Subject: ۴
Year. Month. Date. ( )

منابع فارسی موجود:

۱. دکتر شمسایی: استاد دانشگاه شریف ← چندان موفق نیست.

۲. تاریخچه‌ی سدهای ایران و جهان.

سدهای بتنی: (Concrete Dams)

سدهای بزرگ مدنظر هستند نه سدهای کوچک؛ یعنی Large Dams.
طبق تعریف ICOLD سدهایی با ارتفاع بیش از 15^m و یا مخزن بزرگتر از 2 میلیون متر مکعب را سد بزرگ گویند.

(برای سدهای کوتاه، بنگاه USBR مطالب بسیار مفیدی دارد و در ایران بویژه در رشته‌های کشاورزی از آن استفاده می‌شود.)

سدهای بزرگ خود چند نوع هستند:

۱- بتنی: Concrete Dams (وزنی، پشتبندار، قوسی، چندقوسی)

۲- پرشده: Fill Dams (سدهای خاکی، سنگریزه‌ای، پوشش بتنی، ترکیبی)

۳- نوین: سدهای لاستیکی و ... ⇐ معمولاً ارتفاع کم و مخزن بزرگ دارند و استفاده‌های فصلی دارند.

بحث اصلی ما سدهای بتنی است.

PAPCO

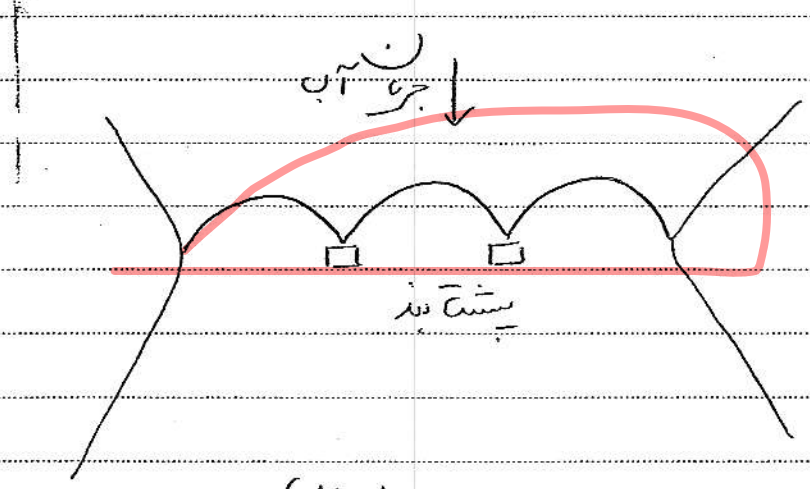
وزنی : Gravity پشتبنددار : Buttress

قوسی : Arch چندقوسی : Multiple Arch (خیلی استفاده نمی‌شوند)

ما از نظر اولویت به این شکل بررسی می‌کنیم:

۱- قوسی ، ۲- وزنی ، ۳- پشتبنددار .

اگر ساختگاه سد ایجاب نکند نمی‌توان از شکل قوسی استفاده کرد.
در این شرایط از حالت وزنی استفاده می‌کنیم که البته استفاده از آن افت دارد ولی شکل RCC (غلتکی) در حال رشد است.



(Plan)

⇐ شکل چندقوسی است که از نظر حرارتی خیلی بد جواب داده است. (در فرانسه رایج بود.)

سدهای پرشده با پوشش بتنی (CFRD) هم وجود دارند ولی پس از زلزله سی‌چوان چین عملکرد بسیار نامطلوبی داشت و استفاده از آن مناسب به نظر نمی‌رسد.

Subject: ۷
Year. Month. Date. ( )

گاهی اوقات جنس پی ما را مجبور می کند که از سدهای خاکی استفاده کنیم.
(وقتی پی ضعیف است و سد بتنی قابل اجرا نیست.)

تاریخچه ی سدهای بتنی (مصالح شکننده با مقاومت فشاری بالا):
Brittle ≠ ductile

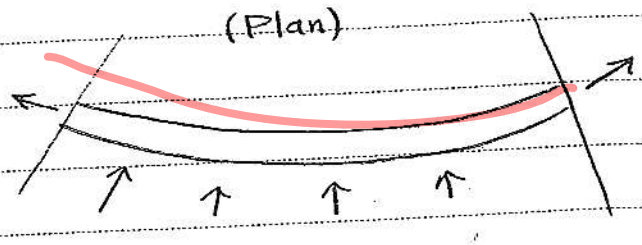
(سنگ و ساروج و ... از جنس مصالح Brittle هستند)

۵۳۰ میلادی: اولین سد قوسی جهان در مرز ترکیه و سوریه

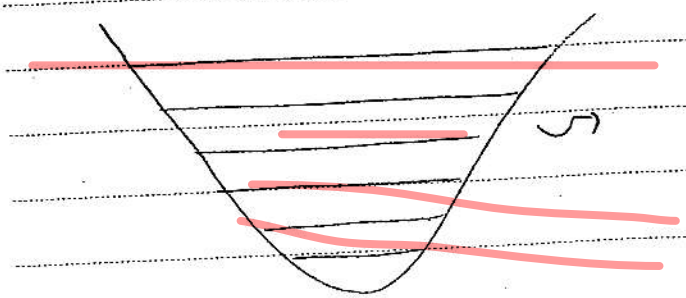
۱۰۰۰ میلادی: سد کریت در طبس

⇐ دهه ۴۰ تا ۶۰: جهش حجیم در توسعه و ساخت سدهای بتنی

۱۸۸۹ میلادی: در آمریکا اولین استفاده از الگوی مدرن قوسی شکل گرفت.
⇐ سد بتنی استوانه ای.



ابتدای قرن ۲۱:
سدهای بتنی وزنی با ارتفاع حداکثر ۲۷۰ متر
〃 〃 قوسی 〃 〃 ۳۰۰ 〃



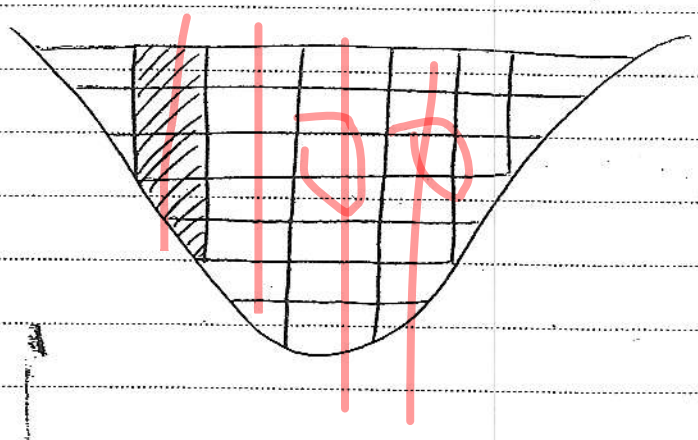
مجموعه ای از چند نوار فشاری
(الگوی قدیمی)

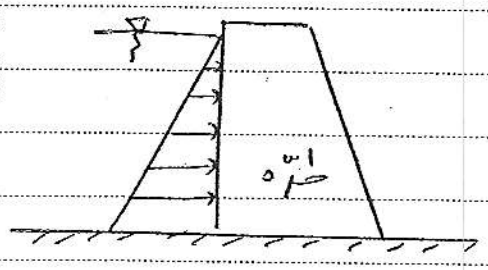
PAPCO

سد بختیاری با ارتفاع ۳۱۵ متر در ایران رکورددار خواهد بود.

Subject: ۸
Year. Month. Date. ( )

ولی در الگوی مدرن گفته شد که طرّه‌ها هم نقش دارند و در تحمل فشار آب نقش دارند یعنی یک سری قوس و یک سری طرّه داریم:



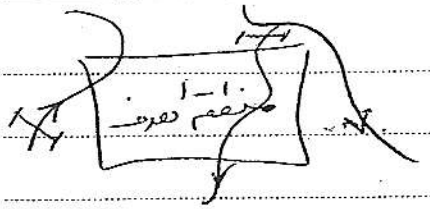


تذکّر: ساختگاه و ویژگی‌های آن در انتخاب نوع سد مؤثر هستند.

PAPCO

Subject: ۹
Year. Month. Date. ( )

۳ شنبه ۸۸/۱۲/۴



انتخاب ساختگاه سدهای بتنی:

منابع آب (تعریف نیاز آبی - نحوه تأمین)

یک منطقه‌ی هدف برای تأمین نیاز آبی در نظر گرفته می‌شود. مسئله‌ی نیاز آبی با توجه به مسائل زیر مطرح می‌شود:
کشاورزی، آب شرب، کنترل سیلاب، تولید برق (فرا منطقه‌ای می‌تواند باشد)، توریسم، سیاسی، ترکیبی از موارد فوق.

در خوزستان ۳ رود بسیار بزرگ وجود دارد از طرفی مناطق کم آب در این استان وجود داشته است. در هر سال هم میلیون‌ها هکتار در اثر سیلاب و طغیان رودخانه‌ها به زیر آب می‌رفتند و از بین می‌رفتند. میلیاردها متر مکعب آب هم مسئله‌ی تأمین برق را طرح می‌کند.
مسائل ذکر شده باعث شد تا حدود ۳۴ پروژه در این منطقه برای سدسازی تعریف شود.

سدهای: کرج، لتیان، لار، طالقان برای تأمین آب شهر تهران احداث شده‌اند.

نهضت سبز اروپا مخالف مسئله‌ی سدسازی است.
دریاچه‌ی آرال در آسیای مرکزی در اثر عدم توجه به مسائل محیط زیستی سدسازی خشک شده و تمام رسوبات آن بصورت گرد و غبار شن محیط زیست آن منطقه را بهم زده است.
دریاچه‌ی ارومیه هم به چنین شکلی درآمده و ممکن است دچار شوری خیلی شدیدی شود.

سدسازی می‌تواند یک منبع برکت باشد و در عین حال می‌تواند محیط زیست را هم بهم بزند.

Subject: ۱۰
Year. Month. Date. ( )

سد قشلاق در کردستان صرفاً برای آرام کردن مردم و مسائل سیاسی و بدون مطالعه احداث شده است.

میزان نیاز آبی برحسب $m^3/year$ با توجه به مسائل گفته شده تعریف می‌شود.

حال چگونه می‌توان این نیاز را تأمین کرد. (برای ۵۰ سال آینده)

نحوه تأمین نیاز آبی:

۱- سدسازی (طبیعی‌ترین حالت است.)

۲- تغذیه‌ی منابع زیرزمینی (آب را به دشت‌هایی نفوذپذیر هدایت کنیم و در مواقع ضروری از آن استفاده کنیم.)

البته در موقع بهره‌برداری هزینه‌های انرژی خواهیم داشت که آب را مورد استفاده قرار دهد (پمپ) که در قیاس با سدسازی (که بصورت ثقلی عمل می‌کند) شکل منفی دارد.

۳- انتقال آب از حوزه‌ی دیگر.

بصورت مصنوعی آب را از منطقه‌ای به منطقه‌ای دیگر ببریم که البته به لحاظ عرفی و فرهنگی و اخلاقی درست نیست.

مثلاً کمبود آب زاینده‌رود باعث شده است که آب را از حوزه‌ی رودخانه‌ی دز (200 km پائین‌تر از اصفهان) بصورت تونلی منتقل کنند و وارد سرشاخه‌های زاینده‌رود کنند. (روش چندان مطلوبی نیست ولی از آن استفاده می‌شود.)

تا قبل از انقلاب یک تونل وجود داشت و در حال حاضر تونل سوم آن در حال احداث است تا آب را از دز به زاینده‌رود ببرد.

سد ۱۵ خرداد در قم آبش شور شد و عملاً این سد از دست رفت و در حال حاضر انتقال آب از دز به قم مطرح شده است که البته هزینه‌ی سنگینی دارد.

PAPCO

Subject: 11
Year. Month. Date. ( )

انتقال آب از کارون به یزدهم مطرح است.

بزرگترین پروژه‌ی انتقال آب در لیبی: کانال انتقالی با طول 2000 Km و دبی 10 m3/s می‌باشد. مهندس طراح آن یک ایرانی بوده است.

برای پروژه‌ی سدسازی باید مطالعات هیدرولوژی صورت گیرد. ممکن است با یک، دو یا چندین سد نیاز آبی تأمین شود.

سدسازی:

مطالعات هیدرولوژی:

رواناب، بارندگی، رسوب و ... + حق آبه‌ها.

تبخیر هم مسله‌ی مهمی است که در سد 15 خرداد تنها مشکل همین بود که در نظر گرفته نشده بود.

