

بررسی آزمایشگاهی تغییرات طولی کفبند بر عمق آبستگی پایین دست کالورت (شکل کالورت مربع شکل)

مصطفی منصوری^{۱*}

1- گروه مهندسی عمران، گرایش مهندسی سازه های هیدرولیکی، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی واحد، دزفول، ایران
mansuri.m72@yahoo.com

تاریخ پذیرش: 1400/12/09

تاریخ دریافت: 1399/06/26

چکیده

در این تحقیق به بررسی تغییرات طول کفبند بر عمق آبستگی پایین دست کالورت پرداخته شده است. به این منظور با آزمایش بر روی کفبند با طول های متفاوت به انجام آزمایش در این زمینه پرداخته شد. با توجه به نتایج مشاهده گردید در فرود ذره 2 به ترتیب 22٪، 33٪ و 66٪ و کفبند در فرود ذره 2/5 به ترتیب 15٪، 20٪ و 40٪ و در فرود ذره 3 به ترتیب 20٪ و 25٪ و 31٪ عمق آبستگی را کاهش داده اند. این امر نشان داد که تغییرات طول و مشخصات کفبند بر عمق آبستگی پایین دست کالورت تأثیر مثبت دارد.

واژگان کلیدی: آبستگی، کفبند، کالورت، فرود ذره.

مقدمه

باید بطور مطمئن حجم جریان پیش‌بینی شده را عبور می‌دهد و هیچ‌گونه تأثیر نامطلوب زیست‌محیطی در معبر یا مناطق بالادست و پایین‌دست نداشته باشد، همچنین دارای مقاومت کافی در برابر عمل فرسایشی جریان، باشد. ملاک‌های طراحی کالورت با مشخصات جریان و تراز بزرگراه محدود می‌شود (بخش مدیریت منابع آب، 1992).

طراحی کالورت دارای مراحل زیر است:

1. داده‌های طراحی از شامل دبی، طول مجرا، شیب مجرا، ارتفاع سراب حداکثر، سرعت حداکثر، مصالح کالورت و نوع سطح مقطع ورودی است.
2. اندازه کالورت با آزمون و خطا تعیین می‌شود.

$$(A=Q/V)$$

3. با فرض اینکه شرایط کنترل ورودی باشد، عمق سراب برای شرایط مستغرق و غیر مستغرق با استفاده از معادلات 1 و 2 تعیین می‌شود.

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gy_H}}$$

(1)

(2)

$$Q = C_w W(HW)^{3/2}$$

4. با فرض اینکه کنترل خروجی باشد، عمق سراب با استفاده از معادله انرژی تعیین می‌شود. مراحل انجام محاسبات به‌صورت زیر است:

I. تعیین عمق پایاب (برای جریان یکنواخت از معادله مانینگ استفاده می‌شود).

II. اگر عمق پایاب بزرگ‌تر از D (ارتفاع کالورت) باشد، $h_o = yt$ در نظر گرفته می‌شود.

III. اگر عمق پایاب کوچک‌تر از ارتفاع کالورت باشد، $h_o = (D + yc)/2$ و yt هر کدام که بزرگ‌تر

است به‌عنوان عمق پایاب در نظر گرفته می‌شود.

IV. افت انرژی در طول کالورت محاسبه

می‌شود.

آبشستگی رسوبات وقتی اتفاق می‌افتد که رسوبات خارج شده از منطقه بیشتر از رسوبات وارد شده به منطقه باشد. انتقال رسوب به دو دسته تقسیم می‌شود: 1. بار معلق ۱، 2. بار بستر ۲ جریان در محل وقوع آبشستگی یک فرآیند دوفازی (آب و رسوب) می‌باشد؛ بنابراین آبشستگی متأثر از متغیرهای متعددی از قبیل پارامترهای جریان، مشخصات بستر آبرفتی، زمان و هندسه آبراهه می‌باشد. رژیم جریان در کالورت حرکت رسوبات بستر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. جریان در کالورت بصورت زیربحرانی، فوق‌بحرانی و یا تحت فشار طبقه‌بندی می‌شود. هنگامی که عمق آب به علت افزایش دبی زیاد شود، و این ازدیاد عمق بیش از حد مورد انتظار باشد، سرعت کم می‌شود و ظرفیت انتقال رسوب به طرز چشم‌گیری کاهش می‌یابد.

کالورت رواناب طوفان یا آب زهکش را عبور می‌دهد و از سازه‌های حفاظتی می‌باشد. سازه‌های حفاظتی از کانال و سازه‌های مجاور در برابر آسیب رواناب، زه‌آب و یا جریان غیرقابل کنترل درون کانال حفاظت می‌کنند. کالورت زمانی که به درستی طراحی و در مکان مناسب قرار داده شود یک ابزار کارآمد و ارزان برای عبور آب فراهم می‌کند. انواع مختلفی از کالورت‌ها برای استفاده وجود دارند، از جمله متداول‌ترین آنها لوله‌های فولادی موجدار هستند. کالورت بتن مسلح و کالورت‌های لوله پلاستیکی اغلب در مناطق دوردست استفاده می‌شوند (بخش مدیریت منابع آب ۳، 1992). کالورت‌ها را از نظر عملکرد می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: 1. عبور رواناب، 2. مدیریت جریان. به طور کلی طراحی کالورت‌ها روی عبور حداکثر دبی با حفظ ارتفاع آزاد ۴ متمرکز شده است (کروکستون و تولیس ۵، 2008). یک کالورت

