دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی عمران

پایان‌نامه کارشناسی ارشد عمران

گرایش مکانیک خاک و پی

ارزیابی عددی اندرکنش لایه رویه آسفالتی با بدنه سنگریزه‌ای در سدهای سنگریزه‌ای رویه آسفالتی

نگارش:

کاظم قسیمی

استاد راهنما:

پروفسور **سید امیرالدین صدرنژاد**

زمستان ۹۱

بسم الله الرحمن الرحيم

چکیده:

امروزه ساخت سدهای سنگریزه بدلایل مزایای آن بسیار مورد استقبال قرار گرفته است. در این نوع سدها، آب‌بند می‌تواند بصورت روکش بر بالادست سد قرار گیرد یا در داخل هسته‌ی سد. روکش آب‌بند در سدهای سنگریز می‌تواند از نوع آسفالت باشد یا از نوع بتن و هسته نفوذناپذیر معمولا از رس می‌باشد.

استفاده از سد سنگریزه با روکش آسفالتی در ایران می‌تواند از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد. زیرا کشور ایران یکی از کشورهای نفت‌خیز جهان محسوب می‌شود و قیمت تمام شده مصالح نفتی در آن به نسبت خیلی از کشورها، ارزان‌تر تمام می‌شود.

از آنجا که تحقیقات کمی در زمینه چگونگی رفتار روکش آسفالتی در این نوع سدها بسیار کم انجام شده است، در این پایان نامه سعی شده است به بررسی اندرکنش بین لایه آسفالتی و سد سنگریزه پرداخته شود.

با بکارگیری الگوی چند صفحه‌ای، امکان بررسی دقیق مسیرهای تنش و کرنش در صفحات و جهات مختلف و نیز لحاظ کردن غیر همسانی ذاتی مواد امکان پذیر می‌باشد. لازم به ذکر است که در استفاده از قالب چند صفحه‌ای استفاده شده است.

به‌منظور حصول اطمینان از نتایج، الگوی پیشنهادی با نتایج آزمایشگاهی موجود در مقالات معتبر صحت سنجی شده است و در نهایت با بکارگیری آن در روش اجزای محدود، پاسخ سازه مورد بررسی قرار گرفته شده است.

فهرست فصول

فصل اول: مقدمات و ساختار پایان نامه ۱
۱-۱ مقدمه ۲
۱-۲ ضرورت تحقیق ۲
۱-۳ سابقه تحقیق ۳
۱-۴ هدف تحقیق ۴
۱-۵ ساختار تحقیق ۴
فصل دوم: مروری بر سد و خصوصیات مصالح ۵
۲-۱ مقدمه ۶
۲-۲ مزایای سد رویه آسفالتی نسبت به سد خاکی هسته رسی ۶
۲-۳ مزایای سد سنگریزه‌ای رویه آسفالتی نسبت به سدهای سنگریزه‌ای رویه بتنی ۷
۲-۴ تقسیم بندی زمان ساخت ۷
۲-۵ خصوصیات سدهای سنگریز ۸
۲-۵-۱ مصالح مناسب ۹
۲-۵-۲ بدنه اصلی ۱۱
۲-۵-۳تراکم مصالح ۱۲
۲-۵-۴ تاثیر کیفیت سنگدانه بر روی تراکم سنگریز ۱۳
۲-۶ سد با رویه بتنی ۱۴
۲-۷سد با رویه آسفالتی ۱۴
۲-۷-۱ سنگدانه‌های بتن آسفالتی ۱۶
۲-۷-۲ طرح اختلاط آسفالت ۱۷
۲-۷-۳ مشخصات مکانیکی رویه بتن آسفالتی ۱۷
۲-۷-۴ وابستگی به دما در آسفالت ۲۰
۲-۷-۵ وابستگی آسفالت به زمان ۲۱
۲-۷-۶ طرح اختلاط بتن آسفالتی ۳ سد ۲۳
۲-۷-۷ اجزا سازه‌ای ساخت آسفالت ۲۴
۲-۷-۷-۱تعداد لایه‌ها ۲۴
۲-۷-۷-۲ مقطع عرضی ۲۵