پوشش گیاهی، جنس زمین در حوزه‌ی آبریز (بعضی زمین‌ها آب را بصورت شیمیایی آلوده می‌کنند مثلاً زمین‌های گچی چنین مشکلی دارند که آب را برای شرب و کشاورزی غیر قابل استفاده می‌کند.)

توسعه‌ی بدون کنترل دامداری باعث از بین رفتن پوشش‌های گیاهی می‌شود و حجم عظیمی خاک و چارفرسایش می‌شود و باعث می‌شود رسوبات زیادی در مخزن سد انباشت شود و پروژه‌ی سدسازی را با مشکل مواجه کند.

در سدسازی ایران بحث رسوبات در مخزن بسیار مهم است و مشکلات زیادی رخ داده است. پروژه‌های آبخیزداری برای احیای این موارد و پوشش گیاهی اجرا می‌شوند.

Subject: ۱۲
Year. Month. Date. ( )

سد مدرنی در استان سیستان و بلوچستان حدود ۱۰ سال قبل ساخته شد ولی مخزن آن خیلی زود با رسوب پر شد و در حال حاضر حدوداً 20% مخزن آن آب دارد.

سد اکباتان (با عمر حدود ۴۰ سال) حدود 80% مخزنش با رسوب پر شده و نیاز همدان را نمی تواند تأمین کند.
سد گاومیشان برای حل مشکل احداث شده است.

خروجی مطالعات هیدرولوژی: میزان آورد سالیانه آب، کیفیت آب، میزان رسوب و ...
مورد اصلی میزان آورد سالیانه است.
اگر کمتر از مقدار مورد نیاز باشد با یک سد نمی توان نیاز را رفع کرد و باید چند سد احداث شود.

مطالعات هیدرولوژی برای رودهای موجود و منابع دیگر انجام می شود و از روی آن می توان حجم مخزن یک یا چند سد را تعیین کرد.
(مدیریت منابع آب).

عمر پروژه های سدسازی را معمولاً 50~100 سال می گیرند.

اگر بعد از زمان عمر مفید (۵۰ سال) نیاز را تأمین نکند باید از روش های دیگری استفاده شود. (100 سال ایده آل است.)

لایروبی و رسوب برداری بسیار پرهزینه است و تخلیه ی آن حتی هزینه ساخت یک یا چند سد را دارد!

در سد سفیدرود از آنجا که مصالح رسوب با ارزش است رسوب برداری تا حدی توجیه اقتصادی دارد.

PAPCO

Subject: ۱۳
Year. Month. Date. ( )

پس bottom outlet چی می‌شه؟

نکته: یک راه مقابله با رسوب افزایش ارتفاع سد است که البته بهترین راه است.
برای کشورهای پیر در زمینه‌ی سدسازی بولتنی وجود دارد که ضوابط خوبی را طرح کرده است.
البته ممکن است به دلیل شکل دره امکان افزایش ارتفاع وجود نداشته باشد.

سد ۱۵ خرداد اولین سد خاکی است که ایرانیان ساخته اند. آب رودخانه‌ی ورودی به آن از رودخانه‌ای به نام رودخانه‌ی شور تأمین می‌شد.
این رودخانه از مناطق با خاک شور عبور می‌کرد.
نمونه‌ی ساخت سد به گونه‌ای بود که عمق مخزن کم بود و سطح مخزن بیشتر بود که اشتباه بزرگی بود. البته سد به لحاظ سازه‌ای سد خوبی بود ولی مطالعات جانبی مناسبی نداشته است.
حدود 4 سال آب قم از این سد تأمین شد ولی بعد از آن به علت افزایش غلظت نمک در اثر تبخیر آب، آب تلخ شد و سد عملاً بلا استفاده شد.
تخلیه کننده‌هایی هم برای آن در نظر گرفته نشده بود تا مخزن سد شستشو داده شود.

رسوب سالیانه افزایش می‌یابد. در مهندسی هیدرولیک روش‌هایی برای کنترل رسوب وجود دارد.

با مشخص شدن حجم مخزن + هندسه‌ی محور ساختگاه ⇐ ارتفاع سد (H) بدست می‌آید.

(سد کرخه طول تاج 2000 m و ارتفاع حدود 140 m دارد.)
البته مطالعات آمریکایی‌ها قبل از انقلاب محلی را تعیین کرده بود که طول تاج حدود 7000 m را بدست می‌داد ولی بعد از انقلاب، مطالعات نشان داد که در فاصله‌ی حدود 100 Km از محل تعیین شده می‌توان سدی با طول تاج 2000 m را احداث کرد.

PAPCO

Subject: ۱۴ هوازدگی و کاوست
Year. Month. Date. ( )

عمومی
مخزن
محورهای احتمالی = آبگذرانی - وجود درزه ها - برخورد با گسل ها -
حوضه ی آب ریز

منابع قرضه
زمین ساخت - تکتونیک و لرزه ی زمینی ساخت - لرزه خیزی و تعیین خط زلزله - در منطقه ی زاگرس فرسودگی بیشتر ولی در منطقه ی البرز سنگ ها جوان تر و مساله ی کوه زایی مطرح است. در مناطق جوان گسل ها پیدا و آشکار است

زمین شناسی

الف) عمومی

ممکن است شامل کل منطقه ی هدف باشد.
ایران ۴ منطقه ی زمین شناسی دارد. منطقه ی البرز کوه های جوان با فرسایش کمتر دارد. منطقه ی زاگرس پیرتر است و منطقه ی ملایر مابین این دو است (حالت دگرگونی.)

الف - ۱) زمین ساختی tectonics
الف - ۲) چینه شناسی Lithology

tectonics: یعنی متعلق به چه دورانی است. (مثلاً کوه های البرز سالیانه چند میلی متر رشد پیدا می کند.) میزان تنش های تکتونیکی منطقه هم باید معلوم شود.

Lithology: سنگ ها از چه نوع و طبقه بندی است.
(منطقه ی هراز از نظر tectonics خیلی فعال است و جاده ی موجود در آن هزینه ی نگهداری زیادی دارد و در اثر حرکات زمین، جاده دچار خرابی می شود.)

در مناطق فعال مذکور، چون سد بتنی تغییر مکان چند سانتی متری اش قابل قبول است مطلوب نیست ولی سد خاکی می تواند حتی تا 1m هم تغییر شکل داشته باشد.
پس در مناطق با حرکات زمین ساختی (که تغییر مکان تجمعی دارد) سد خاکی باید احداث شود.

PAPCO

سنگهای آهکی چگونه‌اند؟ آب را به خود می‌کشند؟!

ب) منطقه‌ای (منطقه‌ی هدف)

مخزن: جنس زمین مخزن باید به گونه‌ای باشد که آب را در خود نگه دارد و آب در زمین مخزن فرو نرود. (سنگ‌های آهکی این گونه‌اند)

حوضه‌ی آبریز (Catchment Area): میزان خاک فرسوده، مواد شیمیایی و ... باید بررسی شود.

محور سد: جایی که مخزن انتخاب می‌شود و سد هم یکی از دیواره‌های آن است باید بررسی شود.

منابع قرضه (Borrow Areas): برای سد بتنی، دانه‌ها باید قابل اعتماد باشند (بویژه به لحاظ شیمیایی مهم است که مثلاً واکنش قلیایی را بررسی کنیم.)
در چه فاصله‌ای سنگدانه وجود دارد. دانه‌های مقاوم مطلوب ماست.
ممکن است بین 100 هزار تا 2 میلیون متر مکعب سنگدانه نیاز داشته باشیم (برای سد بتنی) برای سدهای خاکی منابع حدود 5~10 برابر، نیاز خواهد بود.
حداکثر منابع قرضه 5~8 کیلومتر دورتر از محور سد باید باشد.

لرزه زمین ساخت (زلزله): پدیده‌های زلزله‌ای باید بررسی شود.
با طراحی خوب حتی در مجاورت گسل هم پروژه صورت می‌گیرد.

Subject: 16
Year. Month. Date. ( )

شنبه : ۸۸/۱۲/۸

زمین شناسی مخزن:

۱- آب بندی در دیواره ها و کف : میزان نشت باید کم باشد.

← از نظر لایه های نفوذ ناپذیر : از نظر کارست (karst) که در سنگ های آهکی دیده می شود (لایه های آهکی قابل انحلال در آب که به مرور زمان با شسته شدن، یک سری کانال و مجرای انتقال آب ناخواسته در اعماق زمین ایجاد می کند و حالت رودخانه هایی در اعماق زمین خواهد داشت.)

آهک یا در آب حل می شود یا حل نمی شود. انحلال در طول صدها هزار سال رخ می دهد و ممکن است ظاهراً دیده نشود ولی در عمق دیده می شود.
وقتی سنگ رسوبی گسترده ی زیادی داشته باشد ممکن است چنین مجراهایی تشکیل شود.
زمین شناسی خیلی وابسته به تجربه است. ساختارهای کارستی، حالت غارهایی مثل علیصدر را ایجاد می کنند و نهری در اعماق زمین بوجود می آورد.
نمونه های بزرگی در ترکیه و آمریکا وجود دارد. بعضی از آنها قابل دسترسی است ولی اکثراً قابل دسترسی نیست.
سنگ های آهکی در سطوح هم ممکن است بصورت کارستی دیده شوند. کارست های سطحی خیلی نشت آب دارند ولی چندان نگران کننده نیستند و می توان آنها را ترمیم کرد.

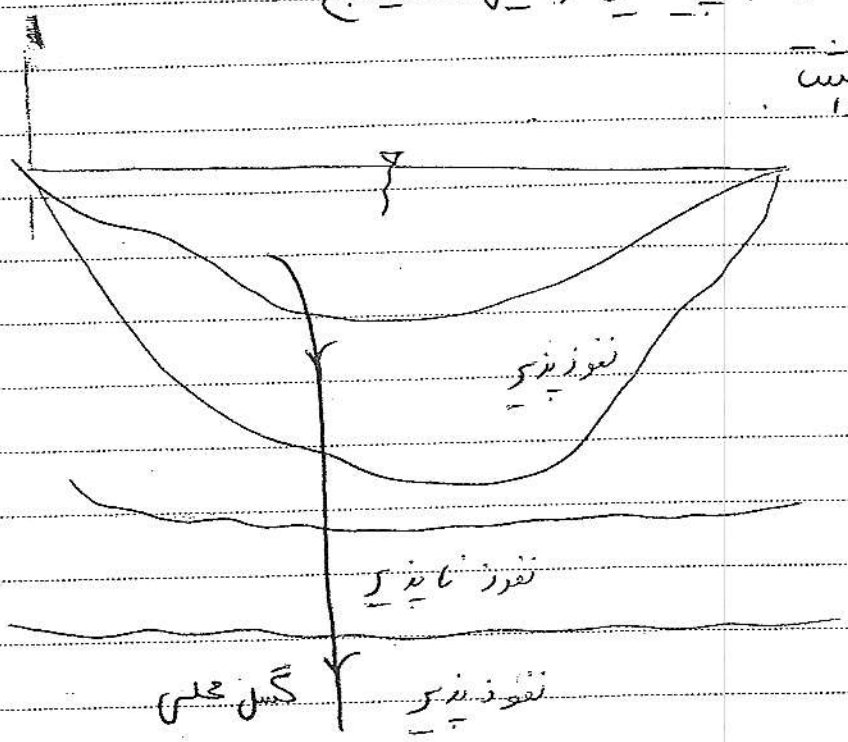
سد لار با پدیده ی فرار آب از طریق کارست روبرو شد و با شکست پروژه مواجه شد یعنی مخزن پر نمی شود و تراز آب به حالتی که سوار شود بر تراز مورد نیاز نمی رسد.
تا عمق 200m (هم زوایتی ۳۰۰ متر) می توان با تزریق دوغاب سیمان، کارست ها را پر کرد ولی از 200m به بالا کار خاصی نمی توان کرد.
کارست سد لار با مطالعه ی زمین شناسی قابل تشخیص بود ولی متأسفانه انجام نشد. توسط انگلیسی ها ساخته شد.
کارست این سد در عمق 600m (هم زوایتی ۹۰۰ متر) به بالاست. هزینه های تزریق حدود 1.5 برابر قیمت سد بود.

