



شرکت خاک سیال سازه سپنتا

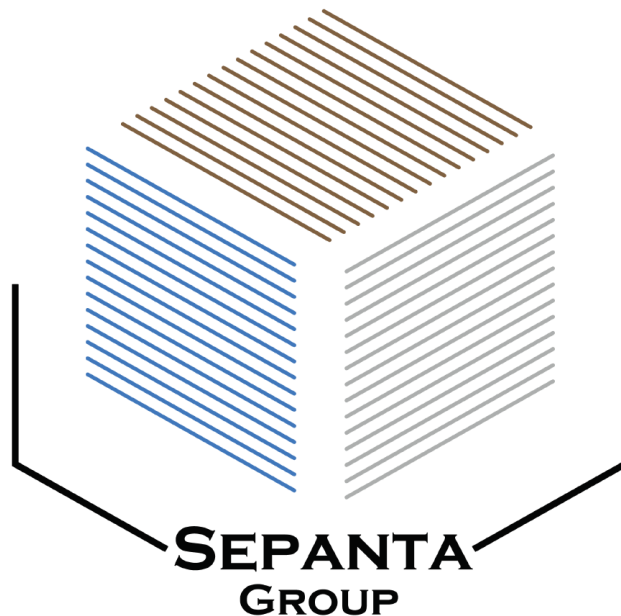
آب بندی سازه های زیرزمینی



Issue date 11/2018

شیوه نامه

تزریق و ترمیم ترک در راستای آب بندی سازه



شرکت خاک سیال سازه سپنتا

ارائه کننده خدمات مشاوره، طراحی، تامین مصالح، نظارت و اجرا

شیوه نامه تزریق و ترمیم ترک در

راستای آب بندی سازه

آبان ۱۳۹۷ – ویرایش اول

تهران، بالاتر از فلکه دوم شهران، ضلع غربی خیابان شهران، پلاک ۱۲۸ واحد ۲

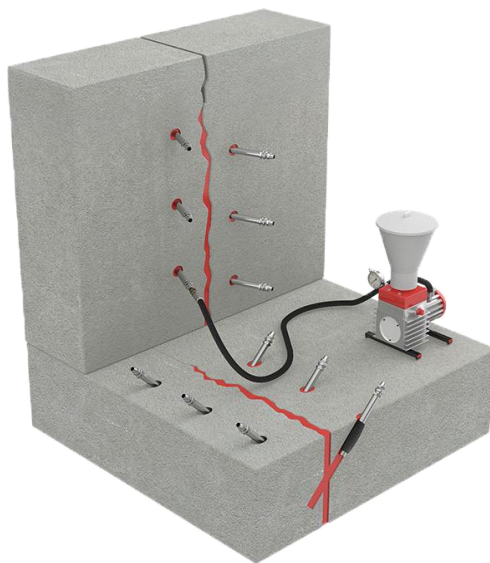
تلفن: ۰۲۱-۴۴۳۶۶۲۵۱

www.sepantagroup.org

E-mail: info@sepantagroup.org

۱- پیش گفتار

براساس آئین‌نامه‌های بین‌المللی آب‌بندی سازه‌های زیرزمینی همانند BS-8102 هرگاه سازه‌ای پایین‌تر از سطح آب زیرزمینی قرار گیرد و هدف آب‌بندی مخزنی سازه (Tanking) با حفظ سطح آب زیرزمینی باشد اجرای بتن آب بند (سازه آب بند) با لحاظ نمودن فشار هیدرواستاتیک آب بر روی سازه اصلی و محاسبات کنترل ترک در دیوارهای حائل الزامی می‌باشد. با این حال در بسیاری از موارد پیشگیری از ایجاد ترک‌های غیر فعال (Nonactive Crack) دشوار و یا حتی غیر ممکن خواهد بود. همچنین آسیب‌هایی همچون شن‌زدگی، جداسازی و دانه‌بندی بتن، افزایش ضریب تخلخل (پوکی) و درزهای سرد اجرایی پیش‌بینی نشده از جمله مواردی است که منجر به نفوذ آب به داخل سازه و ایجاد اختلال در زمان بهره‌برداری می‌گردد. لذا در این شیوه‌نامه به توضیح مراحل و روش اجرایی تزریق (Injection) در بتن که یکی از قابل اطمینان‌ترین و معمول‌ترین روش‌های ترمیم بتن در راستای آب‌بندی است پرداخته می‌شود.



