مقدمه :

ابتدا باید توجه داشت که در حال حاضر تقریباً تمامی سدها (اگر نه تحقیقاً) یا از نوع بتنی و یا از نوع خاکریزند (اعم از خاکی، پاره سنگی و یا سنگریزه ای)، بنابراین از یک دیدگاه، سدها را می توان به دو نوع صلب و انعطاف پذیر تقسیم بندی نمود. سدهای بتنی و غلتکی از نوع صلبند زیرا هیچ گونه دگر شکلیهایی (بیش از حد مجاز در محدوده الاستیک) نه در بدنه سد و نه در شالوده و تکیه گاه برای آنها مجاز نیست. در مقابل سدهای صلب، سدهای خاکریز انعطاف پذیرند زیرا هم بدنه سد و هم شالوده و تکیه گاهها می توانند دگرشکلیهای نسبتاً زیادتری داشته باشند مشروط به آنکه در ابتدا و در طرح، این دگرشکلیها (حتی در چند متر نشت شالوده، ده سانتیمتر دگرشکلیهای مایل و افقی در بدنه سد) در نظر گرفته باشند. دگرشکلیها در سدهای خاکی پاره سنگی نه تنها در ضمن ساخت و تا پایان ساخت بلکه در دراز مدت و بتدریج نیز معمولاً ادامه دارد.

از دیدگاه ارتفاع، سدها را به سدهای بزرگ و کوتاه تقسیم می کنند (تعریف ICLOD). سدهای بلند به سدهای گفته می شود که ارتفاع آنها بیش از ۱۵ متر باشد و اگر کوتاه تر از ۱۵ متر ولی بلندتر از ۱۰ متر باشند یکی از شرایط زیر در آنها صادق باشد:

ظرفیت مخزن سد بیش از یک میلیون مترمکعب باشد و یا شرایط ژئوتکنیکی سایت با مشکلات خاصی مواجه باشد که نیاز به تحقیقات بیش از حد معمول داشته باشد، یا در طراحی سد مسایل خاص غیر معمول وجود داشته باشد و یا طول تاج بیشتر از ۵۰۰ متر و یا ظرفیت تخلیه سیلاب بیش از ۲۰۰۰ مترمکعب در ثانیه باشد.

واژه های سدهای مخزنی (جهت ذخیره آب در حجم قابل توجه)، بندها یا سدهای انحرافی (به منظور انحراف دادن مسیر آب و نه ذخیره آن)، بندهای سیلگیر، بندهای رسوبگیر، سدهای تغذیه مصنوعی، سد سرریز و سد غیر سرریز مفاهیم متعدد دیگری را از دیدگاه عملکرد سد نشان می دهد.

سدهای بتنی که تمام مصالح ساخت آن از بتن است و به انواع ثقلی، پشت بند دار، پایه دار، قوسی (تک قوسی، دو قوسی و چند قوسی) تقسیم می شوند.

سدهای خاکریز که از مصالح خاکی، پاره سنگی، سنگریزه ای احداث می شوند و دارای انواع اصلی خاکی و پاره سنگی می باشند. سدهای خاکی ممکن است همگن، منطبق، دیافراگمی، با مغزه مایل و یا با پوشش بالادست باشند و از دیدگاه روش ساخت تقریباً تمامی آنها در حال حاضر کوبیدنی می باشند جز تعداد معدودی که از نوع هیدرولیکی نامیده می شوند. سدهای پاره سنگی که انواع آنها به همان صورت انواع سدهای خاکی، ممکن است همگن با پوشش بتنی بالادست (CFRD)، یا با مغزه رسی وسیع مرکزی، مغزه رسی مایل و یا با دیافراگم میانی ساخته شوند.

سدهای از نوع بتنی غلتکی که به وسیله تراکم مخلوطی از خاک و سیمان و آب احداث می شوند از بعضی دیدگاهها مانند سدهای خاکی و از دیدگاههای دیگری چون سدهای بتنی عمل می کنند.

سدهای انفجاری که بوسیله انفجار بخشی از شیبهای کوه (سنگی یا خاکی) در تکیه گاهها و فروریختن سنگها و خاکها در دره و انباشته شدن آنها ساخته می شوند و در ایران هنوز ساخته نشده اند.

سدهای لاستیکی اصطلاحی است که برای بندهای لاستیکی که با ارتفاع کم به صورت مانعی در برابر حرکت آب به کار برده می شوند. این سدها به وسیله دمیدن هوا در بدنه سد در محل مورد نظر احداث می شوند.

سدهای مختلط به سدهای گفته می شود که بخشهای آنها از مصالح متفاوت ساخته می شوند. این چند بخشی بودن را می توان در عرض سد مشاهده نمود (نیمی خاکی و بخشی از آن از سنگها و بتن مسلح)، یا اینکه در امتداد طول سد از مصالح متفاوت بهره گرفته شود (مثلاً بخش میانی سد از نوع خاکی و حاشیه ها بتنی، یا بخش میانی از نوع بتنی وزنی و حاشیه ها از نوع خاکی باشد).

