

بررسی اثر انباشت زباله در تیرچه بلوک در آب شستگی پل:

II. فرمول تجربی

چکیده

آسیب عمده پل در رودخانه در طول سیل رخ می دهد. آسیب به دلایل مختلف ایجاد می شود. دلیل اصلی آن وجود در بستر رودخانه در پایه های پل، یعنی اسکله و صیقلی شدن اباتمنت است. تجمع رسوب در پایه پل همراه با انسداد بزرگتر از پایه پل جدا شده می باشد. حضور بقایای آن باعث جابجایی بزرگتر و حذف رسوبات با توجه به عدم وجود رسوب باقی مانده است. رسوب باقی مانده در اثر پایه پل به صورت صیقلی موجود است و توسط چندین محقق مورد مطالعه قرار گرفت. اما اثرات تجمع باقی مانده در پل آبشستگی اسکله مورد مطالعه قرار گرفته نشده است. هدف از این مطالعه برآورد اثرات باقی مانده انباشته در آبشستگی اسکله و یک فرمول جدید برای پیش بینی عمق آبشستگی پل اسکله با باقی مانده انباشته در شمع می باشد. آزمایش برای درک تغییرات و تعامل عمق آبشستگی بیش از یک طیف از عمق جریان، γ و جریان شدت، V / VC انجام شد. آزمایش در آبشستگی اسکله واحد انجام شد. وضعیت صیقل اسکله با آبشستگی باقی مانده و شمع با آبشستگی باقی مانده است. با مقایسه هر یک از نتایج تجربی یافت شده، اثرات باقی مانده به پل آبشستگی اسکله مربوط به اندازه و ضخامت آن بررسی می شود. روش های پیش بینی عمق آبشستگی با نتایج حاصل از این مطالعه تجربی مقایسه شده است. فرمول ملویل برای تغییر انتخاب شد. پیشنهاد فرمول عامل تابع عمق اندازه اصلاح ملویل، $K' = 1.56D$ می باشد که در این مطالعه در نظر گرفته شد. یک رابطه جدید برای پیش بینی YB مطرح شده است. اثرات رسوب باقی مانده در شمع و در پایه پل با عمق نسبی بیان گر آبشستگی حداکثر صیقلی کردن موجود است. اسکله به صورت موثر با باقی مانده انباشته ارائه شده است.

فرمول پیشنهادی جدید با نتایج تجربی همراه است. نتایج آزمایش ها طبق مقاله قبلی برای تجزیه و تحلیل و فرمول جدید ارائه شده است.

کلمات کلیدی: تجمع باقی مانده، شمع، آبشستگی پل اسکله، اسکله تنها

1. مقدمه

آبشستگی پل اسکله یک موضوع مورد علاقه از زمان اولین تمدن بوده است. دانش پیش بینی صیقلی عمق و اقدامات متقابل برای محافظت در برابر مشکل آبشستگی است و به سرعت در طول 50 سال گذشته پیشرفت کرده است. با این حال اثرات تجمع باقی مانده در پایه پل هنوز هم بسیار تحقیق شده است. (Breusers و همکاران، 1977). این شامل رابطه بین عمق آبشستگی و رابطه V / VC توسط تجزیه و تحلیل ابعادی بررسی شده است، اما هیچ تجزیه و تحلیل دقیق طبق ماهیت وابستگی اعمال نمی شود. Hancu (1971) یک سری از آزمایش های آبشستگی را انجام داد و نتیجه گرفت که عمق آبشستگی موضعی وابسته به سرعت جریان است. این نتیجه گیری شبیه به نتیجه Breusers و همکاران، 1977 است. ریچاردسون و دیویس (1995) اظهار داشتند که تغییر بلند مدت مشخصات رودخانه معمولاً برای ارزیابی دشوار خواهد بود. ملویل (1997) بسیاری از داده های آزمایشگاهی را توصیف و آب شستگی موضعی در دایره تحت شرایط آب زلال را بررسی می کند. در این وضعیت نشان داده شد که عمق آب شستگی موضعی در مقادیر پایین تر از V / VC کاهش می یابد. طراحی اسکله آبشستگی در حال حاضر در ایالات متحده آمریکا مطرح است که عمدتاً در معادله CSU شرح داده شده در HEC-18 (CSU، 2001) بررسی می شود. شپرد و میلر (2006) وضعیت صیقلی را آزمایش و نتایج را با برخی از معادلات آبشستگی موضعی مقایسه می کند. معادلات پیش بینی موجود به طور گسترده ای متنوع برای جریان داده و شرایط رسوب است. نصب و راه اندازی شمع برای کاهش صیقلی در اسکله مورد توجه است. در بالادست، این به منظور کاهش رویکرد جریان فرسایش و تضعیف حرکت جریان گردابی مد نظر است. عمق آبشستگی در اسکله طبق عرض شمع اسکله را

