بسم الله الرحمن الرحيم

٢٠٢٥٤٨٩ - ١٤٧٦٦٩

دانشکده عمران

گروه خاک وپی

پایاننامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته خاک و پی

عنوان

بررسی مشخصات استاتیکی و دینامیکی بتن آسفالتی در هسته سدهای خاکی

استادراهنما

دکتر غلام مرادی

استاد مشاور

عباس قلندرزاده

پژوهشگر

حسین فدائی

۱۳۸۹/۹/۲۸

شهریور ماه ۱۳۸۹

۱۴۷۶۶۹

تقدیم به:

پدر و مادرم

نام خانوادگی دانشجو : فدائی **نام :** حسین

عنوان پایان نامه : بررسی مشخصات استاتیکی و دینامیکی بتن آسفالتی در هسته سدهای خاکی

استاد راهنما: دکتر غلام مرادی

استاد مشاور : دکتر عباس قلندرزاده

مقطع تحصیلی : کارشناسی ارشد **رشته :** عمران **گرایش :** خاک و پی **دانشگاه :** تبریز

تاریخ فارغ التحصیلی : **تعداد صفحه :**

کلید واژه :

سد خاکی ، هسته بتن آسفالتی ، پارامترهای مقاومت برشی

چکیده

سدهای خاکی به دلیل اجرای سریع آن و کم هزینه بودن و امکان اجرای آن در اکثر بسترهای رودخانه‌ای در بیشتر نقاط کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد. به دلیل طراحی اینگونه سدها با هسته رسی حجم زیادی از رس در هسته مورد استفاده قرار می‌گیرد گاهی نیز به دلیل نامناسب بودن مصالح رسی و عدم توجه به مشخصات فنی و مهندسی مشکلات فراوانی در سد به وجود می آید. بنابراین با استفاده از هسته هایی مانند هسته‌های بتن آسفالتی که مشخصات و پارامترهای آن به طور دلخواه قابل تغییر می باشد می‌توان حجم مصالح به کار رفته را کاهش و نهایتاً بعد سد را به دلیل حذف مواد ریز دانه به حداقل رسانید که این امر زمان اجرا و هزینه های ساخت را تا حدی کاهش می دهد از ویژگی های بارز این هسته می‌توان به پایین بودن پتانسیل ترک خوردگی و نفوذ پذیری، تناسب رفتار با دیگر قسمت های بدنه سد و اجرا در هر نوع شرایط آب و هوایی اشاره کرد.

با وجود تمام مزایای قابل ذکر برای سد های با هسته بتن آسفالتی در مورد نحوه رفتار لرزه ای این سد ها اطلاعات کمی در دست است و با توجه به شرایط لرزه خیزی کشور ما، ایران، شناخت این رفتار اهمیت بیشتری پیدا می کند. از آنجا که ضخامت هسته ناتراوا در این نوع سد ها نسبت به انواع دیگر همچون سد با هسته رسی کمتر می باشد بررسی احتمال بروز ترک در هنگام اعمال بارهای دینامیکی به سد اهمیت بیشتری می یابد.

در این پایان نامه از طریق آزمایش، مقاومت ومشخصات استاتیکی و دینامیکی آسفالت با درصد قیر ، درصد فیلر ، منحنی دانه بندی ، نوع سنگدانه و نوع فیلر مختلف مورد بحث قرار خواهد گرفت.

تمامی پارامتر های بتن آسفالتی از قبیل مقاومت، وزن مخصوص، کارایی و نفوذپذیری آن قابل کنترل بوده و می توان با توجه به نیاز های اجرا آن را کنترل کرد.

با توجه به آزمایشات انجام شده سدهای خاکی با هسته بتن آسفالتی اصولا جایگزینی مناسب برای سدهای خاکی به هسته رسی می باشند.

