

## بررسی کاربرد آبشکن فرعی در کاهش آبشستگی در جلوی آبشکن‌ها

• مجتبی صانعی، عضو هیات علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری (نویسنده مسئول)  
تاریخ دریافت: مرداد ماه ۱۳۸۵ تاریخ پذیرش: بهمن ماه ۱۳۸۸  
تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۳۲۴۶۸۷۷  
Email: mojtabasaneie@yahoo.com

### چکیده

استفاده از آبشکن در ساماندهی رودخانه‌ها و کنترل فرسایش کناری رودخانه یکی از روش‌های متداول می‌باشد. در این مقاله پیشنهاد شده است که برای حفظ پایداری اولین آبشکن در یک سری آبشکن (۴ عدد) از یک آبشکن فرعی (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 بی بعد،  $L/L'$  (نسبت طول آبشکن محافظ به طول اولین آبشکن)؛  $X/L$  (نسبت فاصله آبشکن محافظ به طول اولین آبشکن) و شرایط هیدرولیکی جریان با  $H/L$  (نسبت عمق جریان بالادست به طول اولین آبشکن) و  $H/d_0$  (نسبت عمق جریان به قطر متوسط مصالح بستر) و  $Fr$  عدد فرود مورد مطالعه قرار گرفت. تحلیل آماری نتایج آزمایشگاهی، مدلی را برای پیش‌بینی آبشستگی نسبی در دماغه‌ی آبشکن اصلی و آبشکن محافظ ارائه می‌دهد.

کلمات کلیدی: آبشکن، آبشستگی، مدل آزمایشگاهی

**Scour reduction by minor spur dike**

By: M. Saneie, Soil Conservation and Watershed Management Research Center, Tehran, Iran (Corresponding Author; Tel: +9809123246877)

One of the common methods of river improvement and bank protection is using spur dikes. Building spur dikes makes the flow path to be modified. Concentrating the flow in the middle part of the river causes the river side not to be washed out. The new flow path makes the river bed next to the end of the spur dikes to be washed out. Usually the spur dikes are built in group because of extending 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 in the first spur dike. It is suggested to use a shorter (minor) spur dike at the upstream part perpendicular to the flow direction. Aim in this research, it is intended to find the optimum distance between shorter spur dike and first spur dike in order to have minimum erosion in 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 Froude number has been studied and results has been presented in the form of equations.

**Keywords:** Spur Diike, Erosion, Experimental Study, Scour

**مقدمه**

آبشکن‌ها سازه‌هایی هستند که به صورت عرضی از ساحل رودخانه به طرف محور آن و با زوایای مختلف نسبت به کناره رودخانه تا فاصله‌ای به سمت درون بستر جریان امتداد می‌یابند (۱۴). 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؛ افزایش عمق جریان برای کشتیرانی؛ 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، تله‌اندازی (گرفتن رسوبات جریان) به منظور ایجاد ساحل جدید (۱۲۴). آبشکن به صورت مانعی در مقابل جریان عمل می‌کند و این امر باعث آبشستگی در دماغه‌ی آبشکن می‌گردد. یکی از شاخص‌های مهم در تعیین مشخصات حفره‌ی آبشستگی، 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 (۱۹۳۰ Lacy)؛ (۱۹۳۶ Khosla)؛ (۱۹۵۳ M.Ahmad)؛ (۱۹۶۱ Liu)؛ (Chang و Skinner)؛ (Garde و همکاران ۱۹۶۱)؛ (Gill ۱۹۷۲)؛ (Meza Alvarez ۱۹۸۹)؛ (Peterson ۱۹۸۶)؛ (Melville ۱۹۹۲)؛ (Roger و A.kuhnl ۱۹۹۲) اشاره کرد (۸، ۹).

