

انواع سد

ایمان الیاسیان، کارشناس ارشد سازه

عضو کمیته ملی سدهای بزرگ ایران

i.elyasian@gmail.com

مقدمه

استفاده بهینه از آب در کشوری چون ایران که از نظر اقلیمی دارای وضعیت خشک تا نیمه خشک است از اهمیت فراوانی بخصوص در گسترش و توسعه فعالیتهای کشاورزی برخوردار است. بهره برداری بهینه از این منابع آبی برای این منظور جز با توجه کامل به معیارهای اقتصادی و اجتماعی ممکن نیست. توجه به هزینه‌ها و فوائد اجتماعی در تخصیص منابع آب و در بهبود عملکرد اقتصادی بخش آب اهمیت دارد. از طرف دیگر روشهای بهره برداری از منابع آب و بخصوص منابع آب سطحی چون رودخانه متفاوت است که هر کدام از این روشها دارای ویژگی‌های خاص بوده و در شرایط متفاوت رودخانه و زمانهای برداشت، عملکردهای متفاوتی را از خود نشان می‌دهد که بررسی و ارزیابی آنها در بهبود استحصال آب نقش مؤثری دارد. بررسی عملکرد این روشها علاوه بر مقایسه اقتصادی و اجتماعی نقاط قوت و ضعف را نمایان ساخته و می‌تواند در انتخاب روش برداشت در شرایط مختلف منطقه و رودخانه مؤثر باشد و حد اقل مشکلات را در بهره برداری ایجاد نماید. سدها سازه‌هایی هستند که در مسیر رودخانه و برای ذخیره سازی منابع آب رودخانه‌ها احداث می‌شوند. به طور کلی سدها به منظور استفاده آب ذخیره شده در پشت آنها برای آبیاری، شرب انسان و دام، تولید نیروی برق، جلوگیری از طغیانها و سیلابهای و جلوگیری از صدمه زدن به تأسیسات و روستاهای پایین دست و فرسایش و تخریب آبخیز کاربرد دارند.

اهداف سد سازی

شرب- تولید برق- کنترل سیلاب- پرورش ماهی- ایجاد فضای تفریحی

انواع سد:

۱. سد مخزنی:

سد مخزنی ارتفاع بیشتری دارد و هدف از آن ذخیره آب در پشت سد است برای فصول کم باران.

۲. سد انحرافی:

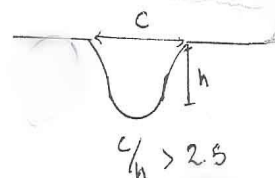
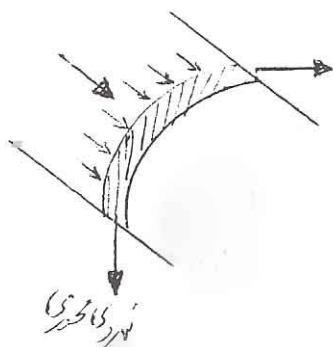
سد انحرافی ارتفاع کمتری دارد و هدف از آن بالا آوردن سطح آب و سوار کردن آن به زمین های اطراف می باشد.

انواع سد را از نظر مصالح مصرفی به صورت زیر می توان تقسیم بندی کرد

۱- سدهای صلب:

این سدها برای تحمل ممان ساخته می شود و به صورت وزنی، قوسی و پایه دار هستند.

۲- سدهای وزنی (gravity dam)

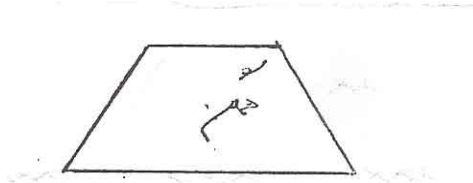


۳- سد قوسی (Arch dam)

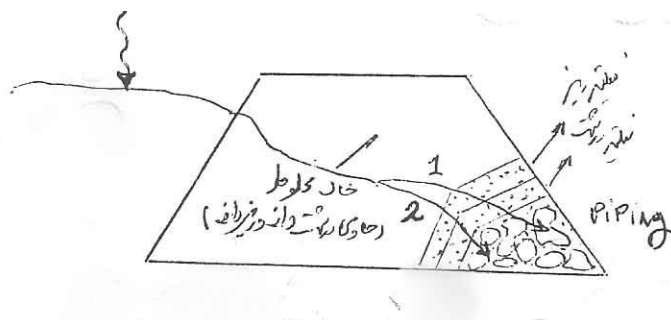
۴- سدهای پایه دار (Buttress Dam)

۵- سد خاکی (Earth Fill Dam) یا (Rock Fill Dam)

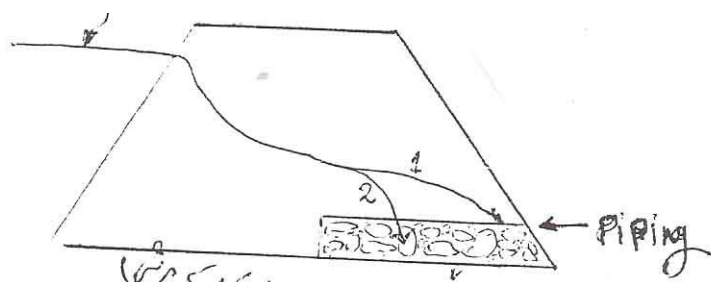
سد خاکی (خاکریز) همگن



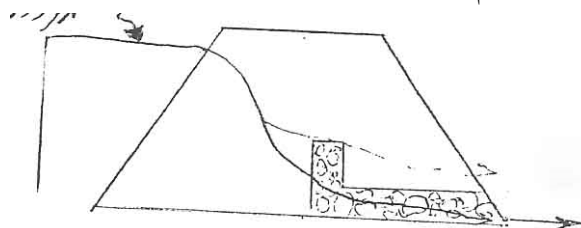
سد خاکی با زهکشی پنجه ای



سدهای خاکی با زهکشی افقی



سدهای خاکی با زهکشی های افقی و قائم



سدهای ناهمگن

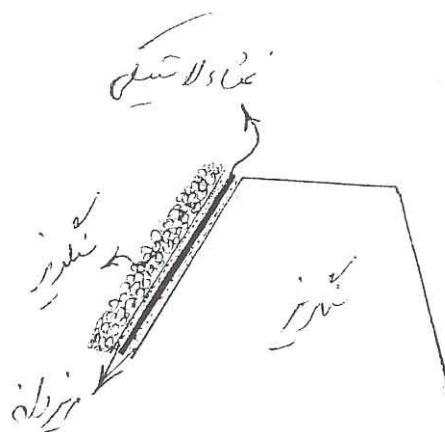
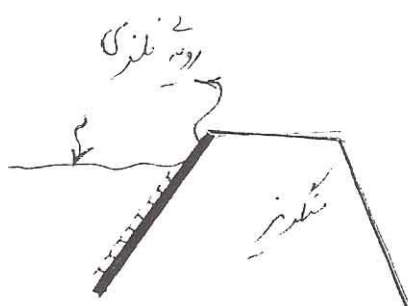
۶- سدهای سنگی (سنگریزه)

سد سنگریز با رویه بتنی

سدهای سنگریز با رویه آسفالتی

سدهای سنگریز با رویه فلزی

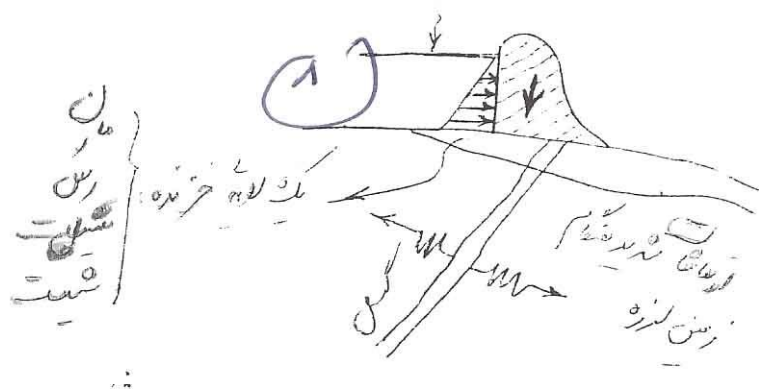
سد سنگریز با غشا پلاستیکی



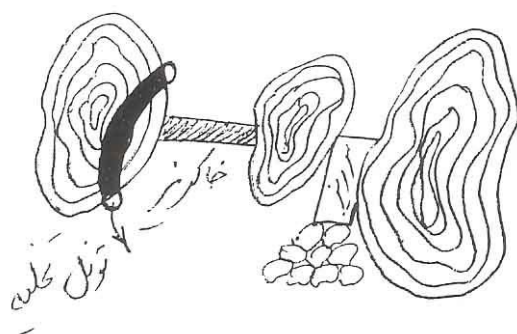
۷- سدهای هیدرولیکن

عوامل دخیل در انتخاب نوع سد

ارتفاع سد-طول سد-هیدرولوژی-پی



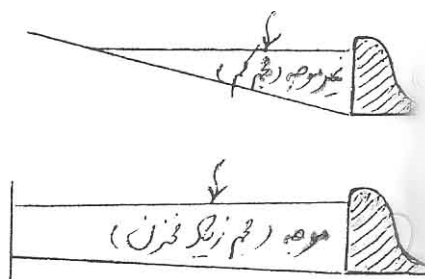
دسترسی به مصالح



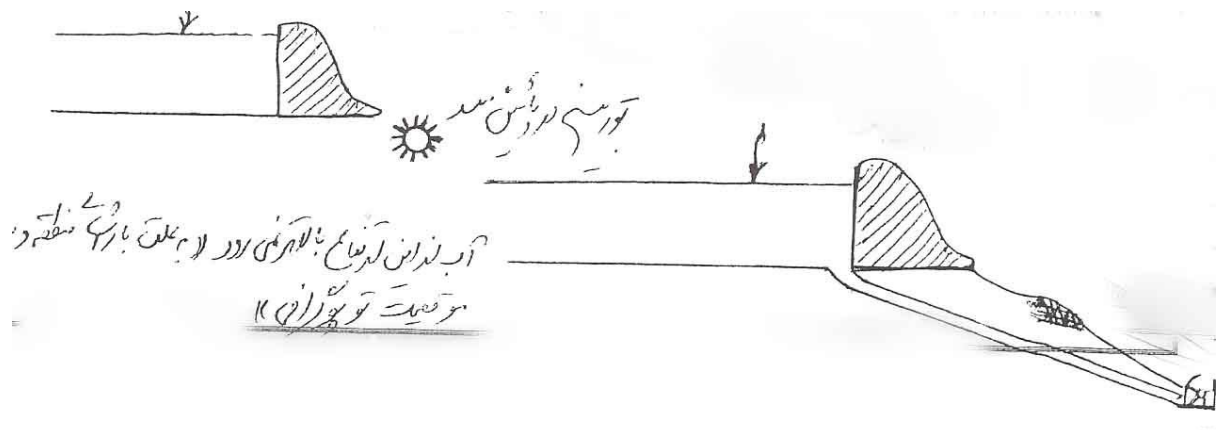
سرریز - مخزن سد - ارزش های زمین های محل سد - امکان و نحوه انحراف آب

شکل دره - مدت ساخت - امکان دسترسی به نیروی انسانی - زیبایی دریاچه

حجم دریاچه - شیب بستر



ارتفاع ریزش آب



مسیر انتقال آب

مطالعات اکتشافی محل سد

- استفاده از عکس های هوایی و پرواز در محل
- اندازه گیری های سطحی
- استفاده از آزمایشات ژئوفیزیک

مطالعات محیط زیست

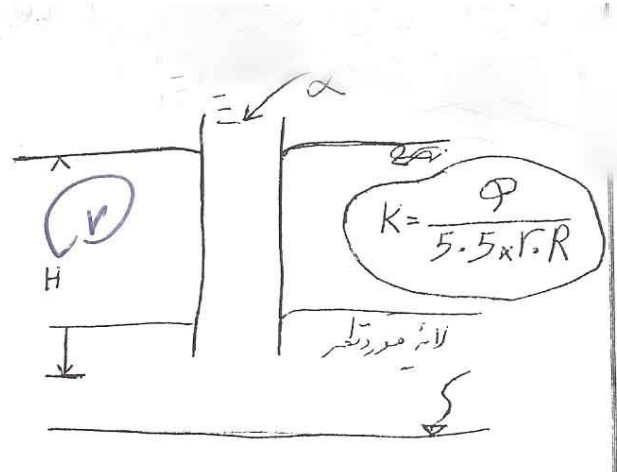
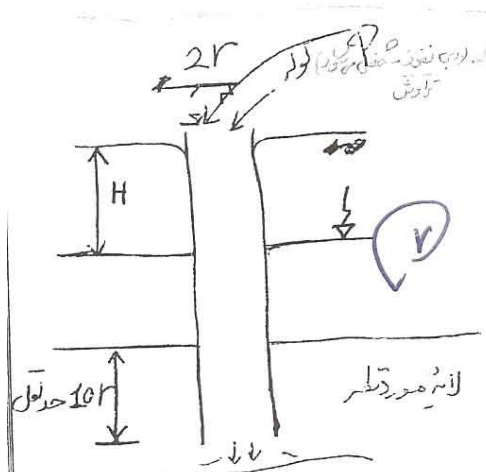
مطالعه اقتصادی

مطالعه محل های قرضه

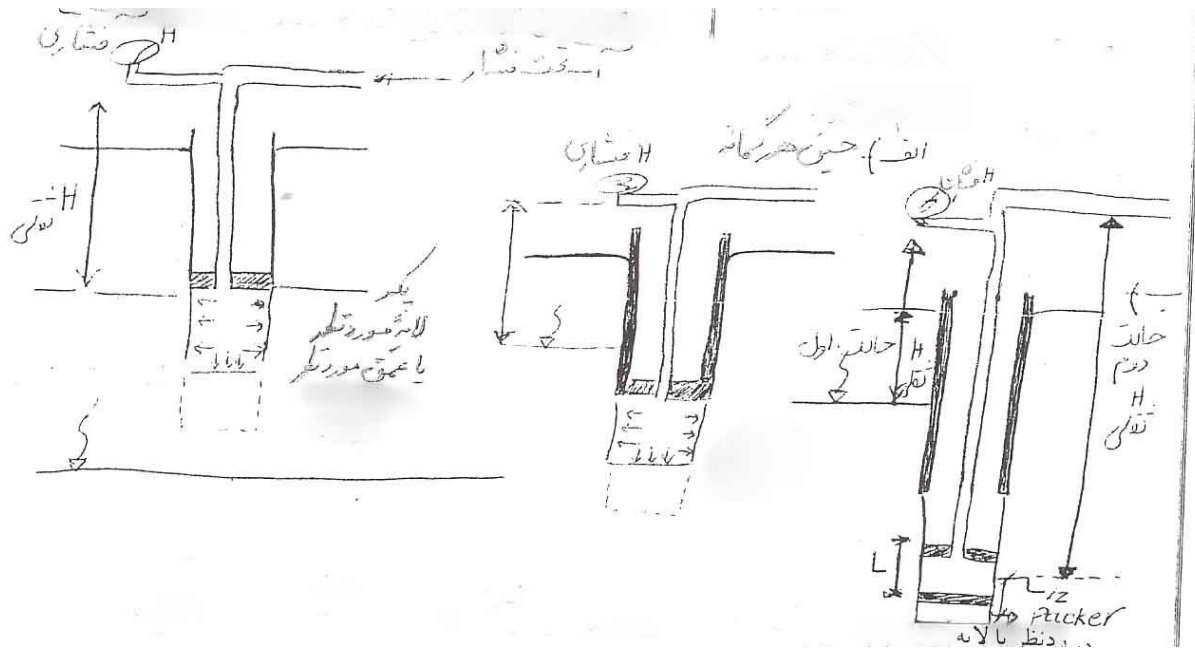
آزمایش های زمین شناسی

دانه بندی، نفوذپذیری، تحکیم، سه محوری، برش مستقیم و آزمایش تک محوری
آزمایش های پمپاژ آب و آزمایش های لوژن

آزمایش گمانه ته باز



آزمایش packer (پاکر)



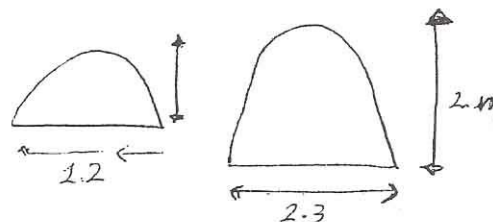
$$l > 10r: k = \frac{Q}{2nl.H} \ln\left(\frac{L}{2}\right)$$

$$r > 10r: k = \frac{Q}{2nl.H} \sin h^{-1}\left(\frac{L}{2}\right)$$

استفاده از گمانه

از مشخص تر شدن وضعیت زمین در مرحله قبل و قطعیت یافتن محل احداث در محل احداث و در بالادست و پائین دست آن گمانه هایی حداقل به عمق برابر با ارتفاع سد حفاری می شود و از طریق آن از لایه های زیر سطح نمونه برداشت شده و نفوذپذیری اکثریت و جهت درزه های سنگ، نشست پذیری لایه ها و مقاومت برشی لایه ها تعیین می گردد.

استفاده از گالری



شناخت خاک - محل لغزش ها - محل گسلها - موقعیت آب زیرزمینی

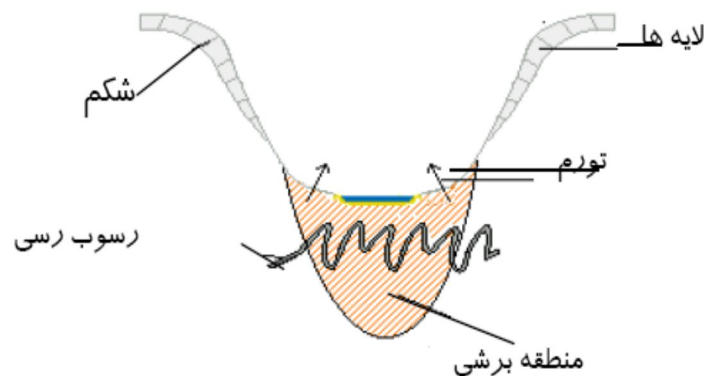
کانال های مدفون در زیر خاک - مناطق ناپایدار - لغزش کلی مخزن

فعالیت لرزه ای - حوادث عامل لرزه:

- انفجار های زیر زمینی: انفجارات هسته ای زیر زمینی محتاطانه کنترل شده اند و به منبع قدرتمندی برای مطالعه حوادث لرزه ای تبدیل شده اند. این انفجارها در مناطق تحت فشار فعال روی می دهند که در آن زمان به مقدار ماکسیمم از لحاظ تکتونیکی تحت فشار بوده اند.
- تزریق مایعات: در یکی از مناطق Colorado چاهی به عمق بیش از ۴۰۰ متر کنده شد و مقدار زیادی مایع به داخل آن تزریق شد. قابلیت لرزه ای قبلی منطقه بسیار بسیار کم بود، پس از تزریق ارتباط جالبی بین مقدار شوکها در هر ماه و میزان مایع تزریق شده پیدا شد. پس از آخرین مرحله تزریق فعالیت لرزه ای با دفعات و مقادیر بسیار بزرگتری ایجاد و افزایش یافت.
- پر کردن مخازن: به نظر می آید که بار اضافی مخزن و سد که بر تاج آن وارد می شود، احتمالاً نقوص پایدار یا مناطق ضعیف در سنگها ایجاد می کند و این امر موجب زمین لرزه می گردد مانند سد Hoover. در صورت بروز لرزه ها سد ها را به کمک پایه های سنگین تقویت می کنند مانند سد Konja در هند.

مخاطرات ژئولوژیکی

استحکام دیواره های دره - تورم دره - وجود معدن



نمایی از لایه های مختلف در یک دره

❖ سدهای خاکی:

سدهای خاکی مصالحشان را از همان منطقه احداث و یا نواحی نزدیک تأمین می کنند ، و اصولاً دارای هسته رسی می باشند . رس بر اثر تماس با آب مانع نفوذ و انتقال آب و رطوبت می گردد و مانند نوعی عایق رطوبتی عمل می کند . اگر عمده مصالح تشکیل دهنده سد خاکی یکسان باشند ، سد را همگن می گویند و

در غیر اینصورت ناهمگن. اگر کل سد خاکی از رس باشد سد خاکی همگن است ، اما اگر هسته مرکزی سد رس باشد و دور هسته مرکزی را با سنگهای دانه درشت پر کرده باشند ، سد غیر همگن محسوب می شود. از نظر تحلیل و آنالیز این نوع سدها بسیار حساس می باشند و در عین حال از نظر اجرا و پیاده سازی ساده تر می باشند. اجرای این سد در رودخانه های عریض ساده تر است. مصالح این سد اعم از ریز دانه و درشت دانه بایستی در دسترس باشد. این سدها برای زمینهایی نامناسب از نظر مقاومت مناسب ترین نوع سد می باشند.



❖ سدهای سنگریزه:

این سدها خودبخود غیر همگن می باشند و حتماً باید یک بافت آب بند در مرکز آن قرار گرفته باشد. شکل این سدها درست مانند سد ناهمگن خاکی با هسته رسی می باشد با این تفاوت که در مرکز سد به جای رس از سنگ ریزه نفوذ ناپذیر استفاده می شود و در دور تا دور سد سنگریزه های دشت تر ریخته می شود. در برخی موارد رویه سد را به جای سنگریزه با بتن می پوشانند که در آنصورت دیگر نیازی به هسته آب بند نمی باشد. اینگونه سدها اغلب از نوع بلند می باشند. این نوع سد در برابر زلزله بسیار مقاوم هستند . سنگهای ریخته شده برای سد بایستی خاصیتهایی از قبیل جذب کم آب ، سایش کم ، مقاومت فشاری بالا و در برابر سرد و گرم شدن مقاومت خوبی داشته باشند.



❖ سدهای بتنی وزنی:

این سدها عمدتاً کوتاه هستند و ارتفاع آنها بین ۱۵ تا ۲۰ متر می باشد ، این سدها به دلیل وزن زیادی که با بتن برای آن بوجود می آورند بر اثر فشار آب حرکت نمی کند و از جای خود تکان نمی خورد. در این نوع سد سرریز شدن آب مشکلی ایجاد نمی کند . این سدها در دره های عریض ساخته می شوند . این نوع سد در برابر تغییر درجه حرارت نیز هیچگونه حساسیتی ندارد.

❖ سدهای بتنی قوسی :

این سدها معمولاً در دره های باریک با شیب زیاد و از جنس سنگ اجرا می گردد و می تواند دو قوسی نیز باشند و در راستای عمود ی و افقی در ره دو حالت قوس داشته باشند. حسن این سدها این است که اگر به هر علتی در بدنه آنها ترک ایجاد شود خود نیروی فشار اعمالی از جانب آب پشت سد باعث هم آمدن این ترکها (ترکهای حرارتی) می شود.



❖ سدهای بتنی پشت بند دار:

سدهای پشت بند دار از نوع بلند هستند و باعث جلوگیری از خمشهای زیاد در بتن می شوند و برای تصور آن می توان اینگونه آنرا تشبیه کرد که دیواری بلند را که دارای پی در زمین است با تیرچه هایی در پشت آن نیز محکم نگه داشته شود تا فرو نریزد.

❖ سدهای لاستیکی:

این سدهای اغلب بر روی رودخانه های فصلی زده می شود و این سدها از جنس لاستیک می باشند که در زمان مورد نیاز این سدها را از باد پر می کنند و این عمل باد کردن حجم سد را بالا می برد و سد مانع عبور آب می گردد. از این وع سد که کوتاه نیز می باشد در شمال کشور خودمان نیز وجود دارد. حال با انواع سدها بطور مختصر آشنا شدیم و بایستی کاربرد این سدها را نیز بدانیم و دلایل استفاده از آنها را نیز به دقت مد نظر بگیریم.



هر کدام از این مراحل را یک فاز می نامند به شرح ذیل:

- فاز صفر: آیا ساختن این سد از نظر اقتصادی و مورد کاربری توجیه دارد یا خیر؟
- فاز یک: انواع سدهایی که با توجه به شرایط جغرافیایی و اقتصادی پیشنهاد می شود بطور ریز می بایست مورد بررسی قرار گیرد و میزان ذخیره آب و هزینه ریالی آن مورد بررسی قرار گیرد.
- فاز دو: هندسه و تحلیل سد و ریختن نقشه اجرای سد.



- فاز سه: اجرای سد.

اما در مورد گروههای فنی که برای ساختن یک سد مورد نیاز است به گروههای زیر می توان اشاره کرد:

گروه هیدرولیک.

گروه هیدرولوژی.

گروه زیست محیطی.

گروه آبهای زیر زمینی.

گروه نقشه برداری.

گروه شهر سازی.

گروه کشاورزی.

گروه زمین شناسی.

گروه مدیریت و هماهنگی.

گروههای فنی ذکر شده در کنار یکدیگر پس از تصمیم برای اجرای یک سد گرد می آیند تا یک پروژه به نتیجه برسد. پس از انجام مقدمات مطالعاتی بر روی سد، نوع سد بر اساس منطقه جغرافیایی و مصالح در دسترس سد مورد ارزیابی قرار می گیرد. یکی از نکاتی که جغرافیای منطقه برای ما در ساختن سد مشخص می کند نوع خاک و زمین منطقه و یا دره ای که در آن سد می خواهد اجرا شود ، می باشد ، زیرا نوع بدنه سد و خاک منطقه بسیار حساس است . برای مثال در منطقه ای سنگی با تنگه ای باریک و تنگ ساختن سد خاکی اشتباه است زیرا تماس این دو ماده (بدنه سد و سنگی بودن منطقه) مانند چسباندن دوماهه که یکی صلب و دیگری غیر صلب است می باشد و بر اثر تکان (زلزله) این دو در نقطه اتصال جدا می شوند که این خطر ناک است.

آبند در سدها

مهندسان برای کاستن از احتمال گسیختگیها ناشی از عملکرد آب زیرزمین ، همواره درصدد اند تا بخش در حال حفاری را آبکشی و خشک نمایند. البته باید توجه داشت که کنترل نیروهای ناشی از نشت آب هم می تواند به همان اندازه در جلوگیری از گسیختگی موثر واقع شود. روشهای متنوعی را که برای کنترل نشت و فرار آب زیرزمینی وجود دارد، می توان به سه دسته عمده تقسیم کرد که عبارتند از : آب بندها و موانع ، سیستمهای آبکشی ، زهکشاها ، صافی ها (فیلترها).

آب بندها و موانعی را که بر سر راه جریان آب ایجاد می‌شود، می‌توان به سه دسته آسترها و پوششها، دیوارها و تزریق تقسیم کرد.

آسترها و پوششها

آسترها و پوششها به صورت لایه‌ای نفوذ ناپذیر اجرا می‌شوند و دارای انواع زیراند:

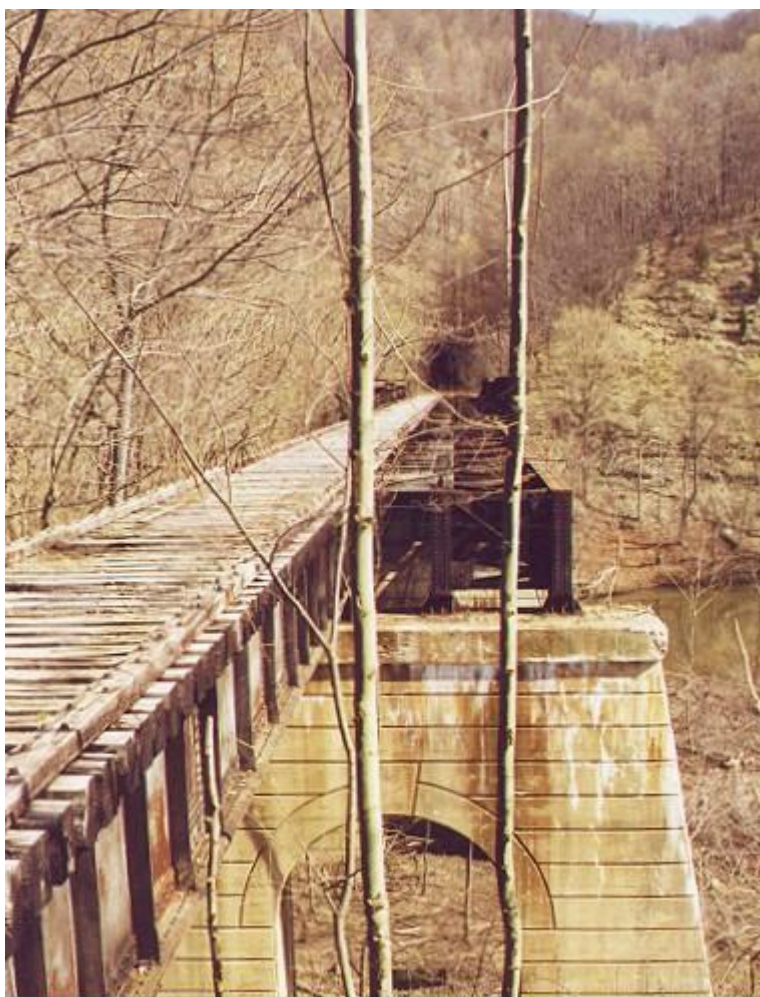
- تعبیه ورقه‌ای از رس که در بستر دریاچه (به سمت سراب) ایجاد می‌شود و وظیفه آن افزایش مسیر افقی جریان آب در زیر زمین و در نتیجه کاهش فشار آب و میران نشت آن در پاشنه پایاب سد است.
- یک لایه (آستر) رسی یا پلاستیکی که برای جلوگیری از فرار آب از مخزن یا نشت سیالات از حمل تجمع زباله‌ها اجرا می‌شود

دیوارها Walls

بسیار متنوع بوده و مهمترین انواع آن را به نحو زیر می‌توان خلاصه کرد.

دیوار خاکی متراکم شده

این دیوارها می‌توانند به عنوان یک خاکریز همگن برای سد، به صورت یک هسته در داخل سد یا ترانشه‌ای در پی سد، که هسته آن با رس پر شده باشد، اجرا شوند.



دیواره های بتنی

این نوع دیوار معمولاً در حفاری پی ها یا به عنوان پوشش داخل تونلها ، مخصوصاً در جاهایی که جلوگیری دائم از نفوذ آب لازم باشد، بکار می روند. در سدها برای جلوگیری از فرار آب از زیر سد ، دیوار بتنی قائمی را از پایتترین قسمت سد تا لایه های نفوذ ناپذیر احداث می کنند.

دیوار با شمعهای صفحه ای

این نوع دیوار ، که با راندن شمعهای صفحه ای به داخل خاک ایجاد می شود، موقعی از کارایی خوبی برخوردار است که قفل و بست بین صفحات کامل باشد و این مسئله ای است که در زمینهای دارای قله سنگ و قطعات درشت تر یا حاوی موانع دیگر به خوبی امکان پذیر نیست. با افزایش طول شمعها ، امکان خم شدن آنها در

خلال راندن وجود دارد. این نوع دیوار تا حدی می تواند از نفوذ آب جلوگیری کند. این دیوار را معمولا برای نگاهداری دیواره بخشهای حفاری شده بکار می برند. در خاکهای با زهکشی آزاد ، دیوار باید همراه با یک سیستم آبکشی باشد تا فشار جانبی وارده از زمین و آب به دیوار شمعی کاهش یابد.

دیوارهای گلی

دیوارهای گلی و ترانشه های پر شده از گل به عنوان عاملی کارآمد برای جلوگیری از نشت آب در پی سدها ، حفاریهای باز ، حفاری تونلها و سیستمهای کنترل آلودگی ، روز به روز مصرف بیشتری پیدا می کنند. روش احداث این دیوارها به جز در تونلها ، به این ترتیب است که ابتدا یک ترانشه حفر می شود و برای اینکه دیوارهایی ترانشه در طول حفاری ریزش نکند، داخل آن را با گل روانی از بنتونیت پر می کنند. در پایان حفر ترانشه ، این گل روان با موادی که بتواند یک دیوار دایمی و نسبتا غیرقابل تراکم و نفوذ ناپذیر را بسازد، تعویض می شود.

دیوار دیافراگمی

بتنی نوع سازه دایمی است که توسط تکنیک ترانشه های حاوی گل روان ایجاد می شود. به این منظور قطعه ای از ترانشه تا عرض ۷ متر را تا عمق دلخواه حفر می کنیم. در مرحله بعد یک شبکه (جوشن) فولادی پیش ساخته به داخل آن رانده می شود. در کلیه مراحل حفاری و راندن شبکه فولادی ، ترانشه توسط گل روانی که داخل آن ریخته می شود، از ریزش محفوظ می ماند. در مرحله بعد گل روان توسط بتن جایگزین می شود و پس از گرفتن بتن ، قطعه بعدی اجرا می شود.



دیوارهای یخی

این دیوارها که با یخ زدن بخشی از زمین اشباع شده ایجاد می‌شوند به عنوان عامل موقتی در جلوگیری از نشت آب در حفاریهای باز، تونلها و شفتها مورد استفاده قرار می‌گیرند. این روش بیش از همه در رسوبات ضخیم ماسه‌ای و لایه‌ای اشباع شده و یا در جاهایی که مواد سازنده گل روان ممکن است منابع آب را آلوده سازد، بکار می‌رود. از دیوارهایی یخی سالهاست که در معادن و برای احداث چاههایی قائم (شفتها) تا عمق ۳۰۰ متر استفاده شده است.

این روش پرهزینه و وقتگیر است و معمولاً یک تاخیر ۶ ماهه در کار را باعث می‌شود. علاوه بر آن باید دقت زیادی در اجرای آن بشود. زیرا حتی یک جریان کوچک آب از میان دیوار به داخل بخش حفاری شده می‌تواند فاجعه‌آمیز باشد. بر اثر یخ زدن ممکن است تورم قابل ملاحظه‌ای نیز در خاکهای سطحی اطراف ساختگاه بوجود آید که پس از آب شدن یخها می‌تواند با فروریزش زمین همراه شود. مقدار تورم و فروریزش متعاقب آن وابسته به نوع مواد واقع در نزدیک سطح زمین است.

تزریق

تزریق دوغاب به داخل خاکهای نفوذ پذیر و سنگ، روش رایج و دائمی برای جلوگیری از جریان آب زیرزمینی است. البته در اغلب موارد دیواری که به این ترتیب بوجود می‌آید کاملاً نفوذ پذیر نیست. از تزریق همچنین برای افزایش مقاومت سنگ و خاک سود جسته می‌شود. دوغابها متنوع اند و می‌توانند ترکیبی از سیمان، سیمان و خاک یا مواد شیمیایی باشند. انتخاب نوع دوغاب به تخلخل سازندهای زمین شناسی، سرعت جریان آب و مقاومت فشاری نهایی بخشهای تزریق شده بستگی دارد. بطور کلی دوغابهای ماسه - سیمان برای بستن حفره‌های بزرگ و شکستگیها و دوغابهای رس و سیمان پرتلند برای بستن شکستگیهای نسبتاً کوچک و خاکهای دانه درشت بکار می‌روند. به منظور کنترل جریان آب زیرزمینی، حفر رشته منفردی از گمانه‌ها و تزریق در آنها اغلب کافی است. پرده تزریق را می‌توان با افزودن رشته‌های دیگری از گمانه‌های تزریق شده ضخیم تر نمود. در سنگهای شکافدار یا جاهایی که جریان زیاد است، موفقیت عملیات تزریق کمتر است



طبقه بندی علل شکست سدهای بتنی

۱- نقص در طراحی (پی سد)

عدم کفایت مطالعات اکتشافی در ساختگاه- تغییر شکل و فرو نشست زمین پی سد- مقاومت برشی -

نشست

فرسایش داخلی در پی و در تکیه گاهها- نیروهای کششی در پاشنه بالادست- سیستم آب بندی در پرده

آب بند

نشست در سیستم زهکشی

۲- کیفیت بتن

مقاومت در برابر یخ زدگی- نفوذ پذیری- کِهولت

۳- وقوع پدیده های پیش بینی نشده

زیر فشار-لبریزی از بدنه واز تکیه گاه

۴- ناهنجاری در رفتار سازه ای قوس، پی و تکیه گاهها (پایه های اطمینان)

۵- رفتار سازه های سدهای پایه دار و وزنی در تنشهای فشاری و کششی

شکست سدهای خاکی

۱- طراحی ناقص

نقص در طراحی پی شامل

تغییر شکل و فرونشست زمین پی سد- مقاومت برشی در پی - نشست در پی- فرسایش درونی پی یا

pipng

فعالیت رمین لغزشی

مصالص بدنه سد خاکی و روش ساخت

مصالص رسی تورم زا-مصالص یکنواخت ماسه و سیلت - ضعف در تراکم مصالح

موارد پیش بینی نشده

افزایش در فشار هیدرو استاتیکی با رسوبگذاری در مخزن

بارندگی های تند و فرسایشی روی مصالح بدنه سد

وقوع امواج در مخازن- زلزله ها - حفاریهای انفجاری قوی در نزدیکی بدنه سد

لبریزی از بدنه سد- شکست در شیروانی بالادست - تاخیر در ساخت بدنه سد و اتمام پروژه در دوره پیش بینی شده

شکست به لحاظ سازه ای سد خاکی

هسته نفوذ ناپذیر-سیستم آب بندی سد-مصالص نواحی انتقال در بدنه سد

حفاظت شیب بالادست و پایین دست- اتصال بین بدنه خاکی و سازه های بتنی مجاور بدنه سد

حرکت نامتقارن بدنه شامل ترک ، شکست هیدرولیکی بدنه سد- لغزش در شیروانی های بالادست و پایین دست

نشستهای پیش بینی نشده- نشست آب - پدیده آب شستگی یاPiping- پدیده روانگرایی در پی

سازه های خروجی وابسته به سد

۱- نقص در طراحی مجاری انتقال آب و تجهیزات آن شامل

نقص در پی- خرابی در پوشش بتنی یا فولادی مجاری انتقال آب-عدم مقاومت تجهیزات مکانیکی

۲- به لحاظ رفتار سازه ای

رفتار سازه ای سرریز- عدم کفایت ظرفیت سرریز-فرسایش غیر مجاز در پایاب سرریز

نقص در طراحی سرریز- ایجاد امواج عرضی روی سرریز-جریان همراه رسوبات

۳- به لحاظ تکهرداری و تجهیزات تخلیه سیلاب

۴- مخازن سد و زمین لغزش محتمل در آنها

۱- طراحی و مسالعات می باسیتی مطابق استاندارد ها و ضوابط سورت پذیرد

- ۲- آبدگیری سدها مطابق دستورالعمل صورت پذیرد
- ۳- بهره برداری صحیح و نصب سیستمهای هشدار دهنده در بالادست و پایین سدها الزامی است
- ۴- تحلیل اقتصادی و فنی برای کاهش ریسک سیلاب
- ۵- توجه بیشتر به سدهای خاکی
- ۶- توجه بیشتر به سدهای کوتاه و بهره برداری و نگهداری از آنها

مقاومت فشاری تک محوری:

- ضعیف: کمتر از ۳۵ Mpa
- قوی: بین ۳۵-۱۱۵ Mpa
- خیلی قوی: بزرگتر از ۱۱۵ Mpa

Rock Type	Strength(Mpa)
Siltstone	24-120
Greywacke	20-30
Shale	35-110
Sandstone	40-200
Limestone	50-240
Dolomite	50-150
Granite	90-230
Basalt	200-350
Dolerite	240-320
Gneiss	80-330

سدهای خاکی	سدهای بتنی
سدهای سنگریزه ای	سدهای وزنی
سدهای خاکی آبی	سدهای پایه ای (پشت بندار)
سدهای خاکی	سدهای چند قوسی
سدهای ترکیبی	سدهای قوسی عریض
-	سدهای قوسی کم عرض

بتن، ملات، و دوغابهای منبسط شونده

(EXPANDING MORTARS, GROUTS & CONCRETES)

بتن و ملات دارای الیاف مصنوعی

(FIBRE REINFORCED CONCRETE & MORTAR)

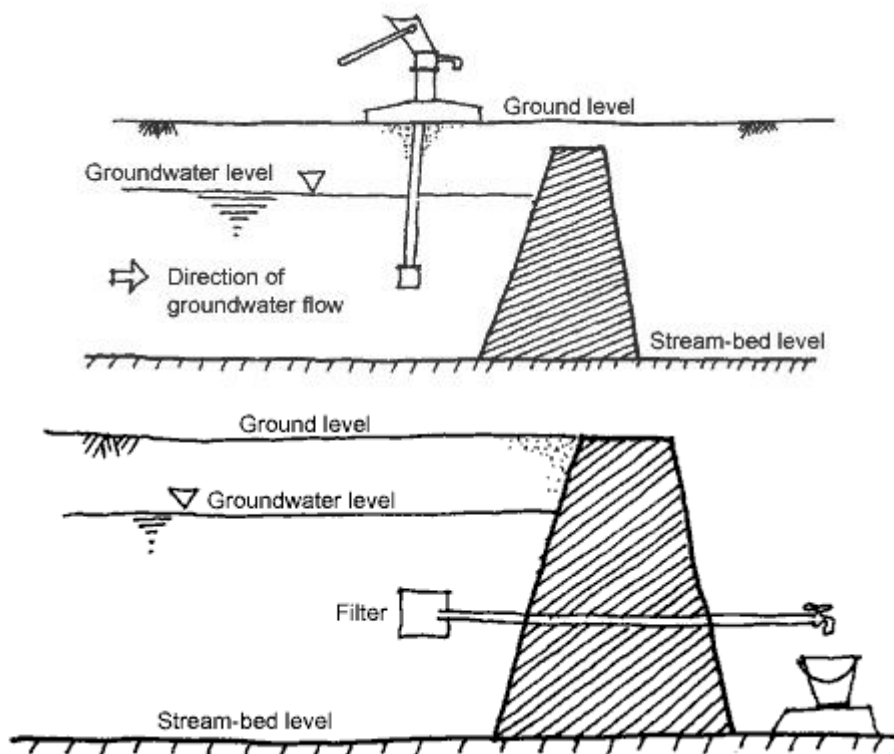
لاتکس (LATICES)

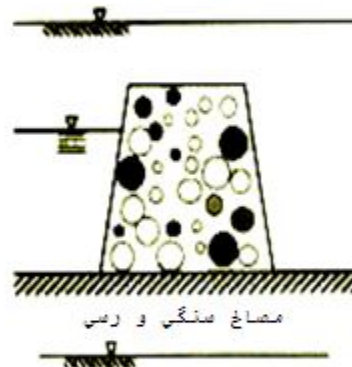
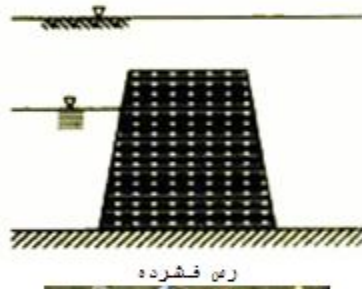
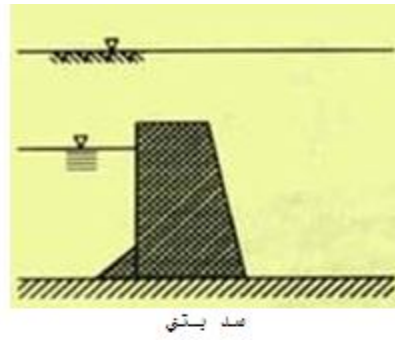
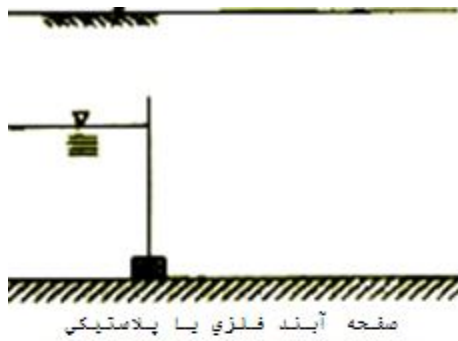
بتن لاتکسی (LATEX CONCRETE)

بتن اصلاح شده لاتکسی (LATEX MODIFIED CONCRETE)

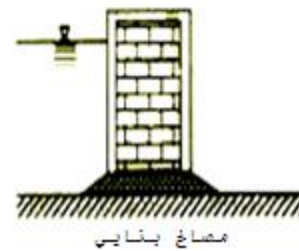
و اخیراً بتن اصلاح شده پلیمری (POLYMER MODIFIED CONCRETE)

سیمانهای مخصوص (SPECIAL CEMENTS)





نمونه از سد زیر زمینی شي واقع در
ماچاکوس نایروبی



اهداف کلی از ساخت سدهای لاستیکی:

- ۱- ذخیره موقت دبی پایه رودخانه ها برای تأمین آب کشاورزی
- ۲- افزایش سطح تراز آب در رودخانه و کاهش هزینه پمپاژ آب به اراضی کشاورزی در این رودخانه ها
- ۳- جداسازی آبهای آلوده یا شور از آب شیرین
- ۴- استفاده از سدهای لاستیکی برای افزایش حجم ذخیره سدهای بزرگ



۵- استفاده از تیوپهای لاستیکی به جای دریچه های فولادی در سدها



۶- کاهش فرسایش در رودخانه های با شیب تند و زیاد



۷- بهبود شرایط زیست محیطی و بیولوژیکی و اکولوژیکی محدوده طرح

۸- استفاده از سدهای لاستیکی به عنوان بندهای انحراف در تأمین آب کشاورزی

۹- استفاده از بندهای لاستیکی برای بازیافت آب زهکشها در طرح های آبیاری

۱۰- پرورش میگو در نواحی ساحلی با استفاده از سدهای لاستیکی

۱۱- جداسازی آب شیرین رودخانه ها از آب شاخابهایی که از سازندهای شور عبور میکند

۱۲- کنترل سیلابها در رودخانه های مجاور در نواحی شهری: (این کار توسط دستگاههای الکترونیکی در اتاق

کنترل و به طور خودکار انجام می گیرد . پایی آمدن رقوم سطح آب از یک سطح مشخص به معنای

پایان سیلاب است ، که در این صورت دستگاه الکترونیکی کنترل ، دستور افراشتن سد را اعلام می دارد

که با این اعلام کمپرسور هوا به کار افتاده و سد را باد میکند .)

۱۳- تولید الکتریسیته توسط نیروگاههای آبی کوچک و بزرگ

۱۴- استفاده از بندهای کوتاه لاستیکی در حوضچه های پرورش ماهی

۱۵- استفاده از سدهای لاستیکی به عنوان بندهای تنظیمی و انحراف



۱۶- بالا آوردن سطح تراز آب رودخانه ها برای افزایش آبخور قایق ها و کشتی ها



۱۷- ساماندهی رودخانه ها

۱۸- اجرای طرح های تغذیه مصنوعی با کمک سدهای لاستیکی

۱۹- استفاده از سدهای لاستیکی در طرح های زیست محیطی و آبخیزداری

۲۰- کنترل رسوب رودخانه:(از آن جا که سکوی بتنی محل استقرار سد لاستیکی ، در کف رودخانه و

هم تراز با بستر آن کار گذاشته می شود ، در هنگام خواباندن سد ، شرایط رودخانه مانند شرایط قبل از

احداث سد لاستیکی است . این ویژگی باعث می شود که پشت سدهای لاستیکی را رسوب پر نکند ،

زیرا در هنگام وقوع سیل که بیشترین بار رسوب گذاری رودخانه است ، سد به صورت اتوماتیک به

حالت خوابیده در می آید و رودخانه شرایط طبیعی پیدا می کند.)

مزایای سدهای لاستیکی:

۱- یکی از مسائل مهم در استفاده از لاستیک به جای مصالح دیگر سازگاری عملکرد آن با طبیعت است.

۲- هزینه اجرایی طرح های سد لاستیکی به مراتب ارزانتر از اجرای طرح با مصالح دیگر است.

۳- مدت زمان طراحی در چنین سیستمهایی نسبت به سایر سازه ها بسیار کم و اندک است

۴- مدت اجرای عملیات ساختمانی سازه های لاستیکی کوتاه و سریع است.

۵- پارامترهای مورد نیاز طراحی در این قبیل سازه ها کم و اندک و دسترسی به آنها با سهولت بیشتری ممکن است و حتی در پاره ای از مواقع قضاوت و حدس و تخمین مهندسی کفایت می کند.

