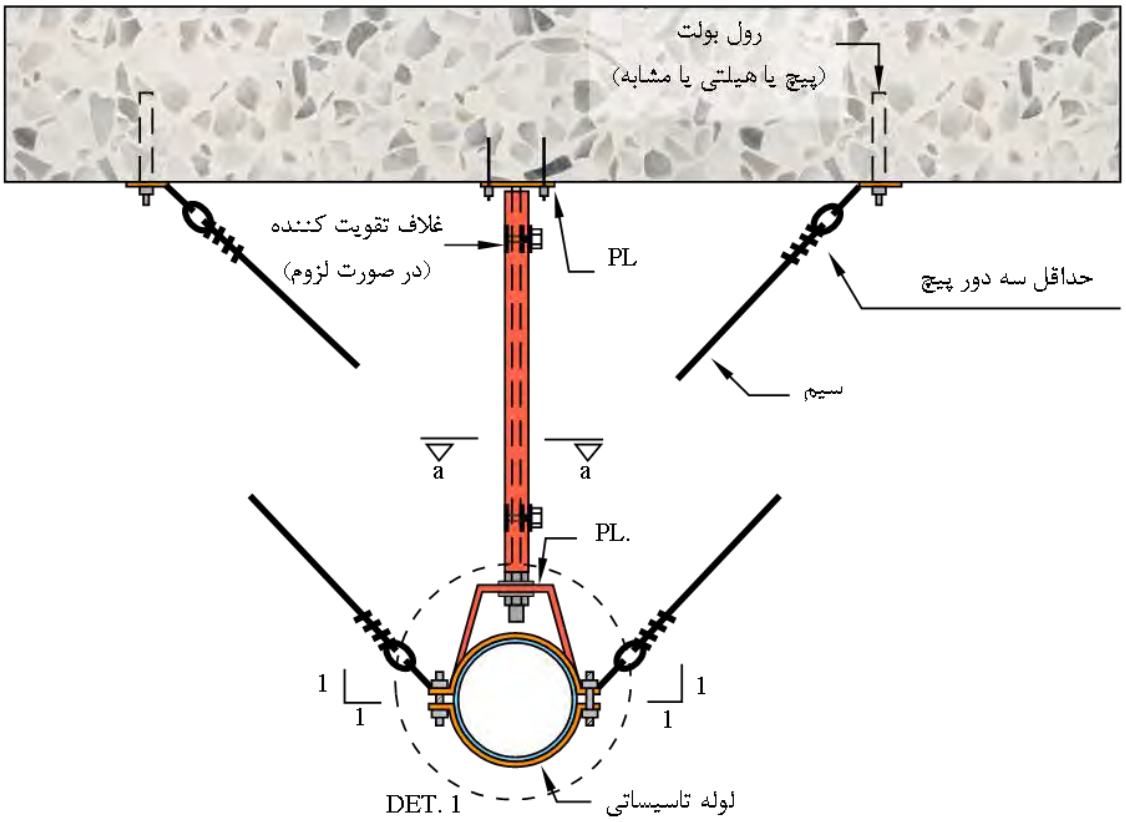
شکل ۱۴-۱۸۹- جزئیات مهار نگهدارنده لوله‌های تأسیساتی

