

مقدمه

یکی از روش‌های کنترل آبشستگی در اطراف لوله‌های مستغرق در رودخانه‌ها استفاده از تیغه در زیر آن می‌باشد. استفاده از تیغه در زیر لوله باعث افزایش مقاومت آن در برابر تنش برشی ناشی از جریان می‌شوند. بررسی‌های مختلفی بر روی قطر لوله، و نصب تیغه در زیر آن انجام شده است. مشخصات تیغه در زیر لوله باید طوری انتخاب شود که باعث تضعیف جریان‌های گردابی در اطراف لوله شود. در این روش باید در زیر لوله‌ها از تیغه‌ها، در شدت جریان‌های مختلف استفاده شود. هم‌چنین با نصب تیغه در زیر لوله جهت حفاظت از خطوط لوله می‌توان از توان آب در کنترل آبشستگی رسوبات در زیر لوله برای دفن کردن خط لوله مستغرق در آب استفاده شود. آبشستگی ناشی از جریان یک سویه در این تحقیق بطور تجربی و عددی با اتصال یک تیغه طولی نفوذناپذیر در زیر لوله گردان هیدرولیکی و نیز طول آبشستگی کاهش یافته و نیز عمق آبشستگی افزایش می‌یابد، تحقیقات چپو [۱]، کجلدسن و همکارانش [۵] برای اولین بار به صورت آزمایشگاهی آبشستگی زیر خطوط لوله را مورد بررسی قرار دادند و در رابطه (۱) برای محاسبه عمق آبشستگی در زیر خطوط لوله ارائه دادند:

$$S = 0.972 \left(\frac{V^2}{2g} \right)^{0.2} D^{0.8} \quad (1)$$

که در آن V = سرعت متوسط جریان و D = قطر لوله است. با دخالت دادن عمق جریان با مدل کجلدسن را تصحیح کردند که حاصل تحقیقات آن‌ها توسعه دو معادله برای شرایط آب زلال و بستر فعال بود، ابراهیم و نالری [۴]، مونکادا و آگوییره [۸] این آزمایش را گسترش داده و علاوه بر عمق حفره‌ی آبشستگی طول آن را نیز مورد بررسی قرار دادند. لیانگ و چنگ [۶] یک بررسی جامع از مدل‌سازی عدی جریان و آبشستگی در اطراف خطوط لوله ناشی از جریان است. این پژوهشگران برای شبیه سازی آشفته‌گی جریان در مدل هیدرودینامیک از مدل سازی‌های متوسط زمانی و مکانی استفاده نمودند و برای محاسبه بار رسوب هر دو صورت انتقال بار بستر و معلق را در شبیه‌سازی لحاظ نمودند. با در نظر گرفتن عدد فرود (Fr) به عنوان یکی از عوامل موثر، تحقیقاتی در حالت آب زلال انجام دادند، دی و سینگ [۳]، لیانگ چنگ و همکارانش [۷] مطالعاتی برای محاسبه پروفیل آبشستگی انجام دادند. این تحقیقات در دو مورد توسعه‌ی یک مدل فیزیکی برای توضیح آبشستگی سه بعدی و ارائه‌ی مدلی برای پیش‌بینی روند آبشستگی انجام شد. محقق

کنترل آبشستگی در اطراف خطوط لوله مستغرق در بستر رودخانه با استفاده از تیغه نفوذناپذیر

وحید جباری^۱، علیرضا مسجدی^۲، محمد حیدر نژاد^۳، امیرعباس کمان بدست^۴ و امین بردبار^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۰۴

چکیده

در این مطالعه به منظور بررسی نصب تیغه در زیر لوله مستغرق در بستر رودخانه برای کنترل آبشستگی در اطراف آن، آزمایش‌هایی در یک فلوم آزمایشگاهی از جنس پلاستی گلاس در مسیر مستقیم انجام گرفت. در این تحقیق با قراردادن یک لوله عمودی بر مسیر جریان به همراه تیغه در زیر آن، در دو حالت با وجود تیغه و بدون نصب تیغه اقدام به انجام یک سری آزمایش گردید. آزمایش‌ها با استفاده از چهار قطر مختلف، چهار شدت جریان متغیر و در چهار عرض تیغه متفاوت در حالت آب زلال انجام شد. در انتهای هر آزمایش عمق و طول آبشستگی در زیر لوله اندازه گیری شد. نتایج این تحقیق نشان داد در کلیه شرایط، نصب تیغه در زیر لوله مستغرق، عامل موثری در کاهش طول آبشستگی و افزایش عمق آبشستگی در زیر آن شده و استفاده از تیغه بطور متوسط باعث کاهش طول آبشستگی در زیر لوله حدود ۲۱ درصد و افزایش عمق آبشستگی حدود ۲۲ درصد نسبت به حالت بدون تیغه را نشان داد. هم‌چنین بیش‌ترین عمق آبشستگی در شرایط توام لوله و تیغه در زیر آن، عرض تیغه ۰/۲۶ با قطر لوله ۴/۸ سانتی‌متر و عدد فرود ۰/۴۲، حدوداً ۵۵ درصد بدست آمد.

کلیدواژه‌ها: عدد فرود، عمق آبشستگی، تیغه طول، لوله

مستغرق، رودخانه

- ۱- گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
- ۲- نویسنده مسئول، گروه علوم مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران، پست الکترونیک: drmasjedi.2007@yahoo.com
- ۳- گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
- ۴- گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
- ۵- گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

با توجه به اینکه در کلیه آزمایش‌ها پارامترهای عرض کانال، شتاب ثقل، جرم مخصوص آب، شیب کف کانال، قطر متوسط بار بستر و چگالی رسوبات ثابت بوده و تغییر داده نشدند لذا این پارامترها ثابت فرض شده و متغیرهای زیر در آزمایش در نظر گرفته می‌شوند.

