



بررسی عوامل مؤثر در طراحی آبشکن‌ها جهت پایداری و حفاظت کناره رودخانه‌ها

محمد جهانی^۱، علی گلکاریان^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی آبخیزداری گرایش سیلاب و رودخانه، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد،

mohammad.jahani@mail.um.ac.ir

۲- دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، golkarian@um.ac.ir

چکیده

رودخانه تحت تاثیر مولفه‌های مختلف از جمله زمین‌شناسی منطقه، توپوگرافی دره، ویژگی‌های مواد آبرفتی دشت سیلابی، ویژگی‌های هیدرولوژیکی حوضه و نحوه استفاده از آن، تمایل طبیعی به رسیدن به شرایط تعادل پایدار دارد. این طبیعت تغییرپذیر بعضی از عوامل ذکر شده موجب شده است تا رودخانه حتی در کوتاه مدت و در بازه‌های مختلف همواره دستخوش تغییر و تحول باشد. این تغییرات رودخانه‌ای به صورت فرسایش و رسوب‌گذاری متناوب، تخریب و تعریض دیواره‌ها و تغییر شکل رودخانه رخ می‌دهد. تثبیت سواحل رودخانه‌ها یکی از مسائل مهم حفاظت از آب و خاک است که از نظر زیست محیطی بسیار حائز اهمیت است. در این راستا یکی از روش‌های غیرمستقیم کنترل فرسایش جانبی و تثبیت دیواره‌های حاشیه رودخانه‌ها استفاده از آبشکن یا اپی است. در این روش یک سری آبشکن به صورت متوالی و متمایل با مسیر جریان رودخانه ساخته می‌شوند. این آبشکن‌ها از یک سمت به ساحل رودخانه متصل شده و تا فاصله‌ای در داخل بستر رودخانه پیشروی می‌کنند. این سازه‌ها با اثرگذاری بر خطوط جریان باعث تغییر الگوی جریان و همچنین انحراف جریان از سمت دیواره ساحلی به میانه رودخانه می‌شوند و سبب تثبیت ساحل رودخانه می‌شوند. در همین راستا استفاده از تجربیات میدانی و آزمایشگاهی و همچنین مدلسازی عددی، ابزارهای اصلی محققین برای کمک به رودخانه در جهت رسیدن به شرایط تعادل بوده است. بنابراین در این مقاله سعی شده است تا دانش علمی و فنی در زمینه‌های شناسایی، جانمایی، طراحی، ساخت، مدیریت و بهره‌برداری آبشکن‌ها برای دستیابی به شرایط تعادل و پایداری رودخانه ارائه گردد.

واژه‌های کلیدی: آبشکن، آبستستگی موضعی، طراحی، تثبیت سواحل رودخانه‌ها، حفاظت غیر مستقیم.



۱. مقدمه

رودخانه‌ها از گذشته تا کنون به عنوان یکی از اصلی‌ترین منابع تامین آب به‌شمار می‌آیند، به طوری که تمدن‌های بزرگ بشری در حاشیه رودخانه‌ها شکل گرفته‌اند تا از نعمت آب بهره‌مند شوند. بنابراین نقش حیاتی رودخانه‌ها در زندگی بشر همواره حائز اهمیت بوده است [۱]. زندگی در کنار رودخانه‌ها دارای مزایا و فواید بسیاری است، اما معایب و خطراتی را نیز به همراه دارد. بشر دریافته است که طغیان رودخانه‌ها در هنگام سیل می‌تواند خسارات جبران‌ناپذیری به بار آورد، بنابراین به فکر ایجاد تدابیری برای کنترل سیل افتادند [۲]. یکی از مهمترین جنبه‌های این امر، حفاظت از سواحل رودخانه‌ها در برابر فرسایش به منظور دستیابی رودخانه به شرایط تعادل و پایداری است که از نظر اجرا به دو نوع اصلی تقسیم می‌شود:

الف- روش حفاظت مستقیم

ب- روش حفاظت غیر مستقیم

مهمترین انواع حفاظت از سواحل به روش مستقیم عبارتند از: حفاظت از سواحل با استقرار پوشش‌های گیاهی، سنگریزی با عملیات ساحل‌سازی، حفاظت ساحل با به‌کارگیری سازه‌های توری سنگی (گابیون)، تثبیت و پوشش بدنه با استفاده از کیسه‌های حاوی ماسه و سیمن خشک، ساخت ساحل و پوشش بدنه با پوشش‌های آکوستیک و تزریق بتن. در روش حفاظت غیرمستقیم؛ در واقع حاشیه رودخانه برای مقابله با عوامل فرسایشی و مخرب تقویت و حفاظت نمی‌شود، بلکه با اتخاذ تدابیر ویژه از هجوم جریان به سمت سواحل جلوگیری می‌شود و جریان آب به سمت محور رودخانه هدایت می‌گردد [۳، ۴]. از جمله سازه‌های تثبیت کننده در این روش می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: ساخت سازه‌های موازی جریان در بستر رودخانه، اجرای سازه‌های معکوس یا عرضی، استفاده از سازه‌های هادی جریان و ساخت دیواره‌های آب‌شکن‌ها اشاره کرد [۵].

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. آبشکن‌ها:

آبشکن‌ها که به آن در زبان انگلیسی Groyne، در زبان فرانسوی Epi و در زبان لاتین Spur Dike گفته می‌شود، سازه‌هایی هستند که جریان آب را از کناره رودخانه به وسط رودخانه هدایت می‌کنند و افت اصطکاکی و جریان ثانویه ناشی از تشکیل جریان گردابی باعث کاهش سرعت آب در ناحیه بین آبشکن‌ها می‌شود و در نتیجه رسوب‌گذاری مواد حمل شده توسط آب در این منطقه انجام می‌گردد و به تدریج ساحل رودخانه تثبیت می‌شود [۶]. البته پس از پر شدن رسوب در بین آبشکن‌ها، لازم است عملیات استقرار پوشش گیاهی مناسب صورت گیرد. در نتیجه با گذشت زمان، جریان در بخش میانی بازه رودخانه متمرکز می‌گردد [۲، ۷].

آبشکن‌ها در بازه‌های مختلف رودخانه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌جز در رودخانه‌های کوچک و کم‌عرض و در شرایط خاص کاربرد آبشکن‌ها محدودیت قابل توجهی نداشته و می‌تواند به عنوان یک گزینه برای تثبیت سواحل رودخانه‌ها در نظر گرفته شوند. آبشکن‌های رودخانه‌ای برای یک یا ترکیبی از اهداف زیر مورد توجه هستند:

- تنظیم جریان رودخانه

- حفاظت از ساحل رودخانه در مقابل فرسایش

- افزایش عمق جریان برای کشتیرانی

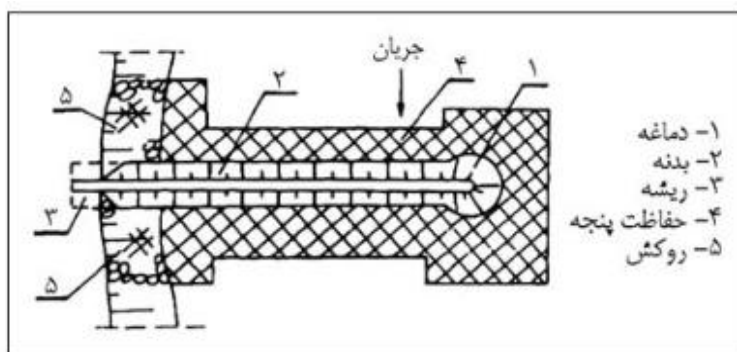
- بهبود زیستگاه آبزیان به کمک کاهش سرعت جریان

- اصلاح مسیر رودخانه به منظور کنترل سیلاب و یا کاهش خطر پیشروی رودخانه [۸].



۲.۲. ساختار آبشکن‌ها:

آبشکن‌ها به صورت مجزا یا پشت سرهم در یک یا دو طرف رودخانه ساخته می‌شوند. آبشکن‌ها از نظر طول و با توجه به هدف استفاده ممکن است بسیار کوتاه یا بلند باشند. ساختار یک آبشکن مطابق شکل (۱) شامل اجزای زیر می‌باشد [۹]:



شکل ۱- نمایش ساختار عمومی یک آبشکن

- ۱- دماغه یا پنجه، که به دلیل مقاومت در برابر جریان و محافظت در برابر آبشستگی بستر گسترده‌تر ساخته می‌شود.
- ۲- بدنه ساقه و تاج، که بدنه اصلی آبشکن را تشکیل می‌دهد.
- ۳- ریشه یا تکیه‌گاه، که وظیفه ایجاد پایداری برای ساقه آبشکن از طریق اتصال قفل‌شدگی آبشکن به دیواره رودخانه را بر عهده دارد.
- ۴- حفاظت پنجه، که به منظور افزایش ایمنی آبشکن در مقابل آبشستگی عمومی و موضعی دماغه و پیرامون بدنه آبشکن ضروری می‌باشد.
- ۵- حفاظت سطحی، که پوششی برای حفاظت آبشکن و دیواره طبیعی رودخانه در برابر خطر فرسایش و تخریب است.

۳.۲. انواع آبشکن‌ها:

روش‌های ساخت آبشکن در هر رودخانه و در هر قسمت متفاوت است که عمدتاً به شرایط هیدرولیکی (به‌ویژه دوره‌های آبی) و مصالح ساختمانی موجود در محل بستگی دارد و معمولاً بایستی به سهولت ساخت توجه گردد. آبشکن‌ها از نظر ساختار، شکل ظاهری و نحوه تأثیرگذاری بر جریان رودخانه انواع مختلفی دارند. معمولاً آبشکن‌ها بر اساس چهار ویژگی فرعی طبقه‌بندی می‌شوند [۱۰]:

- ۱- از نظر مصالح ساختمانی
- ۲- موقعیت تاج آبشکن
- ۳- زاویه قرارگیری آبشکن نسبت به جریان
- ۴- شکل دماغه آبشکن

۱- انواع آبشکن از نظر مصالح ساختمانی

آبشکن‌ها بر اساس مصالح مورد استفاده در ساخت به انواع نفوذپذیر و غیرقابل نفوذ، تقسیم می‌شوند، که هر دو نوع جزء سازه‌های حفاظتی قرار می‌گیرند. ویژگی‌های هر یک از این نوع آبشکن‌ها عبارت است از [۹، ۱۱]:



الف- آبشکن‌های نفوذپذیر

از نظر سازه‌ای، مجموعه‌ای از عناصر مقاومت جریان است که در امتداد عرضی رودخانه چیده شده‌اند. این نوع آبشکن‌ها عموماً از بتن، تیرک، شمع چوبی و یا ساقه بامبو (دریک، دو یا سه ردیفه) یا سنگ‌های بزرگ (به صورت خشکه‌چین) ساخته می‌شوند [۱۲]. این گونه سازه‌ها در رودخانه‌های عریض و کم‌عمق با راستای نسبتاً مستقیم، با بستر ماسه‌ای یا شن ریز و یا بار رسوبی معلق بالا همراه با مواد جامد شناور، کارایی بیشتری دارند [۱۳]. اما در رودخانه‌های بزرگ با عمق بیش از ۳ متر، با بار رسوبی کم، با مصالح بستر شنی و درشت‌تر و در ناحیه دیواره بیرونی پیچ‌ها (به دلیل قدرت جریان ثانویه) مناسب نخواهند بود. این نوع از آبشکن‌ها در گروه سازه‌های آرام‌کننده به شمار می‌آیند [۲، ۹، ۱۱].

ب- آبشکن‌های نفوذناپذیر

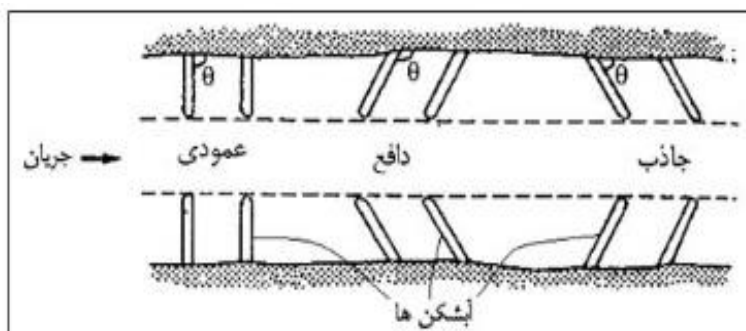
از نظر نوع مصالح و ساختار، توانایی آبگذری جریان اصلی رودخانه را ندارد و با انحراف مسیر آب از دیواره‌ها به وسط رودخانه باعث ایجاد جریان‌های گردابی در کناره‌ها می‌شود. بنابراین آبشکن‌های غیرقابل نفوذ (با وجود اینکه از نظر نوع مصالح و ساخت دارای قابلیت تراوش هستند) در گروه سازه‌های انحرافی قرار می‌گیرند و از مصالح مختلف سازه‌ای و طبیعی ساخته می‌شوند [۱۴، ۱۵].

۲- انواع آبشکن از نظر موقعیت تاج

آبشکن‌ها بر اساس موقعیت تاج به دو نوع مستغرق و غیرمستغرق تقسیم می‌گردند. چنین تقسیم‌بندی به طور کلی به شرایط طراحی مربوط می‌شود. هنگامی که ارتفاع آبشکن بیشتر از عمق آب باشد به آنها غیر مستغرق می‌گویند و اگر سطح آب از سطح تاج آبشکن بیشتر باشد یا به عبارتی آب از روی آبشکن عبور کند به آن مستغرق می‌گویند. در اکثر موارد آبشکن‌های صلب (غیرقابل نفوذ) برای شرایط غیرمستغرق طراحی و ساخته می‌شوند، زیرا در شرایط غوطه‌ور شدن، این آبشکن‌ها مستعد فرسایش شدید در طول بدنه هستند [۲].

۳- انواع آبشکن از نظر زاویه قرارگیری نسبت به جریان

آبشکن‌ها با توجه به راستای قرارگیری‌شان با مسیر جریان مطابق شکل (۲)، به انواع آبشکن‌های جاذب، آبشکن‌های عمودی و آبشکن‌های دافع تقسیم می‌گردند [۹، ۱۱]:



شکل ۲- انواع آبشکن از نظر زاویه قرارگیری نسبت به جریان



الف- آبشکن های جاذب

از نظر سازه ای آبشکن های جاذب به سمت پایین دست جریان رودخانه متمایل بوده و از نظر هیدرولیکی جریان را به سمت خود جذب می نمایند و از انحراف جریان به سمت دیواره مقابل جلوگیری می کنند [۱۱]. زاویه شیب این نوع از آبشکن ها به سمت پایین دست چیزی در حدود ۱۰ درجه پیشنهاد می شود، اما می تواند تا ۳۰ درجه نیز متغیر باشد.

ب- آبشکن های عمودی

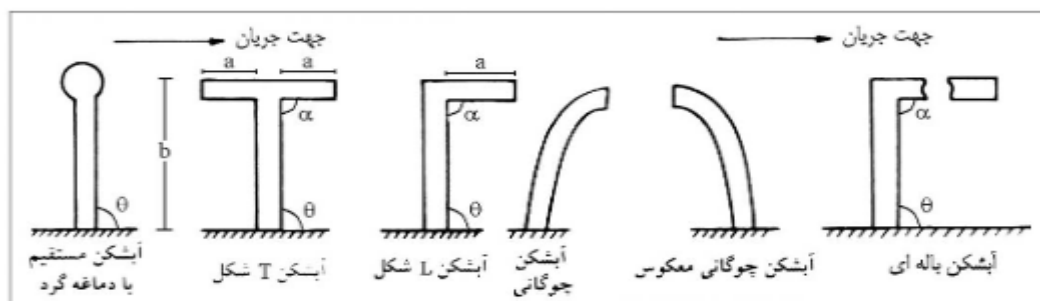
از نظر شیوه احداث، آبشکن های عمودی به صورت عمود بر جهت کلی جریان رودخانه یا دیواره ها ساخته می شوند و از نظر هیدرولیکی، نیز جهت جریان را از کنار رودخانه تغییر می دهند و در عین حال از انحراف شدید جریان به سمت دیواره مقابل جلوگیری می کنند [۲، ۱۱]. آبشکن های عمودی معمولاً کوتاهتر از انواع دیگر هستند و در دهانه های مستقیم و همچنین برای محافظت موضعی در برابر فرسایش استفاده می شوند [۱۱].

ج- آبشکن های دافع

آبشکن های دافع از نظر سازه ای به سمت بالادست رودخانه متمایل هستند و از نظر هیدرولیکی، جریان را با قدرت از کنار رودخانه و آبشکن دور کرده و باعث انحراف شدید جریان به سمت دیواره مقابل می شوند. با این چیدمان حتی در شرایط سیلابی جریان به وسط رودخانه منحرف می شود. راستای قرارگیری آبشکن به سمت بالادست بین ۱۰ تا ۲۰ درجه پیشنهاد می گردد، اما می تواند بین ۵ تا ۳۰ درجه نیز تغییر یابد [۱۶].

۳- انواع آبشکن از نظر شکل دماغه

آبشکن ها با شکل ها و نماهای متفاوتی ساخته می شوند. انواع شکل ظاهری آبشکن ها در پلان رودخانه مطابق شکل (۳) مستقیم، مستقیم با دماغه گرد، T شکل، L شکل، چوگانی یا قلاب شکل یا چنگکی، چوگانی معکوس و باله ای می باشند. آبشکن مستقیم در یک خط مستقیم و با زاویه مناسب نسبت به دیواره یا جریان رودخانه قرار می گیرد و به طور کلی دماغه آن را دایره ای تر و پهن تر در نظر می گیرند تا در برابر آبشستگی موضعی عملکرد بهتری داشته باشد. آبشکن L شکل یا سرکج نقش موثرتری دارد و میزان آبشستگی موضعی در دماغه آن کمتر است و همچنین قابلیت ته نشین شدن رسوبات بین آبشکن های متوالی بیشتر است [۵].



شکل ۳- انواع شکل ظاهری آبشکن ها در پلان رودخانه



۴.۲. مؤلفه‌های طراحی آبشکن‌ها:

در صورت طراحی و اجرای صحیح، آبشکن‌ها می‌توانند علاوه بر کنترل فرسایش کناری، سبب احیای اراضی با ارزش حاشیه رودخانه‌ها گردند و در صورت اجرای نادرست و طراحی اشتباه، ممکن است باعث تشدید فرسایش و تخریب خاک‌های حاصلخیز مناسب برای کشاورزی شوند. بنابراین از جمله نکات مهم در طراحی آبشکن‌ها می‌توان به نکات زیر اشاره کرد [۴]:

الف- زاویه آبشکن با دیواره

این زاویه معمولاً از ۳۰ تا ۱۲۰ درجه متغیر است. در برخی موارد، زاویه بین محور آبشکن‌ها و خط‌القدر با توجه به انحنای خط ساحلی می‌تواند به طور پیوسته از اول تا آخر تغییر کند. این زاویه اگر بیش از ۹۰ درجه باشد، از نظر قدرت انحراف جریان و رسوب‌گیری بهتر عمل می‌کند. ریچاردسون و همکارانش زاویه کمتر از ۹۰ را برای بازه‌های مستقیم آبشکن‌های عمودی و در پیچ رودخانه‌ها برای سهولت هدایت جریان پیشنهاد کرده‌اند [۱۷].

چارلتون برای رودخانه‌هایی با بستر شنی و به ویژه با شیب تند، آبشکن‌های عمود بر دیوار یا کمی متمایل به پایین‌دست را مناسب می‌داند. همچنین آن‌ها در یافتند که آبشکن به سمت پایین دست، دیواره ساحلی را در معرض خطر قرار می‌دهد، مگر اینکه آبشکن بعدی به اندازه کافی نزدیک باشد تا از این خطر جلوگیری کند. به نظر می‌رسد در طراحی، آبشکن‌ها باید عمود بر ساحل یا متمایل به بالادست ساخته شوند که حالت دوم اغلب در سواحل مقعر استفاده می‌شود. در این حالت زاویه تمایل آبشکن از ۸۰ درجه تا حدود ۶۰ درجه با ساحل بالادست تغییر می‌نماید، به عبارت دیگر محور آبشکن با خط عمود بر ساحل زاویه ۱۰ تا ۳۰ درجه را ایجاد می‌کند. روابط موجود نشان می‌دهد که با کاهش زاویه تمایل آبشکن به سمت بالادست، تاثیرپذیری عمق فرسایش در برابر تغییر زاویه تمایل کاهش می‌یابد [۱۳].

ب- فاصله بین آبشکن

فاصله آبشکن‌ها معمولاً مضربی از طول آن‌ها در نظر گرفته می‌شود. به طور کلی عوامل موثر در تعیین فاصله آبشکن‌ها عبارتند از: طول آبشکن، انحنای دیواره، نوع آبشکن، عرض رودخانه، شکل مقطع آبشکن، سرعت آب و زاویه آبشکن با دیواره و زاویه شعاع انحنای پیچ عامل مهمی در تعیین فاصله آبشکن‌ها است. در مسیرهای مستقیم، طول دیوار حفاظت شده حدود ۵ برابر طول آبشکن است، در حالی که در پیچ‌های تند حدود ۱ تا ۲ برابر این طول خواهد بود. فاصله آبشکن‌ها در دیواره‌های محدب بیشتر و در دیواره‌های مقعر کمتر است و در قسمت‌های مستقیم ما بین این دو مقدار است.

نوع آبشکن نیز در تعیین فاصله آن‌ها موثر است. در آبشکن‌های نفوذپذیر، فاصله بین آبشکن‌ها می‌تواند بیشتر از آبشکن‌های غیرقابل نفوذ باشد. در شرایط سیلابی یکسان، در رودخانه‌های عریض نسبت رودخانه‌های باریک، هرچه فاصله بین آبشکن‌ها بیشتر باشد، مناسب‌تر است. شکل مقطع آبشکن‌ها نیز تاثیر مهمی در طول حفاظت شده دیواره دارد، به طوری که در آبشکن‌های قائم و نازک با مقطع مستقیم، میزان فاصله ۱۲ برابر طول آبشکن است، در حالی که برای مقاطع نیمه استوانه‌ای این فاصله برابر با ۵ برابر طول آبشکن است. رابطه (۱) برای محاسبه حداکثر فاصله بین آبشکن‌ها ارائه شده است [۱۸]:

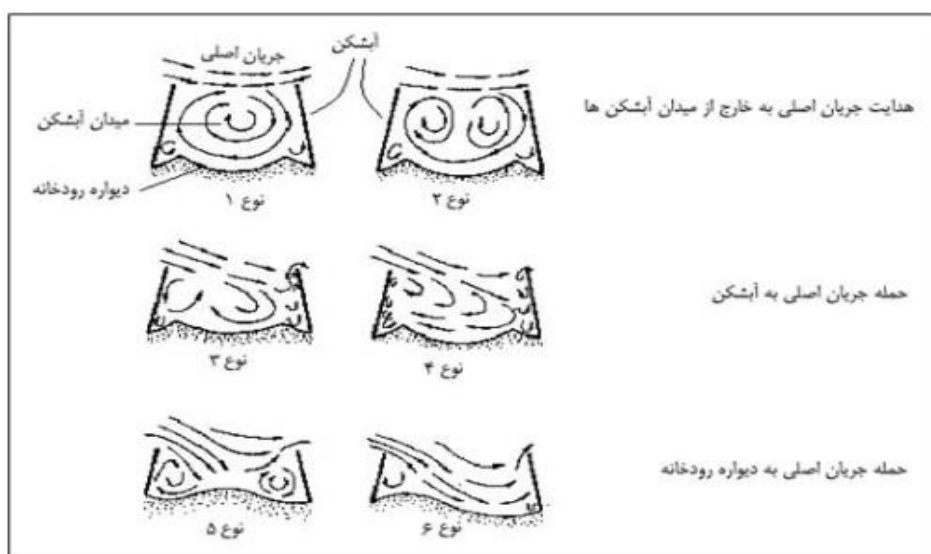
$$S = K \frac{d^{4/3}}{2gn^2} \quad (1)$$

که در آن S فاصله حداکثر آبشکن‌ها بر حسب متر، d عمق متوسط آب بر حسب متر، K ضریب کوچکتر از ۱ که معمولاً در شرایط آشفستگی شدید برابر ۰/۶ در نظر گرفته می‌شود، n و g ضریب زبری مانینگ و شتاب ثقل.



معمولاً فاصله متوسط بین آبشکن‌ها بسته به معیارهای زیر متغیر در نظر گرفته می‌شود:

- ۱- هدف از اجرای آبشکن
 - ۲- میزان سرمایه موجود
 - ۳- خصوصیات جریان
 - ۴- شرایط لیتولوژیکی و مورفولوژیکی
- بر اساس مطالعات تجربی بر روی مدل فیزیکی پایداری سری آبشکن‌ها در یک خم رودخانه، شدت اثر فاصله آبشکن‌ها بر الگوی جریان چرخشی در میدان آبشکن‌ها در شکل (۴) نشان داده شده است. در این بررسی با توجه به افزایش فاصله آبشکن‌ها، شش نوع الگوی سیستم چرخشی در میدان آبشکن شناسایی شده است:



شکل ۴- انواع الگوی جریان در پلان و روند توسعه جریان چرخشی متناسب با افزایش فاصله

در الگوی (۱) جریان اصلی به خارج از ناحیه تاثیر آبشکن منحرف می‌شود و تنها یک واحد جریان دوار بین آبشکن‌ها ایجاد می‌گردد. این الگو برای هدف کشتیرانی مناسب است، زیرا با تمرکز جریان اصلی در وسط رودخانه، عمق لازم به طور مداوم تامین و کنترل می‌شود.

در الگوی نوع (۲) با کمی افزایش فاصله در بین آبشکن‌ها، جریان اصلی همچنان به خارج از میدان آبشکن‌ها منحرف می‌شود، اما گردابه دوم نیز در داخل میدان آبشکن‌ها ظاهر می‌شود.

با افزایش فاصله بین آبشکن‌ها، الگوی (۳) ایجاد می‌شود، به طوری که جریان اصلی وارد ناحیه بین آبشکن‌ها شده و گردابه قوی‌تری در اطراف آبشکن ایجاد می‌شود و در امتداد سطح بالادست آبشکن دوم و اطراف دماغه آن تلاطم شدیدی ایجاد می‌شود. در الگوی نوع (۴)، یک سیستم چرخش معکوس ایجاد توسعه می‌یابد. در الگوی نوع (۵)، جریان منحرف شده توسط اولین آبشکن (در بالادست) به سمت دیواره رودخانه در پایین دست هدایت می‌شود اما در دو طرف خطوط حمله جریان، گردابه‌هایی تشکیل می‌شود که قدرت حمله جریان اصلی را کاهش داده و محافظت نسبی از دیوار را فراهم می‌کند.

با افزایش بیشتر فاصله بین آبشکن‌ها، طبق الگوی (۶)، سیستم گردابه پایین دست نقش حفاظتی خود را در محافظت دیواره از دست می‌دهد و خطوط جریان اصلی مستقیماً به دیوار حمله می‌کنند. در این صورت آبشکن کارایی مطلوبی را نخواهد داشت [۹].



ج- ارتفاع تاج آبشکن

ارتفاع تاج آبشکن به اهداف پروژه بستگی دارد. تاج آبشکن ممکن است افقی یا از کناره به سمت محور رودخانه متمایل باشد. آبشکن‌های افقی در رودخانه‌هایی که تغییرات دبی و سطح آب کم است مناسب‌ترند، اما زمانی که این تغییرات شدید باشد، متمایل شدن تاج از نظر هیدرولیکی مؤثرتر است، اما تأثیر کمی در محافظت از دیواره‌ها دارد. هنگام استفاده از یک سری آبشکن‌های متوالی، بهتر است ارتفاع تاج یکسان باشد یا به تدریج در جهت پایین‌دست کاهش یابد [۱۹].

د- شکل مقطع عرضی آبشکن

به دلیل سهولت در اجرا، مقطع آبشکن را معمولاً دوزنقه‌ای در نظر گرفته می‌گیرند. عرض تاج از ۱ تا ۶ متر متغیر است که با توجه به عرض کار ماشین‌آلات حداقل ۳ متر در نظر گرفته می‌شود. شیب جانبی آن از ۱:۱/۲۵ تا ۱:۲ متغیر است که معمولاً حداقل ۱:۱/۱۵ و ترجیحاً ۱:۲ در نظر گرفته می‌شود. جهت کاهش شدید آبشستگی موضعی، دماغه انتهایی آبشکن شیب کمتری دارد و به صورت دایره‌ای توسعه می‌یابد [۲۰].

۵.۲. روش طراحی آبشکن‌ها:

امروزه پس از گذشت چندین سال از ظهور علم مهندسی رودخانه، کارشناسان به این نکته اذعان دارند که برای کنترل و ساماندهی رفتار رودخانه‌ها به دلیل فعالیت زیاد و غیرقابل پیش‌بینی بودن آن‌ها که عواملی مانند شدت جریان، قدرت جریان، سرعت جریان جریان، دبی و شیب رودخانه در آن مؤثر است، باید از سازه‌هایی مانند آبشکن‌ها که انعطاف‌پذیری بیشتری دارند و از مصالح محلی در ساخت آن‌ها می‌توان استفاده نمود و همچنین کمترین تغییر در ظاهر طبیعی رودخانه را ایجاد می‌کنند، بهره برد. بنابراین برای طراحی چنین سازه‌هایی لازم است مراحل زیر طی شود [۳، ۱۱]:

- تعیین عرض تعادلی رودخانه

برای اصلاح مسیر و ساخت آبشکن‌ها در هر رودخانه ابتدا باید عرض تعادلی رودخانه مشخص شود. با توجه به اینکه طرح‌های مدیریت رودخانه بر اساس استانداردهای صنعت آب کشور عموماً با دبی با دوره بازگشت ۲۵ سال اجرا می‌گردد، بر این اساس ابتدا باید پروفیل‌های طولی جریان در رودخانه مورد نظر محاسبه و تعیین شود. بدین منظور می‌توان از روابط هیدرولیکی و برنامه‌های کامپیوتری مختلفی که در این زمینه ارائه شده است استفاده کرد.

در برخی روابط، دبی غالب رودخانه و در برخی دیگر، دبی مقطع پر و همچنین دبی با دوره بازگشت ۲ سال که برابر با میانگین سیلاب سالانه رودخانه است، به عنوان معیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. به طور کلی برای تعیین عرض تعادلی رودخانه می‌توان از رابطه لیبسی استفاده نمود (رابطه ۲) [۹، ۱۱]:

$$B = 2.77Q^{0.4577}S^{-0.068}$$

(۲)

که در آن B عرض رودخانه بر حسب متر، Q دبی دوره طرح بر حسب متر مکعب بر ثانیه و S شیب آبراهه بر حسب متر بر متر.