شکل ۱: نمایی از تزریق در ترک در بتن

۲- منابع

برای اطمینان از انتخاب مصالح مورد استفاده در تزریق لازم است ابتدا آسیب موجود مورد کارشناسی قرار گرفته و از روش اجرایی اصولی منطبق بر آئین‌نامه‌های ترمیم بهره‌برده شود. لذا این شیوه‌نامه براساس منابع ذیل تدوین گردیده است:

- BS 1504: Products and Systems for Protection and Repair of Concrete Structures
- ACI RAP Bulletin 1 to14: Concrete Repair Application Procedures

۳- مصالح

مصالح مورد استفاده در تزریق بسیار وابسته به نوع آسیب بوجود آمده می باشد ولی در حالت کلی دو دسته مواد شیمیایی (پایه رزین) و پایه سیمانی تقسیم بندی می شود. از منظر آب بندی سازه تزریق های پایه شیمیایی حضور پررنگ تری دارند. انتخاب ویسکوزیته ماده تزریقی بستگی به ابعاد ترک، ضخامت بتن در محل ترک و دسترسی به روش تزریقی دارد. برای ترک های زیر ۰/۳ میلیمتر اپوکسی های با ویسکوزیته بسیار کم توصیه می شود (۵۰۰ cps) یا کمتر) در ترک های بزرگتر و یا محدودیت دسترسی به سمت دیگر بتن جهت تزریق استفاده از مصالح با ویسکوزیته بیشتر و یا مصالح ژل گونه توصیه می گردد.

۴- ابزار آلات

۴-۱- پمپ تزریق مجهز به لوله های فشار قوی و شیر تویی (پمپ از نوع پیستونی توصیه می گردد).



شکل ۲: نمایی از پمپ تزریق

۴-۲- گیره مخصوص اتصال بین پکر کوتاه و شلنگ تزریق (بصورت دوره ای تعویض می گردد).



شکل ۳: نمایی از گیره مخصوص اتصال

۴-۳- کلاچ کشویی گیره اتصال بین پکر بلند و شلنگ تزریق (بصورت دوره‌ای تعویض می‌گردد).



شکل ۴: نمایی از کلاچ کشویی

۴-۴- پکر کوتاه (متناسب با ضخامت و مقاومت بتن)



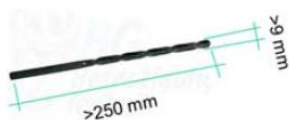
شکل ۵: نمایی از پکر کوتاه

۴-۵- پکر بلند (متناسب با ضخامت و مقاومت بتن)



شکل ۶: نمایی از پکر بلند

۴-۶- متر و دریل متناسب با نوع پکر مورد استفاده



شکل ۷: نمایی از دریل و مته

۷-۴- جعبه ابزار مجهز به آچار باکس و آلن ۶ الی ۲۴ میلیمتر



شکل ۸: نمایی از جعبه ابزار

۸-۴- سطل تمیز متوسط



شکل ۹: نمایی از سطل

۹-۴- پیمانه مدرج



شکل ۱۰: نمایی از پیمانانه مدرج

۴-۱۰- حوله یا پارچه نظافت



شکل ۱۱: نمایی از حوله یا پارچه نظافت

۵- ایمنی و سلامت

معمولاً تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده در تزریق ممکن است خطرات جدی برای چشم‌ها، پوست و سیستم تنفسی ایجاد نماید. پوشش و ماسک تنفسی مناسب جهت محافظت از افراد دست اندرکار تزریق الزامی می باشد. همچنین در دسترس بودن جعبه کمک‌های اولیه به دلیل انجام عملیات تحت فشار (در برخی موارد تا ۱۵۰ bar) احتمال وقوع حادثه را افزایش می‌دهد.



شکل ۱۲: نمایی از تجهیزات ایمنی

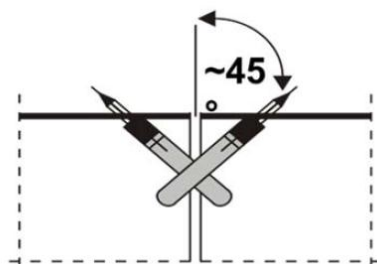
۶- آماده سازی بستر

تمیز کردن محل تزریق می تواند به تشخیص صحیح ابعاد ترک (عمق و طول) و مکان یابی دقیق تر آن کمک کند. در برخی موارد امکان دارد ترک های زنده زیر گرد و غبار پنهان گردیده و در زمان بهره برداری دچار نشتی آب و ضرر و زیان گردد. لذا بهتر است قبل از شروع عملیات تزریق، بتن تمیز گردد.

