

Article Type: Applied

نوع مقاله: کاربردی

Laboratory Study of the Deflector Effect of Flow Pattern on Water Retention and Debris Retention Efficiency

E. Rostamzadeh^{1*}, M.M. Ahmadi², M. Rahimpour²

1, 2- MSc student of Water Structures and Associate Professor, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran.

*(Corresponding Author Email: Rostamzadeh_Elham@agr.uk.ac.ir)

Received: 21-07-2020

Accepted: 10-10-2020

بررسی آزمایشگاهی تأثیر منحرف کننده الگوی جریان بر پس زدگی آب و راندمان نگهداشت واریزه

الهام رستمزاده^{۱*}، محمدمهدی احمدی^۲، مجید رحیمپور^۲

۱، ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی و دانشیار، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: Rostamzadeh_elham@agr.uk.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۴/۳۱

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۷/۱۹

Abstract

Accumulation of debris along with water flow in waterways causes irreparable problems every year. Structural methods are one of the most effective ways to reduce the risks of debris flow. In this study, the efficiency of the debris structure was investigated using flow pattern deflectors to increase the deposition retention efficiency and its effect on backwater and rapid collection of wood debris after the flood. To do this research, three different geometries of the rack, a debris mixture and three flow deflector sizes were used in the laboratory. According to the results, the best performance of the rack, despite the flow deflectors was related to the regular linear descaler with 97% efficiency and backwater was completely affected by the flow Froude Number. The V-shaped reverse rack had the lowest backwater rate of 2.55%, that is not significant. In this study, the length of the debris carpet and the maximum height of the middle mound produced for the rack geometry were investigated. The results showed that the deflector installation led to a change in the geometry of the deposited accumulation which also accelerates the debris collection operation after the flood.

Keywords: Rack, Water Structures, Flood, River Engineering.

چکیده

تجمع واریزه‌ها همراه جریان آب در آبراهه‌ها، سالانه مشکلات جبران ناپذیری ایجاد می‌کند. روش‌های سازه‌ای یکی از موثرترین شیوه‌ها برای کاهش خطرات ناشی از جریان واریزه‌ای، می‌باشد. در این تحقیق کارایی سازه آشغال‌گیر با استفاده از منحرف کننده‌های الگوی جریان برای افزایش راندمان نگهداشت واریزه و تأثیر آن بر پس‌زدگی آب و جمع‌آوری سریع واریزه‌های چوبی بعد از سیل بررسی شد. برای انجام این تحقیق از سه هندسه مختلف آشغال‌گیر، یک مخلوط واریزه‌ای و سه سایز منحرف کننده جریان به صورت آزمایشگاهی بهره گرفته شد. براساس نتایج به دست آمده بهترین عملکرد آشغال‌گیر با وجود منحرف کننده‌های جریان، مربوط به آشغال‌گیر خطی منظم با راندمان ۹۷٪ بوده و پس‌زدگی آب کاملاً تحت تأثیر عدد فرود جریان بود. آشغال‌گیر معکوس V شکل، کمترین میزان پس‌زدگی با مقدار ۲/۵۵٪ داشت، که قابل توجه نیست. در این پژوهش طول فرش واریزه‌ای و بیشترین ارتفاع کپه تولید شده میانی برای هندسه آشغال‌گیر بررسی شد، نتایج نشان داد نصب منحرف کننده منجر به تغییر هندسه تجمع واریزه شده به نحوی که عملیات جمع‌آوری واریزه بعد از سیل، تسهیل خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: آشغال‌گیر، سازه‌های آبی، سیلاب، مهندسی رودخانه.

آسیب‌های ناشی از واریزه‌ها امکان‌پذیر نیست (Kaitna و Rickenmann, ۲۰۰۷) اما باید در راستای کاهش مخاطرات اقدام نمود (Mizuyama, ۲۰۰۸). یکی از این اقدامات استفاده از سازه‌های هیدرولیکی می‌باشد. به‌کارگیری سازه آشغال‌گیر (Rack) اقدامی مناسب جهت نگهداشت واریزه است. در تحقیقات گذشته پس‌زدگی آب بر اثر تجمع واریزه جلوی آشغال‌گیر گزارش شده است (Hager و Schmocker, ۲۰۱۳). بنابراین باید سعی در طراحی سازه آشغال‌گیر با عملکرد بالا جهت نگهداشت واریزه با حداقل پس‌زدگی و همچنین تسریع در جمع‌آوری واریزه‌ها بعد از عمل سیل داشت. ریمبوک در سال ۲۰۰۳ با تغییر مکان آشغال‌گیر سعی در بالا بردن عملکرد آشغال‌گیر داشت، در این راستا این محقق آشغال‌گیر را در محل پیچ رودخانه قرار داد و با این تغییر میزان کاهش پس‌زدگی آب را گزارش کرد (Rimböck, ۲۰۰۳). همچنین جهت کاهش پس‌زدگی شوماکر و ویبرخت در سال ۲۰۱۳ عملکرد آشغال‌گیر را با انحراف الگوی جریان به وسیله بای‌پس بررسی کردند که نصب آشغال‌گیر در یک بای‌پس منجر به کاهش پس‌زدگی آب شد (Schmocker و Weitbrecht, ۲۰۱۳).

تا به امروز آزمایشاتی در زمینه استفاده از سازه‌ی آشغال‌گیر انجام شده است اما در رابطه با منحرف‌کننده الگوی جریان در مسیری مستقیم با ایجاد زبری در دیواره‌های کانال، مطالعه انجام نشده است. افزایش موضعی زبری دیواره آبراهه منجر به شکل‌گیری الگوی جریان خاص به شکل نوک پیکان خواهد شد. بنابراین در این تحقیق با نصب آشغال‌گیر در کانالی مستقیم همزمان با ایجاد زبری موضعی در دیواره‌های کانال به‌عنوان منحرف‌کننده الگوی جریان با سه هندسه مختلف و سه سایز منحرف‌کننده الگوی جریان در شرایط جریان فوق بحرانی، بحرانی و زیر بحرانی آزمایشاتی انجام شد. راندمان آشغال‌گیر، هندسه فرش واریزه‌ها پشت سازه، میزان پس‌زدگی آب و بهبود جمع‌آوری واریزه پشت سازه بررسی شد و بهترین هندسه آشغال‌گیر با منحرف‌کننده پیشنهاد شد.

