بسمه تعالی

انواع ترک بتن در اعضای ساختمان بتن آرمه و روشهای ترمیم ترک

تهیه کننده:

علیرضا المکچی – مجتبی پاشاپور

به کانال تلگرام ما بپیوندید

@civilsayman_ir

فهرست مطالب

چکیده..... ۳
ملاحظات کلی..... ۴
عوامل منجر به ترک خوردگی..... ۹
انواع ترک در ساختمان..... ۱۲
تعمیر ترک‌های ساختمان..... ۱۵
خطر ترک‌ها در ساختمان..... ۱۹
عرض ترک..... ۱۹
روش‌های شناسایی ترک..... ۲۲
روش تزریق برای ترمیم ترک..... ۲۳
بخیه زنی..... ۲۶
تنیدن..... ۲۷
آرماتورگذاری..... ۲۸
تعمیر با رزین های اپوکسی..... ۲۹
تعمیر با فوم پلی یورتان..... ۳۳
دستگاه های تزریق..... ۳۶
بررسی ترک خوردگی یک تیر بتنی..... ۳۷
منابع..... ۴۶

۱. چکیده:

یکی از تفاوت‌های اساسی بین سازه‌های بتنی و فولادی، بحث ترک خوردگی اعضای بتنی است که باید تاثیر آن در تحلیل و طراحی سازه در نظر گرفته شود. در یک سازه بتن‌آرمه که تحت اثر بارهای ثقلی و جانبی قرار می‌گیرد، در بخش‌هایی از مقطع اعضاء تنش‌های کششی ایجاد شده که این تنش‌ها باعث ترک خوردن مقطع می‌شوند. واضح است که بوجود آمدن این ترک‌ها در مقطع سبب بروز رفتار غیرخطی در سازه خواهد شد، در حالیکه در تحلیل و طراحی سازه‌ها، رفتار اعضاء را خطی در نظر می‌گیریم. با توجه به اینکه ترک خوردن مقطع باعث حذف عملکرد قسمتی از آن می‌شود، بنابراین با یک فرض ساده کننده مهندسی، می‌توان برای محاسبه سختی عضو تاثیر قسمت ترک خورده را در نظر گرفت.

از سویی دیگر ایجاد ترک در المان‌های بتنی نظیر تیر و ستون و دیوار برشی و ... در هنگام وقوع زلزله به اندازه مجاز آئین‌نامه مفید بوده و راهی برای تخلیه نیروی حاصل از زلزله می‌باشد و به همین سبب در طراحی و محاسبات سازه مبحث نهم و آئین‌نامه‌های معتبر بین المللی نظیر ACI ضرایبی را تحت عنوان ضرایب ترک خوردگی مشخص نموده‌اند.

ترک خوردگی در سازه‌های بتنی می‌تواند به علل مختلفی روی دهد که در ادامه به شریح آنها نیز خواهیم پرداخت.

۲. ملاحظات کلی

آزمایش دقیق و آگاهانه بر روی ترک‌ها، اطلاعات ارزشمندی را فراهم نموده که می‌بایست عموماً بیانگر دلیل احتمالی باشد. چنین عواملی نظیر: محل ترک، الگو، جهت (عمودی، افقی یا مورب) در ارتباط با آرماتور های اصلی و ثانویه، عرض ترکها می باشند.

عمر ترک‌ها می‌تواند با توجه به لبه‌های شکسته (خردشده) ترک‌ها و انباشته‌شدن آلودگی در ترک‌ها بدست آید.

عرض ترک‌ها به طور قابل توجهی در امتداد طول آنها تغییر می‌کند، در حالیکه ترک، باعث از هم گسیخته شدن تکه‌های سنگدانه می‌گردد. از این رو درجه بالای صحت کار، نه جنبه عملی داشته و نه ضرورت دارد. عمق پوشش آرماتورها نیز مهم بوده و نیازمند بررسی توسط پوشش سنج می‌باشد.

ترک ها به دلایل مختلفی ایجاد می شوند، اما به منظور تصمیم گیری در مورد نیاز یا عدم نیاز به کارهای علاج بخشی، ترک را می‌توان در دو دسته اصلی تحت عنوان ترک های سازه های و غیر سازه ای جای داد.

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 می شود. جزئیات در مشخصات میلگردها باید به دقت کنترل شودتا عرض ترک ها از مقادیر بحرانی تجاوز نکنند. ترک ها 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 سازه ای اهمیت داشته باشند.

به طورکلی، ترک ها در بتن علل زیادی دارند. ترک ها ممکن است فقط ظاهری باشند یا نشانه ای از یک تنش سازه ای مهم و یا فقدان مقاومت و دوام سازه. ترک ها ممکن است وسعت خرابی رانشان دهند یا نشانه حجم بیشتری از مشکلات باشند . اهمیت آنها بستگی به نوع سازه و نوع ترک خوردگی دارد. انواع ترک هایی که برای سازه های ساختمانی قابل قبول می باشند ممکن است برای سازه های دیوار حائل آبی قابل قبول نباشند. تعمیر مناسب ترک ها بستگی به دانستن علت ترک ها و انتخاب مراحل تعمیر متناسب با این علت ها دارد وگرنه ترک ها ممکن است موقت و زودگذر باشند.

ترک ها ممکن است دربتن نرم و خمیری روی دهد و یا در بتن سخت. ترک های بتن نرم به دلیل افت بتن و ترک های ناشی از نشست رخ می دهد و بعد از سخت شدن ترک های جمع شدگی بتن خشک روی می دهد.

۱-۲- ترک سازه‌ای

این نوع ترک نشان می‌دهد که عضوهای تحت تاثیر قادر به تحمل بارهایی که قرار است با ضریب اطمینان کافی حمل شود، نمی‌باشند.

۲-۲- ترک غیرسازه‌ای

ترک در اثر هر عاملی به جز موارد گفته شده برای ترک سازه‌ای را ترک غیرسازه ای می نامند.

بهرحال، می‌بایست به خاطر سپرد که در بتن‌آرمه، حضور ترک‌ها می‌تواند منجر به خوردگی جدی آرماتورها شده که باعث می‌گردد عضو تحت تاثیر از لحاظ سازه‌ای ناایمن شود.

بسیاری از ترکها ارتباط تنگاتنگی با خوردگی آرماتورها دارند. تعیین اینکه آیا امکان تشکیل ترک هست یا خیر، بسیار حائز اهمیت است، به عنوان مثال، در اثر تنش کششی بیش از حد مجاز در زیر طاق یک ستون. از این رو رطوبت و کربناته شدن به فولاد راه یافته که یا باعث خوردگی آن (در اثر سایر عوامل) شده و منجر به تشکیل زنگ که باعث ترک خوردن بتن می‌شود.

اصولاً برای یک عضو بتنی سه نوع سختی می‌توان در نظر گرفت که به شرح زیر هستند:

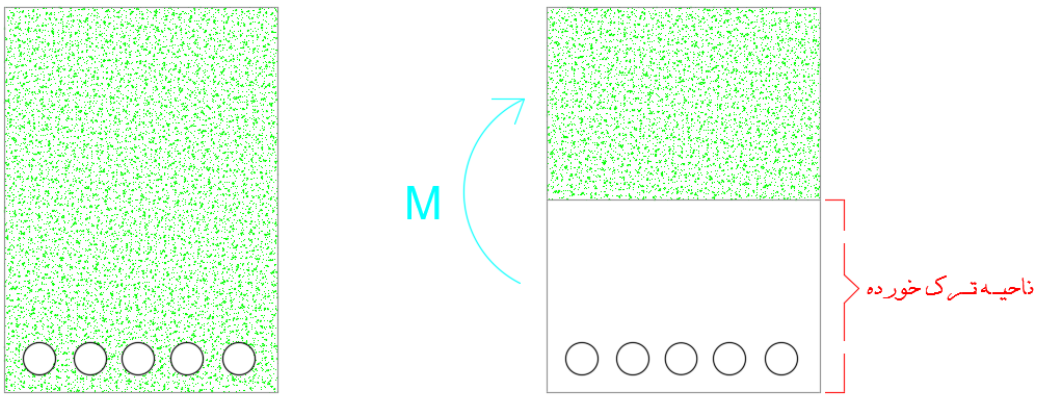
- سختی محوری (EA)

همانطور که میدانیم پارامتر E مدول الاستیسیته بتن بوده و به خواص ماده بستگی دارد، بعبارت دیگر ترک خوردن بتن تاثیر خاصی بر روی این ضریب ندارد. بنابراین باید اثر ترک خوردگی را تنها بر روی مساحت مقطع (پارامتر A) بررسی کنیم. از طرفی از آنجا که ترک خوردگی خمشی ارتباط مستقیمی با رفتار محوری مقطع ندارد، نیازی به کاهش سطح مقطع عضو نیست. بنابراین ضرایب ترک خوردگی به سختی محوری عضو اعمال نمی‌شود.

نکته: در صورتیکه عضوی بتن‌آرمه بصورت محوری تحت کشش خالص قرار گیرد، سختی محوری ناشی از بتن مقطع صفر خواهد بود و در این حالت ظرفیت کششی مقطع فقط از طریق آرماتور تامین خواهد شد.

- سختی خمشی (EI)

مدول ارتجاعی مقطع (E) به مشخصات ماده وابسته بوده و با ترک خورن مقطع تغییری نمی‌کند. بنابراین باید نحوه تاثیر ترک خوردن مقطع بر روی ممان اینرسی را بررسی کنیم.



ممان اینرسی کل (I_g)

قبل از ترک خوردن

ممان اینرسی مؤثر (I_e)

بعد از ترک خوردن

$$\text{ضریب تیر خوردگی} = \frac{\text{ممان اینرسی مؤثر}}{\text{ممان اینرسی کل}} = \frac{I_e}{I_g}$$

واضح است که میزان ترک خوردن مقطع در طول یک عضو متغیر بوده و به عواملی نظیر مقدار آرماتور و تلاش‌های ایجاد شده در هر قسمت از عضو بستگی دارد. با توجه به اینکه در نظر گرفتن این مسائل در تحلیل و طراحی بسیار مشکل و زمان‌بر است، آئین نامه‌ها برای ساده سازی از یک ضریب متوسط و محافظه کارانه برای کل عضو استفاده می‌کنند.

- سختی پیچشی (GJ)

سختی پیچشی عضو به دو پارامتر مدول برشی (G) و ممان اینرسی (J) مقطع وابسته می‌باشد. مدول برشی نیز مانند مدول الاستیسیته به خواص بتن وابسته بوده و با ترک خوردن مقطع، مقدار آن تغییر نمی‌کند. بنابراین باید ترک خوردگی مقطع را بر روی ممان اینرسی پیچشی بررسی کنیم که موضوعی نسبتا پیچیده بوده و مربوط به بخش طراحی و محاسبات سازه می‌باشد.

مقدار ضرایب ترک خوردگی طبق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۲ طبق بند ۹-۱۳-۸-۴ به ترتیب زیر می‌باشد:

- در قاب‌های مهارنشده سختی خمشی تیرها و ستون‌ها را به ترتیب معادل ۰/۳۵ و ۰/۷ برار سختی خمشی مقطع ترک نخورده آن‌ها منظور نمود.
- در قاب‌های مهارشده سختی خمشی تیرها و ستون‌ها را به ترتیب معادل ۰/۵ و ۱ برابر سختی خمشی مقطع ترک نخورده آن‌ها منظور نمود.
- سختی خمشی دیوارها در هر دو جهت را در صورتیکه ترک خورده باشند ۰/۳۵ و در غیر اینصورت ۰/۷ برابر سختی مقطع کل منظور نمود.

