



چکونگی تزریق درزهای انقباضی در سدهای بتی

علی اصغر نظری پورکیایی^۱ ، غلامرضا عزیزیان^۲ ،

- ۱- کارشناس ارشد سازه های هیدرولیکی - شرکت مهندسی مهاب قدس
- ۲- استادیار دپارتمان عمران- دانشگاه سیستان و بلوچستان

aanpourkiae @ gmail.com
g.azizyan@eng.usb.ac.ir

خلاصه

بدنه سدهای بتی قوسی ، از بلوکهای متعددی که توسط درزهای انقباضی از هم جدا گشته اند ، تشکیل یافته است . درزهای انقباضی بین بلوکهای بتی تحت دو عامل افت بتن و سرمایش ، باز می شوند در بدو امر ، هر یک از این بلوکها بصورت طره های مستقل از هم رفتار می نماید که برای دستیابی به رفتار قوسی بدنه لازم است جابجایی برش بین آنها مهار شود . بدین منظور درزهای انقباضی را طی روش خاصی از دوغاب سیمان پر می کنند تا تیروهای جانبی وارد به بدنه بصورت تنش های فشاری به تکیه گاه های جانبی منتقل گردد .

برای تزریق مطلوب این درزها لازم است ، بتن تا دمایی مناسب که تابعی از دمای متوسط سالانه است سرد شده و درز برای عبور دوغاب سیمان به اندازه کافی باز شده باشد . عمل سرد کردن بتن طی دو مرحله طبیعی و مصنوعی صورت می گیرد که این امر برای ضخامت های مختلف بدنه سد دارای پریود زمانی متفاوتی می باشد . در این مقاله سعی شده است با توجه به نتایج مطالعات حرارتی بتن بدنه ، مناسبترین زمان برای تزریق درزهای انقباضی مورد بررسی قرار گیرد تا دمای بتن به حداقل و عرض درزهای انقباضی به حداقل مقدار خود می رسد .

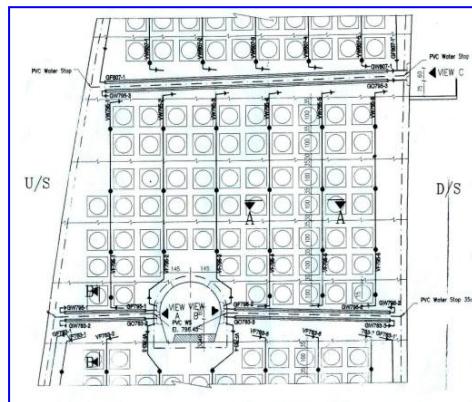
کلمات کلیدی: درزهای انقباضی، افت بتن، تزریق درز، رفتار قوسی بدنه، دوغاب سیمان

۱. مقدمه

سدهای بتی قوسی ، از بلوکهایی بصورت طره و مجزا از هم تشکیل شده اند، بدون اینکه تنش های فشاری به بدنه سد توسط نیروهای جانبی به تکیه گاه های منتقل گرددند ، زمانی یکبارچگی در بدنه حاصل خواهد شد که درزهای انقباضی تزریق گرددند، بلوکهای بتی تحت دو عامل افت بتن و خنک شدن بلوکها از هم دیگر فاصله گرفته و برای اینکه این درزها بصورت مطلوب تزریق بدنه سد یکبارچه گردد، باید بلوکها را تا دمای ۱۸ سانتیگراد خنک کرد ، این دما تابعی از دمای متوسط سالانه محیط کارگاه می باشد ، البته عدّتا عمل خنک سازی بلوکها طی دو مرحله طبیعی(بسته به فضول سال) و مصنوعی (Post Cooling) صورت می پذیرد. این خنک سازی تابعی از ضخامت بدنه سد بوده و با توجه به ضخامت ، زمانهای متفاوتی را به خود اختصاص می دهد ، با توجه به بررسی نتایج حرارتی رفتار بتن بدنه سد مناسبترین زمان برای تزریق درزهای بین بلوکها اوایل بهار می باشد و در ماههای اسفند ، فروردین و اردیبهشت بیشترین بازشدگی را از خود نشان می دهنند ، زیرا دمای بتن بلوکها اجراء شده به کمترین میزان خود می رسد . برای تزریق درزها آنرا به المانهای کوچکتری تقسیم نموده تا عملکرد تزریق بین بلوکها تحت کنترل باشد، که به یک محدوده تزریق که از چهار طرف به گروت استاپها ختم می شود (Compartment) می گویند که عدّتا ارتفاع این محدوده را از ۳ تا ۵ بلوک اختیار می نمایند که ارتفاعی معادل ۹ تا ۱۵ متر را شامل شود. این محدوده دارای شیار تزریق ، شیار هوا و کلابه ها همراه با لوله های رفت و برگشت می باشد ، مناسب است که لوله های تزریق در پایین محدوده به پانل های تزریق تحتانی و در بالای محدوده به لوله های هوا که به پانل های تزریق فوقانی متصل می باشند مرتبط باشند.