1. Suspended Load

2. Bed Load

3. Water Resources Management Divisi

4. Freeboard

5. Crookston & Tullis

E: انرژی ویژه در محلی که مجرای کالورت پر است.

$$H = H_e + H_f + H_v \quad (3)$$

محاسبات برای شرایطی که جریان درون مجرا پر یا نیمه پر باشد به این صورت است:
(a) برای جریان پر در داخل مجرا از معادله زیر استفاده می شود.

$$H = \left[C_e + 29 \frac{n^2 L}{R_H^{4/3}} + 1 \right] \frac{V^2}{2g} \quad (4)$$

(b) در جریان نیمه پر، برای تعیین پروفیل سطح آب و افت انرژی در طول کالورت از روش گام به گام مستقیم استفاده می شود.

$$x = \frac{E_2 - E_1}{S_0 - S_f} \quad (5)$$

که:

$$E = y + \frac{Q^2}{2gA^2} = \left[y + \frac{q^2}{2gy^2} \text{ for boxculvert} \right] \quad (6)$$

ΔL : طولی از کالورت که جریان پر است.
5. مقدار HW در گامهای 3 و 4 با هم مقایسه می شود و بیشترین مقدار HW بیانگر شرایط حاکم است.

6. اندازه و مشخصات با آزمون و خطا تغییر داده می شود و گامهای 3 و 4 تکرار می شود تا طراحی مشخص به دست آید.

7. براساس y_t ، y_c یا y_0 مناسب، سرعت خروجی محاسبه می شود.

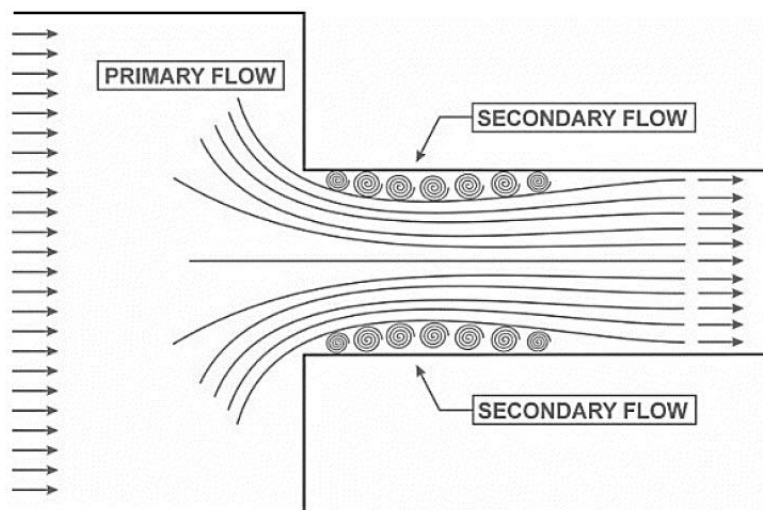
Y_t : عمق جریان در پایین دست کالورت

y_c : عمق بحرانی

y_0 : عمق نرمال

بررسی ها نشان داده است که عمق آبستنگی در گوشه های کالورت در قسمت ورودی نسبت به سایر نقاط بیشتر است. شکل 1، الگوی جریان را در ورودی کالورت را نشان می دهد. گردابه ها و تلاطم قوی در ابتدای مجرای کالورت که توسط انقباض جریان ایجاد شده است، جریان ثانویه نامیده می شود. جریان ثانویه در منطقه جدایی رخ می دهد. این الگوی جریان بسیار شبیه به پدیده آبستنگی تکیه گاه کناری که محققان برای آبستنگی نیم پایه مشاهده کردند، است.

اگر $y > D$ باشد، از رابطه کالورت پر برای محاسبه انرژی فاصله باقیمانده استفاده می شود. اگر هد سرعت نادیده گرفته شود، مقدار HW از رابطه $HW = E + H - S_0 \Delta L$ محاسبه می شود.



شکل 1: انقباض جریان و منطقه جدایی جریان

قوسی با کف فرسایش‌پذیر تعیین می‌کرد، به‌عنوان جایگزین دیاگرام شیلدز ارائه شد. ایت و همکاران (1987) تحقیقی به منظور بررسی تاثیر شکل کالورت روی طول، عرض، عمق و حجم آبستتگی انجام دادند. کالورت‌های مربعی، قوسی، مستطیلی و دایره‌ای مورد آزمایش قرار گرفت. طول کالورت 2/2 متر بود و به صورت افقی (بدون شیب) درون کانال قرار گرفت. از ماسه‌ی یکنواخت با $d_{50}=1.86\text{mm}$ و انحراف از معیار 1.33 استفاده شد. سطح آب پایین دست حدود 0.45 ± 0.05 ارتفاع کالورت (متر) و محدوده دبی از $0.01\text{m}^3/\text{s}$ تا $0.06\text{m}^3/\text{s}$ در نظر گرفته شد. چاله آبستتگی در زمان‌های 31، 100 و 316 دقیقه از شروع آزمایش اندازه‌گیری شد طول، عرض، و حجم آبستتگی در طی 26 تست در دبی و شکل‌های مختلف اندازه‌گیری گردید. شدت دبی اصلاح شده $D.I^* = Q / (A(gR_H)^{0.5})$ نسبت به مشخصات آبستتگی بی‌بعد $V_s / R_H^3, L_s / R_H, W_s / R_H, y_s / R_H$ برای هر شکل رسم شد. نتایج تحقیقات نشان داد که شکل کالورت بطور قابل توجهی هندسه‌ی آبستتگی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. ابعاد حفره‌ی آبستتگی که در خروجی کالورت قوسی، مربعی یا مستطیلی ایجاد می‌شود به طور قابل توجهی از ابعاد حفره آبستتگی خروجی کالورت دایره‌ای متفاوت است.