فهرست مطالب

فصل اول : بررسی منابع

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- طبقه بندی سدها ۳

۱-۳ - پیشینه آسفالت در سازه های آبی ۶

۱-۴- ویژگی های سدهای خاکی با هسته بتن آسفالتی ۸

۱-۴-۱- پوسته ۹

۱-۴-۲- هسته ۹

۱-۴-۳- فیلتر و لایه انتقالی ۱۰

۱-۴-۴- پوشش محافظ بالادست ۱۰

۱-۴-۵- قشر بستر پوشش محافظ ۱۱

۱-۴-۶- پنجه سد ۱۱

۱-۵ - خصوصیات بتن آسفالتی و هسته های ساخته شده از آن ۱۲

۱-۵-۱- ویژگی های بتن آسفالتی از دیدگاه سد سازی ۱۳

۱-۵-۲- ویژگی های طرح بتن آسفالتی ۱۴

۱-۵-۳- کارایی اقتصادی بتن آسفالتی ۱۷

۱-۵-۴- خواص زیست محیطی بتن آسفالتی ۱۷

۱-۶- روشهای ساخت ۱۸

۱-۶-۱- روش خمیرقیری بین قالب های بنایی(BMM) ۱۹

۱-۶-۲- هسته خمیری با سنگدانه های درشت(CMC) ۱۹

۱-۶-۳- روش هسته قیری با سنگدانه های درشت(CBC) ۲۰

۱-۶-۴- روش هسته آسفالتی قابل جاری شدن(FACC) ۲۰

۱-۶-۵- روش هسته بتن آسفالتی متراکم(DACC) ۲۱

۱-۷ - اجرای سد با روش هسته متراکم ۲۳

۱-۷-۱- تراکم هسته و نواحی انتقالی ۲۴
۱-۸ - نکاتی در طراحی و اجرا ۲۸
۱-۸-۱- هسته ۲۸
۱-۸ -۲- نواحی انتقالی ۲۹
۱-۸ -۳- کوبش و تراکم هسته ۳۰
۱-۹- سد میجران ۳۲
۱-۹-۱- معرفی ۳۲
۱-۹-۲- بررسی تاثیر زلزله بر روی سد میجران ۳۳
۱-۱۰- اطمینان و کنترل کیفیت در کارگاه ۳۵
۱-۱۱- آزمایش کنترل کیفی برای مصالح خام ۳۵
۱-۱۱-۱- مصالح سنگی ریزدانه و ماسه ۳۵
۱-۱۱-۲- قیر ۳۶
۱-۱۱-۳- آزمایش کنترل مصالح سنگی ناحیه انتقالی ۳۶
۱-۱۱-۴- آزمایش کنترل مخلوط بتن آسفالتی ۳۶
۱-۱۱-۵- کنترل کیفیت بتن آسفالتی در طول دوره ساخت ۳۶
۱-۱۱-۶- آزمایش تعیین مطلوبیت مخلوط بتن آسفالتی ۳۷
۱-۱۱-۷- آزمایشات تعیین مطلوبیت مصالح نواحی انتقالی ۳۷
۱-۱۱-۸- آزمایشات تعیین قابلیت اجرای مخلوط انتخابی ۳۷
۱-۱۱-۹- آزمایش کنترل برمغزه(Bore Core) ۳۸
۱-۱۱-۱۰- کنترل قرار گیری دقیق لایه های هسته ۳۸
۱-۱۲- مصالح سنگی ۳۹
۱-۱۲-۱- تعاریف ۳۹
۱-۱۲-۲- منابع مورد استفاده برای تهیه مصالح سنگی ۳۹
۱-۱۲-۳- طبقه بندی ۴۰
۱-۱۲-۴- خواص فیزیکی ۴۳
۱-۱۲-۵- محاسبات مصالح سنگی ۵۰

۱-۱۳- قیر ۵۵
۱-۱۳-۱- انواع قیر ۵۵
۱-۱۳-۲- قیر خالص ۵۶
۱-۱۳-۳- قیر محلول ۵۸
۱-۱۳-۴- امولسیونهای قیر ۵۹
۱-۱۳-۵- انتخاب نوع قیر ۶۱
۱-۱۳-۶- اثر مقدار قیر و لزجت آن ۶۱

فصل دوم : مواد وروشها

۲-۱- مقدمه ۶۴
۲-۲- مقدمه ۶۴
۲-۲-۱- دانه بندی ۶۵
۲-۲-۲- آزمایشات مارشال ۶۶
۲-۲-۳- بررسی فیلر مصرفی ۶۷
۲-۲-۴- آزمایش تک محوری ۶۸
۲-۲-۵- آزمایش سه محوری استاتیکی ۶۹
۲-۲-۶- آزمایش سه محوری دینامیکی ۷۰

فصل سوم : نتایج و بحث

۳-۱- مقدمه ۷۳
۳-۲- بخش اول : آزمایشات ۷۳
۳-۲-۱- نتایج آزمایشات مارشال ۷۳
۳-۲-۲- آزمایش تک محوری ۸۵
۳-۲-۳- آزمایش سه محوری استاتیکی ۹۰
۳-۲-۴- آزمایش سه محوری با در صد قیرهای مختلف ۹۱
۳-۲-۵- آزمایش سه محوری با فشار محفظه مختلف ۹۲
۳-۲-۶- آزمایش سه محوری دینامیکی ۹۲