^۱ کارشناس ارشد شرکت مهندسی مهاب قدس

^۲ استادیار دپارتمان گروه عمران دانشگاه سیستان و بلوچستان



یک محدوده تزریق که از چهار طرف به گروت استاپها ختم می‌شود (Compartment)

۲. شیارهای تزریق هوای

برای تعییه این شیارها در بلوکهای پیشروی بتی، از قالب‌های چوبی ۷ شکل استفاده می‌نمایند تا برای تزریق اولیه یا پرکردن درزهای انقباضی با سیمان معمولی بکاربرده شوند، این شیارها طوری تعییه گردیده اند که یک لوله رفت و یک لوله برگشت از محل پانل تزریق فوقانی و تحتانی بهم وصل شده اند.

۳. کلابه‌ها

کلابه‌ها نیز در بلوکهای پیشرو قرار می‌گیرند و با لوله‌های رفت و برگشت به پانل تزریق وصل می‌شوند تا برای تزریق ثانویه و یا تزریق با فشار و حتی در زمانهای مختلف و حتی گاهی در زمان بعد از آبگیری نیز تحت استفاده قرار گیرند. کلابه‌ها نیز مانند شیارهای تزریق یک صفحه لاستیکی موقت برای جلوگیری از پرشدن آن توسط دوغاب ناشی از بتن ریزی نیاز دارند تا بعد از اتمام بتن ریزی این صفحات برداشته شده و بجای آن درپوش لاستیکی جایگزین شودو با فشار ۳ بار کنترل می‌شوند، با اعمال این فشار کلابه‌ها باز شده و شیارهای تزریق و شیارهای هوا، کنترل می‌گردند، برای آزمایش کارکرد درست کلابه‌ها، هر یک از لوله‌های رفت، بطور جداگانه با فشار آب ۵ بار آزموده می‌شوند و تا به انتهای لوله ادامه می‌یابند، در این زمان لوله برگشت را مسدود می‌نمایند تا کلابه‌ها تحت فشار آب عمل کرده و وارد مدار گردند و کلابه‌های هر لوب تست شوند.



کلابه‌ها تحت فشار آب عمل نموده و وارد مدار می‌گردند



۴. موائل تزریق

عملیات تزریق درزهای انقباض دردو فاز انجام می‌پذیرد، مرحله اول پرکردن درزها (Filling) و مرحله دوم تزریق با فشار Grouting)

برای عملیات تزریق، ابتدا درزها را کنترل نموده و با توجه به مشخصات فنی مرحله اول باید یک ماه قبل از رسیدن تراز آب مخزن به ابتدای محدوده تزریق مورد نظر پایان یابد و هدف از پرنمودن درزها، جلوگیری از تغییر مکانهای جانبی طرہ‌ها در زمان عبور سیلاپ از روی فراز بند یا پایداری بلوکها در زمان زمین لرزه و جلوگیری از تنشهای خمشی ناشی از تزریق درزهای تحت فشار می‌باشد. همانگونه که گفته شد، بهترین زمان برای تزریق درز زمانیست که دمای بتون در محدوده ۱۸ درجه و در اوخر زمستان و اوایل بهار می‌باشد و گرمای ناشی از هیدراتاسیون نیز به سمت صفر میل کرده است. از این رو با اندازه گیری میزان باز شدگی با ابزارهای مناسب، تزریق درزها آغاز می‌گردد و عمدتاً تزریق فاز دوم نیز در مرحله اول انجام می‌پذیرد و این زمانیست که فشارهای هیدرواستاتیک بروی بدنه سد طرہ‌ها را جابجا نمود و نیاز است تا قبل از رسیدن آب به محدوده مورد نظر فاز دوم مرحله اول نیز بعد از یک ماه پس از تزریق اولیه درز انجام پذیرد.