۷- نصب پکر مکانیکی در بتن

جهت دستیابی به نتیجه مطلوب در شرایط خشک و یا خیس لزوماً باید پکرهای مکانیکی در مرکز سازه بتنی نصب گردند. در ترک های نفوذپذیر پیوستگی تزریق در طول ترک از اهمیت ویژه ای برخوردار است و اشتباه نصب کردن پکرها می تواند منجر به عدم ثمربخشی تزریق گردد.

- ایجاد حفره بوسیله مته با زاویه ۴۵ درجه در بتن صورت می پذیرد.



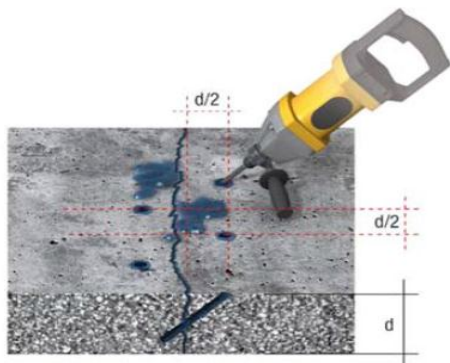
شکل ۱۳: نمایی از ایجاد حفره به وسیله مته

- اندازه مته مورد استفاده جهت سوراخ کاری در بتن بستگی به ضخامت پکر مورد استفاده و ضخامت سازه بتنی دارد:

$1 \text{ mm} + \text{قطر پکر مکانیکی} = \text{قطر حفره دریل شده}$



شکل ۱۴: نمایی از مته مورد استفاده



d: ضخامت سازه بتنی

d/2: فاصله بین پکر با پکر

d/2: فاصله پکر تا ترک

شکل ۱۵: نمایی از فاصله‌ی مناسب پکر تا ترک

- پکرها بصورت متناوب (یکی درمیان) در اطراف ترک نصب می گردند.
- پس از ایجاد حفره باید بوسیله فشار کمپرسور هوا عاری از گرد و غبار گردند. در غیر این صورت ممکن است ترک بوسیله گردو خاک مسدود گردد.
- پکرها در سوراخ های حفر شده به شکلی جایگذاری کنید که قسمت لاستیک آن داخل بتن قرار گیرد. اگر پکرها بوسیله فشار در جای خود قرار نمی گیرد می توان بوسیله ضربه با چکش مناسب آن ها را جایگذاری کرد.
- پکرها بوسیله آچار در جای خود محکم کرده و نوک پستانکی آن را خارج می کنند تا جریان آب از ترک به واسطه پکر برقرار گردد.



شکل ۱۶: نمایی از محکم کردن مته

- روی اولین پک (پک شروع تزریق شیر یک طرفه وصل می گردد).



شکل ۱۷ : نمایی از نصب بر روی اولین پکر

- در سطوح افقی اولین پک به پکری گفته می شود که در کمترین فاصله با باریک ترین ترک باشد. در سطوح قائم پائین ترین (کم ارتفاع ترین) پک همان پک شروع تزریق می باشد.



Drilling

Cleaning

Wrenching

شکل ۱۸ : مراحل نصب پکر

۸- اختلاط:

با توجه به اینکه تمامی رزین ها دارای زمان مصرف می باشند حتماً باید قبل از شروع تاریخ مصرف روی بسته بندی و مشخصات فنی محصول مورد استفاده کنترل گردد. سپس مقدار مورد نیاز جهت مصرف توسط پیمانه مدرج به سطل تزریق منتقل گردد. مواد انتقال یافته می باید توسط همزن های برقی مخصوص به مدت زمان مشخص شده در مشخصات فنی مخلوط شود تا در زمان تزریق موجب مسدود شدن پکر مکانیکی نگردد.



Mixing

شکل ۱۹ : اختلاط

۹- تزریق:

از منظر آببندی ترک‌ها به چهار دسته ترک‌های خشک، ترک‌های خیس، ترک‌های جریان‌دار بدون فشار و ترک‌های جریان‌دار تحت فشار تقسیم‌بندی می‌گردند. در این ترک‌ها معمولاً از مواد تزریقی منعطف استفاده می‌گردد. رزین پلی‌یورتان بدون قابلیت فوم شونده‌گی، ژل پلی‌اکریلیک، پلی‌یورتان با قابلیت فوم شونده‌گی و رزین‌های با ویسکوزیته بسیار کم از این دسته مواد می‌باشند.

- مواردی که توسط تکنسین تزریق دائماً و با دقت زیاد باید تحت نظر بوده و کنترل گردد شامل:

الف) ترک پکر: رزین مسیر ترک را دنبال کرده و از سطح بتن نمایان شود.

ب) خط فشار: پمپ‌های مورد استفاده معمولاً از نوع پیستونی هستند که حتماً باید جریان رزین در زمان ضربان پمپ بازدید شود.

