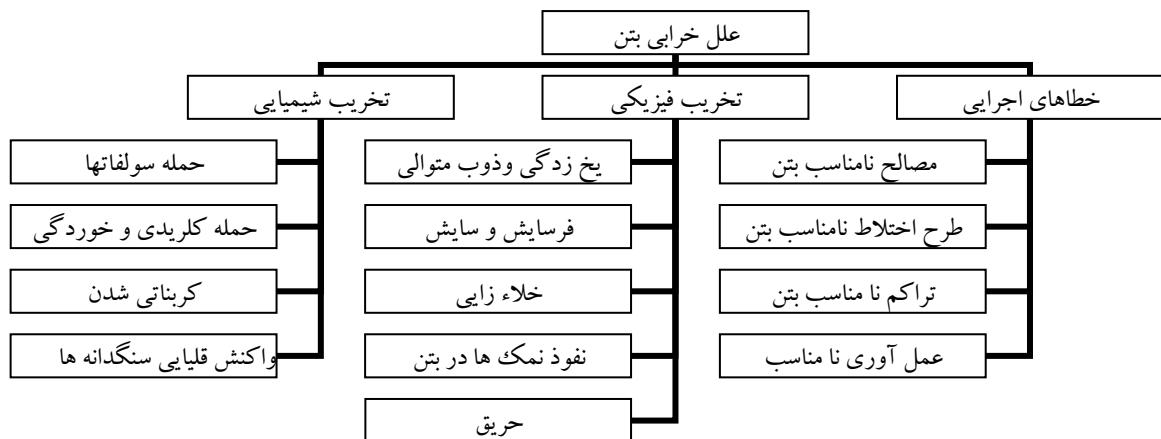


ترمیم و تعمیر بتن

۱-۱- علل خرابی بتن

خرابی های بتن به طور کلی یا به صورت شیمیائی و یا به صورت فیزیکی می باشند. در ضمن خرابی خطاهای اجرایی را نیز باید به این مجموعه اضافه کرد که عمدتاً نقش تسریع در کاهش پایداری خواهند داشت. **فصل ۱** خلاصه انواع خرابی بتن در زیر ارائه شده است:



۱-۲- عوامل خوردگی بتن و فرسودگی و تخریب سازه های بتنی:

۱- نفوذ نمک ها (INGRESS OF SALTS)

نمک های ته نشین شده که حاصل تبخیر و یا جریان آب های دارای املاح می باشند و همچنین نمک هایی که توسط باد در خلل و فرج و ترک ها جمع می شوند، هنگام کریستالیزه شدن می توانند فشار مخربی به سازه ها وارد کنند که این عمل علاوه بر تسریع و تشدید زنگ زدگی و خوردگی آرماتورها به واسطه وجود نمک ها است. تر و خشک شدن متناوب نیز می تواند تمرکز نمک ها را شدت بخشد زیرا آب دارای املاح، پس از تبخیر، املاح خود را به جا می گذارد.

۲- اشتباهات طراحی (SPECIFICATION ERRORS)

به کارگیری استانداردهای نامناسب و مشخصات فنی غلط در رابطه با انتخاب مواد، روش های اجرایی و عملکرد خود سازه، می تواند به خرابی بتن منجر شود. به عنوان مثال استفاده از استانداردهای اروپایی و آمریکایی جهت اجرای پروژه هایی در مناطق خلیج فارس،

جایی که آب و هوا و مواد و مصالح ساختمانی و مهارت افراد متفاوت با همه این عوامل در شمال اروپا و آمریکاست، باعث می‌شود تا دوام و پایداری سازه‌های بتنی در مناطق یاد شده کاهش یافته و در بهره‌برداری از سازه نیز با مسائل بسیار جدی مواجه گردیم.

۳- اشتباهات اجرایی (CONSTRUCTION ERRORS)

کم‌کاریها، اشتباهات و نقصهایی که به هنگام اجرای پروژه‌ها رخ می‌دهد، ممکن است باعث گردد تا آسیب‌هایی چون پدیده لانه زنبوری، حفره‌های آب انداختگی، جداشدگی، ترکهای جمع‌شدگی، فضاهای خالی اضافی یا بتن آلوده شده، به وجود آید که همگی آنها به مشکلات جدی می‌انجامند.

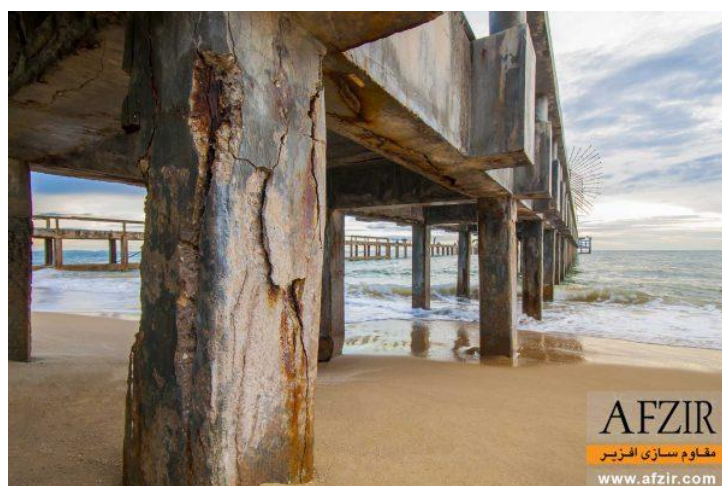
این گونه نقصها و اشکالات را می‌توان زاییده کارآئی، درجهء فشردگی، سیستم عمل‌آوری، آب مخلوط آلوده، سنگدانه‌های آلوده و استفاده غلط از افزودنیها به صورت فردی و یا گروهی دانست.

۴- حملات کلریدی (CHLORIDE ATTACK)

وجود کلرید آزاد در بتن می‌تواند به لایهء حفاظتی غیر فعالی که در اطراف آرماتورها قرار دارد، آسیب وارد نموده و آن را از بین ببرد.

خوردگی کلریدی آرماتورهایی که درون بتن قرار دارند، یک عمل الکتروشیمیایی است که بنا به خاصیتش، جهت انجام این فرآیند، غلظت مورد نیاز یون کلرید، نواحی آندی و کاتدی، وجود الکترولیت و رسیدن اکسیژن به مناطق کاتدی در سل (CELL) خوردگی را فراهم می‌کند.

گفته می‌شود که خوردگی کلریدی وقتی حاصل می‌شود که مقدار کلرید موجود در بتن بیش از ۰/۶ کیلوگرم در هر متر مکعب بتن باشد. ولی این مقدار به کیفیت بتن نیز بستگی دارد.



خوردگی بتن در ستون مجاور دریا

خوردگی آبله رویی حاصل از کلرید می تواند موضعی و عمیق باشد که این عمل در صورت وجود یک سطح بسیار کوچک آندی و یک سطح بسیار وسیع کاتدی به وقوع می پیوندد که خوردگی آن نیز با شدت بسیار صورت می گیرد. از جمله مشخصات (FEATURES) خوردگی کلریدی، می توان موارد زیر را نام برد:

الف- هنگامی که کلرید در مراحل میانی ترکیبات (عمل و عکس العمل) شیمیایی مورد استفاده قرار گرفته ولی در انتها کلرید مصرف نشده باشد.

ب- هنگامی که تشکیل همزمان اسید هیدروکلریک، درجه PH مناطق خورده شده را پایین بیاورد. وجود کلریدها هم می تواند به علت استفاده از افزودنیهای کلرید باشد و هم می تواند ناشی از نفوذیابی کلرید از هوای اطراف باشد.

فرض بر این است که مقدار نفوذ یونهای کلریدی تابعیت از قانون نفوذ FICK دارد. ولی علاوه بر انتشار (DIFFUSION) به نفوذ (PENETRATION) کلرید احتمال دارد به خاطر مکش موئینه (CAPILLARY SUCTION) نیز انجام پذیرد.