از آنجا که آبشکن‌ها معمولاً به صورت متوالی ساخته می‌شوند اولین آبشکن از طرف بالادست باید خیلی محکم و با دقت اجرایی بالا ساخته شود زیرا نیروی بیشتری بر آن وارد می‌شود (۶، ۱۰). راه‌های گوناگونی برای حفاظت آبشکن در مقابل آبشستگی وجود دارد.

از جمله راه‌های کاهش میزان آبشستگی در دماغه‌ی اولین آبشکن، استفاده از آبشکن محافظ با طول کوتاه‌تر در بالادست اولین آبشکن می‌باشد (۱، ۲، ۳)

با توجه به اینکه بیشترین اثرات مخرب فرسایش در اثر تنگ‌شدگی 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 که در فاصله‌ی معینی در بالادست اولین آبشکن قرار می‌گیرد، مورد بررسی قرار گرفته است.

**مواد و روش‌ها****آنالیز ابعادی**

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 کم‌اثرتر، رابطه‌ی زیر بدست آمد:

$$\frac{d_2}{d_1} = f\left(\frac{L'}{L}, \frac{X}{L}, \frac{H}{L}, \frac{V}{\sqrt{gd_{50}}}, \frac{H}{d_{50}}\right) \quad \text{که در این رابطه:}$$

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

آبشکن محافظ، به قبل از نصب آن،  $\frac{L'}{L}$  نسبت طول آبشکن محافظ به

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

و  $\sigma = 1/24$  ریخته شد. همچنین در انتهای فلوم حوضچه کوچکی جهت جمع‌آوری رسوبات جابه‌جا شده ایجاد گردید. اندازه‌گیری عمق با ژرفاسنج و با دقت ۰/۱ میلی متر 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 بر کناره فلوم بوده است. برای ساخت آب‌شکن‌ها از ورقه‌های شفاف پلکسی گلاس با ضخامت ۸ میلی‌متر استفاده گردید. تعداد آب‌شکن‌های اصلی مورد استفاده در این تحقیق ۴ عدد بود. شکل‌های ۱ و ۲ فلوم آزمایشگاهی و تجهیزات مربوطه را نشان می‌دهند.

### شرح آزمایش‌ها

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

طول آب‌شکن اصلی،  $\frac{H}{L}$  نسبت عمق جریان در بالادست به طول آب‌شکن

محافظ،  $\frac{H}{d_s}$  نسبت عمق جریان در بالادست به قطر متوسط مصالح بستر،

$$\frac{V}{\sqrt{gd_s}}$$

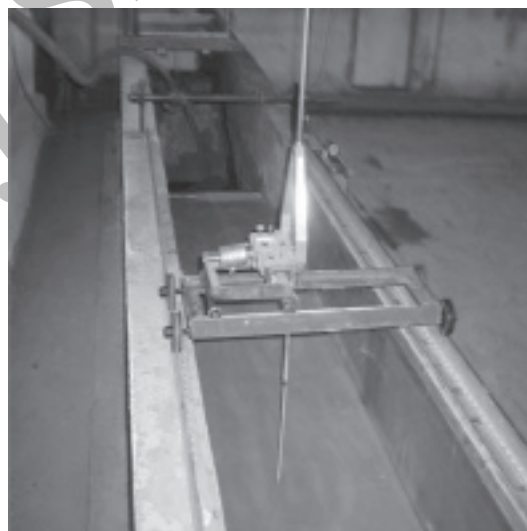
عدد فرود قطر متوسط مصالح بستر.