انحراف آب رودخانه :

انحراف دادن آب رودخانه از مسیر طبیعی آن، اعلام بخش شروع عملیات اجرایی ساخت سد است. در صورتی که دبی آب زیاد نباشد می توان به وسیله لوله های مناسب آب را به پائین دست هدایت نمود و ساخت سد را در محل آن اجرا کرد. برای دبیهای زیاد، ضرورتاً فرازبند و تونل یا کالورتهای مناسب در نظر گرفته می شود. آب رودخانه پس از ورود به تونل انحراف، غالباً به محلی دور تر از ساختگاه سد به رودخانه وارد می شود و معمولاً احداث نشیب بند ضرورت می یابد تا این آب خروجی به محل ساخت سد برنگردد.

بسیاری از فرازبندها بعداً به صورت بخشی از بدنه بالادست قرار می گیرند. روشهای ساخت فرازبندها با مصالح موجود و ارتباط مراحل ساخت با وضعیت رودخانه در زمانهای مختلف بستگی به شرایط منطقه، ارتفاع آن و تغییرات و مقدار دبی آب رودخانه دارد. در بعضی می توان آب رودخانه را ابتدا از یک کانالی که در کنار رودخانه خاکبرداری می شود منحرف نمود و سپس در کنار دیگر رودخانه کالورت مورد نظر را احداث کرده و آب را به درون آن برگرداند. کالورتها نسبت به تونلها به لحاظ بررسی نشست بعد از ساخت سد روی آنها و نیز آب بند بودن دائم در زمان بهره برداری سد تمهیدات و بررسیهای اضافی نسبت به تونل انحراف نیاز دارد.

برداشت و حمل مصالح :

برداشت و حمل مصالح برای ساخت سد به وسیله انواع ماشینها و حفارها، برحسب شرایط و امکانات انجام می گیردف امروزه از کامیونهای (Trucks) تا ظرفیت ۸۰ مترمکعب و اسکریپرهای با ظرفیت ۴۰ مترمکعب به خوبی استفاده می شود. مصالح ریزدانه را حتی المقدور باید در دوره های خشک برداشت و حمل نمود، ولی در مورد مصالح درشت دانه، در هردو شرایط تر و خشک میّسر است. کوبیدن و متراکم کردن خاک با ماشین آلات سنگین برای احجام بالا با روطوبت کم مناسب است و تراکم زیادی حاصل می شود ولی برای رطوبتهای زیاد توصیه نمی شود زیرا خاک از زیر وزن زیاد ماشینهای سنگین رانده می شود و این می تواند بین کارفرما و پیمانکار اختلاف نظر ایجاد کند و باعث وقفه احتمالی کار شود، بنابراین قبل از شروع اجرا باید پیمانکار، مشاور و کارفرما بر سر کل مساله و ماشین آلات به توافق برسند و روی کاغذ بیاورند.

مصالح خاکی مورد نیاز باید در محل موجود باشد یا از فاصله کمی که اقتصادی باشد حمل شود، جز مصالحی که با حجم کمتر مورد نیاز است مثل مصالح فیلتر، زهکش و سنگچین که می توان خریداری نمود یا از محلّ دورتری حمل شود. معمولاً مصالح حاصل از حفاری سرریز، گودبرداریها و تونل انحراف و ... را می توان به عنوان مصالح درهم برای بخشهایی که دانه

بندی خاصی در نظر گرفته نشده است به کار برد و از آنها برای سنگچینی یا پنجه سنگی استفاده نمود.

مصالح گرفته شده از بالادست سد در محور رودخانه معمولاً رطوبتی بیش از رطوبت مورد نظر دارد، لذا خشک کردن آنها ممکن است اقتصادی و یکنواخت نباشد. مخلوط کردن مصالح از دو یا چند منبع قرضه جهت حصول دانه بندی خاص معمولاً قابل اطمینان نیست.

مناسب است جدولی تهیه گردد که در آن حجم یا وزن مصالح مورد استفاده و مورد نیاز و حجم مصالح حفاری شده یا پیش بینی شده برای حفاری و مصالحی که باید خریداری شود و نیز حجم مصالحی که احیاناً برای پرکردن منابع قرضه باید مصرف شود در آن جدول گردآوری شود. همچنین درصد انبساط حجم مصالح یا آب رفتگی آنها مشخص گردد.

