نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering

سال هفتم- شماره ۲۲- پاییز ۱۳۹۲ Vol. 7, No. 22, Fall 2013

گزارش فنی

بررسی آزمایشگاهی کارکرد سرریزهای با تاج شیبدار در یک قوس ۹۰ درجه

مریم عبداله پور[۱]، مهدی یاسی[۲]، جواد بهمنش[۳] و محمد واقفی [٤]

تاریخ دریافت: ۸۹/۹/۲۳ تاریخ پذیرش:۹۰/۱۰/۲۵

چکیده

احداث سرریز و سد انحرافی در محدوده قوس رودخانه در برخی شرایط اجتناب ناپذیر است. یکی از فرضیه ها جهت تغییر الگوی جریان و برقراری توزیع یکنواخت تر جریان در عرض قوس رودخانه، تساوی بده جریان در عرض تاج سرریز از طریق تغییر نیمرخ عرضی تاج سرریز از حالت افقی به حالت شیبدار است. این پژوهش به ارایه نظریه طرح تاج سرریز در قوس یک آبراهه پرداخته و با استفاده از بررسی آزمایشگاهی و کاربرد سرریزهای با تاج شیبدار با ۳ ارتفاع متغیر، ۳ شیب تاج متغیر و ۳ دبی متفاوت، به ارزیابی کارکرد سرریزهای لبه تیز با تاج شیبدار در یک آبراهه با قوس ۹۰ درجه می پردازد. نتایج نشان دادند که استقرار سرریزهای با تاج شیبدار در راستای مستقیم و ابتدای قوس مناسب نبوده و در محدوده قوس کانال تا مقطع ٦۰ درجه، استقرار سرریزهای لبه تیز با تاج شیبدار، کارکرد رضایت بخشی داشته اند. شیب مناسب برای تاج سرریز در محدوده $85^{o}>\theta>80^{o}$ بدست آمد. همچنین نتایج نشان داد که سرریزهای لبه تیز با تاج شیبدار در دبی های بالا تر و ارتفاع کوتاهتر سرریز(H=۲۰ cm)، توزیع متقارن تری از جریان را در عرض مقطع قوس، ایجاد کرده و مناسب تر می باشند.

کلمات کلیدی: *سرریز با تاج شیبدار، سرریز لبه تیز و قوس رودخانه*

مقدمه

سرریزها، سازه‌های هیدرولیکی ساده‌ای هستند که به منظور کنترل سطح آب و اندازه‌گیری جریا ن در کانال‌های آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱]. استفاده از سرریزها در بازه مستقیم رودخانه‌ها و کانال‌ها توصیه می‌شود و از کاربرد سرریزها در محدوده قوس آبراهه‌ها باید اجتناب گردد. در رودخانه‌ها به خاطر وجود تنش برشی زیاد در بستر و ناچیز بودن آن در سطح آزاد آب، سرعت جریان در نواحی بالایی نزدیک سطح آب زیاد می‌باشد، که این پدیده منجر به عدم یکنواختی نیمرخ سرعت در جهت قایم می‌شود. در اثر اندرکنش بین جریان‌های ثانویه و عدم یکنواختی نیمرخ قائم سرعت و جریان اصلی رودخانه، در عمل جریانی به نام جریان حلزونی تشکیل می‌شود که این الگوی جریان باعث ایجاد آشفتگی شدید جریان می‌شود. در برخی شرایط احداث سازه‌های آبی در محل قوس رودخانه اجتناب‌ناپذیر است که در این راستا رفتار هیدرولیکی جریان در قوس ها بایستی مورد مطالعه و کنکاش قرار گیرد. بلانکارت و والتر (۲۰۰۱) به بررسی الگوی جریان متوسط و آشفتگی در یک قوس ۱۲۰ درجه پرداختند. مطالعاتی نیز در راستای کاربرد سرریزها جهت بهبود الگوی جریان و نیز احیاء رودخانه‌ها صورت گرفته است. آنها سرریزهای V و W شکل را برای بهبود شرایط جریان در رودخانه‌ها توصیه کرده‌اند. بویان و همکاران (۲۰۰۷) مطالعات آزمایشگاهی را در یک آبراهه مارپیچی بستر متحرک با مقیاس بزرگ انجام دادند. آنها یک سرریز زیگزاگی را بلافاصله در پایین دست قوس قرار دادند. کلر (۱۹۸۹) مطالعاتی را بر روی مدل فیزیکی یک سرریز کرامپ ساخته شده با تاج شیبدار در مسیر مستقیم انجام داد. نتایج نشان داد که این سازه برای اندازه‌گیری دبی در نزدیکی قوس رودخانه مناسب بوده ولی از کاربرد آن در راستای مستقیم باید اجتناب نمود. پژوهش‌هایی در زمینه کارکرد سرریزهای جزئی (نظیر آبشکن‌ها) به منظور بهبود شرایط جریان برای کشتیرانی در قوس آبراهه‌ها صورت پذیرفته است. با احداث این نوع سرریزها جریانهای ثانویه کاهش یافته و جهت جریانی که از روی سرریز عبور می‌کند به صورت عمود بر موقعیت سرریز تغییر می‌کند. جولین (۲۰۰۰). وینکلر (۲۰۰۳) در آزمایشگاه هیدرولیک ساحلی مرکز توسعه و تحقیقات ارتش آمریکا و در یک گزارش فنی، روش ریاضی و استاندارد طراحی سرریزهای جزیی (نظیر آبشکن‌ها) واقع در قوس را با تعریف زاویه و محل قرارگیری آنها ارایه داد.

