



دانشگاه آزاد اراک
دانشکده عمران

دوره آموزشی تزریق سیمان

استاد : جناب آقای دکتر صبا

دانشجو : مهدی ولیزاده حسنلویی

(جهت دروسهای سدهای خاکی ، مکانیک سنگ ، مهندسی تونل)
(ش . ۵ : ۸۷۰۸۴۵۸۰۰)

دوره آموزشی تزریق سیمان

تزریق سیمان

۱. مقدمه
۲. تاریخچه
۳. انواع تزریق سیمان
۴. اهداف تزریق آزمایشی
۵. تجهیزات تزریق سیمان
۶. انواع روش تزریق
۷. ارتباط نفوذ پذیری در تزریق سیمان
۸. مصالح تشکیل دهنده ملات تزریق
۹. تعیین نسبت درصد و نحوه اختلاط
۱۰. آزمایشات مربوط به کنترل و کیفیت تزریق سیمان
۱۱. الگو و آرایش گمانه های تزریق
۲۱. مشخصات فنی در تزریق
۳۱. عملیات اجرایی تزریق سیمان
۴۱. تجهیز کارگاه تزریق سیمان
۵۱. ایمنی افراد و محیط

۱. مقدمه

عملیات تزریق یکی از عملیاتی است که در جهت تحکیم پی سازه ها از جمله سدها و ساختمانها و نیروگاه و معادن و سازه های زیر زمینی و امروزه حتی در بهسازی محیط زیست و تحکیم سازه های بتنی و همچنین تغییر در شرایط زهکش و چشمه های آب و ایجاد پرده آب بند سدها استفاده میشود.

مطالبی که در این دوره آموزشی ارائه میشود، فقط در مورد تزریق آزمایشی سیمان میباشد. ولی کلیات تزریق در این مبحث هم مطرح میشود، تا همکاران عزیز بیشتر با تزریق سیمان آشنا شده و استفاده لازم از این دوره آموزشی ببرند.

سعی میشود در زمان دیگری در صورت امکان در مورد مباحث دیگر تزریق دوره های آموزشی مناسب برای همکاران علاقمند برقرار شود.

۲. تاریخچه

توسعه و گسترش عملیات تزریق سیمان با هدف ابداع روشی برای بهبود شرایط مصالح تشکیل دهنده شالوده سازه های عمرانی که در داخل آب و یا در اطراف توده ای از آب بنا می گردند، شروع گردید. مفهوم دوغاب سیمان تزریقی خود سخت شونده ابتدا در سال ۱۸۰۲ در فرانسه برای بهبود ظرفیت باربری مصالح تشکیل دهنده موجود در زیر یک سازه آبگیر بکار برده شد (بروس ۱۹۹۵). گسترش تزریق سیمان از سال ۱۸۰۰ میلادی در فرانسه و انگلستان ادامه یافت. در سال ۱۹۸۳ نیز اولین عملیات تزریق سیمان در توده سنگی در آمریکا در سد نیوکراتون انجام پذیرفت.

گفته میشود که اجرای تزریق در سد هوور بین سال ۱۹۳۲ و ۱۹۳۵ در آمریکا انجام شده است.

۳. انواع تزریق سیمان

تزریق سیمان از نظر اجرایی به دو نوع تقسیم میشود:

۱. آزمایشی

۲. اجرایی

تزریق آزمایشی: تزریقی است که قبل از تزریق اجرایی انجام میشود که در این تزریق برای بدست آوردن داده هایی جهت تزریق اجرایی میباشد.

تزریق اجرایی: تزریق اجرایی همان اجرای عملیات تزریق میباشد.

در این دوره آزمایشی با توجه به اینکه بیشتر کاربرد دفترکاوشهای صحرایی در مورد تزریق آزمایشی در سدها میباشد، مبحث اول یعنی تزریق آزمایشی مورد بررسی قرار میگیرد.

۴. اهداف تزریق آزمایشی

قبل از اینکه در مورد اهداف تزریق آزمایشی مطالبی را بیان کنیم، باید در مورد اهمیت این تزریق مطالبی گفته شود.

اهمیت تزریق آزمایشی بیشتر در پروژه های سدها می باشد. تزریق آزمایشی معمولاً در فاز دوم یا فاز مطالعاتی سدها اجرا میشود و اهمیت بسیار زیادی در طراحی پرده آب بند و گالری تزریق دارد. در صورتی که این تزریق جواب ندهد، در مورد اجرا و عدم اجرا پروژه سد باید تصمیم گیری شود.

محل تزریق آزمایشی معمولاً در محور و یا در تکیه گاه سد اجرا می شود.

۴. اهداف تزریق آزمایشی

هدف از تزریق آزمایشی اهداف ذیل است :

- تعیین آرایش های گمانه های تزریق
- تعیین فاصله گمانه های تزریق
- تعیین حدود ملات خوری یا سیمان مصرفی پروژه
- تعیین چگونگی وضیت نفوذ پذیری گمانه های تزریق
- تعیین و بررسی شعاع تزریق در گمانه های تزریق
- اقتصادی بودن تزریق سیمان در پروژه سد

۵. تجهیزات تزریق سیمان

تجهیزات تزریق از نظر کاربرد به اقلام ذیل تقسیم میشود:

۱. مخلوط کننده ها
۲. همزنها
۳. پمپ تزریق
۴. ثبات
۵. مسدود کننده (پکر)
۶. تجهیزات مربوط به پکرها
۷. آب سنج ها
۸. فشار سنج
۹. سیستم توزیع و تحویل
۱۰. فشار شکن
۱۱. شلنگ های فشار قوی و رابط های آن

۵. تجهیزات تزریق سیمان

مخلوط کننده ها

مخلوط کننده ها یا همان میکسر ها از نظر عمل کرد به دو نوع می باشد:

۱. میکسر چرخ پره ای

۲. میکسر کلوئیدی

میکسر چرخ پره ای قدیمی تر از نوع کلوئیدی می باشد . موارد استفاده آن بیشتر از نوع دیگر آن می باشد. این نوع میکسر ها دارای چرخ پره ای شکلی هستند، که یا به صورت قائم و یا به صورت افقی به بدنه اصلی میکسر متصل است. میکسر کلوئیدی در سال ۱۹۵۵ توسط یک شرکت انگلیسی وارد آمریکا شد. این نوع میکسر با چرخش دوباره ملات تزریق از طریق یک پمپ سانتر یفوژ کار میکند.

۵. تجهیزات تزریق سیمان

مخلوط کننده ها



۵. تجهیزات تزریق سیمان

همزن

همزن همان مخزن ذخیره ای است که ملات کاملاً مخلوط شده تزریق را از میکسر توسط چرخ پره ای با دور چرخش آهسته هم می زند (حداقل ۵۰ دور در دقیقه) تا هنگام توقف تزریق ذرات ناپایدار ملات تزریق به حالت محلول معلق در آیند.

در کار تزریق رساندن ظرفیت همزن به حدود ۲۵٪ بزرگتر از ظرفیت میکسر از اهمیت زیادی برخوردار است. با این کار امکانات لازم جهت تخلیه تمامی ملات موجود در میکسر به داخل همزن فراهم شده، ضمن این که از توقف تزریق ملات جلوگیری می شود و امکان بلعیده شدن هوا به داخل پمپ جلوگیری می شود.

۵. تجهیزات تزریق سیمان

همزن

همزن چهار عمل مهم انجام می دهد:

۱. همزن با همزدن ملات سیمان از نشست مصالح جلوگیری می کند.
۲. همزن مخزن ذخیره جهت پمپ کردن می باشد.
۳. همزن با همزدن ملات سیمان باعث خروج هوا بصورت حباب و جمع کردن آن به سطح مخزن می شود.
۴. با داشتن حجم همزن می توان میزان پمپ شدن ملات سیمان را مشخص کرد.



۵. تجهیزات تزریق سیمان

پمپ تزریق

دو نوع پمپ تزریق متداول می باشد:

۱. **پمپ حفره حلزونی:** این نوع پمپ جریان یکنواخت و پیوسته ای از ملات تزریق را به داخل گمانه و در فشارنسبتاً ثابت ایجاد می کند.
۲. **پمپ پیستونی:** این پمپ ها با حرکت پیستون عمل می کند. یکی از معایب این پمپ ها این است که آنها حین کار فشار ضرباتی را ایجاد می کنند، که این امر به ویژه در مواردی که به فشار ثابت یا فشارهای حداکثر پایین نیاز می باشد، روند کنترل فشار را مشکل خواهد نمود. دیگر معایب آن این است، که حین اجرای تزریق قسمت ورود و خروج آن گیر می کند.

۵. تجهيزات تزریق سیمان

پمپ تزریق



۵. تجهیزات تزریق سیمان

ثبات تزریق

ثبات تزریق وسیله ای است که جهت ثبت ایتm های تزریق که شامل:

۱. فشار، ۲. دبی و ۳. زمان است، را ثبت می کند.

