



در

منابع طبیعی شماره ۷۸، بهار ۱۳۸۷



## بررسی آزمایشگاهی عمق آبشستگی دماغه در آبشکن‌های توری‌سنگی سرکج

• علی اکبر عباسی

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان

• مهدی حبیبی

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آب‌خیزداری

تاریخ دریافت: تیرماه ۱۳۸۵ تاریخ پذیرش: اسفند ماه ۱۳۸۵

Email: ak\_abbasi@yahoo.com

### چکیده

یکی از روش‌های معمول کنترل فرسایش کناری رودخانه‌ها استفاده از آبشکن می‌باشد که در صورت طراحی و اجرای صحیح، علاوه بر کنترل فرسایش کناری، منجر به بازیابی و احیای اراضی با ارزش حاشیه رودخانه‌ها می‌شود. تحقیق حاضر با هدف پاسخ‌گویی به برخی از سؤالات و ابهامات در مورد تأثیر طول، فاصله و شکل دماغه آبشکن‌های توری‌سنگی بر آبشستگی و پایداری آن‌ها انجام شده است. این تحقیق در یک فلوم آزمایشگاهی با بستر متحرک با طول ۱۷ متر، عرض ۱/۵ متر و عمق ۰/۸ متر انجام شده است. آبشکن‌های مورد استفاده از نوع سرکج (L شکل) بوده و با سنگ و توری‌سیمی (توری‌سنگ) به صورت غیر مستغرق و عمود بر دیواره فلوم ساخته شده‌اند. به منظور بررسی آبشستگی دماغه آبشکن‌ها، دو طول آبشکن ۱۵ و ۲۲/۵ سانتی‌متر (۱۰ و ۱۵ درصد عرض کانال)، برای هر طول، چهار فاصله آبشکن (۲، ۳، ۴ و ۵ برابر طول آبشکن) و سه مقدار دبی (۳۰، ۳۵ و ۴۰ لیتر بر ثانیه) در بستری با مصالح و شیب ثابت مورد آزمایش قرار گرفته است. با توجه به نتایج بدست آمده از تحلیل آزمایش‌ها، یک رابطه بدون بعد برای برآورد حداکثر عمق آبشستگی دماغه آبشکن‌های توری‌سنگی سرکج که به صورت سری ساخته می‌شوند، استخراج و توصیه شده است.

**کلمات کلیدی:** آبشکن، آبشکن سرکج، آبشستگی حداکثر، حفاظت دیواره رودخانه، توری‌سنگ

Pajouhesh & Sazandegi No:78 pp: 114-121

### A laboratory investigation on local scour around the head of L shape gabion groins

By: A. A. Abbasi., Scientific Member of Khorasan Agricultural and Natural Resources Research Center, Mashhad, M. Habibi., Scientific Member of Soil Conservation and Watershed Management Research Center.,

An usual method for river bank protection is using gabion groin structures. If this permeable structure is designed and constructed appropriately, it will control bank erosion and reclaims flood plain areas. Since there are some uncertainties in the determination of length, space and shape of gabion groins, this experimental project was performed. In this investigation a laboratory movable bed flume with 17m length, 1.5m width and 0.8m depth was used to study local scour around the head of unsubmerged gabion groins. Groins with two different shapes (L shape and straight groins) were constructed perpendicular to the flume's wall. Two different lengths of groin, 15 and 22.5 centimeter (10 and 15 percent of width of flume) resulting in two contraction ratios (20% and 30%), four different spaces between successive groins (resulting in four ratios of space to length, S/L) and three different discharges with a constant bed material and slope were used in the experiments. Based on the experimental results, and using the dimensional analysis technique, a dimensionless relationship was derived for estimating local scour around the head of gabion groins.

**Keywords:** Groin, L Shape Groin, Maximum Depth Scouring, River Bank Protection, Gabion

#### مقدمه

برای حفاظت سواحل رودخانه‌ها در مقابل جریان روش‌های مختلفی وجود دارد که در دو گروه کلی روش‌های حفاظت مستقیم و روش‌های حفاظت غیر مستقیم دسته‌بندی می‌شوند. در روش‌های نوع دوم، حفاظت از دیواره‌ها به طور غیر مستقیم و از طریق ساخت سازه‌هایی در داخل رودخانه، که با تأثیرگذاری بر روی خطوط جریان موجب انحراف آن‌ها از دیواره شده و یا با کاهش سرعت جریان از شدت برخورد آن با دیواره کاسته و قابلیت رسوبگذاری را افزایش می‌دهند، انجام می‌گیرد.

آب‌شکن‌ها سازه‌هایی هستند که معمولاً از مصالح سنگ‌ریزه‌ای، توری‌سنگی، مخلوط رودخانه‌ای با روکش توری‌سنگی و سنگ و ملات ساخته شده و از کنار به سمت محور رودخانه امتداد یافته و موجب تنگ شدگی موضعی در مقطع جریان می‌گردند. این سازه‌ها که گاهی به صورت منفرد و گاهی به صورت یک سری متوالی ساخته می‌شوند، موجب انحراف جریان از کنارها شده و از برخورد مستقیم آن با دیواره ساحل جلوگیری می‌نمایند. علاوه بر این جریان‌های چرخشی ایجاد شده در پایین دست آب‌شکن‌ها موجب ته نشینی رسوبات در مجاورت ساحل اصلی می‌گردد که این عمل به تدریج موجب توسعه و تثبیت طبیعی و بیولوژیکی دیواره رودخانه می‌شود.