احداث سرریز و سدهای انحرافی در محدوده قوس رودخانه‌ها در بعضی شرایط اجتناب‌ناپذیر است. فرسایش و رسوب‌گذاری و کارکرد

۱ –دانشجوی سابق کارشناسی ارشد سازه‌های آبی ،دانشگاه ارومیه ،گروه مهندسی آب
۲– استادیار مهندسی رودخانه، دانشگاه ارومیه، گروه مهندسی آب
۳– استادیار مهندسی رودخانه، دانشگاه ارومیه، گروه مهندسی آب
٤– نویسنده مسئول، استادیار سازه‌های هیدرولیکی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر Vaghefi@pgu.ac.ir

نامتعادل دریچه‌های آبگیر در طرفین رودخانه، مشکلاتی را در مراحل بهره‌برداری پدید می‌آورد. هدف از این پژوهش، ارایه نظریه طرح تاج سرریز در قوس یک آبراهه و ارزیابی کارکرد سرریزهای با تاج شیبدار در قوس آبراهه می‌باشد و آزمون‌های تجربی جهت تعیین طرح بهینه تاج سرریز، با استقرار سرریزهای لبه تیز با تاج شیبدار، در بالادست پیچ به عنوان شاهد و در مقاطع ۰، ۳۰ و ٦۰ درجه انجام یافته است.

مواد و روشها

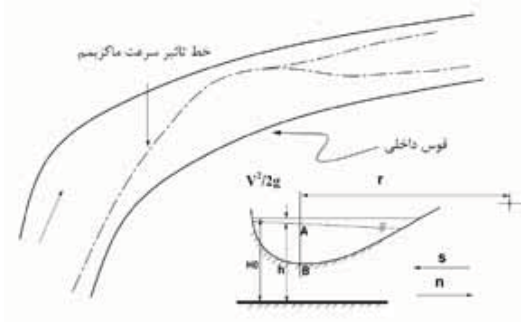
نظریه طرح سرریز با تاج شیبدار در قوس آبراهه

بر اساس تحلیل هندرسون (۱۹٦٦) و مطابق با شکل (۱-الف)، اگر شعاع انحنای خطوط جریان ترسیمی در صفحه افقی برای هر مقطع عمودی نظیر AB را به r نشان دهیم و n نیز فاصله‌ای به سمت پیچ خارجی باشد که در سرتاسر مقطع عرضی اندازه‌گیری می‌شود، با فرض توزیع هیدرواستاتیکی فشار و ناچیز بودن افت انرژی خواهیم داشت.

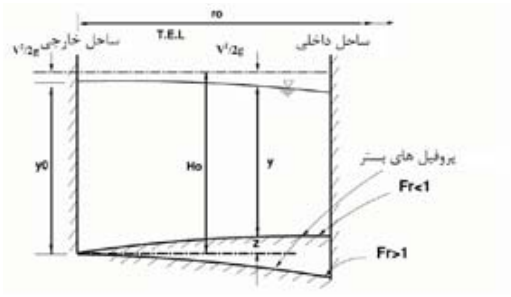
$$z = H_0 - \frac{V_0^2 r_0^2}{2gr^2} - \frac{qr}{V_0 r_0} \qquad (۱)$$

