A-PDF WORD TO PDF DEMO: Purchase from www.A-PDF.com to remove the watermark

دانشگاه جامع علمی کاربردی

واحد ۲۲ تهران

پروژه درس جغرافیای جهانگردی

عنوان پروژه: سدها

نام دانشجو: فرزانه آغبالی

نام استاد: جناب آقای باعقیده

گروه B

زمستان ۱۳۸۳

فصل اول

اهداف سدسازی و انتخاب ساختگاه مناسب

شامل:

۱- تاریخچه سدسازی در ایران و جهان

۲- اهداف سدسازی

۳- طبقه بندی انواع سدها

۴- انتخاب نوع سد مناسب برای ساختگاه

۵- مطالعه، تحلیل و بررسی انواع سدها

۱-۱. تاریخچه سدسازی در ایران و جهان

بشر از زمانهای دور، برای مهار نیروهای طبیعی و در اختیار گرفتن آنها تلاش و تکاپوی زیادی انجام داده است. یکی از عمده ترین نیاز انسان در زندگی، مسئله آب است که عامل اساسی تشکیل تمدنهای کهن در مناطق مختلف جهان بوده و عدم آن، باعث نابودی تمدنهای قدیمی زیادی شده است. تاریخ و تمدن بشر نشان می دهد که اکثر شهرها و تمدن ها، تا حد امکان در کنار رودخانه ها یا سواحل دریاها بنا شده است. با افزایش جمعیت و افزایش آگاهی ها، انسانها سعی نمودند در مناطق دورتر از رودخانه نیز از امتیاز آب بهره مند شوند. مهندسی سد از روش های ساخت ابتدائی و ساده به شکل پیچیده

امروزی، تکامل یافته است. سدسازی کهن را باید ارج نهاد چرا که یک هنر اولیه و آزمایشات منتج از تجارب و آزمونهای ساده بوده است که بتدریج طی قرنهای متمادی با علم درآمیخته است. سدهای خاکی ساخته شده در هزاران سال پیش از استحکام چندانی برخوردار نبودند لذا به راحتی بوسیله سیلاب شسته شده و از بین می رفتند. ولی ساخت سدهای با مصالح سنگی در بسیاری از نقاط دنیا رایج بوده است. یکی از اولین سدهای سنگریزه ای جهان، سد الکفاره در وادی الغراوی، نزدیکی حلوان در کشور مصر است. بقایای جامانده از این سد که زمان ساخت آن بین سالهای ۲۶۰۰ تا ۲۹۰۰ قبل از میلاد تخمین زده می‌شود، نظر هر بیننده ای را به خود جلب می کند. این سد از نوع سنگریزه و به ارتفاع ۱۴ متر و طول ۱۱۵ متر با پوشش ساخته شده از سنگ تراشیده و هسته سنگ لاشه ای – شنی بوده است.

مهارت سازندگان سدها به تدریج در طول قرنهای متمادی افزایش یافت. رومیان سدهای زیادی با مصالح بنائی و ملات بسیار بادوام احداث کردند که برخی از آنها، هنوز هم مورد بهره برداری قرار می

گیرد و سرریزهای بزرگ آن سدها، گواه بر درک رومیان از مبانی مهندسی است. در ایران قدیم نیز سد مهمی در تنگه باریکی بروی رودخانه کبار در حدود ۲۴ کیلومتری شهرستان قم ساخته شده است. تصور می شود این سد که قدمت آن به حدود ۱۳۰۰ سال قبل از میلاد می رسد، قدیمی ترین سد قوسی باشد که هنوز هم پابرجا مانده است. ارتفاع آن به حدود ۲۶ متر و طول آن به ۵۵ متر بالغ می شود. بدنه این سد از سنگ لاشه سخت و رویه آن از ملات و تخته سنگ ساخته شده و دو سر قوس سد به دیواره های تنگه قفل و بست گردیده است.

طراحی سدهای پشتبنددار با احداث سد البوئورادفریا (که به نام سد المند الجو نیز معروف است) در نزدیکی باداجو اسپانیا در سال ۱۷۴۷ پیشرفت نمود. این سد یک سازهٔ سنگ لاشه ای – بنائی به ارتفاع ۲۳/۵ متر و طول ۱۷۰ متر می‌باشد. که سطح پائین دست آن به پشتبندها تکیه دارد. مفاهیم طراحی سدهای سنگی از اسپانیا به آمریکالی شمالی و آمریکای جنوبی انتقال یافت در مکزیک سدهای سنگ لاشه ای – بنائی در موارد زیادی انتخاب گردید.

سازه بنائی معروف به میرالوم اولین سد چند قوس شناسائی شده دنیا است که در حدود سال ۱۸۰۰ میلادی در نزدیکی حیدرآباد هند ساخته شد. ارتفاع این سد تقریباً ۱۲ متر و طول آن ۷۶۲ متر است. جدول (۱-۱) لیست تعدادی از سدهای مهم ایران را نشان می دهد. همچنین در جدول (۱-۲) لیست بزرگترین سدهای مهم جهان با تقسیم بندی بر حسب ارتفاع و تیپ ساخت و به تفکیک کشورها و زمان ساخت و اجراء، ارائه شده است. با توجه به اینکه اطلاعات ارائه شده در این جدول، آخرین اطلاعات مأخوذ از شبکه های اطلاع رسانی جهانی است، لذا حتی بعضی از سدهای در حال ساخت را نیز شامل می شود.

[برای مثال بلندترین سد در حال ساخت جهان در حال حاضر در کشور روسیه با تیپ (E-R) به ارتفاع ۳۳۵ متر می باشد.

ردیف	نام سد	محل سد	نوع سد	ارتفاع‌ازشالوده و از عمق (m)	طول تاج سد	عرض تاج سد در قاعده (m)	سال اتمام
۱	گلپایگان	گلپایگان	پاره‌سنگی	51/56	340	15	1339
۲	کرج (امیرکبیر)	کرج	بتنی‌قوسی	165/180	390	82/30	1340
۳	دز	شمال دزفول	بتنی‌قوسی	190/203	212	4.5/27	1341
۴	سفیدرود	منجیل	بتنی‌باپشت‌بند	106	425	10.5/100	1341
۵	اکباتان	همدان	بتنی‌وزنی‌پایه‌دار	33/54	286	5/36	1342
۶	لتیان	شمال تهران	پایه دار	80/107	450	9/99	1346
۷	زاینده رود	اصفهان	دو قوسی	88/100	450	6.5/29	1349
۸	زرینه رود	بوکان	خاکی	50/52	720	10/245	1350
۹	وشمگیر	گرگان	خاکی	17.8/28	430	12	1349
۱۰	ارس	قزل قشلاق	خاکی	38/46	945	8/182	1349
۱۱	مهاباد	مهاباد	پاره سنگی	46/47.5	700	8/215	1349

۱۲	درودزن	شمال شیراز	خاکی	55/60	700	10/400	1352
۱۳	کارون	مسجدسلیمان	بتنی‌دوقوسی	177/200	380	6/31.5	1356
۱۴	چاه نیمه	سیستان	خاکی	17	170	6/168	1360
۱۵	میناب (استقلال)	میناب	بتنی‌قوسی	52.5/60	450	2.5/58	1362
۱۶	لار	شمال تهران	خاکی	105/105	1170	12/100	1359
۱۷	قشلاق (وحدت)	سنندج	پاره سنگی	80/90	330	10/260	1362
۱۸	سد دوم کوهرنگ	فارسان	بتنی وزنی	22	73		1364
۱۹	کارده	کارده(مشهد)	بتنی‌دوقوسی	50/67	144	3.2/8.5	1366
۲۰	طرق	طرق (مشهد)	بتنی‌دوقوسی	74/81	330	4.8/128	1367
۲۱	جیرفت	جیرفت	بتنی‌دوقوسی	127/133	250	5/17	1370
۲۲	خمیران	بالای‌نجف‌آباد	خاکی	25.5/31	185	11/148	1371

جدول (۱-۱): لیست تعدادی از سدهای مهم ایران

ردیف	نام	رودخانه	کشور	تیپ	(m) ارتفاع	سال تکمیل
1	Kogun	Vakhah	Russia	E-R	335	UC
2	Nurek	Vakhah	Tajikistan	E	300	1980
3	Crand Dixence	Dixence	Switzerland	G	285	1961
4	Inguri	Inguri	Ceorgia	A	272	1980
5	Chicoasen	Crijalva	Mexico	R	261	1980
6	Tehri	Bhagirathi	India	E-R	261	UC
7	Kishau	Toas	India	E-R	253	UC
8	Erlan Yalong	Tiang	China	A	245	UC
9	Sayano-shushensk	Yenisei	Russia	A	245	UC
10	Cuavio	Cuavio	Colombia	R	243	UC

جدول (۲-۱): لیست تعدادی از بلندترین سدهای جهان

Type: E= Earth fill (خاکریز); R=Rockfill (سنگریز);

G=Gravity (وزنی); A=Arch (قوسی)

UC=Under construction

Source: Vscold Register of Dams

تقریباً تا سال ۱۸۵۰، معیارهای ملی برای طراحی سد معدود بود. شکست سد پوئن تس برروی دورخانهٔ ریوگوادالن تین در اسپانیا در سال ۱۸۰۲، عدم کفایت برخی روشهای تجربی را به نمایش گذاشت.

ابتدا قرار بود که این سازه بنائی وزنی، کاملاً برروی سنگ ساخته شود، اما کشف آبرفت عمیق در آبراه رودخانه منجر به استفاده از شمعکها و قیدهای چوبی در پی همان قسمت شد. پس از ۱۱ سال بهره برداری، زیربندی در هم شکست و بریدگی بزرگی در سد ایجاد شد. طی قرن نوزدهم، پیشرفت قابل توجهی در مهندسی سدهای وزنی در اروپا حاصل گردید. در سال ۱۸۵۳، مهندس فرانسوی ام. دوسازیلی توصیه کرد که فشار داخلی سد پائین تر از حد معین نگه داشته شده و نیز ابعاد آن طوری تعیین شود که از لغزش جلوگیری به عمل آید، ۲۵ سال بعد، مفهوم خط منتجهٔ نیروها در داخل یک سوم میانی هر صفحه افقی بوسیلهٔ دبل یو.جی.ام رانکین انگلیسی به تفصیل تشریح و روشن گردید. مفاهیم پیشنهاد شده بوسیلهٔ ام. دو سازیلی و رانکین راه را برای تحلیل منطقی سدها گشود.

