

بررسی آبستگي در اطراف پایه استوانه ای شکل پل ها در حضور طوق و کابل

احسان گرامی^{1*}، منوچهر حیدرپور²، محمد حسن صداق³

1- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته عمران سازه های هیدرولیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد استهبان

2- عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

3- عضو هیئت علمی گروه مهندسی عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد استهبان

gehsan2010@yahoo.com

چکیده

نقش استراتژیک پل ها در مسائل گوناگون از جمله برقراری راه های ارتباطی بر کسی پوشیده نیست. همه ساله پل های زیادی در سراسر جهان تخریب می شوند. تخریب این پل ها اکثراً به دلایل سازه ای نیست، بلکه به دلیل در نظر نگرفتن نقش عوامل هیدرولیکی در طراحی پل هاست. به همین دلیل تلاش های بسیاری برای کنترل و کاهش آبستگي پایه پل از جمله استفاده از طوقه، شالوده و شکاف صورت گرفته است. در این تحقیق تاثیر استفاده همزمان از کابل و طوق در کاهش میزان آبستگي رسوبات اطراف پایه پل مورد بررسی قرار گرفته است. قصد از انجام این تحقیق این است که با پیچیدن کابل دور پایه پل از شدت حرکت رو به پایین آب بعد از برخورد به پایه کاهش داده و میزان تاثیر آنرا بر کاهش عمق آبستگي در نظر گرفته. همچنین با نصب صفحه ی محافظ (طوق) در اطراف پایه پل بستر را در مقابل سیستم گرداب اطراف پایه محافظت کرده و میزان آبستگي را کاهش میدهند. در مطالعه فوق تاثیر تغییر قطر کابل ها برای پایه استوانه ای به قطر 3 سانتی متر همراه با نصب طوق روی بستر به ضخامت ناچیز و قطر (2D) و مقایسه آن با پایه استوانه ای با کابل بدون طوق انجام گردید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که نصب طوق و کابل با اندازه ی 14٪ بیشترین کارایی را در کاهش آبستگي داشته بطوری که عمق آبستگي را به 94٪ کاهش داده است.

کلمات کلیدی: آبستگي، پایه پل استوانه ای، کابل، طوق

1-مقدمه

همه ساله پل های زیادی در سراسر جهان تخریب می شوند. تخریب این پلها اکثراً نه به دلایل سازه ای، بلکه به دلیل در نظر نگرفتن نقش عوامل هیدرولیکی در طراحی آنها می باشد [1]. سه دلیل هیدرولیکی مهم در شکست پلها عبارتند از: بازشدگی نامناسب آبراهه، آبستگي و مواد شناور موجود در آب. بر اساس مطالعات انجام شده در مورد تخریب پلها، جریان سیلی که باعث آبستگي می شود، به عنوان دلیل اصلی شکست پلها شناخته شده است؛ برای نمونه از میان 143 مورد گزارش شده در خرابی پلها، 70 مورد آن به واسطه وقوع سیل بوده است، به طوری که جریان سیل زیر پی ها را خالی کرده و یا بدنه پل را از جا کنده است [1]. در سال 1984 در پنسیلوانیا و ویرجینیای غربی، 73 پل به علت سیلاب هایی که باعث آبستگي شدند، خراب شدند. در طول سیلاب های بهار در سال 1978، تعداد 17 پل در نیویورک و نیوانگلند به علت آبستگي خراب شده یا خسارت دیدند [1]. به دلیل اندرکنش پیچیده رودخانه با سازه پل، نمی توان نقش عوامل هیدرولیکی را در طراحی پلها دست کم گرفت [1]. برای طراحی اقتصادی و قابل اطمینان پایه های پل، برآورد حداکثر عمق آبستگي در اطراف پایه ها ضروری است [2]. در حال حاضر پایه و اساس علمی برای طراحی سازه ای پایه ها به خوبی مشخص شده است. در مقابل، هیچ تئوری واحد یا مشخصی وجود ندارد که عمق آبستگي را در پایه های پل با ضریب اطمینان بالا برآورد کند [2]. در طراحی پلها، پی آنها باید به اندازه کافی عمیق باشد تا در مقابل آبستگي مقاومت کند. از طرفی، این پی نبایستی آنقدر عمیق باشد که باعث بالا رفتن هزینه ها گردد [3]. با بکار

بردن روشهایی برای کاهش عمق آبشستگی در اطراف پایه‌ها، می‌توان پی‌ها را در تراز بالاتری قرار داده و به این ترتیب هزینه‌ها را کاهش داد. استفاده از شکاف، طوق، پاشنه، سنگچین و غیره تا به حال برای کاهش میزان آبشستگی رسوبات اطراف پایه پل مورد مطالعه قرار گرفته است. در تحقیق حاضر تاثیر استفاده از کابل و طوق در کاهش میزان آبشستگی اطراف پایه استوانه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است.