### تجهیزات آزمایشگاهی

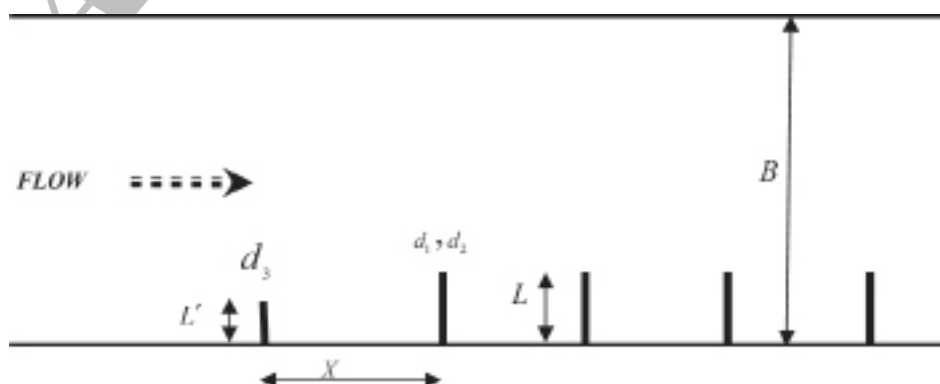
مطالعات مربوط به آب‌شستگی نیاز به امکانات و تجهیزات آزمایشگاهی خاصی دارد، بدین منظور از فلوم آزمایشگاهی به طول ۲۰ متر، عرض ۰/۶ متر و عمق ۰/۵ متر و شیب فلوم ۱/۰۰۱ واقع در آزمایشگاه هیدرولیک مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری استفاده شد که در طول ۴ متر از این فلوم و به ضخامت ۳۰ سانتی‌متر مصالحی با دانه‌بندی  $d_{90} = 0.19 \text{ mm}$



شکل ۲- سیستم کنترل و اندازه‌گیری دبی



شکل ۱- فلوم آزمایشگاهی و تجهیزات مربوطه



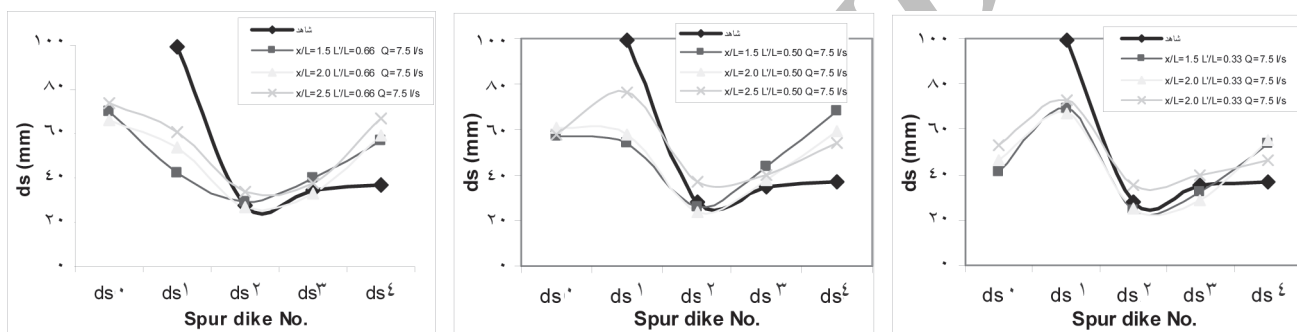
شکل ۳- گونه *As. caragana* در ایستگاه تحقیقات آبخیزداری سد زاینده رود با ارتفاع ۲۳۰۰ متر

اندازه‌گیری شدند. همچنین بعد از هر آزمایش عمق آبشستگی در دماغه آبشکن‌ها اندازه‌گیری شد. عمق نرمال در تمامی آزمایش‌ها در بالادست آبشکن اتفاق افتاده است. پس از انجام آزمایش‌های اولیه و مشاهده، زمان ۳۰ دقیقه برای هر آزمایش آبشستگی در دماغه‌ی آبشکن انتخاب شد. بعد از اجرای هر آزمایش آب درون گودال‌ها زه‌کشی و سپس عمق مربوط به آبشستگی اندازه‌گیری می‌شد.