که در آن z ارتفاع بستر نسبت به سطح بستر در بالادست، V_0 و H_0 مقادیر سرعت و عمق در بالادست و r_0 شعاع خارجی پیچ است. با توجه به شکل (۱- ب) و مطابق رابطه (۲) در جریان زیربحرانی، کف باید به مقدار z بدست آمده از رابطه (۱) به سمت دیواره داخلی بالا رود.

$$\frac{dy}{dr} = -\frac{1}{1-F_r^2}\frac{dz}{dr} \qquad (۲)$$



الف

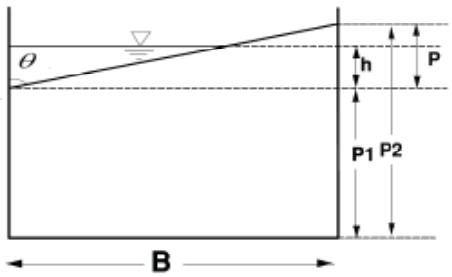


ب

شکل۱ - جریان در قوس یک آبراهه. (الف: نمایش عمومی جریان در قوس آبراهه؛ ب: نیمرخ عرضی کف و جریان در قوس)

چنانچه قوس آبراهه مطابق با معادله (۳) طراحی گردد، تلاطم موجود در جریان که باعث تغییر راستای خط حداکثر سرعت (شکل ۱- ب) می‌شود را تعدیل می‌کند. همچنین از آشفتگی امواج سطحی در قوس جلوگیری کرده و با ایجاد رشته‌های جریان موازی ساحل به بهبود الگوی جریان در قوس کمک می‌کند. بنابراین در شرایط جریان زیربحرانی با ایجاد افزایش ارتفاع در دیواره داخلی پیچ و ایجاد نیمرخ عرضی مطابق رابطه (۳) می‌توان به توزیع یکنواخت‌تر جریان در قوس آبراهه دست یافت [٤].

از آنجاییکه کف می‌تواند به صورت سرریزی با ارتفاع صفر عمل کند، با توسعه نیمرخ عرضی کف به تاج سرریز و با انتخاب ارتفاع P_1 برای دبی مشخص و ایجاد مقطع کنترل در محل سرریز، می‌توان به طرح تاج سرریزی با توزیع یکنواخت تر جریان در بالادست سرریز دست یافت. بدین ترتیب اثرات مخرب جریان‌های ثانویه، حمله جریان به پیچ خارجی و رسوب‌گذاری در دیواره داخلی، و مشکلات آبگیری نامتقارن ساحل چپ و راست رودخانه را به حداقل می‌رساند. با فرض شعاع انحناهای بزرگتر، افزایش و یا کاهش ارتفاع در پیچ داخلی را می‌توان خطی فرض کرد. شکل (۲)، نمایی شماتیک از سرریز شبیه‌سازی شده بر اساس این نظریه را نشان می‌دهد.



شکل ۲- مقطع سرریز لبه تیزبا تاج شیبدار

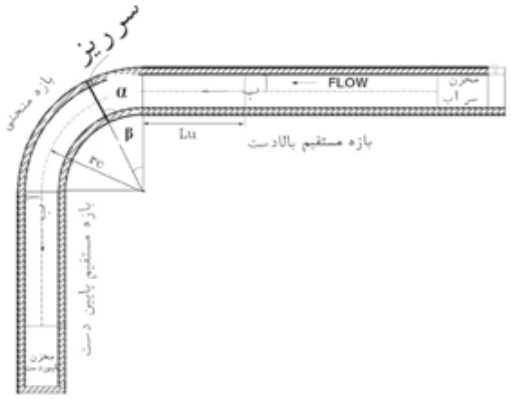
عامل‌های نشان داده شده در شکل (۲) عبارتند از:

ارتفاع کوچکتر سرریز در ضلع جانبی (P_1)، ارتفاع بزرگتر سرریز در ضلع جانبی دیگر (P_2)، تفاوت ارتفاع کوچکتر سرریز در ضلع جانبی و ارتفاع بزرگتر سرریز در ضلع جانبی دیگر (P)، عرض کانال (B) و بار هیدرولیکی در بالادست سرریز (h).