مواد و روش‌ها

آزمایشات در یک فلوم مستطیل شکل با طول ۷/۸۳ متر، عرض ۰/۸ متر و ارتفاع ۰/۶ متر در آزمایشگاه تحقیقاتی هیدرولیک و سازه‌های آبی بخش مهندسی آب دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد، فلوم آزمایشی مطابق شکل (۲) دارای دیواره‌های جانبی از شیشه و کف از فلز است. سیستم تأمین آب چرخشی بوده و توسط دو شیر در مسیر پمپ‌ها جریان آب قابل تنظیم است.

سیل از جمله حوادث طبیعی می‌باشد که در حین وقوع، خسارات به بار می‌آورد. اگر در جریان‌های سیلابی، واریزه حمل شود، مشکلات و خسارات بیشتری را به همراه خواهد داشت. جریان آب همراه با واریزه، اصطلاحاً جریان واریزه‌ای نامیده می‌شود. جریان واریزه‌ای یک جریان گرانشی است و شامل سنگ‌ها، خاک، آب و ... می‌باشد. باین‌حال حمل تنه و شاخ و برگ درختان در رودخانه و آبراهه‌ها شایع‌ترین نوع جریان است (Mizuyama, ۲۰۰۸). حمل واریزه‌های چوبی همواره مشکلاتی به دنبال دارند، از جمله این مشکلات شامل موارد ذیل می‌باشد: واریزه‌ها در هنگام سیل، خطرات قابل توجهی را ایجاد می‌کنند، به‌طور مثال واریزه چتجمع واریزه‌های چوبی در مسیر آبراهه باعث کاهش سرعت عبور آب از مسیر می‌شوند (Gippel, ۱۹۹۵) و حرکت واریزه‌ها برای ساکنین حاشیه و سازه‌های پایین دست خطر آفرین می‌باشد (شکل ۱) (Mizuyama, ۲۰۰۸؛ Glade, ۲۰۰۵).

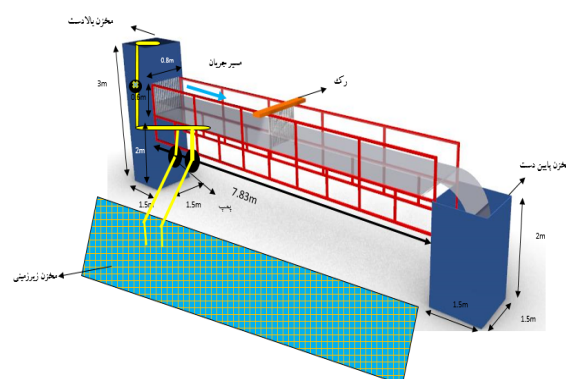
همچنین واریزه‌ها در سازه‌های رودخانه مانند پل‌ها یا بندها جمع می‌شوند و عبور جریان از مسیر را با دشواری می‌کند (Liu و Lei, ۲۰۰۳؛ Mizuyama, ۲۰۰۸). واریزه‌ها باعث انسداد ورودی سرریزها در مخازن سدها شده که مانع خروج آب از سرریزها می‌شوند و می‌تواند منجر به سرریز شدن آب از روی بدنه سد شود (نوری، ۱۳۹۱). همچنین تجمع واریزه منجر به بالا آمدن سطح آب در بالادست و در نتیجه آب‌گرفتگی مناطق اطراف می‌شود (Steeb و همکاران ۲۰۱۷؛ Schalko و همکاران، ۲۰۱۹؛ Hegg و Bezzola, ۲۰۰۷؛ Mazzorana و همکاران، ۲۰۱۱). علاوه بر خطرات ذکر شده جمع‌آوری واریزه‌ها بعد از سیل سالانه هزینه‌ی زیادی را به همراه دارد (نوری، ۱۳۹۱).



شکل ۱- تجمع واریزه‌های چوبی در سیل ۲۰۱۱ ایتالیا a- در Borghetto و b- در Schalko (Pignone, ۲۰۱۸)

با وجود موارد ذکر شده، در امان ماندن به‌طور کامل از

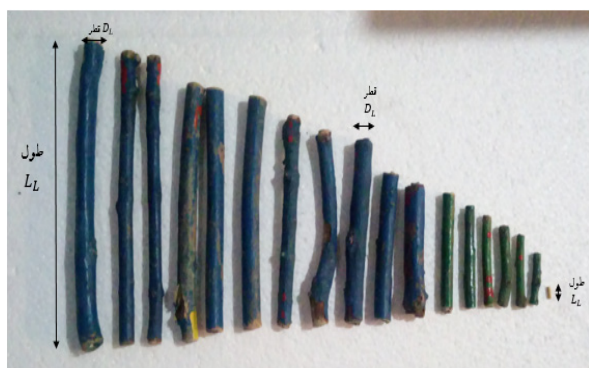
انجام شده واریزه‌های مورد استفاده بدون شاخه و برگ و شامل چوب‌های خشک و تازه بود که با استفاده از قطعات چوب طبیعی از شاخه‌های درختان ساخته شدند (Bocchiola و همکاران، ۲۰۰۵). از ترکیب این قطعات چوبی جهت شبیه‌سازی واریزه‌های چوبی استفاده شد. طول این واریزه‌ها (L_L) بین ۰/۰۳ متر تا ۰/۲۰ متر بوده و قطر آن‌ها (d_L) بین ۰/۰۳ متر تا ۰/۰۲ متر متغیر بود (جدول ۱). شکل (۳) سایز واریزه‌های مدل شده در آزمایشگاه و جدول (۳) الگوی قرارگیری ستون‌های آشغال‌گیر در آزمایشگاه را نشان می‌دهند.