سوبه‌اشیش و همکاران (2006) آزمایشاتی را به منظور استفاده از کابل با زوایای پیچش مختلف و فواصل مختلف پیچش انجام دادند و بدین نتیجه رسیدند که در بهینه ترین حالت کابلی با قطر 10 درصد قطر پایه و زاویه پیچش 15 درجه بیشترین تأثیر را در کاهش آبشستگی دارد. که در این حالت عمق آبشستگی تا 20 درصد کاهش یافت (سوبه‌اشیش و همکاران، 2006).

محققین مختلفی عملکرد طوق‌ها در کاهش آبشستگی اطراف پایه‌های پل را مورد بررسی قرار داده‌اند که به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود.

چو (1992) تاثیر طوق‌های محافظ را در کاهش آبشستگی پایه پل مورد آزمایش قرار داد و با استفاده از طوق به اندازه دو برابر قطر پایه عمق آبشستگی به میزان 20 درصد کاهش یافت. همچنین او اظهار داشت که طراحی و کاربرد درست طوق می‌تواند جایگزین مناسبی برای سنگ چین در حل مشکلات آبشستگی موضعی پایه‌های پل باشد [5].

کومار و همکاران (1999) تاثیر طوق‌ها با ابعاد مختلف در کاهش آبشستگی موضعی پایه‌های پل استوانه‌ای شکل را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها با استفاده از تحلیل نتایج حاصل از آزمایشات، معادله زیر را برای تعیین ماکزیمم عمق آبشستگی در اطراف پایه استوانه‌ای شکل که توسط طوق محافظت شده است، ارائه دادند.

$$\left(\frac{ds_p - ds_c}{ds_p}\right) = 0.057 \left(\frac{B}{b}\right)^{1.612} \left(\frac{H}{Y_0}\right)^{0.837} \quad (1)$$

در این معادله ds_p عمق تعادل آبشستگی بدون طوق، ds_c عمق تعادل آبشستگی با طوق، B قطر طوق، b قطر پایه، H ارتفاع طوق نسبت به سطح آزاد آب و Y_0 عمق جریان می‌باشد [8].

زرانی و همکاران (2006) نیز عملکرد طوق‌های مستقل و پیوسته همراه با سنگ چین را در گروه پایه‌های پل بررسی کردند. نتایج نشان داد که ترکیبی از یک طوق پیوسته و سنگ چین منجر به کاهش عمق آبشستگی به میزان 40 و 60 درصد به ترتیب در جلو و پشت پایه می‌شود. همچنین عملکرد طوق‌های مستقل بر روی هر پایه بهتر از عملکرد یک طوق پیوسته بر روی دو پایه بود. آن‌ها مشاهده کردند که کارایی طوق بر روی یک پایه مستطیلی بیشتر از دو پایه در یک امتداد می‌باشد. این تحقیق از لحاظ استفاده همزمان از طوق و بررسی تغییر زاویه پایه‌های قربانی شونده و تاثیر آن بر روی آبشستگی پایه اصلی جنبه نوآوری داشته [11].

2. مواد و روش

2-1. مشخصات کانال آزمایشگاهی:

آزمایش ها در یک کانال آزمایشگاهی با طول مفید 10، عرض 0/4 و ارتفاع 0/6 متر با کف افقی انجام شده است. جنس دیواره های آن از پلکسی گلاس شیشه ای به ضخامت 10 میلی متر و کف کانال از جنس PVC به ضخامت 10 میلی متر ساخته شده و بر روی خرپای فلزی نصب گردیده است.