دو نوع ثبات امروزه از نظر سیستم موجود است:

- ثبات مکانیکی

- ثبات الکترونیکی (دیجیتالی)

ثبات مکانیکی شامل دو بخش می باشد: یکی شامل صفحه ای میباشد که به مانند ساعت زمان را نشان می دهد و قسمت دیگران شامل یک مبدل که توسط یک دیا فراگم فشار را نشان میدهد.

ثبات الکترونیکی توسط دو سنسور که یکی مربوط به فشار و دیگری مربوط به دبی جریان می باشد و هر دو توسط جریان الکترونیکی و سیستم دیجیتالی و هم چنین زمان تزریق ثبت می شود.

آنچه که برای کنترل و عمل کرد تزریق مهم است، ثبت ایتm های تزریق بوسیله ثبات می باشد.

۵. تجهیزات تزریق سیمان

ثبات تزریق



ثبات دیجیتالی



ثبات مکانیکی

۵. تجهیزات تزریق سیمان

آب سنج ها

آب سنج ها برای اندازه گیری مقدار آبی که بایستی بنا بر مشخصات فنی و طرح اختلاط معین به ملات تزریق اضافه گردد به کار می آید.

آب سنجها بر حسب گالن آمریکا، گالن های جهانی، لیتر، متر مکعب و فوت مکعب درجه بندی می شوند.

پیشنهاد می شود که از آب سنج های با خصوصیات تنظیم خود کار به صفر استفاده شود.

۵. تجهیزات تزریق سیمان

مسدود کننده (پکر)

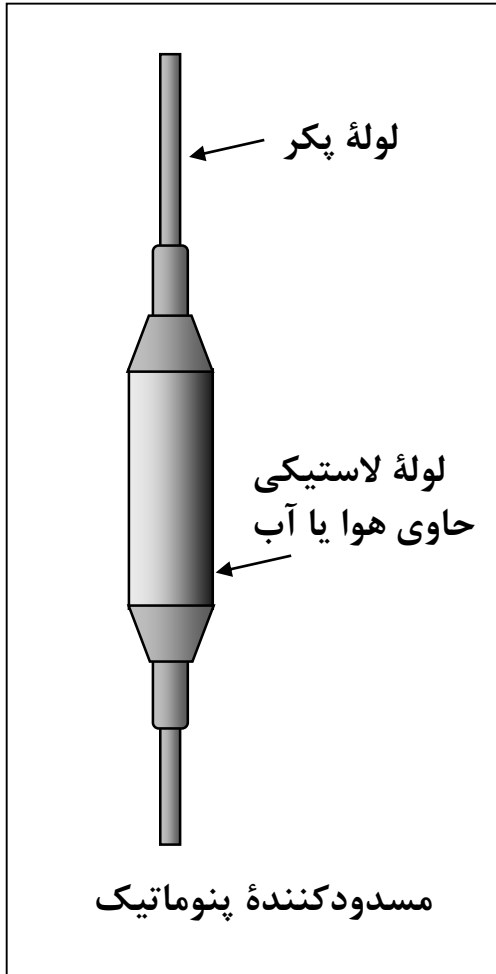


پکرها برای آب بندی کامل یا مجزا کردن قسمتی از گمانه تزریق به کار می روند. با استفاده از آنها امکانات لازم برای این که ملات تزریق بتواند تحت فشار اعمال شده معین به داخل مقطع معینی از گمانه وارد شود، فراهم می آید. پکر یا در قسمت بالای گمانه و یا این که در موقعیت های دیگری از طول گمانه نصب می گردند.

پکرها از نظر عملکرد به دو نوع تقسیم می شوند :
پکر مکانیکی که به صورت مکانیکی فعال می شود یعنی با اعمال فشار از بالا انبساط پیدا می کند.

۵. تجهیزات تزریق سیمان

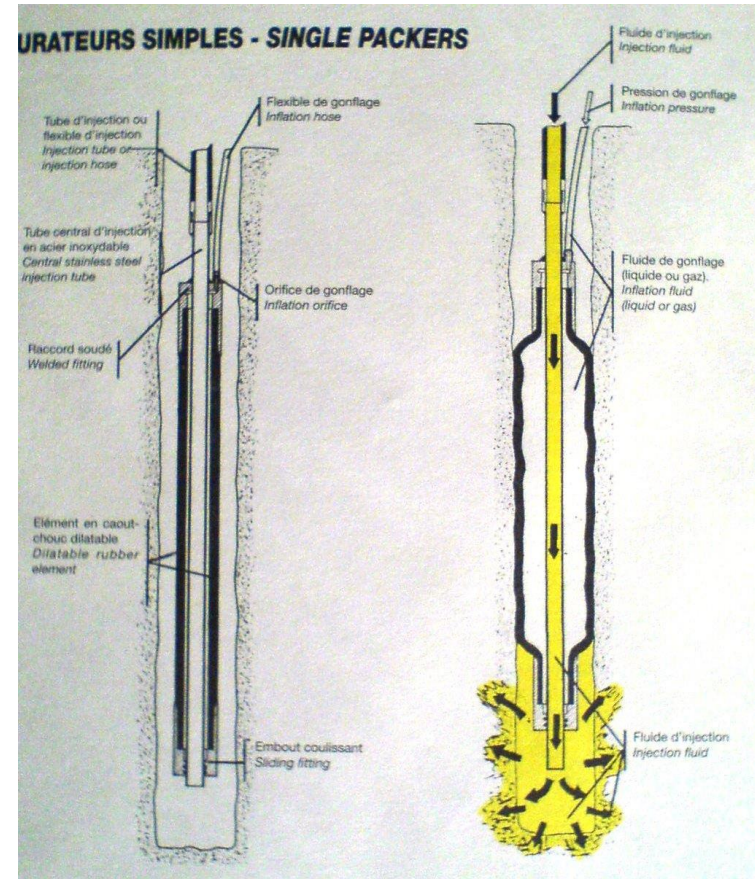
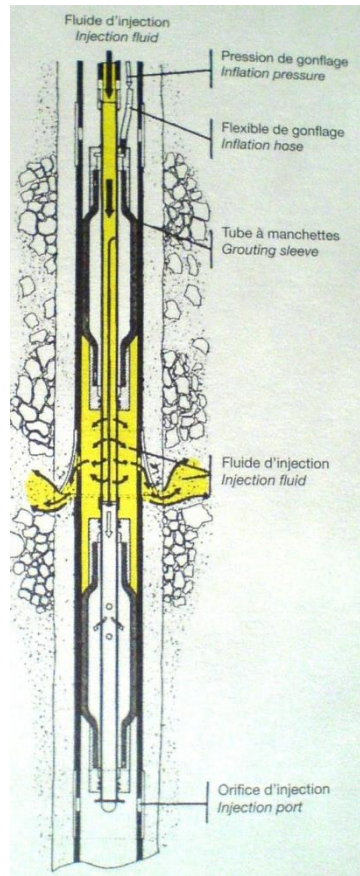
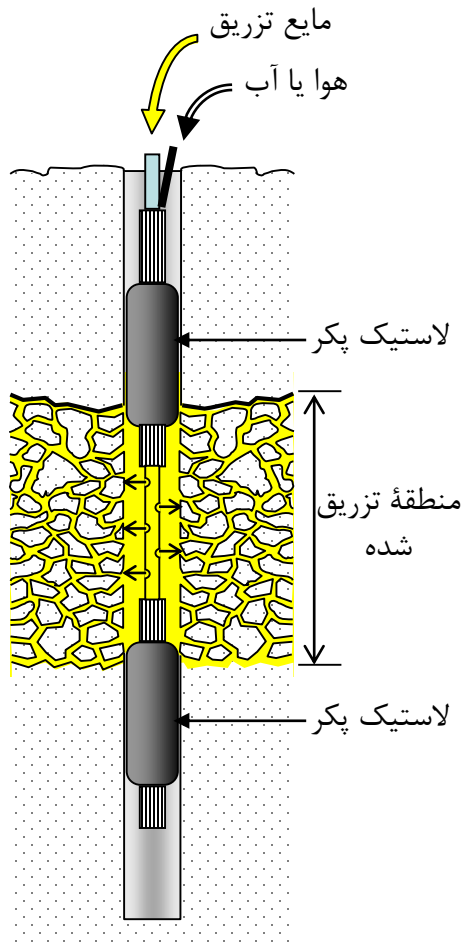
مسدود کننده (پکر پنو ما تیک)



این پکر توسط هوا یا آب و یا ماده سیال دیگری تورم پیدا می کند. پکر پنو ماتیک از نظر کار برد به دو نوع می باشد: پکرهای سینگل و پکر دوبل

پکر سینگل از محلی که قطعه را مسدود کرده تا انتها گمانه را تزریق می کند ولی پکر دوبل در صورتی که هدف قطعه مشخصی باشد از بالا و پایین قطعه مورد نظر را مسدود می کند و قطعه مشخص را تزریق می کند.

