

مقایسه روشهای دورانی و دورانی - ضربه ای

در حفاری گمانه های تزریقی ساختگاه سدها

علیرضا فیروزفر، عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان

A_R_FIROOZFAR@YAHOO.COM

خلاصه

از پارمترهای تأثیر گذار در حصول رادمان بالای عملیات تزریق در ساختگاه سدها نوع حفاری گمانه های تزریق می باشد که با عنایت به شرایط ژئوتکنیکی ساختگاه هر سد می توان با حفر گمانه های آزمایشی انواع مختلف حفاری گمانه ها را آزمود. دو روش متداول در گمانه زنی تزریقی عبارتند از روش حفاری دورانی و دورانی - ضربه ای که هر کدام از آنها می تواند با حفر گمانه های آزمایشی و تزریق دوغاب سیمان به عنوان روش بهینه مورد استفاده قرار گیرد به عنوان یک نمونه عملی در ساختگاه سد تالوار اقدامات انجام گرفته در این ساختگاه مؤید تناسب روش حفاری دورانی - ضربه ای با ساختگاه سد مزبور می باشد. [1] ذکر این نکته ضروری است که روش حفاری دورانی - ضربه ای دارای سرعت بالاتری بوده و در زمان بندی اجرای پروژه تأثیر مطلوب دارد.

کلمات کلیدی: تزریق، ساختگاه سد، حفاری دورانی، دورانی - ضربه ای، تالوار

مقدمه

از مسائل مهم در ساخت سدها خصوصاً سدهای مخزنی جلوگیری از اتلاف آب از بدنه و پی سد می باشد از سوی دیگر در اکثر موارد ساختگاه سدها نیازمند بهسازی و تحکیم پی می باشد که در هر دو مورد تزریق به عنوان یک راهکار اساسی و مؤثر مورد توجه بسیاری از طراحان سد قرار گرفته است. این روش فرآیندی است که طی آن منافذ و مجاری موجود در سازندهای زمین شناسی از دو غاب سیمان پر شده و در نتیجه هم آب بندی و هم تحکیم حاصل می شود. پارامترهای تأثیر گذار بر فرآیند تزریق بسیار متنوع بوده و در سایت های مختلف اثرات مختلفی دارند به همین لحاظ مطالعه موردی بر روی هر کدام از این پارامترها از اهمیت بالایی برخوردار است. یکی از موارد اثر گذار در عملیات تزریق نوع حفاری گمانه های تزریق می باشد انتخاب روش حفاری بهینه در هر ساختگاه حصول رادمان بالای تزریق را در پی خواهد داشت در پژوهش حاضر سد تالوار به عنوان یک نمونه عملی در تعیین روش حفاری بهینه گمانه های تزریق مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱- تزریق

به لحاظ نفوذ مواد تزریقی در درون زمین (سنگ یا خاک) و تغییراتی ایجاد شده حاصل از آن، تزریق طبقه بندی می شود. [۲، ۳، ۴]

۱-۱- تزریق نفوذی^۱: عبارتست از پر شدن مواد تزریقی در درزه ها و شکستگی ها و سطوح ناپیوسته خاک و سنگ بدون ایجاد بهم ریختگی در ساختمان ذرات خاک و سنگ که خود این روش به دو دسته تقسیم می شود.

۱-۱-۱- تزریق نفوذی تراوشی: در این روش که در مصالح خاکی و ناپیوسته انجام می گیرد مواد تزریق از طریق حفر گمانه همانند عمل تراوش به درون فضاهای خالی نفوذ می کنند.

1- Penetration grouting

۱-۱-۲- تزریق نفوذی تداخلی: در این روش بدون اثر تخریبی مواد تزریق وارد درز و شکاف و سطوح ناپیوستگی سنگ می شود.

۱-۲- تزریق جابجایی^۱: در این روش مواد تزریق با جا به جا نمودن مصالح زمین بصورت مستقل و مجزا بصورت یک توده در محل مستقر شده و سبب تراکم خاکها و سنگهای اطراف خود می شوند.

