ارزش گالری های بازرسی[1]

ترجمه : محمود وفائیان*

فوایدبسیاری برای ایجاد گالری‌های تزریق درون سدهای خاکی و پاره‌سنگی مترتب است . دربسیاری موارد وجود این گالری‌ها به این علت که عمل تزریق را مستقلا زکار اصلی ساخت سد میسر می‌سازند ساختن سدرا تسهیل می‌کنند و بنابراین موجب صرفه‌جوئی درهزینه می‌شوند . در پاره‌ای موارد صرفه‌جوئی بطور آنی ظاهر نمی‌شود ولی دردرازمدت به ایمنی سد افزوده می گردد و درنتیجه خطرات جانی وهمچنین هزینه‌ها کاهش می‌یابد .

چنین معمول است که درون سدهای بتنی یا قاعده بندهای آبگیر بزرگ با گالری های تزریق مجهز می‌شوند ، این گالری‌ها درسدهای خاکریز نیز مناسبند ، اما درتمام موارد ساخته نمی‌شوند ، زیرا این نوع گالری‌ها منجر به هزینه‌های اضافی وگاهی مخارج زیاده ازحد می‌گردند ودربعضی موارد خاص نیز ضروری نیستند . درسالهای اخیر مناسب بودن گالری‌های تزریق موردبحث قرارگرفته است . درحال حاضر این موضوع مشخص شده است که مهندسین اروپائی کاربرد این گالری‌ها را ترجیح می‌دهند ، درحالیکه مهندسین آمریکائی وهمکاران تحت تاثیر این گروه، بطورنسبی درساخت این گالری‌ها تمایلی ندارند .

---

* استادیار دانشکده عمران دانشگاه صنعتی اصفهان

۱ــ این مقاله ترجمه مقاله : The Value of Inspection Galleries توسط C. Kutzner (مهندس ارشد سدهاو پی ها) ازآلمان غربی می باشدکه درمجله Int. Jour. of Water Power & Dam Construction , May 1982 چاپ شده است .

اخیرا "Blind و Pircher گزارشی درمورد عملکردهای اصلی گالری های تزریق ارائه دادند. شرارد (Sherard) وسایرین نیز مزایای آنها را بطور مجمل وکلی بیان نمودند، واین موضوع کرارا" در مقاله های ICOLD وکنگره هایی درارتباط با ایمنی سدها موردبحث قرار گرفته است.

گالری های تزریق نه تنها به منظور ثبت وقایع واندازه گیری ها ساخته می شوند بلکه به منظور اجرای تزریق زیرسطحی نیز مورد نیاز ند. بنابراین دربعضی مواقع گالری های بازرسی را گالری های تزریق نیز می نامند. گاهگاهی اصطلاح تونل بازرسی نیز بکار می رود، زیرا این نوع سازه ها غالبا "به کمک تکنیک های تونل زنی مورد استفاده در معدنکاری حفر می شوند. غالبا "می توان برای این نوع گالری ها، اصطلاح گالری زهکشی بکاربرد، زیرا عملا" محل ووسیله جمع آوری زه نیز می باشند، وبهرحال زه را تحت شرایط کنترل شده ای به پائین دست هدایت می کنند.

درشکل (۱)، یک سیستم تیپ گالری های واقع درزیرودرحاشیه یک سد (دراین مقاله منظوراز اصطلاح سدفقط انواع خاکی وپاره سنگی آن می باشد) نشان داده شده است که مربوط به مقطع سد Mornos دریونان می باشد.

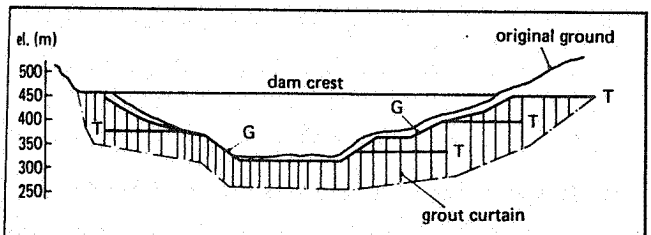


Fig. 1. Typical system of control galleries, where G = galleries cast into the excavation, and T = tunnels driven into the abutment (Mornos dam, Greece).

تونلهای جانبی درتکیه‌گاه‌ها وتونلهای زیرشالوده‌سدکه‌بـــا استفاده‌ازتکنیک‌های معدنکاری ساخته‌می‌شوندمعمولا"با اصطلاح‌مناسب تونل بازرسی نامگذاری می‌شوند.

علی‌رغم‌تنوع‌مذکوردرهدف ونامگذاری ، دراین مقاله‌فقط اصطلاح گالری کنترل بکاربرده‌میشودتانقش اصلی گالری رابه‌عنوان یک عضو کنترل برای اطمینان ازایمنی سدتائیدکند. مثالهائی ازپروژه‌های موجودذیلا"ارائه‌می‌شودتابا توجه‌به‌آنها بتوان نقش‌های مختلف گالری‌ها ونیزانتقادهای علیه‌آنها راتوضیح داد.

کنترل سد

زه ـ یکی ازمواردمهم‌ضروری مربوط به‌ایمنی سد، کنترل جریان‌آب زه درجسم‌سد، زیرآن ودرحاشیه‌های آن می‌باشد. آب زه‌سرانجام‌بطورکامل درسیستم‌زهکشی پائین دست جمع‌آوری شده‌وبدون فشاراضافی به‌بیـــرون راه‌می‌یابد. این عمل ، مقدارکل تخلیه‌زه‌را می‌توانندنشان دهدوقابل اندازه‌گیری سازد. اخیرا"آیدل (Idel) گزارشی درموردسدآبـــاخ (Aabach) ارائه‌داده‌است‌که‌درموردابن سدفیلترپائین دست به‌چند بخش مختلف تقسیم‌شده‌است تابرای بخش های مختلف،زه‌آب قابـــــل اندازه‌گیری باشد. هرچند این نمونه‌رابایدبه‌عنوان یک مـــــورد استثنائی گران قیمت نسبت به‌سایرطرح‌های معمولی درنظرگرفت.

به‌منظورتشخیص بیـــن مقدارزه‌درونی سدو زه‌زیرقاعده‌آن‌دربسیاری ازمواردفشارسنج هائی بافاصله‌کم نسبت بیکدیگرودرپائین دست پـــرده تزریق نصب می‌شوندکه‌انتهای آنها به گالری کنترل راه‌دارد(شکل ۲). بااین تکنیک می‌توان، بامراجعه‌به‌پیزومترها درهربخش ،مقدارتخلیـــه زه‌وفشارآنرادرسطح شالوده ، ودرنقاط زیرسطحی عمیق‌تراندازه‌گیـــری نمود.

