

بررسی آزمایشگاهی پیش بینی اثر آبشکن فرعی بر آبشستگی دماغه اولین آبشکن

مجتبی صانعی و حجت کرمی

به ترتیب استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور و دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی عمران - دانشگاه صنعتی

امیرکبیر

چکیده

یکی از روش‌های متداول ساماندهی رودخانه‌ها و کنترل فرسایش کناری رودخانه استفاده از آبشکن می‌باشد. آبشکن به دو نوع نفوذپذیر و نفوذناپذیر تقسیم می‌شود. مکانیزم عملکرد آبشکن به این صورت است که با هدایت جریان به سمت محور رودخانه از ایجاد جریان قوی در طول ساحل جلوگیری کرده و مانع فرسایش ساحل رودخانه می‌گردد. از سوی دیگر الگوی جدید جریان باعث ایجاد فرسایش (آبشستگی) در دماغه‌ی آبشکن می‌شود. آبشکن‌ها معمولاً به صورت سری ساخته می‌شوند و پایداری آنها بستگی زیادی به پایداری اولین آبشکن دارد. در این مقاله پیشنهاد شده است که برای حفظ پایداری اولین آبشکن از یک آبشکن کوتاه‌تر (فرعی) که به صورت عمود بر جریان در بالادست اولین آبشکن قرار می‌گیرد استفاده شود و بر اساس انجام آزمایش‌ها در فلوم آزمایشگاهی تأثیر نسبت‌های مختلف طول این آبشکن فرعی به طول آبشکن اصلی به ازای فواصل مختلف آبشکن فرعی از آبشکن اصلی در دبی‌های مختلف بررسی شده است. از لحاظ هیدرولیکی پارامترهای بی بعد L/L' (نسبت طول آبشکن فرعی به طول اولین آبشکن)، X/L (نسبت فاصله آبشکن فرعی به طول اولین آبشکن) و شرایط هیدرولیکی با معرفی عدد Fr جریان مورد مطالعه قرار گرفت. تحلیل آماری نتایج آزمایشگاهی، مدلی را برای پیش‌بینی آبشستگی نسبی در دماغه‌ی آبشکن اصلی ارائه می‌دهد.

واژگان کلیدی: آبشکن، آبشستگی، تحلیل آماری، مدل آزمایشگاهی

مقدمه

آبشکن‌ها سازه‌هایی هستند که به صورت عرضی از ساحل رودخانه به طرف محور آن و با زوایای مختلف نسبت به کناره رود تا فاصله‌ای به سمت درون بستر جریان امتداد می‌یابند. این سازه‌ها از مصالح سنگی، پاره سنگی، شن و ماسه، خاکریزی، گابیونی، شمع کوبی و... ساخته می‌شوند. طراحی و اجرای آبشکن‌ها با هدف‌های مختلفی صورت می‌پذیرد که برخی از آنها عبارتند از:

- هدایت جریان در جهت مطلوب
- ایجاد عرض مناسب برای جریان
- افزایش عمق جریان برای کشتیرانی
- تمرکز جریان در یک آبراهه
- جلوگیری از فرسایش کناره رودخانه و حفاظت از آن

- هدایت جریان از قسمت بیرونی قوس به سمت داخل و در نتیجه جلوگیری از تخریب رودخانه

- تله اندازی (گرفتن رسوبات جریان) به منظور ایجاد ساحل جدید آبشکن به صورت مانعی در مقابل جریان عمل می‌کند و این امر باعث ایجاد آبشستگی در دماغه‌ی آبشکن می‌گردد. از آنجا که آبشکن‌ها معمولاً به صورت سری ساخته می‌شوند اولین آبشکن از طرف بالادست باید خیلی محکم و با دقت اجرایی ساخته شود زیرا حمله جریان به طرف این آبشکن با شدت بیشتری انجام خواهد شد.

