

بررسی پروفیل‌های طولی سرعت در اطراف سری آبشکن‌های نوع باندا لایک

زهرا شجاعیان^{۱*}، سید محمود کاشفی پور^۲، سید حبیب موسوی جهرمی^۲، محمود شفاعی بجستان^۲

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۹/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۴/۰۱

^۱ 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

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: z.shojaeian64@gmail.com

چکیده

یکی از روش‌های کنترل فرسایش کناری رودخانه‌ها، استفاده از آبشکن‌های نفوذپذیر می‌باشد. در این تحقیق اثر آبشکن نوع باندا لایک بر روی پروفیل‌های طولی سرعت، در شرایط غیر مستغرق مورد بررسی قرار گرفته است. باندا لایک یک نوع جدید از آبشکن می‌باشد که به صورت ترکیبی از آبشکن نفوذپذیر و نفوذناپذیر ساخته می‌شود. به دلیل ساختار ترکیبی آن، این سازه نقش مهمی در کنترل و کاهش سرعت دارد. در این تحقیق پروفیل‌های طولی سرعت در اطراف سری باندا لایک‌ها در ۳ حالت نفوذپذیری ۳۰٪، ۴۵٪ و ۶۴٪ مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که این سازه به دلیل بخش نفوذناپذیر آن نقش مهمی در کنترل سرعت و آرام کردن جریان در کناره‌ها دارد. همچنین با افزایش درصد نفوذپذیری از ۳۰٪ تا ۶۴٪ مقدار u_{max} در پروفیل‌های سرعت در حدود ۶٪ افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: آبشکن، کنترل فرسایش، پروفیل سرعت، غیرمستغرق، نفوذپذیری

Study on the Longitudinal Velocity Profiles Around Series of Bandal-like Spur Dike

Z Shojaeian^{1*}, SM Kashefipour², SH Mosavi Jahromi², M Shafaei Bajestan²

Received: 15 December 2013 Accepted: 22 June 2014

¹- Ph.D. Student. Hydraulic Structures Dept. Water Sciences Eng. Faculty, Shahid Chamran University, Iran

²- Prof., Hydraulic Structures Dept. Water Sciences Eng. Faculty, Shahid Chamran University, Iran

* Corresponding Author, Email: z.shojaeian64@gmail.com

Abstract

Using permeable spur dikes is one of the controlling methods of rivers' bank erosion. In this study, the influence of Bandal-like spur dike on the longitudinal velocity profile is investigated in non-submerged situation. Bandal-like is a new type of spur dike that is made of combination of permeable and impermeable spur dike. Due to its combinatorial construction, this structure has important effect on the velocity controlling and decreasing. In this study, longitudinal velocity profiles around series of Bandal-like spur dikes in 3 permeability rates of 30%, 45% and 64%, were investigated. The results indicated that this structure played an important role in controlling and decreasing the velocity in the banks due to the permeable zone. Also by increasing permeability percentage from 30% to 64%, the value of u_{max} increased about 6% in velocity profiles.

Keywords: Erosion control, Non-Submerged, Permeability, Spur dike, Velocity profile

شوند، ضمناً موجب تنگ‌شدگی موضعی در رودخانه نیز می‌گردند. این سازه‌ها با تغییر الگوی جریان، زمینه مساعدی را برای رسوب‌گذاری بین آبشکن‌ها فراهم می‌کنند. آبشکن‌ها برحسب مورد، شرایط رودخانه‌ای و اهداف موردنظر، در شکل‌ها و انواع مختلف طراحی و اجرا می‌شوند. سازه‌های آبشکن، هرچند با اهداف رسوب‌گذاری و جلوگیری از فرسایش کناره‌ها و حواشی رودخانه و تثبیت موقعیت رودخانه احداث می‌شوند، درعین‌حال، خود تحت تأثیر پدیده فرسایش ناشی از تمرکز جریان به‌خصوص در قسمت دماغه می‌باشند. در قسمت دماغه، افزایش موضعی سرعت جریان ناشی از تنگ‌شدگی مقطع و وقوع جریان چرخشی پایین‌رونده منجر به تشکیل حفره آبشستگی می‌شود که پیشرفت آن استحکام سازه را به مخاطره می‌اندازد. پارامترهای مختلفی نظیر طول، فاصله، شکل دماغه، جنس مصالح، زاویه نسبت به جهت جریان و نفوذپذیری می‌توانند در عملکرد آبشکن‌ها مؤثر باشند.

مقدمه

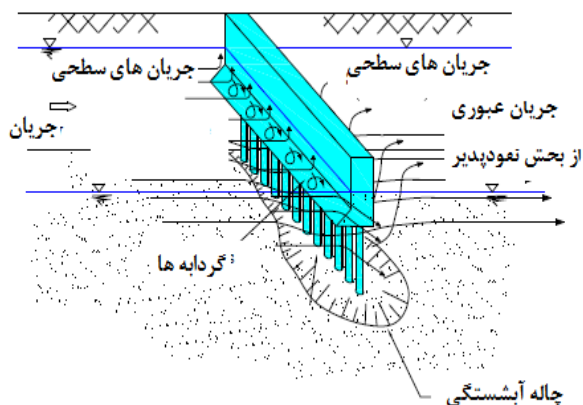
عوامل هیدرولیکی جریان نقش به‌سزایی در ایجاد فرسایش و تخریب سواحل رودخانه‌ها دارند. این نقش به‌ویژه در حالتی که دیواره‌ها از مصالح غیر چسبنده و لایه‌ای تشکیل شده باشد، بسیار چشمگیر خواهد بود. افزایش دبی سبب افزایش سرعت و تنش برشی شده که این خود موجب ایجاد آبشستگی در بستر و پای دیواره‌ها می‌شود. با توسعه آبشستگی بستر و دیواره‌ها، ارتفاع و شیب قرارگیری دیواره‌ها افزایش یافته و اثر نیروی ثقل، موجب ریزش و تخریب آن‌ها می‌شود.