۳-۲-۷- آزمایش سه محوری سیکلیک ۹۴
۳-۳- بررسی و بحث ۹۴
۳-۳-۱- نوع مصالح ۹۴
۳-۳-۲- مقدار فیلر مصرفی ۹۶
۳-۳-۳- آزمایش تک محوری ۹۹
۳-۳-۴- آزمایش سه محوری استاتیکی ۱۰۰
۳-۳-۴-۱- درصد قیر ۱۰۰
۳-۳-۴-۲- فشار محفظه ۱۰۱
۳-۳-۵- آزمایش سه محوری دینامیکی ۱۰۳
۳-۳-۵-۱- آزمایش سه محوری سیکلیک ۱۰۳
۳-۳-۵-۲- سرعت بارگذاری ۱۰۵

فصل چهارم : نتیجه گیری و پیشنهادات

۴-۱- نتایج کلی ۱۰۹
۴-۲- پیشنهادات ۱۱۰
منابع ۱۱۲

فهرست اشکال

فصل اول

شکل ۱- ۱- یک نمونه سد با رویه بتن آسفالتی ۵

شکل ۱-۲- مقطع یک نمونه سد با هسته بتن آسفالتی ۵

شکل ۱-۳- آمار سدهای هسته آسفالتی بر حسب سال و ارتفاع تا سال ۲۰۰۵ ..... ۸

شکل ۱-۴- اجزای یک سد خاکی با هسته بتن آسفالتی ۹

شکل ۱- ۵ - تصویر بارگیری و پخش مصالح در هسته بتن آسفالتی ۱۳

شکل ۱-۶- اجرای سد خاکی با هسته بتن آسفالتی بصورت قوسی ۱۶

شکل ۱-۷- متراکم کردن هسته و نواحی انتقالی ۲۱

شکل ۱-۸- پخش آسفالت به صورت دستی ۲۲

شکل ۱-۹- شکل شماتیک یک نمونه از ماشینهای آسفالتی مدرن ۲۴

شکل ۱-۱۰- تراکم هسته بتن آسفالتی ۲۵

شکل ۱-۱۱- تصویر شستوشوی سطح بتن آسفالتی با اسید کلریدریک ۲۷

شکل ۱-۱۲- یک نمونه پل فلزی سبک برای عبور از روی هسته ۲۷

شکل ۱-۱۳- سد استورگلومواتن در نروژ ۳۰

شکل ۱-۱۴- نمودار پایداری و چسبندگی بهینه بر حسب درصد هوا ۳۱

شکل ۱-۱۵- تغییرات کرنش برشی در هسته و فیلترمجاور آن در امتداد ارتفاع سد ۳۴

شکل ۱-۱۶ - مشخصات مصالح سنگی از نظر شکل ۴۱

شکل ۱-۱۷- اثر بافت بر روی مقاومت برشی ۴۵

شکل ۱-۱۸- اثر بافت سطحی مصالح سنگی روی چسبندگی ۴۸

شکل ۱-۱۹- اثر لایه سطحی بر روی پوشش مصالح سنگی ۴۹

شکل ۱-۲۰- منحنی دانه بندی ۵۲

شکل ۱-۲۱- منحنی توانی ۰,۴۵ ..... ۵۳

شکل ۱-۲۲- درجهٔ انبساط حجمی به عنوان تابعی از مقدار قیر ۶۲

فصل دوم : مواد و روشها

شکل ۲-۱- دستگاه تک محوری ۶۹

فصل سوم : نتایج و بحث

شکل ۳-۱-نمودار مقاومت مارشال برای مصالح سنگ شکسته بر حسب درصد قیر..... ۷۵
شکل ۳-۲-نمودار وزن مخصوص برای مصالح سنگ شکسته بر حسب درصد قیر..... ۷۵
شکل ۳-۳-نمودار مقاومت مارشال برای مصالح سنگ رودخانه ای بر حسب درصد قیر..... ۷۸
شکل ۳-۴-نمودار وزن مخصوص برای مصالح سنگ رودخانه ای بر حسب درصد قیر..... ۷۸
شکل ۳-۵- نمودار مقاومت مارشال بر حسب درصد قیربرای فیلر ۷۲ گرم ۸۰
شکل ۳-۶- نمودار مقاومت مارشال بر حسب درصد قیربرای فیلر ۱۰۸ گرم..... ۸۱
شکل ۳-۷-نمودار مقاومت مارشال بر حسب درصد قیربرای فیلر ۱۴۴ گرم..... ۸۱
شکل ۳-۸- نمودار وزن مخصوص بر حسب درصد قیربرای فیلر ۷۲ گرم ۸۳
شکل ۳-۹- نمودار وزن مخصوص بر حسب درصد قیربرای فیلر ۱۰۸ گرم..... ۸۳
شکل ۳-۱۰- نمودار وزن مخصوص بر حسب درصد قیربرای فیلر ۱۴۴ گرم..... ۸۴
شکل ۳-۱۱- نمودار آزمایش تک محوری برای قیر ۵٪..... ۸۸
شکل ۳-۱۲- نمودار آزمایش تک محوری برای قیر ۵,۵٪..... ۸۸
شکل ۳-۱۳- نمودار آزمایش تک محوری برای قیر ۶٪..... ۸۹
شکل ۳-۱۴- نمودار آزمایش تک محوری برای قیر ۶,۵٪..... ۸۹
شکل ۳-۱۵- نمودار آزمایش تک محوری برای قیر ۷٪..... ۹۰
شکل ۳-۱۶- نتایج آزمایش سه محوری برای قیر ۵٪..... ۹۱
شکل ۳-۱۷- نتایج آزمایش سه محوری برای قیر ۶٪..... ۹۱
شکل ۳-۱۸- نتایج آزمایش سه محوری برای قیر ۷٪..... ۹۱
شکل ۳-۱۹- نمودار آزمایش سه محوری برای سرعت بارگذاری (mm/min)۰,۲ ..... ۹۳
شکل ۳-۲۰- نمودار آزمایش سه محوری برای سرعت بارگذاری (mm/min)۰,۴ ..... ۹۳