راه‌های گوناگونی برای حفاظت آبشکن در مقابل آبشستگی وجود دارد. از جمله راه‌های کاهش میزان آبشستگی در دماغه‌ی اولین آبشکن استفاده از آبشکن فرعی با طول کوتاه‌تر در بالادست اولین آبشکن می‌باشد.

به فرسایش بستر و کناره‌های آبراهه در اثر عبور جریان آب و همچنین در پائین‌دست سازه‌های هیدرولیکی به علت سرعت زیاد، آبشستگی می‌گویند. در اثر احداث سازه‌های نظیر آبشکن یا پایه‌های پل در مقابل جریان، اختلافی در فشار هیدرواستاتیکی در بالادست و پائین‌دست سازه به وجود می‌آید که این مسأله باعث ایجاد جریان آشفته‌ی چرخشی و گردابی در اطراف آن خواهد شد. این جریان‌های گردابی مکانیزم اصلی آبشستگی موضعی به حساب می‌آیند که در دراز مدت باعث ایجاد حفره‌های بزرگ در محل نوک آبشکن شده و احتمال شکست سازه را به دنبال خواهد داشت. یکی از شاخص‌های مهم در تعیین مشخصات حفره‌ی آبشستگی و پیش‌بینی موقعیت و دامنه‌ی گسترش آن حداکثر عمق آبشستگی می‌باشد. از اوایل سال ۱۹۳۰ تاکنون محققین و متخصصین مختلف بررسی‌های آزمایشگاهی و مشاهدات تجربی گوناگونی را برای تعیین حداکثر عمق آبشستگی و امکان پیش‌بینی آن با استفاده از معادلات حاصل از بررسی‌های تحقیقاتی انجام داده‌اند. از جمله این محققین می‌توان به Ahmad (۱۹۵۳)، Garde و همکاران (۱۹۶۰)، Gill (۱۹۷۲) و Petersen (۱۹۸۶) اشاره کرد.

برای تخمین حداکثر عمق آبشستگی ابتدا پارامترهای مؤثر بر پدیده‌ی آبشستگی معرفی می‌گردند. Garde و همکاران این پارامترها را به صورت زیر دسته بندی کرده است:

- ۱- پارامترهایی که وضعیت کانال و سازه‌ی آبشکن را توصیف می‌کنند: B - عرض کانال (کانال مستطیلی)، L - طول آبشکن، θ - زاویه‌ی تمایل آبشکن، S - شیب کانال
- ۲- پارامترهایی که ویژگی‌های جریان را توصیف می‌کنند:

$$\frac{d_2}{d_1} = f\left(\frac{L'}{L}, \frac{X}{L}, Fr\right) \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن:

$$\frac{d_2}{d_1} - \text{نسبت عمق آبشستگی در دماغه‌ی آبشکن اصلی بعد از نصب}$$

و قبل از نصب آبشکن محافظ،

$$\frac{L'}{L} - \text{نسبت طول آبشکن محافظ به طول آبشکن اصلی،}$$

$$\frac{X}{L} - \text{نسبت فاصله آبشکن محافظ تا آبشکن اصلی به طول}$$

آبشکن اصلی

$$Fr - \text{عدد فرود جریان در بالادست آبشکن محافظ}$$

از آنجایی که انجام مطالعات مربوط به آبشستگی نیاز به امکانات و تجهیزات آزمایشگاهی خاصی دارد، بدین برای انجام پژوهش حاضر منظور از فلوم آزمایشگاهی به طول ۴ متر، عرض ۰/۶ متر و عمق ۰/۲ متر و شیب فلوم ۰۰۱۵/ استفاده شد. برای دانه‌بندی بستر فلوم مصالح با $\sigma=1.58$ و $d_{50}=0.8 \text{ mm}$ انتخاب گردید.