تحت تاثیر قرار می دهد. اگر شمع عرض کوچک با اثر کاهش آبخستگی داشته باشد، اثرات کاهش آبخستگی تنظیم و طول اسکله و توابع مختلف بررسی می شود. مطالعه تجربی اخیر شمع توسط هدفیلد (1997) انجام شد. هدفیلد (1997) پیشنهاد کرد که وضعیت شمع های موثر برای پنج شمع با قطر 167 همراه با پارامترهای تنظیم شده $X = E = D, 2.5D$ شکل می گیرد که در آن قطر پایه پل استوانه ای است. X جابجایی شمع رو به جلو در اسکله را نشان می دهد. E فاصله بین شمع و α زاویه گوه است. برای تراز وسط، جریان یک آرایش جایگزین می تواند عمق آبخستگی 56 درصد را کاهش دهد. اثرات تجمع باقی مانده در شمع برای حالت صیقلی پل اسکله مورد مطالعه قرار گرفته است، لذا هدف از این مطالعه برآورد اثر انباشت نخاله در شمع برای آبخستگی اسکله و پیشنهاد یک فرمول جدید برای پیش بینی پایه پل طبق عمق آبخستگی با باقی مانده انباشته در شمع است. آزمایش برای درک تغییرات و عمق آبخستگی بیش از یک طیف از عمق جریان و شدت جریان انجام شد (پارک و همکاران، 2015).

2. فرمول تجربی برای انباشت زباله

2.1 تجزیه و تحلیل آب شستگی طبق عمق پیش بینی

عمق آبخستگی طبق فرمول پیش بینی برای مقایسه با این مطالعه نتایج تجربی انتخاب شد. روش مورد نظر در جدول 1 ارائه شده است. ارائه مقایسه اسکله صیقلی با توجه به نتایج مطالعه تجربی است (سوک و همکاران، 2014). نتایج گوناگون پیش بینی عمق آبخستگی در جدول 2 ارائه شده است.

آزمون (R.M.S.E) برای هر یک از نتایج پیش بینی در مقابل داده های آزمایشگاهی انجام می شود. از جمله نتایج روش گوناگون پیش بینی آبخستگی ملویل (1997) به معنای کمترین میزان خطا با ریشه مربع $R.M.S.E = 0.020$ است. بنابراین فرمول ملویل برای پیشنهاد یک روش جدید برای پیش بینی عمق آبخستگی در پایه پل با باقی مانده انباشته در شمع انتخاب شد.

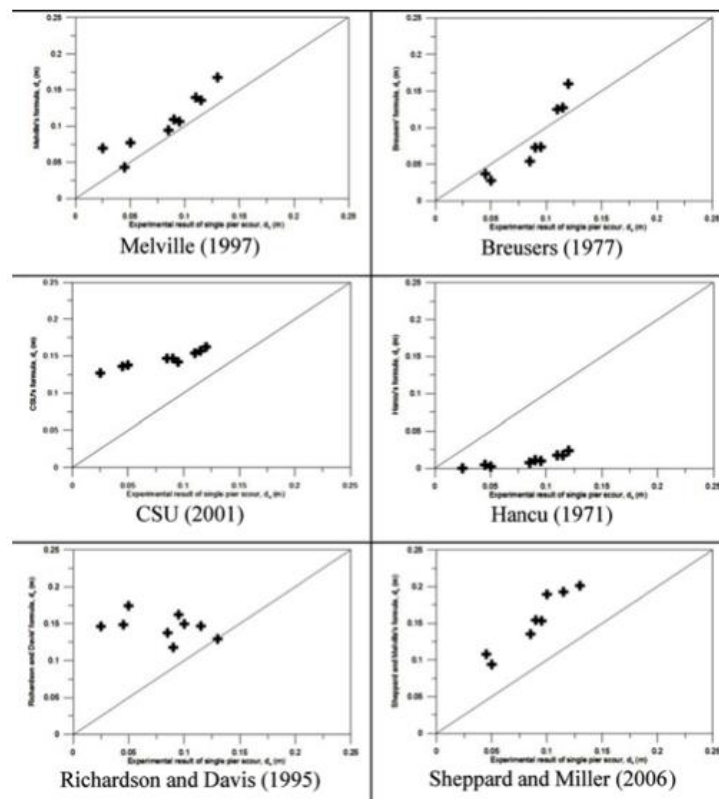
2.2 فرمول ملویل

ملویل (1997) یک روش طراحی برای برآورد عمق آبشستگی در پایه پل را توسعه داده است. روش طراحی مبتنی بر رابطه زیر برای عمق آبشستگی موضعی است:

جدول 1. عمق آبشستگی گوناگون طبق روش های پیش بینی

Author	Formula
Hancu (1971)	$\frac{d_s}{D} = 2.42 \left(\frac{2V}{V_c} - 1 \right) \left(\frac{V_c^2}{gD} \right)^{\frac{1}{3}}$
Breusers (1977)	$\frac{d_s}{D} = f \left(\frac{V}{V_c} \right) \left[2.0 \tan \left(\frac{y}{D} \right) \right] K_s K_\theta$
Richardson and Davis (1995)	$\frac{d_s}{D} = 2.0 K_s K_\theta K_3 K_4 \left(\frac{y}{D} \right)^{0.35} Fr^{0.43}$
Melville (1997)	$d_s = K_{y\theta} K_1 K_d K_s K_\theta K_G K_r$
CSU (2001)	$\frac{d_s}{y} = 2.0 K_1 K_1 \left(\frac{D}{y} \right)^{0.65} Fr^{0.43}$
Sheppard and Miller (2006)	$\frac{d_s}{D} = 2.0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_w \left(\frac{y}{D} \right)^{0.35} Fr^{0.43}$

