

مطالعه آزمایشگاهی آبستنگی موضعی اطراف سری آبشکن‌های نوع باندال لایک در شرایط آب زلال

زهرا شجاعیان^{۱*}، سید محمود کاشفی پور^۲، سید حبیب موسوی جهرمی^۳ و محمود شفاعی بجمستان^۴

^۱ - نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری سازه‌های آبی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

^۲ - استاد گروه سازه‌های آبی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

^۳ - استاد گروه سازه‌های آبی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

^۴ - استاد گروه سازه‌های آبی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۱۵

تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۲۶

چکیده

حفاظت رودخانه در برابر فرسایش و تخریب ناشی از جریان آب با استفاده از آبشکن‌ها از جمله روش‌های متداول در مهندسی رودخانه تلقی می‌شود. در این تحقیق تأثیر آبشکن نوع باندال لایک^۱ بر روی الگوی فرسایش در شرایط غیر مستغرق مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش‌ها در شرایط آب زلال و با در نظر گرفتن سه فاصله بین آبشکن، سه زاویه قرارگیری آبشکن و چهار دبی مختلف و در حالت نفوذپذیری ۴۵ درصد انجام گرفت. نتایج نشان داد که حداکثر عمق آبستنگی اطراف آبشکن اول اتفاق می‌افتد. هم‌چنین در یک عدد فرود ثابت، با افزایش فاصله بین آبشکن‌ها، میزان حداکثر عمق آبستنگی کاهش یافت. سپس تأثیر زاویه قرارگیری آبشکن نسبت به ساحل با زوایای ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ درجه بر روی حداکثر عمق آبستنگی مورد بررسی قرار گرفته. نتایج نشان داد که بیشترین عمق آبستنگی با زاویه ۹۰ درجه و کمترین آن با زاویه ۶۰ درجه به وجود آمده است.

کلید واژه‌ها: آبستنگی، حفاظت دیواره رودخانه، آبشکن باندال لایک.

Experimental Study on The Local Scouring of Series of *Bandal-Like spurs* in Clear Water Condition

Z. Shojaeian^{1*}, S. M. Kashefipour², S. H. Mosavi Jahromi³ and M. Shafae Bajestan⁴

^{1*} - Ph.D. Student, Hydraulic Structures Department, Water Sciences Engineering Faculty, Shahid Chamran University.

2- Professor, Hydraulic Structures Department, Water Sciences Engineering Faculty, Shahid Chamran University.

3- Professor, Hydraulic Structures Department, Water Sciences Engineering Faculty, Shahid Chamran University.

4- Professor, Hydraulic Structures Department, Water Sciences Engineering Faculty, Shahid Chamran University.

Received: 17 July 2013

Accepted: 5 January 2014

Abstract

Using of spur dikes is one of the usual methods in river engineering for river bank protection against erosion and destruction due to water flow. In this research the influence of Bandal-Like spur on the erosion pattern in non-submerged conditions was investigated. Experiments were performed in clear water condition, considering 3 spaces between Bandal-Like spurs, 3 placement angels of

1- Bandal-Like spur

Bandal-Like spurs and 4 discharges in 45% permeability of Bandal-Like spurs. The results indicated that maximum depth of scouring was occurred around first Bandal-Like spur. Also in a constant Fr, the maximum depth of scouring decreased with increasing space between Bandal-Like spurs. Finally the impact of placement angel of Bandal-Like spurs on the maximum depth of scouring with degrees of 60, 90 and 120 degree was investigated. The results showed that the maximum depth of scouring in degrees of 90 and 60 degree are maximum and minimum, respectively.

Keywords: Scouring, River bank protection, Bandal-Like spur.

مقدمه

می‌گذارد. شبیه‌سازی عددی میدان جریان به کمک حل معادله‌های ناویر-استوکس و به کارگیری مدل آشفستگی $k - \epsilon$ انجام شد. نتایج، نشان دادند که در آبشکن نفوذپذیر آبشستگی به دلیل جدایی جریان و گرداب‌های ایجاد شده بین میله‌ها می‌باشد در صورتی که در آبشکن‌های نفوذناپذیر آبشستگی به دلیل جدایی جریان و گرداب‌های نعل اسبی ایجاد شده در پشت آبشکن می‌باشد. گو و همکاران^۴ (۲۰۱۱)، با انجام آزمایش‌هایی به بررسی انتقال رسوبات معلق در کانال در حضور آبشکن‌های نفوذپذیر پرداختند. در این تحقیق تأثیر نسبت $\frac{S}{L}$ (فاصله بین آبشکن‌ها و L : طول آبشکن) بر روی خصوصیات جریان و رسوب، ساختار جریان‌های ثانویه و غلظت رسوبات معلق مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که رسوبات معلق بین آبشکن‌های نفوذپذیر به سمت پایین‌دست به صورت یکنواخت توزیع می‌شود، همچنین با افزایش نسبت $\frac{S}{L}$ ، شدت تنش رینولدز افزایش می‌یابد. تراگوچی و همکاران^۵ (۲۰۱۱، b)، از یک مدل آزمایشگاهی برای بررسی جریان آشفته و تغییرات بستر در اطراف آبشکن استفاده کردند. در این تحقیق از آبشکن نفوذپذیر و نفوذ ناپذیر و یک نوع جدید آبشکن به نام باندال لایک که ترکیبی از آبشکن نفوذپذیر و نفوذناپذیر است، استفاده کردند و توانستند با استفاده از یک مدل سه بعدی، توزیع سرعت و رسوب‌گذاری را اطراف این سازه در دو حالت مستغرق و غیر مستغرق بررسی کنند. نتایج آزمایش‌ها نشان‌دهنده بیشتر بودن حداکثر عمق آبشستگی در دماغه آبشکن نفوذ ناپذیر نسبت به آبشکن نفوذ پذیر می‌باشد. در نهایت این محققان یک مدل سه بعدی برای شبیه‌سازی جریان و آبشستگی در اطراف آبشکن ارائه کردند. آزمایش‌های مربوط به سازه باندال لایک در یک فلوم به طول ۱۰ متر، عرض ۰/۸ متر و ارتفاع ۰/۲۸ متر (عمق منطقه آزمایش ۰/۴۵ متر) انجام شد. تجزیه و تحلیل نتایج نشان داد که این سازه در مقایسه با آبشکن‌های نفوذناپذیر چاله آبشستگی کوچک‌تری را ایجاد می‌کند. همچنین به