مواد و روش‌ها

الف. عامل‌های مؤثر و آنالیز ابعادی

نتایج حاصل از محاسبات یا اندازه‌گیری‌های انجام شده در سیستم واحدهای متفاوت را نمی‌توان بسهولة به کار برد. بر مبنای همین انگیزه مهم است که متغیرها را حتی الامکان به صورت بدون بعد به کار می‌برند. ضمناً لازم است حضور متغیر (یا متغیرها) در رابطه (یا روابط) مورد نظر به شکلی باشد که ابعاد حاصل از ترکیب آن متغیر با دیگر متغیرها در دو طرف رابطه، ابعاد یکسانی را ایجاد نماید. نکته مهمی که باید

یزدی و همکاران (1389) پروفیل‌های سطح آب، تاثیر شکل دهانه ورودی، عملکرد هیدرولیکی و همچنین منحنی عملکرد را برای سه نوع کالورت با مقاطع دایره‌ای، مربعی و مستطیلی مورد بررسی قرار داد. برای کالورت دایره‌ای مدل آزمایشگاهی موجود بوده و نتایج حاصل از مدل نرم‌افزاری با داده‌های تجربی مورد مقایسه قرار گرفت. پروفیل‌های سطح آب در کالورت توسط نرم‌افزار hy-8 محاسبه گردید. hy-8 یک نرم‌افزار برای آنالیز هیدرولیکی کالورت با اشکال مختلف است. این برنامه توسط سازمان اداره راه آمریکا¹ طراحی شده است. با بررسی سه نوع کالورت به این نتیجه رسیدند که: 1. میزان افت انرژی برای کالورت‌های مربعی کمتر از دایره‌ای و برای کالورت دایره‌ای کمتر از مستطیلی است. 2. تاثیر شکل دهانه ورودی بر هد آب بالادست برای کالورت مربعی بیشتر از کالورت مستطیلی و برای کالورت مستطیلی بیشتر از کالورت دایره‌ای است. 3. در کالورت مربعی با اصلاح شکل دهانه‌ی ورودی میزان افت انرژی به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. 4. برای تمامی مقاطع، با افزایش دبی، افت انرژی در دهانه ورودی با شدت بیشتری افزایش می‌یابد.

کروکستون و تولیس (2008) به بررسی آستانه حرکت اولیه برای چهارنوع مصالح مختلف در کالورت قوسی با کف فرسایش‌پذیر² در فلوام مستطیلی پرداختند. روش‌های مختلفی برای محاسبه پارامتر شیلدز (θ_c) در حرکت اولیه براساس پارامترهای محلی جریان بررسی شد. منطقه‌ی حرکت اولیه برای کالورت قوسی با کف فرسایش‌پذیر در جریان کاملاً آشفته در منحنی محدودی روی دیاگرام شیلدز تعریف شد و تغییرات θ_c به عنوان تابعی از زبری نسبی مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت یک روش که با بهره‌گیری از سرعت جریان، قطر ذرات را برای کالورت

¹. FHWA

². Bottomless Arch Culvert

حال اگر ابعاد متغیر های فوق M باشد، در آن صورت مطابق تئوری باکینگهام رابطه‌ی فوق را می-توان به صورت رابطه‌ی بدون بعد زیر نوشت:

$$f_2(\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \dots, \Pi_{n-m}) = 0 \quad (8)$$

برای به دست آوردن عامل‌های بدون بعد می-توان به شرح زیر اقدام کرد. الف. تعداد m متغیر از n متغیر انتخاب می‌شود. این متغیرها را اصطلاحاً متغیرهای تکراری گویند. متغیرهای تکراری طوری انتخاب می‌شوند که دارای ابعاد متفاوتی بوده و m بعد را شامل شود. ب. با ترکیب m متغیر تکراری و هر یک از متغیرهای باقیمانده، تعداد $n-m$ عامل بدون بعد تشکیل می‌شود.

مدنظر داشت این است که رابطه‌ای که به دست می‌آید اولاً باید معنی‌دار باشد، ثانیاً کاربرد آن ساده باشد و ثالثاً در هر سیستم آحادی بتوان از آن استفاده نمود. هر چه تعداد عوامل مؤثر در پدیده مورد نظر بیشتر باشد، کاربرد این روش ضروری‌تر و مورد استفاده آن محسوس‌تر می‌شود.