شکل ۳-۲۱- نمودار آزمایش سه محوری برای سرعت بارگذاری (mm/min)۰,۶ ..... ۹۳
شکل ۳-۲۲- مقایسه مقاومت مارشال برای مصالح رودخانه ای و شکسته ۹۵
شکل ۳-۲۳- مقایسه وزن مخصوص برای مصالح رودخانه ای و شکسته ۹۵
شکل ۳-۲۴- نمودار مقاومت مارشال بر حسب مقدار فیلر با درصدهای مختلف قیر ۹۷
شکل ۳-۲۵- نمودار وزن مخصوص بر حسب مقدار فیلر با درصدهای مختلف قیر ۹۷
شکل ۳-۲۶- نمودارآزمایش تک محوری با درصدهای مختلف قیر ۹۹
شکل ۳-۲۷- نمودار تغییرات qu بر حسب درصد قیر ۹۹
شکل ۳-۲۸- تغییرات زاویه اصطکاک داخلی با درصد قیر ۱۰۰
شکل ۳-۲۹- تغییرات چسبندگی با درصد قیر ۱۰۱
شکل ۳-۳۰- تنش انحرافی در برابر کرنش محوری ۱۰۲
شکل ۳-۳۱-نمونه بعد از آزمایش سه محوری استاتیکی ۱۰۳
شکل ۳-۳۱- نمونه آسفالت قبل از آزمایش سه محوری سیکلیک ۱۰۳
شکل ۳-۳۲- نمونه آسفالت بعد از آزمایش سه محوری سیکلیک ۱۰۴
شکل ۳-۳۳- بارگذاری سیکلیک در آزمایش تحت فشار همه جانبه و همسان ۰,۲۵ مگاپاسکال ۱۰۴
شکل ۳-۳۴- جابجایی قائم بر حسب سیکل بارگذاری در آزمایش اول ۱۰۵
شکل ۳-۳۵- کرنش های برشی ایجاد شده در نمونه های آسفالت در آزمایش های مختلف سه محوری سیکلیک ۱۰۶
شکل ۳-۳۶- تغییرات زاویه اصطکاک داخلی بر حسب سرعت بارگذاری ۱۰۷
شکل ۳-۳۷- تغییرات چسبندگی بر حسب سرعت بارگذاری ۱۰۷

فهرست جداول

فصل اول : بررسی منابع

جدول ۱-۱- فهرست سدهای ساخته شده با هسته بتن آسفالتی در جهان ۷

جدول ۱-۲- تعداد سدهای ساخته شده به روشهای مختلف ۱۸

جدول شماره ۱-۳- مشخصات قیرهای خالص ساخت ایران ۵۷

فصل دوم : مواد و روشها

جدول ۲-۱- درصد وزنی مصالح ۶۵

جدول ۲-۲- مقدار وزنی قیر ۶۶

فصل سوم : نتایج و بحث

جدول ۳-۱- نتایج بدست آمده برای مصالح سنگ شکسته با حداکثر قطرذرات ۳/۸ اینچ با قیر ۵ ٪ ۷۳

جدول ۳-۲- نتایج بدست آمده برای مصالح سنگ شکسته با حداکثر قطرذرات ۳/۸ اینچ با قیر ۵,۵ ٪ ۷۳

جدول ۳-۳- نتایج بدست آمده برای مصالح سنگ شکسته با حداکثر قطرذرات ۳/۸ اینچ با قیر ۶ ٪ ۷۴

جدول ۳-۴- نتایج بدست آمده برای مصالح سنگ شکسته با حداکثر قطرذرات ۳/۸ اینچ با قیر ۶,۵ ٪ ۷۴

