مقایسه‌ی فنی و اقتصادی سدهای لاستیکی با سایر گزینه‌ها

ابوالفضل شمسایی (استاد)
دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

سدهای لاستیکی در زمره‌ی سدهای کوتاه قرار دارند و در رودخانه‌ها با عناوین مختلف، از جمله سدهای انحرافی، کاربرد دارند. تنها قسمت فلزی در سدهای لاستیکی پیچ‌های مهار است که از فلز ضد زنگ ساخته می‌شوند. این سدها نیازی به دریچه‌ی تخلیه[1] و وسایل بالابرنده[2]ی دریچه ندارند و تأثیر خرابی پی بر عملکرد آنها اندک است و ریخت‌شناسی[3] رودخانه را تغییر نمی‌دهند. هزینه‌ی حوضچه‌ی آرامش[4] آنها ناچیز و هزینه‌ی هر متر طول آنها به پهنای سد بستگی داشته و در حال حاضر تقریباً ۱۵ هزار دلار امریکا است. قیمت نهایی بدنه‌ی سد عمدتاً متأثر از نیروی کارشناسی به کار گرفته شده در مرحله‌ی اتصال و ساخت بدنه‌ی لاستیکی است. در خصوص سیستم کنترل سد، تنها مشکل صنایع داخلی، عدم تجربه‌ی کافی در این نوع کار است که امید است در آینده برطرف شود.

مقدمه

سدهای لاستیکی از جمله سدهای کوتاه‌اند که می‌توان از آنها به‌عنوان سدهای انحرافی، دریچه در کانال‌ها، دریچه در حوضه‌های کشتیرانی، و نیز برای افزایش ارتفاع سرریز موجود سدهای مخزنی به‌منظور ذخیره‌ی سیلاب بیشتر، و بالاخره برای ایجاد دریاچه‌های مصنوعی فصلی استفاده کرد. بدنه‌ی این نوع سدها از الیاف نایلونی بافته‌شده‌یی که از خمیر لاستیک پوشیده شده، تشکیل می‌شود. الیاف نایلونی عامل ایجاد مقاومت کششی است و خمیر لاستیک نقش آب‌بند را ایفا می‌کند. این سدها بر دونوع‌اند؛ گروهی با آب و گروهی دیگر با هوا پر می‌شوند و نوع دوم بهتر و متداول‌تر است.

ایده‌ی استفاده از سدهای لاستیکی در اوایل دهه‌ی ۱۹۶۰ در ایالت پنسیلوانیای امریکا بر روی رودخانه‌ی سوسکوهانا[5] به‌منظور ایجاد محلی برای قایقرانی مورد بررسی قرار گرفت. احداث سد فوق به‌طول حدود ۶۴۰ متر در سال ۱۹۶۶ آغاز، و در سال ۱۹۷۰ به اتمام رسید. از آن زمان تاکنون سدهای لاستیکی نسبتاً زیادی در کشورهای مختلف، مخصوصاً امریکا و ژاپن، ساخته شده‌اند، و در حال حاضر نیز این نوع سدها کاربرد روزافزون دارند. در پروژه‌های عمرانی مختلف می‌توان این سدها را جایگزین سدهای انحرافی بتنی، دریچه‌های فلزی و غیره ساخت.

مقایسه‌ی فنی سدهای لاستیکی با سایر گزینه‌ها

برخورداری سدهای لاستیکی از مزایای متعدد باعث شده است تا در مقام مقایسه‌ی فنی اصولاً به عنوان گزینه‌ی برتر انتخاب شوند. نکات اساسی در طرح سدهای لاستیکی عبارت‌اند از:

۱. سدهای لاستیکی برای عبور آب به فضای جانبی زیادی احتیاج ندارند، حال آنکه دریچه‌های هیدرولیکی برای بازکردن دریچه به فضای جانبی زیادی نیاز دارند.[5]

۲. دریچه‌های هیدرولیکی برای حرکت دریچه‌ها و بالا و پایین بردن آنها به یک جرثقیل قوی نیازمندند، در صورتی که سدهای لاستیکی نیاز به تهیه‌ی چنین نیرویی ندارند و فقط با یک کمپرسور هوا می‌توان ارتفاع سد را بالا آورد.

۳. در اثر مرور زمان دریچه‌های فلزی زنگ می‌زنند، و حرکت آنها کند می‌شود، و بعد از مدتی این سازه‌ها به یک عضو بدون حرکت و ثابت تبدیل می‌شوند[3]، امّا در سدهای لاستیکی پیچ‌های مهار تنها قسمت فلزی‌اند و آنها هم از فلز ضد زنگ ساخته می‌شوند.