برای تبدیل رابطه‌ای متشکل از متغیرها به رابطه‌ای متشکل از عامل‌های بدون بعد، می‌توان از قضیه باکینگهام استفاده کرد. مطابق تئوری باکینگهام چنان‌چه در یک پدیده‌ی هیدرولیکی تعداد n متغیر دخیل باشند و این متغیرها دارای m بعد باشند، در آن صورت می‌توان تعداد $n-m$ عامل بی‌بعد را به وجود آورد. فرض کنید در یک پدیده هیدرولیکی متغیرهایی چون X_1, X_2, X_3, \dots دخیل:

$$f_1(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) = 0 \quad (7)$$

جدول 1: ابعاد عامل‌های مورد استفاده هیدرولیکی

نوع عامل	علامت اختصاری	بعد
سرعت	U	LT^{-1}
شتاب ثقل	G	LT^{-2}
جرم مخصوص سیال	ρ	ML^{-3}
جرم مخصوص ذرات	ρ_s	ML^{-3}
عرض کفبند	B	L
عمق آبستنگی	d_s	L
لزجت دینامیک	μ	$ML^{-1}T^{-1}$
قطر ذرات رسوب	d_{50}	L
عمق جریان آب	Y	L
عرض کف	D	L

$$d_s = f_1(U, g, \rho, \rho_s, B, \mu, d_s, d_{50}, Y, D) \quad (9)$$

$$\Pi_1 = \rho^a u^b D^c \mu \quad (10)$$

$$\Pi_2 = (ML^{-3})^a (LT^{-1})^b (L)^c (ML^{-1}T^{-1}) \quad (11)$$

$$\Pi_2 = M^{a+1} L^{-3a+b+c-1} T^{-b-1} \quad (12)$$

بعد از حل معادلات فوق $a = -1, b = 1, c = 1$ حاصل خواهد شد.

$$\Pi_1 = \frac{\rho Du}{\mu} \quad (13)$$

$$\Pi_2 = \frac{\rho}{\rho_s} = G_s \quad (14)$$

$$\Pi_3 = \frac{d_{50}}{D} \quad (15)$$

$$\Pi_4 = \frac{d_s}{D} \quad (16)$$

$$\Pi_5 = \frac{Y}{D} \quad (17)$$

$$\Pi_6 = \frac{U}{\sqrt{gd_{50}}} \quad (18)$$

$$\Pi_7 = \frac{B}{D} \quad (19)$$



شکل 4: شیر کنارگذر



شکل 3: دبی سنج دیجیتالی



شکل 2: پمپ سانتر فیوژ



شکل 7: سیستم برق فلوم



شکل 6: جک هیدرولیکی

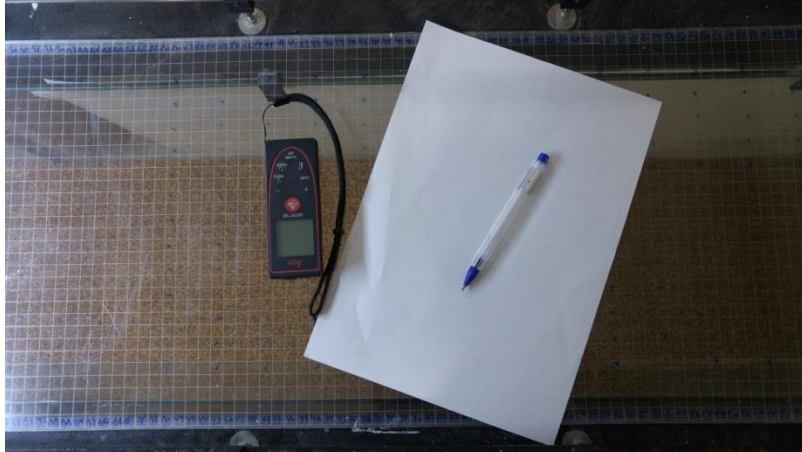


شکل 5: سیستم انتقال آب

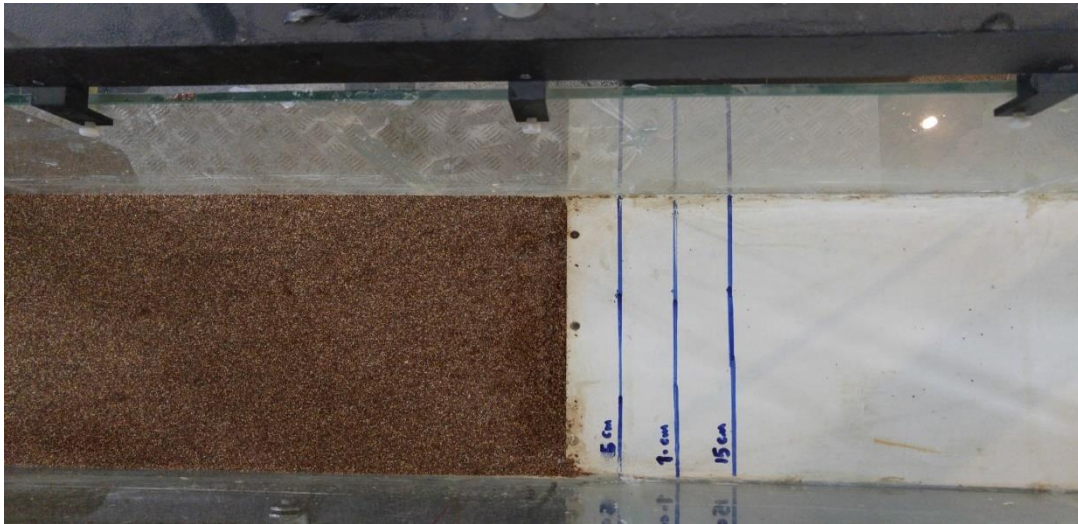
ب. ابزار برداشت داده‌ها

بدین منظور جهت برداشت داده‌ها از یک صفحه مشبک در ابعاد یک در یک سانتی‌متر مربع استفاده شد.