۶- این سازه های لاستیکی در کلیه شرایط آب و هوایی و در شرایطی که حتی پی ساختگاه نامناسب باشد و امکان ساخت سازه های دیگر ممکن نگردد و یا مصالح دیگری در محل وجود ندارد قابل اجرا است.

۷- طرح و اجرای سدهای لاستیکی از هیچگونه پیچیدگی خاصی برخوردار نیست.

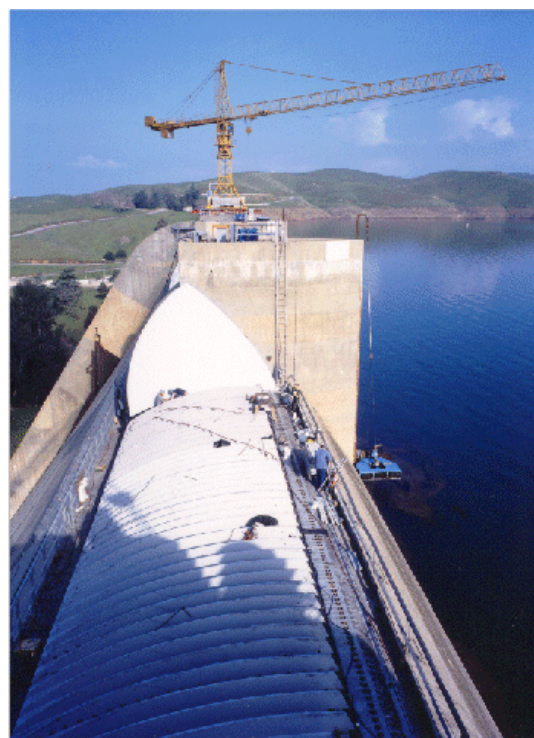
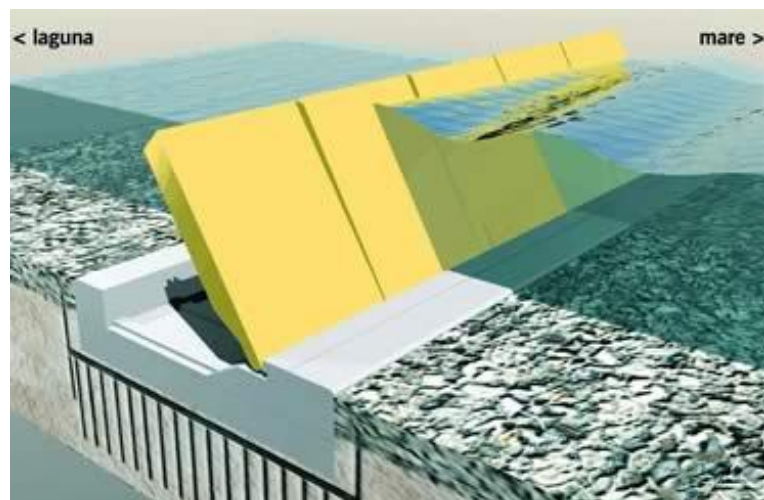
۸- بعلاوه کمی هزینه استفاده از توان مالی مردم برای ساخت چنین سدهایی امکان پذیر است.

۹- سهولت بهره برداری و کاهش هزینه های بهره برداری و نگهداری از مزایای عمده این سازه هاست.

انواع سدهای لاستیکی:

اصولاً سد لاستیکی که از یک تیوب بزرگ و حجیم تشکیل شده است به روشهای مختلفی طبقه بندی می شود ، از جمله :

۱- سدهای لاستیکی با باله

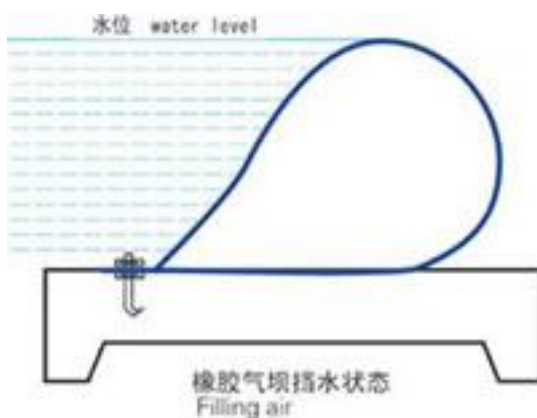




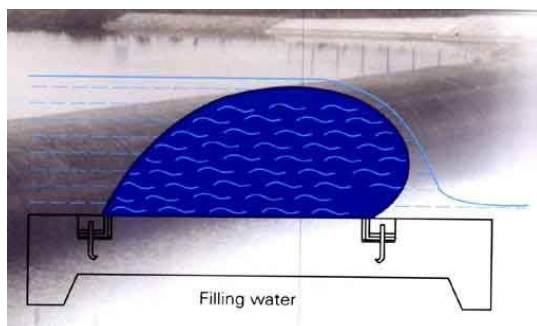
۲- سدهای لاستیکی بدون باله



۱- سدهای لاستیکی بادی air inflated rubber dam



۲- سدهای لاستیکی آبی water inflated rubber dam



۱- وجود یا عدم وجود آب به مقدار و کیفیت مناسب در محل

۲- مشکل پایداری سد در هنگام ایستادگی کامل بر روی پی

۳- مدت زمان لازم برای پر و خالی نمودن تیوب سد در مقابله ی به هنگام ، با سیلاب رودخانه ها

۴- تکنولوژی ساخت لاستیک در کشور مصرف کننده

۵- هزینه های اجرایی طرح سدهای آبی یا بادی

۶- سهولت اجرای و بهره برداری در هر کدام از انواع سدهای فوق الذکر

• خصوصیات سدهای لاستیکی بادی

در مقایسه بین سدهای لاستیکی آبی و بادی باید اشاره کرد که :

۱- سدهای بادی اقتصادی تر هستند ، به ویژه در سدهای بزرگ با ارتفاع بیشتر از ۲ متر عملکرد خوبی از خود نشان داده اند.

۲- بدلیل افت کم لوله های هوارسان قطر لوله انتقال هوا به مراتب کوچکتر است و هزینه های طرح را کاهش می دهند.

۳- نسبت ارتفاع به محیط در سدهای بادی از سدهای آبی کوچکتر است و لذا ماده لاستیک کمتری برای ساخت تیوب لازم است.

۴- زمان پر و خالی کردان هوا به مراتب از نوع آبی کمتر است.

۵- سدهای بادی در آب و هوای سرد عملکرد بهتری دارند.

۶- خطر خوردگی و گرفتگی در سیستم لوله های انتقال هوا به مراتب کاهش می یابد.

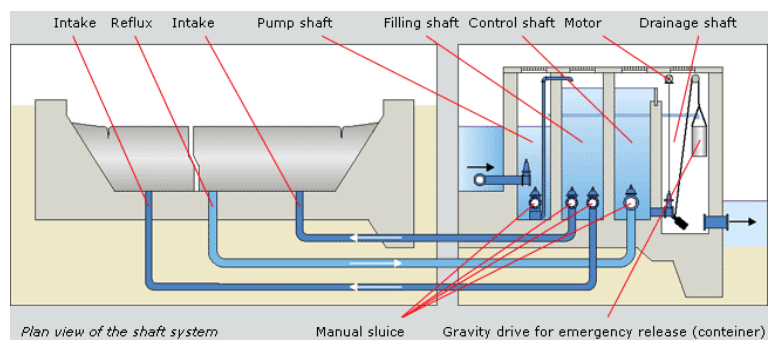


بستر سد و تجهیزات مهار:

بستر سد عموماً در کف به صورت سطح و در دو طرف به صورت شیب دار ساخته می شود .



لوله هایی که در پر و خالی کردن آب یا هوا به کار می روند عمدتاً در بستر کار گذاشته می شوند . بدنه لاستیکی سد به وسیله لوله و میله در محل نگه داشته و توسط پیچ مهار ، نصب می گردد . با تزریق رزین پلیاستر در محل ، این قسمت سخت و محکم می شود . بخش بیرونی پیچهای مهار پس از عبور از سوراخهای تعبیه شده در بدنه سد لاستیکی توسط مهره و واشر به بستر محکم می گردد .



✓ خصوصیات سدهای لاستیکی آبی

- ۱- اثر مثلی شدن v-notch effect در سدهای آبی کمتر است
- ۲- نسبت به افزایش سطح تراز آب و کنترل سطح آب عملکرد بهتری دارد
- ۳- در حالت ایستاده یا بار کامل ، سدهای لاستیکی آبی پایدارتر از سدهای بادی هستند.
- ۴- ارتعاش لاستیک در مقابل سرریزی با سطح تراز بالای عمق مجاز آب کمتر اتفاق می افتد اما خطوط و شبکه آبرسانی به داخل تیوب با اقطار بزرگتر بوده و همواره در خطر گرفتگی و خوردگی هستند.
- ۵- سیستم زهکش این سدها برای تخلیه آب داخل لاستیک از نگرانی های این قبیل سدها است.

۱- وجود ارتعاشات در بدنه سد لاستیکی با افزایش ارتفاع آب در آستانه سد لاستیکی.

۲- چروک خوردگی بدنه لاستیکی در مجاورت دیواره های جانبی در شیبهای مختلف

۳- تشکیل معبرعبور جریان بصورت V در طول تاج سد یا v-notch

۴- پارگی تیوب در نتیجه اضافه فشار

۵- مشکل تعمیرات سد لاستیکی در هنگام طغیان سیلابها

۶- نداشتن تخصص برای نگهداری ، بهره برداری و تعمیرات سدهای لاستیکی در

کشورهای توسعه نیافته .

گرفتگی لوله های هوا رسان یا لوله های تأمین آب تیوب لاستیکی

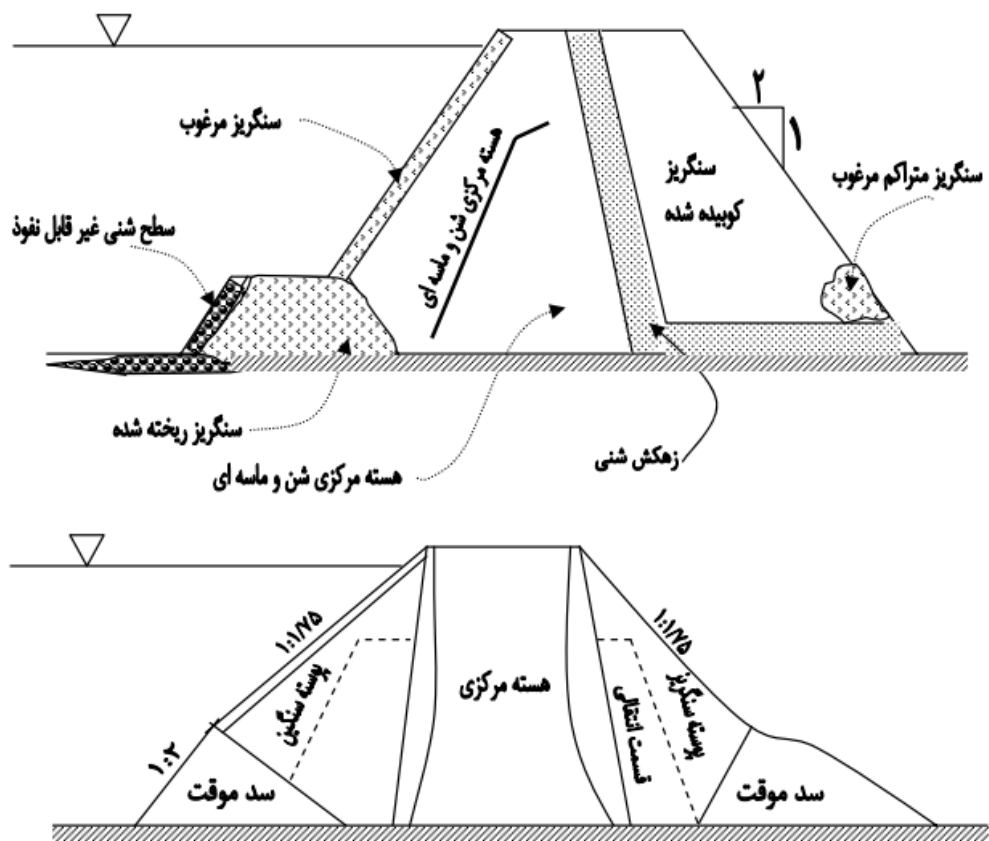


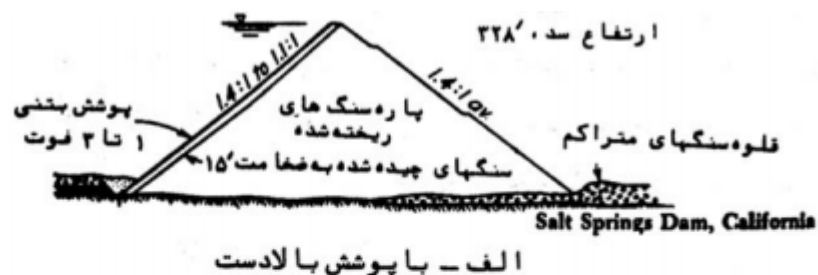
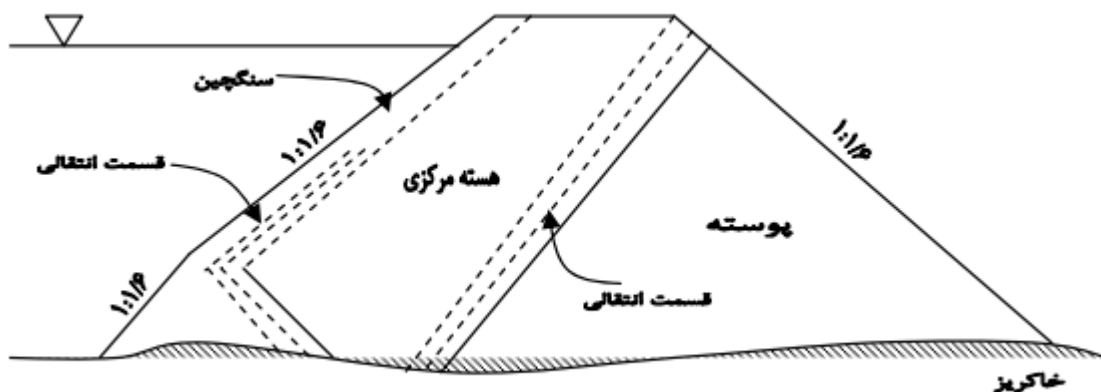












الف - با پوشش بالادست



ب - با پوشش مخفی (مغزه مایل) در بالادست



ج - سد پاره سنگی با مغزه نفوذناپذیر

- الف - با پوشش بالادست
- ب - با پوشش مخفی (مغزه مایل) در بالادست
- ج - سد پاره سنگی با مغزه نفوذ ناپذیر
- انواع معمولی سدهای پاره سنگی



(الف) مقطع همگن با زهکش پنجه

$$m = 1.5-2.5$$



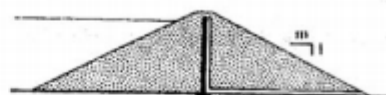
(ب) مقطع همگن با زهکش دودکشی (زهکش ستونی)

$$m = 2.5-3.5$$



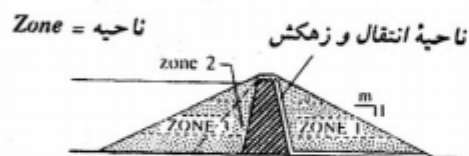
(پ) هسته رسی لاغر

$$m = 2.0-3.0$$



(ت) هسته بتنی لاغر

$$m = 2.0-3.0$$



(ث) مقطع غیر همگن با هسته عریض و

نواحی انتقال و زهکش

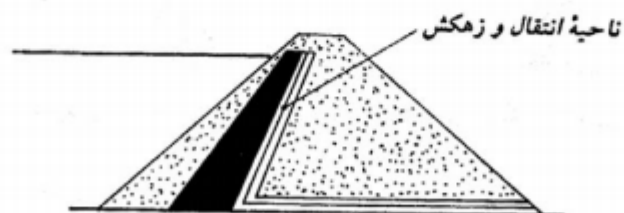
$$m = 2.5-3.5$$



(ج) سد خاکی - سنگریزه‌ای با هسته رسی با

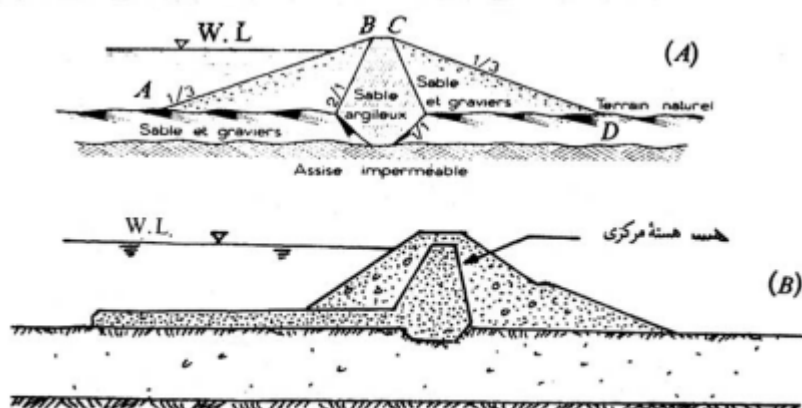
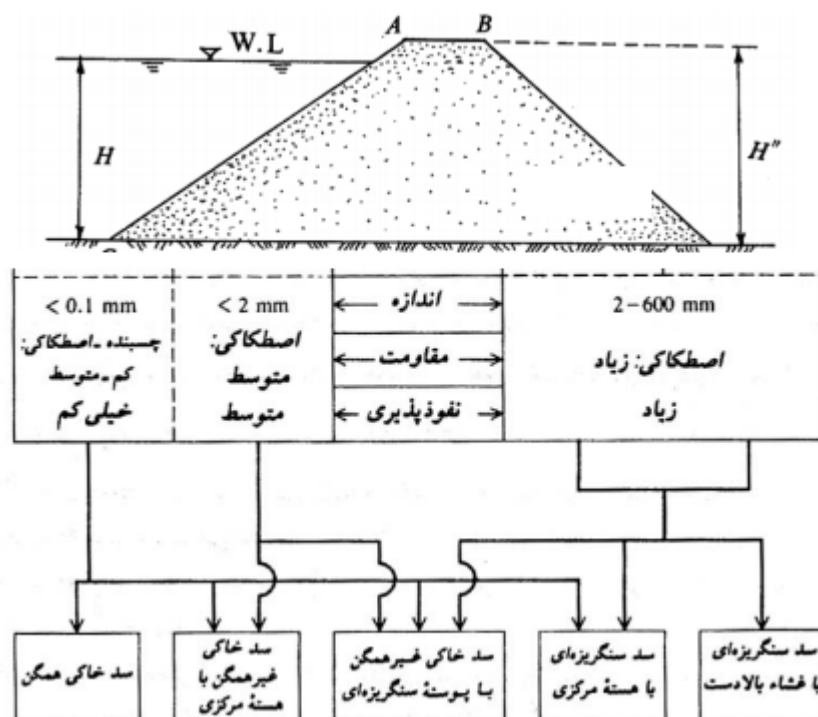
ناحیه انتقال و زهکش

$$m = 1.6-2.0$$

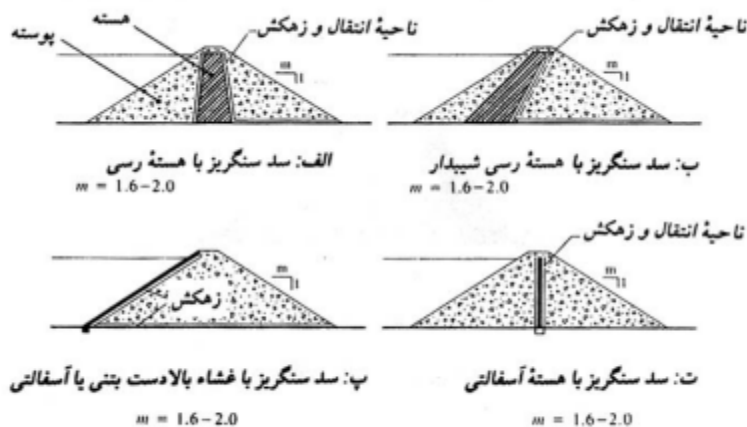


(چ) سد خاکی با هسته رسی شیب‌دار

مقاطع تیپ سدهای خاکی روی پی نفوذناپذیر



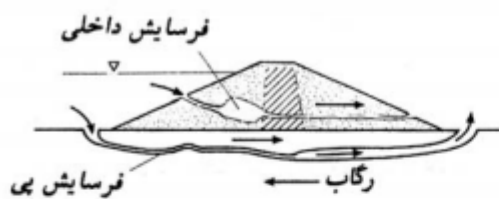
مقطع عرضی از سد خاکی با دو نوع هسته مرکزی



مقاطع تپ سدهای سنگریزه‌ای



(الف) سرریز از روی بدنه سد (لب ریزشیدن)



(ب) فرسایش داخلی

افت ارتفاع زیاد



(پ) نشست بدنه و پی



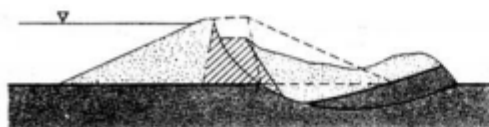
(ت) لغزش شیب پایین دست



افت تراز دریاچه



(ث) لغزش شیب بالادست

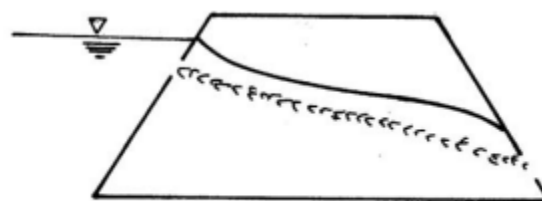


(ج) لغزش عمیق شیب پایین دست

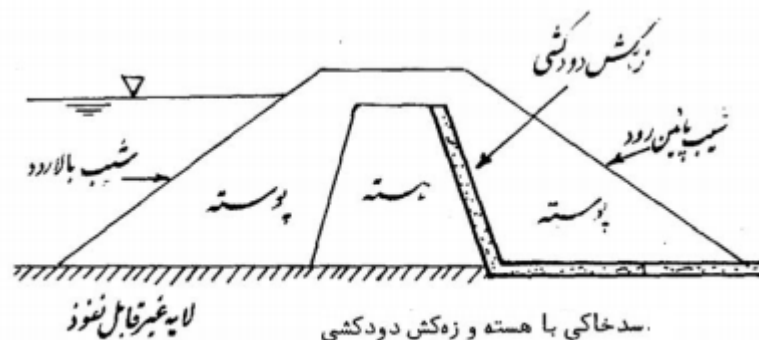
مکانیسم‌های مختلف خرابی سدهای خاکی

مکانیسم های خرابی سدهای خاکریز ای و روشهای جلوگیری از آنها

راه علاج	علت	مشخصه	خرابی
خارجی			
افزایش ارتفاع آزاد و با ظرفیت سرریز ، جبران نشست و با اضافه کردن ارتفاع نگهداری و طراحی صحیح دقت در طرح هیدرولیکی صحیح و دیوار محافظ چمن کاری شیب و با زهکشی درست آن	سرریز و یا ارتفاع آزاد ناکافی نشست بدنه و یا پی	جریسان از روی سسبد و فرسایش آن	لبریز شدن
	عشاء محافظ صدمه می بیند مسیر کانال تخلیه سرریز بد انتخاب شده زهکشی سطحی ناقص	خسارت به شیب بالادست جریان سیل باعث خسارت به پنجه می شود فرسایش شیب پائین دست به علت بارندگی	فرسایش موج فرسایش پنجه جسیناک شدن
نشست داخلی			
برده آب بند و یا تزریق هسته دقت در طرح و تزریق زهکشی داخلی ، فیلترها و ناحیه بندی صحیح خاکریز استفاده از حلقه های آب بند	پی نفوذ پذیر آب بند ناقص ترك داخلی ترك داخلی نشست از اطراف تونل تخلیه	افزایش نشست نشست کدر	اتلاف آب فرسایش نشست
ناپایداری			
تحرکیم و زهکشی پی و اصلاح آن زهکشی ، شیب تخت و احداث برم تراکم کافی و با اضافه کردن برم پنجه	پی ضعیف و فشار حفره ای بالا فشار حفره ای زیاد ، شیب تند و افت سریع آب دریاچه حرکت یا شک سریع . خاکهای لای حساس تراکم را دارا هستند	تغییر شکل هندسه بدنه سد	لغزش پی شیب بالادست لغزش جریان
تغییر شکل			
افزایش ارتفاع آزاد ، فیلتر محافظ و طرح خوب جزئیات داخلی طرح خوب جزئیات داخلی با نواحی انتقال عریض	تغییر شکل بعلت تحرکیم بدنه یا پی و یا بعلت فرسایش داخلی تغییر شکل نسبی نواحی و مصالح	کم شدن ارتفاع آزاد تغییر شکل هندسه خارجی و ترك داخلی	نشست داخلی



پدیده فرسایش درونی (Piping)





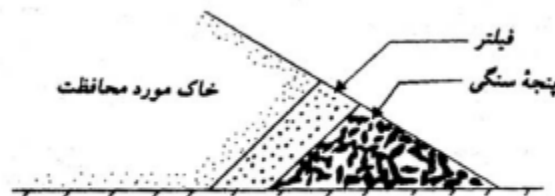
ب - زهکش مایل واقعی

الف - زهکش لایه ای افقی

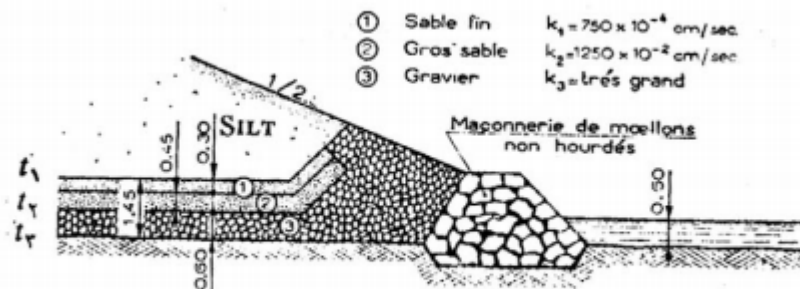
- ۱ - لایه های فیلتر، ماسه متوسط تا درشت به ضخامت ۰/۳ متر در لایه مایل
 - ۲ - ماسه درشت تاشن ($D=5-12mm$) به ضخامت ۰/۲۵ تا ۰/۴۵ متر در لایه مایل
 - ۳ - سنگ خرد شده ($D=25-75mm$) به ضخامت ۰/۲۵ تا ۰/۶ متر در لایه مایل
- و اگر ۳ ضخامت هر لایه افقی ۰/۱۵ متر



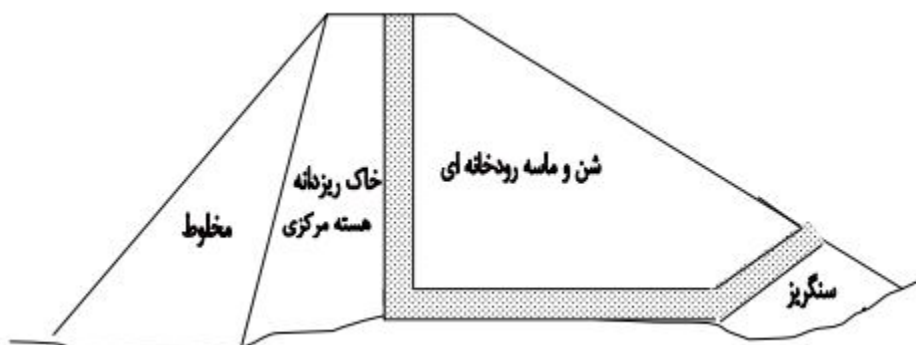
شکل - انواع اصلی زهکشی بدنه در سدهای خاکی

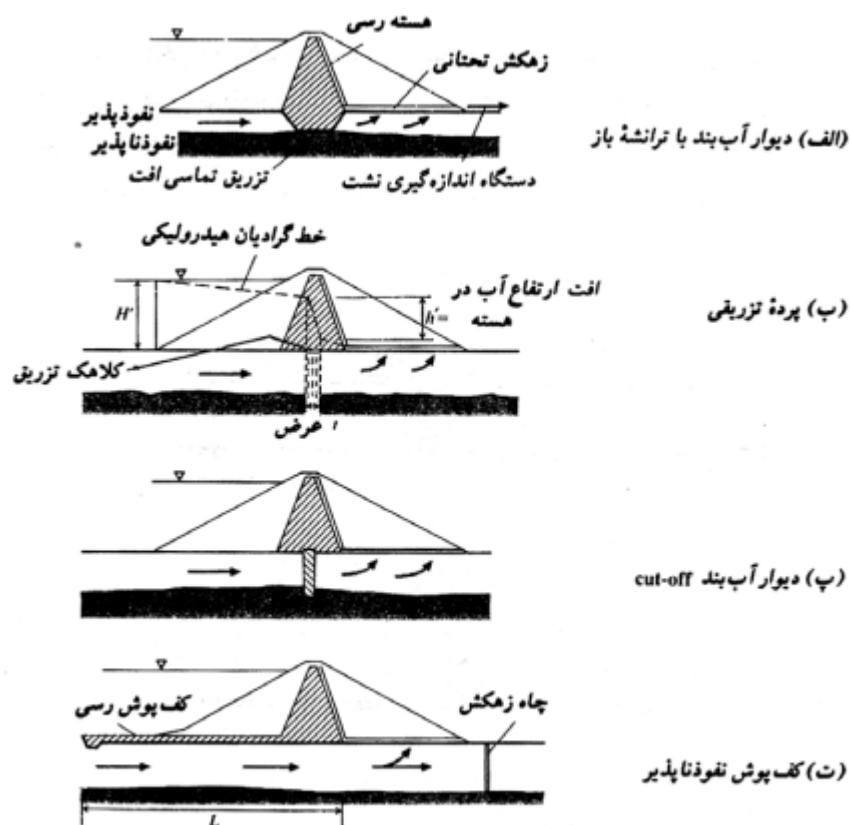


استفاده از فیلتر در پنجه یک سد خاکی



مقطع عرضی بزرگ شده زه کش





کنترل نشت آب از پی سدهای

برنامه زمان بندی اجرایی برای سدهای خاکی

1. ضخامت قابل قبول لایه، برای هر دو مورد هسته نفوذ ناپذیر و سنگریزه ای یا خاکریزی. در این مورد، ضرورت ندارد که ضخامت لایه های هر روز کاری با هم مطابقت داشته باشند بلکه باید به گونه ای باشد که به حد کافی متراکم شوند.
2. تعداد گذر های (عبور و مرورهای) مورد نیاز توسط تجهیزات متراکم کننده برای هر نوع مصالح، که به دانسیته مورد نیاز بستگی دارد.
3. میزان رطوبت بهینه برای متراکم کردن هسته نفوذ ناپذیر یا خاکریزی.
4. کیفیت سنگریز و درصد قابل قبول مصالح ریزتر از 25 میلی متر.
5. شرایط آب و هوایی فصلی.
6. تأثیر تشکیلات زمین شناسی محلی روی پی ها.
7. توپوگرافی و نوع عکس هوایی محل سد. این اطلاعات به منظور ترسیم شبکه راه برای پخش انواع مختلف مصالح در جبهه های مختلف کاری مورد نیاز می باشند.
8. پلان انحراف رودخانه.
9. اجرای دیوار آب بند که مصالح نفوذ ناپذیر سد را به سنگ بستر یا لایه سربار اتصال می دهد و باید مدت ها

قبل از قرار گیری لایه های ستگریزه یا هسته کامل شده باشد تا از بوجود آمدن تأخیرات آینده جلوگیری به عمل آید و بر اساس برنامه اجرایی دنبال شود.

10. تاسیسات یا اجرای مجاری تخلیه تحتانی، آبگیرها و سایر اعضای آبزدایی.

11. اتمام رویه ها همزمان با اجرا و بالا رفتن سد، مخصوصاً وقتی که رویه بالادست با یک لایه نفوذ ناپذیر پوشیده می شود.

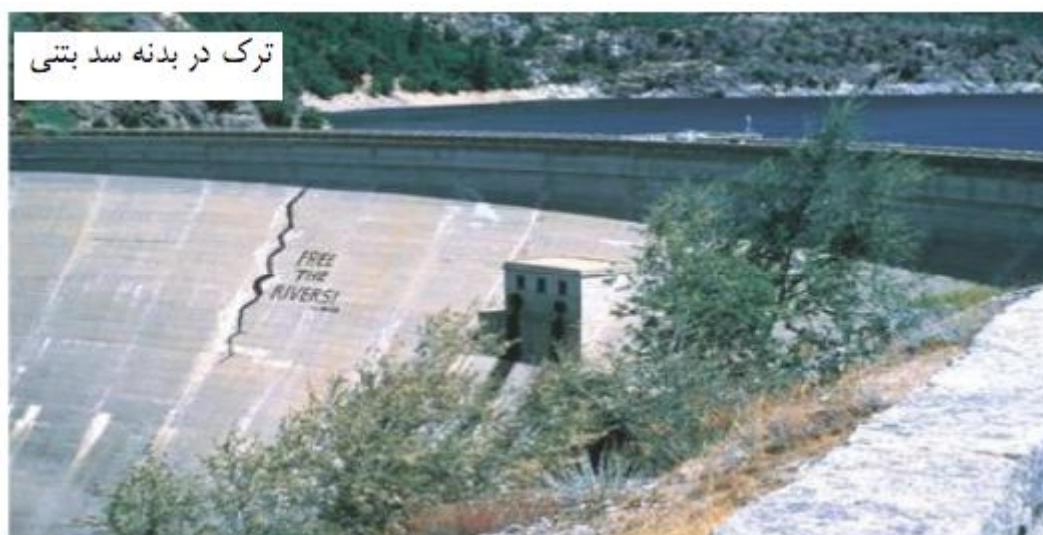
12. نیاز احتمالی به پر کردن جزئی مخزن سد در رقوم داده شده. این موضوع اجرای مقاطع کوچک شده بدنه سد را معین می کند.

13. تأثیر سرریز سد بر روی اجرا.

14. اجرای لایه نفوذ ناپذیر در رویه بالادست سد.

15. زمان مسدود کردن تونل انحراف یا حالت های اجرای آن در صورتی که سد در حالت آبگیری باشد.

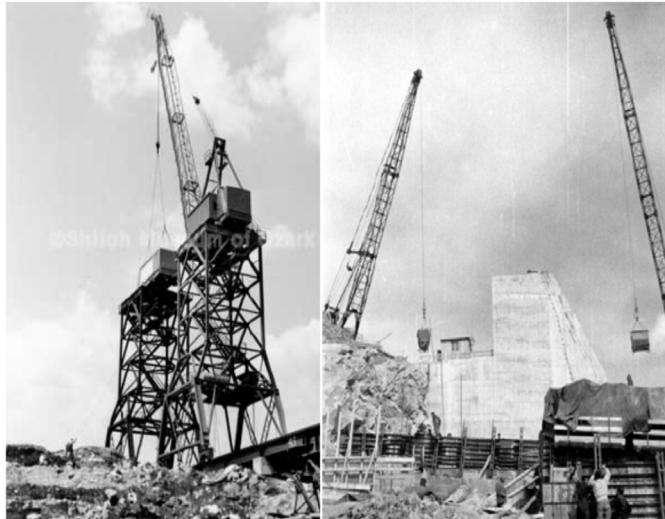
16. تزریق کردن پی ها.





• انتقال بتن در سد سازی

با گسترش نیازهای آبی و برقی، ساخت سدهای بتنی از سال 1920 بصورت گسترده آغاز گردید . با پیشرفت علوم مهندسی عمران و ژئوتکنیک و توانایی مهندسين در آنالیز های دقیقتر ابعاد این سازهها افزایش یافته به نحوی که هم به لحاظ حجم و گسترش افقی، گسترش ارتفاعی آن نیز بیشتر شد. به موازات این پیشرفت سیستم های انتقال بتن نیز به فراخور موضوع پیشرفته تر شده و همگام با نیازهای ساختمانی گسترش یافت .اولین سدهای بتنی بزرگ توسط باکت و جرثقیل موبایل انجام می گردید .این سیستم ها با ورود جرثقیل های کابلی،تاورکرین، نوارهای نقاله و حتی سیستمهای روباتیک روز به روز پیشرفته تر شده و راندمان های بتن ریزی را افزایش داده است .در این قسمت سیستمهای انتقال بتن توسط نوار نقاله و تاور کرین به صورت مصور ارائه شده است.



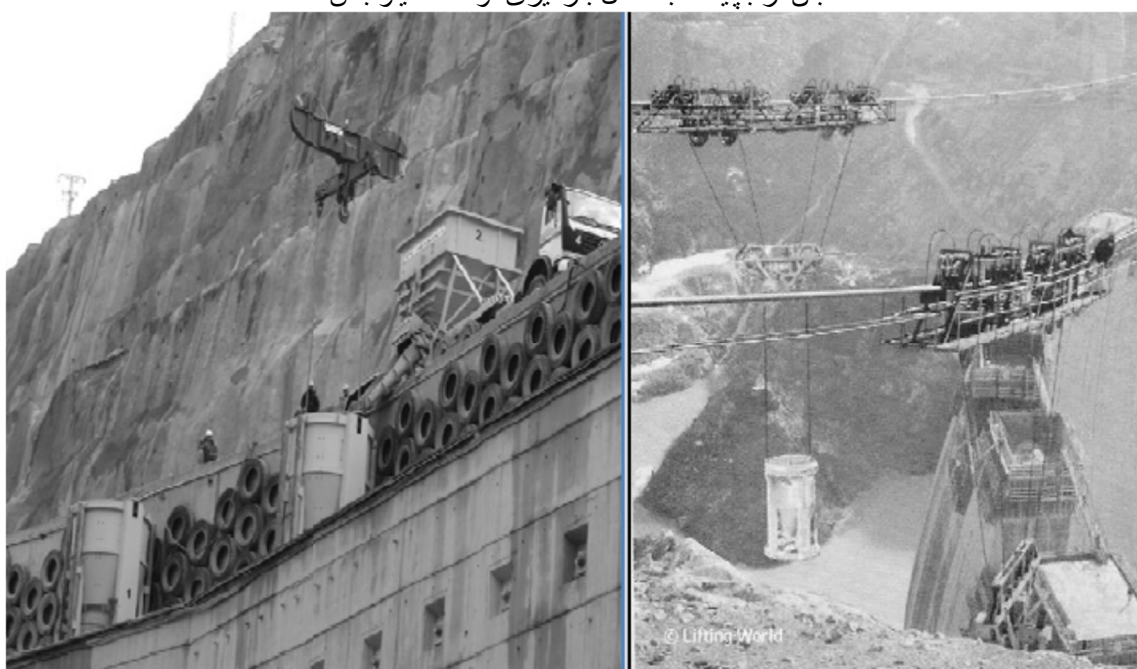
انتقال بتن با بکت و جرثقیل



سد سازی با استفاده از تاور کرین



بتن از بچینگ به محل بارگیری توسط سیلو باس



بارگیری باکت و حمل توسط جرثقیل کابلی



تخلیه باکت روی مقطع

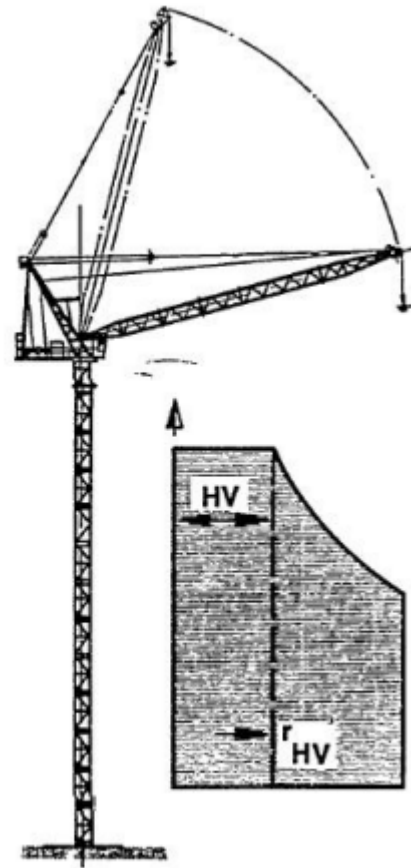
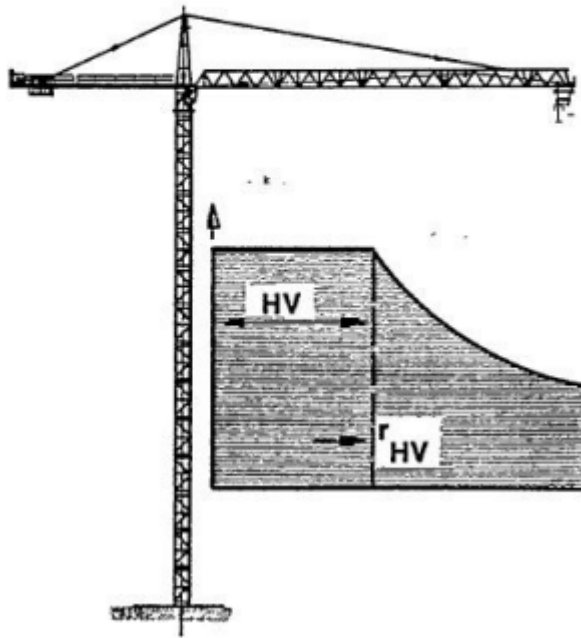


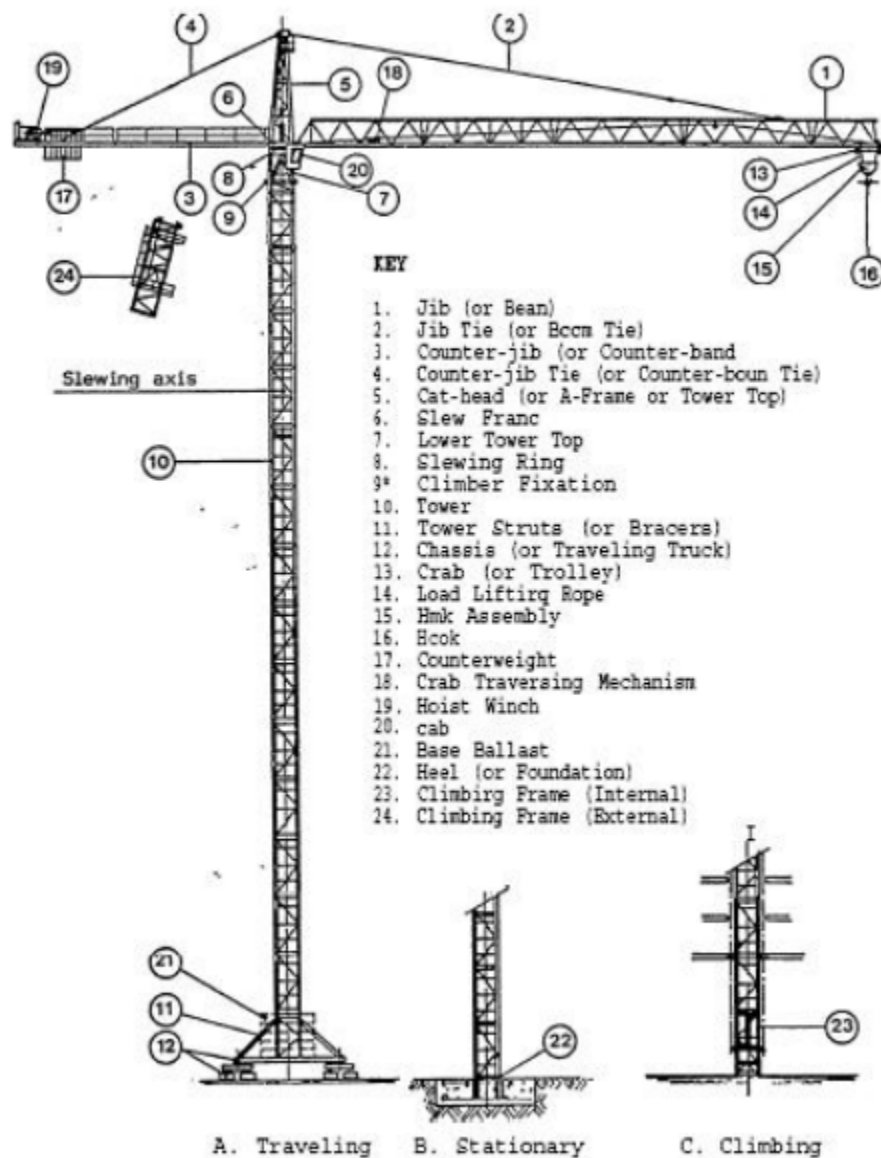
نوار نقاله متحرک نصب شده روی یک تراک میکسر