در این مرحله تزریق با فشار عدمناً یکبار انجام پذیرفته و بعد از اتمام تزریق، مسیر با فشاری معادل ۷۵٪، فشار تزریق شستشو می‌گردد. در مرحله دوم تزریق به منظور آبیندی کامل درزهای بلوک بدنه سد باردیگر انجام می‌شود، مناسب ترین زمان تزریق درزها پایان فصل سرد، و تراز آب مخزن در پایین ترین حالت خود می‌باشد، تراز آب باید ۹ تا ۱۵ متر زیر محدوده تزریق باشد. زیرا نیروهای فشاری در قوس بدنه را باید به کم نموده تا بلوکها بدور از تنش و با حداقل خورند سیمان تزریق گردند.

۵. مشخصات دوغاب تزریق

مهترین خصوصیت برای دوغاب تزریق، نرمی سیمان (High blain) می‌باشد که مناسب است نرمی سیمان بین بازه ۲۸۰۰ تا ۳۸۰۰ سانتیمترمربع برگرم باشد، انتخاب نوع سیمان و نرمی آن به عواملی بستگی دارد، این عوامل به باز شدگی بلوکها، ارتفاع سد، نوع تجهیزات، کارخانجات نزدیک به کارگاه، توانایی تولید و گیرش سیمان بستگی دارد.

از این رو توصیه می‌شود که مقدار نرمی سیمان حدود ۳۵۰۰ سانتیمترمربع برگرم انتخاب گردد، اما در پیشتر سدهای بتونی ایران از سیمان تیپ II با بلن ۲۸۰۰ سانتیمترمربع برگرم استفاده شده است و عدمناً برای کاهش اصطکاک داخلی سیمان تیپ II که ذرات بزرگتر دارد از یک روان کننده (Super Plasticizer) استفاده می‌نمایند، تا افزایش روانی دوغاب بتواند با حذف اصطکاک به خلل و فرج‌های بیشتری نفوذ و بدنه را یکپارچه نماید.

برای بدست آوردن طرح اختلاط دوغاب در ابتداء، از ترکیب رقیق تر استفاده می‌نمایند تا با این ترکیب ذرات ریز سیمان با حجم فراوان تر آب به ترک‌های کوچک رسوخ کرده و در آنگا بدام بیافتد، طرح اختلاط از نسبت آب به سیمان ۱:۱ آغاز گردیده و با نسبت‌های ۱:۵ ادامه می‌باید و در نهایت به نسبت ۱:۲.۵ به پایان می‌رسد.

۶. آزمایشات جهت طرح اختلاط دوغاب

با توجه به حساسیت هر سد، انجام برخی آزمایشات مهم و با فراوانی بیشتری و انجام می‌پذیرد، آزمایشاتی چون، سلامت سیمان، آزمایش بلین یا نرمی سیمان، غلظت، میزان آب‌اندازی، وزن مخصوص، نسبت آب به سیمان، گرانروی، زمان گیرش بین بلوک، مقاومت فشاری دوغاب، سختی نسبی دوغاب خمیری، آزمایش ویکات، آزمایشات مربوط به سلامت آب، آزمایش مربوط به فشار آب، قابلیت پمپاژ و ... از جمله آزمایشاتی هستند که براساس ASTM باید انجام پذیرد.



قالب تهیه نمونه ۵۰ میلی متری جهت نمونه مقاومت فشاری

۷. طراحی شبکه و اجزای محاسباتی

برای طراحی مناسب شبکه و تزریق موفق بین بلوکها ، می توان از پردازشگرها نیز استفاده نمود ، بررسی شبکه های عصبی مصنوعی اجزای محاسباتی مانند نورون ها دارند و از هسته واحد پردازش گر استفاده شده و با کمک یک تابع ریاضی مشتق پذیر محاسبات انجام می پذیرد . آنالیز حساسیت ، نیز می تواند ، میزان و نحوه توزیع داده ها را در فضای مورد مطالعه بررسی نماید و مبنای تحلیل رگرسیونی را ملاک عمل قرار دهد در این مسیر، نرم افزارهایی که در بدست آوردن پاسخ درست می توانند نقش آفرینی نمایند نیز وجود دارند که کمک شایانی به طراحی شبکه می نمایند.