۵- حملات سولفاتی (SULPHATE ATTACK)

محلول نمکهای سولفاتی از قبیل سولفاتهای سدیم و منیزیم به دو طریق می توانند بتن را مورد حمله و تخریب قرار دهند. در طریق اول یون سولفات ممکن است آلومینات سیمان را مورد حمله قرار داده و ضمن ترکیب، نمکهای دوتایی از قبیل: THAUMASITE و ETTRINGITE تولید نماید که در آب محلول می باشند. وجود این گونه نمکها در حضور هیدروکسید کلسیم، طبیعت کلوئیدی (COLLOIDAL) داشته که می تواند منبسط شده و با ازدیاد حجم، تخریب بتن را باعث گردد. طریق دومی که محلولهای سولفاتی قادر به آسیب رسانی به بتن هستند عبارتست از: تبدیل هیدروکسید کلسیم به نمکهای محلول در آب مانند گچ (GYPSUM) و میرابلیت MIRABILITE که باعث تجزیه و نرم شدن سطوح بتن می شود و عمل LEACHING یا خلل و فرج دار شدن بتن به واسطه یک مایع حلال، به وقوع می پیوندد.

۶- حریق (FIRE)

سه عامل اصلی وجود دارد که می توانند مقاومت بتن را در مقابل حرارت بالا تعیین کنند. این عوامل عبارتند از:

الف- توانایی بتن در مقابله با گرما و همچنین عمل آب بندی، بدون اینکه ترک، ریختگی و نزول مقاومت حاصل گردد.

ب- رسانایی بتن (CONDUCTIVITY)

ج- ظرفیت گرمایی بتن (HEAT CAPACITY)

باید توجه داشت دو مکانیزم کاملاً متضاد انبساط (EXPANSION) و جمع شدگی مسوول خرابی بتن در مقابل حرارت می باشند. در حالی که سیمان خالص به محض قرار گرفتن در مجاورت حرارتهای بالا، انبساط حجم پیدا می کند، بتن در همین شرایط یعنی در معرض حرارتهای (دمای) بالا، تمایل به جمع شدگی و انقباض نشان می دهد. چون حرارت باعث از دست دادن آب بتن می گردد، نهایتاً اینکه مقدار انقباض در نتیجه عمل خشک شدن از مقدار انبساط فراتر رفته و باعث می شود جمع شدگی حاصل شود و به دنبال آن ترک خوردگی و ریختگی بتن به وجود می آید. به علاوه در درجه حرارت ۴۰۰ درجه سانتی گراد، هیدروکسید کلسیم آزاد بتن که در سیمان پر تلند هیدراته شده موجود است، آب خود را از دست داده و تشکیل اکسید کلسیم می دهد. سپس خنک

شدن مجدد و در معرض رطوبت قرار گرفتن باعث می شود، تا از نو عمل هیدراته شدن حاصل شود که این عمل به علت انبساط حجمی موجب بروز تنشهای مخرب می گردد. همچنین انبساط و انقباض نا هماهنگ و متمایز (DIFFERENTIAL EXPANSION AND CONTRACTION) مواد تشکیل دهنده بتن مسلح مانند آرماتور، شن، ماسه و ... می توانند در ازدیاد تنشهای تخریبی نقش موثری داشته باشند.

۷- عمل یخ زدگی (FROST ACTION)

برای بتن های خیس، عمل یخ زدگی یک عامل تخریب می باشد، چون آب به هنگام یخ زدن ازدیاد حجم پیدا کرده و باعث تولید تنشهای مخرب درونی شده و لذا ترک بتن اتفاق می افتد. ترکها و درزهایی که نتیجه یخ زدگی و ذوب متناوب می باشند، باعث می گردند سطح بتن به صورت پولکی درآمده و بر اثر فرسایش، خرابی عمق بیشتری یابد بنابراین عمل یخ زدگی بتن و میزان تخریب حاصله، بستگی به درجه تخلخل و نفوذپذیری بتن دارد که این موضوع علاوه بر تاثیر ترکها و درزهاست.

۸- نمکهای ذوب یخ (DE-ICING SALTS)

اگر برای ذوب نمودن یخ بتن، از نمکهای ذوب یخ استفاده شود، علاوه بر خرابیهای حاصله از یخ زدگی، ممکن است همین نمکها نیز باعث خرابی سطحی بتن گردند. چون باور آن است که خرابیهای حاصل از نمکهای ذوب یخ، در نتیجه یک عمل فیزیکی به وقوع می پیوندد، غلظت نمکها، موجود بودن آبی که قابلیت یخ زدگی داشته باشد و در کل فشارهای هیدرولیکی و غشایی (OSMOTIC) نقش بسیار مهمی در دامنه و وسعت خرابیها ایفا می کنند.

۹- عکس العمل قلیایی سنگدانه ها (ALKALI-AGGREGATE REACTION)

در این قسمت می توان از واکنشهای "قلیایی-سیلیکا" و "قلیایی-کربناتها" نام برد.

عکس العمل قلیایی - سیلیکا (ALKALI-SILICA) عبارتست از: ژلی که از عکس العمل بین هیدروکسید پتاسیم و سیلیکای واکنش پذیر موجود در سنگدانه حاصل می شود. بر اثر جذب آب، این ژل انبساط پیدا کرده و با ایجاد تنشهایی منجر به تشکیل ترکهای درونی در بتن می شود. واکنش قلیایی - کربنات، بین قلیاهای موجود در سیمان و گروه مشخصی از سنگهای آهکی (DOLOMITIC) که در شرایط مرطوب قرار می گیرند، به وقوع می پیوندد. در اینجا نیز انبساط حاصله باعث می شود تا ترکهایی ایجاد شود یا در مقاطع باریک خمیدگیهایی به وجود آید.

۱۰- کربناسیون (CARBONATION)

گاه لایه حفاظتی که در مجاورت آرماتور داخل بتن موجود است، در صورت کاهش PH بتن اطراف، به کلی آسیب دیده و از بین می رود. بنابراین نفوذ دی اکسید کربن از هوا، عکس العملی را با بتن آلكالین ایجاد می نماید که حاصل آن کربنات خواهد بود و در نتیجه درجه PH بتن کاهش می یابد. همچنان که این عمل از سطح بتن شروع شده و به داخل بتن پیشروی می نماید؛ آرماتور بتن تحت تاثیر این عمل دچار خوردگی می گردد. علاوه بر خوردگی، دی اکسید کربن و بعضی اسیدهای موجود در آب دریا می توانند هیدروکسید کلسیم را در خود حل کرده و باعث فرسایش سطح بتن گردند.

۱۱- علل دیگر (OTHER CAUSES)

علل بسیار دیگری نیز باعث آسیب دیدگی و ترک بتن می شوند که در سالهای اخیر شناسایی شده اند. بعضی از این عوامل دارای مشخصات خاصی بوده و کاربرد بسیار موضعی دارند. مانند تاثیر مخرب چربیها بر کف بتن کشتارگاهها، مواد اولیه در کارخانه ها و کارگاههای تولیدی، آسیب حاصله از عوارض مخرب فاضلابها و مورد استفاده قرار دادن سازه هایی که برای منظورها و مقاصد دیگری ساخته شده باشند، نه آنچه که مورد بهره برداری است. مانند تبدیل ساختمان معمولی به سردخانه، محل شستشو، انباری، آشپزخانه، کتابخانه و غیره. با این همه اکثر آنها را می توان در گروههای ذیل طبقه بندی نمود:

الف- ضربات و بارهای وارده (ناگهانی و غیره) در صورتی که موقع طراحی سازه برای این گونه بارگذاریها پیش بینیهای لازم صورت نگرفته باشد.

