

سد های سنگریزه ای با پوسته بتنی CFRD

محمد بلیاد دانشجوی کارشناسی عمران دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان
تلفن: ۰۳۹۱۵۲۲۹۲۵۹ email:civil_mb2005@yahoo.com

چکیده

کشور ایران با وسعت ۱/۶۸۴/۰۰۰ کیلومتر مربع یکی از قلات های پهناور آسیاست. میانگین بارندگی سالانه آن حدود ۲۵۰ میلیمتر است که کمتر از میانگین بارندگی آسیا و حدود یک سوم میانگین جهانی می باشد. تنوع اقلیمی، شرایط توپوگرافی و جغرافیایی، توزیع ناموزون مکانی و زمانی جریانهای سطحی در انطباق با نیازهای آبی و تغییرات شدید بین سالی از ویژگیهای هیدرولیکی بخش وسیعی از کشور محاسب محسوب می شود. صنعت سدسازی با شیوه های مدرن به ویژه سدهای با مقیاس بزرگ در حدود سه دهه قبل در ایران آغاز گردیده است. مطالعه و طراحی سدهای مخزنی بزرگ از حدود سالهای ۱۳۲۷ شروع و احداث این سدها از اوخر دهه ۱۳۳۰ صورت عملی به خود گرفت سدهای سنگره ای با پوسته بتنی یکی از انواع سدهای سنگریز هستند که در آنها بخش نفوذ ناپذیر بانه سد توسط یک پوسته بتنی در شیب بالا دست سد تامین می شود. این نوع سدها از سال ۱۹۷۰ میلادی به بعد مورد توجه خاص مهندسین و کار فرمایان قرار گرفته اند. با پیشرفت ماشین الات تراکم ارتعاشی بویژه از اوخر دهه ۱۹۶۰ م.م. امکان تراکم نمودن سنگریز این نوع سدها فراهم شده است و تراکم بیشتر سنگریز؛ باعث امکان ساخت سدهای CFRD با ارتفاع زیاد می گردد در این مقاله سعی شده است که با بررسی در مورد سدهای CFRD اصول و مبانی ساخت این نوع سدها و کلیات طراحی های مربوطه گردآوری شده. پس از آشنایی با سدهای CFRD مشخصات اجزای مقطع این نوع سدها مورد بررسی واقع می شود. در ادامه مفاهیم تراوش و نشست در سدهای CFRD بیان می شود و در انتها با مروری بر کلیات این نوع سدها چند مورد از سدهای CFRD بزرگ جهان معروفی خواهد شد.

کلمات کلیدی : سدهای سنگره ای با پوسته بتنی CFRD، تراوش، نشست
مقدمه

در سال ۱۹۶۷ بلندترین سد CFRD موجود در جهان؛ سد نیواکسچنجر (new Exchanger) در ایالات متحده با ۱۵۵ متر ارتفاع و در سال ۱۹۹۳ سد آگوا میلپا (Aguamilpa) در مکزیک با ۱۸۷ متر ارتفاع بلند ترین سد جهان بوده و اینک یک سد CFRD در چین با ارتفاع ۲۳۲ متر در حال ساخت است. به هر حال تعداد زیاد سدهای CFRD موجود در جهان و نیز سدهای CFRD در دست طراحی و ساخت؛ ضرورت توجه به این گزینه مهم را در پروژه های سد سازی بیش از پیش مشخص می کند

الف) بخش سنگریز

الف-۱) تقسیم بندی مقطع سد

► شکل ۱ جزئیات تقسیم بندی مقطع سد را ننمایش می دهد. در یک بررسی کلی می توان گفت که در شکل ۱؛ ناحیه ۱ برای نفوذناپذیری؛ ناحیه ۲ برای فیلتر زیر دال بتی ناحیه ۳ برای سنگریز اصلی کاربرد دارد. اینک به شرح ویژگی های هر بخش می پردازیم:

► ناحیه ۱: غالباً یک لایه متراکم وغیر قابل نفوذ؛ ترجیحاً لای می باشد که در پاییترین بخش پوشش بتی قرار داده می شود. هدف از این کار؛ پوشاندن اتصال محیطی به منظور اب بند کردن ان در صورت بروز ترکهای احتمالی یا باز شدن اتصال است. حداقل ضخامت این لایه به اجرایی محدود می شود. روی این بخش؛ یک لایه از مصالح زاید با دانه بندی دلخواه به عنوان محافظه ریخته می شود.