۲-۷-۷-۳ ضخامت لایه‌ها..... ۲۵
۲-۷-۸ جانمائی اجزای سد..... ۲۶
۲-۸ سدهای رویه‌ی آسفالتی موجود در دنیا..... ۲۶
۲-۹ سد تاتارگی ژاپن..... ۲۸
فصل سوم: الگوی چند صفحه‌ای و ارزیابی اندرکنش..... ۳۲
۳-۱ مقدمه..... ۳۳
۳-۲ تاریخچه نظریه چند صفحه ای..... ۳۳
۳-۳ مفهوم عددی نظریه چند صفحه‌ای..... ۳۵
۳-۴ کشسان گرانرو خمیری در نظریه چند صفحه‌ای..... ۳۸
۳-۵ کابردها و محاسن استفاده از نظریه چند صفحه‌ای..... ۴۲
۳-۶ قانون مشخصه..... ۴۳
۳-۷ معیار تسلیم..... ۴۴
۳-۸ تابع پتانسیل خمیری ۴۶
۳-۹ بارگذاری متناوب و حلقه انرژی هیسترزیس ۵۳
۳-۹-۱ اولین بارگذاری..... ۵۴
۳-۹-۲ بارگذاری مجدد..... ۵۵
۳-۱۰ تعریف صفحات در محیط سه بعدی ۵۶
۳-۱۱ الگوی رفتاری برای مصالح سنگریزه‌ای..... ۵۷
۳-۱۲ روش جدید برای ارزیابی اندرکنش..... ۶۳
فصل چهارم: ارائه نتایج و خروجی‌ها..... ۶۴
۴-۱ مقدمه..... ۶۵
۴-۲ صحت سنجی مصالح سنگریزه‌ای با آزمایش سه محوری..... ۶۶
۴-۳ تحلیل نتایج در حالت استاتیکی..... ۷۰
۴-۳-۱ نتایج بعد از ساخت..... ۷۱
۴-۳-۲ نتایج بعد از آبگیری..... ۷۴
۴-۴ تحلیل نتایج در حالت دینامیکی..... ۷۶
۴-۴-۱ نتایج بعد از ساخت..... ۷۷
۴-۴-۲ نتایج بعد از آبگیری..... ۷۷

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات.....۸۵
فصل ششم: مراجع.....۸۷

فهرست تصاویر

تصویر ۲-۱ دانه بندی مصالح سنگریزه ۹

تصویر ۲-۲خرده سنگ‌های استفاده شده در سدهای سنگریز..... ۱۱

تصویر ۲-۳ بدنه سد سنگریزه..... ۱۱

تصویر ۲-۴ ارتباط بین کرنش کششی- خمشی، دما و سرعت بارگذاری..... ۱۸

تصویر ۲-۵ تجهیزات برای نفوذپذیری نمونه تغییر شکل یافته..... ۱۹

تصویر۲-۶ کرنش آسفالت در برابر دما..... ۲۰

تصویر ۲-۸ سختی آسفالت در برابر زمان..... ۲۳

تصویر ۲-۷ نمودار چسبندگی در مقابل پارامتر b..... ۲۴

تصویر ۲-۹ سطح مقطع کلی سد..... ۲۶

تصویر ۲-۱۰ اجزای رویه..... ۲۶

تصویر ۲-۱۱ نمای بالا از سد و توپوگرافی منطقه..... ۲۹

تصویر ۲-۱۲ مقاطع عرضی سد تاتارگی..... ۳۰

تصویر ۲-۱۳ نمای پائین دست سد..... ۳۱

تصویر ۳-۱ محل قرار گیری نقاط نمونه روی سطح کره به شعاع واحد در تکنیک انتگرال‌گیری عددی گوس..... ۳۵