مصالح سنگی برای ساخت سد پاره سنگی یا بخشهای سنگچین سد باید دارای مشخصات ذیل باشد :

دوام زیاد در برابر آفتاب و آب و گذشت زمان و مقاومت تک محوری حدود ۸۰۰ کیلوگرم نیرو بر مترمکعب، همچنین هنگام تخلیه از کامیون، لودر یا جابه جایی به وسیله وسایل مناسب آن نباید خردشدگی زیاد پیدا کند زیرا همواره باید آب گذری بسیار زیاد داشته باشد. معمولاً مصالح سنگی حاصل از انفجار یا حاصل از سنگبرداری تونلها و محلّ سرریز، ممکن است در ابتدا مقاومت کافی و سیمای ظاهری سخت نشان دهند ولی به مرور زمان، در اثر تر و خشک شدن و یا حمل و نقل خرد شوند و به صورت یک مخلوط درهم درآیند که در این صورت برای بخشهای درهم مناسبند ولی برای بخش سنگریز مناسب نیستند. این پدیده را به سهولت می توان از مغزه های حاصل از گمانه زنی هم مشاهده نمود. معمولاً مغزه های تازه محکم و مناسب به نظر می رسند ولی باید دید با گذشت زمان یا تر و خشک شدن چگونه می شوند. سنگهایی از نوع شیل، شیل سیلتی، رس سنگ و کلیه سنگهای حاوی رگه های نازک رسی، حتی ماسه سنگهایی که سیمان بین دانه های آنها چسبندگی کافی نداشته باشند، از انواع سنگهای نامناسبند. به طرق مختلفی به شرح زیر می توان مناسب بودن سنگ را بررسی نمود :

الف – خرد کردن قطعات در زیر پاشنه کفش یا شکستن مغزه سنگ با استفاده از چکش.

ب- قراردادن جعبه مغزه ها به صورت روباز در کارگاه در معرض آفتاب، باران و نوسان دما.

ج- انجام آزمایشهای یخ زدگی و ذوب یخ ها .

د- آزمایش بررسی دقیق سنگ توسط سنگ شناسان.

ه – ساخت خاکریز آزمایشی.

و – مشاهده و بررسی حفاریهای جاده در نزدیکی کارگاه با تشکیلات زمین شناسی مشابه و یا مشاهده خاکریزهای جاده هایی که با مصالحی با منشاء زمین شناسی یکسان ساخته شده باشد.

مصالحی که برای فیلترها و زهکشی ها به کار برده می شود باید تحت آزمایش دوام و آزمایشهای شیمیایی قرار گیرند تا اطمینان حاصل شود که در اثر عبور آب بر آنها یا وزن لایه ها یا تراکم، دانه بندی و استحکامشان از بین نرود.

ملاحظات اجرایی در ساخت سدهای خاکی و سنگریزه ای :

مقدمه :

پس از انتخاب پیمانکار و دریافت اطلاعات کاملی از پروژه اولین گام، تحویل زمین با حضور نمایندگان کارفرما ، نظارت مقیم و پیمانکار می باشد که بین آنها صورتجلسه می‌شود . پس از آن پیمانکار برنامه زمانبندی خود را با توجه به شرایط پروژه وامکانات خود به دستگاه نظارت ارائه می دهد .

در قدم اول پیمانکار باید به بررسی وشروع عملیات اجرایی راههای دسترسی اقدام نماید. روش کار به این طریق است که نقشه‌های جزئیات را پیمانکار براساس نقشه‌های اصلی مشاور و برداشتهای نقشه‌برداری تهیه و به دستگاه نظارت جهت تایید ارسال می شود. احداث راههای دسترسی باید به نحوی باشد که محل جاده‌ها در طول اجرای کل پروژه تغییر نکند چون دوباره کاری است و هزینه اضافی را موجب می شود حتی الامکان بهتر است جاده‌ها یکطرفه باشند تا به این وسیله تصادفات کمتر شود .

بلدوزر ، لودر ، گریدر ، غلطک و تراک میکسر از معمول ترین ماشین آلات راهسازی هستند که بکارگیری می شوند. با توجه به شرایط پروژه ، توپوگرافی و جنس زمین در صورت نیاز باید از ماشین آلات دیگری مانند بیل مکانیکی ، Jack hammer یا پیکور ، دریل واگن وغیره استفاده کرد . در طول اجرای پروژه اگر پیمانکار هنگام اجرا به مواردی برخورد نماید که در نقشه‌ها دیده نشده باشد، موارد را به اطلاع دستگاه نظارت مقیم رسانده و درخصوص نحوه اجرای هماهنگی لازم صورت می‌گیرد و با نظارت صورتجلسه می‌شود . نحوه پرداخت هزینه پروژه به این صورت است که پیمانکار صورت وضعیت ماهانه را تنظیم وبه دستگاه نظارت تحویل می دهد و دستگاه نظارت پس از بررسی اعلام نظر می نماید. پیمانکار نیز نظرات خود را به همراه مدارک مستند مانند صورتجلسات، برداشتهای نقشه‌برداری وغیره ارائه نموده نتیجه به کارفرمای طرح ارائه می شود .