ب- اثرات جوی و محیطی

پ- اثرات نامطلوب مواد شیمیایی مخرب

۳-۱- شکل گیری ترک در بتن

عمر مفید سازه های بتن مسلح خصوصاً سازه های دریایی و پل ها معمولاً توسط **خوردگی آرماتور** محدود می شود. خوردگی آرماتور باعث شکل گیری خوردگی در اطراف آرماتور شده و افزایش حجم این محصولات باعث ایجاد فشار انبساطی در بتن اطراف آرماتور می گردد. این فشار انبساطی موجب **ترک خوردگی و پوکیدن پوشش بتنی** شده و از بین رفتن پوشش بتنی باعث کاهش مقطع بتن، کاهش مقاومت پیوستگی بتن و آرماتور و همچنین قرار گرفتن آرماتور در معرض عوامل جوی می شود. بنابراین با متلاشی شدن **پوشش بتنی بر اثر ترک بتن**، مقاومت پیوستگی به شدت کاهش یافته و خوردگی افزایش می یابد و عملاً عمر مفید سازه پایان می یابد.



ترک خوردن بتن در دیوار

همیشه باید تا حدی انتظار **ترک خوردگی** را در بتن داشت و این مورد در بیشتر مواقع در طراحی سازه و در پارامترهای ضریب ایمنی در نظر گرفته می‌شود. جزئیات در مشخصات میلگردها باید به دقت کنترل شود تا عرض ترک بتن از مقادیر بحرانی تجاوز نکنند. ترک‌ها تا حدودی مشکل ساز هستند که:

۱- از لحاظ زیبایی غیر قابل قبول باشند.

۲- سبب خروج سازه از حالت آب بندی شوند.

۳- بر دوام سازه اثر بگذارند.

۴- از لحاظ سازه‌ای اهمیت داشته باشند.

به طور کلی، شکل گیری ترک بتن علل زیادی دارند. ترک‌ها ممکن است فقط ظاهری باشند یا نشانه‌ای از یک تنش سازه‌ای مهم و یا فقدان مقاومت و دوام سازه. ترک‌ها ممکن است وسعت خرابی را نشان دهند یا نشانه حجم بیشتری از مشکلات باشند. اهمیت آنها بستگی به نوع سازه و نوع **ترک** بتن دارد. انواع ترک‌هایی که برای سازه‌های ساختمانی قابل قبول می‌باشند ممکن است برای سازه‌های دیوار حائل آبی قابل قبول نباشند. تعمیر مناسب ترک‌ها بستگی به دانستن علت ترک‌ها و انتخاب مراحل تعمیر متناسب با این علت‌ها دارد و گر نه ترک‌ها ممکن است موقت و زودگذر باشند.

ترک‌ها ممکن است در بتن نرم و خمیری روی دهد و یا در بتن سخت. ترک‌های بتن نرم به دلیل **افت بتن** و ترک‌های ناشی از **نشست** رخ می‌دهد و بعد از سخت شدن ترک‌های **جمع شدگی** بتن خشک روی می‌دهد.

در انتخاب روش تعمیر ترک بتن علاوه بر توجه به علت و وسعت ترک برداری، باید به وضعیت فعلی ترک‌ها هم توجه کرد. در غیر این صورت چه بسا روش تعمیری نامناسب و در نتیجه ناموثر انتخاب شود. انتخاب روش تعمیر نه تنها از علت و وسعت ترک، بلکه از محل و شرایط محیطی حضور ترک نیز تاثیر می‌پذیرد. به عنوان مثال رفع معایب در شرایط خشکی - تری، صنعتی و دریایی به مصالح و روش‌هایی کاملاً متفاوت با آنها نیاز دارد که در تعمیر، زیبایی ظاهری به کار می‌آیند. همچنین شیوه‌هایی که متکی بر روش ثقلی هستند، اغلب در سطوح افقی موفقیت آمیزند ولی به ندرت در سطوح عمودی کارساز و موفق خواهند بود. باید به امکان وجود رطوبت، آب یا مواد آلوده کننده در درون ترک توجه داشت معمولاً روش‌های تعمیر ترک بتن باعث ناپدید شدن ترک‌ها نمی‌شوند و در جایی که زیبایی اهمیت دارد، ظاهر قابل رویت بخش تعمیر شده بایستی ارزیابی شود. استفاده از اندوذهای مناسب برای تمام سطح بعد از تمام شدن تعمیر معمولاً ظاهر قابل رویت را مناسب خواهد کرد.

۱-۴- انواع ترک در بتن

۱- ترک خمشی :

هنگامی رخ می‌دهد که مقاومت خمشی مقطع پایین بوده و تار کششی بیشترین عرض را داشته و به سمت تارهای دیگر همگرا شده و می‌تواند به تنهایی یا گروهی اتفاق بیفتد. این ترک در سلامت سازه تاثیر گذاشته و سریعاً باید بررسی شود.

۲- ترک برشی :

زمانی رخ می دهد که مقاومت برشی مقطع پایین بوده و در ناحیه با برش ماکزیمم که بیش ترین عرض در میانه عمق وجود دارد، رخ می دهد و به سمت بالا و پایین گسترش یافته و به تنهایی یا گروهی اتفاق افتاده و تاثیر زیادی در سلامتی سازه داشته و باید رسیدگی شود.

۳- ترک پیچی :

در مقطع با مقاومت پیچی پایین که عرض یکنواختی دارد اتفاق افتاده و در فرم مارپیچ و به تنهایی رخ می دهد.

۴- ترک های مربوط به لغزش اتصالات میلگردها :

به دلیل انقطاع سریع میلگردها زمانی که مرز کافی در اتصالات وجود ندارد، اتفاق می افتد.

۵- گسترش ترک در طول تیر :

به دلیل نبود تکنیک کافی حین ساخت و مشکل در قالب بندی اتفاق می افتد.

۶- ترک کشی :

به دلیل نبود آرماتوربندی کافی در مقطع تحت کشش و پایین بودن کیفیت بتن اتفاق می افتد.

۷- ترک ستون :

ترک های افقی به دلیل خوردگی آرماتورها و عدم طراحی مقطع ستون برای خمش اتفاق می افتد. ترک های اریب به دلیل در نظر نگرفتن نیروهای جانبی و پایین بودن مقاومت در تحمل بار محوری بوجود می آیند.

۸- ترک های خوردگی :

به دلیل خوردگی آرماتورها ، عدم پوشش کافی و کیفیت پایین بتن اتفاق می افتد.

۹- ترک های خمشی در دال :

به دلیل نقص در طراحی تحت بارگذاری، اضافه بار در مقطع و کیفیت پایین بتن اتفاق می افتد.

۱۰- ترک های بالای خمشی در دال :

به دلیل توزیع ناکافی میلگردها و عدم امتداد کامل میلگرد اصلی اتفاق می افتد.

۱۱- ترک های جمع شدگی در دال طره ای :

به دلیل نسبت آب به سیمان بالا در بتن ، عمل آوری نامناسب و عدم مهار در گوشه ها اتفاق می افتد.

۱۲- ترک در اثر نشست پی

اصولا تعمیر صحیح ترک ها به دانستن علت وقوع و همچنین انتخاب روش درخور آن بستگی دارد، در غیر اینصورت تعمیرات ممکن است بصورت موقت باشند. لذا برای یک تعمیر موفق و همیشگی بایستی از عدم پیشروی علل ترک خوردگی کسب اطمینان

نمود چراکه ممکن است پس از تعمیری بدون اعمال اصلاحات لازم مجدداً عضو در ناحیه های دیگری از بتن دچار ترک خوردگی شود. بنابراین رفع علل ترک خوردگی برای مواجه نشدن با ترمیم موقت الزامی است.