جدول 2. مقایسه این مطالعه تجربی طبق تغییرات مختلف پیشنهادی و عمق آبشستگی برای پیش بینی روش نتایج



$$d_s = K_{yb} K_I K_d K_s K_\theta K_G K_f$$

که در آن، KD = فاکتور اندازه ذرات رسوب

KG = عامل هندسه در کانال

KI = عامل جریان شدت

KS = فاکتور اسکله

KT = عامل زمان

KYB = عامل عمق و اندازه

Kθ = عامل اسکله

- فاکتور اندازه عمق

$$K_{yb} = 2.4D, \frac{D}{y} < 0.7$$

$$K_{yb} = 2\sqrt{yD}, 0.7 < \frac{D}{y} < 5$$

$$K_{yb} = 4.5y, \frac{D}{y} > 5$$

- ضریب شدت جریان

$$K_I = \frac{v - (v_a - v_c)}{v_c}, \frac{v - (v_a - v_c)}{v_c} - 1$$

$$K_I = 1, \frac{V - (V_a - V_c)}{V_c} \geq 1$$

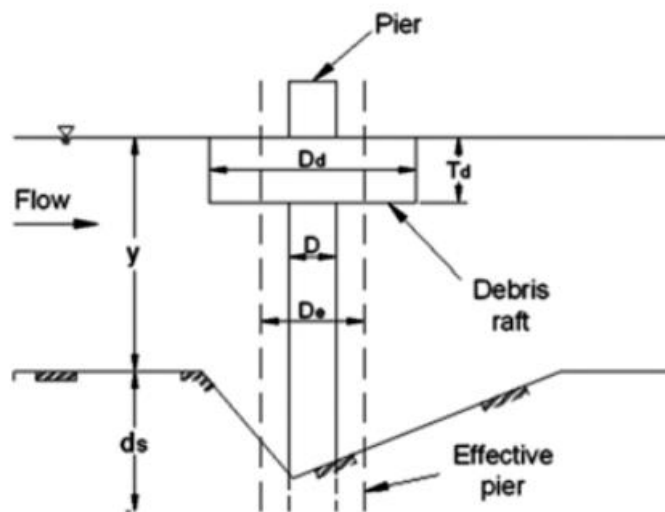
- ضریب اندازه رسوب

$$K_d = 0.57 \log \left(2.24 \frac{D}{d_{50}} \right), \frac{D}{d_{50}} \leq 25$$

$$K_d = 1, \frac{D}{d_{50}} > 25$$

جدول 3. عوامل موجود شکل برای سطح یکنواخت و اباتمنت کوتاه

Foundation type	Shape	K_s
Uniform pier	Circular	1.00
	Round nosed	1.00
	Square nosed	1.10
	Sharp nosed	0.90
Abutment	Vertical-wall	1.00
	Wing-wall	0.75
	Spill-through 0.5:1 (H:V)	0.60
	Spill-through 1:1	0.50
	Spill-through 1.5:1	0.45



شکل 1. وضعیت ایده آل زباله های شناور (ملویل و Dongol، 1992)

- فاکتور شکل پایه

عامل K_S به عنوان نسبت عمق آبشستگی برای یک شکل پایه و اساس خاص برای شکل استاندارد، یعنی اسکله مدور و اباتمنت عمودی دیوار تعریف شده است. جدول 3 عوامل برای اسکله یکنواخت و اباتمنت کوتاه تر را نشان می دهد.

- ضریب تراز بندی پایه

$$K_{\theta} = \left(\frac{b_r}{b}\right)^{0.65} = \left(\frac{1}{b} \sin \theta + \cos \theta\right)^{0.65}$$

برای اسکله دایره ای، داریم $K_{\theta} = 1$.

عامل هندسه کانال

رویکرد KG نسبت به عمق آب شستگی موضعی در پایه پل اسکله دارد که دارای پایه و اساس اشتراکی در کانال مستطیلی معادل است. آب شستگی موضعی در پل در نظر گرفته شده و هندسه کانال دارای مقادیر رویکرد V و y نمی باشد، تا زمانی که برآورد عمق آبشستگی استفاده نشود. اگر مقدار y و V انتخاب شوند، جریان نزدیک اسکله خاص مد نظر قرار می گیرد.

$$KG = 1.0$$

- عامل زمان

$$K_t = \exp\left\{-0.03\left|\frac{V}{V_c}\ln\left(\frac{t}{t_c}\right)\right|^{1.6}\right\}$$

$$t_c(\text{days}) = 48.26\frac{D}{V}\left(\frac{V}{V_c}-0.4\right), \frac{y}{D} > 6, \frac{V}{V_c} > 0.4$$

$$t_c(\text{days}) = 30.89\frac{D}{V}\left(\frac{V}{V_c}-0.4\right)\left(\frac{y}{D}\right)^{0.26}, \frac{y}{D} \leq 6, \frac{V}{V_c} > 0.4$$