۸. تجهیزات و تاسیسات

از ضروریات تجهیزات و تاسیسات برای تزریق درزهای بلوکهای سد ، می توان از مخلوط کن ، همزن ، سیستم توزین سیمان همراه با سیلو ، پمپ تزریق ، فشار سنج ، کرنومتر، قیف ، و ظرف مارش ، سیلوی مواد افزودنی ، منع تغذیه آب ، و وسایل ارتیاطی و... نام برد . این تجهیزات و تاسیسات باید بتوانند بدون نقص عملیات تزریق را انجام دهند ، زیرا هر گونه توقف در ارسال دوغاب به محل مصرف ، باعث هزینه زیاد و شستشوی درز و پرت دوغاب خواهد بود و در صورت طولانی بودن مسیر تغذیه نیاز به یک و یا چند همزن در مسیر نیزمی باشد تا از گیرش دوغاب قبل از تزریق درز جلوگیری گردد.

۹. عملیات تزریق درزهای انقباضی

پیش از تزریق درزهای انقباضی بلوکهای بدنه سد، نیاز به انجام مرافق پیشنبازی می باشد . پذیرش و آمادگی بلوکها باید محرز شده باشد ، اطمینان از حصول دمای حدود ۱۸ درجه سانتیگراد یکی از این مشخصات فنی برای عملیات تزریق می باشد و برای صحبت این دما از چهار روش می توان یاری جست . عموما اندازه گیری دمای آب خروجی لوله های پس سرمایش (Post Cooling) که به مدت یک شبانه روز در لوله ها محبوس بوده می تواند دمای مغزه بلوک را به ما نشان دهد که از دقت تقریبا بالایی برخوردار می باشد ، روش دوم نیز استفاده از حسگرهای گرما سنج (Thermometer) است که از قبیل در بتن تعییه شده است نیز می توان استفاده نمود ، اما گاهی این ترمومترها کارآبی لازم را نداشته و باید از روش سوم که استفاده از حسگرهای حرارتی (Thermocouple) تعییه شده در مغزه بلوکها استفاده نمود این ابزار دمای نقطه ای را که در آن نصب شده است را می تواند نشان دهد.

روش چهارم ؛ استفاده از لوله های همدماست ، از این روش زمانی می توان بهره جست که دسترسی به سه روش فبلی غیرممکن و یا با اشکال مواجه شده باشد. حفر گمانهایی با عمق ۷۵ سانتیمتر در بلوکهایی با ارتفاع ۱.۵ مترو یا گمانه هایی با عمق ۱.۵ متر برای بلوکهای ۳ متری در کف گالری ها و پر نمودن آن توسط آب و قرائت آن بعد از ۲۴ ساعت می تواند دمای مغزه را نشان دهد . لازم بذکر است ، این روش نمی تواند همیشه مورد استفاده قرار گیرد، زیرا امکان دسترسی به مرکز بلوک از طریق گالری های بالا و پایین هر حلقه (Compartment) همیشه وجود نداشته و می تواند در بدست آوردن دمای دقیق بررسی و تحلیل را دچار خطا و انحراف نماید.

گاهی زمان تزریق درزهای انقباضی در فصلی که گفته شد ، قابل دستیابی نخواهد بود، انجام فعالیت بتنی جلوتر و یا عقب تر از برنامه زمانبندی ، وجود آبگیری زود هنگام و ... موارد اثرگذاری می باشند که زمان تزریق را جابجا می نمایند از این رو استفاده از پس سرمایش تا زمان شروع عملیات تزریق



از الزامات تزریق درز می باشد و برای جلوگیری از این افزایش دمای بلوکها ، نیاز به بیش از ۳۰ مترمکعب آب سرد در ساعت می باشد که باید توسط خنک کننده ها(Chiller) تولید و مصرف شود.

ضروریست، پیش از شروع عملیات تزریق دز انقباضی اطلاعات و مستندات کافی از وضعیت درزها و بلوکها کسب گردد . باز شدن کلابه ها در اثر فشار لازم آب ، کنترل مسیر تزریق ، اندازه گیری حجم تقریبی درز و حجم خورند دوغاب و اطمینان داشتن از باز بودن شیارهای رفت و برگشت هوا و تزریق ، دمای بلوکها و فصل مناسب پیش نیازهای شروع تزریق دز انقباضی می باشد.