۳. عوامل منجر به ترک خوردگی

۳-۱- ترک ناشی از انقباض خشک شدگی

این نوع ترک در اثر تعدادی از عوامل که عمده آن مخلوط بد طراحی (آب بسیار زیاد، مصالح با دانه بندی ضعیف، شامل نسبت بالایی از مصالح ریزدانه) و عمل آوری ناکافی به وجود می‌آید.

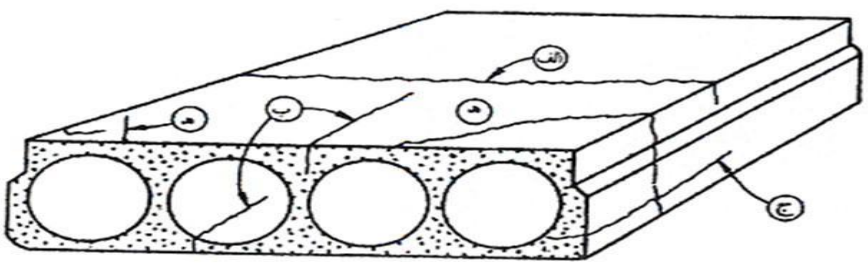
با افزایش درصد مصالح ریزدانه در مخلوط، آب بیشتری جهت کارایی مورد نظر نیاز خواهد بود. تمامی بتن‌ها و ملات‌ها در شرایط خشک، منقبض می‌شوند و در اثر آن تمایل به عریض شدن ترک‌ها در اثر سایر عوامل بوجود می‌آید. انقباض کلی (جابجایی رطوبت) از انقباض برگشت ناپذیر و برگشت پذیر تشکیل می شود. در شرایط خشک شدن اولیه، میزان قابل توجهی از انقباض کل، برگشت ناپذیر است، اما پس از چند سیکل تر و خشک شدن، انقباض تقریباً کاملا برگشت پذیر می‌شود

ترک های ناشی از انقباض خشک شدگی به طور کلی به موارد زیر محدود می شوند:

۱. اعضای غیر سازه‌ای که تنها دارای آرماتور اسمی برای کنترل می‌باشند، نظیر: واحدهای پیش ساخته.

۲. آستر کف، شمشه کاری و اندود کردن

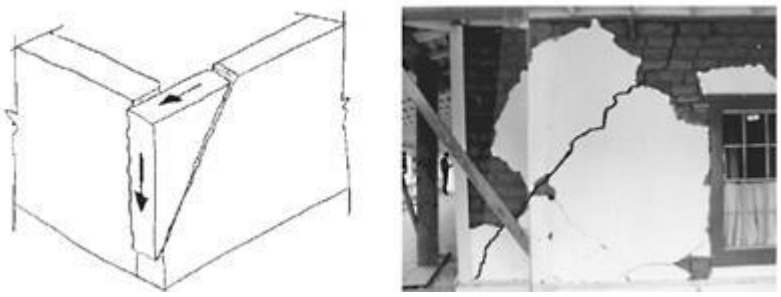
۳. دیواره های جانپناه با توزیع ناکافی فولاد، تنش‌های ناشی از انقباض خشک شدگی اغلب به صورت تنش های انقباض حرارتی بحث می شوند.



ترکهای ناشی از حمل و نصب در یک عضو بتنی پیش‌ساخته

۲-۳- ترک ناشی از انقباض حرارتی

در طی فرایند گیرش و سخت شدن بتن، گرمای قابل توجهی در اثر واکنش شیمیایی بین سیمان و آب اختلاط حاصل می شود.



ترک و خرد شدن در نبشی (زاویه خارجی) به دلیل حذف غیر دقیق قالب بندی

این امر منجر به افزایش محسوس دما در بتن می گردد. دمای حداکثر، زمان رسیدن به آن و سپس سرد شدن، به عوامل بسیاری وابسته است. در حالیکه دمای بتن بالغ افزایش می یابد، بتن منبسط شده و در هنگام سرد شدن، منقبض می گردد. ضریب انبساط حرارتی (و انقباض) به عواملی وابسته است که مهمترین آنها نوع رنگدانه و نسبت های اختلاط می باشند. با نسبت های اختلاط یکسان، بتن با سنگ دانه آهکی ضریب انبساط حرارتی به مراتب پایین تری نسبت به بتن ساخته شده شن چخماقی دارد.

ترک ناشی از انقباض حرارتی عمدتاً ناشی از توزیع ناکافی فولاد رخ می دهد که در هنگام سرد شدن بتن بالغ از دمای ماکزیمم خود، تنش‌های رشد یافته را تحمل می کند.

این مساله در دیوارهای جانپناه، دیوارهای حائل، دال های طره ای تراس و گاهی هم در دال های کف اتفاق می افتد.

۳-۳- ترک های نقشه وار (خرد شدگی)

این موضوع واقعا نوع خاصی از ترک در اثر انقباض حاصل از خشک شدگی بوده و حذف کامل آن اگر غیر ممکن نباشد، بسیار دشوار خواهد بود. این نوع ترک خوردگی گاهی اوقات در واحدهای پیش ساخته با کیفیت بالا رخ می دهد اما به طور معمول در کف ریزی های بتنی با کیفیت بالا نظیر موزائیک گرانولیتی و درجا بافت می شود. عرض ترک معمولاً در بازه ۰/۱ تا ۰/۳ میلیمتر و عمق آن نیز به ندرت از ۰/۵ میلیمتر تجاوز می کند. این نوع ترک خوردگی در سالهای خیلی ابتدایی عمر بتن رخ می دهد اما به دلیل ریزی ترک ها اغلب بدان توجه نشده و برای ماه ها یا حتی سالها گزارش نمی شود. این نوع ترک خوردگی تاثیر منفی بر دوام بتن نمی گذارد و در واحدهای پیش ساخته که در ترکیب آنها از سیمان پرتلند سفید استفاده شده، احتمال پر شدن ترکها با آلودگی های ریز وجود داشته که این امر منجر می گردد ترکها بیشتر به چشم بیایند. این نوع از ترک گاهی اوقات با الگوی ترک های ناشی از واکنش قلیا- سیلیس اشتباه گرفته می شود.

۳-۴- ترک خوردگی ناشی از ساخت و ساز نادرست

ترک های ناشی از ساخت و ساز نادرست، معمولاً از نواقص موجود در حذف قالب ها، مانند حذف نادرست، توجه ناکافی به حذف، و استفاده از نوع ماده رها سازی نادرست رخ می دهد. این امر می تواند منجر به خسارت اولیه به نبشی های تیرها، ستون ها و دال های کف گردد.

این خسارت اغلب به عنوان بخش قرارداد اصلی تعمیر می گردد اما ملات های عملیات تعمیر از انقباض خشک شدگی خسارت دیده و ترک به وجود آمده در اطراف محل تعمیر توسعه می یابد. در زمانی که ترک ها عریض می شوند، رطوبت اجازه می باید تا به درون آنها نفوذ نموده و در آب و هوای سرد منجمد شده و موجب عریض تر شدن ترک ها و در نهایت خرد شدن شود.

۵-۳- ترک خوردگی ناشی ازرواکنش قلیا- سیلیس

در سطوح صاف، مشابه فرم بدی از ترک نقشه وار می باشد یک شاخص مناسب برای اینکه نشان دهد چنین ترک های نقشه وار است، تراوش نمودن ژل سفید مایل به زرد از ترکها بوده که شبیه به شکفته شدن آهک بیرنگ می باشد. ارزیابی علت ترک های ناشی از نقشه وار در بتن خارجی توجه خاصی را می طلبد.

۴. انواع ترک در ساختمان

۴-۱- ترک در ساختمان

ترک‌های ایجاد شده در ساختمان به دو دسته سازه‌ای و غیر سازه ای تقسیم می‌شوند. و معمولاً ترک‌های با عرض و عمق کم ترک‌های غیر سازه‌ایی هستند و از اهمیت زیادی به لحاظ تخریب ساختمان و خطرات جانی برخوردار نیستند ولی ترک‌هایی با عرض ۵/۱ تا ۲ میلیمتر و عمق ۵/۱ تا ۲ سانتیمتر ترک‌های سازه‌ایی هستند. که به لحاظ اهمیت می‌بایست مورد توجه قرار گیرد که بعضاً موجب تخریب و آسیب‌های جانی نیز می‌شوند.

در مواردی که ترک سازه‌ایی به وجود آمده است، آن عضو ترک خورده می‌بایست یا تخریب و از نو بازسازی شود یا اینکه در محل ترک به روش خاص دوخته شود.

۴-۲- انواع ترک در ساختمان از لحاظ جهت

۴-۲-۱- ترک‌های افقی

ترک‌هایی که در راستای افق و در طول دیوار ایجاد می‌شود معمولاً به دو دلیل عمده بوجود می‌آیند.

- به هنگام اجرای دیوار، استاد کار می‌بایست دیوار را تا ارتفاع نیمه از تراز انتهایی اجرا نماید و پس از خشک شدن و گیرش دیوار در مرحله بعد آنرا تا تراز ارتفاعی نهایی برساند. این ناپیوستگی در اجرا موجب نشست گرد و غبار خاک بر روی محل ناپیوسته دیوار می‌شود. این گرد و غبار از جنس دانه‌های رس بوده که حالت چربی دارند و در صورتی که استادکار قبل از اجرای نیمه دوم دیوار محل ناپیوستگی را از گرد و غبار نشوید پس از اجرا احتمال وجود ترک افقی در محل ناپیوستگی بسیار محتمل است.
- در صورتی که دیوار در یک مرحله اجرا شود، طبق روش توضیح داده در بند یک نباشد، دیوار کمانش کرده و یا در اصطلاح دیوار شکم می‌دهد و موجب ایجاد ترک افقی در دیوار می‌شود.

۴-۲-۲- ترک‌های عمودی

هنگامی که عمق یا عرض این ترک‌ها زیاد یا در اعضای دیگر سازه همچون سقف، کف و ... و یا اینکه در سنگ قرنیز ادامه داشته باشند به دلیل اینکه ترک سازه‌ایی هستند از اهمیت فراوانی برخوردار است.

۴-۲-۲-۱- علل ایجاد ترک‌های عمودی

- ترک‌های سازه‌ایی عمودی عمدتاً به دلیل نبود شناژ قایم یا کمبود آن و ایجاد فاصله زیاد بین شناژها ایجاد و در اصطلاح عامیانه گویند دیوار کمر می‌شکند.
- در صورتی که پی زیر دیوار حرکت کند ترک‌های عمودی ایجاد می‌نماید.
- در اثر اجرای نادرست هشتگیر در تقاطع دیوارها ترک‌های عمودی ایجاد می‌شود.

۴-۲-۳- ترک‌های مورب

- ترک‌هایی که معمولاً زاویه ۴۵ درجه نسبت به راستای افق دارند، به ترک‌های مورب معروف هستند. این ترک‌ها اغلب در اثر نشست دیوار ایجاد شده و نشانه شکسته شدن دیوار است. این نوع از ترک بسیار خطرناک است.

جهت تعیین محل نشست دیوار، ابتدا راستای ترک را معین کرده عمود بر راستای ترک به سمت پایین طرف نشست کرده دیوار را مشخص می‌نمایید.

۴-۳- انواع ترک در ساختمان از نظر موقعیت

۴-۳-۱- ترک‌های عمیق

این ترک‌ها گاهی به طور دائمی به وجود می‌آید و دلیل آن نشست مرتب پی است که در این صورت، بودن ساکنان در ساختمان خطرناک است.