* پدیده ی «لایه ی کارستی» هم در مورد «مخزن سد» و هم در مورد «محور سد» می تواند تهدید کننده باشد
* پدیده ی «کارست» سبب تشکیل رودخانه های زیرزمینی می شود

6 ماه بعد از تزریق دوباره شسته شد و کار بی نتیجه ماند و در ICOLD زیاد روی آن بحث شد. (البته در این سد چند گسل نیز در زیر مخزن کشف شد)

← از نظر وجود گسل های آب دزد:

گسل ترک های موجود در زمین است که در اثر حرکات tectonics ایجاد شده است. تقریباً همه دشت ها گسل های متعددی دارند که معمولاً طول زیادی ندارند و 500m تا 10 Km طول دارند و خطرناک نیستند از نظر زلزله.
گسل های خطرناک طول زیادتری دارند. (معمولاً بیش از 10 km مد نظر است.)
گسل های کوتاه در آب دزدی نقش دارند.
یافتن گسل های غیر فعال به پیمایش زمینی احتیاج دارد.



گسل محلی در سد لار وجود داشت.
(یعنی سد لار، علاوه بر مشکل وجود ساختارهای کارستی دارای گسل هم بود.)

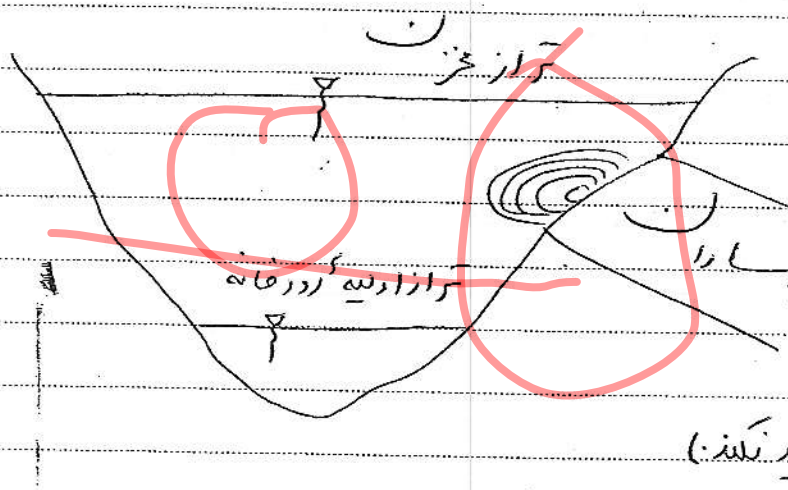
← از نظر Sink hole، گودال های فرو افتاده:

زمین ظاهراً پیوسته دیده می شود ولی در بعضی جاها بصورت دایره هایی فرو رفته دیده می شود. این به علت وجود دایه های گچی است که در اثر شسته شدن دچار نشست شده و با ورود آب کانالهایی در زیر زمین در اثر شسته شدن گچ ایجاد می شود.

Sink hole عامل خیلی بدی است و ما کلاً با گچ مشکل داریم.

۲- جنس شیمیایی جداره ها:

از مهمترین مواد آلوده کننده گچ است. مثلاً لایه های گچساران در زمین شناسی ایران معروفند.



(برای آنکه تراز آب در مخزن سد به لایه های گچساران نرسد مجبوریم ارتفاع سد را کمتر در نظر بگیریم تا اینکه لایه های گچساران در آب مخزن حل نشود و کیفیت آب داخل مخزن را تهدید نکند.)

گچ می خواهد در آب پخش شود و آن را آلوده کند. تصفیه ی آن خیلی هزینه بر است.

سد خرسان Z به علت وجود لایه های گچساران با کاهش تراز مخزن طراحی شد.

لایه های رادیواکتیو و ... هم مشکل دارند ولی نه به اندازه ی گچساران.

۳- پایداری شیب ها و جنس آنها:

با بالا آمدن آب، فشارهای کاپیلاری ایجاد می شود (فشار منفی) و ممکن است باعث ریزش سد شود.

یکی از بزرگترین حوادث جهان ناشی از چنین پدیده ای بود.

ناپایداری توده های قدیمی با تحریک عوامل ناشی از سدسازی (فشار منفی آب، زلزله های القایی)

در اثر ریزش:
- مخزن کوچک می شود
- ممکن است مواد ریزشی از نظر شیمیایی بر روی آب مخزن تاثیر بگذارند (مثل سنگ کچ که آب را نابود می کند)
- تلفات ... به تاسیسات

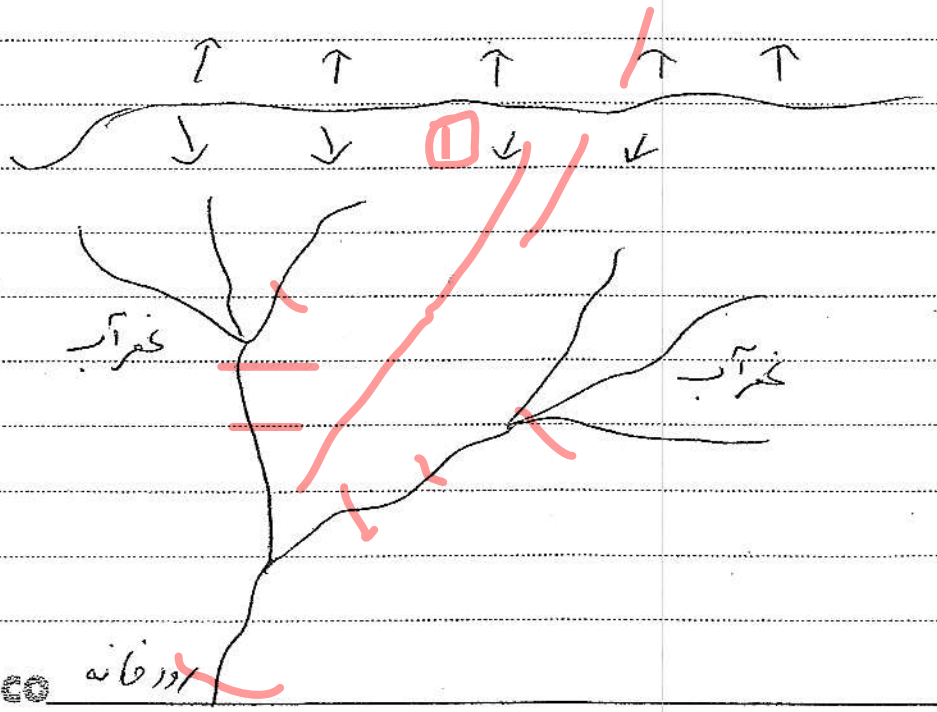
زمین لرزه های القایی در اثر بار آب مخزن بوجود می آید که البته معمولاً کوچک هستند ۲ تا ۳ ریشتر ولی یک مورد ۶ ریشتری وجود داشت که خود سد را تخریب کرد.
شیب های مستعد ریزش با این پدیده دچار ریزش می شوند.

سد vajont (وایونت) در ایتالیا در اثر چنین پدیده ای $90\times10^6\ m^3$ خاک در عرض کمتر از یک ساعت دچار ریزش شد و مخزن را پر کرد و سیل عظیم بنیان کنی رخ داد و شهر پایاب رودخانه را از بین برد البته خود سد از بین نرفت و دچار آسیب نشد و فقط آب از روی آن سرریز شد ← یک شهر نابود شد و ۲۰۰۰ نفر کشته شد
سدی قوسی با ارتفاع حدود 260m است. (مهندس طراح سد زندانی شد.)

COLD: Lessons Learned from Dam Incidents 1973-1991.

زمین شناسی حوضه آبریز:

۱- شیمی خاک ، ۲- فیزیک خاک ، ۳- چینه شناسی ، ۴- شیب.



PAPCO

شیب زمین خیلی مهم است چون هرچه بیشتر باشد شیب هیدروگراف سیلاب بیشتر می شود. (البته میزان پوشش گیاهی هم مهم است.)
دره شهر ایلام 60 km² مساحت دارد و در عرض 20 min رودخانه آن طغیان می کند و علت آن شیب زیاد است.

از روی شیمی و فیزیک خاک می توان حجم و ویژگی های رسوب را تعیین کرد.
در بلوچستان سدی ساخته شد که طی ۱۰ سال در اثر رسوب پر شد در حالی که عمر سد ۱۰۰ سال می باشد

زمین شناسی منابع قرضه (از نظر فاصله، جنس، مقاومت، ...)

۱- مصالح ریزدانه و مصالح درشت دانه از بعد جنس و فاصله بررسی شوند
(از نظر فیزیکی محکم باشند و از نظر شیمیایی واکنش قلیایی انجام ندهند.)

واکنش قلیایی AAR : Aggregate Alkali Reaction
حدود 4 دهه ی قبل در ژاپن، پرتغال، اسپانیا و... از درون دچار ترک شدند که بعدها بعنوان واکنش قلیایی شناخته شد.

سیلیس بی شکل (غیر بلوری) با مواد آهکی و قلیایی موجود در ژل سیمان ترکیب می شود که حدود 20 سال طول می کشد تا واکنش صورت گیرد. این واکنش حالت انفجاری دارد و با انبساط همراه است و سرطان بتن نام دارد. این واکنش 20~30 سال بعد از ساخت و اتمام سازه دیده می شود. راه علاجی ندارد و فقط باید قبل از احداث سازه های بتنی از استفاده از چنین مصالحی پرهیز کنیم.

سنگ چرت، خاکستر آتشفشانی، سنگ های سیلیسی آمورف چنین سنگدانه هایی هستند.

PAPCO

پلی ورژاین که برای عبور قطار سریع السیر احداث شده بود پس از 20 سال دچار این واکنش شد.

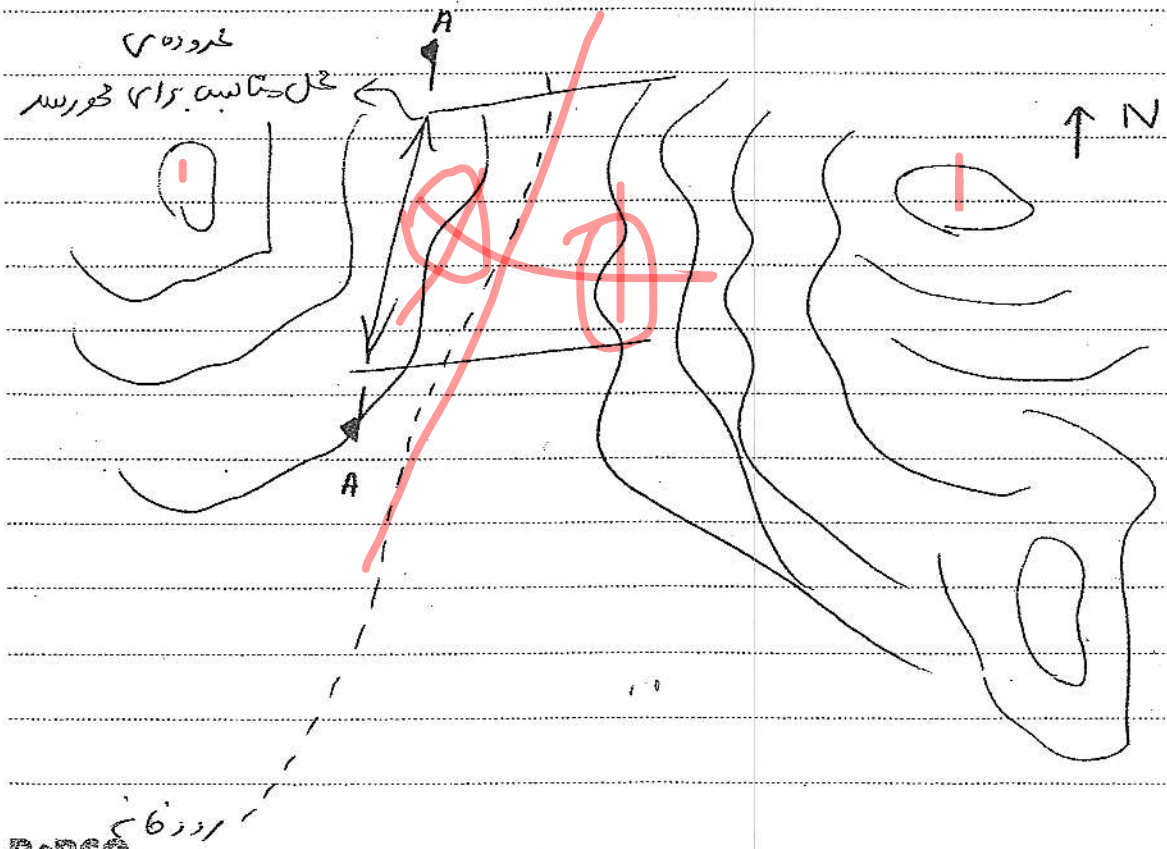
دستگاه Accelerated AAR Test برای آزمایش این پدیده وجود دارد.
تست شتابدار AAR.