جدول ۳-۵- نتایج بدست آمده برای مصالح سنگ شکسته با حداکثر قطرذرات ۳/۸ اینچ با قیر ۷ ٪ ۷۴

جدول ۳-۶- نتایج بدست آمده برای مصالح سنگ رودخانه ای با حداکثر قطرذرات ۳/۴ اینچ با قیر۵٪ ۷۶

جدول ۳-۷- نتایج بدست آمده برای مصالح سنگ رودخانه ای با حداکثر قطرذرات ۳/۴ اینچ با قیر ۵,۵ ٪ ۷۶

جدول ۳-۸- نتایج بدست آمده برای مصالح سنگ رودخانه ای با حداکثر قطرذرات ۳/۴ اینچ با قیر ۶٪ ۷۷

جدول ۳-۹- نتایج بدست آمده برای مصالح سنگ رودخانه ای با حداکثر قطرذرات ۳/۴ اینچ با قیر ۶,۵٪ ۷۷

جدول ۳-۱۰- نتایج بدست آمده برای مصالح سنگ رودخانه ای با حداکثر قطرذرات ۳/۴ اینچ با قیر ۷٪ ۷۷

جدول ۳-۱۱- نتایج آزمایش مقاومت مارشال برای ۷۲ گرم فیلر ۷۹

جدول ۳-۱۲- نتایج آزمایش مقاومت مارشال برای ۱۰۸ گرم فیلر ۷۹

جدول ۳-۱۳- نتایج آزمایش مقاومت مارشال برای ۱۴۴ گرم فیلر ۸۰

جدول ۳-۱۴- نتایج آزمایش تعیین وزن مخصوص بر حسب درصد قیر برای ۷۲ گرم فیلر ۸۲

جدول ۳-۱۵- نتایج آزمایش تعیین وزن مخصوص بر حسب درصد قیر برای ۱۰۸ گرم فیلر ۸۲

جدول ۳-۱۶- نتایج آزمایش تعیین وزن مخصوص بر حسب درصد قیر برای ۱۴۴ گرم فیلر ۸۲

جدول ۳-۱۷- نتایج آزمایش تک محوری برای قیر ۵ ٪ ۸۵
جدول ۳-۱۸- نتایج آزمایش تک محوری برای قیر ۵/۵ ٪ ۸۶
جدول ۳-۱۹- نتایج آزمایش تک محوری برای قیر ۶ ٪ ۸۶
جدول ۳-۲۰- نتایج آزمایش تک محوری برای قیر ۶٫۵ ٪ ۸۷
جدول ۳-۲۱- نتایج آزمایش تک محوری برای قیر ۷ ٪ ۸۷
جدول ۳-۲۲- نتایج آزمایش سه محوری ۹۲
جدول ۳-۲۳- نتایج آزمایشات سه محوری سیکلیک ۹۴

فصل اول :

بررسی منابع

۱-۱- مقدمه

هر چند در نظر اول سد سازی یک فناوری مدرن به نظر می آید ولی سوابق تاریخی نشان می دهد که سد سازی سابقه ای چند هزار ساله دارد و این قطعاً از آن رو است که آب همواره به عنوان مهمترین عامل حیات واسکان، ذهن انسان را به خود مشغول داشته است. از این رو می توان اولین سوابق سد سازی را در یکی از کهن ترین تمدن های انسانی و درکنار حیات بخش ترین رودخانه" نیل "یافت. سابقه احداث سد بر روی سر شاخه های این رودخانه به بیش از سه هزار سال قبل باز می گردد.

در کشور ما هم سد سازی سابقه ای دیرینه دارد و سد هایی با قدمت ۲۰۰۰ سال بر روی رودخانه های مختلفی به خصوص در جنوب ایران یافت می شوند. تا قبل از آغاز قرن بیستم میلادی سد سازی اصولاً یک شاخه غیر علمی بود که صرفاً عملیات انجام شده جنبه کاملا تجربی داشت. در اواسط قرن بیستم سد سازی به صورت یک رشته کاملاً علمی در عرصه علم و تکنولوژی پدیدار شد که از بنیانگزاران اصلی آن می توان به کارل ترزاقی و بعداً آرتور کاساگرانده اشاره کرد. با پیشرفت جوامع بشری و ازدیاد جمعیت تأمین آب یکی از مشکلات اصلی انسان شد به طوری که علاوه بر تامین آب آشامیدنی آب کشاورزی نیز در برخی از مناطق با مشکل مواجه شد. از سوی دیگر خشکسالی و بحران های بی آبی و همچنین نیاز روز افزون به تولید برق توسط نیروگاههای برق آبی بر لزوم کنترل منابع آبی می افزاید. امروزه سد های خاکی[۱] سهم قابل ملاحظه ای از ذخیره آب در جهان را بر عهده دارند.

