

مقدمه

کالورت‌ها (آبگذرهای جاده) مجاری انتقال آب هستند که به منظور هدایت رواناب حاصل از طوفان یا سیلاب از یک طرف جاده، بزرگراه یا راه‌آهن به طرف دیگر و به تعداد زیاد در حوضه‌های آبخیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. هم‌چنین نوعی از این سازه در تخلیه‌کننده‌ی سدها نیز کاربرد دارد. تجمع درختان و به‌طور عمده چوب‌ها و شاخه‌ها در عبور از پل‌ها و کالورت‌ها مسائل جدی را حادث می‌کنند. شرایط هیدرولیکی جریان در کالورت ممکن است در اثر انسداد توسط توده‌های زباله به‌طور قابل توجهی تغییر کند. ریگی و همکاران [۸] پس از وقوع سیلاب سال ۱۳۷۷ در شهر ولونگونگ، داده‌های مربوط به انسداد کالورت‌ها را جمع‌آوری کردند و علت‌ها و اثرات انسداد کالورت‌ها را به بحث گذاشتند. آن‌ها هم‌چنین اظهار داشتند چنانچه میزان قسمت باز کالورت‌ها و پل‌ها کمتر از ۶ متر باشد ریسک زیادی در مورد انسداد این گونه سازه‌ها وجود دارد.

لانگ و بزولا [۵] مسائل و خطرات مربوط به بقایای چوبی را در رودخانه‌های کوهستانی مطالعه کردند. در زمینه تجمع زباله‌ها در پل‌ها بررسی جامعی توسط دیل [۲] انجام شده است که شامل آنالیز داده‌های منتشر شده و هم‌چنین تحقیقات میدانی در بیش از ۱۰۰ سایت در ۱۱ ایالت ناحیه کلمبیا می‌شود. بر اساس داده‌های موجود، این محقق روشی را برای طراحی طول الوار پیشنهاد کرد تا احتمال گیر افتادن شاخه‌ها یا اجسام شناور چوبی را بین ۲ پایه پل به حداقل برساند. علت اصلی در ناکامی انتقال سیلاب‌ها توسط سازه‌های هیدرولیکی عدم رعایت کردن استانداردها در طراحی سازه‌های هیدرولیکی برآورد شده است. فورنيس و همکاران [۳] به این نتیجه رسیدند که علت اصلی شکست در عبور سیلاب‌ها توسط سازه‌های هیدرولیکی در شمال غرب اقیانوس آرام وجود این منطقه در حوضه ی جنگلی بوده که باعث شده عمدتاً توسط رسوبات و بقایای چوبی در ورودی سازه‌های هیدرولیکی انسداد اتفاق بیفتد و این گونه مدل پیش بینی شده غیر قابل اعتماد باشد.

باردلمس و ریگی [۱] پیشنهاد کردند که برای هر طراحی، ارزیابی و مدل‌سازی کالورت نیاز است تا شرایط انسداد کالورت در نظر گرفته شود. این محققین هم‌چنین بیان نمودند که در منطقه‌ی مورد مطالعه شیب موضعی اطراف ساختار همبستگی زیادی با درصد انسداد ثبت شده دارد. ویکز و همکاران [۱۵] بیان کردند سه مورد شامل دسترسی به زباله‌ها، نحوه حرکت زباله‌هایی که روی هم انباشته می‌شوند و

مطالعه آزمایشگاهی وقوع انسداد در ورودی آبگذر جاده در جریان شبه‌ماندگار

اعظم میران‌زاده مهابادی^۱، علیرضا کشاورزی^۲، حسین حمیدی‌فر^۳
 تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۰۴

چکیده

آبگذر جاده از سازه‌های مهم در انتقال آب از زیر جاده‌ها در حوضه‌های آبخیز می‌باشد. یکی از معضلات جدی در طراحی و بهره‌برداری از آبگذرهای جاده، پدیده‌ی انسداد یا گرفتگی مجرای آبگذر توسط بقایای چوبی می‌باشد که تاکنون چندان مورد بررسی قرار نگرفته است. در این تحقیق آزمایشگاهی، پدیده انسداد حاصل از تجمع اجسام شناور چوبی در ورودی کالورت جعبه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. هم‌چنین تأثیر پارامترهایی، مانند سرعت جریان، زمان و عمق جریان ورودی به داخل آبگذر بر پدیده‌ی انسداد مطالعه شده است. مشاهدات آزمایشگاهی نشان داد که هرچه فاصله‌ی زمانی بین ورود اجسام شناور چوبی به داخل آب کمتر باشد، میزان انسداد افزایش می‌یابد. هم‌چنین پیشینه انسداد در شاخه‌ی نزولی هیدروگراف و در آخرین گام زمانی اتفاق افتاده است. هم‌چنین با تحلیل نتایج آزمایشگاهی نسبت بی بعد هر یک از پارامترها در مقابل انسداد تشکیل شده در ورودی کالورت جعبه‌ای بررسی و مشخص شد، پارامتر T^* که در آن مدت زمان اندازه‌گیری شده از شروع آزمایش تعیین می‌شود، رابطه‌ای خطی با انسداد اتفاق افتاده در ورودی کالورت داشته و مؤثرترین پارامتر تعیین شده توسط نرم‌افزار SPSS می‌باشد. در پایان رابطه بدون بعدی برای محاسبه میزان انسداد بر اساس تابعی از پارامترهای موثر ارائه شده است.

کلید واژه‌ها: آبگذر جعبه‌ای، انسداد، اجسام شناور چوبی، زمان، سیلاب.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۲- استاد بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۳- نویسنده ی مسئول و استادیار بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز. پست الکترونیک: hamidifar@shirazu.ac.ir

انتقال زباله‌ها در تشخیص و آنالیز چگونگی رخ دادن انسداد و اثر زباله‌هایی که روی هم انباشته می‌شوند مؤثر می‌باشد.

باردلوس و ریگی [۸] مکانیزم انسداد و اثر شدید آن را در رفتار سیل بررسی کردند، آن‌ها هم‌چنین اظهار داشتند که یکی از نتایج انسداد کالورت انحراف جریان می‌باشد، حتی اگر انسداد اندک باشد. سروریان و همکاران [۹، ۱۰، ۱۱] اثر انسداد کالورت را در تشکیل چاله‌ی آبستنگی در پایین دست کالورتی که تا حدی مسدود شده است مورد مطالعه قرار دادند، آن‌ها متوجه شدند که ابعاد چاله‌ی آبستنگی زمانی که ورودی کالورت تا حدی مسدود شده است افزایش یافته است. این محققین هم‌چنین گزارش کردند زمانی که بخشی از ورودی کالورت مسدود شده باشد موقعیت ماکزیمم عمق آبستنگی در فاصله‌ی کمی نسبت به خروجی کالورت اتفاق می‌افتد. سروریان [۱۲] تغییرات ساختار جریان آشفته را در شرایط نیمه مسدود کالورت مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که مشخصات جریان آشفته در شرایطی که اندکی انسداد وجود داشته در مقایسه با شرایطی که انسداد وجود نداشته است در قسمت داخل و خارج کالورت اختلاف قابل توجهی داشته اند.

اشماکر و همکاران [۱۳] بیان کردند که پروسه‌ی تجمع می‌تواند به ۲ مرحله تقسیم شود. مرحله‌ی اول شامل تجمع زباله‌ها می‌باشد که باعث افزایش پس‌زدگی آب می‌شود و مرحله‌ی دوم شامل شکل‌گیری گستره‌ی زباله‌ها می‌شود که به موازات آن افزایش پس‌زدگی آب هم کمتر می‌گردد. یزدی و همکاران [۱۶] عملکرد هیدرولیکی کالورت‌ها با سطح مقطع‌های دایره‌ای، مربعی و مستطیلی را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که میزان افت انرژی در کالورت با مقطع مستطیلی کمتر از مقطع دایره‌ای و حالت دایره‌ای کمتر از مربعی است. مصباحی [۶] با توجه به طرح انواع کالورت‌های مختلف، بهترین نوع آنها از نظر هیدرولیکی و حداکثر دبی عبوری را مشخص کرده و نتیجه گرفت که استفاده از روابط هیدرولیکی مناسب‌ترین روش از نظر اقتصادی و دوام می‌باشد. حسینی و همکاران [۴] نقش طراحی و نگهداری کالورت‌ها در وقوع لغزش و رانش جاده‌های جنگلی منطقه‌ی برنجستانک را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که دلیل وقوع لغزش دیواره‌ی خاکریزی عدم رعایت استانداردها در طراحی و نصب کالورت‌ها می‌باشد و هم‌چنین بسیاری از کالورت‌ها به علت عدم اجرای حفاظت و نگهداری مسدود شده و فاقد کارایی لازم می‌باشند. تان و لیم [۱۴] نتایج آبستنگی ۳ بعدی کالورت را تحت شرایطی که جریان درون کالورت نیمه پر است، بررسی کردند آن‌ها عدد فرود رسوبات را به عنوان پارامتر غالب در ابعاد چاله‌ی آبستنگی معرفی کردند که اساس آن قطر رسوبات بستر و سرعت متوسط جریان می‌باشد. هدف از این مقاله بررسی میزان تجمع اجسام شناور چوبی استوانه‌ای شکل در ورودی کالورت جعبه‌ای تحت شرایط جریان شبه ماندگار و شناسایی پارامترهایی که بیشترین اثر را روی پدیده‌ی انسداد در ورودی کالورت دارند توسط نرم‌افزار SPSS، می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به طور کلی می‌توان عوامل مؤثر بر انسداد کالورت جعبه‌ای را به ۵ دسته به صورت زیر تقسیم‌بندی کرد:

- ۱- پارامترهای مشخصه‌ی جریان
پارامترهای جریان که در انسداد مؤثر می‌باشند عبارتند از جرم مخصوص سیال (ρ)، لزجت سیال (μ)، شتاب ثقل (g)، سرعت جریان (V)، عمق آب بالادست (H_u) و عمق آب ورودی به داخل کالورت (H).
- ۲- پارامترهای مشخصه‌ی اجسام شناور چوبی
پارامترهای اجسام شناور چوبی عبارتند از قطر اجسام شناور چوبی (D)، جرم مخصوص اجسام شناور (ρ_w) و طول اجسام شناور (L).
- ۳- پارامترهای هندسی کالورت
پارامترهای هندسی کالورت را می‌توان در طول کالورت (L_c)، ارتفاع کالورت، (h_c) و عرض کالورت (b_c) خلاصه نمود.
- ۴- پارامترهای هندسی کانال
پارامترهای هندسی کانال یا فلوم شامل عرض فلوم (W)، شیب کف فلوم (S_0) و اثر زبری بستر (k_s) می‌شود.
- ۵- زمان
از پارامترهایی که اثر قابل توجهی بر پدیده‌ی انسداد دارد، فاصله‌ی زمانی بین ورود چوب‌ها به داخل آب (t)، و هم‌چنین زمان از شروع آزمایش (T) می‌باشد.

$$B = f(\text{Re}_w, Fr, H^*, t^*, T^*)$$

تحلیل ابعادی

پارامترهای مؤثر در انسداد به صورت تابع زیر می‌باشند:

(۱)

$f(\rho, \mu, g, V, H, H_u, D, L, \rho_w, L_c, b_c, h_c, K_s, W, S_0, t, T) = 0$
از آنجا که بررسی تک تک متغیرها با توجه به محدودیت‌های موجود امکان‌پذیر نیست لذا از یکسری متغیرها که نقش قابل توجهی در مسئله ندارند صرف‌نظر کرده و با در نظر گرفتن متغیرهای اصلی و تأثیرگذار با استفاده از آنالیز ابعادی، پارامترهای بی‌بعد به دست می‌آید.

با استفاده از آنالیز ابعادی و با در نظر گرفتن ρ, V و H به عنوان پارامترهای تکراری، می‌توان رابطه‌ی (۱) را بر حسب عوامل بی‌بعد به قرار زیر بیان نمود:

(۲)

$$f\left(\frac{D}{H}, \frac{L}{H}, \frac{H_u}{H}, \frac{1}{\text{Re}_w}, \frac{1}{Fr^2}, \frac{b_c}{H}, \frac{Vt}{H}, \frac{VT}{H}, \frac{W}{H}, \frac{K_s}{H}, \frac{L_c}{H}, \frac{\rho_w}{\rho}, S_0\right) = 0$$

که در آن عدد فرود جریان برابر $Fr = V/\sqrt{gH}$ و عدد فرود اجسام شناور چوبی که برابر است با $Fr_w = V_w/\sqrt{gD}$ که V_w معادل سرعت اجسام چوبی می‌باشد و هم‌چنین عدد رینولدز اجسام شناور

چوبی که معادل $R_w = V_w D / \nu$ می باشد و در آن n ، لزجت سینماتیک سیال است. با ترکیب b_c/H و $L/H, D/H$ رابطه‌ی انسداد (B) حاصل می گردد.

$$B = \frac{DL}{Hb_c}$$

در ادامه با حذف پارامترهای ثابت خواهیم داشت:

$$B = f(\text{Re}_w, Fr, Fr_u, Fr_w, \frac{H}{H_u}, \frac{H}{Vt}, \frac{H}{VT}) \quad (4)$$

چنانچه $H^* = H/H_u$ ، $T^* = H/VT$ و $t^* = H/Vt$ باشد، خواهیم داشت رابطه‌ی (۵) را:

$$B = f(\text{Re}_w, Fr, Fr_u, Fr_w, H^*, t^*, T^*) \quad (5)$$

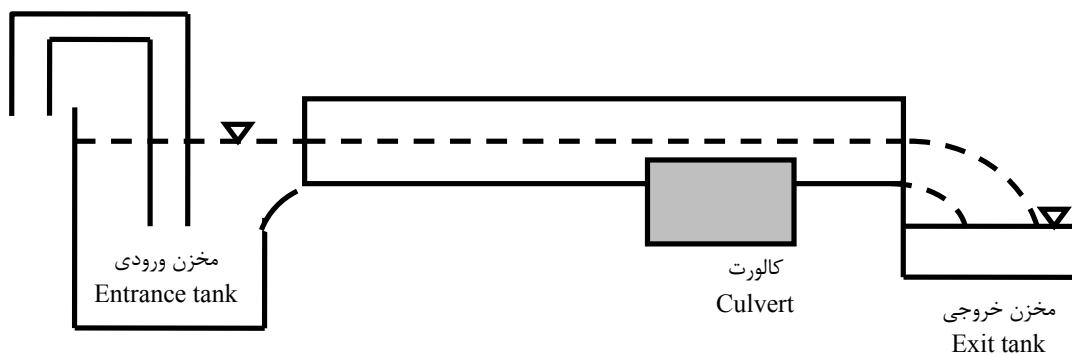
و با تغییر دبی با گام‌های ۲ لیتر بر ثانیه انجام شدند. اندازه‌گیری‌ها در دبی‌های ۲، ۴، ۶ و ۸ لیتر بر ثانیه با فاصله‌ی زمانی ۴ دقیقه از یکدیگر انجام گرفتند (شکل ۳). اجسام شناور چوبی استوانه‌ای تحت شرایط یکسان به داخل آب وارد شده و در پایان ۴ دقیقه، انسداد اتفاق افتاده در ورودی کالورت ثبت می شد. برای آزمایش‌ها از نمونه چوب‌های استوانه‌ای به قطرهای ۱۲ و ۲۳ میلی‌متر، و جرم به ترتیب ۱۴ و ۳۶ گرم، با طول ۲۰۰ میلی‌متر استفاده شد. از ۲ فاصله‌ی زمانی ۴۰ و ۱۵ ثانیه برای ورود اجسام شناور چوبی به داخل آب استفاده شد و اثر آن بر انسداد اتفاق افتاده در ورودی کالورت مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به آنالیز ابعادی انجام شده و پارامترهای بدون بعدی که بدست آمد، متغیرهای مربوطه در هر آزمایش اندازه‌گیری شده و محدوده‌ی داده‌های برداشت شده در جدول ۲ ارائه گردیده است.

نتایج و بحث

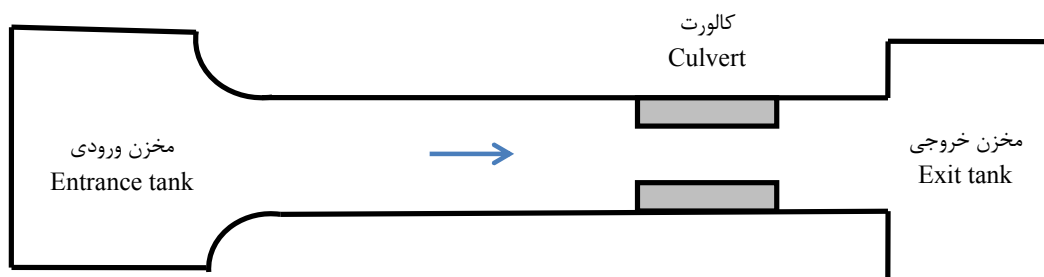
شکل‌های ۳ تا ۸ تغییرات انسدادهای اتفاق افتاده در ورودی کالورت جعبه‌ای در مقابل پارامترهای بدون بعد بدست آمده از آنالیز ابعادی را نشان می دهند. همان طور که ملاحظه می شود آزمایش‌های انجام شده تحت شرایط $t=40$ ثانیه و $t=15$ ثانیه برای نمونه چوبی که استفاده شده است، در تمامی نمودارها روند نسبتاً یکسانی را نشان می دهند. مطابق با شکل ۳، ۴ و ۵ با افزایش رینولدز چوب‌ها،

آزمایش‌ها در فلومی به طول ۵ متر، عرض ۰/۴ متر و ارتفاع ۰/۵ متر، تحت شیب ۰/۰۰۲، در آزمایشگاه هیدرولیک رسوب دانشگاه شیراز (شکل‌های ۱ و ۲) انجام شدند. کالورت از ورق گالوانیزه ساخته شده و در فاصله‌ی ۳/۵۵ متری از ابتدای فلوم به صورت افقی نصب گردید. ابعاد قسمت باز کالورت 100×100 میلی‌متر و طول آن ۴۵۰ میلی‌متر می باشد. آزمایش‌ها تحت شرایط جریان شبه‌ماندگار

(الف)

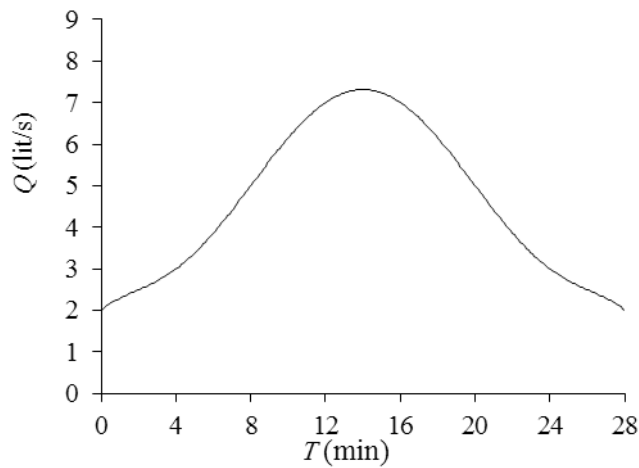


(ب)



شکل ۱- تصویر شماتیک از الف) پروفیل طولی و ب) پلان فلوم آزمایشگاهی

Fig 1- Schematic view of a) the longitudinal profile and b) plan of the laboratory flume.



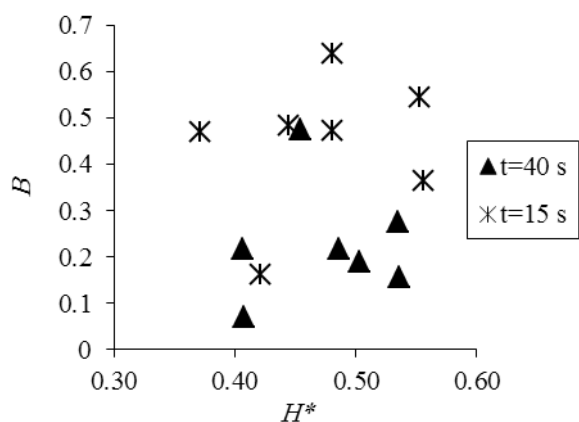
شکل ۲- هیدروگراف جریان شبه‌ماندگار مورد استفاده در آزمایش‌ها
 Fig 2. Hydrograph of the quasi-unsteady flow applied in the test

جدول ۲- خلاصه پارامترهای هندسی و هیدرولیکی در آزمایش‌های انجام شده در تحقیق حاضر
 Table 2. Summary of the geometrical and hydraulic parameters of the tests in the present study

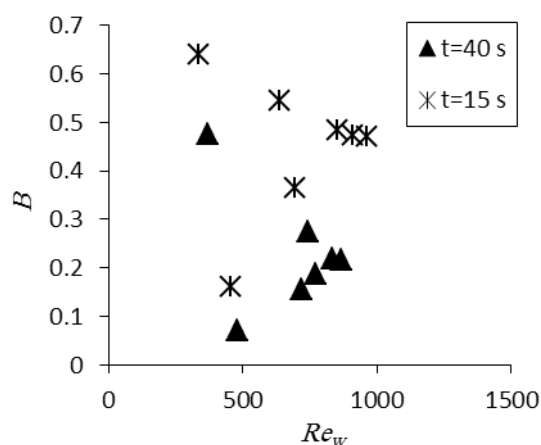
Run #	D (mm)	t (s)	Q (lit/s)	H_u (mm)	H (mm)	V_w (m/s)	B
0	-	-	2	130	50	-	0
			4	160	85	-	0
			6	185	100	-	0
			8	230	100	-	0
			6	185	100	-	0
			4	160	85	-	0
			2	130	50	-	0
1	12	40	2	130	53	0.040	0.070
			4	168	90	0.060	0.156
			6	199	100	0.064	0.188
			8	246	100	0.072	0.217
			6	206	100	0.069	0.218
			4	174	93	0.062	0.274
			2	141	64	0.031	0.475
2	12	15	2	133	56	0.038	0.161
			4	171	95	0.058	0.365
			6	208	100	0.076	0.472
			8	269	100	0.080	0.470
			6	225	100	0.071	0.483
			4	179	99	0.053	0.544
			2	154	74	0.028	0.639

شاخه‌ی نزولی هیدروگراف پارامتر انسداد همچنان روندی افزایشی خواهد داشت.

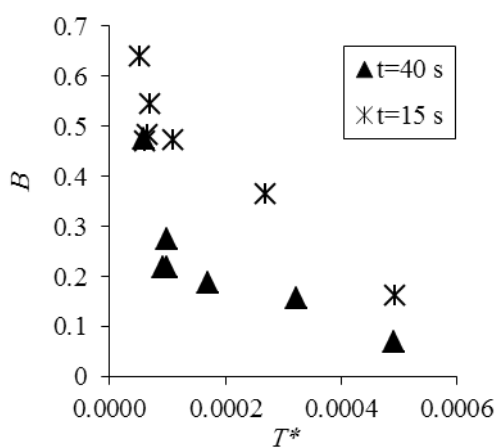
فرود ورودی و فرود بالادست، تا رسیدن به دبی پیک هیدروگراف، پارامتر انسداد روند افزایشی و سپس با کاهش پارامترهای مذکور در



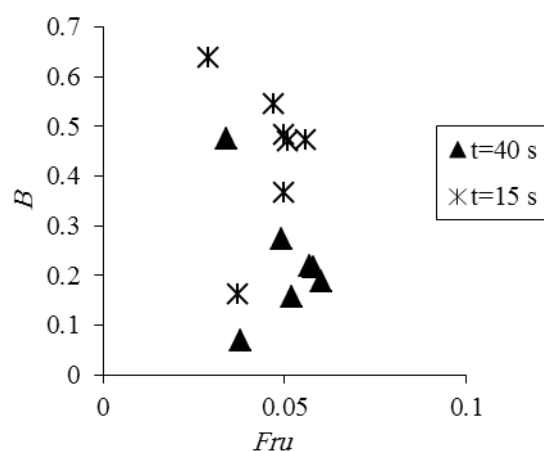
شکل ۶- تغییرات میزان گرفتگی آبگذر در مقابل H^*
 Fig 6. Variations of culvert blockage against H^*



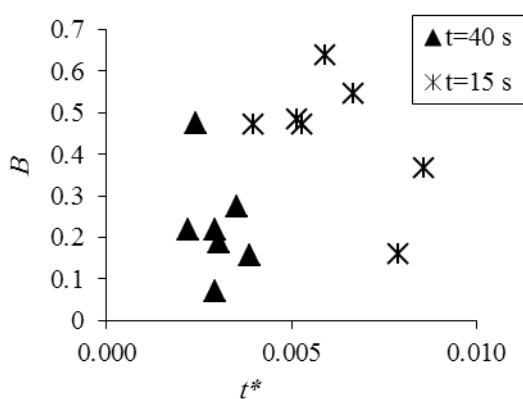
شکل ۳- تغییرات میزان گرفتگی آبگذر در مقابل رینولدز چوب‌ها
 Fig 3. Variations of culvert blockage against Re_w



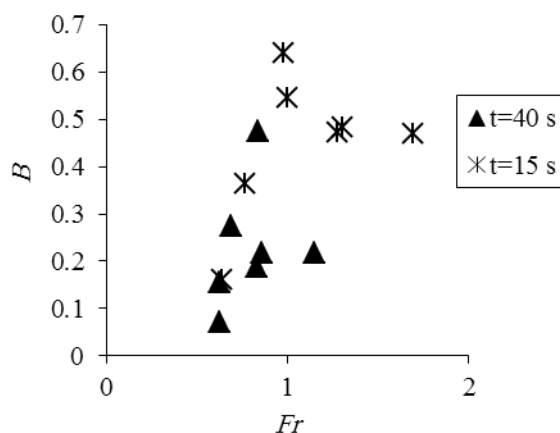
شکل ۷- تغییرات میزان گرفتگی آبگذر در مقابل T^*
 Fig 7. Variations of culvert blockage against T^*



شکل ۴- تغییرات میزان گرفتگی آبگذر در مقابل فرود بالادست
 Fig 4. Variations of culvert blockage against Fr_u



شکل ۸- تغییرات میزان گرفتگی آبگذر در مقابل t^*
 Fig 8. Variations of culvert blockage against t^*



شکل ۵- تغییرات میزان گرفتگی آبگذر در مقابل فرود ورودی
 Fig 5. Variations of culvert blockage against Fr

با توجه به نتایج حاصله، ملاحظه می‌شود که پارامتر زمان بر روی انسداد اتفاق افتاده در مورد اجسام شناور چوبی با قطر ۱۲ میلی‌متر بسیار قابل توجه بوده‌است. در طی آزمایشات انجام شده کالورت مورد نظر در دبی‌های ۶ و ۸ لیتر بر ثانیه به طور مستغرق عمل کرده

نزولی هیدروگراف عمق آب بالادست ۹/۳ درصد بیشتر از حالت $t=40$ ثانیه بوده است.

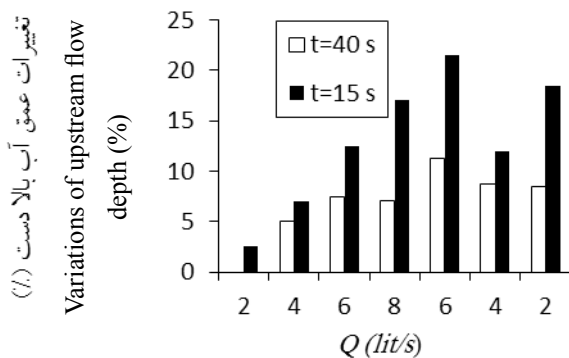
شکل ۱۰ درصد انسداد بر حسب احتمال وقوع انسداد را نشان می‌دهد، همان طور که ملاحظه می‌شود با افزایش درصد انسداد، احتمال وقوع آن نیز افزایش می‌یابد به گونه‌ای که احتمال وقوع ماکزیمم انسداد اتفاق افتاده طی هر دو آزمایش با فواصل زمانی مشخص، بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است.

در شکل ۱۱ تغییرات میزان گرفتگی ورودی کالورت در مقابل زمان نشان داده شده است که در آن ضمن یکسان بودن روند تغییرات میزان گرفتگی ورودی کالورت ملاحظه می‌گردد برای نمونه چوب‌های استفاده شده، با کاهش فاصله‌ی زمانی در ورود چوب‌ها به داخل آب، افزایش انسداد در ورودی کالورت، اتفاق افتاده است. به گونه‌ای که ماکزیمم انسداد اتفاق افتاده برای حالتی که $t=15$ ثانیه بوده، ۳۵ درصد بیشتر از حالت $t=40$ ثانیه بوده است. همان طور که ملاحظه می‌گردد ماکزیمم انسداد اتفاق افتاده در شاخه‌ی نزولی هیدروگراف و در آخرین گام زمانی بوده است. در حالت $t=40$ ثانیه انسداد اتفاق افتاده در شرایط ماکزیمم جریان، ۴۵/۷ درصد انسداد اتفاق افتاده در آخرین گام زمانی می‌باشد که در آن ماکزیمم انسداد اتفاق افتاده است. ولی در حالت $t=15$ ثانیه انسداد اتفاق افتاده در شرایط ماکزیمم جریان، ۷۳/۶ درصد انسداد اتفاق افتاده در آخرین گام زمانی می‌باشد.

شکل ۱۲ نرخ تغییرات انسداد را در مقابل زمان نشان می‌دهد همان طور که ملاحظه می‌کنید با گذشت زمان و افزایش دبی تا لحظه‌ای که ورودی کالورت به صورت مستغرق عمل می‌کند نرخ تغییرات انسداد از روند افزایشی، ولی پس از آن از روند کاهشی برخوردار می‌باشد چرا که با افزایش سطح جریان، قدرت حمل چوب‌ها کاهش یافته است، مجدداً با کاهش دبی و غیر مستغرق

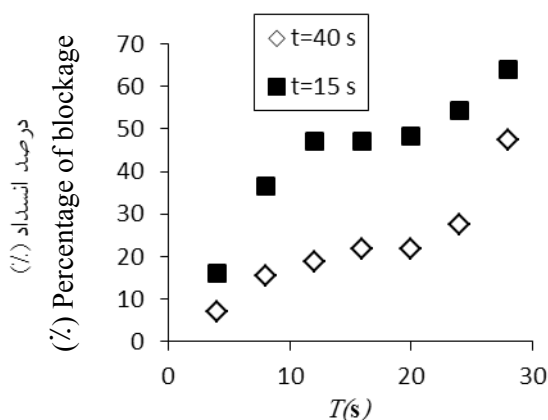
است. علت تفاوت‌هایی که در مورد انسداد اتفاق افتاده در دبی‌های ۴، ۶ و ۸ لیتر بر ثانیه مشاهده می‌شود می‌تواند به علت الگوی جریانی پیچیده‌ای باشد که در اثر وقوع انسداد در ورودی کالورت اتفاق می‌افتد البته از نحوه تجمع بقایای چوبی هم در ورودی کالورت نمی‌توان صرف‌نظر کرد. از آنجا که فرآیند تجمع زباله‌ها به فاکتورهای مختلفی بستگی دارد، در نتیجه عمل تصادفی بودن آنچه اتفاق می‌افتد بایستی برای آزمایش‌ها پذیرفته شود.

شکل ۹ درصد تغییرات عمق آب بالادست را در نتیجه‌ی مقایسه‌ی دو نمونه آزمایش انجام شده با آزمایش شاهد در مقابل دبی جریان نشان می‌دهد. مطابق با آنچه مشاهده می‌شود ماکزیمم میزان این تغییرات برای هر دو نمونه آزمایش انجام شده در دبی ۶ لیتر بر ثانیه در شاخه نزولی هیدروگراف به وقوع پیوسته است. با وجود میزان انسداد بیشتر در حالت $t=15$ ثانیه نسبت به حالتی که $t=40$ ثانیه بوده است مطابق آنچه در شکل (۲) ملاحظه گردید، بیشترین افزایش عمق آب بالادست در حالت $t=15$ ثانیه اتفاق افتاده است. به گونه‌ای که در حالت $t=15$ ثانیه در دبی‌های ۶،۲ و ۸ لیتر بر ثانیه در شاخه‌ی



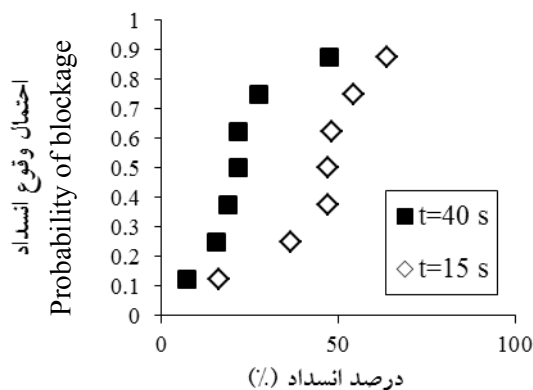
شکل ۹- تغییرات عمق جریان بالادست در مقابل دبی جریان

Fig 9. Variations of upstream flow depth against Q



شکل ۱۱- تغییرات میزان گرفتگی ورودی کالورت در مقابل زمان

Fig 11. Variations of culvert entrance blockage against time



شکل ۱۰- احتمال وقوع انسداد بر حسب درصد انسداد

Fig 10. Variations of blockage probability against percentage of blockage

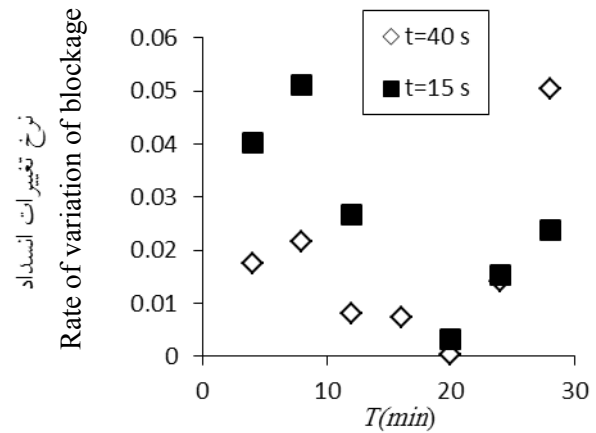
زمانی اتفاق افتاده است.

- در بین پارامترهای بررسی شده، ماکزیمم انسداد اتفاق افتاده دارای بیشترین احتمال وقوع انسداد می‌باشد.
- پارامتر T^* از بین پارامترهای بی‌بعدی که در نتیجه‌ی آنالیز ابعادی انجام شده، به دست آمد، بیشترین اثرگذاری را روی پدیده‌ی انسداد در ورودی کالورت داشته است.

مراجع

1. Barthelmeß, AJ. & Rigby, EH. 2009. Quantification of debris potential and the evolution of a Regional Culvert Blockage Model.
2. Diehl, TH. & Brya, BA. 1993. Supply of large woody debris in a stream channel. ASCE Reston, VA.
- Furniss, MJ. Ledwith, TS. Love, MA. Mcfadin, BC. & Flanagan, SA. 1998. Response of roadstream crossings to large flood events in washington, oregon, and northern california. USDA forest service. Technology and development program. 9877-1806-SDTDC.
3. Hosseini, AS. Mohammadzai, SA. Zandi, SA. & Nasiri, D. 2014. The role of the construction and maintenance of cross-system (Culvert) to create a landslide margin forest road. Third International Conference on Planning and Environmental Management, Tehran University.
4. Lange, D. & Bezzola, GR. 2006. Schwemmholz (Probleme und Lösungsansätze). Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich.
5. Mesbahi, M. 2010. The most appropriate study design criteria culverts through compare are on of hydraulic and charts USBR. National Conference on Sustainable Development, Islamic Azad University Arsanjan.
6. Rigby, EH. Boyd, MJ. Roso, S. Silveri, P. & Davis, A. 2002. Causes and effects of culvert blockage during large storms. ASCE Conference Proc.
7. Rigby, EH. & Barthelmeß, AJ. 2011. Culvert blockage mechanisms and their impact on flood behavior. Proceedings of the 34th World Congress of the International Association for Hydro-Environment Research and Engineering: 33rd Hydrology and Water Resources Symposium and 10th Conference on Hydraulics in Water Engineering, Engineers Australia.
8. Sorourian, S. Keshavarzi, A. Samali, B. & Ball, J. 2013. Study of Blockage Effect on Scouring Pattern

عمل کردن ورودی کالورت نرخ تغییرات روند افزایشی را در پیش گرفته است. همچنین بیشترین اختلاف موجود بین نرخ تغییرات انسداد در ۲ حالت مورد آزمایش در زمان ۸ دقیقه اتفاق افتاده است.



شکل ۱۲- نرخ تغییرات انسداد در مقابل زمان

Fig 10. Rate of blockage variations against time

با توجه به آنالیز ابعادی و پارامترهای بی‌بعد بدست آمده، رابطه‌ی زیر با خطایی کمتر از ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار SPSS به منظور شناسایی پارامترهایی که بیشترین اثرگذاری را روی پدیده‌ی انسداد دارند، حاصل گردیده است (آنالیز حساسیت).

(۶)

$$B = -0.37 - 12.884Fr_{ii} + 0.513Fr + 1.866H^* - 267.62T^*$$

ضریب همبستگی رابطه‌ی فوق ۰/۹۷۳ می‌باشد.

با توجه به معادله‌ی حاصل از آنالیز انجام شده ملاحظه می‌گردد که پارامتر بی‌بعد T^* ، بیشترین اثرگذاری را روی این پدیده داشته است.

نتیجه‌گیری

تغییرات قابل توجه شرایط هیدرولیکی جریان در کالورت در نتیجه‌ی انسداد رخ داده طی جریان سیل ممکن است خسارت‌های زیادی ایجاد کند که جبران آن‌ها از نظر اقتصادی بسیار هزینه‌بر خواهد بود. در این پژوهش به بررسی آزمایشگاهی پدیده‌ی انسداد حاصل از تجمع اجسام شناور چوبی در ورودی کالورت جعبه‌ای پرداخته شد. موارد زیر را می‌توان به عنوان نتیجه‌گیری کلی از تحقیق حاضر بیان نمود:

- هرچه فاصله‌ی زمانی بین ورود اجسام شناور چوبی به داخل آب کاهش یابد، انسداد ورودی کالورت افزایش می‌یابد.
- در دبی ۶ لیتر بر ثانیه و در شاخه‌ی نزولی هیدروگراف، ماکزیمم افزایش عمق آب بالادست اتفاق افتاده است.
- بیشترین انسداد در شاخه‌ی نزولی هیدروگراف و در آخرین گام

12. Schmocker, L. & Hager, WH. 2013. Scale Modeling of Wooden Debris Accumulation at a Debris Rack. *Journal of Hydraulic Engineering*, 139(8): 827-836.
13. Tan, SM. & Lim, SY. 2015. 3D culvert scour under non-full flowing condition. E-proceedings of the 36th IAHR world congress 28 June – 3 July, The Hague, the Netherlands.
14. Weeks, W. Barthelmess, A. Rigby, E. & Witheridge, G. 2009. Australian rainfall and runoff revision project 11: blockage of hydraulic structures.
15. Yazdi, AS. Manafpur, M. & Mohammadi, M. 2010. brsy hydraulic performance culverts with different geometric sections. Ninth Iranian Hydraulic Conference, Tarbiat Modarres University.
- Downstream of a Box Culvert under Unsteady Flow.
9. Sorourian, S. Keshavarzi, A. Samali, B. & Ball, J. 2014. Blockage effects on scouring downstream of box culverts under unsteady flow. *Australian Journal of Water Resources* 18(2): 180.
10. Sorourian, S. Keshavarzi, A. Samali, B. & Ball, J. 2014. Prediction of Scouring Depth at the Outlet of Partially Blocked Box Culvert. *World Environmental and Water Resources Congress 2014@ sWater Without Borders*, ASCE.
11. Sorourian, S. 2015. Turbulent flow characteristics at the outlet of partially blocked box culverts. E-proceedings of the 36th IAHR world congress 28 June – 3 July, The Hague, the Netherlands.

*Abstract***Laboratory Study of Blockage at the Entrance of Box Culverts under Unsteady Flow Conditions**A. Miranzade¹, A. Keshavarzi² and H. Hamidifar³

Received:2016/03/06 Accepted : 2018/01/24

Culverts are important structures to convey water under roads and rail roads. Blockage or clogging of drainage channels by woody debris is one of the serious problems in the design and operation of road culverts that has not been studied well. In this laboratory study, the entrance blockage of a box culvert model due to the accumulation of woody floating objects is investigated. Also, the influence of hydraulic and geometric parameters such as flow velocity, elapsed time_ and the entrance flow depth in the culvert were studied. Laboratory observations showed that the entrance blockage increases as the interval time between the arrivals of woody floating objects reduces. The maximum blockage occurred in the falling limb of the hydrograph and the last time step. Using the experimental results and dimensional analysis, some dimensionless parameters are reported and their variations against the culvert entrance blockage are evaluated. The most effective parameters are identified using statistical analysis with SPSS software. Finally, a non-dimensional linear relationship is derived to determine the percentage of blockage as a function of the effective parameters.

Keywords: *Box culvert, Blockage, Woodenfloating objects, Time, Floods.*

1.M.Sc. Student of Hydraulic Structures, Water Engineering Department, College of Agriculture and Natural Resources, Shiraz University, Shiraz.

2.Professor, Water Engineering Department, College of Agriculture and Natural Resources, Shiraz University, Shiraz.

3.Assistant Professor, Water Engineering Department, College of Agriculture and Natural Resources, Shiraz University, Shiraz, Corresponding Author Email: hamidifar@shirazu.ac.ir