۱-۵- ترمیم و تعمیر بتن

تعمیر، جایگزینی یا اصلاح مصالح، اجزاء یا اعضای خراب شده، آسیب دیده، یا معیوب یک سازه است. به عبارت دیگر، تعمیر در واقع شیوه‌ای است که به طولانی تر شدن عمر مفید واقعی سازه و رسیدن به عمر مفید طراحی آن کمک می‌کند. در واقع ما در ترمیم بتن می‌خواهیم شرایط را به نحوی فراهم سازیم تا سازه مشخصات خود را در دوره بهره‌برداری حفظ نماید. مرمت بتن قدیمی نیازمند تحلیل و تدبیر بیشتری است به گونه‌ای که ناحیه آسیب دیده از بقیه نواحی جدا شده و سپس برداشته و جایگزین گردد. اغلب کارهای تعمیری کوچک به منظور بهبود و تأمین قابلیت پذیرش ظاهر بتن بوده و پس از اتمام آن‌ها باید هماهنگی و یکنواختی از لحاظ رنگ و طرح ظاهری بین ناحیه مرمت شده و نواحی دست نخورده اطراف مشهود باشد. علاوه بر این ناحیه مرمت شده باید واجد شرایط زیر نیز باشد:

- پیوستگی سراسری دائمی با بتن مجاور
- نفوذ ناپذیری کافی جهت حفاظت بتن اصلی
- عاری بودن از ترک های انقباضی و ترک های موئی
- داشتن مقاومت کافی در مقابل یخبندان و آب شدن متناوب در موارد لزوم

۱-۵-۱- آماده سازی بتن برای ترمیم و تعمیر

اغلب کارهای تعمیری بتن شامل برداشتن بتن ناحیه ای است که ممکن است پوسیده و یا تخریب شده باشد. انتخاب روش های متعدد برداشتن بتن معیوب با توجه به شدت و موقعیت ناحیه آسیب دیده، اقتصاد طرح، ایمنی کار، تاثیر بر روی بتن نواحی مجاور و تاثیر ناحیه آسیب دیده بر بهره برداری فعلی سازه، تعیین می شود. در مشخصات فنی لازم است روش تخریب نواحی معیوب، روش تعمیر و همچنین شرایط و آزمایش های پذیرش ناحیه تعمیر شده، ذکر گردند. انجام تعمیرات بزرگ که نیازمند برداشتن و اجرای مجدد بخش قابل توجهی از بتن سازه ای است، باید حتی المقدور بلافاصله پس از باز کردن قالب ها صورت گیرد. زمانیکه ناحیه مورد مرمت مسلح باشد بتن نواحی اطراف آرماتورها باید به مقدار بیشتری برداشته شود تا فضایی حداقل معادل ۲۵ میلیمتر پشت میلگرد خالی شود.

۱-۵-۲- روش های برداشتن بتن

روش های برداشتن بتن معیوب در خلال عملیات مرمت، می تواند به سایش بتن، برش بتن، ضربه زنی بتن، پیش شکافت بتن و نهایتاً روش انفجار بتن، طبقه بندی شود. روش های سایش بتن شامل ماسه پاشی، ساچمه پاشی و آب پاشی پر فشار می باشد. این روش ها جهت برداشتن لایه نازکی از بتن آسیب دیده یا رنگ پریده و همچنین زبر و ناهموار نمودن سطح در آماده سازی به جهت مرمت بکار می روند. ماسه پاشی ممکن است هم بر روی سطوح قائم و هم سطوح افقی انجام

شود، ولیکن ساچمه پاشی مختص سطوح افقی نظیر بتن کف ها می باشد. آب پاشی پر فشار نیز مشابه ماسه پاشی در هر دو موقعیت قابل استفاده است.

روش ضربه زنی شامل استفاده از قلم ها یا چکش های هوای فشرده یا برقی، قلم و چکش دستی، تیشه های سنگ تراشی، و در احجام بزرگ، دج بر و کله گاوی سوار شده بر بازوهای مکانیکی می باشد. قلم و چکش هوای فشرده متشکل از دستگاه ضربه زن هوای فشرده می باشد که سرته های قلمی و یا چکشی (با برجستگی های دندانه ای) بر روی آن قابل نصب هستند. ضربات چکشی با زاویه قائم نسبت به سطح بتنی اعمال می شود و برای برداشتن لایه آسیب دیده از سطوح کاملاً عمودی و یکنواخت بکار می رود .

برای تخریب بتن های حجیم، از دج بر و کله گاوی که بر روی یک ماشین متحرک سوار است استفاده می شود. دج بر متشکل از قلم بزرگی متصل به انتهای یک سیلندر می باشد که با فشار هوا کار میکند. امکان تنظیم ماشین و فشار وارده برای برداشتن عمق از پیش تعیین شده ای از مصالح سطحی، امکان پذیر است. کله گاوی متشکل از تیغه های برنده بر روی یک سر دوار می باشند که با اعمال چرخش و دوران، سطح مورد نظر را می برد. استفاده از این وسیله در سطوح قائم و افقی که دارای شبکه آرماتور می باشند، امکان پذیر است. جمع آوری گرد و خاک و خرده سنگ از روی سطوح بتنی و بصورت دستی با استفاده از این ماشین ها ممکن است.

روش های پیش شکاف بتن شامل گوه زنی مکانیکی، ضربات پرفشار آب و بهره گیری از تورم شیمیایی است.

گوه زنی مکانیکی که به منظور برداشتن حجم بزرگی از بتن حجیم بکار می رود، متشکل از یک گوه شکافنده هیدرولیکی است که در یک حفره که از قبل توسط مته در بتن تعبیه شده است، اعمال می گردد. وجود ترک در بتن ممکن است مانع از اعمال فشار هیدرولیکی کامل در حفره گردد. در صورت وجود آرماتور فولادی در ناحیه مورد مرمت، روش مکملی برای بریدن آرماتور باید مورد استفاده قرار گیرد.

در روش تورم شیمیایی، مخلوطی از ماده شیمیایی مورد نظر و آب تهیه شده و سپس به داخل حفره مته کاری شده در بتن و مطابق با الگویی از پیش تعیین شده ریخته می شود. این مخلوط باعث افزایش حجم زیادی در بتن در مدت زمان کوتاه می گردد به نحوی که تمایل به شکافتن بتن خواهد داشت. گرچه استفاده از روشهای دستی مذکور اقتصادی تر می باشند، ولیکن مزیت عمده روش پیش شکافت بتن از طریق اعمال مواد متورم شونده، آن است که با ریختن این مواد در یک

حفره نسبتاً عمیق، در مدت زمان کوتاه، امکان برداشتن حجم قابل توجهی از بتن امکان پذیر است، بدون اینکه اثر زیادی بر روی بتن باقیمانده داشته باشد.

روش های برش بتن، شامل اعمال جت پرفشار آب، استفاده از اره های الماسه یا از جنس سنگ سنباده، استفاده از سیم های الماسه و روش های حرارتی می باشد. جت پرفشار آب، بهره گیری از جت کوچک و باریکی از آب می باشد که با فشار ۷۰۰ تا ۳۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع اعمال می شود. در صورتیکه استفاده مجدد از آرماتورها و حداقل آسیب به بتن های باقیمانده مدنظر باشد، استفاده از جت آب بهترین راه حل می باشد. فرز یا اره های الماسه و سنگ سنباده در اندازه های مختلفی قابل دسترسی می باشند که انتخاب آنها بستگی به مقتضیات پروژه دارد، لیکن فرآیند برشکاری با آن ها کند و پرهزینه است. برشکاری با سیم های الماسه، با حلقه کردن یک سیم الماسه بدور بخشی از سازه که قصد برداشتن آنرا داریم، انجام می گیرد. این حلقه سیمی با دوران های رفت و برگشتی، موجب برش قطعه در محل مورد نظر می شود.

انفجار آخرین شیوه در برداشتن بتن معیوب است. در این روش مواد منفجره در چال هایی که در نقاط و امتداد مناسب حفاری شده اند، قرار گرفته و با انفجار آن ها، ناحیه مورد نظر از سایر قسمت های جدا می شود. این شیوه مختص برداشتن مقدار قابل توجهی از بتن و عمدتاً مناسب سازه های حجیم است.