شکل ۲- شماتیک فلوم آزمایشگاه

جدول ۱- مشخصات واریزه‌های چوبی استفاده شده در تحقیق (Schmocker و Hager, ۲۰۱۳)

کلاس	L _L (mm)	d _L (mm)
بزرگ	۸-۲۰۰	۱۰-۲۰
متوسط	۳۰-۸۰	۳-۱۰
کوچک	۴/۷	۲

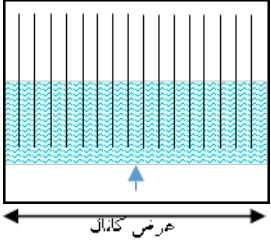
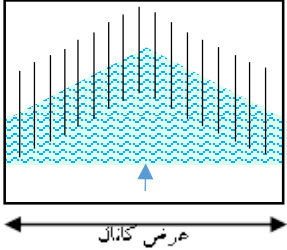
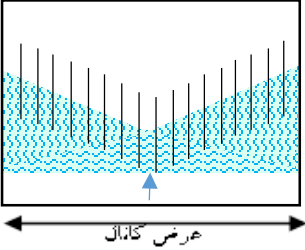


شکل ۳- سایز واریزه‌های چوبی به کار رفته در آزمایشات

باتوجه به اینکه جریان واریزه‌ای در مواقع سیلابی ایجاد می‌شوند و حالت جریان باتوجه به شرایط بازه رودخانه در وضعیت‌های بحرانی، فوق بحرانی و زیربحرانی به وقوع می‌پیوندد، در این تحقیق آزمایشات در سه حالت شرایط جریان با عدد فرود ۰/۸۴، ۱ و ۱/۳۵ انجام شد. آشغال‌گیر در فاصله ۴ متری بالادست از ابتدای فلوم و عمود بر جهت جریان قرار داده شد. عرض آشغال‌گیر با عرض فلوم برابر در نظر گرفته شد. آشغال‌گیر با استفاده از میله‌های با قطر ۵ mm، ارتفاعی هم ارتفاع کانال اصلی (۰/۶ متر) و فاصله بین میله‌ها ۵۰ mm ساخته شد. فاصله میله‌ها از دو طرف با دیواره‌ها، نصف فاصله بین میله‌ها بود. قطر میله‌ها باتوجه به نتایج تحقیقات مبنی بر عدم تاثیر در روند تجمع واریزه‌ها ثابت در نظر گرفته شد. (Schalko و همکاران، ۲۰۱۹). آرایش اولیه هندسه آشغال‌گیر در حالت عمود بر اساس آزمایشات (Schalk, ۲۰۱۸) در نظر گرفته شد و با طراحی سازه آشغال‌گیر در جهت افزایش عملکرد تغییراتی در هندسه آرایش میله‌ها انجام شد. در آزمایشات

جدول ۲- کلاس‌های واریزه و مخلوط‌های واریزه‌ای توصیه شده توسط اشموگر و هاگر (Schmocker و Hager, ۲۰۱۳)

مشخصات واریزه						نوع واریزه‌ها
L _L (mm)	d _L (mm)	L _L (mm)	d _L (mm)	L _L (mm)	d _L (mm)	
۸۰-۲۰۰	۱۰-۲۰	۳۰-۸۰	۳-۱۰	۴/۷	۲	
۶۰		۳۰		۱۰		ترکیب واریزه

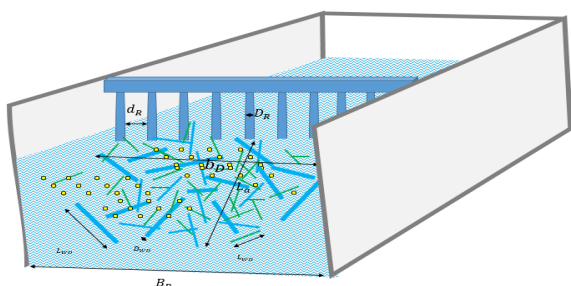
نوع چیدمان آشغال‌گیر	منظم در یک راستا (R۱)	شکل v (R۲)	معکوس v شکل (R۳)
هندسه نهایی آشغال‌گیر			
	عرض کانال	عرض کانال	عرض کانال

آنالیز ابعادی

آنالیز ابعادی برای شناخت پارامترهای مؤثر در پدیده مورد مطالعه و تعیین نسبت‌های بدون بعد می‌باشد. در این تحقیق تحلیل‌های ابعادی بر مبنای روش باکینگهام-پای صورت پذیرد. پارامترهای مشخصه عبارتند از:

$$F=f(L_{wd}, D_{wd}, \rho_{WD}, m_D, m_s, D_R, d_R, B, V_{WD}, h_p, L_p, V, \mu, b_a, R, L_a, h_a, g) \quad (1)$$

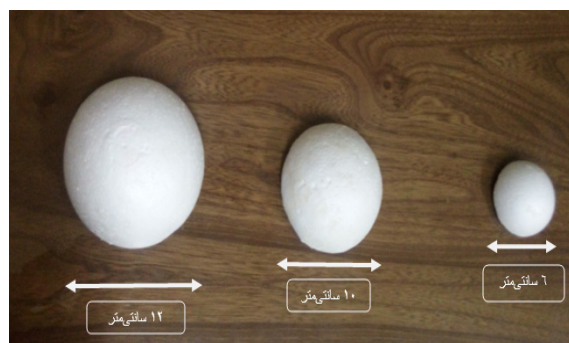
L_{wd} : طول واریزه، D_{wd} : قطر واریزه، ρ_{WD} : دانسیته چوب، m_s : جرم کل واریزه‌ها، m_D : جرم واریزه عبوری، D_R : قطر میله‌های آشغال‌گیر، d_r : فاصله‌ی بین میله‌های آشغال‌گیر، B : عرض کانال، V_{WD} : سرعت واریزه، R : شعاع هیدرولیکی، V : سرعت جریان، ρ : دانسیته آب، μ : ویسکوزیته دینامیک، b_a : عرض فرش واریزه تولید شده، L_a : طول فرش واریزه تولید شده، h_a : ارتفاع آب پس از تجمع واریزه، h_p : ارتفاع کپه میانی آشغال‌گیر، L_p : طول فرش واریزه میانی آشغال‌گیر، g : شتاب جاذبه زمین. شکل (۶) شماتیکی از سازه و آبراهه در وضعیت تجمع واریزه‌ها پشت سازه و پارامترها را نشان می‌دهد.



