معیارهای طراحی

در طراحی سدهای خاکی قبل از انتخاب ارقام قطعی مربوط به ابعاد قسمت‌های مختلف سد، می‌توان با استفاده از تجربیات گذشته و بر اساس شکل و ابعادی که برای سدهای خاکی ساخته‌شده تعیین گردیده است، مبانی مقدماتی طراحی را انتخاب کرد. این انتخاب کرد شامل موارد زیر است:

- مقطع عرضی تیپ
- شکل محور
- عرض تاج
- شیب‌های بالادست و پایین‌دست
- ابعاد و شکل هسته
- عمق آزاد
- مشخصات و نوع پوشش محافظ
- نوع، ابعاد و مشخصات فنی سیستم زهکش

در قسمت‌های زیر هریک از موارد فوق تشریح و معیارهای موجود ارائه می‌شود.

۲-۵-۱- مقطع عرضی تیپ

همان‌طورکه در بخش‌های قبل‌تأکید شد، انتخاب نوع ومقطع یک سد خاکی تابعی از شکل دره، شرایط زمین‌شناسی پی و تکیه‌گاه‌های جانبی، کمیت و کیفیت مصالح موجود و روش ساخت است. طرح مقدماتی مقطع سد باید براساس اطلاعات موجود در زمینه‌های مذکور و با توجه به معیارهای طراحی توصیه شده توسط منابع علمی معتبر تهیه و سپس از نظر پایداری (اعم از پایداری ساختمانی و هیدرولیکی) کنترل شود و در نهایت اصلاحات ضروری در آن به گونه‌ای اعمال گردد که هزینه‌های اجرایی احداث سد نیز به حداقل ممکن کاهش یابد. از آنجا که پروژه‌های سدسازی عموماً نیاز به سرمایه‌گذاری سنگین دارند، ازاین‌رو طراح سد باید چندین گزینهٔ ممکن را مورد بررسی قرار دهد و سرانجام گزینهٔ برتر را با توجه به اهداف طرح و بر اساس شرایط اقتصادی مطلوب انتخاب کند [۱۱].

در انتخاب مقطع عرضی مقدماتی برای یک سد خاکی، باید با توجه به شرایط فنی مذکور در بند قبل و بر اساس مقاطع انتخاب‌شده برای سدهای ساخته‌شده در شرایط مشابه، مقطع اولیه‌ای را جهت بررسی‌های تفصیلی انتخاب کرد. در این مرحله اجزای سد باید طوری انتخاب شوند که از مصالح موجود در محل حداکثر استفاده به‌عمل آید و نیاز به استفاده از مصالحی که از خارج منطقه و از فواصل دور تأمین می‌شوند، به حداقل برسد. به‌طورکلی، با توجه به تعاریفی که در علم مکانیک خاک از انواع مصالح مختلف به‌عمل می‌آید، مصالح خاکی موجود در یک منطقه را می‌توان به چهار گروه به‌شرح زیر تقسیم کرد:

- مصالح درشت‌دانه (مخلوط شن یا ماسه درشت) و مصالح ریزدانه (لای و رس) در معادن مجزا
- فقط مصالح درشت‌دانهٔ (شن و ماسه درشت) نسبتاً تمیز با نفوذپذیری زیاد
- فقط مصالح ریزدانه (رس و لای)
- قلوه‌سنگ و لاشه‌سنگ

علاوه بر تقسیم‌بندی بر حسب نوع مصالح موجود، وضعیت کلی پی سد را، که خود یکی از عوامل مؤثر در انتخاب مقطع عرضی سد است، نیز می‌توان به سه گروه تقسیم کرد:

الف) پی تا عمق زیادی غیرقابل‌نفوذ است

ب) پی تا قسمتی از عمق نفوذپذیر و پس از آن نفوذناپذیر است

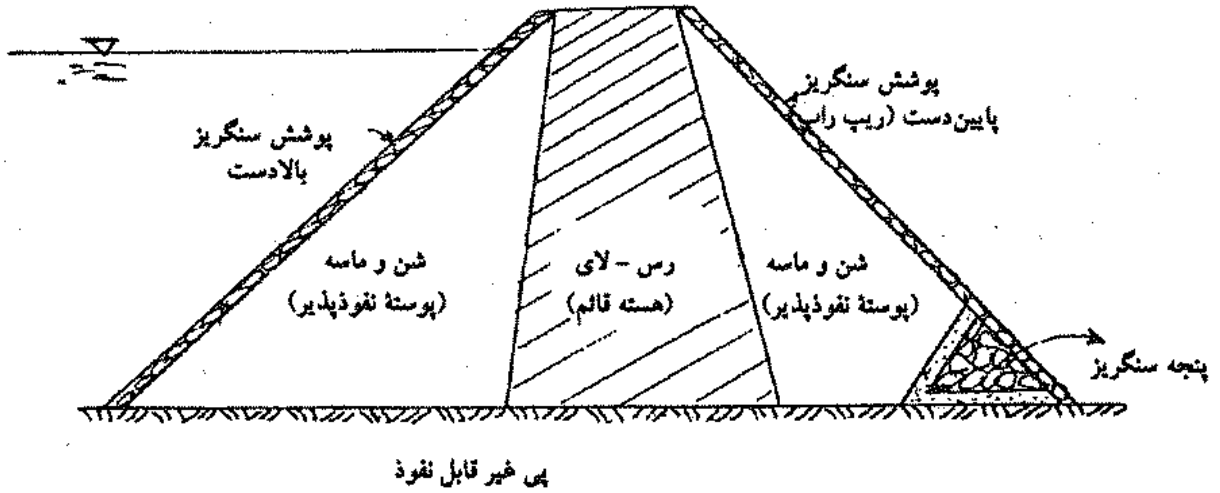
ج) پی تا عمق زیادی قابل نفوذ است

ترکیب هریک از شرایط فوق با نوع مصالح موجود طرح خاصی را جهت بدنهٔ سد ایجاب می‌کند که در ذیل مقاطع تیپ متناسب با هریک به‌عنوان مثال ارائه می‌شود.

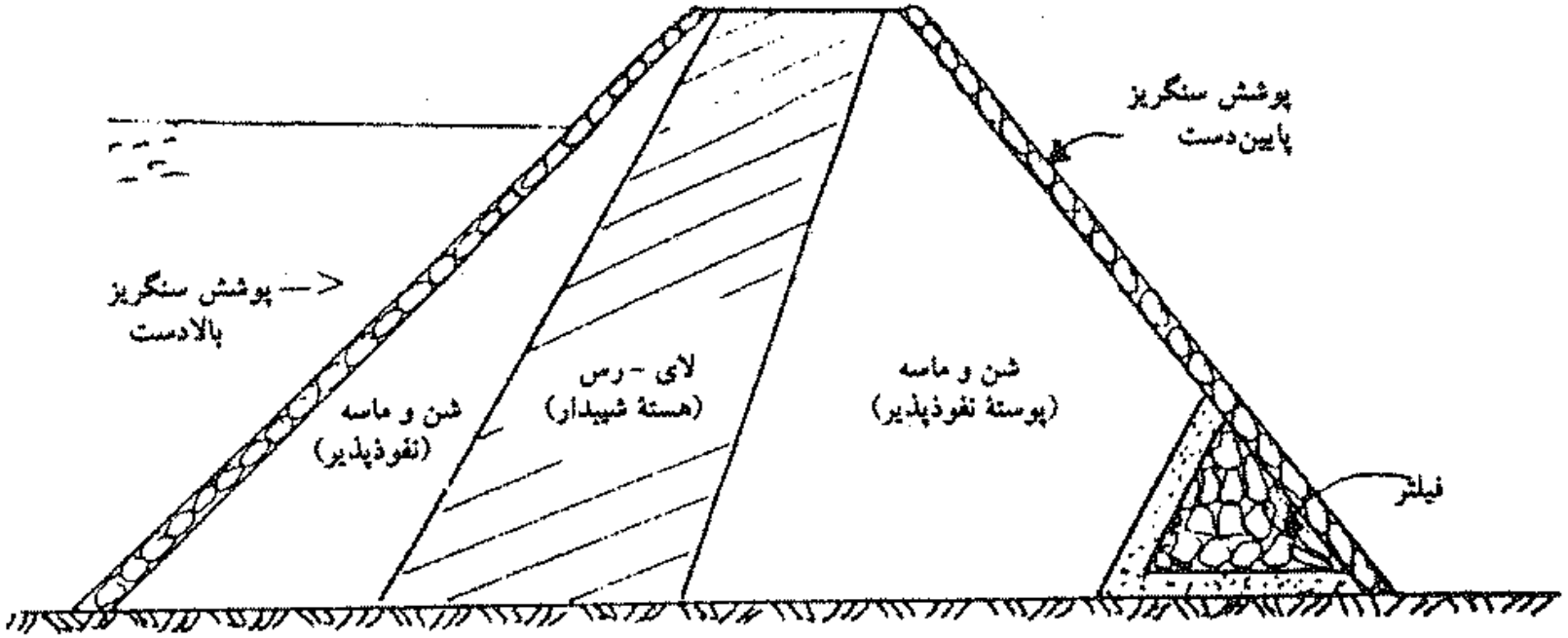
۲-۵-۱-۱- نوع مصالح موجود: مخلوط شن و ماسه درشت و لای و رس در معادن مجزا

الف) پی تا عمق زیادی غیر قابل نفوذ است

در این حالت، چون پی تا عمق نسبتاً زیادی غیرقابل‌نفوذ است، ازاین‌رو مسئلهٔ نشت آب از طریق پی اهمیت زیادی ندارد و مسئلهٔ عمده، جلوگیری از نشت از داخل بدنهٔ اصلی سد که عمدتاً متشکل‌از ذرات درشت‌دانهٔ شن و ماسه خواهد بود، می‌باشد. چون معدن خاک لای و رس که مصالح غیرقابل نفوذند در محل موجود است، بنابراین می‌توان از آن به‌عنوان هستهٔ سد جهت جلوگیری از نشت آب استفاده کرد و پوسته‌های داخلی و خارجی بدنه را از همان مصالح درشت‌دانه یعنی شن و ماسه ساخت. هستهٔ مرکزی را نیز می‌توان با محور قائم یا شیبدار انتخاب کرد. شکل‌های ۲-۹ و ۲-۱۰ دو طرح برای‌یک سد خاکی‌را که متناسب باچنین شرایطی است، نشان می‌دهد.