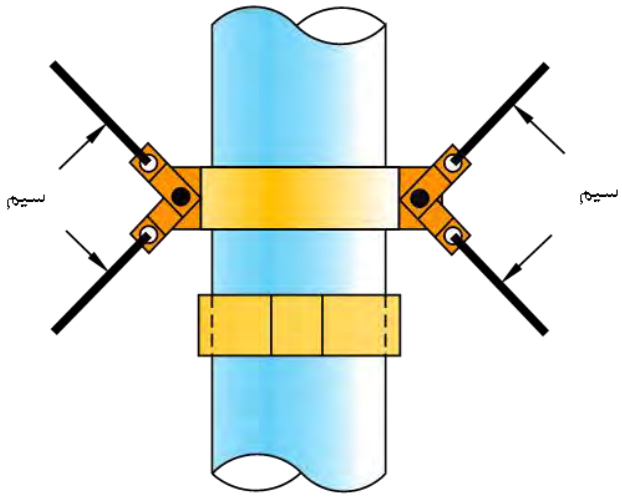


شکل ۱۴-۱۹۰- جزئیات مهار کابلی

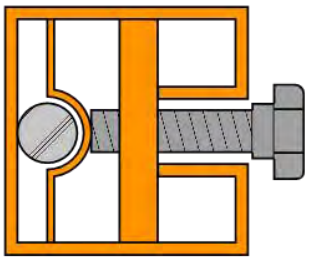


شکل ۱۴-۱۹۱- جزئیات مهار لوله‌های تأسیساتی



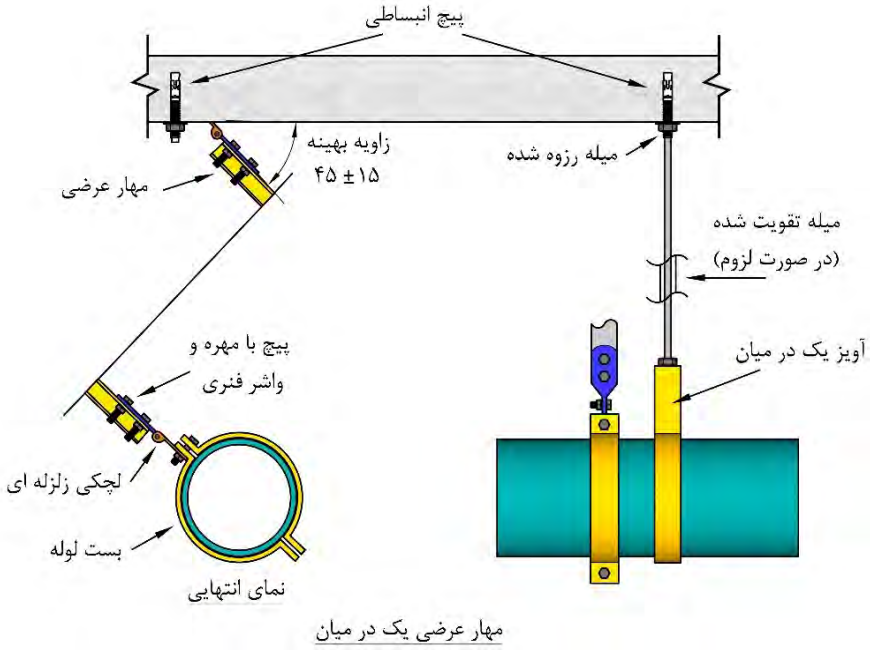


DET. 1

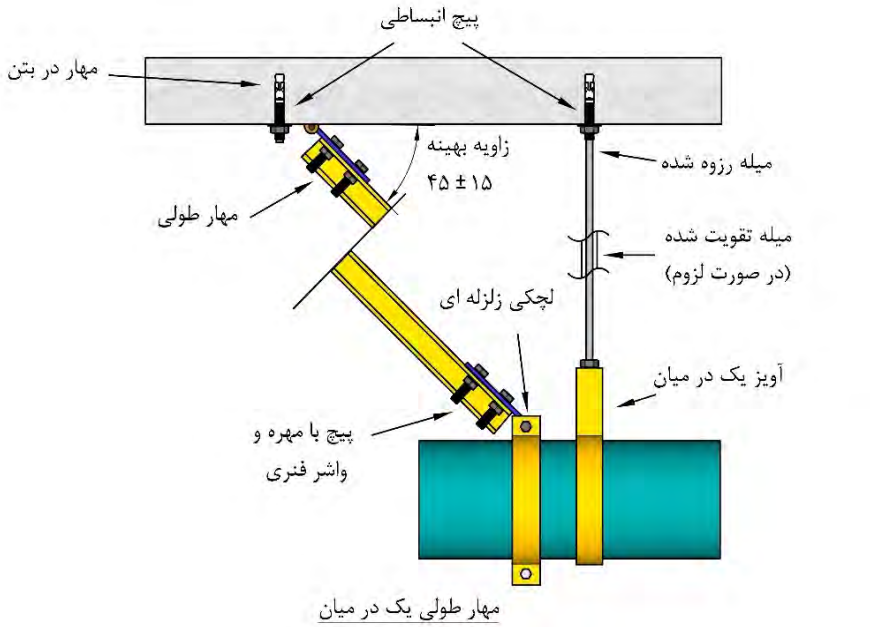


SEC a-a

شکل ۱۴-۱۹۲- جزئیات مهار لوله‌های تأسیساتی

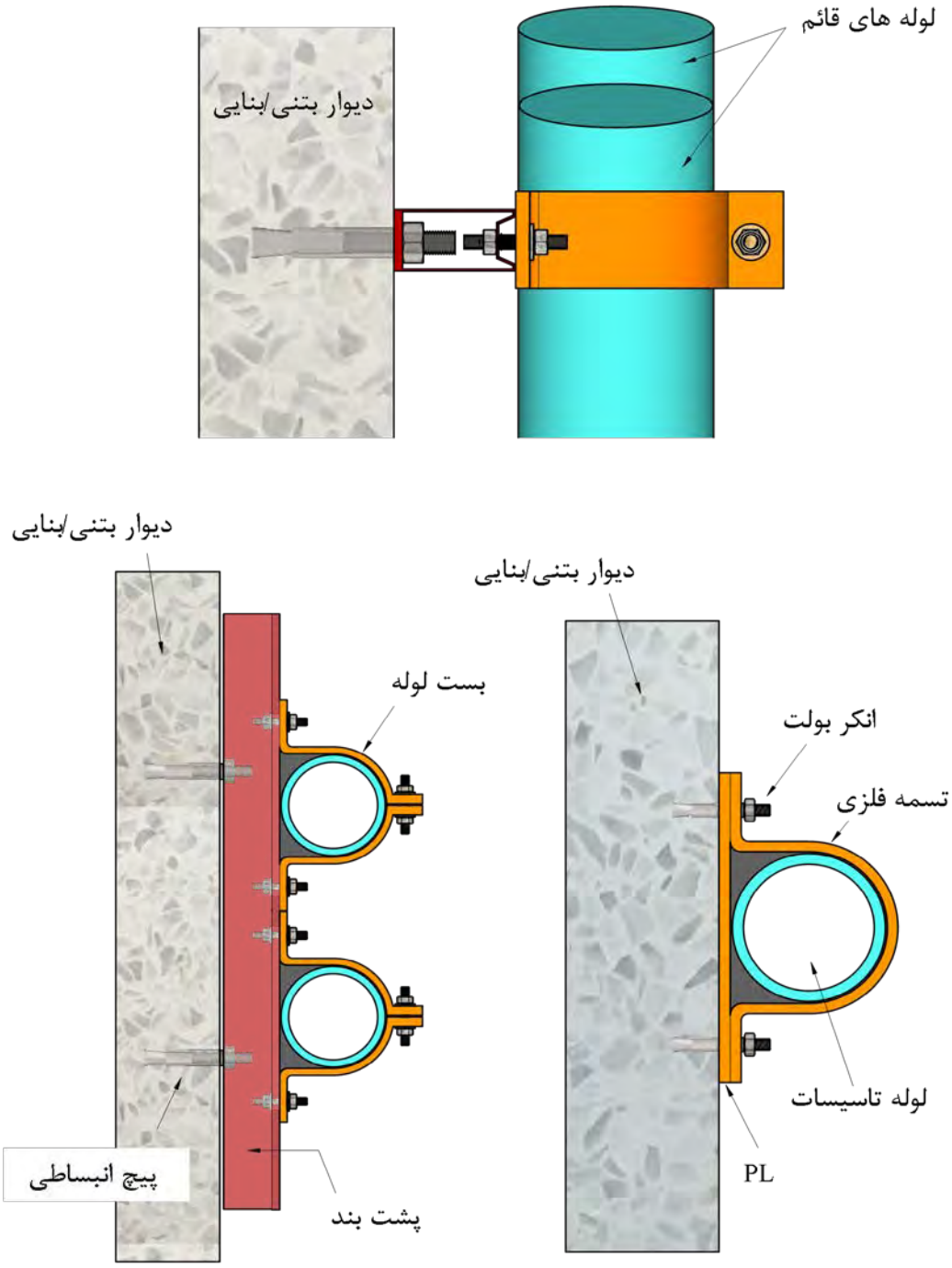


مهار عرضی یک در میان



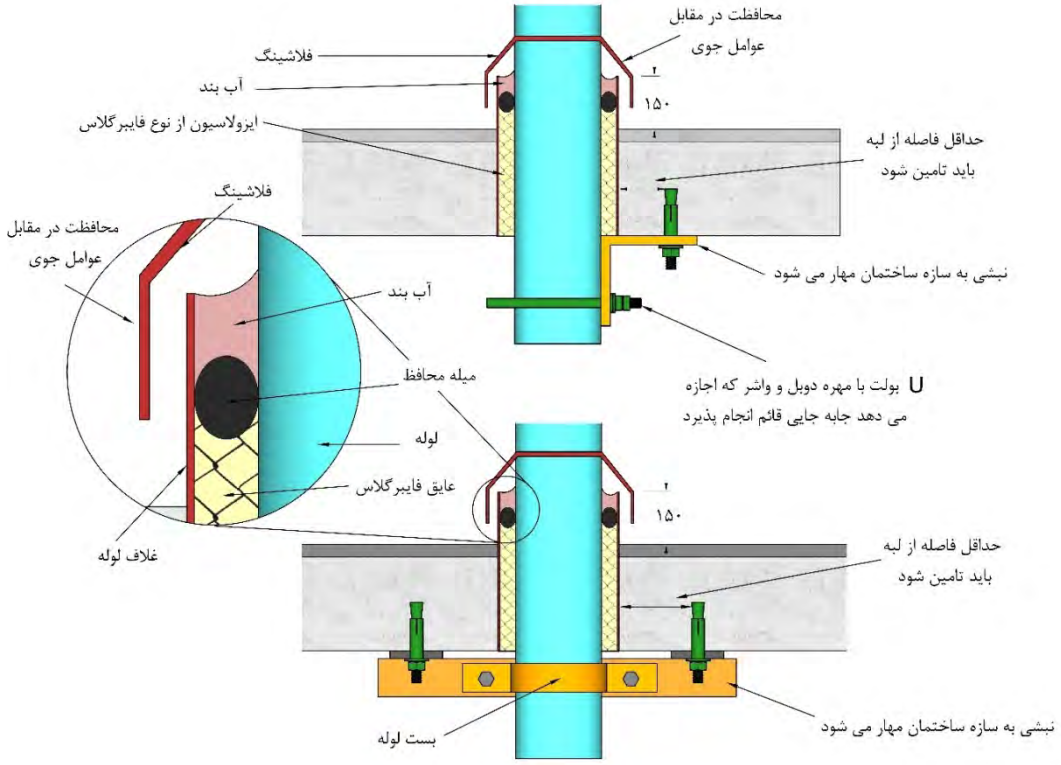
مهار طولی یک در میان

شکل ۱۴-۱۹۳- جزئیات مهار تک لوله