سدرودخانه Shen رادراین موردمی‌توان مثال آورد. درگالری این سدتعداد ۹ عددپیزومترنصب شده‌اندکه‌این مجموعه‌درارتباط بـــا

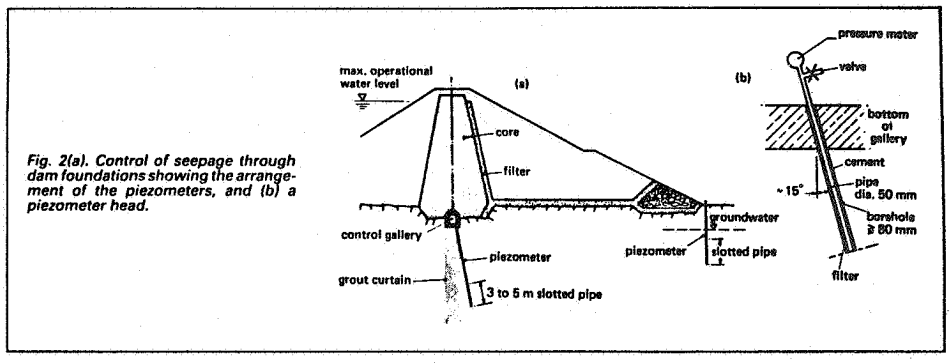


Fig. 2(a). Control of seepage through dam foundations showing the arrangement of the piezometers, and (b) a piezometer head.

تعداد ۱۸ عدد دیگر در جسم سد و در پنجه پائین دست سد می‌باشند تا کلا" مقدار زه‌را کنترل کنند. درضمن اولین پرشدن مخزن کنترل زه‌لازم بود و این عمل تا ۴ ماه بطول انجامید.

پیزومترها در این گالری در فواصل نامساوی در امتداد ۷۰۰ متر از طول سد و براساس اطلاعات مربوط به‌کارتزریق قبلی و با درنظرگرفتن یک منطقه‌آب زیرزمینی آرتزین نصب شده‌اند. به‌این علت که این گالری کنترل بود، امکان اتمام عمل تزریق وچک کردن کامل آن قبل از تصمیم‌گیری روی تعداد لازم ومحل پیزومترها میسر گردید.

جیدا (Jida)ودیگران تذکر داده‌اند که علی‌رغم طرح‌های قبلی، امروزه درژاپن تعبیه‌گالری‌های تزریق زیر سدهای پاره‌سنگی روبه افزایش است تا بتوان براساس آنها کنترل کردن زه‌را در مقاطع سدها

تامین نمود. آنها همچنین درموردسد Daisetsu گزارش می‌دهنـــــد و اهمیت یک سیستم ثبت وقایع درون سدرا درارتباط با ایمنی سدشـــــرح می‌دند. سدرودخانه Shen یک مثـال مناسب خوب دراین زمینه است.

کنترل فشارـ کنترل زه باکنترل چگونگی پخش فشارزیربخش پائیـــن دست درارتباط متقابل می‌باشد. پیزومترهای گالری وپیزومترهـــای واقع درپنجه‌سدهردونوع کنترل رابعهده‌دارند. درعمل، می‌تـــــوان پیزومترهارا ازسطح مرکزی زیرسدبه‌سطح منطقه‌پنجه‌ای ادامه‌دادتـــا مقدارتخلیه‌زه ونیزفشاررادرآنجا ثبت کنند. هرچنداگرسطح آب زیـــر سطح شالوده باقی بمـاند، فقط می‌توان بوسیله‌پیزومترهائی که‌تـــا تاج سدادامه‌دارندآنرااندازه‌گیری نمودویا بوسیله دستگاههائی کـه باکنترل ازراه دورقابل استـفاده‌اندودرارتفاع مناسبی زیرزمیـن نصب می‌شوندفشارزه‌راتعیین نمود. البته‌نصب لوله‌ها ویاکابلهاتـــا نزدیک تاج سدو یا تاپنجه‌سدکاروعملیات خاکریزی وساخت سدرادچـار مشکل می‌کند.

گمانه‌های کاهش فشارـ فشارپائین به‌بالادرزیربخش پائین دست ســد رامی‌توان باتامین یک سیستم‌گمانه‌کاهش فشارکه‌درپائین دست پـــرده تزریقی ایجادمی‌شودکاهش داده‌ویاکلا" ازبین برد. فاصله‌این گمانه‌ها بایدحدود ۱۰ مترباشد. حفراین گمانه‌ها ازگالری به‌آسانی میسراستو اگرتعدادزیادی ازاین نوع گمانه‌ها لازم‌باشدبه‌منظورجلوگیـــــری‌از مزاحمت آنها در کارساخت سد، مطمئنا" احداث یک گالری برای ایـــن هدف ضروری است.

پیزومترها وگمانه‌های کاهش فشارراندمان پرده‌تزریـــق‌را در مقاطع مختلف ودرطول حیات کامل سازه‌کنترل می‌کند. این تمهیـــدات مخصوصا" برای عدم‌فرسایش زیرسطحی لازم‌است.

دراصل، تاجائیـکه‌سیستم‌زهکشی به‌یک گالری کنترل ارتبـــاط

داشته باشدکنترل شامل زه میسرخواهدبود.

سدمات مارک (Mattmark) نمونه‌ای از این مورداست. لایه فیلترپائین دست مغزه مایل به‌یک گالری منتهی می‌شود. به‌علت نفوذ پذیری اندک مواد پائین دست سد (moraine) ، لایه‌های دیگر زهکشی درپوسته پائین دست قرار داده‌شده‌اند، بطوریکه‌این لایه‌ها به طرف مغزه مایل شده و زهکشی را به‌سوی گالری هدایت می‌کنند.

مثال دیگر، سد Gepatsch می‌باشد. آب زه‌که‌از مغزه می‌گذردبه طرف عمیق ترین نقطه درپنجه پائین دست مغزه‌جمع‌آوری شده‌ودرسمت پائین دست به‌یک گالری هدایت می‌شود. این سیستم،ثبت واندازه‌گیری تقریبی تخلیه‌زه‌را میسرمی‌سازد.

طرح معمولی درموردآب بندهای غشاء مانند اینست که‌زهکشی‌آنها به‌طرف یک گالری باشد، همچنانکه‌درموردغشاء های مرکزی آسفالتی سدهای High Island درهنگ کنگ این طرح وجوددارد. دراینجا فقط یک گالری بکاربرده‌می‌شودتا زه درون غشاء را متمرکزکرده‌واندازه‌گیری نماید، این گالری درعین حال همیشه‌برای کارهای تعمیراتی لازم است.

سد Formitz با یک ترانشه‌آب بند، آب بندی می‌شودواین ترانشه‌ازمخلوط بتن ـ خاک پرشده‌است. آب بندی شامل دوبخش استو بطرف گالری کنترل زهکشی می‌گردد. بعدازاولین مرتبه‌پرشدن مخزن‌سد معلوم‌شد که‌آب بندی اضافی لازم‌است. براساس گزارش List اندازه‌گیری زه درضمن پرشدن مخزن نشان دادکه‌درترانشه‌آب بندیک منبع‌تخلیه غیرمنتظره‌وجوددارد‌که‌با زه قابل ملاحظه‌آبرا به‌گالری هدایت می‌کند. دراین موردگالری کنترل بطورموفقیت‌آمیزی درضمن اولین پرشدن مخزن کارآئی داشت.