شکل ۲-۹- مقطع تیپ برای هستهٔ قائم



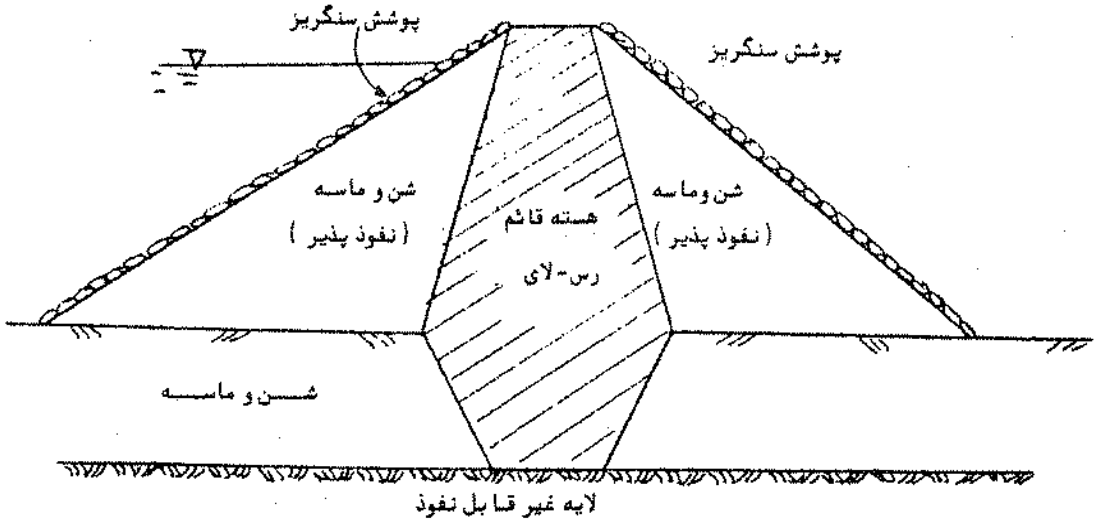
شکل ۲-۱۰- مقطع تیپ برای هستهٔ شیبدار

همان‌طورکه در شکل‌های فوق دیده می‌شود، برای جمع‌آوری آب نشت‌یافته در داخل سد، قسمت پنجه از قلوه‌سنگ و لاشه‌سنگ همراه با لایه‌ای از فیلتر ساخته شده است، زیرا در صورت عدم وجود این سیستم زهکش، آب نشت‌یافته به‌علت غیرقابل‌نفوذ بودن پی ناچار است در نقطه‌ای از سطح شیبدار بدنه در پایین‌دست ظاهر شودکه در این صورت خطر فرسایش وجود خواهد داشت.

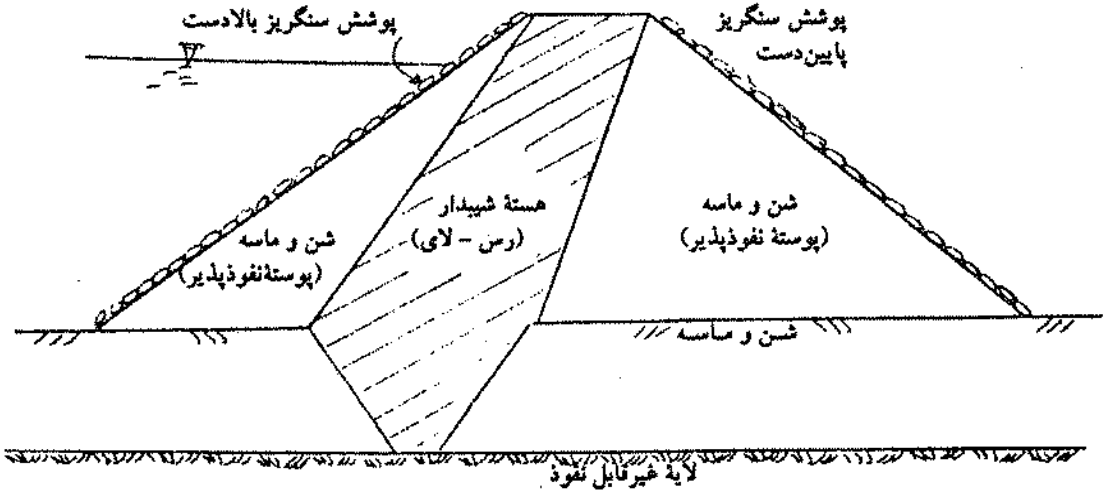
ب) پی تا قسمتی از عمق نفوذ پذیر و پس از آن نفوذ ناپذیر است (لایه‌ای نفوذ پذیر با ضخامت محدود مستقیماً زیر سد قرار دارد)

در این حالت، طرح سد به‌طورکلی شبیه به حالت قبل است، با این تفاوت که در اینجا به‌علت نفوذپذیر بودن پی باید هستهٔ مرکزی را در داخل پی و تا سطح لایهٔ غیرقابل‌نفوذ ادامه داد و بدین‌وسیله از تلفات آب از طریق پی جلوگیری کرد. طرح بقیهٔ قسمت‌های بدنهٔ سد مانند حالت قبل است و فقط باید توجه داشت که چون زیر سد مستقیماً لایهٔ نفوذپذیر قرار دارد، می‌توان از آن برای زهکش کردن آب نشت‌یافته به داخل بدنه و پی استفاده کرد، ازاین‌رو احتیاج به تعبیهٔ سیستم زهکش جداگانه نیست.

شکل‌های ۲-۱۱ و ۲-۱۲ مقاطع تیپ متناسب با شرایط اخیر را نشان می‌دهند.



شکل ۲-۱۱- مقطع تیپ برای هستهٔ قائم



شکل ۲-۱۲- مقطع تیپ برای هستهٔ شیبدار

ج) پی تا عمق زیادی قابل نفوذ است

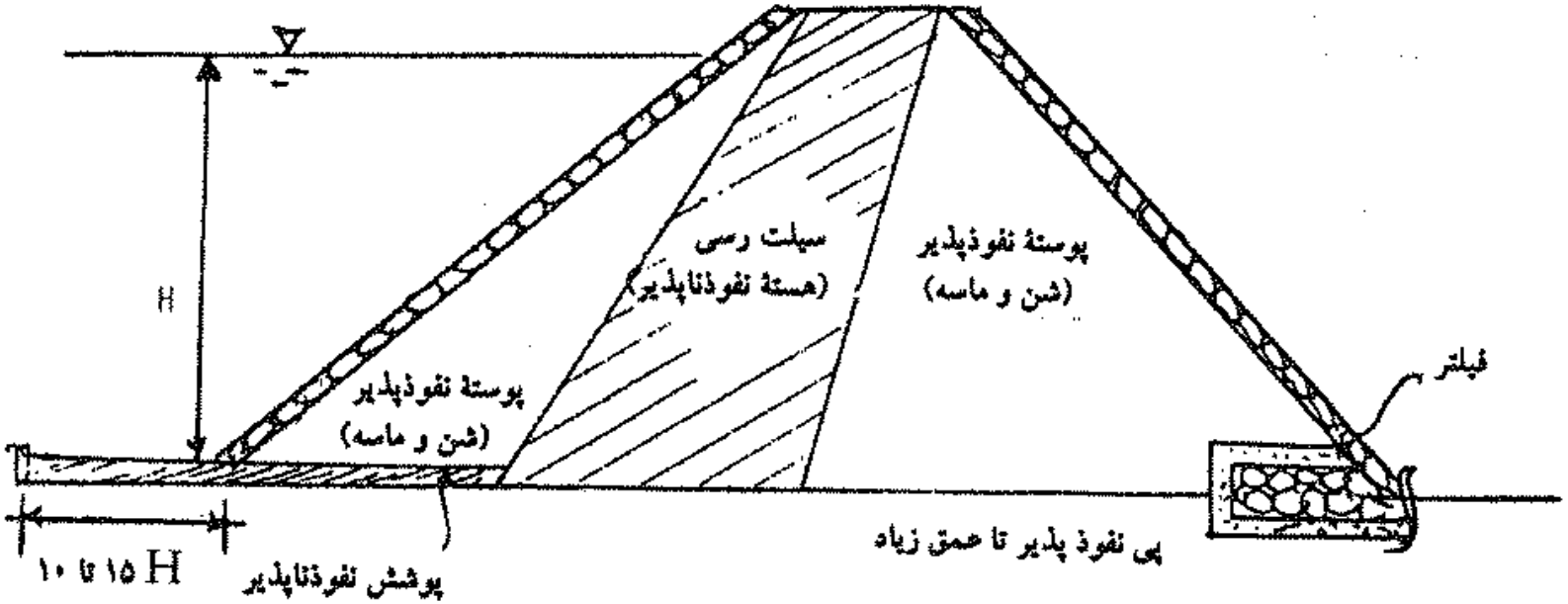
در این حالت به‌علت نفوذپذیر بودن پی تا عمق نسبتاً زیاد، مسئلهٔ نشت آب از طریق پی اهمیت دارد، همچنین امتداد دادن هستهٔ نفوذناپذیر در پی نیز غیرعملی و غیراقتصادی است. بنابراین باید شیوهٔ خاصی جهت جلوگیری از تلفات آب از طریق پی برگزید.

چنانچه مصالح غیرقابل‌نفوذ به میزان کافی در دسترس باشد، بهتر است یک لایه پوشش نفوذناپذیر متصل به هسته را در سرتاسر زیر سد (در محل اتصال بدنه با پی) و در روی کف رودخانه در سمت بالادست سد قرار داد. این لایهٔ پوششی نفوذناپذیر پتوی رسی[1] نامیده می‌شود. شکل ۲-۱۳ یک طرح نمونه را با استفاده از این شیوه نشان می‌دهد. درصورتی‌که مصالح نفوذناپذیر به میزان کافی در دسترس نباشد، می‌توان یک دیوارهٔ آب‌بند[2] متشکل از بتن یا سایر مصالح مناسب در زیر هسته، در داخل پی تا عمق قابل قبول ایجاد کرد. در این حالت، چون قسمت نفوذناپذیر در تمام عمق پی امتداد ندارد،بنابراین جلوگیری از نشت آب به‌طورکامل مقدور نیست. شکل ۲-۱۴ نمونه‌ای از طرح مناسب جهت این شرایط را نشان می‌دهد. در حالت اخیر نیز مشابه حالت‌های قبل، هستهٔ سد از مصالح نفوذناپذیر و پوسته از مصالح نفوذپذیر شن و ماسه ساخته می‌شود.