ساجدی سابق و همکاران (۲) و حسینی و همکاران (۱)، تأثیر زاویه قرارگیری آب‌شکن و زاویه اتصال قسمت انتهایی به بدنه آب‌شکن سرکج در آب‌شستگی موضعی دماغه آب‌شکن را به صورت آزمایشگاهی مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفته‌اند که آب‌شکن‌های سرکج که متمایل به پایین دست ساخته می‌شوند کمترین میزان آب‌شستگی دماغه را دارند. عباسی و همکاران، نتیجه بررسی آزمایشگاهی حداکثر عمق آب‌شستگی در دماغه آب‌شکن‌های توری‌سنگی مستقیم به ازای نسبت‌های مختلف فاصله به طول آب‌شکن را بررسی کرده‌اند. بر اساس

نتایج این تحقیق با افزایش نسبت فاصله به طول آب‌شکن، عمق آب‌شستگی موضعی دماغه نیز افزایش می‌یابد. این افزایش تا نسبت فاصله به طول ۴ تدریجی بوده و در نسبت‌های بزرگتر عمق آب‌شستگی افزایش ناگهانی می‌یابد. در این مقاله در مجموع نسبت فاصله به طول ۳ برای آب‌شکن‌های توری‌سنگی مستقیم مناسب تشخیص داده شده و توصیه شده است این نسبت بزرگتر از ۴ انتخاب نشود (۳، ۴). نصرالهی و همکاران، تأثیر عدد فرود جریان و درصد بازشدگی در آب‌شکن‌های باز را روی حداکثر عمق آب‌شستگی به صورت آزمایشگاهی بررسی کرده و روابط بدون بعدی برای تخمین حداکثر عمق آب‌شستگی اطراف آب‌شکن‌های باز ارائه نموده‌اند (۵). نصرالهی و قدسیان، حداکثر عمق آب‌شستگی اطراف آب‌شکن‌های بسته را مورد مطالعه قرار داده و روابط بدون بعدی را برای برآورد حداکثر عمق آب‌شستگی اطراف آب‌شکن‌های بسته معرفی کرده‌اند (۶).

محققین دیگر نظیر Garde و همکاران (۹)، Gill (۱۰) و Wang و Yanapirut (۱۴)، Lim و Tong (۱۲) و Chiew و Lim (۱۳)، تحقیقاتی را بر روی حداکثر عمق آب‌شستگی دماغه آب‌شکن‌ها انجام داده و متناسب با پارامترهای مورد نظر در آزمایش‌ها، روابط بدون بعدی را بین حداکثر عمق آب‌شستگی دماغه آب‌شکن‌ها و پارامترهای مورد مطالعه ارائه کرده‌اند. Elawady و همکاران، روی آب‌شکن‌های جاذب و دافع مستغرق به صورت آزمایشگاهی کار کرده و نتیجه گرفته‌اند که الگوی آب‌شستگی در آب‌شکن‌های جاذب و دافع متفاوت است و حداکثر عمق آب‌شستگی متأثر از ارتفاع و طول آب‌شکن می‌باشد (۸). Ranga Raju و Kothiyari، تغییرات زمانی آب‌شستگی در پایه پل‌ها، پشتواره‌ها و آب‌شکن‌ها را بررسی کرده و رابطه‌ای برای برآورد عمق آب‌شستگی توسعه داده‌اند (۱۱). Dey و Barbhuiya، کارهای انجام شده در زمینه فرسایش موضعی در پای پشتواره‌ها و آب‌شکن‌ها را بررسی و روابط مختلفی برای تعیین عمق آب‌شستگی در حالت آب صاف و بستر متحرک ارائه کرده‌اند (۷).

### انتخاب پارامترهای مؤثر

پارامترهای متعددی در عملکرد آبشکن‌ها در حفاظت سواحل و نیز آبشستگی اطراف دماغه آن‌ها مؤثر می‌باشند. تعدادی از این عوامل تأثیر کمتری داشته و تعدادی نیز به اندازه کافی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. محققین عموماً از طریق آنالیز ابعادی به انتخاب پارامترهای مهم پرداخته‌اند. مطالعه منابع موجود و کارهای انجام شده قبلی نشان می‌دهد که پارامترهای فاصله و طول آبشکن‌ها، به دلیل نقش عمده‌ای که در اقتصاد پروژه دارند و نیز به دلیل تأثیر آن‌ها در کارایی آبشکن‌ها در حفاظت سواحل، از جمله پارامترهای مهم برای بررسی می‌باشند. به منظور یافتن رابطه بین عوامل مؤثر بر آبشستگی در دماغه آبشکن‌های توری‌سنگی، آنالیز ابعادی روی پارامترهای مؤثر انجام شده‌است. متغیرهای مهم در این زمینه عبارتند از:

- ۱ - متغیرهای وابسته به وضعیت هندسی کانال و آبشکن شامل:  $B_1$  عرض کانال در بالادست آبشکن،  $B_2$  عرض کانال در مقطع تنگ‌شده،  $S$  فاصله بین دو آبشکن متوالی،  $L$  طول آبشکن،  $K_s$  پارامتر مربوط به شکل دماغه آبشکن و  $\theta$  زاویه آبشکن با جریان (شکل ۱) و:  $S_0$  شیب طولی بستر کانال
- ۲ - متغیرهایی که وضعیت جریان را توصیف می‌کنند شامل:  $V_1$  سرعت متوسط جریان در بالادست آبشکن،  $d_1$  عمق جریان در بالادست آبشکن و:  $d_2$  عمق جریان در گودال فرسایشی دماغه آبشکن
- ۳ - پارامترهای ویژگی‌های سیال شامل:  $\rho$ : دانسیته سیال،  $\mu$ : ضریب ویسکوزیته دینامیکی سیال و  $g$ : شتاب ثقل
- ۴ - متغیرهایی که ویژگی‌های مصالح بستر را تعریف می‌کنند شامل:  $d_{50}$  قطر متوسط ذرات بستر،  $\gamma_s$  وزن مخصوص مصالح بستر با انتخاب  $d_2$  به عنوان تابع وابسته، رابطه (۱) پارامترهای فوق برقرار می‌باشد.