۴. طول دریچه‌های هیدرولیکی کم است (در حدود چندمتر)، در حالی که طول دریچه‌ی سدهای لاستیکی ممکن است تا ۱۰۰ متر نیز برسد. بالطبع سدهای لاستیکی به دلیل عدم نیاز به ستون‌های میانی، ضمن ایجاد حداقل تداخل با سیستم طبیعی جریان باعث می‌شوند اجسام شناور درشت، مانند تنه‌ی درختان، به‌راحتی بتوانند از روی آنها عبور کنند و راه جریان را مسدود ننمایند.

۵. در صورت ضربه خوردن و سوراخ شدن، این سازه‌ها به‌راحتی قابل ترمیم‌اند.

۶. فشار داخلی سد آن قدر زیاد نیست که در مدت اندک، هوای بسیار زیادی از داخل سد خارج شود.

۷. چنانچه در حین تخلیه و عبور سیل در سازه، مشکلی پیش آید، سیستم کنترل سبب می‌شود تا سد به‌راحتی به کار خود ادامه داده و پس از عبور سیل در فرصت مناسب ترمیم شود. امّا در دیگر دریچه‌ها، اگر در موقع کارکرد دریچه مسئله‌یی برای سازه به وجود آید، تا سازه تعمیر نشود نمی‌توان از دریچه استفاده کرد.[1]

۸. سدهای لاستیکی هنگام وقوع سیل یا در دیگر مواقع، می‌توانند سطح آب را در پشت سد با دامنه‌ی تغییر در حد چند سانتی‌متر ثابت نگه دارند و از این طریق، در مواقع مختلف می‌توان مقدار ثابتی آب از رودخانه برداشت کرد. این عمل، چه در مورد انحراف آب برای کشاورزی و چه در مورد انحراف آب برای تولید برق، از مزایای بسیار مهم این سدهاست. دریچه‌ها غالباً به‌صورت باز یا بسته‌اند و عمل تنظیم سطح آب توسط آن‌ها بسیار مشکل است. سدهای بتنی نمی‌توانند تغییر ارتفاع بدهند و در نتیجه ارتفاع آب در پشت این گونه سدها به میزان آب ورودی وابسته است.

۹. سدهای لاستیکی در موقع عبور سیل می‌خوابند و بار بستر همراه سیل از روی سد عبور می‌کند. رسوباتی که در موقع بالابودن سد در پشت آن جمع شده‌اند نیز همراه با سیل عبور می‌کنند. بدین‌ترتیب از پرشدن مخزن توسط رسوبات جلوگیری می‌شود. اما در مورد سدهای بتنی چنین نیست و پس از مدتی جلوی مخزن از رسوبات پر می‌شود.

۱۰. در موقع سیل، ارتفاع سدهای لاستیکی کم می‌شود و تا خوابیدن کامل سد ادامه می‌یابد. با خوابیدن سد و عبور سیل از روی آن، سواحل رودخانه کمتر ضربه می‌خورد و هزینه‌ی ساخت سواحل در اطراف رودخانه کم می‌شود. در سدهای بتنی، به دلیل ثابت بودن ارتفاع، به‌هنگام وقوع سیل طول زیادی از سواحل رودخانه در بالادست، تحت تأثیر سیل قرار گرفته و این امر برای زمین‌های بالادست خطراتی ایجاد می‌کند.

مقایسه‌ی سد لاستیکی و سد بتنی از نظر تأثیر بر ریخت‌شناسی رودخانه

با ایجاد سدهای انحرافی بتنی بر روی رودخانه یک نقطه‌ی کنترل برای بستر به وجود می‌آید و پس از مدت کوتاهی پشت سد از رسوب پر می‌شود. پس از پرشدن مخزن سد، به‌علت کاهش شیب بالادست، قابلیت حمل رسوب توسط آب کم می‌شود. در نتیجه، رسوب‌گذاری بیشتری در بالادست سد صورت می‌گیرد و رودخانه در بالادست به‌اندازه‌ی ارتفاع سد بالا می‌آید. این مسئله تا برخورد به یک نقطه‌ی کنترل دیگر ادامه می‌یابد.[۸] در پایین‌دست سد انحرافی مسئله برعکس است. برای آنکه تأثیر موضوع بیشتر مشخص شود، دو حالت مختلف زیر مورد بررسی قرار می‌گیرند:

الف) میزان آب برداشته شده (Q_D) نسبت به آب موجود در رودخانه (Q_R) ناچیز است:

در این حالت، مقداری از رسوبات به‌علت احداث سد انحرافی در بالادست ته‌نشین می‌شوند و دبی رودخانه در پایین‌دست تقریباً تغییر نمی‌کند، بنابراین آب در پایین‌دست سد از همان قدرت شست‌وشوی قبلی برخوردار است. این موضوع موجب می‌شود تا رسوب‌برداری از کف بستر در پایین‌دست سد انجام گیرد. این امر تا جایی ادامه می‌یابد که شیب پایین‌دست رودخانه کاهش یابد و در نتیجه قدرت حمل رودخانه کم شود.