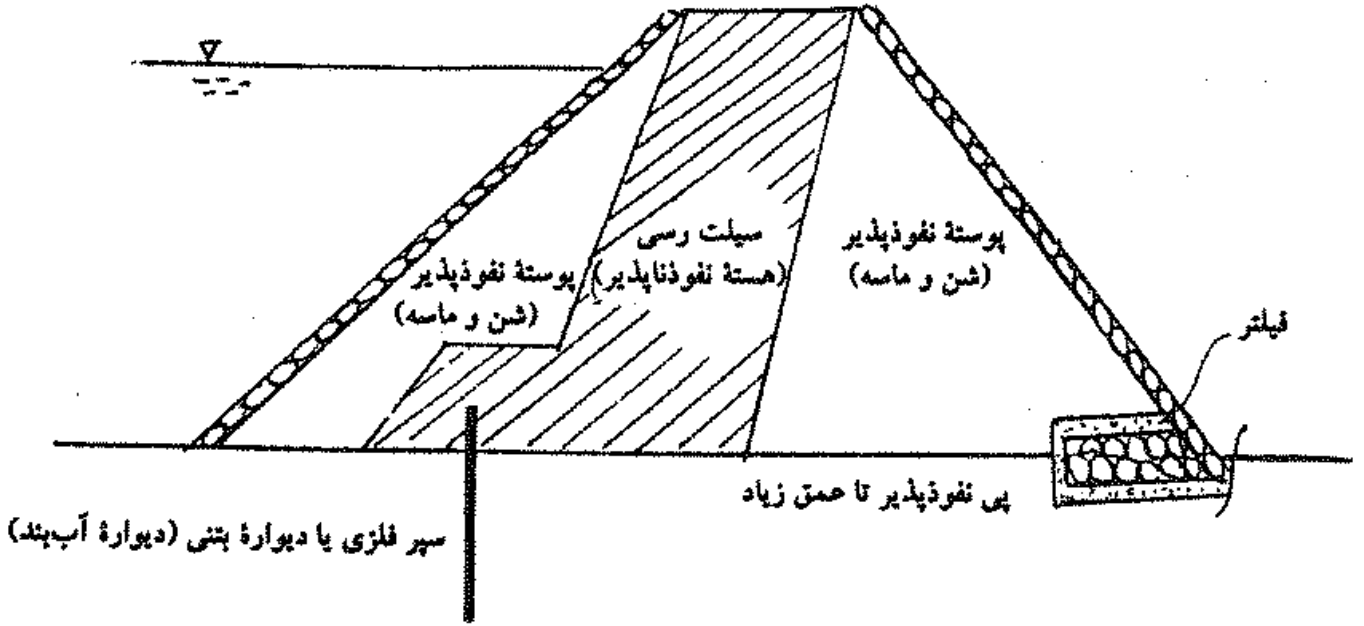
۲-۵-۱-۲- فقط مصالح قابل نفوذ (شن و ماسه) در دسترس است

الف) پی تا عمق زیادی غیر قابل نفوذ است

در این حالت، به‌طور کلی به‌علت موجود نبودن مصالح ریزدانه در محل و وجود مصالح درشت‌دانه و با نفوذپذیری زیاد، باید مصالح مناسب برای ایجاد یک هستهٔ نفوذناپذیر از خارج منطقه تهیه و به محل حمل شود.

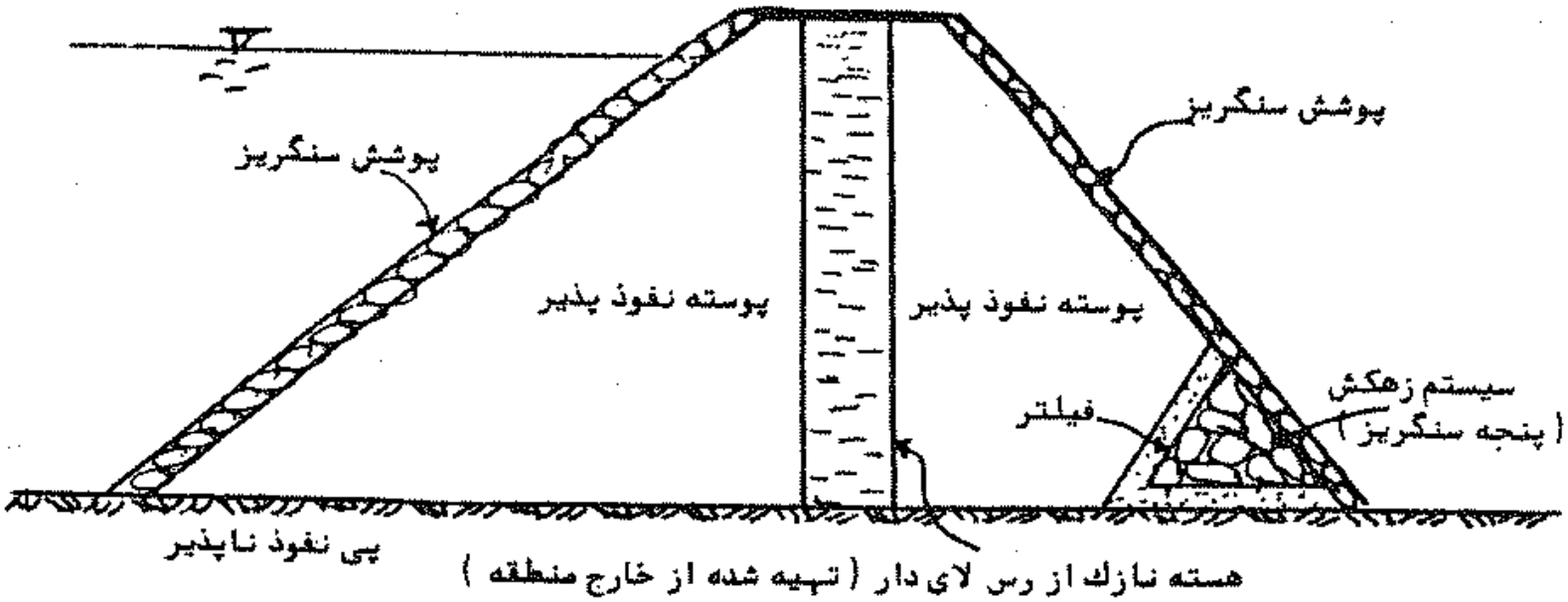


شکل ۲-۱۳- مقطع تیپ سد خاکی با پتوی رسی



شکل ۲-۱۴- مقطع تیپ سد خاکی با دیوارهٔ آب‌بند

بنابراین درحالت اخیرباید ایجاد یک پرده یا هستهٔ غیرقابل نفوذ پیش‌بینی شود که مصالح آن از محل دیگری تأمین خواهد شد، ازاین‌رو برای به حداقل رسیدن حجم باید حتی‌الامکان نازک باشد. دراین حالت‌که پی نفوذناپذیر است، باید هستهٔ مرکزی را تا روی پی‌امتداد داد و در ضمن به‌علت نفوذناپذیری پی‌یک سیستم زهکش برای تخلیهٔ آب نشت یافته به داخل بدنهٔ سد مورد نیاز است. شکل ۲-۱۵ طرح نمونه‌ای را متناسب با شرایط اخیر نشان می‌دهد.

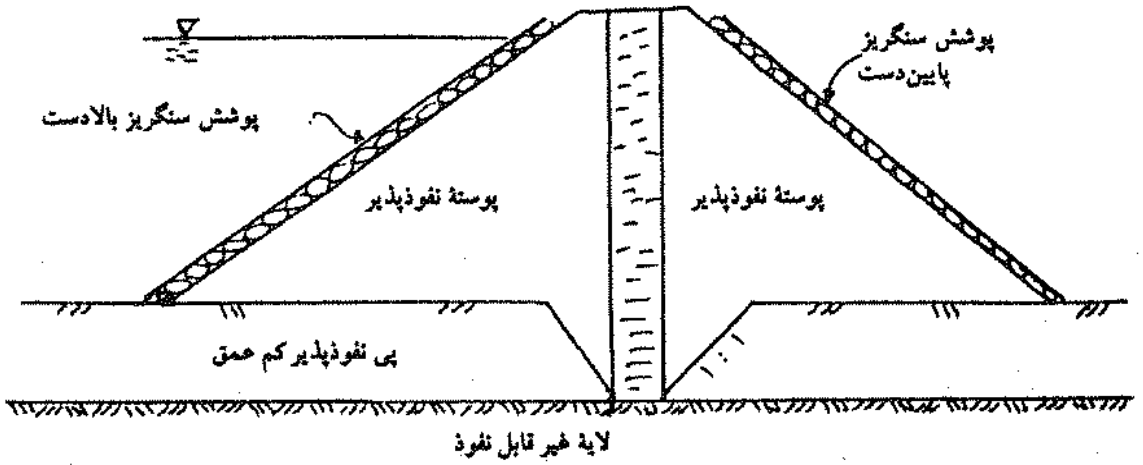


شکل ۲-۱۵- مقطع تیپ برای شرایطی که مصالح ریز دانه از خارج منطقه وارد شوند

ب) پی تا قسمتی از عمق نفوذ پذیر است

این حالت شبیه حالت قبل است، با این تفاوت که به‌علت قرار داشتن لایه‌ای نفوذپذیر در زیر سد باید هستهٔ مرکزی را داخل این قسمت و تا رسیدن به لایهٔ نفوذناپذیر امتداد داد. در ضمن به‌علت وجود این لایهٔ نفوذپذیر در زیر بدنه، احتیاج به یک سیستم زهکش جداگانه نیست.

شکل ۲-۱۶ طرح مناسبی را مطابق با این شرایط نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱۶- مقطع تیپ سد با هستهٔ نازک و پی نفوذ پذیر کم عمق

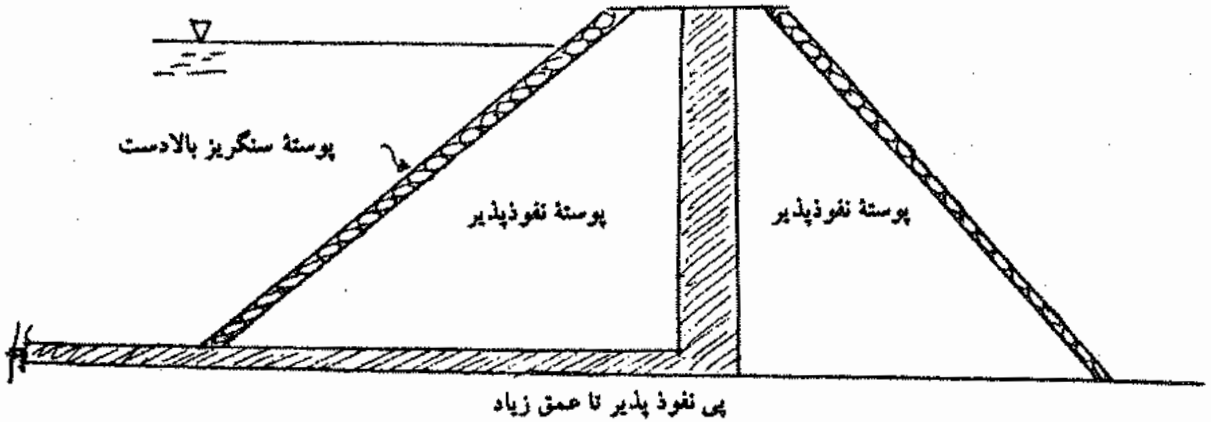
ج) پی تا عمق زیادی نفوذ پذیر است

در این صورت مشابه قسمت ۲-۵-۱-۱ هستهٔ مرکزی همراه با لایهٔ پوششی غیرقابل‌نفوذ (پتوی رسی) که در کف رودخانه و در تمام قسمت بالادست هسته کوبیده شده، مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل ۲-۱۷ طرح متناسب با این شرایط را نشان می‌دهد.