درحالی که معیار یک سوم میانی بطور عام برای تأمین مقاومت سدهای وزنی تحت بار متوسط در مقابل واژگونی پذیرفته شده بود، مهندسین به اهمیت فشار بر کنش و لغزش پی می بردند.

در این راستا، در طراحی سد ویرنوی در انگلیس که طی سالهای ۱۸۸۲ تا ۱۸۹۰ ساخته شد، یک سیستم زهکشی برای کاهش فشار بر کنش پیش بینی گردید.

	Number of incidents						
	Arch	Buttress	Cravity	Earthfill	Rockfill	Misc	Total
Exploration	9	5	6	49	2	1	72
Material	1	-----	2	8	-----	-----	11
Layout	-----	1	4	17	3	-----	25
Design	4	6	13	48	3	2	76
Construction	1	1	2	32	5	-----	41
Operation	-----	-----	-----	5	1	-----	6
Supervision	1	1	-----	3	-----	-----	5
Total	16	14	27	162	14	3	236

جدول (۳-۱): تعداد حوادث اتفاق افتاده در سدهای با تیپ های مختلف بر اساس انتشارات کمیته بین المللی سدهای بزرگ

از اوایل قرن بیستم پیشرفت مهمی در فن آوری بتن سدها که شامل مخلوطهای دقیقاً کنترل شده، لرزش، سیمانهای مخصوص، انواع پوزولان، دانه بندی شن و ماسه، هوادهی، سرمایش و مواد افزودنی می باشد، به دست آمده است.

سازه های شگفت انگیزی چون سد گراندیکسنس سوئیس که در سال ۱۹۶۲ به ارتفاع ۲۸۵ متر در کشور سوئیس ساخته شد، نمونه

پیشرفت به دست آمده در طراحی و ساخت سدهای بتنی می باشند. در قرن نوزدهم با آغاز استفاده از ماشین آلات به جای حیوانات در حمل مصالح و متراکم ساختن خاکریز و غیره توسعهٔ سدهای خاکی شتاب بیشتری گرفت. انتقال از دورهٔ گریدرها و گاریهای اسبی، غلطک های صاف و ماله کشی بزودی با تعمیم استفاده از ماشین آلات سنگین مانند غلطک پاچه بزی و کشنده های با یدک چرخ زنجیری به صورت کامل انجام گرفت. تا سال ۱۹۴۰ تجهیزات بزرگ ویژه ای برای جابه جائی و تراکم خاک و سنگ ساخته شده بود. در دو دهه ۱۹۵۰ تا ۱۹۷۰، غلطک لرزان در وهلهٔ اول برای متراکم کردن شن و ماسه و سپس برای متراکم کردن سنگریزه ها مقبولیت گسترده ای پیدا کرد. این وسیله در انتخاب و ساخت سدهای سنگریز متراکم به جای خاکریز یا سنگریز غیرمتراکم تأثیر زیادی داشت.

با افزایش زیاد توانائیهای انسان در سدسازی، روند کار به سوی احداث سدهای خاکی بزرگ گرایش یافت و با شناخت عمومی از قابلیت این نوع سد برای انطباق با شرائط مختلف ساختگاه نسبت به سدهای صلب تر، این گرایش رو به فزونی گذاشت.

ساخت سدهای سنگریز با احداث سد سالتسپرینگز به ارتفاع بی سابقهٔ ۱۰۰ متر در کالیفرنیای آمریکا (۱۹۳۱) جذابیت بیشتری یافت.

این سد از نوع سنگریز غیرمتراکم با رویه بتنی است که تا اواسط قرن حاضر رایج بود.

۲-۱. اهداف سدسازی

هریک از سدها، دارای ویژگی خاصی است و برای اهداف مشخصی نیز طراحی و اجراء می شوند. بعضی از سدها برای یک هدف مشخص مثل جلوگیری از سیلاب و تخریب شهرها و روستاها ساخته می شوند و بعضی دیگر اهداف متعددی در ساخت آنها منظور شده است. در زیر به اغلب این اهداف اشاره می شود که هر سدی چه در گذشته و چه حال برای پوشش دادن به یکی از این نیازها و یا ترکیبی از این موارد، ساخته شده و یا ساخته خواهد شد.

۱- کشاورزی (توسعه اراضی و بهبود نوع کشت)

۲- تامین آب شرب مردم و آب مورد نیاز کارخانجات

۳- تولید برق شهری و برق صنعتی

۴- سیاحتی و گسترش صنعت توریسم

۵- تلطیف هوای منطقه و بهبود محیط زیست

۶- پرورش ماهی و مرغابی (تولید پروتئین)

۷- مهار آبهای سطحی و سیلابهای فصلی

۸- رسوبگیری و جلوگیری از گسترش رسوب در اراضی پائین دست

۳-۱. طبقه بندی انواع سدها

بطور کلی انواع و اقسام سدهایی که در سطح جهان برای پوشش هرکدام از اهداف سدسازی، ساخته شده اند به شرح زیر طبقه بندی می شوند. لازم به ذکر است که این طبقه بندی بر اساس مصالح تشکیل دهنده اجزاء سد و شکل سد صورت گرفته است:

الف) سدهایی که توسط مواد متصل به هم ساخته می شوند.

ب) سدهایی که توسط مواد غیر متصل به هم ساخته می شوند.

ج) سدهای ساخته شده با مصالح خاص.

مورد الف بیشتر شامل سدهای بتنی و سدهای ساخته شده با مصالح بنایی (در گذشته) است دارای تقسیم بندی زیر می باشد:

۱-سدهای وزنی

۲-سدهای قوسی

۱-۲. تک قوس

۱-۱-۲. قوس با شعاع ثابت

۲-۱-۲. قوس با شعاع متغیر

۲-۲. دو قوس

۳-سدهای پایه دار یا پشت بنددار

۱-۳. تک قوسی

۲-۳. چند قوسی

۳-۳. ساده

۴-سدهای انحرافی

۱-۴. انحرافی کاملاً متحرک

۲-۴. انحرافی نیمه متحرک

۳-۴. انحرافی ثابت

مورد ب در خصوص سدهای ساخته شده با مواد غیر متصل شامل انواع سدهای خاکی و سنگی و سنگریزه ای می باشد که به ترتیب زیر طبقه بندی می شوند:

۱-سدهای خاکی

۱-۱. سدهای خاکی همگن.

۱-۲. سدهای خاکی مغزه دار

۱-۳. سدهای خاکی دیافراگمی

۲-سدهای سنگی

۲-۱. سدهای سنگی

۲-۲. سدهای سنگریزه ای

مورد ج، سدهای ساخته شده با مصالح خاص شامل سدهای لاستیکی و زیرزمینی است که در فصل مربوطه توضیح بیشتر ارائه شده است.

۴-۱. انتخاب نوع سد مناسب برای ساختگاه

در اجراء پروژه های سدسازی، ابتدا درخواست مطالعه لازم جهت اجرای سد در یک منطقه خاص توسط مردم یا نمایندگان آنها یا کارشناسان سازمان ها، به واحدهای ذیربط ارائه می شود. (این در صورتی است که در آن منطقه شناسائی پتانسیل های سدسازی و محل های مناسب برای تمام منطقه صورت نگرفته باشد). در این صورت منطقه مورد نظر ابتدا روی نقشه های مربوطه مورد مطالعه اولیه قرار می گیرد. در این مطالعه وجود آب کافی و محل مناسب برای مخزن و محور سد مد نظر قرار می گیرد. همچنین وضعیت کلی منطقه از لحاظ پوشش دادن به دیگر اهداف سدسازی از قبیل کشاورزی و حتی سطح زیر کشت مورد محاسبه قرار می گیرد. سپس در صورت وجود محل یا محل های مناسب، کارشناسانی مرکب از کارشناسان مسائل ژئوتکنیک، هیدرولوژی، زمین شناسی و نقشه برداری به محل مورد نظر اعزام می شوند تا از نزدیک منطقه را مورد بازدید صحرائی قرار دهند. در پی این بررسی، علاوه بر مسائل هیدرولوژی، ژئوتکنیک، زمین شناسی و توپوگرافی منطقه، وجود رسوبات، مسائل محیط زیست، مسائل اجتماعی و اقتصادی و غیره مطرح می شود. در این انتخاب، محل سد و نوع سد و ابعاد آن و هزینه تقریبی آن جهت بررسی های بیشتر تعیین می گردد.

در انتخاب نوع سد، شرایط توپوگرافی و زمین شناسی محل، عوامل اولیه در ارزیابی مناسب بودن نسبی انواع سدها است. این مشخصات ساختگاه سد، که ارتباط متقابل با هم دارند، بر نحوه بارگذاری روی پی و الگوی نشت از حاشیه های مخزن تأثیر می گذارند. اگر تغییر شکل پذیری یا شکل پی سد از نقطه ای به نقطه ای دیگر بسیار متغیر باشد، ممکن است منجر به تمرکز تنش در قسمتهای خاصی از سد شود. مخصوصاً سدهای خاکی ممکن است در اثر تغییر شکل، در نقاط بحرانی آسیب پذیر باشند. همچنین ممکن است در تکیه گاههای پرنشیب و در سطوح مشترک سازه ای، که امکان متراکم نمودن مصالح به اندازه کافی وجود ندارد، نشستهای نامساوی ایجاد شود. در این محلها، تغییر شکل خاکریز ممکن است باعث بازشدن مجاری خطرناک برای نشست آب گردد. به همین دلیل، شکستهای زیادی در طول مجاری تخلیه صورت گرفته است. هرچند خاکریزهائی که به نحو صحیح ساخته شده است، قادر به تحمل حرکات زیادی می باشند ولی مقاومت آنها در مقابل سرریز شدن آب نسبتاً کم است، لذا ارتفاع آزاد و ظرفیت سیستم سرریز آنها باید مقداری دست بالا و محافظه کارانه درنظر گرفته شود. برعکس این نوع سدها، اغلب سدهای بتنی می توانند در شرایط استغراق (عبور آب از روی تاج

آنها) حداقل تا چندین ساعت مقاومت کنند. رمز ایمنی آنها ممکن است مقاومت پی در مقابل ضربهٔ آب سرریز کننده باشد.

