انواع سدهاي خاكي

- سدهاي همگن
- سدهاي غير همگن (زون بندي شده)
- سدهاي سنگريزه اي با غشاي نفوذ ناپذير

سدهاي خاكي همگن

- در سدهاي خاكي همگن قسمت اعظم بدنه آن از يك نوع مصالح ساخته مي شود
- جنس مصالح تشكيل دهنده بگونه اي است كه نياز به المان آبندي ندارد.معمولا براي كنترل سطح تراوش آزاد(*phreatic line*)از سيستم زهكشي استفاده مي شود

نتايج مطالعات و تحقيقات نشان داده است كه استفاده از مصالح سنگريزه اي با قطعات گرد گوشه نسبت به مصالح تيز گوشه بدست آمده از معادن از نظر مقاومت برشي و تراكم پذيري ترجيح دارد . نفوذپذيري مصالح سنگريزه اي با قابليت زه كشي خوب ($K \geq 10^{-3}\ cm/sec$) داراي مزاياي زيادي است . براي مثال در هنگام تخليه سريع مخزن ، فشارهاي منفذي قابل توجهي در پوسته بالادست ايجاد نمي گردد. به اين دليل، توصيه مي گردد كه درصد وزني مصالح داراي قطر كوچكتر از *0.2mm* حداكثر به *10%* محدود گرديده و درصد وزني مصالح عبوري از الك نمره *200* حداكثر به *5%* محدود گردد .

الف ـ زهکش لایه‌ای افقی

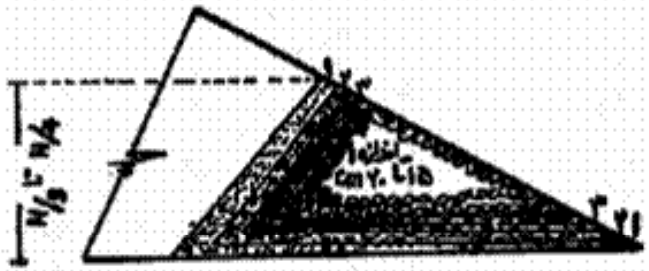
ب ـ زهکش مایل و افقی

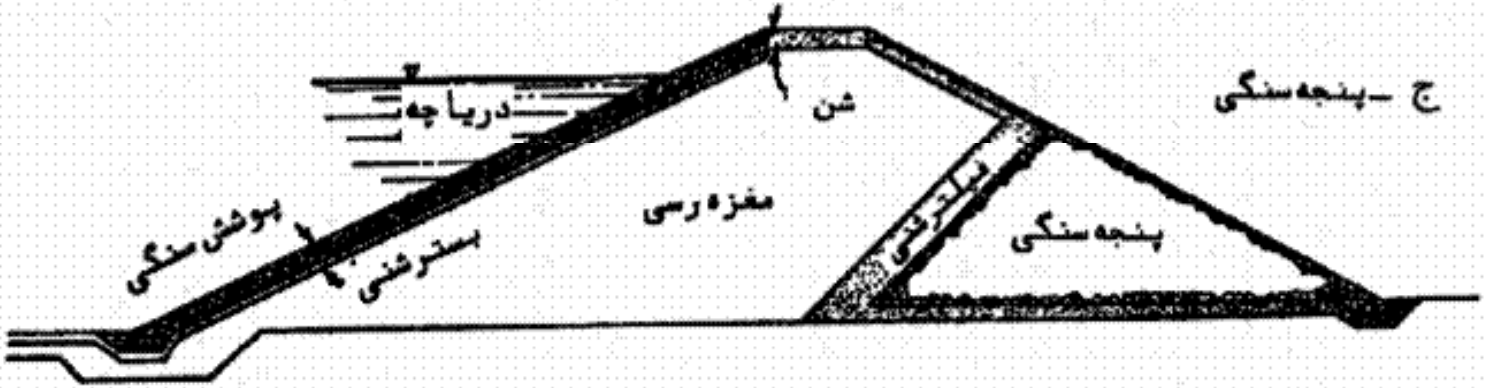
۱ - لایه های فیلتر ، ماسه متوسط تا درشت به ضخامت ۰/۳ متر در لایه مایل

۲ - ماسه درشت‌تاشن(D=۵-۱۲mm)به ضخامت ۰/۲۵تا۰/۴۵ متردرلایه مایل

۳ - سنگ خرد شده (D=۲۵-۷۵mm) به ضخامت ۰/۲۵ تا ۰/۶ متر در لایه مایل

۱و۲و۳ ضخامت هر لایه افقی ۰/۱۵ متر





ج ـ پنجه سنگی

مقطع تيپ سد خاكي

سدهاي خاكي به دليل تحمل نيروها از طريق وزن خود داراي مقطع ذوذنقه اي شكل هستند و اجزاء تشكيل دهنده آنها شامل موارد زير مي باشد :

1- بدنه سد

2-المان

3-پي سد

4-تكيه گاها

5-سيستم زهكشي

طراحي سد خاكي

مطالعه اجزاء سد خاكي

طراحي و تحليل يك سد خاكي عمدتا با در نظر داشتن خواص مهندسي مصالح قابل دسترس ، توپوگرافي و زمين شناسي محل،شرائط آب و هوايي ،هيدرولوژيكي ،لرزه خيزي و ارتباط با ساير عوامل توسعه در بالادست و پايين دست انجام مي شود.تركيبات و نحوه دانه بندي خاك ها همانند شرايطي كه پس از قرار گرفتن در بدنه سد در معرض آنها قرار گرفتن در بدنه سد در معرض آنها قرار مي گيرد ،عملا نا محدود مي باشد

طراحي سد خاكي

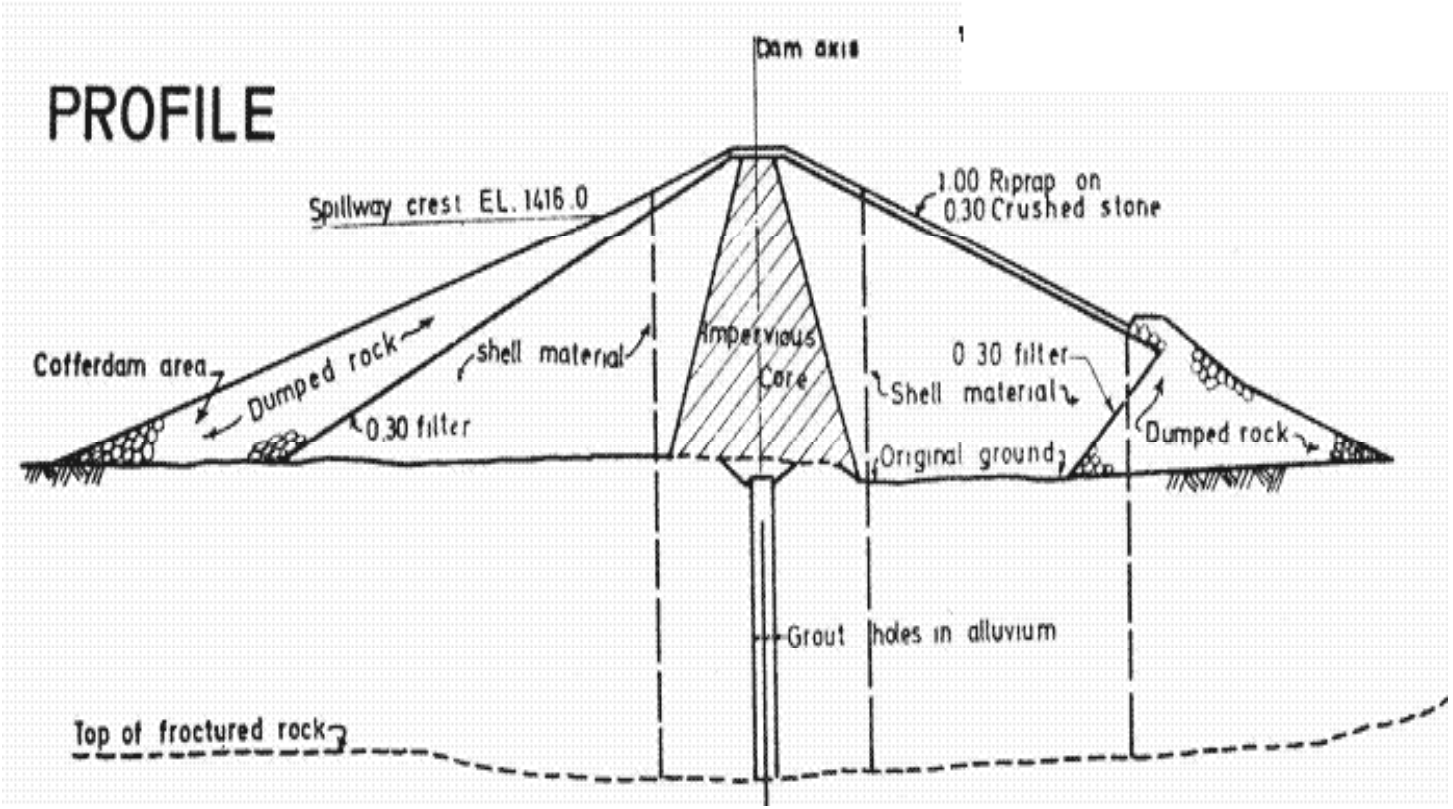
انتخاب ساختگاه مناسب جهت ساخت سدهاي خاكي