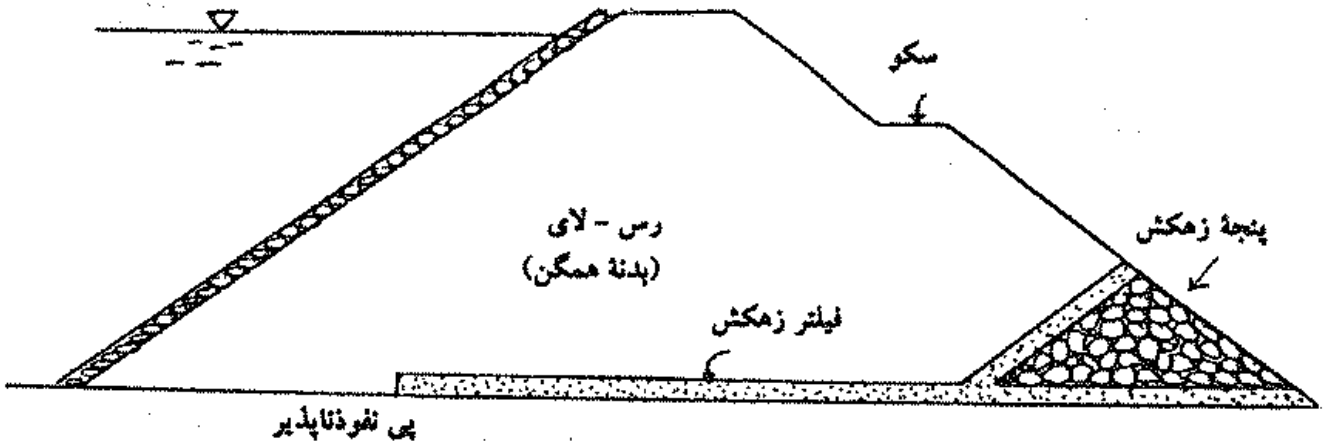
۲-۵-۱-۳- فقط مصالح ریز دانه (رس و لای) در محل موجود است

الف) پی تا عمق زیادی غیر قابل نفوذ است

در چنین حالتی به‌علت اینکه مصالح غیرقابل‌نفوذ بـه مـقدار زیـاد در دسـترس است، ازاین‌رو به‌ناچار باید تمام بدنهٔ سد را به‌طور یکپارچه و همگن از مصالح ریزدانه (رس لای‌دار) ساخت، همچنین چون بدنه و پی تا عمق زیـادی غـیرقابل‌نفوذند، بـاید یک سـیستم زهکش مناسب در قسمت کف و پنجهٔ سد تعبیه شود. روی سطوح شیبدار بدنه نیز باید لایه‌ای پوشش سنگریز جهت محافظت بدنه پیش‌بینی شود. شکل ۲-۱۸ طرح مناسبی را که با شرایط مذکور مطابقت دارد، نشان می‌دهد. شایان ذکر است که در طرح‌های مدرن سدهای خـاکـی هـمگن، استفاده از سیستم زهکش قائم (دودکشی) نیز به‌عنوان یک ضرورت و مکمل طرح مورد تأکید بسیاری از طراحان و مراجع علمی قرار گرفته است.



شکل ۲-۱۷- مقطع تیپ سد هستهٔ نازک همراه با پتوی رسی



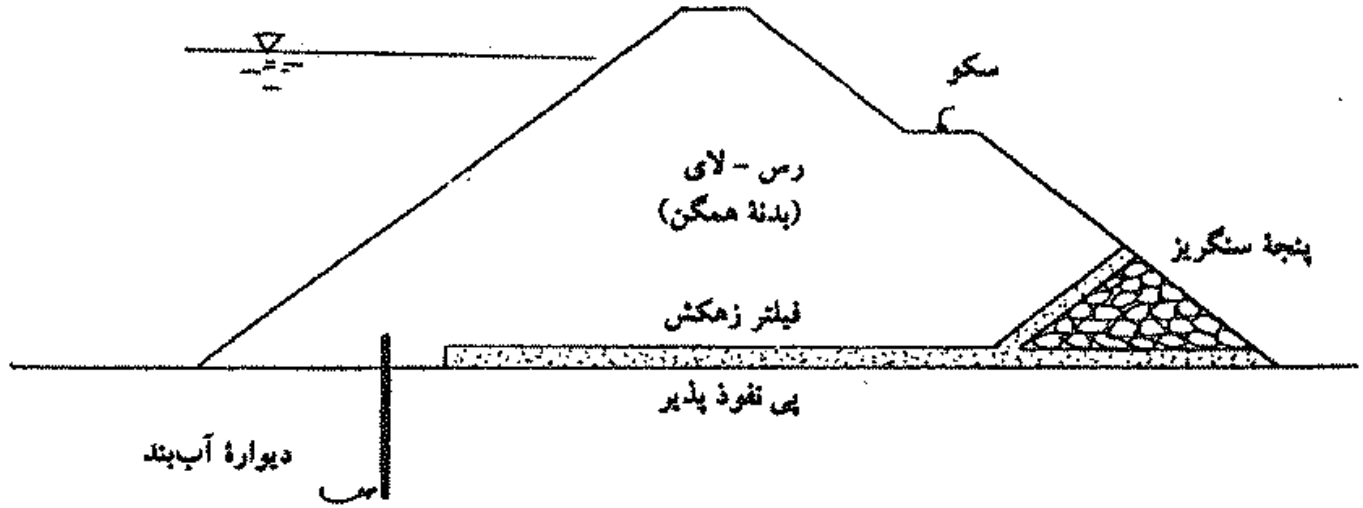
شکل ۲-۱۸- مقطع تیپ برای سد خاکی همگن متشکل از مصالح ریز دانه

همان‌طورکه در شکل ۲-۱۸ دیده می‌شود، یک لایه فیلتر زهکش افقی طویل در زیر سد تعبیه شده که این لایه هم در جمع‌آوری آب نشت‌یافته به داخل بدنهٔ سد و هم در تسریع فرایند تحکیم خاک بدنه و پی نقش دارد، بنابراین از این نظر از اهمیت خاصی برخوردار است. نکتهٔ دیگری که باید مورد توجه قرار گیرد، کم بودن شیب بدنهٔ سد در حالت اخیر است، این امر به‌علت ریزدانه بودن مصالح است که علاوه بر کاستن مقاومت برشی خاک، مسئلهٔ لغزش شیب در اثر افت ناگهانی سطح آب را نیز تشدید می‌کند.

ب) پی نفوذ پذیر است

در این حالت به‌علت نفوذپذیر بودن پی باید به طریقی از تلفات آب جلوگیری کرد. بهترین راه در این مورد، استفاده از دیوارهٔ آب‌بند در زیر سد است. بدنهٔ سد نیز به‌طورکلی از مصالح ریزدانه و به‌صورت همگن ساخته شده و درکف و پنجهٔ آن سیستم زهکشی مناسب تعبیه می‌گردد. همان‌طورکه در حالت قبل اشاره شد، بهتر است با یک سیستم زهکش قائم نیز تلفیق شود. شکل ۲-۱۹ طرح مناسب برای شرایط اخیر را نشان می‌دهد.

همان‌طورکه در شکل‌های ۲-۱۸ و ۲-۱۹ دیده می‌شود، در شرایط اخیر برای کاستن حجم مصالح مصرفی می‌توان شیب پایین‌دست بدنهٔ سد را به‌صورت پلکانی ساخت.



شکل ۲-۱۹- مقطع تیپ برای سد خاکی همگن روی پی نفوذ پذیر

۲-۵-۱-۴- فقط مصالح سنگی درشت (لاشه سنگ و قلوه سنگ) موجود است

این حالت شبیه به حالت ۲-۵-۱-۲ است که در آن فقط مواد درشت شن و ماسه موجود بود. در اینجا نیز به‌طور مشابه پوستهٔ سد باید تماماً از قطعات سنگی درشت ساخته شود، همچنین برای جلوگیری از نشت آب یک هسته یا غشای نفوذناپذیر از جنس خاک رس، بتن یا سایر مواد غیرقابل‌نفوذ، در قسمت مرکزی یا روی شیب بالادست سد ساخته شود (سدهای غشایی). چون مصالح متشکلهٔ پوسته خیلی درشت می‌باشند و نفوذپذیری آنها نیز بسیار بالاست، بنابراین در این حالت شیب بدنه را می‌توان افزایش داد و معمولاً به سیستم زهکش مجزا نیز احتیاجی نیست. شیب بدنهٔ این‌گونه سدهای خاکی ممکن است در حدود ۱ : ۱ و حتی ۰/۵ : ۱ نیز باشد (این نوع سدهای خاکی از نظر طبقه‌بندی در حقیقت همان سدهای سنگریزند).

۲-۵-۲- شکل محور [۵ و ۱۹]

محل استقرار محور سدهای خاکی معمولاً در بالادست تنگ‌ترین مقطع دره و با هدف فشار تماسی بیشتر بین هسته و تکیه‌گاه‌های جانبی در قسمت تنگ‌تر دره انتخاب می‌شود. در حال حاضر محور سدهای خاکی ممکن است به‌صورت مستقیم، قوس‌دار سمت بالادست یا شکسته انتخاب شود. در تمام این حالات، هدف اصلی تأمین اتصال بهتر بین هسته و تکیه‌گاه‌ها و در ایجاد قوس یا شکستگی نیز هدف تأمین فشار بیشتر در محل تماس هسته با تکیه‌گاه‌ها (بر اثر اعمال فشار آب) و نیز استفاده از شرایط تکیه‌گاهی بهتر (در صورت متغیر بودن این شرایط) است. در حال حاضر، استفاده از قوس یا شکستگی در محور عمدتاً در سدهای سنگریز با هستهٔ رسی مورد استفاده قرار گرفته است. مع‌هذا باید توجه داشت که استفاده از انحنای خیلی زیاد در محور مطلوب نیست و بسیاری از طراحان آن را مردود دانسته‌اند. در هر حال به‌عنوان یک اصل کلی، انتخاب شکل و موقعیت محور سد خاکی باید به گونه‌ای انجام شود که ضمن انتخاب بهترین شرایط تکیه‌گاهی از نظر زمین‌شناسی مهندسی، حداکثر فشار تماسی بین هسته و تکیه‌گاه نیز تأمین شود. در جدول ۲-۱ فهرستی از برخی از سدهای مهم ایران و جهان که در آنها از محور قوسی یا شکسته استفاده گردیده، درج شده است.

