

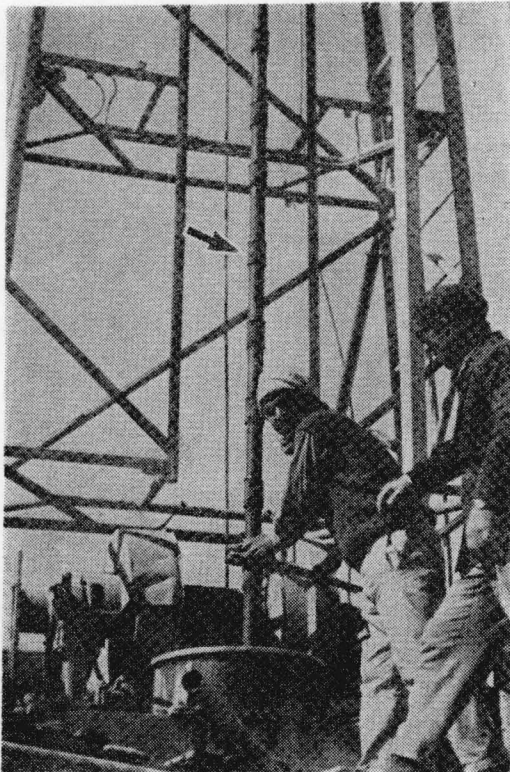
## گزارش حجاب تزریق دوغاب سیمان برای آب‌بندی بستر رود نیل

از : والدو - جی - بومن

ترجمه : احمد آل یاسین

مهندس ساختمان

سد بزرگ آسوان در مصر با ۵۷ میلیون یارد مکعب مصالح خاکی که با دقت خاصی انتخاب و جمع‌آوری شده‌اند بطول دو مایل در عرض دره نیل روی یک بستر قابل نفوذ ساخته شده‌است. در زیر سد و در طول یک چهارم میل از بستر رودخانه یک طبقه شن و ماسه وجود دارد که عمق آن در حدود دو برابر ارتفاع سد می‌باشد. برای طراحان و سازندگان روسی این سد بزرگ کار جلوگیری و ممانعت از نفوذ آب در زیر سد به تنهایی با اندازه ساختن خاکریز سدا همیت داشت.



(شکل ۱) لوله تزریق با غلاف لاستیکی در فواصل ۱۳ اینچ جریان یکطرفه در دوغاب را امکان‌پذیر می‌سازد.

سازندگان سد بزرگ آسوان (سد با ارتفاع ۳۶۵ پا) تصمیم گرفتند سه روش اصلی و قابل قبول زیرین را بمنظور پیش‌گیری از نفوذ آب در نظر بگیرند:

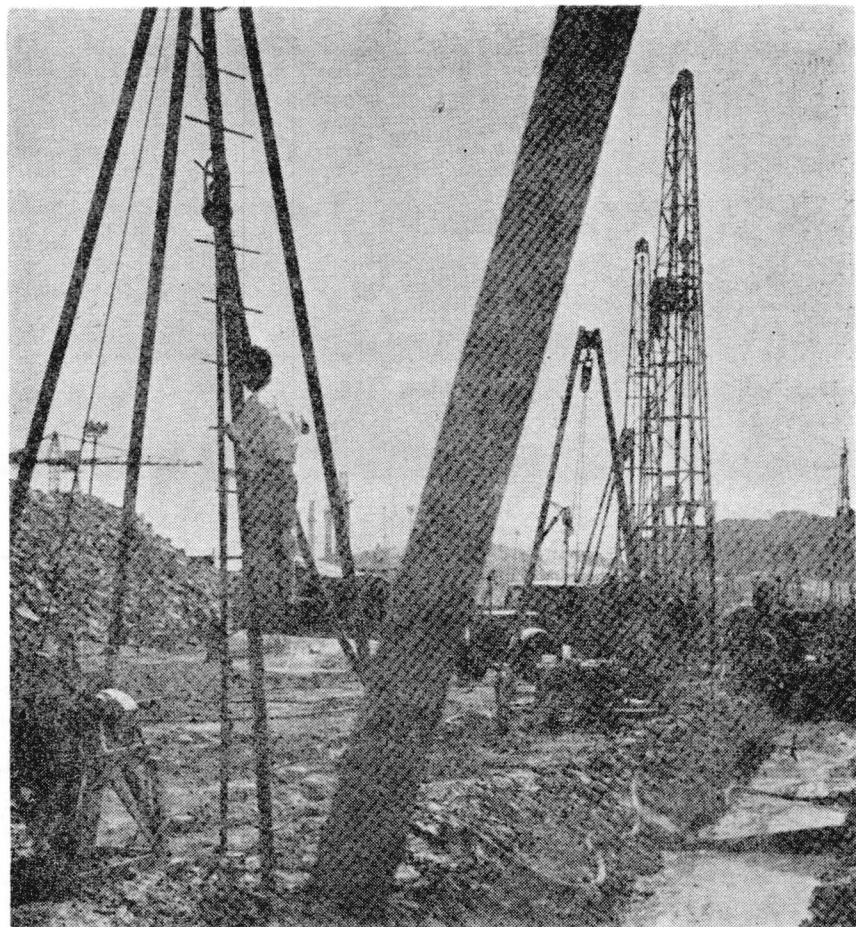
۱ - الحاق یک لایه افقی خاک رس متراکم و غیر قابل نفوذ بمنظور جلوگیری از قسمتی از نفوذ آب.

۲ - حفر دو ردیف چاه زهکش در قسمت پایاب سد که از فشار و سرعت نفوذ آب بمیزان قابل ملاحظه‌ای کاسته و بدون زیانی آنها را تخلیه نماید.

۳ - طراحان بعنوان حفاظت اساسی بایجاد بزرگترین حجاب تزریق با اندازه‌های کاملاً بی‌سابقه یعنی ۲۵ برابر بزرگتر و ۱۵ برابر عمیق‌تر از آنچه که تا بحال بوجود آمده بود مبادرت نمودند، زیرا موفقیت و استحکام سد بزرگ . . . ۵ میلیون دلاری آسوان بستگی مستقیم به این حجاب تزریق دارد.

سوراخ های ابتدائی که طبق پروژه حفر گردید نشان داد که برای غیر قابل نفوذ کردن بستر نیل وجود یک حجاب تزریق خیلی وسیع و عمیق ضروری میباشد. شکل ۷ مانند دره سنگی نیل از سنگ گرانیت دارای پهنائی معادل ۱۱۶۴ پا در بستر رودخانه عمقی برابر ۷۲ پا و مساحتی در حدود ۵۹۲۰۰ پای مربع میباشد که تمام این قسمت از طبقات شن و ماسه پر شده است. حجاب تزریقی که باید این دره را آب بندی کند دارای ۸۳۵ پا عمیق بوده و ضخامت آن در بالا ۱۳ پا و در پائین ۱۶ پا میباشد.

نزدیکترین اندازه به حجاب تزریق سد آسوان حجاب سد ماتمارک Mattmark در سوئیس میباشد که دارای ۲۱۵۰۰ پای مربع مساحت و ۴۹۲ پا عمق میباشد، یکی دیگر از حجابهای تزریق که در زمین های رسوبی عمل شده در سد سر پونس Serre Ponçon فرانسه میباشد که مساحتی برابر ۴۳۰۰۰ پای مربع و عمقی معادل ۳۳ پا دارد. در سال ۱۰۶۰ ایجاد یک حجاب تزریق بمساحت ۶۷۰۰۰ پای مربع در سد میشن Mission کانادا و حجاب دیگری بمساحت ۱۴۰۰۰ پای مربع در سد ارتوتوکوی Orto - Tokey اتحاد جماهیر شوروی انجام گردید.