2.3 فرمول اصلاح شده ملویل

ملویل و Dongol (1992) یک روش طراحی برای برآورد عمق آبشستگی با تجمع باقی مانده را توسعه داده اند. برآورد عمق آب شستگی موضعی بر اساس بزرگترین عمق آبشستگی ممکن است که می توانید در یک اسکله استوانه ای است که D2.4 رخ می دهد.

$$D_c = \frac{0.52T_d D_d + (y - 0.52T_d)D}{y}$$

که در آن، D = قطر اسکله

d = قطر موثر

DD = عرض شناور قایق باقی مانده

TD = ضخامت باقی مانده

Y = عمق جریان

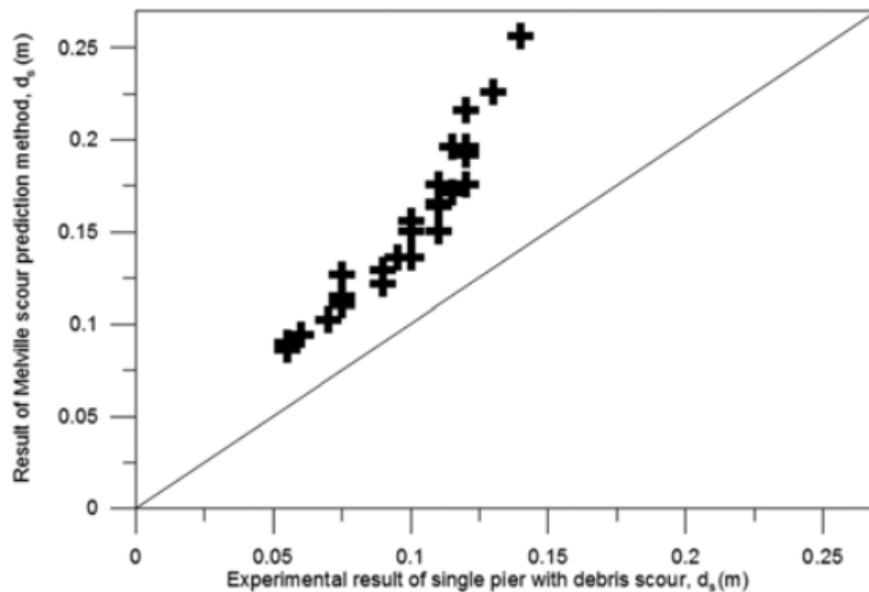
پس از محاسبه قطر موثر، عمق آبشستگی موضعی را می توان با استفاده از رابطه زیر برآورد کرد:

$$d_s = K_{y\delta} K_f K_d K_s K_{\theta} K_G K_r \text{ in with, } K_{y\delta} = 2.4D_e$$

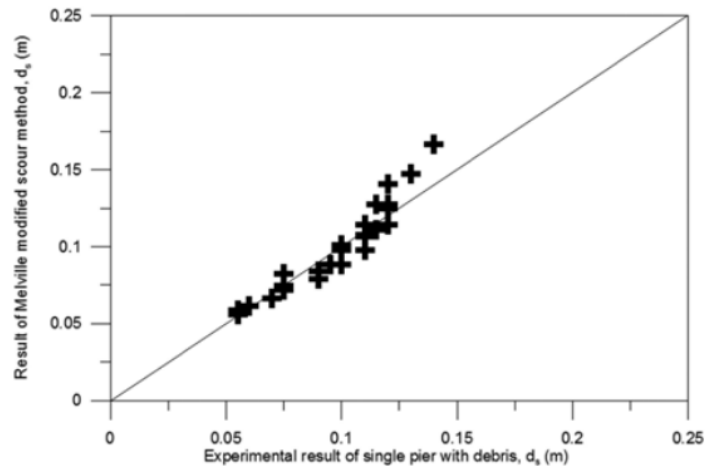
نتایج حاصل از اسکله تنها با آبشستگی باقی مانده در این مطالعه تجربی (پارک و همکاران، 2014) با فرمول ملویل بررسی شده، همانطور که در شکل 2 نشان داده شده است.

در این وضعیت دیده می شود که فرمول ملویل بیش از پیش بینی عمق آبشستگی در مقایسه با این مطالعه نتیجه تجربی مطرح است. Koopaei و ولنتاین (2003) در اسکله پل مطالعه شده است. وضعیت صیقلی در کانال های آزمایشگاهی شکل گرفته است. نتایج نشان داد که روش طراحی ملویل بیش از پیش بینی عمق آبشستگی و بیش از پیش بینی عمق آبشستگی با توجه به این واقعیت است که این رابطه در نظر گرفته شده برای اهداف طراحی استفاده می شود و در نتیجه بر روی یک منحنی پاکت برای پیش بینی عمق آبشستگی مد نظر است.