تمام‌مسائل در ارتباط با زه ، درضمن اولین پرشدن مخزن‌توجه خاصی رانیازدارد. کارساخت سدهای بزرگ ممکن است برای چندین سال طول بکشدوقبل ازاینکه‌سدکامل شودممکنست مخزن تا یک حدمعینی

آبگیری گردد. در این موارد وجود یک گالری کنترل یک امتیاز واضح است، زیرا تمام اندازه‌گیری های ایمنی لازم، بدون تداخل با کار خاکریزی وساخت سد، بوسیله این گالری میسر است.

جا بجائی ها ونشست زیرزمینی ـ نشست های سدها، جا بجائی های اجزاء آنها، وتنش های دربعضی نقاط انتخابی توسط تعدادی دستگاه‌های ویژه ثبت می‌شوند. یکی از ویژگی های مهم فرایند ثبت واندازه‌گیری مشخصات اینست که تاریخچه نشست وفشار آب منفذی زیرسطحی را در ضمن ساخت سد ونیز در دوره عملکرد سد نشان می‌دهد.

معمولا "تعداد محدودی وسایل اندازه‌گیری نشست در نقاط معین نصب می‌شوند بطوریکه به سطح سد منتهی شوند. این دستگاه‌ها را می‌توان تا هرعمق منطقی زیرسطحی ادامه داد تا بتوان کنترل نشست زیرسطحی را در سیستم اندازه‌گیری دخالت داد. بهرحال بررسی مفصل ترنشست نواحی زیرپی، مخصوصا "عضو آب بندکننده سد، موردتوجه ومطلوبست، زیرا تاریخچه نشست وموقعیت تحکیمی بخش آب بندکننده می‌تواند تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد آن داشته باشد. در این موارد، تنها یک سیستم گالری کنترل زیربخش آب بندی، اندازه‌گیری وکنترل نشست پی را میسر می‌سازد. این عمل بوسیله قراردادن نقاط علامت گذاری نقشه برداری با فاصله کم وسپس نقشه برداری مرحله‌ای انجام می‌گیرد.

درسد Mornos، دوازده نقطه علامت گذاری دربخش هائی ازگالری مشخص شده ومتناظر با آنها درتاج سدچهار وسیله اندازه‌گیری نشست برای کنترل نشست مغزه نصب گردیدند. نقشه برداری از علامت گذاری درون گالری درضمن دوره ساخت سد آغاز شد وبه این نتیجه رسید که نشست های حاصل از منطقه میلونیت زیرسطحی ونشست های اختلافی حاصل درمرزهای حاشیه‌ای این منطقه در حد مجاز بوده‌اند.

هرمساله مربوط به فشار آب منفذی در ارتباط با نشست زیرسطحی می‌باشد. درموردی که خاک زیرسطحی فشارپذیر وتحکیم نشده باشد، ترجیحا"

وسایل اندازه‌گیری فشار آب منفذی باید نصب شده و قرائت‌ها از مراحل ابتدائی ساخت سد شروع گردد.

مجددا "سد Gepatsch مثال زده میشود، مغزه آن روی یک منطقه میلونیت با شیب تند در تکیه‌گاه سمت راست قرار گرفته است. تعداد دده وسیله اندازه‌گیری فشار آب منفذی در گالری ها نصب شده اند که فشار آب را در منطقه‌های بالادست و پائین دست پرده تزریقی ثبت می‌کنند و بنابراین راندمان پرده تزریقی در یک منطقه میلونیت را بررسی و تائید می‌کنند.

در نواحی محتمل زلزله، نیروهای زلزله مسایل مخصوص مربوط به بارهای لرزه‌ای را پدید می‌آورند. تاثیر این نیروها برای سد، هنوز هم پرسش های متعددی را مطرح می‌کنند که موضوع تحقیقات جدی می‌باشند. بدیهی است که شتاب زمین، یعنی شتاب زمین در سطح قاعده شالوده یک سد، یکی از فاکتورهای کلیدی است که در موضوع مطالعه رفتار سد در ضمن زلزله باید مورد ملاحظه قرار گیرد. در این مورد مناسب است که لرزه‌نگارهائی در سدها نصب شوند تا لرزه‌ها را ثبت کنند زیرا اطلاعات دقیق از رفتار سدهای موجود در برابر زلزله‌ها برای طرح سدهای جدید مفید خواهد بود و برای محاسبه مجدد و چک کردن ایمنی سایر سدهای موجود نیز مورد استفاده قرار خواهد گرفت. گرچه نباید ادعا نمود که احداث گالری های کنترل در سد فقط برای امکان نصب لرزه‌نگارها می‌باشد، اما نباید از نظر مخفی داشت که ثبت حرکات لرزه‌ای و ثبت اثر آنها بر افزایش فشار آب منفذی در سد و در زمین زیر آن عملکرد دیگری از گالری کنترل می‌باشد که به سایر اهداف فوق الذکر اضافه می‌گردد.

عایق بندی زیرسطحی

وجود یک گالری کنترل موجب کنترل کارتزریق بطور مستقل از ساخت سد می‌شود، در نتیجه کل زمان ساخت ممکنست در بعضی موارد کاهش یا بدون نیز در تصمیم‌گیری ها انعطاف پذیری بیشتری حاصل شود. اینکه بتوان پروژه‌هائی را در شرایط نامساعد اجراء نمود مثلا" در فصول

بارندگی درمناطق حاره‌ای ویا درمواقع برفی درنواحی کوهستانی یک امتیاز محسوب میشود. دربعضی ازپروژه‌ها امکان تزریق ازیک گالری کنترل می‌تواندنقش اساسی درتصمیم‌گیری برای ساخت گالری داشته‌باشد. شکل (۳) نمونه‌ای ازگالری تزریق رانشان می‌دهد.

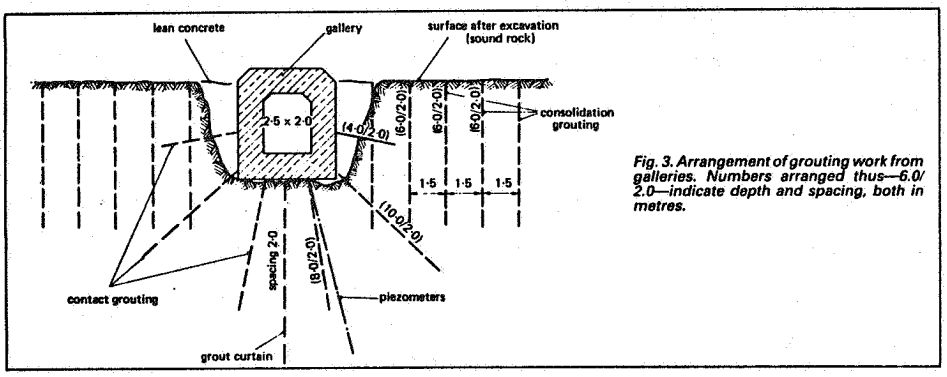


Fig. 3. Arrangement of grouting work from galleries. Numbers arranged thus—6.0/2.0—indicate depth and spacing, both in metres.