تصویر ۳-۲ مکان صفحات در مکعب واحد..... ۳۷

تصویر ۳-۳ مفهوم ریزصفحات و تصویر مولفه‌ها..... ۳۸

تصویر ۳-۴ تابع تسلیم در دستگاه $J_1 - (J_{2D})^{1/2}$..... ۶۰

تصویر ۳-۵ تابع تسلیم در صفحه‌ی اکتاهدرال..... ۶۰

تصویر ۳-۶ تابع تسلیم در دستگاه تنش‌های اصلی.....۶۰

تصویر ۳- ۷نمودار تنش انحرافی به کرنش محوری در آزمایش سه محوری.....۶۲

تصویر ۳-۸ نمودار کرنش حجمی به کرنش محوری در آزمایش سه محوری.....۶۲

تصویر ۴-۱ نمونه الگو شده برای صحت سنجی.....۶۶

تصویر۴-۲ نمودار تنش انحرافی به پاسکال به کرنش محوری.....۶۷

تصویر۴-۳ نمودار کرنش حجمی به کرنش محوری..... ۶۷

تصویر۴-۴ نمودار تنش برشی بر حسب پاسکال به کرنش پلاستیک برشی.....۶۸

تصویر۴-۵ نمودار تنش قائم بر حسب پاسکال به کرنش پلاستیک قائم.....۶۸

تصویر۴-۶ نمودار تنش برشی بر حسب پاسکال به کرنش پلاستیک برشی صفحات ۷و۸و۹و۱۰.....۶۹

تصویر۴-۷ نمودار تنش قائم بر حسب پاسکال به کرنش پلاستیک برشی صفحات ۷و۸و۹و۱۰.....۶۹

تصویر۴-۸ نمودار تنش برشی بر حسب پاسکال به کرنش پلاستیک برشی صفحات ۱۴و۱۵و۱۶و۱۷.....۷۰

تصویر ۴-۹هندسه و شبکه بندی سد.....۷۱

تصویر ۴-۱۰ بیشترین تنش اصلی در بزرگترین مقطع سد بعد از ساخت.....۷۱

تصویر ۴-۱۱ کمترین تنش اصلی در بزرگترین مقطع سد بعد از ساخت بعد از ساخت.....۷۲

تصویر ۴-۱۲ تنش قائم در بزرگترین مقطع سد بعد از ساخت..... ۷۲
تصویر ۴-۱۳ جابه جایی افقی در بزرگترین مقطع سد بعد از ساخت..... ۷۲
تصویر ۴-۱۴ تنش افقی بر رویه سنگریزه بعد از ساخت..... ۷۳
تصویر ۴-۱۵ تنش افقی بر رویه آسفالتی بعد از ساخت..... ۷۳
تصویر ۴-۱۶ بیشترین تنش اصلی در بزرگترین مقطع سد بعد از ساخت..... ۷۴
تصویر ۴-۱۷ کمترین تنش اصلی در بزرگترین مقطع سد بعد از آبگیری..... ۷۴
تصویر ۴-۱۸ تنش قائم در بزرگترین مقطع سد بعد از آبگیری..... ۷۵
تصویر ۴-۱۹ جابه جایی افقی در بزرگترین مقطع سد بعد از آبگیری..... ۷۵
تصویر ۴-۲۰ تنش افقی بدنه سنگریزه بعد از آبگیری..... ۷۵
تصویر ۴-۲۱ تنش افقی بر رویه آسفالتی بعد از ابگیری..... ۷۶
تصویر ۴-۲۲ تنش افقی رویه آسفالتی در حین زلزله و در حالت مخزن خالی..... ۷۷
تصویر ۴-۲۳ تنش افقی رویه آسفالتی در حین زلزله و در حالت مخزن پر..... ۷۸
تصویر ۴-۲۴ تنش ترکیبی لایه اندرکنش ۷۸
تصویر ۴-۲۵ تنش ترکیبی لایه آسفالتی ۷۹
تصویر ۴-۲۶ تنش ترکیبی بدنه سنگریزه‌ای ۷۸
تصویر ۴-۲۸ تاریخچه جابجائی افقی در نقطه بحرانی..... ۸۰
تصویر ۴-۲۹ جابه جایی تاج سد در حین زلزله در دو حالت مخزن خالی و مخزن پر..... ۸۱
تصویر ۴-۳۰ کرنش افقی سد در نقطه بحرانی یک سوم پائینی آسفالت..... ۸۲