آبشکن‌ها سازه‌هایی هستند که معمولاً از مصالح سنگریزه‌ای، توری سنگی و یا مخلوط رودخانه‌ای با روکش توری سنگی ساخته شده و از طرف ساحل به-داخل جریان اصلی امتداد یافته و باعث انحراف جریان از دیواره رودخانه به‌طرف خط مرکزی رودخانه می-

می‌باشد. در صورتی که در آبشکن‌های نفوذناپذیر آبستنگی به دلیل جدایی جریان و گرداب‌های نعل اسبی ایجاد شده در پشت آبشکن می‌باشد. گو و همکاران (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 پایین دست به صورت یکنواخت توزیع می‌شود. همچنین با افزایش نسبت $\frac{S}{L}$ شدت تنش رینولدز افزایش می‌یابد. تراگوچی و همکاران (۲۰۱۱a,b) از یک مدل آزمایشگاهی جهت بررسی جریان متلاطم و تغییرات بستر در اطراف آبشکن استفاده کردند. در این تحقیق از آبشکن نفوذپذیر و نفوذناپذیر 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 رسوب گذاری را اطراف این سازه در دو حالت مستغرق و غیر مستغرق بررسی کنند. نتایج آزمایش‌ها نشان دهنده بیشتر بودن بیشینه عمق آبستنگی در دماغه آبشکن نفوذناپذیر نسبت به آبشکن نفوذپذیر می‌باشد. در نهایت این محققان یک مدل سه بعدی جهت شبیه سازی جریان و آبستنگی 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 آبستنگی کوچکتری را ایجاد می‌کنند. همچنین به دلیل اینکه بخش پایینی سازه نفوذپذیر است رسوبات معلق از این بخش عبور کرده و در پایین دست سازه ته نشست 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 رسوب-

محققان زیادی از حدود نیم قرن پیش روی تعدادی از این پارامترها، تحقیقاتی را به صورت آزمایشگاهی و یا در محل انجام داده و ارتباط بین پارامترها و حدود تغییرات آن‌ها را گزارش کرده‌اند. مککوی و همکاران (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 ناپایدار می‌باشد. آنان از روش عددی شبیه سازی گردابه‌های بزرگ استفاده نموده و گزارش کردند که در جریان اصلی، گردابه‌های نعل اسبی ناپایدار در پایه‌ی آبشکن‌ها و در بالادست جریان ایجاد می‌گردد. همچنین جدا شدن لایه برشی در بالادست نوک آبشکن باعث تشکیل گردابه‌های بعدی می‌شد که این گردابه‌ها در اندرکنش با گردابه‌های داخل دو آبشکن قابل تشخیص می‌باشد. کوتیار (۲۰۰۷) بر اساس مشاهداتی که بر روی پایه‌های پل واقعی ساخته شده بر اساس فرمول‌های لیبسی و انگلیس انجام داد، اظهار نمود که این فرمول‌ها مقادیر آبستنگی 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 نسبت 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 ناکاگوا (۲۰۰۹) الگوی جریان و تغییرات بستر در حضور آبشکن‌های نفوذپذیر و نفوذناپذیر را مورد بررسی آزمایشگاهی و شبیه سازی 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 زلال انجام شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که نفوذپذیری تأثیر مهمی بر روی الگوی جریان و تغییرات بستر می‌گذارد. شبیه سازی عددی میدان جریان به کمک حل معادلات ناویر استوکس و به کارگیری مدل آشفتگی $k-\epsilon$ انجام شد. نتایج نشان داد که در آبشکن نفوذپذیر آبستنگی به دلیل جدایی جریان و گرداب‌های ایجاد شده بین میله‌های تشکیل دهنده بخش نفوذپذیر

(زاویه انحراف) نسبت به محور عمودی قرارداد. این انحراف سبب کاهش قدرت جریان رو به پایین و در نتیجه کاهش فرسایش موضعی در اطراف سازه می-گردد. شکل ۱ مدل مفهومی الگوی جریان در اطراف باندا لایک در حالت غیرمستغرق را نشان می-دهد.



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

یکی از مسائل مهم پیرامون سازه‌های آبشکن مسأله سرعت می‌باشد. مطالعات انجام شده پیرامون سری آبشکن‌های باندا لایک بیانگر فقدان تحقیقات کافی در مورد این سازه است. با توجه به اینکه سرعت در میزان آبستگي در اطراف این سازه اهمیت زیادی دارد، لذا در این تحقیق با انجام مطالعات آزمایشگاهی بر روی این‌گونه آبشکن‌ها در مسیر مستقیم، به بررسی چگونگی تشکیل پروفیل‌های سرعت در اطراف این سازه پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌های تحقیق حاضر در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شده است. مشخصات فلوم آزمایشگاهی شامل ۷/۳۰ متر طول، ۰/۵۶ متر عرض، ۰/۶۰ متر ارتفاع دیواره‌ها و شیب ثابت ۰/۰۲۸ می-باشد. فلوم آزمایشگاهی، ابتدا برای انجام آزمایش‌های