رابطه (۱)

$$d_2 = f_1(\theta, S_0, K_s, B_1, B_2, L, S, V_1, d_1, d_{50}, \rho, \mu, \gamma_s)$$

با انتخاب  $V_1$ ،  $d_1$  و  $\rho$  به عنوان متغیرهای تکراری و با استفاده از روش باکینگهام، پارامترهای بی بعد به شرح رابطه (۲) زیر بدست می‌آیند:

رابطه (۲)

$$\frac{d_2}{d_1} = f_2(\theta, S_0, K_s, \frac{B_1}{d_1}, \frac{B_2}{d_1}, \frac{L}{d_1}, \frac{S}{d_1}, F_r = \frac{V_1}{\sqrt{gd_1}}, R_r = \frac{V_1 d_1}{\nu}, F_0 = \frac{V_1}{\sqrt{(\Delta\gamma_s/\rho)d_{50}}})$$

که در آن  $\nu = \mu/\rho$  می‌باشد. با توجه به این که نوع مصالح بستر در تمام آزمایش‌ها یکسان گرفته شده و آبشکن‌ها نیز با جهت جریان زاویه ۹۰ درجه داشته‌اند و با فرض آشفته بودن جریان، پارامترهای  $Re$  و  $\theta$  و  $S_0$  از معادله ابعادی کنار گذاشته شده و رابطه ساده‌تر (۳) حاصل می‌گردد:

رابطه (۳)

$$\frac{d_2}{d_1} = f_3(\frac{B_1}{d_1}, \frac{B_2}{d_1}, \frac{L}{d_1}, \frac{S}{d_1}, F_r = \frac{V_1}{\sqrt{gd_1}}, F_0 = \frac{V_1}{\sqrt{(\Delta\gamma_s/\rho)d_{50}}})$$

و در نهایت با در نظر گرفتن محدوده آزمایش‌های صورت گرفته و حذف پارامترهای ثابت و کم تأثیر رابطه نهایی به شکل رابطه (۴) تبدیل خواهد شد. آزمایش‌های مقدماتی نشان داد که تغییرات  $\frac{d_2}{d_1}$  در مقابل  $\frac{B_1}{d_1}$

$\frac{B_2}{d_1}$  و  $F_r$  ناچیز می‌باشد و آزمایش‌های نهایی نیز این مسئله را تأیید کرد.

$$\frac{d_2}{d_1} = f_3(\frac{L}{d_1}, \frac{S}{d_1}, F_0 = \frac{V_1}{\sqrt{(\Delta\gamma_s/\rho)d_{50}}}) \quad \text{رابطه (۴)}$$

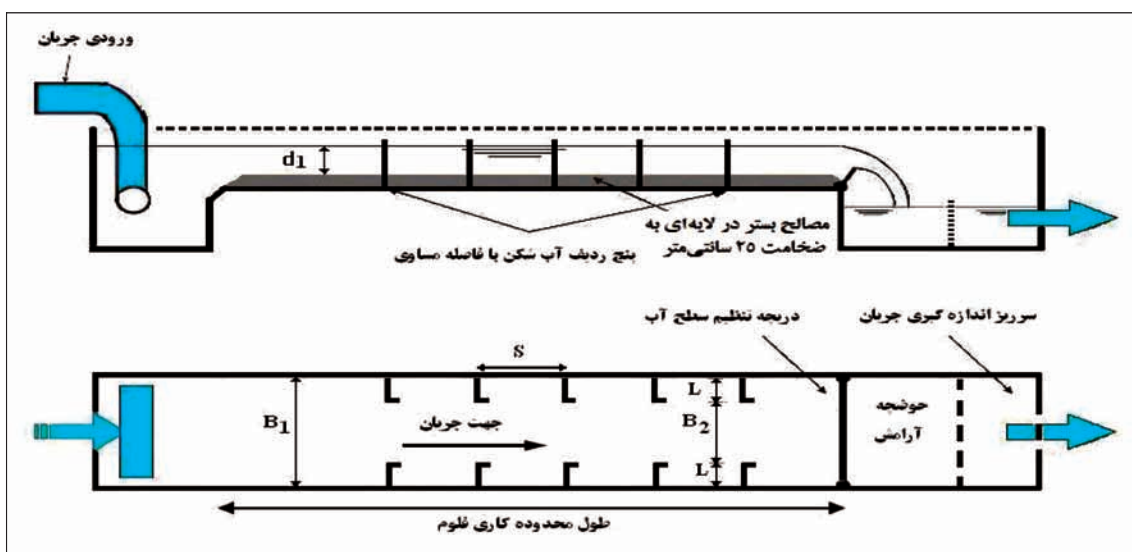
### تجهیزات آزمایشگاهی

انجام آزمایش‌ها مستلزم وجود یک سری تجهیزات می‌باشد. وجود یک فلوم با طول، عرض و عمق مناسب، تجهیزات اندازه‌گیری عمق جریان و آبشستگی، اندازه‌گیری دبی و مخزن تأمین آب از ضروریات انجام این کار می‌باشد. با توجه به محدودیت‌های فضای آزمایشگاه، فلومی به عرض ۱/۵ متر و طول ۱۷ متر در آزمایشگاه هیدرولیک مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری برای انجام آزمایش‌ها در نظر گرفته شد. عمق فلوم با احتساب عمق لازم برای مصالح بستر، عمق جریان و ارتفاع آزاد، ۰/۸ متر برآورد گردید. به منظور آرام نمودن جریان ورودی به فلوم، حوضچه‌ای در ابتدای فلوم به طول ۲، عرض ۱/۵ و عمق ۱/۵ متر احداث گردید. تراز سطح آب در داخل فلوم توسط دریچه‌ای که در پایین دست فلوم نصب گردیده، تنظیم می‌گردید. اندازه‌گیری جریان توسط سرریز لبه تیز مستطیلی در پایین دست فلوم که بعد از حوضچه آرام کننده قرار دارد، انجام می‌شد. بدنه فلوم از آجر و ملات سیمان ساخته شده و داخل آن با ملات سیمان اندود و سپس رنگ گردید. به منظور مشاهده هر چه بهتر نتایج آزمایش‌ها، دیواره‌های قسمت میانی فلوم به طول ۶ متر در دو طرف از جنس پلکسی گلاس ساخته شد. قسمت شفاف فلوم ۶ متر با ورودی فلوم در بالادست (برای آرام شدن جریان) و ۲ متر با دریچه پایین دست (برای از بین رفتن اثر برگشت آب) فاصله داشت. کف فلوم بدون شیب بود و در هر آزمایش با شیب‌بندی مصالح بستر، شیب مورد نظر در فلوم تأمین می‌گردید. پلان و مقطع فلوم در شکل ۱ نشان داده شده است.