► ناحیه ۲؛ ناحیه A۲ با اندازه متوسط دانه ها برابر با ۳,۸ سانتیمتر به عنوان یک لایه فیلتر در صورت عملکرد ناموفق اتصال محیطی به کار می رود. ناحیه B۲ به عنوان تکیه گاه دال بتی عمل می کند. اولین و مهمترین هدف از قرار دادن یک لایه نازکاز قطعات سنگ در زیر دال بتی؛ فراهم کردن یک بستر مناسب برای دال بتی است. سنگهای شکسته با قطعات ۷,۵ و ۱۵ سانتیمتری می تواند به عنوان یک مصالح مناسب در لایه بکار رود.

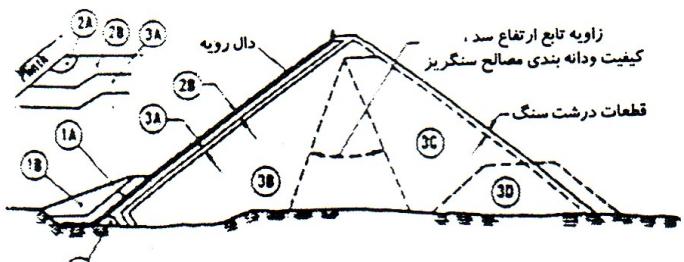
ناحیه ۳: برای ایجاد تراکم پذیری و تغییرات تدریجی نفوذپذیری از بالادست به پائین دست، سه زیر بخش مجزا در بخش سنگریز در نظر گرفته می شود

نفوذپذیری از ناحیه B۲ به طرف C۳ دائمًاً افزایش می یابد. ناحیه A۳ حالت انتقالی بین ناحیه B۲ و سنگریز اصلی دارد و با ضخامتی مشابه لایه های ناحیه ۲ متراکم می شود. هدف از اجرای این بخش جلوگیری از شسته شدن دانه های ریز ناحیه B۲ به داخل حفرات سنگریز است. مصالح مورد نیاز برای.

ناحیه B۳ برای انتقال فشار آب به پی باید حداقل تراکم پذیری را داشته باشد تا از نشست دال بتی

جلوگیری شود. غالباً مصالح در لایه هایی با ضخامت ۱ متر ریخته شده و توسط غلتک ارتعاشی ۱۰ تنی چرخ فولادی با چهار بار عبور متراکم می شوند

ناحیه ۳C تاثیر قابل ملاحظه ای در انتقال بار ندارد. لذا در لایه های ضخیم تر ۱/۵ تا ۲ متر ریخته می شود. در ناحیه ۳C می توان قطعات درشت سنگ را که در بخش های دیگر قابل استفاده نیستند به کار برد. نهایتاً ناحیه ۳D در شکل ۱ سنگریز متراکم نشده ای است که حین احداث شد در این محل انباسته می شود.



شکل ۱ - اجزای مقطع سد (Cooke 1997) CFRD

الف-۲) دانه بندی و کیفیت سنگریز

در بیشتر تشکیلات سنگریز، کمتر از ۳۰ درصد دانه های سنگی کوچک تر از ۲/۵ سانتیمتر هستند. به همین دلیل غالباً همین محدودیت به عنوان قاعده تعیین مصالح مناسب کاربرد دارد، اما ترکیباتی که تا ۵۰ درصد وزنی دانه های آن کوچک تر از ۲/۵ سانتیمتر هستند نیز مخلوط مناسبی را تشکیل می دهند.