۱-۵-۳- تمیز کردن و عمل آوری

پس از برداشتن بتن پوسیده یا تخریبی به یکی از شیوه های فوق الذکر، هرگونه گرد و خاک، آشغال و خرده مصالح اضافی باید با استفاده از آب پاشی که عمدتاً با دمیدن هوا با رطوبت اضافی همراه است، از سطح کار برداشته شوند. در صورتیکه مصالح مرمت بتن سیمانی هستند، بتن اصلی مورد مرمت باید حداقل به مدت ۴۸ ساعت قبل از اعمال مصالح ترمیمی، مرطوب نگاه داشته شود. در صورت مشاهده روغن و یا هر نوع ماده آلوده دیگر در ناحیه تعمیر، سطح مورد نظر باید با مواد پاک کننده شسته شود.

۱-۵-۴- مرمت و اصلاح بتن

۱-۵-۴-۱- بتن ریزی مجدد یا بازسازی بتن

در صورتیکه در ناحیه مورد ترمیم، قالب بندی، بتن ریزی و انجام تراکم، امکان پذیر باشد، می توان از یک بتن معمولی مشابه بتن اصلی سازه جهت تعمیر ناحیه آسیب دیده بهره برد. این روش در مواردی نظیر وجود حفره های بزرگ، حفراتی

با سطح بیش از ۱۰۰۰ سانتی متر مربع و عمق بزرگتر از ۱۰ سانتی متر در بتن غیر مسلح و حفراتی با سطح بزرگتر از ۲۵۰ سانتی متر مربع و عمق بیش از ۱۰ سانتی متر در بتن مسلح و یا عدم پوشش روی میلگرد در سطحی بیش از ۲۵۰ سانتی متر مربع کاربرد دارد. افزودنی ها به منظور افزایش حباب های هوا، افزایش یا کاهش زمان گیرش بتن، افزایش مقاومت، بهبود کارآیی مخلوط در هنگام ریختن، کاهش مقدار آب مورد نیاز و یا اصلاح سایر خواص، امکان پذیر است. در صورتیکه مشکل اصلی ناشی از واکنش زایی قلیایی سنگدانه ها باشد، استفاده از مواد پوزولانی نه تنها موجب افزایش مقاومت در مقابل چنین واکنش هایی شده، بلکه منجر به افزایش مقاومت دراز مدت و بهبود خاصیت نفوذ ناپذیری بتن خواهد شد. نسبت مصالح باید مشابه طرح اختلاط بتن اصلی باشد که متأثر از امکانات و فن آوری های جدید و یا طبق محدودیت های فضای عبور، بسته به حداقل اندازه کوچکترین سنگدانه، تعیین می شود. استفاده از سیمان های ضد انقباض در کارهای تعمیری، نتیجه مفید و موافقی دارد. معمولاً بتنی با اسلامپ کم، حداقل انقباض را خواهد داشت.

شیوه معمولی مرمت بتن شامل قالب بندی هر دو وجه مقطع بتنی به گونه است که قالب ها، ناحیه تعمیری را کاملاً احاطه نمایند. یک قیف در بالای قالب مستقر شده و تا قسمتی وارد قالب می شود. ارتفاع قیف فشار هیدرواستاتیکی لازم برای جادادن بتن را فراهم می سازد. حداقل شیب سطح فوقانی حفره بتن از سمت داخل به خارج باید معادل ۱۰ درجه باشد تا امکان فرار حفره های هوا در خلال تحکیم بتن وجود داشته باشد. علاوه بر این، پهنای قیف قالب باید به اندازه حفره تعمیری بوده و بازشدگی آن نیز جهت بتن ریزی مناسب، کافی باشد بطوریکه امکان نفوذ و بیبراتور (لرزاننده) به داخل آن فراهم گردد.

سطح بتن مورد مرمت، قبل از بتن ریزی باید مرطوب شود تا مشابه یک سطح اشباع خشک بنظر برسد. ضخامت هر لایه بتن ریزی نباید بیش از ۳۰ سانتی متر باشد و بازشوهایی باید در ترازهای مناسب به گونه ای تامین شوند تا امکان بتن ریزی و تحکیم آن از پایین به بالا وجود داشته باشد. قالب بندی باید به گونه ای باشد که بتوان ظرف مدت یک روز از بتن ریزی آنها را باز کرد. همچنین پاک کردن و برداشتن بتن اضافی نیز در صورت نیاز، می تواند انجام گیرد. عمل آوری بتن ریخته شده با استفاده از پوشش های مراقبت، باید بلافاصله پس از بازکردن کامل قالب ها، انجام شود.

افزودن میکروسیلیس به مقدار ۵ تا ۱۰ درصد وزن سیمان موجب افزایش مقاومت فشاری بتن می گردد. مقاومت فشاری بتن با افزودن میکروسیلیس می تواند ۱۰۰ نیوتن بر میلیمتر مربع بالغ گردد.

۱-۵-۴-۲- مرمت رویه های بتن قالب بندی نشده

مرمت آسیب ها و پوسیدگی های بتن و دال ها و عرشه پل ها معمولاً بصورت اصلاح سطحی ، و یا بازسازی کامل بتن موجود می باشد. در بازسازی کامل، بتن موجود کاملاً تخریب شده و پس از قالب بندی، بتن تازه با کیفیت مطلوب و پرداخت کامل سطحی ریخته می شود. در صورتیکه ضخامت بتن تعمیری کمتر از ۶۰ میلیمتر باشد، پیوستگی مکانیکی رویه جدید با دال اصلی (دال مینا)، لازم است. حداکثر اندازه سنگدانه براساس ضخامت لایه رویی و آرماتورهای موجود در ناحیه مرمت تعیین می گردد. هرگونه ترک موجود در دال مینا از طریق پرکردن با اپوکسی که دارای ضریب ارتجاعی پایینی است، یا بطریق اجرای یک روکش از نوارهای غیر چسبنده، باید مرمت شود. کلیه درزهای موجود در دال مینا، باید در لایه رویی نیز تکرار شوند. اجرای غشاء مراقبت بلافاصله بعد از پرداخت سطحی انجام شود تا از بروز هرگونه ترک سطحی در بتن جلوگیری شود.

پیوستگی بین لایه رویی و بتن دال ها، از طریق مالیدن یک ملات نسبتاً غلیظ و کرم مانند شامل یک سهم سیمان و یک سهم ماسه بر روی سطح موجود و قبل از اعمال لایه مرمت سطحی، تأمین می گردد. در این مورد استفاده از امولسیون (محلول معلق جامد در مایع) لا تکس اکریلیک و اپوکسی نیز نتایج مثبتی را در پی دارد. البته نسبت ها و درصد محلول از جانب صنایع سازنده مشخص می شود. بخاطر عمر کوتاه چسبندگی ترکیبات مصنوعی، مدت زمان اختلاط و اعمال آنها بر روی سطح باید بین ۲۰ تا ۳۰ دقیقه محدود باشد. به منظور جلوگیری از محبوس شدن هوای اضافی در بتن، زمان اختلاط ملاتهایی که حاوی ترکیبات و افزودنی های مصنوعی می باشند، حداکثر به ۲ دقیقه محدود می شود. در مورد اپوکسی هایی که نیازمند عمل آوری در هوای مرطوب و پیوستگی به سطح مرطوب می باشند، باید به ضوابط استاندارد ASTM C881 مراجعه نمود. اضافه نمودن الیاف پلی پروپیلن، فولاد و شیشه، می تواند باعث کاهش و به حداقل رساندن ترکهای سطحی گردد. البته در بعضی پروژه ها، الیاف فولادی دچار خوردگی یا زنگ زدگی شده اند (عمدتاً بخاطر ضخامت کم این لایه مرمت). کیفیت ظاهری سطح رویه های شامل الیاف پلی پروپیلن یا الیاف شیشه ای به صافی سطوح تخته ماله شده با ماله های فلزی نیست، لیکن این الیاف (که ناهمواری سطح نیز عمدتاً بواسطه آنهاست) به مرور زمان در اثر ساییدگی و یا تاثیر عوامل جوی، ناپدید می شوند. به منظور بریدن سطح بتن بلافاصله پس از پرداخت کردن، از اهرای کوچک و سبک می توان استفاده نمود. عمق برش بدین طریق به ۲۰ میلیمتر محدود می شود که برای رویه های نازک کافی است.

