



## بررسی روش های نوین ترمیم ترک در سطوح بتنی

وحیدرضا محسنی پور<sup>۱\*</sup>

<sup>۱\*</sup> مربی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه غیر انتفاعی زند، شیراز، ایران

(Vahidreza.mp@gmail.com)

(تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۰۱/۱۵، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۰۳/۱۲)

### چکیده

با توجه به اهمیت سازه های بتنی در زندگی امروزه و استفاده از بتن در سطوح مختلف، ترمیم قسمت های آسیب دیده سطوح بتنی به ویژه در بخش ترک ها بسیار مهم می باشد. در ترمیم ترک ها ابتدا باید علت به وجود آمدن آن ترک مشخص گردد که اگر ترک ناشی از عوامل سازه ای همچون نشست، نیروی برشی، جابه جایی قاب و ... باشد، ابتدا باید آن دلایل را بررسی نمود و پس از آن اقدام به ترمیم ترک های ناشی از آن کرد، ولی اگر ترک ناشی از عوامل غیر سازه ای و سطحی باشد، راحت تر می توان ایرادات را رفع نمود، در ترمیم ترک های عمیق نیاز به تزریق مواد ترمیمی مناسب به اعماق ترک می باشد که نیاز به تلاش و دقت بالایی دارد. ترمیم ترک ها شامل مراحل مختلفی همچون پاک سازی داخل ترک از ضایعات، نصب سر شیلنگی های مخصوص جهت تزریق مواد ترمیمی، ایجاد لایه درپوش برای ترک های عمیق، تزریق مواد ترمیمی با فشار و گاهی با کمک دستگاه، برداشتن لایه درپوش و حذف سرشیلنگی ها و در آخر صاف و یکنواخت کردن نهایی سطوح ترمیم شده، می باشد. مواد ترمیمی می تواند شامل انواع مواد اپوکسی، چسب های بتن، ملات سیمان، گروت و غیره می باشد.

### کلمات کلیدی

بتن، ترمیم ترک، ترک سازه ای، ترک غیر سازه ای، مواد ترمیمی، اپوکسی.



# Investigation of New Methods of Crack Repair in Concrete Surfaces

Vahid Reza Mohsenipour <sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Lecturer, Department of Civil Engineering, University of Zand, Shiraz, Iran

(Vahidreza.mp@gmail.com)

(Date of received: 03/04/2020, Date of accepted: 01/06/2020)

## ABSTRACT

*Due to the importance of concrete structures in today's life and the use of concrete at different levels, the repair of damaged parts of concrete surfaces, especially in the cracks section is very important. In repairing cracks, the cause of the crack must first be determined. If the crack is caused by structural factors such as subsidence, shear force, frame displacement, etc., the reasons must first be investigated and then repaired. Cracks caused by it, but if the cracks are caused by non-structural and surface factors, it is easier to fix the defects. In repairing deep cracks, it is necessary to inject appropriate restorative materials into the cracks, which requires effort and It has high accuracy. Crack repair includes steps such as cleaning the inside of the crack from debris, installing special hose heads to inject restorative materials, creating a cover layer for deep cracks, injecting restorative materials with pressure and sometimes with the help of a device, removing the cover layer and removing headgear and Finally, the final leveling of the repaired surfaces is smooth and uniform. Restorative materials can include a variety of epoxy materials, concrete adhesives, cement mortar, grout, etc.*

## Keywords:

*Concrete, Crack repair, Structural crack, Non-structural crack, Restorative material, Epoxy.*



## ۱- مقدمه

امروزه بتن بخش عظیمی از زندگی بشر را در بر گرفته است و بسیاری از سازه ها دارای اسکلت بتنی بوده و یا در سایر بخش های خود از بتن به عنوان یک پوشش مقاوم بهره گرفته اند ، لذا با توجه به اهمیت این موضوع و حفظ سرمایه های ملی و جلوگیری از هدر رفت بودجه های مالی ، مرمت و ترمیم قسمت های آسیب دیده سطوح بتنی به ویژه در بخش ترک ها از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این مقاله سعی شده است روش های نوین ترمیم بخش های آسیب دیده سطوح بتنی به ویژه در بخش ترک ها معرفی گردد.