سدهای قوسی می توانند بارهای سنگینی را تحمل کنند، اما مقاومت و یکپارچگی آنها ذاتاً به مقاومت تکیه گاهها بستگی دارد. شکست این نوع سدها ممکن است در اثر فرسایش سنگ یا برش ناشی از فشار آب اتفاق افتد. تضعیف تکیه گاه قوس شاید در اثر فرسایش پی نیز حادث شود. سدهای وزنی به دلیل عمر زیادشان مورد توجه قرار گرفته اند. حجم زیاد این نوع سدها مقاومت آنها را در مقابل هوازدگی و نارسائی های ساختگاه افزایش می دهد. با وجود این، برخی از همین سدها نیز که اجزای پی آنها نسبت به لغزش آسیب پذیر و حساس بوده است، شکسته اند. این نقطه ضعف در معدودی از سدهای پشتبنددار نیز دیده شده است. هر یک از انواع سدها دارای ویژگیهای مشخصی می باشند، اما نباید آنها را غیرقابل تغییر دانست. مطمئناً هر نوع سد برای یک ساختگاه معین، دارای برخی معایب و محاسن می باشد. با وجود این، ارزیابی بر اساس موارد استثنائی می تواند گمراه کننده باشد. مثلاً سدهای سنگریز عموماً به تحمل مقادیر زیاد نشت طی مدتهای طولانی، معروفند. و این در موارد زیادی صحیح می باشد، اما برخی از آنها مقادیر زیادی مصالح ریزدانه

دارند که آنها را، مخصوصاً اگر غیر متراکم و یا از لایه های ضخیم تشکیل یافته باشند، مستعد فرسایش می کند.

ویژگی سدهای خاکی و پاره سنگی این است که این سدها را می توان با حجم فوق العاده زیاد و در منطقه ای وسیع بر شالوده های غیرسنگی نیز بنا نمود. در صورتیکه اگر عرض منطقه آبگیر (یا عرض دره) خیلی وسیع باشد و یا شالوده ای آبرفتی و بطور کلی غیرسنگی وجود داشته باشد، ساختن سدهای بتنی یا اقتصادی نیست و یا اصلاً مقدور نمی باشد و معمولاً در مواردی که سد خاکی انتخاب می شود تنها نوع ممکن برای آن منطقه است. مزیت دیگر سد خاکی اینست که مصالح ساخت آن به فاصله کمی در دسترس است و به هر حال ارزان تر از مصالحی مانند بتن و فولاد تمام خواهد شد. بنابراین در شرایط خاص می توان با اطمینان بیشتر تصمیم گرفت. مثلاً هنگامی که عرض رودخانه کم و دیوراهای محکم سنگی و بستر سنگی محکم وجود دارد مناسب ترین نوع سد، سد بتنی است که سرریز آن از تاج باشد و برعکس، اگر رودخانه بر یک دشت یا دره وسیع و بر یک بستر غیرسنگی می گذرد، ساختن سدهای بتنی مقدور نیست و تنها روش ممکن سد خاکی است. در موارد بینابین که امکان ساخت انواع سد میسر است، انتخاب یکی بر دیگری به سادگی میسر نیست.

در این موارد تجربه کارشناسان و مهندسین مجرب نقش تعیین کننده را دارد. که همراه با این عنصر اصلی، پارامترهای اقتصادی، وضعیت زمین محل، کارائی نوع سد برای هدف مورد نظر، امکان تهیه و حمل مصالح مورد نظر، مدت زمان ساخت و گاهی مدت زمان انحراف آب، امکان دسترسی به نیروی انسانی، مسأله هزینه سرریز، حفاظت آن و مسایل مربوط به دریچه ها هرکدام به نحوی در تصمیم گیری دخالت دارد. در سد انتخاب شده، کلیه موارد، مورد بررسی قرار گرفته است.

۵-۱. مطالعه، تحلیل و بررسی انواع سدها

علوم مهندسی سد، با توجه به گسترده بودن دامنه مطالعاتی آن در شاخه های مختلف علمی از پیچیدگی خاصی برخوردار است. همچنین با توجه به این تنوع و گستردگی، حجم مطالب مورد بحث در این علم، بسیار زیاد می باشد. لذا به هیچ عنوان بررسی تمام جزئیات مطالعات، تحلیل، طراحی و اجزاء در خصوص تمام انواع سدها در یک مجلد امکان پذیر نمی باشد. این درحالی است که روز به روز بر حجم مطالعات و یافته های علمی در این شاخه از علم افزوده می شود. و حتی سدهای جدیدی با فن آوری های جدید ایجاد می شود. در ادامه تعدادی از انواع سدها از نکته نظرات مختلف مورد بررسی قرار گرفته است.

فصل دوم

سدهای بتنی (Concrete Dams)

شامل:

۱- سدهای بتنی وزنی (Concrete Gravity Dams)

۲- سدهای بتنی قوسی (Concrete Arc Dams)

۳- سدهای بتنی پایه دار (Concrete Buttress Dams)

۱-۲ سدهای بتنی وزنی (Concrete Gravity Dams)

سدهای بتنی وزنی برای پایداری به وزن خود وابسته اند. ارتفاع این نوع سدها معمولاً به طول پی سد بستگی دارد. در این نوع سدها، نیروی رانش آب در اثر اصطکاک سد با زمین خنثی می شود. پی این گونه سدها باید مستحکم باشد و معمولاً سنگ یکپارچه انتخاب می شود. البته احداث این نوع سدها روی سنگهای نفوذپذیر هم جواب داده است. به دلیل وزن بالای سدهای وزنی، سدهایی از این نوع با ارتفاع بیش ۲۰ متر را معمولاً بر روی سنگ بستر می سازند. این سدها بیشتر برای سرریز آب از روی تاج مورد استفاده قرار می گیرند. برای همین معمولاً در رودخانه های عریض، سد وزنی را با سد خاکی ترکیب می کنند و از سد وزنی به عنوان سرریز استفاده می کنند.

یکی از قدیمی ترین سدهای وزنی ثبت شده سد وزنی الکانته (۱۵۹۴-۱۵۷۹) در اسپانیا است. سد فورن (۱۸۶۶-۱۸۶۱) که برروی رودخانه لویر در ۹ کیلومتری بالادست سنت اتین ساخته شده است، نیز یکی دیگر از آنها است.

سد گراندکولی (Grand coulee) (۱۹۴۲) برروی رودخانه کلمبیا در ایالت واشنگتن یکی از نمونه های سدهای وزنی عظیم دنیاست. این سد ۱۶۸ متر ارتفاع و ۱۲۷۲ متر طول دارد و حدود ۷۶۴۵۵۵۰ متر مکعب بتن در ساختن آن استفاده شده است. در ایران سد اکباتان نمونه یک سد وزنی است.

۲-۲ سدهای بتنی قوسی (Concrete Arc Dams)

این گونه سدها از همان اصول اولیه ساختمان پلهای قوسی تبعیت می کنند. تحدب قوسها همیشه به سمت آب است و بار اصلی آب که در امتداد سد پخش شده است، به دیواره های کناری دره یا تنگه ای که سد در آن ساخته شده است، وارد می شود. تحت شرایط مطلوب، سدهای قوسی از سدهای وزنی، بتن کمتری نیاز دارند. البته در مقابل، مناطق کمتری شرایط ساخت این گونه سدها را دارا می باشند.

وجود دره تنگ با جناحین سنگی سالم از شروط اصلی یک ساختگاه مناسب برای سد قوسی محسوب می شود. سد کرج یکی از سدهای دوقوسی مهم ایران می باشد. حوضه آبریز این سد، که ۸۵۵ کیلومتر وسعت دارد، عمدتاً از سنگهای آتشفشانی سازند کرج (توف سبز) پوشیده شده است. میزان فرسایش و رسوبزایی این حوضه کم و سالیانه حداکثر ۳۵۰۰۰۰ متر مکعب است. سد کرج برروی یک سیل دیوریتی مستحکم بنا شده است. پرده آب بند و پرده تزریق سد کرج بسیار خوب عمل می کند و نفوذپذیری آن بسیار کم (کمتر از یک واحد لوژون) است.

اولین سدهای قوسی، سد رالش و سد آلماترا در اسپانیا (قرن ۱۶) و پس از آن سد پونتالو (Pontallo) (۱۶۱۱) می باشند. در فرانسه زولا (۱۸۴۰) سد مدرن قوسی اینفرنت را به ارتفاع ۳۶ متر ساخت. سد شوشون به ارتفاع ۱۰۰ متر اولین سد مرتفع قوسی می باشد که به سال ۱۹۱۰ ساخته شده است. سدهای قوسی زیادی بین سالهای ۱۹۳۰ تا ۱۹۴۰ ساخته شده اند که از آنها می توان به سدهای سوتت (۱۲۵ متر)، کاستیلون (۹۵) متر و ماژرس (۹۰ متر) اشاره کرد.

۳-۲. سدهای بتنی پایه دار (Concrete Buttress Dams)

این نوع سدها در بالادست خود دارای یک سری پایه های مثلثی یا ذوذنقه ای شکل، به شکل دیواره های عمودی هستند که به سد در نگهداشتن آب کمک می کنند و بار آب را به پی منتقل می کنند. این نوع سدها گاهی، سدهای وزنی توخالی نامیده می شوند، زیرا غالباً ۳۰ تا ۵۰ درصد سدهای وزنی هم اندازه خودشان بتن مصرف می کنند. از این نوع سدها می تواند سدهای پایه دار دال تخت چند قوسی، چند گنبدی و پایه سرگرد را نام برد. در سدهای قوسی دال تخت، بخش نگهدارنده آب از یک سری دیوارهای تخت و بتن آرمه تشکیل شده است که فضای بین پایه ها را پر می کند.

در سدهای پایه دار چند قوسی هم یک سری از قوسها بین پایه ها قرار گرفته اند که اجازه ایجاد فضای خالی بیشتری به طراح می دهد. ضمناً هر یک از قوسها، عملکردی چون یک سد قوسی دارد. پس می توان سد پایه دار چند قوسی را چون ترکیبی از سد وزنی و قوسی درنظر گرفت. از سد پایه دار چند قوسی معمولاً در دره های عریض استفاده می شود.