شکل ۶- شماتیک پارامترهای به کار رفته در آزمایشات

پس از انجام آنالیز ابعادی به روش π باکینگهام پارامترهای بدون بعد استخراج شد. آزمایشات انجام شده در آزمایشگاه در جدول (۴) نشان داده شده است.

برای تغییر الگوی جریان از منحرف کننده‌هایی استفاده شد. این منحرف کننده‌ها در دیواره‌های جانبی فلوم نصب شدند. برای این منظور از نیم‌گوی‌هایی از جنس یونولیت به عنوان منحرف کننده بهره گرفته شد. نیم‌گوی‌ها در سه سایز با قطرهای ۶، ۱۰ و ۱۲ سانتی‌متر تهیه شد (شکل ۴). هر نیم‌گوی به دیواره داخلی فلوم به نحوی چسبانده شدند که مستقیماً روبه‌روی هم قرار داشتند. نصف نیم‌گوی درون آب و نصف آن بیرون از آب قرار داشت. (شکل ۵). منحرف کننده‌ها در فاصله ۱ متری بالادست آشغال‌گیر نصب شدند.



شکل ۴- سایز منحرف کننده‌های قرار گرفته در دیواره جانبی فلوم



شکل ۵- نحوه قرارگیری منحرف کننده جریان در فلوم آزمایشگاهی

$$M=m\left(\frac{(V)^2}{g \times R}, \frac{\rho \times R \times V}{\mu}, \frac{B_R}{B}, \frac{h_a}{R}, \frac{b_a}{B}, \frac{D_{WD}}{D_R}, \frac{L_{WD}}{B_R}, \frac{D_R}{B}, \frac{L_{WD}}{L_a}, \frac{V_{wd}}{V}, \frac{l_a}{B}, \frac{\rho_{WD}}{\rho_W}, \frac{M_S}{M_D}, \frac{h_p}{B}, \frac{L_P}{B}\right) \quad (2)$$

جدول ۴- آزمایشات انجام شده در بالادست کانال اصلی

شماره	نام آزمایش	عدد فرود	R (cm)	M_S/M_D	O (cm)	هندسه سازه	L_1, d_L
							(80-200), (10-20)mm (30-80), (3-10)mm (4.7), 2mm
۱	DR۱O۱h۱	۱/۳۵	۱۹	۹۴/۰۴	۶	عمود منظم	۴۰, ۳۰, ۱۰
۲	DR۱O۱h۲	۱	۲۵	۹۴/۹۲	۶	عمود منظم	۴۰, ۳۰, ۱۰
۳	DR۱O۱h۳	۰/۸۵	۳۰	۹۶/۰۲	۶	عمود منظم	۴۰, ۳۰, ۱۰
۴	DR۱O۲h۱	۱/۳۵	۱۹	۹۷/۷	۱۰	عمود منظم	۴۰, ۳۰, ۱۰
۵	DR۱O۲h۲	۱	۲۵	۹۶/۹۳	۱۰	عمود منظم	۴۰, ۳۰, ۱۰
۶	DR۱O۲h۳	۰/۸۵	۳۰	۹۷/۳۶	۱۰	عمود منظم	۴۰, ۳۰, ۱۰
۷	DR۱O۳h۱	۱/۳۵	۱۹	۹۸/۵۷	۱۲	عمود منظم	۴۰, ۳۰, ۱۰
۸	DR۱O۳h۲	۱	۲۵	۹۷/۱۱	۱۲	عمود منظم	۴۰, ۳۰, ۱۰
۹	DR۱O۳h۳	۰/۸۵	۳۰	۹۷/۹۹	۱۲	عمود منظم	۴۰, ۳۰, ۱۰
۱۰	DR۲O۱h۱	۱/۳۵	۱۹	۸۹/۶۸	۶	شکل V	۴۰, ۳۰, ۱۰
۱۱	DR۲O۱h۲	۱	۲۵	۹۶/۵۹	۶	شکل V	۴۰, ۳۰, ۱۰
۱۲	DR۲O۱h۳	۰/۸۵	۳۰	۹۳/۱۳	۶	شکل V	۴۰, ۳۰, ۱۰
۱۳	DR۲O۲h۱	۱/۳۵	۱۹	۸۷/۳۳	۱۰	شکل V	۴۰, ۳۰, ۱۰
۱۴	DR۲O۲h۲	۱	۲۵	۹۴/۳۱	۱۰	شکل V	۴۰, ۳۰, ۱۰
۱۵	DR۲O۲h۳	۰/۸۵	۳۰	۸۷/۳۳	۱۰	شکل V	۴۰, ۳۰, ۱۰
۱۶	DR۲O۳h۱	۱/۳۵	۱۹	۹۳/۲۸	۱۲	شکل V	۴۰, ۳۰, ۱۰
۱۷	DR۲O۳h۲	۱	۲۵	۹۸/۰۶	۱۲	شکل V	۴۰, ۳۰, ۱۰
۱۸	DR۲O۳h۳	۰/۸۵	۳۰	۹۷/۸	۱۲	شکل V	۴۰, ۳۰, ۱۰
۱۹	DR۳O۱h۱	۱/۳۵	۱۹	۹۴/۷۵	۶	V معکوس	۴۰, ۳۰, ۱۰
۲۰	DR۳O۱h۲	۱	۲۵	۹۴/۸۵	۶	V معکوس	۴۰, ۳۰, ۱۰
۲۱	DR۳O۱h۳	۰/۸۵	۳۰	۹۳/۹۸	۶	V معکوس	۴۰, ۳۰, ۱۰
۲۲	DR۳O۲h۱	۱/۳۵	۱۹	۹۹/۲۱	۱۰	V معکوس	۴۰, ۳۰, ۱۰
۲۳	DR۳O۲h۲	۱	۲۵	۹۷/۰۷	۱۰	V معکوس	۴۰, ۳۰, ۱۰
۲۴	DR۳O۲h۳	۰/۸۵	۳۰	۹۵/۹۵	۱۰	V معکوس	۴۰, ۳۰, ۱۰
۲۵	DR۳O۳h۱	۱/۳۵	۱۹	۹۱/۸۸	۱۲	V معکوس	۴۰, ۳۰, ۱۰
۲۶	DR۳O۳h۲	۱	۲۵	۹۵/۲۷	۱۲	V معکوس	۴۰, ۳۰, ۱۰
۲۷	DR۳O۳h۳	۰/۸۵	۳۰	۹۴/۷	۱۲	V معکوس	۴۰, ۳۰, ۱۰