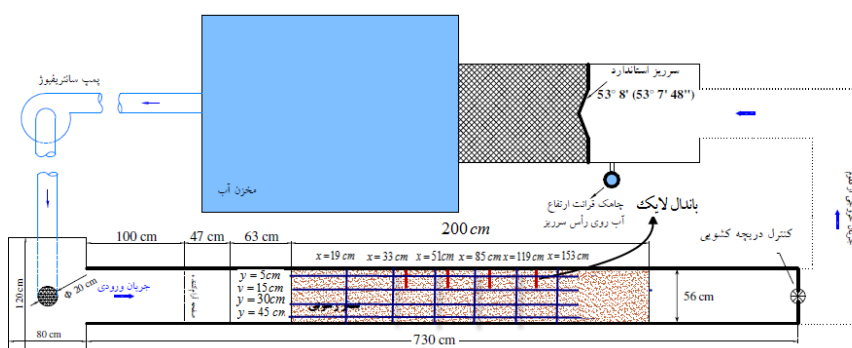
گذاری انجام و مناسب‌ترین درصد بازشدگی را از نظر رسوب‌گذاری در بین آبشکن‌ها مورد بررسی قرارداد. میری (۱۳۷۸) مطالعه‌ای روی عملکرد آبشکن‌های باز یک ردیفه و دو ردیفه بر رسوب‌گذاری اطراف آبشکن‌ها انجام داد و به این نتیجه دست‌یافت که در آبشکن‌های یک ردیفه رسوب‌گذاری بیشینه در محدوده بازشدگی ۵۰ درصد و در آبشکن‌های دو ردیفه به ازای بازشدگی ۳۰ درصد صورت گرفته است. مطالعات گذشته بیان‌گر فقدان تحقیقات کافی پیرامون سری آبشکن‌های ترکیبی از نوع بسته و باز موسوم به آبشکن باندا لایک می-باشد. به همین منظور، در این تحقیق با انجام مطالعات آزمایشگاهی بر روی این‌گونه آبشکن‌ها در مسیر مستقیم، به بررسی چگونگی تشکیل پروفیل‌های طولی سرعت در اطراف باندا لایک‌ها پرداخته شده است.

الگوی جریان اطراف باندا لایک‌ها

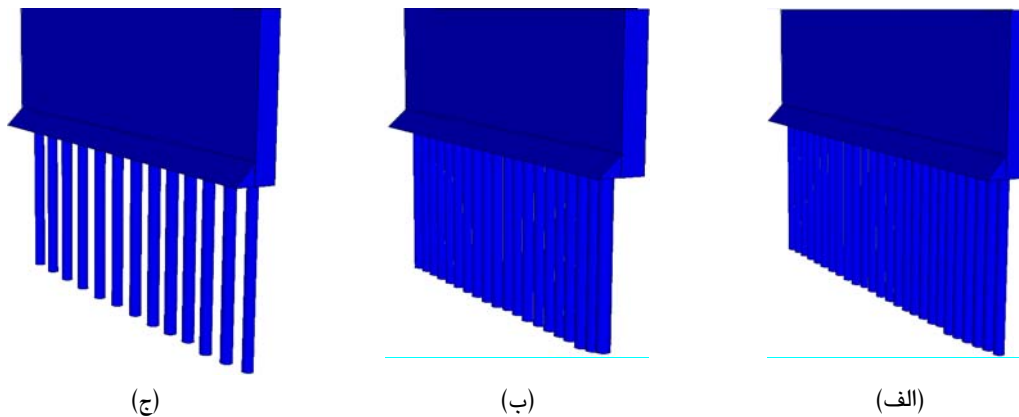
ساختار باندا لایک‌ها به‌عنوان یک سازه ترکیبی بسیار ساده است. خصوصیت اصلی سازه باندا لایک این است که قسمت بالایی آن مانند یک آبشکن نفوذناپذیر عمل می‌کند و با انحراف مسیر آب از دیواره‌ها به میانه رودخانه باعث توسعه جریان گردابی در کناره‌ها می‌گردد. انسداد جریان موجب ضعیف شدن سرعت جریان گردیده و ته‌نشینی رسوبات را در پایین‌دست باندا لایک‌ها در سواحل در رودخانه‌های آبرفتی تسهیل می‌نماید. قسمت پایین این سازه نیز مانند یک آبشکن نفوذپذیر عمل می‌کند و به‌علت عدم تغییر شکل ناگهانی خطوط جریان، جریان‌های گردابی با شدت کمتری به‌وجود می‌آید و در نتیجه آبستگي 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 درشت‌دانه و جذب مواد شناور می-گردد. تراگوچی و همکاران (۲۰۱۱a) برای بهبود عملکرد این سازه، مرز بین قسمت نفوذپذیر و نفوذناپذیر را به‌صورت یک صفحه با زاویه ۳۰ درجه

سرعت سنج اکوستیک پروفایلر (DOP2000) انجام شده است، این دستگاه با استفاده از تغییر فاز در موج فراصوت پروفیل سرعت را برداشت می‌کند. تنظیمات دستگاه به گونه‌ای انجام شد که عمق را به فواصل مساوی ۲/۸۵ میلی‌متر تقسیم و در هر نقطه تعداد ۱۵۰ مقدار سرعت لحظه‌ای را برداشت می‌کند. با متوسط گیری زمانی سرعت‌های لحظه‌ای اندازه‌گیری شده می‌توان سرعت متوسط جریان را در عمق‌های مختلف جریان و در نهایت پروفیل سرعت را برای سه نفوذپذیری ۳۰٪، ۴۵٪ و ۶۴٪ به دست آورد. اندازه‌گیری پروفیل سرعت در ۶ مقطع طولی به فواصل ۱۹، ۳۳، ۵۱، ۸۵، ۱۱۹ و ۱۵۳ سانتی‌متر از ابتدای بستر رسوبی و ۴ مقطع عرضی به فواصل ۵، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متر از دیواره کانال انجام گردید. در این تحقیق سازه باندا لایک طوری طراحی شده است که نصف ارتفاع سازه در بخش پایینی نفوذپذیر و نصف دیگر آن به صورت نفوذناپذیر می‌باشد. در شکل ۲ پلان فلوم آزمایشگاهی، محدوده بستر رسوبی به همراه سایر ضمامت و شکل ۳ مشخصات آبشکن‌های مورداستفاده در آزمایش‌ها ارائه گردیده است.