گذشته از صرفه جویی قابل توجه بتن در سدهای پایه دار، این نوع سدها لزوماً ارزانتر و اقتصادی تر از سدهای وزنی نمی باشند. هزینه های بالای تهیه و ساختن بتن سد و نصب میله های فولادی در بتن معمولاً بیشتر از هزینه بتن صرفه جویی شده است.

اولین سد بتن آرمه ای پایه دار در شهر ترسا (Thersa) واقع در نیویورک در سال ۱۹۵۳ ساخته شده است. سد دانیال جانسون که در سال ۱۹۶۸ برروی رودخانه مانیکوگان (Manicougan) در کانادا ساخته شد، یکی از سدهای بتنی پایه دار قوسی بزرگ در دنیا است. این سد ۱۳۰۶ متر طول و ۲۱۴ متر ارتفاع دارد و یکی از بلندترین سدها در دنیا می باشد. یکی از سدهای معروف بتنی پایه دار در ایران سد سفیدرود می باشد.

فصل سوم

سدهای خاکی (Soil Dams)

شامل:

۱- مقدمه

۲- اصول کلی طراحی سدهای خاکی

۳- انواع سدهای خاکی

۳-۱ سدهای خاکی با تیپ همگن

۳-۲ سدهای خاکی با تیپ مطبق (مغزه دار)

۳-۳ سدهای خاکی با تیپ دیافراگمی

۳-۱. مقدمه

با اینکه هزاران سال از ساخت اولین سدهای خاکی گذشته است و با وجود پیشرفت های روزافزونی که در خصوص ساخت سدهای خاکی انجام یافته است، ولی هنوز مشکل است که بتوان راه حل‌های ریاضی محکمی برای مسائل طراحی سدهای خاکی پیشنهاد نمود. لذا تیپ دقیق و کاملی در این خصوص وجود ندارد. به منظور تامین یک طرح دقیق و منطقی در سدهای خاکی لازمست که وضعیت پی سد و مواد متشکله آن و همچنین دیگر اجزاء سد مورد مطالعه اولیه قرار گرفته و اجزای سد با روش کنترل شده و دقیق مطابق برنامه پیشنهادی طراح انجام پذیرد. طراحی سدهای خاکی به علت پیچیدگی رفتار خاک به عنوان مصالح ساختمانی و جسم باربر، هنوز هم تا حدود زیادی بر اساس تجربه، قضاوت فنی و عملکرد نمونه های قبلی صورت می پذیرد.

۳-۲. اصول کلی طراحی سدهای خاکی

برخلاف دیگر انواع مصالح ساخته شده رفتار خاک تابع بسیاری از عوامل پیچیده است که امکان مدل سازی همه آنها اگر امکان پذیر نباشد، بسیار دشوار است. هر سد خاکی بسته به شرائط پی، ساختگاه و عملکرد آن، نمونه منحصر بفردی است که باید توسط طراح با توجه به شرائط خاص مورد ارزیابی قرار گیرد. و در این راه پیش روی داشتن روشهای عمومی مورد استفاده در روند طراحی و گامهای اصلی آن می توان هدایت کننده وی باشد. در این کتاب، روشهای عمومی طراحی سدهای خاکی با استناد به استانداردهای USBR ارائه شده است.

می دانیم که رو شهای ساخت سدهای خاکی شامل روشهای تراکم مکانیکی با غلطک و روشهای هیدرولیکی و نیمه هیدرولیکی و در جاریزی سنگریزه می باشد. که البته بخش اعظم سدهای ساخته شده و در حال ساخت به روش تراکم مکانیکی با غلطک صورت می پذیرد که در ادامه به جزئیات آن می پردازیم.

بعنوان یک اصل در طراحی سدهای خاکی لزوم این دو نکته مهم است که:

۱-سد به عنوان یک مخزن باید غیرقابل نفوذ باشد.

۲-در تمام وضعیت های ممکن (وضعیت بلافاصله پس از ساخت، ضمن ساخت، وضعیت مخزن پر، طغیان، تخلیه سریع، بارندگی و حتی در مواقع سیلهای استثنائی چند هزار ساله) سد باید مقاوم باشد.

هر سد خاکی از چند جزء مهم تشکیل یافته است که بخش عمده حجم آن را بدنه سد یا جسم سد تشکیل می دهد. زمینی که سد روی آن ساخته می شود تا آن حد که تحت تأثیر فشار حاصل از سد و نفوذپذیری آب سد باشد، به نام پی سد نامیده می شود. به جز این دو بخش اصلی، اجزاء دیگری از قبیل آب بندها، زهکش ها، پوشش ها، فیلترها و غیره وجود دارد که اهمیت آنها به لحاظ حجم مصالح بکارگرفته شده، ناچیز است ولی به لحاظ عملکرد آنها در حفاظت و ایمنی سدها، حساسیت و اهمیت خاصی پیدا می کند و نقش حیاتی در خصوص پایداری سد و عمر مفید آن ایفاء می کنند.

۳-۳. انواع سدهای خاکی

سدهای خاکی به سه گروه سدهای خاکی همگن و سدهای خاکی مطبق یا مغزدار و سدهای دیافراگمی طبقه بندی می شوند. در مجموع، سدهایی که تمام یا بخش عمده ای از بدنه آنها از مصالح حاصل از منابع قرضه اطراف ساختگاه یا از مناطق با فواصل مناسب از ساختگاه، حفاری و به محل جسم سد انتقال می یابند و یا از گودبرداری های مورد نیاز برای پروژه ساخته می شوند، سد خاکریز نامیده می شوند.

سدهای خاکریز بر اساس تحقیقات انجام یافته، از نخستین روزهای پیدایش تمدن انسان برای ذخیره آب و آبیاری مورد استفاده قرار گرفته است. ولی تعدادی از سدهای خاکریز ساخته شده در گذشته، تحت اثر سیلاب تخریب می شدند. خرابی های متعدد سدهای خاکی این فکر را تقویت کرد که روش تماماً تجربی طراحی این سدها، باید جای خود را به روشهای معقول مهندسی در عرصه طراحی و اجراء بدهند. تا سال ۱۹۳۰ پیشرفت های اندکی در خصوص روشهای طراحی شیب‌های سدهای خاکی بوجود آمد. ولی پیشرفت های سریع

علم مکانیک خاک از این تاریخ به بعد، باعث افزایش روند روزافزون روشهای طراحی سدهای خاکی شد. این روشهای طراحی جدید عبارتند از:

۱- شناسائی تفصیلی پی شرایط و مصالح ساختمانی قبل از شروع اجراء

۲- کاربرد تحلیل های مهندسی در طراحی

۳- روشهای دقیق کنترل و برنامه ریزی روشهای اجرائی

۴- سیتمهای دقیق طراحی و برنامه ریزی شده رفتارسنجی

با توجه به اینکه تأثیر دقیق بودن یا نبودن بعضی از روشها و بخش های فوق الذکر چندین سال پس از ساختمان سد و بهره برداری آن بروز می کند، لذا باید کنترل های لازم در زمان بهره برداری سد نیز انجام گیرد. البته در چند دهه گذشته چندین سد با احجام و ارتفاع بسیار بالا ساخته شده و بطور موفق مورد بهره برداری قرار گرفته است که تأئید کننده صحت و دقت روشهای پیشرفته سدسازی جدید است.

۱-۳-۳. سد خاکی با تیپ همگن

سد خاکی با تیپ همگن سدی است که تمام جسم سد از یک نوع مصالح (به جز لایه محافظ شیب سد یا ریپ راپ) ساخته شود. مصالح تشکیل دهنده سد باید به اندازه کافی ناتراوا باشد تا بتواند از تراوش بیش از اندازه آب جلوگیری کند. مقاومت برشی مصالحی که به طور عمومی این شرط را برآورده می سازند، به گونه ای است که برای تامین پایداری، شیبهای بدنه سد باید پهن باشند. همچنین چون قسمت عمده سد از زه اشباع می شود و دامنه پایاب نیز تحت تأثیر می باشد، لازمست که شیب دامنه ها خیلی کم گرفته شود تا دامنه پایاب در برابر زه و دامنه سراب (بالادست) برای جلوگیری از ریزشهای موضعی (در صورتی که احتمال تخلیه سریع مخزن پس از یک دوره طولانی پر بودن مخزن وجود داشته باشد)، به اندازه کافی مقاوم باشد. برای یک سد همگن ساخته شده برروی پی نفوذناپذیر، در صورتی که مخزن برای مدت زمان نامحدود پر باشد، سطح آزاد آب در بدنه علیرغم مقدار شیب بدنه و نفوذپذیری آن، شیب پائین دست را قطع خواهد کرد. در چنین شرایطی، شیب پائین دست سد، نهایتاً در ارتفاعی به طور تقریبی معادل یک سوم عمق آب در مخزن، تحت تأثیر قرار خواهد گرفت. به هر حال در عمل، برخورد سطح آزاد آب با شیب پائین دست، به نفوذپذیری پی بدنه سد و عملکرد مخزن بستگی دارد.

باتوجه به زهدار شدن قسمتی از شیب پائین دست سد، و به منظور کنترل زه و پایداری سد، از زهکش افقی یا پنجه سنگی در پایاب و ایجاد پوشش بالادست در بستر مخزن و روی دامنه بالادست استفاده می شود.

۳-۳-۳. سد خاکی با تیپ دیافراگمی

بخش عمده مصالح تشکیل دهنده این تیپ سد را مصالح با تراوایی بالا و نفوذپذیر تشکیل می دهد. و یک دیافراگم نازک از مصالح ناتراوا بعنوان پرده آب بند یا دیوار آب بند و غیرقابل نفوذ نقش غیرقابل نفوذ نمودن مخزن را به عهده می گیرد. این پرده یا دیافراگم می تواند در مرکز سد یا در دامنه بالادست بصورت یک دیافراگم مایل باشد.