تجهیز کارگاه :

در پروژه‌های بزرگ تجهیز کارگاه، خود پروژه‌ای محسوب می شود. در مرحله تجهیز کارگاه از اولین کارها احداث کانکس‌های موقت است .احداث اتاقک نگهبانی وفنس کشی دور محوطه پیمانکار نیز در ابتدا انجام می شود . فضاهای که در مرحله تجهیز کارگاه براساس نقشه‌های مشاور باید احداث گردند طبق روال ابتدا ریز شده و در نقشه‌های جزئیات به تایید نظارت می رسد و سپس اجرای آنها شروع می‌شود . فضاهای معمول تجهیز کارگاه در یک پروژه سدسازی عبارتند از :

-کانکس‌های اداری شامل دفاتر ریاست کارگاه، ریاست دستگاه نظارت، دفتر فنی نظارت، دفتر فنی پیمانکار ، اتاق جلسات، سالن اجتماعات، نمازخانه ، سرویسهای بهداشتی ، دفاتر امور اداری ، امور مالی ، امور پشتیبانی، دبیرخانه ، مخابرات و ... .

-کانکس‌های کمپ مسکونی شامل خوابگاه مدیران ومهندسان ، خوابگاه کارمندی و کارگری ، انبار کمپ ، آشپزخانه و کلوپ (سالن تلویزیون) .

-کانکس‌های ساختمانها و تاسیسات اجرایی شامل : رختکن و اتاق استراحت مهندسین وکارگران ـ انبارها ـ آزمایشگاه ـ تعمیرگاه ماشین آلات ـ کارواش ـ بچینگ وتاسیسات وابسته مانند کولینگ و یخ‌سازها ـ کانکس‌های واحد برق ، تراشکاری، کارگاه چوب، کارگاه فلز ، سوله آرماتوربندی، انبار ناریه واتاق پرسنل آتشباری، پمپ بنزین، اتاقهای پرسنل ماسه شویی و سنگ شکن وپست برق، باسکول ، سیلوی سیمان و انبار آن، کمپرسورخانه، سایبان دیزل ژنراتور، منبع آب ، منبع سوخت، ساختمان بهداری، ایمنی وآتش نشانی، تیرهای چراغ برق، سپتیک‌ها وغیره .

محل هر یک از آیتمهای فوق که در پلان جانمایی کارگاه مشخص می شوند باید به نحوی باشند که در مسیر جاده یا محل احداث سازه‌های وابسته قرار نگیرند .

عملیات اجرایی سد :

با توجه به اسناد ارزیابی آیتمهای اجرایی یک سد عبارتند از : حفاری پی و تکیه گاه سد وتحکیمات ، احداث دیوار آب بند و پرده آب بند، حفاری سرریز و آبگیر ، خاکریزی بدنه سد ونصب ابزار دقیق، بتن ریزی سرریز و آبگیر که در ذیل روش اجرای آنها خواهد آمد. .

حفاری پی سد وتکیه‌گاههای جناحی:

کلا" عملیات خاکی مانند خاکبردرای وحفاری وابستگی زیادی به ماشین آلات دارد. بلدوزر ، لودر ، کمپرسی، بیل مکانیکی، بیل شاول، داپتراک، دریل واگن ، جک هَمِر، از انواع ماشین آلات کاربردی در عملیات خاکی هستند . یکی از مسائلی که در اجرای پروژه‌ها باحجم خاکبرداری زیاد مطرح است تعیین محل دپوی خاکهای حاصل از حفاری وخاکبرداری است که باید قبل از شروع عملیات با هماهنگی دستگاه نظارت، محل دپو مشخص گردد .

الف ــ خاکبرداری پی :

حفاری وخاکبرداری پی تا جایی ادامه پیدا می کند که به لایه نفوذ ناپذیر مانند سنگ برسیم. با توجه به اینکه در پروژه‌های سدسازی معمولا" سطح آبهای زیرزمینی بالا می‌باشد اگر در حین خاکبرداری به آب رسیدیم با تعریف ایستگاههای پمپاژ و اجرای زهکش‌ها و سپس لجن برداری توسط بیل مکانیکی یا بلدوزر با تلاقی عملیات حفاری را ادامه می دهیم. اگر در کار لجن برداری با مشکل مواجه شدیم می توان اندکی خاک خشک به لجن اضافه کرد و سپس آنرا با لجن میکس کرد و بعد اقدام به بارگیری وحمل نمود . در حفاری پی سنگهای سست باید برداشته شود که بسته به حجم سنگ می توان از جک همر یا دریل واگن و انفجار نسبت به برداشتن سنگ اقدام کرد .