برای اطمینان از صحت مسیر، می توان از دبی سنج برای کنترل دبی آب ورودی و خروجی به درز استفاده نمود و با اختساب حجم آبخوری درز ، می توان از خروج دبی و اندازه گیری آن توسط دبی سنج اطمینان حاصل نمود ،اما اگر باستن شیر هوا وارد نمودن ۳ بار فشار ، آبخوری همچنان ادامه داشت ، نشان از تراویش آب در سیستم دارد که باید از مسیر ، بازدید بعمل آید ، پارگی و اتر استاپ ، نادرست عمل نمودن کلابه ها و بسیاری از نقاچیں دیگر می تواند تزریق درز را با مشکل مواجه سازد و باید اقدام رفع نقص نمود ، اگر مقدارنشی کم باشد نیازی به نشت گیری نمیباشد اما اگر نشی قابل توجه باشد باید محل نشت برداشته و سپس با مواد بازدارنده مانند پشم سرب و یا ملات سیمان و یا مواد ترمیمی دیگر محل تراویش را ترمیم نمود. گاهی نشی ناشی از اجرای بد بتن ریزی ، سنگ زدگی ، درز سرد (Cold joints) و یا کرمو بودن بتن (Honeycombing) می باشد ، که باید با ابزار مناسب و طبق دستو العمل مشخصات فنی نسبت به ترمیم آن اقدام نمود. گاهی فرار آب از تکیه گاه های کناری و یا بستر سنگی محل اتصال سنگ به بتن انجام می گیرد ، که باید کنترل و نشت گیری گردد.

عملیات شستشوی درزهای انقباضی قبل از تزریق ،باید بطور کامل و مستمر انجام پذیرد تا ذراتی که در درزها موجود می باشد شسته و از محل تزریق با جریان فشار آب خارج گرددن ، این شستشو برای کلیه درزها لازم است، پس از حصول شستشوی کامل ساخت دوغاب مطابق دستو العمل های اختلاط آغاز می گردد و انجام مارش گیری دوغاب، غلطمناسب را بدست می دهد و دوغاب از شیلنگ های تزریق به درزها هدایت می شوند ، کنترل غلطت دوغاب و محاسبه حجم دوغاب خروجی از شیار هوا در حین تزریق نیاز می باشد و بعد از اطمینان از تزریق کامل و خروج دوغاب از شیار هوا به مدت ۳۰ تا ۵۰ دقیقه (بسته به آزمایش گیرش اولیه سیمان) شستشوی شیار هوا ، لوله ها و کلابه ها با فشاری معادل ۰.۷۵ تا ۱ آغاز می شود باید بازشدگی بلوکها ای ناشی از تزریق بطور دقیق بررسی و کنترل گردد تا جابجایی بلوکها از حد مجاز بیشتر نگرددن ، اندازه این جابجایی با درز سنج هایی که در گالری ها نصب می گردند کنترل و رصد می گردد و یا از طریق کنسول های بازدید بالادست و پایین دست بدنه سد کنترل انجام می پذیرد.



عملیات شستشوی درزهای انقباضی قبل از تزریق

باز شدگی در بلوکها به چند عامل ، از جمله فشار تزریق بستگی دارد ، معمولاً دبی تزریق در حدود ۲۰ لیتر در دقیقه بوده و فشار مجاز نیز در حدود ۵ بار می باشد که در صورت عدم کار کرد مناسب کلابه ها و در حد جابجایی مجاز بلوکها می توان تا ۷ بار نیز (البته بسته به ضخامت و وزن بلوک) فشار وارد نمود ، اندازه جابجایی بلوکهای بدنه سد در اثر فشاری که با درز سنج (Joint meters) اندازه گیری می شود ، می تواند تا ۰.۲ میلیمتر در بلوکهای میانی و تا ۰.۶ میلیمتر در بلوکهای کناری انجام پذیرد . صحت عملیات تزریق درز زمانی است که از دوغاب خروجی آزمایش مارش به عمل آید و مارش آن با مارش ورودی یکی باشد ، پس کنترل مداوم غلطت دوغاب از شیار هوا اهمیت داشته و باید بهجهت جلوگیری از هزینه اضافی ، پایپی