یک پمپ وظیفه انتقال آب را از مخزن اصلی به کانال عهده دارا است که حداکثر دبی تامین شده توسط آن 300 لیتر بر ثانیه است. در این تحقیق تمام آزمایشات با دبی ثابت به میزان 22 لیتر بر ثانیه انجام شده است.

یک سرریز قابل تنظیم در پایین دست کانال وجود دارد که عمق آب در کانال به کمک آن تنظیم می شود. منطقه انجام آزمایش ها دارای طول 1/8 متر و ارتفاع 0/19 متر می باشد. این منطقه از ابتدای کانال 3 متر فاصله داشته و در بالا دست و پایین دست این منطقه به طول 1 متر سکوهایی از جنس تفلون به ضخامت 2 سانتی متر نصب شده که رویه ی آن همتراز سطح بستر خاک می باشد.



شکل 1- نمایی کلی از کانال آزمایشگاهی

2-2. انتخاب پارامترهای آزمایش و ابعاد مدل :

برای بدست آوردن شرایطی که در آن حداکثر عمق آب شستگی آب زلال اتفاق بیفتد، پارامترهایی نظیر عمق جریان، اندازه و دانه بندی ذرات رسوبات باید به گونه ای باشد که تأثیر آنها بر روی عمق آب شستگی حذف گردد. همچنین سرعت جریان تاحد امکان به سرعت بحرانی در آستانه ی حرکت ذرات رسوب نزدیک باشد

2-2-1. اندازه پایه ها :

برای از بین رفتن تأثیر دیواره های کانال روی آب شستگی موضعی در اطراف پایه طبق معیاری که توسط اتما و رودکیوی (1983) بیان شده است حداقل نسبت عرض کانال به عرض پایه باید 6/24 باشد [9]. با توجه به عرض محدودی کانال و آرایش انتخاب شده برای گروه پایه ها که در قسمت بعدی توضیح داده خواهد شد، قطر پایه برابر 30 میلی متر انتخاب شد.

2-2-2. اندازه ذرات و دانه بندی رسوب :

عدم یکنواختی ذرات رسوب نیز باعث کاهش عمق متعادل آب شستگی می گردد. برای حذف تاثیر غیریکنواختی رسوبات بر آب شستگی موضعی انحراف معیار هندسی ذرات باید کمتر از 1/3 باشد [10].

$$\sigma_g = \left(\frac{d_{84.1}}{d_{15.9}} \right)^{0.5} < 1.3 \quad (2)$$

این رسوبات دارای قطر بزرگ تر از 0/49 و کوچکتر از 0/84 میلی متر بودند. با توجه به شکل رسوبات دارای $d_{\phi} \cong 0/7$ و $\sigma_g = 1/23$ می باشند که شرایط ذکر شده در بالا را تامین می کند [7].

2-2-3. سرعت جریان

سرعت جریان در تمامی این آزمایشات، 0/9 سرعت بحرانی در نظر گرفته شد. با استفاده از این سرعت عمق جریان محاسبه گردیده و در تمامی آزمایشات این عمق مورد استفاده قرار گرفت.
در عمق 21 سانتیمتر :

$$y_c = 21 \text{ cm} \quad \rightarrow \quad U_c = 0.9 \times 28 \Rightarrow U_c = 25/2 \text{ cm/s}$$

عدد فرود برای کلیه آزمایشات معادل 0/18 بدست آمد.