ب ــ حفاری تکیه‌گاه :

خاکبرداری وحفاری تکیه‌گاه نیز معمولا" تا رسیدن به جنس مناسب مصالح ادامه پیدا می‌کند. در احداث سدها خاکبرداری تکیه‌گاه با شیب مناسب ومطابق طرح از مسائل مهم به شمار می رود . در زمینهای خاکی عملیات خاکبرداری با بلدوزر و با هدایت مباشر عملیات خاکی براساس سرشیبهای پیاده شده توسط نقشه‌بردار انجام می‌شود تا شیب مناسب در خاکبرداری

حاصل آید . در زمینهای خاکی با حجم سنگی پایین وحفاری با جک همر باید همر دستگاه در زاویه مناسب قرار داشته باشد و در زمینهای سنگی که حجم سنگ بالا است و نیاز به انفجار دارد چالهای حفر شده توسط دریل واگنها باید زاویه مطلوب را داشته باشد . در خاکبرداری همواره باید توجه داشته باشم که مسیرهای دسترسی را قطع نکنیم. همچنین باید مراقب بود تا با کسر حفاری مواجه نشویم چرا ممکن است بعدا" اصلاح کم حفاری‌ها به دلیل عدم وجود دسترسی غیرممکن گردد و عملیات اجرا نظم خود را از دست بدهد . در جاهایی که حفاری وخاکبرداری بیشتر به علت محدودیتهای توپوگرافی مقدور نباشد یا هزینه بیشتری را موجب شود یا به هر دلیل دیگری نخواهیم حفاری ادامه پیدا کند با توجه به جنس ونوع مصالح ترانشه باید آنرا تحکیم کرد. تحکیمات با توجه به نوع پروژه، جنس مصالح و زمین، موقعیت سنگها و واریزه‌ها انواع مختلفی دارد :

استفاده از بتن پاشی در یک یا دو لایه یا بیشتر ، بستن مش در لایه‌های شاتکریت (بتن پاشی) توسط سیم انتظار استفاده از راک بولتها وانکرها و تزریق تحکیمی دوغاب سیمان (در صورت نیاز جهت مهار قطعات سنگی ترانشه) استفاده از دیوار حائل بتنی یا سنگی وغیره .

در پروژه‌های سدسازی برای اینکه جلوی آبهای نشتی از زیر بدنه سد را بگیرند باید پی سد را در برابر آب درحد قابل قبول نفوذ ناپذیر نمایند. این کار معمولا" بوسیله تزریق دوغاب سیمان به لایه‌های زیر پی سد در زیرهسته رسی انجام می شد که به احداث پرده آب بند یا پرده تزریق معروف می باشد .در سد خاکی با هسته رسی و دیوار آب بندی، اگر منظور احداث دیوار آب بند به منظور آب بندی پی سد باشد می توان از مطلب زیر استفاده کرد .

احداث دیوار آب بند در پی سد:

اگر به دلیل سست بودن و تخلخل زیاد لایه‌های ریزپی از نظر زمین شناسی، روش پرده تزریق کارایی لازم را نداشته باشد ذیل عمل خواهیم کرد :

ابتدا مقدمات کار یعنی احداث حوضچه گل، دیوارهای راهنما و سکوی حفاری می بایست انجام شود .

احداث حوضچه ها :

ابتدا حوضچه‌های گل تازه، گل کارکرده، آب تازه و ایستگاه پمپاژ ساخته می شوند . ابعاد حوضچه‌های گل براساس عمق پانل ومشخصات خاک بستر تعیین می‌گردد. باتکمیل حوضچه‌ها کار نصب لوله وپمپ انجام می شود .

ساخت دیوارهای راهنما :

به منظور هدایت وکنترل کاتر دستگاه حفاری ، دیوارهای زوج راهنمابا بتن ساخته می شوند . برای سکوی حفاری نیز یک پلتفرم یا محل صافی را خاکبرداری یا خاکریزی کرده با غلطک می کوبند تا دستگاه حفار در آنجا قرار گیرد .

حفاری پانلهایی به عمق حداکثر ۸۷ متر وعرض حدود ۰/۸ متر وطول ۲/۴ متر توسط دستگاه هیدرو فرز انجام می‌شود . پانلها بصورت اولیه وثانویه حفای می شوند به این طریق که بین پانلهای اولیه حفاری شده، پانلهای ثانویه حفاری می‌شوند تا یکپارچگی دیوار آب بند تامین گردد یعنی به صورت یک در میان اولیه وثانویه حفر می شوند . در هنگام حفاری، مصالح حاصل