اندازه‌گیری عمق با استفاده از ژرف سنج با دقت ۰/۱ میلی‌متر صورت گرفت و برای اندازه‌گیری از مولینه پروانه‌ای با دقت ۰/۲ لیتر بر ثانیه استفاده شد و همچنین در این فلوم امکان تغییر تراز پایاب برای دستیابی به عمق نرمال در هر دبی وجود داشت. آبشکن مورد استفاده در این تحقیق نفوذناپذیر و غیر مستغرق بوده است. شکل‌های (۱) و (۲) فلوم آزمایشگاهی و تجهیزات مربوطه را نشان می‌دهند.

$$-d - \text{سرعت متوسط جریان، } -d_s - \text{عمق آبشستگی بیشینه،}$$

عمق جریان

۳- پارامترهایی که ویژگی‌های سیال را توصیف می‌کنند:

$$\rho - \text{جرم ویژه‌ی آب، } \Delta\gamma - \text{اختلاف وزن ویژه‌ی آب و هوا، } \mu - \text{ویسکوزیته‌ی دینامیکی}$$

۴- پارامترهایی که ویژگی‌های رسوب را توصیف می‌کنند:

$$-d_{50} - \text{قطر متوسط رسوب، } \Delta\gamma - \text{اختلاف وزن ویژه‌ی رسوب با آب (با فرض رسوب کروی)}$$

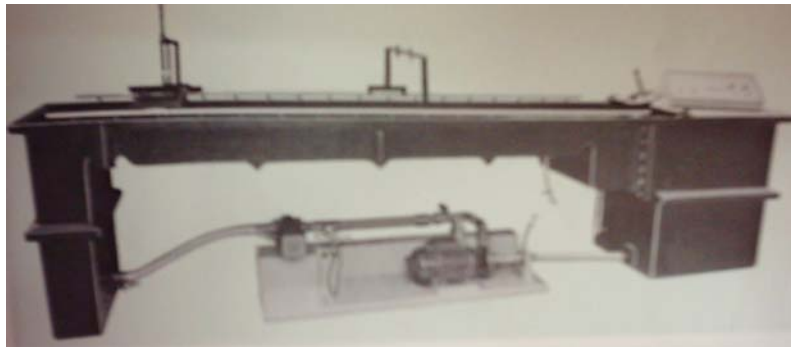
سرعت سقوط ذره و تنش برشی بحرانی τ_c را می‌توان در این گروه‌ها جای داد.

با توجه به اینکه بیشترین اثرات مخرب فرسایش در اثر تنگ شدگی ناگهانی در اولین آبشکن ظاهر می‌شود در این تحقیق سعی شده تا کاهش میزان فرسایش در دماغه‌ی اولین آبشکن در کانال‌های مستقیم بررسی شود که با توجه به الگوی جریان در محدوده‌ی عملکرد آبشکن‌ها استفاده از آبشکن با طول کوتاه‌تر (L') که در فاصله‌ی معینی (X) در بالادست اولین آبشکن قرار می‌گیرد مورد بررسی قرار گرفته است.

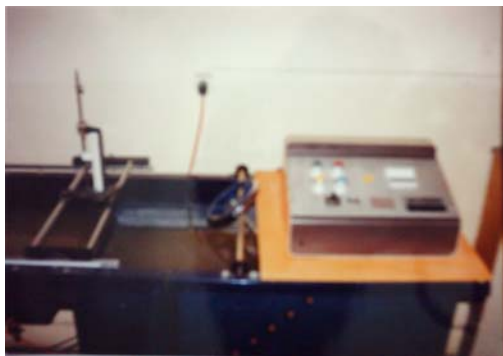
مواد و روش‌ها

با انتخاب مهمترین پارامترهای مؤثر بر پدیده‌ی آبشستگی و چشم‌پوشی از سایر پارامترهایی که معمولاً اثر چندانی بر پدیده‌ی مزبور ندارند به برقراری رابطه‌ای بین میزان آبشستگی و پارامترهای مزبور پرداخته می‌شود.