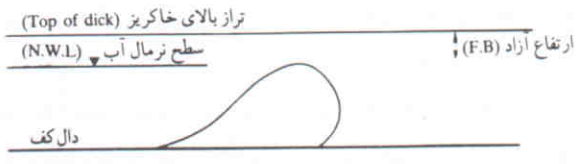
ب) Q_D نسبت به Q_R قابل ملاحظه است:

در این حالت از طریق کانال آبگیر، آب زیادی از رودخانه برداشت و رسوب آن مجدداً به رودخانه وارد می‌شود. به‌عبارت دیگر، در پایین‌دست سد دبی کم شده ولی رسوب تغییری نکرده است. در این حالت تغییرات کف بستر در پایین‌دست کمتر است و ممکن است بسته به نوع بستر، کف رودخانه در پایین‌دست بالا بیاید و موجب افزایش شیب شود.

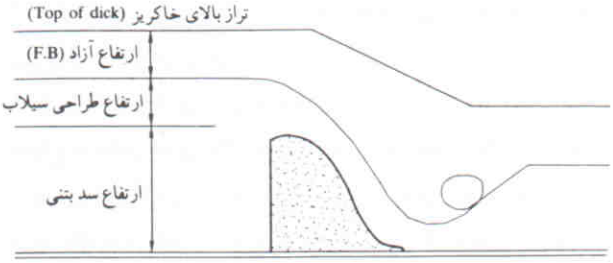
در سدهای لاستیکی، چون سد در دبی‌های کم، بسته است و تنها در مواقع طغیان کاملاً باز می‌شود، می‌توان گفت که سد لاستیکی فقط بر ریخت‌شناسی رودخانه در محدوده‌ی دریاچه‌ی پشت سد انحرافی تأثیر می‌گذارد. بنابراین، در صورتی که منظور از احداث سد کنترل بستر نباشد، سد لاستیکی بهتر از سد بتنی عمل می‌کند. از سوی دیگر، چون رسوب‌زدایی در تمامی عرض سد صورت می‌گیرد، می‌توان رسوبات دریاچه‌ی پشت سد را به‌صورت تناوبی و به طور کامل تخلیه کرد و آن را آماده‌ی جذب رسوبات بعدی کرد. تنها تأثیر سد لاستیکی بر بستر آن است که چون تخلیه‌ی رسوبات در فصل برداشت آب صورت می‌گیرد، تعدادی تپه‌ی ماسه‌یی[۶] کوچک در پایین‌دست سد تشکیل می‌شود که یکنواختی عمق را در پایین‌دست به هم می‌زند. اثر این تپه‌های ماسه‌یی با اولین طغیان محو می‌شود. بنابراین در فصول برداشت غیرطغیانی دبی رسوب در پایین‌دست تغییر می‌کند. در سدهای بتنی مسئله بدین صورت نیست و دبی رسوب در پایین‌دست سد چندان دچار تغییرات نمی‌شود.

مقایسه‌ی سد لاستیکی و سد انحرافی بتنی از نظر ارتفاع دیواره‌های جانبی[۷]

چون سد لاستیکی همچون دریچه‌یی سراسر عرض رودخانه را می‌پوشاند و نیز به‌طور اتوماتیک در هنگام بروز سیلاب عمل می‌کند، لازم نیست که ارتفاع دیواره‌های جانبی سد انحرافی براساس ارتفاع بیشینه‌ی سیلاب بر روی سرریز طراحی شود. بلکه ارتفاع دیواره‌ها باید تا حدی باشد که تنها دیواره‌های رودخانه را در مقابل سطح نرمال آب به‌علاوه‌ی ارتفاع آزاد محافظت کند (شکل ۱)، حال آن‌که در سد بتنی باید ارتفاع دیواره‌ی کناری براساس ارتفاع بیشینه‌ی سیلاب روی سرریز طراحی شود (شکل ۲).



شکل ۱. نمایش ارتفاع خاک‌ریز در سد لاستیکی با توجه به سطح نرمال آب.



شکل ۲. نمایش ارتفاع خاک‌ریز در سد انحرافی بتنی با توجه به ارتفاع سیلاب.