۴-۳-۲- ترک‌های ثابت

معمولاً پس از نشست پی، تحرک ساختمان کم می‌شود. این پدیده بر اثر قطع رطوبت و فشرده شدن سطح زیر پیش می‌آید. در نتیجه، شکست و افت دیوارها و اسکلت بنا نیز متوقف و حالت ترک ثابت می‌شود.

۴-۳-۳- موی ترک‌های معمولی

این ترک‌ها در اثر افت‌های کوچک در اسکلت بنا و به واسطه نیروها و در مواردی به علت نوع مصالح اندود به وجود می‌آیند. رطوبت، انقباض و انبساط حاصله در مقابل خشک شدن سطوح مرطوب، باعث ایجاد ترک‌های مویی می‌شود.

۴-۴- دسته بندی ترک بر اساس فعالیت ترک

۴-۴-۱- ترکهای فعال

این ترک‌ها عمدتاً ناشی از تغییر شکل‌های حرارتی یا ناشی از بارگذاری هستند.

۴-۴-۲- ترکهای غیرفعال(خفته)

این ترک‌ها به هیچ نوع تغییر شکل یا حرکتی در سازه منتسب نیستند.

۵. تعمیر ترک‌های ساختمان

اساساً تعمیرات ساختمان به منظور جلوگیری از به هدر رفتن منابع که هزینه‌ی سنگینی را هم به ما تحمیل می‌کند و از طرفی امنیت جانی و رفاهی ساکنان را هم به خطر می‌اندازد صورت می‌گیرد. عمده علّت اصلی خرابی بناها، نشست پی بر اثر عواملی همچون رطوبت و فشارهای وارده از طبقات، بی مقاومتی خاک و عملکردهای آن است. همچنین نوع مصالح مصرفی و اجرای غیرفنی، سبب نشست‌های پی می‌شود. در مجموع، بر اثر حرکات زمین، اسکلت بنا حرکت می‌کند و شکست‌های مختلف که شامل ترک‌های عمیق یا معمولی و در مواردی به شکل مویی است، نمایان می‌شود. در همه‌ی موارد، جهت تعمیر و نگهداری بنا، پس از اطمینان کامل از اینکه نشست و یا حرکت‌های که موجب بروز ترک در ساختمان شده است تثبیت شده است، با لحاظ کردن نکات ایمنی، ترک‌ها را کاملاً باز می‌کنیم، اطراف آنها را عمق بیشتری می‌دهیم، سپس به منظور چسبندگی بیشتر مصالح بکار رفته با محل، محل ترک‌ها را جارو زده و مرطوب می‌کنیم. پس از آن، به منظور جلوگیری از ترک خوردگی دوباره اقدام به مصلح کردن (توری گالوانیزه و آرماتورگذاری) محل ترک‌ها می‌کنیم.

در انتخاب روش تعمیر ترک علاوه بر توجه به علت و وسعت ترک برداری، باید به وضعیت فعلی ترک ها هم توجه کرد. در غیر این صورت چه بسا روش تعمیری نامناسب و در نتیجه نامؤثر انتخاب شود. انتخاب روش تعمیر نه تنها از علت و وسعت ترک، بلکه از محل و شرایط محیطی حضور ترک نیز تأثیر می پذیرد. به عنوان

مثال رفع معایب در شرایط خشکی– تری ، صنعتی و دریایی به مصالح و روش هایی کاملا متفاوت با آنها نیاز دارد که در تعمیر، زیبایی ظاهری به کار می آیند. همچنین شیوه هایی 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 روش های تعمیر ترک باعث ناپدید شدن ترک ها نمی شوند و در جایی که زیبایی اهمیت دارد، ظاهر قابل رؤیت بخش تعمیر شده بایستی ارزیابی شود. استفاده از اندودهای مناسب برای تمام سطح بعد از تمام شدن تعمیر معمولاً ظاهر قابل رؤیت را مناسب خواهد کرد.

۵-۱- تعمیر ترک‌های نیمه عمیق

بر اثر حرکت پذیری سقف توفال که از انقباض و انبساط رطوبت و حرارت حاصل می‌شوند. ترک‌هایی به وجود می‌آید. این ترکها را با نوک کاردک و ماله خالی می‌کنیم، سپس آماده کشی و پرداخت کشته و با پنبه زنی، ترکها را می‌گیریم و آماده نقاشی می‌کنیم.

۵-۲- تعمیر ترک‌های عمیق

اطراف ترک را با تیشه می‌تراشیم و سپس درز آن را کاملاً خالی می‌کنیم .به کار بردن گچ دستی و کف کش کردن، درون ترک را پر و سطح آنرا با گچ آماده صاف می‌کنیم. سپس با گچ کشته و پنبه آب، سطوح آنرا کاملاً پرداخت و آماده نقاشی می‌کنیم. به منظور جلو گیری از خطر کپ کردن، کشته کشی را در بعد وسیعی انجام می‌دهیم .در این مواقع، باید اصولی را به کار برد تا سطح ترک از اطراف به شکل پخ از گچ کاری و اندود برداشته شود تا عمق ترک در سطحی عریض پیوند شود. به این عمل اصطلاحاً پرداخت کردن، کشته و هم سطح کردن با زمینه در گچ کاری قدیمی می‌گویند.

۵-۳- تعمیر ترک در تقاطع دیوار

دیوارها بر اثر نداشتن پیوند با هشت گیر ترک می‌خورند. در مواقعی نشست و شکست دیوارها، ترکها کاملاً باز و رویت می‌شوند. در بعضی موارد، این ترک‌ها بسیار عمیق هستند، به طوری که می‌توان دست را در درون آنها حرکت داد. در این حالت، چنین عمل می‌کنیم.

- سطح ترک را از دو طرف کاملاً با تیشه می‌تراشیم، و پس از جارو کردن، سطوح آن را کاملاً مرطوب می‌کنیم.
- چنانچه لازم باشد، کناره‌های ترک را با قلم و چکش چند سانتیمتر بازتر می‌کنیم تا نشست گچ با عمق بیشتری انجام شود.
- ملات گچ تیزون را شلاقی در درون ترک می‌کوبیم تا سطح ترک کاملاً پر شود.
- پس از پر کردن ترک به شکل سرتاسری و کف کش کردن گچ تیزون، اندود گچ و خاک را اجرا می‌کنیم.
- در صورت نیاز، ترک را شمشه گیری می‌کنیم تا در سطح گچ‌کاری یکنواختی به وجود آید.
- با گچ آماده و سپس گچ کشته، سطح اندود را سفیدکاری می‌کنیم و با پنبه آب زدن برای پرداخت، گچ‌کاری را خاتمه می‌دهیم.
- چنانچه در محل تقاطع دیوار ابزار گرد زده شود، یعنی ماهیچه به وجود آید، ترک مجددی پیش نخواهد آمد.

۵-۵- تعمیر ترک در نعل درگاه

به علت‌های زیر، نعل درگاهی و سطوح زیر آن می‌شکنند.

- در اثر نشست ستون زیر نعل درگاه، به علت اهرم شدن آن، برش افقی به وجود آید.
- برش‌های عمودی به خاطر وجود پیوند و اثر نیروهای فشاری در امتداد تیر نعل درگاه و برش‌های طولی بعد از مقدار گیر نعل درگاه به وجود می‌آید که در هر دو حالت، جداره ترکها را می‌تراشیم، باز می‌کنیم و سپس گرد آن را می‌گیریم. سپس، محل مرطوب شده را با گچ به اصطلاح تیزون (زودگیر) پر می‌کنیم و زمینه را با کشته کشی آماده می‌سازیم و سپس ترکها را به ترتیب ترمیم و تعمیر می‌کنیم.

۵-۶- پیوند در ترک‌های عمیق

چنانچه ترک عمیق باشد، رج‌های بریده شده را از دو طرف به اندازه یک نیمه، خالی می‌کنیم و با به کار بردن ملات مرغوب و آجرهای راسته مقاوم، سطح ترک را در عرض دیوار با رعایت پیوند، کامل می‌گیریم و سپس مبادرت به اندود کاری می‌کنیم. در این صورت، اثر ترک به کلی محو می‌شود. در بعضی موارد ترک به حدی است که از بیرون، نور و اشیاء قابل رویت می‌شود. به طور مسلم، این ترکک و شکست و نشست از پی شروع می‌شود و تا بالاترین قسمت ساختمان ادامه می‌یابد که برای تعمیر آن، به این صورت عمل می کنیم.

- مسیر ترک را در کف سازی دنبال می‌کنیم و با برداشتن کف سازی به پی می‌رسیم.
- تعمیر از پی شروع می‌شود. با کرسی چینی جداره ترک را جهت به وجود آوردن پیوند خالی می‌کنیم.

پس از بنایی ترک مذکور، در عمق دیوار اندود و سفید کاری انجام می‌دهیم.

۶. خطر ترک‌ها در ساختمان

- ترک‌ها یک کوتاهی و قصور واقعی و مرئی هستند.
- ترک‌ها ظرفیت باربری سازه‌ها را کاهش می‌دهند.
- ترک‌ها به رطوبت اجازه می‌دهند تا به درون سازه بتنی نفوذ کرده و قابلیت استفاده عمومی را تحت تاثیر قرار می‌دهند.
- ترک‌ها خطر نفوذ کلرورها را که در معرض نمک‌های ذوب یخ و یخ زدگی و ذوب شدگی مداوم هستند افزایش می‌دهند.(مثلاً پای ستون‌ها، پل‌ها، سطوح پارکینگ‌ها).
- ترک‌ها سبب تشدید خوردگی بتن و آرماتورها شده و قابلیت استفاده از سازه بتنی را کاهش می‌دهند.

به طور کلی ترک‌ها سبب تخریب تدریجی سازه‌های بتنی میشوند.

خطر ترک به چه عواملی بستگی دارد؟

- عرض ترک
- ضخامت و دانسیته پوشش بتنی در مجاورت ترک
- تغییر عرض ترک ناشی از ناشی از نوسانات دراز مدت و کوتاه مدت
- تغییر عرض ترک ناشی از تغییرات سطوح تنشی که سازه در معرض آن است.

۷. عرض ترک

- عرض ترک فاصله بین لبه‌های ترک است که روی سطح المان سازه عمود بر امتداد ترک اندازه گیری می‌شود.

- عرض ترک تنها مبنای بررسی ترک نیست بلکه ضخامت و بیشتر از همه دانسیته پوشش بتنی در مجاورت ترک برای حفاظت در برابر خوردگی دراز مدت بتن آرمه ضروری و مهم است.
- برای محاسبه عرض واقعی ترک از ترک سنج‌ها استفاده می‌شود. برای چنین کاری تاریخ، ساعت، روز، وضعیت هوا و دمای محیط و دمای سازه در طول هر اندازه گیری که برای تشخیص انجام می‌شود می‌بایست یادداشت شود.

۷-۱- محاسبه عرض ترک طبق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان

در تیرها و دال‌های یکطرفه مقدار عرض را، در صورت انجام محاسبات دقیق‌تر، می‌توان از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$W = 11.05 \times 10^{-6} f_s \sqrt[3]{d_c . A}$$

در شرایط محیطی متوسط (A) و شدید (B و C) مقدار تنش f_s به $\frac{2}{3} f_y$ و در شرایط محیطی خیلی شدید (D) و فوق العاده شدید (E) مقدار این تنش به $\frac{1}{2} f_y$ محدود می‌شود.

۷-۲- محدودیت عرض ترک

مقدار عرض ترک در تیرها و دال‌های یکطرفه متناسب با شرایط محیطی و شرایط لازم برای آب‌بندی ساختمان به مقادیر زیر محدود می‌شود:

- شرایط محیطی متوسط (A) و شدید (B) ۰/۳۵ میلیمتر
- شرایط محیطی شدید (C) ۰/۲ میلیمتر
- شرایط محیطی خیلی شدید (D) و فوق العاده شدید (E) و یا آب بندی ساختمان ۰/۱ میلیمتر

۷-۳- کنترل ترک

دو عامل اصلی برای ترک در بتن عبارتند از :

۱. تنش بر اثر بارهای وارده (Control joints)

۲. تنش بر اثر آب رفتگی در حین خشک شدن یا تغییرات دما (Restraint)

۷-۴- شیوه جلوگیری

۱. درزهای کنترل مؤثرترین شیوه جلوگیری از ترک های غیر قابل رؤیت به شمار می آیند (Isolation Joints)

۲. درزهای جداکننده دال را از قسمتهای دیگر سازه جدا می کنند و اجازه حرکت افقی و عمودی را در دال می دهد (Footings)

۳. درزهای اجرائی جائی که کار بتن ریزی روزانه پایان می یابد، ایجاد می‌شوند؛ و مناطقی را که در دفعات مختلف بتن ریزی می شوند از یکدیگر جدا می سازند.

۸. روش‌های شناسایی ترک

- ترک ها را به انواع مختلف و به روش های ساده ای می توان شناسایی کرد :
- بطور مثال دو قسمت ترک را که از هم جدا شده اند، با مقداری ملات گچ پر می کنیم طوری که فقط ۲ قسمت جدا شده را پوشش دهد یعنی در ترک نفوذ نکند. پس از خشک شدن گچ چنانچه مشاهده شود که گچ از دیوار جدا شده است، نشان دهندهٔ این است که سازه دچار نشست شدید می باشد.
- روش دیگر این است که بر روی ترک و در قسمت جدا شدهٔ آن یک نوار کاغذی نازک به ابعاد ۳ ×۳۰ سانتیمتر به شکل ضربدر نصب می کنیم، چنانچه کاغذ پاره شود نشاندهندهٔ خطرناک بودن ترک است.
- همچنین در نشست های خطرناک، کلاف پنجره ها دچار تغییر شکل می شوند و یا ممکن است گاهی ترک بخورند.

۹. روش تزریق برای ترمیم ترک

ترک‌های باریکی را می توان به طریقه تزریق رزین‌های اپوکسی پر نمود. در این روش، نقاط تزریق متناوباً با فواصل کوتاهی در طول ترک قرار داده شده و سپس سطح ترک کاملاً آب بند می شود تا از فرار و نشست رزین در مدت تزریق جلوگیری گردد. روش تزریق به این صورت است که رزین از یک نقطه تزریق شده و سپس اطمینان حاصل می گردد که عمل تزریق تا نقطه بعدی کاملاً صورت گرفته و خلل و فرجهای اطراف پر شده است. در این روش، مواد تزریقی به صورت مداوم (لاینقطع) به ترتیب از نقاط مختلف تزریق، پمپ می شود تا اطمینان حاصل گردد که علاوه بر مسیر اصلی ترک، کلیه خلل و فرجها نیز کاملاً پر شده اند.

در صورتی که که ابتدا و انتهای ترک در یک سطح (از جهت ارتفاع) نباشد تزریق بایستی از پایین ترین نقطه آغاز و به بالاترین نقطه ختم گردد؛ و همچنین برای حصول اطمینان از پر شدن مطلوب ترک از مواد تزریقی، از لوله های شفاف استفاده می شود. هدف اصلی از تزریق ، پر کردن ترک و متصل کردن بتن در دو لبه ترک است. این تعمیر برای آب بندی ترک هایی است که فعال نیستند همانند ترک های ناشی از جمع شدگی و ترک های ناشی از نشست که ثابت شده اند. تزریق ، روش کاملاً مطمئنی است که نیاز به تکرار ندارد و بر خلاف سطوح تعمیر شده بوسیلهٔ دوغاب سیمان، در معرض هوازدگی قرار نمی گیرد و همچنین در برابر امواج ماوراء بنفش ، آسیب نمی بیند. علاوه بر این پلیمر تزریق شده، فولاد مسلح کننده را می پوشاند و فرآیند خوردگی را متوقف می سازد. با نفوذ و پر کردن ترک ها، رزین قادر است تا یک شبکه چسبنده بوجود آورد که ترک را آب بندی کرده و آن را در برابر آب ، کلرید ها، دی اکسید کربن، سولفات ها و دیگر گاز ها و مایعات خورنده محافظت کند. و همچنین راهی است برای کاهش امکان خرابی بیشتر به علت سیکل ذوب-انجماد، خوردگی فولاد و مواد شیمیایی که به بتن حمله می کنند.

۹-۱-تعمیر ترکهابا دوغاب سیمان (تزریق گروت):

این روش برای تعمیر ترک‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که غیرفعال هستند، خصوصاً در سدهای وزنی و دیوارهای بتنی. از گروت بعلاوۀ سیمان پرتلند برای تعمیر ترک‌های عریض و از گروت بعلاوۀ یک سری مواد شیمیایی برای آب بندی ترک هایی به باریکی ۰/۰۰۲ اینچ معادل با ۰/۰۵ میلیمتر استفاده می‌گردد که البته مقاومت آن کمتر از سیمان پرتلند است.

هر دو نوع مخلوط، می توانند با موفقیت در شرایط مرطوب مورد استفاده قرار گیرند اما باید توجه داشت که این روش نیز همانند هر روش دیگری نیاز به مهارت بسیار و عمل دقیق دارد.

مراحل تعمیر ترک ها با استفاده از روش تزریق گروت:

- **تمیز کردن سطح ترک**

پاک کردن سطح بتن از آلودگی ها و چربیها در سطح ترک که این عمل میتواند توسط فشار آب و یا دستگاه های پمپ هوا انجام گردد.

- **نصب پورت های تزریق :**

معمولاً در طول ترک به عمق کم گودال هایی به شکل V حفاری می کنند و در نوک این گودال ها لوله یا واشر هایی به عنوان Port قرار می دهند و با یک وسیله تزریق کننده دوغاب از داخل Port ها به درون ترک تزریق می گردد.

- **مخلوط کردن با آب**

اب بندی سطح ترک :

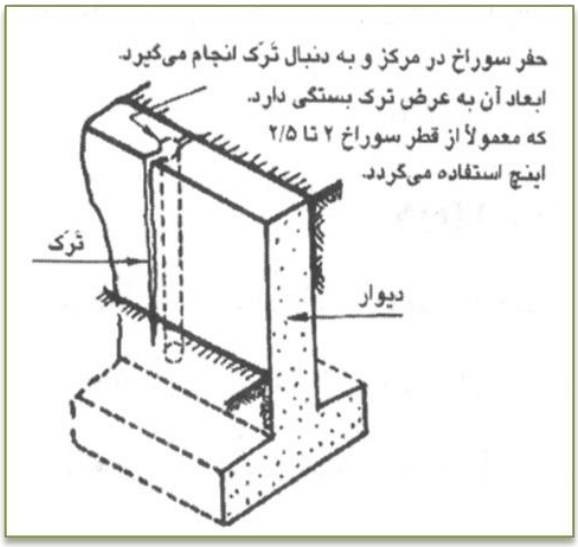
آب بندی سطوح ترک برای جلوگیری از تراوش دوغاب به خارج قطعهٔ بتنی قبل از اینکه سفت گردد برای این عمل می توان از همان دوغاب، استفاده کرد.

- **تزریق گروت:**

الف) برای فشارهای کم یک ابزار دستی به شکل تفنگ که دوغاب را ترزیق می کند، می تواند مورد استفاده قرار گیرد و برای فشارهای بیشتر باید از پمپ استفاده کرد. فشار مورد استفاده برای تزریق می بایستی به دقت بر مبنای ویژگی های گروت و مشخصات ترک انجام شود.

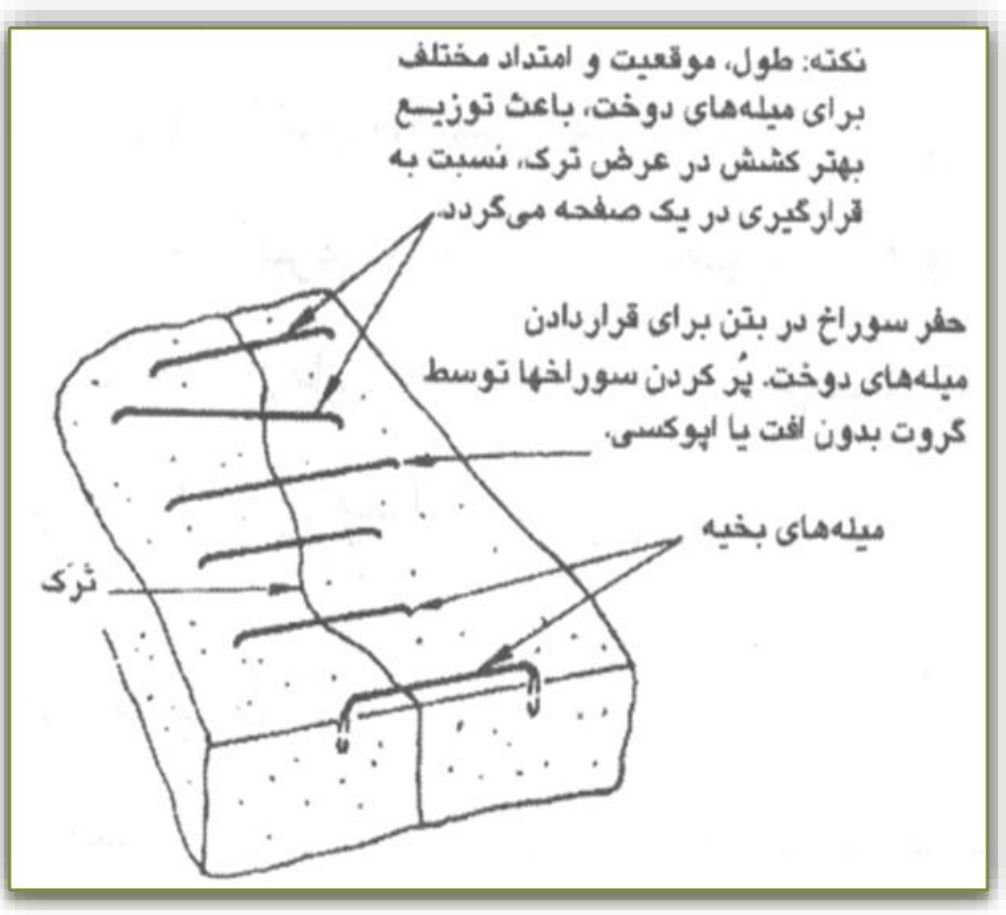
ب) فرآیند تزریق با پمپ کردن گروت به داخل Port های ورودی انجام می شود و تا زمانی ادامه می یابد که گروت از Port بالایی بیرون آید . سپس تزریق را از Port بالاتر شروع کرده و این فرآیند دوباره تکرار می شود تا همهٔ ترک ها پر شوند.

گاهی اوقات خصوصاً زمانی که ترک ها عمودی باشند معمولاً گودال کوچکی در امتداد طول ترک بوجود می آورند و به داخل آن گروت تزریق می کنند و حتی زمانی که درز به انعطاف پذیری بیشتری احتیاج داشته باشد می توان از مصالحی نظیر قیر استفاده کرد.



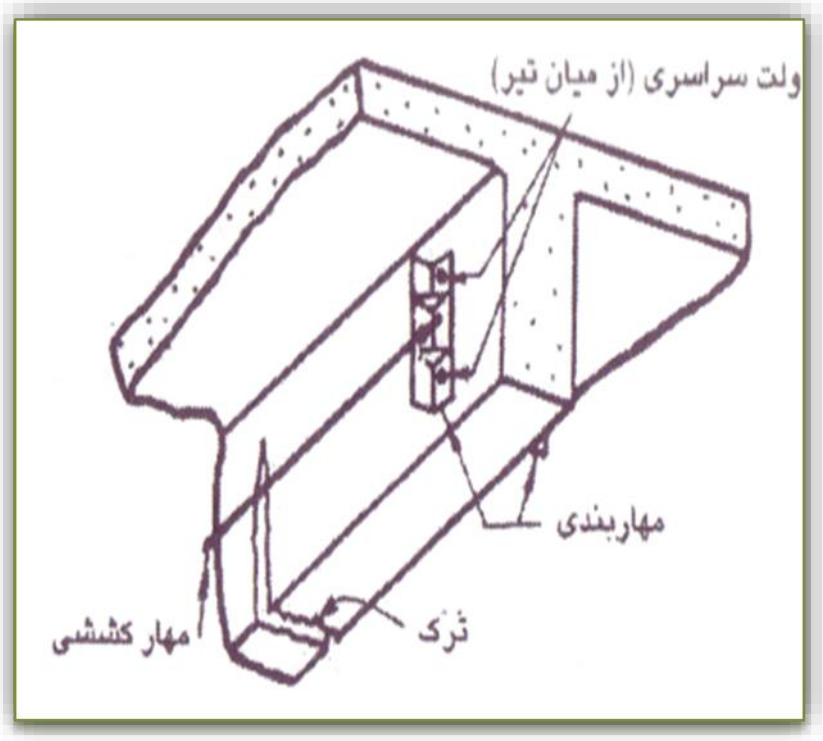
۱۰. بخیه زنی

این روش در موقعی به کار گرفته می شود که ترکهای زیادی روی سطح بتن ظاهر شده و بایستی برای به دست آوردن و حفظ مقاومت سازه‌ای، آنها را مسدود کنیم. در این روش المانهای "U" شکل با پایه های کوتاه در عرض ترکها در درون حفره های تعبیه شده، قرار گرفته و سپس این حفره ها با ملات‌های روان یا دوغاب که خاصیت جمع شدگی ندارند، پر می شود برای جلوگیری از تمرکز تنشها، المانهایی با اندازه های متفاوت در جهات مختلف از نظر صفحه ترکها در نظر گرفته می شود. نکته ای که بایستی به هنگام به کارگیری این روش در نظر داشت؛ آن است که هرچه ترکها بیشتر سخت گردند،احتمال به وجود آمدن ترک در جاهای دیگر بیشتر می شود. چارهٔ کار، آن است که یک لایه بتن مسطح بر روی محل‌هایی که بحرانی هستند، اعمال گردد.



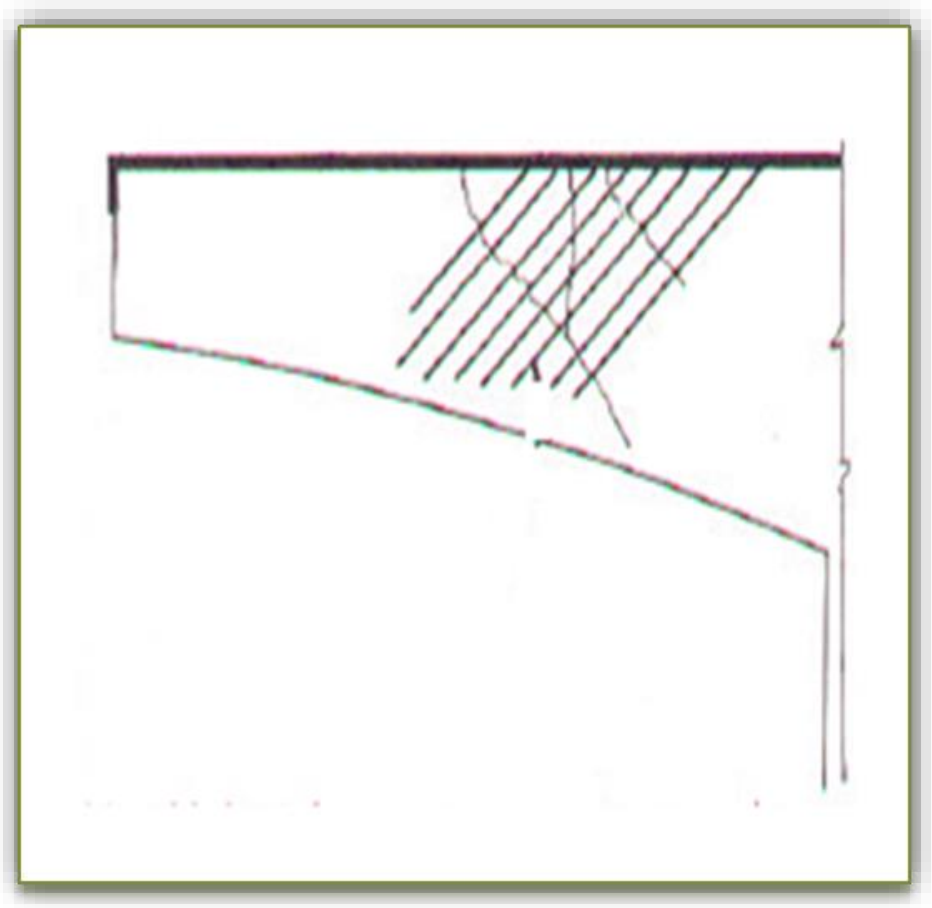
۱۱. تنیدن

اگر در محلهای مورد تعمیر، ترکها در منطقه بسیار وسیعی ظاهر شده باشد، به طوری که بخیه زدن بسیار گسترده ای را ایجاب نماید، ممکن است راه حل تنیدن را مد نظر قرار داد. در روش تنیدن میلگرد یا کابلهایی در منطقهٔ بتن آسیب دیده کار گذاری شده و سپس به آنها تنشهای از پیش محاسبه شده را وارد کرده و در نهایت مهارشان می نماییم. در این روش بایستی دقت کافی مبذول گردد تا عمل تنیدگی باعث به وجود آمدن ترکهایی در مناطق دیگر نشود.



۱۲. آرماتورگذاری

این تکنیک شامل حفر سوراخ‌های مناسب در صفحه ترک، تمیز نمودن ترک و سوراخ‌ها، درزگیری سطحی ترک، پرکردن سوراخ و صفحه ترک با اپوکسی و نصب سریع میلگردهای مسلح کننده در سوراخ‌ها می‌باشد. معمولاً میلگردهای ۱۳ تا ۱۶ میلیمتر برای این منظور استفاده می‌شودکه در هر سمت ترک، حداقل نیم متر امتداد دارد. اپوکسی باعث اتصال میلگردها به جداره‌های سوراخ شده ، صفحه ترک را می‌پوشاند. سطح ترک خورده بتن را به فرم یکپارچه در اورده و مقطع عضو را به حالت اول باز می‌گرداند.



۱۳. تعمیر با رزین های اپوکسی (Epoxy Resins)

برای تعمیر ترک ها از دیرباز روش‌های متفاوتی مطرح بوده است که هرکدام در جای خود، ممکن بوده است که مفید واقع شده و یا اینکه نتوانسته باشند جوابگوی هدف مورد نظر باشند. فوم‌های پلی یورتان، اغلب روانتر و انعطاف پذیر تر از اپوکسی ها می‌باشند و هنگامی که آب از داخل ترک در زمان تعمیر، فعالانه تراوش می کند و یا زمانی که نیاز به کارآیی انعطاف پذیرتر از اتصالات می‌باشد، مناسب تر می باشند. اما باید توجه داشت که اتصال بوجود آمده نمی تواند دارای مقاومت سازه‌ای باشد. یعنی زمانی که یکپارچگی سازه‌ای بتنی مطرح نمی‌باشد و مشکل، تنها تراوش آب است مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نتیجه اگر نیاز باشد که ترک‌ها بطور سازه‌ای تعمیر شوند و یک اتصال پایدار بوجود آید، طوری که حتی این اتصال به اندازهٔ بتن اطراف آن و حتی قوی‌تر از آن باشد، جواب اپوکسی است.

الف- پر کردن ثقلی:

روش ثقلی تنها می تواند برای عضو های بتنی افقی نظیر پل ها ، کف پارکینگ ها، سقف های طبقات و سطوح مشابه بکار برده شود. یعنی تنها برای ترک هایی که به قسمت پایین سطح افقی گسترش پیدا کرده باشد .بنا بر این تزریق ثقلی رزین ، نمی بایستی به عنوان یک راه حل دراز مدت برای رفع مشکل ترک خوردگی، خوردگی و حمله سولفات ها مورد توجه قرار گیرد. منتهای مراتب با انجام درست این تعمیر می توان جلوی نفوذ آب ، کلرید ها و سولفات ها را که ممکن است به آهستگی باعث توسعه خرابی در اطراف ترک شوند را گرفت اما ممکن است نتوان بطور کامل آن را متوقف کرد.

ب- تزریق اپوکسی با فشار بالا یا پایین

در اکثر موارد از روش تزریق با فشار کم در فونداسیون ساختمان‌ها ، کف پارکینگ‌ها ، استخرهای شنا ای تک استفاده می شود . اما در دیوارهای سازه ای خیلی ضخیم نظیر سد ها و ترک‌های خیلی بلند مانند آنهایی که در پل‌ها یا شاهراه‌ها وجود دارند بهتر است که از روش تزریق با فشار بالا استفاده شود. برای فشار های تزریق بالا تا حد ۱۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ Psi از پمپ برای تزریق استفاده می شود و حفاری در حفره هایی با زاویه ۴۵ درجه در محل برخورد با ترک انجام می شود . راز تزریق موثر ترک (چه اپوکسی و چه پلی یورتان) تزریق آرام و با فشار کم مایع به داخل ترک است. فشار کم Psi ۲۰-۴۰ به مجری اجازه می دهد تا تزریق را بطور صحیح انجام دهد.در این رنج فشار ، مجری می تواند مطمئن باشد که زمانی که مایع شروع به جمع شدن در نزدیکی سطح Port میکند ، ترک با مایع پلیمری کاملا اشباع شده است در فشار تزریق بزگتر از این مقدار، پلیمر در جهت مقاومت کمتر یعنی بخش عریض تر ترک حرکت می کند و به احتمال خیلی زیاد ، تنها همان بخشها را پر می کند و ترک های ریز تر پر نخواهند شد .خصوصا زمانی که ترک عمودی باشد با توجه به اینکه در ترک خوردگی ها معمول قسمت جلوی ترک نسبت به پشت آن عریض تر است ، در فشار بالای40 Psi، پلیمر بدون پر کردن پشت ترک بالای آن را پر می کند. بنابر این گرچه مصالح به نزدیکی Port رسیده اند اما تعمیر ترک ناقص بوده و در معرض گسیختگی قرار می گیرد .

مزایا و معایب ترکیبات اپوکسی

مزایا:

۱ـ مقاومت بالای مکانیکی و چسبندگی

۲ـ سخت و غیر شکننده

۳ـ دارای ویسکوزیته های متفاوت (مناسب برای هر گونه عرض ترک)

۴ـ افزایش درجه حرارت باعث می شود که عمل سخت شدن در شرایط بهتری انجام گیرد

۵ـ این ملات به عکس ملات سیمان دارای جمع شدگی نمی باشد

۶ـ مقاومت بالایی در محیط های خورنده حاوی آب، اکسیژن و گاز کربنیک دارد .

معایب:

۱ـ اکثر اپوکسی ها برای سخت شدن به ساعت‌ها زمان احتیاج دارند و بنابراین این امکان وجود دارد که قبل از اینکه سفت شوند به خارج ترک جریان یابند .

۲ـ ضریب انبساط حرارتی آنها بیشتر از بتن است که این امر باعث ایجاد تنش با بتن میگردد.

۳ـ مشکل چسبندگی برای نقاطی که لایهٔ زیرین آنها مرطوب است وجود دارد .

۴ـ این روش تعمیر زمانی که ترک ها فعالند نمی‌بایستی مورد استفاده قرار گیرد.

۱۴. تعمیر با فوم پلی یورتان(Poly Urethane Foams)

معمولاً از پلی یورتانها در مواقعی استفاده می شود که نیاز به ماده فنری احساس می شود. زیرا خاصیت ارتجاعی و انعطاف پذیری پلی یورتانها بیش از سیستم اپوکسی ها است. یکی از نمونه های پلی یورتانها، به کارگیری آنها در داخل مخازن و جاهایی است که از سیستم، انتظار مقاومت بالایی در برابر تغییرات و اختلاف دما می رود.

مزایای ترکیبات پلی یورتان:

۱ـ فوم های پلی یورتان بر خلاف اپوکسی ها بسرعت سخت می شوند و کمتر احتمال می رود که همانند اپوکسی ها قبل از سفت شدن به خارج ترک تراوش کنند.

۲ـ فوم های پلی یورتان قابل انبساط هستند و در سطح ترک می توانند به قسمت هایی برسند که اگر اپوکسی بطور صحیح تزریق نشود احتمالاً به آن نقاط نمی رسد.

۳ـ این مواد بر عکس اپوکسی ها که صلب و محکمند، در برابر حرکت ، خاصیت انعطاف پذیری بیشتری دارند.

۴ـ فوم های پلی یورتان در ترک هایی که آب بطور دائم از آنها عبور می کند، تزریق می شوند و می توانند با آب کم موجود در ترک نیز واکنش دهند.

۵ـ اگر مایع به آرامی به سمت خارج تراوش کند، چون این مواد توانایی انبساط بالایی داردباز هم می تواند ترک ها را پر کند وبه همین علت برای ترک هایی که هنوز فعالند هم مورد استفاده قرار می گیرد.

۶ـ پلی یورتان توانایی انبساط به اندازۀ ۲۰ تا ۳۰ برابر حجم خودش را دارد و به همین علت براحتی می تواند روزنه های بزرگ را نیز پر کند .

۱۵. ترمیم کننده بتن چیست؟

بتن یک ماده مقاوم است که دارای استحکام و مقاومت بالایی است. با این وجود گفته شد ، عوامل مختلفی می توانند بر روی بتن تاثیر گذاشته و موجب تخریب بتن شوند. ایجاد خرابی در سازه های بتنی ، استحکام آن را کاهش می دهد. برای جلوگیری از این رخداد باید به تعمیر و ترمیم بتن بپردازیم.

بتن می تواند در اثر عوامل مختلفی همچون خوردگی آرماتورها ، برخورد با موادی نظیر اسید ، سولفات ها ، کلرید ها و غیره دچار تخریب و خرابی شود. در اثر عدم انجام صحیح مراحل اجرایی و بتن ریزی نیز ممکن است بتن آسیب ببیند. وجود محدودیت هایی از نظر اقتصادی و زمانی نیز می تواند از دیگر عوامل تخریب بتن باشد. برای ترمیم و تعمیر بتن در این شرایط می توان از انواع ترمیم کننده بتن استفاده کرد.ترمیم کننده بتن در انواع مختلف وجود دارد. برخی از انواع ترمیم کننده های بتن شامل ملات هایی هستند که به آنها ملات های ترمیم کننده گفته می شود. این ملات ها گاها به صورت آماده وجود دارند و برای انجام تعمیرات در ابعاد کوچک و خاص بسیار کاربردی و قابل اجرا می باشند.

انواع ملات های آماده ترمیم کننده بتن

یکی از انواع این ترمیم کننده ، ملات های سیمانی می باشند که با الیاف و پلیمر اصلاح شده اند.

نمونه دیگر ملات ترمیم کننده ، انواع ملات پلیمری هستند.

ملات های نیمه پلیمری از دیگر انواع ترمیم کننده بتن می باشند.

چسب های اپوکسی نیز نمونه ای از ترمیم کننده بتن هستند که در صورت نیاز می توان از آنها استفاده کرد.

از دیگر ملات های آماده ترمیم کننده بتن می توان ، رزین های تزریقی را نام برد. و در نهایت می توان به چسب های لاتکس به عنوان دیگر انواع ترمیم کننده برای بتن اشاره کرد.

هر یک از انواع ترمیم کننده بتن که در بالا نام برده شد ، دارای خصوصیات و ویژگی های منحصر به فردی هستند که موجب می شود تا بتوان از آنها برای سازه های بتنی با شرایط خاص استفاده کرد. استفاده از این

مواد برای ترمیم انواع بتن و سازه های بتنی به عوامل مختلفی نظیر ضخامت ترمیم ، ابعاد منطقه آسیب دیده ، میزان مقاومت شیمیایی مورد نظر ، مقدار بار وارده به منطقه مورد ترمیم و نوع منطقه مورد ترمیم در بتن و غیره اشاره کرد.

بتن و سازه های بتنی در طول فرآیند بهره برداری و ساخت دچار آسیب و تخریب می شوند. کارفرمایان و بهره برداران برای حفظ خصوصیات و شرایط سازه برای کاربرد کامل در طول دوره پیش بینی شده اقدام به تعمیرات و ترمیم آنها می نمایند.

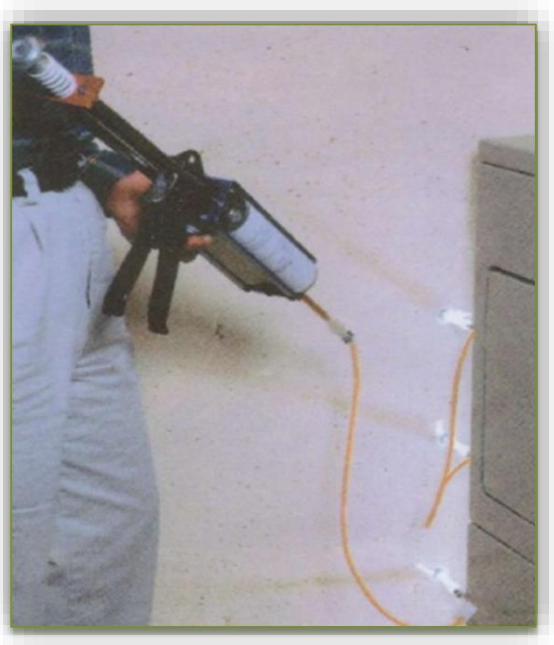
تخریب و آسیب های سازه های بتنی بنا به علت و ابعاد ایجاد به گروه های مختلفی تقسیم می شوند. از جمله عوامل ایجاد تخریب در سازه های بتنی می توان به خوردگی ، تاثیر اسیدها ، کربناتاسیون ، سولفاته شده ، واکنش قلیایی ، مشکلات اجرایی و ... می باشند.همچنین بسته به شرایط بهره برداری ، شرایط فرآیند اجرایی ، محدودیت های اقتصادی و زمانی و ابعاد آسیب مواد و روش های مختلفی برای ترمیم سازه های بتنی وجود دارد.

از مواد ترمیم سازه های بتنی می توان به ملات های ترمیم کننده آماد اشاره کرد. این ملات به خصوص در تعمیرات های خاص و با ابعاد کوچک و یا دارای شرایط اجرایی و بهره برداری خاص کاربرد زیادی دارند. مواد ترمیم کننده آماده را می توان به انواع زیر تقسیم بندی کرد:

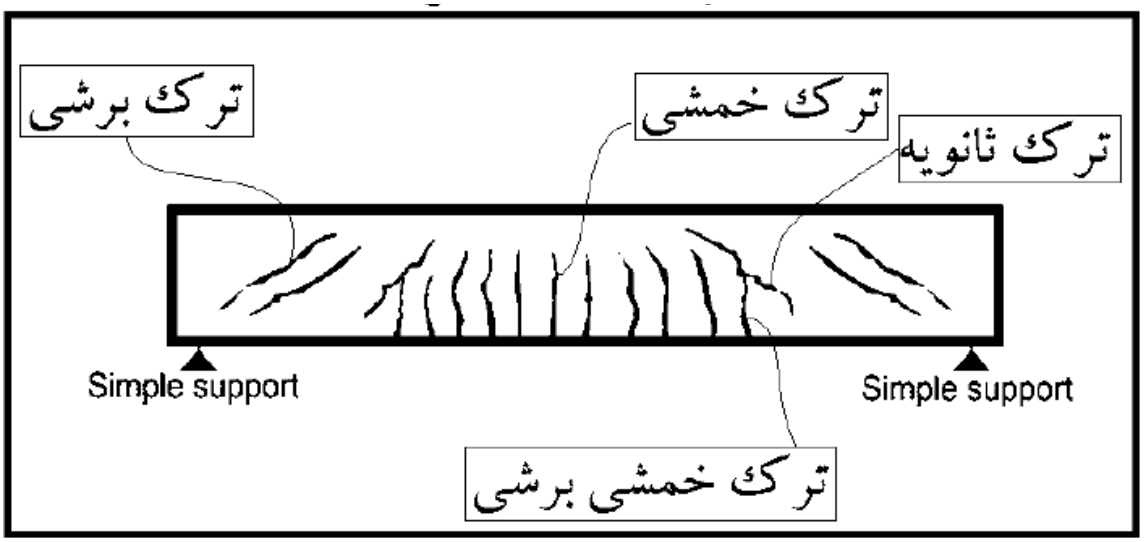
ملات های پایه سیمانی اصلاح شده با الیاف و پلیمر-ملات های پلیمری-ملات های نیمه پلیمری-چسب های اپوکسی-رزین های تزریقی-چسب های لاتکس هریک از این محصولات دارای خصوصیاتی می باشند که مصرف آنها در محلی خاص توجیح می نماید. از جمله این خصوصیات می توان به ابعاد منطقه ترمیم ، ضخامت ترمیم ، مقاومت شیمیایی مورد نیاز ، بار وارد به منطقه ترمیم ، سازه ای یا غیر سازه ای بودن ترمیم و ... اشاره کرد.

۱۵.دستگاه های تزریق:

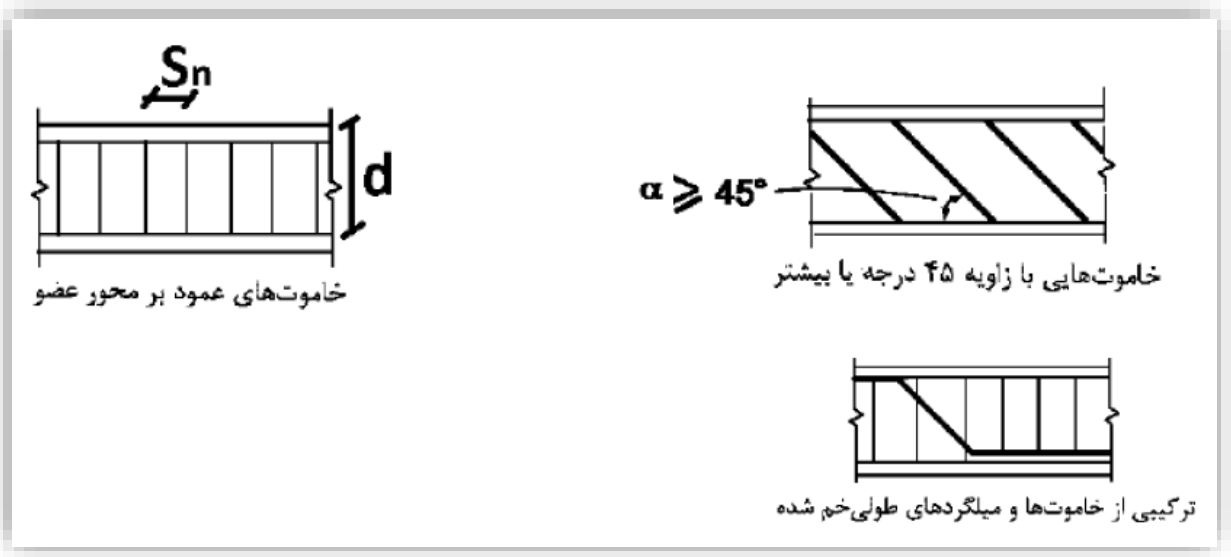
عمل تزریق با وسایلی نظیر Dual-Cartrige Dispenser ویا Caulk Gun و یا Jacole می‌تواند انجام شود. اخیرا دستگاه تزریق کننده دوتایی Dual-Cartrige Dispenser مورد استفاده قرار می‌گیرد که همزمان دارای دو محفظه محتوی پلیمر می‌باشد. گاهی این محفظه‌ها بصورت یکبار مصرف نیز می توانند بر روی دستگاه قرار گیرند. هم چنین توسط این دستگاه می توان فشار تزریق را به دلخواه و به میزان مورد نیاز تغییر داد. قبل از استفاده از پلیمر ها که معمولا ترکیبات دو تایی یا دوقلو هستند باید با روشهای درست آماده سازی آنها را مخلوط کرد مثلا Sikadur-52 که یک نوع رزین اپوکسی با مقاومت بالاست شامل رزین(جزء A)و سخت کننده (جزءB)است قبل از استفاده از Sikadur-52 هر دو جزء باید با نسبت های مشخص تعیین شده بطور دقیق با هم مخلوط شوند که مخلوط کردن آنها بطور دستی ممکن است ترکیب درستی را به دست ندهد اما توسط این دستگاه می توان برای اختلاط ترکیبات دوتایی با نسبت های درست و دقیق، حتی در هنگام مصرف نیز اقدام کرد.



۱۶. بررسی ترک خوردگی یک تیر بتنی



اگر رفتار یک تیر را بررسی کنیم به این میرسیم که یک تیر در بر تکیه‌گاه‌ها (ستون‌ها) در برابر نیروی برش بحرانی‌ترین حالت را دارا می‌باشد بنابراین ترک‌های برشی با زاویه ۴۵ درجه در بر تکیه‌گاه‌ها ایجاد خواهد شد و به همین سبب در طراحی تیر بتنی همیشه خاموت (آرماتورهای برشی) زیادی در بر ستون و با فواصل کم قرار می‌دهد تا بتن را دورگیر کرده تا در برابر نیروی برشی مقاوم باشند؛ اما رفته رفته وقتی به وسط مقطع نزدیک می‌شویم نیروی برشی به صفر میل کرده و در وسط مقطع ناحیه بحرانی خمش خواهد بود و ترک‌های خمشی ایجاد خواهد شد و حالت مابین بین ناحیه بحرانی خمش و ناحیه بحرانی برش ناحیه‌ای است که با نسبتی هم نیروی برشی موجود است هم نیروی خمشی به همین سبب در این نواحی ترک‌های تحت عنوان ترک‌های خمشی-برشی ایجاد خواهد شد.



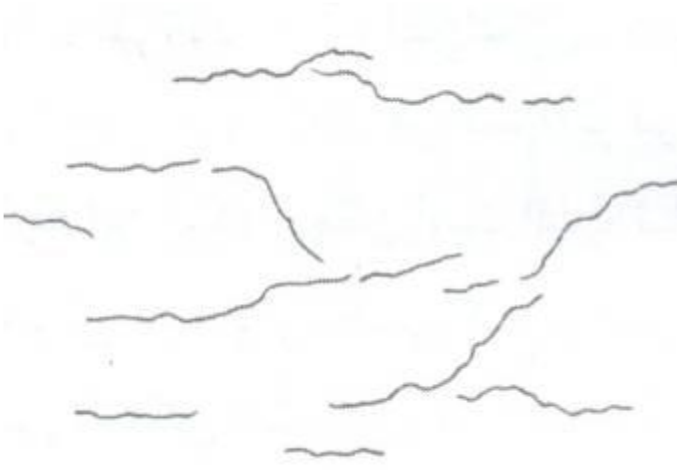
خاموت‌گذاری های مختلف برای جلوگیری از ترک خوردگی

۱۷. ترک خوردگی در سقف دال پی شتنیده

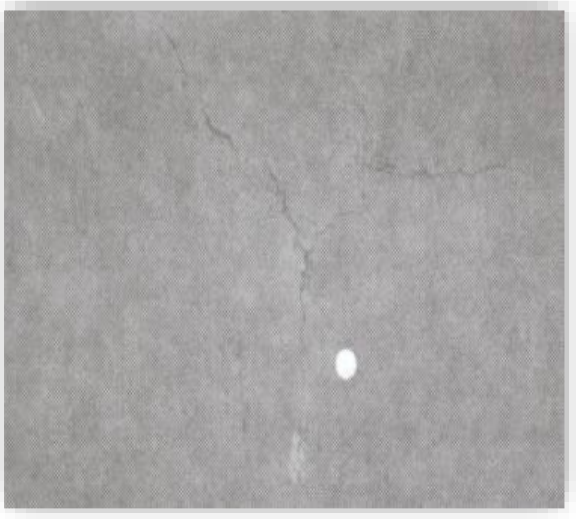
- **ترکهای انقباض خمیری جمع شدگی خمیری (در دال پیش تنیدهٔ پس کشیده) قبل از گرفتن بتن و کشیدن کابلها**

ترکهای ناشی انقباض خمیری بتن در حدود ۱ ساعت پس از بتن ریزی اتفاق می افتد (اگر در بتن از افزودنی کندگیر استفاده شود این زمان بیشتر است).

اگرچه این ترکها ممکن است اغلب تا مدت زیادی ناشناخته و مخفی باشند .این ترکها از سطوح در معرض دید و از محلی که تبخیر آب از سطح بتن اتفاق می افتد شروع می شوند و باعث بروز جمع شدگی (انقباض) در لایه های بتن خواهند شد .بتنی که در حالت الاستیک قرار دارد مقاومتی در برابر نیروهای کششی نداشته و با ایجاد ترک از میان شیره چسبنده بتن و اطراف سنگدانه ها و حرکت به سمت وجه مخالف، این نیروها را آزاد می کند .این ترکها را نباید با ترکهای طولانی مدت انقباض اشتباه کرد .ترکهای انقباض خمیری معمولاً در دال‌ها که مراقبت دقیقی از آنها بعمل نیامده است ایجاد می شوند.در شکل های زیر ترک‌های انقباض خمیری در پلان سطح و نمونه ترک واقعی نشان داده شده است.



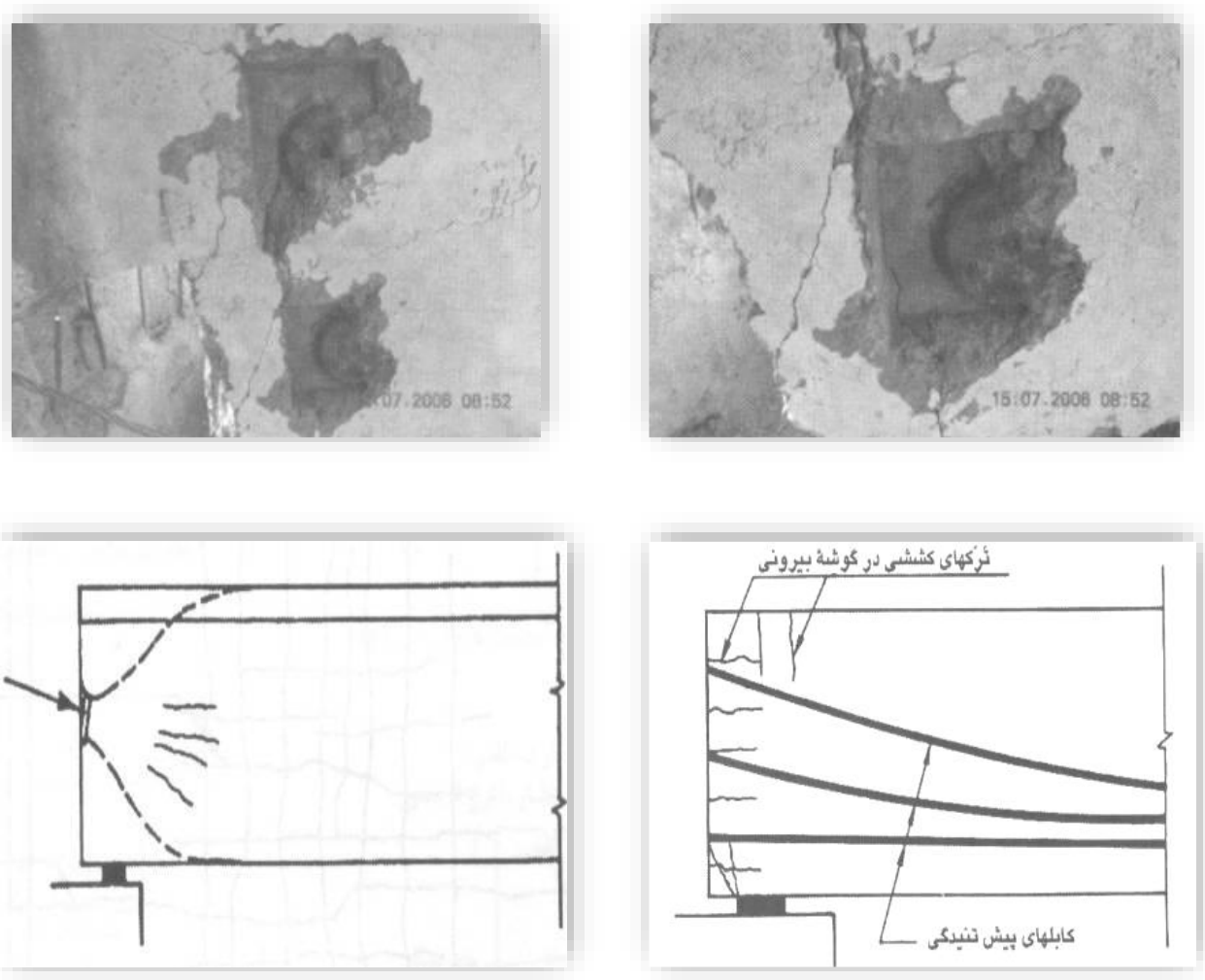
ترکهای انقباضی خمیری در پلان سطح



نمونه واقعی ترک انقباض خمیری

ترکهای شکافتگی ناشی از کشش کابل پیش تنیدگی:

این ترک‌ها عمدتاً ناشی از بارهای متمرکز بزرگ هستند که در محل تکیه گاه‌ها و در نواحی مهارگذاری شده در کابلهای پیش تنیدگی می باشند. معمولاً این ترک به طور خیلی نزدیک به محل اعمال بار متمرکز قرار دارد که سعی در شکاف خوردن قسمتی از بتن بطور موضعی دارد.



تصاویری از شکاف ایجاد شده در محل مهار کابل پیش تنیده

- **ترکهای سازه ای ناشی از اضافه بار، طراحی ضعیف، عدم دقت کافی در ساخت و اجرا، عدم دقت کافی در جزئیات**

بطور کلی اعمال بارهای متمرکز شدید بیش از ظرفیت سازه، اضافه بار یا طراحی ضعیف تنشهای بیش از اندازه ای (خمشی، برشی، پیچشی و ترکیبی) ایجاد خواهد نمود که در نتیجه ترکهای متناظر هر یک ایجاد خواهد شد.

بعلاوه، دقت ناکافی در ساخت و اجرا یا عدم دقت کامل کافی در جزئیات بطور مشابه می تواند باعث ایجاد تنش‌های زیاد و ترک خوردگی و گسیختگی پیش از موعد گردد.

- **ترکهای هوازدگی (تأثیر عوامل جوی)**

یکی از فرآیندهای هوازدگی و تأثیر عوامل جوی که می توانند باعث ایجاد ترک خوردگی شود سرد و گرم شدن می باشند. فرآیندهای هوازدگی که ممکن است باعث ایجاد ترک درسقف دال بتن پیش تنیده شوند، تر و خشک شدن متوالی و گرم و سرد شدن متوالی هستند اگر تغییر حجم زیاد باشد ترک ایجاد خواهد شد. این نوع ترکها در سقفهای دال پیش تنیده آن چنان محتمل نیستند ولی در ساختمانهای نیمه کاره که در مقابل سرما و گرما محافظت نشده اند متحمل هستند.

- **ترکهای ناشی از ساخت، حمل و نقل و در حین استفاده**

وجود خطاهایی در حین ساخت با ترکیب تنش‌ها در حین عمل حمل و استفاده، یکی از مهمترین دلایل ترک خوردگی در اعضای بتنی پیش ساخته پیش تنیده است. این ترکها ممکن است در شکلهای متفاوت، ابعاد و موقعیتهای مختلفی در اعضا ایجاد شوند.

- **ترکهای ناشی از حمله سولفات به سیمان در بتن**

بطور کلی ترکهای حاصل از اثرات شیمیایی شامل ترکهای ناشی از خوردگی کابل‌ها به علت گریس کاری ناکافی یا سهل انگاری در آن یا گروت ریزی ناکافی و یا نادرست که باعث شود کابل به خوبی پوشیده نشود. (معمولاً ناشی از اکسیداسیون کابل در شرایط رطوبت یا عدم کافی بودن پوشش کابل و یا وجود خلل و فرج در بتن و دلایل متعدد دیگر، اثر کلر روی کابل در شرایط رطوبت یا کاهش PH ناشی از کربناسیون در بتن) یا واکنش مواد قلیائی در سیمان با سیلیکاتها و کربناتها که ممکن است در مصالح وجود داشته باشند (بخصوص در دولومیتها) که بطور کلی باعث ایجاد یک فشار انفجاری درونی رو به رشد ناشی از عکس العمل شیمیایی (تغییر حجم) می شوند هستند. برخی از ترکها به نقاطی که با اتمسفر، خاک یا به جزء اصلی بتن که خود می تواند آلوده کننده یا واکنش دهنده باشد در ارتباط هستند محدود می شوند یا اینکه ممکن است کیفیت بتن جزء مورد نظر دارای طبیعت متخلخل و نفوذپذیر باشد که می تواند اجازه ورود آب و رطوبت را بدهد. در نتیجه، با وجود اینکه هسته بتن وضعیت نرمالی دارد، نقاطی از بتن به شکل وصله های خورده شده آشکار خواهند شد ممکن است ترکهایی نیز ناشی از واکنش قلیائی سنگدانه ها (با یک ماده ژلاتینی یا شبیه عسل خشکیده در نتیجه ترک) جائی که این سنگدانه ها شامل سیلیکاتهای فعال و کربناتها بوده و با مواد قلیائی در سیمان واکنش می دهند، آشکار شوند. این واکنشها معمولاً در جائی که درجه حرارت محل قرارگیری سازه بیشتر از ۳۰ درجه سانتیگراد نیست، در قسمت اصلی عمر سازه اتفاق می آفتد. این ترکها را می توان با استفاده از سیمان پرتلند با C3A کم (بتن مقاوم در مقابل سولفات – تیپ ۵) یا سیمان پرتلند با خاکستر مواد کوره کنترل نمود (مورد اخیر جائی قابل استفاده است که سیمان پرتلند با خاکستر یا سیمان پوزولانی را بتوان استفاده نمود).

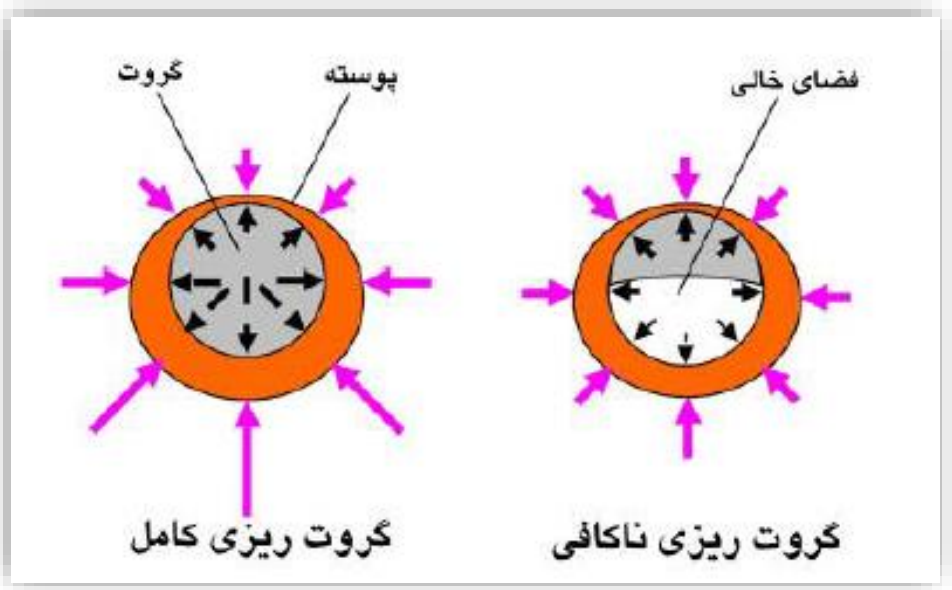
- **ترکهای ناشی از پوسیدگی کابل بدلیل قرار گرفتن در معرض رطوبت و اتمسفر**

کابل‌های فولادی پیش کشیده اگر در معرض رطوبت اتمسفر و در معرض دید قرار گیرند دچار خوردگی ناشی از واکنش شیمیایی با اکسیژن خواهند شد.کابل‌های فولادی پوسیده نباید مورد استفاده قرار گیرد زیرا در معرض خطر قرار می گیرد.

- **ترکهای ناشی از خوردگی کابل**

همانند آرماتور در بتن آرمه فولاد پیش تنیدگی (که به آن تاندون نیز اطلاق می شود) باید از رطوبتی که به بتن اطراف آن نفوذ می کند، محافظت شود. در اعضای پیش کشیده با ایجاد پوشش کافی و مناسب روی تاندون‌ها و همچنین با استفاده از بتن با نسبت آب به سیمان کم که برای تهیهٔ بتن با مقاومت زیاد در بتن پیش تنیده به کار می رود، این پیشگیری به عمل می‌آید. غلاف‌ها در اعضای پس کشیده به طور معمول پس از کشش تاندون دوغاب ریزی می‌شوند و این فرایند یک اتصال بین تاندون و بتن اطراف ایجاد می‌کند، به ویژه باید به تاندون‌های بی حفاظ توجه شود، در این مورد ترکیبی از گریس و پوشش پلاستیکی به طور موفقیت آمیز مورد استفاده قرار گرفته است. فرم دیگری از خوردگی تدریجی که ممکن است وایرها و مفتول ها را تحت تأثیر قرار دهد، تنش خوردگی نا دارد و از شکسته شدن ساختار فولاد حاصل می‌شود. در این فرآیند، در فولاد ترک‌های کوچکی ظاهر شده که ترد و شکننده می شود. در مورد پدیدهٔ تنش- خوردگی شناخت کمی وجود دارد. می دانیم این پدیده در تنش های کششی زیاده روی می دهد که فولاد پیش تنیدگی به طور پیوسته تحت آن قرار دارد.

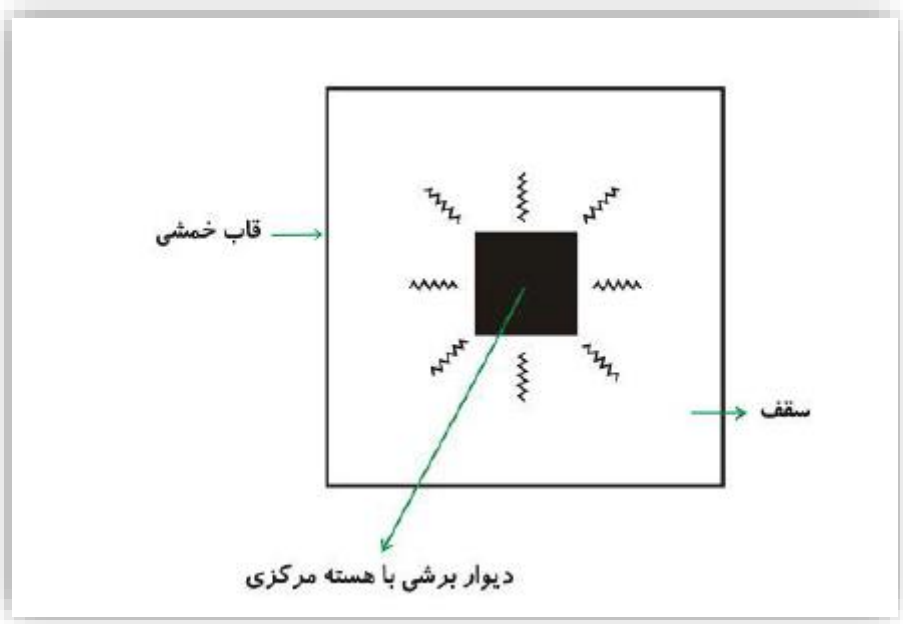
۱۸.عکس‌هایی از نمونه ترک‌های ایجاد شده در سازه به علل مختلف



مکانیسم شکست به علت خوردگی غلاف

ترک خوردگی در اثر دیوار برشی در دو طرف

ترک خوردگی در اثر یک طرف بازشو و یک طرف دیوار برشی



ترکهای ایجاد شده در دیوار برشی با هستهٔ مرکزی

ترک خوردگی ناشی از تیرهای نزدیک به هم

۱۹. منابع

۱- مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۲

۲- کتاب طراحی سازه های بتنی موسسه سری عمران

۳- مقاله ترک خوردگی در سقف دال پیش تنیده (امین غفوری پور ، محمد حسن رامشت ، سجاد دلخواه اکبری)

۴- استفاده از مطالب سایت‌های مفید در زمینه ترمیم ترک‌های ساختمانی