روش آزمایش

تمام آزمایشات در آزمایشگاه هیدرولیک کاربردی دانشگاه ارومیه انجام گرفته است. شکل(۳) پلان و هندسه کانال مورد نظر را نشان می دهد. کانال از جنس بتن مسلح بوده و پوشش داخلی آن از جنس سنگ پلاک کریستال اصفهان می باشد. این کانال از یک قسمت مستقیم به طول ۹ متر در بالادست و قسمت مستقیمی به طول ٦ متر در پایین دست تشکیل شده است که این دو مسیر مستقیم توسط یک قوس ۹۰ درجه با شعاع انحنای مرکزی ۳ متر به هم متصل گردیده است. نسبت شعاع انحنای مرکزی قوس به عرض کانال برابر ۳، عمق

کانال ۶۰ سانتیمتر و عرض آن برابر ۱ متر است. دبی جریان توسط دبی سنج صوتی و با دقت ۲٪ ± اندازه گیری شد. برای اندازه گیری سرعت، از یک سرعت سنج دوبعدی با حسگر الکترومغناطیسی با دقت ۵٪ استفاده شد و عمق جریان با استفاده از یک عمق سنج نقطه ای مکانیکی با دقت ۰/۱ میلیمتر برداشت گردید. آزمایشات با ۳ دبی ۴۵، ۶۰ و ۷۵ لیتر بر ثانیه تکرار گردید.



شکل ۳- پلان کانال مورد استفاده برای آزمایشات

بر اساس مطالعات انجام شده ضخامت برای سرریزهای مستطیلی لبه تیز ۲ میلیمتر پیشنهاد شده است. شکل (۲) مقطع عرضی سرریز با تاج شیبدار مورد استفاده در آزمایشات را نشان می دهد.

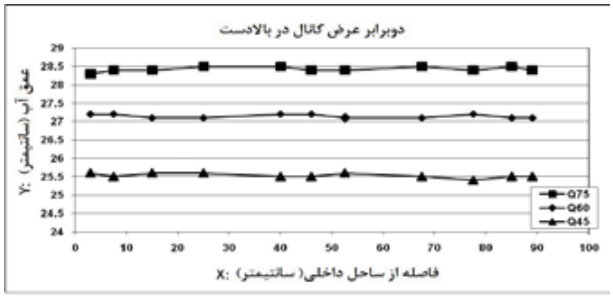
تعداد ۹ سرریز ، با سه ارتفاع متفاوت و سه شیب تاج مختلف در ٤ مقطع از کانال به شرح زیر قرار گرفتند:

دو برابر عرض کانال در بالادست، صفر، ۳۰، ۶۰ درجه قابل ذکر است مقطع معادل دو برابر عرض کانال در بالادست در فاصله ۱۸۶ سانتیمتر بالادست مقطع صفر درجه قرار دارد. یعنی جایی که به اندازه ۲ برابر عرض کانال با این مقطع فاصله دارد و به عنوان مقطعی در بالادست قوس است که تحت تاثیر اثرات ناشی از قوس قرار نمی‌گیرد. نیمرخ‌های عرضی سطح آب در مقطع کنترل، در ابتدای قوس و همچنین در بالادست قوس برداشت گردید. مقادیر سرعت متوسط در مقطع کنترل و در سه عمق ۰,۲Y، ۰,۶Y و ۰,۸Y، جهت دستیابی به سرعت متوسط و دبی برداشت گردید.

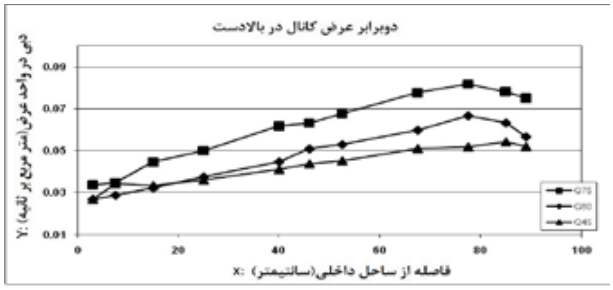
نتایج

ویژگی‌های جریان با استقرار سرریز با تاج شیبدار در مقطع معادل دو برابر عرض کانال در بالادست و صفر درجه

با توجه به ریزش آزاد آب از روی سرریزها، جریان تحت تاثیر پایین دست قرار نداشته و مقاطع دو برابر عرض کانال در بالادست و صفر درجه، نتایج تا حدودی مشابه را نشان دادند. شکل ٤، نیمرخ‌های عرضی سطح آب و دبی واحد عرض برای ارتفاع معلوم سرریز، در مقطع معادل دو برابر عرض کانال در بالادست را نشان می‌دهد. همانطوری که مشاهده می‌شود نیمرخ‌های عرضی سطح آب در حالت استقرار سرریزهای با تاج شیبدار در این مقطع، تاحدودی یکنواخت بوده و توزیع تاحدودی متقارن از سطح آب در عرض مقطع را نشان می‌دهند. عدم تقارن مقادیر دبی واحد عرض در مقطع کنترل، با استقرار سرریزهای با تاج شیبدار، مشاهده شده است و در نزدیکی ساحل راست افزایش چشمگیر بده جریان نسبت به ساحل چپ مشاهده می‌شود. این مطلب نشان‌دهنده کارکرد نامناسب سرریزهای لبه تیز با تاج شیبدار در این مقاطع می‌باشد. این نتایج برای ۹ سرریز با تاج شیبدار مستقر در این مقاطع مشابه بوده است.



(الف)

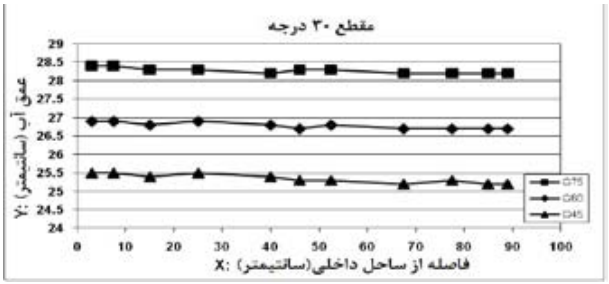


(ب)

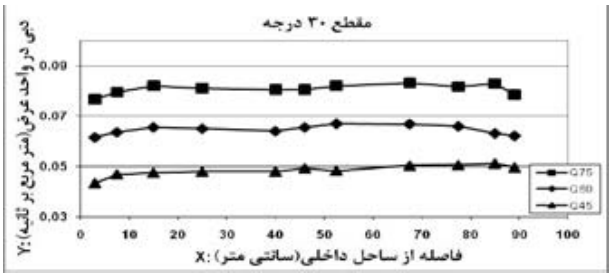
شکل٤- (الف) نیمرخ های عرضی سطح آب (ب) دبی واحد عرض برای ارتفاع معلوم سرریز، در مقطع دو برابر عرض کانال در بالادست خصوصیات جریان با استقرار سرریز با تاج شیبدار در مقطع ۳۰ و ۶۰ درجه

شکل ۵، نیمرخ‌های عرضی سطح آب و دبی واحد عرض را به طور نمونه برای یک ارتفاع معلوم سرریز، در مقطع ۳۰ درجه را نشان می‌دهد. بررسی نیمرخ‌های عرضی سطح آب نشان می‌دهد که سطح آب در حالت استقرار سرریزهای با تاج شیبدار در عرض غیر یکنواخت بوده است، بطوریکه سطح آب از حالت افقی خارج شده و در دیواره داخلی پیچ یا به عبارتی ساحل چپ کانال بالا آمده و در ساحل راست آن پایین می‌آید که می‌تواند به توزیع یکنواخت دبی واحد عرض کمک کند. به طور کلی در حالت استقرار سرریزهای با تاج شیبدار، تقارن مقادیر سرعت متوسط عمقی و همچنین تقارن مقادیر متوسط عمقی دبی واحد عرض در مقطع کنترل مشاهده می‌شود (بجز در دیواره‌ها که می‌تواند به دلیل تاثیر کناره و کشش سطحی ناشی از آن می‌باشد). می‌توان نتیجه گرفت که استقرار سرریزهای با تاج شیبدار در مقطع ۳۰ درجه توزیع متقارنی از دبی

واحد عرض را ایجاد کرده و این سرریزها با ایجاد یکنواختی در توزیع بده جریان در عرض، کارکرد مناسبی را از خود نشان دادند. مقایسه نتایج حاصل از استقرار سرریزهای با تاج شیبدار با ارتفاع P_2 متفاوت به ازای هر ارتفاع P_1، در این مقطع نشان داد که ارتفاع P_2 متوسط برای هر P_1 بهترین عملکرد را داشته و توزیع جریان در مقطع کنترل برای ارتفاع P_2 میانی یکنواخت‌تر است.