۱-۳- تزریق تحکیمی^۲: هدف از این نوع تزریق بهبود و یکنواخت نمودن خواص شکلی سنگهایی است که در زیر شالوده قرار گرفته و در انفجارهای گود برداری سست شده اند.

۱-۴- تزریق اختلاط: در این روش اصلاح موضعی ستونهای خاک بوسیله اختلاط خاک با مصالح سیمانی در محل انجام می گیرد.

۱-۵- تزریق تماسی و اتصالی: این نوع تزریق فرآیند پر نمودن شکاف بین سازه و شالوده آن می باشد. که در نتیجه آن فاصله بین سازه بتنی و سنگهای اطراف آن برداشته می شود مانند سطوح شالوده یک سد بتنی وزنی یا قوسی و یا پوشش بتنی تونل و سنگهای در برگیرنده آن.

۲- عملیات حفاری گمانه های تزریق

به مجموعه فعالیتهایی که منجر به حفر چال و نفوذ در فضای زمین می گردند عملیات حفاری اطلاق می شود. عواملی از قبیل خواص فیزیکی و مکانیکی توده سنگ منطقه، عوامل زمین شناسی، مشخصات چال، ماشین آلات و تجهیزات حفاری بر عملیات حفاری تأثیر گذار هستند. برای داشتن یک عملیات تزریق موفق باید عوامل مختلف تأثیر گذار بر این امر مورد بررسی قرار گیرند. از جمله این عوامل نوع سیستم حفاری گمانه های تزریقی می باشد.

۲-۱- روشهای مختلف حفر گمانه های تزریق [۵]

انتخاب یک روش مناسب حفاری از اهمیت بالایی برخوردار است زیرا می تواند در بالا بردن راندمان تزریق نقش مستقیمی داشته باشد. در تعیین روش حفاری مناسب عواملی از قبیل نوع سنگ زمینه، چگونگی درز و شکاف منطقه، هزینه انجام عملیات حفاری، سرعت مورد نظر در اجرا و زمان بندی اجرای پروژه و ... دخالت دارند که با مد نظر قرار دادن این موارد یکی از روشهای زیر می تواند به عنوان روش بهینه مورد استفاده قرار گیرد.

۱-۱-۲- حفاری به روش دورانی - در این روش از مته الماسه استفاده می شود. و ترکیبی از فشار و دوران سریع موجب حفر گمانه می گردد. سرعت این روش پایین بوده و از آن در خاکهای سطحی و سنگهای ضعیف استفاده می شود قطر گمانه حاصل از این روش حفاری ۵۰ تا ۱۰۰ میلیمتر بوده و عمق حفاری می تواند بیش از ۱۰۰ متر باشد.

۱-۲-۲- حفاری به روش دورانی - ضربه ای: این روش، روشی سریع برای حفر چالهای با قطر کم در سنگ سخت می باشد و بهترین کاربرد را در سنگهای سخت توده ای دارد نمونه های حاصل از آن منحصر به ذرات و تراشه های کوچک بوده و برای نمونه گیری به کار نمی رود، عمل حفاری با ضربات و چرخیدن سریع انجام می گیرد.

۱-۳-۲- حفاری ضربه ای: از این روش بیشتر در حفر گمانه های با قطر بالا استفاده می شود. عمل حفاری با ضرباتی که توسط یک تیغه به توده سنگ وارد می شود انجام یافته و مخلوط سنگهای خرد شده و آب توسط گل گش یا پمپ های ماسه کش از گمانه خارج می شود. سرعت آن نسبت دو به روش قبلی سریع است.