از حفاری بهمراه گل حفاری به واحد تصفیه گل هدایت شده و پس از جدایش مصالح از گل حفاری، دوباره گل حفاری به داخل پانل هدایت می‌شود. گل حفاری در اصل کار تامین پایداری ترانشه حفاری شده را انجام می دهد .
در حین حفاری مشخصات گل دائما توسط آزمایشگاه کنترل می‌گردد. با اتمام عملیات حفاری عملیات بتن ریزی توسط لوله ترمی آغاز می‌شود. بتن ریزی در شرایطی صورت میگیرد که پانل از گل حفاری پر است .براساس مشخصات طرح پانلها براساس بتن پلاستیک (بتن بنتونیت‌دار) یا بتن سازه‌ای پر می‌شوند . بتن پلاستیک از مقاومت فشاری کم ولی مدول ارتجاعی و نفوذناپذیریی بالایی برخوردار است . در پروژه‌هایی که از دیوار باربری بالایی انتظار می‌رود قبل از بتن ریزی ابتدا قفسه آرماتور نصب می شود در غیر این صورت در دیوار آرماتور به کار نمی رود .

اجرای پرده آب بند یا پرده تزریق :

۱- در اکثر پروژه‌های سد سازی ابتدا چالهای اکتشافی حفاری می شود وپس از کرگری و بررسی جنس لایه‌های زمین اقدام به تصمیم گیری درخصوص احداث پرده تزریق می‌شود.

۲- تزریق یکی از رشته‌های تخصصی ژئوتکنیک محسوب می شود .

۳- تعیین جزئیات روش اجرایی معمولا" از ابتکار پیمانکار نشأت می گیرد .

۴- پیمانکار لازم است در طی آزمایشهایی دوغابهای مختلف را مورد بررسی قرار دهد .

۵- طبیعت پنهان کارهای تزریق اقتضاء می کند که پیمانکار از کارهای انجام شده در هر مرحله نتیجه گیری وارزیابی داشته باشد و با هماهنگی نظارت کارهای بعدی را با نتایج بدست آمده برنامه ریزی کند .

۶- برای اجرای پرده تزریق ابتدا مقدمات آنرا فراهم می کنندین مقدمات شامل موارد زیر میباشد :

آماده سازی سکوی تزریق ـ تجهیزات آزمایشگاه صحرایی جهت انجام آزمایشات دوغاب سیمان ـ تهیه دبی سنج و فشارسنج ثابت جهت بالا بردن دقت آزمایش لوژن (نفوذپذیری آب و ترزیق دوغاب سیمان)، خرید سیمان با استعلام از کارخانه‌های سازنده بصورت بسته بندی شده .پس از فراهم آوردن مقدمات ابتدا شروع به حفاری گمانه‌های تزریق می نمایند. برای جلوگیری از ریزش دیواره گمانه‌ها روشهای مختلفی وجود دارد که بستگی به شرایط پروژه و قطر گمانه وجنس زمین دارد. یکی از کاربردی‌ترین روشها کیسینگ گذاری گمانه است . پس از حفاری گمانه‌ها دستگاههای تزریق در محل شروع به تزریق می نمایند. هرچه بلین سیمان بیشتر باشد برای تزریق مناسبتر است. چون در شیارها وحفره ها بهتر نفوذ می کند . البته انتخاب بلین سیمان بستگی به شرایط زمین شناسی دارد . در هنگام تزریق مشخصات سیمان مانند بلین و میزان سیالیت دوغاب کنترل می گردد. دوربین‌های تلویزیونی برای مشاهده اندازه ، تعداد ، کیفیت درزها و نیز دستگاه اتوماتیک اندازه‌گیری دوغاب مصرفی از ابزارهای مهم در عملیات اجرایی تزریق محسوب می شود .

خاکریزی بدنه سد :

یکی از مهمترین مسائل در پروژه‌هایی که حجم خاکریزی زیادی نیاز دارد تامین محل قرضه مناسب می باشد تا حدی که

ممکن است به دلیل عدم وجود تامین مصالح پروژه را غیراقتصادی کند. وجود معادن مانند معدن رس در سدهای خاکی در نزدیکی محل پروژه می‌تواند به توجیه پذیر بودن پروژه از لحاظ اقتصادی کمک کند. برای تامین سایر انواع مصالح در سدهای خاکی مانند فیلتر ، درین ، کوبل و سنگریزه و ریپ راپ راههای مختلفی موجود است بعنوان مثال برای تامین فیلتر احداث پلانهای ماسه شویی معمولا" اجتناب ناپذیر است . همچنین ممکن است مثلا" برای تامین سنگریزه از مصالح حاصل از انفجارات سرریزها و آبگیرها استفاده شود که این موارد بستگی به نوع مصالح بدنه سد و جنس زمین اطراف سد دارد .