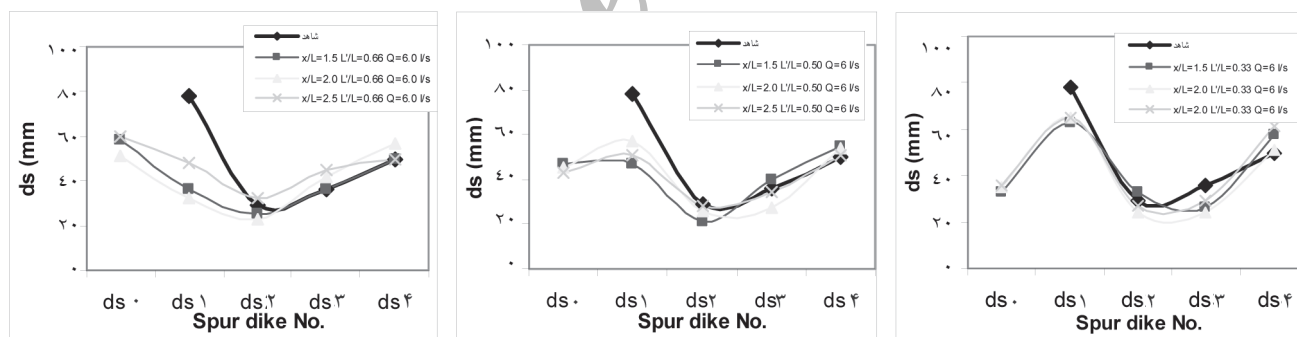
هدف از اجرای آزمایش‌ها دستیابی به حداقل میزان آبشستگی در دماغه‌ی اولین آبشکن با استفاده از آبشکن محافظ می‌باشد. در این آزمایش‌ها از یک آبشکن محافظ کوتاه‌تر در بالادست اولین آبشکن، به‌صورت قائم بر جریان استفاده شد. شناسایی طول بهینه آبشکن محافظ، فاصله آن در بالادست آبشکن اصلی مسئله اصلی این تحقیق می‌باشد. عوامل متغیر اندازه‌گیری شده به شرح زیر است:  $0.166$  و  $0.15$  و  $0.133$  ،  $\frac{L'}{L}$  ،  $2/5$  و  $3/5$

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 فوم برابر با  $0.3$ ، طول آبشکن محافظ ( $L'$ ) برای اندازه‌های  $6.12$ ،  $9$ ،  $12$ ،  $15$ ،  $18$  و  $21$  سانتی‌متر در فاصله‌ی آبشکن محافظ تا آبشکن اول ( $X$ ) با مقادیر  $27$ ،  $36$  و  $45$  سانتی‌متر مورد آزمایش قرار گرفتند. فاصله بین آبشکن‌های اصلی در این تحقیق ثابت و برابر  $36$  سانتی‌متر ( $2L$ ) بوده است. آزمایش‌های فوق برای سه مقدار دبی مختلف ( $4/5$  و  $6$  و  $7/5$  لیتر بر ثانیه) 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 در آستانه حرکت قرار نمی‌گرفتند. (شکل ۳).

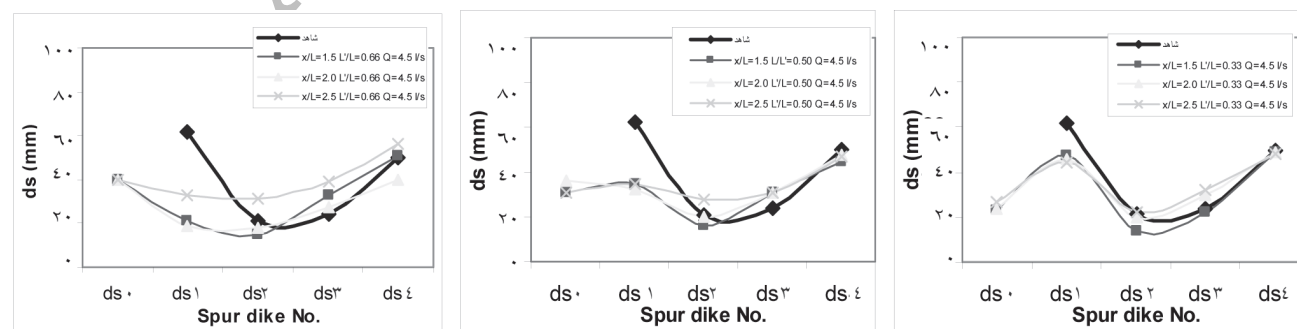
پارامترهای هیدرولیکی عمق و دبی جریان در هر سری از آزمایش‌ها