مقایسه‌ی سدهای بتنی و سدهای لاستیکی از نظر تعبیه‌ی دریچه‌های تخلیه

در سدهای بتنی باید دریچه‌یی برای رسوب‌زدایی منظور شود تا بتوان توسط آن رسوبات جلوی کانال انتقال آب را به پایین‌دست منتقل کرد. معمولاً به‌دلیل محدود بودن شعاع عمل این دریچه‌ها، حجم رسوبات تخلیه شده توسط آنها، نسبت به رسوبات انباشته‌شده در پشت سد بسیار کم است و عموماً در ابتدای بهره‌برداری از سد بتنی بخش اعظم دریاچه‌ی پشت سد از رسوب انباشته می‌شود. با عملیات رسوب‌زدایی می‌توان فقط محدوده‌ی جلوی دریچه‌ی تخلیه را رسوب‌زدایی کرد. این امر موجب می‌شود تا علاوه بر کوتاه شدن فواصل زمانیِ عملیات رسوب‌زدایی، جریان ورودی فرصت لازم را برای رسوب‌گذاری مواد نداشته باشد[۲] و در نتیجه جریان ورودی به کانال آبگیر رسوبات بیشتری را با خود حمل کند. اما در سدهای لاستیکی به‌علت آن‌که تمامی عرض سد می‌تواند به‌عنوان دریچه‌ی تخلیه‌ی رسوب عمل کند، همواره می‌توان تمامی حجم دریاچه را عاری از رسوب نگاه داشت. این تفاوت باعث می‌شود تا در سدهای لاستیکی علاوه بر صرفه‌جویی در هزینه‌ی احداث دریچه‌ی رسوب‌گیر، عملیات رسوب‌زدایی نیز باکارایی بهتری صورت پذیرد.

مقایسه‌ی حوضچه‌ی آرامش در سدهای بتنی و لاستیکی

در سدهای بتنی چون تراز (رقوم) لبه‌ی سرریز ثابت است، در هنگام سیلاب سطح آب بالا می‌رود و ریزش آب از روی سرریز موجب افزایش سرعت می‌شود. برای متعادل کردن این سرعت و کنترل سطح آب در پایین‌دست باید حوضچه‌ی آرامش برای دبی بیشینه طراحی شود. در سدهای لاستیکی به علت آنکه غشاء به هنگام بروز سیلاب به‌طور اتوماتیک پایین می‌رود، تغییر زیادی در رژیم جریان صورت نگرفته و لزومی برای طراحی حوضچه‌ی آرامش (برای سیلاب طراحی بیشینه) وجود ندارد. حوضچه‌های آرامش در سدهای لاستیکی برای سیلاب‌هایی با تراز کمتر از ارتفاع تخلیه‌ی اتوماتیک طراحی می‌شوند و هزینه‌ی احداث آنها کم است. نکته‌یی که باید در طراحی حوضچه‌ی آرامش سدهای لاستیکی مورد توجه قرار گیرد، آن است که در هنگام بروز پدیده‌ی V شکل[۸]، به‌علت تمرکز جریان در وسط کانال یا رودخانه سرعت در وسط کانال بیش از دیگر نقاط می‌شود و لذا باید تدابیر خاصی برای حفاظت پایین‌دست اندیشید.

مقایسه‌ی پی در سدهای انحرافی بتنی با لاستیکی

در هر دو مورد، نقشی که پی ایفا می‌کند خنثی‌کردن نیروهای وارده است و معمولاً نیروهای افقی نقش حساس‌تری را بازی می‌کنند. در یک سد لاستیکی هنگامی که کاملاً متورم است، دو نیرو توسط غشاء لاستیکی به پی سد اعمال می‌شود، یکی نیروی عمودی و دیگری نیروی افقی. نیروی افقی نزدیک بر سطح پی اعمال می‌شود و مقدار گشتاور آن حول پنجه‌ی سد[۹] ناچیز است. در صورتی که در سدهای انحرافی بتنی این نیرو به نسبت بالاتر از سطح پی اعمال می‌شود و مقدار گشتاور آن حول پنجه‌ی سد بیشتر است.[۹]

از طرف دیگر، پیچ‌های مهاری در سدهای لاستیکی در داخل بتن نصب می‌شوند. ضخامت بتن دال کف باید به‌اندازه‌یی باشد که بتواند نیروی اعمال‌شده به پیچ‌ها را تحمل کند. ضخامت بتن در اینجا به‌دلیل ایجاد وزن بیشتر برای تعادل نیست. در سدهای انحرافی بتنی ضخامت دال کف بیشتر به آن دلیل است که وزنه‌یی برای تعادل ایجاد کند. در سدهای انحرافی بتنی معمولاً نیروها به‌صورت پخشی عمل می‌کنند، امّا در سدهای لاستیکی، چون نیروی متمرکز در نقطه‌یی که پیچ‌ها درون بتن قرار می‌گیرند اعمال می‌شود، تنها تحلیل وزنی پی کافی نیست و باید محل قرار گرفتن پیچ‌های مهاری از لحاظ تنش‌های موضعی به‌دقت مورد بررسی قرار گیرند. در مورد دیواره‌های جانبی نیز باید دقت شود که گشتاور ایجاد شده توسط نیروهای اعمال شده از طرف غشاء لاستیکی بر دیوار، توسط وزن دیوار خنثی شود. برخلاف سدهای انحرافی بتنی، در جایی که غشاء لاستیکی به دیوار متصل می‌شود، نه‌تنها تثبیت دیوار انجام نمی‌شود، بلکه دیوار در معرض گشتاور نیز قرار می‌گیرد.