آبشکن‌های مورد استفاده در آزمایش‌ها از جنس سنگ و توریسمی (توریسنگ) و از نوع سر کج (L شکل) غیر مستغرق و عمود بر دیواره فلوم ساخته شدند (شکل ۱). به منظور بررسی آبشستگی دماغه آبشکن‌ها، دو طول آبشکن ۱۵ و ۲۲/۵ سانتی‌متر (۱۰ درصد و ۲۰ درصد عرض کانال) و چهار فاصله آبشکن (۲، ۳، ۴ و ۵ برابر طول آبشکن) در بستری با مصالح یکنواخت و شیب ثابت و سه مقدار دبی (۳۰، ۳۵ و ۴۰ لیتر بر ثانیه) مورد آزمایش قرار گرفت. مصالح مورد نظر جهت بستر فلوم با کمک الک تهیه گردید. این مصالح که دارای قطر متوسط ۳ میلی‌متر بودند در لایه‌ای به ضخامت ۲۵ سانتی‌متر و با شیب ثابت ۰/۰۰۹ در بستر فلوم قرار داده شدند. از آنجا که فقط بحث آبشستگی موضعی دماغه آبشکن در آزمایش‌ها مورد بررسی قرار می‌گرفت به منظور جلوگیری از آبشستگی عمومی، شیب بستر، قطر مصالح و شرایط هیدرولیکی جریان به نحوی انتخاب شد که مصالح بستر در بازه بالادست محل قرارگیری آبشکن‌ها، حرکت نداشته باشد و آزمایش‌ها با آب صاف انجام شد.

### شرح آزمایش‌ها

پس از آماده‌سازی فلوم و نصب تجهیزات مورد نیاز، دو طول آبشکن و برای هر طول پنج فاصله آبشکن (پنج نسبت فاصله به طول آبشکن) با سه مقدار دبی (۳۰، ۳۵ و ۴۰ لیتر بر ثانیه) مورد آزمایش قرار گرفت. دبی‌ها از طریق مخزن آب و پمپاژ تأمین گردیده و مقدار آن توسط سرریز



شکل ۱- پلان و مقطع فلوم و سیستم‌های سر آب و پایاب

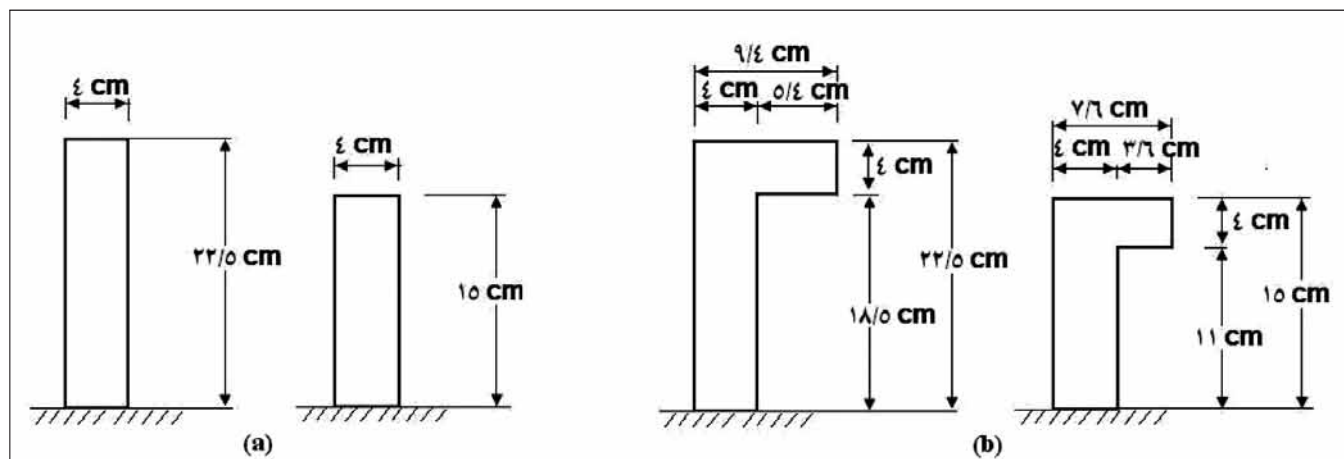
۴ تا ۵ ساعت بود ادامه می‌یافت. عمق آب‌شستگی دماغه هر آب‌شکن در فواصل زمانی منظم با استفاده از ژرفا سنج نقطه‌ای اندازه‌گیری می‌شد. تراز بستر در دماغه هر آب‌شکن قبل از شروع آزمایش نیز با استفاده از ژرفا سنج نقطه‌ای مشخص می‌گردید. تنظیم پروفیل سطح آب به منظور ایجاد جریان یکنواخت توسط دریچه پایین دست و با کمک دو ژرفاسنج نقطه‌ای در طول فلوم انجام می‌گردید. به منظور اطمینان از عدم جابجایی ذرات بستر (عدم وجود بار کف) در پایان هر آزمایش تراز بستر در بالادست محل تنگ شدگی نیز کنترل می‌شد.

### مشاهدات و نتایج

برای بررسی عمق آب‌شستگی در دماغه آب‌شکن‌ها، از فلوم با بستر متحرک و مصالح بستر با لایه‌ای به ضخامت متوسط ۲۵ سانتی‌متر استفاده شد. عمق جریان در بالادست آب‌شکن‌ها و قبل از تنگ شدگی ( $d_1$ ) و عمق

مستطیلی پایین دست و شیر کنترل بالادست اندازه‌گیری و تنظیم می‌شد. برای آرام کردن جریان در بالادست از انرژی‌گیر و مصالح درشت دانه در ابتدای کانال استفاده شد. آب‌شکن‌ها به صورت قرینه و مطابق شکل ۱ در دو طرف فلوم کار گذاشته شدند. مشخصات آب‌شکن‌های توری‌سنگی سر کج که در آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند در شکل ۲ نشان داده شده است. در آزمایش‌های کنترلی اولیه مدت زمان آزمایش‌ها تا ۸ ساعت ادامه داده شد، ولی بررسی تغییرات عمق در حفره آب‌شستگی نشان داد که در زمان ۵ ساعت تقریباً به تعادل رسیده و از آن به بعد تغییرات آب‌شستگی ناچیز می‌باشد.