## ۲- شناخت انواع ترک

معمولا در سطوح بتنی ترک هایی مشاهده می شوند که بعضی از این ترک ها بلافاصله پس از اتمام بتن ریزی روی سطوح ظاهر می شوند که می تواند ناشی از عواملی مختلفی همچون جابه جا شدن آرماتور ها ، طرح اختلاط نامناسب ، عدم ویبره کافی و ... باشد ، لازم به یادآوری است که به وجود آمدن ترک در سطوح با کرمو شدن بتن کاملا متفاوت می باشد. گاهی ترک ها چندین ساعت پس از بتن ریزی یا گاهی سالها بعد روی سطوح بتنی ظاهر می شوند که می تواند ناشی از عوامل مختلف باشد. در جدول شماره یک ، علت به وجود آمدن تعدادی از ترک ها در زمان های مختلف پس از بتن ریزی آورده شده است.

جدول شماره ۱: علت انواع ترک ها در زمانهای مختلف پس از بتن ریزی.

| نوع ترک  | زمان پیدایش                                |
|--|--|
| حرکت و تکان خوردن میلگردها                         | ساعات اولیه                                |
| ترک خوردگی ناشی از نشست خمیری بتن                  | بین ۱۰ دقیقه تا ۳ ساعت بعد از ریختن        |
| ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی پلاستیک                | بین ۳۰ دقیقه تا ۶ ساعت بعد از جای دادن بتن |
| ترکهای ناشی از انقباض حرارتی در کوتاه مدت          | ۱ روز تا ۲ یا ۳ هفته بعد از بتن ریزی       |
| ترکهای ناشی از جمع شدگی در اثر خشک شدن در دراز مدت | بین چند هفته تا چند ماه بعد از بتن ریزی    |

ترک ها می تواند به صورت افقی و عمودی و گاهی با زاویه نزدیک به ۴۵ درجه روی سطوح ظاهر شوند. قبل از ترمیم ترک باید دهانه ترک را با خط کش یا متر (در مورد ترک های ریزتر با کولیس) اندازه گیری کرد و نشانه گذاری نمود. این کار را باید در چندین روز متوالی انجام داد تا مطمئن شوید دهانه ترک دیگر افزایش پیدا نخواهد کرد. اگر دهانه ترک در حال افزایش باشد ، ابتدا باید عامل به وجود آورنده آن را جستجو کرد که معمولا ناشی از عوامل سازه ای خارجی همچون نشست ، نیروی برشی ، تغییر مکان قاب یا ستون و... یا عوامل غیر سازه ای همچون تغییرات درجه حرارت در آن محل ، تر و خشک شدن مداوم سطح و ... باشد. به هر حال تا مطمئن نشوید که دهانه ترک دیگر افزایش نمی یابد نمی توان اقدام به ترمیم ترک نمود. اگر دهانه ترک در حال افزایش باشد و ترکی ترمیم شود ، قسمت ترمیم شده دوباره ترک می خورد و حجم زیادی از وقت و هزینه و مواد ترمیمی استفاده شده ، به هدر می رود [۱].



شکل ۱: شکل های مختلف ترک و اندازه گیری دهانه ترک.

### ۳- مراحل ترمیم ترک در سطوح بتنی

مراحل ترمیم ترک های بتنی با استفاده از مواد تزریقی و اپوکسی را می توان به صورت زیر خلاصه کرد :  
**مرحله اول** ) داخل ترک ها را باید از هرگونه مواد و ضایعات اضافی به کمک برس سیمی و فرچه تمیز کرد. اگر دهانه شیار کوچک باشد و امکان دسترسی به داخل ترک وجود نداشته باشد بهتر است با دستگاه مینی فرز ، سطوح شکاف را برش داد و دهانه را کمی بزرگتر کرد. سپس به کمک موتور باد و یا فشار آب باید اقدام به پاکیزگی داخل شکاف ترک های بتنی نمود. اگر سطح با آب تمیز می شود ، باید اجازه داد داخل شیار خشک شود و یا به کمک دستگاههای تولید حرارت داخل شیار را با سرعت بیشتری خشک کرد [۲].



شکل ۲: ایجاد شیار روی ترک ها جهت دسترسی بهتر و پاک کردن داخل شیار از کلیه ضایعات با فشار هوا یا آب.