مقایسه‌ی سدهای لاستیکی با دریچه‌های فلزی

همان‌گونه که قبلاً اشاره شد، یکی از موارد کاربرد سدهای لاستیکی به‌کارگیری آنها به‌عنوان دریچه است. معمولاً دریچه‌های فولادی بسیار سنگین و حجیم‌اند و برای مانور آنها، یک موتور مستقل و یک

قاب قوی نیاز است. همچنین باید برای جلوگیری از زنگ‌زدگی قسمت‌هایی از دریچه که در زیر سطح آب قرار می‌گیرد، اقدام کرد. لاستیک‌های آب‌بند این دریچه به‌علت تحمل فشار زیاد سریعاً فرسوده می‌شوند و نیاز به تعویض دارند. به‌طور کلی ساخت و بهره‌برداری دریچه‌های فولادی بیش از پنج متر بسیار پرهزینه است، و به‌ندرت یک دریچه‌ی فولادی به‌عرض ۱۰ متر مورد استفاده قرار می‌گیرد. سدهای لاستیکی به‌راحتی می‌توانند به جای دریچه‌های پنجاه‌متری نیز مورد استفاده قرار گیرند، زیرا سدهای لاستیکی محدودیتی در عرض ندارند. مانور یک غشاء لاستیکی به‌عرض پنجاه متر به‌راحتی با یک کمپرسور ۱ کیلوواتی امکان‌پذیر است. در صورت نیاز به باز شدن اضطراری این دریچه‌ها با بازکردن تنها یک شیر هوا می‌توان این کار را انجام داد.[۶] باز کردن دریچه‌های فولادی نیاز به نیروی الکتروموتور دارد و چنانچه به‌علت قطع برق الکتروموتور کار نکند باز کردن این دریچه‌ها دچار اشکال می‌شود.

مقایسه‌ی دوام پی درسدهای لاستیکی و دریچه‌های فلزی

سدهای لاستیکی برخلاف دیگر سدها تا حدودی انعطاف پذیرند و قادرند انرژی ناشی از جریان آب، رسوبات و اجسامی را که به سوی آنها می‌آیند جذب کنند و بنابراین برخلاف سازه‌های سخت، مثل دریچه‌های فلزی، ضربه و ارتعاش کمتری را به پی انتقال می‌دهند. علاوه بر آن، چنانچه دریچه‌های فلزی پی ترک کوچکی بخورد یا از جای خود حرکت کند، به سفت شدن و عمل نکردن دریچه‌ها می‌انجامد. این موضوع معمولاً مزاحم عملکرد سدهای لاستیکی نخواهد شد. مزایای سدهای لاستیکی موجب می‌شود تا این سدها همواره به‌عنوان جانشینِ خوبِ دریچه‌های فولادی مطرح باشند.[۱۰]

مقایسه‌ی اجزای تشکیل‌دهنده‌ی سدهای لاستیکی با دریچه‌های فلزی

سدهای لاستیکی از سه قسمت اصلی تشکیل می‌شوند:

الف) بدنه‌ی سد؛

ب) بستر سد و تجهیزات مهار؛

ج) سیستم کنترل.

الف) بدنه‌ی سد لاستیکی

بدنه‌ی سد لاستیکی از جنس لاستیک تقویت شده با الیاف پلی‌استر از نوع پلی کلروپرن است. این لاستیک در برابر شوری آب مقاوم است و با آب ترکیب نمی‌شود و در برابر عبور اجسام شناور درشت، مثل تنه‌ی درختان و قطعات یخ، مقاوم است و در صورت آسیب دیدن به‌راحتی قابل ترمیم است. امّا در دریچه‌های فلزی جنس بدنه از فلز است و این فلزات می‌توانند در برابر آب‌های شور مشکل‌آفرین باشند. عبور اجسام شناور درشت، مانند تنه‌ی درختان و قطعات یخ، نیز ممکن است به اطراف دریچه گیر کرده، مانع عبور آب شوند. در صورت آسیب دیدن، تعمیر آنها هزینه‌ی زیادی در بر دارد و اگر بر اثر وقوع سیل، به این سازه‌ها آسیب وارد شود عبور سیل از روی آنها با مشکل روبه‌رو می‌شود. سدهای لاستیکی در صورت آسیب‌دیدگی ناشی از وقوع سیل، مشکلات زیادی ایجاد نمی‌کنند و پس از عبور سیل به‌راحتی می‌توان آنها را تعمیر کرد.