تیپ بعضی سدها براساس همین مصالح قرضه تعیین می شود یعنی مصالح خیلی مهم است.

معمولاً اگر جنس و مصالح موادی که در 15 km محل مخزن می باشند قابل استفاده باشند خوب است.

زمین شناسی محور سد:

bedding
۱- لایه بندی، ۲- سیستم های درزه، ۳- وجود گسل های مجاور و درزهای اصلی
۴- هوازدگی، ۵- کارست، ۶- پایداری.

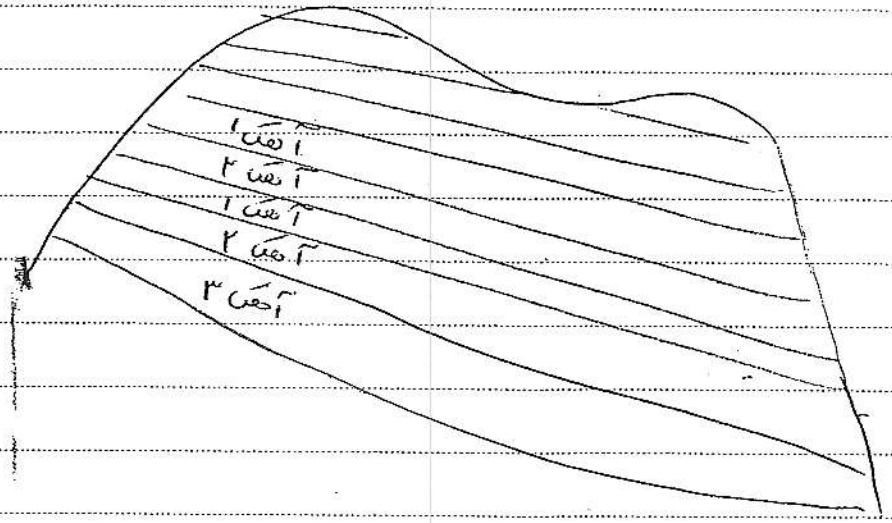


PAPCO

۰۹۱۳۳۱۷۰۰۳۸

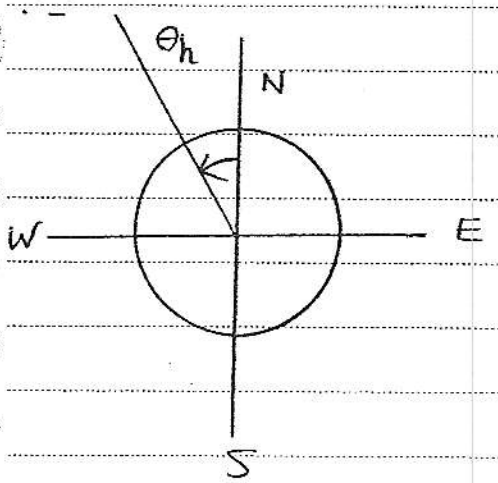
فاصله‌ی 500m تا 3km برای محور سد بررسی می‌شود.

به تدریج، لایه‌های رسوبی سخت می‌شوند. این لایه‌ها در محل محور سد باید بررسی شوند (جنس، ضخامت، جهت و شیب لایه‌ها اهمیت دارد)

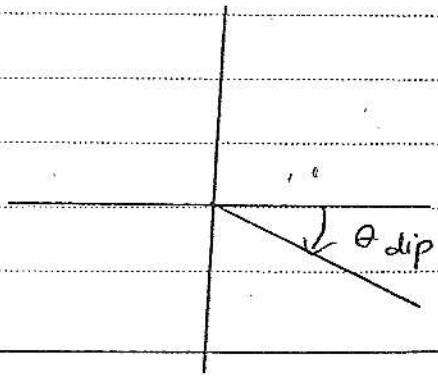


(section A-A)

امتداد و شیب لایه‌بندی اهمیت ویژه‌ای دارد. اگر شیب لایه‌بندی رو به پایاب باشد کل توده در اثر فشار سد ممکن است ناپایدار باشد.



دایره‌ی مقابل را روی پلان قرار می‌دهیم و زاویه را تعیین می‌کنیم.



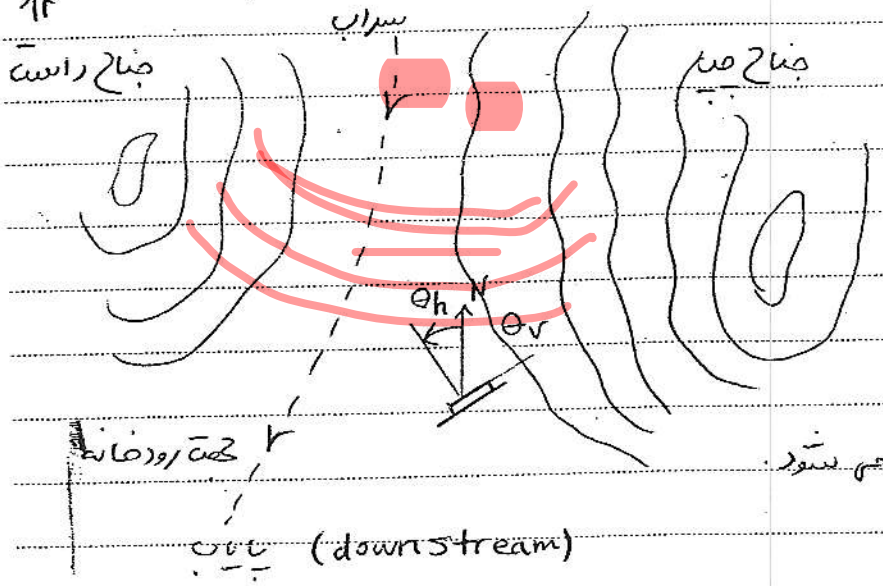
Subject: ۲۳
Year. Month. Date. ( )

۳ شنبه
۸۸/۱۲/۱۱

زمین شناسی محور:

- لایه بندی: نقشه های توپوگرافی با مقیاس 1:5000 تا 1:500 داریم
(مهمترین سیستم درزه در توده ی سنگ شناخته می شود.)

از بالادست نگاه می کنیم.
⇑



شیب

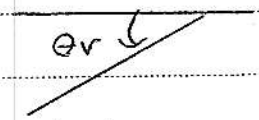
θ_h : زاویه ی امتداد لایه بندی

$\theta_h \rightarrow$ dip direction

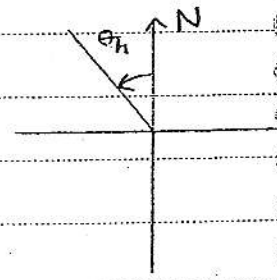
θ_v : زاویه ی شیب لایه بندی

$\theta_v \rightarrow$ dip

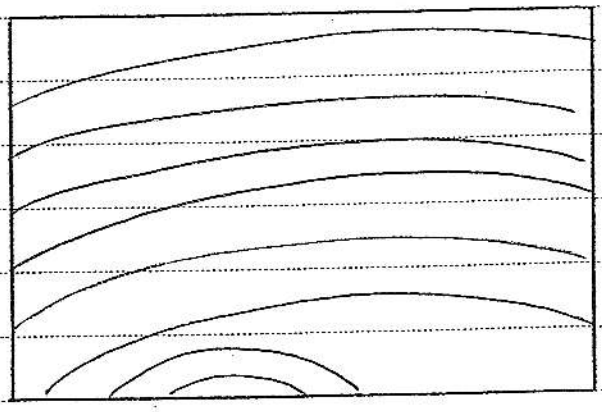
- θ_h در پلان دیده می شود
و θ_v در صفحه ی تاکم دیده می شود.



در صفحه برش تاکم



پلان



برش لایه بندی ⇐ لایه های رسوبی فشرده شده در اثر وزن

جنس خاک و رنگ این لایه ها می تواند متفاوت باشد.

معمولاً لایه های سطحی ضعیف تر و هرچه به عمق می رویم لایه ها قوی تر می شوند.

بهترین حالت آن است که این لایه ها مسطح باشند (در عین شیب دار بودن)؟

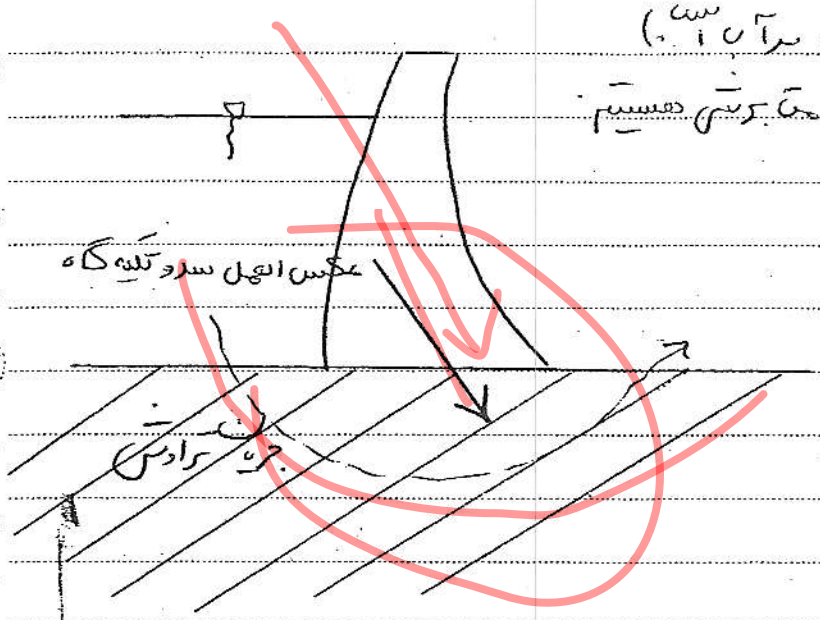
مسطح چطوره شیب دار میشه؟

PAPCO

حالت ایده آل آن است که شیب لایه بندی بطرف سرآب باشد.

(در شکل زیر، لایه بندی بطرف سرآب است.)

در تکیه گاه ها نگران مقاومت برشی هستیم.



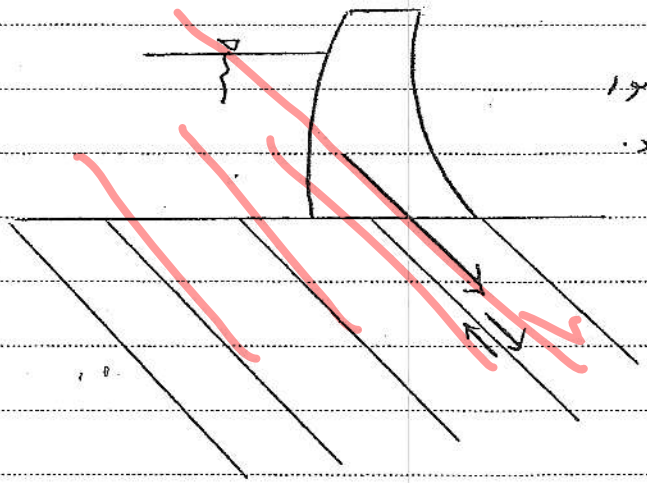
جنس این لایه ها ممکن است متفاوت باشد.

(لایه ها به هم فشرده می شوند ⇐ مقاومت برشی لایه ها افزایش پیدا می کند؛ در ضمن آبی که می خواهد جریان تراوش را ایجاد کند می خواهد از بین لایه ها عبور کند، این نیروی فشاری باعث می شود نفوذپذیری هم کمتر شود چون لایه ها را به هم می فشارد و نوعی تحکیم صورت می گیرد و زیر سد دچار نشت نمی شود.)

اگر لایه بندی بطرف پایاب باشد برعکس مطالب یادشده را خواهیم داشت.

یعنی لایه ها روی یکدیگر می لغزند.

از طرف دیگر، آب از بین لایه ها عبور می کند و زیر سد دچار نشت می گردد.



سایر سیستم های درزه:

همواره گروهی از درزه های متناوب در توده سنگ وجود دارد که بصورت صفحات موازی سیستم درزه را تشکیل می دهد.

ممکن است عمود بر لایه بندی سیستم های درزه دیگری داشته باشیم.

(خود لایه بندی یک سیستم درزه است.)

پس توده سنگ بصورت مجموعه ای از بلوک های در کنار هم قرار گرفته است.