درسدرودخانه Shen ، کارتزریق درفاصله‌ماههای فوریه۱۹۷۸ و ژولای ۱۹۷۹ انجام گرفت ، درحالیکه‌عمل ساخت خاکریزباحجم $۱/۷\times۱۰^{۶}$ مترمکعب بایددرضمن فقط یک فصل خشک ، ازاکتبر۱۹۷۸ تامی ۱۹۷۹ انجام‌می‌گرفت . اگرعمل ساخت خاکریزوعمل تزریق بطورهمزمان بایکدیگرمیسرنمی‌گردید ، که‌این عمل فقط به‌علت وجودگالری امکان پذیرگشت ، درایصورت ساخت سدتا یکسال معوق می‌ماند .

همزمان بودن این دوبخش اجرائی درضمن مستقل بودن موجب شدکه‌کارتزریق رابتوان مناسب باشرایط زمین ودرزمان مناسب به انجام‌رسانید .

یکی ازمواردی که‌درکارتزریق انعطاف پذیری لازم‌بود،سد Mornos می‌باشد . درشرایط وجودمنطقه‌میونیت زیرسد ، مناسب ترین

شبکه‌گمانه‌ها و بهترین روش تزریق را فقط بعدازشروع ساخت سد می‌توانستند انتخاب کنند، بهمین علت وجودگالریها انجام کارتزریق را بدون تداخل با عملیات همزمان دیگرمیسرساختند.

تزریق ازیک گالری امکان تزریق مناسب را تحت فشارزیادبرای نواحی بالای لایه‌زیرسطحی شالوده که‌درآنجاگرادیان هیدرولیک زه درحداکثراست ممکن می‌سازد. دراین موردفشاری معادل ۵ بار را می‌توان به‌خوبی تحمیل نمودزیراوزن گالری و وزن آن بخش ازسدکه دربالای آن ساخته شده‌است برای تعادل کاربرداین مقدارفشارکافیست.

تمام‌گمانه‌ها و آزمایش‌های اندازه‌گیری فشارآب برای چک کردن نتیجه‌تزریق و داوری درلزوم‌تزریق‌های بیشترضروری می‌باشند، ودرصورتیکه تزریق بیشتری لازم‌باشدمی‌توان با دقت وبدون تخریب از یک گالری ساخته‌شده به‌موردا جرادرآید. درشرایطی‌که‌وضعیت زمین شناسی پیچیده‌باشدلزوم‌گالری تزریق اجتناب ناپذیراست.

نمونه‌های تیپ دراین موردمربوط به‌سدهای درمناطق کارستیک می‌باشد، مانندسد Pueblo Viejo که‌درگواتمالا دردست ساختمان است (تاریخ گزارش ۱۹۸۲). دراین شرایط تزریق کامل یا تزریق درمقاطع تعیین شده انتخابی قبل ازکارخاکریزی با توجه‌به وضع‌کارستیک منطقه‌بدون وجودگالری تزریق غیرممکن است. ساختن تونلهائی از سمت دره به طرف تکیه‌گاهها که بعدا "نیزقابل گسترش می‌باشندبه منظورتزریق در جهت جلوگیری ازنشست احتمالی آب موردمطالعه‌قرار گرفته‌است.

به‌دلایل دیگری، سدرودخانه Shen نمونه‌دیگری است. درزمین این سد، گروه‌های درزه‌ای موجوددرسنگ گرانیت سخت با نفوذپذیری پائین (ودرنقاطی متوسط) بطورنیمه‌عمودی مایل شده‌وامتدادآنها تقریبا "درامتداد جریان آب، یعنی عمودبرخط مرکزی سدقراردارد. ایجادگمانه‌های قائم‌به‌علت هزینه‌کمتربرای تزریق برنامه‌ریزی شد. هزینه‌اضافی احتمالی که‌ممکنست درصورت‌لزوم‌تزریق اضافی توسط

گمانه‌های مایل لازم باشد پذیرفته شد. کنترل کارآئی تزریق بوسیله حفر تعدادی گمانه‌های مایل و اندازه‌گیری فشار آب درون آنها انجام پذیرفت. به‌علت محدود بودن زمان اجرا در جدول زمان بندی شده، این عملیات فقط با استفاده از گالری تزریق میسر گردید. چنانچه تزریق اضافی لازم باشد، عملا "بدون وجود گالری تزریق میسر نیست مگر اینکه کارخاکریزی و ساخت سد تا یکسال به تاخیر انجامد. همچنین تزریق های تقاطعی که به زمان بیشتری نیاز داشت به علت وجود گالری بدون تاخیر انجام پذیرفت.

عملیات تزریق های متوالی بعدی که بعد از پر شدن مخزن یا بعد از یک دوره‌ٔ طولانی از عملکرد مخزن ممکنست ضروری باشد، فقط از طریق گالری های تزریق ممکن است. این موضوع که نفوذپذیری پرده تزریقی با گذشت زمان افزایش می‌یابد، امروزه مشخص شده است، بنابراین لزوم تزریق های احتمالی بعدی که بستگی به نوع سنگ، خواص شیمیائی آب زه، وبستگی به نوع عملکرد ویژه مخزن دارد ممکنست مورد توجه باشد (که فقط از طریق گالری تزریق میسر است).

البته ممکنست بجای استفاده از گالری انجام تزریق از تاج سد پیشنهاد گردد. هرچند این عمل به معنی سوراخ کردن مغزه سد است که پدیده‌ای نامطلوبست. علاوه براین، انحراف اجتناب ناپذیر گمانه‌ها از امتداد اصلی موجب باقی گذاشتن همیشگی این تردید است که آیا واقعا "گمانه‌ها به پرده تزریقی ودرمحل مناسب دسترسی یافته اند یا خیر؟ با درنظرگرفتن سدی به ارتفاع صدمتر و یک مقدار معمولی انحراف ۳% برای گمانه‌ها، می‌توان به سهولت مطمئن بود که گمانه‌ها سطح شالوده را با انحراف ۳ متر از نقطه موردنظر قطع می‌کنند. چون با افزایش ارتفاع سد، انحراف گمانه‌ها بیشتر می‌شود چه بسا که نتیجه تزریق از تاج سد چندان موثر در پرده تزریقی نباشد.

درمعیارهای طراحی جدید و در حال حاضر، امکان افزودن به ارتفاع سد در آینده درنظرگرفته میشود. در این صورت وجود یک گالری

کنترل ، خودیکی ازتسهیلات اطمینان دهنده دراین تصمیم می‌باشدزیرا درصورتیکه به‌علت افزایش عمق آب درمخزن ، نیازبه‌تزریق اضافی باشدتنها بوسیله گالری تزریق ودرنقاط بحرانی وموردتوجه ، این عمل مقدوراست . تصمیم‌گیری درموردا ینکه‌تزریق اضافی ضرورت دارد فقط براساس اطلاعات عینی تجربی درزمینه میزان نفوذپذیری پرده تزریق ، مقداردبی زه ، وفشار زه می‌باشدکه‌این اطلاعات تماما" بستگی به‌مشاهده‌طرزعملکردمخزن و زه قبل ازتکمیل ساخت سددارودر اینجاست که‌یک گالری کنترل می‌تواندا طلاعات لازم‌را جمع‌آوری کند .