یکی از پارامترهای اصلی اندازه‌گیری شده، عمق جریان در بالادست (قبل از آشغال‌گیر) است که به صورت کلی با عنوان افزایش ارتفاع پس‌زدگی آب حاصل از تجمع واریزه در آشغال‌گیر یعنی نسبت عمق جریان h/h_0 از آن یاد می‌شود. در آزمایشات انجام شده، عمق جریان بعد از تجمع واریزه و ثابت شدن مکان واریزه‌ها اندازه‌گیری شد. هر آزمایش با یک ترکیب واریزه‌ای انجام شد که در جدول (۲) معرفی شد. حجم مشخصی از واریزه‌ها کم کم و به صورت تصادفی به جریان کانال اضافه شدند و با رسیدن اولین واریزه به آشغال‌گیر و به دام افتادن آن، تعدادی از واریزه‌های دیگر به واسطه آن به دام افتاد، علاوه بر آن با استفاده از قدرت جریان و نیروی وارده از سمت سایر واریزه‌های اضافه شده، واریزه‌ها در فاصله نزدیک بر روی هم قرار گرفتند (با کمترین خلل و فرج) و باعث ایجاد کپه‌هایی در یک قسمت از آشغال‌گیر در نهایت در

سرتاسر آشغال‌گیر در طول زمان آزمایش می‌شوند. بعضی از واریزه‌ها که تمایل بیشتری به دیواره‌های جانبی فلوام دارند، به دلیل تغییر الگوی جریان که توسط منحرف‌کننده‌ها به وجود آمده، در اطراف منحرف‌کننده‌ها حالت چرخشی دارند و تغییر جهت می‌دهند، در این حالت واریزه‌ها بعد از عبور از منحرف‌کننده‌ها بیشتر به سمت وسط آشغال‌گیر هدایت شده و از مسیر اصلی خود تغییر جهت داده تا به آشغال‌گیر رسیده و بعد از تجمع باعث ایجاد فرش واریزه می‌شوند. به این ترتیب راندمان واریزه‌ها با اندازه‌گیری حجم و وزن واریزه‌هایی که به وسیله سازه آشغال‌گیر متوقف شدند محاسبه شد، همچنین بلندترین طول فرش واریزه‌ای ایجاد شده در محدوده آشغال‌گیر، پس زدگی آب و همچنین ارتفاع کپه تولید شده میانی آشغال‌گیر اندازه‌گیری و بررسی شد تا از این طریق تأثیر منحرف‌کننده در مسیر جریان نشان داده شود.

نتایج و بحث

• تأثیر منحرف‌کننده بر راندمان سازه آشغال‌گیر

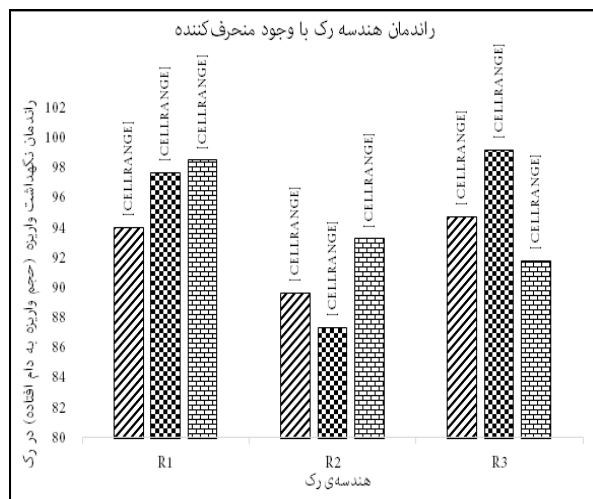
بعد از انجام آزمایش با اندازه‌گیری حجم واریزه‌های به دام افتاده، راندمان نگهداشت واریزه به دست آمد. جدول (۵) مقادیر هر سایز منحرف‌کننده بر راندمان نگهداشت آشغال‌گیر را نشان داده است و در هر آشغال‌گیر بیشترین راندمان مشخص شده است.

جدول ۵- تأثیر سایز نیم‌گوی بر راندمان نگهداشت آشغال‌گیر در هندسه‌های مختلف سازه آشغال‌گیر و شرایط مختلف جریان (درصد)

هندسه آشغال‌گیر	سایز نیم‌گوی	فوق بحرانی	بحرانی	زیر بحرانی
R1	O1	۹۴/۰۴	۹۴/۹۲	۹۶/۰۲
	O2	۹۷/۷	۹۶/۹۳	۹۷/۳۶
	O3	۹۸/۵۷	۹۷/۱۱	۹۷/۹۹
R2	O1	۸۹/۶۸	۹۶/۵۹	۹۳/۱۳
	O2	۸۷/۳۳	۹۴/۳۱	۸۷/۳۳
	O3	۹۳/۲۸	۹۸/۰۶	۹۷/۸
R3	O1	۹۴/۷۵	۹۴/۸۵	۹۳/۹۸
	O2	۹۹/۲۱	۹۷/۰۷	۹۵/۹۵
	O3	۹۱/۸۸	۹۵/۲۷	۹۴/۷