ج) فشارسنج: پمپ‌ها معمولاً توان تأمین فشارهای بسیار زیادی (بیش از 200 bar) را دارند که می‌تواند برای سازه مخرب باشد. لذا کنترل فشار در محدوده محاسبه شده از موارد بسیار مهم است.

- یک فرمول تجربی جهت محاسبه فشار تزریق:

$$\text{فشار ماکزیمم} = \frac{10 * \text{مقاومت بتن}}{3}$$

بعنوان مثال برای بتن با مقاومت نمونه مکعبی 30 N/mm^2

$$\text{فشار ماکزیمم} = \frac{30 * 10}{3} = 100 \text{ bar}$$

۹-۱- تزریق آب بند بو سیله مواد منعطف جهت ترمیم ترک های خشک، خیس و جریان دار

بدون فشار هیدرو استاتیک:

- مواد مورد استفاده :

○ پلی اکریک، پلی یورتان فوم شونده، پلی یورتان بدون قابلیت فوم شوندگی، رزین های با

ویسکوزیته بسیار کم

- روش پمپاژ:

○ پمپاژ با فشار کم و به آرامی بسیار موثرتر از پمپاژ با فشار و سریع خواهد بود. پمپ های

پیستونی باید در پایین ترین سطح خود تنظیم شوند تا به مواد زمان کافی برای پر کردن

حفرات و ترک های بتن داده شود. یک تزریق موفق وقتی اتفاق می افتد که مواد رزین در

سطح ترک نمایان گردد. وقتی این اتفاق افتاد فشار برای یک دقیقه حفظ می شود.

نکته مهم: فشار زیاد تزریق می تواند آسیب های جبران ناپذیری به سازه بتنی وارد کند.

کنترل پیشرفت تزریق از طریق پایش خروج آب یا مصالح تزریق از ترک ها صورت می پذیرد.



شکل ۲۰: نحوه تزریق با پایش های لازمه

- مراحل تزریق :

○ همانگونه که قبلاً توضیح داده شد در هنگام تزریق پکرها بصورت یکی در میان و با زاویه ۴۵ درجه در فاصله نصف ضخامت سازه بتنی از محل ترک نصب می گردند. اگر مصالح تزریقی در پکر متصل به شیر تزریق از پکر مجاور آن خارج شد، آن را بوسیله شیر یک طرفه بسته و تزریق به واسطه پکر دوم از سر گرفته می شود. این روش تا زمانی ادامه پیدا می کند که در تمام پکرها تزریق صورت پذیرد.

- تزریق مجدد:

○ جهت تزریق مجدد در پکرهای موجود می توان پس از تزریق مصالح رزین و در زمان عمل آوری مقدار محدودی آب در پکر تزریق نمود. مورد مذکور نیاز به تجربه تکنسین دارد و در صورت خطا می تواند ترک را از آب بندی خارج کند.

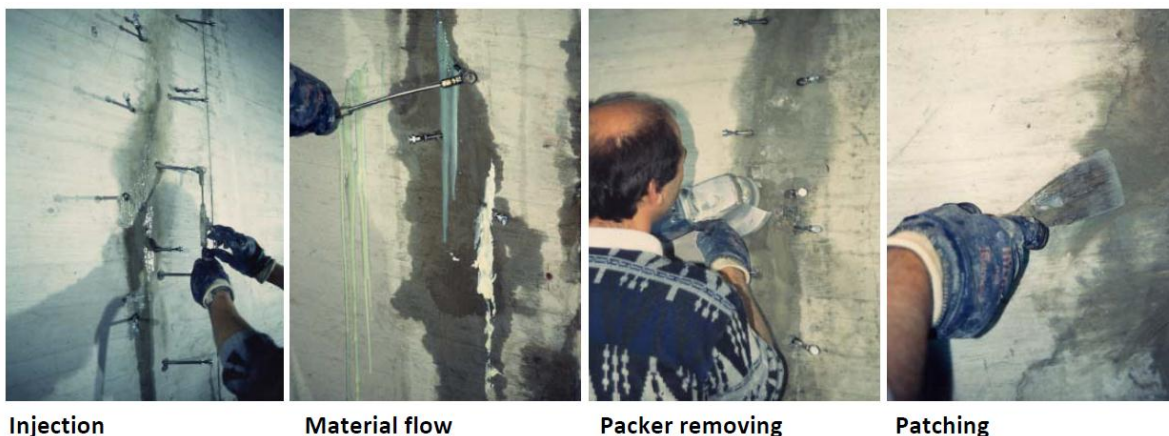
- اتمام عملیات پمپاژ:

○ پس از تکمیل تزریق جهت جلوگیری از مسدود شدن شلنگ های تزریق باید از آب و یا روغن مخصوص جهت شستشوی لوله های تزریق استفاده گردد.