شکل ۱۴-۱۹۴- جزئیات اتصال صلب لوله

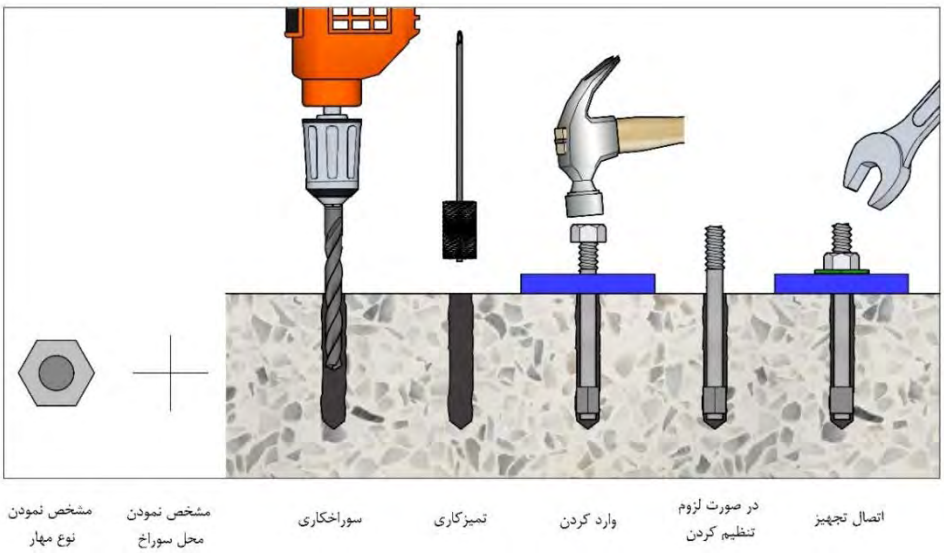
ب- لوله‌های قائم باید برای پذیرش انبساط و انقباض نسبی بین لوله و سازه و همچنین نیاز لرزه‌ای هنگام وقوع زلزله طراحی شده باشد و از U بولت یا بستی که جابه‌جایی در امتداد طولی را ممکن می‌سازد، استفاده شود. در مواردی که در نقشه‌های اجرایی نگهدارنده‌های جانبی برای لوله‌های قائم در هر یک‌طبقه در میان لازم باشد، فاصله آن‌ها از یکدیگر نباید از ۶۰۰۰ میلیمتر تجاوز کند. برای جزئیات به شکل ۱۴-۱۹۵ مراجعه شود.