در هر آزمایش پس از جابجایی آب‌شکن‌ها در محل مورد نظر اقدام به اعمال شیب طولی در سرتاسر کانال نموده و پس از تنظیم دبی و پروفیل سطح آب، آزمایش شروع می‌گردید. آزمایش‌ها تا رسیدن به زمان تعادل (عدم تغییر بستر حفره آب‌شستگی دماغه آب‌شکن) که زمانی در حدود



شکل ۲- پلان آب‌شکن‌های توری‌سنگی مستقیم (a) و سرکج (b)

وسطی در سری آبشکن‌ها مورد تحلیل قرار گیرد. بر اساس نتایج آزمایش‌ها و رابطه بدست آمده از تحلیل ابعادی، رابطه بدون بعد نهایی برای برآورد حداکثر عمق آبشستگی در دماغه تمامی پنج ردیف آبشکن‌های متوالی در آبشکن‌های مستقیم و سرکج و با استفاده از روش حداقل مربع خطاها به شرح رابطه ۵ استخراج گردید.

$$\frac{d_2}{d_1} = K_s F_0^{\frac{1}{8}} \left(\frac{S}{d_1}\right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{L}{d_1}\right)^{\frac{1}{6}} \quad \text{رابطه (۵)}$$

در این رابطه  $K_s$  ضریب مربوط به شکل آبشکن بوده که برای موقعیت قرارگیری آبشکن نسبت به آبشکن اول برای آبشکن‌های سرکج و مستقیم در جدول ۲ ارائه گردیده است.

با توجه به جدول ۲ عمق آبشستگی در دماغه آبشکن‌های اول و دوم که تحت تأثیر تنگ‌شدگی ناگهانی قرار دارند به ترتیب بیشترین مقدار می‌باشد و در آبشکن‌های سوم و چهارم تقریباً یکسان و ثابت بوده و در آبشکن پنجم که متأثر از بازشدگی ناگهانی می‌باشد مقداری افزایش می‌یابد. بنابراین ضریب مربوط به آبشکن‌های سوم و چهارم را می‌توان به عنوان معرف آبشکن‌های وسطی در سری آبشکن‌ها در نظر گرفت. رابطه مشابهی توسط (Lim و Chiew) به شرح رابطه ۶ برای محاسبه حداکثر عمق آبشستگی در دماغه آبشکن‌های صلب و مستقیم به شرح زیر ارائه شده است.

$$\frac{d_2}{d_1} = 3.5 F_0^{0.75} \left(\frac{d_{50}}{d_1}\right)^{0.25} \left(\frac{L}{d_1}\right)^{0.29} \quad \text{رابطه (۶)}$$

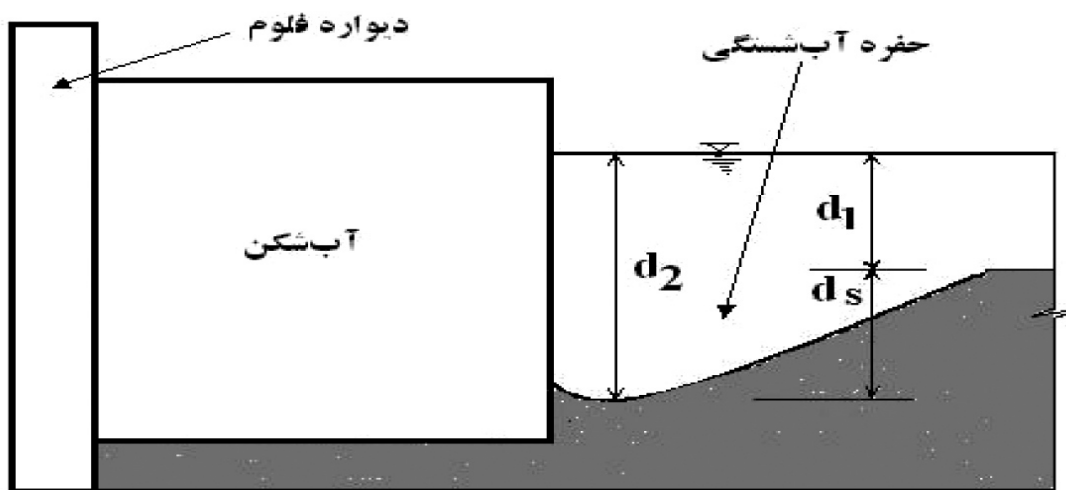
مقادیر  $\frac{d_2}{d_1}$  با استفاده از اندازه‌گیری‌های تحقیق حاضر برای آبشکن‌های مستقیم از رابطه ۶ برآورد گردیده است. این اطلاعات به همراه اطلاعات محاسبه‌ای از رابطه ۵ و مقادیر مشاهده‌ای برای

آبشستگی در دماغه هر یک از آبشکن‌ها ( $d_s$ )، که از تفاضل رقوم کف کانال قبل از شروع آزمایش و رقوم کف بعد از آبشستگی حاصل می‌شود، اندازه‌گیری شد. پارامتر ( $d_2$ ) نیز که عبارت از مجموع ( $d_1$ ) و ( $d_s$ ) می‌باشد در هر مورد محاسبه گردید. پارامترهای  $d_1$  و  $d_2$  و  $d_s$  در شکل ۳ نشان داده شده است. عمق جریان در بلا دست آبشکن‌ها ( $d_1$ ) برای دبی‌های ۳۰، ۳۵ و ۴۰ لیتر بر ثانیه به ترتیب برابر ۴/۳۹، ۴/۸۳ و ۵/۵۲ سانتی‌متر می‌باشد.

پس از انجام آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌های لازم مقادیر عمق آبشستگی ( $d_s$ ) و نسبت بدون بعد عمق آب در گودال آبشستگی به عمق اولیه جریان ( $d_2/d_1$ ) برای دبی‌های ۳۰، ۳۵ و ۴۰ لیتر بر ثانیه در مقابل نسبت فاصله به طول آبشکن‌ها محاسبه شد. مشخصات آزمایش‌ها و نتایج اندازه‌گیری‌ها در جدول ۱ ارائه گردیده است. با توجه اطلاعات جدول ۱ عمق آبشستگی در دماغه آبشکن اول که تحت تأثیر تنگ‌شدگی ناگهانی قرار دارد بیشترین مقدار می‌باشد و در آبشکن‌های وسطی به تدریج کاهش می‌یابد و در آبشکن پنجم که متأثر از بازشدگی ناگهانی می‌باشد مجدد افزایش می‌یابد. مقادیر آبشستگی در آبشکن‌های مستقیم در شرایط مشابه نسبت به آبشکن‌های سرکج بیشتر می‌باشد.