تصویر ۴-۳۱ تنش افقی سد در نقطه بحرانی.....۸۲

تصویر ۴-۳۲ تنش ترکیبی در نقطه بحرانی در لایه اندرکنش.....۸۳

تصویر ۴-۳۳تنش برشی در نقطه بحرانی در بدنه سنگریزه‌ای.....۸۳

تصویر ۴-۳۴تنش برشی در لایه اندرکنش در نقطه بحرانی.....۸۴

تصویر ۴-۳۵ تنش برشی در نقطه بحرانی در بالای رویه آسفالتی ۸۴

فهرست جداول

جدول ۲-۱ طبقه بندی سنگ بر اساس استاندارد استرالیا.....۱۴

جدول ۲-۲انواع سدهای خاکی موجود در دنیا.....۱۶

جدول ۲-۳ طرح اختلاط بتن آسفالتی با دانه بندی متراکم.....۱۷

جدول ۲-۴ نتایج آزمایش نفوذپذیری برای نمونه تغییر شکل یافته.....۱۷

جدول ۲-۵ طرح اختلاط آسفالت (سد یاماورا).....۲۳

جدول ۲-۶ طرح اختلاط آسفالت (سد صحبرا).....۲۳

جدول ۲-۷ طرح اختلاط آسفالت (سد میاما).....۲۴

جدول ۲-۸ سدها با رویه آسفالتی.....۲۸

جدول ۳-۱ مشخصات نقاط انتگرالی عددی گوس در الگوی ۳۴ صفحه‌ای ۳۶

جدول ۳-۲ فراسنج های مصالح.....۶۱

جدول ۴-۱ خصوصیات مصالح سنگریزه.....۶۷

فصل اول:

مقدمات و ساختار پایان نامه

۱-۱ مقدمه

امروزه با پیشرفت فناوری در زمینه ماشین آلات تراکم و جابه جایی خاک، ساخت سدهای سنگریزه رو به توسعه می‌باشد. این استقبال از این نوع سد به دلایل مزایای فراوان آن، از جمله مقاومت و پایداری در زلزله و همچنین اقتصادی بودن آن می‌باشد.

سدهای سنگریزه‌ای به سدهایی اطلاق می‌شود که بیش از ۵۰ درصد مصالح ساخت آنها در بزرگترین مقطع از نوع پاره سنگ، قلوه سنگ و سنگریزه باشد. اصولا این نوع سدها در جاهایی مورد توجه قرار می گیرد که مصالح سنگی به مقدارکافی موجود بوده و سنگ پی نیز از کیفیت مطلوبی برخوردار باشد . در سدهای سنگریزه، سازه آب بند یا بصورت هسته در میانه سد و یا به عنوان لایه نفوذناپذیر بر رویه بالادست سد می‌باشد[۱].

۱-۲ ضرورت تحقیق

با توجه به مزیت اصلی سدهای سنگریزه‌ای با رویه غیر قابل نفوذ که کم کردن قابل توجه مقدار تراوش در بدنه سد می‌باشد، از اواخر دهه ۱۹۶۰، ساخت چنین سدهایی در مناطقی که امکان ساخت آنها وجود داشت نسبت به بقیه سدهای خاکی بسیار بیشترشد[۲] .

اگرچه امروزه استفاده از سد سنگریزه با رویه بتنی بیشتر متداول می‌باشد ولی از معایب این نوع سد، سختی زیاد روکش بتنی نسبت به بدنه سنگریز می‌باشد که باعث می‌شود لایه بتنی آب‌بند، رفتار پیچیده و غیر قابل پیش‌بینی از خود نشان دهد و اندرکنش زیادی بین دو مصالح بتنی و سنگریزه‌ای ایجاد می‌شود. از این رو رویه آسفالتی بدلیل انعطاف پذیری بیشتر، مناسب‌تر می‌باشد. از سوی دیگر بررسی رفتار اندرکنشی رویه آسفالتی با بدنه سنگریزه بسیار محدود مورد مطالعه قرار گرفته است.

در سدهای سنگریزه‌ای رویه آسفالتی با توجه به ضخامت اندک رویه، و بخش حجیم سنگریزه، شکست آسفالت در اثر زلزله بسیار محتمل می‌باشد. از سوی دیگر نزدیکی بار هیدرواستاتیک آب به مرز بین آسفالت و سنگریزه و حساسیت مقادیر تنش و کرنش در این ناحیه برای ارزیابی ترک و شکست در رویه،

ضرورت استفاده از الگویی دقیق تر از روشهای موجود و همچنین دقت و تفسیر عمیق‌تری را بر نتایج برای ارزیابی اندرکنش بازگو می‌کند.