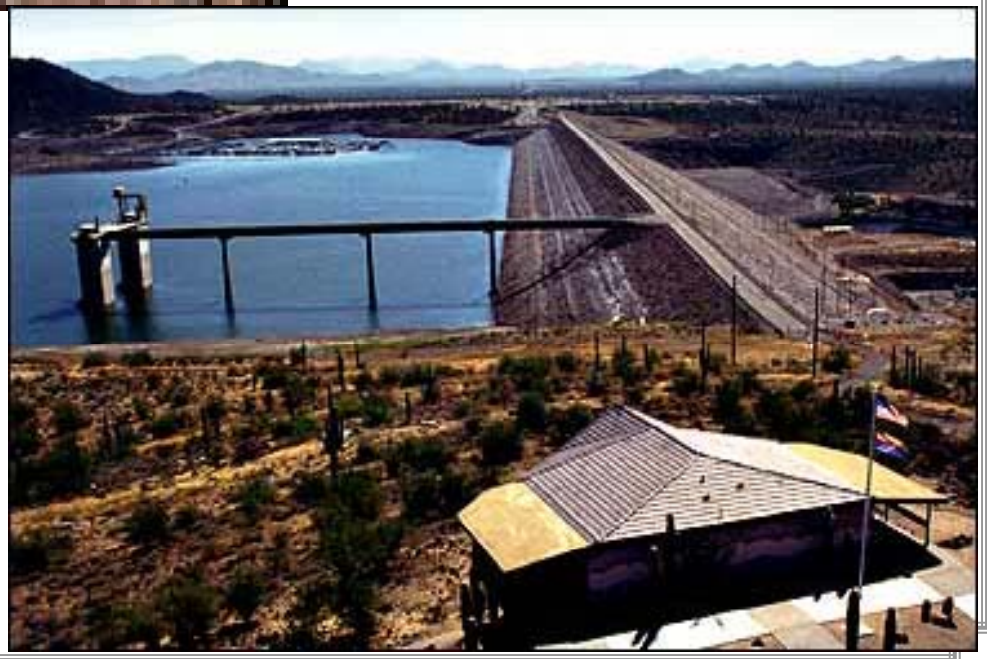
بطور كلي معيارهاي انتخاب محور مناسب براي ساخت يك سد خاكي يا سنگريزه اي با معيار هاي كلي انتخاب ساختگاه مناسب يك سد مي باشد يعني با حداقل ارتفاع و طول تاج امكانذخيره مقدار قابل توجهي آب وجود داشته باشد جنس تكيه گاه ها به لحاظ كيفيت و آبگذري و پي داراي كيفيت مناسب باشد.

نكته متمايز در انتخاب ساختگاه مناسب براي سد خاكي

از آنجا كه امكان اجراي سرريز روي بدنه سد ميسر نمي باشد مي بايست ساختگاه محل مناسبي براي طرح يك سرريز به صورت يك زيني(saddle)يا اجرا از يك تكيه گاه داشته باشد.

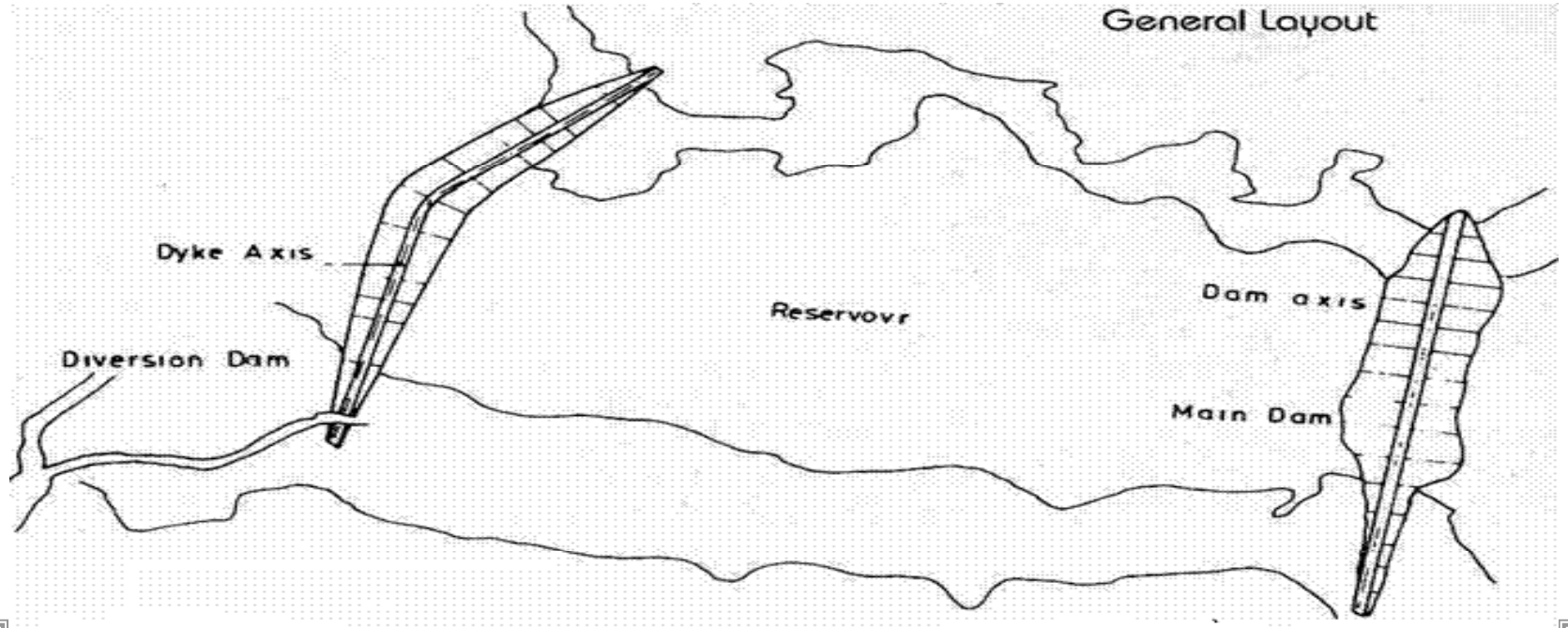
شکل سد


PROFILE
Dam axis
Spillway crest EL. 1416.0
1.00 Riprap on
0.30 Crushed stone
Cofferdam area
Dumped rock
shell material
0.30 filter
Impervious
Core
0.30 filter
Shell material
Original ground
Dumped rock
Grout holes in alluvium
Top of fractured rock



محوريابي (Alignment) :

محور يك سد مخصوصا سد خاكي طوري طراحي مي شود كه تطابق بهينه با شرايط زمين شناسي و توپوگرافي محل داشته باشد.در صورت امكان از تكيه گاههاي برامده باريك اجتناب مي شود.



اجزاي مختلف سد

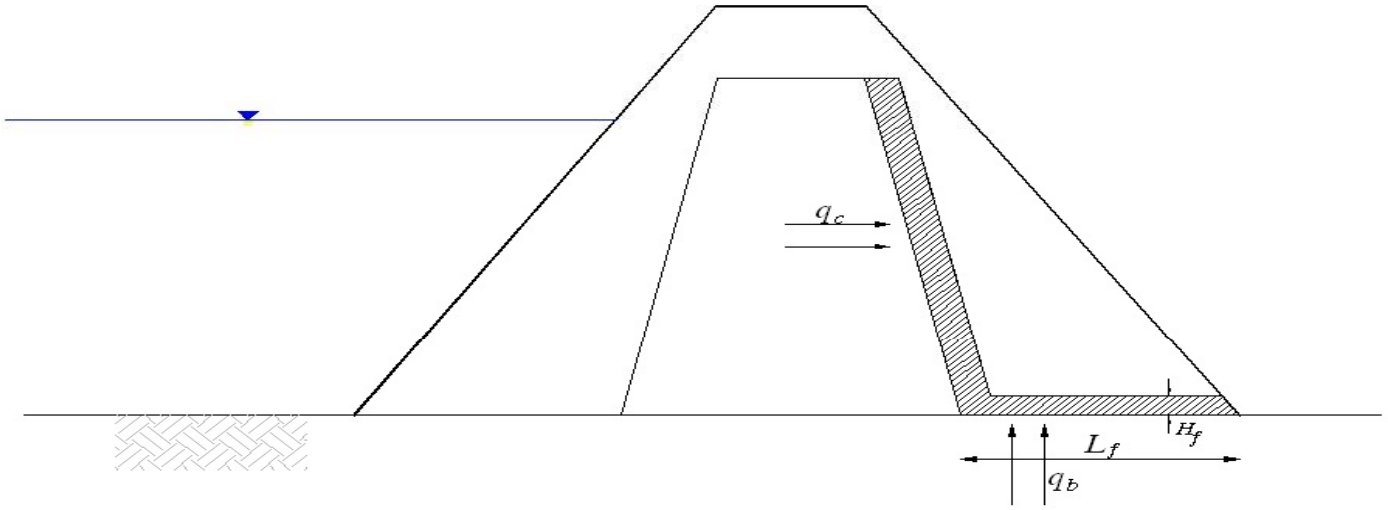
- پوسته سد
- فيلتر ها
- زهكشها
- پتوي زهكش
- پنجه سنگي
- پاشنه سد
- پي سد
- پرده آبند
- پوشش محافظ
- شيب ريپ راپ
- تكيه گاه