ابزار برداشت داده‌ها بعد از اتمام آزمایش‌ها و تخلیه آب از درون کانال به منظور تعیین تغییرات طولی و عمق حفره آبستگي از متر ليزری استفاده گردید



شکل 8: مترلیزی و صفحه شبکه بندی برداشت دینا



شکل 9: طول های مختلف کفبند و محل قرارگیری کالورت

مرحله اول: آماده سازی ستاپ و کفبند جهت قرار گیری درون فلوم





شکل 10: آماده‌سازی کالورت و قرار دادن آن درون فلوم

انتهای فلوم قرار گرفته بود اندازه سرعت جریان تنظیم و ارتفاع آب در فرود ذره مورد نظر توسط سرریز انتهایی ثابت در نظر گرفته شد. مرحله چهارم: پس از تنظیم دقیق تراز سطح آب آزمایش تا زمان به تعادل رسیدن آبشستگی در حال انجام باقی ماند.

مرحله پنجم: بعد از اتمام آزمایش پمپ خاموش شده و آب فلوم تخلیه شد.

مرحله ششم: زهکشی رسوبات و تخلیه آب از درون فلوم

مرحله هفتم: برداشت مقادیر آبشستگی توسط متر لیزری و شیشه شبکه بندی مدرج

مرحله هشتم: تسطیح مجدد رسوبات و نصب کفبند در محل جدید جهت انجام آزمایش

رسوبگذاری به طور متناوب در پایین دست کالورت انجام می‌شد.

1. مقایسه روند تغییرات حداکثر عمق آبشستگی در اثر تغییر طول کفبند در اندازه‌های 5، 10، 15، در اعداد فرود ذره 2، 2/5 و 3

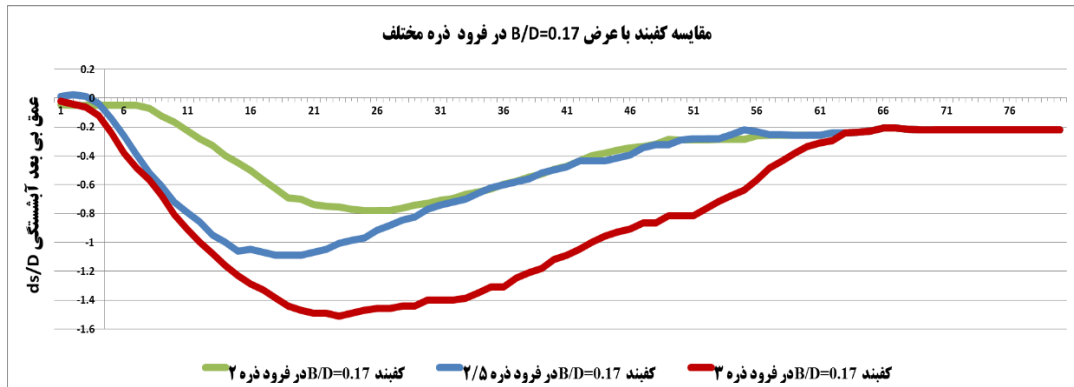
نمودار 1، مقایسه‌ای است بین کفبند با طول 5 سانتی‌متر ($\frac{B}{D} = 0.17$) در فرودهای ذره مختلف (2، 2/5 و 3) همان‌طور که از نمودارها مشاهده می‌شود با افزایش سرعت جریان، عمق آبشستگی افزایش یافته است.

مرحله دوم: پس از چسباندن کالورت و ریختن رسوبات درون فلوم برای یکنواخت بودن سطح ماسه‌ها لازم بود سطح ماسه‌ها به وسیله یک ارابه تسطیح کننده هم سطح کفبند صاف شود، بنابراین، توسط یک تسطیح کننده دستی و ابزار تسطیح سطح یکنواختی ایجاد شد.

مرحله سوم: پس از استقرار کالورت در محل کفبند در مکان مورد نظر با روشن کردن پمپ و تنظیم دبی آزمایش شروع شد. باید توجه داشت که مراقبت زیادی به هنگام پر شدن فلوم لازم است تا شرایط جریان به درستی برقرار شود. زمانیکه پمپ شروع به کار می‌کند سرریز بالادست به آهستگی تنظیم می‌شود تا شدت جریان به حد مطلوب برسد. برای اینکه هد آب روی رسوبات ثابت باقی بماند با استفاده از سرریزی که