دیافراگم می تواند از سیمان پرتلند، بتن، بتن آسفالتی، خاک رس، فلز، چوب و یا ژئوممبرون باشد. کاستی اصلی دیافراگم های داخلی، صلبیت آنها است که در صورت ترک خوردن به علت نشست سد، قابل دسترسی و بازرسی و تعمیر نیستند. در صورتی که دیافراگم از خاک ناتراوا باشد و یا در خاک ریزدانه محصور باشد، باید فیلتر با دانه بندی مناسب آنرا محافظت کند. این پرده آب بند باید تا بالاترین نقطه سد ادامه داشته باشد و در صورتیکه شالوده زیرین نفوذپذیر

بوده و کم عمق باشد، بهتر است ادامه پرده آب بند تا انتهای بخش نفوذپذیر شالوده برسد. دیافراگم مرکزی از سهولت ساخت برخوردار است درحالیکه دیافراگم مایل نسبت به دیافراگم محوری، تا حدی پایداری بیشتری را در برابر زلزله تأمین می کند. اگر طول دیافراگم، کل ارتفاع سد، از تاج تا شالوده را پوشش ندهد، آنرا دیافراگم ناقص می نامند که امکان دارد در بعضی از ساختگاهها بخش های عمیق شالوده را، در زیر دیافراگم ناقص بوسیله تزریق یا پرده سپرهای فلزی و غیره، آب بندی نمایند.

در این قسمت ابتدا سد و برخی از مهمترین تاسیسات جانبی آن شرح داده می شود.

مخزن: دریاچه ای مصنوعی است که بر اثر احداث سد به وجود می آید. برخی از مهمترین مواردی که در بررسی مخازن مورد توجه قرار می گیرد عبارتند از: توپوگرافی زمین و حجم مخزن، زمین شناسی و نفوذپذیری بستر و دیواره های مخزن، وجود دره های مدفون شده و مناطق کارستی یا گسل خورده که می تواند فرار آب را به همراه داشته باشد، نقش سنگها و رسوبات در تغییر کیفیت آب دریاچه، پایداری دامنه های منتهی به دریاچه مخصوصاً پس از آبگیری سد، تاثیر آبگیری در ایجاد زمین لرزه های القایی و سنجش میزان رسوبات ورودی به مخزن.

فرازبند: سد کوچکی است که قبل از آغاز عملیات ساختمان سد اصلی و به منظور انحراف آب رودخانه در بالادست ساختگاه سد احداث می شود. انتخاب محل و طراحی و اجرای «فرازبند» کم و بیش، مشابه سد اصلی است. آب جمع شده در پشت فرازبند توسط کانالها یا «تونلهای انحراف آب» به پائین دست ساختگاه سد منتقل می شود. در مواردی تونلهای انحراف آب به گونه ای طراحی می شوند که پس از پایان احداث سد اصلی به عنوان تونلهای انتقال آب یا مسیرهای تخلیه تحتانی مورد استفاده قرار گیرند.

جسم سد: بدنه اصلی سد که ممکن است خاکی، بتنی یا مرکب باشد. بدنه سد به اشکال مختلفی طراحی می شود. نوع سد با توجه به شکل دره، زمین شناسی محل و مصالح در دسترس تعیین می شود. شناسایی دقیق زمین پی سد از نظر تغییر شکل پذیری، تاب باربری و نفوذپذیری از اهمیت بسیار برخوردار است.

تاسیسات تخلیه آب: آب سد توسط تونلها، دریچه ها و سرریزها تخلیه می شود. این تاسیسات به منظور تخلیه سیلاب یا آب مورد نیاز برای مصارف مختلف یا هدایت آب به نیروگاه به کار می روند. «تونلها» معمولاً در دیواره دریاچه احداث می شوند و «دریچه ها» معمولاً در بدنه سدهای بتنی تعبیه می شوند که بسته به موقعیتشان می توانند آب (یا رسوب) اعماق مختلف را تخلیه کنند. آب اضافی و

سیلاب در سدهای بتنی می توانند از مسیرهایی که روی سد تعبیه شده، سرریز شوند. در سدهای خاکی، «سرریز» در فاصله ای از جسم سد و عمدتاً از دیواره دریاچه انجام می شود.

حوضچه آرامش: آبی که از سد خارج می شود، قبل از آنکه به مسیر رودخانه یا کانالهای انتقال هدایت شود، به حوضچه ای فرستاده می شود که وظیفه آن کاستن از سرعت و آشفتگی آب و درنتیجه کاهش قدرت تخریب و فرسایش آن است. بستر و دیواره های «حوضچه آرامش» باید بتواند در برابر اثر فرسایشی آب مقاومت کند.

انتقال آب: انتقال آب از محل سد به نیروگاه یا محلهای مصرف آن توسط شبکه ای از کانالهای باز یا تونلهای تحت فشار انجام می شود.

نیروگاه: تأسیسات تولید الکتریسیته ممکن است در سطح یا در زیر زمین قرار داده شوند. نیروگاه بسته به شرایط ممکن است بلافاصله در مجاورت دامنه پایاب سد یا در فاصله ای دورتر قرار گرفته باشد. نیروگاههای زیرزمینی فضاهای بزرگی را اشغال می کنند که طراحی و اجرای دقیق آنها را طلب می کند.

راههای دسترسی: شبکه معمولاً پیچیده ای از راههای آسفالته یا شوسه که جهت دسترسی به قسمتهای مختلف، حمل مصالح و مانند آن ایجاد می شود.

زهکشی تکمیلی از طریق حفاری را فراهم آورده و ممکن است برای تزریق نیز بکار روند و به سبب هزینه چنین تسهیلاتی، استفاده از آنها ممکن است برای تعداد زیادی از پروژه ها مقرون به صرفه نباشد.

مکانیسم خرابی سدهای خاکی

در خصوص سدهای خاکی باید عنوان نمود که تا کنون بیش از ۲۰۰ سد خاکی با شکست مواجه شده است و حتی بعضی از این سدها، قبل از شروع به کار و آبگیری شکسته شده اند. بررسی آماری علل تخریب سدها و نتیجه گیری از این امر، به محققین کمک می کند تا راه های مقابله با این نکات ضعف چه در مراحل ساخت و چه در مراحل بهره برداری را کنترل نموده و روشهای جلوگیری از این تخریب و شکست ها را ارائه دهند.

بر اساس یکی از آمارهای موجود درصد علت تخریب سدها بطور نسبی و به صورت زیر ارائه شده است.

۱- انهدام حاصل از سرریز آب از روی سد ٪۳۰

۲-زه غیرمجاز و شسته شدن خاک ٪۲۵

۳-گسیخته شدن دامنه ها ٪۱۵

۴-شسته شدن کناره تونلها ٪۱۳

۵-شسته شدن پوشش نفوذناپذیر بالا دست ٪۵

۶-عواملی چون زلزله و ... ٪۷

۷-دلایل نامعلوم ٪۵

از آمارهای موجود در این خصوص نتیجه می شود که بطور عمده، خطرات تهدید کننده سد در مدت ۵ سال از شروع سد به حداکثر مقدار خود رسیده و سپس کاهش ناگهانی از خود نشان می دهد.

۱-۶-۳. گروه بندی خرابی سدهای خاکی

بطور کلی خرابی سدهای خاکی در سه گروه طبقه بندی می شود که عبارتند از:

الف-خرابی هیدرولیکی ب-خرابی حاصل از زه ج – خرابی ساختمانی

البته همیشه این امکان وجود دارد که خرابی سد خاکی در اثر تلفیقی از عوامل مختلف اتفاق بیافند.

فصل چهارم

سدهای سنگریز (Rock Fill Dams)

شامل:

۱- تعریف سنگریز

۲- لزوم استفاده از سدهای سنگریز و عملکرد آنها

۳- مقایسه سدهای خاکی با سدهای سنگریز

۱-۴. تعریف سنگریز

ناهمگنی زیاد و تنوع در اندازه، دانه بندی، شکل دانه ها و کانی های متشکله سنگریز، از خصصویات اصلی سنگریز است و باعث شده است که ارائه تعریف دقیق و جامع و در عین حال، خلاصه از سنگریز واقعاً سخت باشد. عموماً می توان گفت که سنگریز به مصالحی اطلاق می شود که متوسط اندازه دانه های آن حداقل ۵ سانتی متر بوده و بیش از ۴۰ تا ۵۰ درصد نمونه از الک ۲/۵ سانتی متری رد نشود.

۲-۴. لزوم استفاده از سدهای سنگریز و عملکرد آنها

با توجه به انتخاب مناسب ترین و اقتصادی ترین محل برای ساخت سدهای بتنی قوسی و پشت بند دار یعنی در دره های عمیق و باریک در بستر رودخانه ها، و کاهش چنین محلهای ایده آل، روز به روز

گرایش به سمت ساخت سدهای سنگریز (که بالا بودن مقاومت باربری مجاز پی در این سدها، ضرورت آنچنانی نداشته و بصورت اقتصادی تر از سدهای بتنی می توان دره های وسیع را مسدود نمود)، بیشتر می شود. همچنین پیشرفتهای روزافزون در ساخت و تولید ماشین آلات پیشرفته در خصوص حفاری و خاکبرداری و خاکریزی و تراکم در احجام بسیار زیاد، منجر به اقتصادی تر تمام شدن این گونه سدها شده است.

عملکرد اصلی سنگریز در سدهای خاکی، تامین نگهداری سازه یا انواع ناحیه (zone) نفوذناپذیر مورد نظر می باشد. ناحیه نفوذناپذیر در طی سالها انواع و اقسام متعددی را تجربه کرده است که شامل هسته متراکم خاکی یا آسفالتی مایل یا قائم، غشاء بتنی مایل یا قائم از سیمان پرتلند، بتن آسفالتی، ورق فولادی، دیوارهای ساخته شده از تخته های ضخیم به هم چسبیده و اشباع شده با مواد نفوذناپذیر مانند رزینها، و مصالح بنایی با ملات می باشد. در تامین نگهداری سازه ای برای چنین ناحیه نفوذناپذیر، شرط اصلی لازم برای

سنگریز، مقاومت سازه ای (مقاومت برشی زیاد) و تغییر شکل پذیری کم است.

تا قبل از استفاده از غلطک ویبره (در حدود سالهای ۱۹۶۰ به بعد) برای متراکم کردن سنگریز با لایه های نازک، روش معمول برای ساخت سنگریز عبارت بود از تخلیه مصالح و توزیع آن در لایه های بلند درحدی که در محل سد و با توجه به ماشین آلات ساختمانی مورد نظر، عملی باشد و سپس غرقاب کردن آن (Sluicing).