مهتمرین خواص سنگدانه ها در سد CFRD، تراکم پذیری کم و مقاومت برشی مناسب است، بنابراین یک قاعده کلی، سنگریزی که درصد ذرات ریزتر از الک شماره ۴ آن، ۲۰ درصد یا کمتر و درصد عبوری از الک شماره ۲۰۰ آن، ۱۰ درصد یا کمتر باشد، تراکم پذیری و مقاومت برشی مورد نیاز را تامین می کند. ضمناً مقاومت فشاری قطعات سنگ به کار رفته در ساخت سنگریز باید از 300 kg/cm^2 بیشتر باشد

حفظ دامنه بالادست

طرح و انتخاب حفاظت دامنه بالادست، تاکنون بیشتر بر اساس تجربه بوده است. تجربه موفق در سدهای واقعیف و آزمایشها روی مدل های آزمایشگاهی هر کدام نقطه ای بر مجموعه نتایج تجربی اماری افزوده اند تا مهندسان طراح انتخاب مناسبتر و کم هزینه تری را پیشنهاد کنند.

از موارد ممی که موجب اسیب پذیری دامنه بالادست می شود، اثر امواج است. امواج به دو علت اصلی می تواند دامنه بالادست را شستشو داده و به دریاچه برسید. این دو علت عبارتند از اثر ضربه امواج که دانه

ها را در یکدیگر حرکت می دهد و اثر شستشوی بر گشت موج که نیرویی در جهت ثقل و بر روی سطح شیدار دامنه به قطعات و دامنه سد وارد می آورد.

بارندگیهای شدید و سیلابهای حاصل از آنها از سمت تاج سد به طرف دریاچه، یخ زدگی، و سایر عوامل جوی و اقلیمی هر کدام به نحوی می تواند موجب تضعیف مقاومت بخش بالایی دامنه بالا دست گردد. بدیهی است ان بخش از دامنه بالادست که زیر سطح آب قرار دارد و در معرض تاثیر عوامل ذکر شده نیست. به همین علت محافظت دامنه تا چند متر زیرتر از پایینترین وضعیت آب دریاچه کافی است.

اهمیت محافظت دامنه بالادست و هزینه آن تابع بزرگی امواج، شرایط اقلیمی از قبیل بارندگی، طوفان، یخ زدگی و غیره است ولی انتخاب نوع محافظه تابع شرایط اقتصادی، اقلیمی و مصالح در دسترس است. از انواع محافظه هایی که تا به حال به کار برده شده است می توان سنگچین، پوشش خاک - سیمان، پوشش بتی، آسفالتی، فلزی و چوبی را نام برد.

در طراحی محافظه، عواملی از قبیل طول و ارتفاع موج، جهت باد، سرعت باد، عمق نسبی آب، زمان تناوب موج، شکل دریاچه، شبیه دامنه، زاویه میل موج در برخورد با دامنه، میزان یخ زدگی، میزان بارندگیهای شدید سیل ، و بعضی عوامل دیگر دخالت دارد.

اهیت و دقت در طراحی حفاظه بالادست، تابع اهمیت و بزرگی سد است؛ برای سدهای کوتاه و بندهای انحرافی و سدهای تغذیه مصنوعی اهمیت محافظه کمتر است و می توان از محافظه سبک استفاده نمود.