**مرحله دوم** ) اگر عمق ترک کم و سطحی باشد ، می توان به کمک انواع مواد ترمیمی و اپوکسی موجود در بازار که شامل ترکیبات رزین های اپوکسی و رزین های پلی پورتان می باشد مستقیما اقدام به پر کردن داخل شکاف ها نمود. زین های اپوکسی عمل آوری شده به صورت جامد با مقاومت بالا و مدول الاستسیته نسبتا بالا می باشند. چسبندگی رزینهای اپوکسی به بتن در حدی می باشد که با اجرای مناسب قابلیت بازگرداندن استحکام سازه ای اولیه در بتن ترک خورده ، را دارند. از رزین های پلی پورتان برای آب بندی و حذف نشت آب از ترک ها و درزهای بتن استفاده می شود ، همچنین پلی پورتان ها می توانند در داخل ترکهایی که امکان جابجایی های کوچک خواهند داشت، تزریق شوند. بنابراین با وجود تنوع فراوان مواد ترمیمی در بازار نیاز به مطالعه و بررسی نوع ترک بتنی و مشاوره با شرکت های با تجربه در این زمینه در جهت انتخاب ماده ترمیمی مناسب می باشد. گاهی در پر کردن شکاف ها از انواع ملات ، بتن ، گروت و ... استفاده می گردد که با توجه به پیشرفت علم شیمی در زمینه ساخت انواع مواد اپوکسی و ترمیمی پیشنهاد می گردد که از این گونه مواد استاندارد در امر ترمیم استفاده گردد [۳]. چنانچه ترک ها سطحی و کم عمق باشند می توان به صورت مستقیم ، اقدام به پر کردن دهانه شکاف با مواد ترمیمی کرد. که در تصویر شماره ۳ نحوه عملکرد نشان داده شده است.



شکل ۳: پر کردن مستقیم دهانه شکاف با مواد ترمیمی و اپوکسی.





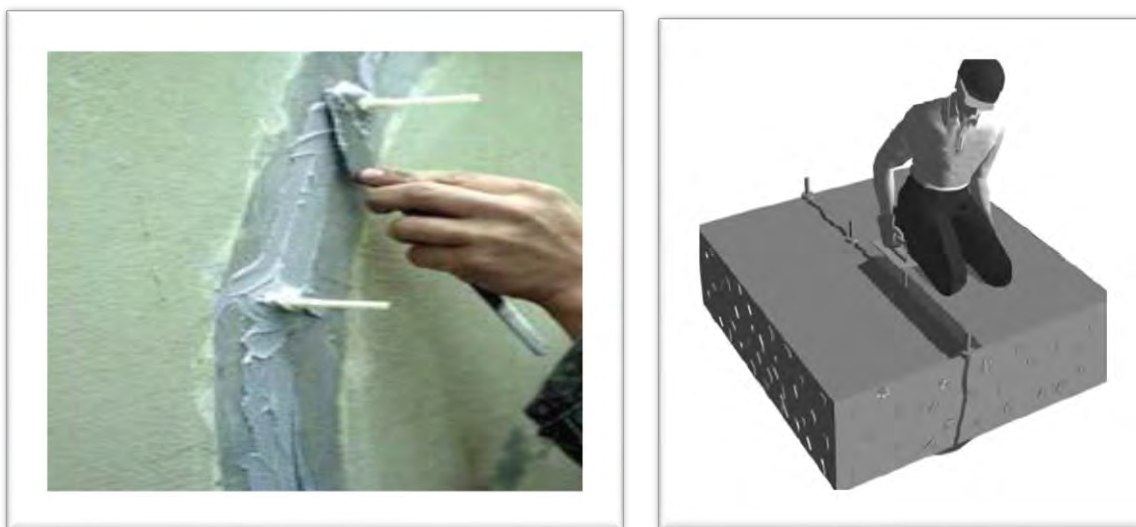
چنانچه ترک های به صورت عمیق باشند ، نیاز است مواد ترمیمی و اپوکسی تا اعماق ترک ها نفوذ کنند تا عملکرد بهتری را از خود نشان دهند ، برای این کار نیاز است یک سری سرشینگ های پلاستیکی یا فلزی در قسمت های مختلف شکاف با فاصله ای مناسب نصب شود ، این سرشیلینگی ها که به پستانک معروف هستند به شکل های مختلف در بازار یافت می شود. سرشیلینگی ها در شکافهای عمیق روی دهانه شکاف نصب می شوند ولی در شکاف های سطحی در انتهای شلینگ دستگاه تزریقی نصب می گردد [۴].



شکل ۴: نصب سرشیلینگی های تزریق مواد در کاربری های مختلف جهت نصب روی شکاف یا انتهای شلینگ تزریق.