مسائل مربوط به هماهنگی کارها وپرداخت هزینه‌ها نیزدرارتباط با استقلال عمل تزریق ازکارهای ساخت خاکریزی می‌باشد . معمولا" پرداخت هزینه‌های تزریق به‌پیمانکار اصلی محول می‌شود ، درحالیکه اجرای آن توسط پیمانکارزیردست صورت می‌گیرد . اجرای مستقل این دوبخش موجب می‌شودکه ازمشکلات پیمانکاری درمواردی که‌تداخل کارها یا تاخیرهائی به‌علت ادامه‌تزریق بروزمی‌کنداجتناب شود . درپروژه‌هائی که‌پیمانکارمربوط به‌تزریق جدا ازپیمانکاری اصلی است ، مثلا" درسد Bigge درآلمان غربی ، استفاده‌ازیک گالری تزریق ، بهرحال اجتناب ناپذیراست .

دلایل برعلیه‌گالری ها

معمولا"هنگامی که‌گالری کنترل پیشنها دمی‌شودهزینه اضافی ساخت‌آن نیزمطرح می‌شود . درصورتیکه‌بتوان قبل ازانجام‌هرگونه خاکریزی ، کارتزریق را بدون وقفه‌ای درساخت سدبپایان رسانیدوتمام دستگاههای اندازه‌گیری وثبت وقایع مربوط به‌شالوده‌وزه زیرسطحی را به‌یک ایستگاه‌راه‌دورارتباط داد ، آنگاه می‌توان ازصرف هزینه به منظورساخت گالری صرفه‌جوئی نمود . این چنین صرفه‌جوئی‌های هزینه‌را فقط درموردی می‌توان منطقی وضروری دانست‌که‌وضعیت زمین شناسی منطقه‌پیچیدگی خاصی نداردوخصوصیات آن کاملا"مشخص است .دراینصورت

کارهای تزریقی اضافی درضمن ساخت سدضرورت نمی‌یابد. تصمیم بـــر اینکه گالری تزریق ساخته نشودنیزبه این معنی است که ازیک گالـــری کنترل ، یعـنی ازیک عضومهم درسیستم کنترل ایمنی ، صرفنظرشود.

البته دربعضی ازسدها شرایط مساعدذکرشده موجوداست (نمونه‌های درشمارهای ۱۲ تا ۱۴ جدول). یکی ازنمونه‌های مناسب که برای مولف شناخته شده است ، سـد Nyaunggyat دربرمه می‌باشد ، که ساخت آن در سال جاری (گزارش مربوط به ۱۹۸۲ است) آغاز می‌شود. سنگ زیـــر سطحی این سدازجنس کوارتزیت محکم با نفوذپذیری پائین تا متوســـط است ، برای آب بنـدی زیرسطحی آن یک ردیف پرده تزریقی درنظـــر گرفته شده است . جدول زمانی ساخت سدچنین است که عمل تزریق شالوده قبل ازخاکریزی ودرضمـن یک فصل مرطوب بصورت بخش به بخش انجـــام گیردودرفصل خشک متعاقب آن ، درضمن خاکـریزی ، تزریق ادامه یابد وهمین تناوب تا پایان کار وجودداشته باشد.

دراین طـرح یـک سیستم کنترل راه دوردرنظرگرفته شده است تـــا اندازه‌گیری های تمام دستگاههای نصب شده درپنجه پائین دست را ثبـــت کند. دستگاههای اندازه‌گیری عمدتا "فشارسنج هائی هستندکه ازنزدیک پرده تزریق تا پـنجه سـدبرای مشخص کردن مقدارفشار زه ودبی آن باید نصب گردند. به‌علاوه اندازه‌گیری هیدرولیکی ، هوائی ویا الکتریکی به منظورکنترل فشارآب لازمست درنقاط مناسب تعبیه شوندوکابلهـــا و لوله‌های مربوط به‌این دستگاهها تا ایستگاه اندازه‌گیری درپائیـــن دست کشیده شـوند.

دراین سـد ، حفریک ترانشه برای بسترگالری عملیات انفجـار راضروری می‌نمایدو بنابراین ممـکنست موجب تخریب سنگها دربخش بخرانی شالـوده گردد. دراین صورت درجهت جبران این تخریب هـــا تزریق اضافی نیزضـرورت می‌یابد.

ازدیدگاه مولف این مقاله ، انتقادمربوط به‌هزینه گالـــری، درموردشرایط سنگـهای سخت ومحکم وسازگار که درآنها مسالـــه‌ای در

زمینه آب بندی زیرسطحی پدیدار نمی‌گردد می‌تواند حایز اعتبار باشد. میزان تخریب شدگی سنگها را در اثر انفجار می‌توان بوسیله روش های انفجاری مناسب کاهش داد. بطوریکه در تصویر دیده می‌شود روش پیش شکافی (Pre Splitting) می‌تواند در ضمن شکستن سنگ آسیب ناچیزی به ساخت سنگ برساند، وهمانطورکه تصویر نشان می‌دهد در جبهه سنگ نشانه هائی از حفرگمانه ها دیده می‌شود اما شکستگی های مهمی ایجاد نشده است.

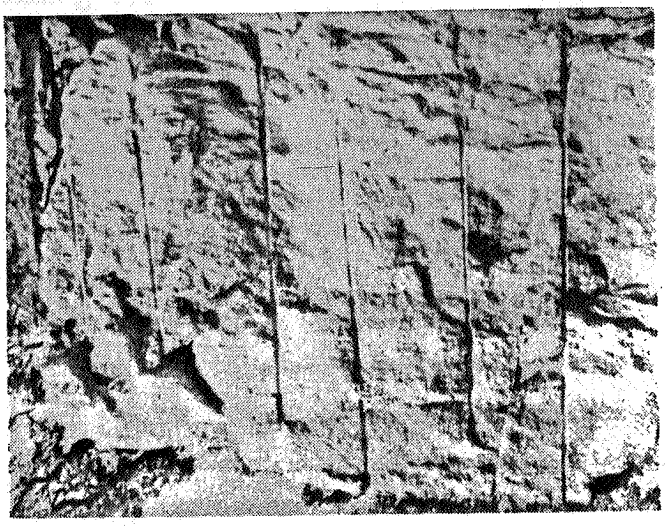
علی‌رغم ترس از تخریب ناخواسته سنگ، "شراره" وسایرین حفرگالری را در سنگ، مخصوصا "اگر به شکل تونل ایجاد شود، آنرا یک امتیازی در جهت شناسائی مستقیم شالوده می‌دانند.

وجود پیزومترها در سمت پائین دست پرده تزریقی ونزدیک آن ممکنست در جهت عکس ایمنی برشبکه جریان تاثیر بگذارد و به عنوان نتیجه‌ای از گرادیان هیدرولیک افزایش یافته در مجاورت گمانه ها، فرسایش های جزئی را فعال نماید. چنین فرسایشی، یعنی شسته شدن ریزدانه ها را البته باید بوسیله فیلترهای مناسب در اطراف لوله های پیزومترها ممانعت نمود. به منظور اطمینان از جای گرفتن دقیق مواد فیلتری دایره‌ای اطراف لوله ها، گمانه ها باید به اندازه مناسب لوله ها حفر شوند، مثلا" به قطر ۸۰ میلیمتر برای لوله های به قطر ۵۰ میلیمتر (شکل ۲).