شکل ۱۴-۱۹۵- جزئیات نگهدارنده لوله قائم در بام

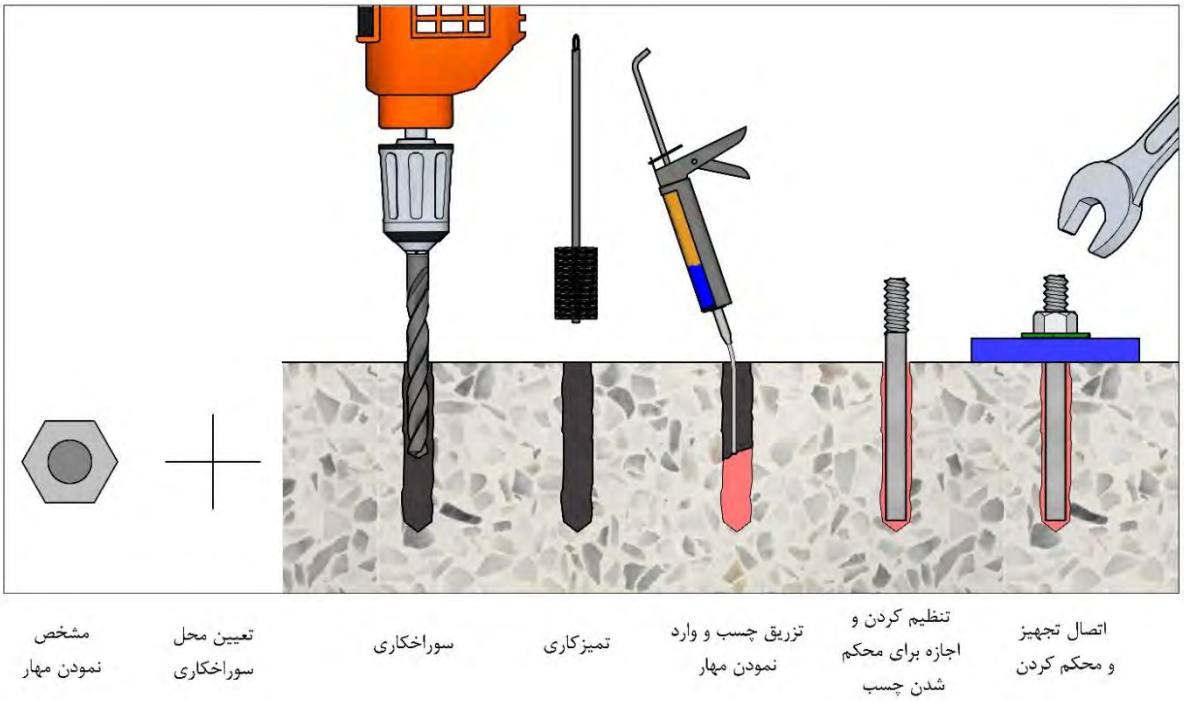
۱۴-۱۰-۴- ضوابط کنترل اتصالات و ادوات مؤثر در پایداری ثقلی و جانبی اجزای غیرسازه‌ای

الف- در نصب مهارهای غیرچسبنده باید مراحل اجرا مطابق با شکل ۱۴-۱۹۶ باشد. در این مهارها بعد از اجرای سوراخ باید داخل آن تمیز و پیچ در جای خود قرار گیرد. با چرخاندن و سفت کردن پیچ، غلاف آن در بتن درگیر و مهار برقرار می‌شود.



شکل ۱۴-۱۹۶- مراحل نصب مهارهای غیر چسبنده

ب- در مهارهای از نوع چسبنده پیچ (مهار بدون غلاف) مهار باید به‌صورت مستقیم و با کمک مواد چسبنده به بتن متصل شود و نیروهای وارده را از این طریق منتقل کند. در شکل ۱۴-۱۹۷، نحوهٔ نصب مهارهای PI چسبنده نشان داده شده است.



شکل ۱۴-۱۹۷- مراحل نصب مهارهای چسبنده

پ- در نصب مهارهای چسبنده الزامات ذیل باید رعایت گردد:

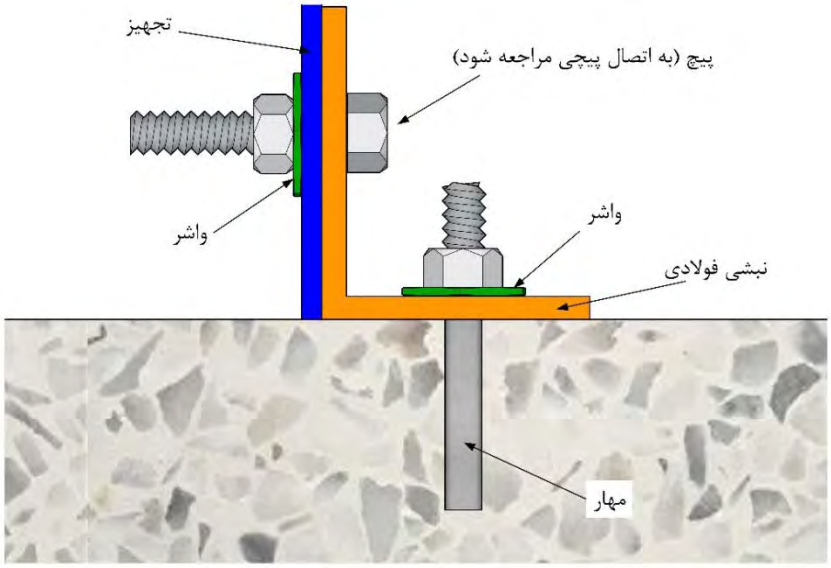
- لازم است محل نصب مهارها از لبه بتن حداقل یک پنجم برابر طول مدفون پیچ باشد. مهارها نباید با فاصله کم از یکدیگر قرار گیرند و حداقل فاصله‌ای در حدود ۲ برابر طول مدفون پیچ‌ها در نظر گرفته شود. برای کسب اطلاعات بیشتر به ضابطه شماره ۵۲۴ سازمان برنامه‌وبودجه کشور مراجعه شود.