آبشکن‌ها با تعدیل شرایط هیدرولیکی و ایجاد جریان آرام، قدرت فرسایش آب و توان حمل مواد رسوبی را کاهش داده و زمینه مساعدی برای رسوب‌گذاری و تثبیت کناره‌ها را فراهم می‌آورند. این سازه‌ها با تغییر الگوی جریان، زمینه‌ی مساعدی را برای رسوب‌گذاری بین آبشکن‌ها فراهم می‌کنند. محققین زیادی از حدود نیم قرن پیش، روی تعدادی از این پارامترها، تحقیقات آزمایشگاهی انجام داده و ارتباط بین پارامترها و حدود تغییرات آن‌ها را گزارش کرده‌اند. مک کوی و همکاران^۱ (۲۰۰۶)، به بررسی میدان‌های جریان در اطراف و بین دو آبشکن عمودی در یک کانال باز مستقیم پرداختند که از خصوصیات جریان، جدایی‌های بزرگ، اختلاف فشار آشکار بین بالادست و پایین دست آبشکن و ایجاد گردابه‌های ناماندگار می‌باشد. آنان از روش عددی شبیه سازی گردابه‌های بزرگ استفاده نموده و گزارش کردند که در جریان اصلی، گردابه‌های نعل اسبی ناماندگار در پایه‌ی آبشکن‌ها و در بالادست جریان ایجاد می‌گردد. همچنین جدا شدن لایه‌ی برشی در بالادست نوک آبشکن باعث تشکیل گردابه‌های بعدی می‌شود، که این گردابه‌ها در اندرکنش با گ ردابه‌های داخل دو آبشکن قابل تشخیص می‌باشد. کوتیاری^۲ (۲۰۰۷)، بر اساس مشاهدات روی پایه‌های پل واقعی ساخته شده بر اساس فرمول‌های لیسلی و انگلیس، اظهار نمود که این فرمول‌ها مقادیر آبشستگی را کمتر از مقادیر واقعی برآورد می‌کنند. دلیل این امر بر اساس نظر کوتیاری این است که این فرمول‌ها تنها بر اساس داده‌های مربوط به ۱۷ پل که تعداد کمی بوده استخراج شده‌اند و تنها برای ذرات ماسه‌ای غیر چسبنده با قطر متوسط ۰/۰۶ تا ۰/۳۷ میلی‌متر قابل کاربرد می‌باشند. ژانگ و ناکاگاوا^۳ (۲۰۰۹)، الگوی جریان و تغییرات بستر در حضور آبشکن‌های نفوذپذیر و نفوذناپذیر را مورد بررسی آزمایشگاهی و شبیه‌سازی عددی قرار دادند. آزمایش‌ها در یک فلوم مستقیم به طول ۸ متر، عرض ۰/۴ متر و عمق ۰/۴ متر و در شرایط آب صاف انجام شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که نفوذپذیری تأثیر مهمی بر روی الگوی جریان و تغییرات بستر

1- McCoy *et al.*

2 - Kothiyari

3 -Zhang and Nakagawa

4- Gu *et al.*

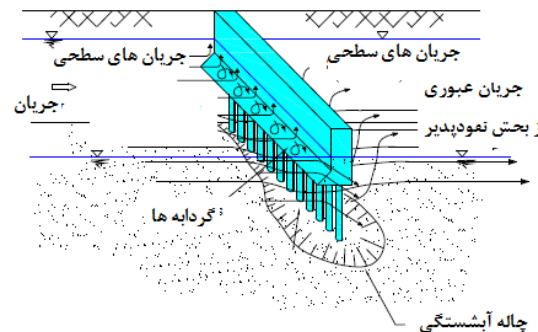
5- Teraguchi *et al.*

می‌گردد. انسداد جریان موجب میرا شدن سرعت جریان گردیده و ته‌نشینی رسوبات را در پایین دست باندال‌ها در سواحل در رودخانه‌های آبرفتی تسهیل می‌نماید. قسمت پایین این سازه نیز مانند یک آبشکن نفوذپذیر عمل می‌کند و به علت عدم تغییر شکل ناگهانی خطوط جریان، جریان‌های گردابی با شدت کمتری به وجود می‌آید و در نتیجه آبستنگی موضعی محدودتر خواهد بود. آرایش ردیف پایه‌ها سبب افزایش مقاومت بستر همراه با توسعه جریان‌های چرخشی موضعی پیرامون پایه‌های منفرد گردیده و سبب کاهش سرعت جریان، کاهش انتقال رسوبات کف، ته‌نشست مواد رسوبی معلق درشت دانه، و جذب مواد شناور می‌گردد. تراگوچی و همکاران (۲۰۱۱a) برای بهبود عملکرد این سازه، مرز بین قسمت نفوذپذیر و نفوذناپذیر را به صورت یک صفحه با زاویه ۳۰ درجه (زاویه انحراف) نسبت به محور عمودی قرار داد. این انحراف سبب کاهش قدرت جریان رو به پایین و در نتیجه کاهش فرسایش موضعی در اطراف سازه می‌گردد. در شکل (۱) مدل مفهومی الگوی جریان در اطراف باندال لایک در حالت غیرمستغرق را نشان می‌دهد.

دلیل اینکه بخش پایینی سازه نفوذپذیر است رسوبات معلق از این بخش عبور کرده و در پایین دست سازه ته‌نشین می‌شوند. از این رو این سازه در رودخانه‌های آبرفتی می‌تواند کارایی خوبی در جهت حفاظت از سواحل و بستر رودخانه داشته باشد. وطن فدا (۱۳۷۰)، مطالعه‌ای روی عملکرد آبشکن‌های باز در زمینه رسوبگذاری انجام و مناسب‌ترین درصد آبشکن را از نظر رسوبگذاری در بین آبشکن‌ها مورد بررسی قرار داد. میری (۱۳۷۸)، مطالعه‌ای روی عملکرد آبشکن‌های باز یک ردیفه و دو ردیفه بر رسوبگذاری اطراف آبشکن‌ها انجام داد و به این نتیجه دست یافت که در آبشکن‌های یک ردیفه رسوبگذاری حداکثر در محدوده بازشدگی ۵۰ درصد و در آبشکن‌های دو ردیفه به ازای بازشدگی ۳۰ درصد صورت گرفته‌است.