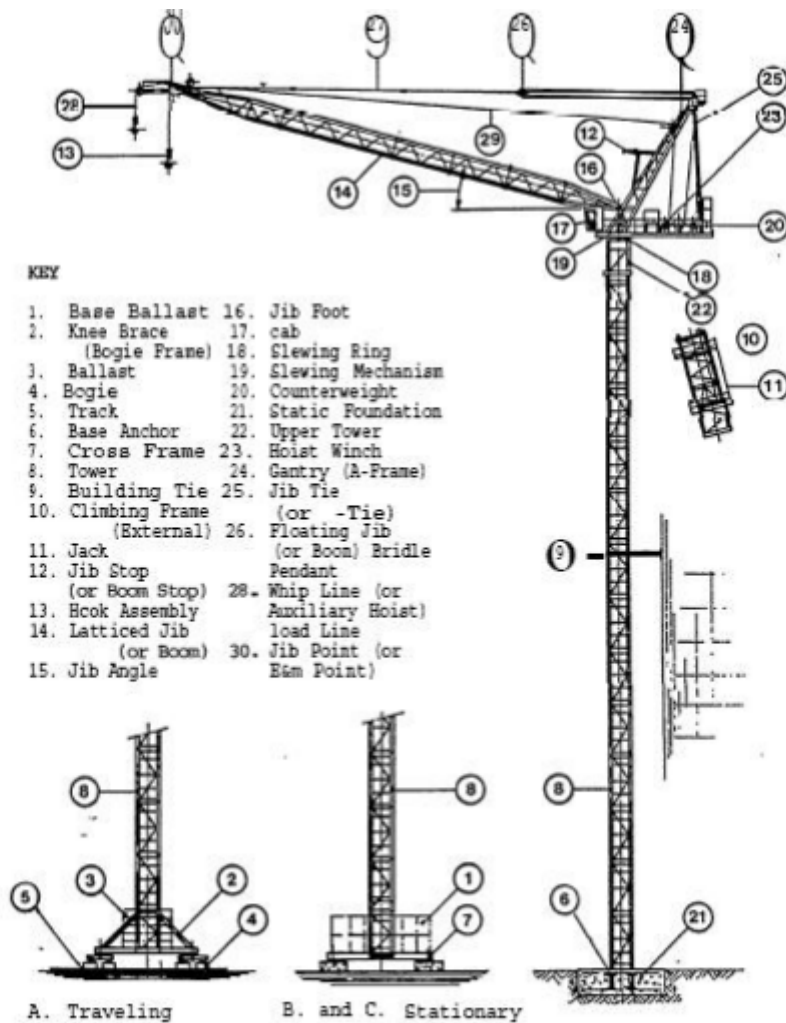
نوار های تغذیه کننده بتن

HV = Heavy Load Range
 r_{HV} = Stated Loadmoment Capacity of the Crane

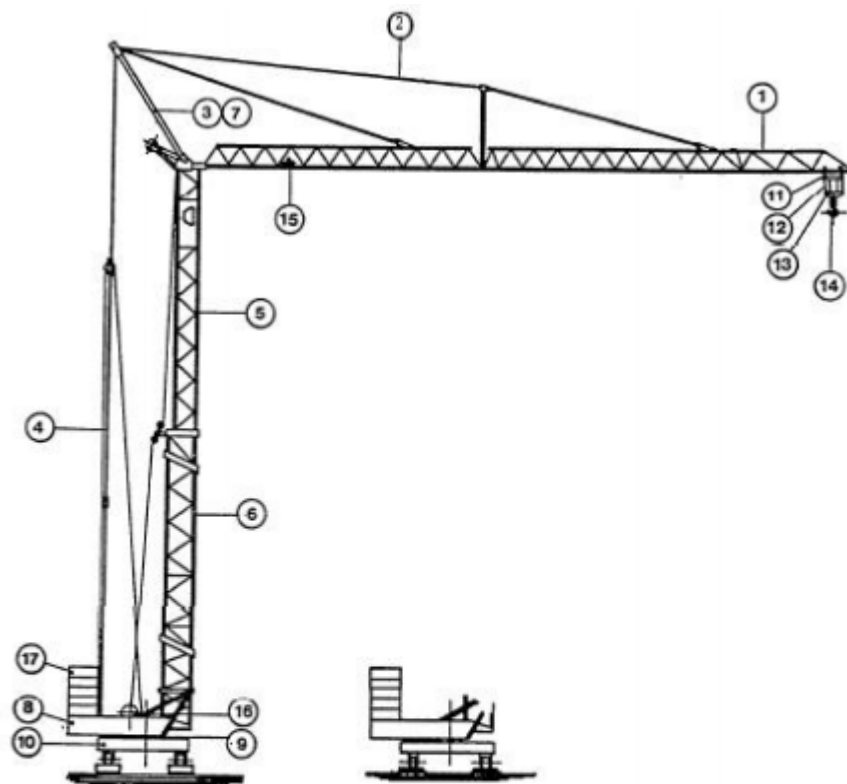




TOWER CRANE -- With top-slewing horizontal jib



TYPE 2 TOWER CRANE -- With top-slewing luffing jib



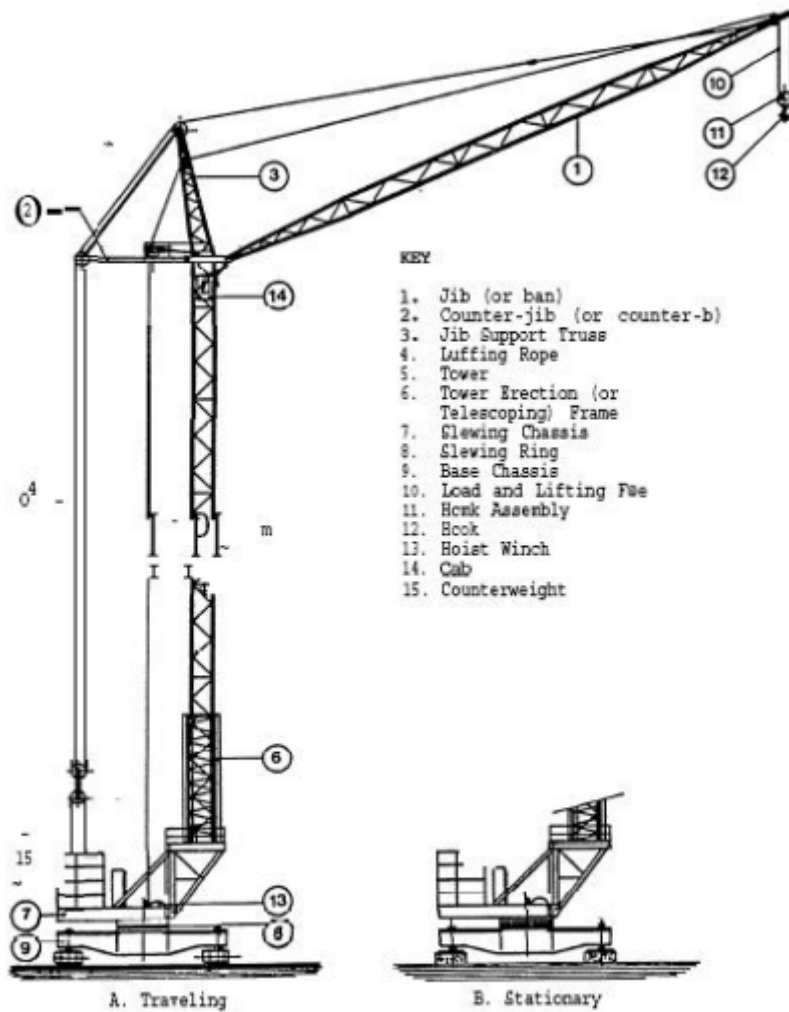
A. Traveling

B. Stationary

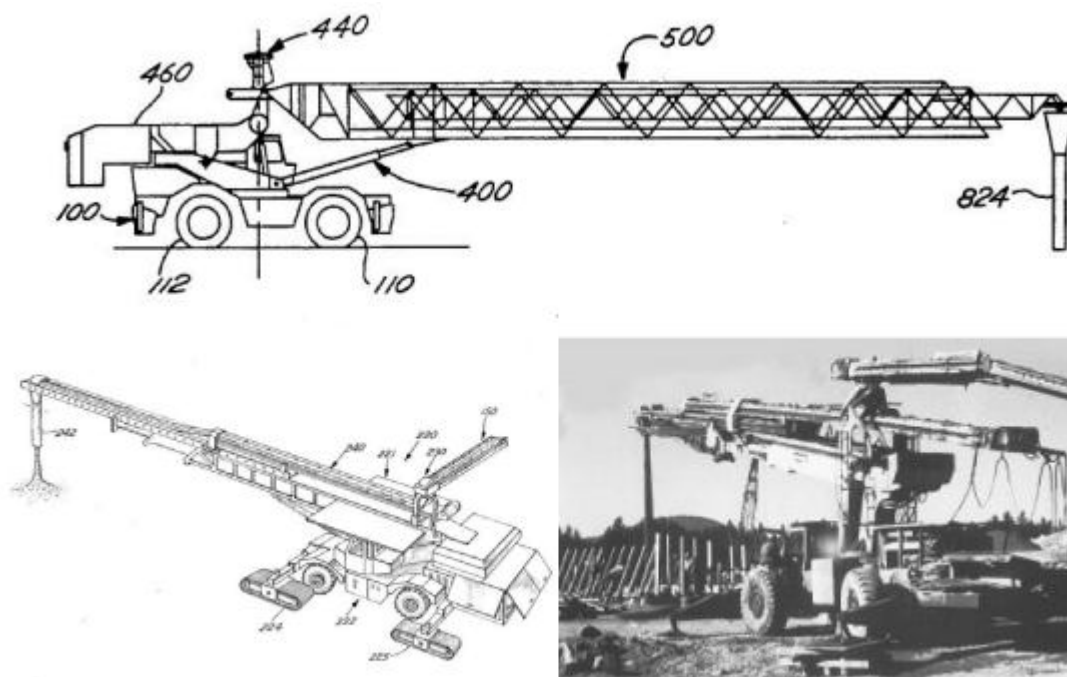
KEY

- | | | |
|--------------------------|---|--|
| 1. Jib (or jib) | 7. Counter-Jib (or Counter-Boom) | 13. Hook Assembly |
| 2. Jib Tie (or Beam Tie) | 8. Slewing Chassis | 14. Hook |
| 3. Jib Support Truss | 9. Slewing Ring | 15. Trolley (or Crab) Traversing Mechanism |
| 4. Counterweight Pendant | 10. Base Chassis | 16. Hoist Winch |
| 5. Telescopic Tower | 11. Trolley (or Crab) tied and Lifting Rope | 17. Counterweight |
| 6. Low Level Tower | | |

TOWER CRANE -- "Fast Tower" with low-level slewing and horizontal jib

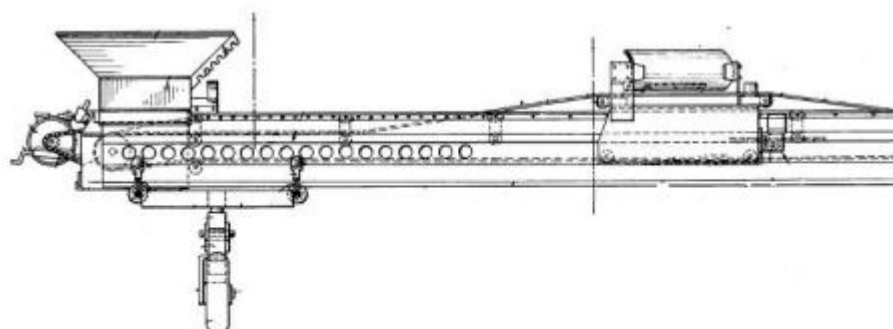


TYPE 4 TOWER CRANE -- With low-slewing luffing jib

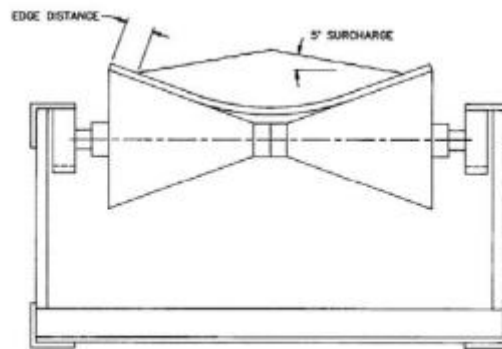


نوار نقاله پخش کننده تلسکوپی

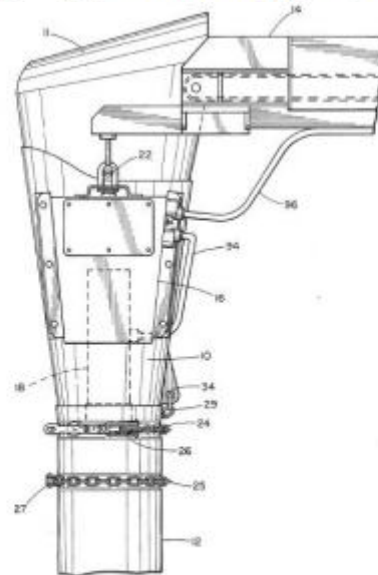
عرض نوار	ظرفیت
mm	m ³ /h
400	75
500	150
600	230



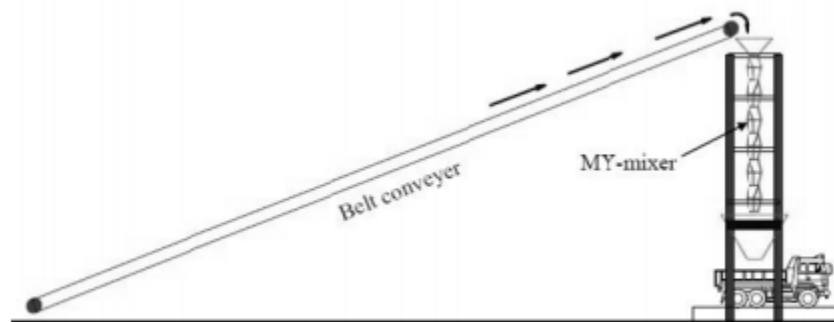
یک توزیع کننده جانبی (بصورت عرضی بتن از روی بلت جاروب می شود)



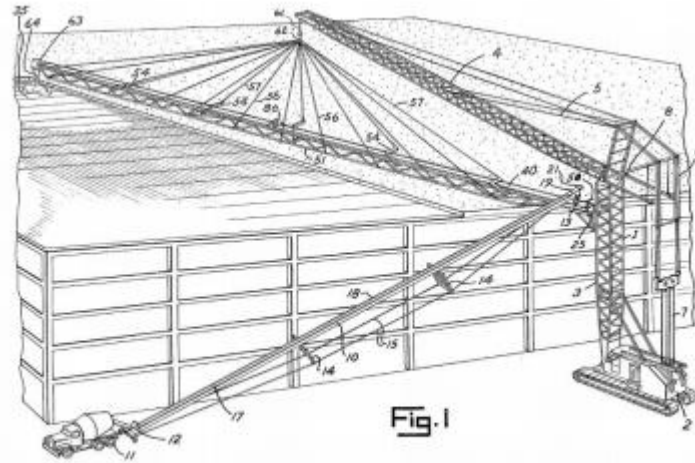
زاویه قرار بتن بر روی نوار و عرض خالی نوار



نمونه ای از لوله ترمی انتهای نوار که مجهز به سیستم اخطار Overload است.



Outline of continuous mixing plant for concrete.



اولین تاپ بلت (1973) با نوار نقاله معلق 76 متری

روشهای مختلف آب بندی

۱- ترانشه آب بند Cut off Trench

۲- آب بند ناقص ۳- آب بند سپری ۴- آب بند سیمانی و پرده بتنی در جا

۶- پوشش آب بندها ۷- ژئوسنتیتکها Geo synthetics

طبقه بندی روشهای تزریق

۱- تزریق نفوذی Penetration Grouting

۲- تزریق جابجایی Displacement Grouting

۳- تزریق تحکیمی Consolidation Grouting

۴- تزریق اختلاط: الف- اختلاط خاک Soil Mixing

ب- تزریق با فشار Jet Grouting

۵- تزریق اتصالی یا تماسی Connection or Contact Grouting

دستگاههای تزریق

۱- همزن ها Mixers

۲- پمپهای تزریق شامل پمپ مارپیچی Helical Rotor Pump پمپ گریز از مرکز

Centrifugal Pump

پمپ پیستونی Piston Pump پمپ فشاری Ram Pump پمپ دیافراگمی Diaphragm Pump

پمپ دستی Hand Pump

سیستم حفاری ضربه ای Percussive Drilling سیستم حفاری دورانی Rotary Drilling

سیستم حفاری ترکیبی ضربه ای - دورانی Percussive-Rotary Drilling

تزریق دوغاب ۱- دوغاب معلق Suspension ۲- دوغاب شرابه Emulsion

۳- دوغاب محلول Solution

تزریق با مواد شیمیایی ۲- با موادسیمانی ۳- با مواد رسی

به طور کلی دوغاب در عملیات تزریق تابع عوامل زیر است

۱- ویژگیهای نفوذ پذیری سنکها و خاک ها با توجه به میزان تخلخل ، درسد اشباع شدگی و بافت

۲- روش انتخابی تزریق و آرایش گمانه ها ی تزریق در منطقه

۳- نوع مواد تزریق مورد استفاده و ترکیب شیمیایی آنها

۴- واکنش زمین نسبت به مواد تزریقی درون فضاهای خالی و فعل و انفعالات شیمیایی

۵- هزینه های اجرای عمل تزریق و اهمیت اجرای آن با توجه به نوع طرح

منابع:

۱- آزمیدخت یزدانی جزی، ایمان الیاسیان، انواع سد و برخی نکات مورد تامل در حین اجرا، پروژه درس اجرای

سازه های فولادی و بتنی، زمستان ۱۳۸۸

۲- "درسهائی از شکست سدهای بزرگ"، دکترای مهندسی عمران - مدیر امور فنی شرکت پیمانکاری پیماب وابسته

به وزارت نیرو.

۳- " اثر فونداسیون در رفتار لرزه ای سدهای بتنی قوسی با در نظر گرفتن اندرکنش سد و دریاچه " محمدرضا

مرادی مقدم*، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده عمران دانشگاه صنعتی شریف، تهران، علی نورزاد، استادیار،

دانشکده عمران، دانشگاه صنعت آب و برق،

۴- " به کارگیری روش تکرار تحلیل خطی در تحلیل لرزه ای سدهای بتنی وزنی"، مریم مردفکری ، شهرام وهدانی،

دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده فنی تهران.

۵- " انتقال بتن در سدهای بزرگ با تاورکیرین و نوار نقاله"، شرکت مهتاب قدس.

۶- " ژئولوژی سدها"، محمد جواد بنگش دانشجوی کارشناسی دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی

زنجان، لمانا پروینی ثانی دانشجوی کارشناسی دانشکده مهندسی صنایع. دانشگاه صنعتی شریف تهران.

۷- مقاله ای از P. Sembenelli, مهندسین مشاور Sc-Sembenelli, ایتالیا مهندسین مشاور Wang Shengpei, چین.

۸- "بهینه سازی مطالعه و اجرای سد در ایران"، مسعود نصیری، سعید سعیدی، دانشگاه شاهرود.

۹- سعید خراقانی، سدهای خاکی، دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور

۱۰- گزارش احداث سد و نیروگاه کارون ۳

۱۱- تکنولوژی اجراء در سد خاکی با هسته رسی

۱۲- سد های زیر زمینی و انواع لاینرهای مورد استفاده در کاهش نفوذ پذیری

۱۳- چنگیز فولادی، درسهای از شکست سدهای بزرگ، چهارمین کنفرانس سد سازی

14-WWW.CIVILICA.IR

15-WWW.CIVILBOOK.IR

۱۶- سالار ساخورده، تزریق راهکار مرسوم در آب بندی پی سدها، اولین کنفرانس بین المللی دانشجویی دانشگاه

سمنان

۱۷- حسین میسمی، سعیده سعیدی، شراره شجاعی، سدها و ابنیه آبی، انتشارات سازمان عمران، ۱۳۸۹

۱۸- محمد مینائی فرد - حسین میسمی- سعیده سعیدی بررسی راهکار اجرائی پیاده سازی سد آزاد و سامانه انتقال آن،

انتشارات سازمان عمران، ۱۳۸۹

۱۹- حسین میسمی، ایمان الیاسیان، کاربرد سازه های تور سنگی گابیون در مهندسی رودخانه WWW.iransaze.com

۲۰- ایمان الیاسیان، انواع جرثقیل، سایت WWW.iransaze.com

ساخت سدهای کوچک و متعلقات آن

ایمان الیاسیان، کارشناس ارشد سازه

در یک تقسیم گسترده هدف از ساخت سد را یک یا چند مورد از موارد زیر تشکیل می دهد.

۱- کشاورزی (تامین آب مورد نیاز کشاورزی، احیاء آرازی موات و نیمه موات)

۲- تامین آب شرب و بهداشتی مردم

۳- مصارف صنعتی در رفع- نیازهای مربوط

۴- کنترل سیلاب و تنظیم جریان رودخانه ها و سیلاب ها

۵- نیروگاه های برق- آبی و تامین انرژی

۶- افزایش ارتفاع جهت انحراف آب

۷- کشتیرانی و حمل و نقل

۸- حفظ محیط زیست حیوانات وحشی و ماهیگیری

انواع سدها:

سدها را می توان براساس معیارهای مختلف تقسیم بندی نمود از جمله این معیارها عبارتند از:

۱- نوع استفاده و بهره برداری ۲- طراحی هیدرولیکی

۳- مصالح بدنه ۴- سختی ۵- رفتار سازه ای

انواع سدها بر اساس نوع بهره برداری:

۱- سدهای مخزنی (ذخیره ای) ۲- سدهای انحرافی

۳- سدهای تاخیری ۴- سدهای موقتی

سدهای مخزنی (ذخیره ای) : Storage dams

آب را در موسمه های بارانی و در زمان های پر آبی رودخانه که مازاد بر مصرف در آن جاری است ذخیره کرده تا در طول سال به تناسب افزایش مصرف مورد نیاز مورد استفاده قرار گیرد. این نوع سد معمولترین و رایجترین آن بوده خود می تواند بر حسب هدف از ذخیره نظیر تامین آب کشاورزی با صنعت و شرب، پرورش ماهی و حفظ محیط زیست حیوانات، تولید برق آبی و طبقه بندی می گردد.

سدهای انحرافی : Diversion Dams

در این حالت با ایجاد سد و افزایش ارتفاع، امکان انحراف آب از یک مسیر فعال به کانال یا مسیر غیر فعال مورد نظر را فراهم نماید عموماً برای توسعه کشاورزی و تامین مصارف شهری و صنعتی به کار می رود سرریزها از جمله این گروه هستند.

سدهای تاخیری : Deletion Dams

این نوع سدها برای کنترل سیلاب و ایجاد تاخیر و تعویض در جریان ساخته می شوند. لذا با ذخیره مقداری از سیلاب مقدار دبی اوج سیلاب تقلیل و زمان رسیدن آن به نقطه مورد نظر را افزایش می دهند. سدهای تاخیری معمولاً دارای ارتفاع و حجم ذخیره کم بوده که آب محبوس شده در بالا دست منتقل شده منطقه پایین دست از صدمه احتمالی سیلاب در امان می ماند.

سدهای موقتی : Temporary Dams

سدهای موقتی یا Coffers Dams در حقیقت عبارتند از یک حصار موقت در اطراف محوطه کارگاهی تا به جلوگیری از ورود آب و سیلابهای محتمل به محوطه کارگاهی بتوانند محیطی خشک برای اجرای عملیات سد سازی را فراهم آورند. معمولاً این نوع سدها تحت عنوان «فرازبند» در بالا دست سد اصلی (و گاه به عنوان قسمتی از سد اصلی) و جهت انحراف آب به داخل تونل (یا کانال) انحراف ساخته شده و گاه لازم است تا در پایین دست سد اصلی نیز به منظور جلوگیری از برگشت آب به سمت بالا دست در محوطه کارگاه تحت عنوان «نشیب بند» ساخته شوند.

در مواقعی که جریان رودخانه در زمان سخت قابل ملاحظه نباشد آب به وسیله یک مسیر فرعی از کنار محوطه کارگاه و یا بوسیله یک فرازبند و پمپاژ از منطقه خارج می گردد.

انواع سدها بر اساس طراحی هیدرولیکی:

۱- سدهای آبریز overflow Dams

۲- سدهای غیر آبریز Non-overflow Dams

سدهای آبریز overflow Dams:

که در این صورت اجازه داده می شود تا آب از روی تاج سد عبور نماید اینچنین سدها بایستی از مصالحی ساخته شوند که در اثر عبور جریان آب شسته نشده بتوانند پایداری سد را حفظ نمایند. نظیر بتن، مصالح بنایی، فولاد و چوب، در اکثریت سدهای وزنی، قسمتی از طول تاج به صورت آبریز (سرریز سد) و بقیه به صورت غیر آبریز عمل می نماید. گاهی نیز در سدهای کوتاه تمام طول تاج سد در حالت آبریز عمل می کند.

سدهای غیر آبریز Non-overflow Dams:

یک سد غیر آبریز به گونه ای طراحی می گردد که آب از روی تاج آن عبور ننماید و در این صورت می توان هر مصالحی نظیر بتن، مصالح بنایی، خاک، سنگریزه و چوب (الوار) را در ساخت آن بکار برد. در این حالت نیز برخی از سدها (نظیر اکثریت سدهای وزنی) به گونه ای ساخته می شود که قسمتی از آنها غیر آبریز و مابقی آبریز باشد. گاهی طراحی سد به گونه ای انجام می پذیرد که تا طغیان های خاصی از رودخانه فقط سرریز سد عمل نماید و برای طغیان بالاتر سرریز و سد (تاج سد) تماماً آب را از روی تاج خود عبور دهند نظیر برخی از سدهای موتی.

انواع سدها بر اساس نوع مصالح بدنه:

در این حالت که یکی از رایجترین انواع مهم تقسیم بندی می باشد. انواع سدهای زیر معرفی می شوند:

۱- سدهای خاکی: که از خاک ساخته شده اند.

۲- سدهای سنگی (سنگریزه ای): که مصالح تشکیل دهنده بدنه آنها، سنگهای درشت دانه هستند.

۳- سدهای بتنی: در این نوع بدنه سد از بتن و یات بتن ملح ساخته شده است.

۴- سدهای با مصالح بنایی: که از مصالح بنایی نظیر سنگ و ملات ماسه سیمان و گاه رویه بتنی برای ساخت سد استفاده می شود.

۵- سدهای چوبی (الواری) و فولادی: که به ندرت برای ارتفاع محدود یا استفاده از مصالح چوب و یا فولاد ساخته می شود.

۶- سدهای لاستیکی: سدهایی با ارتفاع کم (حدود ۶m) هستند که اخیراً و به صورت محدود مورد استفاده قرار گرفتند. سد لاستیکی از ورقه لاستیکی با مقاومت کششی بالا ساخته شده که با دمیده شدن هوا و یا وارد کردن آب به داخل آن متورم شده و به صورت مانعی جلوی آب قرار می گیرد و هرگاه سیال مذکور از داخل دو لایه لاستیکی خارج گردد به صورت یک کفپوش در بستر رودخانه قرار گیرد.

انواع سدها بر اساس سختی:

۱- گروه سخت Rigid Dams

۲- گروه غیر سخت Pon-Rigid Dams

۱- گروه سخت:

بدنه امن سدها کاملاً سخت بوده تغییر شکل آنها در مقابل فشار آب و سایر نیروهای وارده بر سد بسیار کم است. سدهای سخت از مصالحی نظیر بتن، مصالح بنایی، فولاد و الوار ساخته می شوند.

۲- گروه غیر سخت:

این سدها در مقایسه با سدهای سخت از تغییر شکل پذیری بیشتری در اثر نیروهای وارده برخوردارند نظیر سدهای خاکی و سنگ ریزه ای. سنگ ریزه ای.

انواع سدها بر اساس رفتار سازه ای:

تقسیم بندی حاضر، مهمترین تقسیم بندی سدهاست که در این حالت انواع سدها عبارتند از:

۱- سدهای خاکی: که مقاومت برشی خاک، ایستایی آن را در مقابل نیروهای وارده تامین می نماید عموماً برای جلوگیری از نشت آب از هسته های غیر قابل نفوذ یا نیمه نفوذپذیر نظیر هسته های رسی در داخل بدنه سد استفاده می کنند.

۲- سدهای سنگریزه ای: که شمایه سدهای خاکی است با این تفاوت که ابعاد دانه ها به مراتب درشت تر و به صورت سنگ می باشد با توجه به هدف از ساخت سد می تواند در داخل بدنه یا روی وجه بالا دست دارای یک پوسته مقاوم در مقابل نفوذ آب باشد و یا نباشد.

۳- سدهای وزنی: که وزن بدنه سد تعادل آن را در مقابل مجموعه نیروهای وارده حفظ می نماید:

۴- سدهای پایه دار: که بارهای وارده بر سد توسط یک پوسته به پایه ها و از آنجا به پی نو زمین منتقل می گردد.

۵- سدهای قوسی: که نیروهای وارده بر سد توسط یک بدنه انحنا دار به فونداسیون و سپس به سنگ زمین منقل می گردد.

۶- سدهای فولادی: که از یک قاب فولادی و یک صفحه فولادی روی وجه بالا دست آن تشکیل شده است این نوع سدها می توانند در شکل های گوناگون سازه ای ساخته شوند.

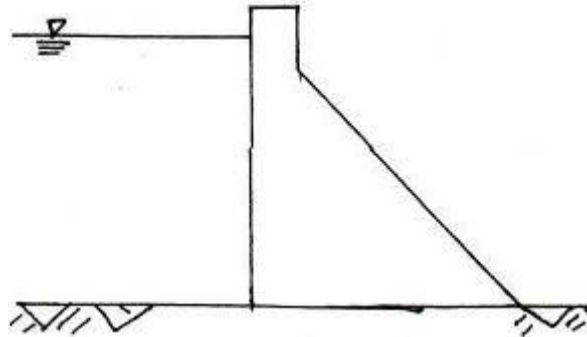
۷- سدهای چوبی (الواری): که نظیر سدهای فولادی از یک قالب چوبی و یک صفحه ساخته شده از الوار تشکیل شده اند. برای انتقال نیروهای وارده بر سد به زمین از سیستمهای مختلف می تواند استفاده گردد.

انواع سدهای بتنی:

آنچه که انواع سدهای بتنی را بیشتر از موارد از یکدیگر متمایز می سازد تقسیم بندی بر اساس نوع طراحی در رفتار سازه ای آنهاست که ذیلاً به آن پرداخته می شود:

Solid Gravity Dam	۱- سد وزنی تو پر (یکپارچه)	۱- سد بتنی وزنی
Hollow Gravity Dam	۲- سد وزنی تو خالی (مجوف)	
Cored Gravity Dam	۳- سر وزنی دارای هسته (هسته دار)	
		۲- سدهای پایه دار
		۳- سدهای قوسی
		۱- سد وزنی توپیر (یکپارچه):

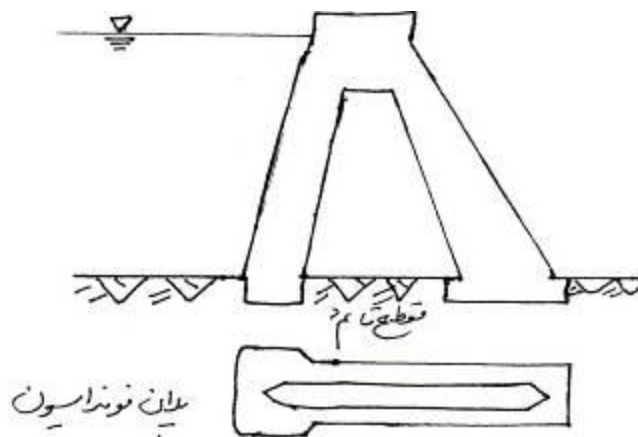
این نوع سد بدنه آنها به استثنای محل زهکشها و گالریها توپر و یکپارچه می باشد. بر این اساس وزن آنها نسبتاً سنگینتر اما اجرای ساده تری دارند. سد وزنی با این خصوصیات مهمترین و معمولترین نوع سدهای وزنی بوده کمترین هزینه تعمیرات را لازم دارد. سدهای وزنی توپر برای هر موقعیت مکانی مناسب هستند ولی ارتفاع آنها تابعی است از مقاومت سنگ کن.



مقطع یک سر وزنی تو پر

۲- سد وزنی تو خالی (مجوف):

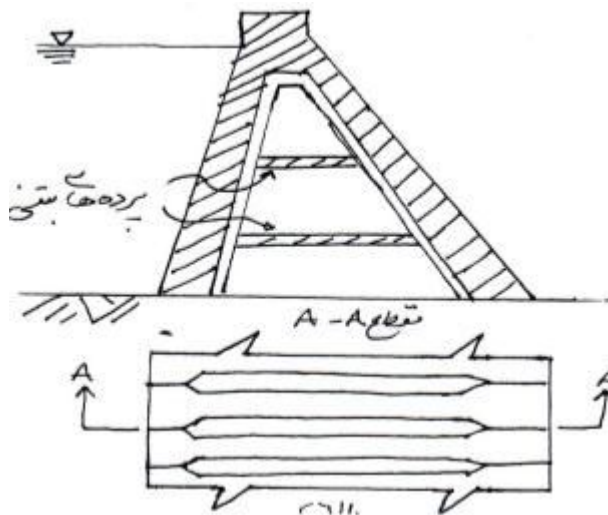
گاه برای کاهش وزن بتن مصرفی در سد و در مناطقی از بدنه سد وزنی که تنش کمتری به آن وارد می شود فضاهای خالی ایجاد می کنند که در این صورت سد را «سد وزنی تو خالی یا مجوف» می نامند این نوع سدها شبیه سدهای پایه دار بوده بیشترین آنها از بتن سطح ساخته شده اند. فضای خالی موجود در بدنه یا پایه ها می تواند برای قرار دادن دستگاه و سیستمهای احتمالی نظیر توربین ها و ... مورد استفاده قرار گیرد اگرچه سدهای وزنی مجوف بتن کمتری در مقایسه با سدهای وزنی توپر نیاز دارند اما مسائل اجرایی و امکان نیاز دارند اما مسائل اجرایی و امکان نیاز به ملح کردن بتن نسبت به سدهای وزنی توپر هزینه بیشتری را در بر دارد.



شمای یک سد وزنی تو خالی

۳- سد وزنی دارای هسته (هسته دار):

در اصل همان سد وزنی تو خالی است با این تفاوت که فضای خالی به جای آنکه در وسط قطع قرار گیرند در حد فاصل درزه های اجرایی ساخته می شوند و لذا مقطع هر بلوک بین دو درز اجرایی به شکل I خواهد بود با دو بال در بالا دست و پایین دست.



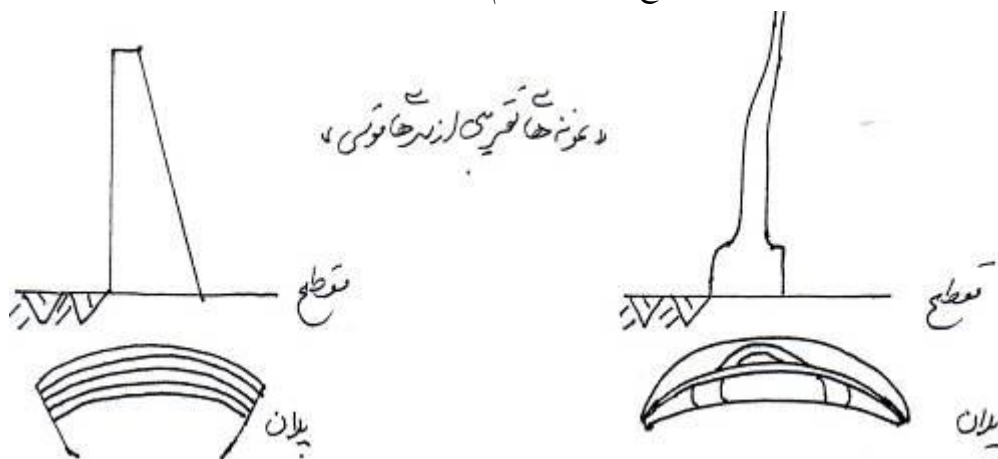
یک جان در وسط. شایان ذکر است که با توجه به مشکلات اجرایی سدهای وزنی تو خالی هسته دار و افزایش هزینه های آنها از برخی جهات و گاهدر مجموع در حال حاضر عموماً سدهای وزنی تو پر ساخته شده و لذا هر جا صحبت از سد وزنی شد مقصود سد وزنی تو پر می باشد.

سدهای پایه دار (پشت بند دار):

اگر بالهای پایین دست وزنی تو خالی یا هسته دار را حذف کنند سد پایه دار با پشت بند دار تشکیل می گردد. این نوع سد مرکب است از بال (پوسته) بتنی (مسطح یا چند قوسی) و تعدادی پایه که بارهای وارده بر بال یا پوسته را به فونداسیون و سنگهای کف منتقل می کنند. اگرچه بتن مصرفی در این سدها در حدود ۶۰ درصد بتن مصرفی در سدهای وزنی تو پر است اما هزینه های ساخت و ملح کردن بتن و مشکلات سازه ای معمولاً جایگزین مصرف کمتر بتن می گردد. این سدها به خصوص برای مناطقی که سنگ کف از مقاومت یکپارچه برخوردار نیست مناسب هستند. انواع و جزئیات بیشتر سدهای پایه دار در فصل مربوطه توضیح داده می شود.

سدهای قوسی:

این سد در پلان دارای انحنا بوده به گونه ای که تحذب منحنی به سمت بالا دست می باشد. این نوع سد که برای دره های تنگ بسیار مناسب هستند عموماً بیشترین نیروهای وارده بر سد را به جناحین و قسمت کمی از آنها را به سنگ کف در بستر رودخانه منتقل می نماید. سدهای قوسی دارای انواع مختلف بوده و مقطع آنها نیز می تواند از یک مقطع تقریباً مثلثی تا یک قطع دارای انحنا تغییر کند. از قطر سازه ای گاه سد قوسی به صورت دو سد گیردار (و جناحین) و گاه به صورت سد طرف گیردار ساخته می شود که تمام این موارد تابعی از موقعیت دره و مجموع هزینه های لازم می باشند.



سدهای بتن غلتکی:

سدهای غلتکی R.C.C از جمله سدهای بتنی هستند که از حدود سال ۱۹۷۰ بیشتر به عنوان یک روش جدید در ساخت سدهای بتنی وزنی مطرح و به کار گرفته شده اند. از این روش همچنین می توان در بازسازی سدهای موجود استفاده نمود بتن غلتکی یا R.C.C عبارتست از بتنی که اسرامپ آن صفر بوده و به منظور حمل و پخش و تراکم آن از ماشین آلات عملیات خاکی استفاده می شود. این بتن باید آنقدر خشک باشد که بتواند تقریباً نظیر دانه های خاک به راحتی پخش شده و به وسیله ماشین آلات متراکم کننده نظیر غلتک متراکم گردد. از طرفی به منظور ایجاد چسبندگی بین سنگدانه ها بایستی به مقدار کافی مرطوب باشد تا شیره بتن پوشش لازم برای کلیه سنگدانه ها را فراهم نماید. لذا بتن غلتکی در حالت متراکم نشده تفاوت فاحشی با بتن معمولی داشته به گونه ای که در این حالت هیچگونه اثری از شیره بتن در مخلوط نمایان نیست. و مانند مصالح خاکی عمل می نماید ولی پس از متراکم شدن و سخت شدن همان بتن معمولی رفتار خواهد نمود.

بررسی عوامل موثر بر انتخاب نوع سد:

از جمله عوامل موثر مهم که در انتخاب سد تاثیر می گذارند عبارتند از:

- (الف) شرایط زمین شناسی و پی سد، عمق آبرفت
- (ب) مصالح ساختمانی
- (ج) عوامل هیدرولیکی
- (د) اقتصاد طرح

ارتفاع نرمال و یا تراز عادی آب Normal Reservoir level:

حداکثر سطح آب در تراز تاج سرریز (و یا بالاترین تراز دریاچه روی سرریز اگر سرریز دارای دریاچه باشد) ارتفاع نرمال یا تراز عادی آب می نامند که اگر سطح آب در مخزن از این بالاتر رود از روی سرریز (و یا از روی دریاچه کنترل کننده ارتفاع آب در روی سرریز) به سمت پایین دست سد جاری می گردد بنابراین رقوم آب در تراز بلافاصله پایین تر از آستانه سرریز (یا آستانه دریاچه روی سرریز) به این نام موسوم است.

تراز حداکثر آب:

بالاترین تراز آب در زمان سیل طرح که پایداری سد بر اساس آن مورد مطالعه قرار می گیرد تراز حداکثر آب نامیده می شود.

تراز حداقل آب Minimum Reservoir Level:

عبارتست از: پایین ترین تراز که آب مخزن می تواند در شرایط بهره برداری عادی به آن برسد این تراز حد زیرین ذخیره قابل استفاده به شمار می رود.

ارتفاع آزاد Freeboard:

ارتفاع آزاد یا ارتفاع قائم آزاد (که گاه پیشانی سرریز نامیده می شود) عبارت است از فاصله قائم بین یک تراز مشخصی از آب تا تاج سد. عموماً در سدها ارتفاع آزاد را فاصله قائم بین حداکثر تراز آب مخزن (در زمان سیل طرح) و تاج سد در نظر می گیرند یا به عبارتی ارتفاع خالی مخزن از محل حداکثر سطح آب تا بالاترین نقطه ای که مانع خروج آب از روی سد می گردد ارتفاع آزاد نام دارد. در عمل معمولاً تراز تاج سد یا مقطع بدون روگذاری را برتر از حداکثر سطح آب مخزن منطبق گرفته و از دیواره ای (Parapet) در بالا دست تاج سد به ارتفاع ۱۱۰cm (۳/۵ فوت) به عنوان ارتفاع آزاد استفاده می نماید. مقادیر بیشتر از ۱۱۰cm نیز حسب مورد و بر اساس محاسبات مربوط به ارتفاع موج می تواند انتخاب می گردد. گاه دو نوع ارتفاع آزاد برای سدها تعریف می شود که بر این اساس فاصله بین تراز نرمال تا تاج سد را (ارتفاع آزاد ناخالص) و (یا ارتفاع آزاد نرمال) و فاصله بین حداکثر تراز آب تا تاج سد یا بالای Parapet را (حداقل ارتفاع آزاد) می نامند. به طور کلی ارتفاع آزاد به منظور جلوگیری از سرریز شدن و پاشیده شدن آب بر روی تاج سد و بدنه آن در پایین دست در نظر گرفته می شود به گونه ای که بدین وسیله چنانچه در

زمان حداکثر سطح آب بر مخزن موجی اتفاق افتد و یا دبی سیلاب به اندازه مختصری نسبت به دبی طرح افزایش یابد از تاج و بدنه سد در پائین دست محافظت به عمل می آید.

ارتفاع مرده Dead capacity level:

ترازی از مخزن که به حجم رسوبات وارد شده به مخزن را در طول زمان بهره برداری سد نشان می دهد به این نام موسوم است.

حجم کل مخزن Total capacity:

کل حجم آبی که در حد فاصل بستر رودخانه (در شروع بهره برداری) و تراز نرمال آب می تواند جمع شود و قابل ذخیره است را حجم کل مخزن یا (ظرفیت کلی) نامند.

حجم مرده Dead capacity:

حجمی از خزن که در نهایت توسط رسوبات اشغال می گردد. و در زمانهای قبل امکان خروج آب آن قسمت به صورت ثقیلی نمی باشد به حجم مرده یا «ذخیره مرده» موسوم است.

حجم زنده Live capacity (storage):

قسمتی از حجم آب مخزن که در حد فاصل ارتفاع مرده و تراز نرمال آب قرار دارد و می توان آن را به صورت ثقیلی خارج نمود حجم زنده یا حجم مفید یا ظرفیت مفید نامیده می شود و بدیهی است این حجم معادل حجم کل منهای حجم مرده می باشد.

حجم اضافی یا Surcharge storage:

عبارت است از حجمی از مخزن که در حد فاصل تراز نرمال آب و تراز حداکثر آب قرار دارد و در زمان سیل طرح، باعث ذخیره اضافی آب در مخزن و کنترل سیل می گردد.

حجم غیر فعال Inactive capacity:

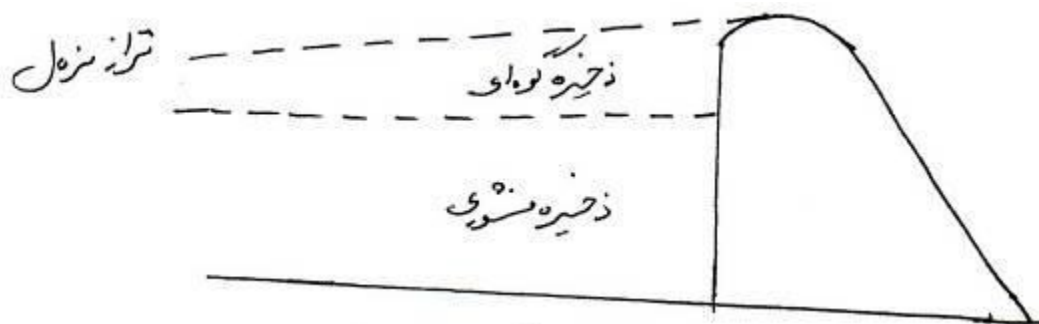
حجمی از مخزن در بالای ارتفاع مرده است که آب در آن ذخیره شده و در شرایط عادی و طبیعی مورد استفاده قرار نمی گیرد بلکه در شرایط استثنایی و نظیر کم آبی شدید یا لزوم تعمیرات ساختمانی مورد استفاده واقع و سپس مجدداً پر می شود.

حجم فعال Active capacity و تقسیم بندی:

در یک تقسیم بندی حجم کل مخزن به دو قسمت «ذخیره منشوری» و «ذخیره گوه ای» تقسیم می شود بر اساس این نوع تقسیم بندی حجم ذخیره شده در حد فاصل بستر رودخانه و سطحی موازی بستر (از محل شروع دریاچه) را ذخیره منشوری و مازاد بر آن را ذخیره گوه ای می نامند.

حجم فعال: حجم یا ذخیره فعال قسمتی از حجم مخزن است که می تواند جهت استفاده های معمولی و نیز تنظیم دبی رودخانه و به تناسب نیاز و موقعیت مورد استفاده قرار گیرد و مجدداً پر می شود.

در حالت کلی ذخیره فعال می تواند به سه گروه تقسیم گردد: ۱- قسمت که در بالا قرار دارد برای وقوع سیل استثنایی استفاده می شود که معمولاً قبل از وقوع سیلاب تخلیه شده و مجدداً توسط سیلاب پر می شود که بدین وسیله حجم بیشتری از سیلاب در پشت سد ذخیره شده و با کاهش حداکثر دبی آن (برای پایین دست) و به تاخیر انداختن زمان این حداکثر دبی باعث کنترل بیشتر سیل و کاهش صدمات احتمالی ناشی از آن می گردد. این قسمت به «ظرفیت کنترل سیل استثنایی» و یا ظرفیت سیل استثنایی معروف است. منطقه دوم که «ظرفیت استفاده الحاقی» نامیده می شود هم برای استفاده های معمولی و هم برای تله اندازی سیلاب در فصول خاص استفاده می شود. منطقه سوم که پایین ترین منطقه بوده و «ظرفیت فعال حفظ محیط زیست» Active conservation capacity نامیده می شود و عبارت است از حجمی از ذخیره فعال مخزن که برای حفظ محیط زیست، پرورش ماهی، حیات وحش، کشتی رانی، تفریحات و ... بکار برده می شود و در مواقع نیاز می تواند به مصارف شرب، کشاورزی، تولید برق، مصارف صنعتی و ... برسد.