۵. تجهیزات تزریق سیمان مسدود کننده (پکر پنوما تیک)



۵. تجهیزات تزریق سیمان

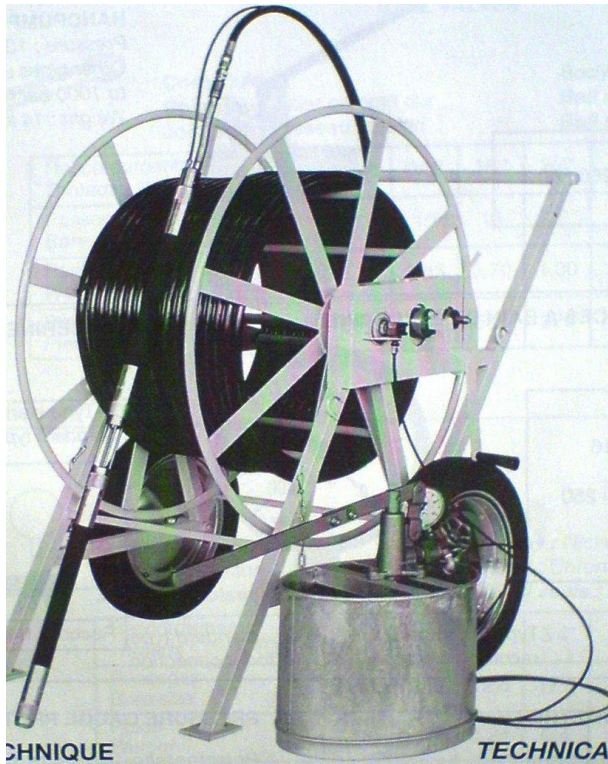
تجهیزات مربوط به پکرها

تجهیزات مربوط به پکرها شامل:

۱. شلنگ پکر: شلنگی است که از آن جهت رساندن سیال به پکر پنو ما تیک استفاده می شود. این شلنگ فشار قوی می باشد و جهت انتقال آن از یک قرقره استفاده می شود

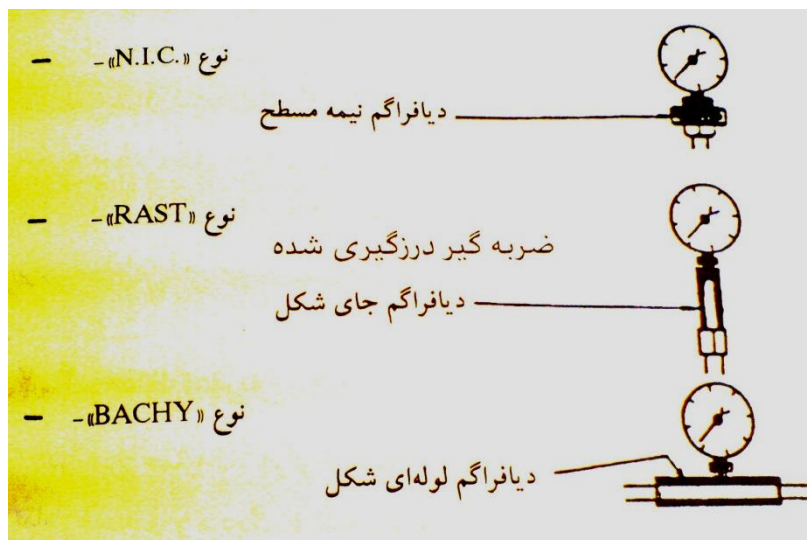
۲. پمپ دستی جهت پکر: این پمپ دارای یک مخزن که محتوی آب می باشد و یک فشار سنج و یک سیلندر و دسته مربوطه می باشد. که عمل آن پمپ کردن آب به داخل شلنگ پکر می باشد. و در صورت گرفتن فشار در پکر فشار سنج فشار پکر را نشان می دهد و بوسیله یک شیر فشار داخل پکر تنظیم میشود و در صورت که به خواهیم پکر آزاد شود با باز کردن شیر آب از داخل پکر آزاد شده و پکر آزاد می شود.

۳. پمپ هوا و مخزن آن: پمپ هوا با پمپ کردن هوا به داخل مخزن هوا آن را شارژ کرده و بعد از آن از داخل مخزن هوا به وسیله شلنگ پکر به داخل پکر هوا وارد می شود.



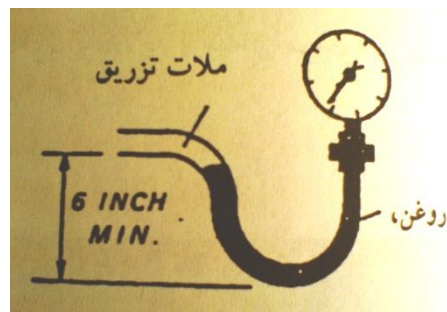
۵. تجهیزات تزریق سیمان

فشارسنج



فشار سنج برای رفتار سنجی فشار ملات تزریقی که در حال وارد شدن به گمانه تزریق می باشد، مورد استفاده قرار می گیرند. با کمک عقربه فشار سنج می توان حداکثر فشار مجاز وارده به ملات تزریق و همچنین نیل به نتایج خواسته شده از طراحی برنامه تزریق کاملاً اطمینان حاصل نمود.

واحد فشار سنج در آمریکا بر حسب پوند بر اینچ مکعب در حالی که در سیستم بین المللی فشار را بر حسب (بار) اندازه گیری می کنند.



۵. تجهیزات تزریق سیمان

سیستم توزیع و تحویل

سیستم توزیع و تحویل ملات تزریق شامل تمامی خطوط تزریق و شیرها و عقربه ها و اتصالات بین پمپ و گمانه مورد نظر را شامل می شود.

خط تحویل (یا تامین) ملات تزریق را از پمپ به شیر اصلی یا چند واحد می آورد. در این حالت خط برگشت ابتدا ملات تزریق ناپایدار را مجدداً چرخش داده و سپس آن را به مخزن همزن یا مخلوط کننده بر می گرداند. خط برگشت همچنین به عنوان یک خط تقلیل فشار نیز به خدمت گرفته شده تا به کنترل فشار در قسمت شیر اصلی کمک نماید.

به خاطر خطر ناشی از انسداد لوله ها استفاده از خطوط تحویل و برگشت با قطر کم تر از ۱ اینچ مجاز نمی باشد.

شیرهای دیا فراگمی (که شیرهای ساندرز نیز نامیده می شود).

۵. تجهیزات تزریق سیمان فشار شکن

فشارشکن وسیله ای است در تزریق که جهت جلوگیری از تلاطم جریان تزریق استفاده می شود.

در پمپ های پیستونی تزریق به دلیل ضربه زدن آن جریان تزریق با تلاطم می باشد و جهت جلوگیری از این امر و تاثیر در تغییرات زیاد فشار و عدم کنترل آن از فشار شکن استفاده می شود.

فشارشکن ها با یک ورودی و یک خروجی که در آن تعبیه شده است جریان ملات که از پمپ تزریق می شود در فشار شکن از حالت متلاطم به حالت آرامش در می آورد.

باید در فشار شکن های تزریق محلی را برای خروج مصالح تزریق در نظر گرفته شود، در غیر این صورت فشار شکن بعد از مدتی تزریق با مصالح تزریق پر شده و قابل استفاده نمی باشد.

۵. تجهیزات تزریق سیمان شلنگهای فشار قوی و رابط های آن

این نوع شلنگها حداقل یک اینچ می باشند و فشار قوی بوده (فشار را باید تا ۱۰۰ بار تحمل بکنند) و بوسیله رابط های که همان رابط های کونیک دار می باشند سیستم تزریق را به هم ربط می دهند.