۲-۵-۳- عرض تاج

انتخاب عرض تاج سد به عوامل زیر بستگی دارد:

- نوع مصالح بدنه وحداقل فاصلهٔ لازم برای جلوگیری از ظاهر شدن خط نشت آب روی شیب پایین‌دست سد
- ارتفاع سد
- اهمیت سد
- عرض جاده‌ای که از روی تاج سد می‌گذرد
- حداقل عرض برای انجام عملیات ساختمانی
- پایداری در مقابل زلزله

به‌طور متعارف حداقل عرض تاج حتی برای سدهای خاکی بسیار کوتاه نیز کمتر از ۳ متر انتخاب نمی‌شود. در بیشتر سدهای بزرگ این عرض به‌طور معمول بین ۶ تا ۱۲ متر متغیر است و عموماً با افزایش ارتفاع سد افزایش می‌یابد.

سازمان عمران آمریکا (USBR) برای سدهای خاکی با ارتفاع‌های مختلف، معیارهای زیر را پیشنهاد کرده است [۱۸]:

سدهای خاکی کوتاه تا ارتفاع ۲۰ متر

$$b = \frac{H}{۵} + ۳ \qquad (۲-۱)$$

سدهای خاکی متوسط بین ۲۰ تا ۶۰ متر

$$b = ۰/۵۵\sqrt{H} + ۰/۲H \qquad (۲-۲)$$

سدهای خاکی مرتفع بین ۶۰ تا ۱۵۰ متر

$$b = ۳/۶\,(H)^{\frac{۱}{۳}} \qquad (۲-۳)$$

و

$$b = ۱/۶۵(H + ۱/۵)^{\frac{۱}{۳}} \qquad (۲-۴)$$

در ژاپن نیز برای انتخاب عرض تاج سدهای مرتفع روابط زیر پیشنهاد شده است:

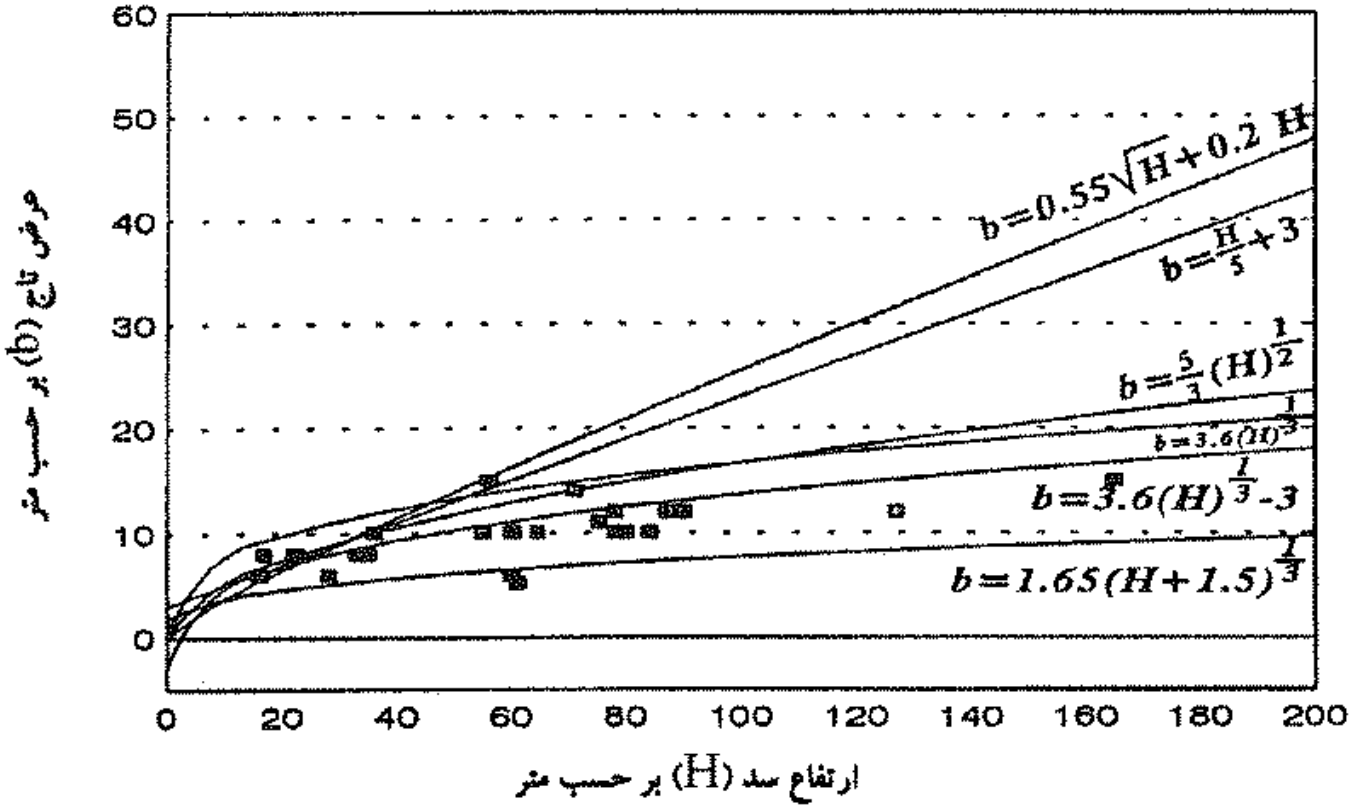
$$b = \frac{۵}{۳}(H)^{\frac{۱}{۲}} \qquad (۲-۵)$$

$$b = ۳/۶\,(H)^{\frac{۱}{۳}} - ۳ \qquad (۲-۶)$$

در کلیهٔ روابط فوق، b عرض تاج و H ارتفاع سد بر حسب متر است.

شایان ذکر است که به‌طور کلی در مناطق زلزله‌خیز، معمولاً عرض تاج بیشتری به‌منظور مقاومت در مقابل شتاب‌های بزرگتر در قسمت تاج، انتخاب می‌شود. برای مثال در سد اورویل در آمریکا به ارتفاع ۲۳۵ متر، عرض تاج برابر ۱۸/۵ متر و در سد نورک در تاجیکستان به ارتفاع ۳۰۰ متر، عرض تاج برابر ۲۰ متر انتخاب شده است.

در مجموع، به استثنای سدهای ساخته‌شده در مناطق زلزله‌خیز، معمولاً ارقام انتخاب‌شده برای عرض تاج سدهای خاکی مرتفع‌تر از ۱۰۰ متر، کمتر از ارقام به‌دست آمده از فرمول‌های توصیه‌شده توسط سازمان عمران آمریکا یا کد ژاپن بوده است. درشکل ۲-۲۰ رابطهٔ ارتفاع وعرض تاج برای تعدادی از سدهای خاکی ساخته‌شدهٔ در ایران‌نشان داده شده و همان‌طور که مشاهده می‌شود، نقاط نمودار عمدتاً از رابطهٔ ۲-۶ پیروی می‌کنند.



شکل ۲-۲۰- رابطهٔ عرض تاج و ارتفاع برای تعدادی از سدهای خاکی ایران

۲-۵-۴- شیب بدنه

شیب بالادست و پایین‌دست سدهای خاکی یکی از عوامل عمده و مؤثر در پایداری آن است. این شیب‌ها به‌طور کلی تابع نوع مصالح خاکی مورد استفاده، وضعیت پی سد و ارتفاع آن است. این شیب به نوع سد نیز بستگی دارد.

شیب بالادست سدهای خاکی عموماً در حدود ۲ : ۱ تا ۵ : ۱ است (۲ و ۵ در جهت افقی و ۱ در جهت قائم) و همان‌طور که اشاره شد، انتخاب این شیب بستگی به نوع مصالح خاکی مورد مصرف دارد. هرچه مصالح خاکی درشت‌دانه‌تر باشند می‌توان شیب بیشتری را انتخاب کرد و بالعکس هرچه مصالح ریزدانه‌تر باشند، شیب کمتری مورد نیاز است. محدودهٔ شیب‌های فوق در صورتی مناسب است که خطر افت ناگهانی سطح آب مطرح نباشد. در صورت وجود این مسئله باید در انتخاب شیب بالادست دقت بیشتری به‌عمل آورد. چنانچه مصالح بالادست بدنهٔ سد دارای نفوذپذیری کم باشد، در صورت وقوع افت ناگهانی سطح آب، فشار آب منفذی داخل بدنهٔ سد نمی‌تواند به‌سرعت پخش شود، ازاین‌رو فشار زیادی به سطح شیبدار بالادست وارد خواهد کرد که ممکن است موجب ریزش یا لغزش آن گردد. در هر صورت در چنین مواردی باید شیب بالادست را خیلی کمتر انتخاب کرد، به‌طوری‌که گاه مقدار آن به ۸ : ۱ و حتی ۱۰ : ۱ یا کمتر نیز می‌رسد. اما چنانچه مصالح پوستهٔ بالادست بدنهٔ سد درشت

دانه باشد و بتواند فشار آب را به‌راحتی و با سرعت پخش کند (به‌علت بالا بودن نفوذپذیری)، می‌توان شیب‌های بیشتری را انتخاب کرد [۱۴].

شیب پایین‌دست سدهای خاکی به‌طور معمول بین ۱:۲ برای مصالح درشت‌دانه تا ۱:۴ برای مصالح با نفوذپذیری کم تغییر می‌کند. محققان و سازمان‌های مختلف علمی یا اجرایی برای انتخاب مقدماتی شیب بدنهٔ سدهای خاکی معیارهای مختلفی را ارائه کرده‌اند که از جمله می‌توان به ارقام پیشنهادی ترزاقی و استرنج[1] و جدول پیشنهادی سازمان عمران آمریکا اشاره کرد. در جداول ۲-۲ و ۲-۳ ارقام پیشنهادی این سازمان برای دو حالت سدهای خاکی همگن و غیرهمگن ارائه شده است. در این جداول شیب‌ها بر حسب نوع مصالح بدنهٔ سد (برای سد همگن)وهسته و پوسته (برای سد غیرهمگن)، توصیه گردیده و در طبقه‌بندی مصالح از سیستم طبقه‌بندی خاک یونیفاید[2] استفاده شده است. در این دو جدول اختلاف بین دو شیب بالادست و پایین‌دست درشرایط وقوع یا عدم وقوع افت ناگهانی سطح آب ونیز تغییرات شیب برحسب کیفیت مصالح قابل‌توجه است [۱۸].