۲-۲- انتخاب روش مناسب حفاری

۱- Displacement grouting

۲- Consolidation grouting

برای انتخاب روش مناسب حفاری گمانه های تزریق در هر ساختگاه می توان از بین سه روش دورانی و دورانی - ضربه ای و ضربه ای با عنایت به ویژگیهایشان با حفر گمانه های آزمایشی و انجام عمل تزریق در این گمانه ها روش مناسب را انتخاب نمود. این امر در ساختگاه سد تالوار به مرحله اجرا در آمده و نتایج بسیار قابل توجهی حاصل شده است که در ادامه به آن خواهیم پرداخت.

۳- مطالعه موردی - سد تالوار

۳-۱- مشخصات سد تالوار

سد تالوار از نوع سد خاکی با هسته رسی با ارتفاع ۸۶ متر از پی و با حجم کل مخزن ۵۰۰ میلیون متر مکعب بر روی رودخانه تالوار در حال اجرا می باشد .

۳-۲- انتخاب روش حفاری گمانه های تزریق تحکیمی در سد تالوار

با نزدیک شدن به مراحل پایانی پی کنی ها و گودبرداریهای محل سد و سرریز سد و نزدیک شدن به زمان انجام تزریقات تحکیمی و با توجه به حجم نسبتاً زیاد عملیات حفاری و تزریق تحکیمی در سد تالوار (حدوداً برابر با ۵۸۴۵۰ متر طول) و با در نظر داشتن شرایط ژئوتکنیکی ساختگاه و حصول بالاترین راندمان از نظر کیفیت فنی و زمان اجرا با حفر گمانه های آزمایشی در دو نقطه از پی به دو روش حفاری دورانی - ضربه ای و دورانی و انجام عمل تزریق کار انتخاب روش بهینه حفاری آغاز شد.

دو نقطه فوق الذکر در محلی از پی که خاکبرداری و حفاری های آن تکمیل شده و بتن ریزی دنتال آن قسمت نیز پایان پذیرفته بود انتخاب شدند مطابق برنامه ریزی اجرای سد تالوار در صورت انجام عملیات حفاری و تزریق تحکیمی پی سد و سرریز در کوتاهترین زمان در ابتدای سال ۸۵ امکان آغاز عملیات خاکریزی بدنه سد و ساخت سر ریز میسر می شد که پیش بینی شد با انتخاب روش حفاری - ضربه ای که بررسی های آن ارائه خواهد شد دستیابی به این هدف امکان پذیر باشد.

۳-۳- موقعیت و مشخصات گمانه های آزمایشی شده [۱]

جهت انجام تزریقات آزمایشی دو دسته گمانه، هر دسته شامل ۳ گمانه تحکیمی به عمق ۱۰ متر از میان گمانه های تحکیمی پیش بینی شده در نقشه ها انتخاب گردیدند.

در هر دسته ۳ تایی که آرایش مثلثی را باهم تشکیل می دهند، ۲ گمانه با فاصله ۲/۵ متر بر روی یکی از ردیف های گمانه های تحکیمی قائده مثلث را ایجاد نموده و گمانه سوم بر روی ردیف مجاور و واقع بر روی عمود منصف متصل کننده ۲ گمانه قبلی قرار گرفت. موقعیت مثلث ها نیز به گونه ای انتخاب گردید تا کلیه گمانه ها در لایه های مشابه حفاری شوند فاصله قاعده دو مثلث از یکدیگر ۱۰ متر در نظر گرفته شد. گمانه های دسته A با روش دورانی - ضربه ای و گمانه های دسته B با روش دورانی حفاری گردیدند.

۳-۴- مراحل انجام آزمایش

در هر دسته گمانه مراحل انجام عملیات به ترتیب زیر بوده است.