۶. انواع روش تزریق

بطور کلی در عملیات تزریق از سه روش استفاده می شود:

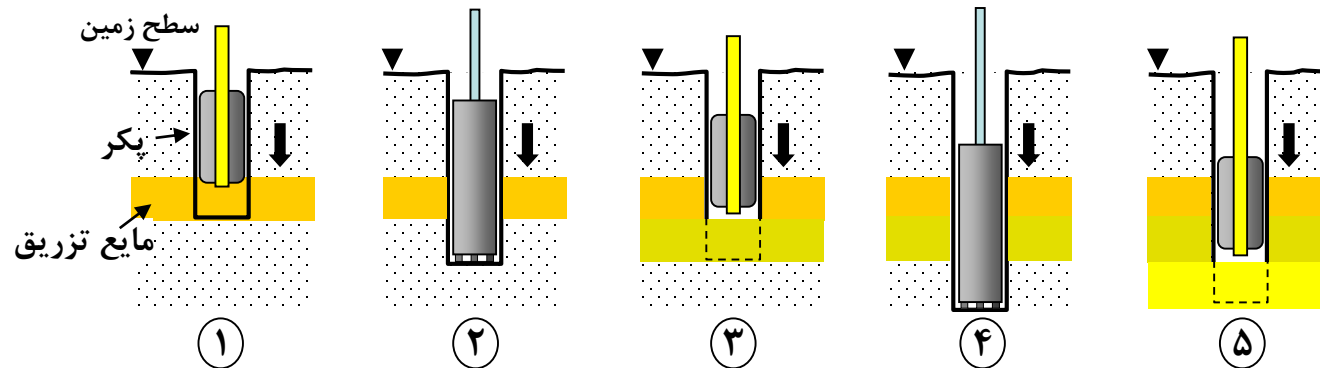
۱. روش پایین به بالا

۲. روش بالا به پایین

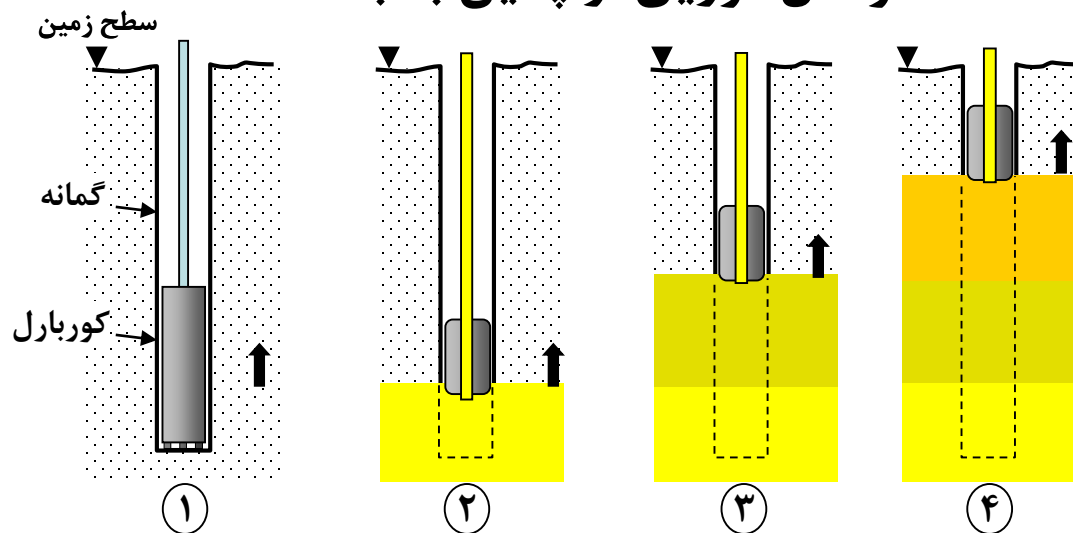
۳. روشی که در یک گمانه از دو روش استفاده می شود.

۶. انواع روش تزریق

مراحل تزریق از بالا به پائین



مراحل تزریق از پائین به بالا



۶. انواع روش تزریق

روش پایین به بالا

روشی است که در آن بعد از اتمام حفاری گمانه و انجام آزمایش نفوذ پذیری در طول انجام حفاری بعد از آن از پایین پکر را در مقاطع مورد نظر پک کرده و تزریق انجام می گیرد. این روش دارای محاسن و معایبی می باشد .

از محاسن آن این است که دارای هزینه کمتر و سرعت بیشتری می باشد. و از معایب آن خطر گیر افتادگی پکر و عدم دقت کافی در نتایج تزریق می باشد. این روش در صورتی که سنگ سالم باشد و هنگام حفاری آب برگشتی داشته باشیم و نفوذ پذیری بالا نباشد، پیشنهاد می شود.

در صورت خورد بودن مصالح و ایجاد مشکل در حفاری و یا قطع شدن آب برگشتی و نفوذپذیری بالا عملیات حفاری متوقف شده و قطعه مورد نظر تزریق می شود. از معایب این روش هزینه بالا و افزایش زمان پروژه می باشد. و از محاسن آن امنیت بیشتر در کار و دقت زیاد در عملیات تزریق می باشد.

روش دیگری هم وجود دارد، که در اثر تغییرات مصالح در حین حفاری در گمانه از هر دو روش استفاده می شود.

۶. انواع روش تزریق

روش پایین به بالا

روشی است که در آن بعد از اتمام حفاری گمانه و انجام آزمایش نفوذ پذیری در طول انجام حفاری بعد از آن از پایین پکر را در مقاطع مورد نظر پک کرده و تزریق انجام می گیرد. این روش دارای محاسن و معایبی می باشد.

از محاسن آن این است که دارای هزینه کمتر و سرعت بیشتری می باشد. و از معایب آن خطرگیرافتادگی پکر و عدم دقت کافی در نتایج تزریق می باشد. این روش در صورتی که سنگ سالم باشد و هنگام حفاری آب برگشتی داشته باشیم و نفوذ پذیری بالا نباشد، پیشنهاد می شود.

۶. انواع روش تزریق

در صورت خورد بودن مصالح و ایجاد مشکل در حفاری و یا قطع شدن آب برگشتی و نفوذپذیری بالا عملیات حفاری متوقف شده و قطع مورد نظر تزریق می شود. از معایب این روش هزینه بالا و افزایش زمان پروژه می باشد. و از محاسن آن امنیت بیشتر در کار و دقت زیاد در عملیات تزریق می باشد.

روش دیگری هم وجود دارد که در اثر تغییرات مصالح در حین حفاری در گمانه از هر دو روش استفاده می شود.

.

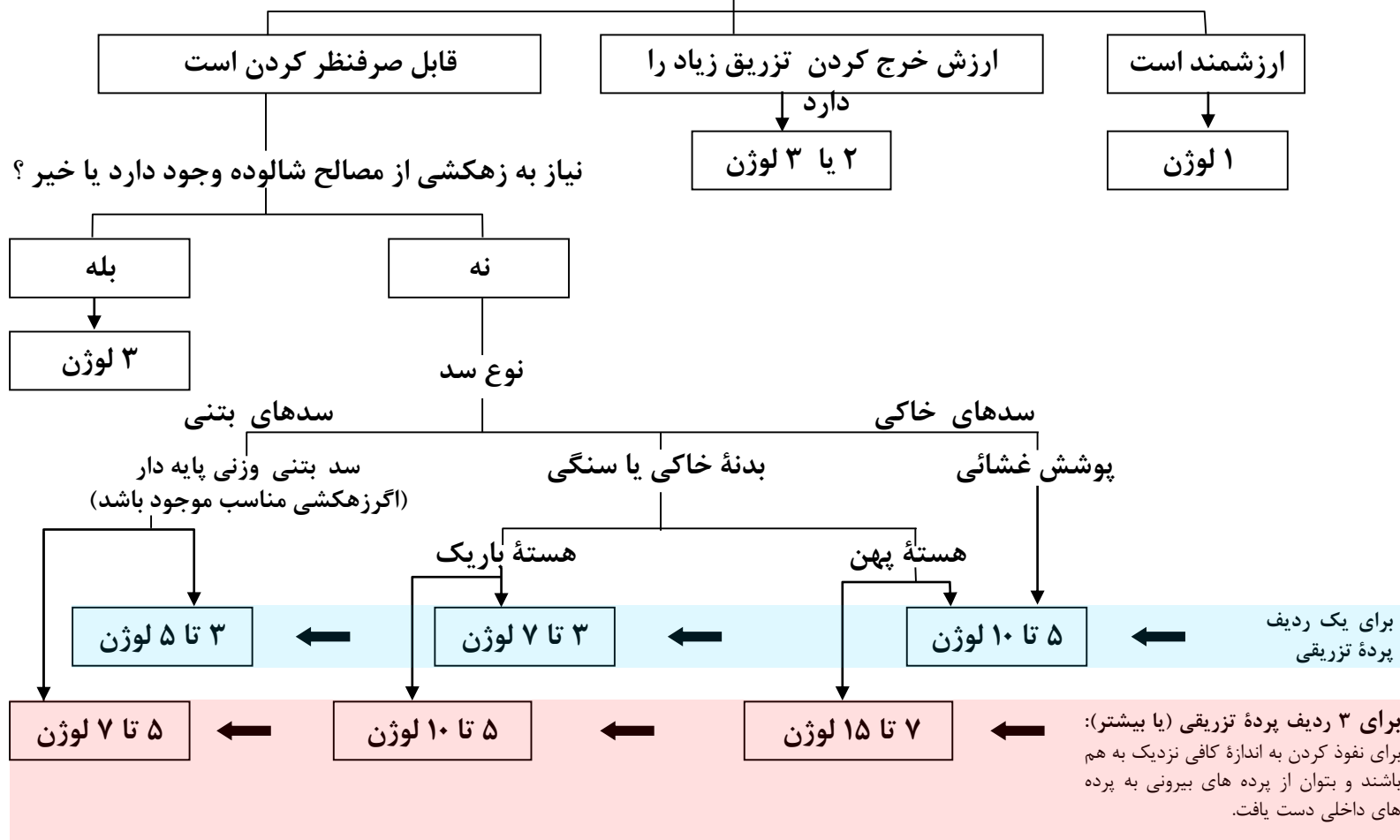
۷. ارتباط نفوذ پذیری در تزریق سیمان

آزمایش نفوذ پذیری یا لوژن در عملیات تزریق اهمیت زیادی دارد. در عملیات تزریق آزمون لوژن به منظور دستیابی به اهداف ذیل انجام می گیرد:

- تعیین میزان نشست آب
 - بر آورد فشار بهینه تزریق
 - بر آورد تزریق پذیری توده سنگ
 - انتخاب بهینه مواد تزریق
 - ارزیابی و کنترل کیفی تزریق انجام شده
- در طراحی تزریق باید معیار مناسبی برای میزان آب بندی و توقف عملیات تزریق وجود داشته باشد. علی رغم نارسای آزمایش لوژن هنوز هم در بیشتر موارد معیار توقف تزریق و تعیین کارایی عملیات تزریق بر اساس نتایج لوژن می باشد. که در جدول ذیل آمده است:

۷. ارتباط نفوذ پذیری در تزریق سیمان

تراوش یا نشت آب در حفره ها چقدر ارزش دارد ؟



مقدار تراوش یا نشت مجاز بر اساس طرح بهینه اقتصادی (Houlsby ۱۹۹۰)

۱. مصالح تشکیل دهنده ملات تزریق

مصالح تشکیل دهنده ملات تزریق شامل اقلام ذیل می باشد:

- آب
- سیمان
- بنتونیت
- چسب سیلیکات سدیم
- ماسه بادی
- فوق روان کننده و روان کننده
- زود گیرها
- دیر گیرها
- عوامل گاز ساز

۱. مصالح تشکیل دهنده ملات تزریق

آب ماده اصلی تزریق سیمان می باشد و در صورت استفاده از آن در تزریق باید عاری از هر گونه آلودگی و مواد آلی و همچنین شفاف باشد و در آن مواد زاید نباشد. همچنین باید دمای آب در فصول مختلف برای تزریق کنترل شود آب نباید در زمستان یخ زده باشد و در تابستان بسیار گرم باشد.

۱. مصالح تشکیل دهنده ملات تزریق

سیمان از مصالح اصلی تزریق سیمان می باشد. امروزه از سیمان پورتلند در تزریق سیمان استفاده می کنند.

استاندارد *ASTM* شماره *C150* مشخصات سیمان پورتلند برای هشت نوع سیمان داده شده که به شرح ذیل می باشد:

- **سیمان تیپ ۱:** همان سیمان معمولی بوده و در صورت استفاده نکردن از سیمان خاصی، از آن استفاده می شود.
- **سیمان تیپ ۲:** سیمان ضد سولفات متوسط در صورت مقابله با حمله سولفات متوسط از آن استفاده می شود.

۱. مصالح تشکیل دهنده ملات تزریق

انواع سیمان

- سیمان تیپ ۲A : سیمان ضد سولفات متوسط هوا دار
- سیمان تیپ ۳ : سیمان بسیار زود گیر (مقاومت) هنگام استفاده از آن سیمان با سرعت به مقاومت لازم خود می رسد.
- سیمان تیپ ۳A : سیمان بسیار زود گیر (مقاومت) هوا دار
- سیمان تیپ ۴ : سیمان با گرمای هیدراتاسیون پایین
- سیمان تیپ ۱A : سیمان عادی هوا دار
- سیمان تیپ ۵ : سیمان ضد سولفات بالا هنگامی که ملات تزریق در معرض حمله شدید محلول های سولفات قرار می گیرد، استفاده می شود.
- سیمان دانه ریز: سیمانی است که میانگین ذرات آن ۴ میکرون یا کمتر می باشد. به این نوع سیمانها سیمان میکروفاین و یا سوپرفاین نیز می گویند. این سیمانها بسیار گران می باشند و در مواردی خاص استفاده می شود.

۱. مصالح تشکیل دهنده ملات تزریق

بنتونیت

اصولا "بنتونیت یک رس کلوئیدی می باشد، که از گروه مونت موریونیت است. به طوری که در اثر جذب آب خواص آماس پذیری را نشان می دهد. بنتونیت می تواند در هنگام قرار گرفتن در آب پنج برابر وزن خودش آب جذب کند.

هدف از اضافه کردن بنتونیت به ملات سیمان تزریق پایدار مخلوط از طریق کاهش ته نشینی ذرات سیمان است. بنتونیت هم ویسکوزیته و هم چسبندگی ملات تزریق را افزایش می دهد.

اصولا "بنتونیت به صورت در صد وزنی سیمان به مخلوط اضافه می شود. مقدار بنتونیت مورد استفاده معمولا "در دامنه از ۱ تا ۴ درصد وزنی سیمان تغییر می کند .

۱. مصالح تشکیل دهنده ملات تزریق

سیلیکات سدیم (چسپ)

از سیلیکات سدیم که یک ماده شیمیایی است، که بصورت مایع با وزن مخصوص بیشتری از سیمان جهت بالا رفتن وزن مخصوص ملات تزریق استفاده میشود. از سیلیکات سدیم در زمانی استفاده می شود، که قطعه تزریق در داخل آب زیر زمینی باشد. دلیل آن این است که ملات تزریق شده سنگین شود تا جریان آب زیر زمینی باعث نشود که جریان تزریق به قطعه مورد نظر وارد شود.

که معمولاً در دو میکس اول استفاده میشود و گاهی از سیلیکات برای زمانی که خورند ملات زیاد است استفاده می شود.

۱. مصالح تشکیل دهنده ملات تزریق

عوامل گاز ساز

عوامل گاز ساز برای جلوگیری از تاثیر کاهش حجمی یا چروک خوردگی ملات های حاصل از سیمان پورتلند مورد استفاده قرار می گیرد . این عوامل میزان آب انداختگی ملات تزریق را پایین می آورد. این محصولات انبساط آهسته وکنترل شده ای را قبل از سخت شدن ملات تزریق ایجاد می کند. در این رابطه اینترپلاست به عنوان مثالی از مواد گاز ساز معرفی می شود.

۱. مصالح تشکیل دهنده ملات تزریق

ماسه بادی

ماسه بادی از مصالحی است که به عنوان یک فیلر به ملات تزریق اضافه می شود. و در جهت کاهش مقدار سیمان به کار می آید. چنانچه وجود حفرات و درزه های باز یا غارها انحلالی در مصالح مورد تزریق مسجل شده باشد.

شروع عملیات اجرای تزریق با مخلوط ماسه دار تزریق جهت پر کردن این گونه فضای خالی نیز بایستی با دقت هر تمام تر صورت پذیرد. استاندارد ماسه مصرفی در تزریق **C 33** میباشد. ماسه نیز باعث خوردگی تجهیزات داخلی پمپ و سایر سیستم تزریق می شود.

۱. مصالح تشکیل دهنده ملات تزریق

روان کننده و فوق روان کننده

این مواد شیمیایی که با نام های تجاری در بازار می باشند، از موادی هستند که جهت روان کردن ملات تزریق برای مواردی که درزه ها بسیار باریک بوده و ملات سیمان نمی تواند در آن نفوذ کند، استفاده می شوند و بصورت درصد وزنی سیمان استفاده می شوند. این مواد از دلمه شدن ملات سیمان جلوگیری می کنند.

۱. مصالح تشکیل دهنده ملات تزریق

زودگیرها و دیرگیرها

زود گیر ها برای کوتاه نمودن زمان گیرش ملات های سیمانی تزریق مورد استفاده قرار می گیرند. در این زمینه کلرید کلسیم ماده ای است که به عنوان زودگیر در ملات سیمان استفاده می شود.

کلرید کلسیم باید بصورت محلول به بخشی از آب به مخلوط تزریق اضافه شود. از زود گیر ها نباید به مقدار زیاد استفاده شود، در این صورت مسیر تزریق دچار مشکل می شود. کلرید سدیم زودگیر دیگری است که اثر آن کمتر از کلرید کلسیم می باشد.

دیرگیرها مواد دیگری هستند که در موارد خاصی از آنها استفاده می شود.

۹. تعیین نسبت در صد و نحوه اختلاط

تعیین در صد و نحوه اختلاط ملات سیمان در تزریق بسیار اهمیت دارد. از عواملی که در این امر تاثیر دارد می توان شرایط دوری از نقطه تزریق و خوردند زیاد تزریق و حجم

تجهیزات تزریق و نوع تزریق و هدف تزریق و نفوذ پذیری آن اهمیت دارد.

اساس این عمل تعیین نسبت آب به سیمان W/C می باشد.

نسبت آب:سیمان در کاربردهای مربوط به تزریق بر حسب حجم و یا وزن بیان می شوند.

رقیق ترین این نسبت $1/3$ و بالاترین نسبت $2/1$ می باشد. در مورد نحوه و اجرای این نسبتها در قسمت اجرای عملیات تزریق توزیع کامل داده می شود. در مورد درصد اضافه شدن مصالح تزریق در مبحث اجرای عملیات تزریق توزیع کامل داده خواهد شد.