جدول ۲-۲- شیب مقدماتی پیشنهادی برای سدهای خاکی همگن ساخته‌شده روی پی پایدار [۱۸]

حالت	نوع سد	در معرض افت سریع سطح آب (روز/۱۵cm<)	طبقه بندی خاک مصرفی	شیب بالادست	شیب پایین‌دست
A	همگن	خیر	GW, GP, SW, SP	خیلی نفوذپذیر، نامناسب است	
			GC, GM, SC, SM	۱ : ۲/۵	۱ : ۲
			CL, ML	۱ : ۳	۱ : ۲/۵
			CH, MH	۱ : ۳/۵	۱ : ۲/۵
			OL, OH	کلاً توصیه نمی‌شوند	
			PT	غیرقابل استفاده	
B	همگن	بله	GW, GP, SW, SP	خیلی نفوذپذیر، نامناسب است	
			GC, GM, SC, SM	۱ : ۳	۱ : ۲
			CL, ML	۱ : ۳/۵	۱ : ۲/۵
			CH, MH	۱ : ۴	۱ : ۲/۵
			OL, OH	کلاً توصیه نمی‌شوند	
			PT	غیرقابل استفاده	

جدول ۲-۳- شیب مقدماتی پیشنهادی برای سدهای خاکی غیر همگن روی پی پایدار [۱۸]

نوع سد	در معرض افت سریع سطح آب (روز/۱۵cm<)	طبقه‌بندی مصالح پوسته	طبقه‌بندی مصالح هسته	شیب بالادست	شیب پایین‌دست
غیرهمگن‌باحداقل ضخامت هسته *	بحرانی نیست	GW, GP, SW, SP سنگریز یا (شنی)	GC, GM, SC SM, CL, ML CH, و یا MH	۱:۲	۱ : ۲
غیرهمگن با حداکثر ضخامت هسته	خیر	GW,GP,SW,SP سنگریز یا شنی	GC, GM	۱ : ۲	۱ : ۲
			SC, SM	۱:۲/۲۵	۱:۲/۲۵
			CL, ML	۱:۲/۵	۱ : ۲/۵
			CH, MH	۱ : ۳	۱ : ۳
			OL, OH	توصیه نمی شوند	
			PT	غیرقابل‌استفاده	
غیرهمگن با حداکثر ضخامت هسته	بلـه	GW,GP,SW,SP سنگریز یا شنی	GC, GM	۱ : ۲/۵	۱ : ۲
			SC, SM	۱:۲/۵	۱:۲/۲۵
			CL, ML	۱ : ۳	۱:۲/۵
			CH, MH	۱ : ۳/۵	۱ : ۳
			OL, OH	توصیه نمی‌شوند	
			PT	غیرقابل‌استفاده	

* برای حداقل و حداکثر ضخامت هسته به قسمت ۲-۵-۵ مراجعه شود.

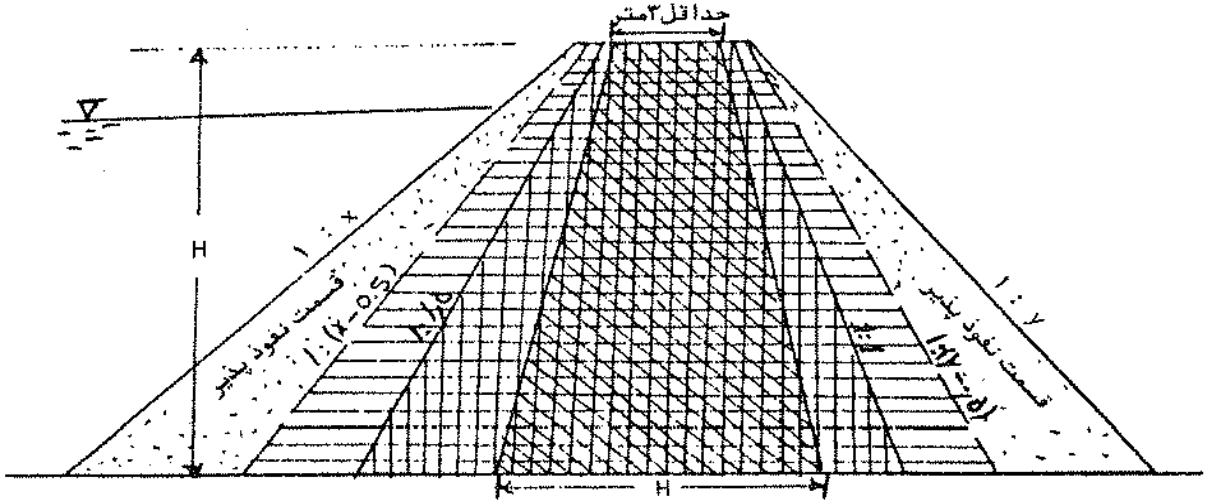
۲-۵-۵- ابعاد و شکل هسته

هسته در سدهای خاکی عامل آب‌بندی و کنترل نشت از بدنه است، ازاین‌رو انتخاب نوع مصالح و ابعاد و شکل آن اهمیت زیادی دارد. به‌طور کلی عوامل زیر در تعیین حداقل ضخامت هسته در سدهای خاکی نقش دارند:

- مقدار مجاز تلفات آب بر اثر نشت
- حداقل ضخامت برای عملی بودن کارهای ساختمانی
- نوع و کمیت مصالح موجود برای احداث هسته و پوسته
- سیستم زهکشی و فیلتر

از آنجا که هسته به‌دلیل نیاز به نفوذپذیری بسیار کم الزاماً باید از مصالح ریزدانه (عمدتاً رسی یا سیلتی یا مخلوط‌های حاوی مقادیر قابل توجه از آنها) ساخته شود، لاجرم مقاومت برشی آن کمتر از سایر قسمت‌های بدنهٔ سد، بنابراین از نظر پایداری سد، هرچه هسته نازک‌تر باشد، بهتر است. از طرف دیگر، هرچه هستهٔ سد ضخیم‌تر باشد، مقاومت آن در مقابل نشت آب و فرسایش داخلی بیشتر است و خطر ایجاد شکاف یا ترک حاصل از نشست غیریکنواخت کاهش می‌یابد. بر اساس پیشنهاد سازمان عمران آمریکا(USBR)، در گذشته معیار لازم برای انتخاب ضخامت هسته بدین صورت مطرح می‌شد که در هر ارتفاعی ضخامت هسته کمتر از عمق سد در آن ارتفاع نباشد، به‌طوری‌که شیب هیدرولیکی متوسط همواره کمتر از یک گردد.

از نظر اجرای عملیات ساختمانی و سهولت استفاده از ماشین‌آلات مختلف برای متراکم ساختن خاک نیز لازم است که ضخامت هسته در قسمت تاج سد حداقل ۳ متر باشد. بر این اساس معیار سازمان مذکور برای تعیین حدود تغییرات ضخامت هسته در یک سد خاکی غیرهمگن در شکل ۲-۲۱ نشان داده شده است [۱۸]. باید توجه داشت که حداقل ضخامت هسته در یک سد خاکی که روی پی قابل نفوذ ساخته شده، بر اساس فشار نشت موجود در پی تعیین می‌شود.



شکل ۲-۲۱- تغییرات حداقل و حداکثر ضخامت هسته بر اساس توصیهٔ سازمان عمران آمریکا

با توجه به مقاومت برشی کم مصالح ریزدانهٔ مورد مصرف در هستهٔ سدهای خاکی، در سال‌های اخیر تلاش زیادی به‌منظور کاهش ضخامت آن با تکیه بر کیفیت بهتر عملیات طراحی و اجرا صورت گرفته و نتایج بسیار مطلوبی نیز حاصل شده است، به گونه‌ای که در حال حاضر ضخامت هستهٔ به‌کار برده شده در سدهای خاکی غیرهمگن عمدتاً کمتر از معیار توصیه‌شدهٔ توسط سازمان عمران آمریکاست و در اغلب موارد این ضخامت در حدود ۰/۵H تا ۰/۲H متغیر است. بدیهی است که در شرایط انتخاب هسته‌های خیلی نازک باید به مسئلهٔ وجود پتانسیل ترک‌خوردگی و امکان ایجاد نشت متمرکز و فرسایش داخلی توجه خاصی مبذول داشت و با اتخاذ روش‌های مناسب، بویژه در طراحی فیلتر، این خطر را به حداقل رساند.

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، هسته در سدهای خاکی ممکن است به‌صورت قائم یا شیبدار به سمت بالادست طراحی شود که هریک مزایای خاصی دارد و تاکنون برتری مطلق هیچ‌یک به اثبات نرسیده است.

۲-۵-۶- عمق آزاد

عمق آزاد در یک سد حاشیهٔ ایمنی لازم برای جلوگیری از سرریز شدن آب از روی تاج سد در شرایط بحرانی را فراهم می‌سازد. در سدهای خاکی با توجه به یکپارچه نبودن مصالح و حساسیت شدید آن به فرسایش ناشی از سرریز آب، انتخاب مطمئن عمق آزاد از اهمیت بیشتری برخوردار است. به‌طور کلی، در انتخابی عمق آزاد مناسب در سدهای خاکی لازم است شرایط زیر تأمین شود:

- عمق کافی برای برآمدگی [۱] سطح آب در اثر وزش باد
- عمق مناسب برای مقابله با ارتفاع موج ناشی از وزش باد
- عمق کافی برای جبران ارتفاع بالا زدن [۲] موج روی شیب بدنه
- جبران نشت بدنه و پی سد
- کنترل عملکرد ناقص تأسیسات و سازه‌های تخلیهٔ آب
- ملحوظ داشتن سایر موارد عدم اطمینان در طراحی، اجرا و بهره‌برداری

کمیتهٔ ملی سدهای بزرگ استرالیا و نیوزیلند (ANCOLD) علاوه بر تأمین شرایط فوق، موارد زیر را نیز قابل لحاظ دانسته است :

- میزان اطمینان به نتایج برآورد سیل طراحی
- فرضیات به‌عمل آمده در روندیابی سیل
- تغییرات محتمل در برآورد سیل طراحی بر اثر تغییرات ایجادشده در حوضه یا تغییرات در روش محاسبه

بطور کلی با توجه به موارد فوق در محاسبهٔ عمق آزاد، عوامل مختلف مؤثر به شرح زیر محاسبه می‌شوند:

Wave Height

الف) ارتفاع موج

ارتفاع بزرگترین موج ایجادشده بر اثر وزش بادهای غالب منطقه از جمله عوامل مؤثر در محاسبهٔ عمق آزاد یک سد است. بر اساس تجربیات به‌دست آمده توسط سازمان‌های تخصصی مختلف، ارتفاع بزرگترین موج ناشی از وزش باد (معمولاً باد ده‌ساله انتخاب می‌گردد) از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