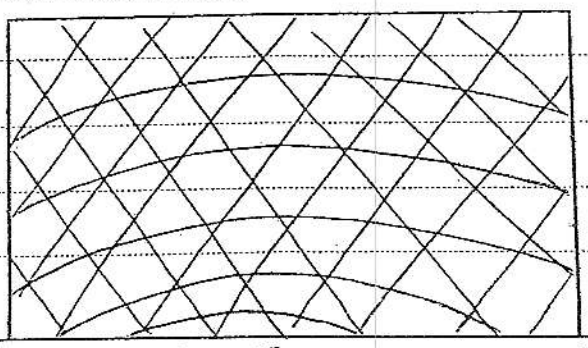
ممکن است چندین سیستم درزه داشته باشیم (هر کدام θ_h و θ_v خود را دارند.)

(بزرگترین توده سنگ سالم دنیا در استرالیا قرار دارد.)

فعل و انفعالات حرارتی، اثرات آب و ... در تشکیل سیستم های درزه دخالت دارند.

ناپایداری پی و نفوذ آب در سدسازی خیلی خطرناک است.

(برای هر سیستم درزه ابتدا باید θ_h و θ_v را تعیین کنیم؛ فاصله ی متوسط (S) یعنی بین صفحات متناوب و موازی چه فاصله ای وجود دارد. تغییرات S معمولاً کم است و بطور میانگین در نظر گرفته می شود. (Spacing) هرچه S کمتر باشد یعنی سنگ خردشده تر است؛ جنس پر کننده ی درزه ها (بعضاً خالی است و صرفاً ترک خورده است. گاهاً رسوبات آهکی یا رسی آن را پر کرده است) روی پایداری لایه ها بسیار مهم است؛ خواص مکانیکی (ϕ، C، JRC، JCS، ...)



اگر سیستم های درزه بیشتر از چهار یا پنج باشد دیگر به درد نمی خورد

البته شاخص هایی در زمین شناسی وجود دارد که نشان می دهد چند درصد سنگ است

PAPCO

دلایل وجود درزه:
- لایه بندی ← معمولاً در سنگ های رسوبی
- فعل و انفعالات حرارتی که در زمین رخ داده ← همانند سنگ های گرانیت
- فعل و انفعالات هیدروترمال (آب و هوایی)

Subject: ۲۶
Year. Month. Date. ( )

جنس توده‌ی سنگ:

(سنگ آذرین ، سنگ دگرگونی ، سنگ رسوبی (آهکی متراکم با نفوذپذیری کم) ، ... ، سنگ‌های رسی ، گل سنگ)

(کنگلومرا)

ترتیب کاهش اولویت

(خاک‌های رسی و ماسه‌ای بدرد سدتنی نمی‌خورد.)

تا گل سنگ هم می‌توان برای پی سدتنی پذیرفت ولی ضعیف‌تر از آن را نمی‌پذیریم.

آبگذرانی:

تابع سیستم‌های درزه و جنس سنگ است.

سنگ‌های آذرین ، دگرگونی ، آهکی متراکم با پرشدگی رسی.

(سنگ‌های رسوبی بویژه آهکی در معرض خطر کارست هستند و باید از آنها در محور سد دوری گزید.)

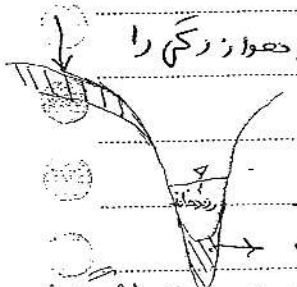
- وجود کارست عمیق یا سطحی در سنگ‌های آهکی.

هوازدگی:

ناشی از تغییرات آب و هوا و نفوذ آب.

(یخ زدگی و آب شدن ، تابش آفتاب و ... روی سنگ‌ها اثر می‌گذارد و هوازدگی را ایجاد می‌کند.)

در کوه‌ها هرچه بالاتر بریم شیب کمتر می‌شود. شیب کمتر نشانه‌ی هوازدگی سنگ است



اگر آبرفت بیشتر از ۲۰ متر باشد گزینه‌ی سد بتنی حذف می‌شود

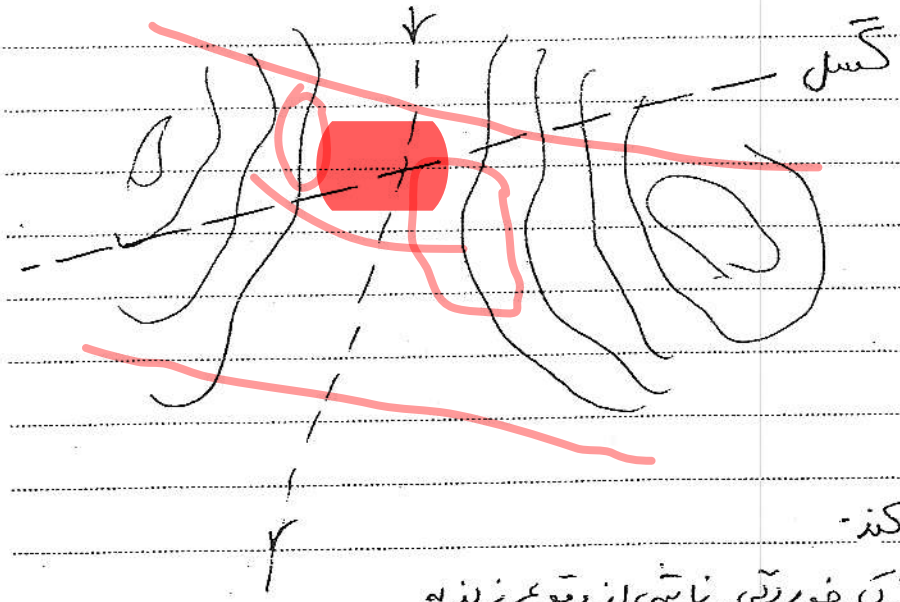
گسل‌ها:

- گسلی که محور سد را قطع کند باید مورد توجه قرار گیرد.

گسل‌ها:
- فعال ← تولید زلزله می‌کند
- غیرفعال ← تولید زلزله نمی‌کند اما در اثر زلزله می‌تواند تغییر کند.

هرچه طول گسل بزرگ‌تر باشد زلزله‌ی بزرگ‌تری تولید می‌کند.

Subject: ۲۷
Year. Month. Date. ( )



گسل فعال تولید زلزله می کند.

گسل های غیر فعال ، ترک خوردگی ناشی از وقوع زلزله هستند و خود عامل زلزله نیستند.

گسل ها باید از نظر : تقاطع با محور ، فعالیت احتمالی ، خواص ⇐ بررسی شوند.

در درزه ها حرکت و جابجایی دیده نمی شود ولی در گسل ها از چند دسی متر تا چند متر جابجایی رخ می دهد. با معاینه ی گسل می توان این جابجایی را تعیین کرد و وقوع آن را تشخیص داد (از روی کربن 14) ⇐ موادی که در هنگام جابجایی ... از خرد شدن می شوند ⇐ زمان وقوع این جابجایی را با تست کربن 14 تعیین می کنند

جابجایی مربوط به بیش از 15000 سال باشد ⇐ گسل غیر فعال است.

... ی گسل فعال تقریباً ممنوع است. در گسل غیر فعال نگرانی نداریم.

در دنیا وجود دارد که روی گسل فعال سد ساخته اند (سد کلاید در نیوزیلند) ⇐ این سد خو... برای تعجب ... مثلا برشی ... به میزان ... آماده کرد

سد را قطع نکند و فاصله اش بیش از 200m باشد و موازی ... نگرانی وجود ندارد.

PAPCO

... مولو مینسانی (Thermoluminesence) ⇐ سن آخرین جابجایی

Subject: ۲۹
Year. Month. Date. ( )

لرزه زمین ساخت : seismotectonics

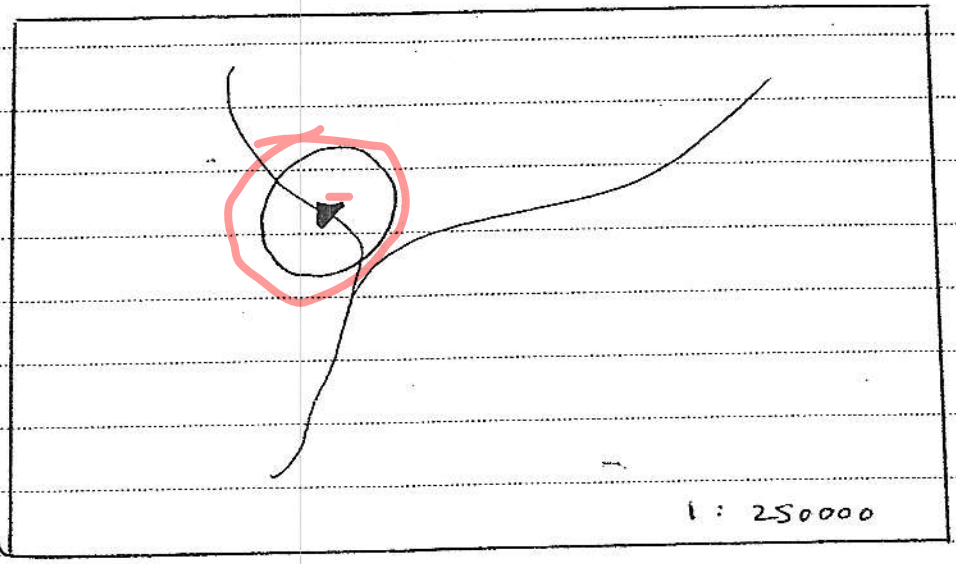
tectonics یعنی کوهزایی (ایجاد پستی و بلندی در پوسته زمین .) (حرکت زمینی کند باشد)

seismotectonics جزئی از فرآیند کوهزایی است (جزایر ظاهر شده و محو شده در اقیانوس ها از این عامل ناشی می شوند) حرکت سریع زمینی که مولد زلزله است

← برآورد خطر زلزله در ساختگاه : (Site Seismic Hazard Analysis)
یعنی (به شعاع 150 km در اطراف محور سد) چقدر خطر زلزله (لرزه ای) برای سد وجود دارد

نقشه 1 : 250000 حدود 200 km را تحت پوشش قرار می دهد.

▲ محل تقریبی سد را نشان می دهد.



باید در شعاع 150 km تمام گسل های فعال ، تاریخچه ی زلزله های گذشته (باستانی و اخیر) شناسایی و بررسی شوند و گسل ها فاصله شان از ساختگاه معلوم شود.

(آمبرسیز و بربریان ⇐ تاریخچه ی زلزله های گذشته)

بزرگی زلزله را از روی اطلاعات گذشته حدس زده اند و محل و گسل آن را حدس زده اند (عدم قطعیت در این اطلاعات وجود دارد)

در 100 سال اخیر (1920 به بعد) دستگاه های لرزه نگار داشته ایم.

البته چینی ها حدود 4000 سال پیش نوعی زلزله سنج داشته اند.

گسل فعال ⇐ 15000 year > سن آخرین جابجایی

(سد Clyde در نیوزیلند روی گسل فعال است.) این سد خود را بر تغییر شکل برشو حدود ۲ متر آماده کرده

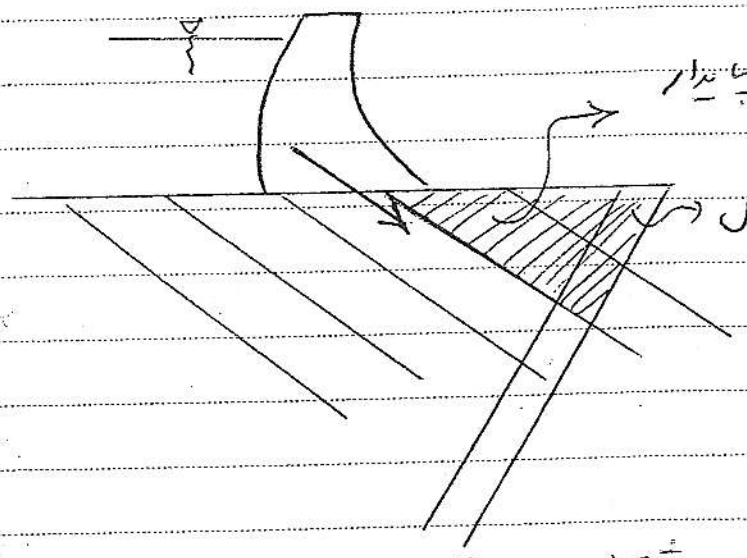
در ایران سد شیروان که قوسی با ارتفاع حدود 80m است روی گسل مشکوکی قرار گرفته است و بطور معمول هم طراحی شده است (نگرانی در مورد آن وجود دارد)

در محل سنیدرود هم گسل وجود دارد ولی از محل محور عبور نمی کند.