آزمایش مارش انجمان پذیرد و پس از تعادل غلظت خروجی با ورودی ، فشار افزایش یافته و تا به ۷ بار برسد ، سپس به مدت ۳۰ تا ۵۰ دقیقه لوله ورودی و خروجی بسته خواهد شد تا دوغاب گیرش اولیه خود را انجام دهد و بعد از آن دوباره شستشوی مسیر آغاز گردد . برای هر نسبت آب به سیمان در ساترال باید مارش گرفته شود . مارش گیری آزمونی ساده برای سنجش غلظت دوغاب و نتیجتاً تعیین تقریبی نسبت آب به سیمان است . وسایل آزمایش شامل قیف و ظرف مدرج می باشد و حجم ظرف تا خط نشانه ۹۷۰ سی سی و طول قیف نیز ۳۷ سانتی متر است . روش کار بدین ترتیب است که انگشت نشانه را زیر روزنه قیف نگه داشته و توسط ظرف مدرج ، قیف را تا خط نشانه از دوغاب پر می کنند . سپس انگشت نشانه را از زیر قیف بر می دارند تا دوغاب وارد ظرف مدرج شود . با برداشتن انگشت و خروج دوغاب ، کرونومتر به کار آنداخته می شود . زمان پر شدن ظرف تا خط نشانه را به وسیله کرونومتر ثبت می کنند . معمولاً زمان لازم برای پر شدن ظرف تا خط نشانه بر حسب نسبت آب به سیمان به قرار جدول (۱) است :

جدول ۱- پارامترهای محاسبه شده در دو مقطع

نسبت آب به سیمان	مارش (زمان پر شدن ظرف) بر حسب ثانیه	زمان گیرش (ساعت)	دما (درجه سانتیگراد)
۱.۵ به ۱	۲۶-۲۷	۷.۵	۲۳.۵
۱ به ۱	۲۸-۲۹	۷	۲۱.۴
۱.۵ به ۱	۳۰-۳۱	۶	۲۱.۶
۲ به ۱	۳۲-۳۴	۵.۵	۲۳
۲.۵ به ۱	۴۵-۴۷	۵	۲۸

۱۰. تزریق ثانویه (High Pressure Grouting)

درزهای انقباضی بعد از یکمه مطابق مشخصات فنی تحت تزریق ثانویه قرار می گیرند و مسیر، ابتداء با فشار کمتر از یک بار شستشوی داده می شود و درزها با فشار ۸ الی ۱۵ بار دوباره تزریق می گردد، در این دوره نیز حساسیت و آزمایشات مشابه تزریق اولیه بوده و تنها در فشار تزریق تفاوتی ایجاد می گردد، ۱۵ بار فشار تزریق ثانویه به شکل زیر که یک تقسیم بندی کارگاهی است، انجمام می گردد:

- فشار تزریق ۷ تا ۱۰ بار
- فشار هیدرواستاتیکی و ضرب زبری شیلنگ از مبداء تا مقصد ۴ تا ۲۲ بار
- فشار باز شدن کلپه ها و افت ناشی از زبری داخل شیار ها ۳ الی ۴ بار

که البته اندازه فشارها بواسطه آنالیز قابل بررسی و تدقیق می باشد .

پس از فاز اول تزریق ثانویه، مسیر مجدد پس از ۳۰ تا ۵۰ دقیقه شستشوی گردیده و مجدداً تزریق باسیمان (ترجیحاً با مدلول نرمی ۳۵۰۰ سانتیمتر بر گرم) انجام می گردد تا تمامی منافذ احتمالی در اثر فشار بالا (گاهی تا ۲۰ بار) پر گردیده و بلوکها یکپارچه گردند، تا این پس هر گونه بار وارد بر بدن سد به تکیه گاه ها انتقال می یابدو بدن از حالت طره و تکه تکه، به شکل یک بوسته و یکپارچه عمل می نماید.