ذخیره منشوری و ذخیره منشوری

نیروهای وارده بر سدهای بتنی:

اولین بررسی جهت طراحی سدها عبارت است از: تعیین کمیت و کیفیت نیروهای وارده بر سد که در حالت کلی عبارتند از:

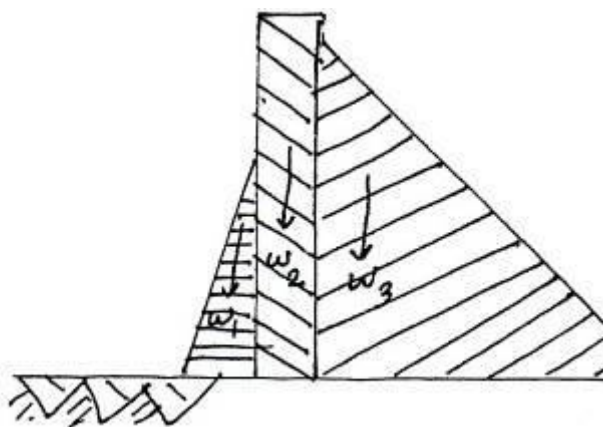
۱- نیروی وزن سد (و کاملاً بار مرده) ۲- نیروی ناشی از فشار آب (سرآب و پایاب)

۳- نیروی ناشی از فشار خاک و لای (رسوبات) ۴- نیروهای بالا برنده

۵- نیروی ناشی زلزله ۶- نیروی موج

۷- نیروی ناشی از فشار یخ ۸- نیروی ناشی از تغییرات درجه حرارت

۹- نیروی باد

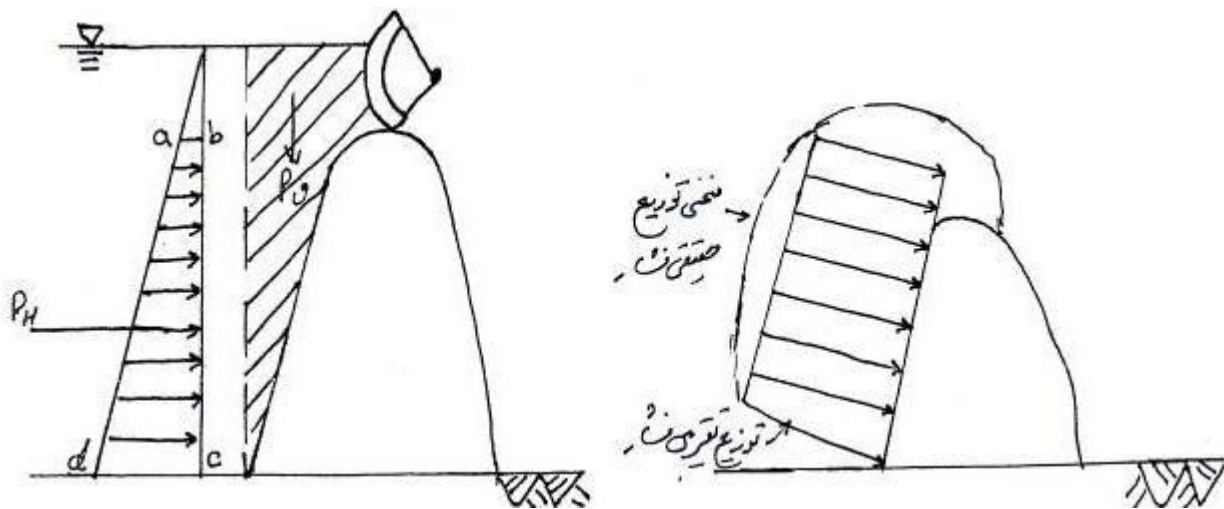


تقسیم بندی مقطع سد به اشکال هندسی ساده با مشخص کردن نیروی ثقل هر قسمت

نیروی ناشی از فشار آب:

الف) مقاطع غیر آبریز Non overflow sections

ب) مقاطع آبریز overflow sections

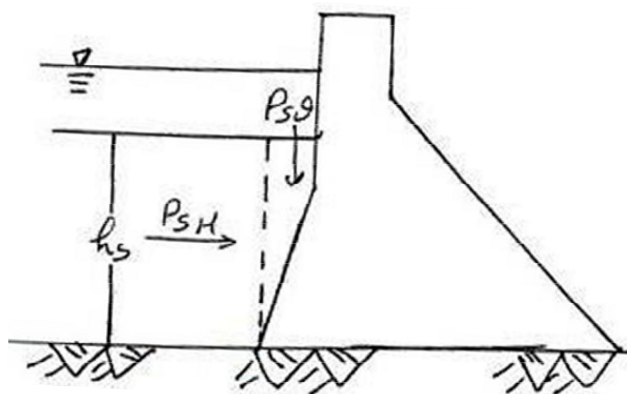


نشی از فشار آب بر سرریز در حالت عدم خروج آب

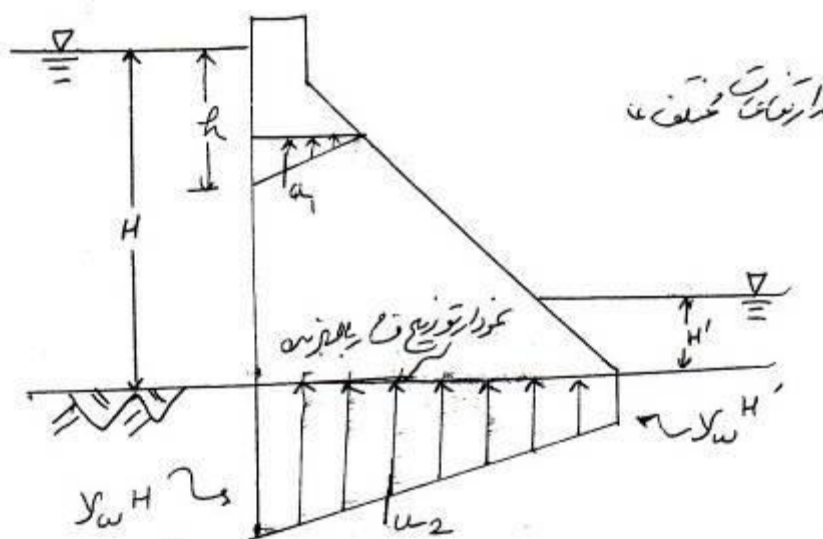
چگونگی توزیع فشار روی یک سرریز

$$P_{SH} = \frac{\gamma'_s h_s^2}{2} \cdot \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

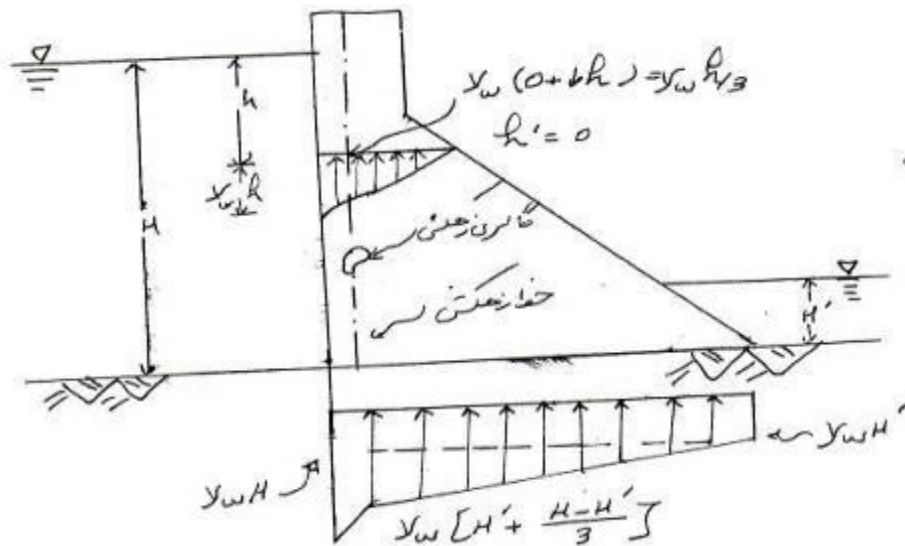
P_{SV} : وزن رسوبات مستغرق روی قسمت شیبدار



نیروی وارده بر سد ناشی از رسوبات



توزیع فشار بالا برنده در مقطع سد در ارتفاعات مختلف



چگونگی توزیع فشار بالا برنده در صورت وجود زهکش فعال

نیروی زلزله ناشی از آب پشت سد:

۱- اثر مولفه افقی شتاب زلزله

۲- اثر مولفه قائم شتاب زلزله

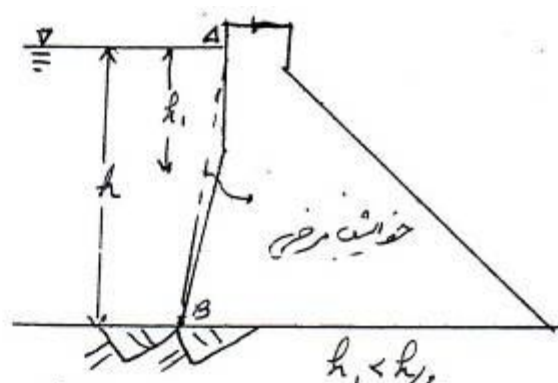
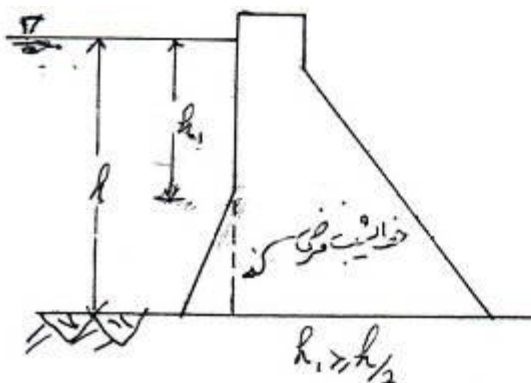
اثر مولفه افقی شتاب زلزله:

$$P_{ez} = C_e \alpha_f y_w h$$

α_h : ضریب شتاب افقی زلزله نسبت به شتاب ثقل

$$C_e = \frac{c_m}{2} \left[\frac{z}{h} \left(2 - \frac{z}{h} \right) + \left(\frac{z}{h} \left(2 - \frac{z}{h} \right) \right)^{1/2} \right]$$

$$c_m = 0.735 \left(1 - \frac{\phi}{90^\circ} \right)$$



خط شیب فرضی برای وجه بالا دست سد در تعیین ضریب C_m

$$F_{ez} = 0.726 P_{ez}^2$$

$$M_{ez} = 0.299 P_{ez} z^2$$

$$v_e = (F_{e2} - f_{e1}) g \phi$$

ϕ : زاویه وجه بالا دست نسبت به خط قائم

F_{e2} : مولفه افقی که نیروی هیدرودینامیکی تا مقطع $a - a$
 F_{e1} : مولفه افقی کل نیروی هیدرودینامیکی تا مقطعی که در آن شیب بدنه بالا دست شروع می شود.

نیروهای موج:

حرکت باد روی سطح آب دریاچه سد باعث ایجاد موج در برخورد با بدنه سد فشاری به نام فشار موج را بر آن وارد می کند. ارتفاع موج و نیز فشار حاصله از آن تابع عوامل مختلفی از جمله سرعت باد، وسعت دریاچه و عمق آب است که این عوامل در ارتفاع موج در میزان فشار مربوط موثر است.

حداکثر فشار موج که در فاصله $\frac{1}{8}h_w$ بالای سطح آرام آب اثر می کند بوسیله رابطه $P_w = 2/4 y_w h_w^2$ تعیین می گردد. و کل نیروی موج که بر واحد طول سد اثر می کند معادل است با:

$$F_w = 2y_w h_w^2$$

$$F_w = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{3} h_w + \frac{4}{3} h_w \right] . P_w = \frac{1}{2} \times \frac{5}{3} h_w \times 2/4 y_w h_w^2$$

روابط زیر می توانند برای تعیین ارتفاع موج مورد استفاده قرار گیرند:

$$h_w = 0.0322 \sqrt{F.v} \quad F > 32km$$

$$h_w = 0.0322 \sqrt{F.v} + 0.763 - 0.27 F^{1/4} \quad F \leq 32km \quad \text{برای}$$

پایداری در مقابل چرخش و واژگونی:

$$F_m = \frac{\text{مجموع لنگرهای پایداری}}{\text{مجموع لنگرهای واژگونی}} = \frac{\sum M_R}{\sum M_o}$$

پایداری در مقابل لغزش:

$$F_s = \frac{\mu \sum F_v}{\sum F_h}$$

انواع سدهای پایه دار:

انواع این نوع سدها عبارتند از:

۱- سد پایه دار با دال مسطح Flat slab Type

۲- سد پایه دار نوع کله گردی و کله الماسی Round- head and Diamond- head Type

۳- سد پایه دار چند قوسی Multiple Dome Type

۴- سد پایه دار چند گنبدی Multiple Dome Type

۵- سد پایه دار ستونی Columnar Type

۶- سد پایه دار خرپایی Truss Type

۷- سد پایه دار ترکیبی hybrid Type

سد قوسی و انواع آن:

۱- سد قوسی لاغر اگر $\frac{B}{H} \leq 0.2$ باشد Thin Arch Dam

۲- سد قوسی متوسط یا نیمه ضخیم اگر $0.2 < \frac{B}{H} < 0.3$ باشد Medium-thick Arch Dam

۳- سد قوسی ضخیم اگر $\frac{B}{H} > 0/3$ باشد Thick Arch Dam

۴- سد قوسی وزنی اگر $\frac{B}{H} > 0/5$ باشد Arch Gravity Dam

همچنین سدهای قوسی را نسبت به ارتفاعشان به صورت زیر طبقه بندی می نمایند:

۱- سد قوسی کوتاه وقتی که $H < 30m$ باشد Low Arch Dam

۲- سد قوسی متوسط یا نیمه بلند وقتی که $30m \leq H \leq 90m$ باشد Medium Hight Arch Dam

۳- سد قوسی بلند وقتی که $H > 90m$ باشد High Arch Dam

از نقطه نظر طراحی و شکل سد؛ سدهای قوسی را می توان به انواع مختلف زیر تقسیم نمود:

۱- سد قوسی تک انحنائی یا سد یک قوسی

۲- سد قوسی دو انحنائی یا سد دو قوسی

۳- سد قوسی وزنی

۴- سد قوسی ترکیبی (مرکب)

۵- سد چند قوسی

۱- سد قوسی تک انحنائی: تنها در پلان دارای انحناء بوده و به تغییری فقط یک انحناء در صفحه افق دارد.

۲- سد قوسی دو انحنائی: سد هم در پلان و هم در مقاطع قائم دارای انحناء می باشد.

۳- سد قوسی وزنی: سدی ضخیم که رفتار سازه ای آن قسمتی به صورت قوسی و قسمتی به صورت وزنی است.

۴- سد قوسی ترکیبی: دارای شکل و طراحی ترکیبی از موارد مختلف است که بر حسب شرایط منطقه می تواند انتخاب شود.

۵- سد چند قوسی: در حقیقت همان سدهای پایه دار هستند که در آنها دال شیبدار به صورت قوسی طراحی و اجرا میگردد.

سدهای قوسی تک انحنائی:

۱- سدهای قوسی با شعاع ثابت Constant Radius Arch Dam

۲- سدهای قوسی با شعاع متغیر Varialde Radius Arch Dam

۳- سدهای قوسی با زاویه ثابت Constant Angle Arch Dam

کابرد سدهای لاستیکی عبارت است از:

- دریچه کنترل سطح آب در سیستم های آبیاری و تامین آب

- دریچه کنترل آب سطح آب در سیستم های برقی آبی

- بالا بردن ارتفاع تاج سدها

- محدود ساختن مناطق جزر و مدی

- ایجاد حوضچه های تفریحی

- تصفیه فاضلاب

- سرریز مخازن

- دریچه تخلیه رسوب

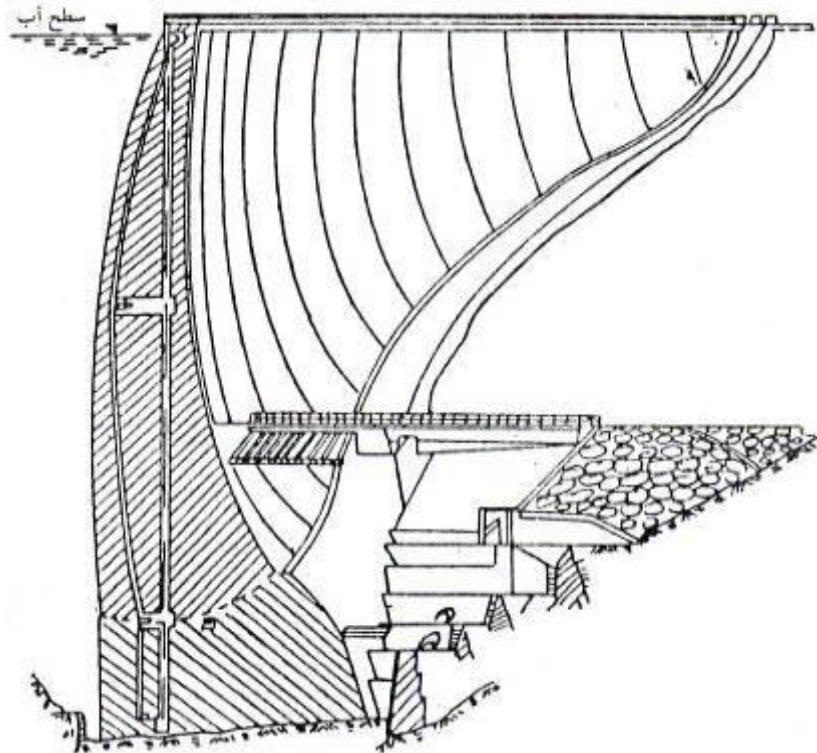
- تغذیه سفره های آب زیر زمینی

- ایجاد اسکله

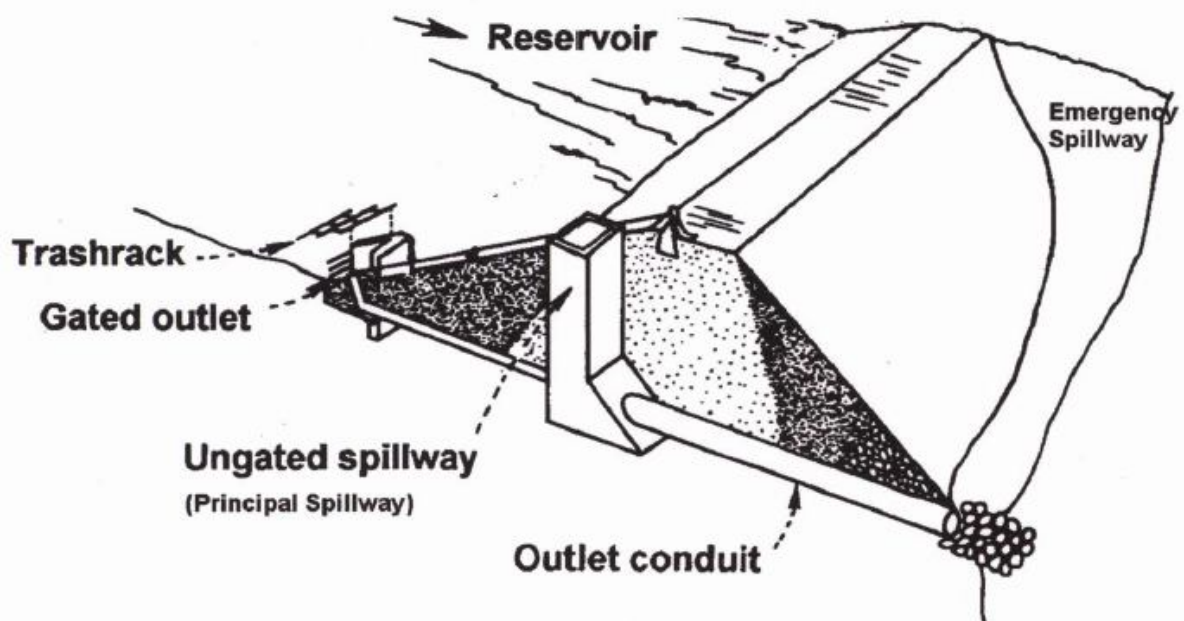
عوامل خرابی سد

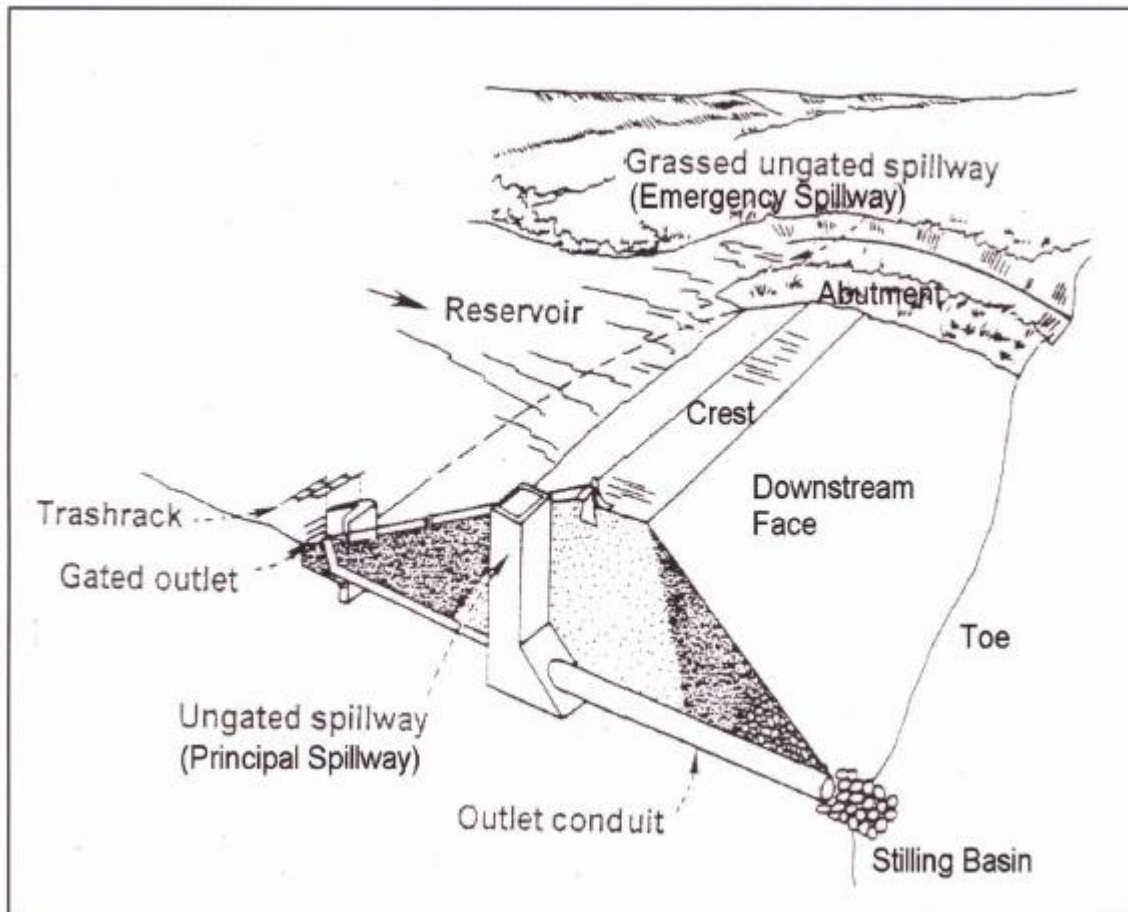
سد بتنی ممکن است به یکی از سه علل زیر سقوط نماید:

- ۱- لغزش روی یک صفحه افقی
- ۲- چرخش روی پنجه خود
- ۳- ضعف مصالح ساختمانی (افزایش تنش وارده نسبت به تنش مجاز)

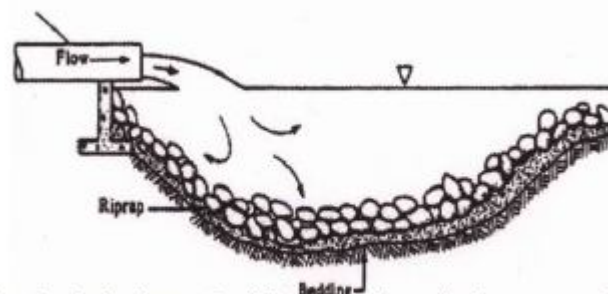


۴- نمایی از یک سد قوسی در ایتالیا

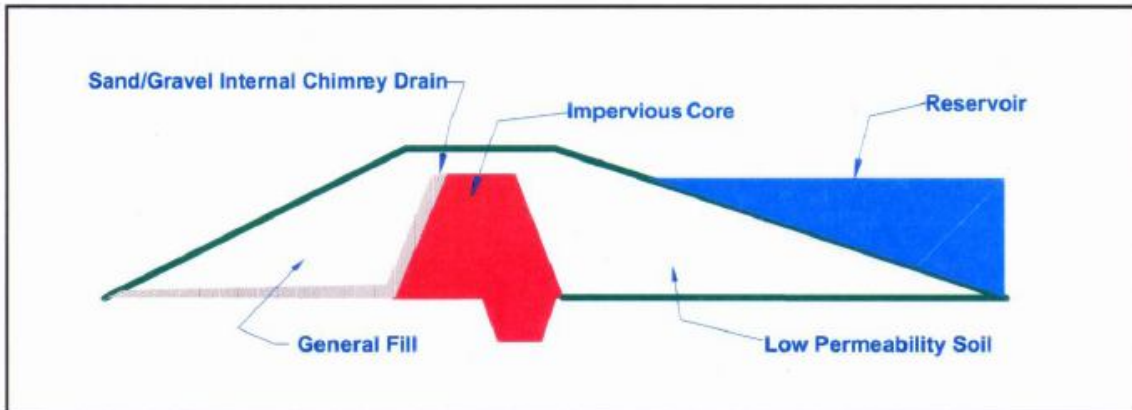




Components of a typical small dam.



Typical design of stilling basin or "plunge pool" for small dam.



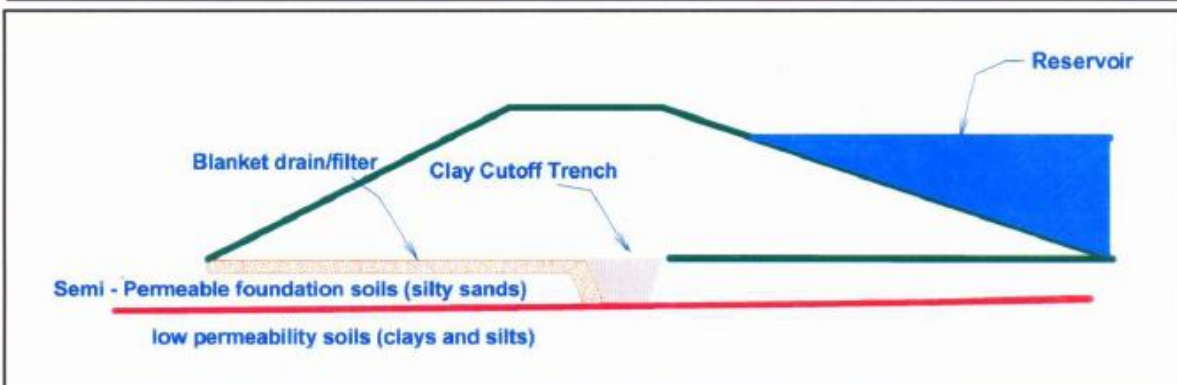
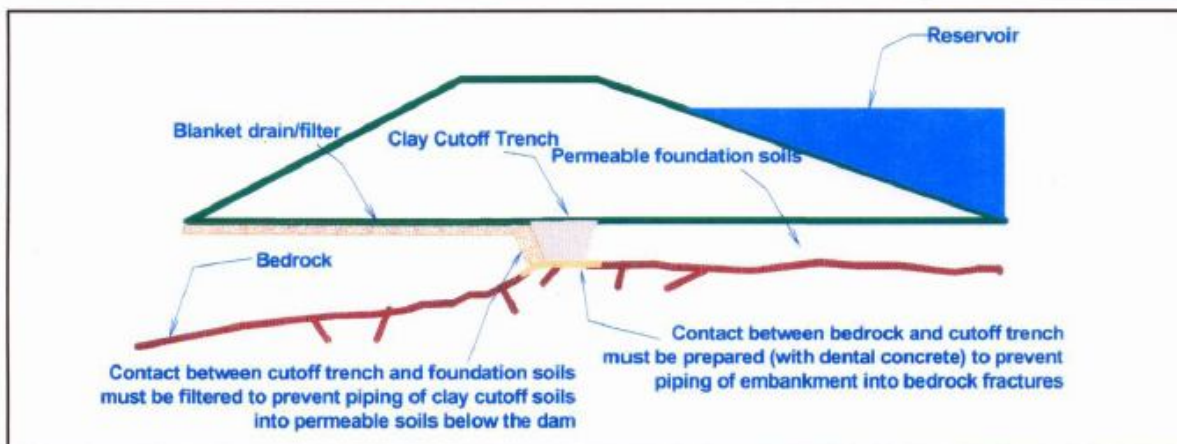
Components of a zoned embankment.

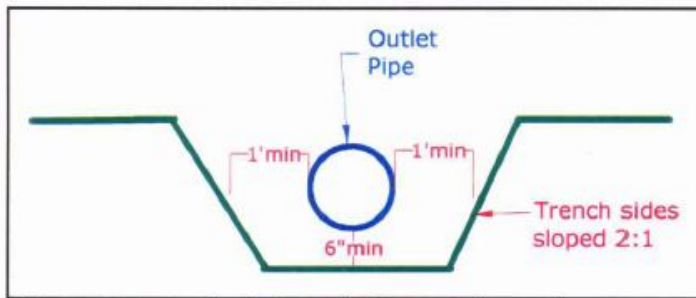
Caution:

Building a zoned embankment is tricky! If you decide to build a zoned embankment, you should involve a licensed engineer with dam experience.

Note:

It is possible to obtain some advantages of a zoned dam if the coarse, more pervious materials are placed at the outer slopes while the finer, impervious materials are placed in the central and upstream portions of the dam.

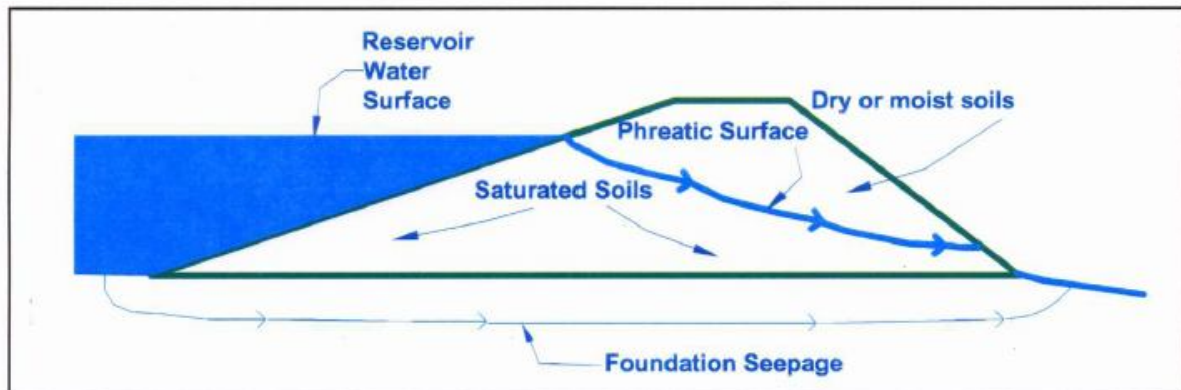




Recommended outlet conduit trench dimensions.

Note:

Around the sand collar (see Filter/Drain section) the trench will need to be deepened and widened to the dimensions of the collar.



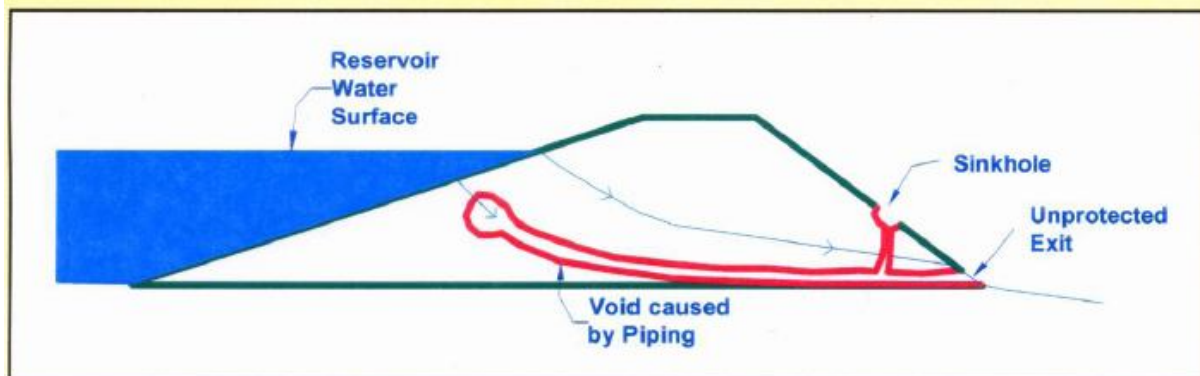
Seepage water flows through both dam and foundation.

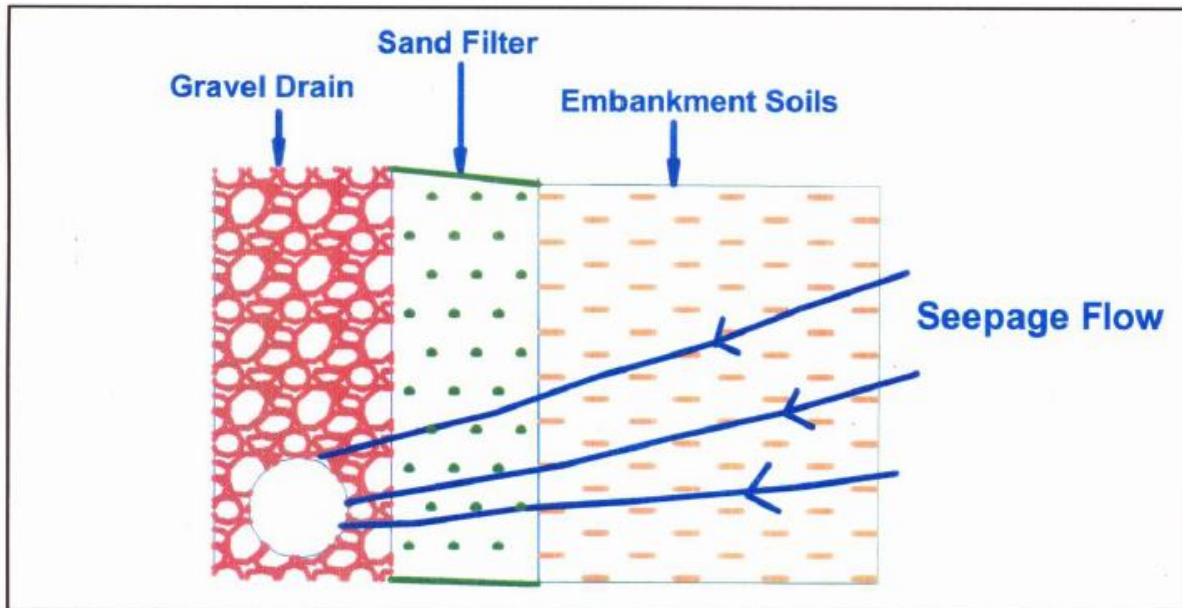
SEEPAGE CONTROL USING FILTERS AND DRAINS

Seepage can be safely controlled using filters and drains.

- *Filters* are designed to protect embankment soils from being carried away.
- *Drains* are designed to carry water away from the embankment, keeping the soils as dry as possible.
- Both filters and drains must be comprised of very pervious soils (clean sands and gravels).
- Often it is necessary to use both.

Soil particles can be transported out of the dam through a concentrated leak. This is known as *piping*. Piping proceeds very slowly and can go unnoticed for years. Finally, at some point, enough material has been moved, and the surrounding soil caves in. The surface manifestation of such as "cave in" is called a sinkhole. Sinkholes are a sign that failure of the dam could be imminent.

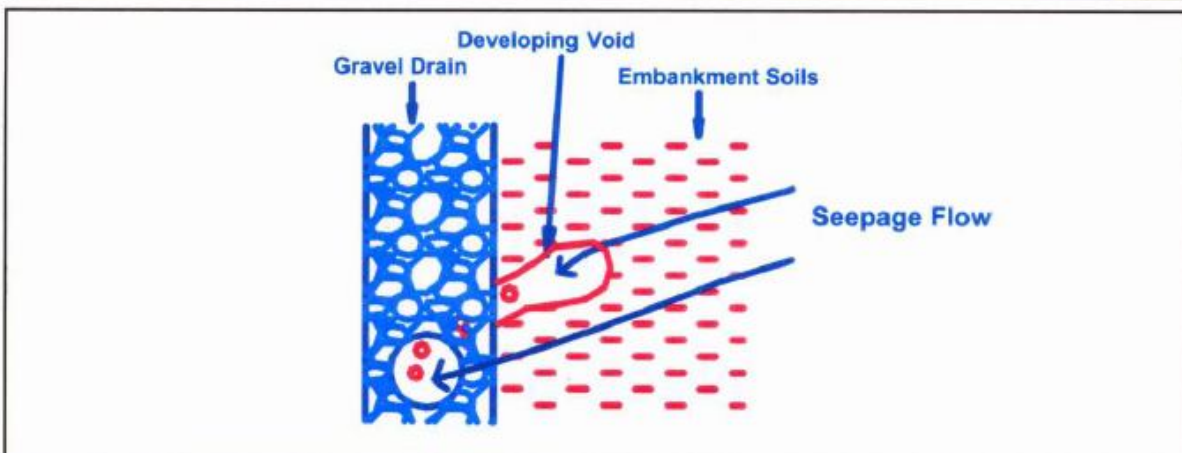




A sand filter is used to prevent piping of embankment soils into drain.

SEEPAGE CONTROL USING FILTERS AND DRAINS

- It is important to make sure that the grain size of the filter material is compatible with the grain size of the embankment. As the size of the embankment material decreases, the grain size of the filter should also decrease.
- Gravel has very high permeability and works well as a drain material. However, gravel is generally too large to be placed directly next to clay soils. If a very coarse-grained soil is placed directly next to a fine-grained soil, piping could result as shown below.

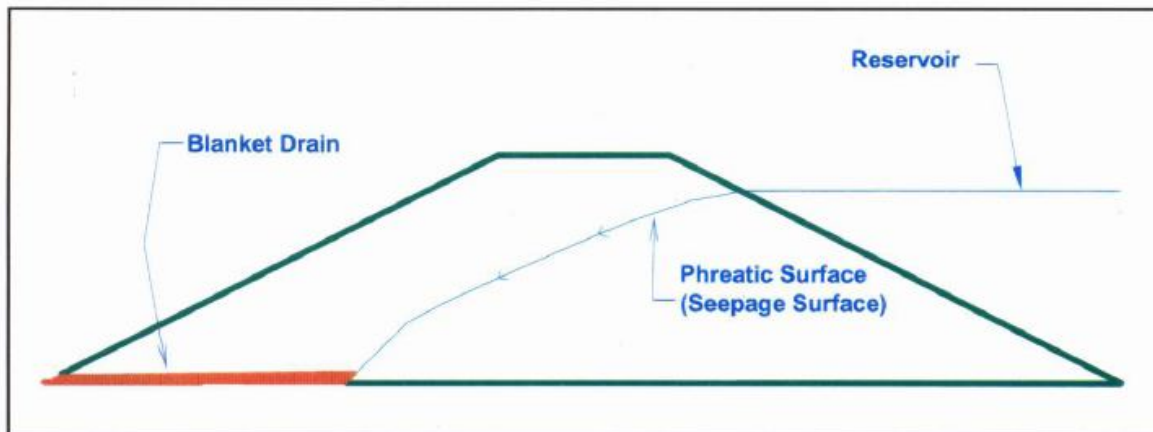


Incorrect filter construction: Void developing from piping of fine-grained embankment soils into gravel drain.

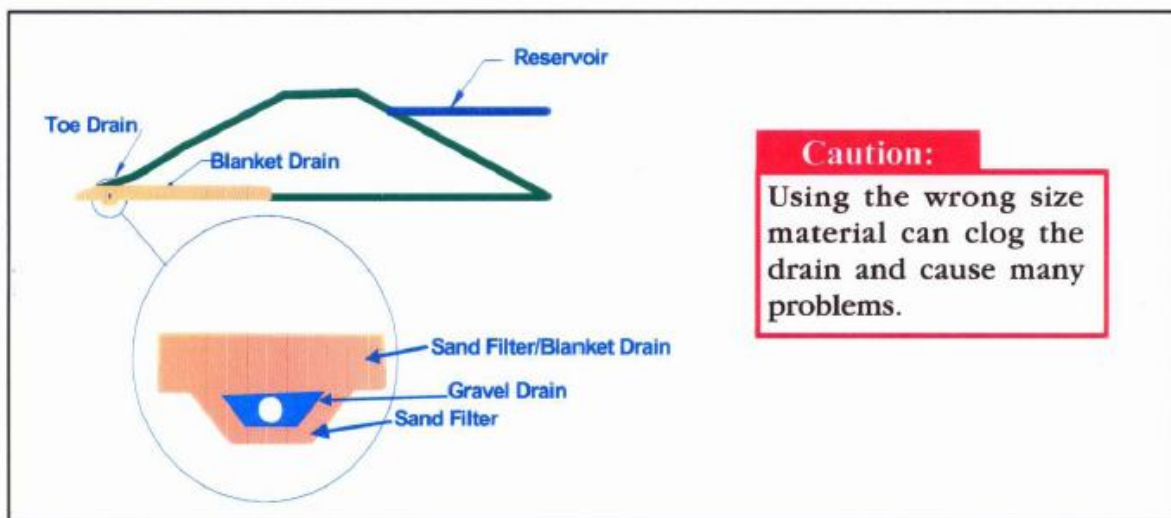
SEEPAGE CONTROL USING FILTERS AND DRAINS

There are three main filter/drainage systems found in homogenous dams:

- **Blanket Drains**
- **Toe Drains**
- **Sand Collar Filter/Drain around Outlet Pipe**



Blanket drains are generally located on the downstream third of embankment.

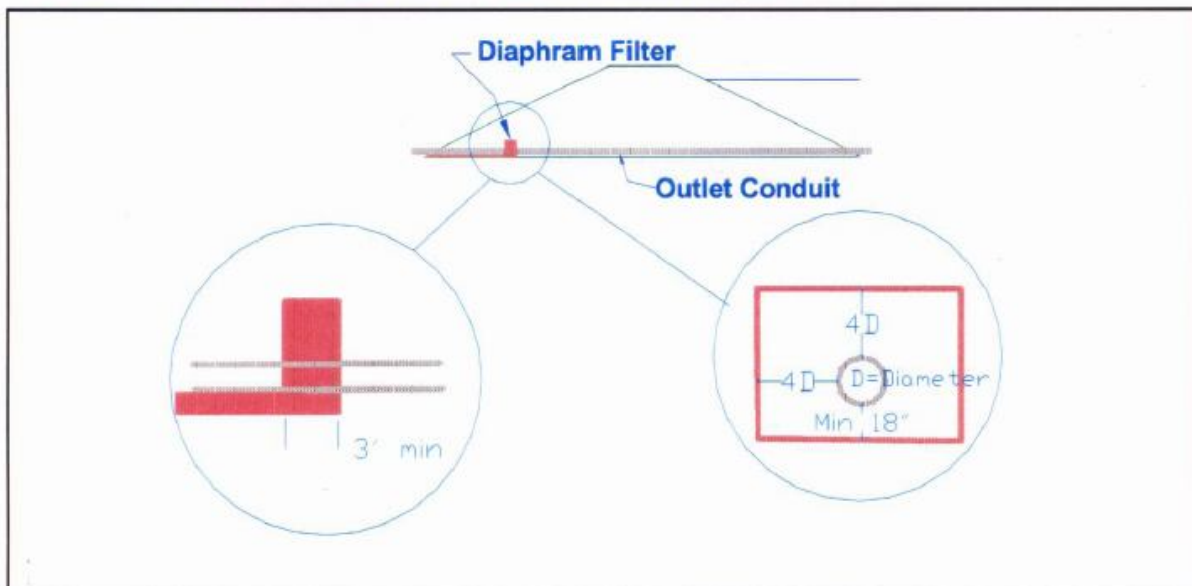


Caution:

Using the wrong size material can clog the drain and cause many problems.

Typical toe drain construction.

Sand Collar Filter/Drain around Outlet Pipe



Filter system around outlet (diaphragm filter)

Note:

Sometimes it is recommended to place perforated pipe within the sand collar material, penetrating two-thirds of the collar's length running parallel to the conduit. This pipe should be connected to a solid pipe outside the sand collar that extends to a visible location below the downstream toe of dam.

SURFACE PROTECTION

Embankment surfaces must be protected from surface erosion. Upstream slope protection usually consists of rip-rap. Downstream slope protection is typically native grass cover. Always fence livestock off of dam!

Caution:

Excessive upstream face erosion can seriously threaten the dam by shortening the crest width. A dam with a narrow crest is much more susceptible to failure from overtopping or slope instability.

Upstream Slope Protection

Protects against:

- wind
- wave erosion
- weathering
- ice damage
- potential damage from floating debris

Downstream Slope Protection

Protects against:

- surface runoff
- wind erosion
- livestock damage

Recommendations for placing Rip-rap:

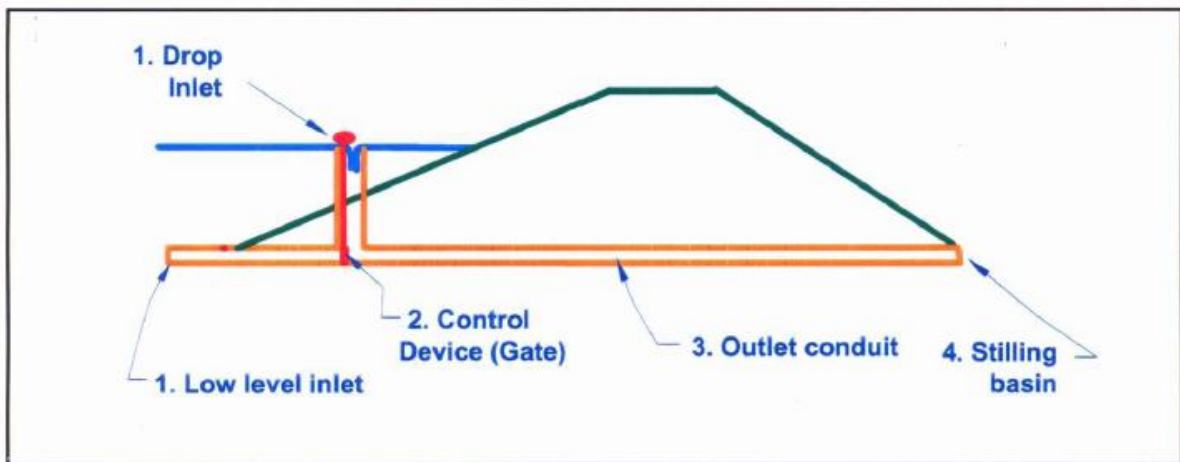
- Watch out for *segregation*!
 - If dumping is done from trucks, dumping should proceed along horizontal rows and progress up the slope.
 - Loads should not be dumped to form vertical rows up the slope.
- Provide a bedding layer.
 - Protects the embankment material from eroding by wave action.
 - Located between the embankment and rip-rap.
 - Use proper gradation.
 - Many rip-rap failures occur because the bedding material is not large enough to resist being sucked out through the rip-rap, subsequently exposing the embankment.
 - Often, *geofabric* blankets are used for bedding. Care should be taken not to damage the blankets during rock placement.

COMPONENTS OF AN OUTLET WORKS

Outlet works are installed in dams to alloww reservoir water to be released in a controlled fashion. For most reservoirs, there needs to be some means to supply irrigation water, provide for downstream water rights, and maintain streamflow for fisheries. Even for private recreation ponds, an outflow control structure is often needed to maintain the level of the pond and to prevent release of excessively warm water to downstream fisheries.

There are four primary components of an outlet works:

1. Intake Structures or Inlets
2. Control Devices (gates or valves)
3. Pipes /Conduits
4. Stilling Basin



The four primary components of an outlet works.

INTAKE STRUCTURES

Low Level Inlet

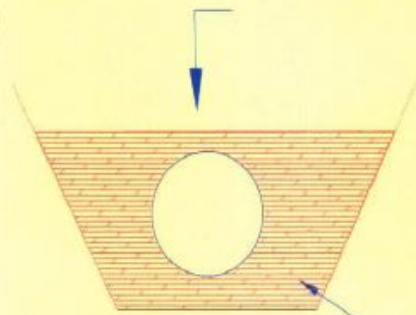
- Used to make controlled releases.
- Storage below low level inlet is considered to be “dead storage.”
- Draws water from bottom of reservoir.

Drop Inlet

- Often called a “trickle tube.”
- Allows water to enter uncontrolled when the reservoir reaches a certain level.
- Is considered to be a spillway.

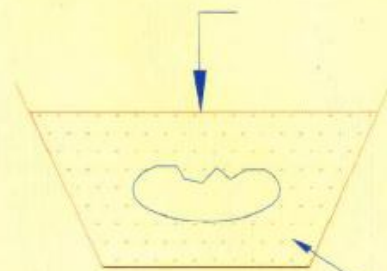
Compaction is Critical!

The strength of plastic pipe is dependent on the soil surrounding the pipe.



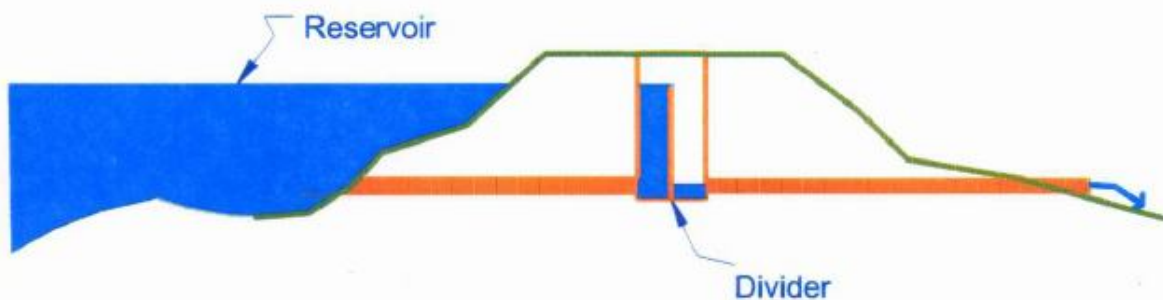
Dense soils under pipe

Plastic pipe derives its strength from the surrounding backfill. Well compacted backfill will support the pipe from high loads.



Loose soils under pipe

If the fill under a plastic pipe is loose, the pipe will often deflect and buckle. This is the number one cause of failure of plastic pipes, and is commonly seen.



A **gate** is a device that controls flow in a conduit without obstructing any portion of the waterway when in the fully open position.

A **valve** is a device used to control flow in a conduit and that permanently obstructs the waterway. Valves are constructed so that the closing member remains in the passage way for all operating conditions.