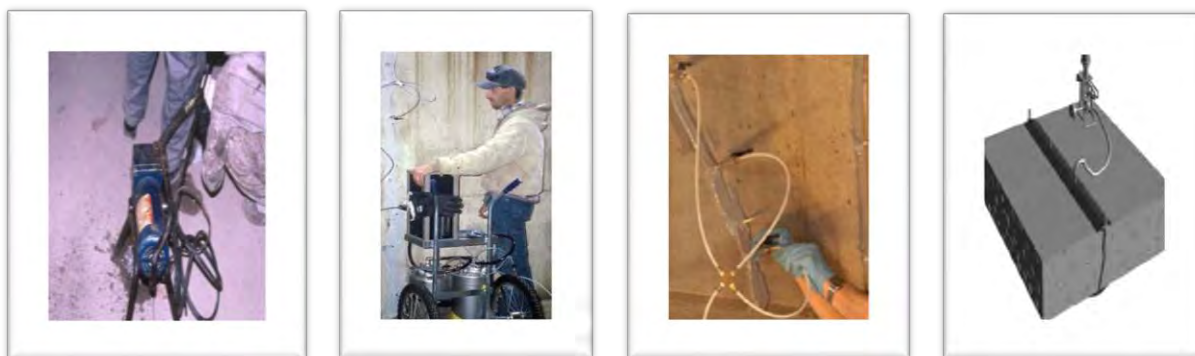


**مرحله سوم)** پس از نصب سر شیلنگی ها ، نوبت به اجرای لایه درپوش می شود ، لایه درپوش قسمت های فوقانی شکاف را می پوشاند تا پس از تزریق مواد ترمیمی و اپوکسی از سرشیلنگی ها ، مواد از شکاف خارج نشوند. جنس لایه درپوش معمولا از اپوکسی خمیری ، ملات های کم مقاومت ، پلی استر واکس پارافینی ، پودر بتونه سیلیکونی و ... انتخاب می گردد تا پس از اتمام عملیات تزریق ، مواد لایه درپوش به راحتی از سطح جدا گردند.



شکل ۵: ایجاد لایه درپوش برای جلوگیری از خروج مواد تزریقی.

**مرحله چهارم)** در این مرحله ، تزریق مواد ترمیمی و اپوکسی به درون شکاف از مسیر سر شیلنگی های نصب شده شروع می گردد. از آنجا که مواد ترمیمی باید تا عمق ترک نفوذ پیدا کنند ، عمل تزریق به کمک پمپ های مخصوص با فشار حدود ۱،۳ مگا پاسکال انجام می شود و معمولا در ترک های قائم عمل تزریق از پایین به بالا آغاز می گردد و در سایر ترک ها از عریض ترین نقطه ترک عمل تزریق آغاز می گردد که باید از ابتدا محل آن را مشخص کرد. باید عمل تزریق را تا جایی ادامه داد که مواد ترمیمی از سایر قسمت ها و سر شیلنگی ها بیرون بزند. سپس باید آن سرشیلنگی را مسدود کرد و ادامه تزریق را از سرشیلنگی جدیدی که مواد از آن بیرون زده ادامه داد ، این عمل باید تا جایی ادامه پیدا کند که اطمینان حاصل شود تمام عمق شکاف از مواد پر شده است. در فشارهای بالاتر از حد معمول باید مراقب ترکیدن لایه درپوش یا در رفتن سرشیلنگی ها بود. در همه حال قبل از تزریق ، باید از محکم بودن لایه درپوش و سرشیلنگی ها اطمینان حاصل کرد [۴].



شکل ۶: نمونه هایی از دستگاه تزریق مواد ترمیمی و اپوکسی به درون شکاف ها.

گاهی عمل تزریق با وسایل دستی نظیر Dual-Cartridge Dispenser و یا Caulk Gun و یا Jacole می تواند انجام شود. اخیراً دستگاه تزریق کننده دو تایی Dual-Cartridge Dispenser مورد استفاده قرار می گیرد که همزمان دارای دو محفظه محتوی پلیمر می باشد. گاهی این محفظه ها بصورت یک بار 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 در استفاده از ماده ترمیمی Sikadur-52 که یک نوع رزین اپوکسی با مقاومت بالاست شامل رزین (جزء A) و سخت کننده (جزء B) است و 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 [۳].



شکل ۷: نمونه هایی از دستگاههای تزریق دستی.



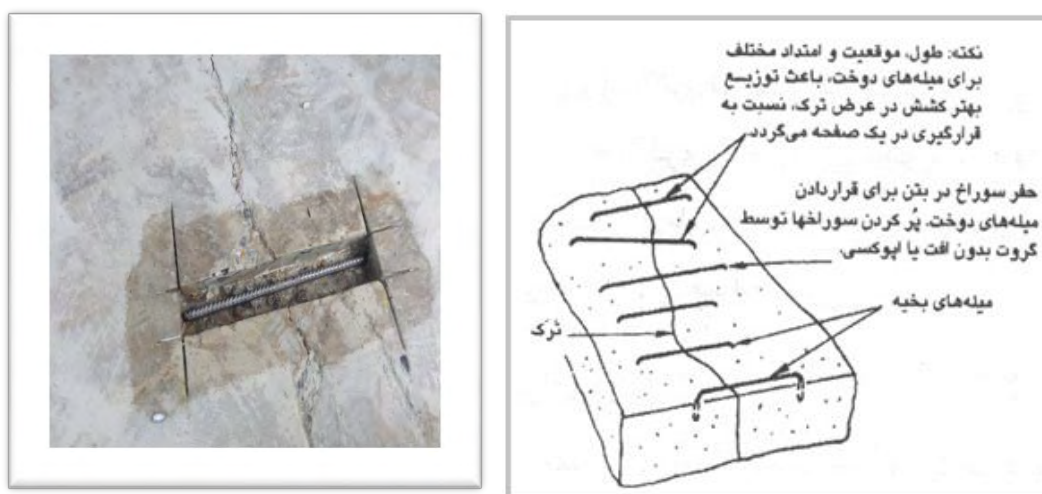


**مرحله پنجم** در انتها نیز باید سرشیلنگیها و لایه درپوش به کمک کاردک و حرارت برداشته شود و سطح به کمک دستگاه فرز ساب زده شود و کاملا یکنواخت و صیقلی گردد و سطحی کاملاً یکدست و صاف نمایان شود.



شکل ۸: برداشتن لایه درپوش با حرارت و کندن و پرداخت نهایی.

انتخاب تعداد و فاصله سرشیلنگی ها ، نوع ماده درپوش ، ماده تزریقی ترمیمی ، تنظیم فشار دستگاه و مدت زمان تزریق بسته به عمق و دهانه ترک ، کاربری ، جنس سطح ترمیمی و ... متغیر است. در نهایت برای اطمینان از کیفیت ترمیم صورت گرفته می توان از آزمایشات مخرب همچون مغزه گیری و آزمایشات غیر مخرب همچون استفاده از امواج صوت و فراصوت و یا آنالیز امواج سطحی کمک گرفت. اگر در آینده احتمال باز شدن مجدد دهانه ترک وجود داشته باشد می توان با دوخت دهانه ترک با جایگذاری میلگرد یا میله های U شکل تحت عنوان میله های بخیه ، به صورت عمود بر ترک و پرکردن آن با مواد ترمیمی یا سیمانی ، از مقاومت قسمت ترمیم شده اطمینان حاصل کرد [۲].



شکل ۹: جایگذاری میلگرد یا میله های بخیه در راستای عمود بر ترک و پرکردن کل آن قسمت با مواد ترمیمی یا سیمانی تعدادی از سطوح بتنی ترمیم شده یا در دست تعمیر در تصاویر زیر نشان داده شده است.



شکل ۱۰: نمونه ای از سطوح بتنی در حال تعمیر یا تعمیر شده.

#### ۴- جمع بندی و نتیجه گیری

با توجه به استفاده بیش از حد از بتن در کلیه پروژه های عمرانی و غیر قابل اجتناب بودن به وجود آمدن ترک در سطح بتن ، استفاده از تکنولوژی های نوین در تعمیر و مرمت ابنیه های بتنی اهمیت پیدا می کند. ممکن است اهمیت ندادن به ترکی کوچک در سطح بتن باعث افزایش دهانه و عمق آن ترک شود و خوردگی و هوازگی در آرماتورها به وجود آید و باعث تخریب یک بخش سازه ای حساس گردد. لذا استفاده از مواد اپوکسی و ترمیمی جهت مرمت ترک ها بسیار با اهمیت بوده و در بهبود کارایی و افزایش عمر مفید بخش بتنی بسیار حائز اهمیت می باشد.

#### ۵- مراجع

[1]- ACI Committee 224, 1993, **Causes, Evaluation, and Repairs of Cracks in Concrete Structures (224.1R-93)**, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 22 pp.

[۲]- بولتن فنی اداره کل نگهداری راه و ابنیه شماره ۱-۳-۹۴ وزارت راه و شهرسازی برگرفته از کمیته E706 انیستیتو بتن آمریکا ترجمه رضا امیر پور و رضا اکبری ۱۳۹۴.

[3]-ACI Committee 503, 1998, **Use of Epoxy Compounds with Concrete (ACI 503R-93 (Reapproved 1998))**, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich. 28 pp.

[۴]- کتاب راهنمای کاربردی « عیب یابی و ترمیم ترک در ساختمان » تألیف MALCOLM HOLLAND و ترجمه مهندس علیرضا صالحین و مهندس رضا عسکری اصل ، ناشر فرهمند ۱۳۹۴.