- تحویل بستر:

○ پس از انجام عملیات عمل آوری (مطابق با دستورالعمل ماده مورد استفاده)، ابتدا پکرها به وسیله ابزار برش جمع آوری می گردد و چاله های بوجود آمده در محل تزریق به وسیله ملات مناسب پوشیده می شود. سپس سطح ترک (که مواد رزین از آن خارج شده) تمیز می گردد.

ز



Injection

Material flow

Packer removing

Patching

شکل ۲۱: مراحل تزریق

۹-۲- تزریق آب بند بوسیله مواد منعطف جهت ترمیم ترک های جریان دار با فشار هیدرو

استاتیک:

- مواد مورد استفاده :

- در زمان وجود فشار هیدرواستاتیک جهت جلوگیری از خروج مواد تزریقی لازم است از مواد تسریع کننده گیرش اولیه (Hardening Accelerators) استفاده گردد. این مواد به سرعت با آب واکنش داده و به فوم تبدیل می شوند تا زمان کافی جهت تزریق مواد آب بند در ترک وجود داشته باشد.

- روش پمپاژ:

- روش پمپاژ دقیقاً مشابه پمپاژ در ترک های جریان دار بدون فشار هیدرو استاتیک بوده با این تفاوت که در پایان با نمایان شدن مواد تزریقی روی ترک فشار برای ۲ دقیقه حفظ می گردد. ضمناً در این روش ممکن است برخی از پکرها مسدود گردند که باید حفره مشابه به وسیله مته ایجاد و پکر جدید در آن نصب گردد.

- مراحل تزریق:

○ مراحل تزریق نیز کاملاً مشابه تزریق در ترک‌های جریان دار بدون فشار هیدرو استاتیک می‌باشد.

- تزریق مجدد:

○ جهت تزریق مجدد در پکرهای استفاده شده با وجود فشار هیدرو استاتیک صرفاً در زمان عمل آوری امکان تزریق مجدد مصالح تازه وجود خواهد داشت.

- تزریق ثانویه:

○ پس از انجام عملیات تزریق توسط موادی که قابلیت واکنش پذیری با آب را دارند و سرعت گیرش آنها نیز توسط افزودنی شتاب‌دهنده گیرش افزایش یافته و مسدود شدن جریان آب با فشار هیدرو استاتیک می‌توان از سایر رزین‌ها (بدون قابلیت فوم شوندگی) مانند پلی اکریک جهت پر کردن ترک استفاده نمود. در این راستا لازم است در هنگام تزریق فشار پمپ قدری افزایش یابد تا حباب‌های مواد مورد استفاده در مسدود کردن آب تا حدی شکسته و با هم همپوشانی ایجاد کنند.

- اتمام پمپاژ:

○ مشابه تزریق ترک با جریان آب بدون فشار هیدرو استاتیک انجام می‌شود.

- تحویل بستر:

○ مشابه تزریق ترک با جریان آب بدون فشار هیدرو استاتیک انجام می‌شود.

۱۰- پایش و کنترل کیفیت:

آب شدن ترک در سازه‌های بتنی تنها زمانی میسر می‌شود که پایش و کنترل کیفی صحیح بر مصالح و اجرای آن صورت پذیرد. لذا توجه به موارد ذیل ضروری می‌باشد:

- مصالح

○ انجام آزمایش دستی مصالح : ابتدا به مقدار ۱۰۰ میلی لیتر از مصالح تزریق را در یک لیوان ریخته و اجازه می دهیم زمان عمل آوری آن با آب شهری طی شود. در این راستا نمونه دیگری از آب محل پروژه نمونه برداشته شود و با مصالح تزریقی بصورت موازی مورد آزمایش قرار گیرد. این مقایسه می تواند نشان دهد مواد تزریقی در شرایط موجود کارگاهی در چه زمانی به حالت ژله ای در می آید، در چه زمانی به تورم کامل می رسد، در چه زمانی عمل آوری می شود و به چه مقدار متورم می شود.

- کنترل عملیات تزریق

○ این کنترل که به شیوه دیداری (Visual) انجام می پذیرد بسیار وابسته به میزان تجربه فرد در این خصوص دارد. کنترل فشار تزریق، میزان بیرون زدگی و حرکت آب و مصالح تزریقی از ترک و کنترل صدای دستگاه پمپاژ (میزان تحت فشار قرار گرفتن دستگاه) از مواردی است که باید در زمان تزریق مورد کنترل قرار گیرد.