حافظت دامنه سدها به وسیله پوشش بتی

پوششهای بتی یکی از موارد حفاظت دامنه های سدهای خاکی و پاره سنگی است و نقش آنها در بعضی از سدها نگهداری استحکام دامنه سد و جلوگیری از فرسایش است و در بعضی از سدها بخش آب بند کننده سد را تشکیل می دهد . در مواردی که فقط به منظور حفاظت دامنه بالادست به کار می رود می تواند تمام سطح دامنه را تا پنجه دامنه پوشاند زیرا فقط آن بخش که در معرض آسیبهای حاصل از موج و فرسایش فیزیکی است نیاز به حفاظت دارد ولی در سدهای که پوشش بتی نقش آب بندی سد را به عهده دارد لازم است به طور کامل تمام سطح دامنه را حتی تا چند متر در شالوده پوشش دهد . این مورد عمدها در سدهای پاره سنگی کاربرد دارد و اصولاً نوعی از سدهای پاره سنگی به نام « سد پاره سنگی با پوشش بتی » (CFRD) Concrete face rockfill dam نامیده می شود .

به هر صورت اجرا و ساخت لایه پوشش بتی به دو گونه اصلی به شرح زیر انجام می پذیرد :

الف: پوشش بتی در جا با درزهای انبساط

انواع اولیه پوششهای بتی به صورت ورقه های بتی مجزا با ابعاد $1/5$ تا $1/8$ متر (عرض) و 3 تا 6 متر (طول) و ضخامت $0/2$ تا $0/3$ متر و به ندرت بلوكهای کوچکتر یا ضخیمتر به کار برده شده است .

قطعات کوچکتر معمولاً به وسیله میلگردهای به یکدیگر مهار می شود .

در پوشش‌های بتی لازم است قطعات مجزا به وسیله درزهای مناسی از یکدیگر جدا شده باشند یا به وسیله یک مجموعه کام و زبانه مفصل شوند تا به هر حال نشستهای نامساوی بدن سد موجب خرد شدن پوشش نگردد و به عبارت دیگر قطعات جداگانه بتواند هماهنگ با نشستهای متفاوت دگر شکل داشته باشند .
بنا به بعضی از گزارشها پوشش‌های مفصل دار شده چندان موفقیت آمیز نبوده است و به علت نشستهای نامساوی مفصلها باز شده و فاصله درزها افزایش یافته و حتی ورقه‌های بتی جا شده است پوشش بتی در جا به هر حال باید روی یک لایه فیلتر ساخته شود .

ساخت پوشش بتی در جا ممکن است با تسلیح دو طرفه (در حد $4/5$ درصد مقطع) و به صورت یکپارچه ساخته شود و یا به صورت ورقه‌های با ابعاد بزرگ (مثلا 15 متر) اریتن مسلح ساخته شود و بین این قطعات بزرگ با مواد آب بند کننده پر شود . نمونه‌ای از ده‌ها مورد سدهای با پوشش بتی می‌توان سد « ولیسون » و « کورت رایت » در کالیفرنیا را نام برد که در سال 1985 تکمیل شد و از نوع پاره سنگی با پوشش بتی است و ورقه‌ای این پوشش با طول $18/3$ متر (به موازات محور سد) و عرض $9/5$ متر تا $23/8$ متر و ضخامت از $0/76$ تا $0/0/3$ متر ساخته شده است . درزهای افقی با عرض $1/9$ سانتیمتر و درزهای عمودی با عرض $2/54$ تا 5 سانتیمتر به وسیله آب بندهای انعطاف پذیر مخصوص پر شده است .

کاملاً محتمل است که این ارقام که مربوط به 25 سال قبل است ارزش نسبی عددی خود را از دست داده باشند اما به نظر می‌رسد که هزینه نسبی پوشش‌های در حال حاضر هم تقریباً به همین ترتیب باشد مگر اینکه بعضی از مصالح وارداتی موجب افزایش هزینه گردد به هر حال هزینه‌های نسبی تابع شرایط زمانی و نیز وضعیت مصالح و شرایط محلی است .

ب-داد بتی رویه

ب-۱) خصوصیات بت

برای بتن به کار رفته در دال ؛ خاصیت نفوذناپذیری و دوام ؛ اهمیت بیشتری نسبت به مقاومت دارد . مقاومت فشاری 28 روزه معادل 200 kg/cm^3 ؛ برای بتن کفايت می‌کند . حداکثر اندازه درشت دانه‌ها به 38 میلیمتر محدود می‌شود و استفاده از جابهای هوا و مواد پوزلانی در ساخت بتن رایج می‌باشد .