۱۰. آزمایشات مربوط به کنترل و کیفیت تزریق سیمان

در تزریق آزمایشی، آزمایشات مربوط به کنترل و کیفیت تزریق سیمان از اهمیت زیادی برخوردار است. تعدادی از این آزمایشات قبل از عملیات تزریق باید انجام شوند و تعدادی در حین تزریق و تعداد دیگری بعد از عملیات تزریق انجام می شوند و این به آن معنی نیست که برخی از این آزمایشات حتماً در یکی از این زمانها انجام شود، بلکه می تواند در هر زمانی با توجه به نیاز انجام شود.

۱۰. آزمایشات مرتبط به کنترل و کیفیت تزریق سیمان

اولیت آزمایشات قبل از عملیات تزریق شامل:

۱. تعیین بلین سیمان مصرفی
 ۲. انجام آزمایش ویکات جهت تعیین زمان گیرش سیمان
 ۳. انجام آزمایش آب انداختگی
 ۴. تعیین وزن مخصوص ملات سیمان
 ۵. تعیین دمای میا نگین آب
 ۶. تعیین pH ملات سیمان
 ۷. تعیین دمای میا نگین ملات سیمان
- آزمایشات یاد شده را می توان در حین تزریق هم انجام داد.

۱۰. آزمایشات مرتبط به کنترل و کیفیت تزریق سیمان

آزمایشاتی که در جهت کنترل عملیات تزریق در حین کار می باشد و از اهمیت زیادی برخوردار است. و باید با سرعت و دقت انجام شوند، تا بتوان در حین کار هم در عملیات تزریق وقفه ایجاد نشود و هم شرایط و کنترل محیا شود. آزمایشات مهم شامل:

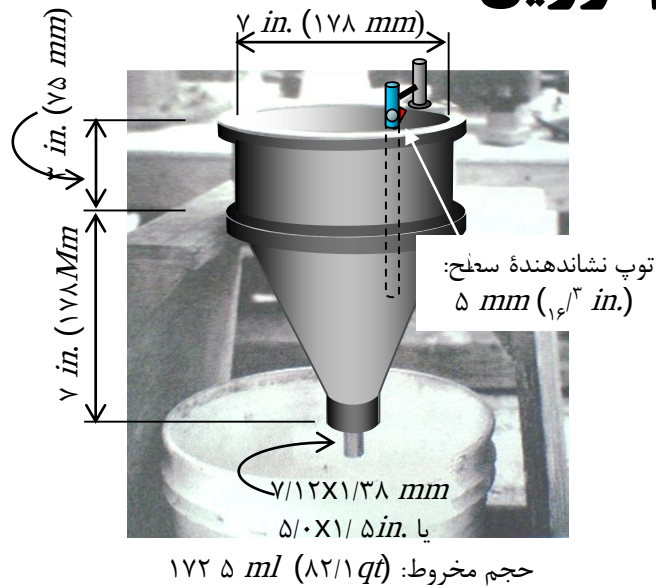
۱. آزمایش قیف مارش

۲. نمونه گیری از ملات برای هر اختلاط

۳. آزمایش اسلامپ

۴. انجام آزمایش مقاومت نمونه های گرفته شده توسط جک مخصوص توضیح این آزمایش در زمان مناسب در آزمایشگاه انجام می شود. تمام آزمایشات در حین تزریق می تواند در پایان عملیات تزریق انجام شود.

۱۰. آزمایشات مرتبط به کنترل کیفیت تزریق سیمان آزمایش برای ارزشیابی دوغاب و اجرام تزریق شده



متأسفانه آزمایشات ساده برای کنترل کیفیت و بر طبق استاندارد بودن دوغاب واضحاً در میان بزرگترین نیازهای آزمایش تزریق سیمان می باشد. آزمایشات کمی هم که موجود می باشد، در آغاز برای کنترل ترکیباتی به غیر از دوغاب درست شده بودند. حتی این تعداد آزمایشات کم هم برای ارزشیابی دوغاب های رقیق و یا غلیظ در صحرا بسادگی انجام پذیر می باشد. البته این آزمایشات برای یک سری از غلظت های متوسط کارایی دارد.

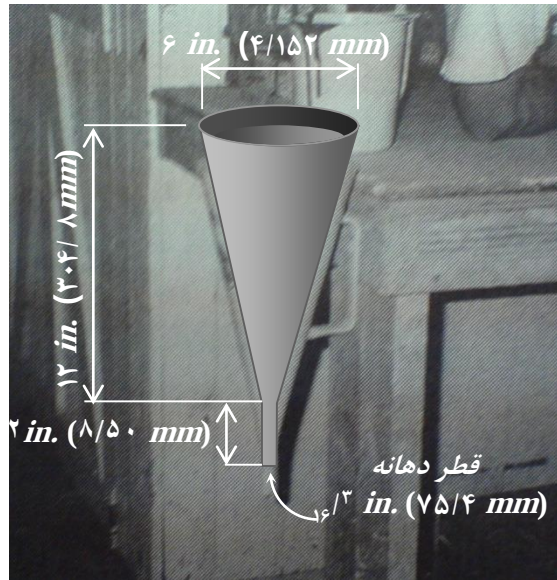
مخروط های جریانی

چندین چینمان (آرایش) قیف ها برای خواص جریانی دوغاب ها پیشنهاد شده اند. زمان لازم، به ثانیه، برای عبور مقدار معلومی

دوغاب از قیف، نامیده می شود، که بوسیله این دستگاه ها تعیین می شود. دو نوع قیف در تزریق سیمان رایج می باشد. مخروط جریانی در شکل مقابل بوسیله ارتش آمریکا در سال های اول ۱۹۴۰ ساخته شده و در استاندارد *CRD-C611* نوشته شده است و استاندارد *ASTM-C939* از آن اقتباس شده است. در حالت استفاده، مخروط یک دقیقه قبل از پر شدن آن با دوغاب با آب شسته می شود. دهانه مخروط را با انگشت و یا وسیله ای بسته نگه داشته و با دوغاب پر کرده و دهانه مخروط را باز کرده و زمان تا اولین وقفه در حرکت مداوم دوغاب را با کروномتر (با دقت $\pm 2/0$ s) اندازه گیری می شود. "زمان خروج" برای آب خالص ۸ ثانیه بطول می انجامد. زمان خروج برای دوغاب های نوعی و متداول می تواند تا حدود ۲ دقیقه بطول بیانجامد (هر چند که زمانهای بالاتر از یک دقیقه سؤال برانگیز می باشند).

۱۰. آزمایشات مرتبط به کنترل کیفیت تزریق سیمان آزمایش برای ارزشیابی دوغاب و اجرام تزریق شده

قیف مارشال



این قیف که در ابتدا برای کنترل خواص آب حفاری درست شده بود، معمولاً برای دوغاب استفاده می شود. طرز استفاده از آن به این طریق می باشد که دهانه قیف را با انگشت نگه داشته و آن را با دوغاب پر می کنند. بعد از آن قیف را بر روی ظرفی با حجم ۱ qt (۹۴۶ ml) نگهداشته و دهانه آن را باز کرده و زمانی که برای خروج و پر شدن این حجم لازم است، تعیین می گردد. زمان خروج برای آب خالص ۲۶ ثانیه و برای دوغاب عددی بین ۲۶ تا ۶۰ ثانیه حاصل می شود. دوغاب هایی با زمان خروج بیشتر از ۷۵ ثانیه را نمی توان با این قیف آزمایش کرد. قیف C939 که از آلومینیوم ریخته شده و دهانه جدا شدنی ساخته شده و نوع دیگری از قیف که از پلاستیک یک دست ساخته شده، معمولاً استفاده می شوند.

۱۱. الگو و آرایش گمانه های تزریق

اساساً “روش الگو و آرایش گمانه ها بر اساس روش حفاری (چرخشی یا ضربه ای) نوع سنگ و قطر گمانه و فضای کاری موجود و عمق گمانه و شرایط نفوذ پذیری و همچنین شعاع تزریق و شرایط قرار گرفتن لایه های سنگ به خصوص در تکیه گاه سد طراحی می شود .

معمولاً “آرایش گمانه های تزریق به صورت خطی و یا مثلث و یا لوزی می باشد .

در روش خطی گمانه ها بصورتی قرار می گیرند که در امتداد یک خط قرار میگیرند. و این به آن صورت است که بعد از حفاری و تزریق گمانه اول و در ادامه به فاصله یک گمانه بعد گمانه، حفاری و تزریق می شود و سپس گمانه ای که حفاری نشده بود، تزریق و حفاری می شود.