نتایج بررسی‌ها نشان داد در شرایط جریان فوق بحرانی با عدد

فرود $1/35$ ، منحرف‌کننده با هندسه آشغال‌گیر R1 با میانگین $96/75$ درصد، بیشترین راندمان نگهداشت واریزه را داشته است و در شرایط جریان بحرانی هر سه آشغال‌گیر به طور میانگین با میانگین $95/5$ درصد، شرایطی نزدیک به هم را دارند و در شرایط جریان زیر بحرانی R1 با میانگین $97/15$ درصد، بیشترین راندمان را نشان داد. شکل (۷) راندمان نگهداشت واریزه‌های چوبی در جریان فوق بحرانی را نشان می‌دهد. به طور کلی نتایج نشان داد سایز منحرف‌کننده‌ها در راندمان نگهداشت واریزه، تأثیرگذار است.



شکل ۷- بررسی تأثیر همزمان هندسه آشغال‌گیر و منحرف‌کننده‌ها در شرایط جریان فوق بحرانی بر راندمان نگهداشت واریزه در رگ O1، O2، O3 به ترتیب سایزهای کوچک، متوسط و بزرگ نیم‌گوی‌ها می‌باشند.

• بررسی هندسه فرش واریزه‌ای در سرتاسر آشغال‌گیر با وجود منحرف‌کننده جریان

هندسه تجمع واریزه‌ها پشت آشغال‌گیر به‌عنوان فرش واریزه‌ها بررسی شد. جدول (۶) میانگین طول فرش واریزه‌ای برای سه سایز منحرف‌کننده را نشان می‌دهد که در شرایط مختلف جریان، بلندترین طول فرش واریزه‌ای مربوط به سازه R1 به‌ترتیب با طول‌های ۶۳/۵، ۷۲/۲۶ و ۸۲/۱۷ می‌باشد.

در شکل (۸)، سازه R1 بلندترین طول فرش واریزه‌ای در جریان فوق بحرانی را ایجاد کرده است.

نتایج بررسی نشان داد، سایز منحرف‌کننده‌ها و شرایط جریان در تولید فرش واریزه‌ای تأثیر ندارند؛ ولی هندسه آشغال‌گیر در تولید فرش واریزه تأثیرگذار است.

جدول ۶- میانگین طول فرش واریزه‌ای سه سایز منحرف‌کننده (درصد)

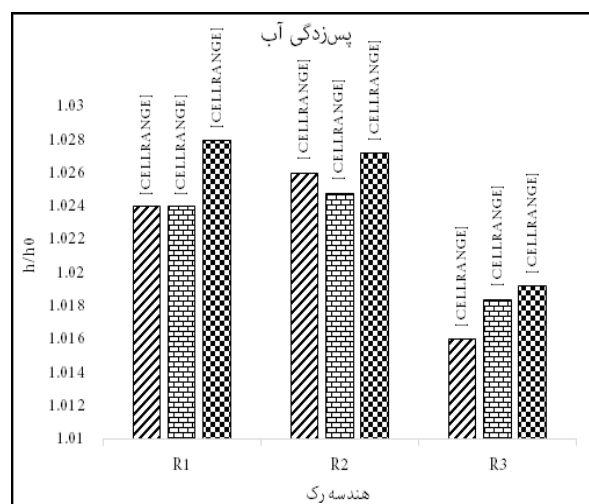
هندسه آشغال‌گیر	فوق بحرانی	بحرانی	زیر بحرانی
R1	۶۳/۵۳	۷۲/۲۷	۸۲/۱۷
R2	۴۷/۹	۷۰	۷۵/۶
R3	۴۵/۸	۶۰/۸	۶۹/۶

• میزان پس‌زدگی آب با وجود منحرف‌کننده جریان افزایش تجمع واریزه خود یک مانع برای عبور جریان عمل می‌کند، زیرا سرعت جریان تقریباً به صفر کاهش می‌یابد. در نتیجه باعث افزایش پس‌زدگی آب می‌شود (Schmocker و Hager، ۲۰۱۳). با توجه به شرایط جریان $Fr=0.85-1/35$ ، تفاوت بین سه سایز نیم‌گوی در پس‌زدگی آب، بسیار ناچیز است.

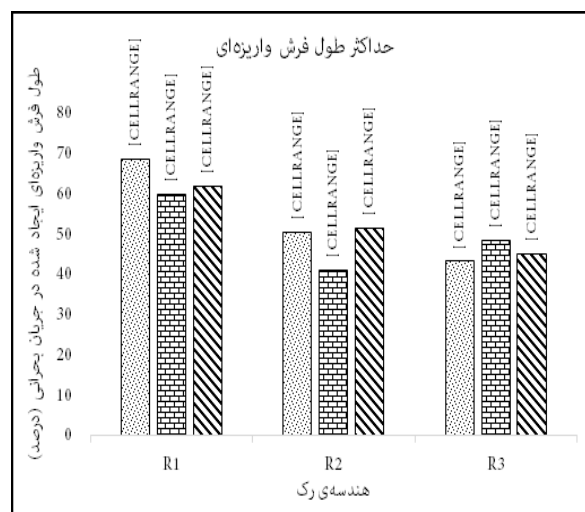
جدول (۷) مقادیر میانگین درصد پس‌زدگی آب در هندسه‌های مختلف آشغال‌گیر را نشان می‌دهد. براساس این مقادیر کمترین پس‌زدگی آب در شرایط جریان فوق بحرانی و بحرانی مربوط به R3 را نشان می‌دهد. در شرایط جریان زیر بحرانی کمترین پس‌زدگی آب مربوط به R2 می‌باشد. در شکل (۹) میزان پس‌زدگی آب در شرایط جریان بحرانی با وجود منحرف‌کننده را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از ایجاد پس‌زدگی آب نشان می‌دهد که شرایط جریان بر پس‌زدگی آب تأثیرگذار است. در تمام هندسه آشغال‌گیرها با افزایش عمق آب، میزان پس‌زدگی آب کاهش یافت و با افزایش عدد فرود جریان میزان نسبت ارتفاع پس‌زدگی آب افزایش یافت.