$$f_2(Ls \max, Hs \max, D, e, V, y) = 0 \quad (3)$$

در کلیه آزمایش‌ها با توجه به آشفتگی جریان در زیر لوله، عدد رینولدز محاسبه شد و با توجه به اینکه در کلیه آزمایش‌ها جریان از نوع متلاطم بوده و لذا عدد رینولدز حذف گردید (۲). با توجه به اینکه تحقیقات زیادی در خصوص کاهش طول آبستگي با نصب تیغه عمودی در مسیر مستقیم صورت نگرفته است. لذا در این تحقیق اقدام به بررسی اثر وجود لوله و تیغه بصورت توأم در دبی و قطر و طول تیغه متفاوت در حالت آب زلال و مقایسه آن با حالت عدم وجود تیغه شده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر نصب تیغه در زیر لوله مستغرق بستر رودخانه بر طول و عمق چاله آبستگي در در اطراف آن، از یک فلوم آزمایشگاهی در مسیر مستقیم در آزمایشگاه مرکز مطالعات رسوب آب و برق خوزستان استفاده شد. آزمایش‌ها در یک فلوم از جنس پلکسی گلاس با مقطع مستطیلی، با طول ۱۲/۵ متر، عرض ۳۰ سانتی متر و ارتفاع ۶۰ سانتی متر انجام شد. به منظور نصب لوله با تیغه در رسوبات، در فاصله ۴،۵ متری از ابتدای فلوم، یک مخزن به طول یک متر و عرض ۳۰ سانتی متر و ارتفاع ۱۵ سانتی متری در کف فلوم احداث شد که بعد از پر نمودن رسوبات در آن، سطح تراز کف فلوم و رسوبات یکسان شد (شکل ۲).

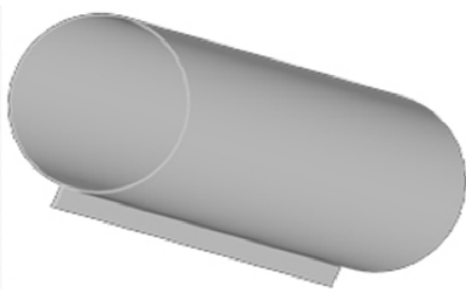
به منظور بررسی اثر نصب تیغه در زیر لوله بر کنترل آبستگي اطراف آن، چهار طول تیغه ۰/۲، ۰/۳۱، ۰/۷۲ و ۱/۲۴ سانتی متر و چهار قطر لوله شامل ۴، ۳/۱، ۴/۸ و ۶/۲ سانتی متر و در چهار عدد فرود ۰/۴۲، ۰/۵۸، ۰/۶۷ و ۰/۶۷ در نظر گرفته شد. در این تحقیق کلیه لوله‌ها از جنس PVC و تیغه‌ها از ورق‌های پلکسی گلاس به

دیگر به بررسی عمق آبستگي در زیر خطوط لوله دریایی تحت اثر موج پرداخت، یازا [۱۲]. یانگ و همکارانش [۱۳] روشی بکار بردند که توانست سرعت آبستگي را در حد چشم‌گیری کاهش دهد. آن‌ها با اضافه نمودن یک ورق شکل‌پذیر در زیر لوله مقدار گرادیان هیدرولیکی در بالادست و پایین‌دست لوله را کاهش داده و موفق به مهار نسبی آبستگي شدند. هنگ جون و همکارانش [۱۴] با شبیه سازی عددی به بررسی جریان و آبستگي ناشی از جریان در اطراف لوله‌های با تیغه اضافه شده بر روی آن پرداخت. چنگ و همکارانش [۲] تحقیقات خود را با اعمال اثر همزمان موج و جریان تکمیل نمودند.

آن‌ها دریافتند که روند آبستگي موج تنها با افزایش عدد کولگان کارپتر (KC) و پارامتر شیلدز افزایش و با افزایش عمق دفن شدگی کاهش می‌یابد. در اثر جدایی جریان در کناره‌های لوله نیز گرداب‌هایی تشکیل می‌شوند که محور آن‌ها عمود بر بستر رودخانه می‌باشد و به آن‌ها گرداب برخاستگی می‌گویند. این گرداب‌ها همانند گردباد ذرات بستر را جدا کرده و در معرض جریان قرار می‌دهند و به انتقال ذرات از جلو و زیر لوله به سمت پائین دست کمک می‌کنند. حفره گودال آبستگي توسط گرداب نعل اسبی آنقدر ادامه می‌یابد تا حجم آب درون حفره آبستگي زیاد شده و انرژی گرداب را مستهلک کند. در این حالت عمق آبستگي به حالت تعادل می‌رسد. با در نظر گرفتن جریان دائمی و ثابت بودن خصوصیات سیال رابطه ذیل بین پارامترهای موثر بر عمق آبستگي در حالت تعادل برقرار است رابطه (۲):

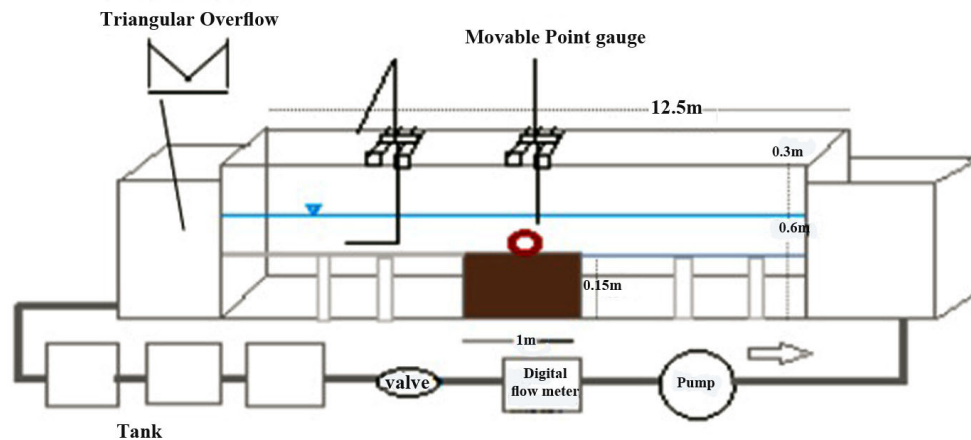
$$f_1(Ls \max, Hs \max, D, e, B, V, y, g, \rho_w, S_0, d50, Gs) = 0 \quad (2)$$

که (رابطه ۲) $Ls \max$ = طول آبستگي ماکزیمم در زیر لوله با محافظ، $Hs \max$ = عمق آبستگي ماکزیمم در زیر لوله با محافظ، D = قطر لوله، e = عرض تیغه، B = عرض مجرا، V = سرعت جریان، y = عمق جریان آب، g = شتاب ثقل، w_p = جرم مخصوص آب، ρ_s = شیب کانال اصلی، $d50$ = قطر متوسط بار بستر، G_s = چگالی رسوبات می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱- محل قرارگیری تیغه عمودی در زیر لوله