۱-۵-۴-۳- بتن پاشی

بتن پاشی یکی از روش های عالی و مفید برای مرمت سطوح قائم و سقفی می باشد.

هنگامی که عمق عوارض در سطوح مورد مرمت، زیاد باشد، بتن پاشی باید در چند لایه متوالی صورت گیرد و زمان اعمال لایه های متوالی باید قبل از گیرش اولیه هر لایه، بخاطر جلوگیری از پوسته شدن نهایی باشد. در ضخامت های بزرگتر از ۵۰ میلیمتر استفاده از یک مش فولادی با حداقل چشمه های ۵۰ * ۵۰ میلیمتر لازم است، که در سطوح بزرگ، این مش فولادی باید با استفاده از شاخک هایی به سطح تحتانی متصل شود و در صوت امکان بهتر است که این شبکه تقویتی به آرماتورهای موجود، متصل شود. بتن پاشی سطوح مسلح با انحراف نوک افشانک (نازل) دستگاه بتن پاشی حداکثر به میزان ۴۵ درجه انجام می شود تا امکان نفوذ بتن به لایه لای فضای آرماتورها وجود داشته و بتن پاشیده شده در پشت آرماتورها نیز جا داده شود.

امکان استفاده از هر دو مخلوط خشک و تر در بتن پاشی سطوح تعمیری وجود دارد. در مورد مخلوط های خشک آب مورد نیاز در قسمت افشانک وسیله بتن پاشی به مخلوط سیمان و ماسه اضافه میشود، البته این مخلوط کاملاً خشک نیست و دارای رطوبتی حدود ۳ تا ۶ درصد وزنی ماسه ناشی از رطوبت سطحی ماسه است. لیکن در مخلوطهای تر، آب مورد نظر در محل اختلاط به سیمان و ماسه اضافه شده و مخلوط مرطوب در داخل کامیون های مخلوط کن، بهم زده میشود تا به محل اجرا برسد. این مخلوط از داخل کامیون بواسطه یک باکت (ناودان) به قیف پمپ هدایت می شود که این پمپ نیز مخلوط بتن یا ملات را به افشانک پمپ می کند. از هوای تحت فشار جهت پاشیدن مخلوط مرطوب به سطح بتن مبنا استفاده میشود. بتن پاشیده شده به سطح به منظور یکی شدن با بتن های مجاور خود، پرداخت می شود. این عمل باید با دقت خاصی صورت گیرد تا از پخش بتن و از بین رفتن پیوستگی بتن پرداخت شده یا سطح اتکاء خود، جلوگیری شود. عمل آوری نیز با استفاده از غشاء های عمل آور یا ورقه های ناتراوا صورت می گیرد. در بعضی پروژه ها از الیاف به منظور تسلیح بتن استفاده می شود. این مصالح منجر به بهبود مقاومت بتن تعمیری خواهند شد.



اجرای شاتکریت در دیوار بتنی

۱-۵-۴- بتن پیش آکنده با ملات تزریقی

بتن پیش آکنده در کارهای تعمیری بزرگ نظیر شمع ها، کوله ها و دیوار ها، رواج پیدا کرد. در این شیوه، بتن معیوب طبق روش های مذکور برداشته می شود و سنگدانه درشت در ناحیه مورد مرمت و بین قالب ها ریخته می شود. سپس تزریق دوغابی از سیمان و ماسه از کف ناحیه قالب بندی شده به منظور پر کردن حفرات بین سنگدانه ها و به سمت بالا، انجام می گیرد. همزمان با بالا آمدن دوغاب، لوله تزریق نیز به سمت بالا کشیده می شود. لیکن کماکان در زیر سطح دوغاب باقی می ماند. این شیوه برای کارهای زیر آبی مناسب است، چرا که با پر شدن حفرات توسط دوغاب سیمان، آب نفوذی از داخل آن ها خارج می شود. این نوع مرمت برای مخازن ذخیره آب، تیرها و ستون در کارخانجات صنعتی نتایج مثبتی داشته است. به لحاظ فشار زیادی که این فناوری بر جداره قالب ها وارد می کند، درزهای قالب باید جهت جلوگیری از هر گونه نفوذ ملات به بیرون، مهر و آب بند شوند.

۱-۵-۴- روش تزریق

مصالح تزریقی متنوعی جهت مرمت ترک های ایجاد شده در دال های روی زمین یا سقف، پر کردن حفرات در سطوح تکیه گاهی، مرمت ترک خوردگی و پر کردن حفرات اعضای ساختمان، بکار می روند.

این مصالح شامل، دوغاب سیمان، اپوکسی اکریلامیدها، پلی اورتان و ترکیبات متیل می باشند (متیل متاکریلیت) که بواسطه فشار یا نیروی ثقلی به داخل ترک یا حفره تزریق می شوند.

دوغاب سیمان هم می تواند بصورت درجا در محل ساخته شده و یا در بسته های آماده ای خریداری گردد، که عموماً حالت اخیر از لحاظ اقتصادی و سهولت کاربرد بصره تر می باشد. افزودنی هایی به منظور کاهش انقباض دوغاب تزریقی و همچنین پرکننده های معدنی به منظور اقتصادی نمودن این دوغاب ها در مواردی که مصرف زیاد است، در دسترس می باشند. زمانی که دوغاب سیمان متشکل از ذرات جامد ریز و معلق باشد، حداقل عرض ترک های قابل تزریق حدود ۳ میلیمتر است. مرمت بخش تحتانی یا تکیه گاهی دالهای متکی بر زمین (روسازی ها) یا فونداسیون، با استفاده از تزریق دوغاب تحت فشار به بخش های زیرین، امکان پذیر است. مشاهده پیوسته تراز دوغاب تزریقی به منظور جلوگیری از اعمال فشار برخاست از کف به چنین دال هایی در هنگام مرمت، ضروری است. اغلب دوغاب ها تزریقی باید مطابق ضوابط کیفی استاندارد ASTM C1107 باشند.

مراحل اجرای ترمیم ترکها به روش تزریق رزین اپوکسی به اختصار

- پاکسازی درون ترک با استفاده از فشار هوا و یا آب

- خشک کردن درون ترک در صورت شستشو با آب
- سوراخ کاری محل نصب پکرها با فواصل معین و عمق لازم به وسط ترک به صورت مورب با زاویه ۴۵ درجه
- بتونه کاری سطح ترک برای جلوگیری از فرار رزین تحت تزریق
- آماده سازی رزین و تزریق آن به درون ترک از پایین به بالا
- خارج کردن پکر، تمیزکاری سطح بتن