سنگریز حاصله به طوریکه از قرائن برمی آید، با شیبهای $\frac{۱}{۳}$ افقی به ۱ عمودی از پایداری و استحکام منطقی برخوردار بوده است. اما چنانچه تجربه نشان داد، تودهٔ سنگریز به خصوص در چندین سد سنگریز با رویهٔ بتنی، بسیار تراکم پذیر و تغییر شکل پذیر بوده و در بعضی موارد موجب تغییر شکلهای مخربی در حدود ۱/۵ متر حرکت انتقالی در دال رویه شد. به همین ترتیب در سدهای با هسته مرکزی، نشستهای غیریکنواخت در سنگریز درهم بخصوص در ناحیه بالا دست هسته خاکی در اولین آبگیری مخزن دیده شده است. این تجربه طراحی غلطکهای ویبره قابل اعتماد را موجب شده و همزمان این

شناخت را بوجود آورد که لایه های بلند، قابل قبول، لازم و اقتصادی نیست. کوبیدن لایه های نازک سنگریز تا حدی باعث افزایش مقاومت و تا حد زیادی باعث افزایش مقاومت در برابر نشست و تغییر شکل شده است. بنابراین روش مدرن اجرای ناحیه های سازه ای سنگریز عبارتست از، ریختن لایه های ۰/۶ تا ۱/۵ متر و کوبیدن مکرر و بدون آب پاشی آن با غلطک ویبره ۱۰ تن یا سنگین‌تر با حداقل ۴ بار عبور. عملکردهای دیگر سنگریز حفاظت شیب در مقابل فرسایش یا اثر امواج می باشد. سایر موارد استفاده های ویژه، شامل استفاده از سنگریز با میلگرد در شیبهای در معرض استغراق، (برای مثال در فرازبندها و سرریزهای داخلی در سدهای سنگریز، همانند سدهایی که در استرالیا ساخته شده و توسط پارکین جمع آوری و مدون گردیده) می باشد.

۳-۴. مقایسه سدهای خاکی با سدهای سنگریز

در ارتباط با اجرای سدهای خاکی دشواری هایی نیز وجود دارد. برای آنها مصالح چسبندهٔ ریزدانه و غیرقابل نفوذ در فاصلهٔ حمل معقول مورد نیاز است. همواره خطر آب شکستگی سد به علت تراوش و یا تأثیر آب بر روی شیب بالا دست وجود دارد. سرریز باید از بتن و مصالح غیرقابل شسته شدن ساخته شود. هزینهٔ سرریز، خصوصاً در مناطق در معرض سیل های بزرگ می تواند در حدود هزینهٔ خود بدنه سد باشد. اولیویه (۱۹۶۷) اظهار داشته است که هزینهٔ سرریز سدهای خاکی می تواند ۴۵ درصد بدنهٔ سد باشد. سرریز می تواند یک نقطهٔ ضعف نیز باشد. آب بندی تماس بتن و خاک، خروج جریان به پاشنهٔ پایین دست و محدودیت جریان به یک طول محدود سرریز شونده در مجموع ممکن است به ایجاد مشکلات مهندسی منجر شود. سد سنگریز در بسیاری موارد پاسخگوی نیازهای طرح است. سنگریز به مراتب از خاک پایدارتر و قابلیت شسته شدن آن کمتر است. شیب های بدنهٔ سد سنگریزه ای از بسیاری خاکهای دیگر تندتر بوده که باعث صرفه جوئی در هزینه می

شود. در بسیاری مناطق دورافتاده به علت عدم وجود خاک مناسب، سد سنگریزه ای اقتصادی ترین راه حل است. رویهٔ بالادست و یا هسته را می توان با ماستیک، بتن، و یا رس آب بندی نمود. در این صورت بخش پائین دست به صورت یک زهکش و صافی طبیعی عمل می کند. سنگریز به منظور پایداری و زهکشی، باید از قطعات بزرگ و یکنواخت قطعات سنگ با حداقل ریزدانه، تشکیل شده باشد.

در بسیاری حالات سنگریز بخش پائین دست یک سد سرریز شونده و یا درون گذر را می توان به صورتی طراحی نمود که مانند سرریز عمل نماید. آب جریان یافته از روی تاج مانند آبشار به سوی پائین رفته و نیز به درون سنگریز ریخته و از نزدیک پاشنه سد خارج می شود. بنابراین می توان سرریز بتونی مرسوم را با سنگریز جایگزین کرد.

این نوع سرریز خصوصاً برای سدهای موقت، مثلاً فرازبندها، جالب است. برای مثال، فرازبندهای سد کابوراباسا در موزامبیک به این روش ساخته شدند. سرریز شدن اتفاقی و جزئی به سد لطمه ای

نزده و در صورت عبور یک سیل عمده، آب شکستگی ها را می توان به سرعت مرمت نمود.

مزیت دیگر سنگریز آن است که می توان آن را در زیر آب و یا حتی در جریان آب احداث نمود. به این ترتیب می توان یک فرازبند را به طور ایده آل در رودخانه جاری ساخت. این روش مسدود نمودن رودخانه به وسیلهٔ ایزباخ (۱۹۷۰)، توسعه داده شد.

فصل پنجم

سدهای RCC (Role Compact Concrete Dams)

(طراحی و اجراء)

شامل:

۱- تاریخچه سدهای بتنی غلتکی

۲- انتخاب ساختگاه و فاکتورهای مهم دیگر

۳- توجیه پذیری افتصادی اجرای سد بتنی غلتکی

۱-۵. تاریخچه سدهای بتن غلتکی

مطالعات تحقیقات فراوانی در کشورهای مختلف در خصوص نحوهٔ اجراء و گسترش تکنولوژی استفاده از بتن کوبیده غلتکی تحت عنوان RCC صورت پذیرفته است. این تحقیقات تحت نامهای مختلف بتن کوبیده غلتکی (RCC)، سد بتنی کوبیده شده غلتکی (RCD)، بتن کوبیده شده، رولکریت، بتن کم عیار و بتن کم عیار غلتکی را نام برد. ولی تاریخ شروع استفاده از این تکنولوژی، به سالهای ۱۹۷۰ برمی گردد. البته در سالهای ۱۹۴۰ از بتن غلتکی به عنوان زیر اساس جاده ها و روسازی محوطه فرودگاه استفاده شده است که بنام بتن کم عیار یا بتن کم عیار خشک شناخته می شد. رواج استفاده از بتن غلتکی به عوامل متعددی بستگی داشت که مهمترین آنها سادگی در تولید و بکارگیری آن و عدم نیاز به تجهیزات و تاسیسات اجرائی ویژه می باشد. مخلوطی که برای روسازی استفاده می شود معمولاً

دارای عیار سیمان کم در حدود ۱۱۰ تا ۱۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب بوده و شامل سنگدانه شسته و مناسب برای بتن مگر می باشد. درصد رطوبت به گونه ای انتخاب می شود که بتن با اسلامپ صفر ایجاد شده تا برای کوبیدن با غلتک مناسب باشد. پخش آن بدون درزهای انقباض صورت می گیرد.

در تعداد زیادی از سدهای بتنی غلتکی که تابحال در دنیا ساخته شده اند از مخلوطهائی با درصد سیمان کم استفاده شده است. اکثر این مخلوطها کم سیمان نسبتاً خشک بوده اند هرچند بعضاً از مخلوطهای با درصد رطوبت بالاتر نیز استفاده شده است. با تقلیل درصدهای سیمان یا پوزولان، در هزینه مصالح بطور مستقیم و بمیزان قابل توجهی صرفه جوئی شده است. چنانچه از پوزولان یا مواد مضاف در این مخلوطها استفاده نشود، انبار کردن، طرح اختلاط، مخلوط کردن، تحویل مصالح و هماهنگی ساده تر، موجب می شود تا بطور غیرمستقیم در هزینه ها صرفه جوئی گردد. همچنین مخلوطهای کم سیمان، حرارت زایی هیدراتاسیون و مدول الاستیسیته کمتر و میزان خزش بیشتری

دارند. این ویژگیها ضرورت کمتری را برای اجرای درزهای عمودی ایجاب می نماید که بطور غیرمستقیم مزیت عمده ای برای سدهای بتنی غلتکی یا کم سیمان محسوب می شود زیرا صرف هزینه و پیچیدگی اجرای درزهای انقباض را حذف می نماید.

در مخلوطهای بتن غلتکی کم سیمان در مقایسه با مخلوطهای با درصد سیمان بیشتر، چسبندگی سطوح بین لایه های بتن غلتکی کمتر می باشد. معمولاً در سدهای ساخته شده با بتن غلتکی کم سیمان جرم و مقاومت مناسب برای پایداری در مقابل لغزش و بارهای فشاری وجود دارد ولی بجز مواردیکه تمهیدات ویژه بمنظور کنترل صورت می گیرد، تراوش آب انتظار می رود.

۲-۵. انتخاب ساختگاه و فاکتورهای مهم دیگر

برای اجرای یک سد وزنی بتنی کوبیده شده غلتکی باید توجه نمود که در ساختگاهی قرار می گیرد که دارای یک پی سنگی مناسب برای اجرای یک سد بتنی وزنی معمولی باشد. معمولاً این نوع سدها اگر در یک دره نسبتاً عریض واقع شوند به خصوص

در مقایسه با سدهای خاکی که نیاز به یک سرریز جداگانه دارد، اقتصادی تر می باشند.

در اجرای سدهای بتنی معمولی، به منظور حمل بتن به محل بتن ریزی در ترازهای مختلف، استفاده از کابل، جرثقیل و تسمه نقاله ضروری می باشد. در بتن غلتکی، تجهیزات حمل و نقل بسیار ساده شده است، چرا که بتن ریزی در روی یک ناحیه وسیع افقی، امکان استفاده از کامیون و یا ترکیبی از کامیون و تسمه نقاله را برای حمل بتن فراهم می آورد.