شکل ۴- مقدار آبشستگی در دماغه آبشکن‌ها در دبی  $7/5$  لیتر بر ثانیه (آب شکن فرعی  $ds_0$ )



شکل ۵- مقدار آبشستگی در دماغه آبشکن‌ها در دبی  $6$  لیتر بر ثانیه (آب شکن فرعی  $ds_0$ )



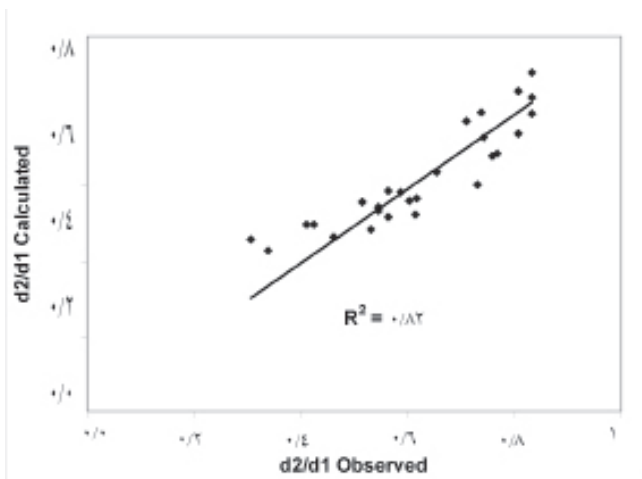
شکل ۶- مقدار آبشستگی در دماغه آبشکن‌ها در دبی  $4/5$  لیتر بر ثانیه (آب شکن فرعی  $ds_0$ )

با افزایش  $\frac{H}{L}$ ،  $\frac{X}{L}$  و  $\frac{H}{d_1}$ ، نسبت  $\frac{d_2}{d_1}$  در دماغه‌ی آبشکن افزایش

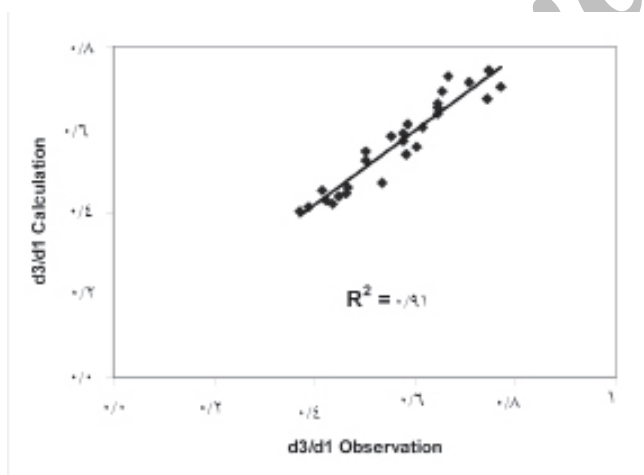
می‌یابد. با افزایش عدد فرود قطر متوسط مصالح بستر  $\frac{V}{\sqrt{gd_{50}}}$  و  $\frac{L'}{L}$

نسبت  $\frac{d_2}{d_1}$  در دماغه‌ی آبشکن کاهش می‌یابد. در مطالعات سایر محققان

توجه به مقدار آبستگي دماغه بوده است و بطور نسبی قبل و بعد از تعبیه



شکل ۸- مقایسه داده‌های مشاهده‌ای با رابطه‌ی توانی محاسباتی برای  $d_1/d_2$



شکل ۹- مقایسه داده‌های مشاهده‌ای با رابطه‌ی توانی محاسباتی برای  $d_1/d_3$

آبشکن فرعی دیده نشده است. با افزایش  $\frac{H}{d_5}$  و افزایش  $\frac{X}{L}$ ، نسبت  $d_1/d_3$

در دماغه‌ی آبشکن محافظ افزایش می‌یابد. با افزایش عدد فرود قطر متوسط

$\frac{X}{L} = 1/5$  و  $\frac{H}{L} = 0/342 - 0/817$  و  $d_1$  حداکثر عمق فرسایش در دماغه‌ی اولین آبشکن بدون کاربرد آبشکن محافظ است. حداکثر عمق فرسایش در دماغه‌ی اولین آبشکن همراه با آبشکن محافظ و حداکثر عمق فرسایش در دماغه‌ی آبشکن محافظ است. (شکل ۳).

در اشکال ۴ الی ۶ مقادیر اندازه‌گیری شده آبستگي در دماغه آبشکن‌ها با وجود آبشکن محافظ با حالت بدون آبشکن محافظ (شاهد) با ازایابی‌های ۴/۵، ۶ و ۷/۵ لیتر بر ثانیه در نسبت‌های مختلف آبشکن‌ها و در فواصل نسبی متفاوت ارائه شده است. با توجه به موارد بالا ۳ متغیر طول آبشکن محافظ، ۳ متغیر فاصله‌ی آبشکن محافظ تا اولین آبشکن به همراه ۳ دبی مختلف جمعاً ۲۷ آزمایش را شامل می‌شدند. آزمون آماری و برازش رگرسیونی داده‌ها در محدوده  $\frac{X}{L} = 1.5 - 2.5$  و  $\frac{H}{L} = 0.342 - 0.817$

رابطه‌ی (۱) را با ضریب همبستگی  $R = 0/91$  برای اولین آبشکن رابطه (۲) را با ضریب همبستگی  $R = 0/95$  برای آبشکن محافظ ارائه می‌کند.

$$(1) \quad R = 0/91 \quad \text{اولین آبشکن قائم}$$

$$\frac{d_2}{d_1} = 1.002 \left(\frac{H}{L}\right)^{0.307} \left(\frac{L'}{L}\right)^{-0.366} \left(\frac{X}{L}\right)^{0.247} \left(\frac{H}{d_{50}}\right)^{0.561} \left(\frac{V}{\sqrt{gd_{50}}}\right)^{-0.934}$$

$$(2) \quad R = 0/95 \quad \text{آبشکن محافظ}$$

$$\frac{d_3}{d_1} = 0.334 \left(\frac{H}{L}\right)^{-0.659} \left(\frac{X}{L}\right)^{0.078} \left(\frac{H}{d_{50}}\right)^{1.296} \left(\frac{V}{\sqrt{gd_{50}}}\right)^{-1.762}$$



شکل ۷- آبستگي در دماغه اولین آبشکن و آبشکن فرعی

$$(L/s \quad \epsilon = Q, \quad 0.50 = L'/L, \quad 2.5 = X/L)$$

در شکل‌های ۸ و ۹ مقایسه داده‌های مشاهده‌ای با رابطه توانی محاسباتی نشان داده شده‌اند.