دریچه‌های فلزی برای جابه‌جا شدن و ایجاد راه عبور سیل احتیاج به ماشین‌های بالابرنده‌ی قوی دارند، حال آنکه در سدهای لاستیکی با بازکردن شیر خروج هوا، باد به‌راحتی و بدون صرف نیرو از سد خارج می‌شود. از طرف دیگر، سدهای لاستیکی می‌توانند به‌طور اتوماتیک نسبت به سطح آب تنظیم شوند و بدین ترتیب به‌راحتی سطح آب را در بالادست تنظیم کنند. امّا تنظیم سطح آب در بالادست توسط دریچه‌های فلزی بسیار مشکل است.

ب) بستر سد و تجهیزات مهار

بستر سدهای لاستیکی متشکل است از کف‌بند[۱۰] بتنی، پیچ و پروفیل. پیچ‌ها و پروفیل تنها قسمت فلزی سدهای لاستیکی‌اند که در برابر آب قرار دارند. چون جنس آنها از فولاد ضد زنگ است، در مجاور آب زنگ نمی‌زنند.

ج) سیستم کنترل

سیستم کنترل سدهای لاستیکی شامل لوله‌های پر و خالی کمپرسور هوا و سیستم کنترل اتوماتیک است. لوله‌هایی که به‌منظور پر و خالی کردن سد تعبیه می‌شوند از جنس فولاد ضد زنگ است و در زیر بدنه‌ی لاستیکی سد، در داخل پی سد و دور از آب، قرار داده می‌شوند. این لوله‌ها به‌راحتی هوا را وارد سد و یا از آن خارج می‌کنند و بدین طریق ارتفاع سد را تنظیم می‌کنند. برای این عمل به نیروی بسیار کمی نیاز داریم. کمپرسور هوا از یک پمپ که به یک دستگاه کنترل الکترونیکی متصل است تشکیل شده است. این کمپرسور احتیاج به نیروی کمی دارد و فقط در موقع باد کردن لاستیک به کار می‌رود. امّا در دریچه‌های فلزی برای بالا و پایین بردن دریچه به نیروی زیادی احتیاج است. سیستم بالابرنده بر اثر مرور زمان، به‌دلیل زنگ‌زدگی و تحمل فشار زیاد، به‌طور تدریجی از بین می‌رود.[۱۱] این امر در بسیاری از سدها، از جمله سد انحرافی هزارسنگر در شمال کشور، مشاهده شده است.

مقایسه‌ی سدهای لاستیکی با تخته‌های بالاآورنده‌ی[۱۱] تاج

تخته‌های بالاآورنده‌ی تاج با این که ارزان هستند، به علت ارتفاع کم آسیب پذیرند و ممکن است در اثر جمع شدن آشغال و قطعات یخ

مشکل‌ساز شوند. علاوه بر این اگر بر اثر جریان شدید آب نتوان آنها را بلافاصله برداشت، ممکن است باعث ایجاد سیل شوند. جای‌گذاری و برداشتن آنها نیازمند نیروی انسانی و کاری خطرناک و پرخرج است. تمام این مشکلات در سدهای لاستیکی می‌تواند با فشار یک دکمه به‌طور اتوماتیک حل شود.[۷]

مقایسه‌ی اقتصادی سدهای لاستیکی با سایر گزینه‌ها

کلیه‌ی کارهای طراحی، اجرایی و ساختمانی مورد نیاز سدهای لاستیکی در داخل کشور قابل انجام است. تنها بدنه‌ی سد لاستیکی که از جنس مرکّب لاستیک و پارچه است، باید از خارج کشور تهیه شود. مقایسه‌ی اقتصادی سدهای لاستیکی و سایر گزینه‌ها به‌دلیل شناور بودن نرخ ارز و وجود تورم در داخل کشور، همچنین به‌دلیل عدم یکسان بودن جنس بعضی از اجزای تشکیل‌دهنده‌ی سدهای لاستیکی با گزینه‌هایی که این سدها می‌توانند جانشین آنها شوند (سدهای بتنی، دریچه‌های فلزی و ...) مشکل است. برآورد هزینه و مقایسه‌ی این سدها با سایر گزینه‌ها، به زمان و حمایت دولت از پروژه‌های مذکور بستگی دارد. در بسیاری از پروژه‌ها، رعایتِ اصولِ طراحیِ سدهای لاستیکی باعث شده است تا نسبت به سایر گزینه‌ها در هزینه صرفه‌جویی به عمل آید. این اصول عبارت‌اند از:

۱. مهلت اجرا و نصب این نوع سدها کم است و لذا بازگشت سرمایه در آنها سریع است. در مدت زمان شش ماه می‌توان یک سد لاستیکی را طراحی و اجرا کرد.

۲. نیازبه نیروی انسانی برای عملیات اجرا و نصب سد کم است. نیاز پرسنلی سدی به طول ۳۰ متر و ارتفاع ۲ متر در جدول ۱ خلاصه شده است.