اجزاي مختلف سد

- تاج سد
- شيب بالادست
- ارتفاع سد
- شيب پايين دست
- عمق آزاد
- برم (سكو)
- تيغه آب
- هسته سد

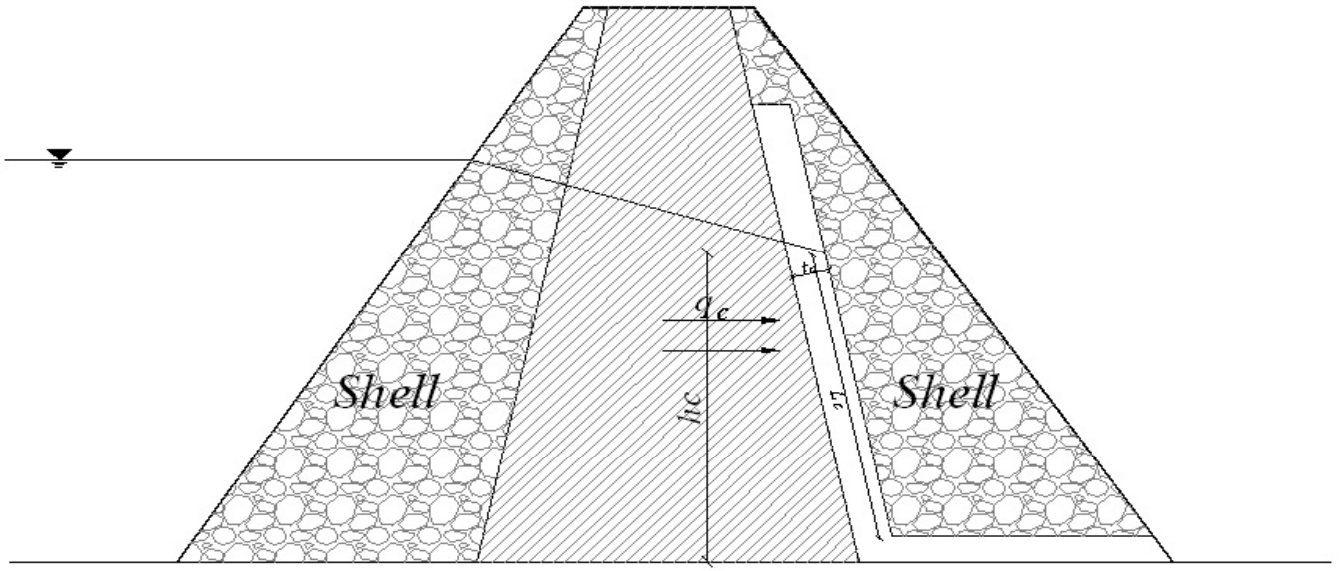
زهکش ها:

زهکشی در بدنه سد به منظور جمع آوری و هدایت زه عبور کرده در بدنه و یا از شالوده می‌باشد و هدف آن این است که دامنه پایین دست حتی الامکان خشک نگاه داشته شود و نیز از ایجاد هرگونه اضافه فشار آب منفذی در مناطق مختلف سد جلوگیری گردد. از آنجا که زهکش‌ها دارای نفوذپذیری زیاد می‌باشند لازم است ارتباط آنها با بدنه (و بخصوص با مغزه سد) بصورت تدریجی باشد، یعنی الزاماً منطقه‌ای به نام فیلتر بین زهکش و خاک بدنه تعبیه گردد.



زهکش افقی پایین دست هسته

بدیهی است که بمنظور وجود ضریب اطمینان کافی برای جلوگیری از نفوذ آب به لایه-های فوقانی زهکش افقی، لازم است ضخامت ای زهکش بیشتر از ارقام محاسبه شده از رابطه فوق انتخاب شود.



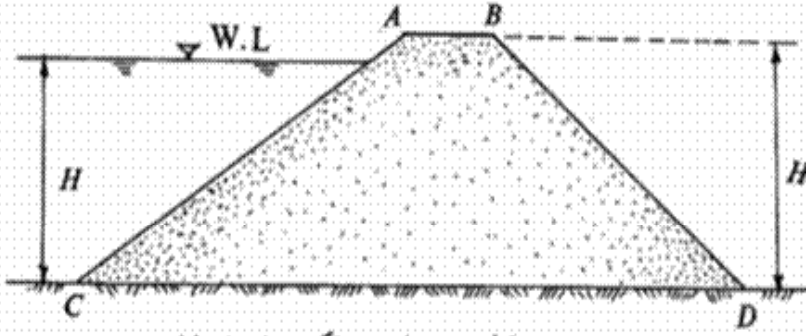
زهکش دودکشی پایین دست هسته

اهداف سيستم زهكشي

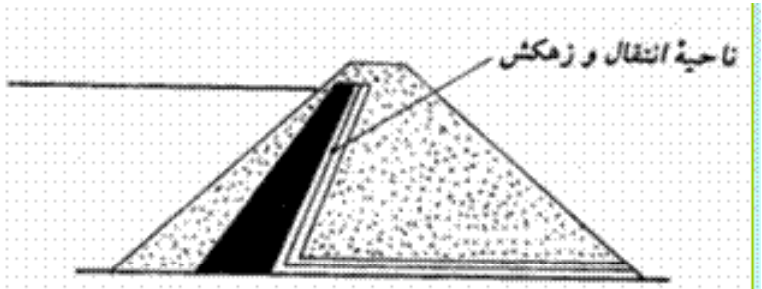
- 1- پايين نگه داشتن خط نشت به منظور افزايش پايداري شيب پايين دست
- 2- كنترل جريان نشت در هنگام خروج از بدنه سد و جلوگيري از ايجاد فرسايش دروني

سدهاي منطقه بندي شده

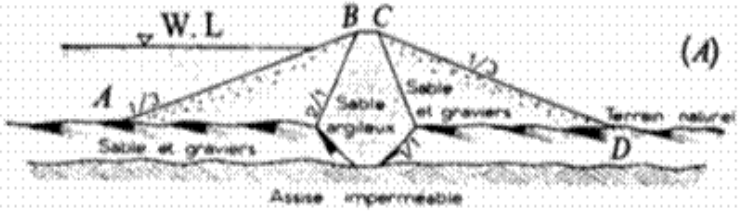
- 1- سدهاي خاكي ياسنگريزه اي با هسته رسي مركزي
- 2- سدهاي خاكي ياسنگريزه اي با هسته رسي مايل
- 3- سدهاي خاكي ياسنگريزه اي با غشاي بالا دست
- 4- سدهاي خاكي ياسنگريزه اي با غشاي مركزي