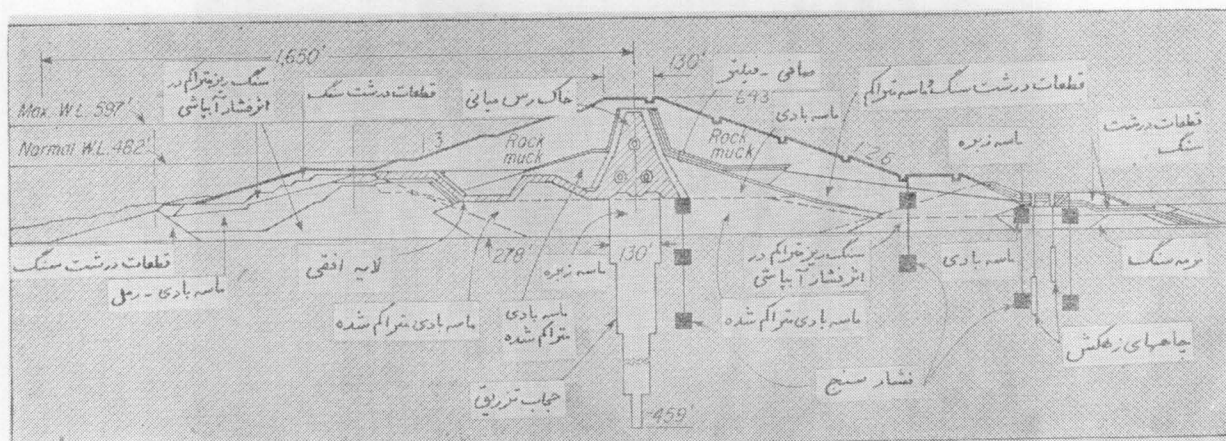


(شکل ۲)

دستگاه حفاری در سد بزرگ آسوان در مصر بمنظور غیر قابل نفوذ نمودن زمین در ردیف های مستقیم سوراخهایی بفواصل معین ۶ پا ایجاد مینماید. در این پروژه بجای آنکه تزریق از بالا به پائین صورت بگیرد از پائین به بالا انجام گرفته.

سد بزرگ آسوان در عمق ۱۰۰ پائی دریاچه سد فعلی آسوان و بفاصله ۴ میللی آن ساخته شده قسمت اعظم این سد از ماسه بادی (رمبل) که از بیابان به محل سد حمل شده و توسط لوزاننده‌های شناور در زیر آب متراکم گردیده‌اند ساخته شده است. حجاب تزریق از داخل بدنه سد و از روی یک قشر ماسه زبر بمنظور نگهداری خاک رس میانی سد آغاز میشود. مقطع عرضی حاصله از نمونه برداری سوراخ های حفر شده دره نیل نشان میدهد که عمیق ترین قسمت آن از ۶۵ پا ماسه نرم ۶۵ پا ماسه متوسط ۱۰۰ پا شن و ماسه ۱۶ پا ماسه زبر ۳۳ پا لای و نرم دانه های ماسه سنگ ترکیب شده است.

کارشناسان خاک سازمان سد بزرگ آسوان بعد از انجام آزمایش های نفوذپذیری مصالح بستر رودخانه طرح حجاب تزریق را در آزمایشگاه بطریقه مقایسه با مدل های برقی و در محل کار بوسیله مقاطع کامل حجاب از طریق سوراخهای تزریق که بوسیله ماشین آلات شناور حفر شده بودند تهیه نمودند. ضریب متوسط نفوذپذیری برای ماسه زبر ۰.۲٪ سانتیمتر در ثانیه میباشد که تزریق دوغاب آن را به ۰.۰۰۲۳ ر. سانتیمتر در ثانیه تقلیل داده و ضریب متوسط برای ماسه نرم ۰.۰۶۱ ر. سانتیمتر در ثانیه بوده که بر اثر این تزریق به ۰.۰۰۳۶ ر. کاهش مییابد.