ب-۲) ضخامت دال

ضخامت رویه در سدهای سنگریز اولیه ؛ به صورت $H+0.0067H^0.3$ متر در نظر گرفته شده است . همچنین در این نوع سدها در زیر رویه ؛ قطعات سنگ درشت قابل حمل توسط جر ثقيل و بدون تراکم می‌ریزند برای سدهای CFRD فعلی با سنگریزه‌های متراکم محاسبه ضخامت را می‌توان تو سط فرمول زیر انجام داد :

$$t=0.3+0.003H(m)$$

در موارد خاصی همچون سدهای CFRD ساخته شده توسط کمیسیون تامین برق-آبی تاسمانی در استرالیا، ضخامت رویه کمتر از این حد در نظر گرفته شده است (۰/۲۵ متر برای سد ۴۰ متری تا ۰/۳ متر برای سد ۱۲۰ متری).

ب-۳) تسلیح دال بتنی

امروزه استفاده از ۴/۰ درصد تسلیح در جهت قائم و در پیرامون رویه و ۳/۰ درصد در جهت افقی برای سدهای CFRD جدید توصیه می شود (شکل ۳). این مقدار در سدهای CFRD غیر متراکم گذشته حدود ۰/۵ درصد بوده است. عموماً در هنگام اجرا، فولادهای طولی از درزهای قائم بصورت پیوسته عبور داده می شوند. این امر باعث می شود که رد محل درزهای قائم نیازی به قرار دادن آب بند (Water Stop) وجود نداشته باشد و خطر ضعف موضعی بتن بدليل وجود آب بند کاهش یابد. فولاد مسلح کننده غالباً در یک لایه در وسط دال یا کمی بالاتر از خط مرکزی آن قرار داده می شود. هدف از این کار آن است که دال تا حد امکان انعطاف پذیر باشد و بتواند نشستهای نسبی کوچک را بدون ایجاد تنفس خمی بالا در آن تحمل نماید.

ب-۴) دیواره نگهبان (CFRD)

سدهای CFRD اولیه دیواره نگهبانی با ارتفاع ۱,۱ متر داشتند. شرارد و کوک؛ ساخت یک دیواره ۳ تا ۵ متری را توصیه می کنند. دیواره بلندتر علاوه بر مقابله با برخورد امواج و ریختن اب روی سنگریز باعث صرفه جویی در ساخت لایه سنگریز بالا دست دیواره می شود.

ج- دال پنجه

ج-۱) تسلیح دال پنجه

آرماتور گذاری در دال پنجه همچون دال رویه برای مقابله با تنشهای حرارتی و به حداقل رساندن ترک در دال صورت می گیرد و بکارگیری یک شبکه آرماتور کفايت می کند. آرماتورها رد فاصله ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر پایین تر از سطح بالای دال قرار داده می شوند مقدار درصد فولاد ۰/۳ درصد در هر دو جهت کافی است. بکارگیری دو ردیف شبکه آرماتور، دال را بیش از حد صلب می کند و ممکن است در اثر تغییر شکل ناهمسان کف، در آن ترک ایجاد شود. آرماتورهای طولی در داخل درزهای اجرایی ادامه داده می شوند و قرار دادن آب بند در درزها ضرورت ندارد. برای اتصال مناسب دال به سطح پی، از میل مهار استفاده می شود. این میله ها عموماً به قطر ۲۵ تا ۳۵ میلیمتر و به طول ۳ تا ۵ متر هستند که رد هر جهت به فواصل ۱ تا ۱/۵ متر تعییه می شوند. این میله ها کاملاً رد سنگ فرو برده شده و روی آرماتورهای دال بصورت قلاب ۹۰ درجه خم می شوند.