رسوب آماده شد؛ به این منظور بخش میانی فلوم، برای ایجاد بستر رسوبی در نظر گرفته شد. ابتدا و انتهای این بخش با دو دیواره قائم به ارتفاع ۰/۱ متر از سایر قسمت‌های فلوم مجزا شد. داخل این بخش با رسوبات تا ارتفاع ۰/۱ متری (هم‌ارتفاع دیواره‌های جداکننده ابتدا و انتهای) پوشیده می‌گردد. مصالح بستر با دانه‌بندی یکنواخت و با قطر متوسط ۰/۷ میلی‌متر ($D_{50} = 0.7 \text{ mm}$) و انحراف معیار هندسی ۱/۳ انتخاب گردید. آزمایش‌ها در شرایط آب زلال و با در نظر گرفتن ۳ درصد نفوذپذیری ۳۰٪، ۴۵٪ و ۶۴٪ زاویه انحراف ۳۰ درجه و دبی جریان ۲۷/۵ لیتر بر ثانیه انجام گرفت. با توجه به اینکه شرایط آزمایش‌ها غیرمستغرق می‌باشد عمق جریان در تمام آزمایش‌ها ثابت و برابر ۰/۱۶ متر در نظر گرفته شده‌است. در هر آزمایش تعداد ۴ آبشکن با فاصله مساوی ۳ برابر طول آبشکن و عمود بر دیواره مورداستفاده قرار گرفت. آبشکن‌های موردنظر با طول ۱۱ سانتی‌متر معادل ۲۰ درصد عرض فلوم آزمایشگاهی ساخته شدند. جنس این آبشکن‌ها از ورق پلسکی گلاس با ضخامت ۱۰ میلی‌متر بوده که به‌دقت و توسط دستگاه برش لیزری آماده گردید. اندازه‌گیری پروفیل سرعت با استفاده از دستگاه



شکل ۲- نمای پلان مدل آزمایشگاهی به همراه موقعیت قرارگیری سرعت‌سنج در اطراف باندا لایک‌ها.



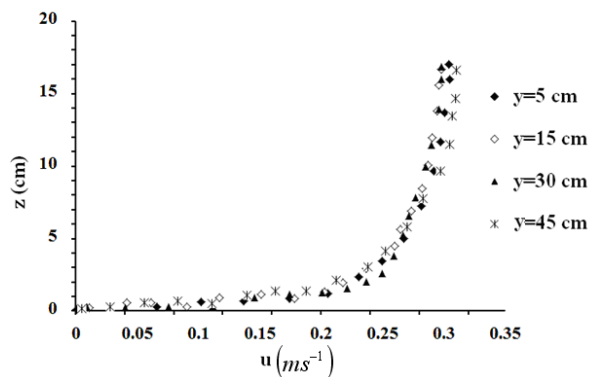
پارامتر	(الف)	(ب)	(ج)
طول آیشکن:	۱۱ cm	۱۱ cm	۱۱ cm
ارتفاع آیشکن:	۱۶ cm	۱۶ cm	۱۶ cm
ارتفاع میله‌ها (بخش نفوذپذیر):	۸ cm	۸ cm	۸ cm
تعداد میله‌ها:	۲۶	۲۰	۱۳
قطر میله‌ها:	۳ میلی‌متر	۳ میلی‌متر	۳ میلی‌متر
درصد نفوذپذیری:	٪۳۰	٪۴۵	٪۶۴

شکل ۳- آیشکن‌های مورد استفاده در تحقیق: (الف) باندا لایک با درصد نفوذپذیری ۳۰٪، (ب) باندا لایک با درصد نفوذپذیری ۴۵٪، (ج) باندا لایک با درصد نفوذپذیری ۶۴٪.

نتایج و بحث

باندا لایک‌ها هنوز تأثیری بر روی پروفیل‌های سرعت ندارند. مقایسه کلی این پروفیل‌ها نشان می‌دهد که در این فاصله پروفیل‌های طولی سرعت در عرض کانال بر یکدیگر منطبق شده و جریان حالت تثبیت شده‌ای دارد.

شکل ۴ پروفیل‌های طولی سرعت در بالادست آیشکن اول در فواصل عرضی مختلف را نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل مشخص است در $x = 19 \text{ cm}$



شکل ۴- پروفیل‌های سرعت تشکیل شده در بالادست باندا لایک اول در فاصله طولی $x = 19 \text{ cm}$.