با استفاده از آنالیز ابعادی و حذف پارامترهای کم اثرتر، رابطه‌ی زیر بدست آمد:



شکل (۱) فلوم آزمایشگاهی و تجهیزات مربوطه



شکل (۲) سیستم کنترل و اندازه گیری دبی و دریچه‌ی پایاب

d_1 - عمق آبشستگی در دماغه‌ی آبشکن اصلی بدون استفاده از آبشکن محافظ

d_2 - عمق آبشستگی در دماغه‌ی آبشکن اصلی با استفاده از آبشکن محافظ

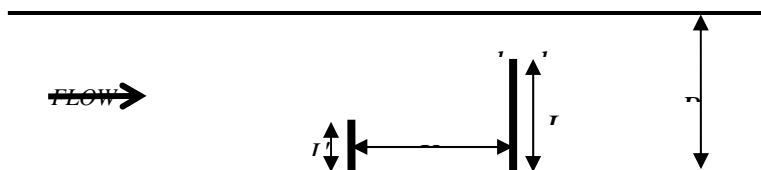
X - فاصله آبشکن محافظ تا آبشکن اصلی

در آزمایش‌ها از پارامترهای هندسی زیر باتوجه به شکل (۳) استفاده شد:

B - عرض کل فلوم

L - طول آبشکن اصلی

L' - طول آبشکن محافظ (فرعی)



شکل (۳) نمایش پارامترهای هندسی

فاصله‌ی آبشکن محافظ تا آبشکن اصلی به همراه ۳ متغیر عدد فرود جمعاً ۷۵ آزمایش را شامل می‌شدند. پارامترهای هیدرولیکی عمق و دبی جریان در هر سری از آزمایش‌ها اندازه‌گیری و سرعت و عدد فرود جریان



شکل (۴) فلوم آزمایشگاهی آبشکن اصلی و آبشکن فرعی

با انتخاب طول آبشکن اصلی (۲۴ سانتی‌متر) و نسبت تنگ‌شدگی فلوم برابر با ۰/۴، طول آبشکن محافظ (L') برای اندازه‌های ۳، ۶، ۱۲، ۱۵ و ۱۸ سانتی‌متر در فاصله‌ی آبشکن محافظ تا آبشکن اصلی (X) با مقادیر ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸ و ۶۰ سانتی‌متر مورد آزمایش قرار گرفتند. آزمایش‌های فوق برای سه عدد فرود مختلف ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ انجام پذیرفت. با توجه به موارد بالا ۵ متغیر طول آبشکن محافظ و ۵ متغیر محاسبه شدند. همچنین بعد از هر آزمایش عمق آبشستگی اندازه‌گیری شد. آبشکن مورد استفاده در این تحقیق ناتراوا، غیر مستغرق و متعامد می‌باشد. عدد فرود جریان و عمق نرمال در تمامی آزمایش‌ها در بالادست آبشکن بوده است. پس از اجرای چند آزمایش و مشاهده، زمان ۱۰ دقیقه برای هر آزمایش آبشستگی در دماغه‌ی آبشکن برگزیده شد، (بعد از ۵ دقیقه رسوب‌برداری از کف مشاهده نمی‌شد). بعد از اجرای هر آزمایش آب درون گودال‌ها تخلیه شده و سپس عمق مربوط به آبشستگی اندازه‌گیری شد (شکل ۴).

نتایج و بحث

هدف از اجرای آزمایش‌ها دستیابی به حداقل میزان آبشستگی در دماغه‌ی اولین آبشکن با استفاده از آبشکن فرعی بوده است. در این

رابطه (۳) آبشکن فرعی $R^2=0.908$

$$\frac{d_3}{d_1} = 0.892(F_r)^{0.195} \left(\frac{L'}{L}\right)^{0.923} \left(\frac{x}{L}\right)^{0.451}$$

در شکل‌های (۵) و (۶) مقایسه داده‌های مشاهده‌ای با رابطه توانی محاسباتی نشان داده شده‌اند.