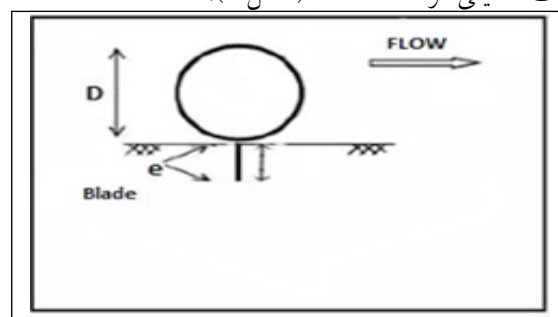
Fig 1. The placement of the transverse spoiler under the pipe



شکل ۲- پلان فلوم آزمایشگاهی

Fig 2. The plan of the flume

ضخامت ۱ میلی متر استفاده شد (شکل ۳).



شکل ۳- لوله استوانه‌ای و نصب تیغه عمودی

Fig 3. The cylindrical pipe and the transverse spoiler installed under it

اندازه‌گیری شد. در ابتدای هر آزمایش لوله به همراه تیغه به صورت جداگانه در فاصله ۵/۴ متری از ابتدای فلوم و در رسوبات نصب و سپس با استفاده از ارابه متحرک، رسوبات بستر کانال تحت شیب ثابت مسطح گردید. پیش از راه‌اندازی پمپ، دریچه انتهایی بسته و سپس آب زلال به آرامی به درون کانال هدایت گردید تا از ایجاد رپل و ناهمواری در سطح بستر جلوگیری شود. مدت زمان اشباع کانال بین ۲۰ تا ۳۰ دقیقه بود. پس از بالا آمدن آب و اطمینان از مرطوب شدن رسوبات بعد از گذشت چند دقیقه، پمپ با دبی کمی راه‌اندازی شد و به آرامی توسط شیر فلکه اصلی لوله ورودی به حوضچه آرامش، دبی به میزان مورد نظر رسانده شد. سپس با تنظیم دقیق و هم‌زمان شیرفلکه و دریچه پائین دست عمق جریان ۱۸ سانتی‌متر و دبی مورد نظر حاصل شد. پس از گذشت ۶ ساعت، پمپ خاموش و دریچه‌ی انتهایی بسته گردید تا آب موجود در کانال به آرامی زهکشی شد تا تاثیری بر روی توپوگرافی بستر ایجاد نگردد. پس از گذشت چند ساعت و تخلیه کامل آب از درون کانال، بوسیله عمق سنج لیزری با دقت میلی‌متر، توپوگرافی بستر در اطراف پایه برداشت شد. به منظور بررسی دقیق تغییرات ایجاد شده در بستر در امتداد عرضی فاصله نقاط برداشت ۲ سانتی‌متر و در امتداد طولی با توجه به موقعیت ۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (شکل ۴).



شکل ۴- آبشستگی در زیر لوله با نصب تیغه در انتهای آزمایش

Fig 4. The scour formed under the pipe with the attached spoiler at the end of the experiment

برای جلوگیری از تشکیل رپل، قطر متوسط ذرات باید از ۰/۷۲ میلی‌متر بزرگتر باشد، به توصیه رادکیوی و اتما [۱۰]. همچنین برای حذف تاثیر غیر یکنواختی رسوبات بر آبشستگی، انحراف معیار ذرات باید کمتر از ۱/۳ باشد. با توجه به این موارد یک لایه از ماسه طبیعی رودخانه‌ای با قطر متوسط معادل ۱/۵۹ میلی‌متر و ضریب انحراف استاندارد معادل ۱/۳ انتخاب و در لایه‌ای به ضخامت تقریبی ۱۵ سانتی‌متر جهت انجام آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به اینکه آبشستگی موضعی در شرایط آب زلال انجام شد، لذا به منظور جلوگیری از فرسایش و انتقال رسوبات در بالادست پایه، سرعت متوسط جریان باید کمتر از سرعت بحرانی ($u < u_c$) باشد. در کلیه آزمایش‌ها نسبت سرعت برشی به سرعت برشی بحرانی با استفاده از منحنی شیلدز ۰/۹۳ انتخاب گردید. لذا کلیه آزمایش‌ها در دبی‌های ۰/۲۵، ۰/۳۰، ۰/۳۵ و ۰/۴۰ متر مکعب بر ثانیه با نسبت سرعت متوسط به سرعت بحرانی به ترتیب ۰/۵۹، ۰/۷۲، ۰/۸۴ و ۰/۹۵ انجام شد. برای جلوگیری از طبق توصیه الیوتو و هاگر اثرات زبری عمق آب را بیشتر از ۲۰ میلی‌متر پیشنهاد نموده‌اند که در کلیه آزمایش‌ها عمق آب ۱۸ سانتی‌متر انتخاب گردید [۹]. جهت انجام آزمایش ابتدا دبی مورد نیاز توسط سرریز مثلثی ۶۰ درجه در ابتدای ورودی فلوم

در همه آزمایش‌ها پس از تنظیم دبی و عمق جریان، بلافاصله در اطراف لوله گردابه‌ها تشکیل و پروسه آبستگي با سرعت بسیار بالا آغاز گردید. با شکل‌گیری حفره آبستگي رسوب‌های برخاسته از حفره به سمت پائین دست منتقل گردیدند. پس از مدتی از شروع آزمایش، رسوبات برخاسته از حفره آبستگي به محدوده‌ای

می‌رسند که تاثیر لوله استوانه‌ای بر آن محدوده کاهش یافته است و اثر گردابه‌های پشت تیغه ناچیز می‌گردد. در این وضعیت رسوبات انتقالی از حفره آبستگي تحت تاثیر جریان ثانویه به سمت پائین دست منتقل می‌گردد. مطابق جدول ۱ مقادیر درصد طول و عمق آبستگي و همچنین ماکزیمم طول و عمق نسبی آبستگي برای طول نسبی تیغه و عدد فرود مختلف محاسبه شد.