الگوی جریان اطراف باندال لایک‌ها

ساختار باندال لایک‌ها به عنوان یک سازه ترکیبی بسیار ساده است. خصوصیت اصلی سازه باندال لایک این است که قسمت بالایی آن مانند یک آبشکن نفوذناپذیر عمل می‌کند و با انحراف مسیر آب از دیواره‌ها به میانه رودخانه باعث توسعه جریان گردابی در کناره‌ها



شکل ۱- الگوی جریان در اطراف باندال لایک در حالت غیرمستغرق (تراگوچی و همکاران، ۲۰۱۱a)



شکل ۲- نمای جانبی فلوم آزمایشگاهی و بستر رسوبی

شجاعیان و همکاران: مطالعه آزمایشگاهی آبستگي موضعي اطراف سري آبشكن هاي ...

$\frac{L}{h}$ تقسيم شود، عدد بدون بعد $\frac{S}{L}$ حاصل مي شود. همچنين با تقسيم پارامتر $\frac{B_1}{h}$ بر $\frac{B}{h}$ عبارت $\frac{B_1}{B}$ حاصل مي شود. همچنين از معكوس نمودن $\frac{\mu}{\rho V h}$ و $\frac{gh}{V^2}$ عدد بي بعد رينولدز و فرود حاصل مي شود. با جايگذاري پارامترهاي به دست آمده، رابطه (۳) به دست مي آيد:

$$\frac{h_s}{h} = f_3 \left(\frac{S}{L}, \frac{B_1}{B}, \theta, \alpha, \frac{V_c}{V}, \frac{d_{50}}{h}, R_e, \frac{\rho}{\rho_s}, Fr \right) \quad (3)$$

با توجه به اينكه درصد نفوذپذيري، طول باندايلايك و عمق جريان در تمام آزيمايش ها به ترتيب ۴۵ درصد، ۱۱ سانتيمتر و ۱۶ سانتيمتر و رسوبات مورد استفاده در آزيمايش ها ماسه با دانه بندي ۰/۷ $d_{50} =$ ميلي متر در نظر گرفته شده و شرايط آب زلال ($\frac{V}{V_c} \leq 0.95$) در آزيمايش ها حاكم مي باشد، اين نسبت ها براي تمام

آزيمايش ها $\alpha = 45$ درصد، $\frac{B_1}{B}$ و $\frac{\rho_s}{\rho}$ ثابت فرض شده است، در نتيجه پارامترهاي بي بعد $\frac{\rho_s}{\rho}$ ، $\frac{V}{V_c}$ ، α و $\frac{B_1}{B}$ نيز از بين عوامل بي بعد کنار گذاشته مي شوند و در نهايت رابطه زير به دست مي آيد:

$$\frac{h_s}{h} = f_4 \left(\frac{S}{L}, \theta, R_e, Fr \right) \quad (4)$$

در رابطه بالا همچنين با توجه به آشفتگي جريان (مقدار عدد رينولدز در بازه ۳۲۰۰۰-۴۸۰۰۰ قرار دارد) مي توان از اثر عدد رينولدز نيز صرف نظر نمود.

مشخصات فلوم آزيمايشگايي مورد استفاده در اين تحقيق شامل ۷/۳۰ متر طول، ۰/۵۶ متر عرض، ۰/۶۰ متر ارتفاع ديواره ها، و شيب ثابت ۰/۰۲۸ مي باشد. مصالح بستر با دانه بندي يکنواخت و با قطر متوسط ۰/۷ ميلي متر و انحراف معيار هندسي ۱/۳ انتخاب گرديد. سپس به ازاي شرايط مختلف دبي، زواياي مختلف و فاصله بين آبشكن ها در حالت آب زلال آزيمايش ها انجام گرديد و پس از شرايط تعادل نسبي، مقادير عمق آبستگي در اطراف سري باندايلايك ها

مطالعات گذشته بيانگر فقدان تحقيقات كافي پيرامون سري آبشكن هاي باندايلايك است. به همين منظور، در اين تحقيق با انجام مطالعات آزيمايشگايي بر روي اين گونه آبشكن ها در مسير مستقيم، حداكثر عمق آبستگي براي زوايه ها و فاصله هاي مختلف آبشكن تعيين مي گردد، ضمن اينكه عملکرد آنها با شرايط متناظر در آبشكن هاي بسته غير مستغرق مقايسه مي گردد.

مواد و روش ها

تحليل ابعادي: پارامترهاي متعددي در عملکرد باندايلايك ها براي حفاظت سواحل و آبستگي اطراف دماغه آن ها موثر مي باشند. به منظور يافتن رابطه بين عوامل مؤثر بر آبستگي در دماغه اين نوع آبشكن تحليل ابعادي روي پارامترهاي مؤثر انجام شده است. عوامل مؤثر در اين زمينه عبارتند از:

- ۱- عوامل هندسي كانال: عرض كانال (B) و عرض كانال در مقطع آبشكن (B_1).
 - ۲- عوامل هندسي آبشكن: طول آبشكن (L)، فاصله بين آبشكن ها (S)، زاويه قرارگيري آبشكن نسبت به ساحل (θ) و نفوذپذيري آبشكن (α).
 - ۳- عوامل هيدروليكي جريان: سرعت متوسط جريان در مقطع قبل از آبشكن (V)، عمق جريان (h)، عمق آبستگي در دماغه آبشكن (h_s) و شتاب ثقل (g).
 - ۴- عوامل مربوط به اندازه رسوبات بستر: قطر متوسط (d_{50})، چگالي ذرات (ρ_s)، سرعت آستانه حرکت رسوبات بستر (V_c).
 - ۵- خصوصيات فيزيكي سيال: جرم مخصوص سيال (ρ)، لزجت ديناميكي (μ).
- با انتخاب h_s به عنوان متغير وابسته، رابطه زير را مي توان نوشت:

$$h_s = f_1 (\mu, \rho, \theta, \alpha, \rho_s, s, B_1, B, h, V, V_c, d_{50}, g, L) \quad (1)$$

با استفاده از روش π - باكينگهام و انتخاب ρ, V, h به عنوان عامل تکراري، رابطه ميان پارامترهاي بي بعد، به صورت رابطه زير به دست مي آيد:

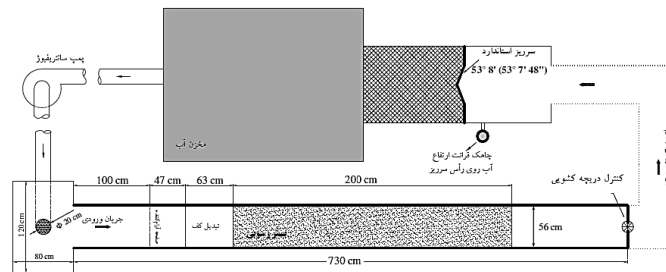
$$\frac{h_s}{h} = f_2 \left(\frac{s}{h}, \frac{B_1}{h}, \frac{B}{h}, \frac{L}{h}, \theta, \alpha, \frac{V_c}{V}, \frac{d_{50}}{h}, \frac{\mu}{\rho V h}, \frac{\rho}{\rho_s}, \frac{gh}{V^2} \right) \quad (2)$$

با توجه به اعداد بدون بعد حاصل شده، چنانچه عدد بدون بعد $\frac{S}{h}$ بر

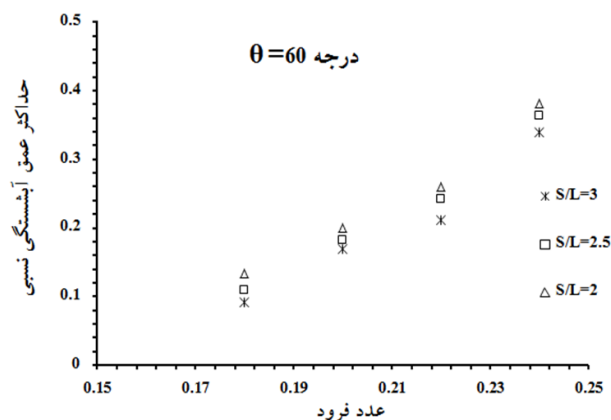
جداگانه‌ای به مدت ۱۵ ساعت انجام پذیرفت و مشخص گردید که در شکل‌های (۲) و (۳) به ترتیب نمای جانبی و پلان فلوم آزمایشگاهی، محدوده‌ی بستر رسوبی به همراه سایر ضمائم، ارائه گردیده است.

روش انجام آزمایش‌ها نیز به نحوی بود که ابتدا سطح بستر صاف شده و آب با دبی کم از انتهای کانال وارد می‌شد. این عمل به منظور جلوگیری از شسته شدن رسوبات استفاده می‌شد. بعد از اینکه ارتفاع آب به حدود ۱۰ سانتی‌متر روی رسوبات می‌رسید سپس پمپ با دبی کم روشن و تدریجاً دبی به مقدار موردنظر رسانده می‌شد. در این حالت درپچه انتهایی تا اندازه‌ای باز می‌شد که رسوبات در کل منطقه مورد آزمایش در این دبی به حرکت در نیاید. سپس عمق مورد نظر در بالادست آبشکن تنظیم و آزمایش شروع می‌شد.

اندازه‌گیری شد. به‌منظور یافتن زمان تعادل نسبی نیز آزمایش می‌توان مدت زمان ۱۵۰ دقیقه را به عنوان زمان تعادل نسبی در نظر گرفت به طوری که پس از گذشت این مدت ۸۰ درصد آبشستگی نهایی حاصل شده و از این زمان به بعد سرعت رشد حفره آبشستگی بسیار کم می‌باشد همچنین به منظور فراهم آوردن شرایط آب زلال برای آزمایش‌ها، ابتدا آزمایش‌هایی برای تعیین سرعت بحرانی (V_c) رسوبات بستر ترتیب داده شد، در آزمایش‌های تحقیق حاضر، عمق جریان ثابت فرض شد (برابر با ۰/۱۶ متر که تنظیم آن از طریق درپچه‌ی کشویی انتهایی فلوم صورت می‌گرفت). برای دبی (Q)، چهار مقدار ۰/۰۲۰، ۰/۰۲۳، ۰/۰۲۵ و ۰/۰۲۷ متر مکعب بر ثانیه در نظر گرفته شد. دبی‌های در نظر گرفته شده معادل عددهای فرود به ترتیب ۰/۱۸، ۰/۲۰، ۰/۲۲ و ۰/۲۴ می‌باشند



شکل ۳- نمای پلان مدل آزمایشگاهی به همراه ضمائم



شکل ۴- تغییرات حداکثر عمق آبشستگی نسبی نسبت به عدد فرود برای $\theta = 60$ درجه.

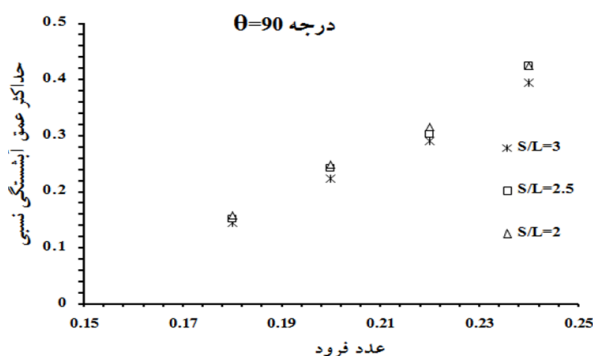
شجاعیان و همکاران: مطالعه آزمایشگاهی آبستگي موضعي اطراف سرى آبشكن‌هاى ...

نتایج و بحث

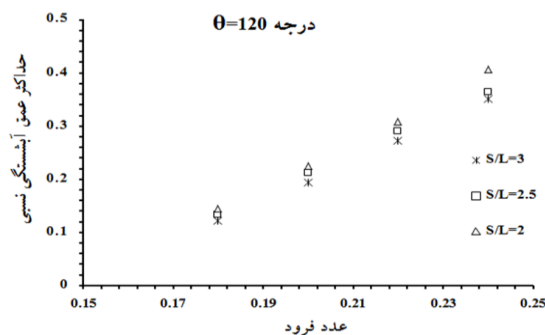
عدد فرود سرعت جریان بیشتر شده و در نتیجه تنش برشى اعمالی از طرف جریان افزایش و عمق آبستگي نیز افزایش می یابد. همچنین روند تغییرات حداکثر عمق آبستگي در فواصل مختلف آبشكن‌ها در یک عدد فرود بسیار به هم نزدیک می باشد. و با کاهش فواصل باندال لایک ها مقدار حداکثر عمق آبستگي افزایش می یابد که این مقدار افزایش نسبت به فواصل دیگر بسیار ناچیز می باشد. از این رو می توان گفت که تأثیر فاصله در کاهش عمق آبستگي در آبشكن نوع باندال لایک بسیار ناچیز است.