۳. پی این سدها نسبت به سدهای بتنی ساده‌تر و در نتیجه هزینه‌ی کمی برای آماده‌سازی پی مورد نیاز است.

۴. درسدهای لاستیکی لازم نیست که ارتفاع دیوارهای جانبی براساس ارتفاع بیشینه‌ی سیلاب بر روی سرریز طراحی شوند. ارتفاع دیوارهای جانبی باید تا حدی باشند که تنها دیوارهای رودخانه را محافظت کنند و این امر به‌نوبه‌ی خود هزینه را پایین می‌آورد.

۵. به‌دلیل کم‌شدن ارتفاع سد در موقع سیلاب هزینه‌ی ساحل‌سازی کم می‌شود.

۶. در سدهای لاستیکی، تعبیه‌ی دریچه‌های رسوب‌گیر لزومی ندارد و هزینه‌ی فوق صرفه‌جویی می‌شود.

۷. هزینه‌ی حوضچه‌ی آرامش در سدهای لاستیکی کمتر از سدهای بتنی است. در موقع سیلاب ارتفاع سدهای لاستیکی کاهش یافته

جدول ۱: نیاز پرسنلی یک سد لاستیکی به طول ۳۰ متر و ارتفاع ۲متر.[۴]

شغل	تعداد کارکنان
ناظر	یک نفر
جوشکار	دو »
لوله‌گذار	دو »
کارگر عملیات خاکی	سه »

و تغییری در رژیم رودخانه ایجاد نمی‌شود و در نتیجه هزینه‌ی حوضچه‌ی آرامش کم می‌شود.

۸. اکثر تجهیزات سدهای لاستیکی نسبتاً ساده‌اند و نسبت به سایر متغیرها ارزان‌ترند.

۹. سیستم بالابرنده در سدهای لاستیکی خیلی ارزان‌تر از سیستم بالابرنده در دریچه‌های فلزی است.

۱۰. بهره‌برداری از این سدها بسیار کم هزینه است. بدنه‌ی سد نیازی به رنگ کردن ندارد و نظارت بر سیستم کنترل آن نیز آسان است.

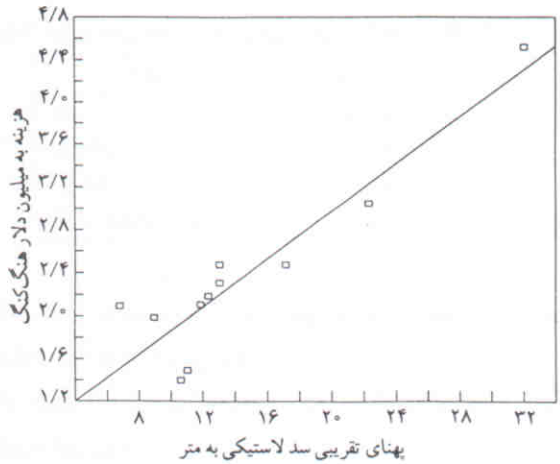
رابطه‌ی هزینه‌ی سدهای لاستیکی با پهنای تقریبی این نوع سدها در شکل شماره ۳ نشان داده شده است. این رابطه براساس بررسی‌های انجام شده بر روی ۱۵ سد لاستیکی در هنگ‌کنگ انجام شده است. هزینه‌ی متوسط سدهای لاستیکی پر شده از هوا در هر متر طول در حال حاضر تقریباً برابر ۱۲۰ هزار دلار هنگ‌کنگ (۱۵ هزار دلار امریکا) برآورد شده است.

اجزاء سدهای لاستیکی در مقایسه با سدهای بتنی متفاوت است. در سدهای لاستیکی برای تأمین هوای داخل سد دستگاه کنترل و موتور کمپرسور ضروری است. این دستگاه نیاز به انرژی (برق، گازوئیل) دارد، اما در سدهای بتنی چنین نبوده و این هزینه لازم نیست. از طرف دیگر، بدنه‌ی سدهای بتنی فقط از بتن ساخته می‌شود که در کشور به هر میزان قابل تأمین است، در صورتی که جنس بدنه‌ی سدهای لاستیکی از لاستیک است و فعلاً باید از خارج وارد شود. وجود دستگاه‌های کنترل در سد لاستیکی باعث برتری فنی این سازه نسبت به سدهای انحرافی بتنی است. قیمت لاستیک بستگی به قیمت ارز و حمایت دولت از پروژه داشته و کارشناس طراح در موقع طراحی و انتخاب متغیر برتر باید موارد فوق را بررسی کرده و نسبت به موقعیت طرح با توجه به برتری‌های فنی سدهای لاستیکی نسبت به سدهای بتنی و قیمت تمام‌شده‌ی این دو گزینه، که در شرایط و زمان‌های مختلف متفاوت است، تصمیم‌گیری کند.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق عبارت‌اند از:

۱. با توجه به بررسی‌های به عمل آمده، این سدها نسبت به سایر گزینه‌ها از نظر فنی و اجرایی از مزایا و محاسن زیادی برخوردارند



شکل ۳. هزینه‌ی سدهای لاستیکی پرشده از هوا.