این نوع به دلیل سهولت در ساخت و وفور نسبی مصالح مورد نیاز آن مورد استقبال کشور های مختلف قرار گرفته است. اما مشکل عمده این نوع سد ها مسئله فرار آب از بدنه سد است که در برخی مناطق کم آب بیشتر اهمیت پیدا می کند. بنابراین از اواخر قرن نوزدهم میلادی به تدریج

[۱] Earth dam

پژوهشهایی در زمینه آب بندی سدهای خاکی انجام شد مصالحی همچون رس، بتن، چوب، صفحات فلزی، بتن آسفالتی و آهک از جمله مواردی بودندکه مورد بررسی قرار گرفتند.

از میان این مصالح بتن آسفالتی[۱] نسبت به مصالح دیگر مناسبتر دیده شد. این نوع سدها یکی از انواع به نسبت جدید سدها است که استفاده از آن در دنیا و به خصوص اروپا دارای رشد روز افزونی است. یکی از علل استفاده و توجه زیاد به این نوع سد در اروپا و اسکاندیناوی عدم وجود مصالح کافی برای انواع دیگر سد خاکی و وفور منابع سنگدانه مورد استفاده در این نوع سد در آن منطقه و عملکرد مناسب این سد در شرایط نامناسب مثل نشست نامتجانس بستر است. از طرفی همانطور که در فصول آتی روشن خواهد شد فصل کاری طولانی تر برای ساخت این نوع سد و عدم وجود نیاز به سخت افزارهای بسیار پیچیده باعث توجه و علاقه مندی به این نوع سد شده است. دلایل بیان شده درباره علت ازدیاد استفاده از این نوع سد، درباره کشور ما هم تا حد زیادی صادق است. مصالح مورد نیاز این نوع سد ـ قیر و مصالح سنگدانه ای ـ در ایران به راحتی یافت می شود و سرعت و سهولت ساخت آن برای کشور ما بسیار حائز اهمیت است سد میجران اولین سد خاکی با هسته آسفالتی ساخته شده در ایران است و در حال حاضر چندین سد در حال ساخت است. از طرفی گزینه « سد خاکی با هسته بتن آسفالتی » در فازهای اولیه طراحی تعدادی از سدها مطرح بوده است که به عنوان انتخاب نهایی طراحان مطرح نشده است. این احتمال وجود دارد که عدم وجود اطلاعات اولیه کافی و مناسب و عدم وجود تجربه قبلی باعث رد گزینه « سد خاکی با هسته بتن آسفالتی » شده باشد.

بررسیهای انجام شده در این پروژه شاید بتواند مقدمه و راهگشایی برای بررسی های تکمیلی و تحقیقات بیشتر در این زمینه باشد تا امکان استفاده مناسب از این نوع سد فراهم شود.

---

[۱] Asphalt concrete

۱-۲- طبقه بندی سدها

سد به عنوان یک سازه هیدرولیکی برای انحراف یا نگهداری جریان آب ساخته مـی شـود. بـرای برآورده کردن این هدف، سد باید دارای چند ویژگی باشد. باتوجه به نوع تـامین ویژگـی هـا سـدها از منظر های متفاوت تقسیم بندی می شوند.

باتوجه به هدف نهایی سد، سدها به انواع مـصارف کـشاورزی، آشـامیدنی، انحرافـی و یـا چنـد منظوره تبدیل می شوند. بادرنظر گرفتن پارامتر ابعاد سد، باتوجه به طبقه بندی ICOLD[1] سدها بـه دودسته بزرگ و کوچک تقسیم می شوند. سدهای بزرگ سـدهایی هـستند کـه دارای یکـی از چنـد مشخصه زیر باشند:

ـ سدهای باارتفاع بیش از ۱۵ متر

ـ سدهای با ارتفاع بین ۱۰ تا ۱۵ متر و بادارا بودن یکی ازمسائل زیر:

- طول تاج بیش از ۵۰۰ متر
- ظرفیت ذخیره بیش از یک میلیون مترمکعب
- پی سد دارای مشکلات خاص باشد.
- سیل طرح سرریز سد از ۲۰۰۰ متر مکعب درثانیه بیشتر باشد.

بادرنظر گرفتن پارامتر عدم تغییر شکل و مقاومت در برابـر جریـان آب، سـدها بـه دسـته هـای سدهای وزنی، سدهای بتنی پشت بنددار، سدهای قوسی و سدهای لاستیکی تقسیم می شوند. دراین دسته بندی سدهای وزنی دارای دسته بندی جزئی تری مثل سدهای خاکی و سدهای سـنگریزه ای

[1] International Constraction On Large Dams

هستند. با وجود انواع طبقه بندی های فوق مطلب بسیار مهمی که اهمیت و تعیین کنندگی زیادی در انتخاب نوع سد و طراحی آن دارد مصالح سد است و ناگفته پیداست که در صدر مسائل انتخاب مصالح برای سد، مساله نفوذپذیری سد وجود دارد. از نظر مصالح سدها به بتنی، خاکی، سد با مصالح سنگریزه ای و... تقسیم می شوند.