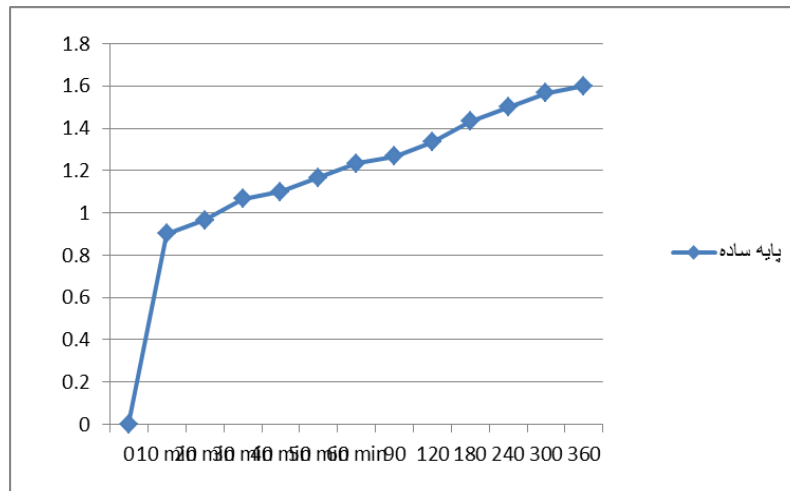
2-2-4. معیار زمان تعادل

معیار زمان تعادل در این آزمایش ها معیاری است که کومار و همکاران (1999) در تحقیقات خود در نظر گرفتند و مطابق این معیار مدت زمانی است که تغییرات عمق آبشستگی در سه ساعت متوالی بیشتر از یک میلیمتر نباشد. به این ترتیب تمامی آزمایش ها تا مدت زمانی ادامه داشتند که این شرایط در آن ها صادق بود. از آنجا که نزدیک به 80 درصد عمق آب شستگی در 8 ساعت اول انجام آزمایش اتفاق افتاده است تمامی آزمایش های این تحقیق، در مدت زمان 8 ساعت انجام شده است [8].

3. نتایج و بحث

3-1-1. آزمایش بدون طوق و کابل (آزمایش های شاهد)

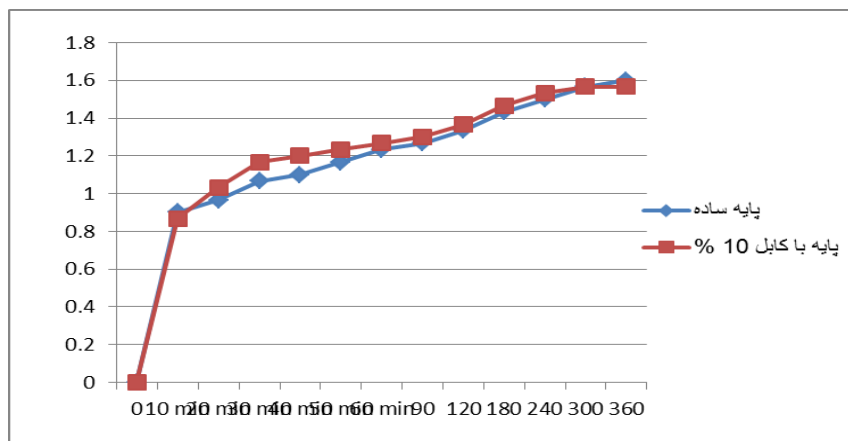
توسعه زمانی عمق آبشستگی پایه بدون قربانی شونده ها در نمودار (1) نشان داده شده است. در این شکل محور عمودی بر حسب نسبت عمق آبشستگی به قطر پایه (D/b) و محور افقی بر حسب زمان قرائت عمق آبشستگی (t) بیان گردیده است. برای سایر نمودارهای مربوط به بخش توسعه زمانی آبشستگی، پارامترهای محورهای افقی و عمودی به همین صورت تعریف خواهند شد. با توجه به شکل مشاهده می شود که 80% آبشستگی در 90 دقیقه ابتدایی و 90% آبشستگی بعد از 4 ساعت و همچنین زمان تعادل در تک پایه با توجه به شکل حدود 8 ساعت بوده است. بنابراین حدود 90% عمق آبشستگی در نیمی از زمان تعادل اتفاق افتاده است.



نمودار(1): نمودار توسعه زمانی عمق آبهستگی در پایه استوانه ای بدون طوق و کابل

3-2. آزمایش با کابل 10٪ و بدون طوق

نمودار (2) توسعه زمانی عمق آبهستگی را در پایه استوانه ای با کابل 10٪ بدون طوق و مقایسه آبهستگی با تک پایه استوانه ای را نشان می دهد. با مقایسه نمودار توسعه زمانی آبهستگی تک پایه استوانه ای و پایه استوانه ای با کابل مشاهده می شود که در تمام مدت زمان آزمایش، عمق آبهستگی پایه استوانه ای با کابل تقریباً برابر با عمق آبهستگی پایه استوانه ای بدون کابل بوده است. دلیل این موضوع را می توان این گونه توجیه نمود که استفاده از کابل 10٪ هیچ تاثیری بر عمق آبهستگی نداشته است.