سد شهید رجایی ساری نیز در دو طرفش گسل قرار دارد

درز و شکاف های هیدروترمال (major joints):

معمولاً به حالت تکی هستند و در ترک آن پر از لایه های خاکی است (یعنی حالت سیستم درزه را ندارند) هم آب و هم حرارت در ایجاد آن نقش داشته اند.



شکاف هیدروترمال چیست؟

لایه بندی خطر خیلی بیشتری از شکاف هیدروترمال دارد.

PAPCO

— در سد شهید رجایی طراحی بر این اساس است که سد با زلزله ماکزیمم تخریب شود و آب مخزن به سمت پایه روانه شود البته طبق برآوردها بدلیل وجود دشت هموار در پایین دست زمانی که آب به شهر ساری می رسد حدود ارتفاع دارد که این دفعه سیل را از بین می برد.

Subject: ۳۰

Year. Month. Date. ( )

با ۳ دستگاه لرزه نگار، محل های کانون زمین لرزه ای اتفاق بیفتد می توان بزرگی آن را تعیین کرد. مثل جغرافیایی و کانون زلزله را هم می توان یافت.

هر چه لرزه نگارها بیشتر باشد، دقت بالاتر است. کره ی زمین امواج لرزه ای را در پوسته ی خود منتقل می کند (با سرعتی حدود 10 km/hr)

در ایران حدود 60 ایستگاه قوی لرزه نگاری وجود دارد.

اطلاعات حاصل از موارد گفته شده را اطلاعات دستگاهی گویند.

زلزله ها (مثل عمق کانونی، بزرگی) را برای منطقه ای با شعاع 150km تعیین می کنیم.

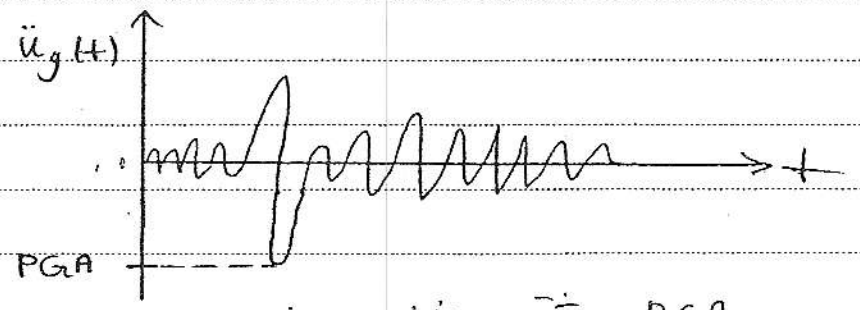
از آن نیز حاصل در می یابیم که:

بزرگترین زلزله ای که محل در ساختگاه مورد نظر چه شتابی و چه طیف پاسخی دارد؟

(بزرگترین زلزله ی محل چه شتابی خواهد داشت؟ طیف پاسخ یک پدیده هم بارگذاری است.)

طیف زلزله، مولفه های فرکانس های موجود در آن زلزله را نشان می دهد.

اگر تابع دلخواهی داشته باشیم، فرکانس هایی داریم که دامنه ی بزرگتری دارند و مهم هستند.



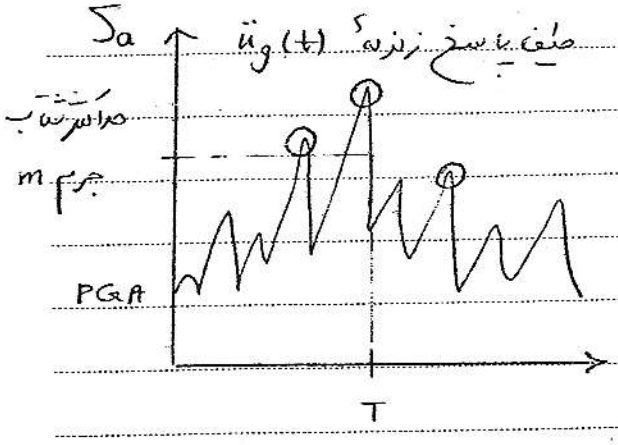
PAPCO

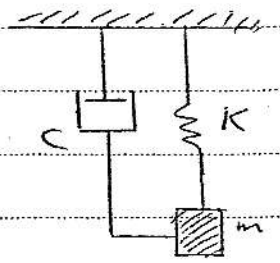
PGA : شتاب بیشینه ی زمین

Peak Ground Acceleration

اگر تابع $\ddot{u}_g(t)$ را روی یک سیستم یک درجه آزادی تعریف کنیم.

(شتاب طیفی)





T: پریود طبیعی

(Response Spectram Curve)

(کتاب دینامیک سازه ها: Clough، مقدم، برگی یا ... مطالعه شود

در زمینه ی PGA)

با پریودهای خاص، شتاب های حداکثر به سازه اعمال می شود.

حداکثر زلزله را طیف پاسخ آن نشان می دهد. (تمامی پریودهای اثر زلزله را بیان می کند.) بعضی زلزله ها پریودهای نزدیک و بعضی بزرگ را دارند.

پس باید بدانیم چه شتابی در زمین رخ می دهد و چه محتوای فرکانسی دارد؛ طیف پاسخ آن چگونه است.

در پریودهای تنها فقط زمین نوع I قابل قبول است. (از چهار مورد آئین نامه 2800)

مطالعات مذکور را تحلیل احتمالاتی یا تحلیلی گویند.

تا می توانیم باید از خطر دور شویم.

شنبه
۸۸/۱۲/۱۵

Subject: ۳۲
Year. Month. Date. ( )

در کشور ایران در سطح MCE (Maximum Credible Earthquake)
حداکثر زلزله‌ی قابل باور (قوی‌ترین زلزله‌ای که می‌تواند در ساختگاه رخ دهد که دوره‌ی بازگشت بسیار طولانی دارد.) اکثراً 0.4g ~ 0.8g می‌باشد.
(حداکثر شتاب زمین PGA : Peak Ground Acceleration)

معمولاً برای یک گسل فعال، طول شکست محتمل را برآورد می‌کنیم و از روی آن بزرگی MCE را تعیین می‌کنیم. (بزرگای زلزله magnitude برحسب ریشتر بیان می‌شود.)

با داشتن فاصله از ساختگاه (h) و عمق کانونی (d) و جنس زمین (که در مورد سدهای بتنی سنگ قوی خرد نشده است) ⇐ PGA و طیف پاسخ احتمالی ساختگاه را می‌توان یافت.

در مجموعه‌ی گسل‌های مختلف نزدیک هم، سطح شکست احتمالی تعیین شده و از آنجا MCE را می‌یابیم (بقیه‌ی موارد مثل حالت فوق است.)

به بحث بیان شده Seismic Hazard Analysis : SHA گویند.

هر یک از گسل‌ها می‌تواند بزرگترین زلزله در محل را ایجاد کند.

دوره‌ی بازگشت MCE بیش از 2500 سال است. مناطقی که شتاب خیلی زیاد است باید دوری شود.

در آئین‌نامه‌ی 2800، دوره‌ی بازگشت 475 سال در نظر گرفته شده است. ولی برای سدسازی مسئله خیلی پیچیده‌تر است و شکست آن فاجعه‌بار است و از MCE استفاده می‌کنیم.

به دنبال PGA کمتر هستیم یعنی جایی را می‌خواهیم که شتاب زمین در آنجا کمتر باشد.

PAPCO

ملاحظات ژئوتکنیکی

مهمترین مسائل مربوط است به :

۱. نفوذپذیری محور سد در مقابل آب. (Permibility)
۲. انعطاف پذیری محور سد در مقابل بارهای سد. (Flexibility)
۳. مقاومت توده‌ی سنگ " . (Strength)
۴. پایداری " " . (Stability)
۵. اصلاح پذیری " در محور سد.

۱. آزمایش لوژون (Lug) برای بررسی تراوایی و آببندی بکار می‌رود. از آنجا ضریب آبگذری یا نفوذپذیری برای لایه‌های مختلف بدست می‌آید.

۲. با تست‌های چرخه‌ای درجا (بارگذاری) ⇐ مدول تغییرشکل و مدول ارتجاعی توده‌ی سنگ برای لایه‌های مختلف بدست می‌آید. (چه مقدار از تغییرشکل‌ها برگشت‌پذیر و چقدر برگشت‌ناپذیر و پلاستیک است.)

E_r : مدول ارتجاعی $\qquad$ E_r^d : مدول تغییرشکل

۳. تست برشی و نرمال ⇐ ظرفیت باربری q (نرمال)، و نیز c و ϕ را می‌دهد.

۴. توده‌ی عظیمی یکباره به حرکت درمی‌آید و می‌شکند و مثلاً زیر تکیه‌گاه سد را خالی می‌کند.
مقاومت بطور محلی بررسی می‌شود ولی پایداری سراسری است (بخش بزرگی از تکیه‌گاه ناپایدار شود.)
با شناخت گسل‌ها و درز و شکاف‌های اصلی و سیستم‌های درزه همراه پارامترهای مقاومت سنگ؛ (هندسه، c و ϕ، سیستم‌های درزه و ناپیوستگی‌ها)
از آنجا سناریوهای ناپایداری را بررسی می‌کنیم. (در سدهای قوسی این نکته بسیار مهم است و پایداری تکیه‌گاه‌ها حیاتی است.)

PAPCO

~~* برای هر سیستم درزه (حتی گسل‌ها) ۲ و ۳ لازم است.~~

۵ ملاحظات تزریق پذیری و اصلاح کمبودهای مربوط به موارد فوق:

(در توده‌های دارای ناپیوستگی شاید بتوان با کابل‌های پیش تنیده مشکل را حل کرد. در سد کارون 4 چنین مسئله‌ای وجود داشت که البته به شکل دیگری حل شد.)

بعضی سنگ‌ها (مثل سنگ شیست) اصلاً تزریق پذیر نیستند و نمی‌توان مقاومت را افزایش داد.

با تزریق دوغاب سیمان هم می‌توان آب‌بندی کرد، هم مقاومت را بالا برد و هم شکل پذیری اش را کمتر کرد.

سنگ‌های آهکی و کنگلومرا تزریق پذیری خوبی دارند.
(سنگ شیست در کردستان دیده شده است.)

مدول تغییر شکل و مقاومت سنگ برای ما بسیار مهم هستند.

تعیین مدول تغییر شکل:

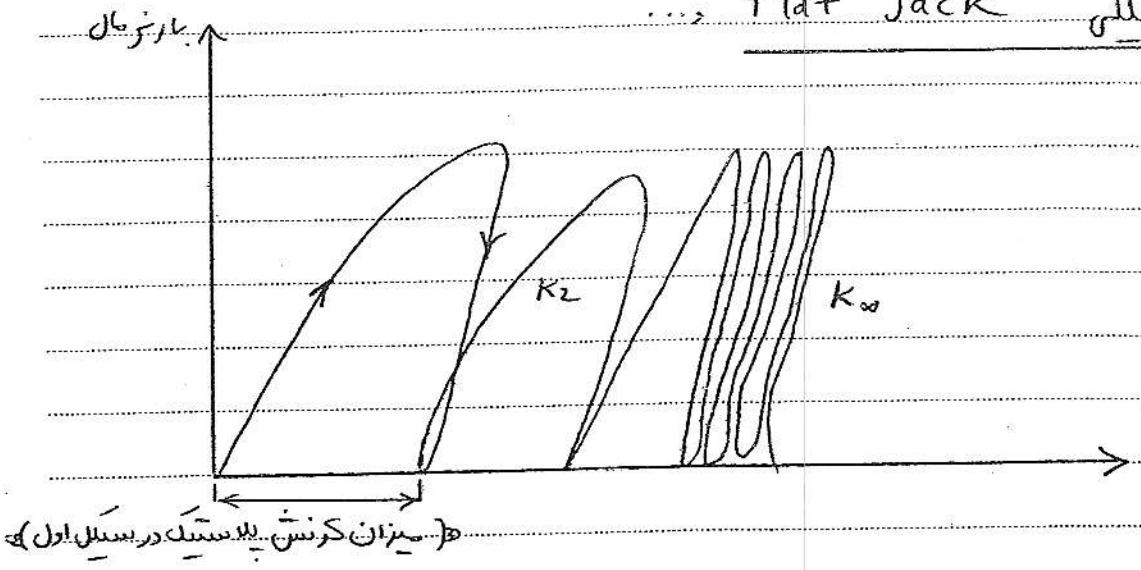
می‌توان همه اطلاعات توده سنگ را بررسی کرد و از روی منابع فنی، ویژگی‌ها و مدول ارتجاعی آن سنگ را یافت.
ولی بهتر است که خودمان تست را انجام دهیم. (معمولاً ساختگاه‌های سد احتیاج به تست‌های برجا دارند و به روش اول قابل بررسی نیستند.)