۱۱. اتفاقات حین اجرا

با توجه به کلیه تمهیدات اتخاذ شده جهت حفاظت و مراقبت از مسیر مریوط به عملیات تزریق، بروز پارهای ایرادات و مشکلات احتساب ناپذیر می باشد:

پس از بتزنریزی بلوک های پیش رو، هنگام مراحل شستشوی لوله های رفت و برگشت شیارهای تزریق و جمع آوری هوا گاهی مشاهده می شود که لوله های مربوطه بدلیل نفوذ شیره بتزن مسدود می گرددند لذا پیش از بتزنریزی بلوک مجاور آنها (بلوک پس رو) می بایست لوله ای دیگر جایگزین آنها شود. بدین ترتیب می توان پس از کوییدن ورق گالوانیزه بر روی شیار و ایجاد یک روزنه بر روی این ورق (در موقعیت لوله ای که مسدود شده) لوله ای



جدید از این روزنه بداخیل شیار هدایت و سر دیگر لوله به رویه پائین دست (یا گالری بدن) هدایت و پانلی جدید برای آن تعییه نمود. این لوله بايد در هنگام بتن ریزی بلوک پس رو بدقت مراقبت شده و بلافاصله در اولین مرحله پس از مدفون شدن شیار از طریق این لوله انجام پذیرد. گاهی بجای لوله مسدود شده، شیارها مسدود گرددند، در این گونه موارد لازم است تا مسیر جدیدی جایگزین مسیر مسدود شده شود. برای اینکار می‌توان از یک پروفیل نبیشی استفاده نمود با قرار دادن نبیشی بر روی سطح بتن درز انقباضی و ثیثیت آن بر روی درز، کلیه درزهای موجود بین لبه پروفیل و بتن به دقت با ملات مخصوص پر شده و با قراردادن دو لوله در دو سر نبیشی (لوله‌های رفت و برگشت) و هدایت مسیر آنها در دسترس قرار می‌گیرد. بدیهی است لوله‌های جدید نصب شده در بلوک‌های پس رو بوده و پانل‌های تزریق ترمیم یافته، جهت تحریقات درز مازاد بر پانل‌های تزریق موجود مورد استفاده قرار می‌گیرد.

گاهی ممکن است بدليل عدم دقت در محافظت از شیرهای تزریق، مسیرهای یاد شده نیز مسدود گرددند در این خصوص دو حالت وجود دارد: حالت اول، زمانیکه یک طول کوتاه از مسیر لوله شیرهای تزریق در حین اجرای بلوک‌های پیشو مسدود شده باشد، که نیاز است، هنگام بتن ریزی در بلوک‌های مجاور (بلوک‌های پس رو) موقعیت گرفنگی مشخص شده سپس بتن اطراف لوله مدفون تراشیده شود و محدوده مسدود شده برش داده شود. پس از آن قطعه بریده شده بوسیله یک شیلنگ فشار قوی جایگزین می‌گردد و بوسیله بسته‌هایی محکم به امتداد لوله متصل می‌شود سپس محل بوسیله ملات مخصوص مجدداً پر شده و لوله و اتصال جدید بدین ترتیب مدفون می‌گردد.

حالت دوم: ممکن است پس از بتن ریزی بلوک پس رو دریابیم که لوله‌های مربوط به شیرهای تزریق زیر تراز بتن ریخته شده مسدود شده‌اند در این صورت دیگر دسترسی به آنها غیر ممکن بوده لذا جهت اجاء مسیر تزریق ترازهای بالاتر بدین طریق عمل می‌نماییم: با تراشیدن بتن اطراف سه راهی چدنی لوله متصل به زیر آن قطع و یک اتصال جدید (یک لوله یک سر رزو که زیر سه راهی بسته شده و ادامه آن شیلنگ فشار قوی به طول حدود ۳۰ سانتی‌متر که بوسیله بسته‌های مناسب به یکدیگر متصل می‌شوند) بجای آن اتصال جدید از سطح بتن درز بیرون زده و در داخل بلوک پس رو بوسیله یک خط لوله جدید، به سمت پائین دست یا گالری هدایت می‌شود تا در پانل تزریقی مجزا قرار گیرد. بنابراین مسیر جدیدی از شیر تزریق شکل می‌گیرد که لوله رفت آن در پانل تزریق فوقانی در بلوک پیشو واقع بوده و پانل تزریق تحتانی آن در بلوک پس رو قرار می‌گیرد. نکته حائز اهمیت بیرون زدگی اتصال شیلنگی از سطح درز می‌باشد که باید ب نحوی مناسب آمده سازی شود تا در زمان بازشدن درز انقباضی (در اثر تغییر حجم بتن بدليل سرمایش) دچار آسیب نگردد. به همین منظور شیلنگ مذکور بوسیله گریس و گونی کاملأً چرب، پوشانده می‌شود تا هیچگونه اتصالی بین بتن و شیلنگ بوجود نیاید و شیلنگ بطور آزادانه حرکت نماید.