تغییرات $\frac{h_s}{h}$ با عدد فرود: شکل‌های (۴) تا (۶) تغییرات

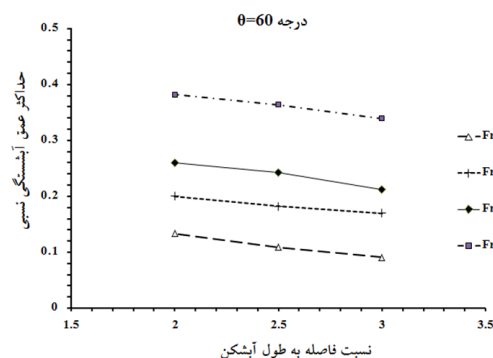
حداکثر عمق آبستگي برحسب اعداد فرود را برای سه نسبت $\frac{S}{L}$ برابر ۲، ۲/۵ و ۳ در زوایای ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ درجه نشان می دهد. با توجه به نمودار مشخص است که با افزایش عدد فرود میزان حداکثر عمق آبستگي نسبی برای یک نسبت مشخص از $\frac{S}{L}$ در هر سه زاویه افزایش می یابد. دلیل این امر آن است که با زیاد شدن



شکل ۵- تغییرات حداکثر عمق آبستگي نسبی نسبت به عدد فرود برای $\theta = 90^\circ$ درجه.



شکل ۶- تغییرات حداکثر عمق آبستگي نسبی نسبت به عدد فرود برای $\theta = 120^\circ$ درجه.



شکل ۷- تغییرات حداکثر عمق آبستگي نسبی به نسبت فاصله به طول آبشكن برای $\theta = 60^\circ$ درجه.

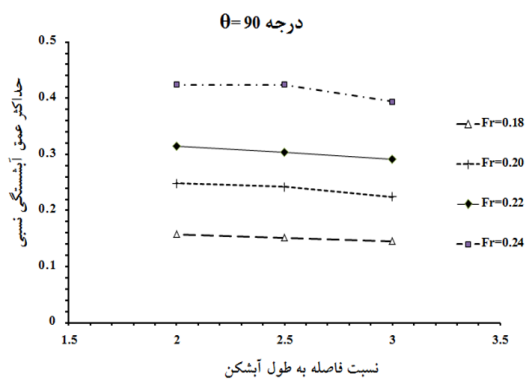
باشد، جریان‌های رو به پایین فرصت کمتری برای انجام این امر را دارند. همچنین با زیادتر شدن فاصله، حفره آبستگی آبشکن دوم اثر کمتری بر آبستگی اطراف آبشکن اول خواهد داشت. یعنی با افزایش فاصله بین آبشکن‌ها عملکرد آبشکن اول به آبشکن تکی نزدیک می‌شود.

تأثیر زاویه قرارگیری باندا لایک بر روند تغییرات $\frac{h_s}{h}$:

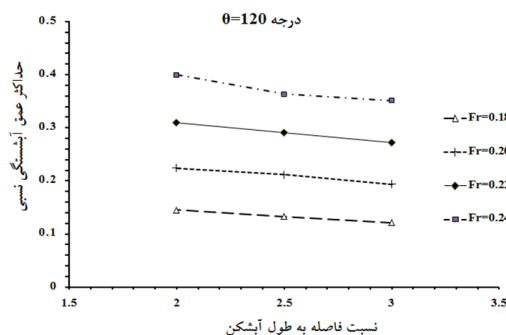
در شکل‌های (۱۰) تا (۱۲) تأثیر زاویه قرارگیری باندا لایک مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور روند تغییرات حداکثر عمق آبستگی نسبی در هر زاویه در مقابل اعداد فرود متناظر با آنها مورد بررسی قرار گرفتند. در این شکل‌ها، خطوط ممتد از برازش بهترین خط بر داده‌های آزمایشگاهی حاصل گردیده‌اند.

تغییرات $\frac{h_s}{h}$ با $\frac{S}{L}$:

شکل‌های (۷) تا (۹) تغییرات حداکثر عمق آبستگی نسبی را با نسبت فاصله به طول آبشکن $\left(\frac{S}{L}\right)$ نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که حداکثر عمق آبستگی اطراف آبشکن اول رخ می‌دهد. با توجه به این شکل‌ها مشخص است که در یک زاویه مشخص، با افزایش فاصله بین آبشکن‌ها، میزان حداکثر عمق آبستگی نسبی روند کاهشی دارد و این روند کاهشی با افزایش عدد فرود محسوس‌تر است. دلیل کاهش عمق آبستگی با افزایش فاصله بین آبشکن‌ها در این است که با زیادتر شدن فاصله بین دو آبشکن قدرت جریان عبوری در قسمت پایینی سازه به دلیل برخورد با جریان‌های رو به پایین ضعیف‌تر شده و باعث کاهش سرعت در آن منطقه می‌شود. در صورتی که هر چه فاصله بین آبشکن‌ها کمتر

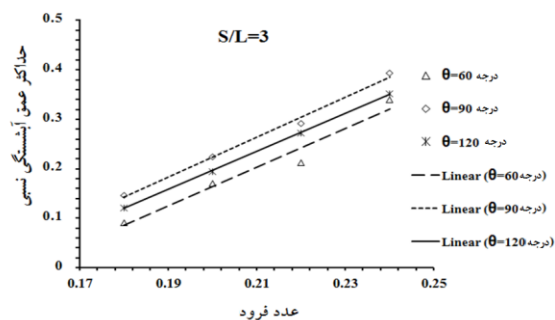


شکل ۸- تغییرات حداکثر عمق آبستگی نسبی به نسبت فاصله به طول آبشکن برای $\theta = 90^\circ$ درجه.