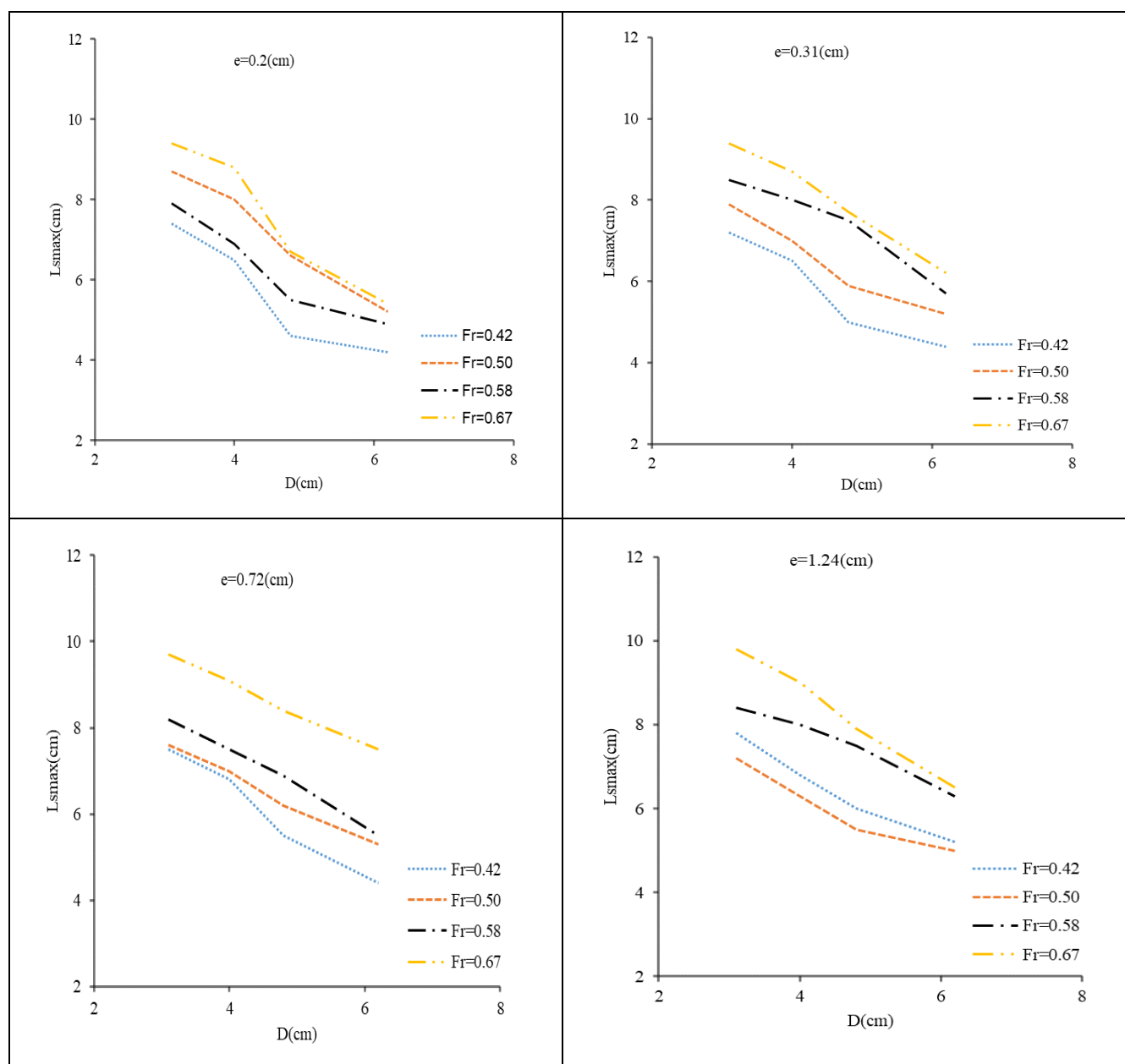
جدول ۱- مشخصات تیغه و آبستگي مربوط به لوله مستغرق در بستر رسوبات

Table 1. The spoiler and scour specifications for the Submerge pipe on the sediment bed