ترواوش در سدهای CFRD

مفهوم ترواوش در سدهای CFRD با آنچه در سدهای دارای هسته مرکزی اتفاق می افتد نفاوت دارد. ترواوشی که در پایین دست سدهای CFRD ظاهر می شود از بین بازشدگیهای دال بتنی یا از بستر سنگی

عبور می نماید. در هر حال، خاکی در سد وجود ندارد که فرسایش یابد. وقتی که آب در پایین دست یک سد سنگریز با هسته خاکی (ECRD) یا یک سد خاکی ظاهر می شود، همیشه این امکان وجود دارد که نشت از طریق فرسایش مصالح هسته از دیاد پیدا کند. حتی اگر نشت کاملاً از بین برود، پایش آن در طول عمر سد لازم و ضروری است. بنابراین در سدهای ECRD و سدهای خاکی، تراوش دو جنبه اساسی دارد:

۱. یک تهدید بالقوه برای سد محسوب می شود.
۲. بخار از دست رفتن اب یک زیان اقتصادی است.

در مورد سدهای CFRD مفاهیم کاملاً متفاوت است، چرا که خروج آب برای پایداری سد خطری ایجاد نمی کند و تنها از دست رفتن آب، زیان اقتصادی دارد. بعلاوه در اکثر سدهای بزرگ تراوش چند ده لیتر آب در ثانیه، اثر اقتصادی ناچیزی دارد و قابل صرفنظر کردن است.

آنچه که در این بحث ذکر شد مربوط به حالتی است که سد روی بستر سنگی مناسب قرار دارد. در حالتی که بستر سنگی دارای درز و شکاف و یا هوازدگی است، ممکن است فرسایش محدود بستر اتفاق بیفتد که این موارد خاص باید مورد توجه قرار گیرد.

نشست پس از ساخت در سدهای CFRD

تراکم سنگریزه در بدنه سد؛ در کاهش نشست اهمیت زیادی دارد بر این اساس نرخ و شدت نشست تاج سد، تحت تاثیر خواص سنگریز و شکل سد تغییر می نماید. در جدول ۲ نرخ تغییرات نشست در سدهای CFRD در دو حالت سنگریز متراکم و غیر متراکم درج شده است. بطور کلی برای سدهای CFRD با ۱۰۰ متر ارتفاع و تراکم مناسب، نشست تاج سد در طی ۵ سال بین ۱۰ تا ۱۵ سال بین ۱۵ تا ۲۵ سانتیمتر است (Cooke ۱۹۹۷).

نرخ تغییرات نشست در سدهای CFRD با ۱۰۰ متر ارتفاع (mm/yr)			نوع سد
بعد از ۳۰ سال	بعد از ۱۰ سال	بعد از ۵ سال	
۰/۶	۱/۵	۳/۵	سنگریز متراکم
۱۰	۳۰	۴۵	سنگریز غیر متراکم

جدول ۲- نوخ نشست در سدهای CFRD (Sherard 1987)

در مورد نشست سدهای پاره سنگی روابطی پیشنهاد شده است که نمونه آنها عبارت است از:

$$S = \beta H^{\delta}$$

در این رابطه ، H ارتفاع سد به متر، β ضریبی است که از 10^{-3} تا 10^{-4} متغیر است و بر حسب شرایط و برحسب نوع سد (یعنی با پوشش بالادست، با مغزه مایل، یا با مغزه مرکزی) تعیین می شود
در مورد دقت این رابطه و هر رابطه دیگری، پژوهشگرانی به مطالعات تجربی پرداخته اند و مثلاً «کلمنت» تعداد ۶۸ سد پاره سنگی را مورد بررسی قرار داده و نشستهای آنها را در زمانهای مختلف مقایسه نموده و تغییرات مقدار نشستها را به صورت تابعی از زمان ترسیم نموده است و به این نتیجه رسیده است که هیچکدام از روابط تجربی پیشنهادی، رابطه کلی و دقیق نیست و تنها وسیله مطمئن برای پیش‌بینی نشستهای مقایسه نوع سد با سدهای ساخته شده قبلی است. تنها نتیجه ای که از مجموع مطالعاتش به دست آورده است تعیین منحنیهایی برای حد پایینی و حد بالایی مقدار نشست برای هر یک از انواع سه گانه سدهای پاره سنگی می باشد.