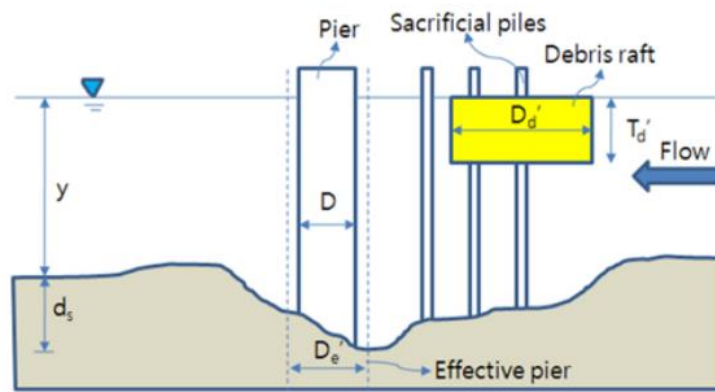
در این مطالعه $K' = 1.56D$ در فرمول ملویل اصلاح شد.



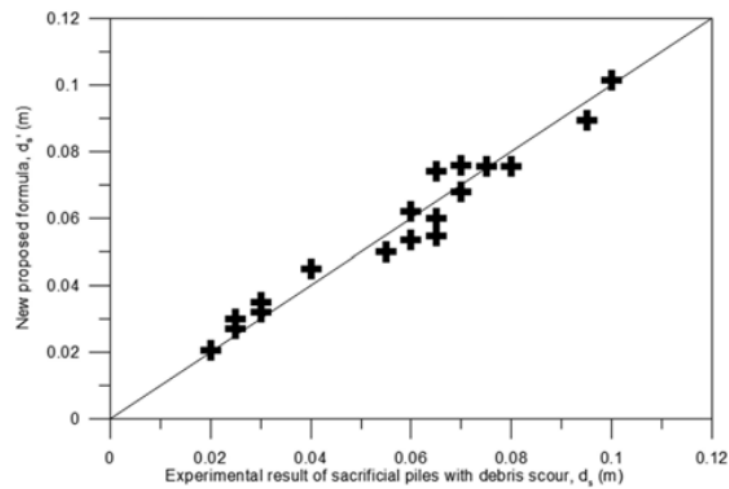
شکل 2. مقایسه اسکله با آب شستگی زباله با فرمول ملویل



شکل 3. مقایسه نتایج اسکله با آب شستگی زباله با فرمول اصلاح شده ملویل



شکل 4. وضعیت ایده آل شناور زباله در نمودار



شکل 5. نتایج مقایسه تیرچه بلوک با باقی مانده آبشستگی با فرمول پیشنهادی جدید

این برای داده های تجربی مناسب بود. نتایج حاصل از اسکله تنها با آبخستگی باقی مانده این مطالعه تجربی با فرمول اصلاح شده ملویل مقایسه شد. در اینجا دیده شده است که نتایج فرمول اصلاح شده ملویل به خوبی با نتایج آزمایشات برازش شد، همانطور که در شکل 3 نشان داده شده است.

3. فرمول جدید برای تیرچه بلوک با باقی مانده

3.1 اشتقاق فرمول جدید

شمع بالادست پایه پل به منظور محافظت از آبخستگی مد نظر است. این خود ممکن است موضوع آبخستگی قابل توجهی برای حفاظت از اسکله از آبخستگی با منحرف کردن جریان با سرعت بالا و ایجاد یک منطقه پشت سر آنها می باشد. اثربخشی این روش به عنوان یک اقدام متقابل اسکله آبخستگی وابسته به تعداد شمع و آرایش هندسی شمع در ارتباط با یکدیگر و اسکله پل است. عمق آبخستگی در پل با استفاده از شمع بالادست اسکله پل مد نظر است. با این حال تجمع باقی مانده در شمع وابسته به عمق آبخستگی در پایه پل تاثیر می گذارد (سوک و همکاران، 2014). هدف از این مطالعه برآورد اثرات باقی مانده انباشته در شمع برای پل آبخستگی اسکله و یک فرمول جدید برای پیش بینی عمق آبخستگی پل اسکله با باقی مانده انباشته در شمع می باشد. شکل 4 وضعیت شناور قایق باقی مانده در نمودار را نشان می دهد.

D به عنوان قطر اسکله موثر با تجمع باقی مانده در شمع تعریف شده بود. این رابطه به عنوان زیر آمده است:

$$D_e = \frac{0.52T_d' D_d' + (y - 0.52T_d')D}{y} \times K_{ds}$$

که در آن

D = قطر پایه پل

D'D = قطر باقی مانده در شمع

KDS = فاکتور فاصله

TD' = ضخامت باقی مانده در شمع

Y = جریان رویکرد

که در آن، L = فاصله شمع از اسکله پل است. A، B، C و D ضرایب باقی مانده تجربی است که در آن $A = 0.58$ ، B = 4.5 و $d = 3.5$ C = 0.55 است.

بنابراین فرمول پیشنهادی جدید برای شمع به صورت زیر باقی مانده است.