(شکل ۳)

سد بزرگ آسوان بوسیله بزرگترین حجاب تزریق، چاههای زکس و یک قشر افقی خاک رسی در مقابل نشد آب حفاظت میشود

نظر به نرمی مواد بستر رودخانه، برای تزریق ماسه زبر محلول خاک رس محلی آسوان و سیمان و برای ماسه نرم محلول ژلاتینی سیلیکات و آلومینات بکار رفته است و در مواردی که ماسه خیلی نرم وجود داشت بنتونیت (۱) تزریق نمودند. در داخل قسمت خاک رسی میانی سد مرتفع آسوان و بموازات محور طولی آن سه دهلیز (۲) تزریق و بازدید (دو تا در ارتفاع ۱۷ پا و یکی در ارتفاع ۵۰ پا) ساخته شده‌اند که در عین حال دستگاههای اندازه گیری فشارهای وارده بر سد را نیز در داخل آنها نصب کرده‌اند.

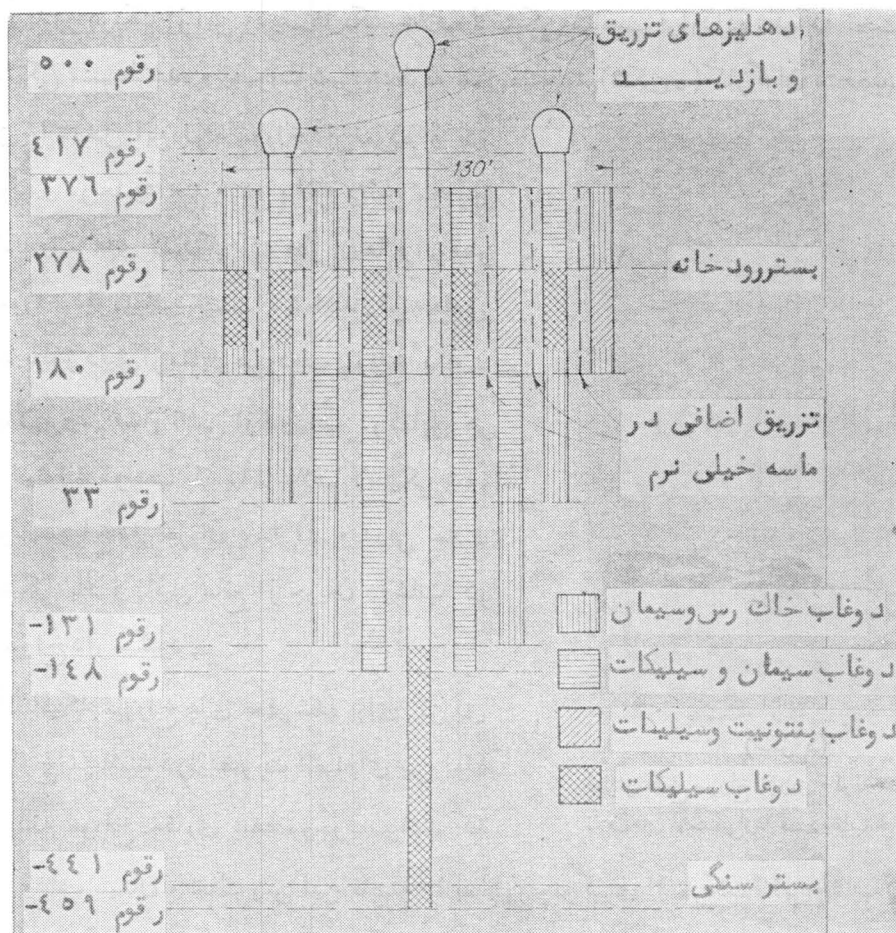
۱ - Bentonite مواد نرم و متخلخل رسی، که از تغییر شکل دادن خاکسترهای آتش فشانی بوجود آمده‌اند و دارای خاصیت

آندک به محض ترکیب با آب منبسط شده و حجم آن زیاد میشود (مترجم)

۲ - Gaflery دهلیز - راهرو زیر زمینی.