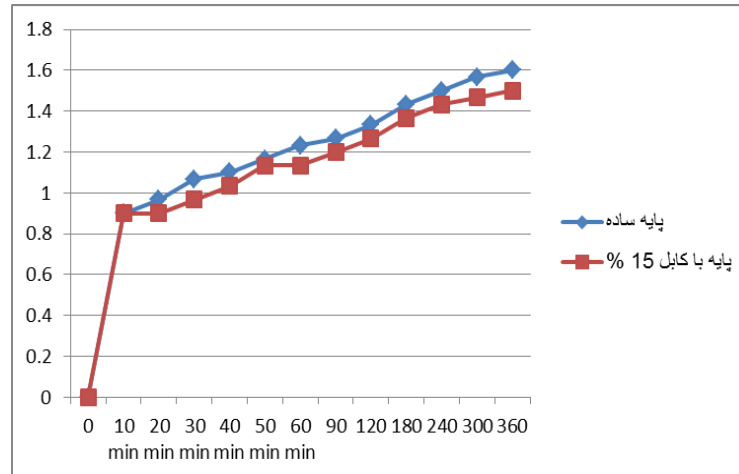


نمودار(2): نمودار توسعه زمانی عمق آبهستگی پایه با کابل 10٪ و مقایسه آن با پایه ساده

3-3-1. آزمایش با کابل 15٪ و بدون طوق

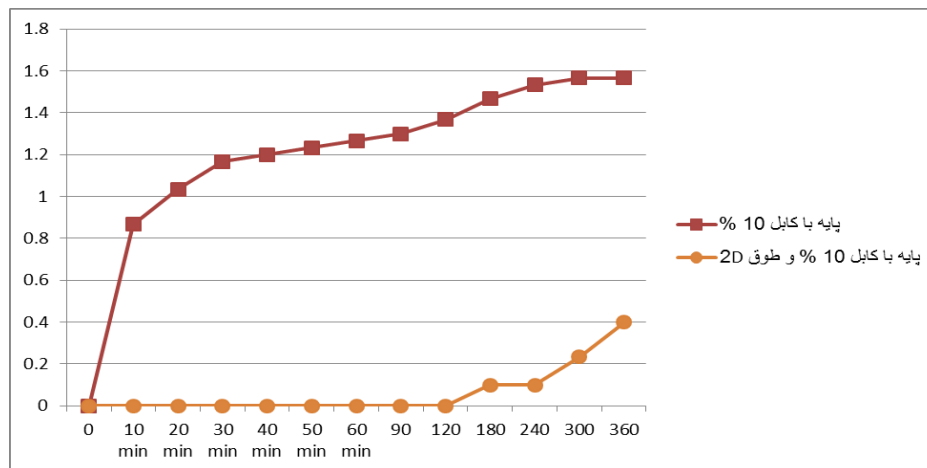
نمودار (3) توسعه زمانی عمق آبهستگی را در پایه استوانه ای با کابل 15٪ و مقایسه آن با تک پایه استوانه ای ساده را نشان می دهد. با مقایسه نمودار توسعه زمانی آبهستگی تک پایه استوانه ای ساده با تک پایه استوانه ای با کابل 15٪ مشاهده می شود که در تمام مدت زمان آزمایش، عمق آبهستگی پایه استوانه ای ساده بیشتر از عمق آبهستگی پایه استوانه ای با کابل 15٪ بوده است، و

عمق آبستگي حدود 12 درصد کاهش یافته است. دليل اين موضوع را می توان اين گونه توجیه نمود که پدیده مقاومتی (کابل) باعث کاهش عمق آبستگي پایه با کابل 15٪ شده است.



نمودار(3): نمودار توسعه زمانی عمق آبستگي پایه با کابل 51٪ بدون طوق و مقایسه آن با پایه ساده