Number	D (cm)	e (cm)	Q (m ³ /s)	V (m/s)	Fr	Hs max (cm)	Ls max (cm)	Increase in the scour depth (%)	Reduction in the scour length(%)
1	3.1	0.20	0.040	0.83	0.67	2.6	10	11	5
2	3.1	0.20	0.035	0.73	0.58	2.5	8.7	6	4
3	3.1	0.20	0.030	0.63	0.50	2.4	8.1	9	4
4	3.1	0.20	0.025	0.52	0.42	2.2	7.5	10	9
5	3.1	0.31	0.040	0.83	0.67	2.7	9.3	15	11
6	3.1	0.31	0.025	0.52	0.42	2.4	7	20	15
7	3.1	0.31	0.030	0.63	0.50	2.5	7.2	14	14
8	3.1	0.31	0.035	0.73	0.58	2.6	8.6	11	5
9	3.1	0.72	0.035	0.73	0.58	2.8	7	19	23
10	3.1	0.72	0.030	0.63	0.50	2.7	5.9	23	30
11	3.1	0.72	0.025	0.52	0.42	2.6	5.4	30	34
12	3.1	0.72	0.040	0.83	0.67	2.9	7.6	23	28
13	3.1	1.24	0.035	0.73	0.58	2.9	6.1	23	33
14	3.1	1.24	0.025	0.52	0.42	2.7	4.8	35	41
15	3.1	1.24	0.03	0.63	0.50	2.8	5.6	27	33
16	3.1	1.24	0.040	0.83	0.67	3	6.5	28	38
17	4	0.20	0.035	0.73	0.58	2.7	13.3	9	4
18	4	0.20	0.030	0.63	0.50	2.5	12.1	9	6
19	4	0.20	0.025	0.52	0.42	2.7	12.2	3	3
20	4	0.20	0.040	0.83	0.67	2.8	13.9	7	3
21	4	0.31	0.035	0.73	0.58	2.8	11.5	13	17
22	4	0.31	0.040	0.83	0.67	2.9	13.1	11	3
23	4	0.31	0.025	0.52	0.42	2.8	10.4	7	17
24	4	0.31	0.030	0.63	0.50	2.6	10	13	22
25	4	0.72	0.030	0.63	0.50	3	9.1	30	29
26	4	0.72	0.025	0.52	0.42	3.2	10	23	21
27	4	0.72	0.040	0.83	0.67	3.3	11.5	26	15
28	4	0.72	0.035	0.73	0.58	3.1	10.8	25	22
29	4	1.24	0.040	0.83	0.67	3.8	9.4	46	30
30	4	1.24	0.030	0.63	0.50	3.3	7.6	33	41
31	4	1.24	0.025	0.52	0.42	3.6	8.5	38	33
32	4	1.24	0.035	0.73	0.58	3.4	8.9	37	36
33	4.8	0.20	0.030	0.63	0.50	2.6	12.4	8	5
34	4.8	0.20	0.025	0.52	0.42	2.3	12.5	5	1
35	4.8	0.20	0.040	0.83	0.67	2.9	11.9	7	12
36	4.8	0.20	0.035	0.73	0.58	2.8	11.2	9	3
37	4.8	0.31	0.030	0.63	0.50	2.7	11.3	13	2
38	4.8	0.31	0.035	0.73	0.58	2.9	9.9	13	24
39	4.8	0.31	0.040	0.83	0.67	3	10.8	11	6
40	4.8	0.31	0.025	0.52	0.42	2.5	11.7	14	13
41	4.8	0.72	0.025	0.52	0.42	2.9	10.8	32	14
42	4.8	0.72	0.040	0.83	0.67	3.4	9	25	33
43	4.8	0.72	0.035	0.73	0.58	3.3	8.1	28	30
44	4.8	0.72	0.030	0.63	0.50	3.1	10.1	29	22
45	4.8	1.24	0.03	0.63	0.50	3.6	9	50	31
46	4.8	1.24	0.035	0.73	0.58	3.7	6.5	44	43
47	4.8	1.24	0.040	0.83	0.67	3.9	7.3	44	46
48	4.8	1.24	0.025	0.52	0.42	3.4	9.9	55	21
49	6.2	0.20	0.025	0.52	0.42	2.5	11.7	9	4
50	6.2	0.20	0.040	0.83	0.67	3	12.2	5	10
51	6.2	0.20	0.035	0.73	0.58	2.9	13.2	7	9
52	6.2	0.20	0.030	0.63	0.50	2.7	11.1	8	8
53	6.2	0.31	0.025	0.52	0.42	2.6	10.2	13	16
54	6.2	0.31	0.030	0.63	0.50	2.8	9.7	12	20
55	6.2	0.31	0.035	0.73	0.58	3	12.3	11	1
56	6.2	0.31	0.040	0.83	0.67	3.1	10.6	9	27
57	6.2	0.72	0.040	0.83	0.67	3.5	8.9	23	34
58	6.2	0.72	0.035	0.73	0.58	3.4	9.8	26	32
59	6.2	0.72	0.030	0.63	0.50	3.2	8.4	28	31
60	6.2	0.72	0.025	0.52	0.42	3	8.8	30	28
61	6.2	1.24	0.025	0.52	0.42	3.5	6.9	52	43
62	6.2	1.24	0.040	0.83	0.67	4	7.1	38	47
63	6.2	1.24	0.035	0.73	0.58	3.9	7.5	44	48
64	6.2	1.24	0.030	0.63	0.50	3.7	6.5	48	46

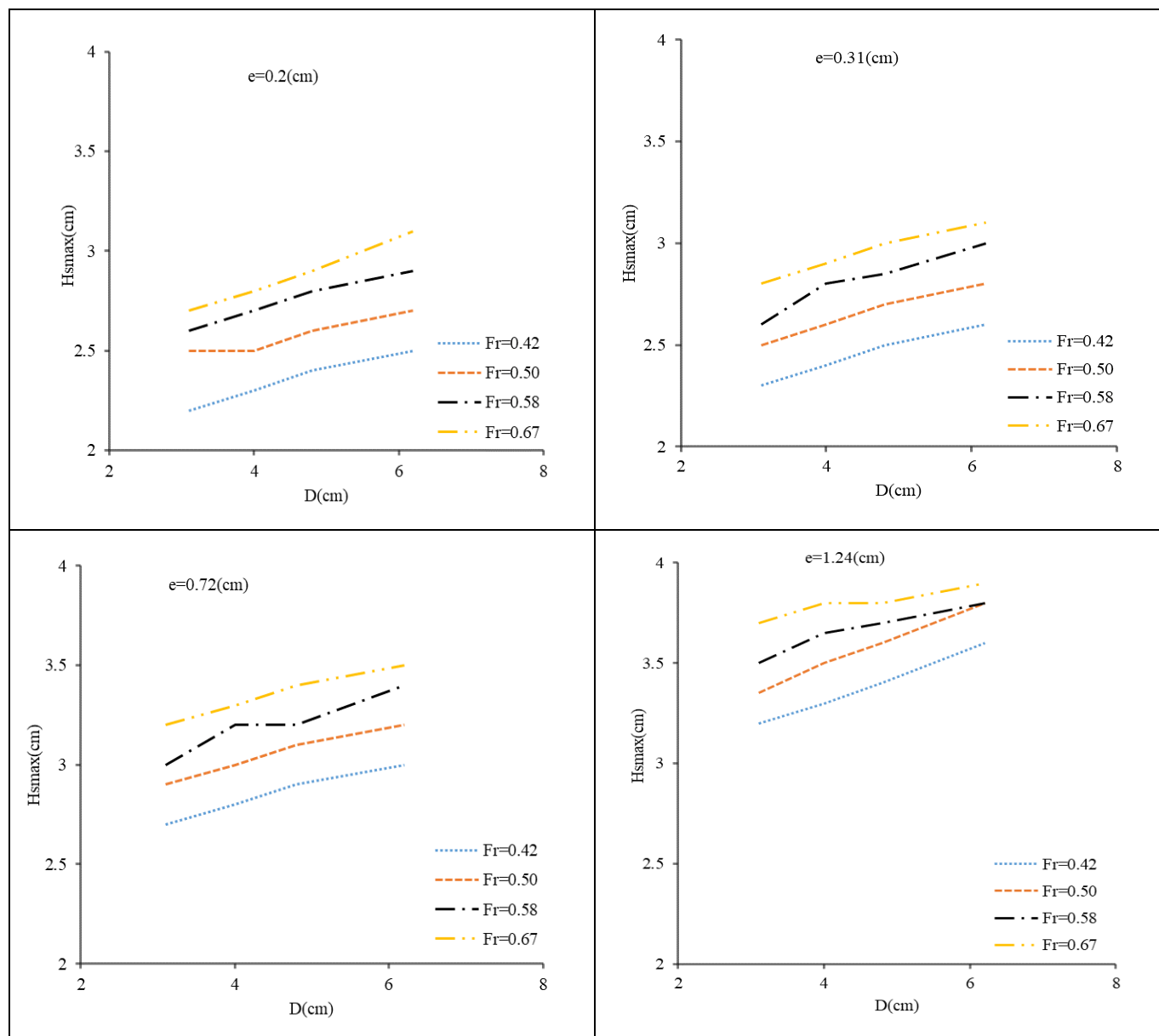
طول آبشستگی در زیر لوله می‌گردد. لوله توام با تیغه در مسیر جریان باعث تشکیل جریان‌های گردابی در اطراف آن شده و این جریان‌ها، مکانیسم اصلی آبشستگی در اطراف بستر لوله می‌شود. افزایش قطر لوله، باعث تضعیف جریان‌های گردابی در پایین‌دست و بالادست لوله شده و در نتیجه باعث کاهش توان حمل رسوب بار بستر به پایین‌دست لوله می‌گردد، کاهش توان حمل رسوب بار بستر به پایین‌دست پایه، سبب کاهش چاله آبشستگی در اطراف لوله شده و این امر در شکستگی لوله موثر می‌باشد. هم‌چنین زمانیکه تیغه در زیر لوله نصب می‌شود، گرداب‌های نعل اسبی رو به پائین در حین برخورد به تیغه از بستر منحرف شده و باعث افزایش عمق آبشستگی