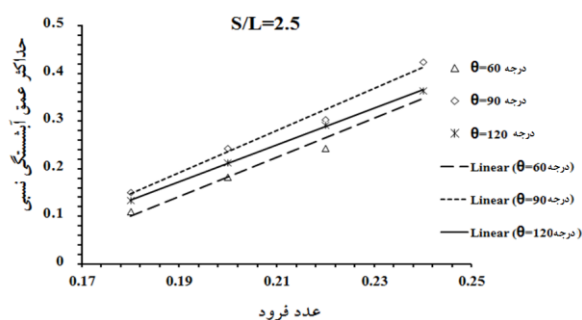


شکل ۹- تغییرات حداکثر عمق آبستگی نسبی به نسبت فاصله به طول آبشکن برای $\theta = 120^\circ$ درجه.

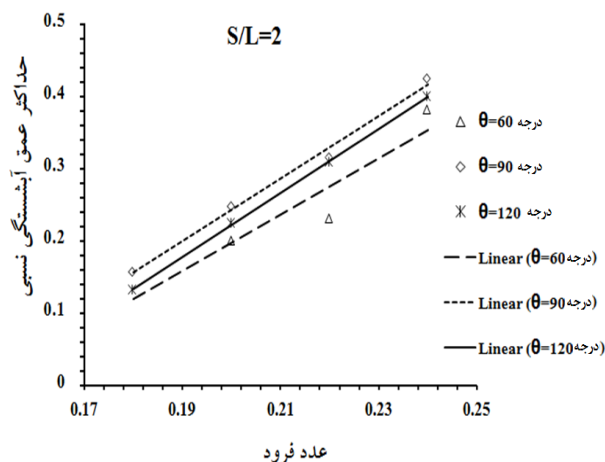
شجاعیان و همکاران: مطالعه آزمایشگاهی آبستگي موضعي اطراف سرى آبشكن هاى ...



شکل ۱۰- تأثیر زاویه قرارگیری بانداى لايك بر تغييرات حداکثر عمق آبستگي نسبي در زواياى مختلف و $\frac{S}{L} = 3$.



شکل ۱۱- تأثیر زاویه قرارگیری بانداى لايك بر تغييرات حداکثر عمق آبستگي نسبي در زواياى مختلف و $\frac{S}{L} = 2/5$.



شکل ۱۲- تأثیر زاویه قرارگیری بانداى لايك بر تغييرات حداکثر عمق آبستگي نسبي در زواياى مختلف و $\frac{S}{L} = 2$.

آبشکن فرصتی برای تشکیل جریان چرخشی وجود ندارد و خطوط جریان پس از برخورد با دیواره آبشکن به صورت مماس بر دیواره حرکت کرده و به محض رسیدن به دماغه آبشکن در اثر تلاقی و تحمل نیروی زیاد از سوی خطوط جریانی که در کانال مسیر مستقیم خود را طی می‌کنند، قادر به جدا شدن زیاد از آبشکن یا به عبارتی پرتاب به سمت مرکز کانال نیستند. بیشترین آبستگي آبشکن در

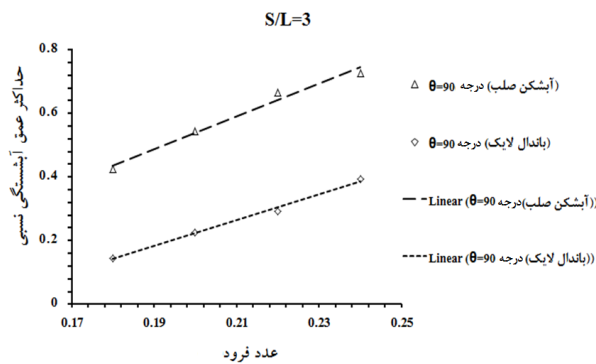
بین سه زاویه ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ درجه در شرایط یکسان از نظر کاهش عمق آبستگي، آبشکن بانداى لايك با زاویه ۶۰ درجه به مراتب بهتر از آبشکن‌های دیگر می‌باشد، دلیل این امر جاذب بودن آبشکن ۶۰ درجه می‌باشد. زیرا با عنایت به اینکه در آبشکن‌های جاذب، دماغه آبشکن در جهت جریان آب می‌باشد، در مورد گرداب یا جریان چرخشی در این زاویه باید گفت که در بالادست سازه

و با افزایش فاصله بین آبشکن‌ها این تفاوت افزایش یافته است. همچنین در این شکل‌ها مشاهده می‌شود که با افزایش عدد فرود عمق حداکثر آبشستگی نیز افزایش می‌یابد. مقدار کاهش عمق نسبی آبشستگی در باندا لایک‌ها نسبت به آبشکن بسته حداکثر ۵۵-۳۸ درصد می‌باشد. دلیل این امر آن است که در آبشکن‌های بسته با افزایش فاصله جریان گردابی کامل‌تری تشکیل می‌شود که نتیجه آن ایجاد فرسایش بیشتری در فضای بین آبشکن‌ها می‌باشد در صورتی که در باندا لایک‌ها به دلیل نفوذپذیر بودن قسمت پایینی سازه بخشی از جریان از این ناحیه عبور کرده و باعث ضعیف شدن جریان‌های رو به پایین و جریان‌های گردابی می‌شود و در نتیجه اغتشاشات کمتری در فضای بین آبشکن‌ها ایجاد می‌شود.

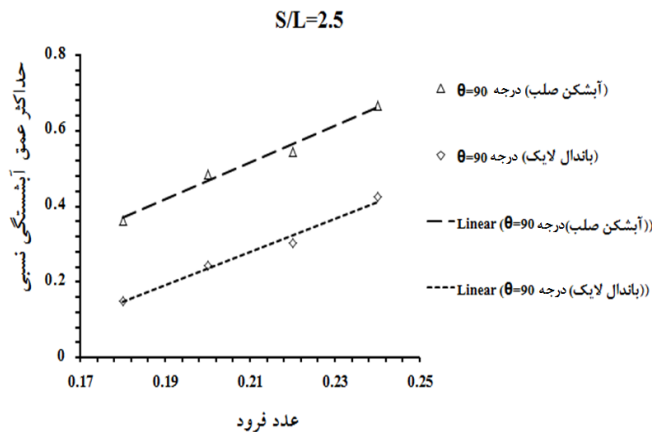
زاویه ۹۰ درجه رخ می‌دهد. علت افزایش آبشستگی در زاویه ۹۰ درجه نسبت به سایر زوایا به خاطر برخورد عمود جریان آب با آبشکن است که خطوط جریان نزدیک ساحل کانال را با یک مانع عمود مواجه می‌کند.

