

# اثر آبشکن محافظ قائم بر آبشستگی دماغه اولین آبشکن

مجتبی صانعی<sup>۱</sup>، استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۰۷/۲۴

دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۰۱/۳۰

## چکیده

از روش‌های متداول ساماندهی و کنترل فرسایش کناری رودخانه استفاده از آبشکن است. آبشکن با هدایت جریان به سمت محور رودخانه، از ایجاد جریان قوی در طول ساحل جلوگیری کرده، مانع فرسایش ساحل رودخانه می‌شود. از سوی دیگر الگوی جدید جریان باعث فرسایش (آبشستگی) دماغه آبشکن می‌شود. آبشکن‌ها معمولاً به صورت چندتایی ساخته می‌شوند و پایداری آن‌ها بستگی زیادی به پایداری اولین آبشکن دارد. در این مقاله پیشنهاد شده است که برای حفظ پایداری اولین آبشکن در یک مجموعه آبشکن (چهار عدد) از یک آبشکن کوتاه‌تر (محافظ)، که به صورت عمود بر جریان در بالادست اولین آبشکن قرار می‌گیرد استفاده شود. بر اساس انجام آزمایش‌ها در فلوم آزمایشگاهی از لحاظ هیدرولیکی پارامترهای بی‌بعد  $\frac{L'}{L}$  (نسبت طول آبشکن محافظ به طول اولین آبشکن)،  $\frac{X}{L}$  (نسبت فاصله آبشکن محافظ به طول اولین آبشکن) و شرایط هیدرولیکی جریان با معرفی  $\frac{H}{L}$  (نسبت عمق جریان بالادست به طول اولین آبشکن) در مصالح با قطر متوسط  $d_{50}=0.19$  میلی‌متر، مورد مطالعه قرار گرفت. تحلیل آماری نتایج آزمایشگاهی، مدلی را برای پیش‌بینی آبشستگی نسبی در دماغه آبشکن اصلی ارائه می‌دهد. با استفاده از این مدل افزایش نسبی آبشستگی در دماغه اولین آبشکن با افزایش نسبی عمق آب بالادست به طول آبشکن محافظ و فاصله آن از اولین آبشکن نسبت مستقیم، ولی با افزایش نسبی طول آبشکن محافظ به اولین آبشکن نسبت معکوس دارد.

واژه‌های کلیدی: پایداری، فرسایش کناری، فلوم، مصالح ریزدانه، مهندسی رودخانه

## 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 غیره 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 می‌شود. از آن‌جا که آبشکن‌ها معمولاً به صورت چندتایی 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