آشنایی با سدهای CFRD بزرگ جهان

در جدول ۳ نام برخی از بزرگترین سدهای CFRD در حد احداث دنیا به همراه ارتفاع و محل ساخت آنها جمع آوری شده است (Cooke 1997). شکل ۸ تعداد سدهای CFRD در حال ساخت در کشورهای مختلف را نشان می دهد. چنانکه مشاهده می شود گرایش به سد CFRD در کشورهای آسیایی بخصوص در چین قابل توجه می باشد.

ردیف	نام	کشور
۲۳۲	Shui Bu Ya	چین
۲۳۰	Antamina	پرو
۲۲۰	Nam Ngum 3	لاناؤس
۲۲۱	West Seu	تیال
۲۰۵	Bakun	مالزی
۲۰۰	Campos Novos	برزیل
۱۹۰	Irape	برزیل
۱۸۹	Sogamoso	کلمبیا
۱۸۷	El Cajon	مکزیک
۱۸۲	Tianshengqiao	چین
۱۷۱	Guizhou Hongjiadu	چین
۱۶۴	Mazar	اکوادور
۱۶۲	La Parots	مکزیک
۱۶۱	Yacambu	ونزوela
۱۶۰	Andaqui	کلمبیا
۱۵۰	Quimbo	کلمبیا
۱۴۵	Porce III	کلمبیا
۱۴۵	Marum	لوتو
۱۴۱	Mohale	مالزی
۱۳۲	Kurtan	ترکیه
۱۲۵	Ita	برزیل
۱۲۴	Machadinho	برزیل
۱۲۰	Baijun	چین
۱۲۰	Gudongkou	چین

جدول ۳- سدهای CFRD بزرگ جهان (Cooke 1997)

انواع دیگر پوششها و مقایسه نسبی اقتصادی

پوشش دادن سدهای خاکی به وسیله چوب و فولاد در تعداد محدودی سدها با موفقیت انجام گرفته و نیز دوام داشته است بطوری که یکی از پوششها

فولادی به کاربرده شده در سدی با ارتفاع ۱۴ متر و طول ۵۶ متر که در سال ۱۸۹۸ در آریزونا ساخته شده است همچنان کارایی خود را حفظ کرده است (زمان گزارش ۱۹۷۱ است) و فقط تعمیرات جزئی از قبیل رنگ آمیزی داشته است . همچنین براساس گزارش « تیلر » یکی از سدهای پاره سنگی با ارتفاع ۲۵ متر که در سال ۱۹۱۰ در کوههای « سی یرانوادا » در کالیفرنیا در ارتفاع ۳۳۰۰ متری ساخته شده است

پوشش آن الوارهای چوبی بوده است که بعد از ۲۰ سال الوارها تعمیر شده و در سال ۱۹۶۰ مجدداً پوشش چوبی دیگر به پوشش قبلی دوخت شده است و این پوشش تا زمان گزارش (۱۹۷۱) همچنان سالم و عالی بوده است.

کاربرد موادی از نوع بوتیل و پی وی سی در بعضی سدهای کوتاه تجربه شده است که البته نقش این پوششهای مشکلات خاص خود را دارند مثلاً به هم اتصال دادن درزهای آنها به وسیله چسب یا به وسیله حرارت و اتصال دادن در حاشیه‌ها دقت زیادی لازم دارد.