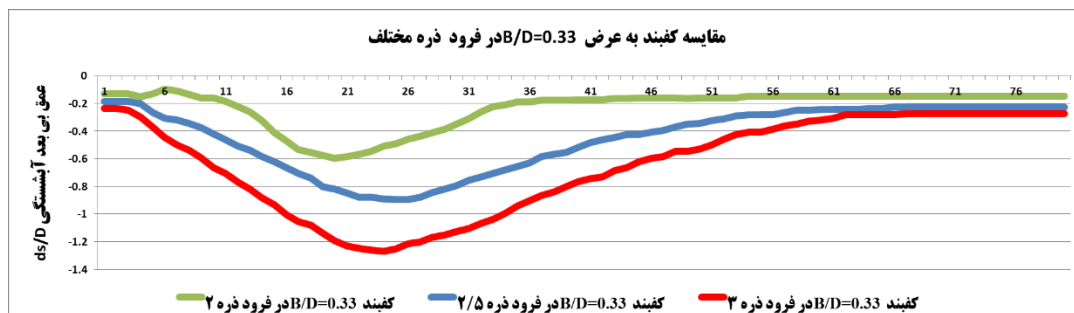
نتایج و بحث

سازه‌های هیدرولیکی به واسطه ایجاد مانع بر روی جریان، الگوی جریان را تغییر می‌دهند و با ایجاد الگوی جدید، منجر به تشکیل گردابه‌هایی می‌شوند که این گردابه‌ها آبشستگی موضعی را منجر می‌گردند. پدیده آبشستگی یکی از مخرب‌ترین واقعه‌هایی است که می‌تواند بقاء سازه پل را به خطر اندازد و در صورتی که در طراحی در نظر گرفته نشود، باعث ایجاد خسارت جانی و مالی زیادی می‌گردد. با توجه به مشاهد در لحظات اولیه با عبور موج سیال از روی کفبند، آبشستگی آغاز و با توسعه حفره آبشستگی، فرسایش و



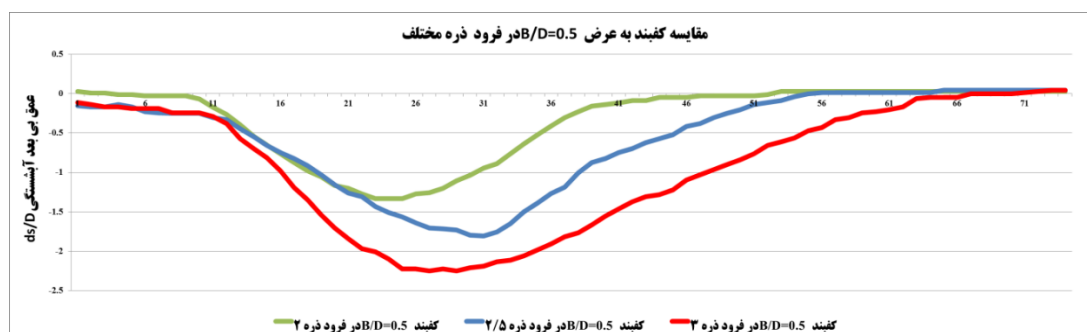
نمودار 1: مقایسه کفبند با طول $B/D = 0/17$ در فرود ذره مختلف

نمودار 2 مقایسه‌ای است بین کفبند با طول 10 سانتی‌متر ($\frac{B}{D} = 0.33$) در فرودهای ذره مختلف (2، 2/5 و 3) همان‌طور که از نمودارها مشاهده می‌شود با افزایش سرعت جریان، عمق آبشستگی افزایش یافته است.



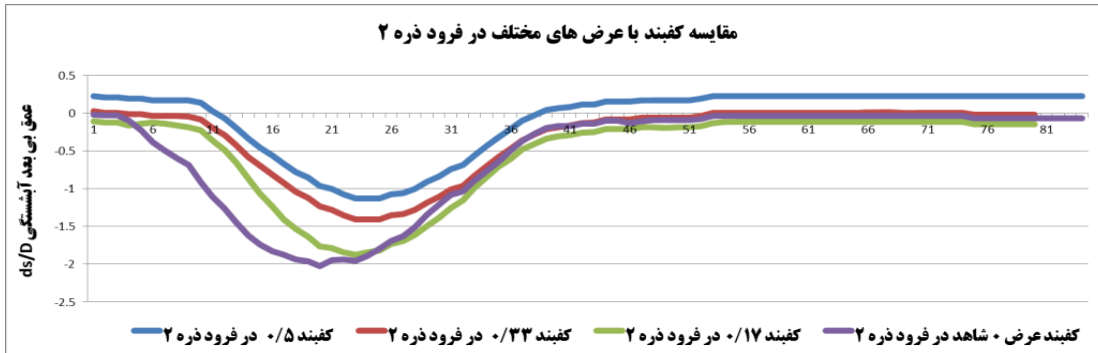
نمودار 2: مقایسه کفبند با طول $B/D = 0/33$ سانتی‌متر در فرود ذره مختلف

نمودار 3 مقایسه‌ای است بین کفبند با طول 15 سانتی‌متر ($\frac{B}{D} = 0.5$) در فرودهای ذره مختلف (2، 2/5 و 3) همان‌طور که از نمودارها مشاهده می‌شود با افزایش سرعت جریان، عمق آبشستگی افزایش یافته است.