۱- حفاری گمانه تا عمق ۵ متر با زاویه قائم

۲- شست و شوی گمانه از کف گمانه تا بالا به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه با دبی تقریبی ۱۰۰ لیتر بر دقیقه تا زمان خروج کامل کاتینگ ها و ضلال شدن آب

۳- انجام آزمایش نفوذ پذیری به روش لوژن در مقطع ۵-۰ متر

۴- ادامه حفاری ۵ الی ۱۰ متر با زاویه قائم

۵- شست و شوی گمانه از کف گمانه تا بالا به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه با دبی تقریبی ۱۰۰ لیتر بر دقیقه تا زمان خروج کامل کاتینگ ها و ضلال شدن آب

۶- انجام آزمایش نفوذ پذیری به روش لوژن در مقطع ۱۰ - ۵ متر

۷- تزریق مقطع ۱۰-۵ متر

۸- تزریق مقطع ۵ - ۰ متر

۹- پس از اتمام کلیه عملیات در یک گمانه و سپری شدن زمان توقف ۲۴ ساعته پس از آخرین مقطع عملیات حفاری گمانه بعد آغاز شده است تا زمان گیرش سیمان سپری شده و از بروز نشست احتمالی در گمانه مجاور جلوگیری شود. فشار تزریق در هر دو مقطع ۴ بار بوده و در موارد جزئی تا حداکثر ۶ و حداقل ۲ بار تغییر نموده است.

آزمایشات نفوذپذیری نیز بصورت ۳ پله ای و در مقطع ۵ - ۰ متر با فشارهای ۱ - ۲ - ۱ و در مقاطع ۱۰ - ۵ متر با فشارهای ۱/۵ - ۳ - ۱/۵ انجام گردید.

۳-۵- نتایج آزمایش [۱]

نتایج بدست آمده از عملیات تزریق و آزمایشات نفوذ پذیری در گمانه های آزمایشی در جداول ۱ تا ۶ نشان داده شده است. همچنان که مشاهده می شود در کلیه مقاطع میزان جذب دوغاب سیمان در هر مقطع هماهنگ با میزان نفوذپذیری بدست آمده از آزمایشات لوژن بوده و در هر مقطع که نفوذ پذیری آن قابل توجه بوده است میزان جذب دوغاب نیز افزایش و در مقاطع با نفوذ پذیری اندک نیز به همان نسبت میزان جذب دوغاب کاهش یافته است. نفوذ پذیری های ثبت شده برای هر مقطع مربوط به پله حداکثر فشار آزمایش بوده است و نوع رفتار آب در حین آزمایش نیز با توجه به اینکه عدد لوژن در پله های اول و سوم عموماً بیش از پله دوم بدست آمده است، از نوع رفتار متلاطم بوده است. وجود مقاطعی از سنگ که در آنها نفوذ پذیری و جذب سیمان اندکی مشاهده شده است نیز نشان از سلامت و نبود شکستگی در آن بخش از سنگ داشته است. این نکته را نیز نباید از نظر دور داشت که از طرفی زاویه شیب کلیه درزه های موجود نزدیک به قائم می باشد و فاصله درزه ها از یکدیگر نیز اغلب در حد چندین متر است، در چنین حالتی بدلیل قائم بودن زاویه گمانه های تحکیمی احتمال عدم برخورد گمانه با صفحه درزه در بخشهایی از گمانه و ای در کل طول آن زیاد خواهد بود. در این بخشها گمانه از فضای میان درزه ها عبور نموده و بدلیل عدم وجود تقاطع با درزه ها نفوذ پذیری نخواهد داشت.

علاوه بر مقادیر بدست آمده از آزمایشات نفوذ پذیری و تزریق مشاهدات دیگری نیز از میزان حرکت آب و یا دوغاب حین انجام عملیات تزریق و آزمایش آب وجود دارد. از جمله اینکه در مقطع ۵-۱/۳ گمانه H60 به هنگام آزمایش نفوذ پذیری با نشت شدید آب مواجه بودیم. در این محل به هنگام آزمایش، آب از چند نقطه با فواصل ۰/۵ متر از یکدیگر و از سطح بدون پوشش سنگ شدیداً نشت نموده و بخش اعظم آب تزریق شده پرت شده است. با این حال به هنگام تزریق این مقطع نشت دوغاب سیمان مشاهده نشده است.