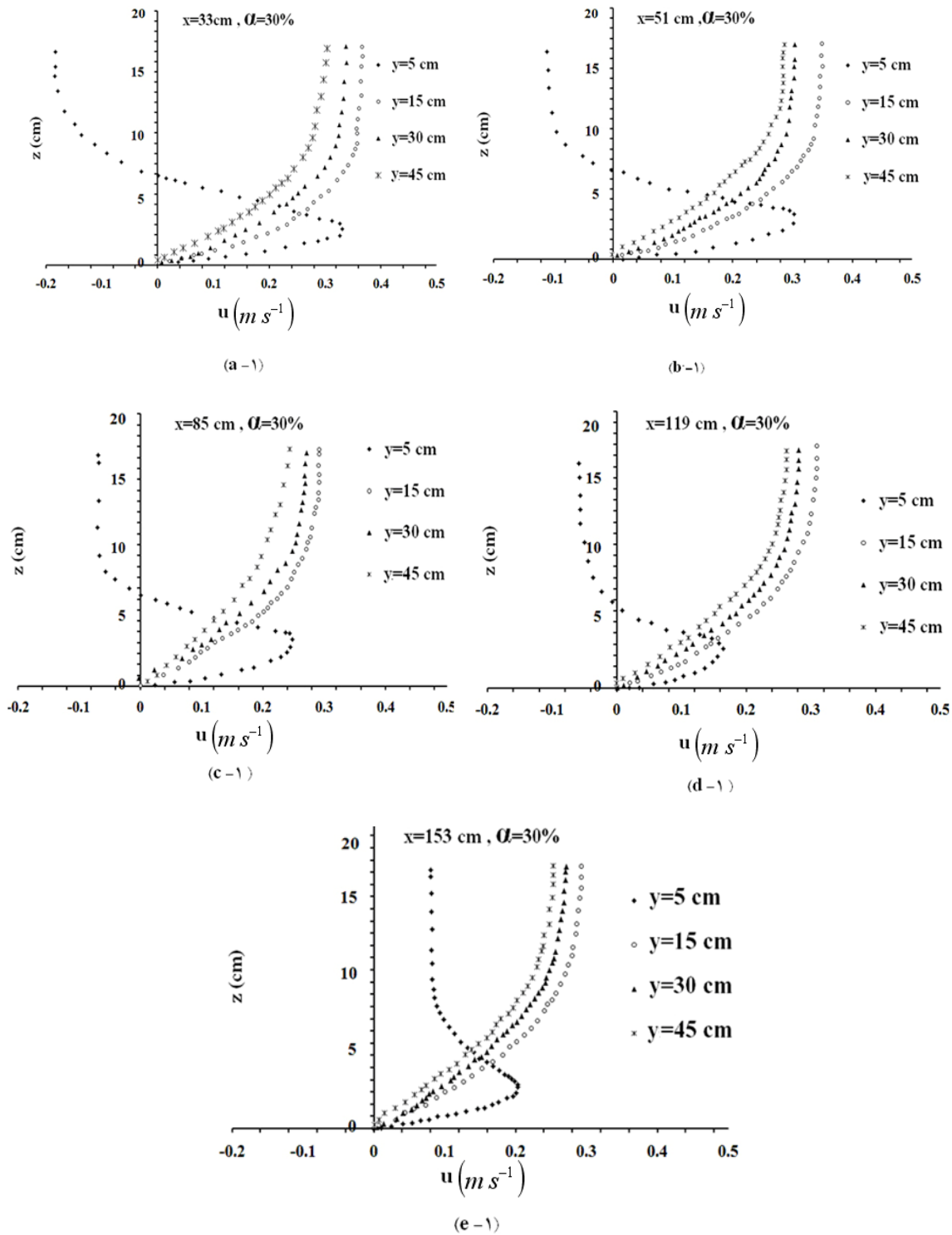
ارتفاع بالاتری اتفاق خواهد افتاد. علت این امر را می-توان در پایدارتر شدن جریان در نتیجه افزایش نیروی رانش و به تبع آن افزایش سرعت جریان عبوری دانست.

مقایسه مقدار u_{max} در پروفیل‌های سرعت در نفوذپذیری‌های مختلف

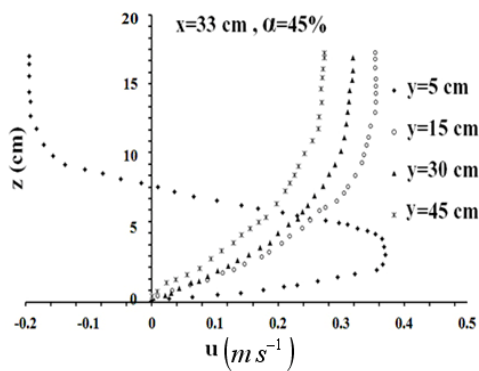
شکل ۹ مقدار u_{max} پروفیل‌های سرعت را در نفوذپذیری‌های مختلف در فاصله عرضی $y=5\text{ cm}$ به صورت ستونی نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود سرعت در بین آبشکن اول و دوم، بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است. مقدار u_{max} در فاصله $x=19\text{ cm}$ در بالادست آبشکن در نفوذپذیری‌های مختلف مقداری ثابت است ولی از $x=33\text{ cm}$ تا $x=119\text{ cm}$ به علت آرام شدن جریان در بین باندا لایک‌ها مقدار سرعت روند کاهشی دارد و در بین دو آبشکن آخر کمترین میزان سرعت جریان سرعت مشاهده می‌شود که مقدار این کاهش در نفوذپذیری ۳۰٪، ۴۵٪ و ۶۴٪ در حدود ۵۰ درصد می‌باشد. لازم به ذکر است که این روند کاهشی سرعت جریان در فاصله $x=153\text{ cm}$ بعد از آبشکن چهارم به علت عبور جریان از بخش نفوذناپذیر و فقدان جریان-های چرخشی قوی برقرار نمی‌باشد. از این رو می‌توان نتیجه گرفت که این سازه به علت عبور بخشی از جریان از قسمت نفوذپذیر پایینی خود سبب کاهش قدرت جریان‌های رو به پایین و همچنین باعث آرام کردن جریان رودخانه و کاهش سرعت در نزدیک ساحل و در نتیجه سبب جلوگیری از فرسایش کناره‌ها می‌گردد.

در شکل‌های ۵ تا ۷ پروفیل‌های سرعت در اطراف باندا لایک‌ها در فواصل مختلف و برای درجه نفوذپذیری ۳۰٪، ۴۵٪ و ۶۴٪ ترسیم شده‌است. همان-طور که در این شکل‌ها مشاهده می‌شود، پروفیل سرعت در فاصله عرضی $y=5\text{ cm}$ از دیواره کانال به دلیل قرارگرفتن در قبل از باندا لایک‌ها با بقیه تفاوت دارد. جریان پس از برخورد به آبشکن از قسمت نفوذپذیر آن عبور می‌کند ولی هنگام برخورد به قسمت صلب جهت سرعت معکوس خواهد شد. در فاصله بین آبشکن‌ها آرام شدن جریان مقدار u_{max} کاهش یافته است که هرچه به سمت پایین دست پیش برویم این کاهش بیشتر می‌شود. در فاصله $y=15\text{ cm}$ بعد از آبشکن به دلیل تنگ شدن مقطع سرعت جریان افزایش یافته و به تدریج با عبور جریان به سمت دیواره دیگر کانال به دلیل کاهش شدت تلاطم جریان و نزدیک شدن به دیواره مقابل، پروفیل سرعت روند کاهشی دارد. همچنین پروفیل سرعت $y=5\text{ cm}$ در فاصله $x=153\text{ cm}$ به دلیل اینکه در پایین دست سری آبشکن‌ها قرار دارد جریان‌های برگشتی ندارد. با توجه به این شکل‌ها مشاهده می‌شود که با افزایش درصد نفوذپذیری مقدار u_{max} در پروفیل-های سرعت افزایش می‌یابد. دلیل این پدیده را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که با افزایش نفوذپذیری از میزان مقاومت سازه مقابل جریان کم شده و جریان بیشتری از قسمت نفوذپذیر عبور خواهد کرد.