خاکهای ریزدانه فاقد چسبندگی ممکنست بوسیله فیلتر متوقف نشده و به سمت بالا جابجا شوند که در اینصورت به ایمنی صدمه می‌زنند. نمونه این پدیده را می‌توان در شالوده زیر سد Mornos مشاهده نمود. از اینرو در این سد پیزومترها را بجای اینکه در نقاط نزدیک پرده تزریقی نصب کنند در پنجه سد مستقر کردند. این تصمیم بعد از تستهای آزمایشگاهی روی خواص رس های پراکنده شونده میلونیت گرفته شد. خواص پراکندگی خاک، همچنین در بعضی از گمانه های بازدرگالری های تزریق ولی قبل از عمل تزریق مشاهده شده است.

جدول : نام ومحل تعدادی سدهای باگالری بازرسی

	نام سد	نام کشور	نوع سد	ارتفاع (متر)	حجم (مترمکعب 10^6x)	سال تکمیل	ماخذ
۱)	Mornos	یونان	شن ، با مغزه مرکزی سیلت رسی	۱۳۰	۱۷/-	۱۹۷۸	۹ و ۱۰
۲)	Bolgenach	اتریش	شن وقلوه سنگ با هسته مرکزی ازخاکهای یخچالی (moraine)	۱۰۰	۱/۳	۱۹۷۹	۱۱
۳)	Aabach	آلمان غربی	مطبق سنگ آهک سیلت سنگهای هوازده ، آب بندی بوسیله مغزه وپوشش	۴۴	۱/۳	۱۹۷۹	۴
۴)	Shen River	نیجریه	همگن ، لاتریت	۳۵	۱/۷	۱۹۷۹	۵
۵)	Daisetsu	ژاپن	پاره سنگی با مغزه مرکزی	۸۷		۱۹۷۵	۶
۶)	Mattmark	سوئیس	مطبق . با موادمرابنی ومغزه مایل	۱۲۰	۱۰/۴	۱۹۶۷	۱۲و ۱۳
۷)	Gepatsch	اتریش	شن وقلوه سنگ ، با مغزه مرکزی ازمواد مرابنی	۱۵۳	۷/۱	۱۹۶۶	۱۴
۸)	High Island	هنگ هنگ	پاره سنگی با مغزه آسفالتی	۱۰۱ ۱۰۹	۶/۷ ۳/۹	۱۹۷۸	۱۵
۹)	Formitz	آلمان غربی	مطبق با مغزه مرکزی رسی	۳۳	۰/۵	۱۹۷۶	۷
۱۰)	Pueblo Viejo	گواتمالا	پاره سنگی با مغزه مرکزی رسی	۱۱۰	۳/-	دردست ساختمان	
۱۱)	Bigge	آلمان غربی	پاره سنگی با غشاء آب بنددربالادست	۵۷	۱/۹	۱۹۶۵	
۱۲)	Nyaunggyat	برمه	پاره سنگی با مغزه مرکزی ازسیلت ماسه ای	۸۲	۴/-	دردست ساختمان	
۱۳)	Oroville	ایالات متحده	قلوه سنگی- شنی با مغزه رسی مایل	۲۳۶	۵۹/۶	۱۹۶۸	۱۶
۱۴)	Binga	فیلیپین	پاره سنگی با مغزه رسی مایل	۱۰۷	۱/۹	۱۹۵۹	۷
۱۵)	Tavera	جمهوری دومینیکن	پاره سنگی با مغزه رسی مایل	۸۲	۱/۹	۱۹۷۴	۱۸



شکافتن سنگ به روش پیش شکافی

تزریق از یک گالری ممکنست موجب خردشدن هیدرولیکی اطراف گالری ودربخش مجاورمغزه گرددبدون اینکه موردتوجه مجری تزریق قرار گیرد. بطوریکه درشکل (۴) نشان داده شده است، این خطرفقط درشرایطی امکانا "اتفاق می افتدکه فضای پشت گالری، بجای بتن بطورنامناسبی با مواد مغزه ای پرشده باشدیا درحالتی که شکستگی های بازدرمحل اتصال مغزه وزمین زیرسطحی وجودداشته باشند. این پدیده مربوط به عملیات معمولی بهسازی شالوده درفرایندتزریق تحکیمی آن (به شکل ۳ مراجعه شود) می باشدکه به منظور انسداد این شکستگی ها قبل ازریختن مغزه باید انجام گیرد. به علاوه درشرایط فعلی از امکانات، کاربرد دستگاههای خودکارثبت فشار، مسئولین اجرا را قادرمی سازدتا درصورت شروع شکست هیدرورلیکی، اگرمقتضی بدانندفشارتزریق راکاهش دهند. شتلیگ وبرت (Schetelig and Breth) نمونه ای از یک گسیختگی حاصل از پایپینگ راکه دراثرپرکردن نادرست فضای پشت گالری اتفاق افتاده است گزارش داده اند.

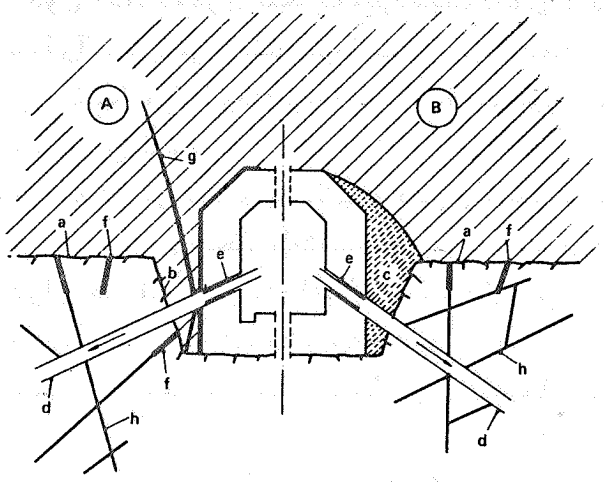


Fig. 4. Backfilling and contract grouting around a gallery, where A = incorrect and B = correct method; a = foundation level, b = core material, c = lean concrete, d = borehole, e = packer, f = sealing of open cracks (after excavation), g = hydraulic fracturing of core material and h = joint sealing.

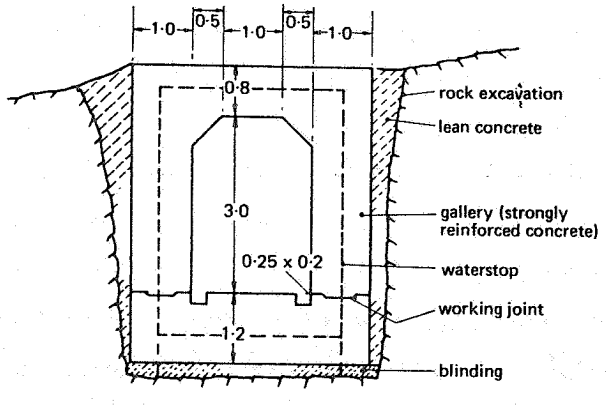


Fig. 5. Cross-section of gallery below the dam foundation at Pueblo Viejo, Guatemala. Dimensions are in metres.