مقایسه $\frac{h_s}{h}$ در باندا لایک با آبشکن بسته قائم ($\theta = 90^\circ$):

در شکل‌های (۱۳) تا (۱۵) تغییرات حداکثر عمق آبشستگی نسبی نسبت به عدد فرود در باندا لایک‌ها و آبشکن‌های بسته برای، ۲ و $\frac{S}{L} = 3$ ، $\theta = 90^\circ$ درجه مورد بررسی قرار گرفته است. همان‌طور که از این شکل‌ها مشاهده می‌شود، مقدار عمق حداکثر آبشستگی در آبشکن بسته تفاوت قابل توجهی با دیگر آبشکن‌ها دارد

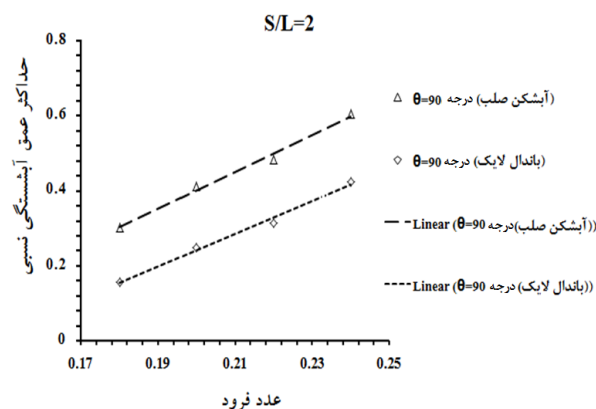


شکل ۱۳- مقایسه تغییرات $\frac{h_s}{h}$ نسبت به عدد فرود در باندا لایک با آبشکن بسته برای $\frac{S}{L} = 3$ و $\theta = 90^\circ$ درجه.



شکل ۱۴- مقایسه تغییرات $\frac{h_s}{h}$ نسبت به عدد فرود در باندا لایک با آبشکن بسته برای $\frac{S}{L} = 2/5$ و $\theta = 90^\circ$ درجه.

شجاعیان و همکاران: مطالعه آزمایشگاهی آبشستگی موضعی اطراف سری آبشکن‌های ...

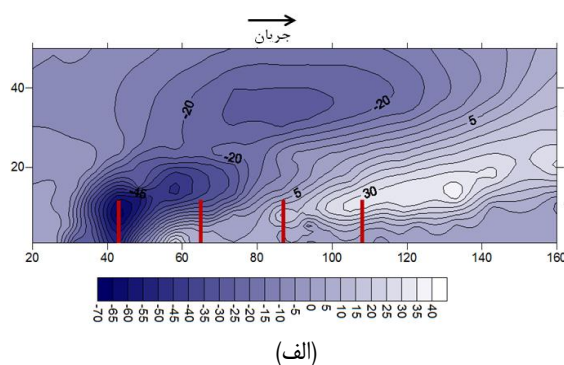


شکل ۱۵- مقایسه تغییرات $\frac{h_s}{h}$ نسبت به عدد فرود در باندا لایک با آبشکن بسته برای $\frac{S}{L} = 2$ و $\theta = 90^\circ$ درجه.

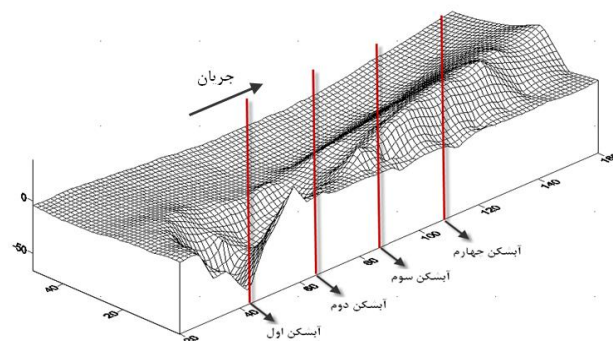
$\frac{S}{L} = 2$ و عدد فرود 0.24 در هر زاویه استفاده شده است. با توجه به این شکل‌ها مشخص است که آبشستگی فقط اطراف آبشکن اول رخ داده است و رسوبات انتقال یافته از آبشستگی اطراف باندا لایک در پایین دست آن به صورت یک پشته رسوبی شکل می‌گیرد.

تأثیر سری باندا لایک‌ها بر تغییرات توپوگرافی بستر:

پس از اتمام هر آزمایش پروفیل آبشستگی و رسوبگذاری بستر در اطراف باندا لایک‌ها با استفاده از متر لیزری برداشت می‌شد. پس از برداشت نتایج، برای بررسی الگوی فرسایش اطراف آبشکن‌ها، پروفیل‌های بستر تراز ترسیم شده اند که نمونه‌هایی از آنها در شکل‌های (۱۶) تا (۱۸) مشاهده می‌شوند. در این شکل‌ها از یک نسبت



(الف)

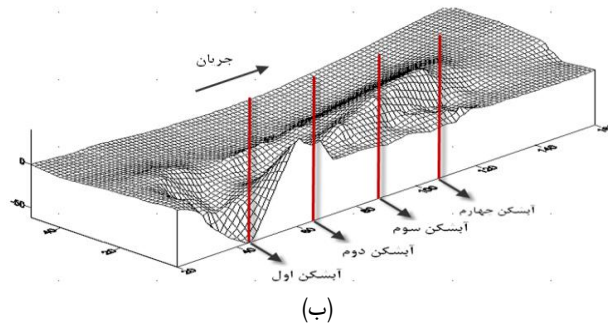
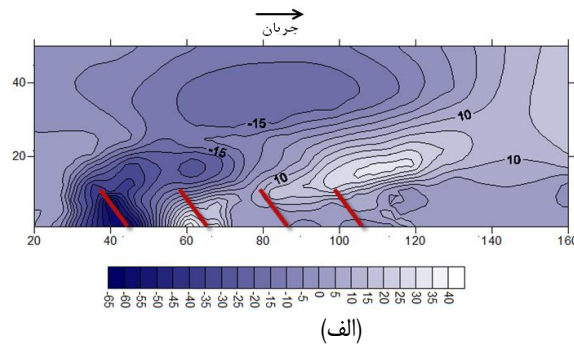