یکی از مبناهای اصلی شروع خاکریزی سدها اجرای خاکریز آزمایشی است که می تواند همزمان با حفاریهای پی سد انجام شود. هدف از اجرای خاکریز آزمایشی مشخص نمودن مقدار Max تراکم مصالح موجود به وسیله تغییرات درصد رطوبت، ضخامت لایه، تعداد عبور غلطک، نوع غلطک، سرعت غلطک، وزن غلطک می باشد .

قبل از اجرای خاکریزی، بستر وپی باید از نظر مشخصات فنی به تایید دستگاه نظارت برسد وهر قسمت از بستر آماده خاکریزی شده توسط پیمانکار تحویل بستر به نظارت انجام شده و صورتجلسه شود. سپس دستگاه نظارت اقدام به دادن مجوز خاکریزی می‌کند .قبل از اجرای هسته رسی لازم است تا چاله‌ها توسط بتن پرکننده پر شود. عیار بتن پرکننده بسته به نوع پروژه از ۱۵۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم سیمان در مترمکعب متغیر است . سپس به جهت محافظت از هسته رسی بتن ریزی هسته رسی که به بتن پلنیت معروف است اجرا می شود که عیار آن بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ می باشد .

در برخی پروژه‌ها با توجه به نوع پروژه ممکن است تکیه گاه در محل هسته رسی نیز بتن پاشی) شاتکریت) شود. رعایت مشخصات مصالح و رسیدن به تراکم لازم خاکریزی از مهمترین مشخصات فنی سدهای خاکی است. نوع مشخصات فنی مصالح با توجه به جنس مصالح متفاوت است بعنوان مثال در هسته رسی مشخصاتی مانند دانه بندی ، PIو LL ،در صد نفوذپذیری مصالح ، مقاومت قطعات سنگ،درصد ریز الک ۲۰۰،ارزش ماسه‌ای SE و PI مد نظر می باشد .

رس اتصال یعنی رسی که در مجاورت پی یا تکیه‌گاهها است نیز مشخصات خاصی دارد خصوصا" حد خمیری آن باید طبق مشخصات فنی رعایت گردد . روش اجرا با توجه به نوع مصالح متفاوت است به این ترتیب که محل آبدهی مصالح ، نوع غلطک، ارتفاع لایه‌های خاکریزی، درصد تراکم لازم، نوع آزمایش دانسیته . رسی که بعنوان هسته نفوذناپذیر سد اجرا می شود ابتدا باید عمل آوری شود یعنی یکسری کارهایی روی رس انجام شود تا آماده ریختن وتراکم گرفتن حداکثر شود افزودن آب به رس در محل عمل آوری بتن از نظر اقتصادی به صرفه‌تر است . در عمل آوری ابتدا محل کرت‌های عمل آوری توسط نقشه‌بردار پیاده می شد. سپس رس از معدن به محل عمل آوری توسط کمپرسی‌ها حمل شده در عمل آوری دپو می شد. بعد با بلدوزر خاک رس را پخش می‌کردند آبدهی به مصالحی مانند سنگریزه در محل خاکریزی به دو شکل می تواند انجام شود :

تانکر آبپاش :

علمک‌هایی که در ایستگاه پمپاژ احداث شده‌اند وتوسط پمپ و لوله به روی باند خاکریزی هدایت شده و شلنگ آبپاشی انجام می شود . مقدار اختلاف ارتفاع در باندهای خاکریزی بستگی به نظر نظارت ومشاور دارد. بعنوان مثال در سدهایی که هسته رسی مایل دارند لایه‌های پایین دست باید حدود ۰/۵ متر بالاتر از لایه‌های بالادست خود باشند تا مصالح هسته رسی روی فیلتر بخوابد.

در ادامه عمل آوری :

حوضچه‌هایی درست می کنند و آب را داخل آنها می اندازند و آب آنقدر در این کرت‌ها می ماند تا ته نشین شود. سپس توسط بلدوزر خاک رس را میکس می‌کنند بعد از اینکه میکس کامل انجام شد رس عمل آوری شده، دپو می شودو توسط لودر بارگیری و توسط کمپرسی به محل خاکریزی هسته رسی سبز انتقال داده می شوند با این اقدام دیگر نیازی به آبدهی در محل خاکریزی برای رس وجود ندارد .

قبل از خاکریزی هرلایه باید بر آن لایه Order یا مجوز خاکریزی صادر شود. در مجوزهای خاکریزی باید تاریخ ، نوع مصالح، شماره لایه یا عرض وضخامت لایه، وضعیت ابزار دقیق، وضعیت مصالح در اتصال به تکیه‌گاه ، محل دقیق خاکریزی مشخص شده، نتیجه آزمایش دانسیته در آن ثبت می‌گردد و اگر نتیجه آزمایش مثبت بود مجوز خاکریزی لایه بعدی توسط نظارت صادر گردد . اگر نتیجه آزمایش دانسیته مثبت نباشد بستگی به مقدار دانسیته دو حالت اتفاق می‌افتد یا باید غلطک چند پاس دیگر لایه بکوبد یا مصالح نامرغوب باید جمع‌آوری شود و مصالح جدید با مشخصات فنی مطلوب ریخته و کمپکت شوند . شیب لایه‌های خاکریزی دائما" توسط نقشه بردار کنترل می گردد .