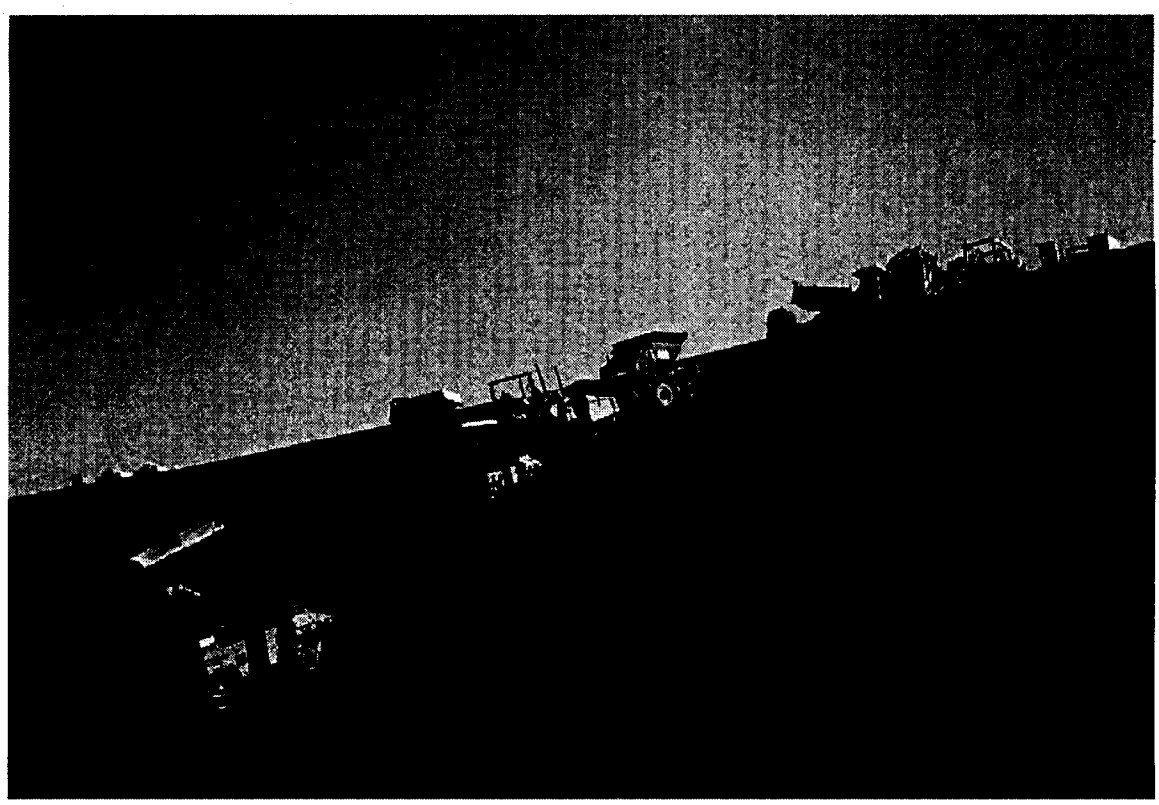
درسدهای بتنی، خود بتن نقش ماده نفوذ ناپذیر را ایفا می کند. اما در سدهای خاکی این بخش میتواند به صورتهای مختلف طراحی شود. این لایه می تواند بااستفاده از خاک، بتن، بتن آسفالتی، قیر یا حتی فولاد باشد. این لایه نفوذناپذیر میتواند درون سد قرار گیرد یا بصورت یک پوسته روی سد اجرا شود. باتوجه به نوع ماده نفوذناپذیر و محل قرارگیری آن، سدها عموما به چند دسته پراستفاده زیر تقسیم می شوند:

۱- سد رسی
۲- سد باهسته رسی
۳- سد باهسته بتن آسفالتی[۱]
۴- سد بارویه بتنی
۵- سد بارویه بتن آسفالتی