وضعیت صیقلی به شرح زیر آمده است:

$$d'_i = K'_{y_b} K_d K_d K_d K_d K_d K_d K_d \text{ in which, } K'_{y_b} = 1.56 D'_e$$

نتایج حاصل از شمع با باقی مانده صیقلی در این مطالعه تجربی با فرمول ارائه جدید مقایسه شده است. نتایج در شکل 5 نمایش داده شده و دیده می شد که این فرمول پیشنهادی جدید به خوبی با نتایج تجربی در ارتباط است.

3.2 دقت پیش بینی و فرمول کالیبراسیون

ریشه میانگین مربعات خطا (R.M.S.E) آزمون برای هر یک از نتایج پیش بینی در مقابل داده های آزمایشگاهی اندازه گیری انجام شده است. این فرمول جدید پیشنهادی دقیق با $R.M.S.E = 0.005$ بود.

$$R.S.M.E = \sqrt{\frac{\sum (Y_M - Y_S)^2}{N}}$$

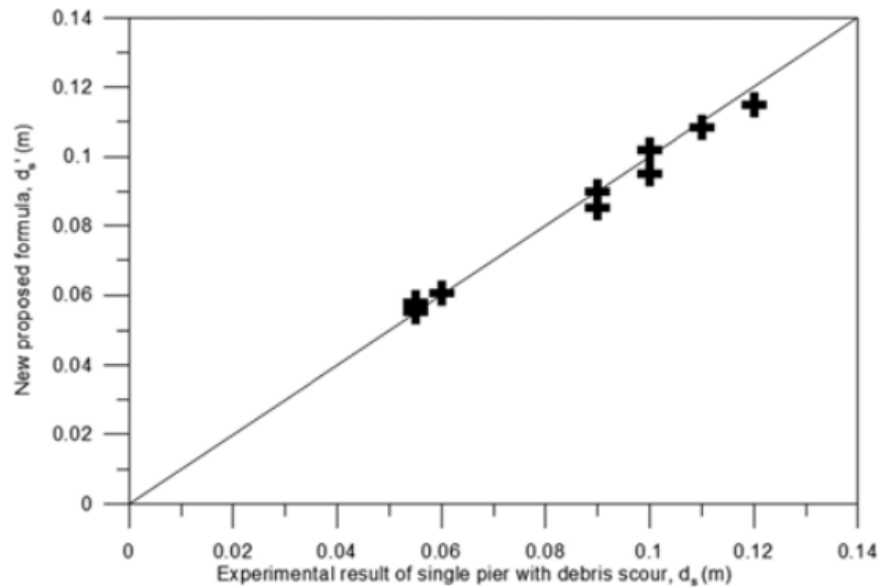
که در آن،

YM = عمق آبستگی اندازه گیری شده در آزمایش های آزمایشگاهی

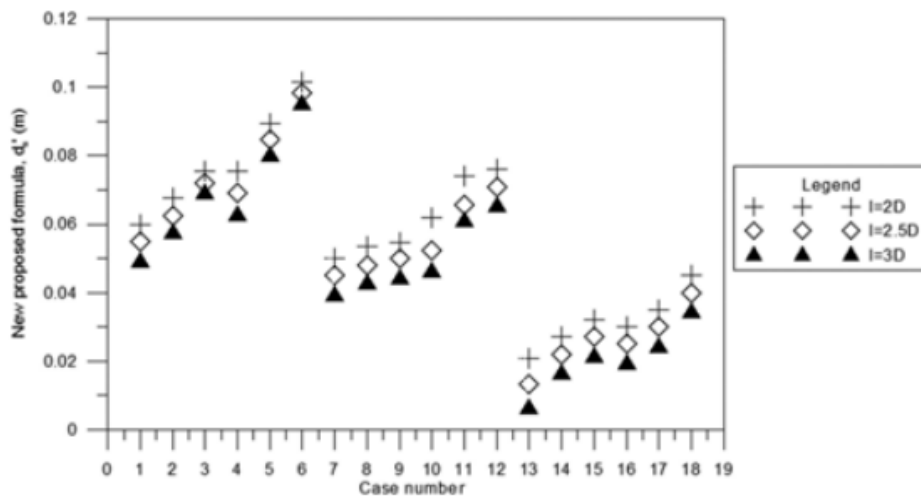
YS = عمق آبستگی محاسبه شده توسط هر یک از پیش بینی انتخاب شده

N = تعداد کل مشاهدات

با توجه به ادبیات بررسی موث بر روی تعدادی از شمع ها، تنظیم آن، زاویه گوه و فاصله پایه پل انجام می شود.



شکل 6. مقایسه اسکله تنها با باقی مانده نتایج تجربی با فرمول پیشنهادی



شکل 7. محاسبه عمق آبشستگی با فواصل مختلف برای تیرچه بلوک در پل اسکله

همانطور که توسط هدفیلد (1997) توصیه می شود، فاصله موثر از اسکله پل $D2$ برای جریان تراز وسط قرار دارد و $D2.5$ برای جریان غیر اصلی بود. بنابراین فرمول پیشنهادی جدید محدود به استفاده برای فاصله بیش از $D3$ است. اگر فاصله شمع با باقی مانده به صورت $L = 0$ باشد، قطر اسکله موثر با باقی مانده انباشته در شمع به صورت $D' = D$ مشاهده می شود، به این معنی که عمق آبشستگی شمع قربانی با $E E$ در ارتباط است.