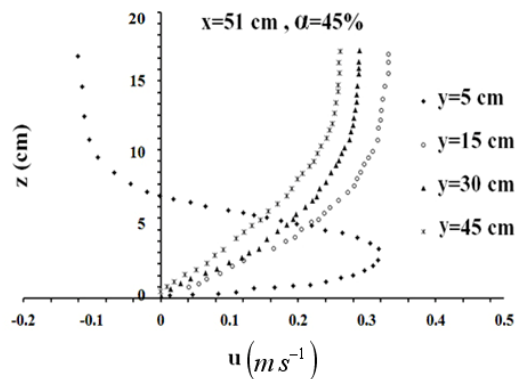
شکل ۸ پروفیل‌های سرعت بین باندا لایک‌ها را در فاصله عرضی $y=5\text{ cm}$ در نفوذپذیری‌های مختلف نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود، با افزایش درصد نفوذپذیری، پروفیل‌های سرعت شکل پهن‌تری را به خود می‌گیرند و سرعت بیشینه در



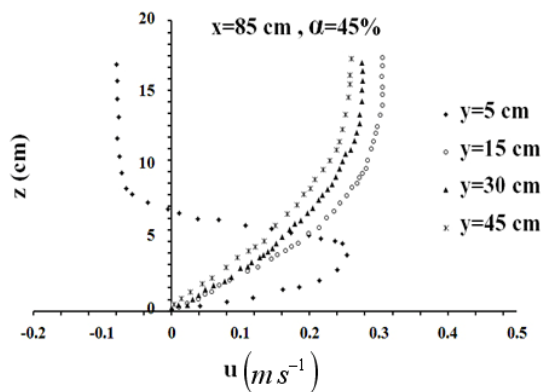
شکل ۵- پروفیل‌های سرعت تشکیل شده در اطراف باندا لایکها در نفوذپذیری ۳۰٪.



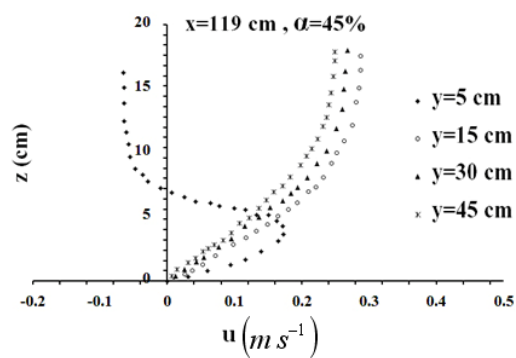
(a-۲)



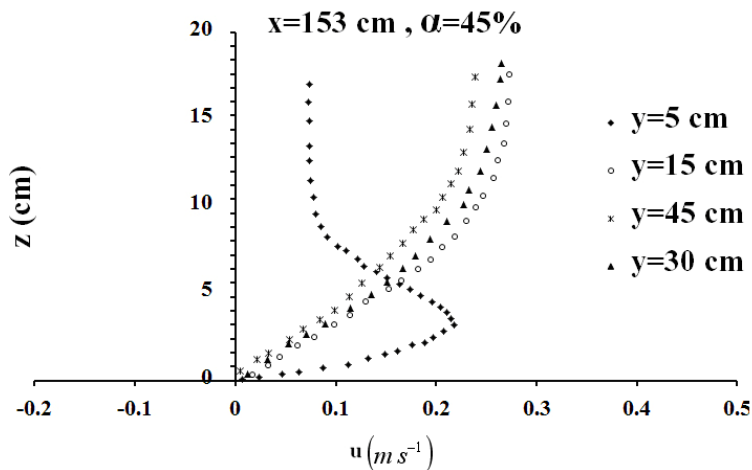
(b-۲)



(c-۲)