از آنجائی که طراحی مقطع سدهای بتنی غلتکی، به همان صورت سدهای بتنی وزنی معمولی است و ماشین آلات مورد استفاده شبیه به آن است که در سدهای خاکی استفاده می شود، قسمتهای فوقانی سد بتنی می تواند متراکم گردد به ویژه زمانی که تراز اجراء به تراز تاج سد نزدیک می شود، استفاده از تسمه نقاله برای حمل بتن می تواند جایگزین تجهیزات بزرگ حمل و نقل در قسمت فوقانی سد شده و عمل تراکم در این قسمت بهتر انجام پذیرد.

گزینه های قابل بررسی برای انحراف آب در مورد یک سد بتنی وزنی غلتکی شبیه به آنهایی است که در مورد سدهای بتنی معمولی مطرح می باشد، به جزء آن گزینه که یک بلوک کوتاه را برای عبور آب از روی آن باقی می گذارند. به هر حال احداث یک ناحیه مشخص در بالای سد RCD به شکل یک سرریز، مانند سد انحرافی Bucca در Queenslan استرالیا، می تواند برای انحراف آب در دوره ساخت مورد استفاده قرار گیرد.

بتن غلتکی معمولاً بطور پیوسته در لایه های سرتاسری در طول سد ریخته می شود. می توان برای انحراف رودخانه مجراهایی در داخل بدنه سد تعبیه نمود. مانند دیگر سدهای بتنی، عبور آب از بالای سد بتنی غلتکی آسیب جدید به آن وارد نمی آورد. این ویژگی، فرازبند و دیگر ملزومات سیستم انحرافی را تحت تأثیر قرار داده و با کوتاه کردن دوره اجراء خطر بروز سیلابهای شدید را محدود می سازد. استفاده از بتن غلتکی، برای سازه هایی که دارای شکل سازه ای غیرمعمول و قطعات مدفون زیاد می باشند و یا شدیداً مسلح شده اند، مناسب نیست.

۳-۵. توجیه پذیری اقتصادی اجرای سد بتنی غلتکی

در فرآیند اجرای سد بتنی، باید مطالعه کاملی، شامل مروری بر طراحی و اجرای سدهای بتنی معمولی انجام داد. در این بخش اجرای سد بتنی غلتکی از دیدگاه اقتصادی مورد توجه بیشتری قرار خواهد گرفت. اقتصاد بک فاکتور مهم است که باید درنظر گرفته شود اما همیشه باید با درنظر گرفتن خواص سازه ای و دوام کافی، آن را متعادل نمود.

۱-۳-۵. کوتاه کردن دوره اجراء

برنامه بتن ریزی مناسب را باید با درنظر گرفتن امکانات اجرایی، تعداد شیفت کاری، حجم سد و توپوگرافی ساختگاه سد تنظیم نمود.

میزان قابل حصول بتن ریزی با بتن غلتکی آن قدر بالا می باشد که سد در یک دوره کوتاه تکمیل می گردد و نه تنها هزینه های اجرایی کاهش می یابد بلکه امکان تکمیل شدن پروژه، قبل از موعد را فراهم می سازد. ضمن کوتاه شدن دوره اجراء در هزنیه ها

صرفه جوئی به عمل می اید که ناشی از کاهش هزینه اجاره ماشین آلات، کاهش هزینه مربوط به بهره بانکی و کاهش هزینه های جاری از قبیل نیروی انسانی، مصرف برق و مانند آن می باشد. اجرای سریع سد سودآور است بخصوص در مواقعی که اتمام بتن ریزی در فصل زمستان اهمیت داشته باشد.

فواید ناشی از تکمیل شدن پروژه بسیار است. بویژه اینکه کوتاه شدن دوره اجراء، احتمال وقوع سیلاب در دوره ساخت را کاهش می دهد.

۲-۳-۵. افزایش سرعت اجراء

اجرای سد بتنی غلتکی، امکان استفاده از ماشین آلات مرسوم اجرایی از قبیل دامپ تراک، بولدوزر و غلتک های لرزنده را فراهم می سازد. استفاده از این ماشین آلات می تواند هزینه های صعوبت کار را کاهش دهد. استفاده از چنین تجهیزاتی نه تنها سرعت حمل و نقل و بتن ریزی را افزایش می دهد بلکه تعداد کارگران ماهری را که مورد نیاز است پائین می آورد.

استفاده از لایه های بسیار وسیع در اجرای سد بتنی غلتکی، امکان اصلاح مراحل بتن ریزی را فراهم می آورد. هنگامی که تعبیه درزهای انبساطی پیش بینی شده باشد، می توان بلافاصله پس از بتن ریزی توسط ماشین مخصوصی بنام Joint Cutting اقدام به ایجاد درز انبساطی نمود. بطوریکه در سدهای RCD ژاپنی چنین کاری انجام شده است. استفاده از این ماشین ها بسیار مفید بوده و هیچگونه اثر نامطلوبی در سرعت اجراء ندارد.

عقیده بر این است که به علت عملیات پیوسته بتن ریزی، امکان بروز ترکهای حرارتی از بین رفته و لذا تعبیه درزهای طولی در سدهای بتنی غلتکی ضروری نمی باشد. به هر حال بخاطر مشاهده ترکهای انبساطی در چندین سد بتنی RCD باید حذف درزهای انبساطی با مطالعه دقیق انجام پذیرد. نصب لوله های خنک کننده و در بسیاری مواقع، تزریق درزها می تواند حذف گردد.

۳-۳-۵. صرفه جوئی در مصرف سیمان

اجرای سدهای بتنی غلتکی نیاز به بتن بدون اسلامپ دارد که می توان آن را با دامپ تراک حمل و با غلتکهای ویبره و یا غلتکهای چرخ لاستیکی ۵۰ الی ۱۰۰ تن متراکم نمود و به این ترتیب درصد سیمان مورد استفاده کاهش می یابد. استفاده از خاکستر آتشفشانی و یا پوزولان بجای سیمان می تواند به صرفه جوئی بیشتر در مصرف سیمان کمک نماید.

کاهش سیمان باعث کاهش حرارت بتن ریزی ناشی از دمای هیدراسیون شده و این امر باعث حذف لوله های خنک کننده بتن می شود، ضمن اینکه ضخامت لایه های بتن ریزی (Lift) و فاصله بین دو مرحله بتن ریزی نیز کنترل می شود.

دیگر مزایای بتن ریزی غلتکی: بتن غلتکی در لایه های پهن و طولانی ریخته می شود و برای تأمین شرایط ایمنی، ارتفاع هر لایه به حداقل رسانده می شود. سطح کار افقی و وسیع، اجازه می دهد کارگران، ماشین آلات و مصالح بطور ایمن جابجا شوند و ایجاد ارتباط و هدایت کارگران را آسانتر می نماید. همچنین

کاهش قالب بندی، خطرات ناشی از این کار خطرناک را کاهش می دهد.

دامپ تراکها، بولدوزرها، غلتکهای ویبره و غلتکهای چرخ لاستیکی ماشین آلات اولیه ای هستند که در سد بتنی غلتکی بکار می روند. سهل الوصول بودن این تجهیزات، این امکان را بوجود می آورد که با فراهم کردن تعداد مطلوبی از این ماشین آلات، مطابق با برنامه زمان بندی پیش بینی شده، اجرای کار انعطاف پذیر گردد. کابلهای نگهدارنده که در اجرای سدهای بتنی معمولی، اغلب به حفاریهای زیادی در جناحین سد نیاز دارد، در سدهای بتنی غلتکی مورد نیاز نمی باشد و با حذف آنها اثر تخریبی بر محیط طبیعی نیز به حداقل می رسد.

فصل ششم

سدهای لاستیکی

(Rubber Dams)

شامل:

۱- تاریخچه احداث سدهای لاستیکی

۲- عمده ترین کاربرد سدهای لاستیکی

۳- مزایای فنی و اقتصادی سدهای لاستیکی

۴- اجزاء سد لاستیکی

۱-۶. تاریخچه احداث سدهای لاستیکی

تکنولوژی نسبتاً جددی که برای مهار آبهای سطحی به کار گرفته شده است، تکنولوژی ساخت سدهای لاستیکی می باشد. حدود ۴۰ سال از زمانی که اولین سد لاستیکی برروی رودخانه لس آنجلس در ایالات متحده آمریکا جهت تأمین بخشی از آب شهر احداث شد، می گذرد. تا سال ۱۹۵۸ در رودخانه لس آنجلس برای هدایت آب به زمین های وسیع و آبرو از دریچه های فولادی و تخته های چوبی استفاده می شد که در جلو دریچه ها قرار می گرفت تا آب با فشار بیشتری جریان داشته باشد. نورمن ایمبرتسون (Norman m.lmbertson) که در آن زمان متصدی بهره برداری از آب و برق منطقه ای لس آنجلس بود پیشنهاد نمود که برای

نگهداری و ذخیره آب در کانالها و رودخانه ها، در فصولی که بارندگی زیاد است، از یک ورقه پلاستیک، لاستیک یا منسوج آماده شده که به صورت پاکت یا کیسه تهیه شده و درون آن با سیالی نظیر آب یا هوا تحت فشار مشخص پر شده باشد، استفاده گردد. بدین ترتیب مشکل رودخانه لس آنجلس با احداث اولین سد لاستیکی برروی آن در ژوئن ۱۹۵۸ حل شد. مطالبی که بوسیله ایمبرتسون مطرح شد، پایه و اساس کارهای بعدی قرار گرفت. با توجه به وجود اطلاعات کافی در زمینه طراحی، ساخت و اجرای سدهای لاستیکی و عمومی شدن دانش تولید این نوع سدها، در حال حاضر بسیاری از کشورها به ساخت و استفاده از آنها ترغیب شده اند و در این خصوص فعالیت های بسیاری در جریان است. هم اکنون حدود ۱۰۰ سد لاستیکی در آمریکای شمالی، بیش از ۱۰۰۰ سد لاستیکی در ژاپن و خاور دور و در مجموع حدود ۲۶۰۰ سد در نقاط مختلف جهان بطور موفقیت آمیز در دست بهره داری می باشد.