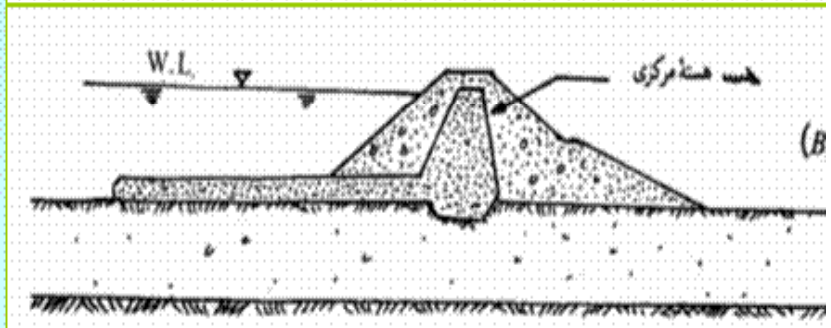


مقطع عرضی از سد خاکی در امتداد طولی رودخانه



(ج) سد خاکی با هستهٔ رسی شیبدار

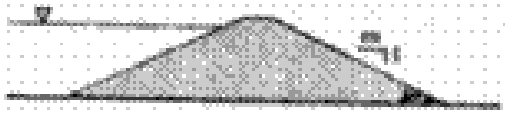




مقطع عرضی از سد خاکی با دونوع هستهٔ مرکزی

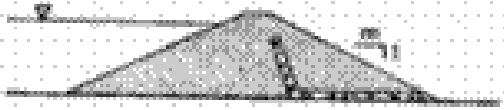
ب ـ با پوشش مخلی (مفزه ماسل) دربالادست

ج ـ سدهای سنگی با مفزه نفوذناپذیر



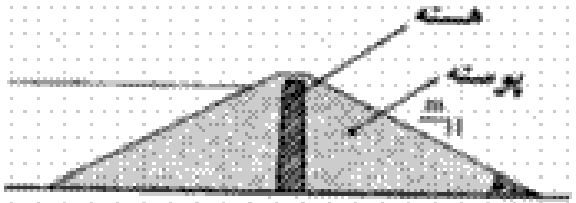
(الف) مقطع همگن با زهکش پنجه

$m \approx 1.5-2.5$



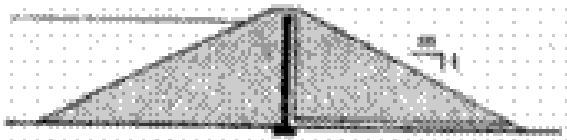
(ب) مقطع همگن با زهکش دودکشی (زهکش ستونی)

$m \approx 2.5-3.5$



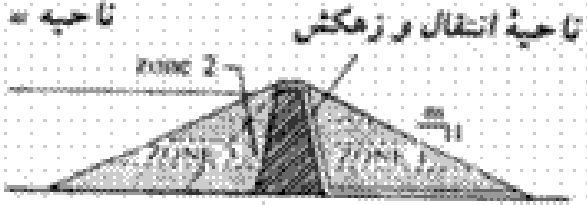
(پ) هستهٔ رسی لاغر

$m \approx 2.0-3.0$



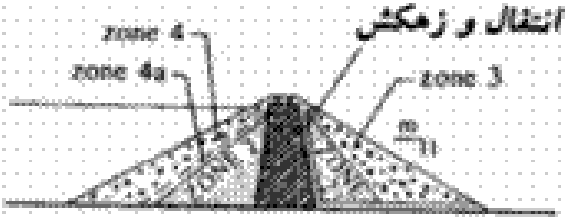
(ث) هستهٔ بتنی لاغر

$m \approx 2.0-3.0$



(ث) مقطع غیرهمگن با هستهٔ عریض و نواحی انتقال و زهکش

$m \approx 2.5-3.5$



(ج) سد خاکی ـ سنگریزه‌ای با هستهٔ رسی با ناحیهٔ انتقال و زهکش

$m \approx 1.6-2.0$

ارتفاع آزاد (Free board)

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

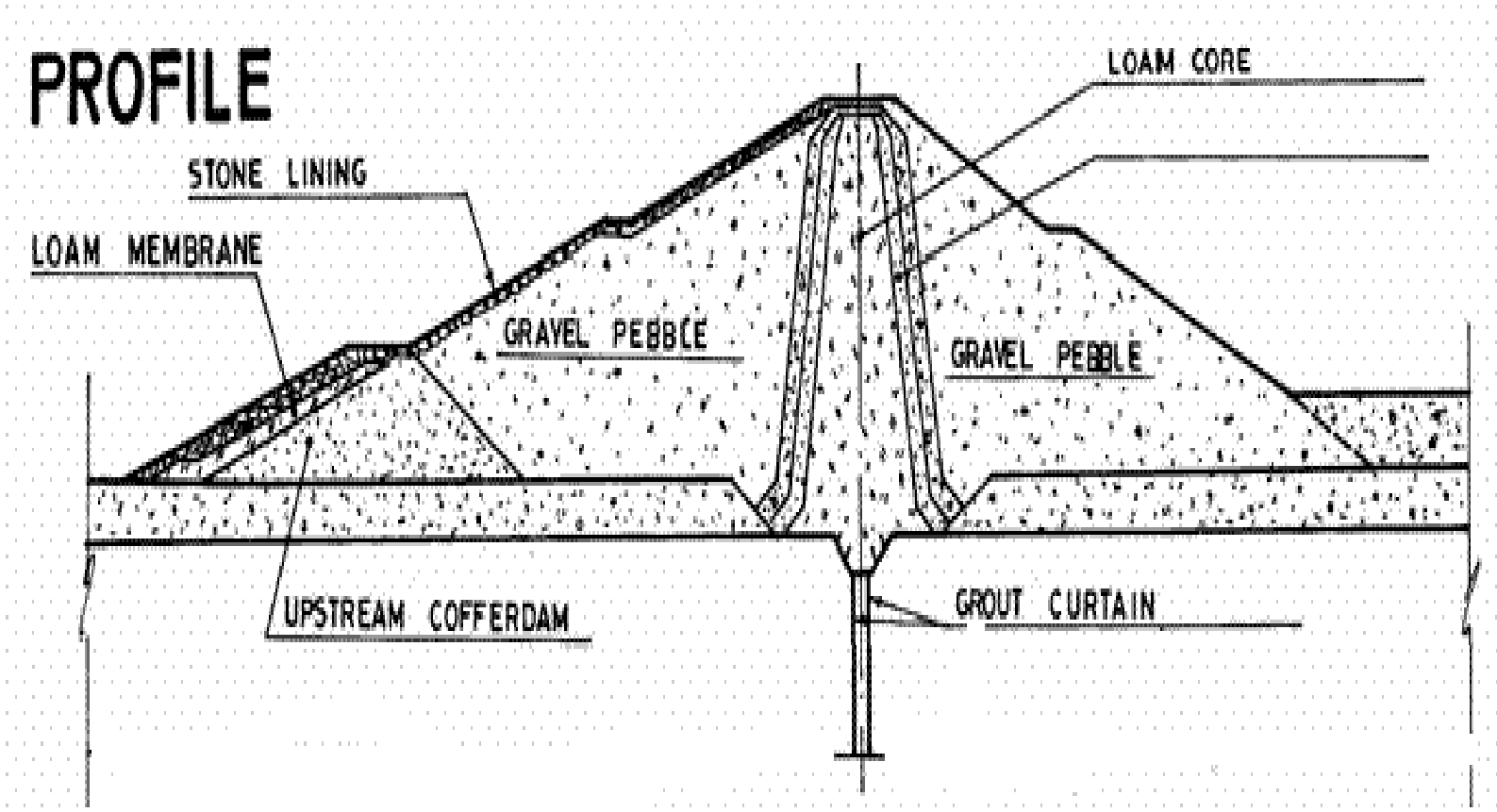
عوامل موثر در انتخاب ارتفاع آزاد عبارتند از :

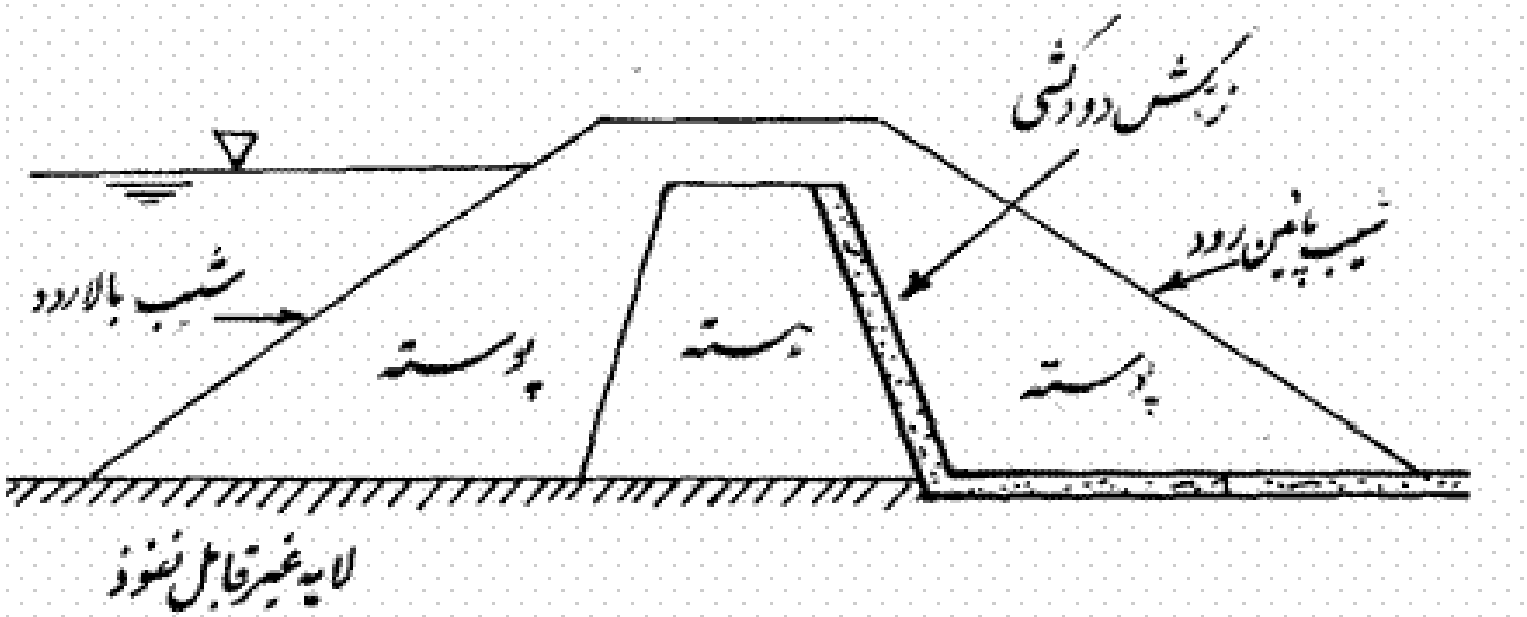
۱ ـ تراز آب در بالای سرریز در زمان عبور دبی حداکثر خروجی