از نه ردیف سوراخی که حجاب تزریق را ایجاد نمودند دو ردیف آن از دهلیزهای ارتفاع ۱۷، شش ردیف آن از ارتفاع ۵۰۰ ضمن توقف کوتاه در ساختمان قسمت میانی و عمیق ترین ردیف در طول محور سد و از داخل دهلیز ارتفاع ۵۰۰ تزریق شدند (۱) شکل (۴) گروههای تزریق سد آسوان برای



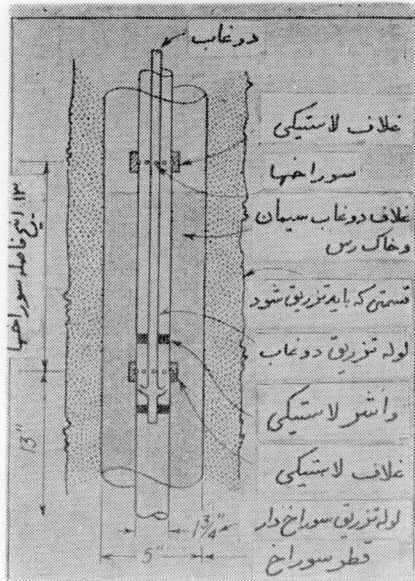
(شکل ۴)

حجاب تزریق از ۹۶ پائی سد و با پهنای ۱۳۰ پا در بالا و ۱۶ پا در پائین ایجاد گردیده

حفر سوراخهای بقطره اینچ وسایل چرخان ضربه ای را مورد استفاده قرار دادند و برای اینکه بتوانند تمام طول سوراخ ها را بدون استفاده از نصب جداره سوراخ نمایند آنها را با دوغاب بنتونیت پر مینمودند. عمل تزریق در سد آسوان از پائین به بالا و مطابق روش پیشنهادی شرکت فرانسوی سولتانس Soletanche انجام پذیرفت. روش قدیمی و متعارف عبارت است از حفر سوراخ تا عمق معینی و تزریق آن سپس حفر مجدد و باز هم تزریق تا اینکه به عمق لازم برسند.

۱ - حفر سوراخها از ارتفاع مذکور صورت گرفتند ولی عمل تزریق از ارتفاع مندرج (شکل ۴) انجام گرفتند زیرا بالاتر از ارتفاع شکل ۴ بعلت وجود خاک رس متراکم و غیر قابل نفوذ انجام عمل تزریق ضرورت نداشته و تزریق از داخل دهلیزهای ارتفاع ۱۷ و ۵۰۰ ظاهراً باین دلیل بوده که وزن مصالح بالای از ارتفاع مذکور بعلت فشار ناشی از تزریق از انبساط قسمت های زیرین فوق الذکر جلوگیری نماید (مترجم).

گروههای تزریق سد آسوان به محض خاتمه کار حفاری هر سوراخ یک لوله مخصوص بقطر  $\frac{3}{4}$  اینچ در داخل آن قرار میدادند. در فواصل معین ۱۳ اینچی این لوله و در پیرامون آن یک ردیف سوراخ ریز تعبیه گردیده و بدور هر یک از این ردیفها یک غلاف لاستیکی مناسب قرارداده شده که تحت فشار داخل لوله غلاف لاستیکی منسبط شده و بصورت شیریک طرفه عمل مینماید (شکل ۵) کارگران متخصص لوله حامل



(شکل ۵)

نمایش مقطع سوراخ تزریق - لوله حامل دوغاب غلافهای لاستیکی و غلاف دوغاب خاک رس و سیمان یک غلاف از دوغاب سیمان و خاک رس این فاصله را بمنظور جلوگیری از حرکت قائم دوغاب تزریق شده در طول سوراخ پر نموده ولی مانع حرکت افقی آن نمیشود.

از آنجائیکه سوراخهای حفر شده برای تزریق دوغاب ۵- ۴ اینچ میباشد در اینصورت فاصله ای بین لوله سوراخ دار و بدنه سوراخ حفاری شده موجود میباشد که متوسط فشار تزریق در حدود ۴۴ پوند بر اینچ مربع و بالاترین آن ۸۸۰ پوند بر اینچ مربع معادل ظرفیت تلمبه میباشد. فشارهای وارده به نسبت فضای خالی زمین، نوع دوغاب مصرفی و مقدار دوغاب لازم تفاوت میکند.