از جک‌های بارگذاری و بالش‌های بارگذاری با ابعاد بزرگ استفاده می‌کنیم. مثل کیسه هوا بار می‌شود و در شکاف قرار می‌گیرد و تدریجاً فشارش افزایش می‌یابد.

~~معمولاً بصورت سیکلی صورت می‌گیرد و تاریخچه‌ای را از خود نشان می‌دهد~~

PAPCO

تست سیکلی Flat Jack ...



در ابتدا کرنش پلاستیک داریم ولی به تدریج در سیکل های بعدی، کرنش پلاستیک کمتر می شود و به حالت الاستیک می رسیم.
به تدریج بارگذاری هم سخت تر می شود.

K_{3-5} (شیب خط بارگذاری در سیکل های سوم تا پنجم) E_r^d را می دهد
(مدول ارتجاعی به آن نمی گوئیم بلکه مدول تغییر شکل می نامیم.)

K_∞ (بارگذاری در سیکل های پایانی) مدول ارتجاعی E_r را می دهد (بیش از 7-8 سیکل).

(اولین مرحله آب گیری بسیار حساس است)

برای 4-5 سال ابتدایی از E_r^d استفاده می کنیم.
برای مدل سازی درازمدت از E_r استفاده می شود.
(از آنجا که بارگذاری سدها عموماً بصورت سیکلی می باشد تست های مورد نظر هم باید بصورت سیکلی صورت گیرد تا نمایانگر وضعیت واقعی باشد. در سال های ابتدایی بهره برداری از سد به دلیل شرایط موجود باید از E_r^d استفاده کنیم و پس از آن از E_r بهره بریم)

PAPCO

بارهای وارد بر سد اصولاً سیکلی است (میزان آب و نیز تغییرات درجه حرارت در فصول سرد و گرم متفاوت است.)

فشار آب خیلی مهم است. (وزن سد تنها نیروی ثابت غیر سیکلی است.)

به کمک تست های دیگر ← مقاومت تک محوری توده سنگ (q) ← c و ϕ توده سنگ

f_r (مقاومت فشاری توده سنگ).

برای ما مهم است که سد نازکی بسازیم که بار را بصورت متمرکزی بر توده سنگ وارد کند. ← آیا سنگ توانایی دارد؟ (f_r آن چقدر است؟)

نکته: برای سدهای بتنی مقاومت فشاری $5 \sim 25$ MPa در ساختگاه لازم است.
یعنی در صورت کمتر از 5 MPa سد بتنی نمی سازیم و به سد خاکی فکر می کنیم.

توجه شود که مقاومت فشاری برای توده سنگ تعریف می شود (یعنی هم جنس و هم درزه هایش اثر دارد.)
در آزمایشگاه نمی توان این تست را انجام داد چرا که فقط می توان قطعه کوچکی را تست کرد نه توده سنگ را.

f_{or} حدوداً $5 \sim 30$ برابر f_r است. $f_{or} \cong (5 \sim 30) f_r$

f_{or} ⇓ سنگ سالم

f_r ⇓ توده سنگ

PAPCO

سد بتنی توسی مقاومت بالاتری می خواهد. و سد بتنی وزنی مقاومت کمتری می خواهد
برای سد بتنی توسی معمولاً بیش از 8 MPa لازم است.

مدول ارتجاعی بتن حدود 20 GPa است که البته به جنس سنگدانه ها و طرح اختلاط بستگی دارد و حتی تا 35 GPa هم وجود دارد.

مدول سنگ را نسبت به مدول بتن می سنجیم:

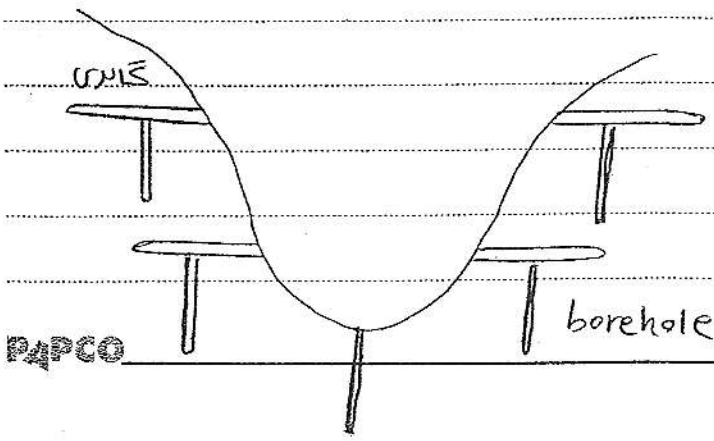
$$\lambda = \frac{E_c}{E_r^d} > 1$$ مدول نرمی پی

اگر $\lambda \cong 1$ یعنی سنگ بسیار خوبی داریم. (در سد کرج $\lambda \cong 3$ است).

نکته: $1 < \lambda < 10$ مطلوب است. سنگ خیلی سخت هم مطلوب نیست (یعنی $\lambda < 1$)
بتن شکننده است و روی پی خیلی صلب دچار مشکل می شود.

پارامترهای RQD , RMR مهم هستند.
$RQD < 50\%$ سنگ ضعیفی را نشان می دهد.

نکته: در دیواره های دره گالری هایی می زنیم. چاهک هایی (adit, borehole)
در سنگ دیواره ها و گالری ها و کف رودخانه حفر می کنیم معمولاً عمق این چاهک ها تا میزان ارتفاع سد می باشد.
بعضی اوقات حفاری این چاهک ها به چندین کیلومتر می رسد.



PAPCO

در فاز شناخت حدود چند تا چاهک با عمق یکی دو کیلومتر کافی است.

ولی پس از عملیاتی شدن محل محور سد شاید تا چند ده کیلومتر حفاری چاهک داشته باشیم.

ملاحظات هندسی

(در پلان و در پروفیل های قائم مهم است.)

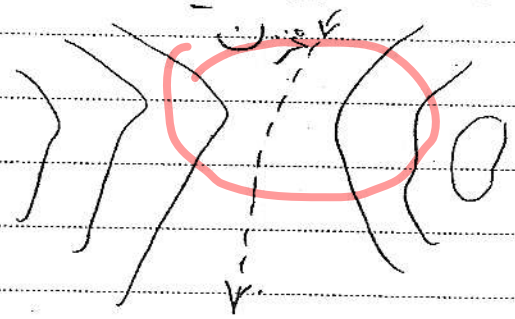
الف) مخزن: بصورت کاسه ای با حجم متناسب با نیاز آبی با دیواره های مطمئن و بسته.

(در سرشاخه های کارون دره های تنگ و یکسره با حجم مخزن کم وجود دارد.

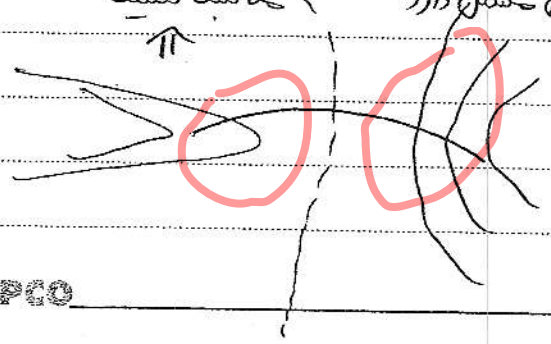
سد گتوند در پائین دست سد کارون در چنین محل هایی احداث شده و آب از آن حالت جریانی دارد و بیشتر برای تولید برق کاربرد دارند.)

با پلانیمتر می توان حجم مخزن را از روی نقشه ی توپوگرافی بدست آورد.

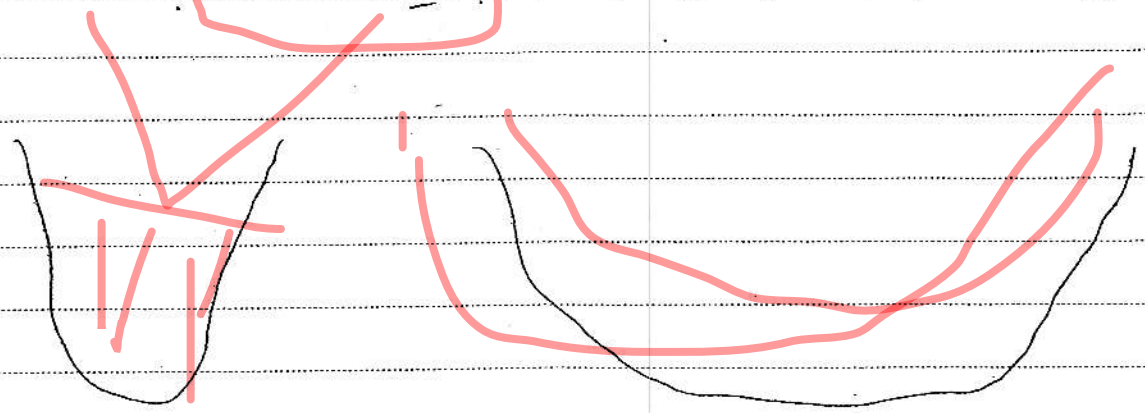
ب) محور: حتی المقدور همگرا و تنگه دار باشد + حجم مناسب سنگ تکیه گاهی در پلان یعنی به جایی برسیم که خطوط توپوگرافی حالتی نظیر شکل زیر را داشته باشد:



از نظر آب بندی و پایداری مشکل دارد. ≠ این تکیه گاه تیز است و مناسب نیست



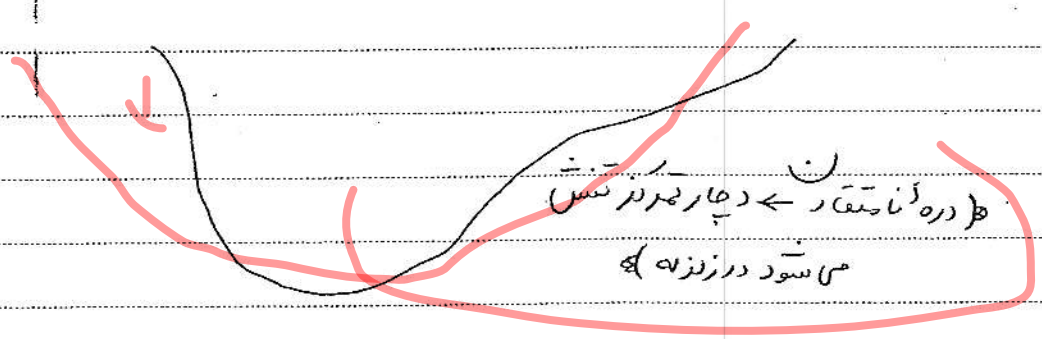
در صفحه‌ی قائم دره دارای شکل حتی المقدور باریک‌تر و متقارن باشد.



این دره خیلی باز است و احداث سد در آن هزینه‌های زیادی دارد ← (مطلوب‌تر است)

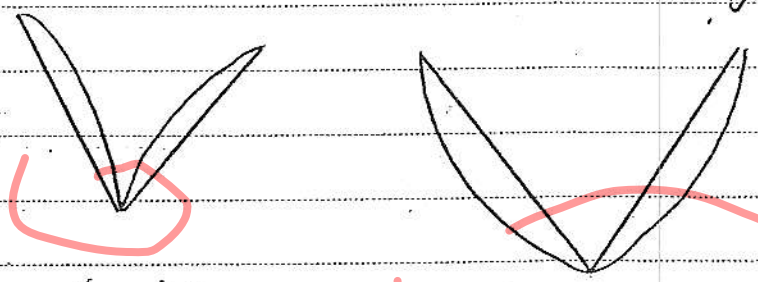
از نظر پایداری، آبگذرانی و ... هم دره‌ی تنگ‌تر مناسب‌تر است. (با جنس سنگ یکسان)

در صورت عدم تقارن، در برابر زلزله تمرکز تنش‌هایی ایجاد می‌کند.



(دره‌ی نامتقارن ← دچار تمرکز تنش می‌شود در زلزله)

شیب دیواره حتی المقدور مقعر باشد.



(محدب) ← تمرکز تنش در آنها ایجاد می‌شود

(مقعر)

در استان فارس در تنگه‌ی روک چنین حالتی داریم که ⇐ در آنجا سدی ساخته شده است.

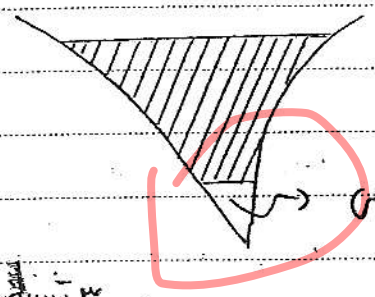
PAPCO

Subject: ۴۰
Year. Month. Date. ( )

دره های V شکل و سپس U شکل مطلوب می باشند. (U شکل های تنگ بعد باز).