### نتیجه‌گیری

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

- 5- Ahmad, M. (1377) "Experiments on Design and Behavior of Spur Dikes". Proc. cong of IAHR. PP.145-159.
- 6- Ahmad, M. (1951) "Spacing and Projection of Spur for Bank Protection" *Civil Eng. And Public Works Vol. 46*, London.
- 7- Garde, R. j, Subramanya, M. Ascek and Namburipad, K. D. (1960) "Study of Scour around Spur Dikes", *Journal of the hydraulics division, of the American engineering*. HY6.23-36.
- 8- Gill Mohammad Akram., (1972) "Erosion of Sand Beds around Spur" *journal of the hydraulics division, of the American society of civil engineering*, HY9, 1587-1601.
- 9- Khosla, A. N., Bose, N. K., Taylor E. Mc., (1936) *Design of Weirs on Permeable Foundation, Central Board of Irrigation, New delhi, India.*
- 10- Lacey, G, (1936) Discussion of stable channels in erodible material, by E. W. Lane: *Proceedings of the ASCE*, vol. 237, no. 5, p. 775-779.
- 11- Laursen, E.M. (1962) Scour at bridge crossings, *Transactions, ASCE, Vol. 127, Part I*, pp. 166-180.
- 12- Lim .S. Y. and Chiew, Y. M. (1992) "Effect of Sediments Gradation on Scour at Spur Dike". *Proceeding of international on hydraulic research in nature laboratory*. China.
- 13- Lim S Y. and Tong K. P., (1991) *On Estimation of Maximum Scour around Spur Dike*, Lecture in civil and structural engineering, Nanyang technological university Singapore.
- 14- Liu, H.K., Chang, F.M. and Skinner, M.M. (1961) *Effect of bridge construction on scour and backwater*, Colorado state University, engineering research center, report CER60 HKL22.
- 15- Melville, B.W. (1992) Local scour at bridge abutments, *J. of Hydraulic Eng., ASCE*, Vol. 118, No. 4, pp. 615-631.
- 16- Petersen, M.S., (1986) *River Engineering*, Prentice-Hall, Inc. USA.

مصالح بستر  $\frac{V}{\sqrt{gd_s}}$  و  $\frac{H}{L'}$  نسبت  $d \setminus d^3$  در دماغه‌ی آبشکن کاهش

می‌یابد. با توجه به نتایج بدست آمده فاصله دو برابر طول آبشکن اصلی و همچنین طول آبشکن فرعی معادل با نصف آبشکن اولیه توصیه می‌شود.

برای ادامه و بررسی روابط کلی‌تر موارد زیر پیشنهاد می‌شود: استفاده از رسوبات غیر یکنواخت به عنوان 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 بدست آمده بررسی شود. محققین مختلف در زمینه‌ی تأثیر قطر مصالح بستر نظرات گوناگونی داشته‌اند، گروهی آن را بی‌اثر شمرده و گروهی دیگر آن را به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل موثر بر پدیده‌ی آب‌شستگی معرفی کرده‌اند و گروهی دیگر آن را مشروط به عوامل دیگر می‌دانند. بنا بر این بررسی تأثیر دانه‌بندی مختلف بر پدیده‌ی آب‌شستگی توصیه می‌شود. از فلولم با کناره‌های فرسایش پذیر استفاده شود و تأثیر شکل و زوایای مختلف آبشکن محافظ بررسی شود.

#### منابع مورد استفاده

- ۱- اندرواژ، ا. (۱۳۷۶) "کاهش فرسایش موضعی در دماغه‌ی اولین آبشکن پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده فنی.
- ۲- صانعی، م، و همکاران، (۱۳۷۶) "مدل پیش‌بینی آب‌شستگی دماغه‌ی اپی‌های محافظت شده با اپی محافظ" پنجمین سمینار مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران، اهواز.
- ۳- صانعی، م، و همکاران، (۱۳۸۴) "بررسی آزمایشگاهی اثر تنگ‌شدگی و زاویه در کاهش آب‌شستگی اولین آبشکن"، پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشکده مهندسی دانشگاه شهید باهنر، کرمان، صفحات ۱۰۸۹ - ۱۰۹۷.
- ۴- قربان‌خانی، ح، (۱۳۷۷) "تأثیر درصد تنگ شدگی و زاویه در کاهش فرسایش دماغه‌ی اولین آبشکن" پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران - دانشکده فنی.

□ □ □ □ □ □ □ □ □ □