۱-۳ سابقه تحقیق

روشهای عددی متعددی برای بیان سطح تماس خاک – سازه توسعه یافته‌اند که می‌توان آنها را در سه بخش فهرست بندی کرد. اولین نوع به سادگی با سطح تماس برخورد می‌کند به این گونه که سطح تماس را سطحی از خاک با مشخصات بین دو مصالح دیگر در نظر می‌گیرد. بنابراین روش‌های تحلیلی و عددی می‌توانند برای ارتباط بین فشار خاک در مقابل سازه و جابه‌جایی مرتبط خاک – سازه استنتاج شوند [۸ -۳]. دومین نوع بر اساس مکانیک برخورد است. بسیاری از روش‌ها مانند روش‌های لاگرانژ[۱] و روش‌های تابع پنالتی[۲] برای تحلیل اندرکنش خاک- سازه توسعه یافتند[۱۱،۱۲،۱۴،۱۵]. این نوع قالب می‌تواند رفتار در حالت تماس و سطح جدایش یافته بین اجسام را در محیط پیوسته یا مجزا در نظر بگیرد. نوع سوم، جزء تماسی[۳] است [۸] که بطور گسترده در تحلیل‌های عددی خاک – سازه استفاده می‌شود. چنین جزئی می‌تواند ناپیوستگی بین سازه و خاک مجاور سطح تماس را در روش عددی با پایه محیط پیوسته درنظر بگیرد. جزء تماسی توسط جفت گره بیان می‌شود[۱۳-۹].

زمانی که دو جسم تغییر شکل پذیر در تماس با یکدیگر هستند، ناحیه تماسی بین دو جسم، با بارگذاری جابه‌جا می‌شود. مشخصات فیزیکی و مکانیکی سطح تماس می‌تواند غیر خطی و کشسان خمیری باشد[۱۳]. روش عددی برای تحلیل‌های تماسی باید حرکت اجسام چند لایه را بطور دقیق پیگیری کند و در هر نمو بارگذاری سطح تماس تغییر یافته را بیابد

.

۱-۴ هدف تحقیق

---

[۱] Lagrange methods
[۲] Penalty Function
[۳] Interface element

هدف از تحقیق حاضر، بررسی رفتار وابسته به زمان آسفالت پس از زلزله، و ارائه روشی برای ارزیابی اندرکنش بین اجسام می باشد، که بتواند با صحت سنجی های ساده، نتایج قابل قبولی از تنش و کرنش بدهد و از سوی دیگر نسبت به بقیه روشهای پذیرفته شده، در هزینه‌های محاسباتی صرفه جویی کرده باشد.

۱-۵ ساختار تحقیق

پایان نامه حاضر درشش فصل تدوین گردیده است، در فصل اول به ضرورت و ساختار فصل‌های پایان نامه می‌پردازد، در فصل دوم توضیحی درباره انواع مختلف سدهای سنگریزه‌ای در جهان می پردازیم و سپس به بررسی سد تاتارگی ژاپن می‌پردازیم و درباره جنس آسفالت و سنگریزه آن و همچنین وابستگی زمانی و دمائی آنها را مورد بررسی قرار می‌دهیم. فصل سوم به نظریه چند صفحه‌ای و الگوسازی کشسان آسفالت پرداخته شده، سپس مقایسه‌ای بین الگوهای پیشرفته برای ارزیابی رفتار سنگریزه انجام شده است، و سپس در الگوی چند صفحه‌ای مورد استفاده، با کمی تغییر آن را قابل استفاده برای آسفالت می کنیم و سپس یک روش برای ارزیابی اندرکنش ارائه می‌شود. در فصل چهارم ابتدا صحت سنجی‌هایی برای سنگریزه، سپس آسفالت و اندرکنش بین آسفالت و سنگریزه انجام شده است. از نتایج صحت سنجی‌ها برای تحلیل، تحت بار استاتیکی و زلزله استفاده شده است و بعد از تحلیل تحت بار زلزله به تحلیل خزش برای آسفالت پرداخته شده است . در نهایت در فصل پنجم نتیجه گیری و پیشنهادات برای پیشرفت این روش ارائه گردیده است. مراجع و منابع در فصل ششم ارائه شده است.