جدول ۷- میانگین درصد پس‌زدگی آب در هندسه‌های مختلف آشغال‌گیر با وجود منحرف‌کننده‌ها در شرایط مختلف جریان

هندسه آشغال‌گیر	شرایط جریان		
	فوق بحرانی	بحرانی	زیر بحرانی
R1	۴/۲۱	۲/۵۳	۱
R2	۷/۱۴	۲/۶	۰/۷۲
R3	۳/۰۵۳	۱/۷۹	۱/۷۳



شکل ۹- بررسی تأثیر همزمان منحرف‌کننده‌ها و هندسه آشغال‌گیر در پس‌زدگی آب در جریان بحرانی؛ O1، O2 و O3 به ترتیب سایزهای کوچک، متوسط و بزرگ نیم‌گوی‌ها می‌باشند.

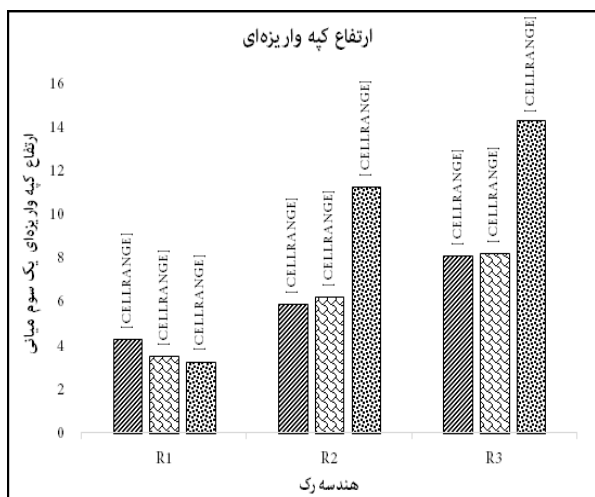


شکل ۸- بررسی تأثیر هندسه آشغال‌گیر توأمان با سایز منحرف‌کننده بر حداکثر طول فرش واریزه‌ای ایجادشده در جریان فوق بحرانی؛ O1، O2 و O3 به ترتیب سایزهای کوچک، متوسط و بزرگ نیم‌گوی‌ها می‌باشند.

چیدمان و تجمع واریزه‌ها در آزمایشگاه قابل مشاهده است.

جدول ۸- تأثیر منحرف‌کننده‌های الگوی جریان و هندسه آشغال‌گیر در شرایط مختلف جریان بر ارتفاع کپه واریزه‌ای ایجاد شده در یک سوم میانی آشغال‌گیر

هندسه‌ی آشغال‌گیر	نیم‌گوی	شرایط جریان		
		فوق بحرانی	بحرانی	زیر بحرانی
R1	O1	۴/۲۵	۱/۲	۱/۳
	O2	۳/۵	۱/۹	۳/۶
	O3	۳/۲۵	۱	۳/۴۵
R2	O1	۵/۹	۱/۱	۱/۲۵
	O2	۶/۲	۳/۶	۱/۶
	O3	۱۱/۲۵	۱/۲	۱
R3	O1	۸/۱	۳/۸	۲/۳۲
	O2	۸/۲	۳/۳	۳/۰۵
	O3	۱۴/۲۹	۵/۳۵	۴/۳۵



شکل ۱۱- تأثیر منحرف‌کننده و هندسه آشغال‌گیر بر ارتفاع کپه واریزه‌ای یک سوم میانی در جریان فوق بحرانی

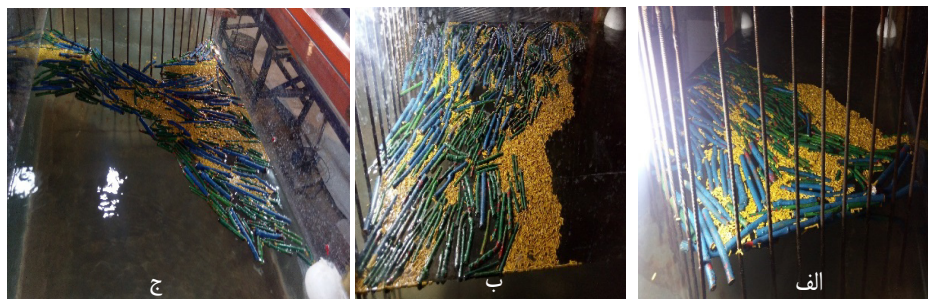
• بررسی میزان ارتفاع کپه‌ی واریزه‌ای تولیدشده در یک سوم میانی آشغال‌گیر با منحرف‌کننده‌ی جریان

تغییرات ارتفاع کپه واریزه پشت سازه نیز تحت تأثیر منحرف‌کننده بررسی شد. شکل (۱۰) تصویری از ارتفاع کپه واریزه‌ای ایجاد شده در وسط سازه آشغال‌گیر را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰- ارتفاع کپه‌ی واریزه‌ای ایجاد شده در وسط سازه آشغال‌گیر در آزمایشگاه

جدول (۸) تأثیر منحرف‌کننده‌های الگوی جریان بر ارتفاع کپه واریزه را نشان می‌دهد. نتایج جدول نشان می‌دهد، بیشترین ارتفاع کپه میانی در آشغال‌گیرها در شرایط جریان فوق بحرانی و با وجود سایز بزرگ منحرف‌کننده‌ها تولید شده است و آشغال‌گیر R3 و پس از آن R2 و R1 بیشترین ارتفاع کپه‌ی میانی را داشتند. شکل (۱۱) تأثیر منحرف‌کننده با هندسه‌های مختلف آشغال‌گیر بر ارتفاع کپه‌ی میانی در جریان فوق بحرانی در سازه آشغال‌گیر را نشان می‌دهد. در شکل (۱۲) نحوه