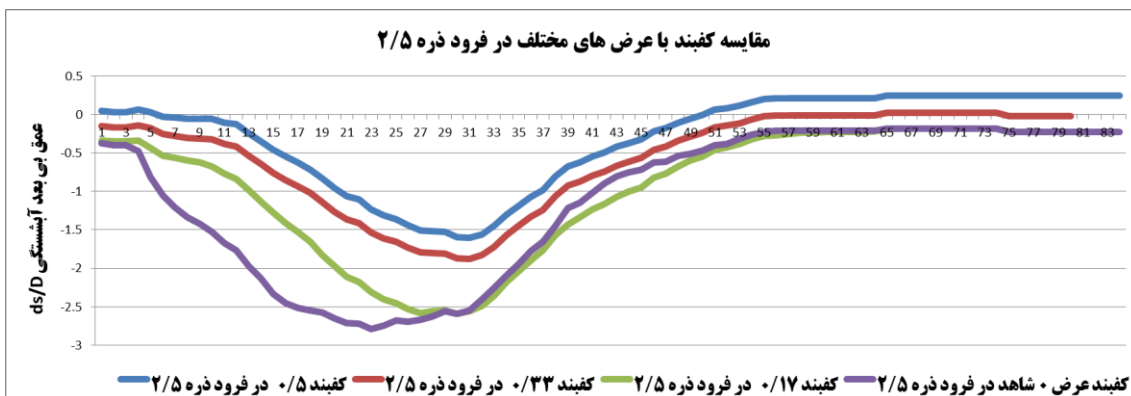
نمودار 3: مقایسه کفبند با طول $B/D = 0/5$ سانتی‌متر در فرود ذره مختلف

نمودار 4 مقایسه‌ای است بین کفبند با طول‌های مختلف در فرود ذره 2 همان‌طور که از نمودارها مشاهده می‌شود با افزایش طول کفبند، عمق آبشستگی کاهش یافته است.



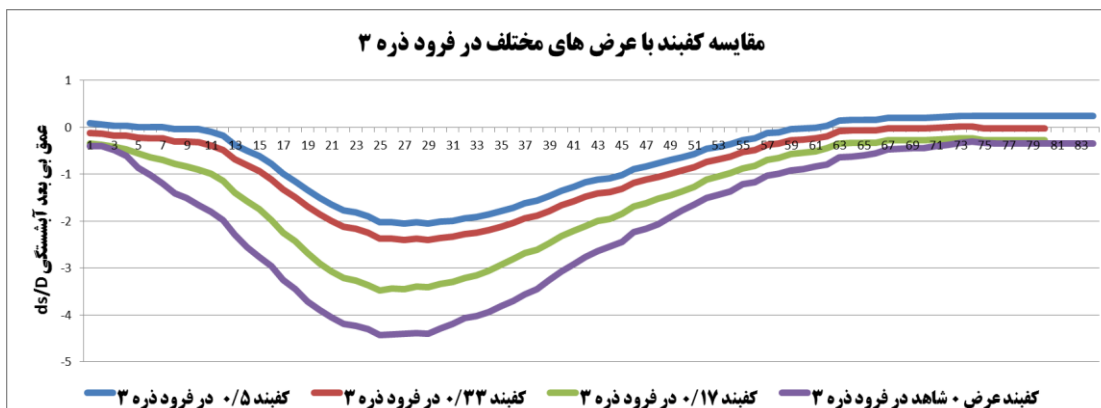
نمودار 4: مقایسه کفبند با طول‌های (B/D) مختلف در فرود ذره 2

نمودار 5 مقایسه‌ای است بین کفبند با طول‌های مختلف در فرود ذره 2/5 همان‌طور که از نمودارها مشاهده می‌شود با افزایش طول کفبند، عمق آبشستگی کاهش یافته است.



نمودار 5: مقایسه کفبند با طول‌های (B/D) مختلف در فرود ذره 2/5

نمودار 6 مقایسه‌ای است بین کفبند با طول‌های مختلف در فرود ذره 3 همان‌طور که از نمودارها مشاهده می‌شود با افزایش طول کفبند، عمق آبشستگی کاهش یافته است.



نمودار 7: مقایسه کفبند با طول‌های (B/D) مختلف در فرود ذره 3

نمودار 7 برای یک نسبت ثابت فرود ذره $Frd=2$ با افزایش طول کفبند عمق آبشستگی کاهش می‌یابد.

نتیجه گیری

با بررسی جامع و انجام آنالیز ابعادی، پارامترهای بدون بعد موثر بر پدیده آبستتگی شناسایی بر مبنای آنها طرح ریزی شد. در زیر نتایج تحقیق بصورت خلاصه آورده شده است.

1. نتایج نشان داد که با افزایش طول کفبند حفاظت از کناره کفبند افزایش یافته و آبستتگی در فاصله‌ای دورتر از کفبند شروع می‌شود. به این ترتیب که کفبند 0،5، 10، 15 به ترتیب محل شروع آبستتگی در فاصله 0/5، 1/5، 3 و 5 سانتی‌متر از لبه اتفاق افتاده است. همچنین طول گستردگی حفره آبستتگی به ترتیب 35، 20، 15، 13 سانتی‌متر است که نشان می‌دهد هرچه طول کفبند بیشتر می‌شود روند گستردگی حفره کمتر و عمق آبستتگی کمتر می‌گردد. پروفیل در کناره کانال به گونه‌ای بود که شکل پروفیل و ابعاد حفره هر دو متغیر بودند، به گونه‌ای که در کناره‌های پروفیل مقدار آبستتگی بیشتر و در وسط پروفیل کمتر می‌باشد که این امر باعث شد که پروفیل‌های آبستتگی کفبند با طول‌های 5 و 10 شکل‌گرفته ماهی به خود گرفته و پروفیل آبستتگی کفبند 15 سانتی‌متر به علت آن که سرعت در این کفبند از توزیع سرعت یکنواخت‌تری در تمامی جریان آزمایش برخوردار بوده به شکل مسطح‌تر خود را نشان می‌دهد.