۱۱. آرایش گمانه های تزریق

در روش مثلثی بعد از حفاری و آزمایش نفوذ پذیری و تزریق سیمان سه گمانه که به شکل مثلث طراحی شده اند. یک گمانه شاهد در وسط مثلث حفاری و آزمایش نفوذپذیری انجام می گیرد، در صورتی که با این آرایش جواب لازم گرفته نشد، آرایش مثلث تبدیل به لوزی می شود.

۱۲. مشخصات فنی در تزریق

مشخصات فنی در تزریق سیمان اصولاً "توسط نظارت با توجه به نوع و شرایط تزریق اعلام می شود. که شامل مشخصات دستگاهها و تجهیزات تزریق سیمان و در رابطه با گمانه های تزریق (فاصله و عمق و قطر گمانه) و همچنین مشخصات فنی در رابطه با استانداردهای لازم جهت آزمایش کنترل و کیفیت تزریق و مشخصات طرح اختلاط سیمان و مواد شیمیایی افزوده شده به ملات سیمان و در مورد فشار تزریق و زمان گیرش و شرایط تزریق مشخصات لازم به پیمانکار داده شود.

۱۳. عملیات اجرایی تزریق سیمان

بعد از پمپاژ ملات سیمان ملات بوسیله شلنگ فشار قوی وارد ثبات می شود . ثبات وسیله ای می باشد که می توان گفت بمانند نوار قلب در انسان شرایط تزریق را در هر زمان می دهد، ثبات میکانیکی با قلم ثبات فشار را بروی یک صفحه ثبت می کند و با چرخش صفحه زمان تزریق را نشان می دهد، که بعد از پایان تزریق گراف رسم شده عمل کرد تزریق را

می دهد. بعد از مسیر ثبات معمولاً “ دو شیر نصب می شود. یکی شیر برگشت و دیگری شیر تنظیم ورود به گمانه و گاهی هم یک فشار سنج در کناد آن نصب می کنند تا فشار بعد از ثبات را ملاحظه کنند.

۱۳. عملیات اجرایی تزریق سیمان

ملات سیمان بعد از عبور از ثبات بوسیله شلنگ فشار قوی از طریق یک چپقی که بر روی آن یک فشار سنج نصب می باشد، به داخل لوله حفاری هدایت شده و از طریق لوله حفاری به داخل پکر و قطعه مورد نظر وارد می شود.

فشار سنج مستقر در بالای لوله حفاری آخرین فشار تزریق را نشان می دهد. آنچه که تاکنون گفته شد سیر حرکت اجرایی ملات تزریق از اول آن تا انتهای آن بود. ولی اینکه چگونه تزریق تمام میشود و شرایط کار چگونه تغییر می کند و یک مهندس تزریق چگونه باید تصمیم بگیرد. از اهمیت خاصی برخوردار است.

۱۳. عملیات اجرایی تزریق سیمان

تزریق سیمان علمی است که فقط نباید به دستور عملها و یا نوشته ها و کتا بها استناد کرد. بلکه این زمین و مصالح آن است که شرایط را به ما دیکته می کند و یک مهندس تزریق با کمک تجربه و درایت و علم خود باید عملیات تزریق را کنترل و هدایت کند .

باید گفت که تزریق آزمایشی در مواردی زمان-بر و با مشکلاتی روبرو است، که باید با آن با صبر و تجربه و تدبیر روبرو شد.

۱۳. عملیات تزریق اجرایی سیمان

در مورد روش تزریق بالا به پایین به دلیل اهمیت آن در تزریق آزمایشی در این مبحث توزیع بیشتری داده می شود.

ابتدا در هنگام حفاری اگر آب برگشتی حفاری قطع شود و یا به دلیل خورد بودن مصالح امکان حفاری نباشد و یا خطر گیر افتادن تجهیزات حفاری باشد. باید آزمایش نفوذ پذیری انجام شده و سپس قطعه مورد نظر تزریق شده و اگر فشار لازم تزریق در قطعه مورد نظر حاصل شود بعد از گیرش لازم دوباره حفاری انجام می گیرد (این حفاری در ملات سفت شده یا بتن انجام میگیرد) که به آن حفاری مجدد می گویند و بعد از اتمام آن حفاری مصالح آغاز می شود و اگر شرایط مثل قطعه قبل بود همان روش انجام می گیرد.

۱۳. عملیات اجرایی تزریق سیمان

در تزریق آزمایشی سیمان و روش بالا به پایین اگر در حین حفاری به حفره یا شکاف بزرگ و یا درزه باز برخورد کردیم و آزمایش نفوذ پذیری بسیار بالا بود. و تزریق سیمان در آن قطعه فشار لازم را نگرفت بعد از گیرش دو باره در همین قطعه یک آزمایش نفوذ پذیری گرفته و اگر باز نفوذپذیری بالا بود دو باره همین قطعه تزریق می شود در غیر این صورت (لوژان خیلی کم باشد) احتیاج به تزریق نیست.

۱۳. عملیات اجرایی تزریق سیمان

در تزریق این مسئله مطرح است که چه زمانی تزریق سیمان در قطعه به اتمام می رسد؟

تزریق زمانی "تمام شده" حساب میشود که فشار تزریق به حداکثر فشار لازم در قطعه رسیده باشد و ملات خوری به صفر و یا در پنج دقیقه نیم یا یک لیتر بیشتر نباشد.

باید یاد آوری کرد که در صورتیکه مسیر گرفته باشد و یا درزهای گرفتگی کاذب داشته باشد و تزریق فشار کاذب گرفته باشد، در صورتی که قطعه را به مدت ده تا پانزده دقیقه تحت فشار باشد، گرفتگی رفع میشود و یا برای امتحان یا باز و بسته کردن شیرها مسیر تزریق مسئله مشخص می شود.

۱۳. عملیات اجرایی تزریق سیمان

عملیات اجرایی که در این مبحث در مورد آن شرح داده می شود در باره تزریق آزمایشی می باشد. تزریق آزمایشی شاید از تزریق اجرایی راحت تر باشد ولی دارای اهمیت و حساسیت بیشتری است و همین اهمیت باعث می شود که مهندسین طراح پروژه های سد ها به داده های تزریق آزمایشی اهمیت زیادی می دهند. در حدی که اگر داده های لازم را از این تزریق بدست نیاورند، پرونده تحقیقاتی پروژه سد را نمی بندند.

۱۳. عملیات اجرایی تزریق سیمان

بعد از تجهیز کارگاه تزریق سیمان و تایید آن توسط نظارت و تحویل گمانه های تزریق از طرف نظارت و دادن دستور عمل به پیمانکار عملیات تزریق با حفاری گمانه اول تزریق آغاز می شود. در صورتی که هنگام حفاری در چند متر اول گمانه ریزشی باشد، میتوان با قطعه سازی قطعات بالایی حفاری را ادامه داده، در صورتی که آب برگشتی حفاری قطع شده و یا به قطع آزمایش لوژان رسیده باشیم.

بعد از انجام آزمایش در صورت بالا بودن مقدار لوژان و یا خورد بودن مصالح پکر در قطع سالم بالایی و یا در قطع ساخته شده عملیات تزریق انجام می شود.

۱۳. عملیات اجرایی تزریق سیمان

قبل از اجرای تزریق سیمان باید در مورد چند موضوع توجه شود، از جمله محل مناسب جهت قرار گرفتن پکر که باید قبل از مستقر کردن پکر در قطعه مورد نظر به نکات زیر توجه مبذول داشت:

۱. باید نمونه حفاری شده در جعبه نمونه کاملاً بررسی شود، که اگر در نمونه اخذ شده درزه و شکافهای باز و یا نمونه خورد شده باشد، باید در صورت امکان از استقرار پکر در این قسمت خود داری شود.
۲. در صورتی که در آزمایش نفوذ پذیری در قطعه مورد نظر به دلیل وجود درزهای در جهت رو به بالا آب آزمایش به بالا آمده باشد، آنگاه باید در استقرار پکر در این قطعه با احتیاط عمل کرد و یا پکر را جابجا کرد.
۳. در صورتی که در قسمتی از قطعه مورد نظر شرایط خورد شدگی و درزه های باز باشد می توان قطعه را کوچک تر کرد. چونکه جواب و رفتار آزمایش نفوذ پذیری در عملیات تزریق سیمان اهمیت ویژه ای دارد باید قبل از آزمایش و استقرار پکر در قطعه مورد نظر در گمانه باید پکر را در چند مورد آن را آزمایش کرد که در اسلاید بعد مطرح می شود:

۱۳. عملیات اجرایی تزریق سیما ن

۱. پکر پنو ماتیک قبل از ورود به گمانه با پک کردن آن در بیرون در مورد نشت آب از پکر و رابط های شلنگ پکر و خود شلنگ پکر اطمینان حاصل شود.
۲. برای اینکه فشار لازم برای پکر در گمانه مشخص شود، پکر را در داخل لوله جداره (کسینگ) که به اندازه تقریبی قطر گمانه باشد پک می کنیم تا فشار لازم برای پک کردن به طور تقریبی بدست آید.
۳. در مورد پکر پنوماتیک باید مسیر داخل لوله آن مسدود نباشد و در مورد پکر دابل لوله مشبک بازدید شود، که مشکلی نداشته باشد.