- اگر در هنگام حفاری و سوراخ‌کردن محل مهار، به آرماتور سازه‌ای برخورد شود، باید سوراخ با گروت مناسب پرشود و نقطه دیگری برای مهار کردن انتخاب گردد.

- بعد از قرارگیری تجهیزات در جای خود، باید فاصله بین تجهیزات و تکیه‌گاه زیرین کنترل شود. فاصله موجود نباید از ۳ میلیمترتجاوز کند، در صورت بزرگ‌تر بودن فاصله، باید این فضا تمیز و خشک شود و با گروت مناسبی پرگردد.

- اگر از مهار با قطر بیشتر از ۱۰ میلیمتر استفاده می‌شود، باید از اتصال مستقیم مهار به تجهیزات پرهیز شود و تجهیزات به وسیلهٔ نبشی به مهارها مطابق با شکل ۱۴-۱۹۸ وصل گردد.

- الزامات ضابطه شماره ۷۴۳ سازمان برنامه و بودجه باید رعایت گردد.



شکل ۱۴-۱۹۸- اتصال مهار با قطر بیشتر از ۱۰ mm به تجهیزات

۱۴-۱۰-۵- نحوه اتصال اجزای غیرسازه‌ای به سازه

هنگام اتصال المان غیرسازه‌ای به سازه، باید این اطمینان وجود داشته باشد که سازه تحمل نیروهای وارد از طرف عنصر غیرسازه‌ای ناشی از زلزله را دارد. اگر وزن جزء غیرسازه‌ای بیشتر از ۵۰ کیلوگرم باشد، لازم است که کنترل سازه انجام پذیرد و اگر وزن جزء غیرسازه‌ای ۲۰۰ کیلوگرم یا بیشتر باشد، باید محاسبات برای اطمینان از اتصال المان غیرسازه‌ای به سازه انجام پذیرد. روش های مختلفی برای اتصال المان غیرسازه‌ای به سازه وجود دارد. موارد عمومی در جدول ۱۴-۱۲ آمده است.

جدول ۱۴-۱۲- روش‌های مختلف اتصال اجزای غیرسازه‌ای

مصالح مصرفی در سازه	نوع اتصال	ملاحظات
فولاد	جوش	عملیات جوشکاری باید توسط افراد مجرب بر طبق ضوابط و استانداردهای جوشکاری و با توجه به نوع مصالح سازه انجام پذیرد.
بتن یا مصالح بنایی	پیچ و پیچ خودرو	پیچ باید در سوراخ‌هایی که با قطر مناسب ایجاد شده قرار داده شود. پیچ خودرو باید طبق توصیه سازنده جزء غیرسازه‌ای نصب شود.
	گیره	گیره فقط برای نگهداری اجزای سبک می‌تواند به‌کار رود.
چوب	مهار درجا	مهار درجا فقط در محل‌هایی که بتن تازه اجرا می‌شود می‌تواند نصب شود.
	اتصال چسبی	داخل سوراخ باید کاملاً تمیز و خشک باشد و چسب دارای گواهی‌نامه معتبر باشد.
	پیچ‌های انبساطی	پیچ انبساطی باید تاحدی‌که اطمینان حاصل شود که گود به طور کامل محکم شده، پیچانده شود کاربرد پیچ انبساطی در سقف (برای جزء آویزان) و برای تجهیزات ارتعاشی مجاز نیست
	پیچ	پیچ باید در داخل سوراخ گرد ایجاد شده نصب شود.
	پیچ خودرو	پیچ خودرو باید در داخل سوراخی که قبلاً با دریل در چوب ایجاد شده قرار داده شود تا احتمال ترک‌خوردگی چوب کاهش یابد. همچنین نباید از چکش برای واردکردن آن با فشار به داخل چوب استفاده شود. برای اتصال نباید از میخ استفاده شود.

۱۴-۱۱- سلامت، ایمنی و محیط زیست

تمام ضوابط عمومی مندرج در فصل ۲ مرتبط با این فصل و متناسب با هر یک از مراحل اجرایی مرتبط با اجرای اقدامات بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌ها لازم الاجراست.

۱۴-۱۱-۱- از آنجا که اجرای بهسازی خود در اولین مراحل معمولاً با اجرای گودبرداری، تخلیه بلوکاژ روی پی، خالی نمودن اطراف پی‌های موجود، حفر چاه به منظور اجرای شمع، برداشتن روکش اجزای سازه‌ای و تخریب یا تضعیف بعضی از این اجزا همراه است و با توجه به مشابهت و اشتراک عملیات اجرایی در بخش بهسازی لرزه‌ای با سایر فصول از جمله فصول تخریب، بتن، فولاد، عملیات بنایی و...، برای جلوگیری از تکرار مطالب مشابه، ضوابط اختصاصی سلامت، ایمنی و محیط زیست مندرج در سایر فصول این ضابطه برای بخش بهسازی لرزه‌ای نیز لازم‌الاجراست.