برای مقایسه نسبی اقتصادی انواع پوششهای نمی‌توان به اعداد و ارقام ثابتی دست یافت. زیرا ارزیابی هزینه‌ها بستگی به عوامل مختلفی از قبیل امکان تولید یا خرید مصالح فاصله دسترسی مهارت اشخاص و شرایط کاری آن محل دارد ولی اگر ارقام برآوردها و هزینه‌ها در زمان و مکان معینی در دسترس باشد می‌توان به نوعی مقایسه برای همان زمان در آن کشور دست یافت.

ارقام زیر نمونه‌ای از مقایسه قیمتها مربوط به سال ۱۹۷۲ در افریقای جنوبی است که از یک گزارش ICOLD نقل می‌شود. ضمن اینکه باید در نظر داشت که در پروژه‌های سد سازی که تامین آب برای یک ناحیه جنبه حیاتی و ضروری دارد تفاوت هزینه‌ها در بخشی از کارهای پروژه (مثل رویه حفاظتی آن) نقش تعیین کننده را ندارد.

نوع پوشش حفاظتی	ضخامت متوسط mm	هزینه نسبی
دامنه با پوشش گیاهی	۲۲۵	۰/۵۶
آستریندی بوتیل لاستیکی	۰/۷۵	۰/۶۸
سنگچین دامنه پایین دست	۴۵۰	۰/۷۶
سنگچین دامنه بالا دست	۹۰۰	۱
روسازی بتنی در جا	۱۵۰	۱/۰۵
روسازی بتنی پیش ساخته	۱۵۰	۱/۶
پوشش دادن آسفالتی	۲۰۰	۶۴

خلاصه

از جمع بندی مجموع بررسی‌های انجام شده در مورد سدهای CFRD در محدوده این مقاله نتایج زیر حاصل می‌شود.

۱. پیشرفت استفاده از ماشین الات تراکم ارتعاشی، امکان افزایش تدریجی ارتفاع سدهای CFRD را فراهم نموده است.

۲. مقطع یک سد CFRD در یک بررسی کلی شامل؛ سنگریز؛ دال رویه؛ دال پنجه می‌شود.

۳. در مقطع سنگریزه، توجه به فیلتر در بالای دال پنجه، تکیه گاه مناسب زیر دال بتنی رویه و تغییر تدریجی تراکم پذیری به سمت پایین دست ضروری است.

۴. اصلاح پی و بریدن سنگهای بستر در بخشی از محل تماس سد و پی ضرورت دارد.
۵. ضخامت دال بتنی عموماً بصورت متغیر در ارتفاع در نظر گرفته می شود. ضمناً آرماتورهای قائم باید بصورت پیوسته ادامه یابند و در محیط دال، تقویت آرماتورها ضروری است.
۶. تسليح دال پنجه شامل آرماتورهای طولی و عرضی می شود. اتصال این دال به پی، باید توسط پیچ صورت پذیرد.
۷. آرماتورگذاری دال پنجه و دال رویه عموماً بصورت یک شبکه ای صورت می گیرد تا انعطاف پذیری مورد نیاز را تامین کند.

منابع

- ۱- روش‌های رایج در طراحی و ساخت سدهای خاکی / استانلی دویلسون و رائول چ مارسال / ترجمه؛ دکتر محمد سیروس پاکباز عضو هیئت علمی دانشگاه شهید چمران اهواز / انتشارات دانشگاه شهید چمران / چاپ ۱۳۷۹ / تهیه شده برای: کمیته روابط بین المللی کارلوس اوسبینارش کمیسیون بین المللی سدهای بزرگ
- ۲- سدهای خاکی / دکتر محمود وفایان / چاپ سوم / ناشر: جهاد دانشگاهی واحد صنوفی اصفهان / مرکز انتشارات تاریخ نشر/ پاییز ۱۳۸۲ / چاپ بهار
- ۳- سایت اینترنتی www.soilwater.com
- ۴- سایت اینترنتی WWW.Goeningeer.org

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.