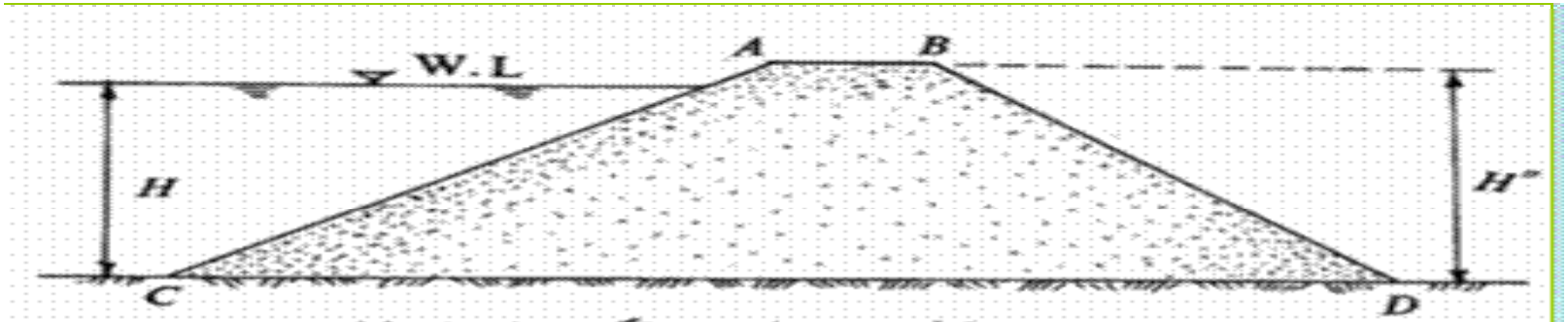
۲ ـ ارتفاع موج

۳ ـ نشست تابع زمان بدنهٔ سد و پی آن

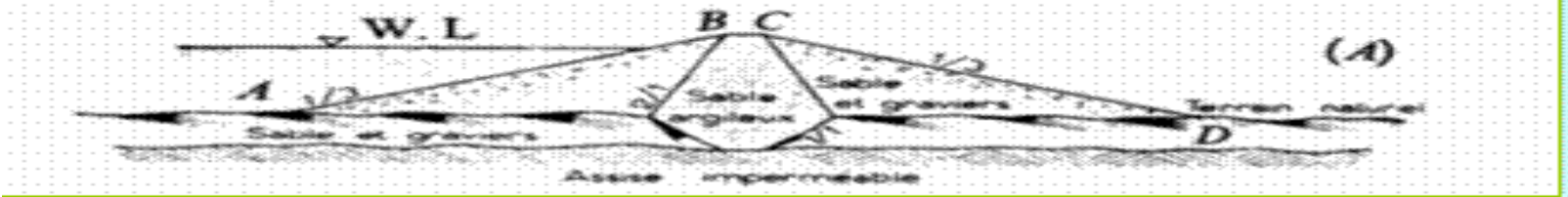
۴ ـ شرایط پائین دست

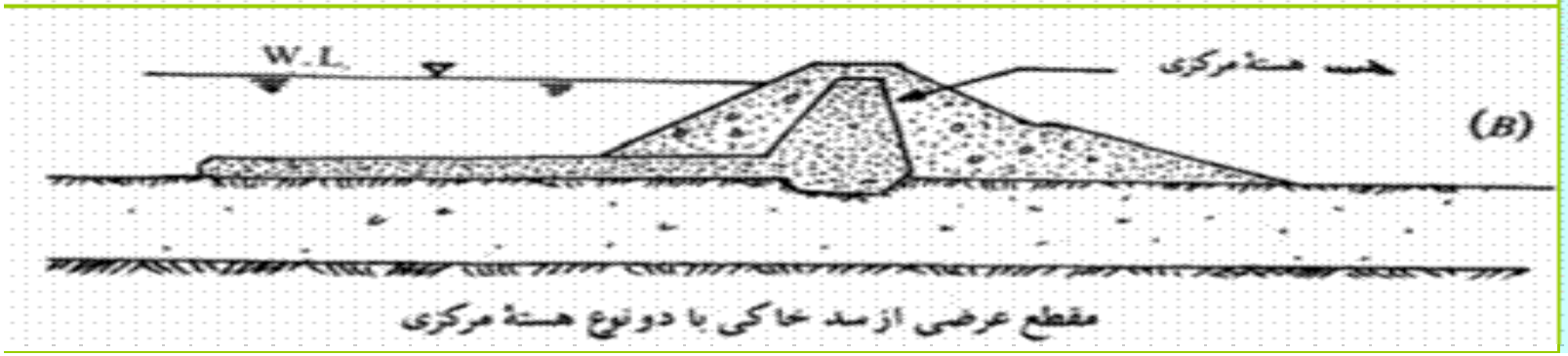

PROFILE
LOAM CORE
STONE LINING
LOAM MEMBRANE
GRAVEL PEBBLE
GRAVEL PEBBLE
UPSTREAM COFFERDAM
GROUT CURTAIN


زهکش دودکشی
شیب بالادست
شیب پائین دست
پوسته
هسته
پوسته
لایه غیرقابل نفوذ



مقطع عرضی از سد خاکی در امتداد طولی رودخانه



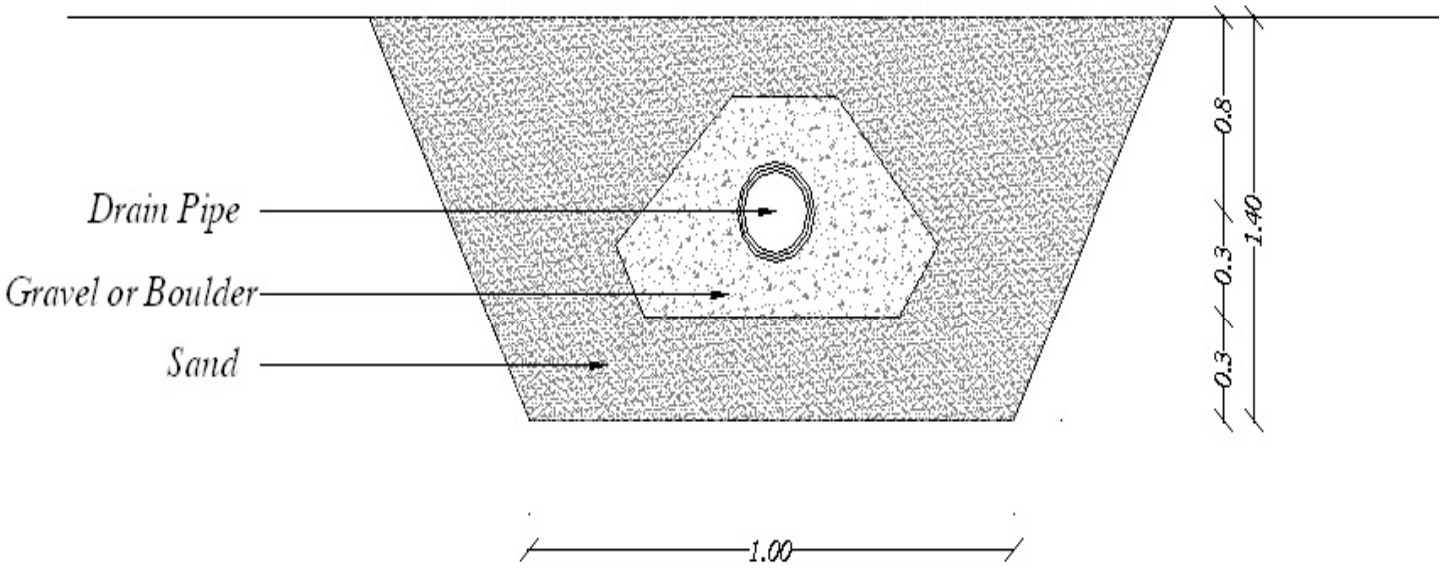


مقطع عرضی از سد خاکی با دو نوع هستهٔ مرکزی

پنجه سنگی

پنجه سنگی سیستمی است که از سنگهایی با قطعات درشت تشکیل می-شود و می-تواند بدون وجود زهکش افقی یا توام با زهکش افقی مورد استفاده باشد. اندازه قطعات سنگهای تشکیل دهنده پنجه سنگی حدود 15 تا 20 سانتیمتر می-باشد. پنجه سنگی نیز باید با لایه-های فیلتر به بدنه شالوده اتصال بیابد.