زلزله‌های فوق العاده‌قوی منجربه‌خطرآسیب دیدن گالری می‌شوندکه متعاقب آن‌آب بردگی وسیل می‌باشد. این پدیده، نقش کنترل را از گالری سلب می‌کندوگالری آسیب دیده‌به‌صورت یک سیستم زهکش خیلی موثرعمل می کند.

این آسیب دیدگی سرانجام‌به‌شتاب یافتن زه‌وخطرفرسایش وپاییپینگ در مجاورت مغزه‌می‌انجامدکه‌به‌تخریب سدمنجرخواهد شد. هر چندبه‌هرحال می توان عواقب این اثرات رابوسیله‌طراحی مناسب گالری ازبین برد، واین درصورتیست که‌به‌جزئیات اجرا، مانندرنظر گرفتن درزهای اتصال، محل مناسب درزها، وطول قطعات مختلف، توجه‌کافی مبذول گردد.

تاکنون چنین مواردخطرناکی ازصدمات گالری ها تجربه و گزارش نشده است. ازاین گذشته‌انتظارنمی‌رودکه سدی مستقیما" روی گسلی بناشودکه‌این گسل به‌لحاظ لرزه‌ای فعال بوده‌ویاجابجائی نسبی طرفین آن درضمن یک زلزله‌تاآن حدباشدکه ازحدمقاومت گالری فراتررود.

نمونه‌هائی ازسدهای شامل گالری ها درنواحی زلزله‌خیزساخته شده‌اندکه‌مهندسین طراح آنها توجه‌صریح وکافی درعواقب نهائی حاصل اززلزله‌ننموده‌اند. تعدادمعدودی ازاین سدها درجدول داده‌شده‌اند (شماره‌های ۱، ۵، ۸، ۱۰و۱۵ درجدول). ردیابی وبررسی تاریخچه‌لرزه خیزی دراین گالری ها ممکنست جالب توجه‌باشد. شتاب ماگزیمم‌زمین درحدود ۰/۲g گزارش شده‌است. درسد Mornos، تکراروقوع روبه افزایش زلزله‌ها بابزرگی تا ۳، وبافاصله‌کانونی کوتاهتر از ۱۰ کیلومتر (حدود ۱۰۰ دفعه‌درضمن ماههای مارچ-واپریل سال ۱۹۸۰) ثبت شده‌است. از بررسی اندازه‌گیری‌ها می‌توان نتیجه‌گرفت که کانون این زلزله ها درفاصله‌ناچیزی ازسدقراردارندولی جنبش هائی رابه‌سدتحمیل ننموده‌و نیزخسارتی به‌گالری واردننموده‌است.

تفصیل جزئیـات سـاخت گالری

ازاین حقیقت نمـی‌توان صرفنظرنمودکه‌یک گالری کنتـــرل از جنس‌بتن یک عضو اضافی نامتجانس درون یک سدخاکریزیا پاره‌سنگی است، اما تاثیـر آن را می‌توان به‌حداقل رسانیدیا این تاثیـــر را بوسیله‌روش های اجرائی مقتضی جبران نمود.

یک گالـری کنترل بایددرزیرتراز سطح قاعده‌سدوحتی‌المقدور بافاصله‌زیادازقاعده سـد قـرارگیردوبخش بالائی آن نبایددربخش آب بندسدقرارگیرد (شکل ۵). رعایت این نکته‌به‌منظوراجتناب از پیدایش وتوسعه‌ترکهـای حاصل ازنشست های اختلافی دربالاواطـــراف گالری می‌باشد.

به‌منظـور امکان انجام‌تزریق، فضای داخل گالری کنترل باید مناسب‌طرح شود. حداقل ارتفاع آن ۲/۵ متروحداقل عرض‌آن ۲ متـر باشد. فضای محـدودترموجب مشکل شدن حفاری وتزریق می‌گـــردد و هزینه‌ها را درمقایسه‌با یـک فضای عریض‌تر افزایش می‌دهد. درگالری‌های باعرض‌کمترحفاری گمـانه‌های مایل ساده‌جهت تزریق تقاطعی ممکنست غیرممکن باشد. طول میله‌های منفردحفاری برای گمانه‌های عمیـــق محدود به‌ارتفاع گـالری است، ازاینروعدم‌ارتفاع کافی عملا"منجر به‌انحراف گمانـه‌هـا وافزایش هزینه‌حفاری می‌شود.

شرایـط و وضـعیت محافظ گالری ونیروهای عمل کننده‌برآن را می‌توان تخمین زد. ازجمله نیروهای موثر، نیروهای حاصل ازفشار تزریق می‌باشد که‌ناحیـه‌تحت تاثیرآن چندان مشخص نیست. بنابراین توصیه‌می‌شود که‌ابعـادمقاطع‌بتنی ازحدودتعیین شده‌کوچکترنباشنـد. براساس‌یک قاعده عمومی طرح دیوارچنان باشدکه‌عرض‌آن برحســـب سانتیمتربرابر ارتفاع سدبرحسب متر باشدودرهرحال حداقل‌آن‌کوچکتر از ۸۰ سانتیمترمجازنیست. درصدتسلیح دردیوارگالری درحدود ۶۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم درهرمترمکعب ازبتن مصرفی (شکـل ۵) درنظـــر گرفته‌می‌شود.

بتن باید در مقابل آب کاملا" عایق باشد. تامین این هدف مستلزم یک حداقل عرض ۶۰ سانتیمتر برای دیوار است و اینکه بتن از نوع B25 (استاندارد آلمانی DIN1045) انتخاب شود و نسبت ریزدانه آن حدود ۴۰۰ کیلوگرم دانه‌های بسیار ریز در هر متر مکعب از بتن (از مخلوط بتن و دانه‌های بسیار ریز) منظور گردد.

درزهای اتصال و طول قطعات باید برطبق میزان نشست نسبی قابل انتظار طراحی شوند تا قطعات مجاز توانائی تحمل نشست‌های احتمالی را بدون بروز خسارت داشته باشند. همچنین باید میزان توانائی عایق بندی ها در برابر تغییر شکل مورد نظر قرار گرفته باشد.

عملا" ثابت شده است که طول قطعات بتنی از ۶ متر تا ۱۲ متر مناسب و قابل قبول است و نیز عرض درزهای اتصال در محدوده ۲۰ تا ۴۰ میلیمتر می‌تواند جا بجائی زاویه‌ای دو قطعه مجاور را بطول ۱۰ متر به اندازه ۰/۲۵° تا ۰/۵° نسبت به یکدیگر میسر سازد و حداکثر انبساط لایه عایق واقع در کف گالری به ۴۰ میلیمتر محدود شود. این ارقام متناظر با یک مقدار ۴۰ میلیمتری نشست در محل درزها، و شعاع انحناء نشست حدود ۱/۲۵ متر (برای سدی به طول ۵۰۰ متر) می‌باشد. چنین مقادیری می‌تواند حاشیه کافی برای نشست های اختلافی قطعات مجاور را در قسمتهای مختلف گالری تامین کنند.

به منظور استحکام در برابر جا بجائی های حاصل از زلزله، رعایت نکات زیر مناسب است : قطعات مجاز کوچک و تسلیح آنها کاملا" قوی، کاربرد نوارهای مضاعف با خمش پذیری زیاد در درزها، تسلیح کششی تداخلی بین قطعات، و طراحی درزهای اتصالی عریض که بتواند خمش پذیری نوارها را افزایش دهد.