<sup>۱</sup> mojtabaSaneie@yahoo.com

راه‌های کاهش میزان آب‌شستگی در دماغه اولین آب‌شکن، استفاده از آب‌شکن محافظ با طول کوتاه‌تر در بالادست اولین آب‌شکن است. در اثر احداث سازه‌هایی 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 آشفته 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 دماغه آب‌شکن شده، احتمال شکست سازه را به دنبال خواهد داشت. یکی از شاخص‌های مهم در تعیین مشخصات حفره‌ی آب‌شستگی و پیش‌بینی موقعیت و دامنه‌ی گسترش آن بیشینه عمق آب‌شستگی است. 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 Lacy (۱۹۳۶)، Khosla و همکاران (۱۹۳۶)، Ahmad (۱۹۵۳)، Liu و همکاران (۱۹۶۱)، Garde و همکاران (۱۹۶۱)، Gill (۱۹۷۲)، Peterson (۱۹۸۶)، Melville (۱۹۹۲)، اشاره کرد. برای تخمین حداکثر عمق آب‌شستگی ابتدا پارامترهای مؤثر بر پدیده‌ی آب‌شستگی معرفی می‌شوند (Garde و همکاران، ۱۹۶۱). 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،  $\theta$  - زاویه‌ی تمایل آب‌شکن،  $S$  - شیب کانال
۲. پارامترهایی که ویژگی‌های جریان را توصیف می‌کنند:  $V$  - سرعت متوسط جریان،  $d_s$  - عمق آب‌شستگی بیشینه،  $H$  - عمق جریان
۳. پارامترهایی که ویژگی‌های سیال را توصیف می‌کنند:  $\rho$  - جرم ویژه‌ی آب،  $\Delta\gamma$  - اختلاف وزن ویژه‌ی آب و هوا،  $\mu$  - ویسکوزیته‌ی دینامیکی
۴. پارامترهایی که ویژگی‌های رسوب را توصیف می‌کنند:  $d_{50}$  - قطر متوسط رسوب،  $\Delta\gamma$  - اختلاف وزن ویژه‌ی رسوب با آب (با فرض رسوب کروی). سرعت سقوط ذره و تنش برشی بحرانی  $\tau_c$  را می‌توان در این گروه‌ها جای داد. اغلب محققین پیشین در خصوص تخمین و بررسی میزان آب‌شستگی در دماغه آب‌شکن پرداخته، به روابط تجربی و نیمه تجربی دست یافته‌اند. آن‌ها برای حفاظت اولین آب‌شکن به توصیه‌هایی مانند استفاده از پی مستحکم‌تر و یا کاربرد ریپ ریپ و کف‌بند حفاظتی اشاره کرده‌اند. برای اولین بار اندوراژ (۱۳۷۶)، کاهش فرسایش موضعی در دماغه اولین آب‌شکن، با استفاده از یک آب‌شکن فرعی در بالادست تک آب‌شکن مورد بررسی آزمایشگاهی قرار دادند. قربانخانی (۱۳۷۷)، با استفاده از آب‌شکن فرعی تاثیر زاویه و تنگ شدگی را در میزان کاهش آب‌شستگی در تک آب‌شکن بررسی کرد. صانعی و همکاران (۱۳۷۶)، مدل پیش‌بینی آب‌شستگی دماغه‌ی آب‌شکن‌های محافظ شده با پی محافظ ارائه کردند. صانعی و کرمی (۱۳۸۴)، بررسی آزمایشگاهی پیش‌بینی اثر آب‌شکن فرعی بر آب‌شستگی دماغه اولین آب‌شکن را مورد مطالعه قرار دادند. در کلیه مطالعات اخیر آزمایش‌ها برای تک آب‌شکن بوده است و رد مقاله حاضر بررسی بر روی یک سری آب‌شکن متوالی و اثر متقابل آنها بر میزان آب‌شستگی مورد توجه بوده است. با توجه به اینکه بیش‌ترین اثرات مخرب فرسایش در اثر تنگ شدگی ناگهانی در اولین آب‌شکن ظاهر می‌شود در این مقاله 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

**تحلیل ابعادی:** با انتخاب مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پدیده‌ی آب‌شستگی و چشم‌پوشی از سایر عواملی که معمولاً اثر چندانی بر این پدیده مزبور براساس کارهای محققین یاد شده، ندارند به برقراری رابطه‌ای بین میزان آب‌شستگی و عوامل مزبور پرداخته می‌شود. با توجه به این که دانه‌بندی ثابت و تغییرات عدد فرود ناچیز بوده است، با استفاده از

تحلیل ابعادی (پی-باکینگهام) و حذف پارامترهای کم‌اثرتر (با مقایسه و بررسی کارهای پیشین)، رابطه‌ی زیر به دست آمد.

$$\frac{d_2}{d_1} = f\left(\frac{L'}{L}, \frac{X}{L}, \frac{H}{L'}\right) \quad (1)$$

$$\frac{d_3}{d_1} = f\left(\frac{L'}{L}, \frac{X}{L}, \frac{H}{L'}\right) \quad (2)$$

که در آن‌ها،  $\frac{d_2}{d_1}$  نسبت عمق آب‌شستگی در دماغه‌ی آب‌شکن اصلی بعد از نصب آب‌شکن محافظ به قبل از نصب آن،

$\frac{d_3}{d_1}$  عمق آب‌شستگی در دماغه‌ی آب‌شکن محافظ به عمق آب‌شستگی در دماغه‌ی آب‌شکن بعد از نصب آب‌شکن

محافظ،  $\frac{L'}{L}$  نسبت طول آب‌شکن محافظ به طول آب‌شکن اصلی،  $\frac{X}{L}$  نسبت فاصله آب‌شکن محافظ تا آب‌شکن اصلی

به طول آب‌شکن اصلی، و  $\frac{H}{L'}$  نسبت عمق جریان در بالادست به طول آب‌شکن محافظ است.

**تجهیزات آزمایشگاهی:** انجام مطالعات مربوط به آب‌شستگی نیاز به امکانات و تجهیزات آزمایشگاهی خاصی دارد. بدین‌منظور از فلوم آزمایشگاهی به طول ۲۰ متر، عرض ۰/۶ متر و عمق ۰/۵ متر و شیب فلوم ۰/۰۱ واقع در آزمایشگاه هیدرولیک پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری استفاده شد که در طول چهار متر از این فلوم و به ضخامت ۳۰ سانتی‌متر مصالحی با دانه‌بندی  $d_{50}=0/19$  mm و  $\sigma=1/24$  ریخته شد. همچنین در انتهای فلوم حوضچه کوچکی برای جمع‌آوری رسوبات جابه‌جا شده، ایجاد شد. اندازه‌گیری عمق با استفاده از شاخص و دوربین صورت گرفت. در این فلوم امکان تغییر تراز پایاب برای دستیابی به عمق نرمال در هر دبی وجود داشت و برای تنظیم دبی از سرریز مثلثی استفاده شد. آب‌شکن‌های مورد استفاده در این تحقیق، نفوذناپذیر و غیر مستغرق و متعامد بوده است. برای ساخت آب‌شکن‌ها از چوب‌های ضد آب با ضخامت دو سانتی‌متر استفاده شد. تعداد آب‌شکن‌های اصلی مورد استفاده در این تحقیق چهار عدد بود. شکل‌های ۱ و ۲ فلوم آزمایشگاهی و تجهیزات مربوطه را نشان می‌دهند. در شکل ۳ آب-شستگی در مجاورت آب‌شکن محافظ و اثر آن در کاهش آب‌شستگی در دماغه آب‌شکن اصلی دیده می‌شود.

**شرح آزمایش‌ها:** در آزمایش‌ها از پارامترهای هندسی زیر (باتوجه به شکل ۴) استفاده شد:  $B$  - عرض کل فلوم،  $L$  - طول آب‌شکن اصلی،  $L'$  - طول آب‌شکن محافظ،  $d_1$  - عمق آب‌شستگی در دماغه‌ی آب‌شکن اصلی بدون استفاده از آب‌شکن محافظ،  $d_2$  - عمق آب‌شستگی در دماغه‌ی آب‌شکن اصلی با استفاده از آب‌شکن محافظ،  $d_3$  - عمق آب‌شستگی در دماغه‌ی آب‌شکن محافظ،  $X$  - فاصله آب‌شکن محافظ تا آب‌شکن اصلی،  $H$  - عمق جریان در بالادست. با انتخاب طول آب‌شکن‌های اصلی (۱۸ سانتی‌متر) و نسبت تنگ‌شدگی فلوم برابر با ۰/۳، طول آب‌شکن محافظ ( $L'$ ) برای اندازه‌های شش، نه و ۱۲ سانتی‌متر در فاصله‌ی آب‌شکن محافظ تا آب‌شکن اول ( $X$ ) با مقادیر ۳۶، ۲۷ و ۴۵ سانتی‌متر مورد آزمایش قرار گرفتند. فاصله بین آب‌شکن‌های اصلی در این تحقیق ثابت و برابر ۳۶ سانتی‌متر ( $2L=36$  cm) بوده است.

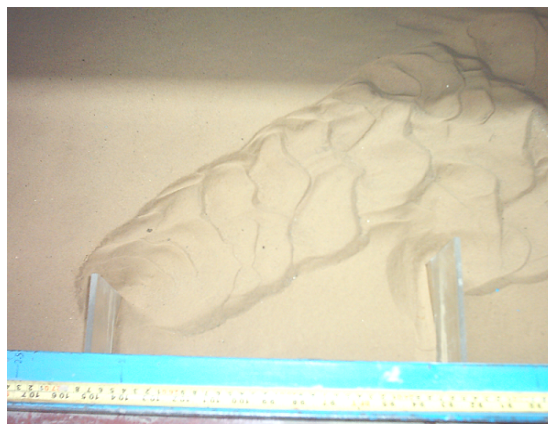
آزمایش‌های فوق برای سه مقدار دبی مختلف (۴/۵ و ۶ و ۷/۵ لیتر برثانیه) انجام پذیرفت. با تنظیم درجه پایاب در هر آزمایش عمق جریان در بالادست آب‌شکن‌ها به اندازه عمق نرمال تنظیم می‌شد و شرایط جریان در بالا دست طوری بود که ذرات حرکت نمی‌کردند. پارامترهای هیدرولیکی عمق و دبی جریان در هر سری از آزمایش‌ها اندازه‌گیری شدند. همچنین بعد از هر آزمایش عمق آب‌شستگی اندازه‌گیری شد. عمق نرمال در تمامی آزمایش‌ها در بالادست آب‌شکن بوده است. پس از انجام آزمایش‌های اولیه و مشاهده، زمان ۳۰ دقیقه برای هر آزمایش آب‌شستگی در دماغه‌ی آب‌شکن برگزیده شد. بعد از اجرای هر آزمایش آب درون گودال‌ها زه‌کشی و تخلیه شده و سپس عمق مربوط به آب‌شستگی اندازه‌گیری می‌شد.



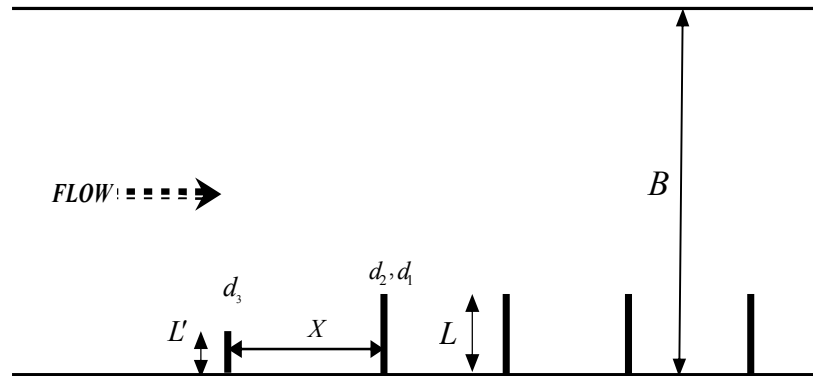
شکل ۲- سیستم کنترل و اندازه گیری دبی



شکل ۱- فلوم آزمایشگاهی و تجهیزات مربوطه



شکل ۳- آبشستگی در آبشکن محافظ و آبشکن اصلی



شکل ۴- نمایش پارامترهای هندسی

تحلیل داده‌های آزمایشگاهی: هدف از اجرای آزمایش‌ها دستیابی به حداقل میزان آبشستگی در دماغه‌ی اولین آبشکن با استفاده از آبشکن محافظ با در نظر گرفتن مسائل اقتصادی است. در این آزمایش‌ها از یک آبشکن محافظ کوتاه‌تر در بالادست اولین آبشکن، به صورت عمود بر ساحل استفاده شد. طول آبشکن محافظ، فاصله آن در بالادست آبشکن اصلی، سوال اصلی مسئله است. عوامل متغیر اندازه‌گیری شده به شرح زیر است.

$$0.5 \text{ و } 0.66 \text{ و } 0.33, \frac{L'}{L} = 2/5 \text{ و } 2 \text{ و } 1/5 \text{ و } \frac{X}{L} = 0.272 \text{ و } 0.250 \text{ و } 0.228 \text{ و } \frac{H}{L} = 0.228 \text{ و } d_1 \text{ حداکثر عمق}$$

فرسایش در دماغه‌ی اولین آبشکن بدون کاربرد آبشکن محافظ است.  $d_2$  و  $d_3$  به ترتیب عمق فرسایش در دماغه‌ی اولین آبشکن همراه با آبشکن محافظ و عمق آبشستگی در دماغه آبشکن محافظ است شکل (۴). با توجه به موارد ذکر شده، سه متغیر طول آبشکن محافظ، سه متغیر فاصله‌ی آبشکن محافظ تا اولین آبشکن به همراه سه دبی مختلف جمعاً ۲۷ آزمایش را شامل شدند. دامنه تغییرات عدد فرود جریان در بالادست بین (۰/۳۷ - ۰/۴۸) قرار می‌گرفت و تحلیل آماری داده‌ها حساسیت کمی نسبت به عدد فرود در این سری از آزمایش‌ها نشان دادند. آزمون آماری و برازش رگرسیونی داده‌ها در محدوده  $1.5 - 2.5$  و  $\frac{X}{L} = 0.342 - 0.817$  رابطه‌ی توانی (۳) را با ضریب تعیین  $R^2 = 0.81$  برای اولین آبشکن توانی (۴) را با ضریب تعیین  $R^2 = 0.83$  برای آبشکن محافظ ارائه می‌کند.

$$\frac{d_2}{d_1} = 0.725 \left(\frac{H}{L'}\right)^{0.615} \left(\frac{L'}{L}\right)^{-0.081} \left(\frac{x}{L}\right)^{0.260} \quad R^2 = 0.81 \quad \text{اولین آبشکن قائم} \quad (3)$$

$$\frac{d_3}{d_1} = 0.753 \left(\frac{H}{L'}\right)^{0.049} \left(\frac{L'}{L}\right)^{+0.587} \left(\frac{x}{L}\right)^{0.119} \quad R^2 = 0.83 \quad \text{آبشکن محافظ} \quad (4)$$

جدول ۱، میزان آبشستگی نسبی در دماغه آبشکن اصلی و محافظ را نشان می‌دهد، همان‌طور که مشاهده می‌شود مجموع مربعات اختلاف مقادیر مشاهده شده با مقادیر محاسباتی برای نسبت  $\frac{d_2}{d_1}$  برابر با ۰/۱۱۸ و برای  $\frac{d_3}{d_1}$  معادل ۰/۰۶۰ هستند. در شکل‌های ۵ و ۶ مقایسه داده‌های مشاهده‌ای با رابطه توانی محاسباتی نشان داده شده‌اند.

## نتایج و بحث

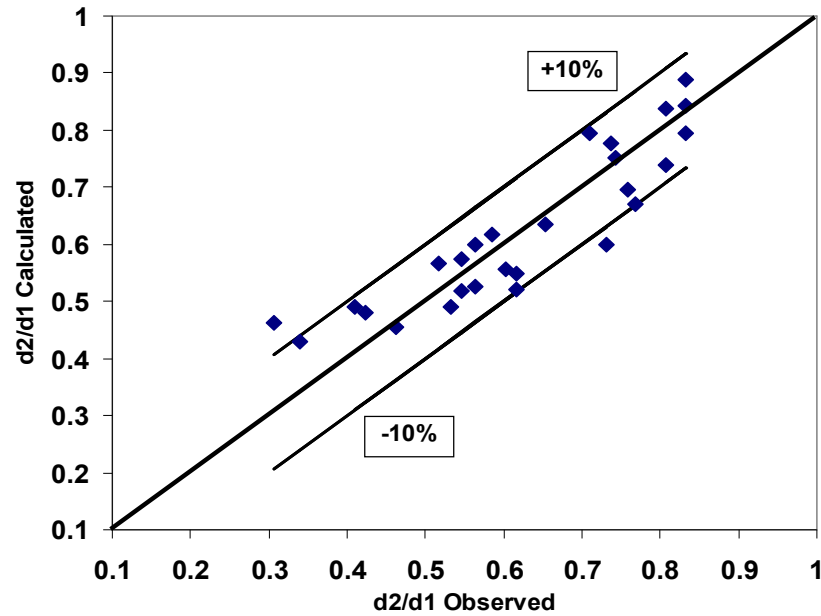
بر اساس نتایج مشاهداتی و برازش رگرسیونی داده‌ها نتایج زیر به دست آمده است. با افزایش  $\frac{L'}{L}$ ، نسبت  $\frac{d_2}{d_1}$  در دماغه‌ی آبشکن کاهش می‌یابد. با افزایش  $\frac{X}{L}$  و  $\frac{H}{L'}$ ، نسبت  $\frac{d_2}{d_1}$  در دماغه‌ی آبشکن افزایش می‌یابد. با افزایش  $\frac{L'}{L}$  و افزایش  $\frac{X}{L}$  و نسبت  $\frac{d_3}{d_1}$  در دماغه‌ی آبشکن محافظ افزایش می‌یابد. اما حساسیت میزان آبشستگی در دماغه آبشکن محافظ نسبت به تغییرات نسبی عمق آب در بالادست نسبت به طول آبشکن بسیار کم‌تر از میزان آن نسبت به تغییرات نسبی طول آبشکن محافظ به طول آبشکن اصلی است. از این رو توصیه می‌شود در جنبه‌های کاربردی مسئله به تغییرات هم‌زمان طول و فاصله آبشکن محافظ نسبت به اولین آبشکن توجه شود.

## پیشنهادها

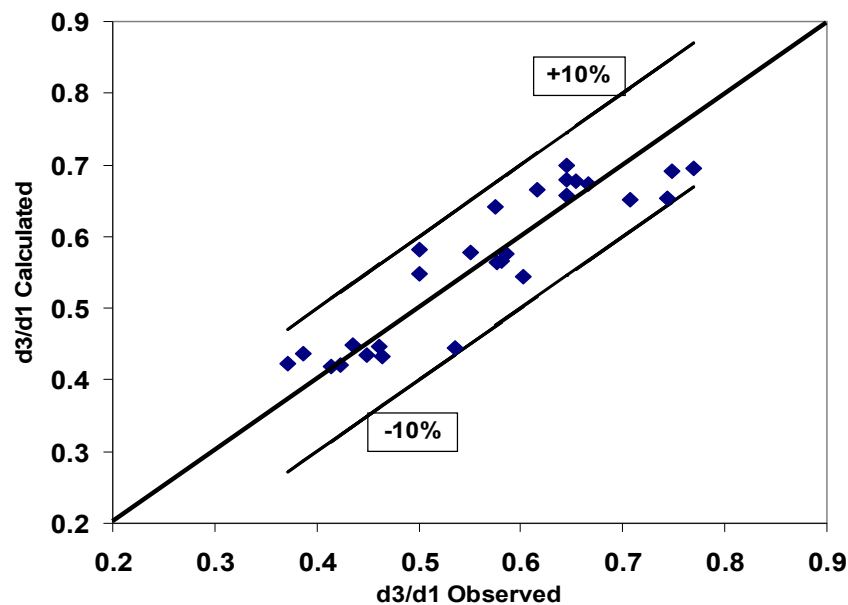
استفاده از رسوبات غیر یک‌نواخت مصالح بستر و تأثیر غیریک‌نواختی و پدیده‌ی سپر شدن بر آبشستگی موضعی بررسی شود. آزمایش‌ها برای نسبت تنگ شدگی‌های دیگر اجرا شود و اثر تغییر این عامل بر نتایج به دست آمده مورد بررسی قرار گیرد. محققین مختلف در زمینه تأثیر قطر مصالح بستر نظرات گوناگونی داشته‌اند، گروهی آن را بی اثر شمرده و برخی دیگر آن را به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل موثر بر پدیده‌ی آبشستگی معرفی کرده‌اند و تعدادی دیگر آن را مشروط به عوامل دیگر می‌دانند. بنابراین بررسی تأثیر دانه‌بندی مختلف بر پدیده آبشستگی توصیه می‌شود. از فووم با کناره‌های فرسایش‌پذیر استفاده شود و تأثیر شکل و زوایای مختلف آبشکن محافظ بررسی شود.

جدول ۱ - میزان آبشستگی نسبی در دماغه آبشکن محافظ و آبشکن اصلی

میزان آبشستگی نسبی در آبشکن محافظ				میزان آبشستگی نسبی در آبشکن اصلی			
مربع اختلافات	مقدار d2/d1 محاسبه	مقدار d2/d1 مشاهده	ردیف	مربع اختلافات	مقدار d2/d1 محاسبه	مقدار d2/d1 مشاهده	ردیف
۰.۰۰۳	۰.۶۵	۰.۷۰۷	۱	۰.۰۰۳	۰.۴۸	۰.۴۲۴	۱
۰.۰۰۰	۰.۶۷	۰.۶۶۷	۲	۰.۰۰۱	۰.۵۲	۰.۵۴۵	۲
۰.۰۰۳	۰.۶۹	۰.۷۴۷	۳	۰.۰۰۵	۰.۵۵	۰.۶۱۶	۳
۰.۰۰۸	۰.۶۵	۰.۷۴۴	۴	۰.۰۰۰	۰.۴۶	۰.۴۶۲	۴
۰.۰۰۱	۰.۶۸	۰.۶۵۴	۵	۰.۰۰۶	۰.۴۹	۰.۴۱	۵
۰.۰۰۶	۰.۷	۰.۷۶۹	۶	۰.۰۰۹	۰.۵۲	۰.۶۱۵	۶
۰.۰۰۰	۰.۶۶	۰.۶۴۵	۷	۰.۰۰۸	۰.۴۳	۰.۳۳۹	۷
۰.۰۰۱	۰.۶۸	۰.۶۴۵	۸	۰.۰۲۵	۰.۴۶	۰.۳۰۶	۸
۰.۰۰۳	۰.۷	۰.۶۴۵	۹	۰.۰۰۲	۰.۴۹	۰.۵۳۲	۹
۰.۰۰۴	۰.۶۴	۰.۵۷۶	۱۰	۰.۰۰۱	۰.۵۷	۰.۵۴۵	۱۰
۰.۰۰۲	۰.۶۶	۰.۶۱۶	۱۱	۰.۰۰۱	۰.۶۲	۰.۵۸۶	۱۱
۰.۰۰۰	۰.۵۸	۰.۵۸۶	۱۲	۰.۰۱۰	۰.۶۷	۰.۷۶۸	۱۲
۰.۰۰۳	۰.۵۴	۰.۶۰۳	۱۳	۰.۰۰۲	۰.۵۶	۰.۶۰۳	۱۳
۰.۰۰۰	۰.۵۶	۰.۵۷۷	۱۴	۰.۰۱۷	۰.۶	۰.۷۳۱	۱۴
۰.۰۰۱	۰.۵۸	۰.۵۵۱	۱۵	۰.۰۰۰	۰.۶۴	۰.۶۵۴	۱۵
۰.۰۰۲	۰.۵۵	۰.۵	۱۶	۰.۰۰۲	۰.۵۳	۰.۵۶۵	۱۶
۰.۰۰۰	۰.۵۷	۰.۵۸۱	۱۷	۰.۰۰۳	۰.۵۷	۰.۵۱۶	۱۷
۰.۰۰۷	۰.۵۸	۰.۵	۱۸	۰.۰۰۱	۰.۶	۰.۵۶۵	۱۸
۰.۰۰۰	۰.۴۲	۰.۴۱۴	۱۹	۰.۰۰۲	۰.۷۸	۰.۷۳۷	۱۹
۰.۰۰۱	۰.۴۳	۰.۴۶۵	۲۰	۰.۰۰۱	۰.۸۴	۰.۸۰۸	۲۰
۰.۰۰۸	۰.۴۵	۰.۵۳۵	۲۱	۰.۰۰۳	۰.۸۹	۰.۸۳۳	۲۱
۰.۰۰۰	۰.۴۲	۰.۴۲۳	۲۲	۰.۰۰۵	۰.۷۴	۰.۸۰۸	۲۲
۰.۰۰۰	۰.۴۴	۰.۴۴۹	۲۳	۰.۰۰۱	۰.۸	۰.۸۳۳	۲۳
۰.۰۰۰	۰.۴۵	۰.۴۶۲	۲۴	۰.۰۰۰	۰.۸۴	۰.۸۳۳	۲۴
۰.۰۰۳	۰.۴۲	۰.۳۷۱	۲۵	۰.۰۰۴	۰.۷	۰.۷۵۸	۲۵
۰.۰۰۳	۰.۴۴	۰.۳۸۷	۲۶	۰.۰۰۰	۰.۷۵	۰.۷۴۲	۲۶
۰.۰۰۰	۰.۴۵	۰.۴۳۵	۲۷	۰.۰۰۷	۰.۸	۰.۷۱	۲۷
۰.۱۱۸	جمع مربع اختلافات			۰.۰۶۰	جمع مربع اختلافات		
۰.۸۱	ضریب تعیین			۰.۸۳	ضریب تعیین		



شکل ۵- مقایسه داده‌های مشاهده‌ای با رابطه توانی محاسباتی برای  $d_2/d_1$



شکل ۶- مقایسه داده‌های مشاهده‌ای با رابطه توانی محاسباتی برای  $d_3/d_1$

### منابع مورد استفاده

۱. اندرواژ، ا. ۱۳۷۶. کاهش فرسایش موضعی در دماغه اولین آبشکن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده فنی.
۲. صانعی، م.، م. بنی‌هاشمی و ا. اندرواژ. ۱۳۷۶. مدل پیش‌بینی آب‌شستگی دماغه ای‌های محافظت شده با ای‌ی فرعی. پنجمین سمینار مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران، اهواز.
۳. قربان‌خانی، ح. ۱۳۷۷. تأثیر درصد تنگ شدگی و زاویه در کاهش فرسایش دماغه اولین آبشکن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده فنی.
۴. صانعی، م. و ح. کرمی. ۱۳۸۴. بررسی آزمایشگاهی پیش‌بینی اثر آبشکن فرعی بر آب‌شستگی دماغه اولین آبشکن. سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران.

5. Ahmad, M. 1953. Experiments on design and behavior of spur dikes. Proceedings of Congress of IAHR, 145-159.
6. Garde, R.J., K. Subramanya and K.D. Nambudripad. 1961. Study of scour around spur-dikes. Journal of the Hydraulics Division, Am. Soc. Civ. Eng., 87(HY6):23-37.
7. Gill, M.A. 1972. Erosion of sand beds around spur dykes. Journal of the Hydraulics Division, Am. Soc. Civ. Eng., 98(9):1587-1602.
8. Khosla, A.N., N.K. Bose and E. Mc Taylor. 1936. Design of weirs on permeable foundation. Central Board of Irrigation, New Dehli, India.
9. Lacey, G. 1936. Discussion of stable channels in erodible material, by E. W. Lane: Proceedings of the ASCE, 237(5): 775-779.
10. Liu, H.K., F.M.Chang and M.M. Skinner. 1961. Effect of bridge construction on scour and backwater. Colorado State University, Engng. Res Center, Report CER60 HKL22.
11. Melville, B.W. 1992. Local scour at bridge abutments. Journal of the Hydraulics Division, Am. Soc. Civ. Eng., 118(4):615-631.
12. Peterson, M.S. 1986. River Engineering. Prentice-Hall, Inc., USA.



## Effect of minor spur dike on erosion reduction at first spur dike in fine material

Mojtaba Saneie<sup>1</sup>, Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Institute, Tehran, Iran

Received: 18 April 2010

Accepted: 15 October 2010

### Abstract

One of the common methods of river training and bank protection is using spur dikes to modify flow path. Because of the concentration of flow in the middle part of the river it causes the river side not to be washed out. This new river path makes the river bed next to the end of the spur dikes to be washed out. Usually the spur dikes are built in groups to extend the protected zone. The stability of these spur dikes against the river flow depends on stability of the first spur dike. The purpose of this laboratory research is to investigate different ways for reduction of erosion around the first spur dike. It is suggested to use a shorter spur dike at the upstream part perpendicular to the flow direction. In this research, it is intended to find the optimum distance between the shorter spur dike and the first spur dike in order to have minimum erosion around the first spur dike. From the hydraulics point of view,  $L'/L$  (the length of shorter spur dike to the length of first spur dike),  $X/L$  (the distance between first spur dike and shorter spur dike to the length of first spur dike) and  $H/L'$  (the depth of water at upstream to the length of shorter spur dike) have been studied and results has been presented in the form of equations.

**Key words:** Bank erosion, Fine Materials, Flume, River Engineering, Stability

---

<sup>1</sup> mojtabasaneie@yahoo.com