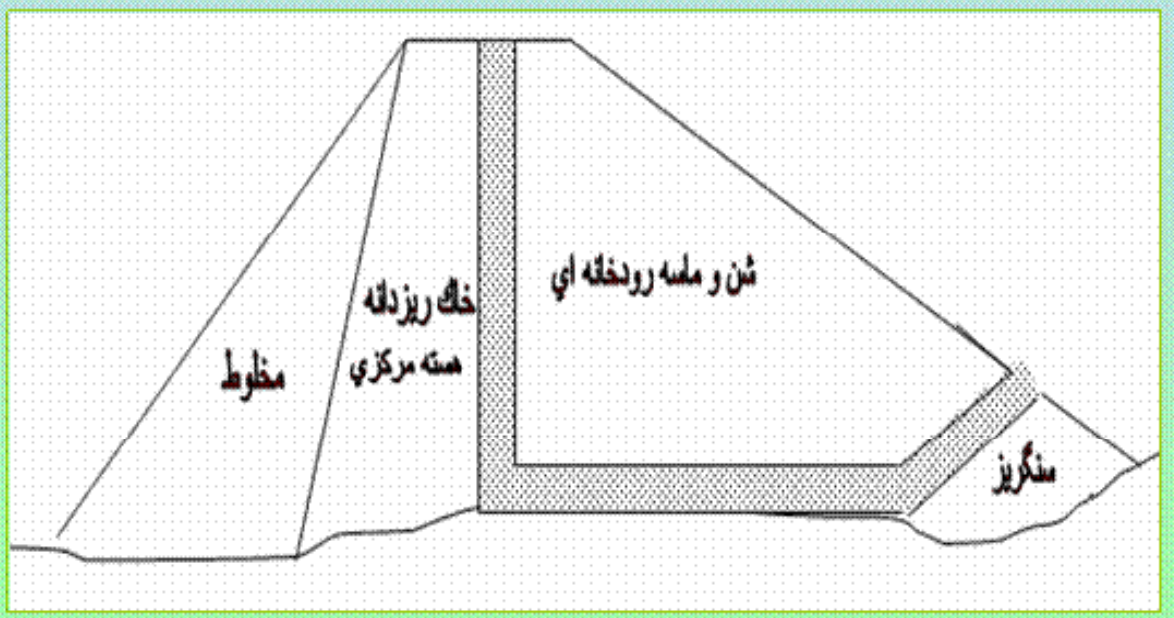
شکل زیرجزئیات پنجه سنگي را نشان میدهد



روشهای کنترل تراوش

- با استفاده از روشهاي مختلف كنترل تراوش ، سدها را بايد از تأثير نامطلوب يا خطرناك تراوش كه ممكن است از طريق بدنه سد يا فونداسيون و يا ديواره هاي جانبي آن انجام پذيرد محافظت نمود
- اين روش ها ممكن است ميزان تراوش را كم كرده و يا كم نكند ولي بايد خطرات احتمالي خرابي ناشي از ناپايداري شيبهاي موجود آب برگي و غليان فونداسيون و يا شسته شدن دانه هاي ريز را به حداقل برساند
- اكثر سدهاي خاكي و سنگي به كنترل تراوش داخلي جهت بهبود وضعيت پايداري يا كنترل شسته شدن دانه هاي ريز و يا هر دو نياز دارند
- با تقسيم مقطع عرضي سدهاي خاكي به چند قسمت مرتب و پشت سر هم و تعبيه زهكش هاي افقي ، افقي ـ عمودي (دودكشي) ، افقي ـ مايل و متمركز در پنجه سد تراوش داخلي وعبور آب از درون اين نوع سدها را كنترل مي نمايند
- مهندسين مجموعه اي از فيلترها و زهكش هاي عمودي و افقي را بهترين روش كنترل تراوش داخلي سد مي دانند
- دراين صورت قسمت پايين دست بدنه سد را می توان از هر نوع مصالحي در نظر گرفت

روشهای کنترل تراوش



دراین سیستم زهکش به طریقی طرح شده است که علاوه بر کنترل معمولی و تراوش نقاط نشت متمرکزی که احتمالاً در اثر ترک خوردگی هسته مرکزی ایجاد می شود را نیز کنترل می نماید

کنترل تراوش در فونداسیون و دیوارهای جانبی سد

- روشهای مختلفی برای کنترل تراوش از طریق فونداسیون وجود دارد . روشی که برای یک سطح مناسب باشد بستگی به عوامل مختلفی دارد ولی به طور کلی باید از خاکریز مطمئن بود و مسائل اقتصادی را نیز در نظر داشت در بعضی از موارد ممکن است با توجه به نیازهای پروژه چندین راه حل مورد قبول باشد

- 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

- در صورت کم بودن عمق پی نفوذپذیر ، می توان مطابق شکل الف ، ترانشهٔ عریضی در زیر هستهٔ سد احداث و آن را توسط مصالح نفوذ ناپذیر پر کرده و متراکم نمود . با توجه به محدودیتهای اجرایی حداقل عرض کف ترانشه به ۳ متر و حداکثر عمق اجرایی ترانشه به ۲۰ متر محدود می شود

در صورتی که عمق پی نفوذ پذیر زیاد باشد ، می توان مطابق شکل ب یک پردهٔ آب بند با استفاده از تزریق به وجود آورد . با پیشرفت تکنیکهای تزریق در آبرفت ، استفاده از این شیوه رواج خوبی دارد . عمل تزریق معمولاً در چند خط موازی درون چاهکهایی که به صورت یک در میان در فواصلی در حدود ۲ تا ۳ متر قرار گرفته اند ، انجام می شود . تکنیک تزریق باید برای پی موجود مناسب باشد . استفاده از دوغابهایی که مادهٔ چسبانندهٔ آنها سیمان است ، بسیار متداول است ، لیکن برحسب شرایط پی می توان از مواد شیمیایی خاص نیز استفاده نمود . این مواد برای شرایط مشکل تر می باشند و مخارج آنها نیز بالاتر است

- . پرده های آب بند تزریقی بیشتر در سنگهای شکاف دار و آبرفت درشت دانه مؤثر می باشند . چنین پرده هایی تا عمق ۱۰۰ متر نیز اجرا شده اند . پردهٔ تزریقی را می توان به عنوان یک راه حل ترمیمی بعد از احداث سد با استفاده از چاهکهایی که از بدنهٔ سد عبور کرده اند ، مورد استفاده قرار داد .

پایداری سدهای خاکی

بررسی پایداری شیروانیها در سدهای خاکی ، شامل یافتن ضریب اطمینان در مقابل ریزش می باشد . مقدار ضریب اطمینان را می توان با یکی از روشهای ارائه شده در قسمت های قبلی بدست آورد و سپس با حداقل مجاز ضریب اطمینان مقایسه کرد. حداقل مجاز ضریب اطمینان ، عددی است که بر اساس تجربیات مختلفی از سدهای خاکی ساخته شده بدست آمده مقدار حداقل مجاز ضریب اطمینان بستگی به شرایط بحرانی و نوع آزمایش مقاومت برشی دارد .