برای $F < ۳۲km$

$$H_w = ۰/۰۳۲\sqrt{F.V} + ۰/۷۶۳ + ۰/۴۷۱\sqrt{F} \qquad (۷-۲)$$

و:

برای $F > ۳۲km$

$$H_w = ۰/۰۳۲\sqrt{F.V} \qquad (۸-۲)$$

در روابط فوق :

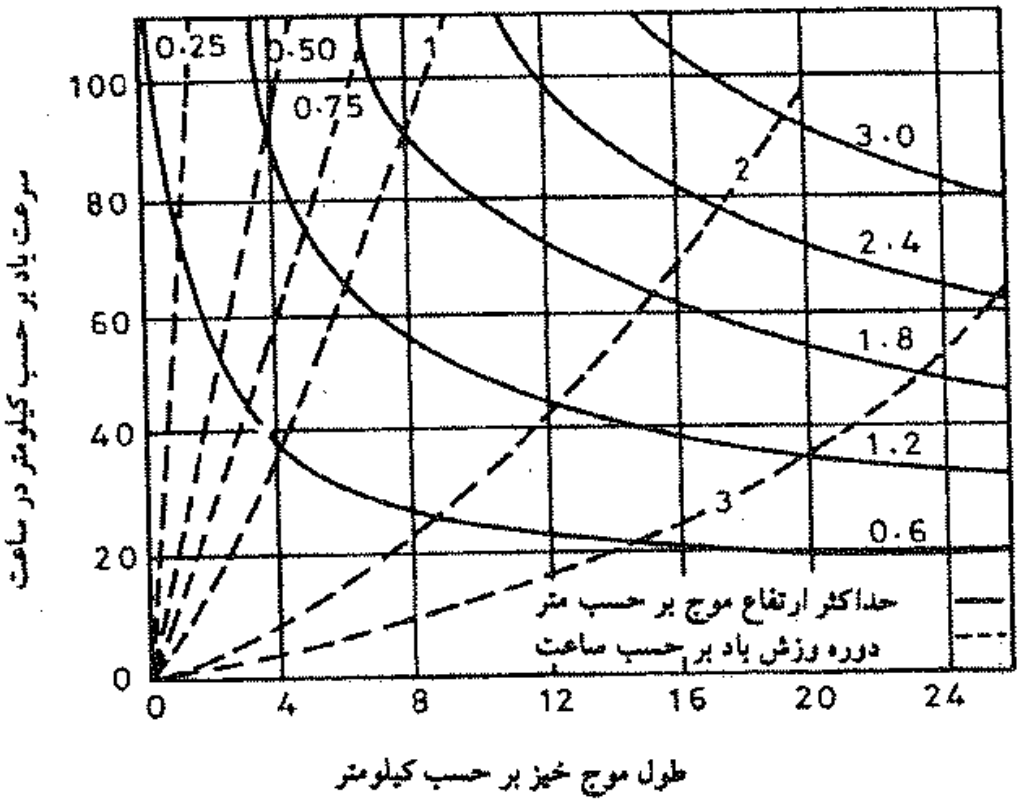
H_w = ارتفاع موج بر حسب متر،

F = طول موج خیز[1] بر حسب کیلومتر و Fetch Length

V = سرعت باد بر حسب کیلومتر در ساعت است.

به‌طور کلی با توجه به سرعت بادهای ثبت‌شده و طول موج‌خیز دریاچه‌های داخلی، تغییرات H_w معمولاً بین ۱/۵ الی ۳ متر است.

شکل ۲-۲۲ با توجه به رابطهٔ فوق محاسبهٔ گرافیکی ارتفاع موج را بر اساس فرمول‌های مذکور نشان می‌هد [۲].



شکل ۲-۲۲- حل گرافیکی فرمول محاسبهٔ ارتفاع موج ناشی از وزش باد [۲]

ب) بالا زدگی موج Wind Runup

در اثر برخورد امواج پیاپی به سطح شیبدار سد، امواج ضمن پخش شدن روی بدنه تا ارتفاعی که ارتفاع بالازدگی موج [۲] نامیده می‌شود، بالا می‌روند. این ارتفاع تابع ارتفاع موج، شیب بدنهٔ سد، طول موج، طول موج‌خیز و سرعت باد است و طبق روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$R_w = \frac{H_w}{۰/۴ + (\frac{H_w}{L_o})^{۰/۵}.cotg}\,\alpha \qquad (۹-۲)$$

که در آن :

H_w = ارتفاع موج طراحی بر حسب متر

R_w = ارتفاع بالازدگی موج بر حسب متر

$L_o = ۱/۵۶T^{۲}$ L_o = طول موج بر حسب متر

T = پریود موج بر حسب ثانیه

$T = f(F,V) \rightarrow T = (\frac{g.F}{V^{۲}})^{۰/۲۸} \times \frac{V}{g} \times ۰/۴۵$ α = زاویهٔ شیب بدنه بر حسب درجه

g = شتاب ثقل

$\frac{gT}{V} = ۰/۴۵(\frac{g.F}{V^{۲}})^{۰/۲۸}$ V, F = قبلاً تعریف شده‌اند

بر اساس تجربیات موجود در شرایط عدم استفاده از فرمول، می‌توان ارتفاع بالازدگی موج را تقریباً معادل نصف ارتفاع موج نسبت به سطح آب در نظر گرفت. همچنین درصورتی‌که سطح شیب بالادست به‌علت استفاده از پوشش محافظ بتنی یا آسفالتی صاف باشد، باید این ارتفاع را به میزان ۵۰ درصد افزایش داد.

ج) ارتفاع برآمدگی سطح آب بر اثر وزش باد Wind Setup

بر اثر وزش باد مداوم بر سطح آب دریاچهٔ سد، سطح آن در جهت بدنه بالا می‌آید. مقدار این برآمدگی تابع طول موج‌خیز (F)، سرعت باد (V) و عمق متوسط آب در امتداد طول موج‌خیز (D) است و بر اساس رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود (رابطهٔ Zinder Zee) :

$$H_s = \frac{V^2 . F . \cos\theta}{۶۳۰۰۰ D} \qquad (۱۲-۲)$$

که در آن :

H_s = ارتفاع برآمدگی سطح آب بر اثر وزش باد (بر حسب متر)

V = سرعت وزش باد مداوم بر حسب کیلومتر در ساعت

F = طول موج‌خیز بر حسب کیلومتر

θ = زاویهٔ بین جهت باد و جهت طول موج‌خیز. در صورت عدم وجود اطلاعات کافی در این مورد، زاویهٔ θ معادل صفر فرض می‌شود

D = متوسط عمق دریاچه بر حسب متر در طول F

همان‌طور که از رابطهٔ فوق مشهود است، هرچه عمق دریاچهٔ سد بیشتر باشد، مقدار H_s کوچکتر خواهد بود، ازاین‌رو در دریاچه‌های عمیق می‌توان از این مقدار صرف‌نظر کرد.

د) عمق جبران نشست

به‌طور کلی معمولاً بر اثر تحکیم مصالح بدنهٔ سد و پی آن، مقداری نشست حاصل خواهد شد که از عمق آزاد سد خواهد کاست. این مقدار نشست در سدهای خاکی به‌طور معمول معادل ۲ درصد ارتفاع سد فرض می‌شود. مع‌ذلک، در مواردی که ارتفاع سد بیشتر از ۳۰ متر باشد، لازم است یک درصد نیز برای جبران نشست ناشی از زلزله ملحوظ داشت و بدین ترتیب مقدار کل نشست در سدهای مرتفع بیشتر از ۳۰ متر حدود ۳ درصد ارتفاع آن منظور می‌شود. بدیهی است که در سدهای مرتفع انجام محاسبات مستقیم برای تعیین میزان دقیق نشست بدنه و پی سد ضرورت دارد.

هـ) محاسبهٔ نهایی عمق آزاد

پس از تعیین مؤلفه‌های مؤثر در محاسبهٔ عمق آزاد، مقدار نهایی آن با توجه به یکی از شرایط زیر تعیین و در طراحی سد ملحوظ می‌شود:

I- ماکزیمم ارتفاع سطح آب در سیل بزرگ + باد نرمال

II- سطح آب در شرایط سیل نرمال + باد با ماکزیمم سرعت

III- سطح آب نرمال (بدون سیل) + اثر شدیدترین باد + موج‌های ناشی از زلزله یا لغزشی که موجب کاهش حجم مخزن و تولید موج می‌شود

معمولاً در محاسبهٔ مقدار نهایی عمق آزاد، علاوه بر ارقام فوق، ممکن است متناسب با شرایط زلزله‌خیزی منطقه، میزان جمعیت ساکن در پایین‌دست سد و قضاوت مهندس طراح یک ضریب اطمینان کلی نیز منظور شود.

سازمان عمران آمریکا توصیه می‌کند که برای سرریزهای دریچه‌دار حداقل عمق آزاد بالای سطح دریچه‌ها برای سدهای با ارتفاع بیشتر از ۶۰ متر برابر ۳ متر و برای سدهای با ارتفاع کمتر معادل ۲/۵ متر درنظر گرفته شود. بر اساس توصیهٔ همین سازمان، مقدار عمق آزاد برای سرریزهای آزاد (بدون دریچه) بین حداقل ۱/۸ و حداکثر ۳ متر نسبت به ماکزیمم سطح آب سیل است. در صورت استفاده از دیوار بتنی محافظ [۱] روی لبهٔ تاج، معمولاً اثر آن در محاسبات عمق آزاد ملحوظ نمی‌شود [۱۸].

۲-۵-۷- حفاظت شیب بدنهٔ سد [۱۷]

شیب‌های بالادست و پایین‌دست سدهای خاکی همواره در معرض عوامل جوّی و انرژی فرسایشی امواج دریاچه قرار دارند، ازاین‌رو برای جلوگیری از فرسایش و تخریب آنها باید یک روش محافظتی مناسب درنظر گرفته شود.