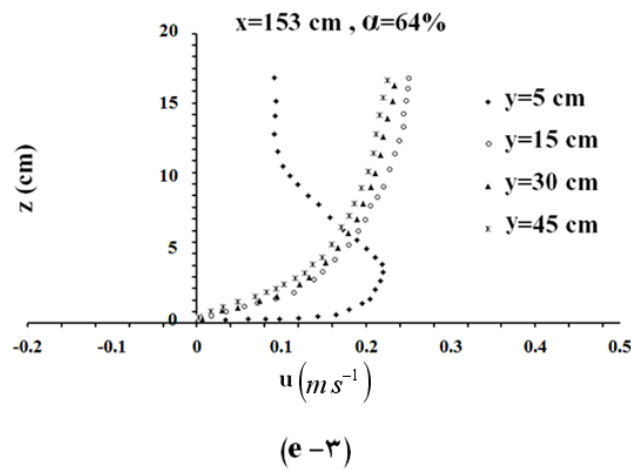
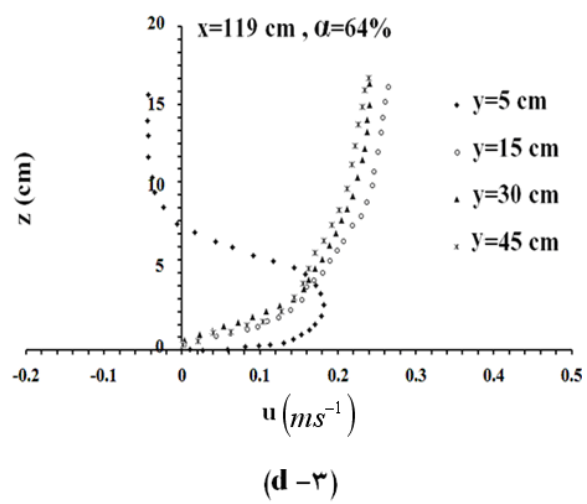
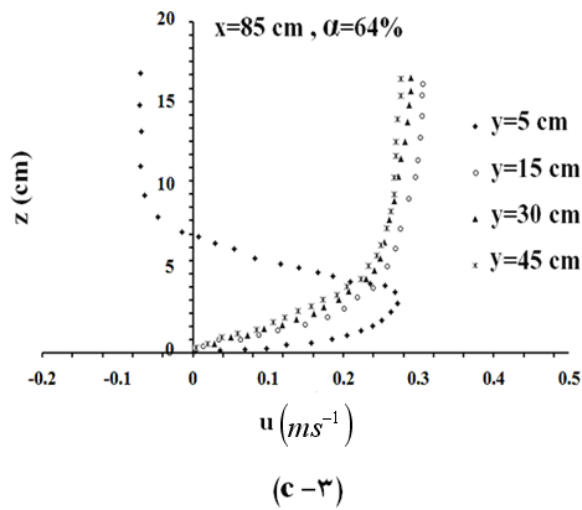
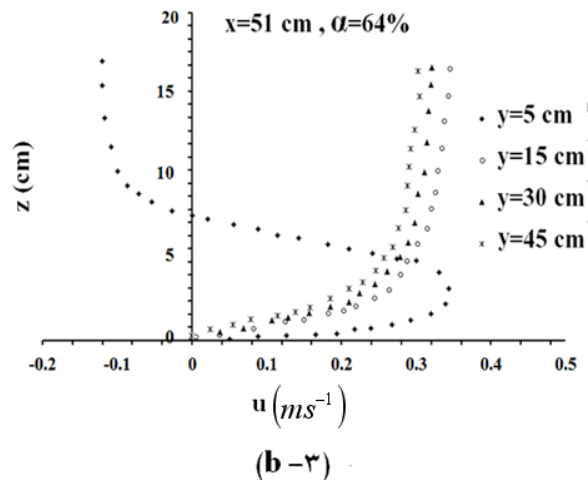
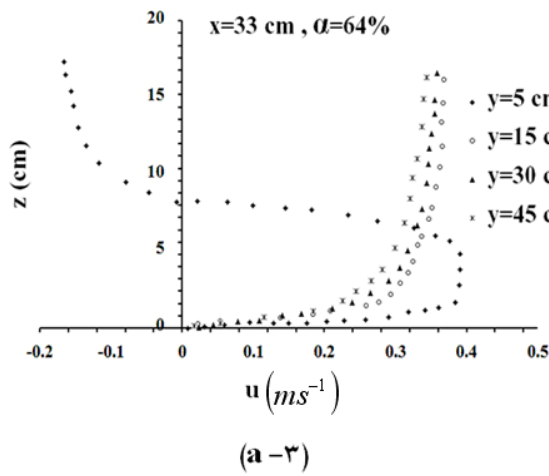


(d-۲)

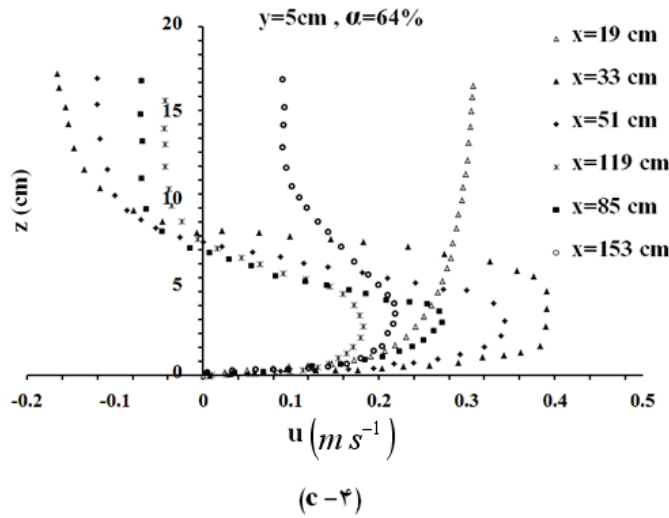
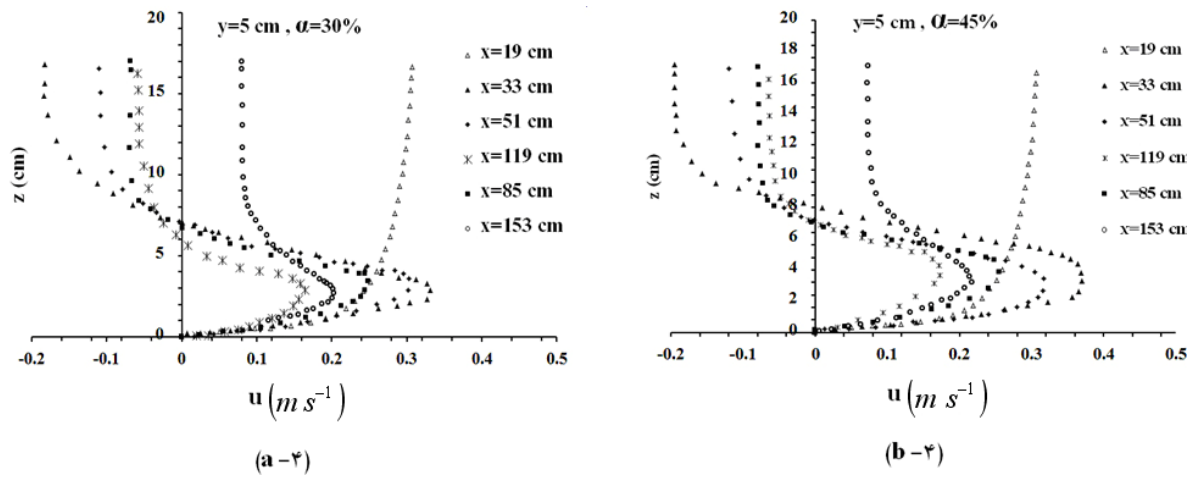