ارتفاع موج نقش مهمی را در انتخاب ارتفاع آزاد بازی می کند . برای تعیین ارتفاع حداکثر موج در دریاچهٔ پشت سد معمولاً از روابط تجربی زیر استفاده می شود :

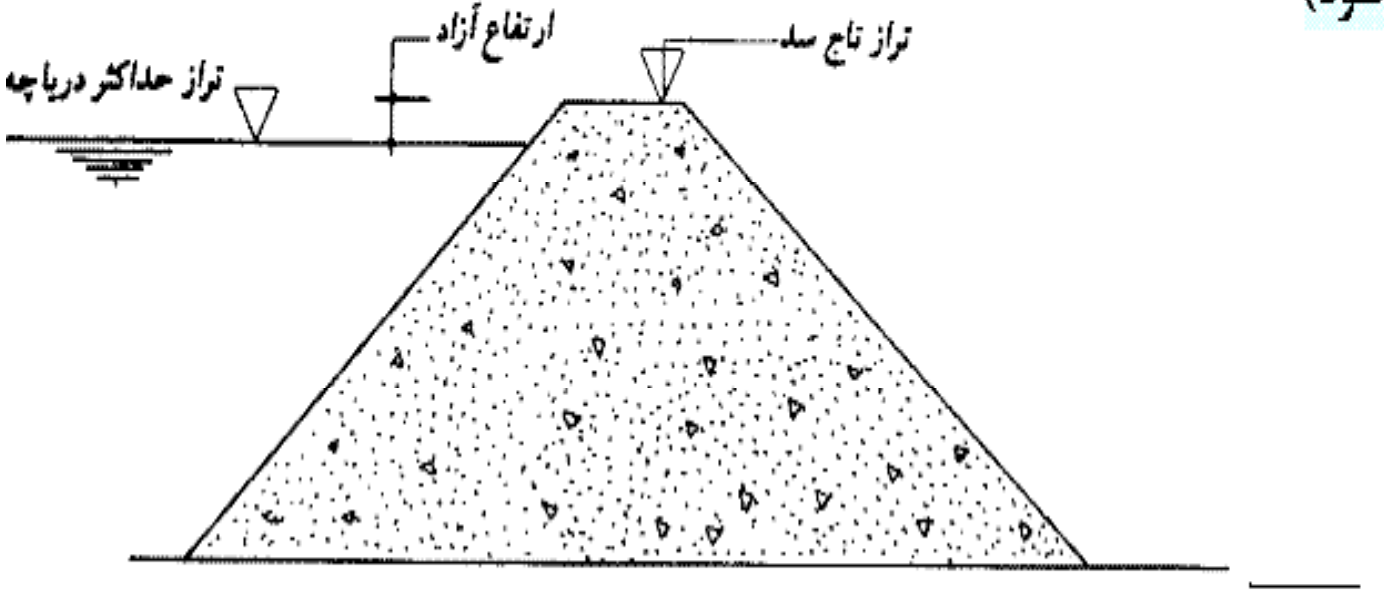
$$h_w = 0.032\sqrt{V.F} + 0.763 - 0.271F^{0.25} \qquad (F < 32km)$$

$$h_w = 0.032\sqrt{V.F} \qquad (F > 32km)$$

h_w = ارتفاع موج بر حسب متر ($\frac{2}{3}$ آن در بالای تراز ایستابی و $\frac{1}{3}$ آن در زیر تراز ایستابی فرض می شود)

V = سرعت باد بر حسب کیلومتر بر ساعت .

F = دورخیز باد برحسب کیلومتر (درصدی از ابعاد دریاچه درامتداد وزش باد منظور می شود)



برای تعیین ارتفاع ازاد باید به نشست تابع زمان بدنه و پی سد توجه خاص دشت . برای جبران این نشست ، تاج سدهای خاکی بصورت قوس محدب در راستای طول سد (عرض دره) ساخته می شود تا پس از وقوع تمام نشست ها ، سطح تاج بصورت افقی و در تراز مورد نظر قرار بگیرد .

جزئیات تاج سد

تراز تاج سد با اضافه کردن ارتفاع آزاد کافی به تراز نرمال دریاچه حاصل می-شود. ارتفاع آزاد حداکثر متناظر با تراز نرمال دریاچه و در حالت حداقل متناظر با تراز سیلاب حداکثر براساس استانداردهای طراحی نظیر استاندارد شماره USBR 2 براساس ابعاد و شکل دریاجه و سرعت باد در ساختگاه سد تعیین می-شود.

(3)
(4)
(5)
(6)

عرض تاج سد

عرض تاج سد نبايد كمتر از 3 متر يا 10 فوت باشد و اين مقدار حداقل لازم جهت استحكام ، كنترل تعميرات ، بررسي ها و عبور و مرور ميباشد . در مورد انتخاب عرض تاج سد روابطي تجربي پيشنهاد شده است كه برخي از آنها عبارتند از :

استاندارد USBR

$$b = 1.104\sqrt{H} + 0.915$$

دفتر فني سد سازي آمريكا

$$b = 1.65(H + 1/5)^{(1/3)}$$

دفتر فني سد سازي آمريكا سد هاي زير 30 متر

$$b = 0.55\sqrt{H} + 0.2H$$

استاندارد سدسازي ژاپن

$$b = 3.63\sqrt[3]{H} - 3$$

(H ارتفاع خاكريزي بدنه سد و B عرض تاج بر حسب متر مي‌باشند)

عدد حداكثر بدين لحاظ اتخاذ ميشود تا اثر امواج و زلزله هاي احتمالي بر آن تاثير مخرب نداشته باشد .

شیب بدنه سد

شیبهای بالادست و پایین دست سدها همواره در معرض عوامل جوی و انرژی فرسایشی امواج دریاچه قرار دارند، از اینرو برای جلوگیری از فرسایش و تخریب آنها باید یک روش محافظتی مناسب در نظر گرفته شود. شیبهای بدنه سد (ناحیه بالادست و پایین دست) بایستی به نحوی تعیین گردد که از پایداری شیب در حین ساختمان بدنه سد و در دورهٔ بهره برداری از سد اطمینان حاصل گردد. بنابراین شیبهای بدنه سد در ابتدا براساس تجربه انتخاب شده و پس از تحلیلهای لازم در انواع حالات بارگذاری، براساس نتایج بدست آمده، اصلاح می-گردند. شیبهای بدنه سد، معمولاً به ناحیه بندی بدنه سد، شرایط پی و نوع مصالحی که در بدنه سد مورد استفاده قرار می-گیرند و لرزه خیزی منطقه بستگی دارند. برای یک ضریب اطمینان معین در برابر لغزش وقتی شیب شیروانی در ترازهای فوقانی تندتر انتخاب شود، بدنه سد حجم کمتر خواهد شد. معمولاً در سدهای با ارتفاع بیش از 30 متر و دارای پی ضعیف، انتخاب شیبهای متغیر متناسب با ارتفاع سد از نظر اقتصادی یک مزیت به شمار می-آید.

ناحيه بندی بدنه سد

هدف اصلي طراحي، ساخت سازه اي با عملكرد مطلوب با صرف كمترين هزينه مي باشد. بدين منظور براي به حداقل رساندن هزينه ساخت يك سد ، مصالح در دسترس يا مصالح بدست آمده از حفاريهاي اجباري مي بايست حتي المقدور مورد استفاده قرار گيرد.

بنابراين ، جسم سد مي بايستي به نواحي مختلف كه مناسب ترين مصالح بطور عملي در هر يك از آن نواحي مورد استفاده قرار گيرد، تقسيم گردد. ناحيه بندي سد ، موجب مي شود كه :

- شيب هاي تندتر براي سمت بالادست و پائين دست سد انتخاب گردد.
- استفاده حداكثر از مصالح با مشخصه هاي مناسب در نواحي مورد نياز بعمل آيد.

با توجه به مساله پایداری سد(حتی به صورت داخلی) نفوذپذيري مصالح در بدنه سد به ترتيب از مرکز بدنه سد به سمت طرفين سد (سمت بالادست يا پائين دست بدنه سد) افزايش مي يابد . به همين منظورلازم است جهت رعايت معيارفوق ، نواحي ذيل نيز درگستره بدنه در نظر گرفته شود:

يك ناحيه با نفوذپذيري بسيار پائين به منظور به حداقل رساندن تراوش آب از بدنه سد

لايه هاي فيلتر و زه کش به منظور کنترل و هدايت آبهاي تراوش شده از ناحيه با نفوذپذيري کم . در نواحي زلزله خيز، ضخامت لايه هاي فيلتر و زه کش معمولاً بيشتر از حد متعارف طراحي مي گردد.

لايه پوسته به منظور تامين تکيه گاه براي هسته و لايه هاي فيلتر.

هسته :

قسمت ناتراوای سد از یک هسته مرکزی قائم با نفوذپذیری پایین تشکیل شده است. عرض هسته رسی معمولاً در بالاترین تراز براساس ملاحظات اجرایی تعیین می-گردد. اما این عرض معمولاً کمتر از 3 متر انتخاب نمی-شود.

در پایین ترین تراز عرض هسته معمولاً بین 25% تا 50% هد هیدرولیکی تعیین میگردد. هسته-های با ضخامت بیشتر ایمنی بیشتری در برابر پدیدهٔ رگاب و ترک خوردگی از خود نشان می-دهند. بنابراین در مناطق زلزله خیز در نظر گرفتن هسته های ضخیم تر مطلوب میباشد. کاهش ضخامت هسته موجب افزایش پایداری شیروانیهای بدنه سد میگردد بنابراین از نقطه نظر پایداری شیبهای بدنه سد، هسته های با ضخامت کمتر سودمندتر میباشد.