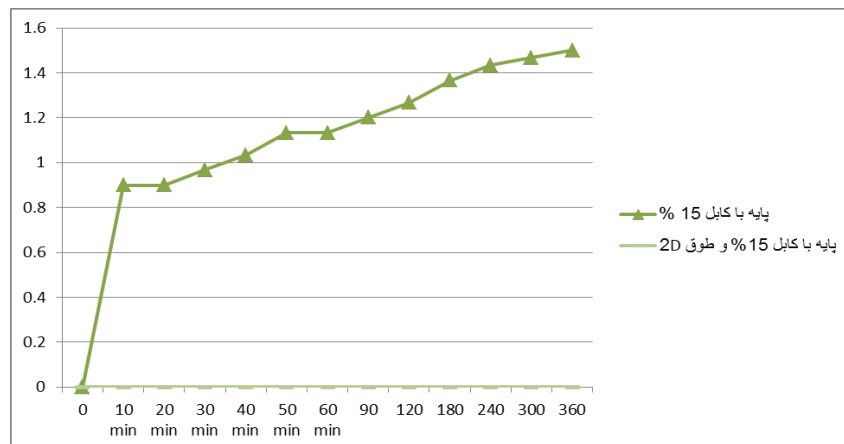
3-3-2. آزمایش یا کابل 10٪ و با طوق 2D



نمودار (4): نمودار توسعه زمانی عمق آبستگي پایه با کابل 10٪ و طوق 2D و مقایسه آن با پایه با کابل 10٪

3-3-3. آزمایش یا کابل 15٪ و با طوق 2D

نمودار (4) توسعه زمانی عمق آبستگي را در تک پایه استوانه ای با کابل و طوق و مقایسه آبستگي با تک پایه استوانه ای با کابل را نشان می دهد. با مقایسه نمودار توسعه زمانی آبستگي مشاهده می شود که در تمام مدت زمان آزمایش، عمق آبستگي پایه استوانه ای با کابل و طوق صفر بوده است. این کاهش عمق آبستگي به دليل پدیده حفاظتی طوق است.



نمودار (4): نمودار توسعه زمانی عمق آبشستگی پایه با کابل 15% و طوق 2D و مقایسه آن با پایه با کابل 15%.

4. نتیجه گیری

در تحقیق حاضر با استفاده همزمان از طوق و کابل در قطرهای مختلف به منظور مطالعه کاهش آبشستگی موضعی در تک پایه استوانه ای استفاده شد. نتایج نشان داد که به طور کلی استفاده از طوق در کاهش عمق آبشستگی موثر است، و با افزایش ضخامت کابل ها به علت ایجاد منطقه ضعیف وسیع تر، عمق آبشستگی بطور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد. افزایش کارایی حضور طوق با کابل با ضخامت 10% و 15% قطر پایه به ترتیب 92 و 100 درصد بوده است.

منابع

- [1] زراتی، الف، 1379، نقش عوامل هیدرولیکی در طراحی پل ها، انتشارات دانشگاه هرمزگان، چاپ اول.
- [2] شفاعی بجستان، م، 1373، هیدرولیک رسوب، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.
- [3] شفاعی بجستان م. و حسونی زاده، ه.، 1371، "بررسی روشهای تجربی آبستگگی موضعی اطراف پایه پل و ارائه روش جدید"، دومین سمینار مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز.

- [4] Alabi, P. D. (2006) Time development of local scour at bridge pier fitted with a collar. MS thesis, University of Saskatchewan, Canada.
- [5] Breusers, H. N. C., Nicollet, G. and Shen, H. W. (1997) Local scour around cylindrical piers. *Journal of*
- [6] Chiew, Y. M. (1992) Scour protection at bridge piers. *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE*, 118(9), 1260- 1269.
- [7] Heidarpour, M., Khodarahmi, Z. and Mousavi, S. F. (2003), "Control and reduction of local scour at bridge pier groups using slot.", *XXX IAHR Congress, AUTH, Thessaloniki, Greece*, Vol. 2, pp. 301-307.
- [8] Kumar, V., Ranga Raju, K. G. and Vittal, N. (1999), "Reduction of local scour around bridge piers using slots and collars", *J. Hyd. Eng., ASCE*, Vol. 124, No. 12, pp. 1302-1304.
- [9] Raudkivi, A. J., and Ettema, R., (1983), "Clear-water scour at cylindrical piers", *J. Hyd. Engrg., ASCE*, Vol. 109, No. 3, pp. 338-340
- [10] Raudkivi, A. J., 1998, "Loose boundary hydraulics", A. A. Balkema, Rotterdam, The Netherland
- [11] Zarrati, A.R., Nazariah, M. and Mashahir, M.B. (2006) Reduction of local scour in the vicinity of bridge pier groups using collars and riprap. *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE*, 132(2), 144-162.