آب حاصل از زه باید در امتداد یک مسیر مشخص به سمت یک چاهک در پائین ترین بخش گالری زهکشی و هدایت شود. مسیر هدایت آب و چاهک باید از بابت زهکشی یا انتقال تمام آب، مواد جامد و آلودگی های حاصل از حفاری و تزریق با ظرفیت کافی و مطمئن باشد. در

این مورد معمولا" یک حوضچه رسوبگذاری برای مواد جامد ضروری است. توجه به این نکته لازم است که یک سیستم حفاری ممکنست برحسب روش حفاری، قطر گمانه و نفوذپذیری سنگ، حدود ۵۰ تا ۱۰۰ لیتر در دقیقه دبی خروجی آب داشته باشد.

قسمت های عایق کاری توجه مخصوص لازم دارد. این بخش ها باید بطور کامل اطراف سازه را احاطه نموده و نیز درزها را به طرف کف مسدود کنند. پوشش یافتن لبه های عایق ها برروی یکدیگر باید با دقت اجرا شود. اضافه کردن یک عایق آب بند در جهت طولی در درزهای اتصال بین کف گالری و دیوارها توصیه می‌شود.

نتیجه گیری

گالری های درشالوده سدها، کنترل دائم زه زیرسد را مستقیما" درپائین دست پرده تزریقی میسر می‌سازند. ساخت این گالری‌ها هم در سدهای با مغزه با مرکزی یا با دیافراگم و هم درسدهای با آب بندهای سطحی قابل استفاده است. ازطرفی کنترل زه زیرزمینی منجربه کنترل پدیده هائی چون نیروی زیرفشار، نشست، جابجائی و فشارآب منفذی درشالوده، و نیز در ارتباط با ویژگی های مربوط به میزان فرسایش و راندمان پرده تزریقی می‌گردد.

همچنین اندازه گیری و ثبت بعضی از وقایع درون سد و زهکشی آب درون آن با استفاده از وجود یک گالری ممکن می‌باشد. درمواردی که آب بندی با یک پردهٔ غشائی انجام می‌گیرد، زهکشی آب به سمت یک گالری یک روش کاملا" معمول می‌باشد و درصورتی که تمرکز نشت آب لازم باشد وجود گالری اجتناب ناپذیر است.

کنترل تمام این پدیده ها درضمن دورهٔ ساخت سد و درطول زمان عملکرد سد، یک روش نیرومند در پیش بینی رفتار سد و اطمینان از ایمنی آن می‌باشد. بنابراین، گالری ها را می‌توان بخشی از سیستم ایمنی سازه تلقی نمود.

وجود گالری درسد، آب بندی خاک زیرسطحی را میسر ساخته و اجرای کارتزریق را بدون تداخل با عملیات خاکریزی سد ممکن می‌سازد. به علت همین استقلال کارها می‌توان عملیات تزریق را برای شرایط غیرمنتظره زمین شناسی بدون تاخیر در سایر کارها تنظیم نمود و نیز تزریق اضافی بعد از پرشدن مخزن را، درصورت لزوم، به اجرا درآورد.

از طرف دیگر، ساخت یک گالری کنترل متضمن وقت گیری و هزینه است. خطر آسیب دیدن در اثر زلزله و تخریب محتمل بخش زیر سطحی در اثر حفاری لازم برای گالری باید مورد ملاحظه قرار گیرد. بنابراین بعضی از مهندسین تمایل دارند که از ساخت چنین سازه‌ای پرهیز کنند.

یک شرط اولیه در تصمیم‌گیری برای نساختن گالری، وجود شرایط زمین شناسی کاملا" شناخته شده و مناسب می‌باشد و نیز جدول اجرائی عملیات خاکریزی و عملیات تزریق چنان باشد که بدون تداخل با یکدیگر به نحو مناسب انجام پذیرد.

هر تصمیمی که درجهت عدم وجود گالری گرفته شود به معنی پذیرفتن کاهش کنترل سد است، در اینصورت اگر ایمنی یک سد تحت تاثیر قرار گیرد معلوم است که این صرفه جوئی هزینه قابل توجیه نخواهد بود.

References

1. BLIND, H., "Functions of Control Galleries of Dams", (in German), *Wasserwirtschaft;* April 1981.
2. PIRCHER, W., "Control Galleries of Embankment Dams", (in German), Institut für Wasserbau und Wasserwirtshaft, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule, Aachen, Germany.
3. SHERARD, J. L. ET AL., "Earth and Earth-Rock Dams", John Wiley, New York, USA; 1963.
4. IDEL, K. H., "Aabach—An Earthfill Dam with sealing Core and sealing Blanket", (in German), *Wasserwirtschaft;* April 1981.
5. KUTZNER, C., Interaction of Embankment Dam Control during Construction and first Reservoir Filling. ICOLD Congress Rio de Janeiro, Brazil; 1982.
6. JIDA, R. ET AL., Safety Monitoring of Dams during first Filling of Reservoirs, Q 49, ICOLD Congress New Delhi, India; 1979.
7. LIST, F., "Experiences during Construction and Reservoir Filling of Förmitz Dam with a Membrane Sealing and Grout Curtain", (in German), *Wasserwirtschaft;* March 1980.
8. SCHETELIG, K. AND BRETH, H., "Experience with a Reservoir with natural sealing of silty clayey overburden up extremely permeable rock", Question 45, ICOLD Congress, Mexico; 1976.
9. KUTZNER, C., "Development of required Safety Factors for Earth Dam and lateral Slopes at the Mornos Project", (in German), Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau, Baugrundtagung Mainz, Germany; 1980.
10. SCHEWE, L. D., "Mornos Dam, Greece—Dam Construction in sliding endangered flysch and carstified limestone", The Japan Dam Foundation, *World Dams Today;* 1977.
11. INNERHOFER, G., "The 100 m high Gravel Dam Bolgenach with a Moraine Core", (in German). *Wasserwirtschaft;* March 1980.
12. GILG, B., "The Grout Curtain below Mattmark Dam (in German)", *Schweizerische Gesellschaft für Bodenmechanik und Fundationstechnik*, No. 46; 1961.
13. THOMAS, H. H., "The Engineering of Large Dams", John Wiley, New York, USA; 1976.
14. SCHOBER, W., "Behaviour of the Gepatsch Rockfill Dam", Question 34, ICOLD Congress Istanbul, Turkey; 1967.
15. LEHNERT, I. H., "Bituminous Cores of two 100 m high Dams in Hongkong", (in German), *Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau*, No. 43; 1978.
16. SEED, H. B., "Considerations in the Earthquake-resistant Design of Earth and Rockfill Dams", *Geotechnique* No. 3; 1979.
17. ABESAMIS, E., "Philippines Activity in Dam Construction". Asian Institute of Technology; Symposium on Problems and Practice of Dam Construction in Asia; 1980.
18. FAHLBUSCH, F., "Multipurpose Project Tavera in the Dominican Republic" (in German). *Wasserwirtschaft;* May and June 1973.