۱۳. عملیات اجرایی تزریق سیمان

بدلیل اینکه در تزریق آزمایشی اغلب گمانه ها با عمق بیش از بیست متر می باشند. پکر بوسیله لوله حفاری به داخل گمانه هدایت می شود. و به همین دلیل باید مواردی در این مورد متذکر شد: اولاً "لوله های حفاری باید قبلاً" کنترل شود. تا گرفتگی و یا مسدود نباشد و همچنین لوله هایی که جهت هدایت پکر به داخل گمانه استفاده می شود، حتماً باید اندازه آنها مشخص باشد و هم چنین لوله های حفاری در هنگام اتصال به هم باید کاملاً "سفت و محکم شود و لوله ها باید سالم باشند.

۱۳. عملیات اجرایی تزریق سیمان

قبل از آغاز عملیات تزریق سیمان با راه اندازی ژنراتور برق و تست کردن سیستم برق و سیستم مکانیکی دستگاه های تزریق و تست مسیر تزریق تا گمانه و کنترل آن شرایط را برای عملیات تزریق آماده می کنیم. با توجه به آزمایش لوژان (مقدار لوژان و شرایط جریان خطی آن) طرح اختلاط ملات داده می شود. و ساخت ملات بوسیله میکسرانجام میگیرد.

اهمیت ساخت ملات در تزریق سیمان بسیار زیاد می باشد، و مبدا کنترل اصلی از همین جا آغاز میشود. باید آب ماده اصلی تزریق سیمان توسط آب سنج یا تانکر مدرج برای نسبت معین تعیین می شود. و باید حتماً توسط تکنسین یا کارشناس تزریق کنترل شود. در صورت عدم کنترل آب مشکلاتی هم برای میکسر وهم در روند تزریق بوجود می آورد.

۱۳. عملیات اجرایی تزریق سیمان

بعد از ریختن آب به داخل میکسر نوبت اضافه کردن سیمان می باشد. سیمان را باید به آرامی و دقت به روی الکی که بر روی دهانه میکسر نصب شده، ریخته تا از ریختن سیمان کلوخ شده و یا مواد زاید به داخل میکسر جلوگیری شود و به خوبی سیمان در میکسر مخلوط شود. در غیر این صورت امکان ایجاد مشکل در میکسر و یا سیستم تزریق و روند آن می شود. در صورت عدم دقت در میزان سیمان افزوده شده به میکسر باعث مشکلاتی برای میکسر می شود .

۱۳. عملیات اجرایی تزریق سیمان

در مورد بنتونیت توضیح لازم در قسمت مصالح تزریق داده شد. باید قبل از اضافه شدن سیمان به میکسر بنتونیت را به صورت خشک و یا بصورت آماده شده به داخل میکسر ریخته تا خوب مخلوط شود و بعد از آن سیمان به داخل میکسر ریخته می شود.

برای اینکه ملات به خوبی ساخته شود باید حد اقل به مدت پنج دقیقه در میکسر با صورت زیاد بچرخد (۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ دور در دقیقه) متذکر می شود در صورتی که بیش از سی دقیقه ملات در میکسر بچرخد قابل استفاده نمی باشد.

۱۳. عملیات اجرایی تزریق سیمان

هنگامی که ملات توسط میکسر آماده شد. ملات به داخل همزن ریخته می شود. باید دقت شود که از هر میکس تمامی ملات از میکسر خارج شود. ملات بوسیله یک لوله خرطومی به داخل همزن وارد می شود. قبل از وارد شدن ملات به همزن باید یک الک همراه با طور سیمی در محل ورود نصب شده باشد تا مواد زاید و یا ذرات بزرگ به داخل همزن وارد نشود. همانطور که در قسمت تجهیزات تزریق گفته شد، یکی از کارهای همزن نگه داشتن ملات و دیگر اینکه می توان با داشتن حجم آن میزان پمپاژ ملات به داخل گمانه را مشخص کرد.

۱۳. عملیات اجرایی تزریق سیمان

همزن نقش مهمی در کنترل تزریق سیمان دارد و دراصل مکانی است که هم می توان میزان ملات خوری را در زمان مشخص تعیین کرد و هم میتوان آزمایش های کنترل ملات سیمان را با برداشت از آن انجام داد. بنابراین باید تکنسین تزریق در کنار آن بیشتر باشد. معمولاً "زمان برای ملات خوری تزریق بصورت زمانهای پنج دقیقه ای در نظر گرفته می شود. تکنسین یا کارشناس تزریق بوسیله یک خط کش مدرج و یا یک متر سطح ملات را تا بالای همزن اندازه گرفته می شود. باید دقت در این عمل زیاد باشد و اندازه گیری باید در درپایان دقایق لازم و پایان تلاطم انجام شود.

۱۳. عملیات اجرایی تزریق سیمان

پمپاژ ملات سیمان از مهمترین اصول تزریق سیمان می باشد. هدایت عملیات تزریق سیمان توسط پمپ تزریق انجام می شود. پمپ تزریق با یک سیستم برقی و هیدرو لیکی عمل می کند و کنترل آن توسط یک شیر یا فرمان هیدرو لیکی انجام می شود. به کمک پمپ هم دبی و هم فشار ملات تزریق سیمان کنترل می شود و تکنسین تزریق باید کاملاً “همزمان به پمپ و جریان تزریق مسلط باشد. هم چنین باید در هر زمان سیستم و شرایط کار کردن پمپ را بازدید کند.

۱۳. عملیات اجرایی تزریق سیمان

در تزریق آزمایشی به دلیل اینکه داده ها از اهمیت زیادی برخوردار است، باید در دقت و کنترل این داده ها کوشش شود و این کار با کنترل پمپاژ ملات تزریق توسط پمپ تزریق امکان پذیر است. این داده ها شامل: فشار و میزان ملات خوری و زمان می باشد. چونکه پمپهای تزریق اکثراً "پیستونی می باشند و از معایب این پمپها کنترل فشار تزریق می باشد. که با نصب فشار شکن مناسب در مسیر پمپ و همچنین شیرهای مناسب (شیرهای ورودی و خروجی) تا اندازه ای کنترل کرد. یک عدد فشار سنج در بعد از مسیر پمپ قرار گرفته تا فشار تزریق را نشان دهد. تا تکنسین تزریق فشار تزریق را کنترل کند.

۱۴. تجهیز کارگاه تزریق سیمان

تجهیز کارگاه در پروژه تزریق سیمان بخصوص در تزریق آزمایشی از اهمیت زیادی برخوردار است و باید پیمانکار با برنامه ریزی به آن اهمیت بدهد در غیر این صورت در حین کار با مشکلاتی روبرو خواهد شد. این برنامه ریزی شامل : هموار سازی محل تزریق و آماده سازی آن جهت استقرار تجهیزات تزریق و ساخت سکو برای آزمایشات و توزین مصالح تزریق سیمان و ساخت انبار سیمان و مصالح دیگر آن و ساخت سقف مناسب برای انبار و محل استقرار دستگاه ها و تجهیزات تزریق و همچنین ساخت سکو و سقف مناسب برای سیستم برق رسانی (ژنراتور و تابلو برق) و همچنین تسطیح محل گمانه از اهمیت خاصی برخوردار است.

۱۴. تجهیز کارگاه تزریق سیمان

بعد از ساخت محل کارگاه تزریق سیمان و استقرار دستگاه های تزریق سیمان و تراز دستگاه های تزریق نوبت به نصب و کنترل سیستم برق دستگاه های تزریق سیمان و همچنین و نصب سیستم کامل تزریق (شامل نصب شلنگ ها و شیرها و تجهیزات همراه) می باشد. و باید در انتها سیستم را کاملاً آزمایش شود.

۱۵. ایمنی افراد و محیط

در کارگاه تزریق سیمان باید با توجه به اینکه معمولاً محل تزریق در مناطق دور افتاده یا صعب العبور می باشد باید تدابیری جهت ایمنی افراد و محیط کار فراهم آورد و گر نه مشکلاتی برای پرسنل و کار ایجاد می شود. باید حتماً آموزش لازم و هشدارها یی به پرسنل و کارگران داده شود. بخصوص در مورد سیستم برقی با توجه به سه فاز بودن برق و استفاده از آب در حین و بعد از تزریق (شستشو دستگاهای تزریق) و همچنین استفاده از سیستم برق و آموزش لازم در جهت استفاده از ورود و خروج سیستم تزریق به پرسنل و کارگران داده شود.

۱۵. ایمنی افراد ومحیط

وهمچنین استفاده از دستکش پلاستیکی مناسب و ماسک دهنی در صورت امکان ماسک با فیلتر مناسب جهت پرسنل لازم میباشد. در محیط کار باید از کیسه های سیمان و همچنین مواد شیمیایی پاک شود.