تأثیر قطر لوله مستغرق بر آبشستگی در اعداد فرود مختلف اشکال ۶ و ۵ نمودارهای ماکزیمم طول و عمق آبشستگی در شرایط با وجود تیغه و بدون تیغه در چهار قطر ۳/۱، ۴، ۴/۸ و ۶/۲ سانتی‌متر و چهار طول تیغه به عرض ۰/۲۰، ۰/۳۰، ۰/۷۲ و ۱/۲۴ سانتی‌متر و به صورت عمود بر مسیر جریان نشان می‌دهد. همان‌گونه که در اشکال مشاهده می‌شود، با نصب تیغه در زیر لوله، قطر لوله با عمق آبشستگی نسبت مستقیم و با طول آبشستگی رابطه عکس دارد و افزایش قطر لوله در کلیه شرایط، باعث افزایش عمق آبشستگی و کاهش طول آبشستگی در زیر لوله مستغرق می‌شود. وجود لوله توام با تیغه در بستر رودخانه، باعث افزایش عمق آبشستگی و کاهش



شکل ۵- تأثیر قطر لوله مستغرق بر طول آبشستگی در اعداد فرود مختلف

Fig 5. The impact of the size of the submarine pipe on the scour length at different Froude numbers



شکل ۶- تاثیر قطر لوله مستغرق بر عمق آبشستگی در اعداد فرود مختلف

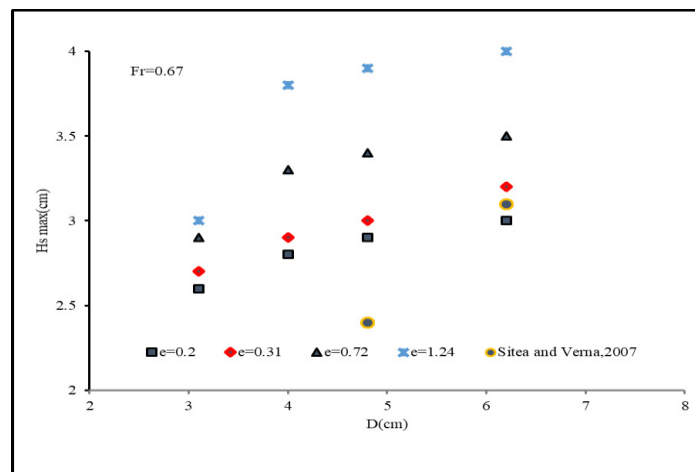
Fig 6. The impact of the size of the submarine pipe on the scour depth at different Froude numbers

لوله همراه با تیغه، عمق آبشستگی روند افزایشی دارد. هم چنین بررسی آماری نشان می دهد نتایج حاصل از این نمودارها تطابق مناسب در حدود ۹۳ درصد این تحقیق با تحقیقات محققین دیگر را نشان می دهد. ارائه رابطه جهت تخمین عمق و طول آبشستگی در زیر لوله مستغرق با وجود تیغه

به منظور تخمین عمق آبشستگی در زیر لوله مستغرق با وجود تیغه، با استفاده از نرم افزار آماری SPSS رابطه های (۴ و ۵) با استفاده از رگرسیون خطی بین ماکزیمم عمق و طول آبشستگی، قطر لوله در شرایط لوله مستغرق ایجاد گردید.

می شود. (جدول ۱) درصد افزایش عمق و کاهش طول آبشستگی در زیر لوله با نصب تیغه، برای چهار قطر و چهار عدد فرود مختلف نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد در قطر لوله ۴/۸ سانتی متر، عرض تیغه ۱/۲۴ سانتی متر و عدد فرود ۰/۴۲، بیش ترین درصد افزایش عمق آبشستگی به میزان ۵۵ درصد و کم ترین طول آبشستگی به میزان ۴۸ درصد ایجاد شده است.