2. مشاهدات نشان داد که در طول توسعه گودال آبستتگی، یک جریان برگشتی درون حفره ایجاد می‌شود که رسوبات را به سمت بالادست جابجا می‌کند. با بررسی پروفیل‌های آبستتگی در آزمایش‌های مختلف، مشخص شد که پروفیل‌ها از تشابه هندسی خاصی پیروی می‌کنند و شکل کلی پروفیل‌ها با کمی پراکندگی در طول و عمق آبستتگی مشابه یکدیگر می‌باشند.

3. عمق آبستتگی برای کفبند با در نظر گرفتن طول ثابت نشان داد که با افزایش عدد فرود ذره عمق آبستتگی افزایش می‌یابد. به این علت که با افزایش عدد فرود در واقع سرعت جریان افزایش یافته و این امر باعث آن شده است که موج سطحی ایجاد شده بعد از کفبند که عامل اصلی فرسایش رسوبات می‌باشد، با پیشانی موج شدیدتری به پیش رفته و این امر باعث می‌شود که جریان سطحی بر روی رسوبات از قدرت بیشتری برخوردار گردد و گرداب‌های تشکیل شده در اثر اختلاف گرادیان سرعت از بالا به پایین از قدرت تخریب و جابه‌جایی بیشتری برخوردار گردند و رسوبات بیشتری را از جلو کفبند جا به جا کرده و در نتیجه عمق آبستتگی بیشتری ایجاد نمایند.

4. با توجه به مشاهدات می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات آبستتگی در خط مرکزی کانال به صورت ثابت باقی می‌ماند. اما پروفیل در کناره کانال به گونه‌ای بود که شکل پروفیل و ابعاد حفره هر دو متغیر بودند به گونه‌ای که در کناره‌های پروفیل مقدار آبستتگی بیشتر و در وسط پروفیل کمتر می‌باشد که این امر باعث شد که پروفیل‌های آبستتگی کفبند با طول‌های 0/17 و 0/33 شکل‌گرفته ماهی به خود گرفته و پروفیل آبستتگی کفبند 0/5 به علت آن که سرعت در این کفبند از استهلاک بیشتری هنگام جریان آزمایش برخوردار بوده به شکل مسطح‌تر خود را نشان دهد.

5. با توجه به مشاهدات می‌توان نتیجه گرفت که افزایش طول کفبند با تاثیر بر روی خطوط جریان و پروفیل سرعت به علت کاهش دادن سرعت هجوم آورنده به بستر در مقابل امواج پایین رونده، می‌تواند ابزار مناسبی جهت کاهش و دورتر تشکیل دادن چاله آبستتگی در پایین دست سازه‌های هیدرولیکی مورد استفاده قرار گیرد.

پیشنهادات

1. مدل سازی کفبند بستر با استفاده از نرم-افزارهای عددی و مدل های عددی. افزایش دست سازه های هیدرولیکی.
2. استفاده از کفبند بستر با طول های مختلف به منظور یافتن عرض بهینه جهت کنترل آبشستگی پایین دست سازه های هیدرولیکی.

فهرست منابع

1. یزدی، عذرا؛ منافپور، محمد؛ محمدی، میرعلی. ۱۳۸۹. بررسی عملکرد هیدرولیکی کالورت ها با مقاطع هندسی مختلف، نهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، تهران
2. Crookston, B.M. Tullis, B.P. 2008. Scour prevention in bottomless arch culverts, International Journal of Sediment Research , 27(2), pp. 213–225.
3. Federal Highway Administration. 1992. Bottomless culvert scour study, Phase I laboratory Report , FHWA - RD - 02 - 078.

Investigation of length changes and floor profile characteristics on downstream scour depth (Calvet shape)

Mostafa Mansouri¹, Ebrahim Nohani², Ali Afrous³

Abstract

In this study, the changes of floor length on downstream scour depth are investigated. For this purpose, experiments were carried out on the floor with different lengths. According to the results, it was observed that in particle landing 2 were 22%, 33% and 66%, and in particle landing 2.5% were 15%, 20% and 40%, and in particle landing 3 were 20% and 25%, respectively. And reduced the scour depth by 31%. This showed that changes in the length and profile of the dam have a positive effect on the depth of downstream scour.

Keywords: Scour, Grapefruit, Calvert, Particle Landing.

¹. Civil Engineering, Hydraulic Structures Engineering, Islamic Azad University, Dezful Branch
Mansuri.m72@yahoo.com

². Young Researchers and Elite Club, Dezful Branch, Dezful, Iran Corresponding Author
Nohani_e@yahoo.com

³. Member of Water Department, Islamic Azad University, Dezful Branch, Dezful, Iran