جمع بندی

بر اساس نتایج مشاهداتی و برازش رگرسیونی داده‌ها نتایج زیر بدست آمده است:

- با افزایش L'/L ، نسبت d_2/d_1 در دماغه‌ی آبشکن کاهش می‌یابد.
- با افزایش x/L ، نسبت d_2/d_1 در دماغه‌ی آبشکن افزایش می‌یابد.
- با افزایش عدد Fr ، نسبت d_2/d_1 در دماغه‌ی آبشکن افزایش می‌یابد.
- با افزایش عدد Fr ، نسبت d_3/d_1 در دماغه‌ی آبشکن فرعی افزایش می‌یابد.
- با افزایش L'/L ، نسبت d_3/d_1 در دماغه‌ی آبشکن فرعی افزایش می‌یابد.
- با افزایش x/L ، نسبت d_3/d_1 در دماغه‌ی آبشکن افزایش می‌یابد.

آزمایش‌ها از یک آبشکن فرعی کوتاه‌تر در بالادست آبشکن اصلی، به‌صورت عمود بر ساحل استفاده شد. طول آبشکن فرعی، فاصله آن در بالادست آبشکن اصلی سوال اصلی مسئله است. عوامل متغیر اندازه‌گیری شده به شرح زیر بوده است:

$L'/L = 0.75$ و 0.25 و 0.5 و 0.25 و 0.125 ؛ طول آبشکن فرعی؛ $x/L = 0.5$ و $1/5$ و $2/5$ و 2 و $1/5$ و 0.5 ؛ فاصله بین آبشکن اصلی با فرعی؛ d_1 حداکثر عمق فرسایش در دماغه‌ی آبشکن اصلی بدون کاربرد آبشکن فرعی است.

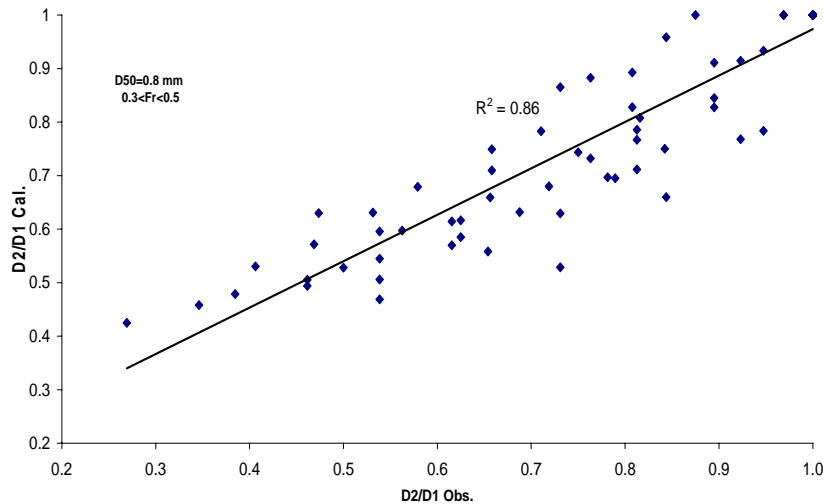
d_2 و d_3 به ترتیب حداکثر عمق فرسایش در دماغه‌ی آبشکن اصلی همراه با آبشکن فرعی و حداکثر عمق فرسایش در دماغه‌ی آبشکن فرعی است. (شکل ۳).

تعداد کل آزمایشات ۷۵ عدد می‌باشد که به صورت ۵ تغییر طول آبشکن فرعی، ۵ تغییر فاصله‌ی آبشکن فرعی تا آبشکن اصلی و ۳ عدد فرود، طراحی و اجرا شده است.