به منظور مقایسه تاثیر قطر لوله بر عمق آبشستگی در تحقیق حاضر با سایر محققین از نتایج تحقیقات، Setia and Verma [۱۱] و کجولدسن و همکارانش [۵] استفاده شد. شکل (۷) نتایج تحقیق حاضر را با سایر محققین نشان می دهد. مقایسه نمودارها نشان می دهد با افزایش قطر



شکل ۷- مقایسه نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات محققین

Fig 7. Comparing the results with other studies in the literature

جدول ۲- برآورد پارامترهای رابطه ۴ و ۵ در شرایط لوله مستغرق با وجود تیغه

Table 2. Estimating the parameters of Eqs. 4 and 5 for the Submerge pipe with attached spoiler

Confidence Range 95%		The standard deviation	Value	Parameter
Max	Min			
0.091	-0.052	0.036	0.19	a
2.733	2.066	0.167	2.4	b
1.082	-0.92	0.294	0.495	c
12.153	6.695	1.364	9.424	d

جدول ۳- آنالیز آماری رابطه‌های پیشنهادی برای تخمین عمق و طول آبشستگی ماکزیمم در زیر لوله مستغرق

Table 3. The statistical analysis of the relations proposed for estimating the maximum depth and length of scour under the

Submerge pipe				
%Error	R ²	RMSE	Relation	Number
0.1435	0.314	0.809	Hsmax= 0.19D +0.4	4
0.115	0.733	0.533	Lsmax= 0.495D +9.4	5

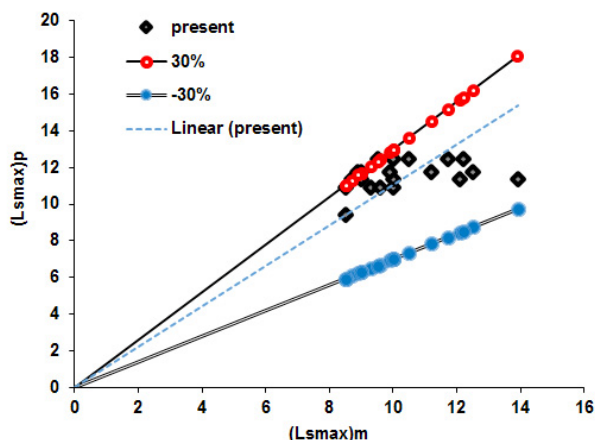
با ۲۰ درصد آن‌ها صحت‌سنجی انجام گردید. آنالیز آماری مربوط به ارزیابی معادله ارائه شده با ۲۰ درصد داده‌هایی که در توسعه این مدل‌ها استفاده نشده بودند در جدول ۳ آمده است.

به‌منظور همبستگی میان مقادیر عمق آبشستگی ماکزیمم اندازه‌گیری شده $(Hs_{max})_m$ و مقادیر محاسبه شده $(Hs_{max})_p$ در (رابطه ۴) نمودار شکل ۸، برای ۲۰ درصد باقی‌مانده داده‌ها بوده و دو خط چین معرف ۲۰+ و ۲۰- درصد انحراف نسبی نسبت به خط ۴۵ درجه می‌باشد. هم‌چنین به‌منظور همبستگی میان مقادیر

$$H_{s \max} = aD + b \quad (4)$$

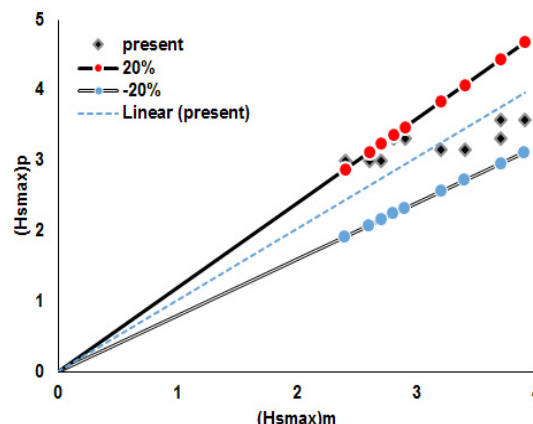
$$L_{s \max} = cD + d \quad (5)$$

که متغیرهای a,b,c,d مقادیر تجربی بوده که بر اساس روش کم‌ترین مربعات محاسبه گردید. با وارد کردن داده‌های آزمایشگاهی به نرم‌افزار SPSS و ایجاد رابطه‌ای معنی‌دار بین پارامترهای بدون بعد، ضرایب (رابطه‌های ۴ و ۵) برای شرایط مستغرق محاسبه شد و در جدول ۲ ارائه گردید. سپس مدل با ۸۰ درصد داده‌ها ساخته شد و



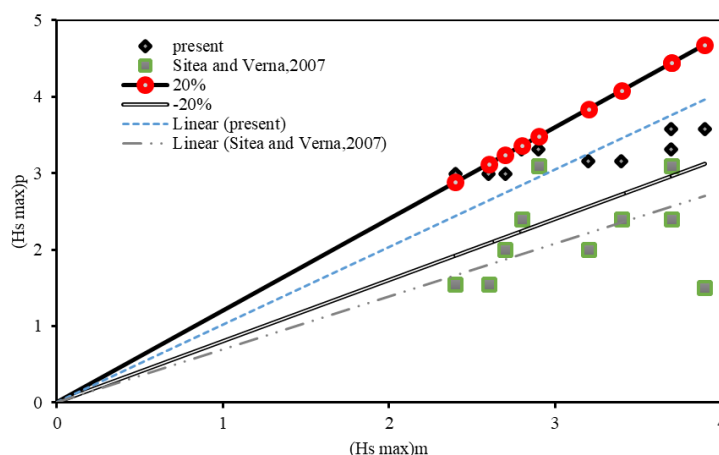
شکل ۹- همبستگی میان مقادیر طول آبخستگی محاسباتی با طول آبخستگی حاصل از رابطه ۵

Fig 9. Correlation between the calculated scour length and the scour length obtained from Eq. 5



شکل ۸- همبستگی میان مقادیر عمق آبخستگی محاسباتی با عمق آبخستگی حاصل از رابطه ۴

Fig 8. Correlation between the calculated scour depth and the scour depth obtained from Eq. 4



شکل ۱۰ - مقایسه مقادیر مشاهداتی و نتایج بدست آمده از رابطه ۴ و Setia and Verma (۲۰۰۷)

Fig 10. Comparing the observed and calculated (Eq. 4) results with Setia and Verma (2007)