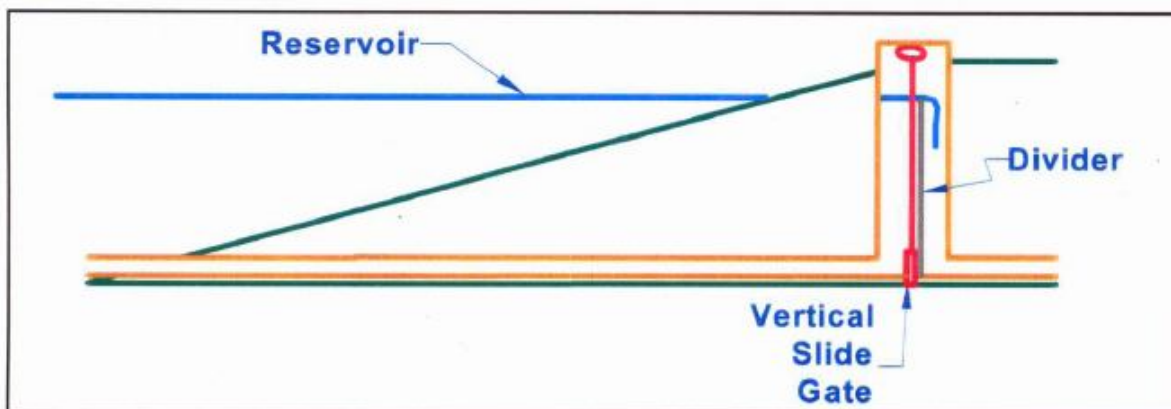
Reasons to use a gate instead of a valve:

- Access to outlet pipe for inspection: valves can prevent access to the conduit for inspection or regular maintenance, due to obstruction in the waterway.
- Gates are normally less expensive.
- Valves have potential for increased maintenance.
- Gates are easier to install.

Gate Location

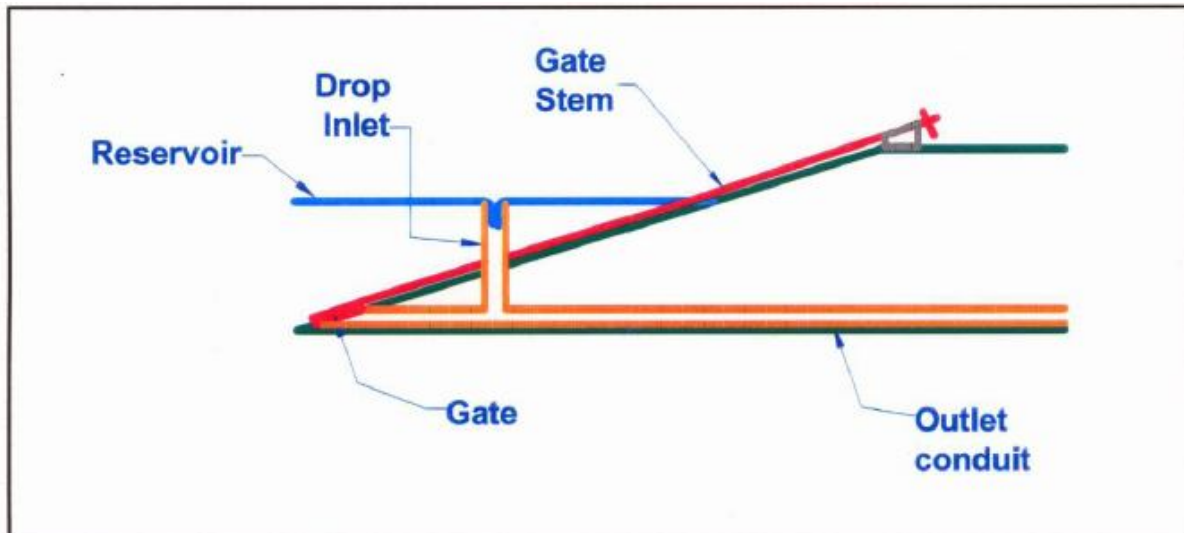
There are four gate configurations used on small dams:

- Gate Vertical on Pipe Inlet
- Gate Inclined on Upstream Face of Dam
- Gate Vertical Inside Drop Inlet Structure
- Gate in Tower on Dam Crest



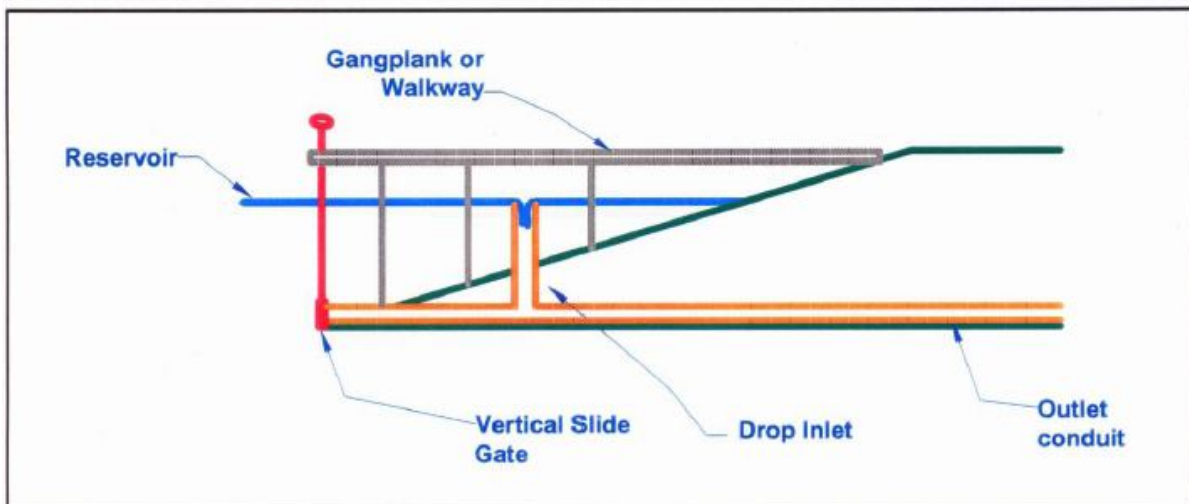
Typical installation of vertical slide gate in tower with divider

- Usually accessed by a walkway.
- Least expensive and easiest to install.
- Only recommended on very small reservoirs, with gentle upstream slopes. On larger ponds, the gate stem and walkway are susceptible to damage from ice. In addition, if something happens to the walkway, the gate operator cannot be accessed at full pool.

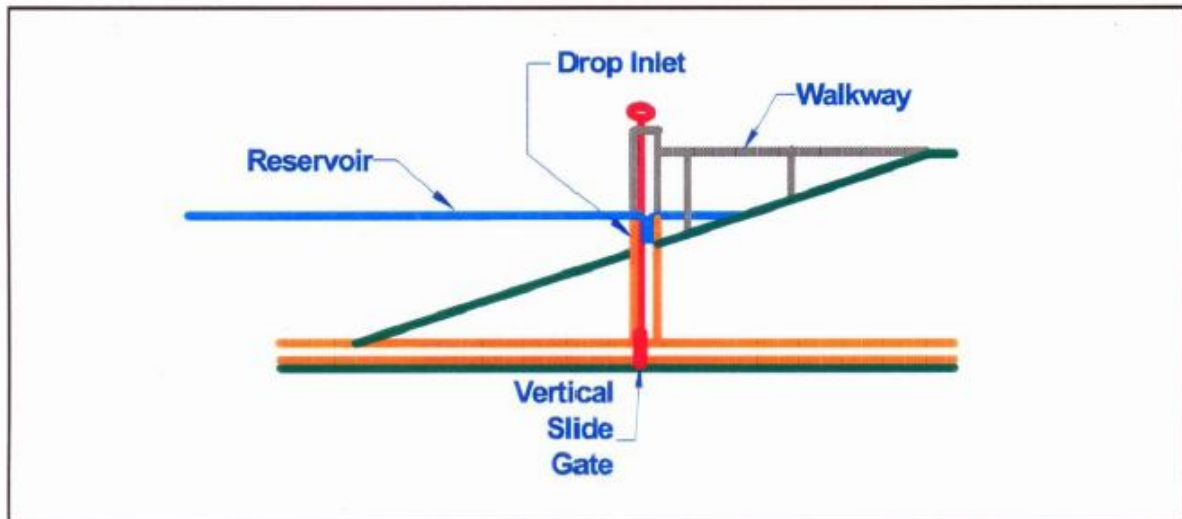


Typical installation of inclined slide gate.

- Very common on small dams.
- Easy access to the gate operator.
- The stem must be buried and covered with rip-rap to prevent damage from ice.
- Gate is also more susceptible to blockage, so presence of trash rack is critical.
- Gate can easily be dislodged from guides.
- Maintenance costs are high -- requires draining the reservoir.



Typical installation of vertical slide gate at pipe inlet.

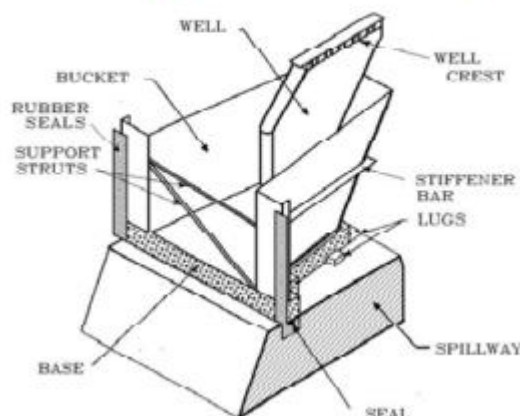


Typical installation of vertical slide gate in drop inlet tower. Note gate is on upstream side of drop inlet.

Caution:

It is almost never safe to place the gate on the downstream end of a pipe. When a gate is placed on the downstream end and is shut, the pipe is under the full pressure of the reservoir. Even tiny leaks in the pipe or joints can cause serious erosion damage to the earth fill in the dam. Large leaks can cause the dam to fail. Placing the gate on the upstream end ensures that the pipe is empty and dry when the gate is closed.

Fusegate Geometry



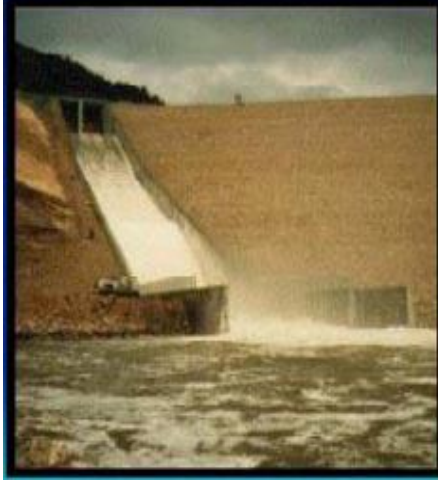
TYPES

- Slide Gates
- Wheel Gates
- Radial Gates
- Drum Gates
- Crest Gate
- Rubber Dams
- Fusegates
- Flashboards

Wheel Gates



Radial Gates



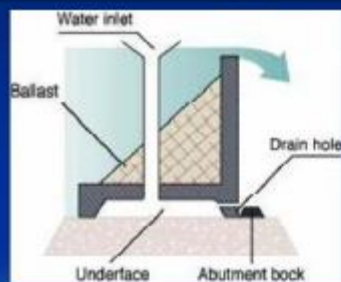
Drum Gate



Slide Gates (Unbonneted)



Fusegates (Hydroplus)

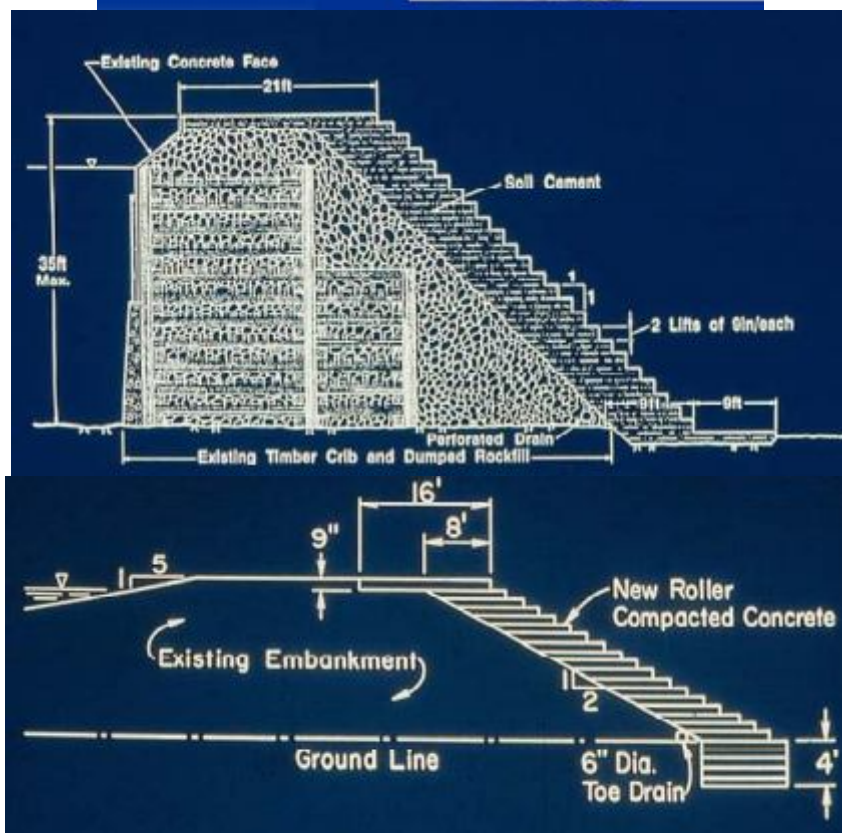


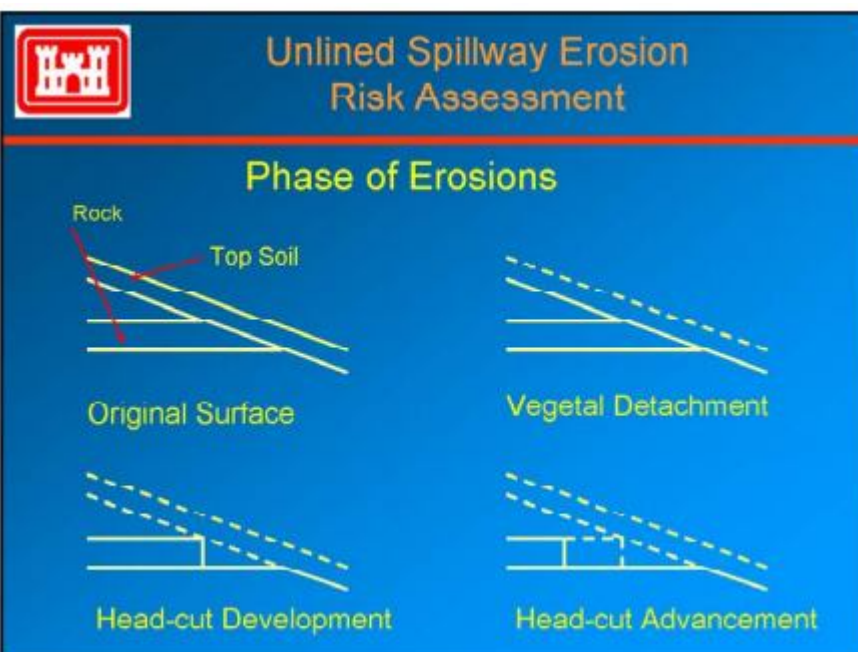
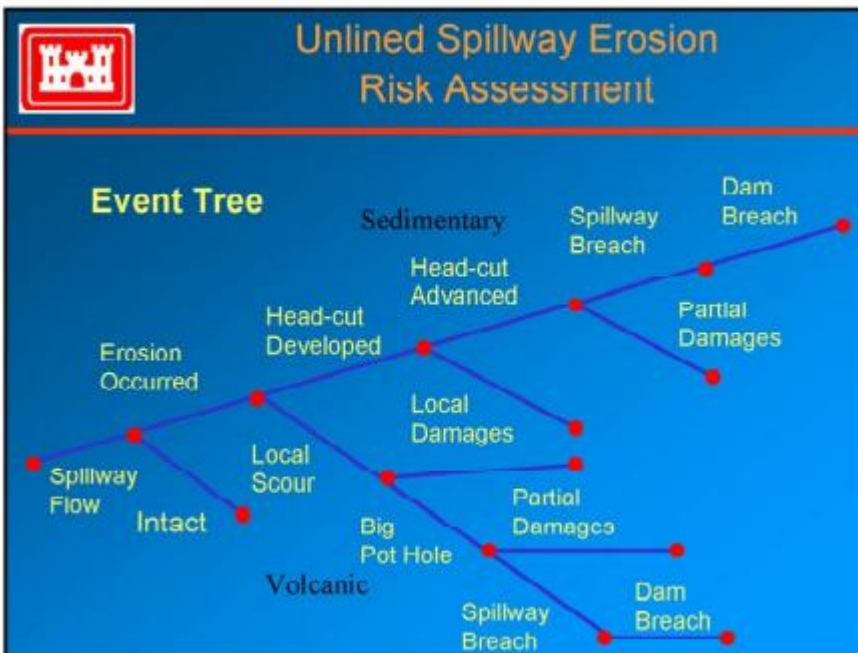
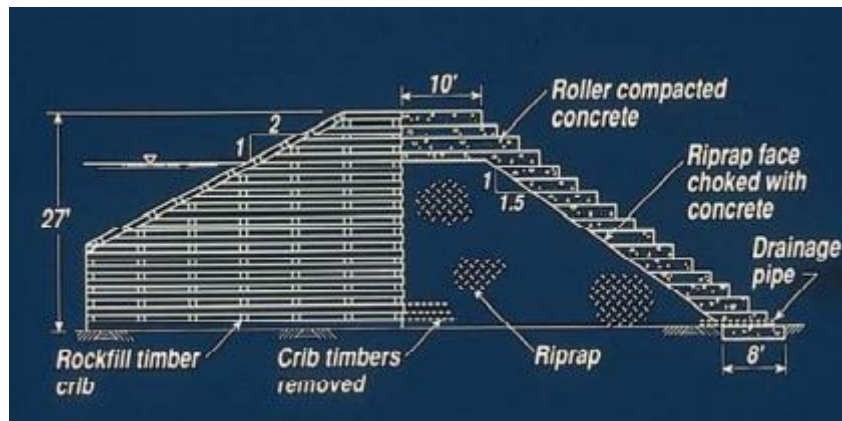


Crest Gate (Obermeyer Gate)

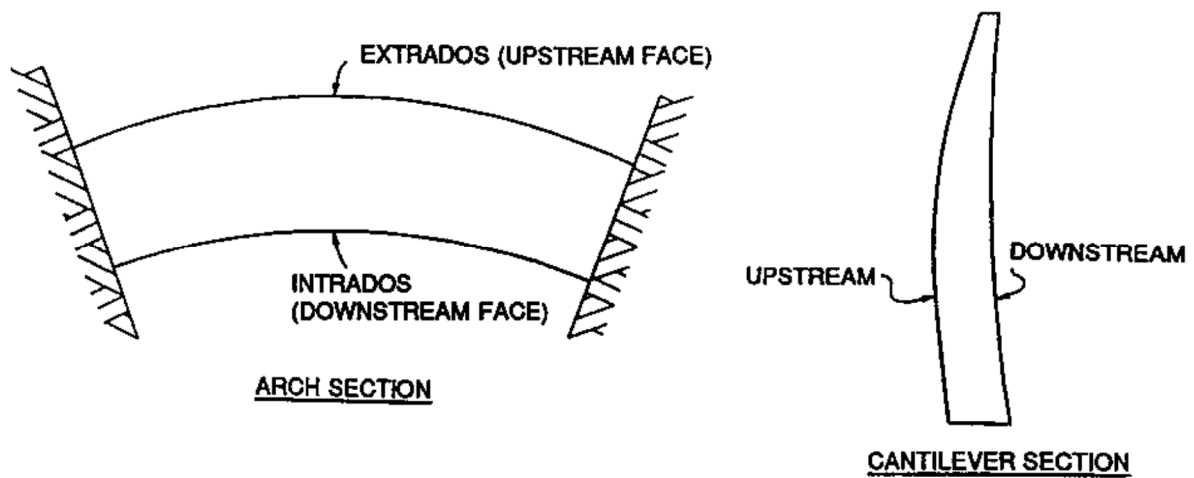
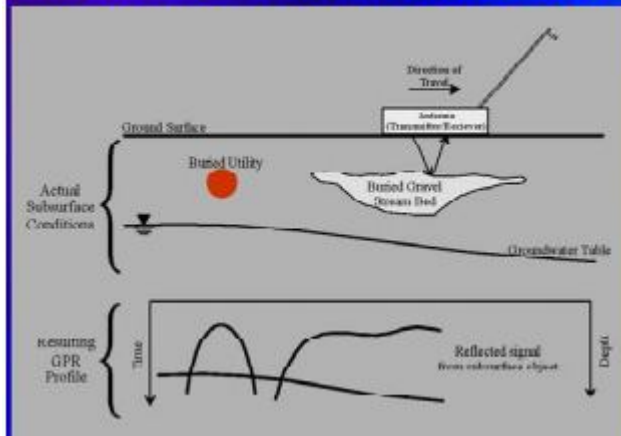


Rubber Dams

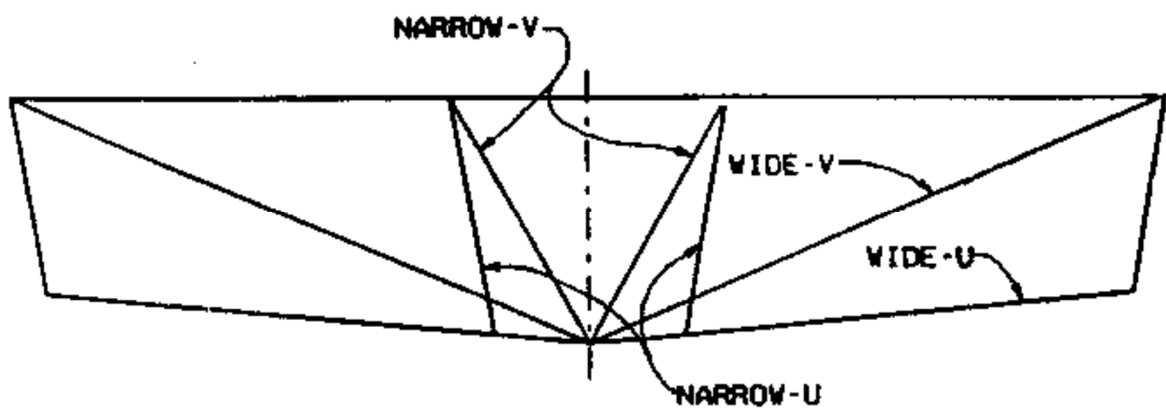


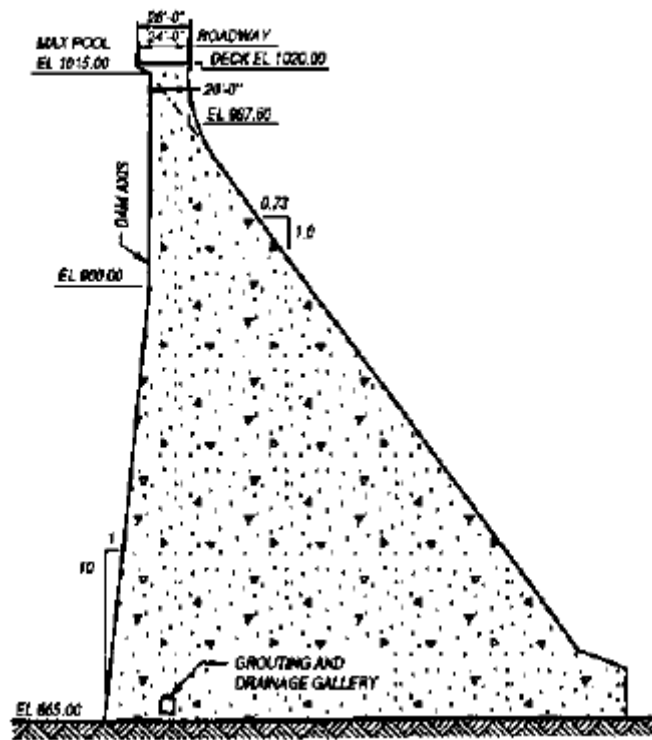


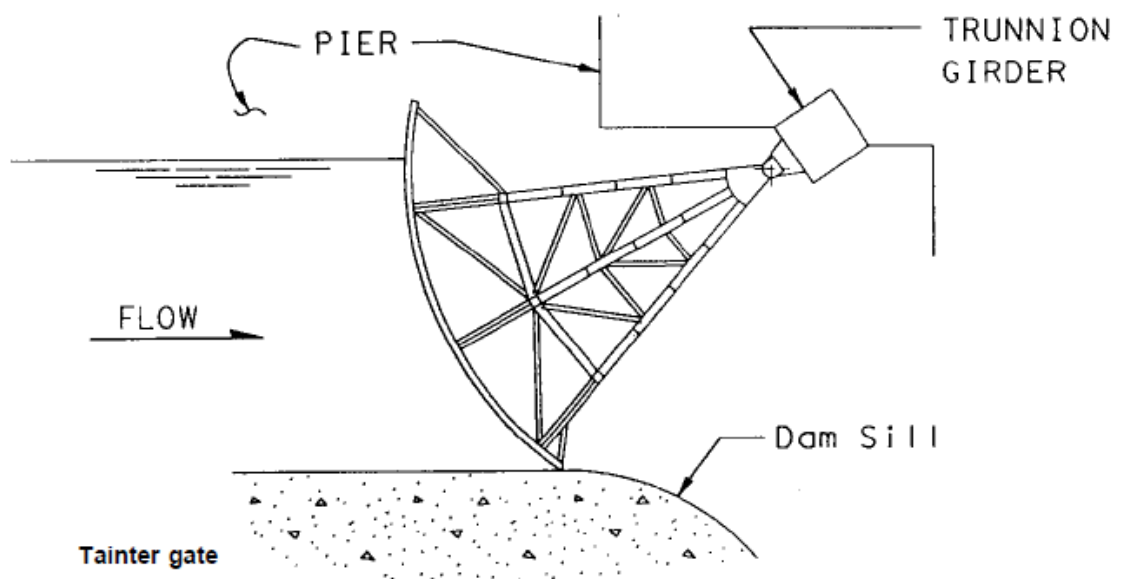
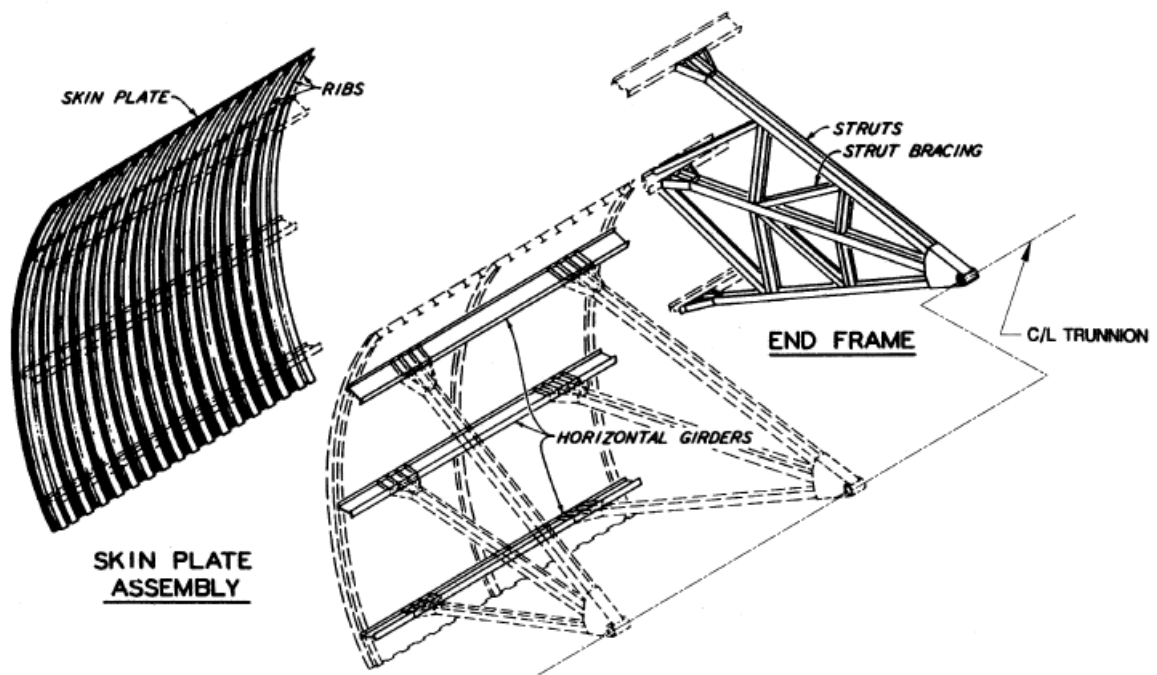
Ground Penetrating Radar (GPR)

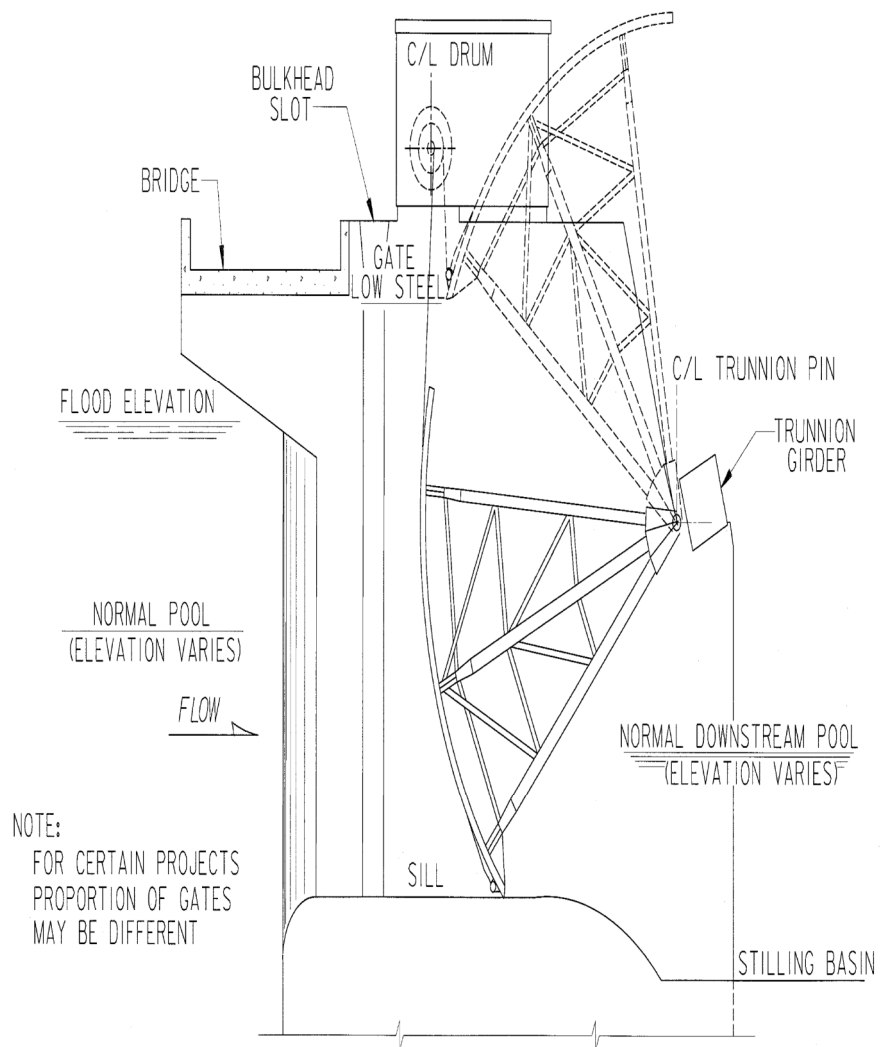
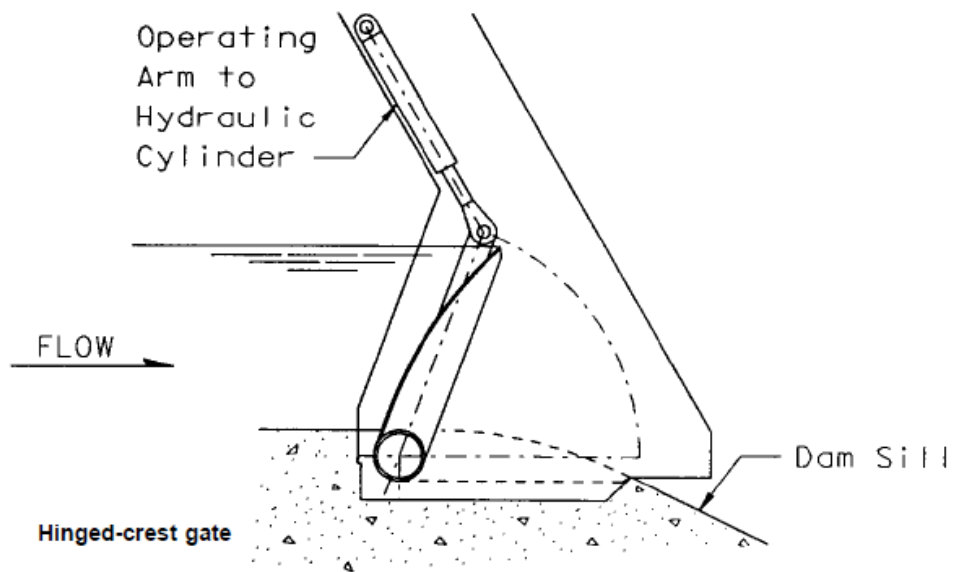


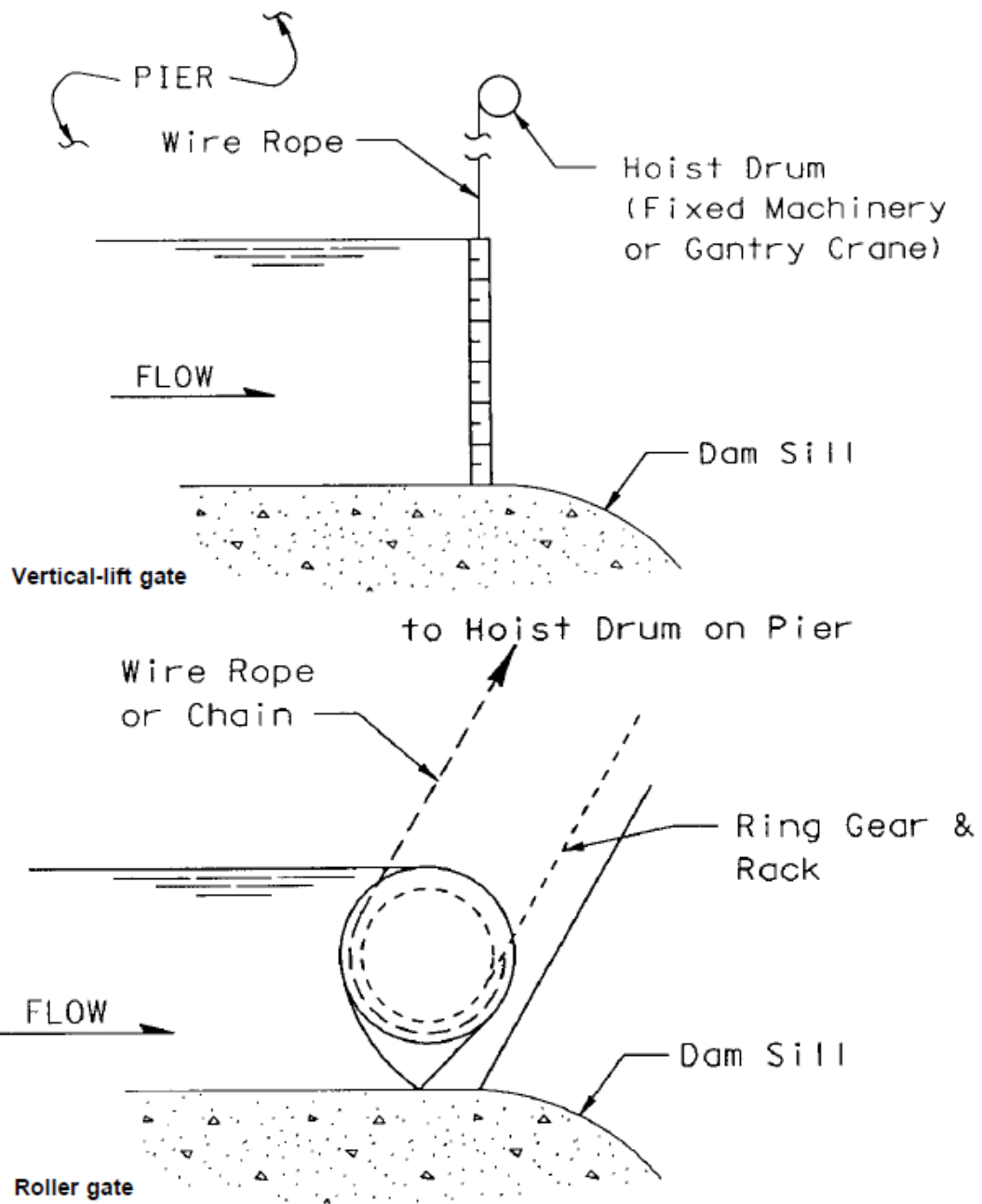
Typical arch unit and cantilever unit

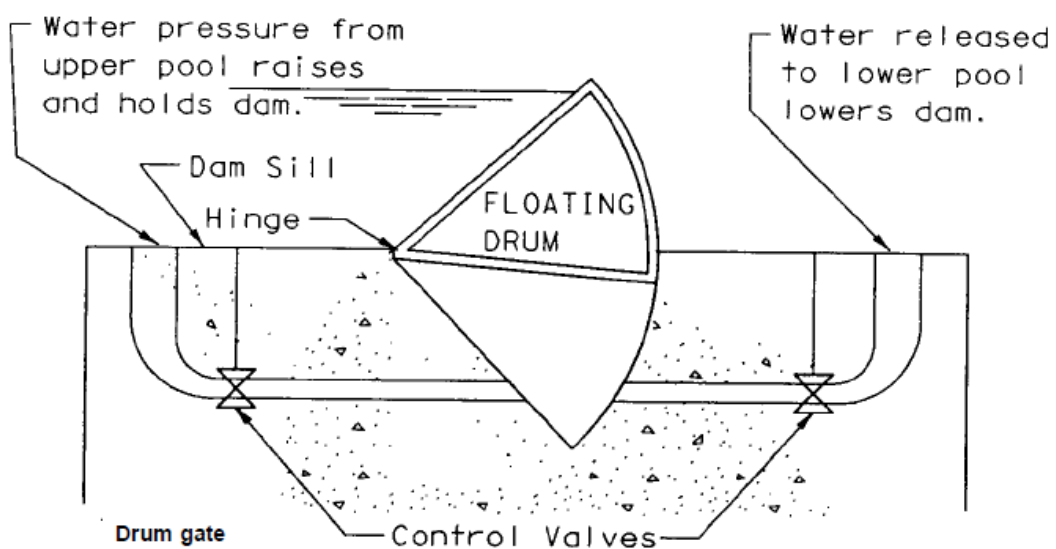
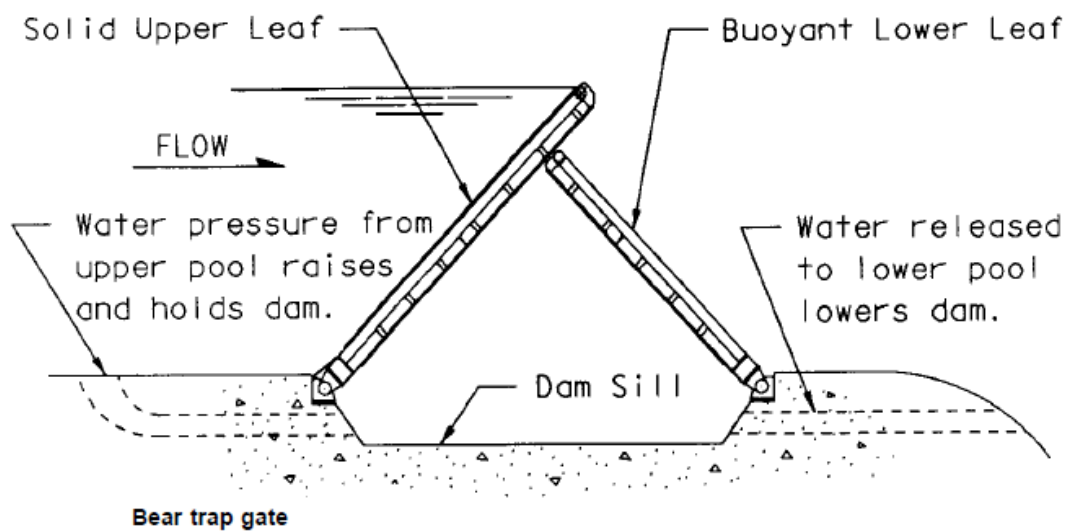
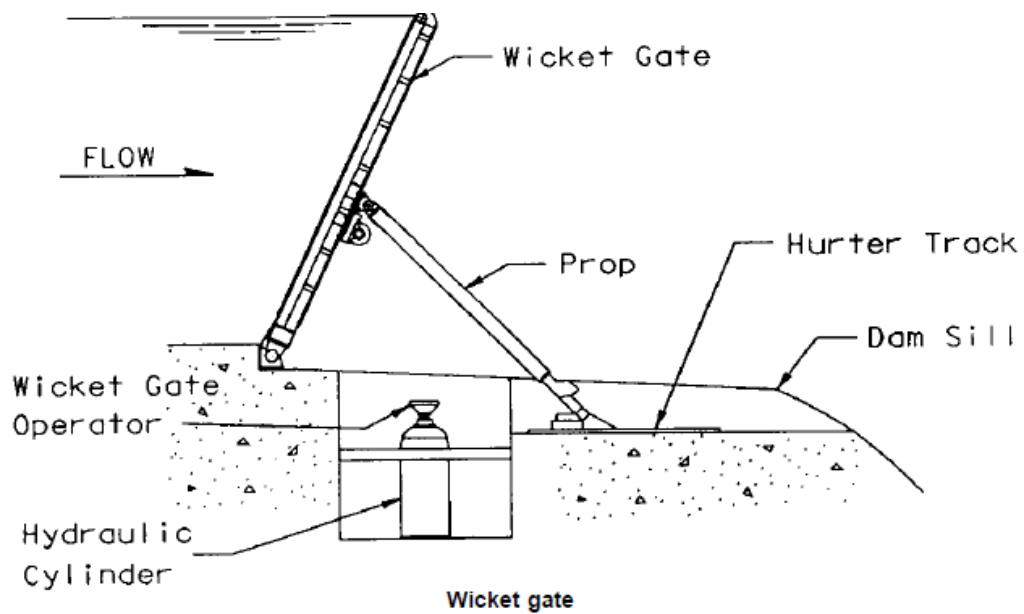


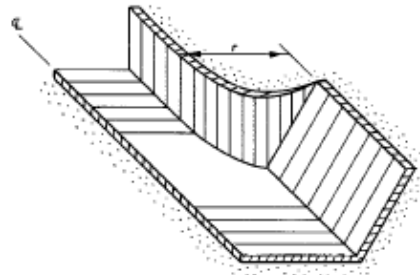
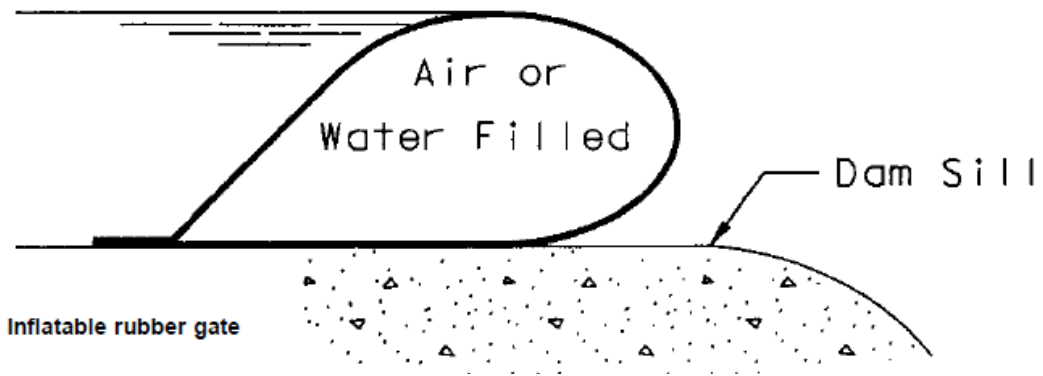




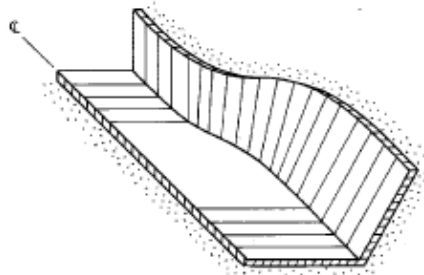




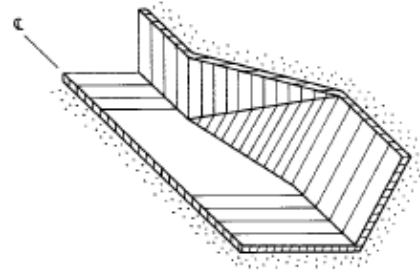




CYLINDRICAL QUADRANT

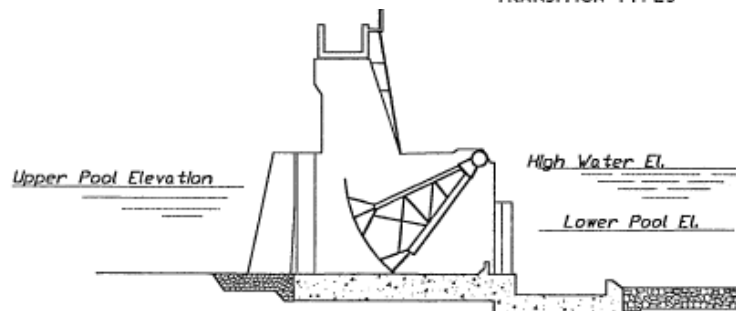


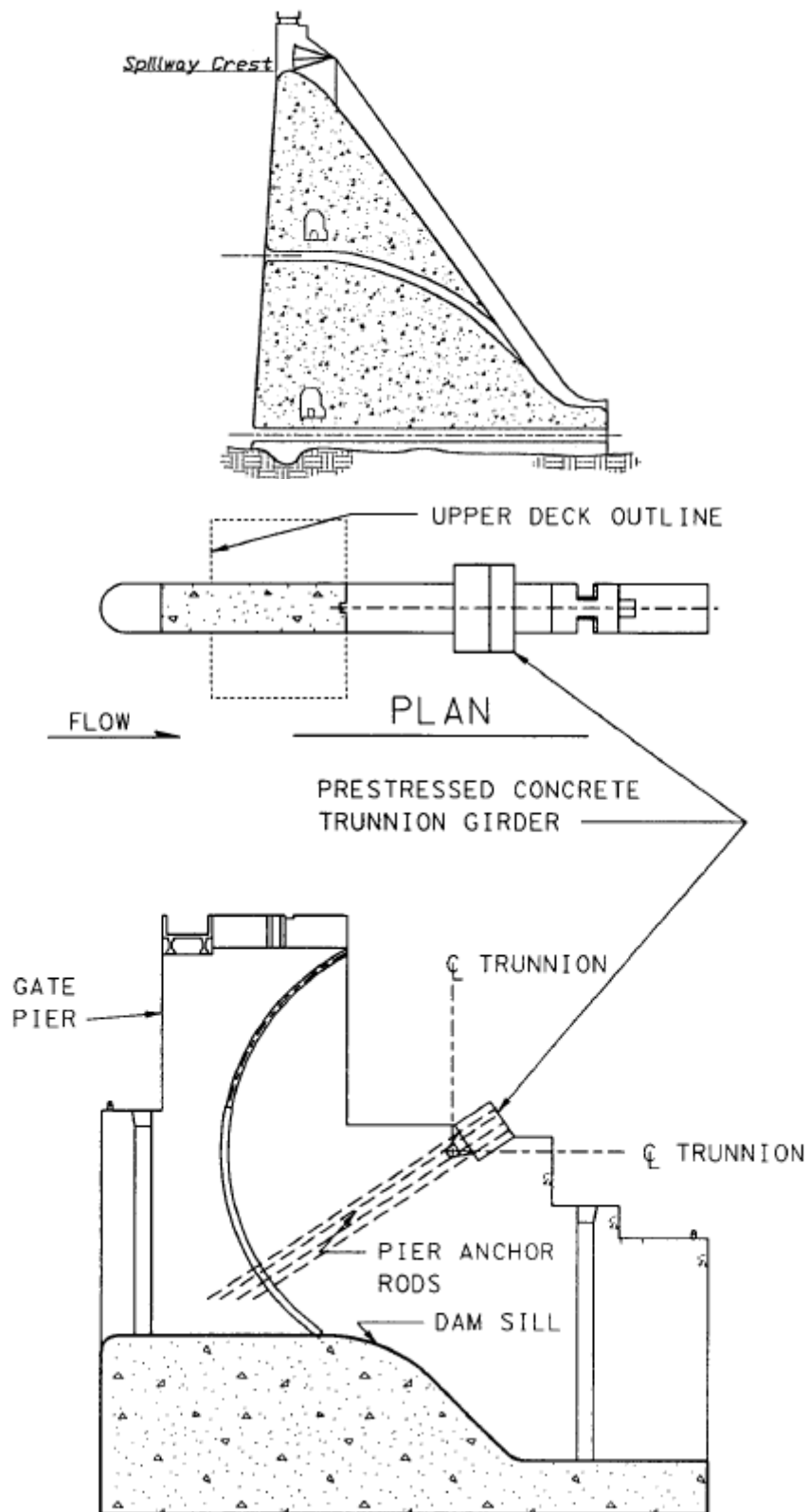
WARPED



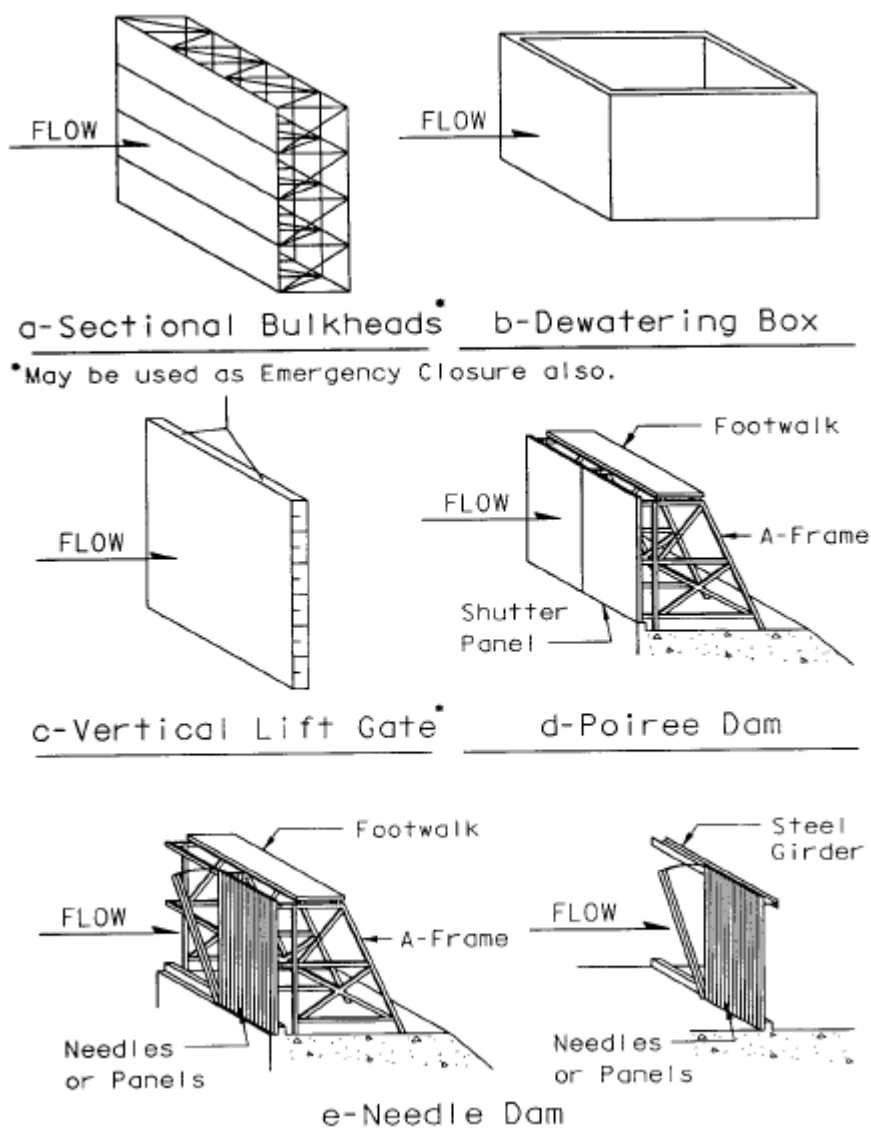
WEDGE

TRANSITION TYPES





Prestressed concrete trunnion girder and anchor rods



منابع

Engineering and Design ARCH DAM DESIGN, Department of the Army

U.S. Army Corps of Engineers, 31 May 1994

Gravity Dam Design, US Army Corps of Engineers ENGINEERING AND DESIGN, 30 June 1995

PLANNING AND DESIGN OF NAVIGATION DAMS, Department of the Army U.S. Army Corps of Engineers, 31 July 1995

The National Dam Safety Program, Research Needs Workshop: Dam Spillways ,FEMA Small Earthen Dam Construction, A guide book for planning and Construction of small earthen embankments, Montana Department of Natural Resources and conservation water Resources Division, Dam Safety Program september 2004

Guidelines for the Design and Construction of Small Embankment Dams, California Department of water Resources, Division Safety of Dams, January 1993

ایمان الیاسیان، انواع سد، سایت ایران سازه

آزمیدخت یزدانی جزی، ایمان الیاسیان، انواع سد و برخی نکات مورد تامل در حین اجرا، پروژه درس اجرای سازه های فولادی

و بتنی، زمستان ۱۳۸۸

میثم ایمان داش، پایان نامه کارشناسی ارشد ژئو تکنیک، تحلیل و مقایسه ی شبه استاتیکی پایداری سد های خاکی همگن با

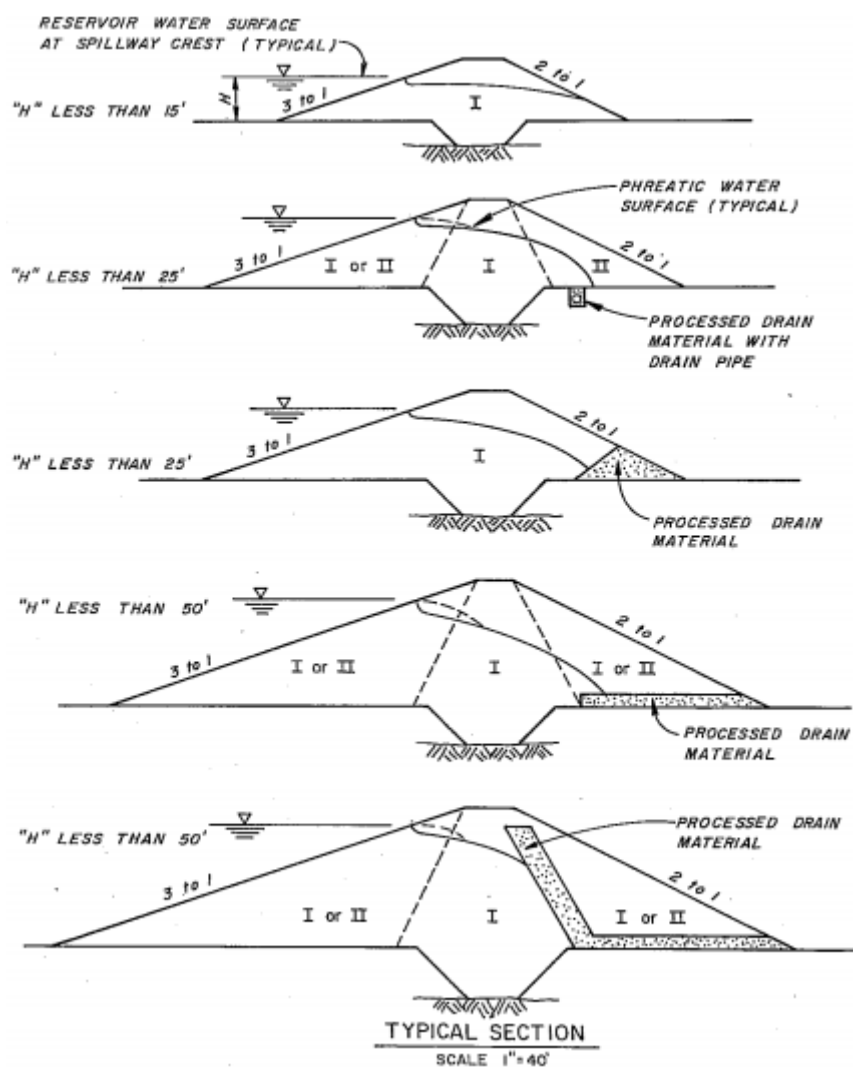
ارتفاع کمتر از ده متر، دانشگاه سمنان ۱۳۹۰

حسین میسمی، سعیده سعیدی، شراره شجاعی، سدها و ابنیه آبی، انتشارات سازمان عمران، ۱۳۸۹

محمد مینائی فرد - حسین میسمی - سعیده سعیدی بررسی راهکار اجرائی پیاده سازی سد آزاد و سامانه انتقال آن، انتشارات

سازمان عمران، ۱۳۸۹

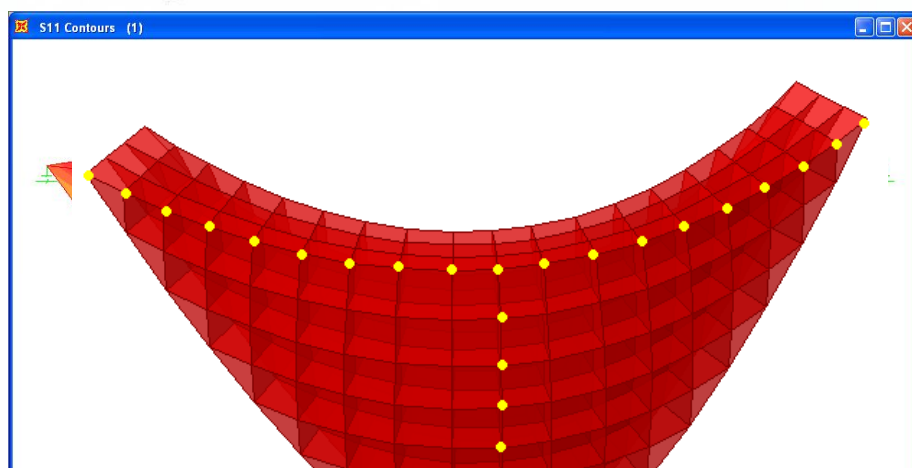
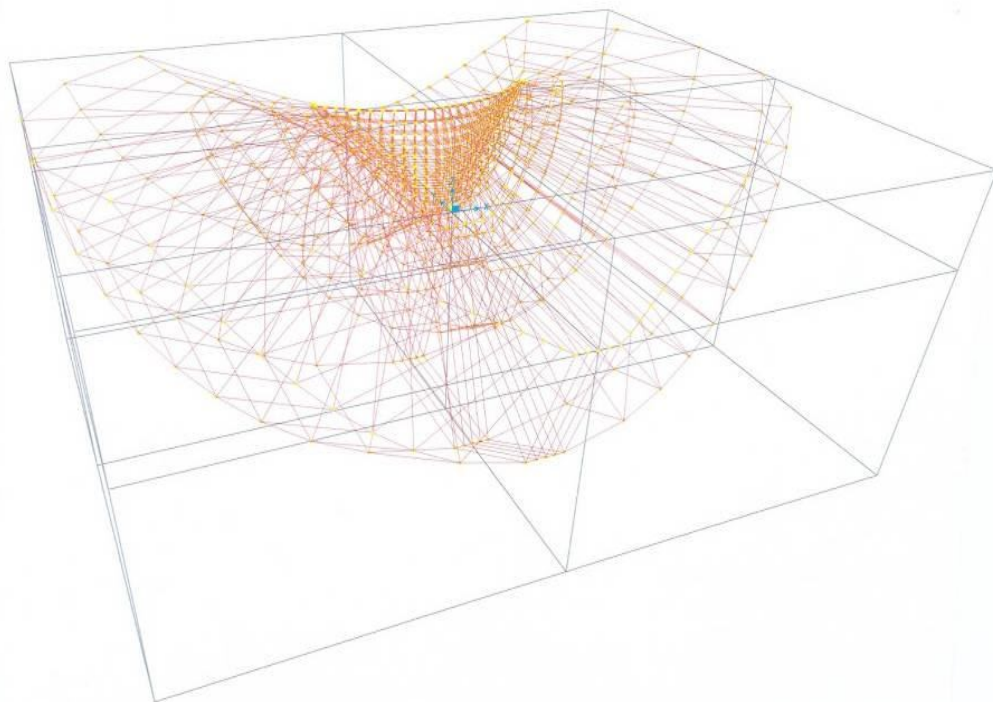
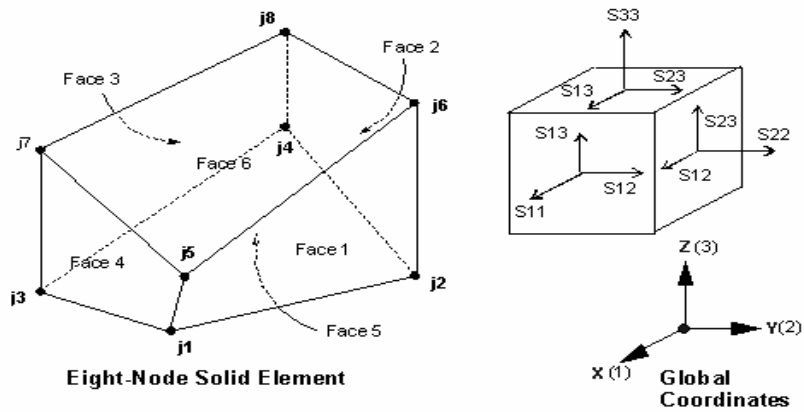
دکتر سامانی، دکتر بیات، طراحی سازه های هیدرولیکی، انتشارات دانشگاه امیرکبیر

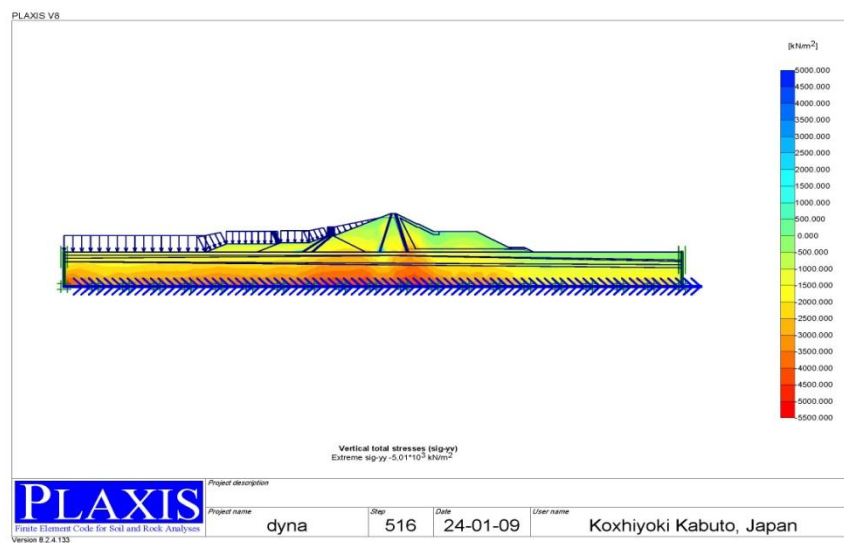
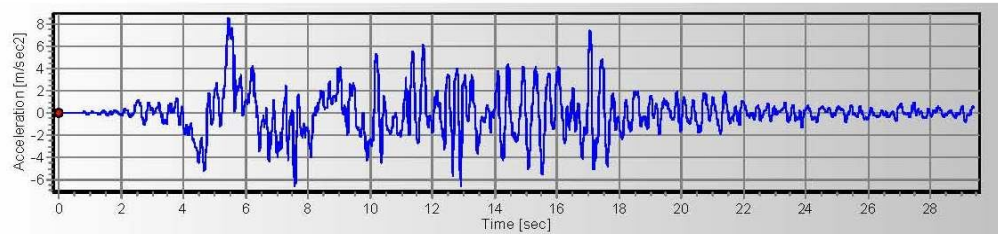
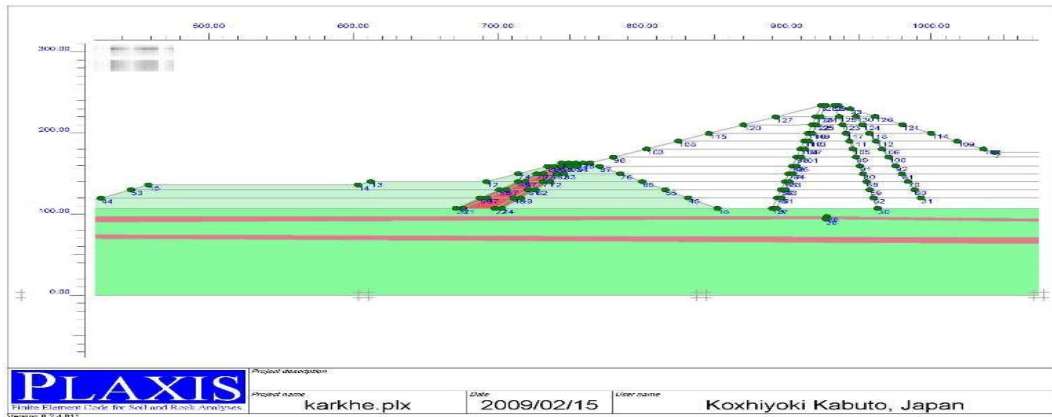


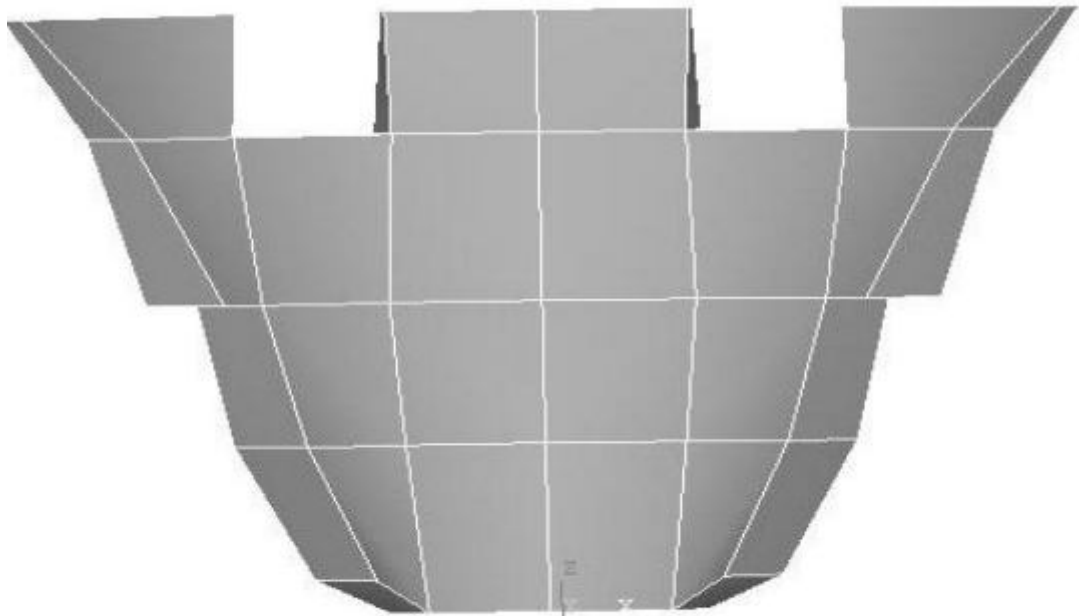
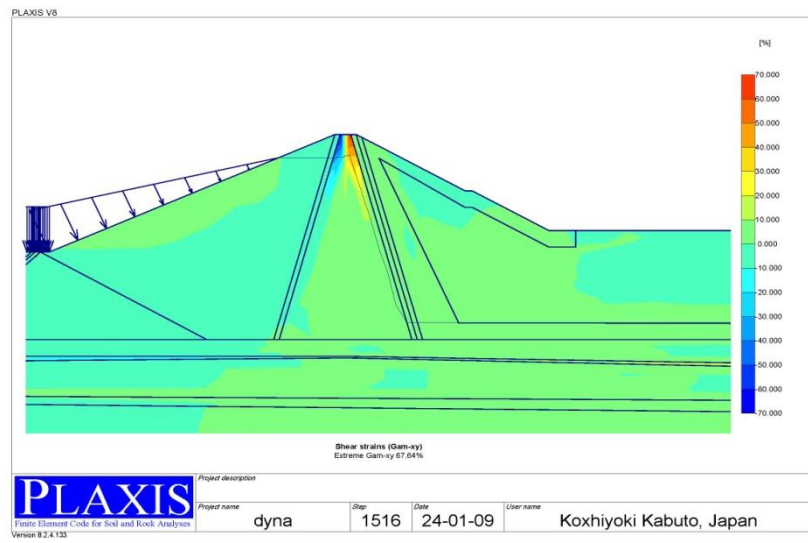
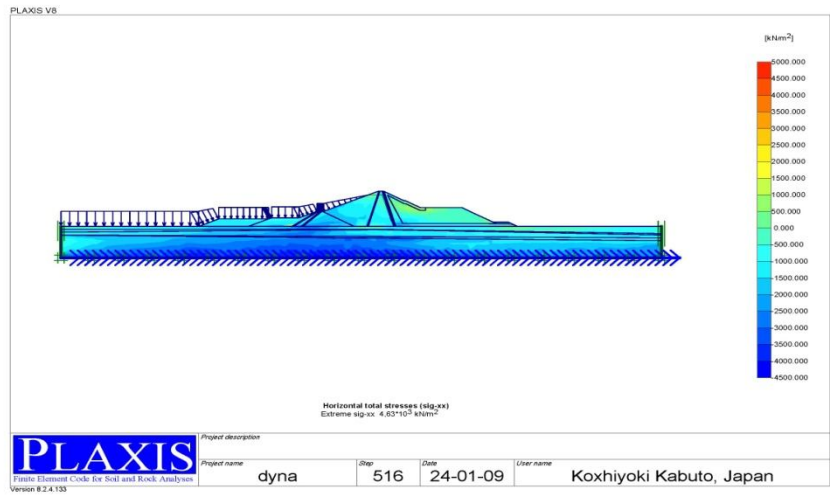
آنالیز اجزای محدود سدها

ایمان الیاسیان، کارشناس ارشد سازه

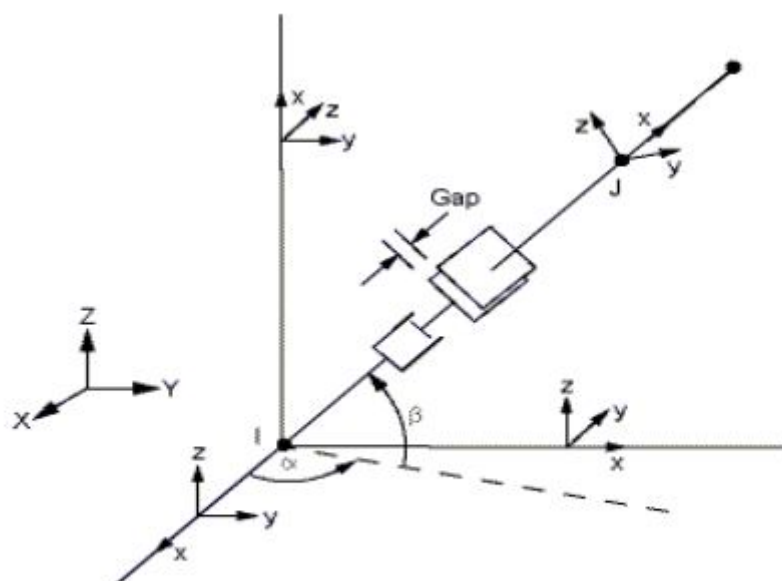
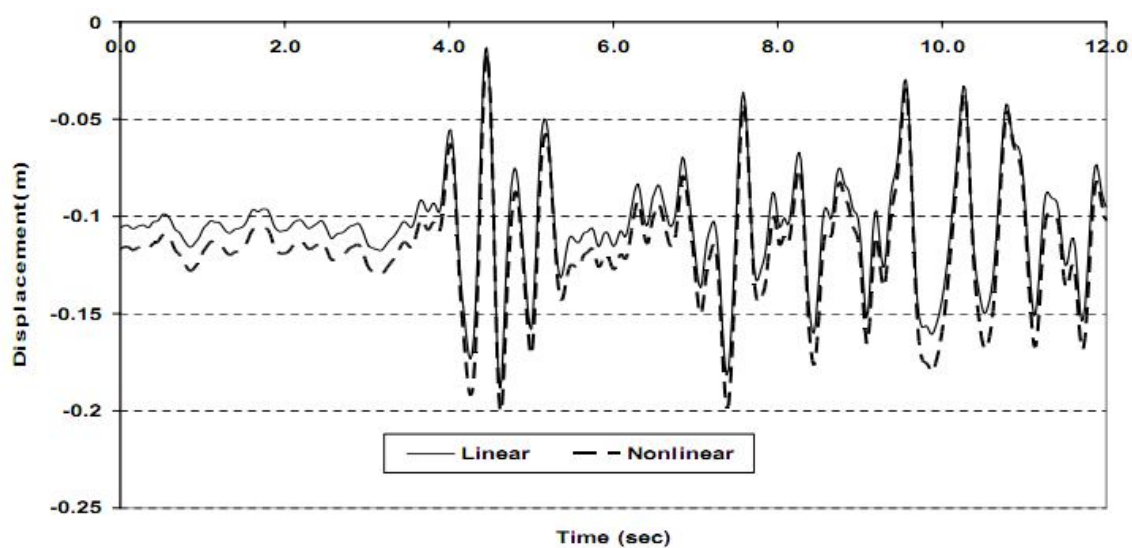
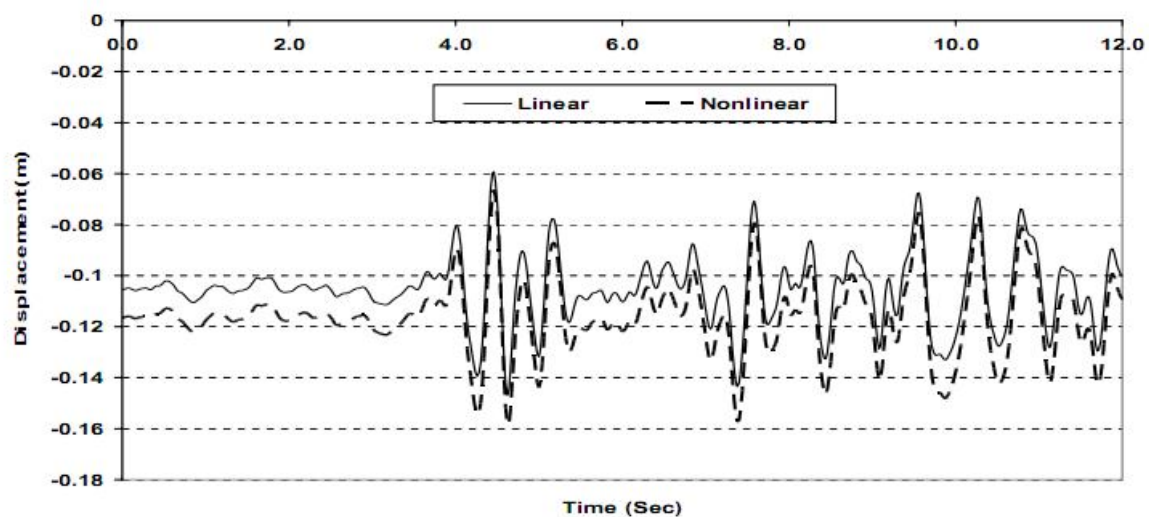
Solid Element



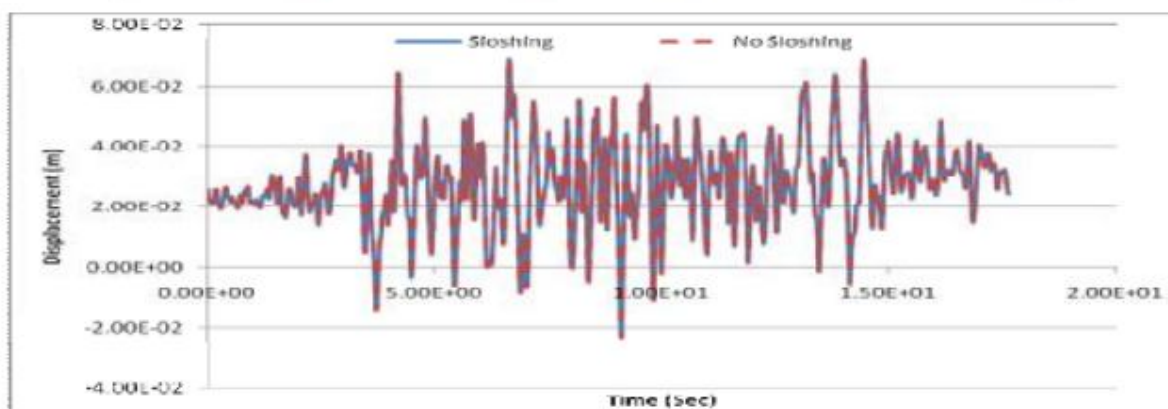
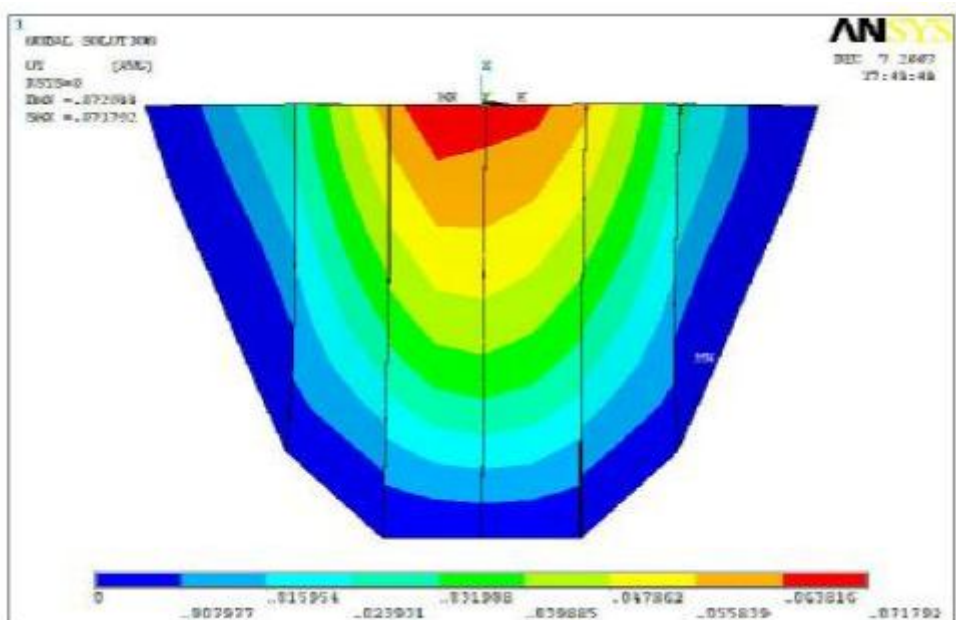
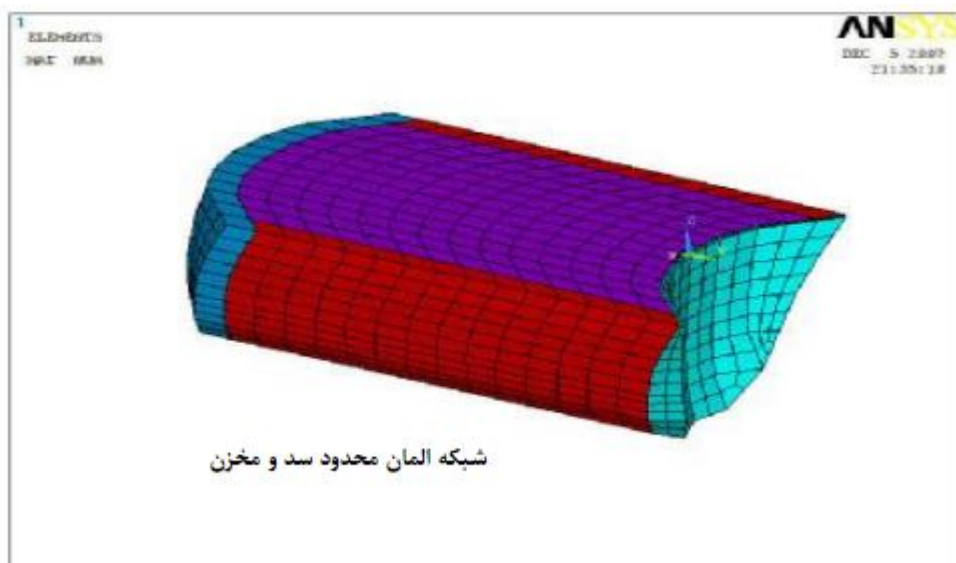




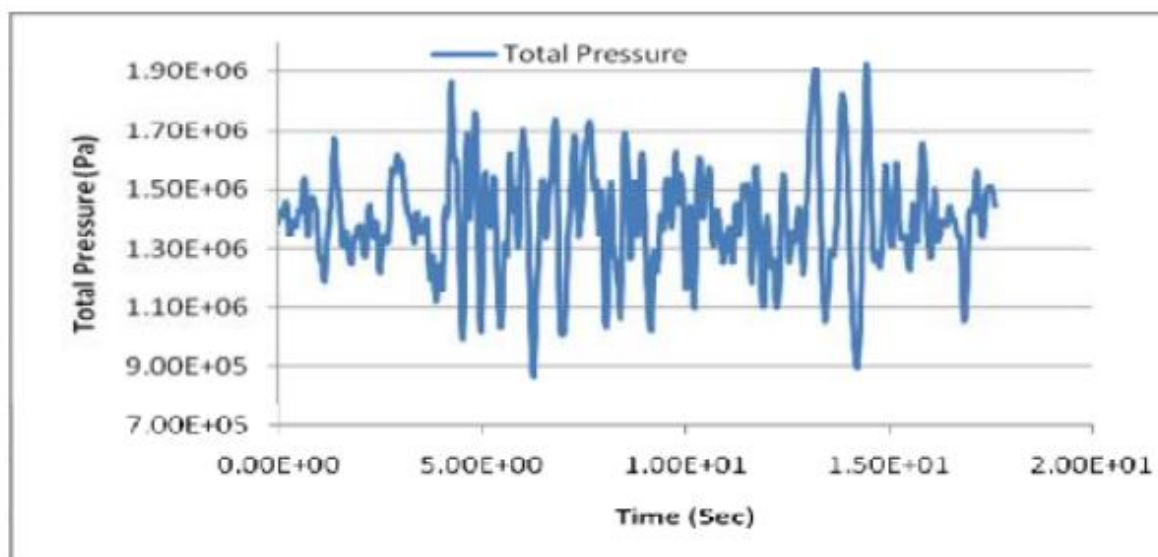
مدل المان محدود سد با سرریز تاج



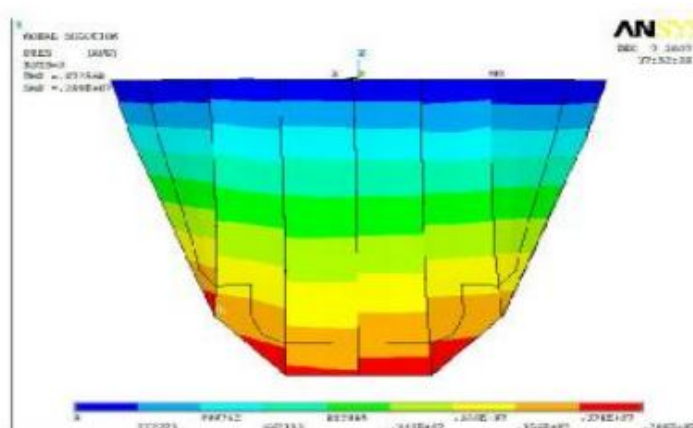
هندسه المان تماسی CONTA178



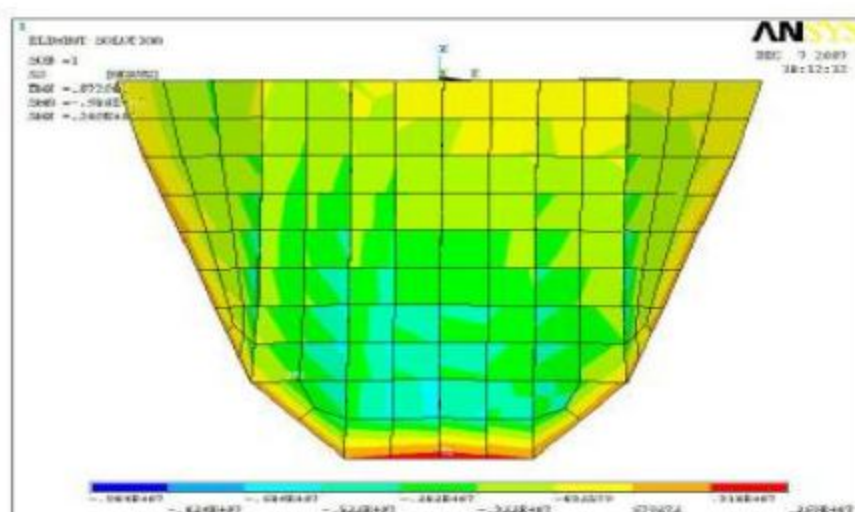
تاریخچه زمانی جابجائی تاج سد در جهت رود (مقایسه تحلیلهای با احتساب اسلاشینگ و بدون احتساب آن)



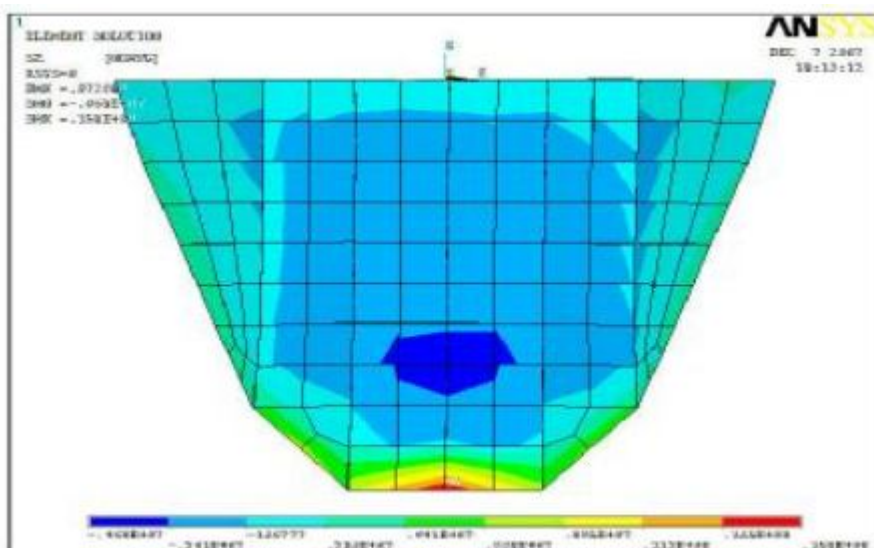
تاریخچه زمانی فشار کف مخزن سد در مجاورت سد



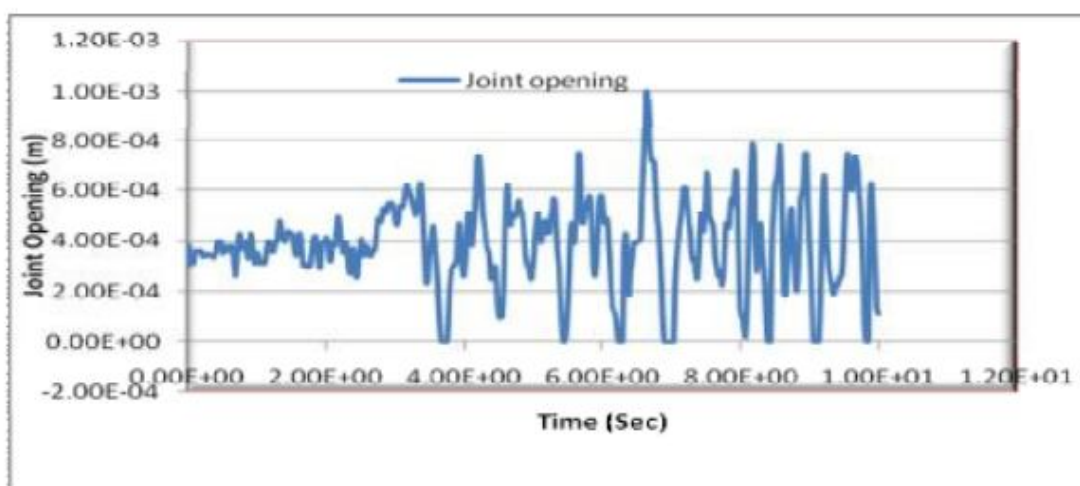
پوش فشارهای هیدرونیامیکی در کف مخزن در وجه بالادست سد در طی تحلیل تاریخچه زمانی (با احتساب اسلاشینگ و بدون احتساب آن)



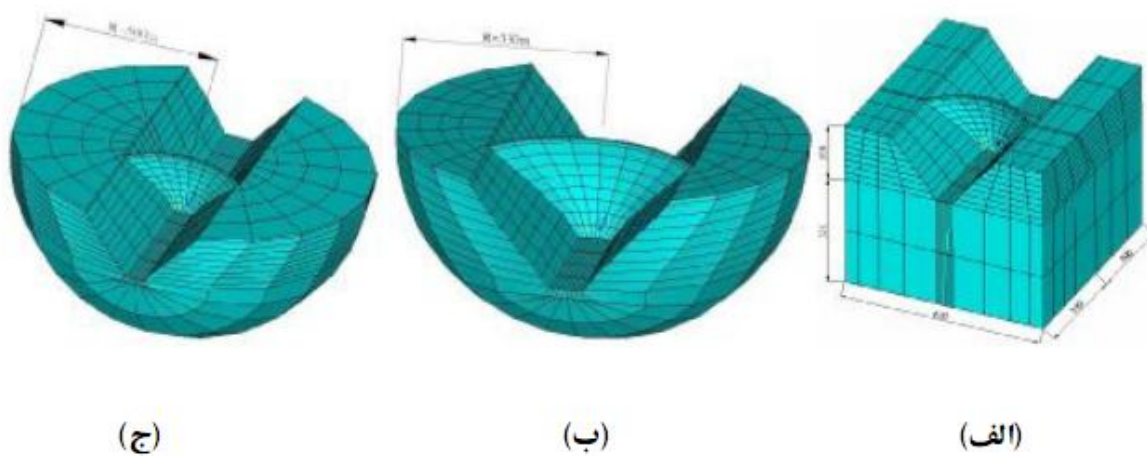
پوش تنشهای اصلی سوم سد در وجه بالادست سد در طی تحلیل تاریخچه زمانی



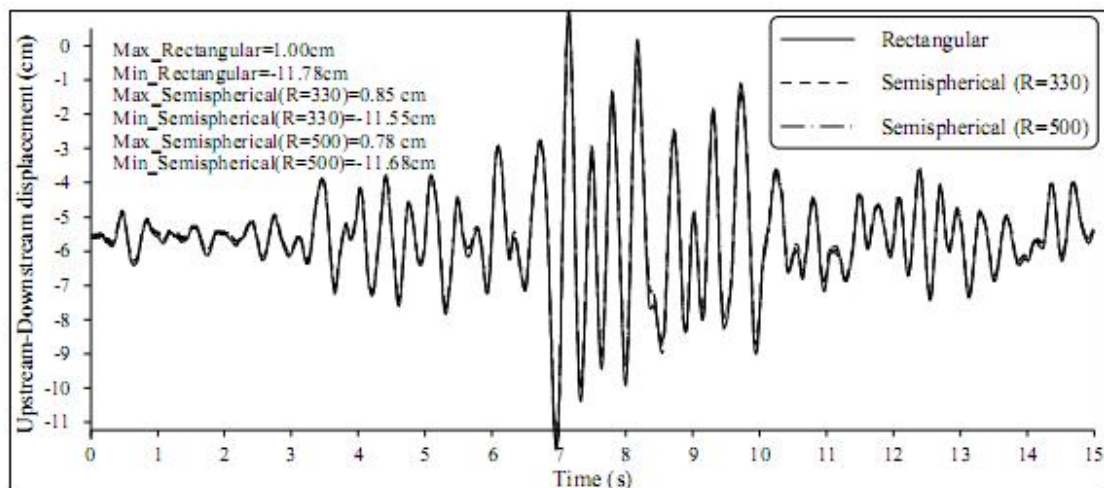
پوش تنشهای قائم سد در وجه بالادست سد در طی تحلیل تاریخچه زمانی



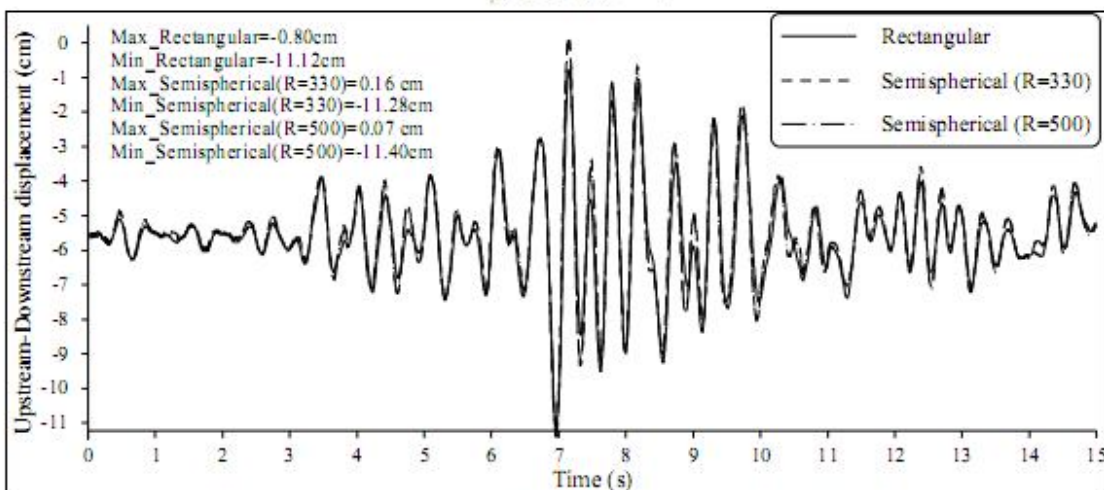
بازشدگی المان درز واقع در یک چهارم محور سد



مش بندی سیستم سد - فونداسیون



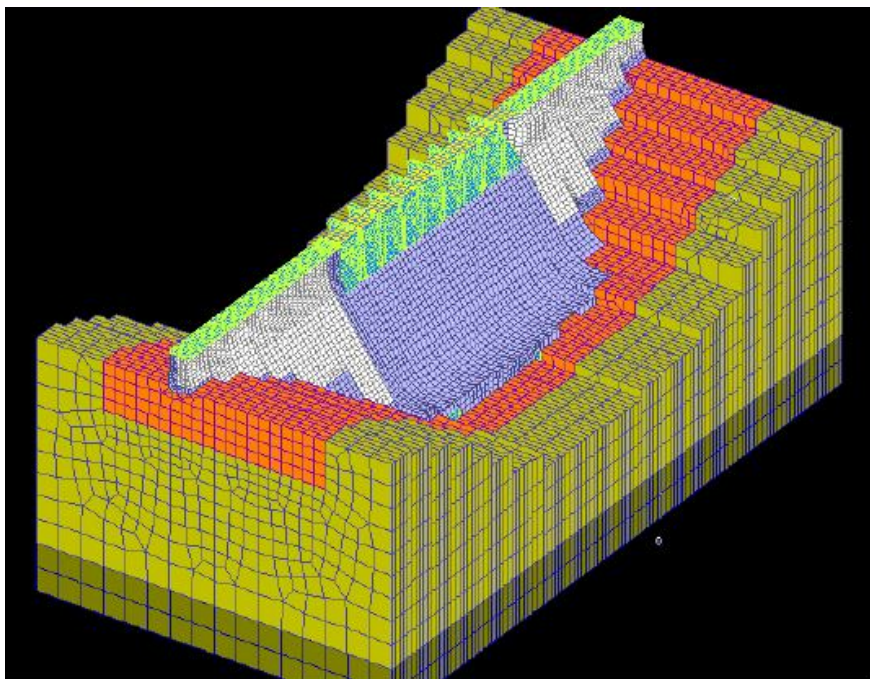
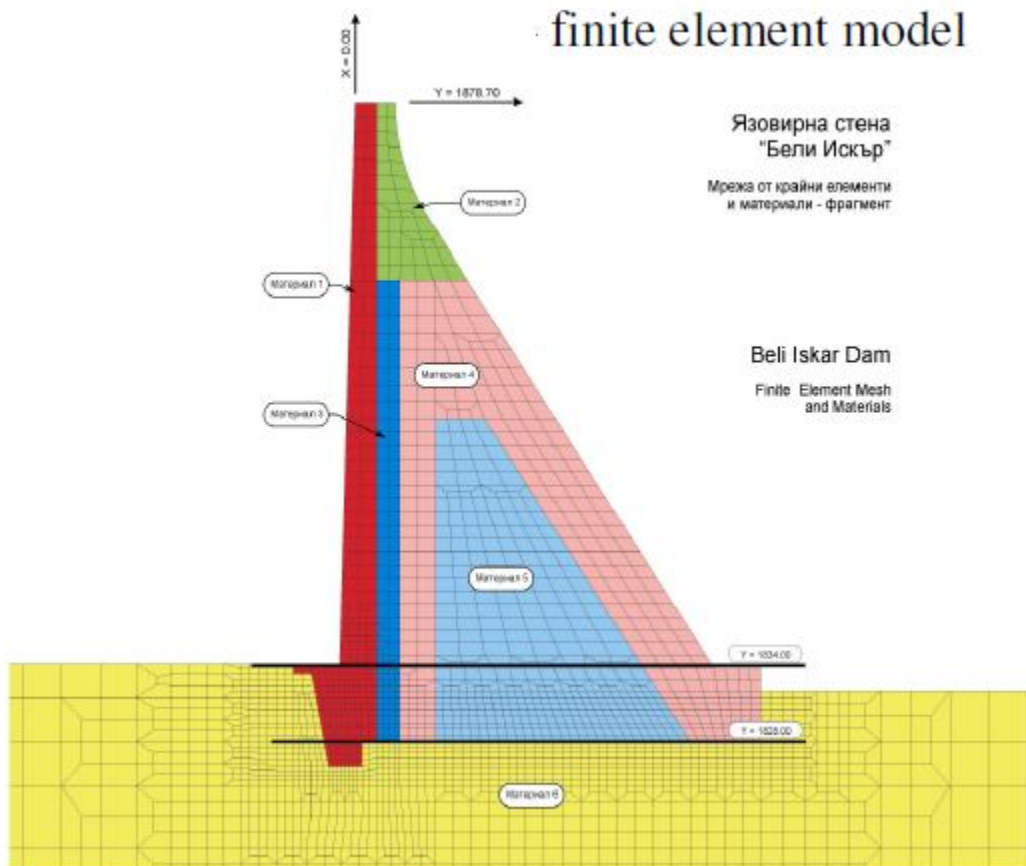
(الف) بدون جرم



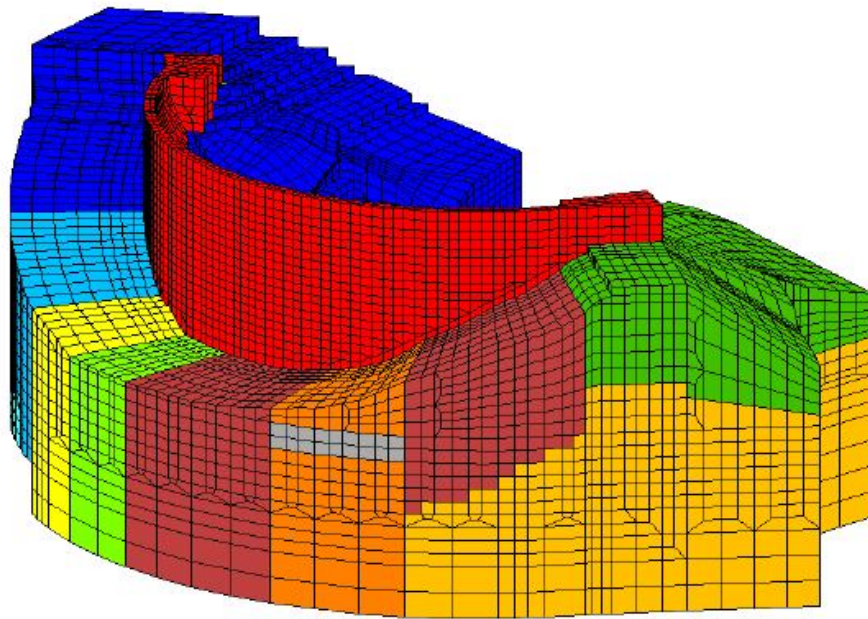
(ب) جرم مدار

تاریخچه زمانی جابه جایی تاج سد در جهت بالادست - پایین دست برای مدل فونداسیون به شکلهای مختلف

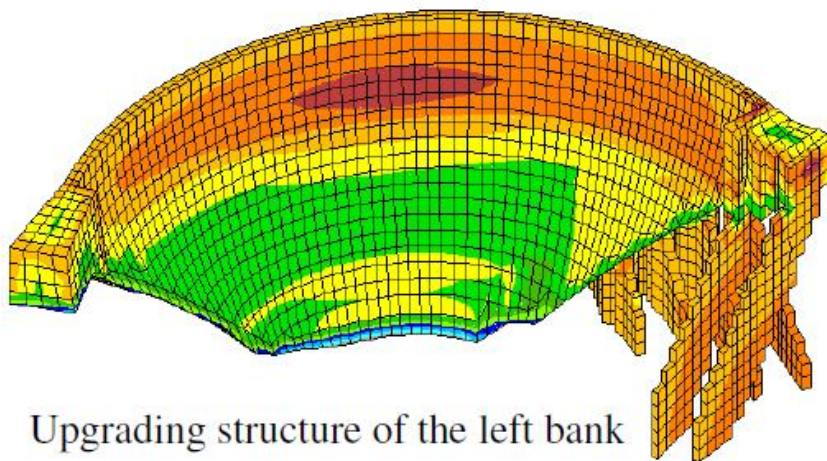
finite element model



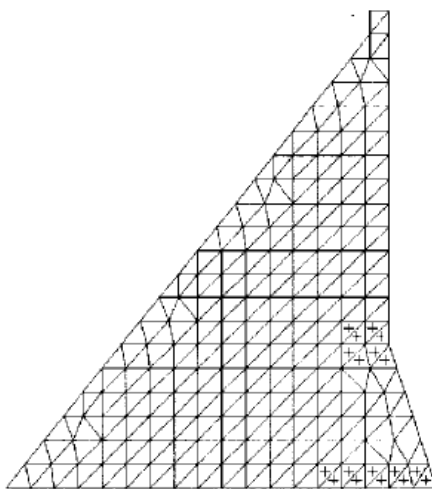
3D finite element model



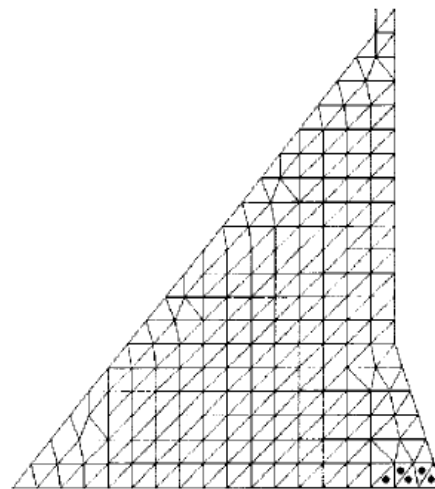
General view of the FEM.



Upgrading structure of the left bank



(a) local reinforcement



(b) cracking of dam body

سدهای خاکی و راهکارهای بهسازی آنها

ایمان الیاسیان، کارشناس ارشد سازه

چکیده

خاک‌های ریز دانه خاصی در طبیعت وجود دارد که به محض تماس یافتن با آب، به سرعت شسته می‌شود. این خاک‌ها که معمولاً از نوع رس هستند، در صورت قرار گرفتن در معرض جریان آب حتی اگر سرعت جریان کم باشد به سهولت شسته می‌شوند و فرسایش می‌یابند. بالا بودن درصد یون سدیم در آب منفذی از خصوصیات عمده این خاک‌هاست. خاک‌های مذکور به خاک‌های واگرا مرسومند. این پدیده را با توجه به خصوصیات خاک‌های رسی می‌توان توجیه کرد؛ بین ذرات خاک‌های رسی نیروهای دافعه و جاذبه وجود دارد. نیروهای جاذبه عمدتاً از نوع نیروهای واندروالسی هستند و نیروهای دافعه از وجود لایه دوگانه در اطراف ذرات کانیهای رسی ناشی می‌شوند. در خاک‌های واگرا بر اثر مجاورت با آب نیروی جاذبه بین ذرات از بین می‌رود و در نتیجه ذرات کلونیدی خاک به سهولت از یکدیگر دور شده و با نیروی کمی که می‌تواند ناشی از حرکت بسیار آرام آب باشد به حرکت در می‌آیند در صورتی که در خاک‌های رسی غیر واگرا نحوه فرسایش به گونه‌ای دیگر است. در این خاک‌ها بر اثر تماس خاک با آب نیروی جاذبه بین ذرات از بین نمی‌رود و برای فرسایش و شسته شدن آنها لازم است سرعت جریان آب بقدر کافی زیاد باشد. با بررسی راه‌های تشخیص خاک‌های واگرا و ملاحظات طراحی، روش‌های بهبود و اصلاح خاک و مقابله با مشکلات ناشی از آن از جمله استفاده از فیلترهای مانع فرسایش برای هسته‌های واگرا و آماده‌سازی پی خصوصاً در محل‌های بحرانی و تماسی و در نهایت با بررسی نقش پدیده واگرایی در فرسایش درونی و مکانیزم وقوع آن و میزان مشارکت آن در شکست هیدرولیکی سدهای خاکی به بهسازی پی در سدهای خاکی می‌پردازیم

اهداف سد سازی آبیاری زمین های مزروعی-تامین آب آشامیدنی-تولید برق آبی-کنترل سیلابها-پرورش ماهی-تفرجگاه-حفاظت خاک و...

1-سدهای بتنی که به صورت وزنی و یا قوسی هستند

2-سدهای خاکی و سنگریزه ای(خاکی؛ سنگریزه ای و یا مخلوطی)

مشخصه های اقتصادی -هیدرولوژی-پی مناسب-در دسترس بودن مصالح-سرریز مناسب سد-امکان نشت آب از مخزن سد-نحوه انحراف آب-ارزش

زمین سد-مدت ساخت-حجم دریاچه یا مخزن-شیب بستر-شکل دره سد-مسیر انتقال آب

کلیدواژه‌ها: خاک‌های واگرا، خاک‌های رسی، بهبود و اصلاح خاک، بهسازی پی، روانگرایی

✓ اجرای مصالح آب بند قیری

✓ اجرای بتن ریزی

✓ برنامه زمان بندی اجرایی(رعایت توالی و تقدم اجرایی)

شامل : ضخامت قابل قبول لایه- هسته نفوذ ناپذیر و سنگریزه ای یا خاکریزی- تعداد گذر های مورد نیاز توسط تجهیزات متراکم کننده- میزان رطوبت بهینه برای متراکم کردن هسته نفوذ ناپذیر یا خاکریزی- کیفیت سنگریز- شرایط آب و هوایی فصلی- تأثیر تشکیلات زمین شناسی محلی روی پی ها- توپوگرافی و نوع عکس هوایی محل سد- پلان انحراف رودخانه- اجرای دیوار آبنند- تاسیسات یا اجرای مجاری تخلیه تحتانی، آبگیرها- اتمام رویه ها همزمان با اجرا و بالا رفتن سد- اجرای لایه نفوذ ناپذیر در رویه بالادست سد- زمان مسدود کردن تونل انحراف در هنگام آبگیری- تزریق کردن پی ها

هدف از تزریق

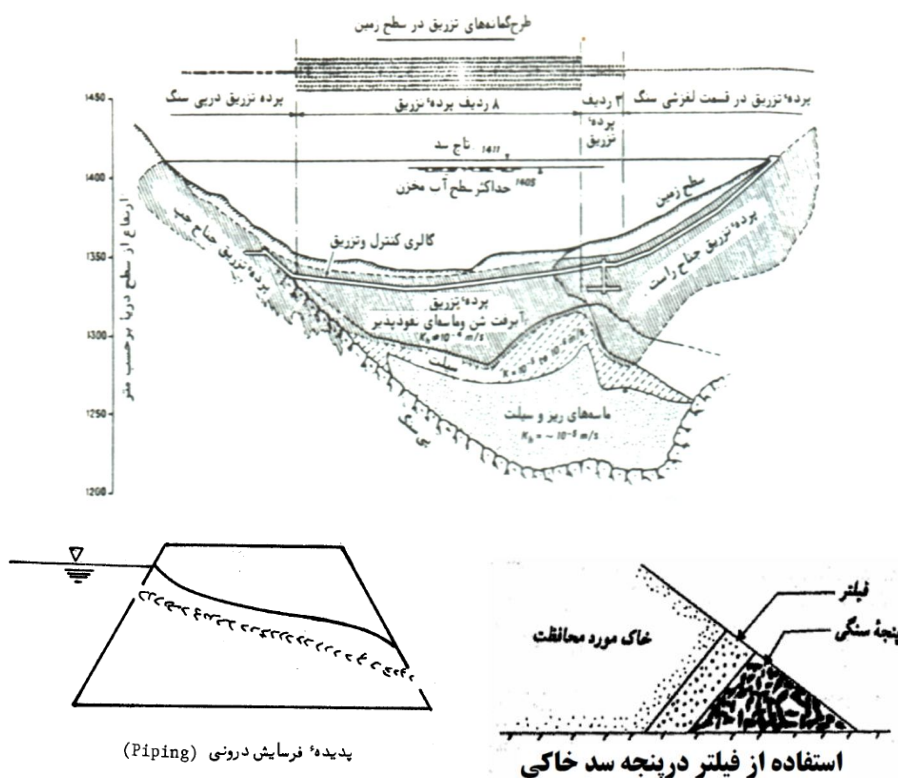
- تقویت پی در زیر سازه ها جهت جلوگیری از حرکت و جابجائی های اضافی.

- به منظور دستیابی به یک سیستم آب بند در زیر یا اطراف یک سازه .
- تراکم تشکیلات خاکی پی سازه ها جهت افزایش مقاومت برشی آنها .
- برای مهار فشار برخاست بر سازه
- پر نمودن فضاهای خالی و جلوگیری از نشست بیش از اندازه تشکیلات

روشهای تزریق

- تزریق با فشار متوسط بدون خراب کردن پی یا تزریق نفوذی Penetration Grouting
- تزریق با فشار زیاد با شکستن بیشتر شکافها یا تزریق جابجائی Displacement Grouting
- تزریق تراکمی و تحکیمی Consolidation Grouting
- اختلاط خاک Soil Mixing
- تزریق با فشار Jet Grouting

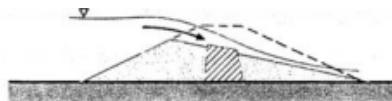
- ✓ میزان تولیدی کارگاه مصالح سنگی
- ✓ سدهای سنگی با رویه نفوذ ناپذیر
- ✓ حفاری روباز برای سدهای مخزنی-خاکی
- ✓ برنامه ریزی برای گودبرداری و حفاری



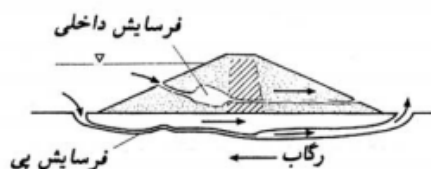
علل وقوع شکست هیدرولیکی در سدهای خاکی

فرسایش درونی، فرسایش موج و پنجه- پدیده رگاب- پدیده واگرایی خاکهای رسی- خرابی موضعی- انحلال مصالح بدنه و پی- فرسایش تماسی- کاهش سطح تنش- افزایش فشار آب منفذی- حداقل مقاومت خاک- پتانسیل روانگرایی- ترک خوردگی- کنترل پایداری، لغزش و تراوش- چسبناک شدن

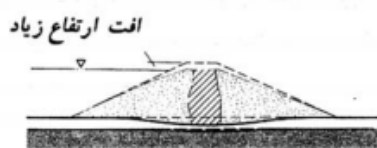
1-لبریز شدن 2-شسته شدن دانه های ریز 3- لغزش 4- نشت از لوله آب بر 5- خرابی در پوشش غیرقابل نفوذ بالادست



(الف) سرریز از روی بدنه سد (لب ریزشیدن)



(ب) فرسایش داخلی



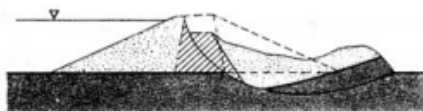
(پ) نشست بدنه و پی



(ت) لغزش شیب پایین دست



(ث) لغزش شیب بالادست



(ج) لغزش عمیق شیب پایین دست

مکانیسم های مختلف خرابی سدهای خاکی

۱. ویژگیهای خاک

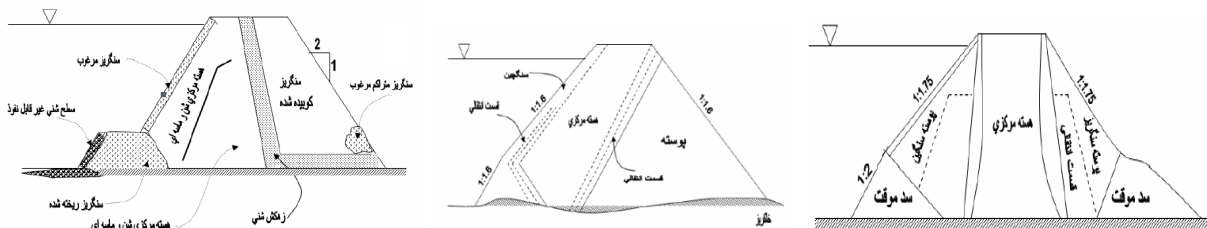
- مدول برشی دینامیکی
- ویژگیهای میرایی
- وزن مخصوص
- ویژگیهای دانه بندی خاک و دانه ها
- دانسیته نسبی
- ساختار خاک

۲. عوامل محیطی

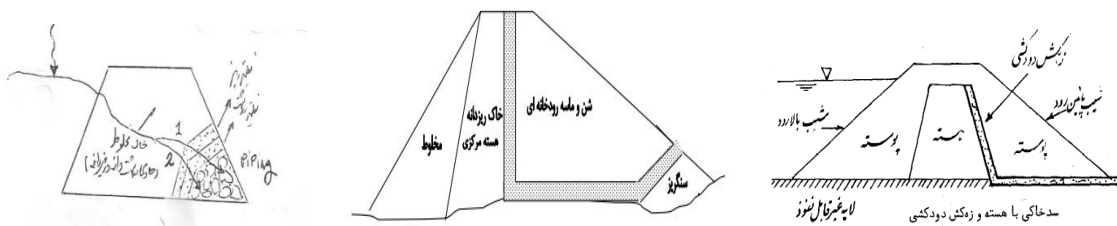
- نحوه تشکیل خاک
- تاریخچه زلزله
- تاریخچه زمین شناسی (سن، سیماناسیون)
- ضریب فشار جانبی خاک
- عمق تراز آب
- فشار محصور کننده موثر

۳. ویژگیهای زلزله

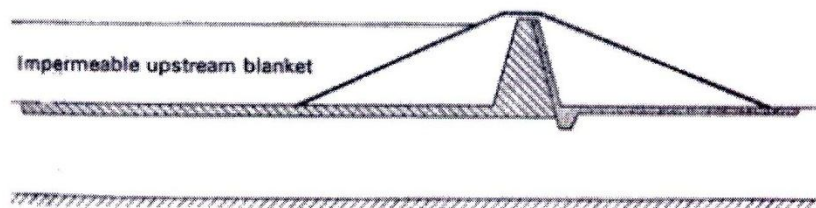
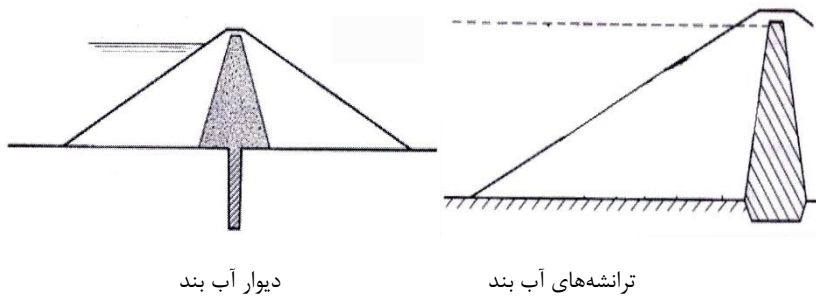
- مدت دوام تکانهای زمین



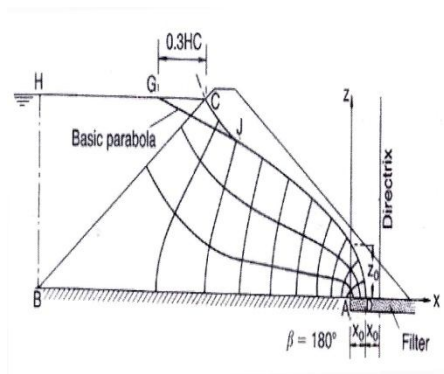
- خواص خاک (منحنی دانه بندی و درصد ریز دانه)
- درجه اشباع و سطح آب زیر زمینی
- دانسیته نسبی خاک قبل از تراکم
- تنش های اولیه در لایه های خاک قبل از تراکم (تنش های موثر عمودی)
- ساختار، بافت و سیماناسیون خاک قبل از تراکم
- روش های موجود تراکم (انواع تجهیزات، ظرفیت ارتعاش تجهیزات، مهارت مهندسين مجری)



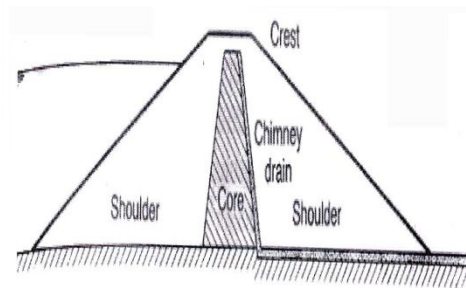
روش های متراکم سازی- روش های مسلح نمودن خاک- روش های زهکشی- پیش بار گذار ی- محدود کردن تغییر شکل برشی- افزودن آهک به خاک و اگر- افزودن سولفات آلومینیوم به خاک و اگر- افزودن ژئوپس (سنگ گچ آبدار) به آب مخزن سد- استفاده از فیلترهای مانع فرسایش برای هسته و اگر



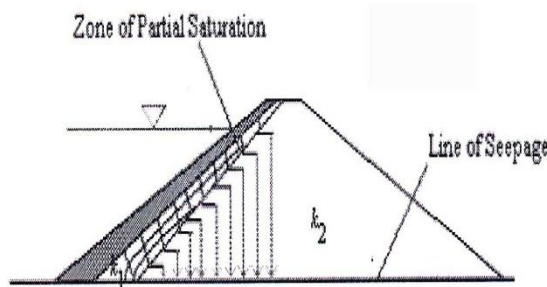
پتوی نفوذ نا پذیر در بالا دست



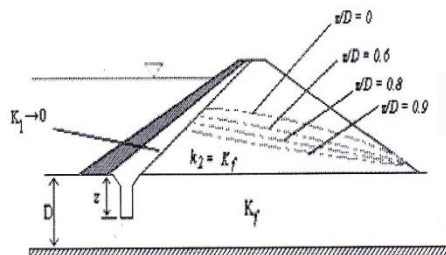
تراوش آب از بالا دست به پایین دست



زهکشهای دودکشی



هسته نازک نفوذ ناپذیر در شیب بالا دست



دیوار آب بند

روشهای مختلف آب بندی

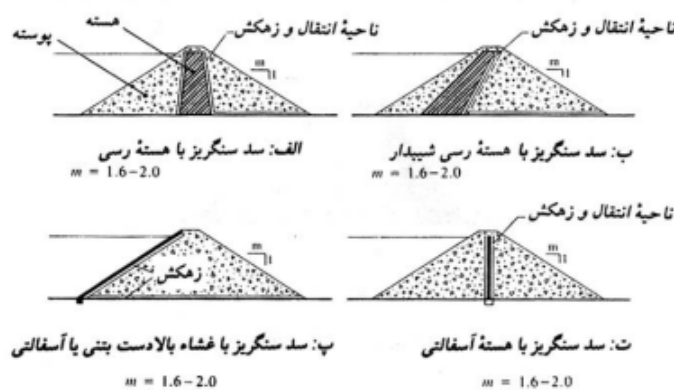
۱- ترانشه آب بند Cut off Trench

۲- آب بند ناقص ۳- آب بند سپری ۴- آب بند سیمانی و پرده بتنی در جا

۶- پوشش آب بندها ۷- ژئوسنتیکها Geo synthetics

انواع سدهای خاکی

۷- سنگی (سنگریزه) ۸- سنگریز با رویه بتنی ۹- سنگریز با رویه آسفالتی ۱۰- سنگریز با رویه فلزی ۱۱- سنگریز با غشا پلاستیکی

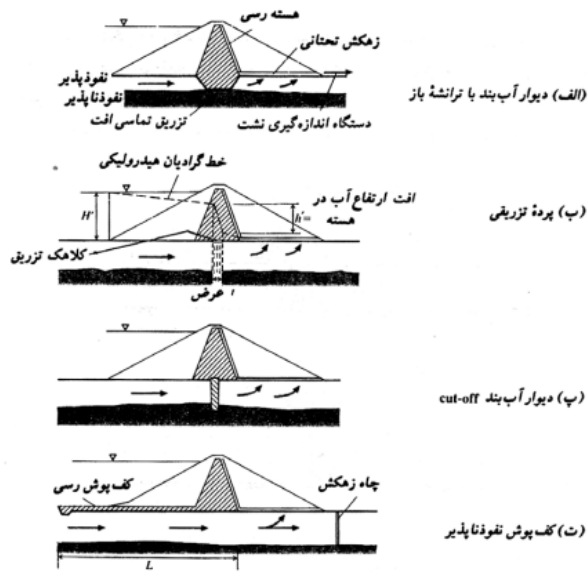


مقاطع تپ سدهای سنگریزه‌ای

کنترل تراوش (نشت)

ایجاد زهکش‌ها-ایجاد فیلترها-هسته مرکزی-چاههای زهکش یا زهکش‌های عمودی-ایجاد پوشش غیر قابل نفوذ در بالا دست

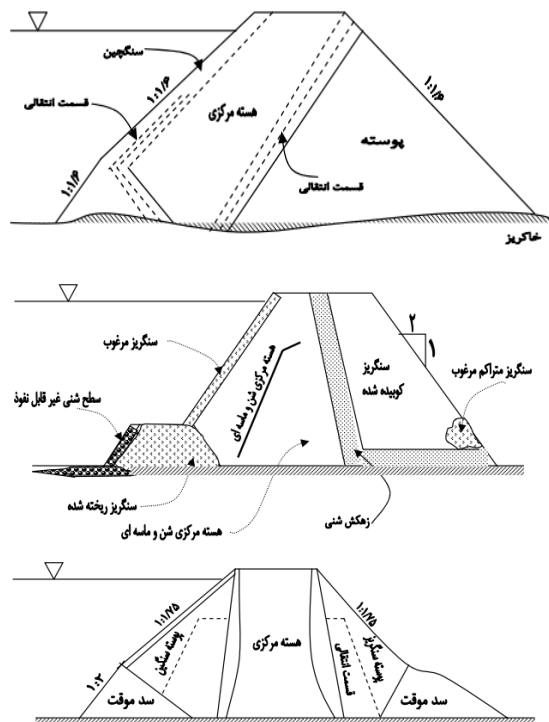
پرده تزریق-دیوارهای جدا کننده بتونی-دیوارهای جدا کننده خاکی-سپر کوبی

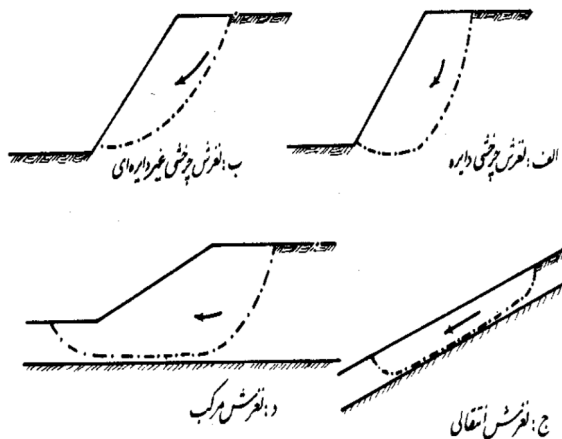
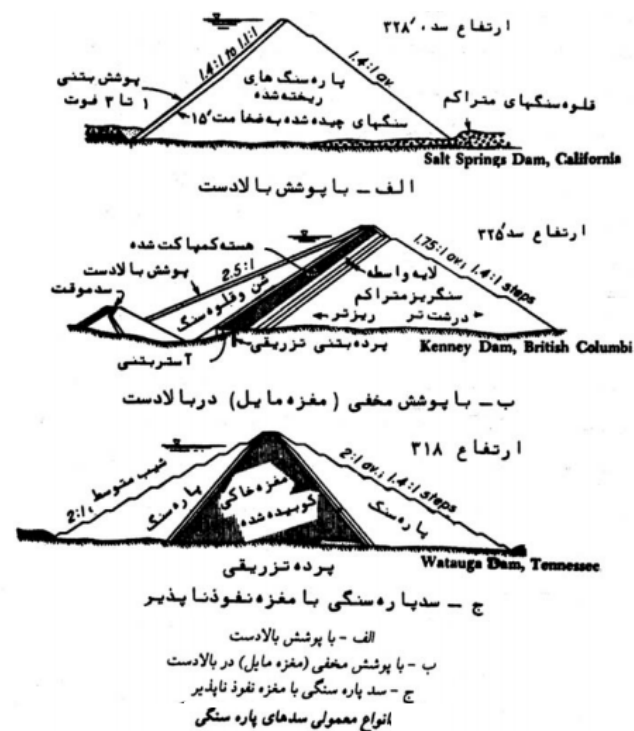


کنترل نشت آب از پی سدهای

مقاومت سد خاکی و فونداسیون به سه عامل وابسته است:

الف) پلاستیسیته ب) دانه‌بندی و نوع خاک ج) میزان تراکم





مراجع:

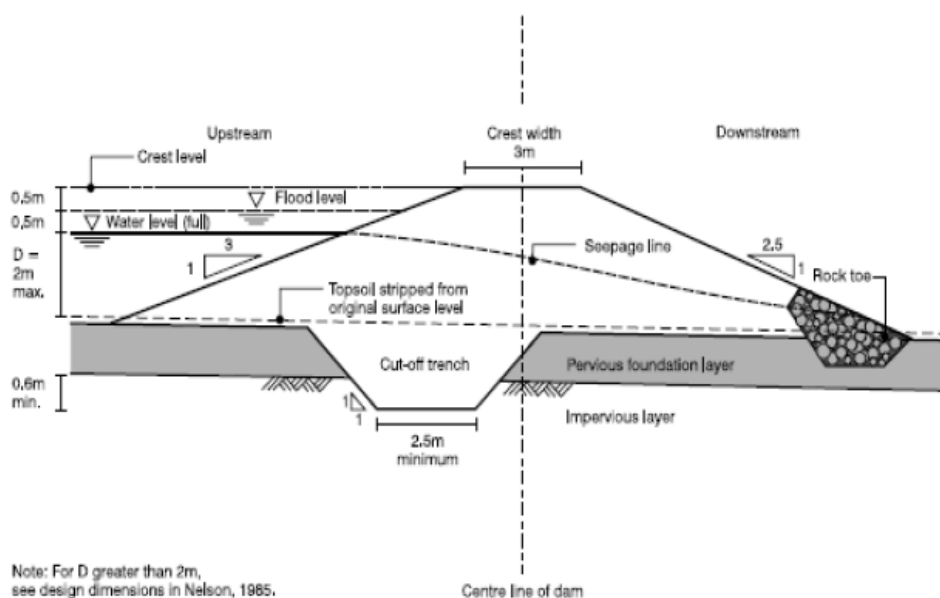
- Borja, R.I., Chao, H-Y, Montans, F.J., & Lin, C-H. 1999. Nonlinear ground response at Lotung LSST site. *J. Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 125, No. 3, 187-197.
- Dowding, C. H. & Rozen, A. 1978. Damage to rock tunnels from earthquake shaking. *Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE*, Vol. 104, GT2, 175-191.
- Dominic, A., Kausel, E. & Whittle, A. 2000. A model for dynamic shear modulus and damping for granular soils. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE*, Nov. 2000.
- Einstein, H. H. & Schwartz, C. W. 1979. Simplified analysis for tunnel supports. *Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE*, Vol. 105, GT4.
- Hashash, Y. M. A., Tseng, W. S., & Krivotat, A. 1998. Seismic soil-structure interaction analysis for immersed tube tunnels retrofit. *Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Mechanics III, ASCE Geotechnical Special Publication No. 75*, Vol. 2, 1380-1391.
- Hashash, Y.M.A. & Park, D., 2001. Non-linear one-dimensional seismic ground motion propagation in the Mississippi Embayment, to be published, *Engineering Geology*.
- Kuesel, T. R. 1969. Earthquake Design Criteria for Subways. *Journal of the Structural Division, ASCE*, ST6, 1213-1231.
- Lee, M.K.W. & Finn, W.D.L. 1978. DESRA-2, Dynamic effective stress response analysis of soil deposits with energy transmitting boundary including assessment of liquefaction potential. *Soil Mechanics Series No. 36*,

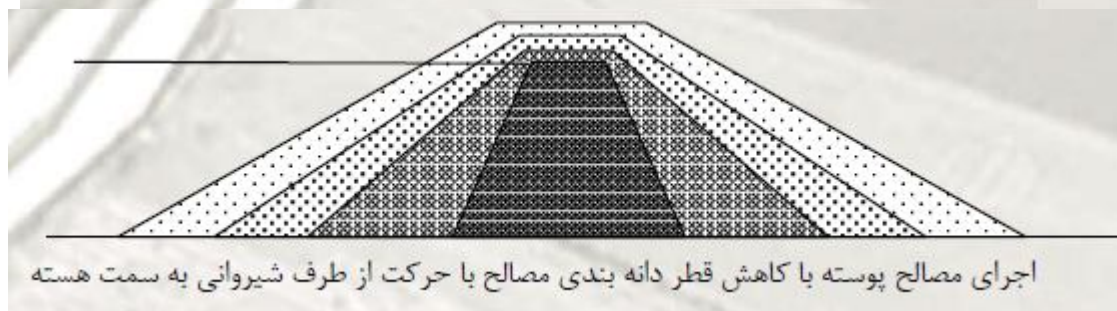
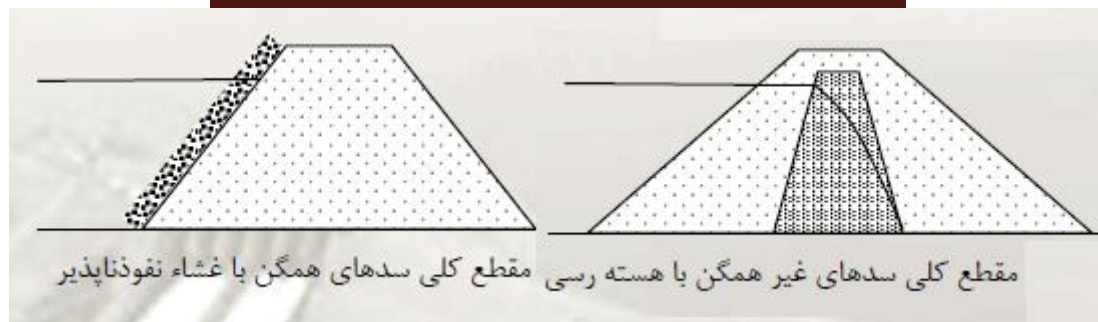
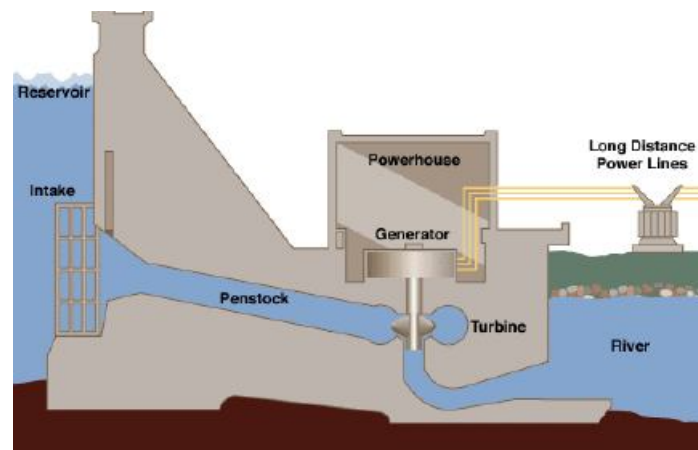
- Department of Civil Engineering, University of British Columbia, Vancouver, Canada.
- Lee, V.W. & Trifunac, M.D. 1979. Response of tunnels to incident SH-waves, *Engineering Mechanics Division, ASCE*, Vol. 105, 643-659.
- Lysmer, J., Udaka, T., Tsai, C. F., & Seed, H. B. 1975. FLUSH: A computer program for approximate 3-D analysis of soil-structure interaction problems. Report No. EERC 75-30, Earthquake Engineering Research Center.
- Mair, R. Personal communications, 2000.
- Manoogian, M.E. 1998. Surface motion above an arbitrarily shaped tunnel due to elastic SH waves, *ASCE, Geotechnical Special Publication No. 75, Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics III*, 754-765, Seattle.
- Matasovic, N. & Vucetic, M. 1995. Seismic response of soil deposits composed of fully-saturated clay and sand layers. *Proc. 1st International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, JGS, Vol. 1*, 611-616, Tokyo, Japan.
- Okamoto, S., Tamura, C., Kato, K., & Hamada, M. 1973. Behaviors of submerged tunnels during earthquakes. *Proceedings of the Fifth World Conference on Earthquake Engineering, Rome, Vol. 1*, 544-553.
- Owen, G. N. & Scholl, R. E. 1981. Earthquake engineering of large underground structures. Report No. FHWA/RD-80/195, Federal Highway Administration and National Science Foundation.
- PB, 1991. Trans-bay tube seismic joints post earthquake evaluation, Bay Area Rapid Transit District, report prepared by Parsons Brinckerhoff Quade & Douglas, Nov.
- Peck, R. B., Hendron, A. J., & Mohraz, B. 1972. State of the art in soft ground tunneling. *Proceedings of the Rapid Excavation and Tunneling Conference, American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, New York*, 259-286.
- Power, M. S., Rosidi, D., & Kaneshiro, J. 1996. Volume III Strawman: Screening, evaluation, and retrofit design of tunnels. Report Draft, National Center for Earthquake Engineering Research, Buffalo, New York.

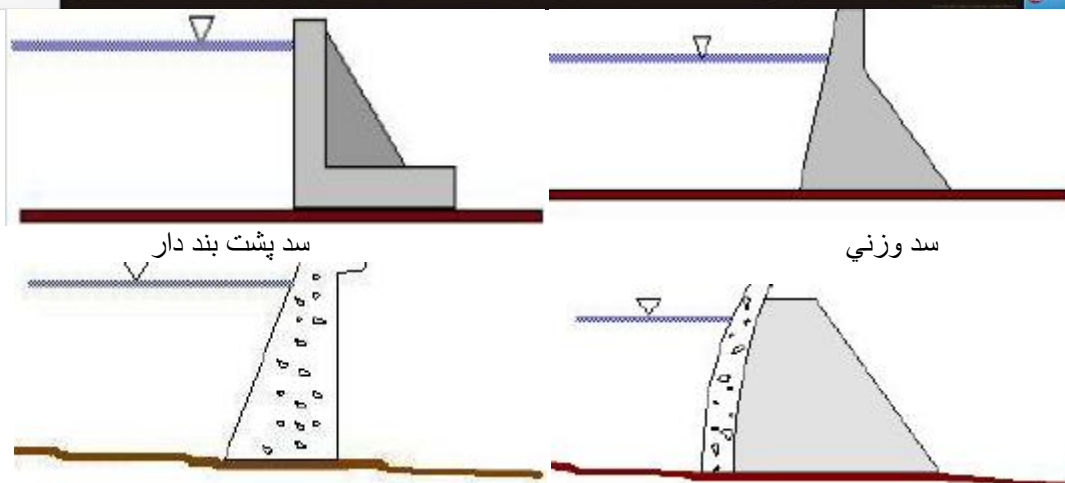
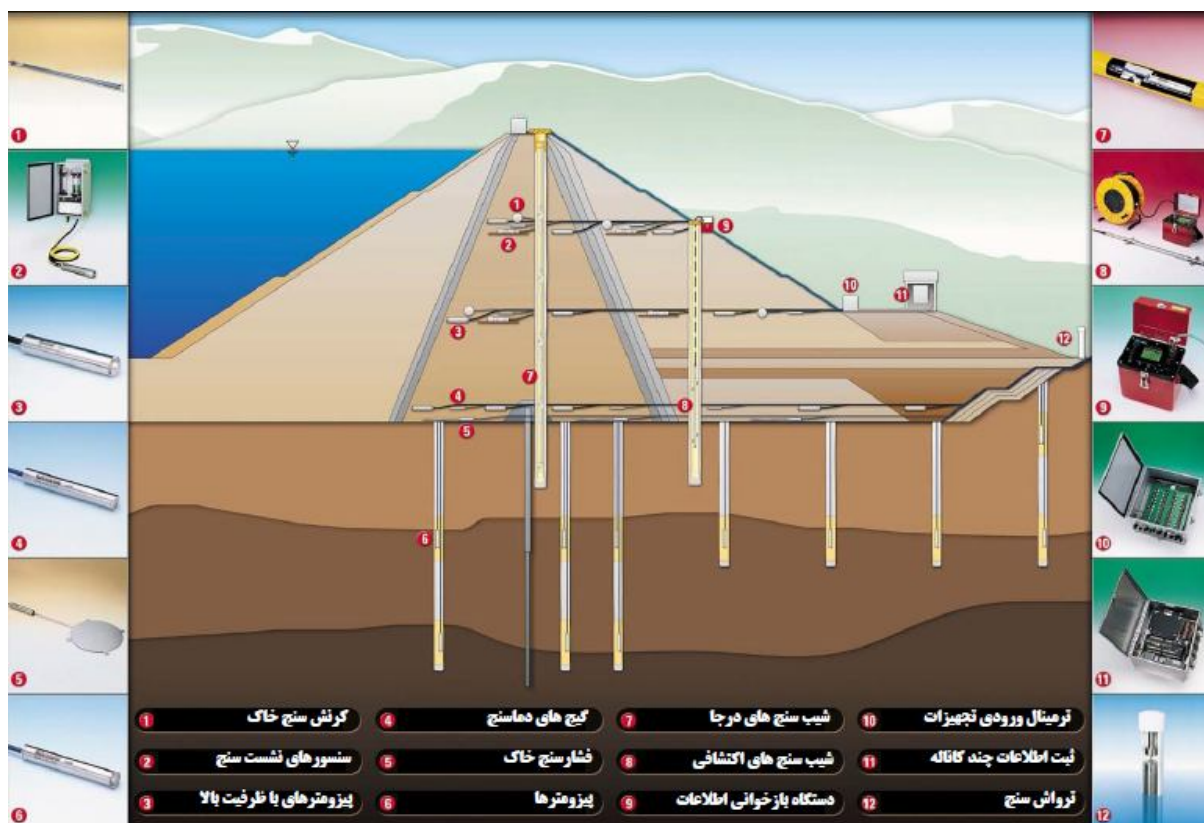
ایمان الیاسیان، ساخت سدهای کوچک و متعلقات آن، سایت ایران سازه