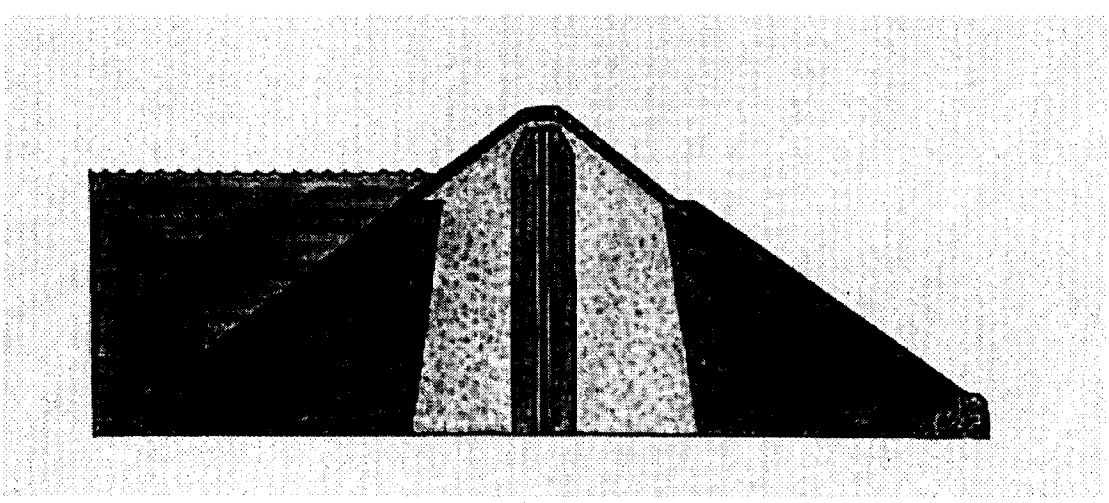
بیشتر سدهای اروپا از نوع سدهای باهسته رسی هستند ولی در بخشهای بعدی مشخص خواهد شد که این روزها با رشد چشمگیر سدهای باهسته بتن آسفالتی روبرو هستیم. این نوع سد به خصوص در مناطقی مورد استفاده قرار گرفته است که مصالح مناسب هسته رسی در فاصله نزدیک از محل ساخت وجود نداشته باشد یا محدودیت های زیستی اجازه تغییرات در توپوگرافی یا مصالح منطقه را

[۱] The Asphalt – Concrete Core

ندهد. نمای شماتیک این چند نوع سد در شکل زیر آمده است. حال با مشخص شدن جایگاه سد خاکی با هسته بتن آسفالتی، در طبقه بندی سدها و دلایل وجود چنین گروه از سدهایی به معرفی این نوع سد می پردازیم.



شکل ۱- ۱- یک نمونه سد با رویه بتن آسفالتی



شکل ۱-۲- مقطع یک نمونه سد با هسته بتن آسفالتی

۱-۳- پیشینه آسفالت درسازه های آبی

کاوشهای باستانی انجام شده در «بین النهرین»[۱] در دره «ایندوس»[۲] نشاندهنده این است که استفاده از مواد قیری به عنوان مصالح عایق در سازه های آبی به ۵۰۰۰ سال قبل از میلاد بر می گردد. در قرن ششم قبل از میلاد، پادشاه آشوریان کانالی به طول KM ۸۰ بابلوکهای سنگ آهک و روکش قیر برای انتقال آب به پایتخت خود ساخت. [۱۳].

درعین حال قدیمی ترین سدشناسایی شده با رویه بتن آسفالتی سدی در بین النهرین است که ۱۳۰۰ سال قبل از میلاد ساخته شده است. این مورد، مورد بسیار مناسبی برای بررسی است، زیرا نشاندهنده کیفیت مصالح بعد از گذشت ۳۳۰۰ سال است و می توان بااستفاده از آن اثرات خوردگی برروی آسفالت را تاحدی مشخص نمود. ساخت و ساز مدرن سد با رویه بتن آسفالتی از سد سنتال[۳] که در سال ۱۹۱۰ در ایالات متحده ساخته شد، شروع شد.

روشهای ساخت این نوع سد از آن زمان تاکنون درحال پیشرفت بوده است به طوریکه سد«لیمنرو»[۴] به ارتفاع ۱۰۱ متر در سال ۱۹۸۵ در اسپانیا ساخته شده است. اما با توجه به محدودیتهای اجرائی بیشتر برای این نوع سد، در حال حاضر سد باهسته بتن آسفالتی ، پراستفاده تر است. سد با هسته بتن آسفالتی برای اولین بار در سال ۱۹۴۸ در کشور پرتغال ساخته شد .

در اجرای هسته این سد مصالح سنگی و قیری به صورت دستی در محل هسته قرار می گرفت. اولین سدخاکی با هسته بتن آسفالتی که در اجرای آن از ماشین آلات مخصوص و امروزی استفاده شده است در سال ۱۹۶۲ در کشور آلمان ساخته شد و پس از آن ساخت این نوع سد در اروپا با رشد چشمگیری مواجه شد بطوریکه تا سال۱۹۹۳، ۶۴ سد از این نوع در اروپا ساخته شده است که

---

[۱] Mesopotamia
[۲] Indus
[۳] Cental
[۴] Limenero