شکل ۱۲- نمایی از چیدمان ستون‌های آشغال‌گیر در آزمایشگاه، (الف- منظم در یک راستا عمود بر محور کانال (خطی) ب- ۷ شکل ج- معکوس ۷ شکل)

- نوری، ا. ۱۳۹۱. بررسی حرکت جسم شناور در رودخانه با استفاده از روش SPH. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته سازه‌های آبی، دانشکده عمران و محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس.
- Bezzola G.R. and Hegg C. 2007. Ereignisanalyse Hochwasser 2005. Bundesamt für Umwelt, BAFU.
- Bocchiola D., Rulli M.C. and Rosso R. 2005. Flume experiments on wood entrainment in rivers. *Advances in water resources*, 29(8): 1182-1195.
- Gippel C.J. 1995. Environmental hydraulics of large woody debris in streams and rivers. *Journal of Environmental Engineering*, 121(5): 388-395.
- Glade T. 2005. Linking debris-flow hazard assessments with geomorphology. *Geomorphology*, Mar 1;66(1-4): 189-213.
- Kaitna R. and Rickenmann D. 2007. A new experimental facility for laboratory debris flow investigation. *Journal of Hydraulic Research*, 45(6): 797-810.
- Liu X. and Lei J. 2003. A method for assessing regional debris flow risk. an application in Zhaotong of Yunnan province SW China. *Geomorphology*, 52(3-4): 181-191.
- Mazzorana B., Hübl J., Zischg A. and Largiadier A. 2011. Modelling woody material transport and deposition in alpine rivers. *Natural Hazards*, 56(2): 425-449.
- Mizuyama T. 2008. Structural countermeasures for debris flow disasters. *International Journal of Erosion Control Engineering*, 1(2): 38-43.
- Rimböck A. 2003. Schwemmhölzrückhalt in wildbächen. Driftwood retention in mountain torrents. Doctoral dissertation, Ph. D. thesis, Technical University of Munich, Munich, Germany.
- Schmocker L. and Weitbrecht V. 2013. Driftwood: Risk analysis and engineering measures. *Journal of Hydraulic Engineering*, 139(7): 683-695.
- Schmocker L. and Hager W.H. 2013. Scale modeling of wooden debris accumulation at a debris rack. *Journal of Hydraulic Engineering*, Jul 15; 139(8): 827-36.
- Schalko I. 2018. Modeling hazards related to large wood in rivers (Doctoral dissertation, ETH Zurich).
- Schalko I., Schmocker L., Weitbrecht V. and Boes R.M.

تغییر الگوی جریان و هدایت واریزه‌ها به مرکز کانال با نصب منحرف‌کننده الگوی جریان راه‌حلی برای افزایش راندمان سازه، کاهش پس‌زدگی آب و امکان جمع‌آوری راحت‌تر واریزه‌ها بعد از تجمع واریزه در پشت آشغال‌گیر مطرح و بررسی شد. بعد از انجام آزمایشات تأثیر این تغییر بر پارامترهای تحقیق بیان شد. در این مقاله به بررسی آزمایشگاهی تأثیر هندسه آشغال‌گیر و همچنین وجود منحرف‌کننده جریان در مسیر مستقیم پرداخته شد. در آزمایشات چهار پارامتر (عرض فلوم، سرعت و دبی جریان و سرعت واریزه) ثابت فرض شد و سه پارامتر (هندسه آشغال‌گیر، حالت جریان و نوع واریزه) به‌عنوان متغیر در نظر گرفته شده است. برای انجام آزمایشات از سه هندسه آشغال‌گیر (خطی، V شکل، معکوس V شکل)، یک دسته واریزه‌ی چوبی (۶۰٪ درشت، ۳۰٪ متوسط و ۱۰٪ ریز) سه شرایط جریان (فوق‌بحرانی، بحرانی و زیر بحرانی) استفاده شد.

نتایج نشان داد سائز نیم‌گوی‌های منحرف‌کننده در راندمان نگهداشت واریزه تأثیرگذار بود و آشغال‌گیر R۱ (خطی)، بیشترین راندمان نگهداشت با مقدار تقریباً ۹۷ درصد داشت. بعد از تجمع واریزه هندسه فرش تولید شده در چگونگی لایه‌روبی بعد از سیل اهمیت دارد و شرایط جریان و سائز منحرف‌کننده‌ها در تولید فرش واریزه‌ای در عرض فلوم بی‌تأثیر بود، به‌طور میانگین سازه R۱ (خطی) با ۶۳/۵ درصد بلندترین نسبت بدون بعد فرش واریزه را تشکیل داده است، هندسه آشغال‌گیر و شرایط جریان در پس‌زدگی آب در پشت تجمع واریزه تأثیر داشته، سائز منحرف‌کننده‌ها بی‌تأثیر بود. به‌طوری‌که کمترین پس‌زدگی آب مربوط به آشغال‌گیر R۳ (معکوس V شکل) با ۲/۵۵ درصد پس‌زدگی می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت، هرچه عدد فرود جریان بیشتر شود، میزان پس‌زدگی آب به مراتب بیشتر می‌شود. همچنین شرایط جریان و سائز منحرف‌کننده‌های جریان در ارتفاع کپه میانی تأثیرگذار بود. شرایط جریان فوق‌بحرانی و بزرگترین سائز منحرف‌کننده و آشغال‌گیر R۳ (معکوس V شکل) بیشترین ارتفاع کپه‌ای را تولید کردند. بنابراین در طبیعت سازه R۳ و سائز متوسط منحرف‌کننده، انتخاب مناسبی می‌تواند باشد.

پی‌نوشت

1-Debris Flow

2019. Laboratory study on wood accumulation probability at bridge piers. *Journal of Hydraulic Research*, 58(4): 566-581.

Steeb N., Rickenmann D., Badoux A., Rickli C. and Waldner P. 2017. Large wood recruitment processes and transported volumes in Swiss mountain streams during the extreme flood of August 2005. *Geomorphology*, 279: 112-127.