بعنوان یک معیار ظرفیت زهکش‌ها برای عبور دادن آب زه باید حداقل 2 برابر مقداری باشد که از رابطه دارسی حساب می‌شود. در مواردی که احتمال تقریب‌هایی در اندازه گیری‌ها باشد و یا تعیین مقدار دقیق ظرفیت براساس قانون دارسی میسر نباشد و در صورتی که احتمال ورود آب از مجاری دیگر به غیر از نفوذ زه وجود داشته باشد ضریب اطمینان را هر چقدر مقدور باشد بزرگتر انتخاب می‌نمایند، زیرا درصدی که برای تامین هزینه اضافی جهت ضخیم تر کردن زهکش به کار می‌رود سد را در برابر تخریب‌های حاصل از عدم ظرفیت زهکش بیمه می‌کند.

زهکش لایه های افقی

این نوع زهکش در دامنه پایین دست و در قاعده سد قرار گرفته است و تمامی زه درون بدنه و قسمت عمده زه شالوده را به طرف بیرون سد هدایت می‌کند. این نوع زهکش بوسیله لایه فیلتر به خاک بدنه سد مربوط می‌گردد. پنجه سنگی موجود در پنجه سد نیز سیستم زهکشی افقی را تکمیل می‌کند. نقش دیگر زهکش افقی، تسهیل و تسریع در تحکیم لایه شالوده (در اثر وجود بار سد) می‌باشد.

برای اینکه زهکش بتواند جریان طبیعی آب را از خود عبور دهد و در خود جمع نکند حداقل سطح مقطعی لازم دارد که می-توان آنرا به کمک قانون دارسی بدست آورد

$$H_F = \sqrt{\frac{(q_c + q_b)L_F}{K_F}}$$

که در آن:

q_c: دبی نشتی عبوری از هسته در واحد طول سد

q_b: دبی نشتی ورودی از پی و پوستهٔ پایین دست در واحد طول سد

L_F: طول لایهٔ زهکش افقی

K_F: نفوذپذیری مصالح زهکش افقی

زهکش دودکشی

برای طراحی زهکش دودکشی که در قسمت پایین دست هسته سد و به موازات آن می‌باشد ابتدا دبی آب نشت یافته به داخل هسته محاسبه و سپس انتخاب ضخامت لایه (t_c) متناسب با نیاز عملیات اجرایی و نفوذپذیری مصالح براساس قانون دارسی صورت می‌گیرد

(8)

$$t_c = \frac{q_c . L_c}{h_c . K_c}$$

که در آن:

q_c: دبی نشتی عبوری از هسته در واحد طول سد

L_c: طول لایه زهکش شیبدار در جهت جریان

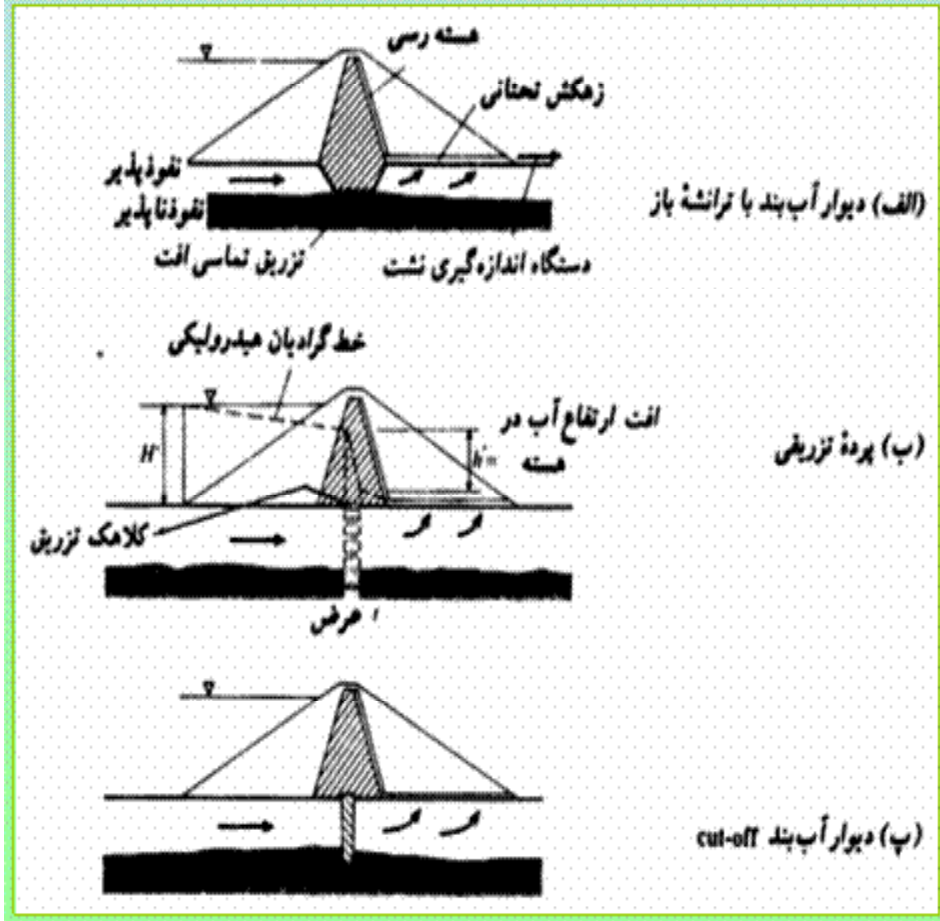
h_c: ماکزیمم بار هیدرولیکی در سطح خروجی شیب پایین دست هسته

K_c: نفوذپذیری مصالح زهکش شیبدار

پوسته

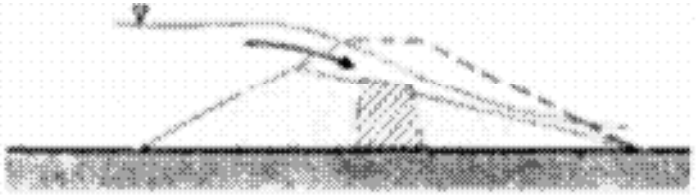
عملكرد اصلي و خيلي مهم ناحيه پوسته ، ايجاد يك تكيه گاه براي نگهداري هسته مي باشد. پوسته يك سد مي تواند با مصالح مختلفي ساخته شود . در سدهاي سنگريزه اي، مصالحي كه به طور عمده در پوسته مورد استفاده قرار مي گيرد ، مصالح سنگي مي باشد . بنا به تعريف در مصالح سنگريزه اي پوسته درصد وزني سنگ دانه هاي كوچكتر از الك 25mm به حداكثر 40% محدود مي گردد. بنابراين تنوعي زياد از سنگ دانه ها ، نظير آبرفت هاي درشت رودخانه اي تا مصالح بدست آمده از حفاري هاي سنگي در طبقه بندي مصالح سنگريزه اي قرار مي گيرد . نوع سنگ مصرفي در مصالح سنگريزه اي مي تواند از انواع خيلي سخت (نظير سنگ گرانيت) تا سنگ هاي خيلي نرم نظير سنگ شيل باشد . استفاده از مصالح سنگي كه سخت ، با دوام و مقاوم در برابر خردشدگي در اثر بارگيري ، حمل و ريختن مي باشند، ترجيح دارد. با اين حال پيدا نمودن مصالح با اين خصوصيات همواره از جنبه اقتصادي امكان پذير نمي باشد . بنابراين ، مصالح بدست آمده از حفاريهاي اجباري همواره بعنوان يك آلترناتيو براي تامين مصالح به لحاظ امكان دسترسي و هزينه كم آن مطرح مي باشد .

کنترل نشت از پی سد

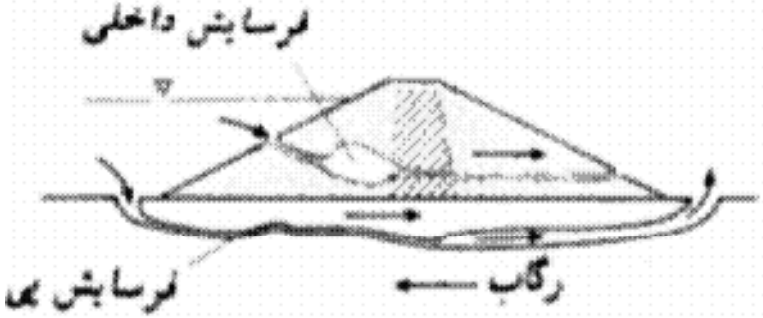


- برای جلوگیری از نشت (تراوش) آب از پی سدهای خاکی و سنگریزه ای که بر روی پی های نفوذپذیر ساخته می شوند، باید تدابیر کافی در نظر گرفته شود

اشکال مختلف خرابی در یک سد خاکریزه ای



(الف) سرریز از روی بدنهٔ سد (لب ریزشدن)



(ب) فرسایش داخلی

(پ) نشست بدنه و پی