شیر تزریق پس از تست فشار با گریس اندود می‌شود

۱۲. برنامه زمانبندی

همانطور که بیان شد برای تزریق درزهای انقباضی باید بلوکها را تا دمای ۱۸ سانتیگراد خنک کرد، این دما تابعی از دمای متوسط سالانه و عمل خنک سازی بلوکها طی دو مرحله طبیعی (بسته به فضول سال) و مصنوعی (Post Cooling) صورت می‌پذیرد. این خنک سازی جدا از ضخامت بدن سد تابع عوامل دیگری نیز می‌باشد، با توجه به بررسی‌های بعمل آمده، گاهی دست یافتن به زمان اجرای تزریق درز دشوار می‌باشد، برنامه زمانبندی



تزریقات درزها باید منطبق بر برنامه زمانبندی اجرای بدنه سد باشد و در زمانی که فاصله درزها بیشترین حالت را نشان می دهد، دمای مغزه بتن ۱۸ درجه باشد و از طرف دیگر اجرای تمامی بلوکهای آن (Compartment) نیز پایان یافته و ترازوهای بالای نیز در محدوده این قرار گرفته باشند، و آنگاه تزریق درزها مجاز می باشد. تزریق درزها باید از میانه بدنه به طرفین تکیه گاهی انجام پذیرد گاهی عدم برف سنجی مناسب حوضه‌ی آبریز، تغییر فصل ناگهانی، وقوع سیلاب، تعطیلی کارگاه، شوک و زلزله و عواملی چند، اجرای برنامه زمان بندی را متأثر می سازند و باعث می گردند تا فرصت در بازه کوتاه تزریق که تقریباً یک بار در سال اتفاق می افتد از کارگاه سلب گردد.

۸. نتیجه‌گیری

سدها از تعدادی ستونهایی که کنار هم قرار می گیرند ساخته می شوند و فاصله میان این ستونها درزهای طولی یا قائم نامیده می شوند، این درزها در اثر انقباض و خنک سازی بلوکها بیشترین فاصله را از هم دارند که باید تزریق شده و تشکیل پوسته ای یکپارچه را بدهنند. در تزریق انقباضی نتایج زیر حائز اهمیت است:

- فاصله بین دو درزدست کم باید ۱۵ متر باشد.
- نتایج بدست آمده از آنالیز حرارتی سد روی فواصل درزها اثر می گذارد.
- تزریق درز از نظر ارتفاعی از پی آغاز و به تاج ختم می شود و از نظر طولی از بلوکهای میانی شروع و به سمت تکیه گاهها ادامه می یابند.
- برای تزریق درز، دمای بلوکها باید تا ۱۸ درجه سانتیگراد خنک شده باشد.
- مناسبترین زمان تزریق اوخر زمستان و اوایل بهار می باشد.
- تزریق درز در دو فاز، پر نمودن درز و مرحله تزریق باشار به فاصله‌ی دست کم یکماه انجام می پذیرد.
- نرمی سیمان تزریق در محدوده ۳۸۰۰ سانتیمتر مربع بر گرم، مناسب بوده و در صورت استفاده از سیمان تیپ II باید از روان کننده استفاده نمود.
- طرح اختلاط سیمان از ۱:۱ آغاز و به ۱:۲.۵ به پایان می رسد.
- چهار روش برای یافتن دمای بلوکها وجود دارد، ترمومتر، ترموکوپل، استفاده از لوله های پس سرمایش و لوله های هم دما برای جلوگیری از افزایش دمای بلوکها نیاز به ۳۰ مترمکعب آب سرد در ساعت می باشد.
- اندازه جابجایی بلوکهای میانی ۰.۲ و در بلوکهای کناری ۰.۶ می باشد.

۹. مراجع

1. U.S.B.R. (1987) "Design of Small Dams," U. S. Department of Interior, Bureau of Reclamation
2. ACI, Committee - (Reapproved 2008) "Control of Cracking in Concrete Structures"
3. ACI'(1980) -207.IR-70 "Mass Concrete for Dams and Other Massive Structures"

۴. "تزریق درزهای انقباضی بدنه" طرح سد و نیروگاه کارون سه - شرکت مهندسی مهاب قدس

۵. کمیته ملی سدهای بزرگ ایران-مهندسی پیشرفته در ایران