۱۴-۱۱-۲- از آنجا که ممکن است عملیات اجرایی بهسازی در قسمتی از ساختمان موجود که در حال سرویس‌دهی به ساکنین می‌باشد اجرا شود، باید موارد ذیل مورد توجه قرار گیرد:

۱۴-۱۱-۲-۱- برای حفظ ایمنی و سلامت ساکنین در فضاهای در حال سرویس ساختمان باید فضاهای تردد ساکنین از منطقه کاری عملیات در دست اجرا، توسط حفاظ و جداکننده‌های مناسب به‌صورت کامل جداسازی شود و تدابیر ایمن سازی مطابق بخش ۲-۲ به‌عمل آورده شود، علائم و تابلوهای هشدار دهنده مطابق بخش ۲-۱۱ نصب شود و الزامات بند ۲-۹-۶-۲ برای کنترل سر و صدا نیز باید رعایت شود.

۱۴-۱۱-۲-۲- برای جلوگیری از پراکندگی ذرات غبار، باید اقدامات حفاظتی مطابق بند ۲-۹-۶-۵ متناسب با شرایط کارگاه عملیات بهسازی و محدودیت‌های ناشی از مجاورت منطقه کاری با ساکنین واقع در بخش در دست سرویس به عمل آید. همچنین برای جلوگیری از انتشار گرد و غبار به بخش در حال سرویس ساختمان، باید دهانه‌ها و مسیرهای انتقال گرد و غبار با استفاده از پرده‌های برزنتی یا پلاستیکی مقاوم پوشانده شود. نحوه اجرا و مصالح به‌کار رفته باید به گونه‌ای باشد که به‌هنگام وزش باد، سطح بادگیر ایجاد نشود.

۱۴-۱۱-۲-۳- باید تمهیدات تهویه مناسب برای فضاهای داخل ساختمان در حال سرویس و یا در فضای منطقه کاری عملیات اجرایی بهسازی پیش‌بینی شود.

۱۴-۱۱-۳- باربرداری تیر، سقف و یا ستون به‌منظور انجام عملیات بهسازی و یا تنظیم خیز باید با استفاده از جک های استاندارد انجام شود. توجه شود به هنگام جک زدن تیرهای طبقات فوقانی، به‌منظور تحمل عکس‌العمل این جک‌ها، جک تیرهای طبقات زیر آن تا روی پی حفظ شود. هنگام کار با جک‌های هیدرولیکی باید الزامات بند ۲-۷-۸-۵ رعایت شود.

۱۴-۱۱-۴- در هنگام تراشیدن و مضرس نمودن سطح بتن، برس زنی، ضربه زدن و خرد کردن، مغزه‌گیری، سوراخ‌کاری و دریل‌کاری سطوح بتنی، ماسه‌پاشی، ساچمه‌پاشی و بتن‌پاشی، ترجیحاً محل باید خالی از ساکنین شده و برای جلوگیری از آسیب‌های احتمالی تنفسی، اپراتورها و کارگران باید از ماسک‌های مخصوص فیلتردار و برای جلوگیری

از برخورد ذرات تیزگوشه و نخاله‌ها، از سپر محافظ صورت و عینک حفاظتی استفاده نمایند. همچنین استفاده از تجهیزات حفاظت فردی شامل دستکش، کفش ایمنی، لباس کار با پوشش کامل بدن، سربند حفاظتی مطابق بخش ۲-۱۰ نیز الزامی است.

۱۴-۱۱-۵- برای پیشگیری از خطرات ناشی از آلودگی‌های صوتی برای اپراتورها و کارگران، علاوه بر رعایت الزامات بند ۱۳-۹-۶-۲، استفاده از مدل‌های رباتیک ماشین‌های مضرس‌کننده بتن با کنترل از راه دور که نیاز به حضور اپراتور در محل را حذف می‌کند، الزامی می‌باشد.

۱۴-۱۱-۶- در استفاده از سیستم‌های تقویتی با کامپوزیت FRP رعایت موارد ذیل در انبارداری این مصالح الزامی است:

۱۴-۱۱-۶-۱- برای حفظ خصوصیات و ویژگی‌های مصالح و رعایت ایمنی در انبار، مصالح مورد استفاده در سیستم‌های تقویتی با کامپوزیت FRP، باید بر اساس ضوابط و توصیه‌های کارخانه تولیدکننده مصالح انبار گردند.

۱۴-۱۱-۶-۲- باید الزامات ایمنی در مورد مصالح تشکیل دهنده، مانند عوامل عمل‌آوری واکنشی، سخت‌کننده‌ها، آغازگرها، کاتالیزگرها و حلال‌های تمیزکننده رعایت شده و این مصالح باید بر اساس ضوابط و توصیه‌های تولیدکننده انبار گردند.

۱۴-۱۱-۶-۳- کاتالیزگرها و آغازگرها (به طور رایج پراکسیدها) باید به صورت جداگانه انبار شوند.

۱۴-۱۱-۶-۴- در هنگام انبار کردن، حمل و نقل و استفاده، باید شرایط به‌گونه‌ای فراهم شود که رزین‌ها و کامپوزیت‌های FRP در معرض حرارت و عوامل اشتعال‌زا قرار نگیرند.

۱۴-۱۱-۶-۵- مصالح FRP که غیرقابل استفاده تلقی شوند، باید طبق دستورالعمل تولیدکننده و الزامات زیست‌محیطی مرجع صاحب صلاحیت، جمع‌آوری و از کارگاه خارج شوند.

۱۴-۱۱-۶-۶- تولیدکننده باید برگه‌های اطلاعات ایمنی برای تمامی مصالح و اجزای تشکیل دهنده سیستم FRP را ارائه دهد و همواره در محل اجرای پروژه در دسترس باشد. دستگاه نظارت باید برگه‌های اطلاعات ایمنی محصولات شرکت‌های خارجی را به صورت ترجمه شده در اختیار داشته و در اختیار پیمانکار قرار دهد. این برگه باید حاوی اطلاعاتی همچون مشخصات محصول و موارد خطرآفرین استفاده از محصول موردنظر باشد.