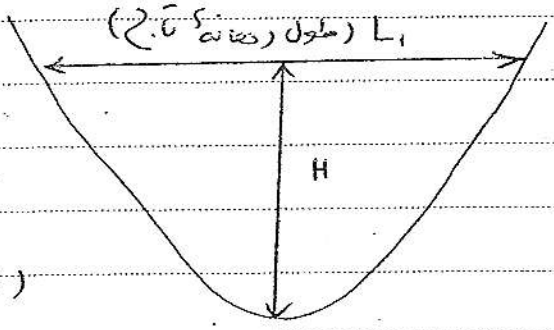
سنگ های خوب شیب دیواره تندی دارند. سنگ بد شیب دیواره کمی دارد؛ یعنی از روی شیب ظاهری سنگ هم می توان خوب یا بد بودن سنگ را تشخیص داد.

تذکر: در سد ساخته شده در تنگه دوک در استان فارس، سد حالت مقابل را دارد و فضایی در زیر سد وجود دارد که آب از آنجا از زیر سد عبور می کند (طرح عجیبی است ولی اجرا شده است.)



۳ شنبه
۸۸/۱۲/۱۸

Dam Crest خط فوقانی بدنه = تاج سد



مناسب سدهای قوسی $1 < \frac{L_1}{H} < 3$

سدهای وزنی و پشتبند دار $\frac{L_1}{H} > 2.5$

(البته در دهانه های کوتاه سدهای قوسی مطرح اند)

$\frac{L_1}{H} < 1$ همه گزینه های بتنی غیر از پشتبند دار مطرح هستند

از نظر ژئوتکنیکی:

- برای سدهای قوسی $f_r > 4\,MPa$ (هر چه ارتفاع سد بیشتر باشد باید f_r بزرگتر باشد مثلاً برای ارتفاع 200m باید بیشتر از 10 باشد.)
- برای سدهای وزنی و پشتبند دار $f_r > (2 \sim 3)\,MPa$

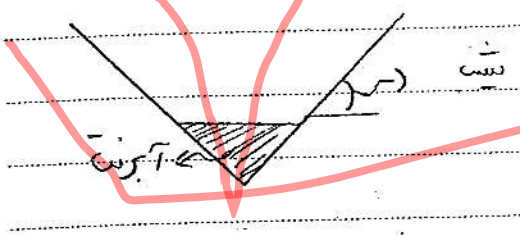
PAPCO

[redacted]

Subject: ۴۱
Year. Month. Date. ( )

نکات جانبی :

۱- هر چه شیب دیواره ها کمتر باشد یعنی جنس سنگ ضعیف تر است ؛ یعنی شیب تا حدی معرف مقاومت تکیه گاه های جانبی است .

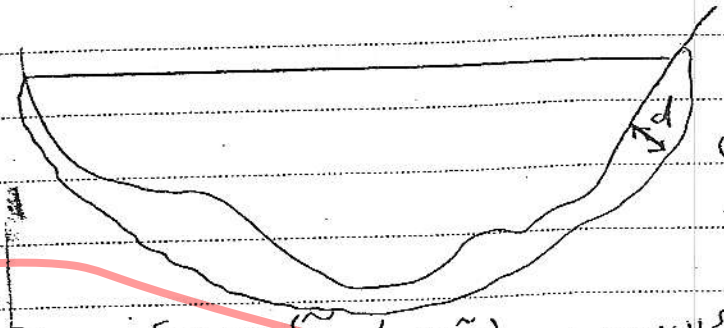


۲- معمولاً دره های V شکل شرایط بهتری دارند .

۳- دره های U شکل ، مقاومت پی زیرین همواره ضعیف تر از تکیه گاه های جانبی است .

(عمق حفاری اقتصادی)

$3^m < d < 25^m$



بدلیل وجود هوازدگی ، ترک خوردگی و آبرفت و رسیدن به سنگ سالم .

معمولاً بیش از 30^m سد زیر سؤال می رود .

یعنی محل مناسبی برای سد نمی تواند باشد .

(سنگ سالم) سعی می کنیم به حالت متقارن درآوریم .

هندسه محور سد :

تقارن نسبی و ضرایب شکل هندسی در حدود یاد شده مطلوب است .

سد بتنی باید حتماً روی سنگ قرار گیرد و نمی تواند روی آبرفت احداث شود .

دره U شکل به لحاظ زمین شناسی حاکی از ضعف سنگ منطقه دره است که نتوانسته به حالت V درآید .

۴- حفاری برای برداشتن (سنگ های هوازده + آبرفت کف + ملزومات تقارن) معمولاً هزینه های زیادی خواهد داشت .

پس جایی که حفاری کمتری داشته باشیم مطلوب تر است .

PAPCO

بخش های بالایی تکیه گاه های دره به لحاظ هوازدگی مشکل دارند و کف هم آبرفت داریم و معمولاً بخش های میانی (نه بالا و نه خیلی پائین دره) سنگ های مناسبتری هستند.

ملاحظات اقتصادی:

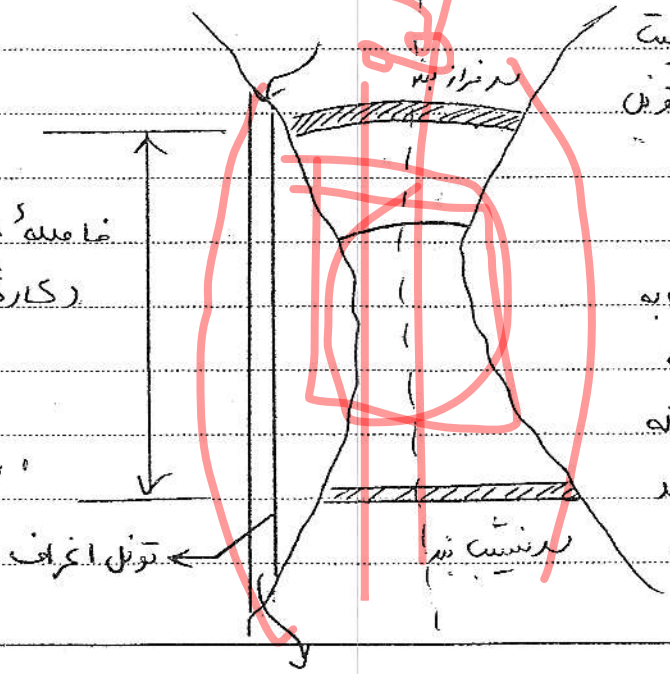
گزینه های محور و گزینه های نوع سد مطرح است.
فاکتورهای محاسبات اقتصادی برای آنها باید جمع بندی و منجر به قیمت تمام شده گردد.
این فاکتورها معمولاً بصورت زیر می باشند:

۱- دسترسی به منابع قرضه

۲- دسترسی به کارخانه سیمان (اگر خیلی دور باشد ممکن است از احداث سد بتنی صرفنظر شود). در شعاع حداکثر 200km باشد.

۳- جاده ی دسترسی (در سد بختیاری حدود 80km جاده لازم بوده است.)

۴- هزینه های انحراف رودخانه (سدهای فرازبند، نشیب بند، تونل انحراف و...)



فرازبند: سد چندان بزرگی نیست و برای انحراف آب به داخل تونل بکار می رود.

نکته: گاهی اوقات پس از انحراف آب به پائین دست، آب می خواهد دوباره به طرف بالادست (محل سد) برگردد که برای جلوگیری از بازگشت آب، سد کوچکی به نام نشیب بند در پائین دست محل سد احداث می کنند.

دوره‌ی بازگشت بین ۱۰ تا ۳۰ سال برای سیلاب طراحی فرازبند در نظر می‌گیرند.

نکته: در سد قوسی می‌توان فاصله‌ی کارگاه را کوتاه انتخاب کرد و تونل انحراف را کم طول می‌کند.

اگر بخواهیم سد بتنی وزنی بسازیم فاصله‌ی طولانی‌تر و تونل طویل‌تری می‌خواهد.

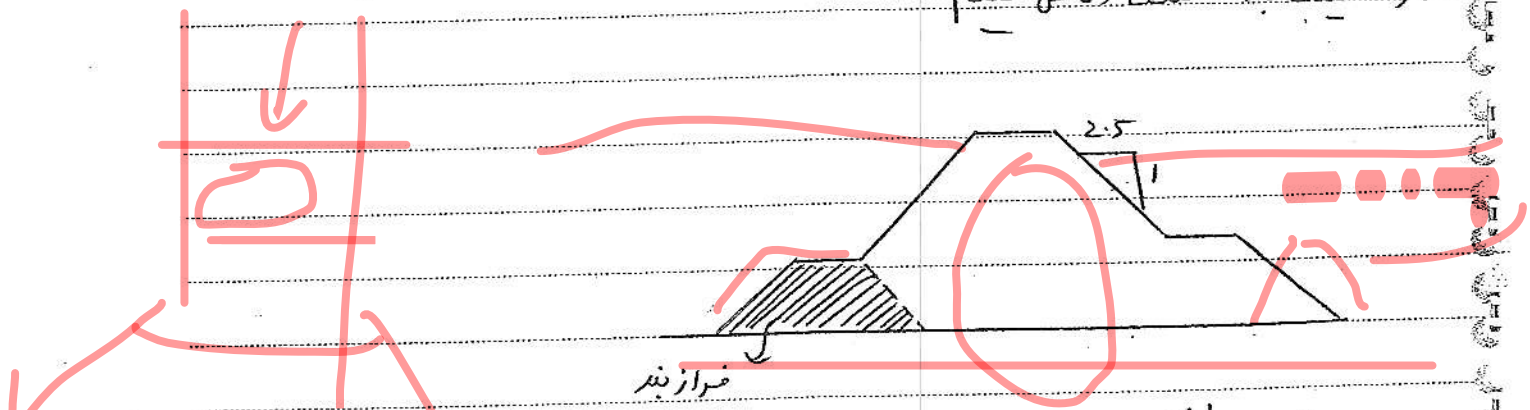
سد خاکی هم بسیار چاق‌تر است و تونل بزرگتری می‌خواهد.

- یکی از بولتن‌های ICOLD تحت عنوان River Diversion در این زمینه است.

ممکن است شرایط بگونه‌ای باشد (دبی رودخانه کم باشد) که با کالورت (بجای تونل انحراف) انحراف ممکن باشد.

فرازبند معمولاً زیر آب می‌ماند و نشیب بند تخریب می‌شود (برای سرریز مشکل ایجاد می‌کند.)

اگر ریزش آب داشته باشیم برای استهلاک و آرامش آب (Stilling Basin) از نشیب بند استفاده می‌کنیم.



در سدهای خاکی می‌توان فرازبند را به بدنه‌ی اصلی سد خاکی متصل کرد و در واقع آن را بعنوان بخشی از بدنه‌ی اصلی سد خاکی درآورد ولی در سدهای بتنی امکان چنین کاری وجود ندارد.

سدهای خاکی را معمولاً بصورت چند تکه‌ای می‌سازند که هر تکه‌ی آن شیب خاص خود را دارد و فرازبند هم بعنوان یکی از این قطعات به بدنه اصلی متصل می‌گردد.

۵- هزینه های سدریز (از تکیه گاه یا روی بدنه سد)

حفاری های تکیه گاه معمولاً خیلی هزینه دار است

۶- هزینه های حفاری کلی

* ۷- ~ حجم بدنه از تمام هزینه ها مهمتر است (70%~80% هزینه ها)

(موارد ۳ تا ۷ همگی هزینه هستند)

معمولاً نسبت ۱ به ۵ بین سد بتنی و سد خاکی برابری نسبی ایجاد می کند. (در شرایط ساختگاه مشابه). هر متر مکعب بتن (150~200) هزار تومان هزینه دارد.

اگر حجم سد خاکی کمتر از ۵ برابر سد بتنی باشد می تواند با سد بتنی رقابت داشته باشد.

(جایابی بین محورها هم می تواند تأثیر مهمی داشته باشد.)

هزینه ها را بصورت: $\frac{B}{C} = \frac{Benefit}{Cost} = \frac{\text{سود}}{\text{هزینه}}$ مطرح می کنند.

معمولاً $\frac{B}{C} > 1.5$ مطلوب است. (هزینه ها و سودهای موارد مختلف مثلاً متر مکعب آب، کیلووات ساعت برق و ... در نظر گرفته می شوند)