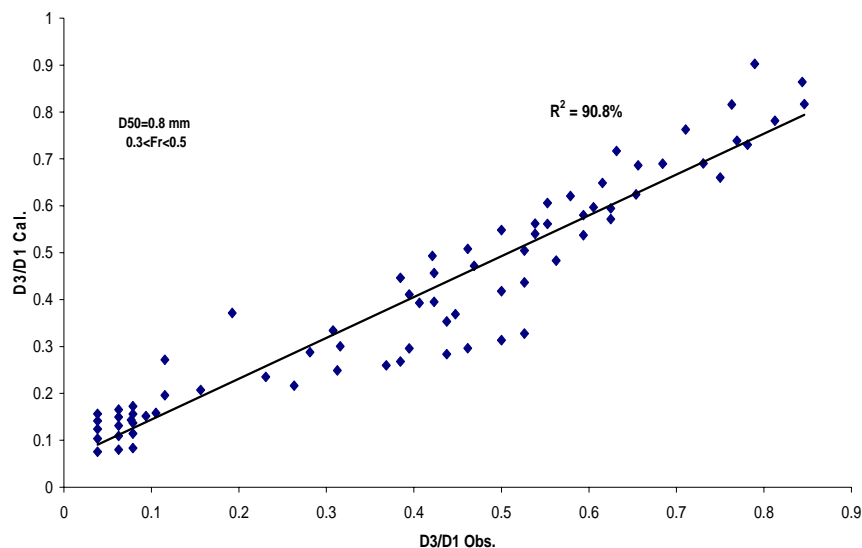
آزمون آماری و برازش رگرسیونی داده‌ها رابطه‌ی توانی زیر را با ضریب تعیین $R^2 = 86/3\%$ برای اولین آبشکن قائم و $R^2 = 90/8\%$ را برای آبشکن فرعی ارائه می‌کند.

رابطه (۲) اولین آبشکن قائم $R^2=0.863$

$$\frac{d_2}{d_1} = 0.992(F_r)^{0.771} \left(\frac{L'}{L}\right)^{-0.539} \left(\frac{x}{L}\right)^{0.109}$$



شکل (۵) مقایسه داده‌های مشاهده‌ای با رابطه‌ی توانی محاسباتی برای d_2/d_1



شکل (۶) مقایسه داده‌های مشاهده‌ای با رابطه‌ی توانی محاسباتی برای $d3/d1$

منابع

- 1- Ahmad, M., 1953. Experiments on design and behavior of spur dikes, Proc. cong of IAHR: 145-159.
- 2- Garde, R.J., Subramanya, M. Ascek and K.D. Namburipad, 1960. Study of Scour Around Spur Dikes, Journal of the Hydraulics Division, of the American Society of Civil Engineering. HY6: 23-36.
- 3- Gill M. A., 1972. Erosion of sand beds around spur, Journal of the Hydraulics Division, of the American Society of Civil Engineering, HY9: 1587-1601
- 4- Petersen, M.S., 1986. River Engineering, Prentice-Hall, Inc. USA.

پیشنهادهای زیر حاصل بررسی نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر می‌باشد.

- استفاده از رسوبات غیر یکنواخت به عنوان مصالح بستر و تأثیر غیر یکنواختی و پدیده‌ی سپر شدن بر آب شستگی موضعی بررسی شود.
- آزمایش‌ها برای نسبت تنگ شدگی های دیگر اجرا شود و اثر تغییر این عامل بر نتایج بدست آمده بررسی شود.
- محققین مختلف در زمینه‌ی تأثیر قطر مصالح بستر نظرات گوناگونی داشته اند، گروهی آن را بی اثر شمرده و گروهی دیگر آن را به عنوان یکی از مهم ترین عوامل موثر بر پدیده‌ی آب شستگی معرفی کرده‌اند و گروهی دیگر آن را مشروط به عوامل دیگر می‌دانند. بنا بر این بررسی تأثیر دانه‌بندی مختلف بر پدیده‌ی آبشستگی توصیه می‌شود.