و ۶/۲ سانتی متر در چهار تیغه به عرض های ۰/۲۰، ۰/۳۱، ۰/۷۲ و ۱/۲۴ سانتی متر و مقایسه آن با حالت بدون تیغه در مسیر مستقیم با دبی های ۰/۰۲۵، ۰/۰۳۰، ۰/۰۳۵ و ۰/۰۴۰ مترمکعب بر ثانیه انجام گرفت. متغیرهای موثر در این تحقیق قطر لوله، عرض تیغه و دبی بود. نتایج این تحقیق نشان داد نصب تیغه با عرض نسبی تیغه ۰/۰۸ با لوله به قطر لوله ۴ سانتی متر نسبت به قطرهای دیگر بیشترین درصد کاهش در عمق آبخستگی در کلیه لوله ها را ایجاد می کند. بیشترین درصد افزایش عمق آبخستگی در لوله در شرایط استفاده از تیغه در عرض نسبی ۰/۲ و عدد فرود ۰/۴۲، حدود ۵۲ درصد مشاهده می شود. هم چنین در کلیه شرایط استفاده توام از لوله و تیغه در مقایسه با حالت بدون تیغه، باعث کاهش درصد طول آبخستگی در زیر لوله می شود. به طوری که استفاده از تیغه به طور متوسط باعث کاهش طول آبخستگی در حدود ۲۷ درصد نسبت به حالت بدون

طول آبخستگی ماکزیمم اندازه گیری شده $(Ls\ max)_m$ و مقادیر محاسبه شده $(Ls\ max)_p$ در (رابطه ۵) نمودار شکل ۹ برای ۳۰ درصد باقی مانده داده ها بوده و دو خط چین معرف ۳۰+ و ۳۰- درصد انحراف نسبی نسبت به خط ۴۵ درجه می باشد. بمنظور مقایسه عمق آبخستگی ماکزیمم در تحقیق حاضر با سایر محققین، از نتایج تحقیقات Setia and Verma استفاده شد. شکل ۱۰ نتایج تحقیق حاضر را با نتایج تحقیقات Setia and Verma در شرایط لوله مستغرق با تیغه را نشان می دهد. نتایج حاصل از این نمودارها تطابق مناسب این تحقیق با تحقیقات محققین دیگر را نشان می دهد.

بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق آزمایش ها جهت بررسی عمق آبخستگی در زیر لوله توام با تیغه و بدون نصب تیغه در چهار قطر لوله ۴/۸، ۴، ۳/۱، ۲/۵

7. Liang, D. F. et al., (2004), Numerical modeling of flow and scour below a pipeline in currents, Part II: Scour simulation, Coastal Engineering., (19p.).

8. Moncada-M, A. T. & Aguirre-Pe, J., (1999), Scour below pipeline in river crossings, J. of Hydraulic Engineering, ASCE, (5p.).

9. Oliveto, G. & Hager, W. H., (2002), temporal evolution of clear-water pier and abutment scour, J. of Hydraulic Engineering., ASCE, (9p.).

10. Raudkivi, A. J. & Ettema, R., (1983), Clear-water scour at cylindrical piers, J. of Hydraulic Engineering, ASCE, (12p.).

11. Setia, B. & Verma, D., (2007), Physics of flow mechanism of scour around submerged pipelines on an erodible bed, 3rd WSEAS International Conference on applied and theoretical mechanics, Spain, (5p.).

12. Yasa, R., (2011), Prediction of the scour depth under submarine pipeline in wave condition, J. of Coastal Research, (3p.), (In Persian)

13. Yang, L. et al., (2012), Study of Scour around Submarine Pipeline with a Rubber Plate or Rigid Spoiler in Wave Conditions, Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, (6p.).

14. Zhu, H. et al., (2013), Numerical simulation of flow around a submarine pipe with a spoiler and current-induced scour beneath the pipe, J. of Applied Ocean Research, (13p.).

تیغه می‌شود. همچنین بیش‌ترین عمق آبشستگی در شرایط توام لوله و تیغه در عدد فرود 0.67 ، قطر لوله $3/1$ سانتی‌متر، عرض نسبی تیغه 0.05 حدود 49 درصد بدست آمد.

منابع

1. Chiew, Y. M., (1991), Prediction of maximum scour depth at submarine pipelines, J. Hydraulic Engineering, (14p.).

2. Cheng, L. et al., (2014), 3D scour below pipelines under waves and combined waves and currents, Coastal Engineering, (12p.).

3. Dey, S. & Singh, N. P., (2008), Clear-water scour below underwater pipelines under steady flow, J. of Hydraulic Engineering, ASCE, (12p.).

4. Ibrahim, A. & Nalluri, C., (1986), Scour prediction around marine pipelines, Proc, 5th International Symp, On Offshore Mechanic and Arctic Engineering, Tokyo, Japan, (5p.).

5. Kjeldsen, S. P. et al., (1973), Local scour near offshore pipelines, Proceedings of the Second International Conference on Port & Ocean Engineering under Arctic Conditions (POAC), (23p.).

6. Liang, D. F. & Cheng, L., (2005), Numerical modeling of flow and scour below a pipeline in currents, Part I: Flow simulation, J. of Coastal Engineering, (17p.). Liang, D. F. and Cheng, L., (2005) "Numerical model for wave-induced scour below a submarine pipeline." J., Wtrwy., Port, Coast. And Oc. Engrg., ASCE, 131(5), 193-202.

Control of Scour around the Submarine Pipelines in the River Bed

V. Jabari¹, A. Masjedi², M. Haidarnejad³, A.A. Kamanbedast⁴ and A. Bordbar⁵

Received: 20-04-2019 Accepted: 25-06-2019

Abstract

This paper presents, a set of experiments was conducted in a Plexiglas flume setup to investigate the simultaneous use of pipe and blade in the scour control around a submerged pipe. A vertical cylindrical pipe with and without a blade placed below it was selected for the experiments. The experiments were carried out in two different sates: with blade and without blade the pipe. Moreover, they were performed for four different pipe diameters, flow intensities, and blades where clear water was also used. The results showed for all states that simultaneous installation of pipe and blade below it caused a substantial decrease in the scour length. In other words, applying the blade produced a decrease in the scour length below the pipe by 21 percent. Furthermore, in all states, simultaneous use of pipe and blade engendered a more increased scour depth than the absence of the blade, by 22 percent. Besides, maximum scour depth for simultaneous use of pipe and blade was obtained equal to 55 percent when the blade width, pipe diameter, and Froude number were set to 1.24, 4.8 cm, and 0.42, respectively.

Keywords: *Scour, Blade, Submarine pipeline, River*

1. Department of Water Science and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

2. Corresponding author and Department of Water Science and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran,
E-mail: drmasjedi.2007@yahoo.com

3. Department of Water Science and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

4. Department of Water Science and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

5. Department of Water Science and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran