

روند تغییرات شکل بستر حوضچه استغراق ناشی از برخورد جت قائم بر رسوبات غیر چسبنده

اکبر ارمغانی^۱، بابک لشکرآرا^{۲*} و علی محمد آخوندعلی^۳

۱- دانش آموخته دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول.

۲- نویسنده مسئول، استادیار دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول. Lashkarara@jsu.ac.ir

۳- استاد گروه هیدرولوژی و منابع آب دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز.

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۲۲

تاریخ پذیرش: ۹۵/۳/۲۴

چکیده

تغییر در شکل بستر حوضچه‌ی استغراق، ناشی از برخورد جت جریان خروجی از سیستم‌های تخلیه سیلاب به عوامل متعددی وابسته است. در این میان می‌توان به عدد فرود جت، اندازه و نوع ذرات در بستر آبرفت، هندسه آبراهه و همچنین ارتفاع ریزش و عمق پایاب اشاره نمود. هدف از این پژوهش بررسی روند تغییرات شکل بستر حوضچه‌ی استغراق تحت اثر برخورد جت‌های قائم می‌باشد. رسوبات مورد استفاده در این تحقیق از نوع غیر چسبنده درشت دانه می‌باشد. اندازه ذرات آن به گونه‌ای است که در فضای بین دو الک شماره‌های یک دوم و سه هشتم اینچ به تله می‌افتند. سناریوهای مورد آزمون در این تحقیق با تغییر در ارتفاع ریزش جت و همچنین تغییر در سرعت جریان خروجی از جت تدوین شده‌اند. بررسی روند تغییرات شکل حوضچه نشان داد که با افزایش عدد فرود جت، میزان عمق و طول نسبی متعادل شده حفره آبخستگی افزایش می‌یابد. همچنین نتایج نشان داد که افزایش ارتفاع نصب جت، منجر به کاهش عمق دینامیکی آبخستگی می‌گردد.

کلید واژه‌ها: آبخستگی دینامیکی، آبخستگی استاتیکی، جت قائم، نازل، عدد فرود جت.

مقدمه

آبخستگی گسترش می‌یابد. در مرحله تثبیت روند تغییرات پروفیل بستر کاهش می‌یابد و دیواره پایین دست حفره آبخستگی، دست خوش تغییرات محسوس می‌شود. در مرحله تعادل تنها حرکت ذرات ممکن است درون حفره آبخستگی صورت گیرد به طوری که ذراتی که حرکت غلطی دارند از درون حفره آبخستگی خارج نمی‌شوند. در این مرحله با توجه به شرایط جریان ممکن است حتی جابه‌جایی ذرات نیز متوقف شود.

با توجه به پیچیدگی‌های موجود در مطالعات هیدرودینامیکی عدم امکان بررسی تمام متغیرهای مؤثر به طور هم زمان در چنین تحقیقاتی، محققین با استفاده از تعداد مشخصی داده در شرایط خاص، روابطی را برای تخمین ابعاد پروفیل آبخستگی ارائه داده‌اند که اغلب آن‌ها به تعیین عمق تعادلی بیشترین آبخستگی در شرایط معینی از جریان آب و رسوب متمرکز بوده است. در حالی که تعداد معدودی از این مطالعات به مسأله تغییرات زمانی آبخستگی پرداخته شده است.

ذکر این نکته ضروری است که در طبیعت اندازه‌گیری عمق حفره آبخستگی بعد از وقوع سیلاب می‌تواند گمراه کننده باشد، زیرا حداکثر عمق آبخستگی معمولاً در زمان حداکثر سیلاب اتفاق می‌افتد و در خلال فروکش نمودن سیلاب قسمتی از حفره آبخستگی ممکن است

به جابه‌جایی ذرات توسط جریان آب از محل استقرار خود و حمل آن به مکان دیگر، اصطلاحاً آبخستگی گویند. به طور کلی آبخستگی در اثر اندرکنش نیروی محرک ناشی از جریان در راستای جدا شدن ذرات از بستر در مقابل نیروی مقاوم ناشی از اصطکاک ذرات و وزن رسوبات در برابر حرکت آن‌ها ایجاد می‌شود. رسوبات موقعی به حرکت واداشته می‌شوند که نیروی محرک اعمال شده توسط جریان بر نیروهای مقاوم غلبه یابد.

بر اساس مطالعاتی که توسط بروسرز (۱۹۶۶)، دیتز (۱۹۶۹) و زنک (۱۹۷۸) انجام گرفته است، پدیده آبخستگی به چهار مرحله ابتدایی^۱، مرحله توسعه^۲، مرحله تثبیت^۳ و مرحله تعادل^۴ تقسیم‌بندی می‌شود (به نقل از بروسرز و رادکیوی^۵، ۱۹۹۱).

مرحله ابتدایی ظرفیت آبخستگی بالایی دارد و حفره آبخستگی در این مرحله ایجاد می‌شود. در مرحله توسعه، عمق و ابعاد حفره

- 1 - Initial Phase
- 2 - Development Phase
- 3 - Stabilization Phase
- 4 - Equilibrium Phase
- 5 - Breusers and Raudkivi

ارمغانی و همکاران: روند تغییرات شکل بستر حوضچه استغراق ناشی از...

$$G_s$$

$$E_c < 0.35 \quad 1.5 < K < 3$$

 φ
 φ
 r_o

$$E_c > 0.35 \quad 6.5 < K < 14$$

$$90 + \varphi$$

 E_c

$$\omega \quad V_j \quad d_n \quad V_b$$

$$h_j \quad D_{50}$$

-
- 1 - Aderibigbe and Rajaratnam
 - 2 - Strongly Deflected Jet Regime
 - 3 - Weakly Deflected Jet Regime

$$\frac{d_s}{h_j} = 1.3 E_c^{0.15} - 1$$

 E_c

$$\frac{d_s}{h_j} = 0.05(E_c - 0.14)^{0.6} \frac{G_s^{3.1}}{(G_s - 1)^{2.8}}$$

$$\frac{L_s}{h_j} = 11 E_c^{0.65} \frac{(G_s - 1)^{6.2}}{G_s^{6.6}}$$

1 - Ansari *et al.*

2 - Clarke

3 - Chakravarti *et al.*

ارمغانی و همکاران: روند تغییرات شکل بستر حوضچه استغراق ناشی از...

$$-G + R \sin \delta - \rho q V_1 = 0$$

$$F_1 - F_2 - R \cos \delta - \rho q V_2 = 0$$

$$(\delta, R, G)$$

 \bar{M}_1
 \bar{M}_a
 $\bar{F}_2 \quad \bar{F}_1$
 \bar{G}
 δ
 \bar{R}
 $R \sin \delta \quad R \cos \delta$

$$\begin{array}{cccc}
 & & & \pi \\
 & & & \\
 & (d_s, L_s) & & \\
 d_n & & & \\
 & h_j & B & V_j \\
 g & & D_{50} & h_{tw} \\
 & \rho_s & \rho_w & \mu
 \end{array}$$

$$f(V_j, d_n, B, h_{tw}, h_j, D_{50}, g, \mu, \rho_s, \rho_w) = 0$$

ارمغانی و همکاران: روند تغییرات شکل بستر حوضچه استغراق ناشی از...

$$f\left(\frac{d_s}{h_{tw}}, \frac{L_s}{h_{tw}}, V_j / \sqrt{gh_j}, \rho_w V_j h_j / \mu, \frac{D_{50}}{h_j}, \frac{d_n}{h_j}, B/h_j, \rho_s / \rho_w\right) = 0$$

$$Fr_j = \frac{V_j}{\sqrt{gh_j}}$$

$$Ec = \frac{V_j}{\sqrt{g(G_s - 1)D_{50}}} \times \frac{d_n}{h_j}$$

$$Fr_j = V_j / \sqrt{gh_j}$$

$$(d_d - d_s) / h_j$$

$$\frac{d_s}{h_j} = 1.289 E_c^{0.1508} - 1 \quad R^2 = 0.9122$$

$$(d_d - d_s) / h_j = 0.0351 Fr_j$$

1 - Sarma

2 - Westrich and Kobus

علوم و مهندسی آبیاری (مجله علمی- پژوهشی)، جلد ۴۰، شماره ۳ پاییز ۹۶

$$\begin{array}{cc} L_s/h_j & d_s/h_j \\ h_m/h_j & \end{array}$$

$$L_m/h_j$$

ارمغانی و همکاران: روند تغییرات شکل بستر حوضچه استغراق ناشی از...

 d_s/h_j
 L_s/h_j
 $L_s/h_j \quad d_s/h_j$
 d_s/h_j
 L_s/h_j

علوم و مهندسی آبیاری (مجله علمی- پژوهشی)، جلد ۴۰، شماره ۳ پاییز ۹۶

$$4 < Fr_j < 7$$

$$0.5 < d_s/h_j < 0.7$$

$$0.2 < L_s/h_j < 0.4$$

EXTENDED ABSTRACT

The Process of Plunge Pool Bed Form Changes by a Vertical Jet Impinging Upon Non-Cohesive Sediment

A. Armaghani¹, B. Lashkar-Ara^{2*} and A.M. Akhond-Ali³

1- M.Sc. Graduate, Department of Civil Engineering, Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran.

2* - Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran. *Lashkarara@jsu.ac.ir*.

3- Professor, Department of Hydrology and Water Resources, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

Received: 12 March 2016

Accepted: 13 June 2016

Keywords: Dynamic scour, Static scour, Vertical jet, Spray, Froude number of jet.

Introduction

The scour process induced by plunging jets is an important topic for hydraulic engineers. It is important to forecast the various scour hole characteristics for avoiding the failure of a hydraulic structure. Based on this evidence, this study aimed to investigate the equilibrium morphology caused by vertical circular impinging jet. Aderibigbe and Rajaratnam (1996) classified the flow patterns over asymptotic scour hole based on the values of the erosion parameter (Ec) and the pressure parameter (K) as either the strongly deflected Jet regime (SDJR) or the weakly deflected jet regime (WDJR). It appears that the two regimes are linked by a narrow transition regime. Chakravarti et al. (2013) conducted experiments to investigate the effect of static and dynamic scouring in plunge pool under submerged circular vertical jets. In this study, the process of changing the plunge pool bed form has been studied under vertical jet impinging upon non-cohesive sediment.

Methodology

Experimental tests were conducted in a flume with dimension of 1 m width, 2 m length, and 1 m deep at Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran. By drawing the dynamic scour depth versus the cumulative scouring time, it was concluded that the dynamic depth of the scouring does not change after 200 seconds. Therefore, the testing time of the static scour depth was determined to be five hours with a 10% confidence interval. The π -Buckingham theorem has been used to determine the plunge pool bed form. Effective parameters on plunge pool bed deformation are shown in equation (1).

$$f(d_s, L_s, d_m, L_m, V_j, d_n, B, h_j, D_{50}, g, \mu, \rho_s, \rho_w) = 0 \quad (1)$$

In which d_n : Jet diameter, V_j : Jet velocity, B : Flume width, h_j : Jet height, D_{50} : Mean diameter of bed sand, ρ_w : Water density, ρ_s : Particle density of basin material, g : Gravity acceleration, d_s : Depth of scouring, L_s : Scour length, d_m : Sedimentary hill height and L_m : Sedimentary hill length. Given that the nozzle diameter, flume width, diameter and density of sediment particles are constant during all experiments, hence their effects can be ignored. Also, due to the jet's outflow turbulence, it can be ignored. After removing low effect parameters and pre-processing, the deformation equations of plunge pool bed are as follows:

$$d_s/h_j$$

$$= f(V_j/\sqrt{gh_j})$$

$$L_s/h_j = f(V_j/\sqrt{gh_j})$$

$$d_m/h_j = f$$

$$L_m/h_j = f(V_j/\sqrt{gh_j})$$