جدول ۱ - مشخصات تزریق در گمانه N80 [۱]

شماره گمانه (دورانی - ضربه ای)	مقطع	نفوذ پذیری lu	متوسط وزن سیمان جذب شده در گمانه Kg/m	متوسط وزن سیمان جذب شده در مقطع Kg/m	وزن کل سیمان جذب شده kg	حجم دوغاب جذب شده lit
N80	۱/۳-۵	۱۰۶	429	۷۳۸	۳۶۸۸	۳۵۳۸
N80	۵-۱۰	۰		۱۱	۴۲	۹۷
جمع					۳۷۳۰	۳۶۳۵

جدول ۲ - مشخصات تزریق در گمانه M80 [1]

شماره گمانه (دورانی - ضربه ای)	مقطع	نفوذ پذیری lu	متوسط وزن سیمان جذب شده در گمانه Kg/m	متوسط وزن سیمان جذب شده در مقطع Kg/m	وزن کل سیمان جذب شده kg	حجم دوغاب جذب شده lit
N80	۱/۳-۵	۵۵	۶۳۲	۱۴۵۸	۵۵۳۹	۵۶۴۷
N80	۵-۱۰	-		۴	۲۱	۴۹
جمع					۵۵۶۰	۵۶۹۶

جدول ۳ - مشخصات تزریق در گمانه M79 [1]

شماره گمانه (دورانی - ضربه ای)	مقطع	نفوذ پذیری lu	متوسط وزن سیمان جذب شده در گمانه Kg/m	متوسط وزن سیمان جذب شده در مقطع Kg/m	وزن کل سیمان جذب شده kg	حجم دوغاب جذب شده lit
M79	۱/۳-۵	۱/۲	۳	۱۴۹۷	۱۵	۴۹
M79	۵-۱۰	۰/۶		۴	۹	۲۰
جمع					۲۴	۶۹

جدول ۴ - مشخصات تزریق در گمانه I66 [1]

گمانه (دورانی)		lu	وزن سیمان جذب شده در گمانه Kg/m	وزن سیمان جذب شده در مقطع Kg/m	سیمان جذب شده kg	دوغاب جذب شده lit
I66	۱/۳-۵	۳۲	۵۸۵	۲۲۶	۸۳۷	۱۴۲۸
I66	۵-۱۰	۷۶		۸۵۰	۴۲۵۰	۴۲۴۳
جمع					۵۰۸۷	۵۶۷۱

جدول ۵ - مشخصات تزریق در گمانه I65 [1]

شماره گمانه (دورانی)	مقطع	نفوذ پذیری lu	متوسط وزن سیمان جذب شده در گمانه Kg/m	متوسط وزن سیمان جذب شده در مقطع Kg/m	وزن کل سیمان جذب شده kg	حجم دوغاب جذب شده lit
I 65	۱/۳-۵	۴/۲	۸	۱۰	۳۶	۸۴
I 65	۵-۱۰	۰/۵۴		۶	۳۰	۷۰
جمع					۶۶	۱۵۴

جدول 6 - مشخصات تزریق در گمانه I60 [1]

شماره گمانه (دورانی)	مقطع	نفوذ پذیری lu	متوسط وزن سیمان جذب شده در گمانه Kg/m	متوسط وزن سیمان جذب شده در مقطع Kg/m	وزن کل سیمان جذب شده kg	حجم دوغاب جذب شده lit
I 65	۱/۳-۵	۴/۲	۸	۱۰	۳۶	۸۴
I 65	۵-۱۰	۰/۵۴		۶	۳۰	۷۰
جمع					۶۶	۱۵۴

همچنینی در دقایق پایانی تزریق مقطع ۱/۳-۵ گمانه N 80 با نشت دوغاب تزریق مواجه بودیم . لازم به ذکر است که به هنگام بروز نشت دوغاب ، فشار تزریق ۴ بار بوده است . در مقطع ۱/۳-۵ گمانه M80 نیز به هنگام تزریق تحت فشار ۲ بار با نشت دوغاب از دیواره گالری تزریق مواجه شدیم که بدلیل نشت زیاد تزریق در همان فشار ۲ بار خاتمه یافته است . و چنانچه با نشت دوغاب مواجه نشده و تزریق تا فشار ۴ بار ادامه میافت امکان جذب بیشتر دوغاب نیز وجود داشته است.

جداول ۱ تا ۶ اطلاعات دقیق تری از میزان جذب دوغاب در فشارهای مختلف حین تزریق را بدست می دهند. با توجه به مقدار کلی جذب سیمان که در جداول فوق الذکر بیان شده است، متوسط جذب کلی سیمان برای هر متر از گمانه های دسته A حدود 375 kg/m و در گمانه های دسته B حدود 239Kg/m بدست آمده است.

هر چند که بیشتر بودن میزان متوسط جذب سیمان در گمانه هایی که با روش دورانی - ضربه ای حفاری شده اند نسبت به گمانه های دورانی به نفوذ پذیری طبیعی سنگ مربوط است ، با این حال میزان این نفوذ پذیری و جذب سیمان سنگ خصوصاً در مقاطع نفوذ پذیر آن نشان میدهد که مانعی برای کاهش جذب و شعاع نفوذ وجود نداشته است ودوغاب توانسته است تا مسافت قابل توجهی از محل گمانه حرکت کرده و به درزه های اطراف خود نفوذ نماید.

در مجموع به نظر می رسد که با بکار گیری حفاری دورانی - ضربه ای همراه با شستشوی مناسب گمانه پیش از تزریق می توان به خوبی عملیات حفاری و تزریق تحکیمی سد تالوار را با کیفیت بالا به انجام رسانید . لذا با توجه به نتایج حاصل از آزمایشهای مذکور در سد تالوار استفاده از روش حفاری دورانی - ضربه ای امکان پذیر بوده و به خوبی میتوانست اهداف فنی طرح در زمینه حفاری و تزریقات تحکیمی پی سد و سرریز را برآورده نماید . که با اجرای این عملیات در عمل نیز نتیجه خوبی حاصل و با داشتن یک عملیات حفاری و تزریق موفق و سریع زمانبندی اجرای پروژه با مشکل مواجه نگردید .

۴- نتیجه گیری

با انتخاب روش حفاری دورانی - ضربه ای در حفاری گمانه های تزریقی سد تالوار در پی و سرریز سد با داشتن راندمان بالای تزریق عملیات در مدت زمان بسیار خوبی انجام و موجب شد از اوایل سال ۸۵ خاکریزی بدنه سد شروع شود در حالیکه در صورت انتخاب روش دورانی به لحاظ زمانبری بالای این روش عملیات خاکریزی بسیار دیرتر از موعد مقرر شروع میشد و لذا پیشنهاد میگردد در تمامی پروژه های سد سازی به روش مشابه ، بررسی و اقدامات لازم صورت گیرد .

۵ - قدردانی

از کلیه پرسنل محترم شرکت بین المللی استراتوس و جناب آقای مهندس ابوالفضل صفری مدیر محترم پروژه سد تالوار کمال تشکر و امتنان را دارم .

۶ - مراجع

۱- گزارش آزمایشات حفاری و تزریق تحکیمی سد تالوار - شرکت بین المللی استراتوس - ۸۴/۱۲/۱

۲- بررسی تزریق پذیری ساختگاه سد تالوار با توجه به خصوصیات زمین شناسی مهندسی . ماندانا عابدینی . ۱۳۸۴

3- Houlsby,a.c(1982).a design of typical cement grouting takes .

4- Houlsby,a.c(1994).grouting in rock masses.

5-Geological survey of iran . <http://www.gsi.ir>