۲-۶. عمده ترین کاربردهای سد لاستیکی:

عمده ترین کاربردهای این نوع سدها عبارتند از:

۱-۲-۶. کنترل سیلاب و تنظیم جریان رودخانه

این کار توسط دستگاه های الکترونیکی در اتاق کنترل به طور خودکار انجام می گیرد پایین آمدن رقوم سطح آب از یک سطح مشخص به معنی پایان سیل است که در این صورت دستگاه الکترونیکی کنترل دستور افراشتن سد را اعلام می دارد. این کار از راه شروع به کار کمپرسور هوا یا پمپ آب برای پر کردن بدنه لاستیکی سد صورت می گیرد. از این رو سد لاستیکی پس از گذر سیل به صورت خودکار افراشته و آماده بهره برداری می شود.

۲-۲-۶. کنترل رسوب رودخانه

از آنجا که سکوی بتنی محل استقرار سد لاستیکی در کف رودخانه و همتراز با بسترآن کار گذاشته می شود، هنگام خوابانیدن سد لاستیکی، شرایط رودخانه مانند شرایط پیش از احداث سد است. این ویژگی باعث می شود، مخزن سدهای

لاستیکی را رسوب پر نکند، زیرا در هنگام وقوع سیل که زمان عبور بیشترین بار رسوب رودخانه است، سد به صورت اتوماتیک به حالت خوابیده درمی آید و رودخانه شرایط طبیعی پیدا می کند. با این ترتیب، تکنیک سد لاستیکی مشکل رسوب گذاری را که مساله اساسی سدهای کنونی است و باعث بسیاری از مشکلات زیست محیطی و اکلوژیک می شود، حل کرده است.

۳-۲-۶. کنترل مد و حفاظت ساحل در برابر فرسایش

۴-۲-۶. نصب برروی بندها و سدها به منظور افزایش ارتفاع آنها و کمک به تولید برق

۵-۲-۶. کنترل آلودگی آب

۶-۲-۶. افزایش ظرفیت ذخیره سدها

۷-۲-۶. خنک کردن سیستم های موتور کارخانه های برق

۸-۲-۶. مسایل تفریحی از قبیل شنا، قایقرانی و ...

۹-۲-۶. جلوگیری از نفوذ آب شور دریا به هنگام مد به ساحل

۳-۶. مزایای فنی و اقتصادی سدهای لاستیکی:

مزایای فنی و اقتصادی این نوع سدها نسبت به موارد جایگزین شده عبارتند از:

۱-سدهای لاستیکی به فونداسیون پیچیده ای نیاز ندارند و از نظر سازه ای بسیار ساده هستند.

۲-این سدها می توانند در دهانه هایی تا ۱۰۰ متر ساخته شوند. به این ترتیب در مورد افزایش ارتفاع سدها، تعداد ستونهایی که روی تاج سد باید ساخته شوند، کم شده و فشار کمتری روی فونداسیون سد وارد می آید. به این ترتیب در مقایسه با سر تاج های (Flash boards) دیگر و دریچه ها این روش مناسبتر به نظر می رسد.

۳-این سدها به حداقل حفاظت و نگهداری نیاز دارند، از آنجا که عمر مفید این سدها نسبتاً بالاست (بیش از ۲۰ سال) و تعمیرات آن ابتدایی است، از نظر نگهداری نیز گزینه مناسبی به نظر می رسد.

۴-این نوع سدها با ارتفاعهای گوناگون تا ۱۰ متر برافراشته می شوند. از آنجا که ارتفاع سد وابسته به فشار هوای داخل تیوپ می

باشد، می توان این ارتفاع را بسته به نیاز تغییر دارد. حداکثر ارتفاعی که تا کنون در سدهای لاستیکی به دست آمده است، ۱۰ متر می باشد که آن هم از طریق ترکیب چندین تیوپ بدست آمده است. پژوهش در مورد نحوهٔ ترکیب تیوبهای متعدد و رسیدن به ارتفاع بیشتر هنوز ادامه دارد.

۵-تخلیه سد جهت عبور هر ارتفاع آب از روی تاج تنها با تعبیه یک سیفون خودکار و تنظیم ارتفاع آن.

۶-انعطاف پذیری سد در مقابله زلزله که می توان آن را هنگام طراحی بی اثر درنظر گرفت.

۷-قیمت های پایین به شرط بررسی کلیه جوانب اقتصادی و طراحی مربوطه.

۸-نصب و ساخت بسیار سریع.

محدودیت سدهای لاستیکی، تنها شامل امکانات حمل و نقل آن به محل (محدودیت وزن) و امکانات فن آوری تولد آن توسط صنایع داخلی است.

۴-۶. اجزای سد لاستیکی

سد لاستیکی از یک تیوپ هوا که به یک بستر متصل می شود، تشکیل شده است. انواع قدیمی سدهای لاستیکی Fabridam نامیده می شدند که در آنها از مخلوط آب و هوا، برای متورم کردن تیوپ استفاده می شد. از حدود ۱۵ سال پیش نوع Inflatable dam عرضه شد که در حال حاضر استفاده می‌شود. ساختمان سدهای لاستیکی را می توان متشکل از سه بخش دانست:

۱-۴-۶. بدنه سد (تیوپ هوا)

بدنه سد پیشرفته ترین جزء تشکیل دهنده سد لاستیکی می باشد که ترکیبی از لاستیک و الیاف تقویت کننده بوده و به صورت ورق تولید می گردد. ورقهای لاستیکی بدنه سد در طول های مورد نیاز، به عرض یک الی دو متر تولید می گردند. از اتصال ورق های فوق الذکر به یکدیگر به صورت عرضی، بدنه سد به صورت یکپارچه ساخته می شود. جهت مهار بدنه بستر سد، سوراخ هایی با فواصل مشخص، در لبه آن تعبیه شده است. محصول نهایی به شکل، یک پارچه لاستیکی به ابعاد و شکل مورد

نظر، به صورت رول درآمده و به محل نصب حمل می گردد. بدنه اصلی سدهای لاستیکی از دو نوع لاستیک مختلف با خواص متفاوت ساخته می شود. این دو نوع لاستیک عبارتند از پلی کلروپرن و EPDM.

برخی خصوصیات سد لاستیکی با لاستیک پلی کلروپن در جدول زیر آمده است.

ارتفاع سد	ضخامت بدنه لاستیکی (mm)	تعداد لایه های الیاف	وزن Kg/m^2	مقاومت کششی Kg/cm^2
تا ۲ متر	۴/۱	۲	۶	۶۰۰
۲ تا ۳ متر	۵/۵	۳	۸	۷۸۰
۳ تا ۴ متر	۹	۳	۱۳	۱۰۰۰
۵ تا ۷ متر	۱۶	۳	۱۹	۱۲۵۰

لازم به ذکر است که بیشترین تعداد سدهای لاستیکی موجود در جهان از نوع پلی کلروپرن می باشند. در حال حاضر حدوداً ۲۶۰۰ سد لاستیکی در جهان ساخته شده است که تعداد بیش از ۱۸۰۰ عدد از آنها پلی کلروپرن و مابقی از نوع EPDM می باشند.

۲-۴-۶. بستر سد و تجهیزات مهار

بستر سد عموماً در کف به صورت مسلح و در دو طرف به صورت شیبدار ساخته می شود. لوله هایی که به منظور پر و خالی کردن آب و هوا به کار می روند در بستر کار گذاشته می شوند. بدنه لاستیکی سد را به وسیله میله و لوله در محل نگهداشته و توسط پیچ مهار نصب می کنند. با تزریق رزین پلی استر تعبیه شده برروی بدنه سد با استفاده از پیچها و واشرهای مختلف و میل گیرنده که در سرتاسر لبه سد نصب می شوند، بدنه سد را به بستر محکم می بندند. ارتفاع این پیچ و مهره ها پس از بستن سد لاستیکی، بایستی پایین تر از سطح کف بستر رودخانه باشد تا از تجمع گل و لای، هنگامی که سد خالی است، جلوگیری به عمل آید و نیز باید به گونه ای نصب شود که سد تخلیه شده برروی آنها قرار نگیرد زیرا ممکن است، در اثر عبور جریان و برخورد اجسام شناور آسیب ببینند.

نصب بدنه سد به بستر به دو روش یک ردیف سیستم مهار دوردیفه صورت می گیرد. مزیت سیستم مهار دو ردیفه این است که هرچه فاصله دو ردیف بیشتر باشد، تأثیر تغییرات جریان

برروی سد کمتر بوده و درنتیجه تغییرات ارتفاع سد با نوسانات سطح آب به حداقل می رسد. عموماً سدهای لاستیکی تا ارتفاع یک متر و در شرایط سرریز آزاد (جریان یک طرفه، رقوم ناچیز آب در پایاب) از طریق سیستم مهار یک ردیفه نصب می گردند. در کلیه شرایط دیگر (ارتفاع بیش از یک متر و یا رقوم قابل توجه آب در پایاب، کنترل پیشروی آب دریا) از روش سیستم مهار دوطرفه استفاده می گردد.

این ضرورت وابسته به نوع بدنه سد لاستیکی نمی باشد.

۳-۴-۶. اتاق کنترل و سیستم نگهداری

ابعاد یک اتاق کنترل استاندارد، در حدود ۱۰ متر مربع می باشد. اتاق کنترل شامل یک قاب کنترل و یک کمپرسور هوا با لوله هایی که در داخل کمپرسور هوا و از میان کف اتاق کنترل به طرف بدنه سد لاستیکی هدایت شده، می باشد. در زیر قسمت اتاق کنترلی مکانی جهت استقرار سیستم تخلیه خودکار مکانیکی پیش بینی شده است. بهره برداری تجربی از این سدها نشان داده که سدهای لاستیکی نیاز بسیار کمی به نگهداری دارند و به راحتی در مقابل شرایط سخت در طول سال های زیاد مقاومت می کنند. تعمیرات آنها شبیه نوعی پنچرگیری در لاستیک بی تیوب اتومبیل است و برای سوراخ های بزرگتر، از نوعی پنچرگیری آلومنیومی استفاده می شود. تنها نگهداری اصلی، رنگ زدن سد می باشد که معمولاً بیش از یک مرتبه در سال نمی باشد. (مربوط به سدهای قدیمی Fabridam می باشد).

منابع:

۱- کتاب «سدهای ایران» تألیف دکتر داود چهرازی (۱۳۷۵)

۲- کتاب «اصول مهندسی سد» تألیف مهندس علی قربانی (۱۳۸۰)

۳- مقاله «سدهای لاستیکی» مجله «راه و ساختمان» شماره ۱۸ دی (۱۳۸۳)