۶.۲. تعیین مصالح مورد استفاده در بدنه و روکش آبشکن‌ها:

مصالح به کار رفته در بدنه و همچنین روکش محافظ آبشکن به نفوذناپذیر یا نفوذناپذیر بودن سازه بستگی دارد. در صورت



نفوذپذیر بودن سازه مورد نظر می‌توان از دیواره‌های بتنی، سنگ و سیمان و صفحات فلزی و در صورت نفوذپذیری سازه از مصالح طبیعی مانند شن، ماسه و قلوه سنگ در بدنه آن استفاده می‌شود و برای روکش آبشکن‌های نفوذپذیر می‌توان از مصالح مختلفی بهره جست که از آن جمله می‌توان به [۵، ۱۷، ۱۹]:

- روکش سنگریزه‌های که نیاز به استفاده از فیلتر دارد.
- روکش توری سنگ از نوع پلکانی یا روکش با ضخامت کم جهت محافظت شیب‌ها
- روکش بتنی مفصل‌دار که علاوه بر ایجاد حفاظت و پایداری، دارای انعطاف پذیری و نفوذپذیری می‌باشد.
- روکش کیسه‌های کنفی حاوی مخلوط (خاک-سیمان) و یا (ماسه-سیمان)
- روکش آسفالت
- روکش تایلر ماشین
- استفاده تدریجی از پوشش گیاهی با توجه به افزایش تراکم پوشش با گذشت زمان

تا حد ممکن هسته و بدنه آبشکن باید از مصالح بستر رودخانه ساخته شوند.

اساساً هدف از روکش و سنگ‌چینی، محافظت از خاک لایه‌های زیرین در برابر فرسایش است. پایداری این لایه‌ها در برابر فرسایش باید تأمین شود. البته کارایی روکش‌ها به مقاومت مصالح آن در شیب دیواره بستگی دارد، اما عموماً برای شرایط سرعت زیاد جریان و فرسایش‌پذیری شدید دیواره‌ها بسیار مؤثر هستند [۳]. در نتیجه با توجه به اینکه احتمال فرسایش موضعی شدید در دماغه آبشکن‌ها وجود دارد، بنابراین اغلب لازم است بدنه و دماغه آبشکن‌ها توسط توری یا پوشش مخصوصی محافظت شود.

۷.۲. کنترل پایداری آبشکن‌ها:

برای کاهش اثرات نامطلوب ناپایداری سازه‌ها معمولاً پایین دست آبشکن‌ها را با خاکریز شنی تقویت می‌کنند تا پایداری سازه را در اثر پدیده جریان گردابی افزایش داده و از ایجاد حفرة در پشت آبشکن‌ها جلوگیری کنند. بدیهی است با تداوم جریان‌های چرخشی و وقوع پدیده‌های فرسایشی، انجام این گونه اقدامات تدافعی را نمی‌توان راه حل اساسی دانست مگر اینکه با اعمال دانه‌بندی اصولی در بدنه سازه‌ها همراه باشد [۱۳].

۳. نتیجه‌گیری

از آنجا که رودخانه‌ها دارای یک سیستم دینامیکی و پویا هستند، همواره دچار تغییرات و دگرگونی‌های پی در پی می‌گردند. عوامل اثرگذار بر سیستم رودخانه، خود به سه عامل مستقل، وابسته و فعالیت‌های انسانی تقسیم می‌شود. متغیرهای مستقل شامل زمان، متغیرهای زمین شناسی، مشخصات مکانیکی و شیمیایی خاک و خصوصیات هیدرولوژیکی حوضه است و متغیرهایی مانند متغیرهای هندسی کانال و خصوصیات هیدرولیکی را می‌توان به عنوان متغیرهای وابسته نام برد. تأثیر عوامل فوق بر یکدیگر باعث تغییراتی در رودخانه می‌شود که می‌تواند موضعی (فرسایش سواحل رودخانه) و یا کلی (تغییر مسیر رودخانه، تشکیل و گسترش پیچ و خم‌ها، ایجاد دریاچه طوقی و ...) باشد.

تغییراتی که در اثر فرآیند طبیعی یا توسعه جامعه بشری در راستای جهت و ابعاد هندسه رودخانه رخ می‌دهد، می‌تواند نتیجه برهم‌کنش منطقی سیستم رودخانه در جهت برقراری تعادل جدید باشد. بنابراین برخورد با رودخانه باید کاملاً هوشیارانه و بر اساس قوانین خاص حاکم بر آن باشد. زیرا کوچکترین تغییری در ساختار رودخانه باعث ایجاد یک سری تحولات جدید در گستره‌ای وسیع‌تر خواهد شد. بنابراین لازم است قبل از هر نوع اقدامی واکنش رودخانه را پیش بینی کرد. به عبارت دیگر، تأثیر تغییرات موضعی بر سیستم رودخانه باید مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد.

یکی از این تغییرات احداث آبشکن است که باعث ایجاد تنگ‌شدگی در عرض رودخانه می‌شود که این تنگ‌شدگی سبب ایجاد تغییراتی در خصوصیات هیدرولیکی و هیدرولوژیکی، ویژگی‌های هندسی کانال، راستای جریان و مکانیک انتقال رسوب



خواهد شد. در همین راستا شناخت صحیح این سازه و پارامترهای مؤثر بر آن، امری ضروری جهت ایجاد پایداری در سیستم رودخانه است. عمده دلایل استفاده از سازه آبشکن در رودخانه‌ها را می‌توان در کاهش فرسایش ساحلی رودخانه، ایجاد پایداری در سیستم رودخانه، افزایش استقرار اکوسیستم‌های آبی و مدیریت صحیح منابع آب را بیان نمود. در ادامه با توجه به مرور کوتاهی که بر روی تحقیقات ایجاد سازه‌های آبشکن به منظور ایجاد پایداری در سیستم رودخانه صورت گرفته است، مشخص گردید که عدم توجه به عواملی همچون پدیده آبشستگی در اطراف آن‌ها و طراحی صحیح، سبب تخریب و یا کاهش کارایی آن‌ها می‌شود. لذا به منظور تأمین کارایی و بهره‌وری مناسب از این سازه در مدیریت سیستم رودخانه، توجه طراحان و مهندسان به شناسایی عوامل مؤثر در طراحی و ساخت سازه‌های آبشکن معطوف گشته است و برای رسیدن به این هدف، استفاده از تجربیات و آنالیزهای صحرایی و مدلسازی‌های آزمایشگاهی امری ضروری است.