فصل دوم:

مروری بر ساخت سد و خصوصیات مصالح

۲-۱ مقدمه

امروزه ساخت سدهای سنگریزه‌ای با رویه نفوذناپذیر بسیار مورد استقبال مهندسان قرار گرفته شده است. در گذشته طراحی این نوع سدها بر اساس تجربیات گذشته بوده است ولی امروزه با پیشرفت روشهای عددی و بکارگیری الگوهای رفتاری مناسب ، این نوع سدها بر اساس نظریه های علمی طراحی می‌شود اگرچه تجربه کارهای پیشین همواره مورد استفاده قرار می‌گیرد. بزرگترین مشکل سدهای سنگریزه‌ای با رویه نفوذ ناپذیر، سختی متفاوت دو مصالح آسفالتی و سنگریزه‌ای در کنار یکدیگر می‌باشد که منجر به ایجاد اندرکنش قوی می‌شود [۱۴].

۲-۲ مزایای سد رویه آسفالتی نسبت به سد خاکی هسته رسی و آسفالتی

با توجه به صحبت‌های بخش قبل سدهای با رویه نفوذناپذیر در سال‌های اخیر نسبت به بقیه‌ی سدهای هسته رسی و آسفالتی ترجیح داده می‌شود. دلایل این ترجیح بصورت زیر می‌باشد.

۱) اگرچه هر دو سد شرایط مشابه خاص ژئوتکنیکی منطقه را می‌طلبد (سنگ پی مناسب) سدهای سنگریزه‌ای با رویه نفوذ ناپذیر گزینه ارزان‌تری می‌باشند.

۲) سدهای سنگریزه‌ای با رویه نفوذ ناپذیر زمانی که که مصالح هسته موجود نباشند، رجحان دارند.

۳) سدهای سنگریزه‌ای با رویه نفوذ ناپذیربه هنگام شرایط جوی بارانی مزایای مهمی دارند.

۴) سدهای سنگریزه‌ای با رویه نفوذ ناپذیر شیب‌های تندتری را جوابگو هستند.

۵) مستقل از شرایط آب و هوایی سدهای سد سنگریزه‌ای با رویه نفوذ ناپذیر سریع‌تر ساخته می‌شوند و بدنه‌ی آنها حجم کمتری دارد..

۶) تراوش در سدهای سنگریزه‌ای با رویه نفوذ ناپذیر مسئله مهمی نیست، مسئله اقتصادی بودن است در حالی که برای سدهای هسته رسی و آسفالتی مسئله تراوش خطرساز بوده و باید در کل طول عمر مفید سد بررسی شود.

۷) در سدهای سد سنگریزه‌ای با رویه نفوذ ناپذیر رفتار پی در زیر دال بسیار مهم می‌باشد در حالی که در سنگریزه ای هسته آسفالتی رفتار معمولا در زیر هسته بسیار مهم می‌باشد که در سدهای سنگریزه ای هسته آسفالتی مساحت این مقدار بیشتر می‌باشد.

۸) هرگونه سیل و طغیان ناگهانی در هنگام ساخت سدهای سنگریزه‌ای با رویه نفوذ ناپذیر تاثیر زیادی ندارد. به دلیل اینکه زاویه اصطکاک نیرو بین سنگ به سنگ بزرگتر از نیروی هیدرولیکی در هنگام جریان آب می‌باشد.

۹) تجربه نشان داده سدهای سد سنگریزه‌ای با رویه نفوذ ناپذیر سدهای امنی زیر بارهای دینامیکی هستند.[۱۵] .

۲-۳ مزایای سد سنگریزه‌ای رویه آسفالتی نسبت به سدهای سنگریزه‌ای رویه بتنی

سد رویه آسفالتی به عنوان دومین سد شناخته شده رویه نفوذناپذیر پس از سنگریزه‌ای رویه بتنی می‌باشد و در صورتی که قیمت قیر در منطقه به‌گونه‌ای باشد که از لحاظ ساخت، قیمت تمام شده این سدها پائین‌تر باشد، ساخت این سدها نسبت به رویه بتنی رجحان دارد.