۱-۵-۴-۶- مرمت با بتن سفت

ملات های سفت شامل یک سهم سیمان، ۲٫۵ الی ۳ سهم سنگدانه عبوری از الک نمره ۱۶ و مقدار کافی آب می باشند، به میزانی که این ترکیب شکل گلوله ای بخود بگیرند و فشار کمی بر بدنه قالب داشته و اثر واضحی از رطوبت بر روی دست نداشته باشد. بخاطر نسبت آب به سیمان کم این مخلوط، انقباض ملات حداقل ممکن بوده و مرمت انجام شده دوام، آب بندی و مقاومت خوبی خواهد داشت. گاهی اوقات از ترکیب سیمان سفید و سیمان خاکستری به منظور نزدیک شدن کیفیت ظاهری ناحیه تعمیری به بتن مجاور، استفاده می شود. استفاده از این شیوه برای لکه گیری های سطحی مناسب نیستند، لیکن نتایج بسیار خوبی برای ترمیم حفره های کوچک و خیلی عمیق و همچنین اصلاح نواحی کرمو و سوراخهای ناشی از بولت های قالب ها دارد. مصالح ترمیم باید در ضخامتی معادل ۲۵ میلیمتر ریخته شده و با کوبیدن بطور مناسبی متراکم شوند. در این مورد باید توجه داشت که از تخمق های با سر زبر جهت کوبیدن مصالح استفاده شود. در غیر اینصورت، سطح مصالح بواسطه تماس با تخمق صیقلی، صاف شده و پیوستگی لازم را با لایه بعدی تامین نخواهند کرد. کوبه های مورد استفاده در ترمیم سوراخ بولت قالب بندی، بهتر است از تخمق های با برجستگی میله های چوبی به جای میله های فلزی استفاده نمود. در صورتیکه اکریلیک ها چسباننده به مقدار جزئی و در حدود ۲۰ الی ۲۵ درصد آب مخلوط به ملات سفت اضافه شوند، در بهبود کارآیی مخلوط بدون اثر منفی پررنگ، مؤثر خواهند بود. عمل آوری محل ترمیم، با استفاده از پوشاندن ناحیه مصالح شده با مشمع و یا گونی مرطوب و یا بصورت اعمال یک غشاء محافظ، صورت می گیرد. استفاده از اپوکسی باید با مطالعات بیشتری توأم باشد، چرا که تغییر رنگ نواحی اصلاح شده با بهره گیری از اپوکسی، بعد از هوادیدگی و نوردیدگی ناحیه مورد نظر، مشاهده شده است.

۱-۵-۴-۷- اجرای دستی ملات

ملات هایی که بطور دستی اجرا می شوند، می توانند در محل مخلوط شوند و عموماً مخلوطی از سیمان پرتلند با ماسه، و یا مخلوط های آماده کارخانه ای، و یا ملات های اصلاح شده با پلیمر می باشند. استفاده از این مصالح در مرمت نواحی معیوب با آرماتورهای نمایان و یا بریده شده، که تراکم مصالح را در پشت آرماتورها دچار مشکل می کنند، مناسب نیست. سطح ترمیمی باید تمیز و خشن باشد تا پیوستگی لازم برای اعمال ملات فراهم گردد، عمل آوری ملات در این روش بسیار مهم است و باید در مورد سطوح بزرگ بعد از تکمیل یک ناحیه و در سطوح کوچک بلافاصله پس از لکه گیری انجام گیرد. در این مورد استفاده از غشاء های عمل آوری، بازده خوبی دارد. در زمانبندی مراحل عمل آوری باید دقت نمود تا لایه های مورد استفاده بر روی قسمت های تکمیل نشده کار، کشیده نشوند.

۱-۵-۴-۸- مرمت نواحی پکیده

مشکل عمده در درزهای انقباضی و اجرایی در ساختمان های صنعتی، پکیدن یا لب پرشدن لبه های درز در مسیر حرکت لیفت تراک هاست. این نواحی به مرور زمان تحت بارهای وارده، تمایل به تعریض و تعمیق دارند، به گونه ای که میزان خرده سنگ و نخاله های بتن که قلوه کن شده و به داخل ناحیه پکیده می ریزند، در دماهای پایین و به واسطه تعریض شدن درزها، بیشتر می گردند. فرورفتگی این عارضه ممکن است بقدری عمیق شود که موجب دست انداز در مسیر حرکت لیفت تراک شده و منجر به فروریزی بسته های مورد حمل و نقل (پالت ها) گردد. این مشکل می تواند از طریق ایجاد شیاری در روی درز به عمق ۲۵ میلیمتر و پر کردن آن با اپوکسی با مدول الاستیسیته کم، هم سطح با نواحی مجاور درز مرتفع گردد. پکیدن بتن ممکن است در اثر دوران و رو زدن نوارهای آب بند لاستیکی در خلال عملیات پرداخت بتن نیز اتفاق بیفتد. در این حالت پوشش بتنی موجود در روی درز ممکن از سایر قسمت ها لقی شده و جدا گردد.

۱-۶-۶- ترمیم بتن های کرمو

هنگامی که سطح بتن ظاهری خشن، حفره دار و پوسته پوسته پیدا می کند، به این پدیده کرمو شدن بتن می گویند. برای رفع این مشکل باید عملیات ترمیم بتن های کرمو انجام شود که اغلب پس از تخریب بتن کرمو از ملات ریزی مجدد استفاده می شود. همچنین برای چسبیدن بهتر ملات به سطح تخریب شده، از واتر جت صنعتی استفاده می شود.

۱-۶-۱- عوامل ایجاد بتن کرمو

کرمو شدگی بتن در سازه های بتنی زیادی مشاهده می شود. دلیل به وجود آمدن کرمو شدگی و حفره ها را می توان علل زیر دانست:

- بتن سفت یا بی استفاده
- ارتعاش بیش از اندازه
- استفاده از آب زیاد
- شیوه بتن ریزی نامناسب
- کامل پر نشدن ملات بتن در قالب
- خارج شدن گروت یا دوغاب از حفره های ریز یا حفره های پایین قالب

۱-۶-۲- ترمیم بتن های کرمو در ساختمان ها

با مشاهده نشانه های کرمو شدن لازم است در اسرع وقت نسبت به ترمیم آن اقدام نمود. فرایند ترمیم بتن های کرمو به شرح زیر می باشد:

۱) ابتدا ذرات و سنگدانه های سست شده باید برداشته شود. این کار باید به گونه ای انجام شود که فشار زیادی به بتن وارد نشود. برای این کار می توان از واترجت صنعتی، چکش برقی یا برس سیمی استفاده نمود.

۲) سطح حاصل، باید به طور کامل تمیز شود. برای برداشتن سنگدانه های ریز از برس سیمی استفاده کرد. در نهایت لازم است سطح شسته شود. با استفاده از واترجت صنعتی در مرحله تخریب بتن، نیازی به اجرای مرحله دوم نیست.

۳) اجازه دهید سطح خشک شود. سپس از چسب بتن استفاده گردد.

استفاده از واترجت صنعتی در مرحله اول، سطح را به گونه ای آماده می کند که گروت به خوبی با سطح تخریب شده پیوند برقرار می کند و نیازی به چسب نخواهد بود.

۴) با آماده کردن گروت یا با قالب گذاری، عملیات بتن ریزی انجام می گردد.

۵) قالب ها بعد از ۱۲ ساعت برداشته می شوند تا عملیات کیورینگ انجام شود.

با توجه به مساحت و هندسه محل کرمو شده می توان از روش های ترمیمی دیگری از قبیل شات کريت و ماله زدن و همچنین در این امر می توان از تکنیک های ترمیم در بتن های اکسپوز و نما نیز استفاده کرد.

۱-۶-۳- تخریب بتن های کرمو و ترمیم آن

برای تخریب بتن لازم است ابتدا محدوده‌ای که تمام ناحیه مشکل دار را پوشش دهد و دارای شکل هندسی منظمی باشد انتخاب کرده و با ابزارهای تخریب بتن، تا زیر میلگردها جدا شود. همانطور که بیان شد، استفاده از واترجت صنعتی می‌تواند با سرعت بیشتر و کیفیت بهتری کندن بتن و تمیز کاری سطوح را انجام دهد. همچنین واترجت صنعتی میکرو ترک در سازه ایجاد نمی‌کند. از آنجایی که بتن کرمو می‌تواند دارای مشکل در کل ملات بتن بوده باشد، توصیه می‌شود از روش‌های ضربه‌ای مثل چکش برقی یا پیکور استفاده نگردد. این ابزارها با ضربه‌هایی که به سازه وارد می‌آوردند موجب ایجاد میکرو ترک و ترک‌های عمیق در داخل بتون می‌شوند. اگر پیوند بین سنگدانه‌ها به خوبی برقرار نشده باشد که می‌تواند ناشی از کم یا زیاد بودن آب ملات باشد این ترک‌ها عمیق‌تر شده و بیشتر در سازه پخش می‌شوند.