(e-۲)

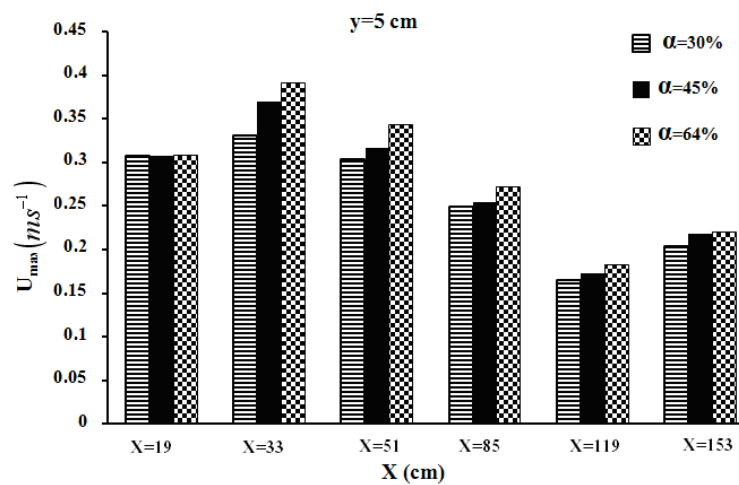
شکل ۶- پروفیل‌های سرعت تشکیل شده در اطراف باندا لایک‌ها در نفوذپذیری ۴۵٪.



شکل ۷- پروفیل‌های سرعت تشکیل شده در اطراف باندا لایکها در نفوذپذیری ۶۴٪.



شکل ۸- مقایسه پروفیل‌های سرعت در فاصله عرضی $y = 5 \text{ cm}$ بین باندهای لایک‌ها در نفوذپذیری‌های مختلف.



شکل ۹- مقایسه مقدار U_{max} در پروفیل‌های سرعت در نفوذپذیری‌های مختلف.

نتیجه‌گیری کلی

- در فاصله بین آبشکن‌ها به دلیل آرام شدن جریان مقدار u_{max} کاهش یافته است که هرچه به سمت پایین دست پیش برویم این کاهش بیشتر می‌باشد.

- مقدار u_{max} از فاصله $x = 33 \text{ cm}$ تا $x = 119 \text{ cm}$ به علت آرام شدن جریان در بین باندا لایک‌ها روند کاهشی دارد؛ که مقدار این کاهش در نفوذپذیری ۳۰٪، ۴۵٪ و ۶۴٪ در حدود ۵۰ درصد می‌باشد.

- سری آبشکن‌های باندا لایک باعث آرام کردن جریان رودخانه و کاهش سرعت در نزدیک ساحل و در نتیجه سبب جلوگیری از فرسایش کناره‌ها می‌گردد.

هدف از این تحقیق بررسی اثر نفوذپذیری باندا لایک‌ها بر روی پروفیل‌های سرعت می‌باشد که نتایج این تحقیق به صورت زیر خلاصه می‌گردد:

- با افزایش درصد نفوذپذیری مقدار u_{max} در پروفیل‌های سرعت در فاصله $y = 5 \text{ cm}$ در حدود ۶٪ افزایش می‌یابد.

- آبشکن‌های باندا لایک با درصد نفوذپذیری بالا در رودخانه‌هایی با بار رسوبی زیاد به دلیل عبور و ته‌نشست رسوبات از بخش نفوذپذیر و ایجاد یک ساحل جدید بسیار مفید می‌باشند.

منابع مورد استفاده

- 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، ۲۵ - ۲۷ آبان، تهران.
- وطن فدا ج، ۱۳۷۰. بررسی نسبت بهینه سطح بازشدگی به سطح کل آبشکن باز در مقابل جریان با استفاده از مدل هیدرولیکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی تهران.
- Gu Z, Akahori R and Ikeda S, 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.
- Inglis C C, 1944. Maximum depth of scour at heads of guide banks, groynes, pier noses and downstream of bridges. *Annual Report (Technical), CWPRS, Pune.*
- Kothyar UC, 2007. Indian practice on estimation of scour around bridge piers-A comment. *Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology* 32(3): 187-197.
- Lacey G, 1929. Stable Channel in Alluvium. *Journal of Institution of Civil Engineers, U.K.* 4736(229): 259-292.
- McCoy A, Constantinescu SG and Weber L, 2006. Exchange processes in a channel with two vertical emerged obstructions. *Journal of Flow, Turbulence and Combustion* 77(1-4): 97-126.
- Teraguchi H, Nakagawa H, Kawaike K, Bans Y and Zhang H, 2011a. Effects of hydraulic structures on river morphological processes. *International Journal of Sediment Research* 26(3): 283-303.
- Teraguchi H, Nakagawa H, Kawaike K, Baba Y and Zhang H, 2011b. Alternative method for river training works: Bandal-like structures. *Annual Journal of Hydraulic Engineering JSCE* 55: 151-156.
- Zhang H and Nakagawa H, 2009. Characteristics of local flow and bed deformation at impermeable and permeable spur dykes. *Annual Journal of Hydraulic Engineering JSCE* 53: 145-150.