ایمان الیاسیان، انواع سد، سایت ایران سازه

سعید خرقانی، انواع سدهای خاکی

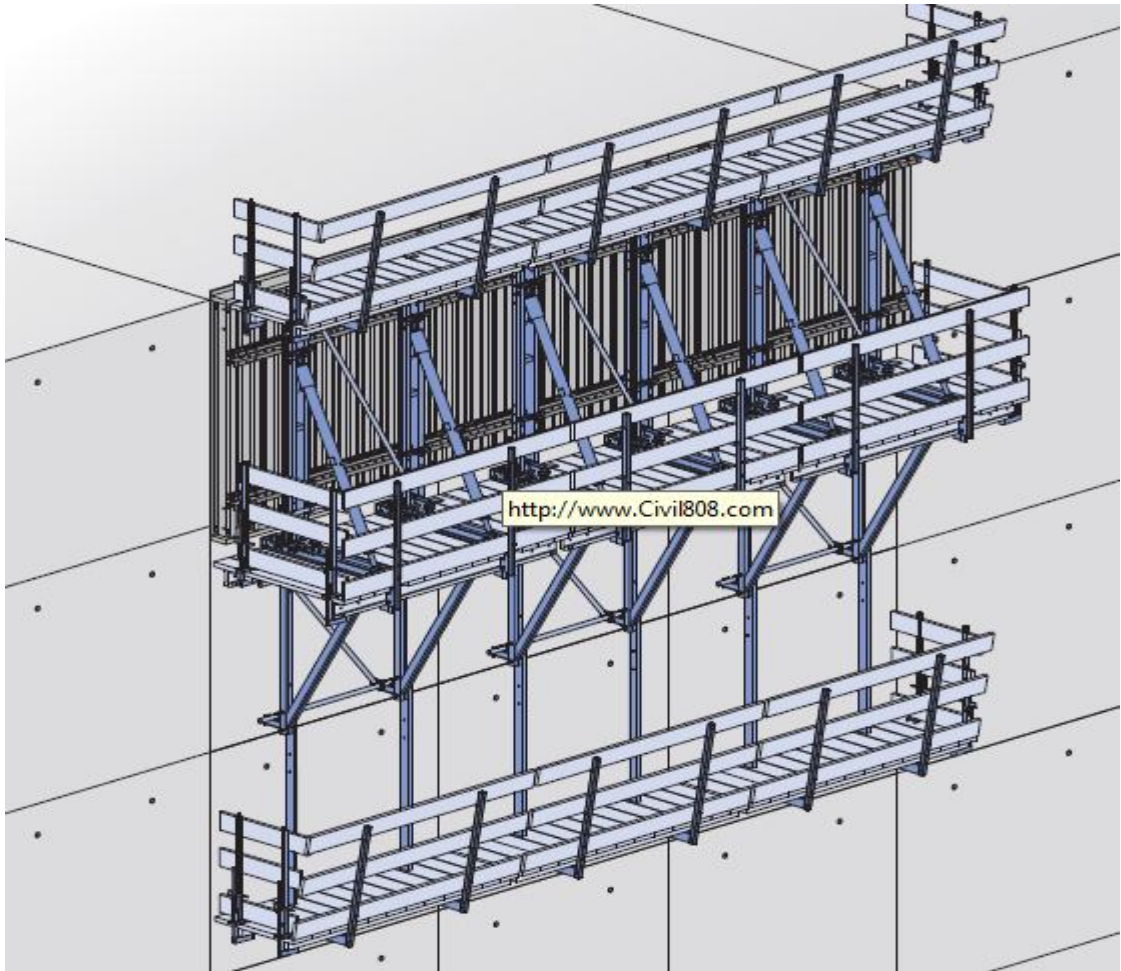


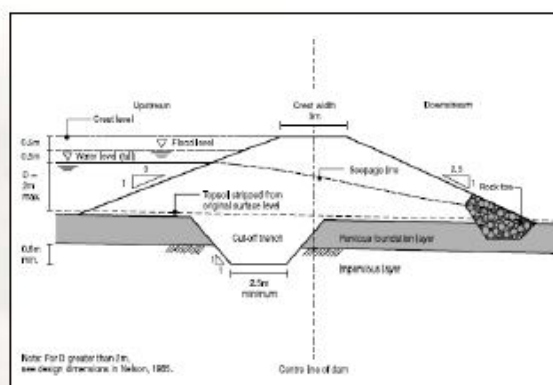
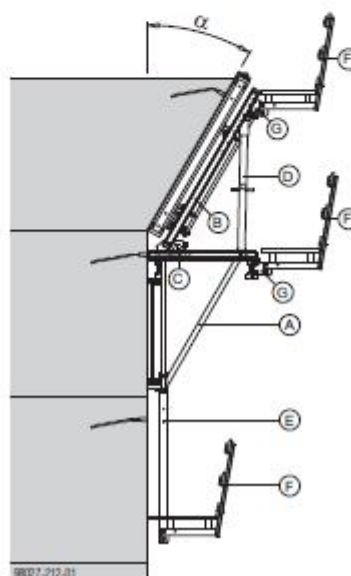
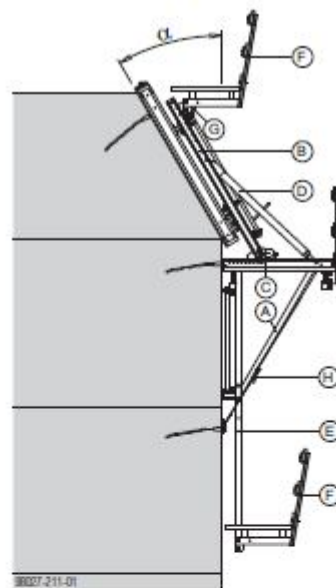
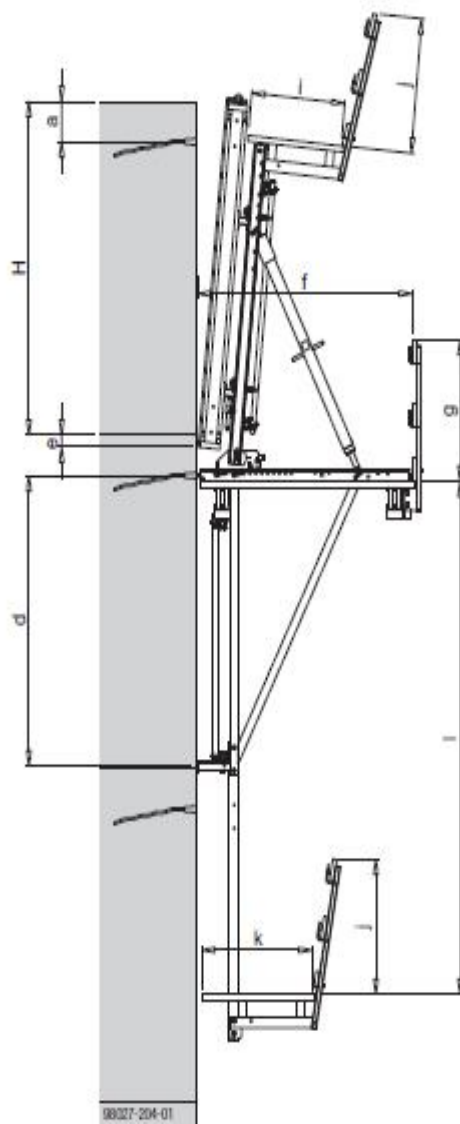




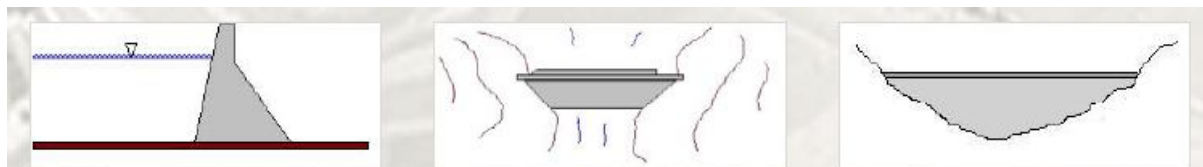
سد قوسی

سد قوسی پشت بند دار

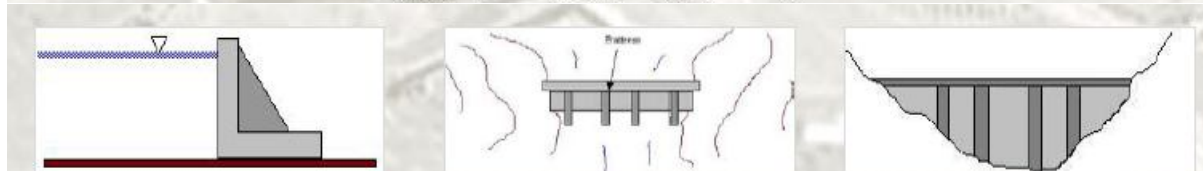




شکل ۵: مقطع عرضی و نمایی از یک سد خاکی



شکل ۶: نما، پلان و مقطع عرضی سدهای بتنی وزنی



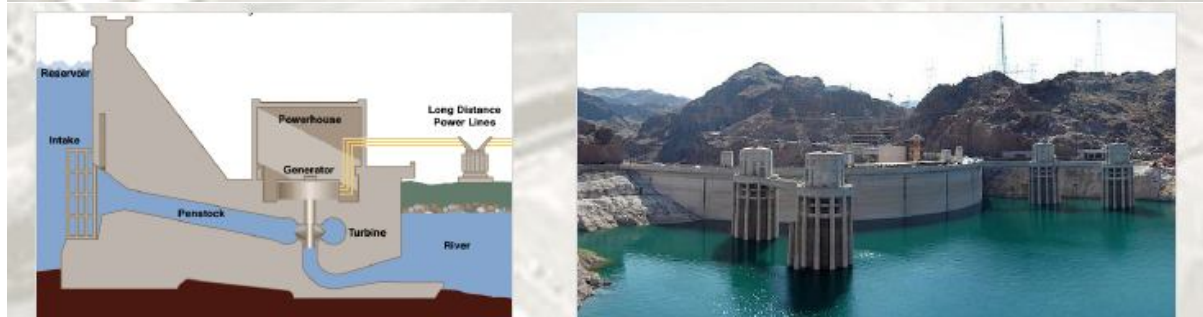
شکل ۷: نما، پلان و مقطع عرضی سدهای بتنی پشت بنددار



شکل ۸: نما، پلان و مقطع عرضی سدهای بتنی قوسی



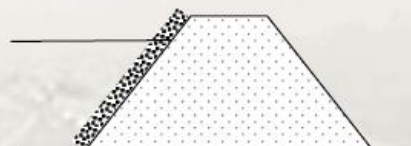
شکل ۹: نما، پلان و مقطع عرضی سدهای بتنی قوسی پشت بنددار



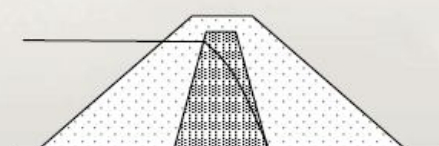
شکل ۱۳: آبگیر در سدهای مختلف



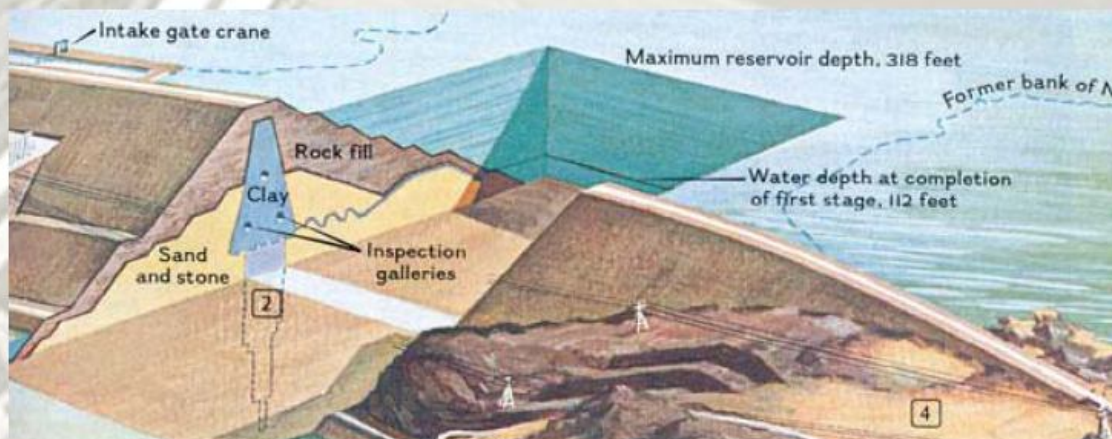
شکل ۱۴: نمایی از تونل های انحراف در سدهای خاکی



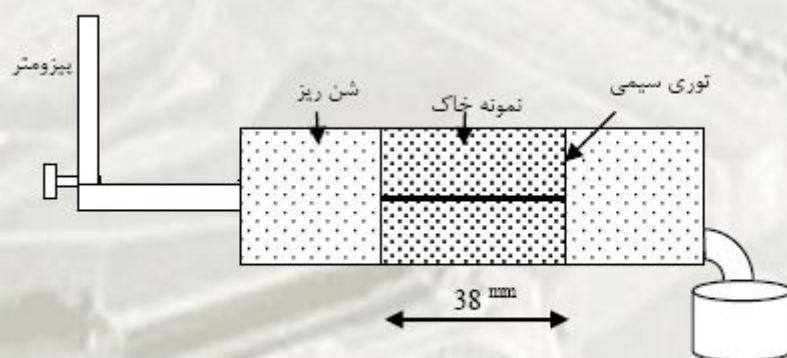
شکل ۱۹: مقطع کلی سدهای همگن با غشاء نفوذناپذیر



شکل ۱۸: مقطع کلی سدهای غیر همگن با هسته رسی



شکل ۲۰: نمونه ای از مقطع یک سد خاکی با هسته رسی



شکل ۲۱: دستگاه آزمایش پین هول جهت تعیین واگرایی خاک



شکل ۶۰: لغزش نامشخص



شکل ۵۹: لغزش دایره ای یا استوانه ای



شکل ۵۸: لغزش نامحدود یا موازی



شکل ۶۲: لغزش عمیق



شکل ۶۱: لغزش پای شیروانی



شکل ۶۰: لغزش روی شیروانی

انواع سدها

۱. سدهای با مواد متصل به هم
(وزنی - قوسی - پایه دار - انحرافی)
۲. سدهای با مواد غیر متصل به هم
(خاکی - سنگی)
۳. سدهای با مصالح خاص
(لاستیکی - زیر زمینی)

سدهای خاکی

- 1- بدنه سد
- 2-المان
- 3-پی سد
- 4-تکیه گاهها
- 5-سیستم زهکشی

■ همگن

■ مغزه دار

■ دیافراگمی

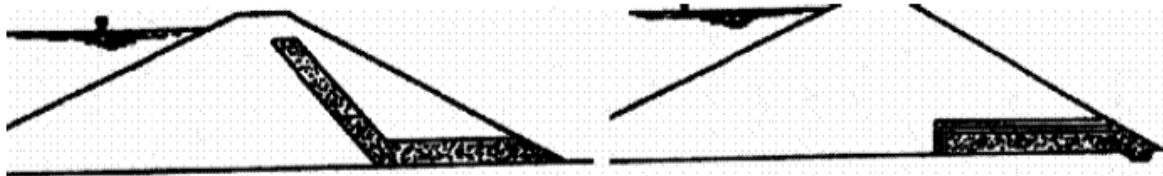
انواع سدهای خاکی

• سدهای همگن

• سدهای غیر همگن (زون بندی شده)

• سدهای سنگریزه ای با غشای نفوذ ناپذیر

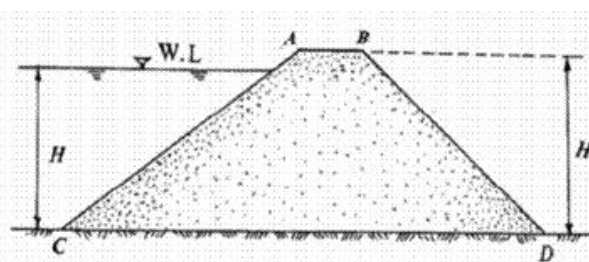
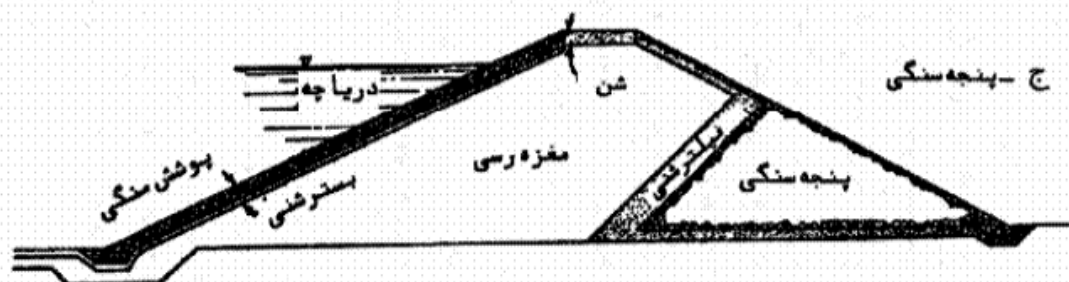
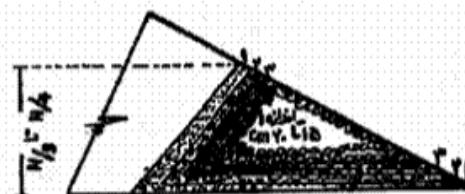
- 1- سدهای خاکی یاسنگریزه ای با هسته رسی مرکزی
- 2- سدهای خاکی یاسنگریزه ای با هسته رسی مایل
- 3- سدهای خاکی یاسنگریزه ای با غشای بالا دست
- 4- سدهای خاکی یاسنگریزه ای با غشای مرکزی



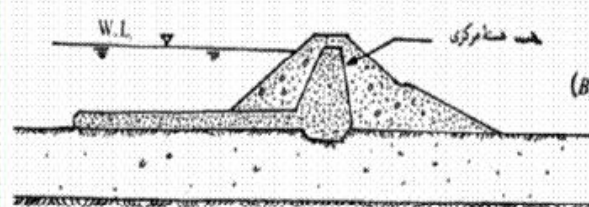
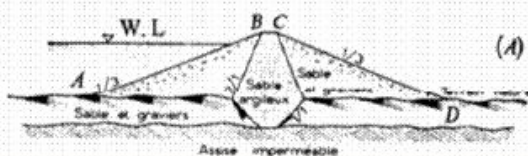
الف - زهکش لایه ای افقی

ب - زهکش مایل و افقی

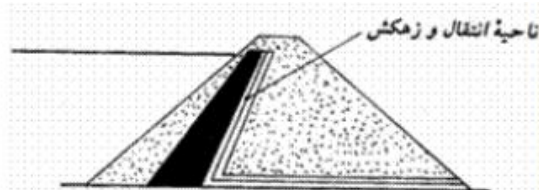
- ۱ - لایه های فیلتر، ماسه متوسط تا درشت به ضخامت ۳/۴ متر در لایه مایل
 - ۲ - ماسه درشت نازک (D=5-17mm) به ضخامت ۲۵/۲۵ تا ۲۵/۲۵ متر در لایه مایل
 - ۳ - سنگ خرد شده (D=۲۵-۷۵mm) به ضخامت ۲۵/۲۵ تا ۶/۶ متر در لایه مایل
- و ۳ و ۳ ضخامت هر لایه افقی ۱۵/۱۵ متر



مقطع عرضی از سد خاکی در امتداد طولی رودخانه



مقطع عرضی از سد خاکی با دوتای هسته مرکزی



تأخیر انتقال و زهکش



ارتفاع سد ۲۱۵



ارتفاع ۳۱۸

ب - با پوشش مخفی (مغزه مایل) در با لادست

ج - سد خاکی با هسته رسی شیبدار



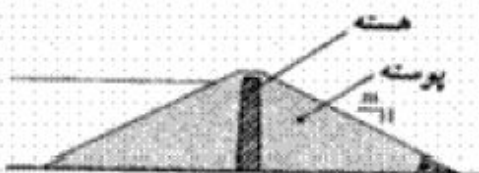
(الف) مقطع همگن با زهکش پهنه

$m = 1.5 - 2.5$



(ب) مقطع همگن با زهکش دودکشی (زهکش ستونی)

$m = 2.5 - 3.5$



(پ) هسته رسی لاغر

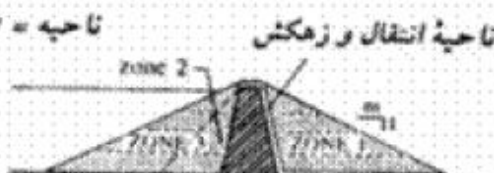
$m = 2.0 - 3.0$



(ت) هسته بتنی لاغر

$m = 2.0 - 3.0$

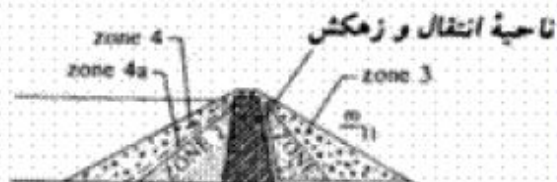
Zone = ناحیه



(ث) مقطع غیر همگن با هسته عریض و

نواحی انتقال و زهکش

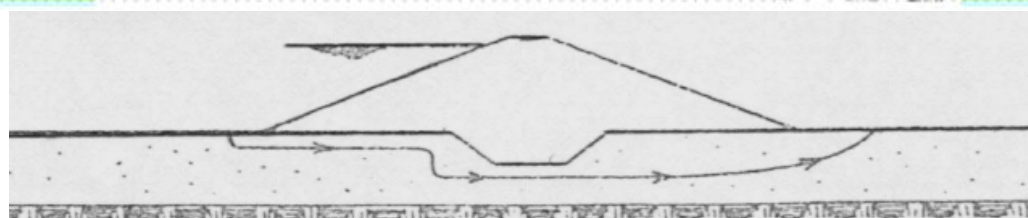
$m = 2.5 - 3.5$



(ج) سد خاکی - سنگریزه‌ای با هسته رسی با

ناحیه انتقال و زهکش

$m = 1.6 - 2.0$

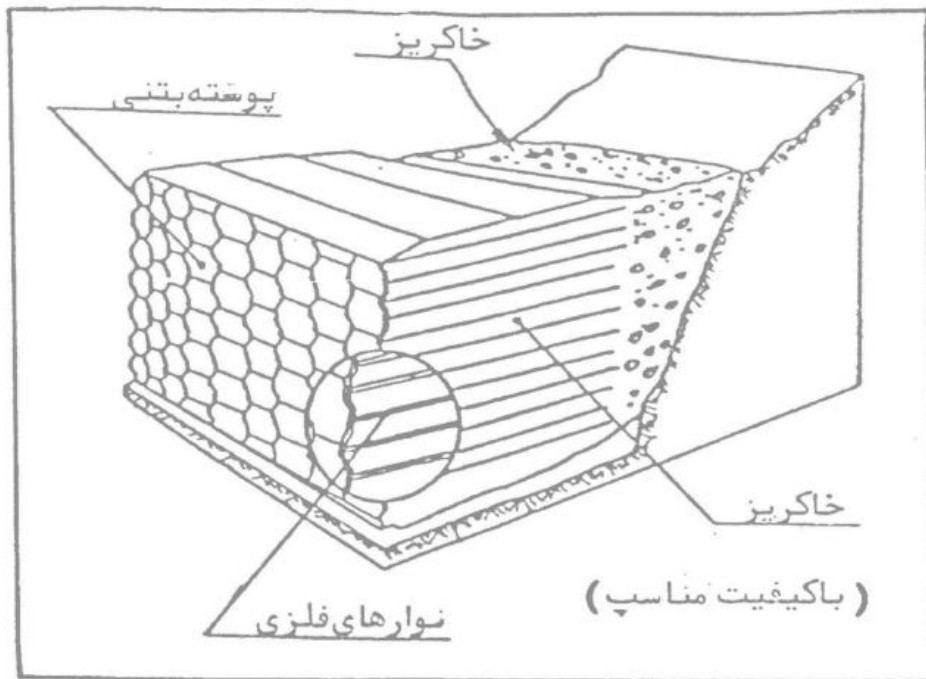


الف - نوع همگن



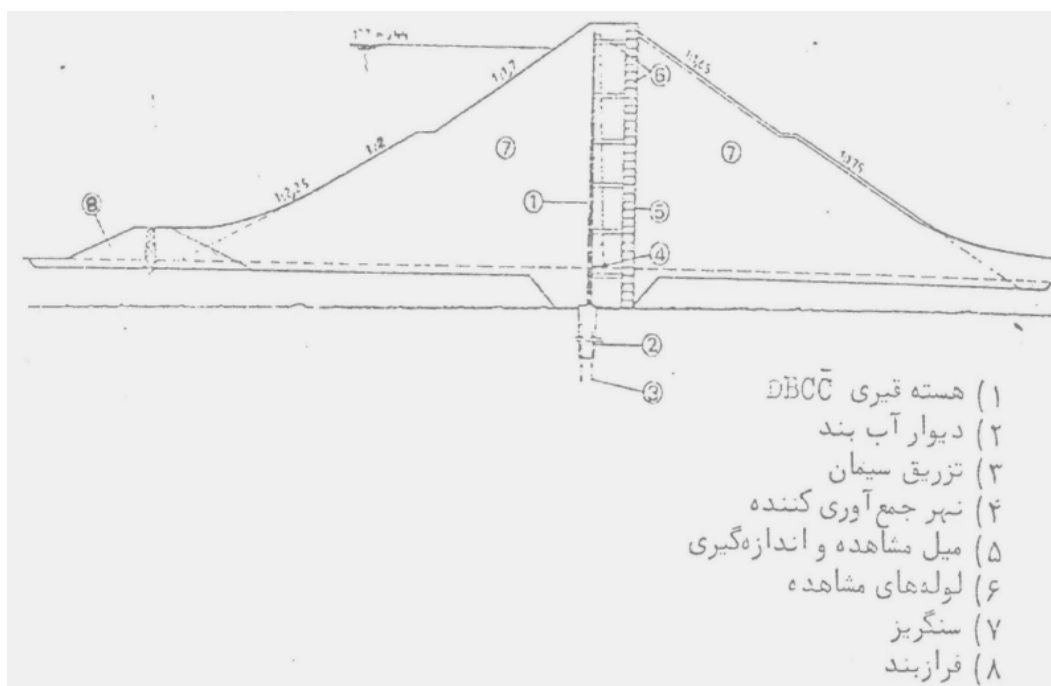
ب - نوع مغزه دار

نوارهای مسلح کننده فولادی



مزایای هسته قیری :

۱. نفوذپذیری کم
۲. مقاومت کافی در مقابل نیروهای بارگذار
۳. انعطاف پذیری کافی جهت هم آهنگی با تغییر شکل خاکریز بدون ترک خوردگی
۴. مقاومت در برابر فرسایش
۵. اتصال مناسب بین لایه بتن قیری و مصالح خاکریز



اجزای مختلف سد

☐ پاشنه سد

☐ پی سد

☐ پرده آبد

☐ پوشش محافظ

☐ شیب ریپ راپ

☐ تکیه گاه

☐ شیب بالادست

☐ شیب پایین دست

☐ برم (سکو)

☐ هسته سد

☐ پوسته سد

☐ فیلتر ها

☐ زهکشها

☐ پتوی زهکش

☐ پنجه سنگی

☐ تاج سد

☐ ارتفاع سد

☐ عمق آزاد

☐ تیغه آب

ارتفاع آزاد (Free board)

ارتفاع آزاد اختلاف ارتفاع تراز حداقل تاج با تراز حداکثر دریاچه در هنگام سیلاب می باشد .

عوامل موثر در انتخاب ارتفاع آزاد عبارتند از :

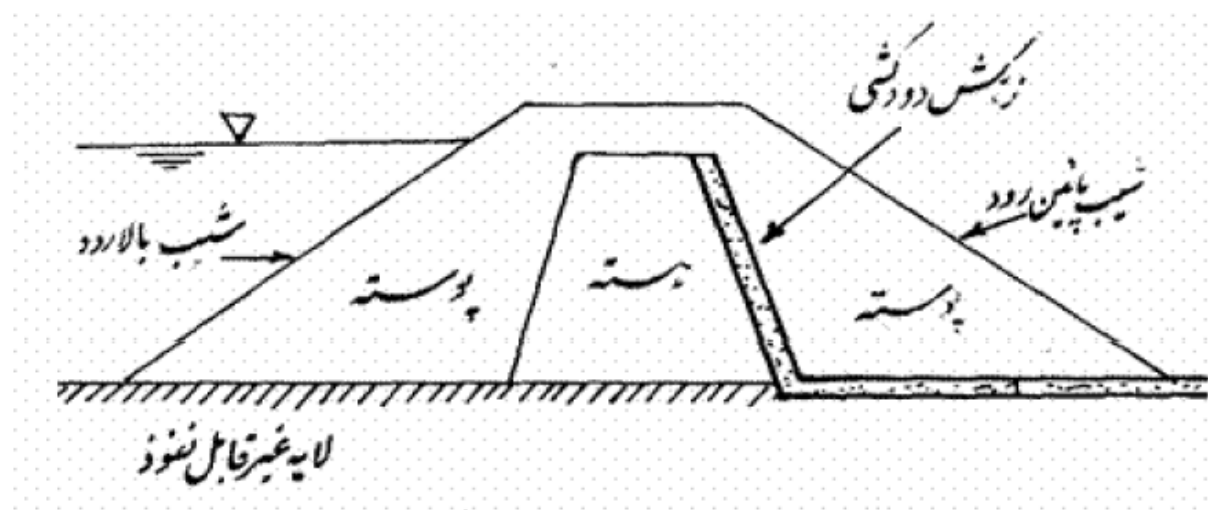
۱ - تراز آب در بالای سرریز در زمان عبور دبی حداکثر

خروجی

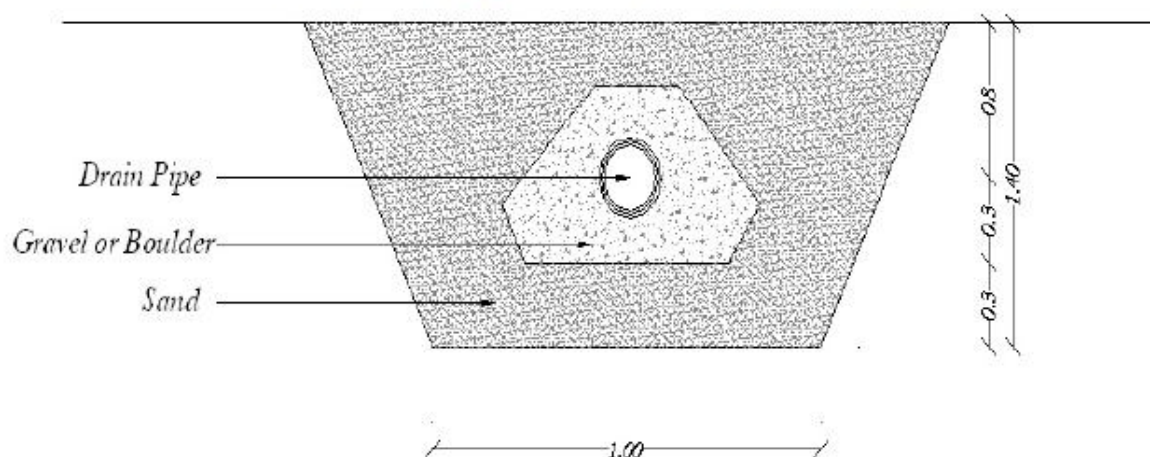
۲ - ارتفاع موج

۳ - نشست تابع زمان بدنه سد و پی آن

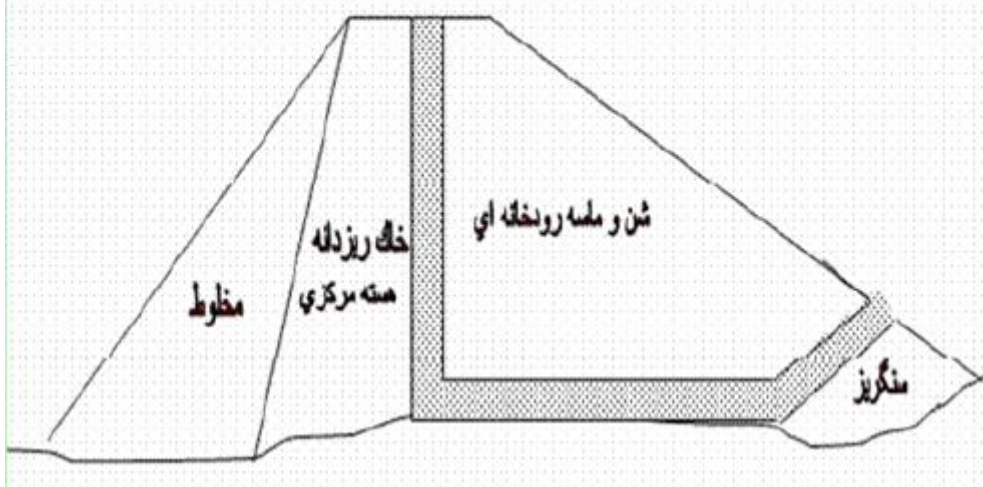
۴ - شرایط پائین دست



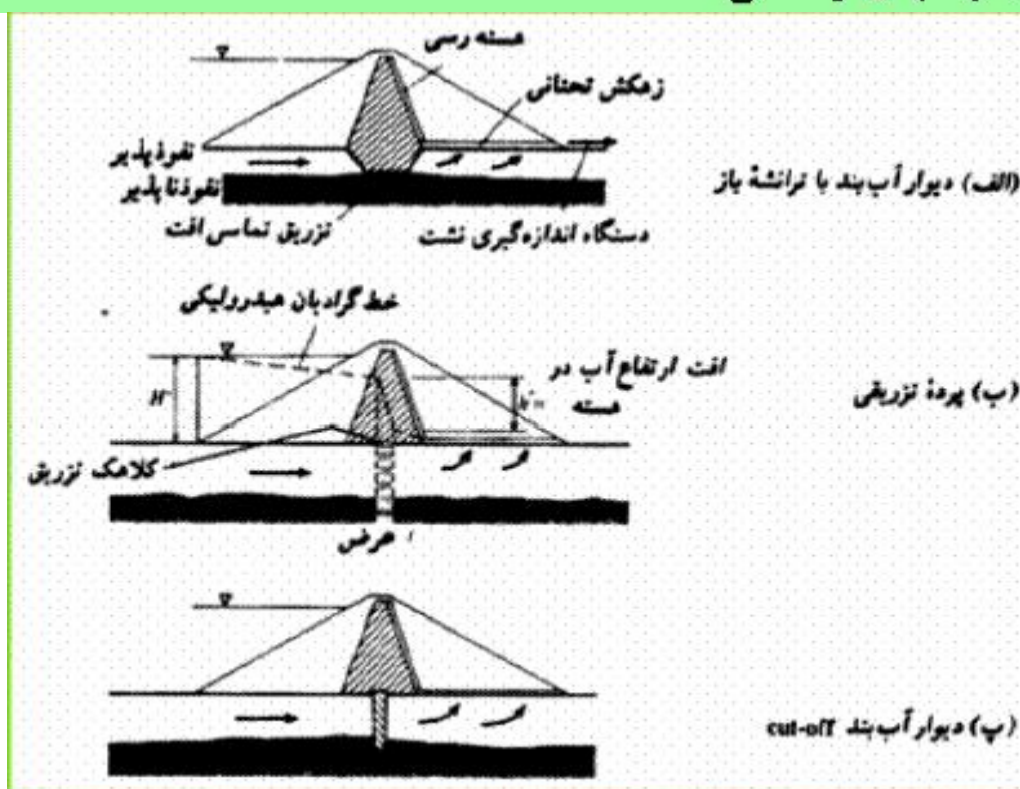
شکل زیر جزئیات پنجه سنگی را نشان میدهد



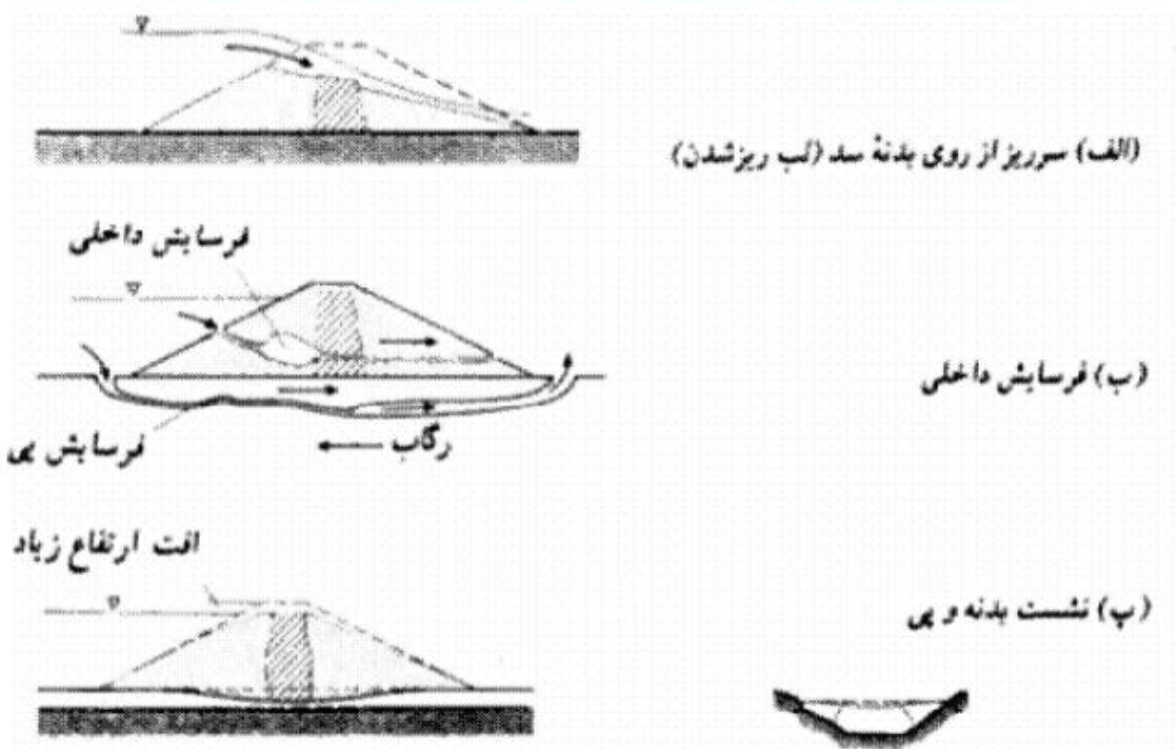
روشهای کنترل تراوش



- ۱ • پرده تزریق
- ۲ • دیوارهای جدا کننده بتونی
- ۳ • دیوارهای جداکننده خاکی
- ۴ • پوشش بالادست
- ۵ • سپر کوبی
- ۶ • زهکش های عمودی
- ۷ • چاههای زهکشی



اشکال مختلف خرابی در يك سد خاکریزه ای



عملیات اجرایی

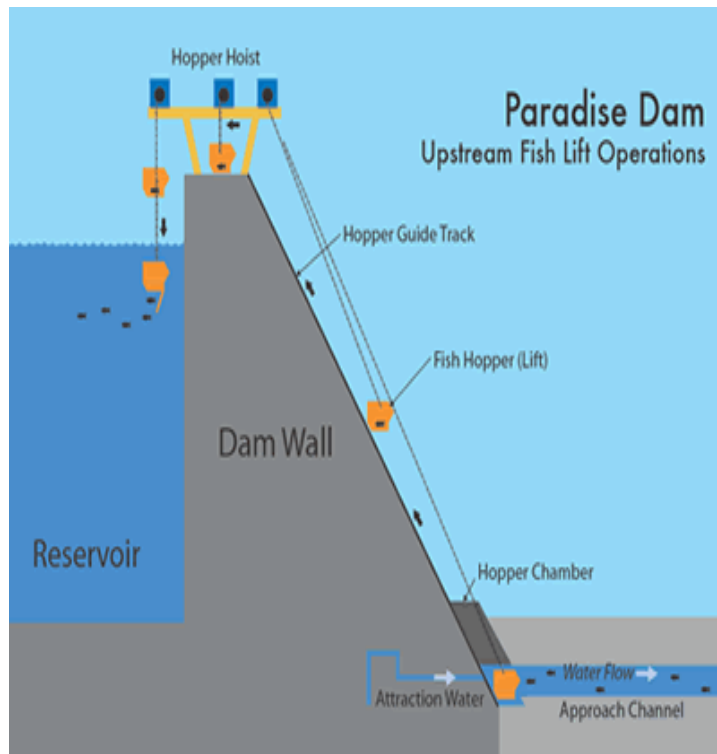
پرده آب بند

بدنه سد

سرریز

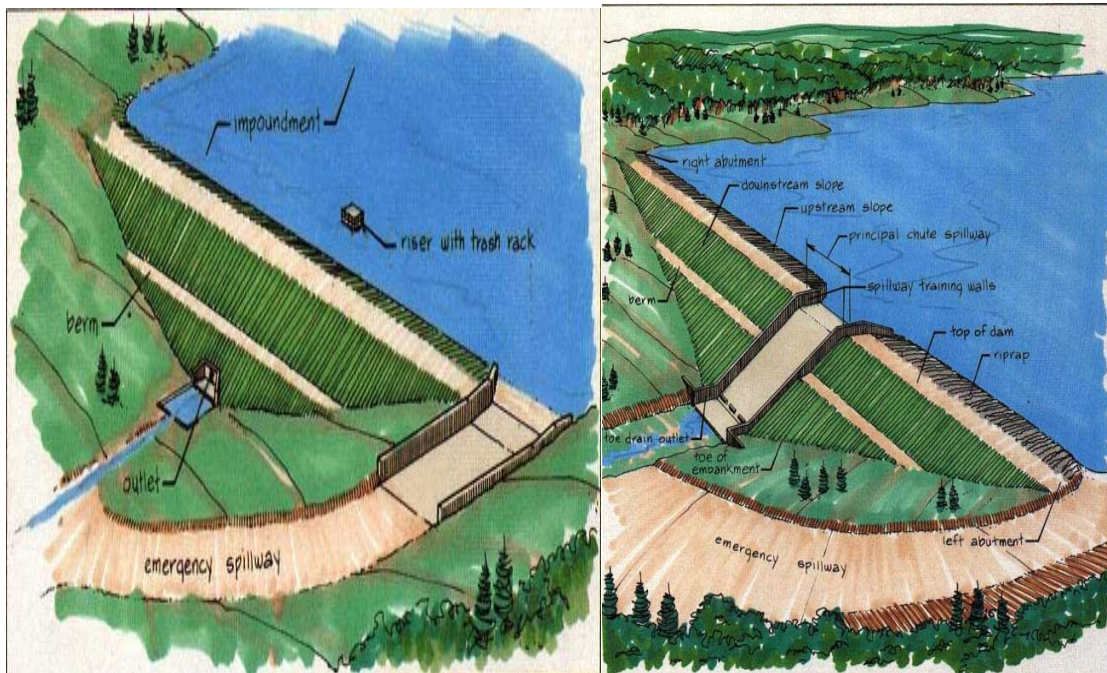
تجهیزات هیدرو مکانیکال

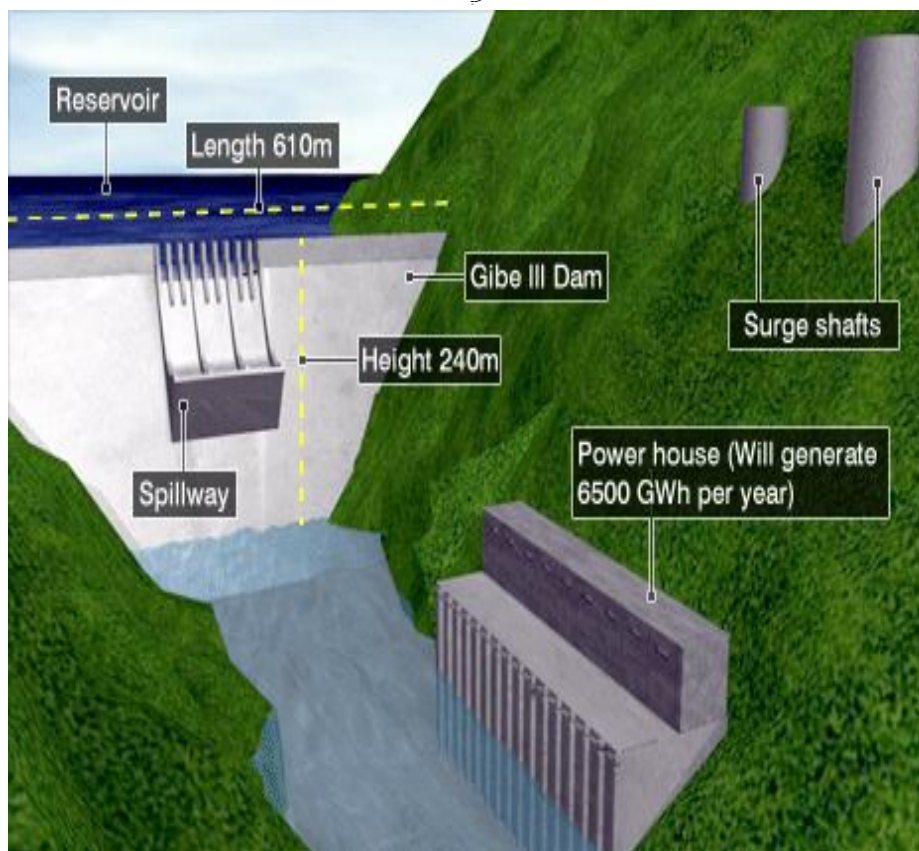
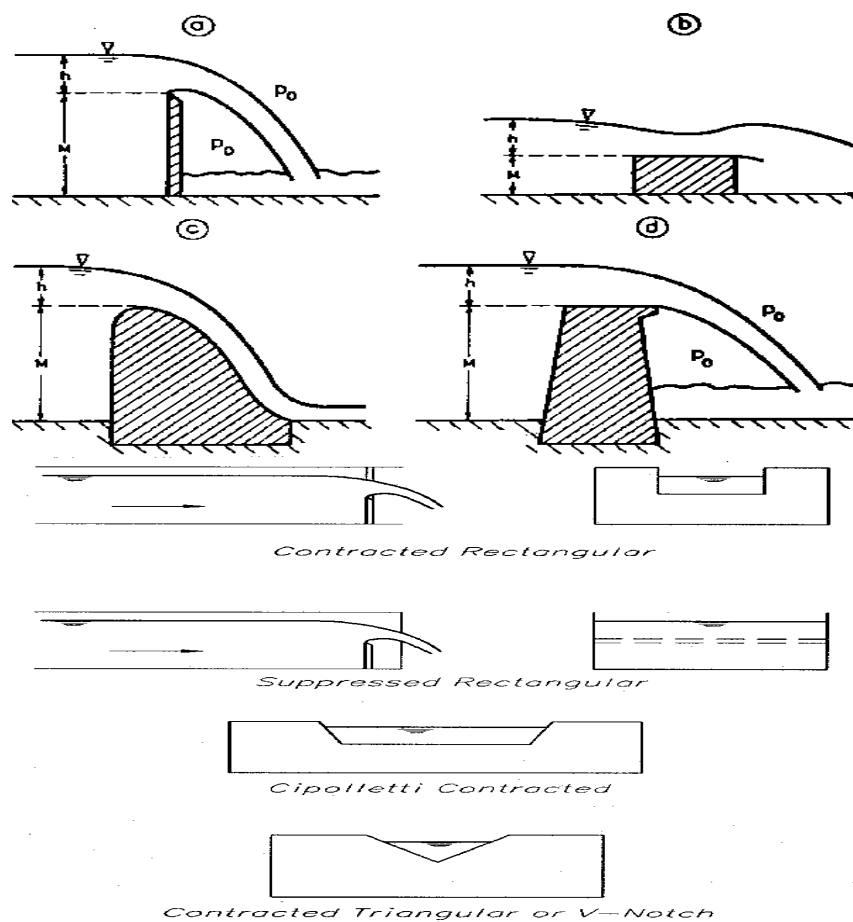
ابزار دقیق



انواع سريز

۱- ريزشی ۲- اوجی ۳- جانبی ۴- شوت ۵- مجرای ۶- تونلی ۷- نیلوفری ۸- سقوطی با بار شکن ۹- آبرو ۱۰- سیفونی





روشهای کنترل پروژه در سدها

۱- روش مسیر بحرانی Critical Path Method

۲- روش خط- جریان Flow-Line Method

۳- PERT-GERT(Graphical Evaluation and Review Technique)

بخشهای نیروگاه آبی

۱-سامانه روانکاری ۲-سامانه روغن تحت فشار ۳-سامانه آب خنک کننده ۴-سامانه مبدل حرارتی ۵- سامانه هوای فشرده ۶- سامانه تشخیص وضعیت ۷-زنراتور(توربین) ۸-سامانه ردیابی خزش ۹-سامانه پایش درجه حرارت ۱۰-سامانه پایش ومانیتورینگ ارتعاش ۱۱-سامانه حفاظت وهشدار

اهداف ابزاربندی

۱- تطابق ۲- صحت ۳-دقت ۴- تفکیک پذیری ۵- حساسیت

ابزارهای و روشهای رفتارسنجی در سدها

بستگی به زمین شناسی منطقه ، هیدرولوژی ، ریخت شناسی وسنگ شناسی ، لرزه خیزی منطقه دارد

۱- تکنیک لرزه سنجی ۲- تکنیک نفوذ امواج راداری ۳- تکنیک مقاومت الکتریکی ۴- چکش اشمیت ۵- کرنش سنج

۶-انحراف سنج ۷-پیزومتر ۸-آپ لیفت سنج ۹- نیروسنج ۱۰-شباب نگار ۱۱-شبکه ژئودزی ۱۲- نشست سنج

۱-واکنش قلیایی شنگدانه ها ۲- کنترل خلا زایی (کاویتاسیون) ۳- کنترل ترک حرارتی و جمع شدگی ۴- کنترل ترک

ناشی از خمش وکشش مستقیم ۵- کنترل خوردگی

بخشهای مختلف سد

۱- بالابرهای هیدرولیکی .الکترومکانیکی یا وینچی ۲-جرثقیل دروازه ای ۳- شیرهای اضطراری و سرویس ۴- دریچه

تعمیراتی ۵-دریچه قطاعی و بالابرآن ۶-محرک الکترومکانیکی و هیدرولیکی

۱- تزریق تراکمی ۲-تزریق نفوذی ۳- تزریق به کمک جت ۴- پره زهکش و پیش بارگذاری ۵- دیوارآب بند۶- پتوی

نفوذ ناپذیر ۷- جایگزینی ارتعاشی (ستون ستگی) ۸-تراکم (دینامیکی لرزه ای انفجاری)

طراحی سد

۱-طراحی تونل انحراف آب ۲- طراحی سرریزهای سد ۳- طراحی آبگیرها و تخلیه کننده ها ۴- طراحی پی و بدنه سد ۵-

طراحی نیروگاه ۶- طراحی تونلها و گالریها ۷-طراحی سیستم لیزاردقیق ۸- طراحی سازه ای ۹- طراحی هیدرولیکی ۱۰-

طراحی هیدرومکانیکی