### بحث و نتیجه‌گیری

از آنجا که در مجموعه آبشکن‌ها، آبشکن‌های ابتدا و انتها تحت شرایط بالادست و پایین دست و تنگ‌شدگی و بازشدگی ناگهانی مقطع می‌باشند، دارای مقادیر آبشستگی متفاوت و معمولاً بیشتر از آبشکن‌های وسط می‌باشند. تعداد پنج ردیف آبشکن به صورت قرینه در دو طرف فلوام احداث شده و تمامی آن‌ها مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. این تعداد از این جهت انتخاب شده است تا تعداد کافی آبشکن در وسط وجود داشته باشد که تحت تأثیر ابتدا و انتها نباشد و به عنوان معیاری برای آبشکن‌های



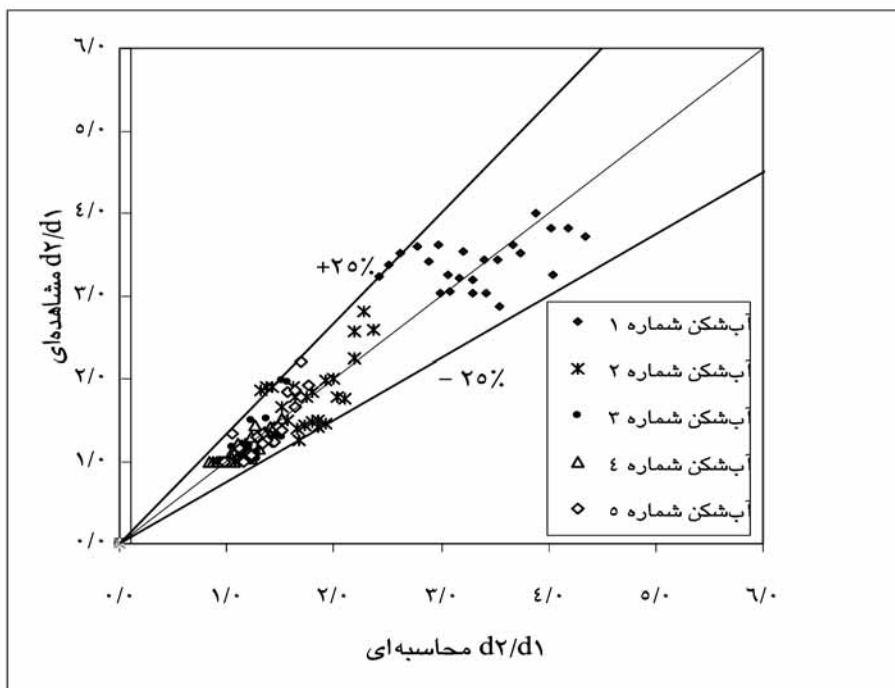
شکل ۳- طرح شماتیک آبشستگی در دماغه یک آبشکن