۱۴-۱۱-۷- برای کار با الیاف و رزین‌ها باید از لباس مخصوص و دستکش پلاستیکی یک‌بار مصرف استفاده شود و پس از هر بار استفاده دور انداخته شوند. دست‌کش‌ها باید در برابر رزین و مواد حلال مقاوم باشند.

۱۴-۱۱-۸- هنگام کار با رزین‌ها و مواد حلال، باید از سپر محافظ صورت یا عینک ایمنی پلاستیکی و برای محافظت دستگاه تنفسی در برابر ذرات معلق الیاف، گرد و خاک و بخارهای ارگانیک و هم‌چنین در هنگام مخلوط کردن رزین‌ها و استفاده از آن‌ها روی سطح مورد نظر، باید از ماسک‌های تنفسی ضد غبار مطابق بخش ۲-۱۰ استفاده شود. هنگام استفاده از این موارد باید ضوابط بند ۲-۹-۶-۱۱-ز رعایت شود و هوا در فضاهای بسته تهویه گردد.

۱۴-۱۱-۹- در صورت استفاده از چسب‌های پلیمری (چسب‌های پایه اپوکسی)، هنگام نگهداری این مواد در انبارهای بسته، باید هوای انبار مداوم تهویه شود تا از تجمع گازهای قابل اشتعال جلوگیری شود. این انبارها باید دور از آتش و مواد قابل اشتعال ساخته شوند و مجهز به تجهیزات اطفای حریق احتمالی مطابق بند ۲-۴-۶ باشد.

۱۴-۱۱-۱۰- باید جایگاه کار ایمن برای کارگران در انجام عملیات اجرایی مطابق ضوابط بخش ۲-۵ فراهم شود. همچنین کارگرانی که در ارتفاع مشغول به‌کارند و در معرض خطر سقوط قرار دارند، باید مجهز به تجهیزات توقف سقوط مطابق بند ۱۳-۶-۲ باشند.

۱۴-۱۱-۱۱- هنگام کار با ابزارهای دستی و قدرتی باید ضوابط بند ۲-۷-۸ رعایت شود.

۱۴-۱۱-۱۲- الزامات ایمنی عایق‌کاری رطوبتی باید مطابق بخش سلامت، ایمنی و محیط زیست فصل دهم (عایق‌کاری) انجام شود.

۱۴-۱۱-۱۳- هنگام جوشکاری و برشکاری باید ضوابط بخش ۲-۳ رعایت شود.

۱۴-۱۱-۱۴- برای پیشگیری از حریق در عملیات بهسازی باید ضوابط بخش ۲-۴ رعایت شود.

۱۴-۱۱-۱۵- هنگام حفر چاه برای اجرای شمع یا پرکردن چاه‌های فاضلاب موجود باید الزامات بخش سلامت، ایمنی و محیط زیست فصل ۱۳ (محوطه سازی) رعایت شود.

۱۴-۱۱-۱۶- ایمنی برق کارگاه عملیات بهسازی باید مطابق با ضوابط بخش ۲-۱۲ تأمین شود. با توجه به اینکه در عملیات بهسازی در وضعیت ساختمان در حال سرویس انجام می‌شود، باید توسط شخص صاحب صلاحیت بررسی لازم قبل از شروع عملیات انجام شود، تا تأمین برق تجهیزات مورد نیاز عملیات اجرایی، به تاسیسات برق موجود (تابلوهای برق، سیم کشی و ...) آسیب نرساند و در صورت احتمال بروز آسیب، باید برق مورد نیاز کارگاه از طریق مولد و کابل‌کشی موقت (جدا از سیستم برق موجود) تأمین شود.

۱۴-۱۱-۱۷- در صورت استفاده از آب حاوی حلال‌ها و مواد شیمیایی اسیدی و قلیایی برای تمیزکاری سطوح آغشته به مواد روغنی، گریس، چربی‌ها، نمک و مواد صابونی، زنگ و پوسته سطحی شیره سیمان، پساب حاصل از شستشوی این مواد نباید در سطح منطقه کاری جاری شود و باید پس از ته‌نشین‌سازی مواد معلق و خنثی سازی مواد اسیدی و بازی دفع شود.

۱۴-۱۱-۱۸- در انجام آزمون‌های غیرمخرب جوشکاری، باید ضوابط بندهای ۲-۱۰-۱۳، ۲-۳-۴ و ۲-۳-۵ رعایت شود.

Building Genral Technical Specification Volume X
Seismic Retrofit of Existing Buildings

[IR-Code. 55-10]

Authors & Contributors Committee:

Seyed Abdollah (deceased)	Hosseini (Seismic Retrofit of Existing Buildings section chair)	University of Tehran	PhD of Civil Eng.
S. Ali	Razavi Tabatabei (Seismic Retrofit of Existing Buildings section chair)	University of Science and Culture	PhD of Civil Eng.
Davood	Mostofi Nejad	Isfahan University of Technology	PhD of Civil Eng.
Esmaeil	Pourshahid	Shaloudeh Sazan Shabakeh Consulting Engineers	M.Sc. of Civil Eng.
Siamak	Epackachi	Amirkabir University of Technology	PhD of Civil Eng.
Mohammad	Yekrang Nia	Shahid Rajaee University	PhD of Civil Eng.
Mohammad Sajad	Zareian	Shahab Danesh University	PhD of Civil Eng.
Hamed	Seyri	School Renovation Organization	M.Sc. of Civil Eng.
Mehdi	KhoshKerdar	Road, Housing and Urban Development Research Center	PhD of Civil Eng.
Soheil	Jafarinejad	Construction Materials Institute of University of Tehran	M.Sc. of Civil Eng.
Amir	Malekmohammadi	Construction Materials Institute of University of Tehran	M.Sc. of Civil Eng.