باقی مانده در مورد همان وضعیت تنها با آبخستگی باقی مانده است. نتایج حاصل از شمع در آزمایش نشان داد که عمق آبخستگی زمانی افزایش می یابد که شمع به اسکله پل نزدیک تر است و کاهش زمانی است که شمع در یک فاصله از اسکله پل باشد.

به صورت فیزیکی، اگر فاصله شمع با باقی مانده به صورت $L = 0$ متر باشد، عمق آبخستگی در پایه پل باید با همان اسکله تنها با آبخستگی باقی مانده شکل گیرد. اگر $L = 2.5D$ یا $D3$ مطرح باشد، عمق آبخستگی در پایه پل باید کاهش یابد. بنابراین فرمول جدید ارائه شده با $L = 0$ ، $L = 2D$ ، $L = 2.5D$ و $L = 3D$ کالیبره شده است. جدول 2 نتایج فرمول جدید پیشنهادی با نتایج تجربی $L = 0$ را مقایسه می کند. شکل 6 نشان داد که فرمول جدید پیشنهادی به خوبی با نتایج تجربی در ارتباط است که در آن $L = 0$. شکل 7 نشان داد که نتایج حاصل از فرمول جدید پیشنهادی به صورت $L = 2D$ ، $L = 2.5D$ و $L = 3D$ است و دیده می شود که عمق آبخستگی در $L = 2D$ بالاتر از عمق آبخستگی در $L = 3D$ است. بنابراین می توان نتیجه گرفت که این فرمول جدید پیشنهادی خوب و دقیق است.

4. نتیجه گیری

هدف از این مطالعه تجربی برآورد اثر انباشت نخاله در شمع برای پل آبخستگی اسکله و پیشنهاد یک فرمول جدید برای پیش بینی عمق آبخستگی پل اسکله باقی مانده انباشته در شمع می باشد. در این مطالعه، چهار نوع مختلف از آزمایشات انجام شد و تنها اسکله صیقلی و تنها با باقی مانده صیقلی آزمایش و شمع با باقی مانده صیقلی مد نظر می باشد.

آزمایش های آبخستگی برای اسکله طبق ترشحات مختلف و عمق جریان به درک صیقلی می انجامد. نتایج نشان داد که عمق آبخستگی به شدت جریان افزایش یافته است. شرایط آزمایشی مورد $A2$ ، $A5$ و $A8$ برای استفاده در شمع انتخاب شدند. شمع صیقلی در یازده موارد با ترتیبات مختلف، اعداد شمع، و فاصله انجام شده است. نتایج

نشان داد که با استفاده از شمع می توان عمق آبشستگی در پایه پل را کاهش داد. با نصب شمع عمق آبشستگی از 39 درصد به 60 درصد نسبت به اسکله کاهش یافته است.

برای تجزیه و تحلیل اثرات باقی مانده به پل آبشستگی اسکله، اسکله تنها با باقی مانده صیقلی آزمایش و شمع با باقی مانده صیقلی انجام شد. وضعیت باقی مانده توسط اکریلیک در قطر 0.2 متر، 0.3 متر و 0.4 متر و ضخامت 0.1 متر، 0.15 متر و 0.2 متر به ترتیب برای اسکله تنها با باقی مانده صیقلی آزمایش شد. در شمع، باقی مانده صیقلی آزمایش قطر باقی مانده 0.1 متر و 0.2 متر و ضخامت 0.1 متر، 0.15 متر و 0.2 متر بوده است. نتایج حاصل از اسکله تنها با باقی مانده نشان داد که عمق آبشستگی از 10٪ تا 60٪ در مقایسه با اسکله بدون باقی مانده افزایش یافته است.

در شمع همراه با باقی مانده نتایج نشان داد که عمق آبشستگی از 10 درصد به 50 درصد نسبت به اسکله جدا شده و کاهش یافته است و نیز دیده می شود که اثر شمع با باقی مانده کوچکتر بدون باقی مانده است. بنابراین می توان نتیجه گرفت که اثرات تجمع باقی مانده به پل آبشستگی اسکله مد نظر است. استفاده از شمع به عنوان روش جایگزین جریان برای کاهش عمق آبشستگی استفاده می شود. در صورت تجمع باقی مانده در شمع، پل آبشستگی اسکله باید در نظر گرفته شود.

به منظور پیش بینی اثرات تجمع باقی مانده در شمع برای پل اسکله صیقلی، فرمول با استفاده از داده ها در این مطالعه نتیجه آزمایشی ارائه شده است. چند روش پیش بینی عمق آبشستگی تجزیه و تحلیل و مقایسه با این مطالعه نتیجه آزمایشی شد. عامل عمق وابسته به اندازه فرمول ملویل KYB اصلاح شد. عامل عمق اندازه پیشنهادی، $K'_{yb} = 1.56D$ با این نتایج مطالعه تجربی ارائه شده است. فرمول جدید برای پیش بینی پایه پل عمق آبشستگی با باقی مانده انباشته در شمع پیشنهاد شد که در آن D به عنوان قطر اسکله موثر استفاده می شود که در آن باقی مانده انباشته در شمع بررسی شده است. نتایج حاصل از فرمول ارائه شده جدید با این مطالعه نتیجه آزمایش مقایسه و مشخص شد که نتایج حاصل از فرمول پیشنهادی جدید به خوبی با نتایج مطالعه برازش داده شده است. فرمول جدید پیشنهادی خوب برای پیش بینی اسکله پل صیقلی با باقی مانده انباشته در شمع بررسی شده است.

نمادها

B = عرض اسکله

DP = عرض موثر اسکله

D = قطر اسکله

DD = عرض شناور باقی مانده

DD' = عرض شناور باقی مانده در شمع

D = اسکله موثر

D' = اسکله موثر پیشنهادی

DS = عمق آبستگي

D50 = اندازه مواد بستر

E = فاصله بين شمع

fr = وضعيت

g = شتاب گرانش

KD = عامل اندازه رسوب

KDS = فاکتور فاصله

KG = عامل هندسه کانال

KI = جريان عامل شدت

KS = عامل شکل اسکله

K θ = عامل بنيادی

KT = عامل زمان

KYB = عامل و اندازه عمق

KWt = فاکتور برای اسکله بسیار گسترده

K1 = فاکتور شکل اسکله

K2 = عامل بنیادی

K3 = فاکتور برای مدل انتقال رسوب

K4 = فاکتور برای بررسی توسط مواد بستر

L = فاصله از اولین شمع در اسکله در طول اباتمنت

LM = طول مدل

LP = نمونه اولیه

LR = وضعیت هندسی

Q = تخلیه

R = شماره رینولد

T = زمان

TD = ضخامت باقی مانده

'TD = ضخامت باقی مانده در شمع

TE = زمان برای عمق تعادل توسعه آبشستگی

V = سرعت جریان متوسط

VA = حداکثر سرعت آرمور

VC = سرعت آستانه

X = جابجایی شمع رو به جلو ناشی از اسکله

Y = جریان رویکرد

YM = عمق آبشستگی اندازه گیری در آزمایش های آزمایشگاهی

YS = عمق آبشستگی محاسبه شده توسط هر یک از پیش بینی های انتخاب شده

α = زاویه اسکله طبق جریان رویکرد

β = زاویه جریان برای اسکله

ν = لزجت سینماتیکی آب

References

- Breusers, H. N. C., Nicollet, G., and Shen, H. W. (1977). "Local scour around cylindrical piers." *Journal of Hydraulic Research*, I.H.R.I., Vol. 15, No. 3, pp. 211-252, DOI: 10.1080/00221687709499645.
- Hadfield, A. C. (1997). Sacrificial piles as a bridge pier scour countermeasure, M.E. thesis, Civil and Resource Engineering Department, The University of Auckland, Auckland, New Zealand.
- Hancu, S. (1971). "Sur le calcul des affouillements locaux dans la zone des piles des ponts." *Proc.*, 14th. IAHR Congress, Paris, France, Vol. 3, pp. 299-313.
- Kattell, J. and Eriksson, M. (1998). Bridge scour evaluation: screening, analysis, and countermeasures, Gen. Tech. Rep. 9877-1207-SDTDC. U.S. Department of Agriculture, San Dimas, CA. Report No. 9877 1207-SDTDC(WIT-11-0021).
- Koopaei, K. B. and Valentine, E. M. (2003). Bridge pier scour in self formed laboratory channels, Technical Report, University of Glasgow, Glasgow, U.K.
- Lagasse, P. F., Clopper, P. E., Zevenbergen, L. W., Spitz, W. J., and Girard, L.G. (2010). Effects of debris on bridge pier scour, NCHRP Report 653, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C.
- Melville, B. W. (1997). "Pier and abutment scour - An integrated approach." *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 121, No. 12, pp. 863- 868. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9429(1997)123:2 (125).
- Melville, B. W. and Dongol, D. M. S. (1992). "Bridge scour with debris accumulation." *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 118, No. 9, pp. 1306-1310.
- Park, J. H., Sok, C., Park, C. K., and Kim, Y. D. (2015). "A study on the effects of debris accumulation at sacrificial piles on bridge pier Scour: I. Experimental Results." *KSCE Journal of Civil Engineering*, DOI: 10.1007/s12205-015-0207-5.
- Richardson, E. V. and Davis, S. R. (1995). Evaluating scour at bridges, Report No. FHWA-IP-90-017, Hydraulic Engineering Circular No. 18 (HEC-18), Third Edition, Office of Technology Applications, HTA-22, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C., U.S.A., November, p. 204.
- Richardson, E. V. and Davis, S. R. (2001). Evaluating scour at bridges, Fourth Edition, Federal Highway Administration, Washington, D. C. Report No. FHWA-HIF-01-003(HEC-18)
- . Sheppard, D. M. and Miller, W. (2006). "Live-bed local pier scour experiments." *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 132, No. 7, pp. 635-642, DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9429(2006)132:7(635).