جدول ۱- مشخصات آزمایش‌ها و نتایج اندازه‌گیری‌ها

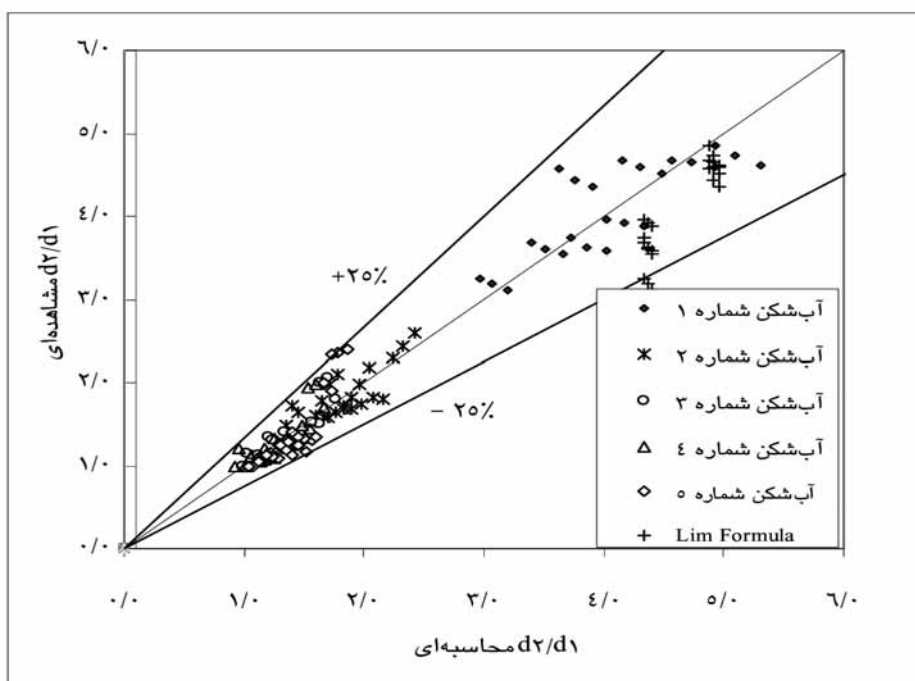
نسبت $d^2/d^1$ در آب‌شکن‌های مستقیم					نسبت $d^2/d^1$ در آب‌شکن‌های سرکج					پارامتر ذره رسوب	فاصله آب‌شکن (سانتی‌متر)	طول آب‌شکن (سانتی‌متر)	سرعت جریان (متر بر ثانیه)	عمق جریان (سانتی‌متر)	دبی (لیتر بر ثانیه)
شماره آب‌شکن					شماره آب‌شکن										
۵	۴	۳	۲	۱	۵	۴	۳	۲	۱	F <sub>۰</sub>	S	L	V <sub>۱</sub>	d <sub>۱</sub>	Q
۱/۲۹	۱/۱۰	۱/۲۵	۲/۱۰	۴/۳۵	۱/۲۷	۱/۲۱	۱/۱۹	۱/۷۷	۳/۵۴	۶/۴۸	۴۵	۲۲/۵	۰/۴۶	۴/۳۹	۳۰
۱/۲۱	۱/۰۶	۱/۳۱	۱/۹۸	۴/۴۴	۱/۰۶	۱/۰۹	۱/۰۰	۱/۲۵	۳/۰۵	۶/۸۷	۴۵	۲۲/۵	۰/۴۸	۴/۸۳	۳۵
۱/۱۰	۱/۰۵	۱/۳۵	۱/۷۹	۴/۵۸	۱/۱۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۸۹	۳/۶۲	۷/۲۲	۴۵	۲۲/۵	۰/۵۱	۵/۲۵	۴۰
۱/۳۰	۱/۲۵	۱/۳۶	۲/۱۷	۴/۵۱	۱/۴۱	۱/۴۴	۱/۵۱	۲/۰۰	۳/۶۲	۶/۴۸	۶۷/۵	۲۲/۵	۰/۴۶	۴/۳۹	۳۰
۱/۳۲	۱/۲۵	۱/۳۲	۱/۹۹	۴/۵۹	۱/۲۳	۱/۰۴	۱/۱۸	۱/۴۶	۳/۴۴	۶/۸۷	۶۷/۵	۲۲/۵	۰/۴۸	۴/۸۳	۳۵
۱/۳۵	۱/۲۶	۱/۳۱	۱/۸۳	۴/۶۸	۱/۲۷	۱/۰۹	۱/۱۲	۱/۴۱	۳/۴۴	۷/۲۲	۶۷/۵	۲۲/۵	۰/۵۱	۵/۲۵	۴۰
۱/۹۰	۱/۴۵	۱/۵۰	۲/۳۰	۴/۶۰	۱/۶۵	۱/۳۱	۱/۳۰	۲/۲۵	۳/۲۴	۶/۴۸	۹۰	۲۲/۵	۰/۴۶	۴/۳۹	۳۰
۲/۰۰	۱/۴۹	۱/۵۳	۱/۸۰	۴/۶۶	۱/۸۳	۱/۳۵	۱/۳۱	۱/۷۶	۴/۰۱	۶/۸۷	۹۰	۲۲/۵	۰/۴۸	۴/۸۳	۳۵
۱/۳۵	۱/۲۶	۱/۳۱	۱/۸۳	۴/۶۸	۱/۳۷	۱/۱۵	۱/۲۷	۱/۷۸	۳/۵۲	۷/۲۲	۹۰	۲۲/۵	۰/۵۱	۵/۲۵	۴۰
۲/۴۰	۱/۷۰	۱/۸۰	۲/۶۰	۴/۶۲	۱/۹۲	۱/۵۲	۱/۸۴	۲/۵۹	۳/۷۲	۶/۴۸	۱۱۲/۵	۲۲/۵	۰/۴۶	۴/۳۹	۳۰
۲/۳۶	۱/۹۸	۲/۰۶	۲/۴۳	۴/۷۴	۲/۲۱	۱/۴۱	۱/۹۶	۲/۸۱	۳/۸۳	۶/۸۷	۱۱۲/۵	۲۲/۵	۰/۴۸	۴/۸۳	۳۵
۲/۳۳	۱/۹۴	۲/۰۱	۲/۳۰	۴/۸۵	۱/۸۶	۱/۴۲	۱/۹۹	۲/۵۶	۳/۸۱	۷/۲۲	۱۱۲/۵	۲۲/۵	۰/۵۱	۵/۲۵	۴۰
۱/۰۴	۱/۰۰	۱/۱۲	۱/۶۴	۳/۱۱	۱/۳۳	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۹۰	۳/۵۲	۶/۴۸	۳۰	۱۵	۰/۴۶	۴/۳۹	۳۰
۱/۰۰	۱/۲۰	۱/۱۵	۱/۷۲	۳/۱۸	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۱	۱/۸۹	۳/۳۷	۶/۸۷	۳۰	۱۵	۰/۴۸	۴/۸۳	۳۵
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۴۸	۳/۲۴	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۸۶	۳/۲۳	۷/۲۲	۳۰	۱۵	۰/۵۱	۵/۲۵	۴۰
۱/۰۸	۱/۰۷	۱/۱۵	۱/۵۸	۳/۵۴	۱/۱۰	۱/۰۸	۱/۱۴	۱/۷۷	۳/۰۳	۶/۴۸	۴۵	۱۵	۰/۴۶	۴/۳۹	۳۰
۱/۱۱	۱/۰۹	۱/۰۷	۱/۶۰	۳/۶۱	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۴۹	۳/۴۱	۶/۸۷	۴۵	۱۵	۰/۴۸	۴/۸۳	۳۵
۱/۱۲	۱/۱۱	۱/۱۳	۱/۵۲	۳/۶۹	۱/۱۶	۱/۰۰	۱/۱۷	۱/۶۷	۳/۵۹	۷/۲۲	۴۵	۱۵	۰/۵۱	۵/۲۵	۴۰
۱/۱۲	۱/۰۹	۱/۲۱	۱/۶۸	۳/۵۸	۱/۳۲	۱/۰۳	۱/۰۰	۱/۴۸	۳/۰۳	۶/۴۸	۶۰	۱۵	۰/۴۶	۴/۳۹	۳۰
۱/۱۹	۱/۱۳	۱/۲۶	۱/۶۵	۳/۶۲	۱/۲۹	۱/۰۵	۱/۰۰	۱/۴۳	۳/۲۱	۶/۸۷	۶۰	۱۵	۰/۴۸	۴/۸۳	۳۵
۱/۲۴	۱/۲۰	۱/۳۰	۱/۵۹	۳/۷۵	۱/۰۶	۱/۰۰	۱/۰۵	۱/۴۰	۳/۲۵	۷/۲۲	۶۰	۱۵	۰/۵۱	۵/۲۵	۴۰
۱/۱۷	۱/۲۲	۱/۲۳	۱/۷۵	۳/۸۸	۱/۲۳	۱/۳۰	۱/۳۱	۱/۹۸	۲/۸۷	۶/۴۸	۷۵	۱۵	۰/۴۶	۴/۳۹	۳۰
۱/۲۵	۱/۲۶	۱/۲۱	۱/۶۸	۳/۹۱	۱/۲۶	۱/۲۱	۱/۰۴	۱/۴۹	۳/۰۲	۶/۸۷	۷۵	۱۵	۰/۴۸	۴/۸۳	۳۵
۱/۴۰	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۷۲	۳/۹۶	۱/۲۱	۱/۱۹	۱/۴۹	۱/۸۵	۳/۱۸	۷/۲۲	۷۵	۱۵	۰/۵۱	۵/۲۵	۴۰

