Shahid Chamran University of Ahvaz

Irrigation Sciences and Engineering (JISE) Vol. 43, No. 3, Fall 2020, Original Paper, p. 1-15

EXTENDED ABSTRACT

Investigating the Effect of Total Potential on Wave Velocity Changes in a 90 Degree Mild Bend

A. Salemnia[1] M. Ghomeshi[2] and R. Fazloula [3*]

1- Graduate of Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
2- Professor of Water Engineering and Environment Faculty, Shahid Chamran Univeristy of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
3*- Corresponding Author, Associate Professor of Agricultural Engineering Faculty, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran *(raminfazl@yahoo.com).*

Received: 22 June 2017 Revised: 17 October 2017 Accepted: 24 October 2017

Keywords: Downstream Depth, Upstream Depth, Flood, Wave Velocity.
DOI: 10.22055/jise.2017.22562.1612.

Abstract

Since the main site of the reservoir dams is in the mountainous valleys, the flood resulting from it will inevitably cross the mountain paths in the case of failure of the dam. The purpose of this study is to investigate the effect of the bends on the hydraulic parameters of the unsteady flow such as velocity, depth, and dynamic pressure due to dam failures. In order to achieve this goal, a flume was built with the bends. In addition, the effects of different upstream and downstream depths flow parameters were investigated. Noticeable measured parameters were: velocity, dynamic pressure and height of the wave flood due to the dam failure in 4 angles of 0, 45, 90, and 105 degrees (straight path after the end of the bend).

Introduction

The dam-break flow has been a topic of significant research interest due to both practical and academic interests. Dam failures are often caused by structural deficiencies, such as poor initial design or construction, or due to lack of maintenance and repairs. The objectives of this work are to revisit the experimental measurements on dam break flow over a dry and wet horizontal bed and to provide a detailed insight into the dynamics of the dam break wave impacting a vertical wall downstream of the dam, with emphasis on the pressure loads. Firstly, some of authors focused on kinematics of a fully three-dimensional flow after a dam failure in well-defined laboratory conditions (Bellos,2004). Besides, an experimental investigation was conducted by Lobovsky et al. at University of West Bohemia, Czech Republic (Lobovsky et al. 2014). They worked on the dynamic pressure loads during dam break in the straight canal. By embedding five pressure sensors on a vertical plate, the dynamic pressure is recorded right above the bed. The experiments run in a flume with three bends, so the studied case was ideal for two-dimensional investigation.

 DOI: 10.22055/jise.2017.22562.1612

Experimental setup

A flume for dam-break experimental setup was built and installed at the Hydraulic Laboratory of Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran. To simulate the sudden flow of the flood wave, a sliding gate was used which was suddenly removed from the flow by an air pressure compressor and a pneumatic jack. A frame with a pneumatic jack was built and a Plexiglas sheet (as a dam) was mounted on it. The air compressor produced the energy for sudden removal of the Plexiglas. This system mounted the Plexiglas on top of the Flume in 0.25. A view of frame, pnumatic jack, and plexiglass palte and how the frame Install on the flume is shown in Fig. (1).

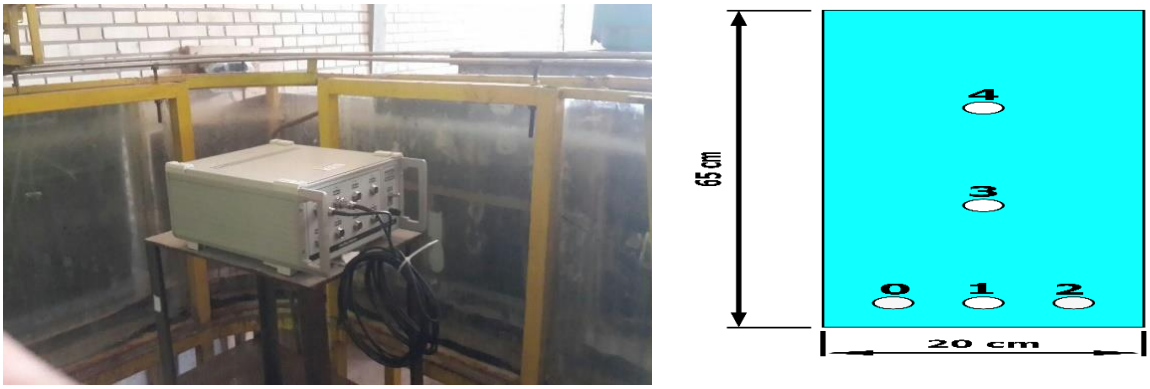


(a) (b)

Fig. 1- (a) A view of frame, pnumatic jack, and plexiglass palte- (b) Installing the frame on the flume

Data acquisition and Pressure sensors

The data acquisition system includes all devices necessary to assess both the kinematics and the dynamics of the dam break flow. It was used to measure the dynamic pressure of the flow. Five pressure sensors were used to record the dynamic pressure. The sensor matrix arrangement is shown in Fig. (2).



(a) (b)

Fig. 2- (a) Data logger. (b) The sensor matrix arrangement on the Plaxiglass plate.

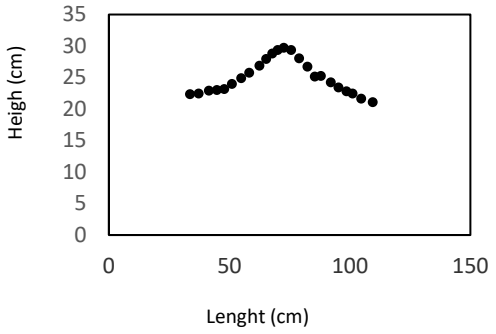
Video recording

In parallel with pressure measurements, the evolution of the free surface profile and the wave velocity are captured by a digital camera (Gopro-Hero4) that enables recording of 60 frames per second (fps) at 4K resolution**.**

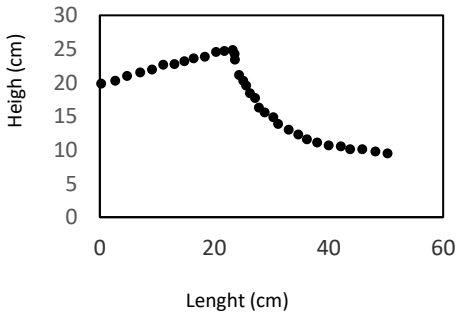
Results

Free surface profile

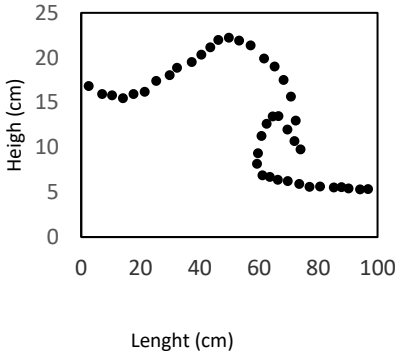
A side view of a free surface profile evolution in time for an experiment in three different wave positions is presented in Fig. (3).



(A)



(b)



(c)

Fig. 3- Different shapes of the flood wave in the fleme. (a) Before breaking point. (b) At the breaking point. (c) After breaking point.

Acknowledgments

Conducting this project would have never been possible without the support and guidance of various people at Shahid Chamran University of Ahvaz. Special thanks should also be given to Water Engineering and Environment Faculty.

References

1- Bellos, C. V., 2004. Experimental measurements of flood wave created by a dam break. European Water, 7(8): 3-15.

2- Lobovsky L., Botia-Vera E., Castellana F., Mas-Soler J. and A. Souto-Iglesias. 2014. Experimental investigation of dynamic pressure loads during dam break. *Journal of Fluids and Structures. 48: 407-434.*

© 2020 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

علوم و مهندسی آبیاری
جلد ۴۳، شماره‌ی۳، پاییز ۹۹، مقاله پژوهشی، ص. ۱۵-۱

بررسی اثر پتانسیل کل بر روند تغییرات سرعت موج در طول قوس ۹۰ درجه ملایم

امین سالم‌نیا[۱]، مهدی قمشی[۲] و رامین فضل‌اولی[۳*]

۱- دانش آموخته دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
۲- استاد گروه سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز.
۳*- نویسنده مسئول، دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. raminfazl@yahoo.com

دریافت: ۱۳۹۶/۴/۱ بازنگری: ۱۳۹۶/۷/۲۵ پذیرش: ۱۳۹۶/۸/۲

چکیده

مخاطرات ناشی از شکست احتمالی سدهای مخزنی ممکن است باعث به وجود آمدن سیلاب بسیار شدیدی شود که این امر می‌تواند خسارات جانی و مالی جبران‌ناپذیری را به مناطق مسکونی پایین‌دست وارد آورد .محاسبه سرعت حرکت سیلاب و اندازه‌گیری زمان رسیدن آن به مناطق مهم در پایین‌دست می‌تواند به حداقل رساندن خسارات ناشی از سیلاب کمک چشمگیری نماید. به‌علاوه با توجه به ساخت‌گاه سدهای مخزنی که در مناطق کوهستانی می‌باشد، اثر وجود قوس در مسیر جریان بر سرعت حرکت سیلاب از اهمیت چشمگیری برخوردار است. در این پژوهش به بررسی اثر عمق آب بالادست و پایین‌دست بر روی سرعت حرکت تک موج حاصل از شبیه‌سازی شکست سد در یک کانال قوسی ۹۰ درجه ملایم پرداخته‌شده است. اندازه‌گیری سرعت سیلاب از طریق تکنیک عکس‌برداری سریع از حرکت موج صورت پذیرفت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که در زاویه صفر درجه، در فاصله کمترین تا بیشترین مقدار نسبت سطح پایاب به سرآب، مقادیر سرعت ۳۳ درصد کاهش، در زاویه ٤٥ درجه، ۵۸ درصد کاهش، در زاویه ۹۰ درجه، ۵۷ درصد کاهش و در مسیر مستقیم در انتهای کانال که ۲۰ سانتیمتر با مقطع زاویه ۹۰ درجه فاصله دارد، ٦۲ درصد کاهش سرعت موج، اندازه‌گیری شده است. به علاوه افزایش سطح پایاب، اثر بیشتری نسبت به وجود قوس در مسیر جریان بر کاهش سرعت موج ناشی از شکست سد داشته است. لذا وجود یک سطح پایاب معنادار در مقابل عمق آب بالادست به کاهش سرعت حرکت سیلاب کمک بیشتری می‌کند.

کلید واژه‌ها: سرعت موج، سطح آب بالادست، سطح آب پایین‌دست، سیلاب، شکست سد.

مقدمه

با نگرش کوتاه و اجمالی بر تعداد سدهای بزرگ ساخته‌شده در دنیا و تعداد شکست‌های به وقوع پیوسته، احتمال خطر شکستگی هر سد در سال حدود یک در ده‌هزار تخمین زده می‌شود. گرچه در نگاه اول این احتمال ضعیف می‌نماید، اما تجارب عینی از بروز این‌گونه حوادث در طول تاریخ، نادیده گرفتن اهمیت این مسئله را غیرمعقول می‌نماید (khoob and Kashefipour, 2012). از مهم‌ترین دلایل شکست سد می‌توان به مواردی چون زلزله، رگبارهای شدید رخ داده در حوضه آبریز سد، عدم طراحی صحیح تخلیه کننده‌های سدها و ضعیف بودن پی و دیواره سدها اشاره نمود. در صورت شکست سد، سیلاب ناشی از آن، به علت سرعت و حجم زیاد آن منجر به خسارات جانی و مالی شدیدی در پایین‌دست شده و مشکلات جبران‌ناپذیری به‌دنبال دارد. اهمیت زیاد این موضوع سبب شده، موضوع شکست سد و خرابی‌های موجود به سبب آن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین موضوعات مطالعات پژوهشی در سراسر دنیا قرارگیرد.

جریان حاصل از شکست یک سد در طبقه جریان‌های غیردائمی قرار می‌گیرد. جریان‌های غیردائمی خود به جریان‌های متغیر تدریجی و متغیر سریع تقسیم می‌شوند. در جریان متغیر تدریجی، انحنای پروفیل موج ملایم بوده و تغییرات عمق با زمان به‌صورت تدریجی رخ می‌دهد، به‌علاوه شتاب قائم جریان در مقایسه با شتاب زمین ناچیز تلقی شده ولی اثر اصطکاک جداره‌ها در نظر گرفته می‌شود. درحالی‌که در جریان‌های متغیر سریع، انحنای پروفیل سطح آب تند، تغییرات عمق جریان نسبت به زمان سریع، مؤلفه قائم شتاب ذرات محسوس و اثر اصطکاک جداره‌های قابل صرف‌نظر کردن می‌باشد. به بیانی دیگر هر جریان غیردائمی عبارت از حرکت موجی است که با تغییر مکان خود و برحسب شرایط، عمق جریان، دبی و یا هر دو را از مقطعی به مقطع دیگر و از زمانی به زمان دیگر تغییر می‌دهد (Hosseini and Abrishami, 2006).

با توجه به این حقیقت که دلیل بسیاری از آسیب‌های وارده از طرف سیلاب ناشی از شکست سد، سرعت و فشار دینامیکی وارده از آن به ساختمان‌ها و سازه‌های موجود در مسیر جریان بوده و هندسه مسیر اثر مستقیمی بر مقدار سرعت سیلاب دارد، شناخت هیدرولیک جریان و یافتن عوامل مؤثر روی سرعت سیلاب می‌تواند پاسخگوی بسیاری از مشکلات ناشی از سیلاب‌های ناگهانی باشد. به‌علاوه درک سرعت جریان سیلاب ناشی از شکست سد و عوامل مؤثر روی آن می‌تواند به درک بهتر هیدرولیک جریان‌های سیلابی کمک کرده

DOI: 10.22055/jise.2017.22562.1612

و یافتن راهکاری را برای کاهش سرعت جریان و افزایش زمان رسیدن سیلاب به مناطق شهری و مسکونی آسان‌تر می‌سازد. لذا ترکیب‌های مختلف عمق پایاب و سر آب همگی منجر به مقادیر بعضاً متفاوت و یا یکسانی از سرعت حرکت سیلاب می‌گردد. درنتیجه همه این موارد نشان‌دهنده پیچیدگی بیشتر اثرات سطح آب بالادست و پایین‌دست می‌باشد که نیازمند دقت نظر بیشتر و مطالعه جامع‌تر بوده و تلاش می‌گردد در این پژوهش به این مهم توجه گردد. با توجه به مطالب گفته‌شده، هدف از این تحقیق بررسی آزمایشگاهی اثر وجود قوس در مسیر جریان و سطوح آب بالادست و پایین‌دست بر روی سرعت موج حاصل از شبیه‌سازی شکست سد می‌باشد.

مروری بر منابع

Ritter (1892) اولین مطالعاتی که در مورد جریان ناشی از شکست سدها صورت گرفت به قرن ۱۹ میلادی مربوط است. او یک مدل عددی ارائه نمود که به کمک آن می‌توانست سطح آزاد جریان آب ناشی از شکست سد را مدل‌سازی نماید. او این مدل عددی را بر اساس معادلات سنت–ونانت و بر روی یک کانال مستطیلی افقی و با بستر خشک ارائه نمود. از مشکلات مدل عددی ارائه شده توسط Ritter (1892) عدم در نظرگیری اصطکاک جداره‌ها و اثرات آشفتگی جریان را می‌توان نام برد.

Bani Hashemi et al. (2009) به بررسی پارامترهای مختلف شکست بر جریان سیل ناشی از سد پرداختند. آنان در یک مطالعه عددی به شبیه‌سازی شکست سدهای خاکی گلستان و بوستان پرداخته با کمک استفاده از مدل‌های یک‌بعدی و دوبعدی، نقشه‌های آب‌گرفتگی منطقه موردنظر را تولید کردند. Khodaei et al. (2009) به بررسی اثر سرعت جریان و زمان فرار در مدیریت بحران سیلاب ناشی از شکست سد (مطالعه موردی سد گلستان ۱) پرداختند. آن‌ها در این مطالعه دریافت که سرعت‌های بیشتر از دو متر در ثانیه در ترکیب با عمق‌های آب‌گرفتگی بیشتر از ۰/۵ متر می‌تواند همان خساراتی را ایجاد نماید که جریان‌هایی با عمق ۱ متر و سرعتی معادل ۰/۱ متر در ثانیه ایجاد می‌نماید که این امر اهمیت پارامتر سرعت و عمق پایاب را در نتایج تحلیل سیلاب را نشان می‌دهد. Bellos (2004) به بررسی آزمایشگاهی و عددی جریان ناشی از شکست سد برای یافتن مشخصات موج مثبت پایین‌دست پرداخت. او در یک فلوم آزمایشگاهی مستقیم با بستر افقی و در حالت خشک و با حضور عمق پایاب و به کمک ترانسدیوسرهای فشار (Pressure Transducer)، اندازه‌گیری عمق جریان را انجام داد. پس از اتمام آزمایش‌ها، او نتایج آزمایشگاهی و نتایج حاصله از مدل عددی دو بعدی ارائه شده توسط خود را با نتایج سایر محققین مقایسه کرد. درنهایت وی نتیجه گرفت که اندازه‌گیری عمق جریان به کمک ترانسدیوسر فشار دارای دقت بالاتر، سرعت بیشتر و اقتصادی‌تر نسبت به روش‌های پیشین است.

Marsooli و Wu (2014)؛ Evangelista et al (2013) و Nguyen و Weston (2013) مطالعه‌های عددی را برای شبیه‌سازی مشخصات هیدرولیکی سیلاب ناشی از شکست سد انجام داده و به نتایج قابل قبولی در زمینه پیش‌بینی سرعت و عمق سیلاب‌های ناشی از شکست سد دست یافتند.

Xu et al. (2011) با ساخت نمونه کوچکی از یک سد خاکی، اثر بالا آمدن رقوم سطح آب به علت زلزله در مخزن سد که در نهایت موجب شکست یک سد می‌شود را بررسی کردند. آن‌ها مدل سد خاکی خود را در یک کانال مستطیل شکل با بستر خشک و افقی ساخته و آزمایشات خود را به انجام رساندند. به‌علاوه برای اندازه‌گیری لحظه به لحظه مقادیر عمق آب در پایین‌دست سد خاکی از روش عکس‌برداری سریع استفاده نمودند.

Kim و Sanders (2016) به مطالعه شکست سدهای پشت سر هم پرداختند. آنان در این مطالعه موردی دو سد بزرگ روی رودخانه گنگ‌نونگ (Gangneung) را انتخاب کرده که به علت وقوع بارندگی شدید در ۳۱ آگوست ۲۰۰۲ تا نزدیکی شکست پیش رفته‌اند. به‌علاوه مطالعات عدم قطعیت در پژوهش آن‌ها انجام‌گرفته و پس از پایان پژوهش دریافته‌اند که مدل عددی ارائه‌شده توسط آن‌ها با دقت زیاد قادر به پیش‌بینی سرعت سیلاب ناشی از شکست سدها در رودخانه گنگ نونگ را داراست.

Chinchilla et al. (2016) در دانشگاه کوردوبا (Cordob*a*) اسپانیا مطالعه جامعی بر روی سرعت و ارتفاع سطح آب موج حاصل از شکست سد در مسیر مستقیم انجام دادند. آن‌ها با نصب یک دریچه بر روی یک فلوم مستقیم و برداشت ناگهانی آن در سه سطح آب بالادست و بستر خشک پایین‌دست موج حاصل از شکست سد را تولید کردند. اندازه‌گیری سرعت موج به کمک دستگاه‌های (DPTV) و (UVP) انجام‌گرفته است. به‌علاوه محققین این پژوهش برای اندازه‌گیری عمق آب از سنسورهای اندازه‌گیری فشار استفاده کرده‌اند. نتایج حاصل از پژوهش آن‌ها نشان می‌دهد حداکثر نسبت سرعت پیشانی موج به بدنه آن برابر با دو بوده است.

Naderkhanloo et al (2017) به بررسی اثر شکست سد در انتقال بار رسوب در یک بستر قابل شستشو پرداختند. آن‌ها به کمک نرم‌افزار Mike 3 توانستند به شبیه‌سازی موج ناشی از شکست سد پرداخته و به یک پیش‌بینی قابل‌قبولی از روند رسوب‌گذاری و فرسایش در یک بستر قابل شستشو دست یابند. نتایج مدل عددی ارائه‌شده نتایج قابل‌قبولی با داده‌های مدل فیزیکی انجام‌شده در دانشگاه UCL بلژیک نشان می‌دهد.

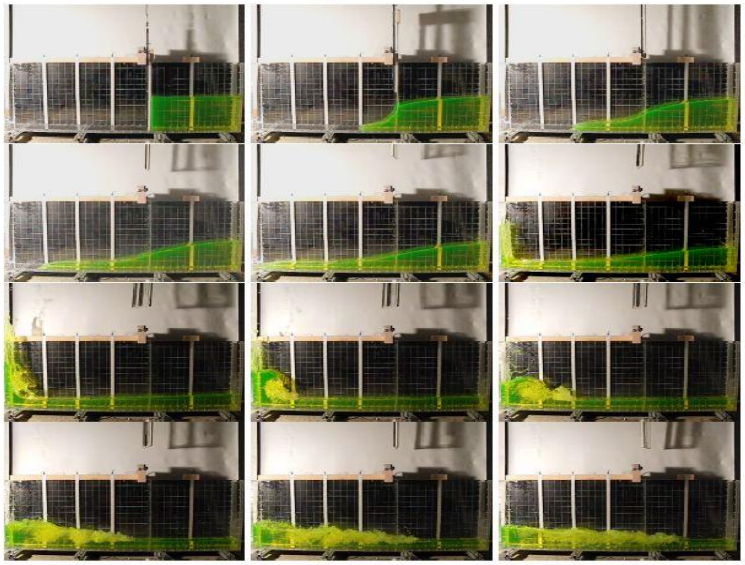


Fig. 1- Image of wave motion in a laboratory model at very short intervals (Lobofsky,et al, 2014)
شکل ۱- تصویری از حرکت موج در مدل آزمایشگاهی در فواصل زمانی بسیار کوتاه (Lobofsky,et al, 2014)

Lobofsky et al (2014) به بررسی دینامیکی جریان شکست سد بر روی یک بستر افقی خشک، با تأکید بر اندازه‌گیری فشار دینامیکی موج حاصله پرداختند. آنان در یک فلوم افقی با برداشت ناگهانی یک دریچه به کمک رهاسازی ناگهانی یک وزنه، شبیه‌سازی شکست ناگهانی یک سد را انجام دادند. آن‌ها در انتهای فلوم با قرار دادن تعدادی ترانسدیوسر فشار، فشار دینامیکی ناشی از برخورد موج به صفحه انتهایی را برداشت نمودند. علاوه بر برداشت فشار دینامیکی موج حاصل از برداشت ناگهانی دریچه، آنان با شبکه‌بندی کردن دیواره جانبی فلوم و به کمک عکس‌برداری با سرعت‌بالا سرعت حرکت موج و پروفیل سطح آب را نیز برداشت نمودند. تصویری از حرکت موج در مدل آزمایشگاهی آن‌ها در فواصل زمانی بسیار کوتاه در شکل (۱) آورده شده است.

با توجه به مطالب آورده شده، بخش عمده‌ای از مطالعات انجام شده در مسیرهای مستقیم انجام گرفته و اثر وجود قوس و انحنا در مسیر جریان سیلاب لحاظ نشده‌است. با توجه به اینکه جایگاه سدهای مخزنی معمولاً دره‌های تنگ مناطق کوهستانی می‌باشد، موج شکست با عبور از مناطق پرپیچ‌وخم وارد دشت‌های پایین‌دست می‌گردد. در این مطالعه به بررسی سرعت حرکت موج ناشی از شکست سد در مسیر موج مثبت پایین‌دست و در مقاطع غیرمستقیم پرداخته می‌شود که از نوآوری‌های مطالعه موجود می‌باشد. در این مطالعه اثر وجود و یا عدم وجود عمق پایاب در اندازه‌های مختلف بر روی پروفیل جریان و سرعت موج در مقاطع مختلف یک قوس ۹۰ درجه ملایم پرداخته‌شده است. به‌گونه‌ای که به کمک سیستم تصویربرداری سریع از حرکت موج تصویربرداری شده و سرعت جریان محاسبه می‌گردد، باید اضافه نمود این تکنیک در معدود تحقیقاتی در کانال مستقیم انجام‌گرفته است، اما تاکنون در مسیرهای غیرمستقیم انجام‌نشده است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از یک فلوم قوس‌دار با شعاع انحنای ۱/۲ متر و عرض ۰/۲ متر در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز استفاده گردید. با توجه به اینکه R/b (نسبت طول شعاع مرکزی به عرض) این قوس برابر با شش می‌باشد، این قوس در طبقه‌بندی قوس‌های ملایم قرار می‌گیرد (Ghadou et al, 2012). در ابتدای فلوم یک دریچه کشویی در فاصله ۰/۸ متری از محل شروع قوس از جنس پلاکسی گلاس ۱۰ میلی‌متر تعبیه شد که با آن مدل آزمایشگاهی به دو بخش بالادست و پایین‌دست تقسیم شد. جهت شبیه‌سازی موج ناگهانی از شکست، سیال در ابتدای مدل آزمایشگاهی در پشت یک دریچه ذخیره‌شده و با برداشت ناگهانی آن شبیه‌سازی حرکت موج ناگهانی حاصل از شکست یک سد صورت می‌پذیرفت. نیروی لازم جهت این برداشت ناگهانی از طریق یک کمپرسور تولد فشار هوای بالا تامین می‌شد. فشار هوای ۸ تا ۹ بار از طریق لوله‌های رابط به یک جک پنوماتیک (Pneumatic Jack) منتقل می‌شد. این جک به گونه‌ای به دریچه کشویی وصل شد که دریچه را با سرعت بسیار بالا و به صورت ناگهانی از جلو جریان آب بلند می‌کرد. اختلاف ارتفاع طرفین دریچه و ضربه ناگهانی آن عامل ایجاد موج می‌باشد و انرژی موج که منجر به حرکت موج به سمت پایین‌دست می‌شود، بستگی به اختلاف

DOI: 10.22055/jise.2017.22562.1612

ارتفاع طرفین دریچه و عمق پایاب دارد. اندازه‌گیری سرعت موج ناگهانی و ثبت ارتفاع موج به کمک سیستم عکس‌برداری با سرعت‌های بالا انجام گرفت. بررسی تغییرات سرعت پیشروی موج در طول مسیر قوس، از اهداف مهم مطالعه حاضر به شمار می‌رود. به همین منظور چهار مقطع شامل مقاطع با زوایای صفر، ۴۵، ۹۰ درجه و یک مقطع در مسیر مستقیم موجود در انتهای قوس، به فاصله ۲۰ سانتیمتر از مقطع زاویه ۹۰ درجه انتخاب‌شدند. لازم به ذکر است مقطع آخر که در مسیر مستقیم انتهایی قوس قرار گرفته است، "مقطع انتهایی" یا زاویه ۱۰۵ درجه نامگذاری شده است. مقادیر سرعت موج با احتساب فاصله مکانی و زمانی حرکت قله موج از کنار دریچه موج‌ساز تا رسیدن به هر یک از مقاطع مذکور، اندازه‌گیری شدند. فیلم‌های ضبط‌شده، پیشروی موج را قبل از زمان تشکیل موج تا بعد از لحظه رسیدن آن به انتهای مسیر موردنظر برداشت کرده‌اند؛ بنابراین با تبدیل فیلم هر آزمایش به فریم‌های عکس و ثبت زمان وقوع آن‌ها، اختلاف‌زمانی رسیدن قله یا پیشانی موج از ابتدای مسیر تا هر یک از مقاطع و درنتیجه سرعت پیشروی تا مقطع موردنظر قابل‌محاسبه می‌باشد. علاوه بر این مشاهده حرکت آهسته پیشروی موج ناشی از شکست سد، امکان بررسی تغییرات نیمرخ موج در طی مسیر قوس را نیز میسر می‌سازد. با کمک زمان و مکان محل پیشانی موج درون فلوم، سرعت حرکت موج در هر آزمایش محاسبه شد. پروفیل حرکت جریان در هر عکس به کمک نرم‌افزار Engauge Digitizer تهیه گردید. به کمک این نرم‌افزار و با مشخص کردن نقاط محوری با مختصات طولی و عرضی مشخص، مختصات هر نقطه دلخواه به‌عنوان خروجی از نرم‌افزار استخراج شد. با توجه به اینکه ایجاد موج ناشی از اختلاف ارتفاع سطح آب طرفین دریچه می‌باشد، در راستای برآوردن اهداف مطالعه، سطوح آب پایاب و سراب متفاوت به شرح جدول (۱) تنظیم‌شده و سرعت هر موج در نقاط موردنظر اندازه‌گیری شده است. سناریو کلی آزمایش‌های انجام‌گرفته در این پژوهش در جدول (۱) آورده شده است. مراحل انجام آزمایش‌ها به‌صورت تفکیکی به صورت زیر می‌باشد:

۱-ابتدا در حالت بسته بودن دریچه، ارتفاع و حجم آب موردنظر در پشت دریچه تنظیم‌شده و صفحه‌ای به شکل عمودی در محل زاویه موردنظر جهت مشخص نمودن لحظه رسیدن پیشانی جریان قرار گرفت

۲-سطح آب پایین‌دست در محل موردنظر تنظیم شد.

۳-یک دوربین دیجیتال از طریق عکس‌برداری سریع آماده به تصویربرداری از تمامی مسیر جریان شد.

۴-پس از اطمینان از آماده‌سازی همه مراحل، دریچه به‌صورت ناگهانی بازشده تا موج حاصل از آن به صفحه برخورد کرده و به کمک بررسی تصاویر لحظه دقیق برخورد پیشانی جریان به صفحه مشخص گردید.

۵-پس از ذخیره آزمایش قبل مجدداً تمامی مراحل فوق با سطح دیگری از پایاب تکرار می‌گردد.

۶-با پایان یافتن متغیرهای سطح پایین‌دست، سطح آب بالادست تغییر کرده و مجدداً مراحل فوق تکرار می‌گردد.

۷-پس از پایان یافتن سطوح آب مختلف در بالادست، صفحه عمودی در محل دیگری از قوس تعبیه‌شده و مراحل فوق از سر گرفته شد.

تصویری از شکل شماتیک مدل آزمایشگاهی با مشخص شدن مقاطع اندازه‌گیری سرعت در شکل (۲) نشان داده‌شده است.

جدول ۱- سناریوهای کلی آزمایش‌ها

Table1- General scenario of experiments

Row	Upstream Depth (cm)	Downstream Depth (cm)	Measuring Angle	Experiments Number
1	10	0-5	0-45-90- Last Cross Section	8
2	15	0-5-10	0-45-90- Last Cross Section	12
3	25	0-5-10-15	0-45-90- Last Cross Section	16
4	35	0-5-10-15	0-45-90- Last Cross Section	16
5	45	0-5-10-15	0-45-90- Last Cross Section	16
6	55	0-5-10-15	0-45-90- Last Cross Section	6
Number of Whole Experiments				84

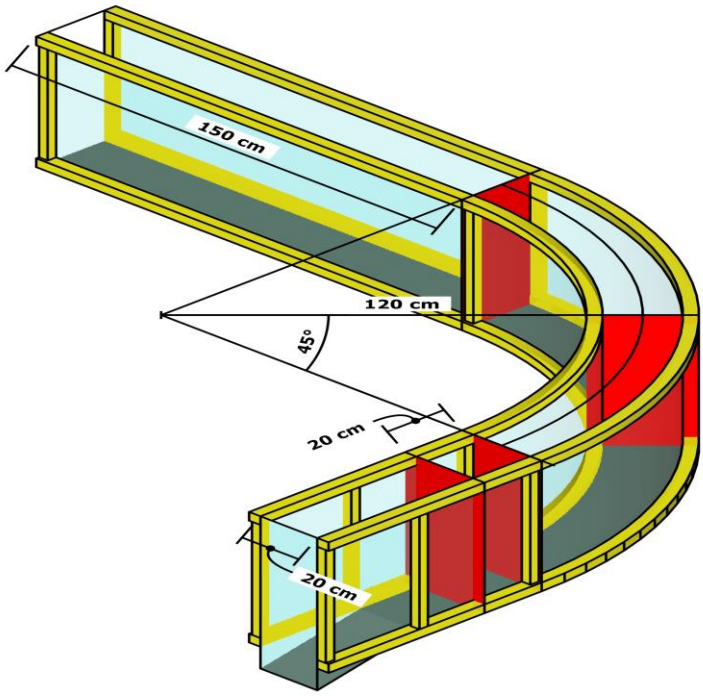


Fig. 2 – Schematic view of the laboratory model by determine the measurement sections
شکل ۲-تصویری شماتیک از مدل آزمایشگاهی با مشخص کردن مقاطع اندازه‌گیری

نتایج و بحث

تغییرات سرعت موج عبوری از قوس ۹۰ درجه در اعماق مختلف پایاب به ازای تغییر در رقوم سرآب

شکل (۳) اثر فواصل مختلف در قوس ۹۰ درجه ملایم بر روی سرعت موج حاصل از شکست سد را در اعماق مختلف سرآب نشان می‌دهد. در فواصل مختلف در طول قوس که شامل ابتدا، میانه، انتها و مسیر مستقیم انتهای مدل آزمایشگاهی به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از انتهای قوس، سرعت موج اندازه‌گیری شده است. برای عمق آب بالادست از مقدار ۱۰ سانتیمتر شروع‌شده و تا عمق بالادست تا ۵۵ سانتیمتر افزایش‌یافته است. در شکل (۳) محور افقی نسبت فاصله محل اندازه‌گیری سرعت از ابتدای قوس را به طول کل قوس و محور عمودی نسبت سرعت پیشروی موج در محل اندازه‌گیری در قوس به سرعت موج در ابتدای قوس را نشان می‌دهد. به بیانی دیگر نسبت صفر ابتدای قوس، نسبت ۰/۵ راس قوس یا زاویه ۴۵ درجه، نسبت یک انتهای قوس یا زاویه ۹۰ و نسبت ۱/۱ به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از انتهای قوس و در مسیر مستقیم انتهای کانال می‌باشد. در همه موارد مقادیر سرعت موج در ابتدای قوس از تمامی سرعت‌های موج پیش‌رونده در میانه قوس، انتهای آن و مقطع نهایی کمتر می‌باشد. به بیانی دیگر سرعت موج از محل باز شدن ناگهانی دریچه تا رسیدن به ابتدای قوس دارای سرعت کمتری بوده و پس از ورود به قوس سرعت آن افزایش می‌یابد. ذکر این نکته ضروری است در اکثر موارد، موج پیش‌رونده تا قبل از رسیدن به ابتدای قوس به شکل کامل تشکیل شده و به صورت قارچی‌شکل وارد قوس می‌شود. دلیل این افزایش سرعت در قوس را در این امر می‌توان جستجو کرد که با ورود جریان به داخل قوس و به دلیل گرادیان طولی فشار ناشی از نیروی جانب مرکز (در بازه کوتاهی از ورودی قوس، به خاطر تغییر ناگهانی انحناء، در امتداد جداره داخلی کاهش فشار و در امتداد جداره خارجی افزایش فشار اتفاق می‌افتد)، سرعت موج افزایش‌یافته و به‌طرف دیواره داخلی منتقل می‌شود. علت این پدیده، تولید جریان‌های ثانویه در داخل مقاطع عرضی است؛ به‌طوری‌که این جریان‌ها که در نزدیک سطح آب به‌طرف دیواره بیرونی و در نزدیکی بستر به‌طرف دیواره داخلی برقرار هستند، بر گرادیان طولی فشار غالب شده و باعث انتقال عرضی مومنتم طولی جریان و یا به عبارتی باعث باز توزیع آن می‌شوند. در مقاطع انتهایی قوس سرعت در نزدیکی دیواره بیرونی افزایش می‌یابد که علت این پدیده، مشابه ورودی قوس، تأثیر گرادیان عرضی فشار است که در این قسمت از میدان، در امتداد دیواره بیرونی گرادیان طولی منفی و در امتداد دیواره داخلی گرادیان طولی مثبت حاکم است . درنتیجه، دو عامل جریان ثانویه و گرادیان طولی فشار در این حالت به‌عنوان عوامل همسو عمل کرده و باعث افزایش بیشتر سرعت در ناحیه نزدیک دیواره بیرونی می‌شوند (Ghadou et al،2012).

DOI: 10.22055/jise.2017.22562.1612

درنهایت می‌توان بیان داشت نتایج این بخش از پژوهش مورد تائید مطالعات پیشین نیز قرار دارد. نکته حائز اهمیت اینکه در بسیاری از اعماق آب بالادست، اختلاف مقادیر سرعت موج پیش‌رونده بدون حضور عمق پایاب در فواصل مختلف قوس ناچیز بوده و اختلاف زیادی در نتایج مشاهده نمی‌شود. به این معنا که عمق پایاب باعث تقویت اثرات جریان ثانویه و اختلاف گرادیان فشار در عرض جریان می‌گردد، لذا در حالت بدون حضور عمق پایاب یا بستر خشک، اختلاف سرعت جریان در نسبت فاصله ۰/۵، ۱ و ۱/۱ درجه ناچیز بوده و مقادیر نسبت سرعت موج اندازه‌گیری شده در قوس به نسبت سرعت موج در ابتدای قوس، نزدیک به هم مشاهده‌شده است. به‌عنوان نمونه، مقادیر سرعت در زوایای مختلف و مقادیر متفاوت عمق پایاب در سطح آب بالادست ۳۰ سانتی‌متر در جدول (۲) آورده شده است. ذکر این نکته ضروری است که سرعت به‌دست‌آمده حاصل اثر هم‌زمان رفتار غیرخطی موج ناشی از شکست سد و قوس می‌باشد که نتایج استخراج‌شده، چگونگی این اثرات را بهتر تشریح می‌کند.

از دیگر نکات قابل‌توجه در شکل (۳)، محل وقوع حداکثر سرعت موج می‌باشد. هرچند با توجه به تعدد آزمایش‌ها و هیدرولیک پیچیده امواج نمی‌توان به‌طورقطع یک زاویه را به‌عنوان محل قطعی رخداد حداکثر سرعت موج مشخص نمود، اما با نگاهی کلی می‌توان دریافت در میانه قوس (نسبت طول محل اندازه‌گیری به طول قوس برابر با ۰/۵) یا زاویه ۴۵ درجه به‌طورمعمول بیشترین مقدار سرعت موج پیش‌رونده مشاهده‌شده است. از دو جنبه می‌توان دلیل این پدیده رو توضیح داد. نخست اینکه با توجه به مطالعات Souze Pour et al (2015) حداکثر سرعت مطلق جریان در زاویه ۵۰ درجه قوس تند رخداده است، نکته دوم اینکه با توجه به اینکه بعد از شکست موج سرعت و انرژی موج کاهش می‌یابد، در بیشتر موارد قوس ۹۰ درجه ملایم بعد از عبور از میانه قوس یا زاویه ۴۵ شکسته شده و از سرعت آن کاسته می‌شود. با نزدیک شدن موج به ناحیه قوسی شکل، رفتار انتقالی ذرات موج به رفتار نوسانی آن‌ها غالب آمده و درنتیجه اندرکنش موج با قوس شدت می‌یابد. همچنین به دلیل پدیده خزش، سرعت انتشار و طول‌موج کاهش‌یافته، ارتفاع موج به‌تدریج افزایش می‌یابد و درنهایت تیزی موج (نسبت ارتفاع به طول‌موج) افزایش‌یافته و ضمن نزدیک شدن سرعت چرخشی (Orbital) ذرات به سرعت انتشار، موج می‌شکند. به‌طورکلی سرعت حرکت امواج تا رسیدن به نقطه شکست، سرعت افزایش و بعد از آن کاهش پیدا می‌کند. دلیل این پدیده را می‌توان از طریق کاهش قابل‌توجه انرژی موج بعد از شکست بیان نمود؛ زیرا بخش قابل‌توجهی از انرژی اولیه موج صرف شکست می‌شود؛ یعنی انرژی ادامه مسیر برابر با اختلاف انرژی اولیه و انرژی شکست می‌باشد. همان‌گونه که مشخص است سرعت از زاویه صفر درجه که همان ابتدای مسیر قوسی شکل است تا ۴۵ درجه که همان رأس قوس هست افزایش پیداکرده و بعدازآن تا رسیدن به انتهای قوس یا نسبت های ۱ و ۱/۱ روند کاهشی به خود گرفته است؛ اما این کاهش آنقدرنبوده تا سرعت معادل ابتدای قوس شود و در اغلب موارد مقدار چشمگیری از آن بیشتر است. به‌صورت کمی می‌توان بیان نمود در سطح آب پایاب صفر، اختلاف سرعت حرکت موج از زوایای صفر تا ۴۵ درجه، ۴۵ تا ۹۰ و ۹۰ تا ۱۰۵ درجه به ترتیب، ۱۸ درصد افزایش، سه درصد افزایش و یک درصد کاهش داشته است. این روند برای سطح پایاب پنج سانتی‌متر در همین زوایا ۶۳ درصد افزایش، شش درصد کاهش و سه درصد کاهش را نشان می‌دهد. برای سطح پایاب ۱۰ سانتی‌متر با همین تغییر زوایا تغییرات سرعت امواج به‌طور متوسط ۷۳ درصد افزایش، هشت درصد کاهش و یک درصد کاهش داشته است. درنهایت برای سطح پایاب ۱۵ سانتی‌متر تغییرات سرعت در زوایای صفر، ۴۵، ۹۰ و ۱۰۵ درجه به ترتیب ۵۷ درصد افزایش، یک درصد کاهش و ۱ درصد کاهش داشته است.

اثر سطح پایاب بر تغییرات سرعت موج عبوری از قوس ۹۰ درجه در فواصل مختلف در قوس

منحنی‌های نشان داده شده در شکل (۴) اثر سطوح مختلف پایاب را بر نسبت سرعت موج اندازه‌گیری شده در قوس به نسبت سرعت موج در ابتدای قوس در طول‌های مختلف قوس ۹۰ درجه ملایم نشان می‌دهد. به‌طورکلی می‌توان بیان نمود که با افزایش اختلاف بین اعماق پایاب و سر آب سرعت موج‌های بیشتری اندازه‌گیری شده است. ازآنجایی‌که یکی از عوامل مؤثر بر سرعت موج مقدار انرژی موج می‌باشد، با افزایش اختلاف سطح آب بالادست و پایین‌دست، انرژی اولیه موج بیشتر بوده که منجر به افزایش سرعت موج، به خصوص در زاویه صفر درجه می‌شود.

نکته قابل‌توجه در شکل (۴)، رفتار متفاوت موج پیش‌رونده در سطح آب پایین‌دست ۱۵ سانتی‌متر است که در طول مسیر قوس روندی افزایشی داشته و تا رسیدن به انتهای قوس رفته‌رفته بر سرعت آن افزوده‌شده است، درحالی‌که در باقی سطوح آب پایین‌دست، اغلب تا زاویه ۴۵ درجه یا نسبت ۰/۵ سرعت موج روندی افزایشی را طی کرده و بعدازآن رفته‌رفته از مقدار سرعت آن کم می‌شود. دلیل این پدیده را این‌گونه می‌توان توضیح داد که به علت سطح پایاب زیاد، موج به‌سرعت حد خود در مسیر جریان نرسیده و تا انتهای کانال بر سرعت حرکت خود می‌افزاید. با توجه به اینکه پس‌ازآنکه موج به‌سرعت حد خود برسد، شکسته شده و به علت اتلاف انرژی شکست، ادامه مسیر را با سرعت کمتری طی می‌کند، می‌توان بیان نمود که به تأخیر افتادن رسیدن سرعت موج پیش‌رونده به‌سرعت حدی خود به علت زیاد بودن عمق پایاب، دلیل روند افزایشی سرعت موج در سطح آب پایین‌دست

۱۵ سانتیمتر می‌باشد. پس می‌توان بیان نمود در صورت وجود مقاطعی دیگر بعد از زاویه ۱۰۵ درجه، احتمال شکست موج‌هایی با عمق پایاب ۱۵ سانتی‌متر وجود دارد. ذکر این نکته ضروری است که در بعضی دیگر از اعماق پایین‌دست با توجه به ناشکنا بودن موج این پدیده رخداده است. به‌عنوان نمونه در سطح آب بالادست ۱۵ سانتی‌متر و پایین‌دست ۵ سانتی‌متر، از بررسی تصاویر برداشت‌شده از حرکت موج در مسیر کانال، می‌توان دریافت موج تشکیل‌شده از گروه ناشکنا بوده و با رسیدن به قوس دچار تغییرات عمده‌ای نمی‌شود. لذا وجود تغییرات فشار طولی و عرضی به افزایش سرعت موج در قوس کمک کرده و موج پیش‌رونده تا رسیدن به آخرین مقطع اندازه‌گیری سرعت (نسبت ۱/۱) بر سرعت خود می‌افزاید. به‌طورکلی می‌توان بیان نمود که رفتار موج‌های شکسته شده و ناشکنا به در قوس‌ها نزدیک به هم بوده و روند مشابهی را ازنظر روند سرعت سیلاب در زوایای مختلف قوس دنبال می‌کنند، اما اثر قوس بیشتر در تغییر رفتار امواج شکنا هویدا می‌شود.

سرعت موج در مقابل پارامتر بی‌بعد شده سطح آب پایین‌دست به بالادست

در شکل (۵) سرعت موج در مقابل پارامتر بی‌بعد شده سطح آب پایین‌دست به بالادست نشان داده‌شده است. در سطح پایاب صفر، تمامی این نسبت‌ها برابر با صفر بوده که روی محور عمودی شکل (۵) به‌خوبی مشخص هستند. در سطح پایاب ۵ سانتیمتر این نسبت در مقابل تمامی اعماق بالادست از ۰/۰۹ تا ۰/۵، در سطح پایاب ۱۰ سانتیمتر از ۰/۱۸ تا ۰/۶۷ تغییرات داشته و برای عمق پایاب ۱۵ سانتیمتر روند تغییرات نسبت پایاب به سر آب از ۰/۲۷ تا ۰/۷۵ تغییرات داشته‌اند. همان‌گونه که مشخص است در زاویه صفر درجه، یعنی تا رسیدن به نقطه‌ای که جریان وارد مسیر قوسی شکل می‌شود اختلاف چندانی در سرعت‌های امواج در تمامی حالات نسبت پایاب به سرآب مشاهده نمی‌شود. درحالی‌که در باقی زوایا که موج تحت تأثیر قوس قرارگرفته است این مقادیر اختلاف حداکثر و حداقل کاملاً مشهودتر می‌باشد. با نگاهی کمی به مقادیر ابتدایی و انتهایی مجموعه مقادیر سرعت در هر مقطع می‌توان گفت که در شرایط برقراری کمترین مقدار سطح پایاب به سرآب نسبت به بیشترین آن، مقادیر سرعت در زوایای صفر، ۴۵، ۹۰ و ۱۰۵ درجه قوس ملایم، به ترتیب، ۳۳، ۵۸، ۵۷ و ۶۲ درصد کاهش داشته است. لذا می‌توان بیان نمود افزایش سطح پایاب اثر چشمگیرتری نسبت به وجود قوس در مسیر جریان بر کاهش سرعت موج ناشی از شکست سد داشته است که یادآور این نکته است که اجرای سد در شرایط برقراری پایاب مناسب مانند پایین آوردن کف حوضچه آرامش، در شرایط مختلف بهره‌برداری، میزان تخریب و دامنه آسیب را کاهش می‌دهد و در مقایسه با خسارات جانی و مالی ناشی از پدیده شکست سد، صرفه اقتصادی دارد پس وجود یک سطح پایاب معنادار در مقابل عمق آب بالادست به کاهش سرعت حرکت سیلاب کمک بیشتری می‌کند.

جدول ۲- مقادیر سرعت در زوایای مختلف و مقادیر عمق پایاب متفاوت در سطح سر آب ۳۰ سانتی‌متر
Table 2- Velocity values at different angles and values of different downstream depths at the 30 cm Upstream Depth

Depth (m)		Approach Velocity (m/s)			
Upstream Depth (m)	Downstream Depth (m)	0 Degree	45 Degree	90 Degree	105 Degree
0.3	0	1.92	2.03	1.94	1.96
0.3	0.5	1.71	2.19	1.85	1.77
0.3	0.1	1.23	2.08	1.78	1.65
0.3	0.15	1.08	1.68	1.77	1.62

DOI: 10.22055/jise.2017.22562.1612

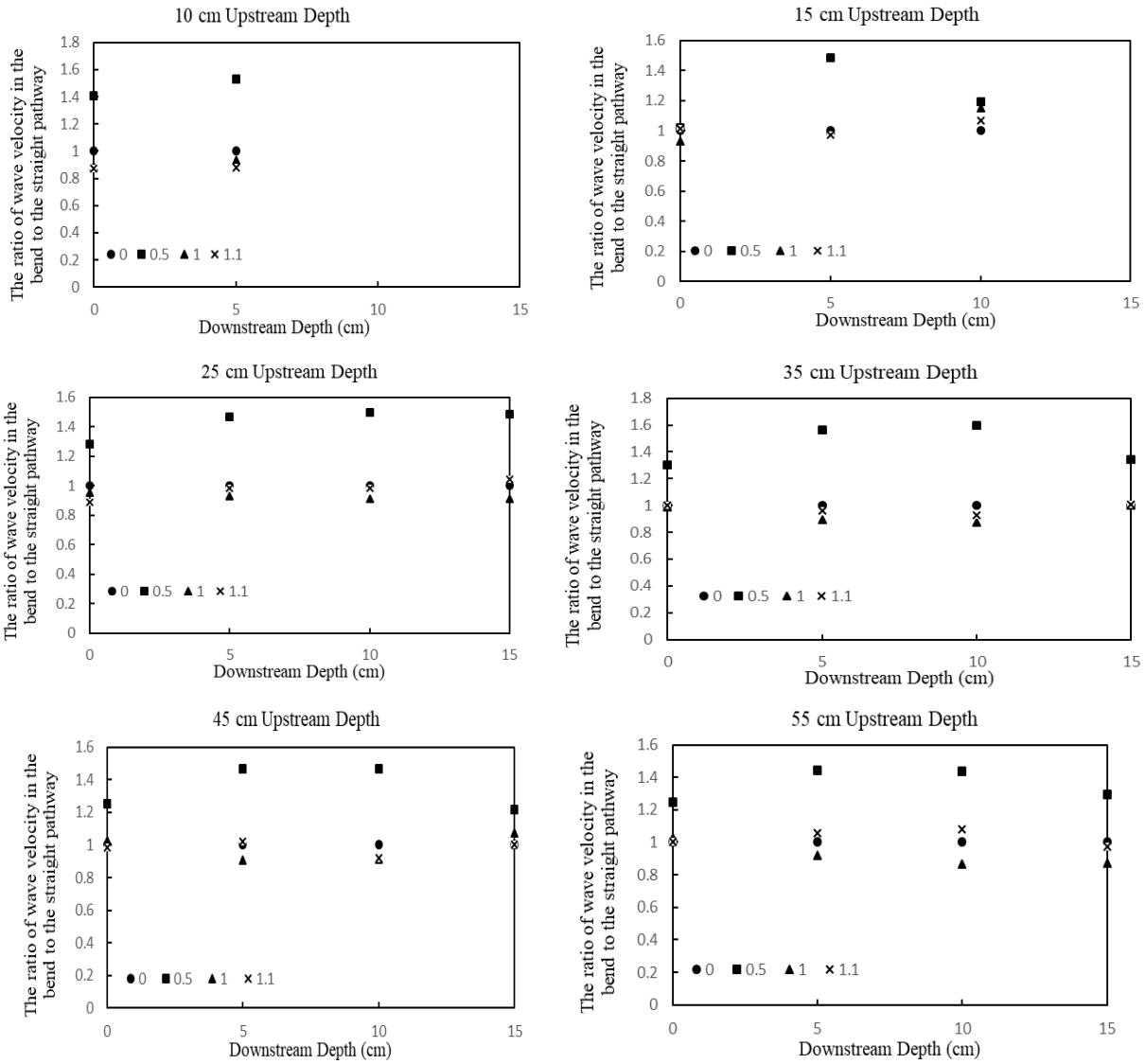


Fig. 3- Variation of Approach Wave Velocities in 90-degree Bend at Different Downstream Depths in Exchange for Changing Upstream One

شکل ۳- تغییرات سرعت موج عبوری از قوس ۹۰ درجه در اعماق مختلف پایاب به ازای تغییر در رقوم سرآب

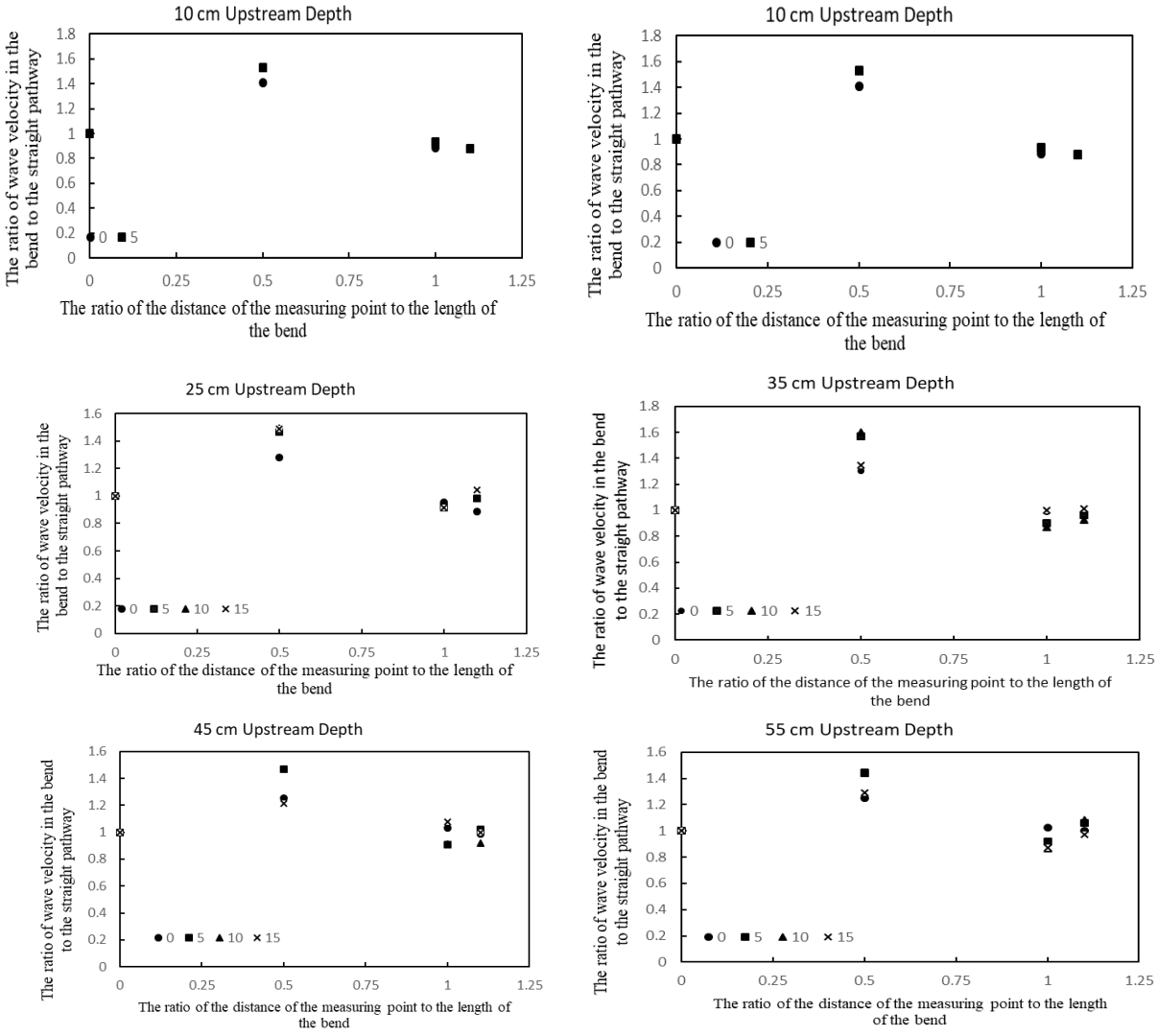


Fig. 4- Variation of Approach Wave Velocities in 90-degree Bend at Different Downstream Depths in Exchange for Changing Upstream One.