Coordination and Integration Committee:

Mohammad	Shekarchi (Chair)	University of Tehran	Ph.D. of Civil Eng.
Asghar	Sead samii	University of Tehran	Ph.D. of Architectural Eng.
Hasan	Aghatabesh	Ministry of Roads & Urban Development	M.Sc. of Civil Eng.
Mohammad hosein	Eftekhar	Bonyad Maskan Co.	M.Sc. of Civil Eng.
Alireza	Toutounchi	Deputy of Department of Technical & Executive Affairs	M.Sc. of Civil Eng.
Mohammad jafar	Alizadeh	Ministry of Roads & Urban Development	M. Sc. of Civil Eng.
Javad	Farid	Behrad Fardis Co.	M.Sc. of Civil Eng.
Mohammad reza	Tabib zadeh	Association of Petroleum Industry Engineering & Construction Companies	M.Sc. of Civil Eng.
Behnaz	Pourseyed	Former Head of Department of Technical & Executive Affairs	M.Sc. of Civil Eng.
Mohammad reza	Siadat	Expert of Department of Technical & Executive Affairs	M.Sc. of Architectural Eng.
Hassan	Soltanali	Avid Saraye Imeni Keifiyat Co.	M.Sc. of Civil Eng.
Mohsen	Bahram ghaffari	Hafez Construction Co.	M.Sc. of Civil Eng.
Farzin	Kalantary	K.N.Toosi University of Technology	Ph.D. of Civil Eng.
Hormoz	Famili	Kooban Kav Consulting Engineers Co.	Ph.D. of Civil Eng.
Abazar	Asghari	University of Tehran	Ph.D. of Civil Eng.
Rasoul	Mirghaderi	University of Tehran	Ph.D. of Civil Eng.
Farhang	Farahbod	Building and Housing Research Center	Ph.D. of Civil Eng.
Nader	Khajeh ahmad attari	Building and Housing Research Center	Ph.D. of Civil Eng.
Sohrab	Veiseh	Building and Housing Research Center	Ph.D. of Mining Eng.
Mojdeh	Zargaran	Building and Housing Research Center	Ph.D. of Chemical Eng.
Behrouz	Kari	Building and Housing Research Center	Ph.D. of Civil Eng.
Alireza	Khavandi	University of Zanjan	Ph.D. of Civil Eng.
Abdollah	Hosseini	University of Tehran	Ph.D. of Civil Eng.
Seyed ali	Razavi	University of Science and Culture	Ph.D. of Civil Eng.
Behnam	Mehrparvar	Building and Housing Research Center	Ph.D. of Civil Eng.

Steering committee (With the secretary of Road, Housing & Urban Development Research Center):

Mohammad	Shekarchi (chair)	University of Tehran
Mohammad hosein	Eftekhar	Bonyad Maskan Co.
Mohammad jafar	Alizadeh	Ministry of Roads & Urban Development
Alireza	Toutounchi	Plan and Budget Organization

Steering committee (Plan and Budget Organization):

Alireza	Toutounchi	Deputy of Department of Technical & Executive Affairs
Mohammad reza	Siadat	Expert of Department of Technical & Executive Affairs
Sajjad	Heidari Hasanaklou	Expert of Department of Technical & Executive Affairs

Abstract:
The first edition of Code 55 was published in 1974 with focus on standardizing the general technical specifications for buildings in the country. The second edition, released in 2013, also considered an adaptation to the country's climatic conditions and incorporated attention to new technologies and industrial innovations. The revision and completion of contents, particularly in the second chapter "Construction Materials," the fifth chapter "Concrete," and the inclusion of new relevant standards throughout the text, along with technical editing of the entire collection, were among the significant changes that have been made.

The current edition, compiled by the Road, Housing, and Urban Development Research Center, represents the "third revision" of Code 55. This revision is based on the significant developments in the construction industry in the recent years compared to the previous edition. Fundamental revisions have been made, with key topics including attention to principles of sustainable development, environmental protection, energy conservation, application of new technologies, and industrialized building methods. There is also a focus on considering climatic and geographical conditions in material selection, providing implementation methods with monitoring and control capabilities, prioritizing the use of local materials and domestic construction, and paying special attention to the country's seismic conditions.

Due to the extensive content, this regulation has been prepared and compiled in ten separate volumes as described below:

- Volume One: General Specification, Documentation, Health and Safety Executive
- Volume Two: Demolition, Geotechnics
- Volume Three: Concrete, Technology and Construction
- Volume Four: Steel and Implementation of Steel Structures
- Volume Five: Masonry work, Building Facade
- Volume Six: Insulation
- Volume Seven: Coatings
- Volume Eight: Doors and Windows
- Volume Nine: Landscaping
- **Volume Ten: Seismic Retrofit of Existing Buildings**

This volume (The tenth volume) consists of the fourteenth chapter (Seismic Retrofit of Existing Buildings).

Users are encouraged to send their desired amendments to the secretariat of Code 55 (Code55@bhrc.ac.ir) to contribute to the enhancement of the current code. Proposed amendments will be reviewed by experts, and a revised text will be prepared if necessary. It is important to acknowledge the approximately 100 professors and experts who actively participated in compiling this edition.

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization

Building
Genral Technical Specification
Volume X

Seismic Retrofit of Existing Buildings
No. 55-10
Last Version 01/08/2025

Deputy of Technical and Infrastructure Development Affairs

Road, Housing & Urban Development Research Center

Department of Technical and Executive Affairs

Department/Office

nezamfanni.ir

2025

این ضابطه

به عنوان جلد دهم مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی، به بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود می‌پردازد و رعایت آن طبق بخشنامه ابلاغی الزامی است.