مراجع

- [۱] تبریزی، ه.، حق‌آبی، ا.، صانعی، م. و یونسی، ح. بررسی اثر سازه آبشکن بر هیدرولیک جریان و رسوب آبگیرهای جانبی واقع در قوس آبراهه. مهندسی و مدیریت آبخیز، ۱۳۹۶.
- [۲] راغچی، س. و شفاعی بجستان، م. بررسی آزمایشگاهی تأثیر نفوذپذیری سازه ترکیبی آبشکن و صفحه مثلی بر تغییرات توپوگرافی بستر در قوس ۱۸۰ درجه ملایم. علوم و مهندسی آبیاری، ۱۴۰۱.
- [۳] نوربخش صالح، س.، واقفی، م. و قدسیان، م. مطالعه آزمایشگاهی الگوی آبشستگی اطراف آبشکن T شکل مستغرق در مسیر مستقیم. تحقیقات منابع آب ایران، ۱۳۹۲.
- [۴] امین نژاد، ب. و صانعی، م. نحوه محافظت آبشکن‌ها از سواحل رودخانه در فرسایش کناره، سومین همایش زمین‌شناسی کاربردی و محیط زیست، ۱۳۸۶.
- [۵] پوریامهر، ا. بررسی حفاظت از سواحل رودخانه‌ها و معرفی و کاربرد انواع آبشکن‌ها در امر حفاظت از سواحل، کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و شهرسازی ایران معاصر، تهران، ۱۳۹۷.
- [۶] فرشاد، ر.، کاشفی پور، س. و قمشی، م. مروری بر مطالعات آبشستگی آبشکن در جریان‌های ماندگار و غیر ماندگار، هجدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، تهران، ۱۳۹۸.
- [۷] خلج، م. و گوهری، س. بررسی آزمایشگاهی تأثیر طول آبشکن چوگانی بر آبشستگی در کانال مستقیم. دانش آب و خاک، ۱۳۹۸.
- [۸] عباسی، م. بررسی مبانی و عملکرد آبشکن‌های رودخانه‌ای، ششمین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های کاربردی در علوم کشاورزی، تهران، ۱۳۹۷.
- [۹] نشریه ۵۱۶، راهنمای طراحی، ساخت و نگهداری آبشکن‌های رودخانه‌ای، ۱۳۸۸.
- [۱۰] پوریامهر، ا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد با موضوع بررسی تأثیر نسبت ابعاد آبشکن‌های سری تیغه‌ای بر روند تغییرات بستر و الگوی جریان با استفاده از نرم افزار SSIM، دانشگاه علوم و تحقیقات فارس، ۱۳۹۴.
- [۱۱] نشریه ۴۱۷، مبانی طراحی سازه‌های کنترل فرسایش در رودخانه‌ها و آبراهه‌ها، ۱۳۸۷.
- [۱۲] آذری قلعه‌کندی، ح. و کاردان، ن. کنترل آبشستگی توسط آبشکن در خم رودخانه. کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست، ۱۴۰۱.

[13] Bahrami Yarahmadi, M. and Shafai Bajestan, M. Sediment mangment and flow patterns at river bend due to triangular vanes attached to the bank. Journal of Hydro Enviornment Research, 2016.



- [۱۴] نجاری مزرعه، م. و کاردان، ن. مروری بر بررسی‌های انجام یافته در زمینه آبشستگی در اطراف آبشکن‌ها، دهمین کنگره سراسری فناوری‌های نوین در حوزه توسعه پایدار ایران، تهران، ۱۳۹۹.
- [۱۵] شجاعیان، ز. و کاشفی پور، س. بررسی تغییرات توپوگرافی بستر در حضور آبشکن نوع باندال لایکو آبشکن صلب در شرایط غیر مستغرق. کنفرانس هیدرولیک ایران، ۱۳۹۵.
- [16] Prezedwojski, Blazejewski & Pilarczyk, "River Training Techniques; Fundamentals, Design and Applications", Balkema, 1995.
- [17] Rosgen, D. L. The cross-vane, W-weir and J-hook vane structures description, Design and application for stream stabilization and river restoration. In Wetlands Engineering and River Restoration Conferenc, Reno, Nevada, United States, 2001.
- [۱۸] راغچی، س. و شفافی بجستان، م. بررسی آزمایشگاهی تأثیر نفوذپذیری سازه ترکیبی آبشکن و صفحه مثلی بر تغییرات توپوگرافی بستر در قوس ۱۸۰ درجه ملایم. علوم و مهندسی آبیاری، ۱۴۰۱.
- [۱۹] صانعی، س. بررسی کاربرد آبشکن فرعی در کاهش آبشستگی در جلوی آبشکن‌ها. پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، ۱۳۸۹.
- [۲۰] خسروی نیا، پ.، حسین زاده دلیر، ع.، فرسادی زاده، د. و فاخری فرد، احمد. تأثیر طوق در کاهش آبشستگی اطراف آبشکن‌ها. دانش آب و خاک (دانش کشاورزی)، ۱۳۹۰.