شکل ٤- تغییرات سرعت موج عبوری از قوس ۹۰ درجه در اعماق مختلف پایاب به ازای تغییر در رقوم سرآب

DOI: 10.22055/jise.2017.22562.1612

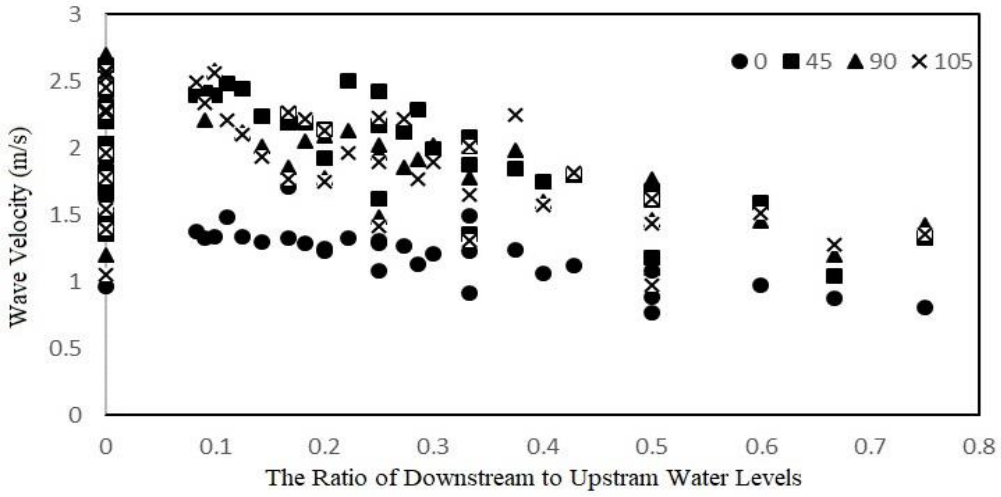


Fig. 5- Wave Velocity versus the Dimensionless Parameter of the Water Levels from Downstream to Upstream

شکل۵- سرعت موج در مقابل پارامتر بی‌بعد شده سطح آب پایین‌دست به بالادست

نتیجه‌گیری

بررسی اثر قوس ۹۰ درجه ملایم و اثر آن بر روی سرعت موج پیش‌رونده ناشی از شکست سد که موجب تولید یک جریان غیرماندگار می‌شود، هدف اصلی این مطالعه بوده‌است. در ذیل مهم‌ترین نتایج این پژوهش آورده شده‌است.

- سرعت حرکت موج سیلاب تا رسیدن به زاویه ۴۵ درجه افزایش یافته و در بیشتر موارد در این زاویه شکسته می‌شود. پس از شکست موج، به علت استهلاک انرژی سرعت موج کاهش می‌یابد. در اکثر اعماق سرآب و در عمق پایاب ۱۵ سانتیمتر، سرعت موج تا انتهای کانال افزایشی بوده و به طور معمول به علت اختلاف کم انرژی سرآب و پایاب شکست موج در کانال صورت نمی‌گیرد. در سطح آب پایاب صفر، اختلاف سرعت حرکت موج از زوایای صفر تا ۴۵ درجه، ۴۵ تا ۹۰ و ۹۰ تا ۱۰۵ درجه به ترتیب، ۱۸ درصد افزایش، سه درصد افزایش و یک درصد کاهش داشته است. این روند برای سطح پایاب ۵ سانتی‌متر در همین زوایا ۶۳ درصد افزایش، شش درصد کاهش و سه درصد کاهش را نشان می‌دهد. برای سطح پایاب ۱۰ سانتی‌متر با همین تغییر زوایا تغییرات سرعت امواج به‌طور متوسط ۷۳ درصد افزایش، هشت درصد کاهش و یک درصد کاهش داشته است. درنهایت برای سطح پایاب ۱۵ سانتیمتر تغییرات سرعت در زوایای صفر، ۴۵، ۹۰ و ۱۰۵ درجه به ترتیب ۵۷ درصد افزایش، یک درصد کاهش و یک درصد کاهش داشته است. به علاوه اثر وجود عمق پایاب در کاهش سرعت موج سیلاب در مقایسه با زوایای قوس بیشتر بوده است.

سپاسگزاری

در پایان لازم میدانم از دانشکده مهندسی آب و محیط زیست دانشگاه شهید چمران اهواز که امکانات آزمایشگاهی خود را برای انجام این پژوهش در اختیار محققین این پژوهش قرار داد کمال تشکر و قدردانی را بنمایم.

References

1- Bani hashemi, M., Karami, V. Mesbahi, J., Mosaferi, M. and Moghadam Kia, H., 2009. Effect Break Down Parameters on Flood Properties due to Boustan and Golestan Dam Breack. *In 8th International River Engineering Conference, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran*.

2- Bellos, C.V., 2004. Experimental measurements of flood wave created by a dam break. *European Water, 7(8): 3-15.*

3- Chinchilla, F., Castro-Orgaz, O., Dey. S. and Ayuso-Muñoz. 2016. Nonhydrostatic Dam Break Flows. II: One-Dimensional Depth-Averaged Modeling for Movable Bed Flows. *Journal of Hydraulic Engineerin, 142(12): 68-74.*

4- Evangelista, S., Altinakar, M. S., Di Cristo, C., & Leopardi, A. (2013). Simulation of dam-break waves on movable beds using a multi-stage centered scheme. *International Journal of Sediment Research, 28(3): 269-284.*

5- Ghadou, A., Shafaei Bajestan. M., Fathi Moghadam. M. 2012. Experimental study of the effect of channel wall roughness on flow pattern in 90 ° Sharp Bend. *Journal of Irrigation Sciences and Engineering. 35(3). pp.47-57.*

6- Hosseini, M. and Abrishami. J., 2006. *Open Channel Hydraulic*. Imam Reza University.

7- Khodaei, M., Attari. J., Bani hashemi. M. 2009. The role of velocity and escape time in flood crisis management caused by dam failure (Case Study; Golestan Dam). *In 8th International Civil Engineering Conference, Shiraz University, Shiraz, Iran*.

8- Khoob, E. and Kashefipour. S.M. Effect of Roughness on Initial Development of Wave due to Dam Breack. . *In 9th International River Engineering Conference, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran*.

9- Kim, B. and F. Sanders., 2016. Dam-break flood model uncertainty assessment: case study of extreme flooding with multiple dam failures in Gangneung, South Korea .*Journal of Hydraulic Engineering . 142(5): 113-125.*

10- Lobovsky, L., Botia-Vera E., Castellana F., Mas-Soler J. and A. Souto-Iglesias. 2014. Experimental investigation of dynamic pressure loads during dam break. *Journal of Fluids and Structures. 48: 407-434.*

11- Marsooli, R. and Wu., W. 2014. 3-D finite-volume model of dam-break flow over uneven beds based on VOF method. *Advances in Water Resources. 70 (2014): 104-117.*

12- Naderkhanloo, V., Soudi, M., Hemmati, M., and S. Ahmad Hamidi. 2017. 3D Numerical simulation of dam-break flows with sediment transport over movable beds. *World Environmental and Water Resources Congress. May 21–25, Sacramento, California, USA. 161-170.*

13- Nguyen S. and D. Weston. 2013. Dam break for the dallas dam. *World Environmental and Water Resources Congress, Showcasing the Future. May 19-23, Cincinnati, Ohio, USA,. 1687-1697.*

14- Ritter, A. 1892. Die fortpanzung de wasserwellen. *zeitschrift verein deutscher ingenieure. 36(33): 947-954.*

15- Xu, W., Niu, Z. and X. Liang. 2011. Experimental Investigation of the Scouring of Quake Dams During Dam-break. *Journal of Earthquake and Tsunami, 5(5).*

16- Souze pour. A.. Shafaei Bajestan. M.. Sheykh rezazade Nikou. N... 2015. Experimental study of the effect of floor roughness on shear stress and vortex strength in a 90 sharp Bend of a rectangular