و اصولاً در مقام مقایسه به‌عنوان گزینه‌ی برتر انتخاب می‌شوند. از جمله‌ی این مزایا، سادگی و کوتاه بودن زمان طراحی و نصب و اجرا، تنظیم تراز سطح آب در شرایط متفاوت و حداقل تأثیر بر روی ریخت‌شناسی رودخانه است.

۲. از نظر اقتصادی، مزایای سدهای لاستیکی بیش از سایر گزینه‌ها به صرفه‌جویی در هزینه‌ها می‌انجامد. از جمله‌ی این مزایا پایین بودن هزینه‌ی حوضچه‌ی آرامش، ساده بودن پی، عدم نیاز به دریچه‌ی رسوب گیر و ... است.

۳. کلیه‌ی کارهای طراحی و ساختمانی مورد نیاز سدهای لاستیکی در داخل کشور قابل انجام است. از نظر امکانات تولید اجزای مختلف سدهای لاستیکی در داخل ایران، به غیر از فناوری و مواد اولیه‌ی مورد نیاز برای تولید لاستیک مرکب، و تا حدی سیستم کنترل سد، کلیه‌ی امکانات مورد نیاز دیگر برای تولید و اجرای سدهای لاستیکی در ایران موجود است. در خصوص تولید لاستیک مرکب، که ماده‌ی پایه در ساخت بدنه‌ی لاستیکی سد است، فناوری‌های مورد نیاز به‌صورت پراکنده موجود است و ایجاد خط تولید، در صورت وجود مدیریت منسجم و سرمایه گذاری خاص این کار، امکان‌پذیر است. لازم به ذکر است که هزینه‌ی لاستیک مرکب دربرگیرنده‌ی ۱۰ درصد هزینه‌ی کل بدنه‌ی سد لاستیکی است.

۴. قیمت نهایی بدنه‌ی سد لاستیکی عمدتاً مربوط به نیروی کارشناسی به کار گرفته شده در مرحله‌ی اتصال و ساخت بدنه‌ی لاستیکی سد است. لذا شاید نیازی به سرمایه گذاری درخصوص تولید لاستیک مرکب به‌صورت خاص برای تولید سدهای لاستیکی نباشد و تهیه‌ی آن از خارج از کشور با قیمت نسبتاً نازل، مقرون به‌صرفه باشد.

۵. در خصوص سیستم کنترل سد تنها مشکل صنایع داخلی (به غیر از قطعات مورد نیاز) عدم تجربه‌ی کافی در این نوع کار است که بی‌شک پس از ساخت چند نمونه سد لاستیکی در ایران این مشکل برطرف خواهد شد. مشکل تولید قطعات مورد نیاز در سیستم کنترل نیز امری جداگانه است و تأمین آن مستلزم زمان خواهد بود.

پانوشت‌ها

1. sluice gate
2. hoisting device
3. morphology
4. stiling basin
5. susquehana
6. dune
7. dikes
8. V-notch
9. toe of dam
10. Apron
11. Flash boards

منابع

1. Bayer AG. Corporation, **Manual for the Rubber Industry**, Bayer AG., pp. 113-117, (1993).
2. Besha, James A., **Open Channel Flow Control System**, U.S. Patent Office, (11), pp. 87-90, (1979).
3. Bridgestone Corporation, **Naruse River Tidal Barrier Rubber Dam**, Marine & Industrial News, pp. 45-53, (1990).
4. Bridgestone Corporation, **History of the Susquehanna Rubber Dam** Marine & Industrial News, pp. 515-520, (1998).
5. Dumont, U., **The use of Inflatable Weirs for Water Level Regulations**, Water Power and Dam Construction, pp. 90-99, (1989).
6. Fish, Daniel Cecil E., **Inflatable Dams and Dam Units**, U.S. Patent 3,786,638, United States Patent Office, (22), pp. 120-127, (1974).
7. Hofmann, Werner, **Rubber Technology Handbook**, Hanser, N.Y., pp. 415-422, (1988).
8. Imbertson, Norman M., **Collapsible Dam**, U.S. Patent 3,173,269, United States Patent Office, (16), pp. 70-75, (1965).
9. Mesnager, Jacques Jean E., **Vertically Adjustable Dam**, U.S. Patent 3,246,474, United States Patent Office, (19), (1966).
10. Morton, Maurice, "Rubber Technology", Vnr Co., N.Y., pp. 18-23, (1987).
11. Tam, P.W.M., **Use of Inflatable Dams as Agricultural Weirs in Hong Kong**, *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE,* **24,** (12), pp. 1215-1225, (1998).