نصب ابزار دقیق سدها :

ابتدا پیمانکار شرکت های تأمین کننده ابزار دقیق را به دستگاه نظارت معرفی می نماید و از بین آنها یک شرکت برگزیده می شود و سفارش به آن شرکت ارسال می گردد. قبل از خاکریزی نصب ابزار دقیق انجام می شود.برای نصب بعضی از ابزار دقیق ها مانند RP لازم است تا گمانه‌هائی در پی حفر شوند و همزمان با بالا آمدن لایه‌های خاکریزی،لوله ابزار دقیق هم بالا بیاید .

زمانی که ابزار دقیق در سنگریزه قرار می‌گیرد دور لوله آنرا با مصالح نرم‌تر مانند ساب بیس پر کرده وبا کمپکتورهای دستی می کوبند .

در هنگام خاکریزی باید از کابلهای ابزار دقیق مراقبت کرد تا در اثر عبور ماشین‌آلات قطع نشود. انواع ابزار دقیق با توجه به مشخصات پروژه سدسازی عبارتند از :

EP (Electric Piezometer)
SP(Stand pipe piezometer)
RP(Rock piezometer)

بتن ریزی سرریز و آبگیر :

پس از حفاری وتحکیمات ابتدا باید طبق نقشه آرماتورهای سازه سرریز (دیواره‌ها وکف) در سوله مربوط به آرماتورها طبق لیستوفر خم وبرش شده به پای کار حمل شوند. سپس نقاط قالبها توسط نقشه‌بردار مشخص می شود و بعد اکیپ آرماتوربند اقدام به جاگذاری و بستن آرماتورها طبق نقشه می نماید. وجود دستگاه جرثقیل یا تاورکرین جهت جابجایی آرماتورهای دپو

شده و رساندن به داخل مقطع آرماتوربندی سرعت کار را افزایش می دهد . با توجه به نوع شبکه آرماتور که آرماتور کف باشد یا دیوار،ساپورت یا خرک (در صورت نیاز) تعبیه می شود. برای اینکه کاور آرماتورها رعایت شود اقداماتی را باید انجام داد که این اقدامات با توجه به نوع شبکه آرماتور متفاوت است. البته شایع‌ترین این اقدامات قرار دادن لقمه سیمانی بین آرماتور و قالب است. پس از بستن شبکه آرماتور نوبت به قالب بندی می‌رسد .

برخی قالبها در محل کار ساخته می‌شوند مانند قالبهای تخته‌ای پرکننده یا قالبهای کوچک چوبی نما یا قالبهای فلزی نما که در محل کار مونتاژ می‌شوند و برخی قالبها در نجاری یا آهنگری ساخته شده به محل نصب حمل می‌شوند. قالبها باید طبق نقشه لیفت بندی بسته شوند. نقشه لیفت‌بندی و لیستوفر آرماتوربندی معمولا" توسط دفتر فنی پیمانکار از روی نقشه‌های اصلی مشاور تهیه و ریز شده جهت تایید به نظارت ارسال می شود و پس از اصلاح وتایید توسط نظارت به پرسنل اجرایی پیمانکار داده می‌شود .

انواع قالبها چه قالب نما باشند چه قالب بتن پرکننده باید خوب مهار شوند تا در برابر فشار بتن‌ریزی مقاومت کافی را داشته باشند .

طریقه مهار قالب در برابر بتن ریزی وابستگی زیادی به ارتفاع بتن ریزی دارد .هرچه ارتفاع بتن بیشتر باشد فشار آن به قالب بیشتر است . پس از بستن قالب نوبت تمیزکاری مقطع وتحویل آن به نقشه‌بردار وپس از آن به پرسنل نظارت که این تحویل براساس مجوزهای بتن‌ریزی مکتوب می شود. در مجوزهای بتن ریزی تاریخ، محل بتن ریزی، رقوم بتن‌ریزی، وضعیت جوی هوا ، ساعت شروع وخاتمه نوع بتن، حجم تقریبی، کنترل پی، نقشه‌برداری، قطعات مدفون ، آرماتوربندی، قالب بندی ، نوار آب بند (واتراستاپ) ، پمپ بتن، جرثقیل، ویبراتور، شمشه ماله ، آزمایشگاه ، تمیزکاری، کروکی ومختصات، سیمان ، مصالح سنگی، بتن ساز مرکزی، تراک میکسر، دمای بتن ، دمای محیط ثبت میشود .