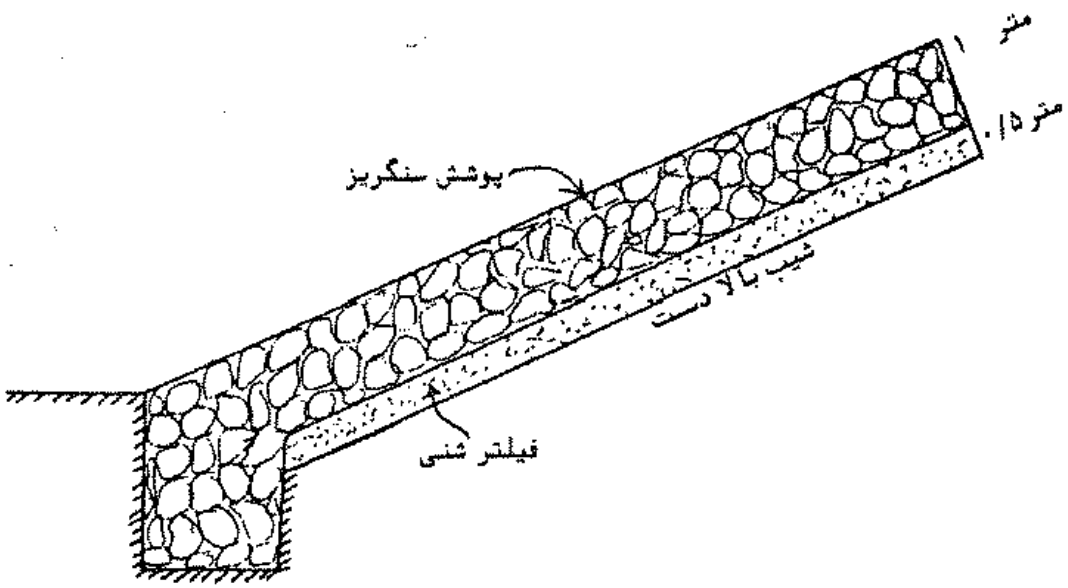
شیب بالادست سد خاکی به‌علت تماس دائمی با آب دریاچه بیشتر در معرض فرسایش امواج قرار دارد، بنابراین مسئلهٔ حفاظت آن از اهمیت خاصی برخوردار است. شیب پایین‌دست نیز به‌سبب قرار داشتن در معرض عوامل جوّی، خصوصاً بارندگی‌های شدید، نیاز به محافظت دارد. ازاین‌رو به‌طور متعارف در کلیهٔ سدهای خاکی برای محافظت شیب بدنه از روش‌های حفاظتی متناسب با شرایط منطقه و امکانات موجود استفاده می‌شود.

به‌طور کلی، برای حفاظت شیب بدنهٔ سدهای خاکی می‌توان از یکی از روش‌های زیر استفاده کرد:

- پوشش سنگریز
- پوشش بتنی (به‌صورت بلوک، موزاییک یا پوشش یکپارچه)
- پوشش آسفالتی
- پوشش خاک - سیمان
- پوشش ژئوسنتتیک
- پوشش گیاهی
- پوشش فلزی یا تخته‌ای

۲-۵-۷-۱- پوشش سنگریز Rock Rip-rap-

تجربه نشان داده است که معمولاً مطمئن‌ترین، بهترین و ارزان‌ترین روش حفاظت شیب بدنهٔ سدهای خاکی، استفاده از یک لایهٔ سنگریز است که برای حفظ ثبات و پایداری آن و به‌منظور جلوگیری از شسته شدن ذرات خاک از لابه‌لای قطعات سنگی درشت، لازم است این لایه روی یک لایهٔ فیلتر متشکل از شن و ماسه با دانه‌بندی مناسب استقرار یابد. طراحی لایهٔ محافظ سنگریز شامل انتخاب قطر، وزن و دانه‌بندی مصالح، ضخامت لایه و نیز طراحی فیلتر زیر لایه است (شکل ۲-۲۳).



شکل ۲-۲۳- چگونگی اجرای پوشش سنگریز بالادست

برای برآورد ضخامت قشر محافظ سنگریز و ابعاد و وزن قطعات سنگی مورد نیاز، تاکنون روابط متعددی توسط سازمان‌های مختلف پیشنهاد شده است. به‌طور کلی، ابعاد قطعات سنگی لایهٔ محافظ عموماً بستگی به ارتفاع موج، وزن‌واحد حجم مصالح، وزن مخصوص مصالح و شیب بدنهٔ‌سد دارد و تاکنون روابط زیر پیشنهاد شده است:

الف) رابطهٔ پیشنهادی کشور هندوستان

رابطهٔ مورد استفاده در کشور هندوستان به‌صورت زیر ارائه شده است :

$$D_m = ۲/۲۳ H_w . c . \frac{\gamma_w}{\gamma_s - \gamma_w} \times \frac{\sqrt{۱ + cotg\alpha^۲}}{cotg\alpha (cotg\alpha + ۲)} \qquad (۱۳-۲)$$

که در آن :

D_m = متوسط قطر قطعات سنگی تبدیل‌شده به کره بر حسب متر

γ_w = وزن واحد حجم آب بر حسب تن بر متر مکعب

γ_s = وزن واحد حجم قطعات سنگی بر حسب تن بر متر مکعب

α = زاویهٔ شیب بدنه

H_w = ارتفاع موج طراحی

c = ضریبی که مقدار آن بستگی به نوع لایهٔ محافظ و روش چیده شدن قطعات سنگی دارد و به شرح زیر تعیین می‌شود :

برای قشر سنگریز دست‌چین‌شده $C = ۰/۵۴$

برای قشر سنگریز ریخته‌شده $C = ۰/۸۰$

شایان ذکر است که قطعات سنگی در لایهٔ محافظ سنگریز ممکن است به دو صورت کنار یکدیگر قرار گیرند:

- روش دست‌چین [Hand Placed]، در این روش قطعات به‌صورت دستی و یک به یک کنار یکدیگر چیده می‌شوند. معمولاً در این روش به‌علت قفل و بست کمتر قطعات، خطر تخریب بیشتر است.
- روش ریختن [Dumped] که در آن قطعات سنگی به‌صورت یکجا و مخلوط با یکدیگر توسط ماشین‌آلات مناسب روی بستر ریخته می‌شود. در این روش قفل و بست قطعات بیشتر از روش قبل است.

در استفاده از رابطهٔ فوق، اندازهٔ متوسط قطعات سنگی مورد نیاز از رابطهٔ :

$$d_{av} = \frac{D_m}{۰/۸۵} \qquad (۱۴-۲)$$

و وزن متوسط قطعات از رابطهٔ زیر تعیین می شود :

$$W_{av.} = \frac{\pi}{۶}(d_{av})^{۳}.\gamma_s \qquad (۱۵-۲)$$

ب) رابطهٔ دفتر مهندسی ارتش آمریکا [۲]

دفتر مهندسی ارتش آمریکا (USCE) با فرض عدد ۲/۶۵ برای وزن مخصوص مصالح سنگی، رابطهٔ زیر را برای تعیین وزن قطعات سنگی مورد نیاز در قشر سنگریز محافظ ارائه کرده است:

$$W_A = \frac{۱۰۰H_w^{۳}}{cotg\alpha} \qquad (۱۶-۲)$$

که در آن :

W_A = وزن قطعات سنگی بر حسب کیلوگرم

H_w = ارتفاع موج طراحی بر حسب متر

α = زاویهٔ شیب بدنهٔ سد

براساس بررسی‌های سازمان مذکور، تغییرات این وزن برای قطعات مختلف باید بین $\frac{1}{8}$ تا ۴ برابر وزن به‌دست آمده از رابطهٔ فوق باشد. در این صورت ضخامت قشر محافظ نیز باید ۵۰ درصد بیشتر از اندازهٔ یک قطعه سنگ متوسط منظور شود. بنابراین ضخامت قشر محافظ، t از رابطهٔ زیر تعیین می‌شود:

$$t = ۱/۵(۱۰۰)\left(\frac{W_A}{۲۶۵۰}\right)^{\frac{۱}{۳}} \qquad (۱۷-۲)$$

در رابطهٔ فوق، t بر حسب سانتی‌متر است که می‌توان آن را به‌صورت زیر نوشت:

$$t = ۱۰/۹\left(W_A\right)^{\frac{۱}{۳}} \qquad (۱۸-۲)$$

ج) رابطهٔ متفرقه

روش دیگری که در برخی از منابع برای تعیین وزن قطعات سنگی قشر سنگریز ارائه شده، مطابق رابطهٔ زیر است :

$$W_{۵۰} = \frac{\gamma_s . H_w^{۳}}{K_{RR} . (G_s - ۱) cotg\alpha} \qquad (۱۹-۲)$$

که در آن :

$W_{۵۰}$ = وزن قطعه‌ای که ۵۰ درصد قطعات از آن کوچکترند (بر حسب کیلو نیوتن)

γ_s = وزن واحد حجم مصالح ریپ راپ بر حسب کیلو نیوتن بر متر مکعب

H_w = ارتفاع موج طراحی بر حسب متر

G_s = وزن مخصوص مصالح ریپ راپ

α = زاویهٔ شیب بدنهٔ سد (درجه)

K_{RR} = ضریب پایداری که بین ۲/۴ الی ۴ به شرح زیر تغییر می‌کند:

برای سنگ‌های گردگوشه $K_{RR} = ۲/۴$

برای سنگ‌های گوشه‌دار $K_{RR} = ۴/۰$

پس از تعیین W_{50}، وزن بزرگترین و کوچکترین قطعات و قطرهای مربوطه به شرح زیر تعیین می‌شود:

$$D_{50} = \sqrt[3]{\frac{4 \times W_{50}}{3\gamma_s}} \quad \text{قطر قطعهٔ متوسط} \qquad (2-20)$$

$$D_{max} = 1/5\, D_{50}$$

$$D_{min} = 0/5\, D_{50}$$

$$W_{100} = 4\, W_{50}$$

$$W_{min} = 0/125 W_{50}$$

بر اساس این روش باید حداقل دو لایهٔ ریپ راپ با ضخامت کلی زیر مورد استفاده قرار گیرد:

$$t = n\,.\,k_{\Delta}\left(\frac{W}{\gamma_s}\right)^{0/33} \geq 1/5 D_{50} \qquad (2-21)$$

که در آن:

t = متوسط ضخامت لایهٔ ریپ راپ بر حسب متر

n = تعداد لایه

k_{Δ} = ۱/۰۲ برای سنگ‌های گردگوشه و ۱/۰ برای سنگ‌های گوشه‌دار

قشرهای سنگریز اعم از دست‌چین یا ریخته‌شده، باید روی یک لایه فیلتر برای جلوگیری از شسته شدن و محافظت بدنهٔ اصلی سازهٔ خاکی از میان حفرات آنها، استقرار یابند. دفتر مهندسی ارتش آمریکا حداقل ضخامت ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر را برای قشر فیلتر مطابق جدول ۲-۵ پیشنهاد کرده است.

جدول ۲-۵- حداقل ضخامت فیلتر زیر پوشش سنگریز محافظ

ارتفاع موج طراحی h_w (متر)	حداقل ضخامت فیلتر (سانتی‌متر)
۰-۱/۲	۱۵
۱/۲-۲/۴	۲۲/۵
۲/۴-۳	۳۰