عملیات تزریق ابتدا روی ۶ ردیف سوراخهای خارجی بعمل آمد و سپس در چهار ردیف از ارتفاع ۰۰ و در دو ردیف از داخل دهلیزهای ارتفاع ۴۷ و بدنبال آن در ردیف سوراخهای داخلی طرفین محور حجاب انجام گردید. در ابتدا تزریق سوراخهای ردیفها یک در میان انجام شد و عمل تزریق مابقی سوراخها در مرحله بعدی صورت گرفت. عملیات تکمیل بدنه اصلی روی سوراخهای ردیف واقع بر محور و بین رقوم ۱۳۱ - ۴۰۹ و تا عمق ۱۶ پا در داخل بستر سنگی و ۶۷۵ پا زیر بستر رودخانه نیل انجام شد بطوریکه بزرگترین عمق حجاب زرد قشر خاک رس بالغ بر ۶۵۷ پا میگردد.

بمنظور اطمینان از نفوذ ناپذیری حجاب تزریق، سازندگان سد آسوان تزریق دیگری را بین ارتفاع

۱۹۷ و ۲۷۸ در قشر ماسه نرم انجام دادند گروه تزریق ۸ ردیف سوراخ اضافی را بین ردیف‌های آماده حفر کردند و دوغاب سیلیکات خالص را بداخل قشر ماسه نرم مذکور تزریق نمودند (شکل ۵).

حجاب ایجاد شده چندین ماه ایست که زیر اثر ارتفاع مخزن دریاچه کار میکند و گزارش قرائت‌های حاصله از فشارسنج‌ها نشان میدهد که تزریق بطور رضایت بخش مطابق آنچه که پیش بینی میشده انجام یافته است.

تهیه انواع گوناگون دوغاب‌های تزریق (که حجم خشک آن‌ها به میزان ۳۳ میلیون یارد مکعب رسیده) بدو دستگاه بزرگ احتیاج داشت یکی برای مخلوط کردن دوغاب و انبار نمودن آن دستگاه دیگر دیگر برای ترکیب نهائی و تلمبه زدن دستگاه اصلی در ارتفاع روی جبهه سمت راست در محلی که بتواند از طریق خط آهن تغذیه شود قرارداد داشت و دستگاه دوم نیز در همان جبهه سمت راست و در پائین دست سد نصب شده بود. دو دستگاه بوسیله خطوط لوله با هم مرتبط بودند و خطوط لوله دیگری از دستگاه دوم (ترکیب کننده به سمت دهانه‌های تزریق موجود در سد متصل شده بودند).

دستگاه اصلی تهیه دوغاب اساساً بصورت یک کارخانه اداره میشد. این دستگاه دارای ۶ خط تولید بوده دو خط مختص خاک رس آسوان، دو خط برای بنتیونیت یکی برای سدیم سیلیکات و یکی هم برای سدیم آلومینات خاک رس که مصالح اصلی تزریق ماسه زیر و شن را تشکیل میدهد از فاصله ۱ میلی و بوسیله خطوط آهن به محل کار حمل میشد. سیمان‌ها چه از نوع معمولی و چه از نوع خیلی نرم که میبایستی به نسبت‌های مختلف با خاک رس مخلوط شوند محصولات محلی بودند. سایر مصالح دیگر مورد نیاز که برای تزریق در مواد نرم‌تر مورد احتیاج بودند از کشور شوروی وارد میشدند. این مصالح عبارت بودند از بنتیونیت - قطعات سیلیکات - سدیم آلومینات و هگزا متافسفات که این ترکیب آخری بعنوان عامل جداکننده به خاک رس افزوده میگردد و همچنین برای سختی بیشتر دوغاب سیلیکات بان سدیم آلومینات اضافه مینمودند.