از مزایای دیگر سدهای رویه آسفالتی نداشتن درز اجرائی می‌باشد و به دلیل نداشتن این درزها تراوش از این سطوح امکان ناپذیر می‌باشد. و همچنین داشتن رویه انعطاف‌پذیرتر نسبت به سدهای رویه بتنی، باعث مقاومت بیشتر در برآبر ترک خوردگی می‌شود.

۲-۴ تقسیم بندی زمان ساخت

اگرچه ساخت سدهای سد سنگریزه‌ای با رویه نفوذ ناپذیر در سال‌های اخیر بسیار معمول شده‌است، طراحی این سدها بیشتر بر پایه‌ی تجربیات گذشته می‌باشد تا نظریه‌های موجود در سد سازی. بزرگترین مشکل سدهای سنگریزه‌ای با رویه نفوذ ناپذیر، ترک در عضو رویه می‌باشد که باعث نشت آب و تراوش غیرقابل مهار می‌شود.

کوک در سال ۱۹۸۴ ساخت سدهای سنگریزه‌ای را به سه دوران تقسیم‌بندی کرد:(کوک و شرارد ۱۹۸۴)

۱) دوره‌ی ابتدایی (۱۹۴۰-۱۸۵۰): اولین سد ساخته شده به دوران طلایی کالیفرنیا برمی‌گردد. این سدها رویه‌ی چوبی داشته و شیب‌های تندی داشته‌اند. در بدنه‌ی انها سنگریزه‌های به درد نخور

استفاده می‌شد و بیشترین ارتفاع آنها ۲۵ متر بود. این سدها ساخت خوبی داشته ولی با افزایش ارتفاع، تراوش و نشت آب در آنها یک مشکل جدی بود.

۲) دوران انتقالی (۱۹۶۵-۱۹۴۰): از زمانی که سدهای نوع اول با مشکلات جدی و محدودیت‌های اساسی روبرو شد، دوره‌ی انتقالی با سنگریزه‌های فشرده با هسته‌ی رسی و سدهای رویه نفوذناپذیر آغاز به کار کرد. در دسترس نبودن مصالح سنگریزه‌ای مناسب که تراکم بسیار زیادی می‌خواست برای سدهای بلندتر مشکل اساسی بود.

۳) دوره‌ی جدید (-۱۹۶۵): در این دوران تراکم سدهای سنگریزه‌ای همه گیر شده ولی همچنان از سنگ‌ها در اندازه‌های خاصی استفاده می‌شود. و همچنین در سدهای معبری [۴]استفاده می‌شود. تراکم سنگریزه خواص بسیاری دارد. از جمله این خواص استفاده از سنگ‌های ضعیف‌تر ولی با تراکم بیشتر می‌باشد[۱۵] .

۲-۵ خصوصیات مصالح سدهای سنگریز

برای ساخت سدهای سنگریز سه اصل اساسی باید رعایت شود:

الف) استفاده از مصالح مناسب با دانه بندی خوب که ترجیحاً حداکثر قطر سنگهای آن ۳۰ تا۶۰سانتیمتر باشد و همچنین جلوگیری از افزایش بیش از حد درصد مصالح ریزدانه در مصالح سنگریز