(الف)



(ب)

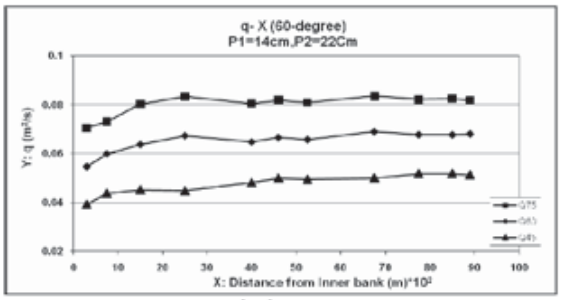
شکل۵- (الف) نیمرخ های عرضی سطح آب (ب) دبی واحد عرض برای ارتفاع معلوم سرریز

به طور کلی شیب تاج $85^o>\theta>80^o$ برای سرریزهای لبه تیز با تاج شیبدار بهترین عملکرد را داشته و به عنوان طرح برتر سرریز در این مقطع پیشنهاد می‌گردد. همچنین مقایسه نتایج حاصل از تکرار آزمایشات با ارتفاع P_1 متفاوت نشان داد که با افزایش ارتفاع P_1، توزیع جریان در عرض تقارن کمتری را نشان داده است و بنابراین کاربرد سرریزهای با ارتفاع کمتر پیشنهاد می‌شود.

شکل ٦ نیمرخ های عرضی دبی واحد عرض را برای ارتفاع معلوم سرریز، در مقطع ٦٠ درجه نشان می دهد. کارکرد سرریزهای با تاج شیبدار در این مقاطع نتایج مشابه با استقرار سرریزها در مقطع ٣٠ درجه را نشان دادند و توزیع متقارنی از جریان را در عرض مقطع نشان دادند و سرریزها عملکرد مناسبی را در این مقطع نیز نشان دادند.

نتیجه گیری

دستیابی به توزیع یکنواخت‌تر جریان در عرض قوس رودخانه و در طول تاج سرریز از طریق تغییر نیمرخ تاج سرریز امکان‌پذیر است. با توجه به نیمرخ عرضی مناسب برای کف بستر در محدوده قوس رودخانه و با انتخاب ارتفاع سرریز (P_1) برای دبی مشخص و ایجاد مقطع کنترل در محل سرریز، می‌توان به توزیع یکنواخت‌ترجریان در



(ج)

شکل ٦ - نیمرخ‌های عرضی دبی واحد عرض برای ارتفاع معلوم سرریز، در مقطع ٦٠درجه

بالادست سرریز دست یافت. بدین ترتیب استفاده مناسب از سرریزها در محل قوس رودخانه‌ها ممکن بوده، و شرایط برای آبگیری یکنواخت‌تر در دو سمت رودخانه برقرار می‌گردد. در این راستا، این بررسی با استقرار سرریزهای با تاج شیبدار در قوس یک آبراهه به ارزیابی کارکرد این سرریزها پرداخت. نتایج نشان دادند که در راستای مستقیم کاربرد سرریزهای با تاج شیبدار، توزیع متقارنی از بده جریان را در عرض مقطع نشان نداده و این سرریزها جهت کاربرد در راستای مستقیم پیشنهاد نمی‌شوند و در محدوده قوس کانال تا مقطع ٦٠ درجه، سرریزهای با تاج شیبدار مناسب بوده و سرریزهای با ارتفاع کمتر پیشنهاد می‌شوند. به طور کلی شیب تاج $85^o>\theta>80^o$ ، برای سرریزهای لبه تیز با تاج شیبدار بهترین عملکرد را داشته و به عنوان طرح برتر سرریز در این مقطع پیشنهاد می‌گردد.

منابع

1- Ackers, P., W.R. White, J.A. Perkins, and A.J.M. Harrison. , 1978, Chapter 4, pp 236-238

2- Bhuiyan, F., Hey, R. D. and Wormleaton P. R. 2007, Hydraulic Evaluation of W-Weir for River Restoration, J. Hydr. Engrg., ASCE, Vol. 133, No. 6, pp. 596-609.

3- Blanckaert, K., and Walter H.G. 2001, Mean flow and turbulence in open channel bend, J. Hydr. Engrg., ASCE, Vol. 127, No. 10, pp. 835-847.

4- Henderson, F.M. 1996, Open Channel Flow, Mc-Millan Pub. co. N.Y., pp. 250-259.

5- Julien, P.Y. 2000, River mechanics, Colorado State University, pp. 282-283.

6- Keller, R.J. 1989, Sloping Crest Crump Weir, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Vol. 115, No. 2, pp. 231-238.

7- Winkler, M.F. 2003, Defining Angle and Spacing of Bendway Weirs, Technical note, US Army Corps of Engineering.