(ب)

شکل ۱۶- خطوط تراز بستر (الف) و نمای سه بعدی تغییرات بستر (ب) اطراف سری باندا لایک‌ها برای $\theta = 90^\circ$ درجه،

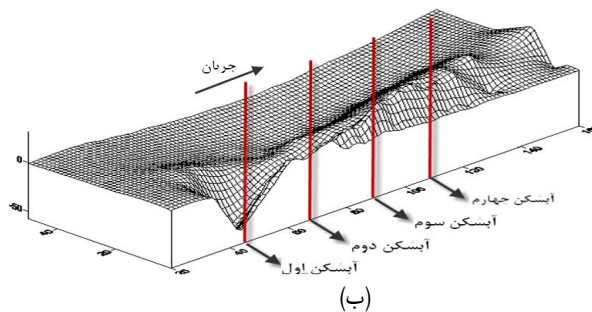
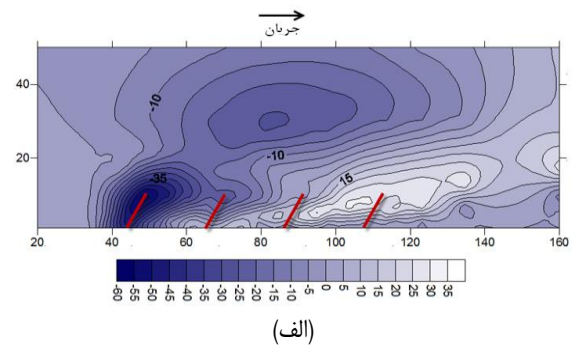
$$Fr = 0.24 \text{ و } \frac{S}{L} = 2$$

علوم و مهندسی آبیاری (مجله‌ی علمی کشاورزی)، جلد ۳۸، شماره‌ی ۲ تابستان ۹۴



شکل ۱۷- خطوط تراز بستر(الف) و نمای سه بعدی تغییرات بستر(ب) اطراف سری باندا لایک ها برای

$$Fr = 0.24 \text{ و } \frac{S}{L} = 2 \text{، درجه } \theta = 120.$$



شکل ۱۸- خطوط تراز بستر(الف) و نمای سه بعدی تغییرات بستر(ب) اطراف سری باندا لایک ها برای $\theta = 60$

$$Fr = 0.24 \text{ و } \frac{S}{L} = 2 \text{، درجه}$$

- با مشاهده شکل‌های بالا و شکل‌های مشابه دیگری که در اینجا آورده نشده است، می‌توان نتیجه گرفت که سازه بانداى لایک در مقایسه با آبشکن‌های دیگر قابلیت کاهش عمق آبستگي را دارد. همچنین این سازه به عنوان یک سازه برای حفاظت ساحل به شمار می‌آید به این دلیل که بخش نفوذ پذیر سازه (میل‌ها) باعث کاهش سرعت جریان می‌شود و در نتیجه کاهش سرعت سبب رسوبگذاری و انتقال رسوبات بوسیله جریان در نزدیک بستر و ساحل می‌شود. بخش بالایی سازه نیز سبب انحراف جریان به سمت مرکز کانال شده که این باعث عمیق‌تر شدن کانال به منظور اهداف کشتی رانی و متعادل کردن جریان رودخانه می‌شود.
- با افزایش عدد فرود میزان حداکثر عمق آبستگي نسبی برای یک نسبت مشخص از $\frac{S}{L}$ در هر سه زاویه افزایش می‌یابد.
- در یک زاویه مشخص، با افزایش فاصله بین آبشکن‌ها، میزان حداکثر عمق آبستگي نسبی روند کاهشی دارد و این روند کاهشی با افزایش عدد فرود محسوس‌تر است.
- بین سه زاویه ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ درجه در شرایط یکسان از نظر کاهش عمق آبستگي، زاویه ۹۰ درجه بیشترین و زاویه ۶۰ درجه کمترین مقدار آبستگي را داشت.
- در بانداى لایک‌ها عمق چاله فرسایشی در مقایسه با آبشکن‌های بسته به‌طور محسوسى کمتر می‌باشد. همچنین در سرى بانداى لایک‌ها آبستگي فقط اطراف آبشکن اول رخ می‌دهد.

نتیجه‌گیری

هدف از این تحقیق بررسی اثر زاویه و فاصله سرى آبشکن‌های نوع بانداى لایک روی حداکثر عمق آبستگي و توپوگرافی بستر بوده‌است که نتایج این تحقیق به صورت زیر خلاصه می‌گردد:

منابع

- ۱- میری، م. ۱۳۷۸. بررسی و مقایسه عملکرد آبشکن‌های بسته و باز یک ردیفه و دو ردیفه با استفاده از مدل هیدرولیکی. دومین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.
- ۲- وطن‌فدا، ج. ۱۳۷۰. برسی نسبت بهینه سطح بازشدگی به سطح کل آبشکن باز در مقابل جریان با استفاده از مدل هیدرولیکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی دانشگاه تهران.
- 3- GU, Z., Akahori, R and S.Ikeda, 2011, Study on the transport of suspended sediment in an open channel flow with permeable spur dikes. International Journal of Sediment Research, 26(1):96-111.
- 4- Kothyari, U. C. 2007. Indian practice on estimation of scour around bridge piers—A comment. Sadhana, 32(3): 187–197.
- 5- McCoy, A., Constantinescu, S.G. and L.Weber. 2006. Exchange processes in a channel with two vertical emerged obstructions. Journal of Flow, Turbulence and Combustion, 77(1-4): 97-126.
- 6- Teraguchi, H., Nakagawa, H., Kawaike, K., Bans, Y. and H. Zhang. 2011a. Effects of hydraulic structures on river morphological processes. International Journal of Sediment, 26(3): 283-303.
- 7- Teraguchi, H., Nakagawa, H., Kawaike, K., Baba, Y. and H.Zhang. 2011b. Alternative method for river training works: Bandal-like structures, Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE, 55: 151-156.
- 8- Zhang, H. and H. Nakagawa. 2009. Characteristics of local flow and bed deformation at impermeable and permeable spur dykes. Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE, 53: 145-150.