جدول ۲- مقادیر ضریب Ks برای آب‌شکن‌های مستقیم و سرکج ابتدا تا انتها

شماره آب‌شکن	۱	۲	۳	۴	۵
آب‌شکن سرکج	۱/۰۳	۰/۵۶	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۴۲
آب‌شکن مستقیم	۱/۲۵	۰/۵۷	۰/۴۲	۰/۳۹	۰/۴۴



شکل ۴- مقایسه مقادیر مشاهده‌ای  $\frac{d_2}{d_1}$  و مقادیر محاسبه‌ای از رابطه ۵ برای آبشکن‌های سرکج



شکل ۵- مقایسه مقادیر مشاهده‌ای  $\frac{d_2}{d_1}$  و مقادیر محاسبه‌ای از روابط ۵ و ۶ برای آبشکن‌های مستقیم

۵- نصرالهی، علی، مسعود قدسیان و سیدمهدی حسینی تهرانی، ۱۳۸۰؛ حداکثر عمق آبشستگی اطراف آبشکن‌های باز، مجموعه مقالات کنفرانس سازه‌های هیدرولیکی، کرمان، صفحات ۵۹۳ تا ۵۹۸

۶- نصرالهی، علی و مسعود قدسیان، ۱۳۸۲. تأثیر پارامتر  $\frac{u}{u_c}$  بر روی عمق حداکثر آبشستگی اطراف آبشکن‌های بسته، مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس هیدرولیک ایران، شیراز.

7- Barbhuiya, A. K. and Dey, S., 2004; Local scour at abutments: A review, Sadhana, Vol. 29, Part 5, Printed in India, PP. 449-476.

8- Elawady, W., Michiue, M. and Hinokidani, O., 2001; Characteristic of scour around repelling spur dikes, Proceeding of XXIX IAHR Congress, Beijing, China, Vol. E, PP. 343-345.

9- Garde, R. J., Subramanya, K. and Nambudripad, K.D., 1961; Study of scour around spur - dikes. Journal of Hydraulics Division, ASCE, Vol. 86, No. HY6, PP. 23-37.

10- Gill, M. A., 1972; Erosion of sand beds around spur dikes. Journal of Hydraulics Division, ASCE, Vol. 86, No. HY9, PP. 1587-1601.

11- Kothyari, U.C., and Ranga Raju, K.G., 2001; Scour around spur dikes and bridge abutments, Journal of Hydraulic Research, Vol. 39, No. 4, PP. 367-374.

12- Lim, S.Y. and Tong. K.P., 1991; On estimation of maximum scour around spur dike. Proc. XXIV Cong. of IAHR, Madrid, Vol. A, PP. 563-570.

13- Lim, S.Y. and Chiew, Y. M., 1992; Effect of sediment gradation on scour at spur dike. Proc. International Symposium on Hydraulic Research in Nature and Laboratory, Wuhan, China, Vol. II, PP. 112-117.

14- Wang, T.W. and Yanipirut, N., 1988; Channel bed degradation caused by construction, Proce. Of Cong. Of APD-IAHR, Kyoto, Japan, PP. 285-292.

آبشکن‌های مستقیم در شکل ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که تفاوت مقادیر محاسبه‌ای و مشاهده‌ای برای آبشکن‌های مستقیم نیز در محدوده  $\pm 25\%$  خطا قرار دارند. چنانچه در شکل مشخص است، رابطه ۶ مقادیر  $\frac{d_2}{d_1}$  را نسبت به رابطه ارائه شده برای آبشکن اول در تحقیق حاضر دست بالا برآورد می‌کند، که می‌تواند ناشی از نفوذپذیر بودن آبشکن در تحقیق حاضر باشد.

### سیاسگزاری

انجام این تحقیق مستلزم وجود امکانات آزمایشگاهی، سرمایه‌گذاری جدی و بذل توجه و مساعدت بوده‌است. برای انجام این تحقیق از امکانات و پرسنل آزمایشگاه مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری وزارت جهاد کشاورزی و حمایت‌های مالی این مرکز استفاده گردیده‌است. بدین وسیله از مسئولین مرکز، به‌خاطر حمایت‌های بی‌دریغ در استفاده از امکانات و از پرسنل زحمت‌کش بخش خدمات فنی برای همکاری صمیمانه در تمامی مراحل انجام کارهای آزمایشگاهی سپاسگزاری می‌شود.

### منابع مورد استفاده

- ۱- حسینی، خلیل، مسعود ساجدی‌سابق و مهدی حبیبی، ۱۳۷۵؛ بررسی آبشستگی موضعی دماغه آبشکن با تغییر شکل دماغه، مجموعه مقالات چهارمین سمینار مهندسی رودخانه، اهواز، صفحات ۴۸۹ تا ۴۹۸
- ۲- ساجدی‌سابق، مسعود، خلیل حسینی و مهدی حبیبی، ۱۳۷۵؛ بررسی آبشستگی موضعی دماغه آبشکن با تغییر زاویه قرارگیری، مجموعه مقالات چهارمین سمینار مهندسی رودخانه، اهواز، صفحات ۵۹۶ تا ۶۰۹
- ۳- عباسی، علی‌اکبر، احمدعلی عسگری و محمد علی بنی‌هاشمی، ۱۳۷۶؛ بررسی آزمایشگاهی عمق آبشستگی دماغه آبشکن‌های توری‌سنگی - مجموعه مقالات اولین کنفرانس هیدرولیک ایران، ص ۲۶۹ تا ۲۷۸.
- ۴- عباسی، علی‌اکبر، مهدی حبیبی و مسعود ساجدی‌سابق، ۱۳۸۱؛ بررسی تأثیر طول، فاصله و شکل آبشکن‌های توری‌سنگی در حفاظت سواحل رودخانه‌ها - گزارش طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری ۱۰۰-صفحه.