ب) رعایت محدودیت ضخامت لایه قآبل تراکم به صورت لایه های ۶۰ تا ۹۰ سانتیمتری

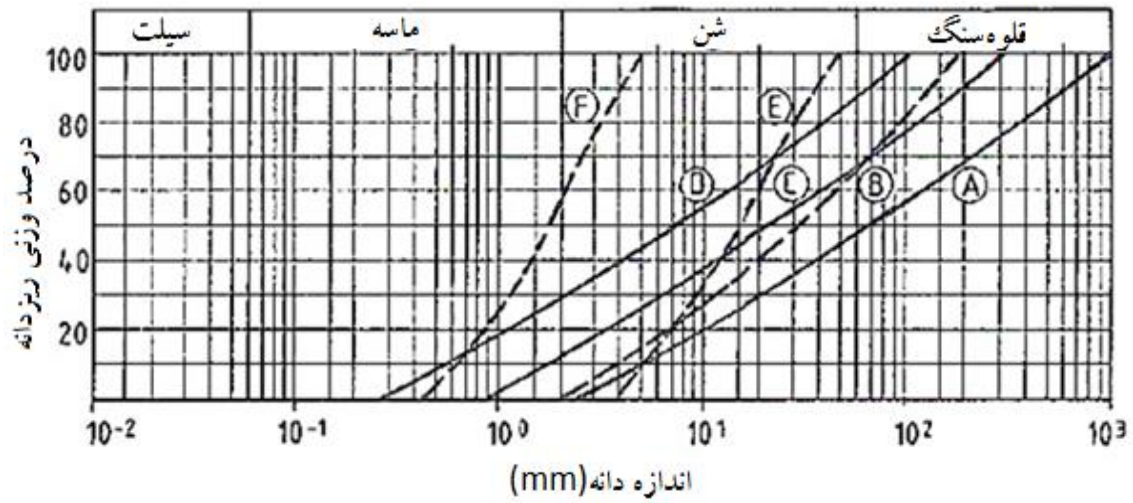
ج) اطمینان از عبور غلتک ویبره با وزن حداقل ۱۰ تن و حداقل ۴ بار عبور غلتک از هر مسیر در تمام نقاط سطح سنگریز.

۲-۵-۱ مصالح مناسب

عموما سنگریز به مصالحی اطلاق می شود که متوسط اندازه دانه های آن حداقل ۵ سانتیمتر بوده و بیش از ۴۰ تا ۵۰ در صد مصالح از الک ۲/۵ سانتیمتر رد نشود. اگر مصالح ریز دانه در سنگریز بیشتر باشد، سنگدانه های بزرگتر را احاطه کرده و خاصیت برشی و نفوذپذیری مصالح کمتر شده و ارزشهای اصلی

[۴] Coffer dam

مصالح سنگریز کاهش می یابد .مصالح سنگی مورد استفاده در ساخت بدنه سدهای سنگریز باید سالم، فاقد هوازدگی و تغییرات کیفی باشد و تحت بار به قطعات کوچکتر خرد نشود .البته کیفیت مورد انتظار در این مورد کمتر از آن چیزی است که برای مصالح سنگی مورد استفاده در تهیه بتن نیاز است .با توجه به مشخصات عمومی سنگ های مختلف از نظر زمین شناسی، عموماً سنگ های یکپارچه و سالم آذرین (شامل دیوریت، آندزیت، گرانیت، بازالت و گابرو) و دگرگونی(شامل گنیس و کوارتزیت) برای ساخت سدهای سنگریز مناسب هستند،مشروط بر آنکه مقاومت به هوازدگی آنها کنترل شده باشد .معمولاً آن گروه از سنگ ها که براثر انفجار در حین استخراج به قطعات یا ورقه های نازک تبدیل می شوند، مناسب نیستند .برخی از سنگ های رسوبی مانند ماسه سنگ و سنگ آهک نیز در صورت متراکم بودن و برخورداری از مقاومت فشاری و مقاومت نسبت به هوازدگی، برای کاربرد در ساخت سدهای سنگریز مناسب هستند.



تصویر ۲-۱ دانه‌بندی مصالح سنگریزه

معمولا قطعات سنگی که پس از مرطوب شدن، بتوانند وزن ماشین آلات ساختمانی و غلتک۱۰تن را تحمل کنند و خرد نشوند، برای ساخت سد سنگریز مناسب خواهند بود .البته چنانچه مصالح تحت تأثیر وزن ماشین آلات خرد شده و خاصیت زهکشی آزاد خود را به دلیل تولید مقدار زیاد مصالح ریز دانه از دست بدهند، هنوز امکان استفاده از آنها منتفی نبوده و ممکن است بتوان با تعبیه یک سیستم جداگانه زهکشی متشکل از مصالح مطلوب، از آنها استفاده کرد .از نظر دانه بندی و اندازه قطعات مورد استفاده در ساخت سدهای سنگریز، قاعده استاندارد و یکنواختی وجود ندارد .معهذا بهتر است اندازه قطعات به ۲۰ تا