برای تخریب بتن های کرمو با استفاده از واترجت فشار قوی نیازی به آماده کردن سطح نیست. واترجت تا ۲۵۰۰ بار با استفاده از نازل Hy Jet فالش یا نازل‌های تخصصی دیگر موجود، می‌تواند به راحتی کندن بتن را انجام دهد. با توجه به نیروی لگد آب که در فشار ۲۵۰۰ بار مقدار کمی نیست، لازم است یک نفر نیروی ماهر و آموزش دیده با این دستگاه کار کند. شرکت‌های تولید کننده واترجت صنعتی فوق فشار قوی به منظور افزایش سرعت انجام پروژه‌ها و نیز سهولت انجام کارها، ربات‌های خودکار و نیمه خودکار نیز تولید کرده اند. اگر حجم کار تخریب بتن زیاد باشد، عمدتاً از این ربات‌ها نیز استفاده می‌شود.

نازل با فاصله‌ای از سطح که بتواند بیشترین قدرت تخریب را داشته باشد قرار می‌گیرد. آب فشار قوی با نفوذ در خلل و فرج بتن و ایجاد فشار از زیر تکه‌های کوچک، موجب کندن ماتریس بتن و سنگدانه‌ها می‌شود. واترجت همچنین می‌تواند سطح میلگردها را زنگ زدایی، تمیز و آماده بتن‌ریزی مجدد نماید. سطح باقی مانده، سطحی تمیز و دانه دانه بوده و سنگدانه‌ها سالم و بدون آسیب نمایان خواهند بود.

بعد از تخریب بخش‌های مورد نظر، با توجه به هندسه و دسترسی ناحیه، یکی از روش‌های مختلف ترمیم بتن پیاده‌سازی می‌شود. برخی از این روش‌ها به شرح زیر می‌باشند:

روش ماله زدن: اگر عمق ترمیمی کم باشد می‌توان با استفاده از ماله، ملات جدید را به سطح اضافه نمود. این روش به شرط آنکه تخریب بتن تا زیر میلگردها انجام نشده باشد قابل استفاده می‌باشد.

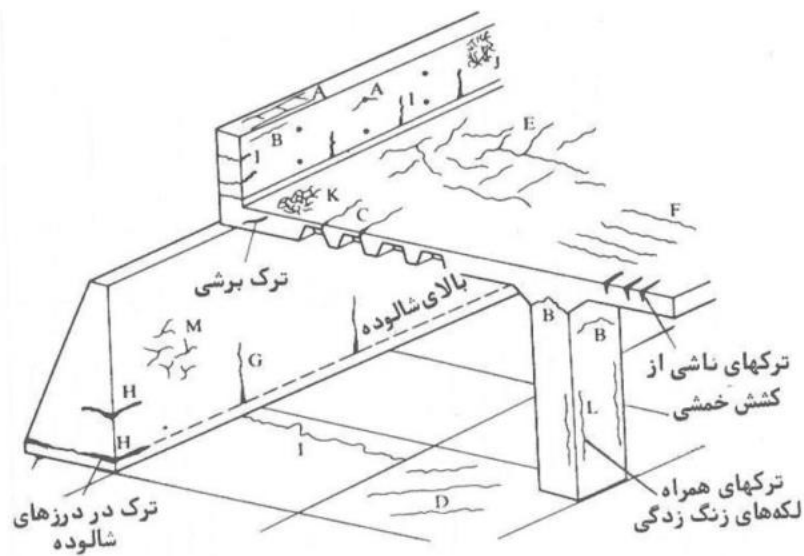
روش پک خشک: این روش برای فضاهای محدود استفاده می‌شود. ابتدا مواد ترمیمی به شکل یکنواخت با هم مخلوط شده و هنگامی که حالت پلاستیکی منسجمی به خود گرفتند در فضای مشخص شده قرار می‌گیرد.

روش قالب گیری و ریختن مواد: بهترین روش برای کاربردهایی است که بتن‌ریزی به فرم خاصی باید انجام شود. ابتدا اطراف منطقه‌ای که تخریب بتن انجام گرفته قالب گذاشته شده و سپس ملات جدید در آن ریخته می‌شود. این روش برای ستون‌ها و دیوارها نیز مناسب می‌باشد. این روش خود به شیوه‌های متفاوتی انجام می‌گیرد که با توجه به سطح دسترسی و موقعیت فضای کاری قابل تعریف است.

روش بتن‌ریزی با سنگدانه‌های پیش آکنده: در این روش ابتدا فضای مورد نظر بسته شده و سنگدانه‌ها داخل آن ریخته می‌شود. سپس با یک پمپ، گروت یا ملات به داخل فضای بسته شده تزریق می‌گردد. این روش از سال ۱۹۳۷ در امریکا ابداع شد.

روش شاتکریت: در این روش که به دو صورت تر و خشک انجام می‌شود، بتن یا گروت با فشار و سرعت بالا بر روی یک سطح پاشیده می‌شود.

انواع ترک‌ها در بتن تازه وابسته به خصوصیات ذاتی بتن به سه دسته تقسیم می‌شوند: ۱- ترک‌های خمیری
 ۲- ترک‌های حرارتی سنین اولیه ۳- ترک‌های جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن.



شکل شماتیک انواع ترک‌ها

انواع ترک‌ها و مشخصات آن‌ها (با توجه به شکل

نوع ترک	علامت در شکل	زیر گروه‌ها	معمول‌ترین موقعیت‌ها	دلیل اولیه	دلیل دوم	علاج	زمان پیدایش ترک
نشست پلاستیک	A	روی آرماتورها	مقاطع عمیق	آب‌انداختگی زیاد	شرایط خشک شدن اولیه سریع	حباب‌زایی با ارتعاش مجدد	۱۰ دقیقه تا ۳ ساعت
	B	-	بالای ستون‌ها				
	C	تغییر عمق	دال‌های مشبک				
جمع‌شدگی پلاستیک	D	قطری	دال‌ها و روسازی‌ها	خشک شدن اولیه و نزدیک سطح بودن آرماتورها	کم بودن سرعت آب‌انداختگی	بهبود عمل‌آوری اولیه	۳۰ دقیقه تا ۶ ساعت
	E	اتفاقی	دال‌های بتن مسلح				
	F	روی آرماتورها	دال‌های بتن مسلح				
انقباض حرارتی اولیه	G	قید خارجی	دیوارهای ضخیم	ایجاد گرمای زیاد	سرد شدن سریع	کاهش گرما یا عایق نمودن	۱ روز تا ۳ هفته
	H	قید داخلی	دال‌های ضخیم	تغییرات دمای زیاد			
جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن	I	-	دیوارها و دال‌های نازک	ناکافی بودن درزها	جمع‌شدگی زیاد و عمل‌آوری کم	کاهش مقدار آب و بهبود عمل‌آوری	چندین هفته یا ماه
ترک‌های ریز سطحی	J	مجاور قالب‌ها	نماها	قالب‌بندی نفوذ ناپذیر	پرسیمان بودن مخلوط و عمل‌آوری ضعیف	بهبود عمل‌آوری و پرداخت بتن	۱ تا ۷ روز گاهی دیرتر
	K	بتن تخته‌ماله‌ای	دال‌ها	ماله‌کشی اضافی			