

بررسی آزمایشگاهی ضریب دبی جریان در سرریزهای مورب لبه پهن

علی ولی خوجینی و سید محمدعلی احمدی

بترتیب دانشیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه آبیاری و آبادانی

دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش مقاله ۱۶/۱۰/۷۷

خلاصه

سرریز عبارتست از مانعی که بر سر راه جریان قرار گرفته و باعث شود عمق جریان بالادست افزایش یافته و سرعت جریان نیز ضمن عبور از روی آن افزوده گردد. این سازه در مسایل انتقال آب کاربرد فراوانی دارد. غالباً سرریزها به صورت عمود بر جهت جریان احداث می‌شوند لکن در مواردی از سرریزهای مورب (غیرعمود) بر جهت جریان نیز استفاده می‌شود. مهمترین کاربرد این سرریزها کنترل و کاهش نوسانات جریان عبوری از دهانه‌های آبگیر بدون دريچه تنظیم در رودخانه‌های فصلی با جریانه‌های متغیر میباشد. سرریزهای مورب لبه پهنی نسبت به سرریزهای عمود بر جریان طول بیشتری دارند که این افزایش طول و زاویه راستای آن با جهت جریان باعث بروز تفاوتی در رفتار هیدرولیکی و الگوی جریان این سرریزها می‌شود. در این تحقیق با استفاده از یک تحلیل ابعادی و ساخت یک مدل هیدرولیکی به بررسی ضریب تخلیه جریان سرریزهای مورب لبه پهن با مقطع مستطیلی پرداخته شده است. ضریب دبی این سرریزها تابعی است از کل بار آبی روی سرریز (H)، زاویه انحراف سرریز (α)، ارتفاع سرریز (P) و لبه سرریز در جهت جریان (B). بار آبی روی سرریز، زاویه انحراف سرریز و لبه سرریز در جهت جریان بعنوان پارامترهای متغیر این مطالعه در نظر گرفته شدند. جنس سرریزها از چوب و ابعاد کانال آزمایشگاهی معادل ۱۵ متر طول، ۱/۲ متر ارتفاع و ۶۰ سانتی متر عرض انتخاب گردید. از مهمترین نتایج اندازه‌گیریها و مشاهدات الگوی جریان می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود. با افزایش زاویه انحراف، ضریب شدت جریان این سرریزها وابستگی بیشتری به نسبت H/P پیدا می‌نماید و بر عکس هر چه زاویه کوچکتر شود، این وابستگی کمتر می‌گردد تا آنجا که در زاویه ۱۵ درجه و صفر درجه منحنی‌های رابطه C_d ، H/B و H/P بر هم منطبق می‌شوند. غالباً شدت جریان عبوری از سرریزهای مورب بیشتر از سرریزهای عمود بر جریان در شرایط یکسان می‌باشد. افزایش ضخامت سرریز تا حدود خاصی در ضریب تخلیه سرریز مؤثر بوده و از آن حد به بعد تأثیر چندانی در میزان این ضریب ندارد.

واژه‌های کلیدی: ضریب دبی، ضریب دبی جریان، سرریز مورب لبه پهن، سرریز لبه پهن، سرریز مورب، سرریز.

مقدمه

افزایش روزافزون جمعیت و محدود بودن منابع و مواد اولیه برای تولید، انسان متفکر را به سمت برنامه‌ریزی، مطالعه و تحقیق در جهت استفاده بهینه از این منابع سوق می‌دهد. در این میان اهمیت آب برای تولید، همگان مشهود است. اما متأسفانه این ماده

در همه جا به وفور یافت نمی‌گردد تا آنجا که محدودیت منابع آب باعث شده است که ایده استفاده از این منابع حیاتی بعنوان یک جنگ افزار در آینده‌ای نه چندان دور شکل و قوت گیرد. آلوده شدن آبهای سطحی و بیلان منفی آبهای زیرزمینی کشور بیانگر استفاده غیراصولی از این ماده ارزشمند برده و لزوم

آنها عبارتند از:

الف - کنترل و کاهش نوسانات جریان عبوری از دهانه‌های آبگیر بدون دریچه تنظیم آب که در رودخانه‌های فصلی با جریانهای متغیر احداث می‌شوند. به تعبیر دیگر چنانچه بخواهیم از آب رودخانه‌های فصلی در هنگام وقوع سیلاب که طبیعتاً شدت جریان تحت تأثیر بارندگی قرار دارند و مرتباً متغیر است، استفاده نماییم، می‌توان با طراحی واحداث بندهای انحرافی مورب بدون اینکه در دهانه آبگیر و کانال آب بر، سازه کنترلی نظیر دریچه و سرریز جانبی ایجاد نماییم یک آبگیری تقریباً ثابت انجام داد.

ب - در صورتی که از نقطه نظر ارتفاع دیواره‌های آبراهه، محدودیت وجود داشته باشد و یا در حالتی که برای اندازه‌گیری دبی جریان نتوان از سرریزهای عمود بر جریان استفاده نمود (بعلمت عرض کم کانال و نیاز به طول زیاد تاج سرریز، از سرریزهای مورب استفاده می‌گردد).

سابقه تحقیق

در زمینه ضریب دبی انواع مختلف سرریزها، مطالعات جامع تئوریک و آزمایشگاهی انجام گرفته است. ولی در رابطه با ضریب دبی جریان در سرریزهای مورب لبه پهن با مقطع مستطیلی مطالعه خاصی صورت نگرفته است. یک آنالیز ابعادی نشان می‌دهد که مقدار این ضریب بطور کلی تابعی است از زاویه انحراف سرریز (α)، نسبت کل بار آبی به بعد سرریز در جهت جریان یا ضخامت تاج سرریز (H/B)، نسبت کل بار آبی به ارتفاع سرریز (H/P). به عبارت دیگر:

$$C_d = f(\alpha, H/B, H/P) \quad (2)$$

پارامترهای H ، P ، B و α بطور شماتیک در شکل (۱) مشخص شده‌اند.

مواد و روشها

پارامترهای متغیر و تعداد آزمایشها

در این مطالعه زاویه انحراف با شش تیمار صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۷۵ درجه مورد بررسی قرار گرفته است. برای متغیر ساختن عامل بدون بعد H/B برای B (بعد سرریز در جهت جریان) هفت تیمار ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ سانتی‌متر انتخاب

برنامه ریزی صحیح و استفاده بهینه از منابع آب را گوشزد می‌نماید. خوشبختانه بحث استفاده بهینه از منابع آب در کشور ما به دلیل این باور که بایستی مایحتاج عمومی را تأمین نمود، مورد توجه قرار گرفته و قدمهای اولیه خوبی برداشته شده است. هر چند تا رسیدن به اهداف نهایی هنوز بایستی راهی طولانی پیموده شود.

در کشور ما عمده آب مصرفی در بخش کشاورزی، از طریق نزولات آسمانی تأمین می‌گردد و این نزولات بایستی به خوبی ذخیره و به محل مصرف انتقال داده شوند. با توجه به محدودیت منابع آب، مصرف صحیح و اندازه‌گیری شده آن اهمیت خود را بیش از پیش نشان می‌دهد. هر کجا صحبت از مصرف بهینه آب باشد، مبحث اندازه‌گیری آب یکی از مراحل مهم کار است. این فن از دیرباز مورد توجه مهندسان هیدرولیک بوده و روشهای متعددی در این زمینه ابداع شده است. این روشها بر اصول متفاوتی استوار بوده و هر کدام در شرایط خاصی کاربرد دارند.

موضوع این تحقیق به منظور بررسی تعیین ضریب شدت جریان (C_d) در سرریزهای مورب لبه پهن مستطیلی تعریف گردیده است. کلیه آزمایشها بر روی یک مدل هیدرولیکی در مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری وزارت جهاد سازندگی انجام گرفته است. هدف و کاربرد

سرریز (Weir) به هر مانعی اطلاق می‌گردد که بر سر راه جریان قرار گیرد و باعث شود که آب در پشت آن بالا آمده و سرعت جریان ضمن عبور از روی آن افزوده گردد.

هدف اصلی از تعریف تحقیق حاضر تعیین ضریب شدت جریان سرریزهای مورب لبه پهن می‌باشد تا بدین وسیله طراحان بتوانند از این ضریب در روابطی نظیر رابطه ذیل استفاده نمایند.

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3}} g C_d \times L \times H^{3/2} \quad (1)$$

که در آن:

Q = شدت جریان عبوری از سرریز مستطیلی، متر مکعب در ثانیه

H = کل بار آبی، متر

L = طول تاج سرریز، متر

g = شتاب ثقل، متر بر مجذور ثانیه

C_d = ضریب تخلیه یا شدت جریان سرریز می‌باشد.

سرریزهای مورب کاربردهای متعددی دارند که مهمترین

کوتاهتر شده تا بوسیله خود آنها زوایای دیگر بوجود آید. در واقع هفت سرریز اولیه بایستی کوتاه و بریده می‌شدند تا شش زاویه در نظر گرفته شده را بوجود آورند. اما بریدن سرریزها خالی از اشکال نبوده و تهیه سرریز با زاویه کوچکتر از سرریز با زاویه بزرگتر از خود مقدور نبوده و ناچاراً برای تکمیل سرریز با زاویه کوچکتر بایستی آن را مرمت نمود. شکل (۲) چگونگی این مطلب را نشان می‌دهد.

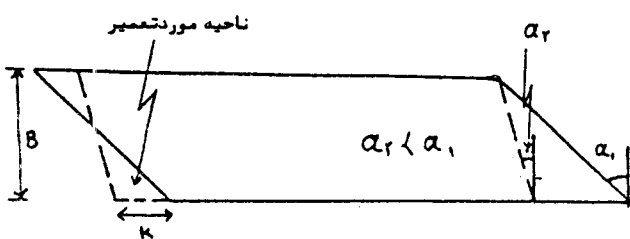
در این شکل خطوط پُر مربوط به سرریز اولیه و خص. چنیها مربوط به سرریز زاویه کوچکتر است که باید از سرریز اولیه ساخته شود و بعد K مقدار کمبود طول سرریز را نشان می‌دهد.

طول و ارتفاع کانال مورد آزمایش به ترتیب ۱۵ و ۱/۲ متر بوده که دیواره‌های آن آجری با پوشش بتنی نرم میباشد. جنس سرریزها از چوب بوده که برای تهیه آنها ابتدا یک چهارچوب محکم فراهم گردیده، سپس روی آن از فیبر پوشانیده شده و در ادامه کار سرریزها عایق بندی شدند.

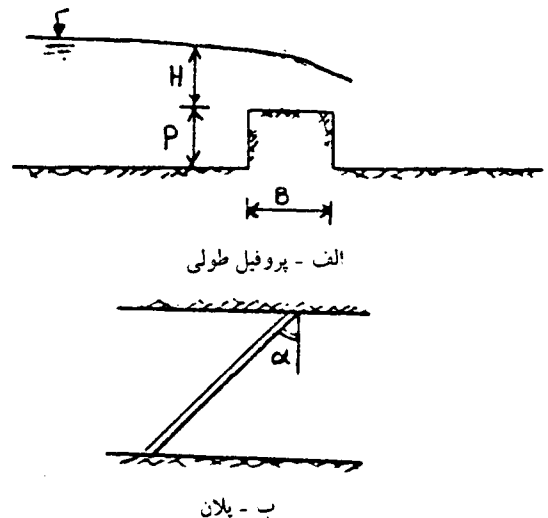
چگونگی انجام آزمایشها، محاسبات و یافته‌های آزمایشگاهی

در ابتدا به منظور حصول اطمینان از یکنواختی جریان در بالادست سرریزها، در دو مقطع بالا دست محل استقرار یک سرریز، یکی به فاصله ۶۰ سانتی متر و دیگری به فاصله پنج متری از آن روی نقاط یک شبکه بندی با میکرومولینه مقدار سرعت اندازه گیری شد. سپس توسط نرم افزار Surfer به صورت خطوط هم سرعت با استفاده از سرعت‌های اندازه گیری شده رسم گردید. نتایج نشان داد که این خطوط هم سرعت مشابه بوده و می‌توان ادعا نمود که در طول آزمایشها، جریان در بالادست سرریزها یکنواخت وبدون تغییر بوده است. شکل (۳) منحنی‌های هم سرعت در مقطع کانال به فاصله ۵ متر از مقطع سرریز را نشان می‌دهد.

برای اندازه گیری بار آبی معادل ارتفاع در پشت سرریزهای مورب از میله اندازه گیری با دقت ۰/۱ میلی‌متر استفاده گردید. نصب میله اندازه گیری در پشت سرریزهای مورب به فاصله دو تا سه برابر



شکل ۲ - تبدیل سرریزها با زاویه بزرگتر به زاویه کوچکتر



شکل ۱ - پروفیل طولی و پلان سرریز مورب لبه پهن

شده است.

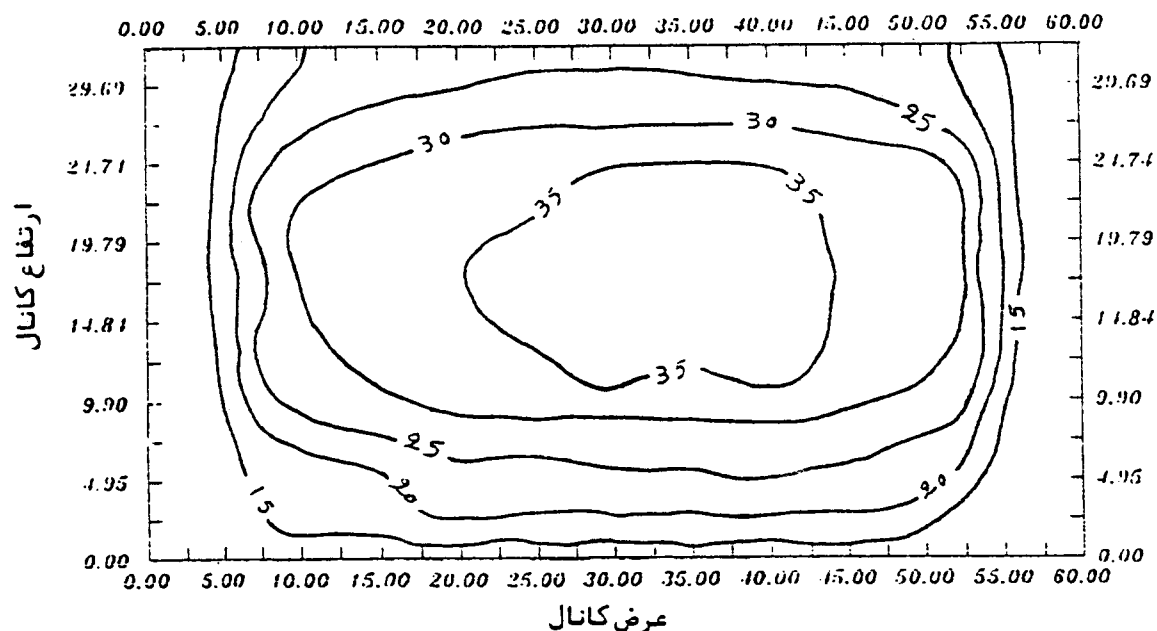
همچنین H یا کل بار آبی برای هر سرریز با ۲۰ تیمار مورد آزمایش و بررسی قرار گرفته است. برای متغیر ساختن عامل بدون بعد H/P به دلیل گسترده شدن آزمایشات، اندازه P مقدار ثابت ۱۵ سانتی متر برابر با حداقل مقدار توصیه شده (۷) در نظر گرفته و فقط به تغییرات H اکتفا گردیده است.

بنابراین تعداد کل سرریزهای ساخته شده $۶ \times ۷ = ۴۲$ مورد و تعداد کل ضریب تخلیه محاسبه شده $۴۲ \times ۲۰ = ۸۴۰$ مورد می‌باشد. مشخصات کانال و سرریزهای مورد استفاده

با مراجعه به توصیه‌های ذکر شده حداقل عرض آبراهه برابر با ۳۰ سانتی متر یا h_{max} و یا $B/5$ می‌باشد (۷). در این تحقیق عرض آبراهه با توجه به دلایل زیر ۶۰ سانتی متر در نظر گرفته شده است. الف - یک کانال به عرض ۶۰ سانتی متر در محل آزمایشگاه هیدرولیک مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری وزارت جهاد سازندگی موجود بوده و فقط بایستی تغییراتی در آن انجام می‌شد.

ب - این عرض کلیه توصیه‌های مربوط به عرض آبراهه را تامین می‌کرد.

به منظور تهیه سرریزها (۴۲ مورد) بایستی هفت سرریز (از جنس چوب) یا بعد B معادل ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی متر و با طول L (شکل ب ۱) که بزرگترین زاویه (۷۵ درجه) را ایجاد کند، ساخته می‌شد. سپس در مراحل بعدی همان هفت سرریز اولیه



شکل ۳- منحنی های هم سرعت در مقطع کانال به فاصله ۵ متر از سرریز

نسبت به H/P پیدا می کند و برعکس هر چه زاویه کوچکتر شود وابستگی این ضریب به نسبت فوق کمتر می شود بطوری که در زاویه ۱۵ درجه و صفر درجه منحنی های رابطه C_d ، H/B و H/P بر هم منطبق می شوند.

چنانچه توصیه های لازم جهت رفع محدودیتهای استفاده از این سرریزها در نظر گرفته شود (۷) شدت جریان عبوری این سرریزها همواره بیشتر از شدت جریان عبوری از سرریزهای عمود بر جریان در شرایط یکسان می باشد. نمودارهای شکل (۵) درصد افزایش شدت جریان سرریزهای مورب نسبت به سرریزهای عمود بر جریان را نشان می دهد.

افزایش ضخامت سرریز در امتداد جریان (B) در ضریب تخلیه جریان این سرریزها تا حدود خاصی موثر است و از آن حد بیشتر، تأثیری در مقدار این ضریب نخواهد داشت.

نتیجه گیری

مهمترین نتایج و یافته های آزمایشگاهی این تحقیق را می توان در بندهای ذیل خلاصه نمود؛

۱ - ضریب شدت جریان (C_d) در سرریزهای مورب لبه پهن تابعی از زاویه انحراف سرریز (α) و عوامل بدون بعد H/P و

H_{max} (حدود ۶۰ سانتی متر) انجام گرفت. به منظور اندازه گیری شدت جریان یک سرریز مثلثی نیز در بالادست سرریز مورب نصب شده که رابطه بکار گرفته شده برای تعیین شدت جریان در سرریز مثلثی به صورت زیر می باشد:

$$Q = \frac{1}{3365} (h_1 + 0.00082)^{2/5} \quad (3)$$

که در آن h_1 بار آبی معادل ارتفاع در بالادست سرریز می باشد.

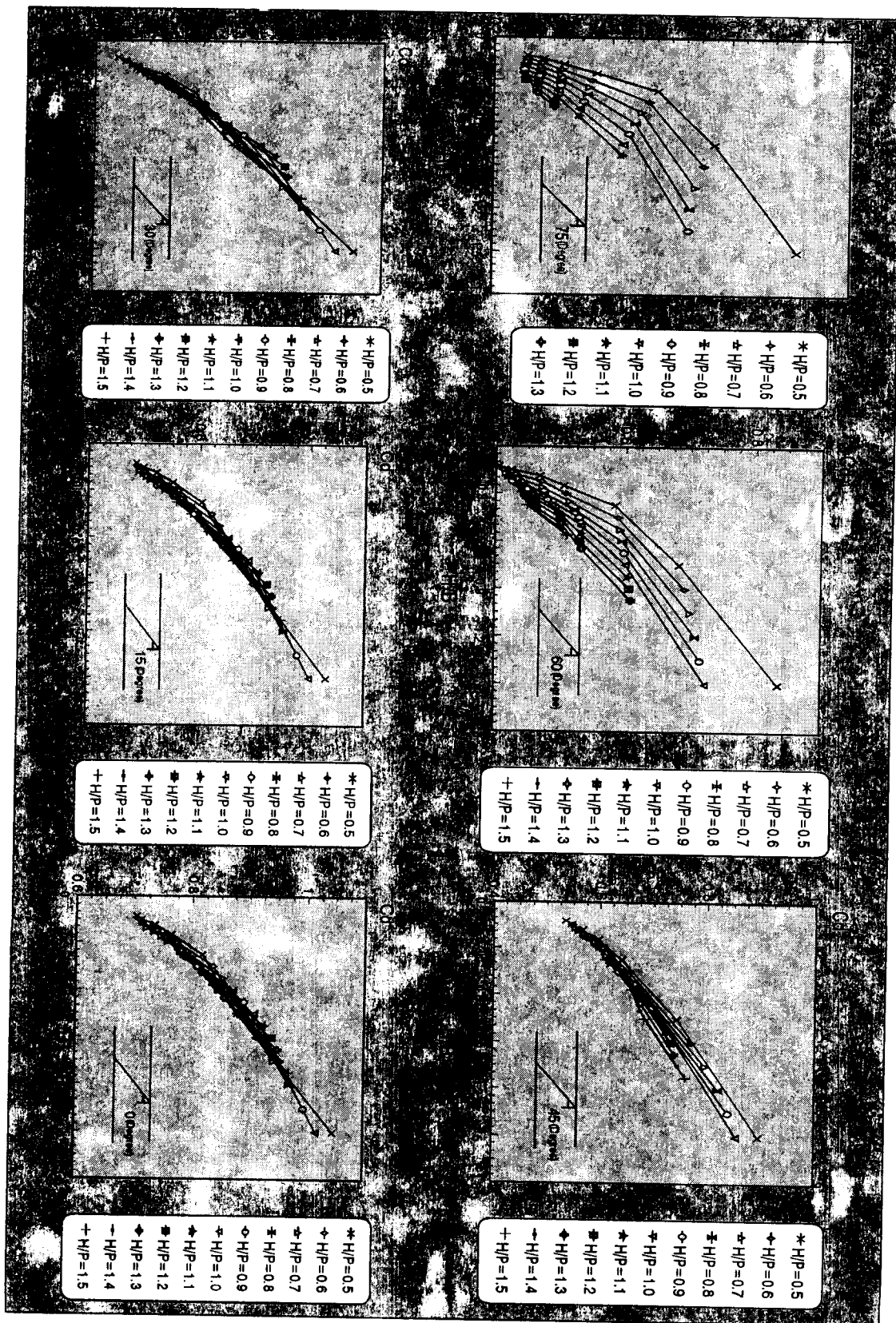
به منظور تأمین فشار اتمسفر در محفظه هوای ایجاد شده در پایین دست سرریز بخصوص در شدت جریانهای زیاد از لوله هوا استفاده گردید.

با توجه به قرائتهای میله اندازه گیری از سرریز مثلثی (h_1) و سرریز مورب (h)، شدت جریان (Q)، سرعت عبور آب در کانال (V)، بار آبی معادل سرعت (h_v)، کل بار آبی (H)، نسبت H/B و نهایتاً C_d از رابطه زیر محاسبه شده است.

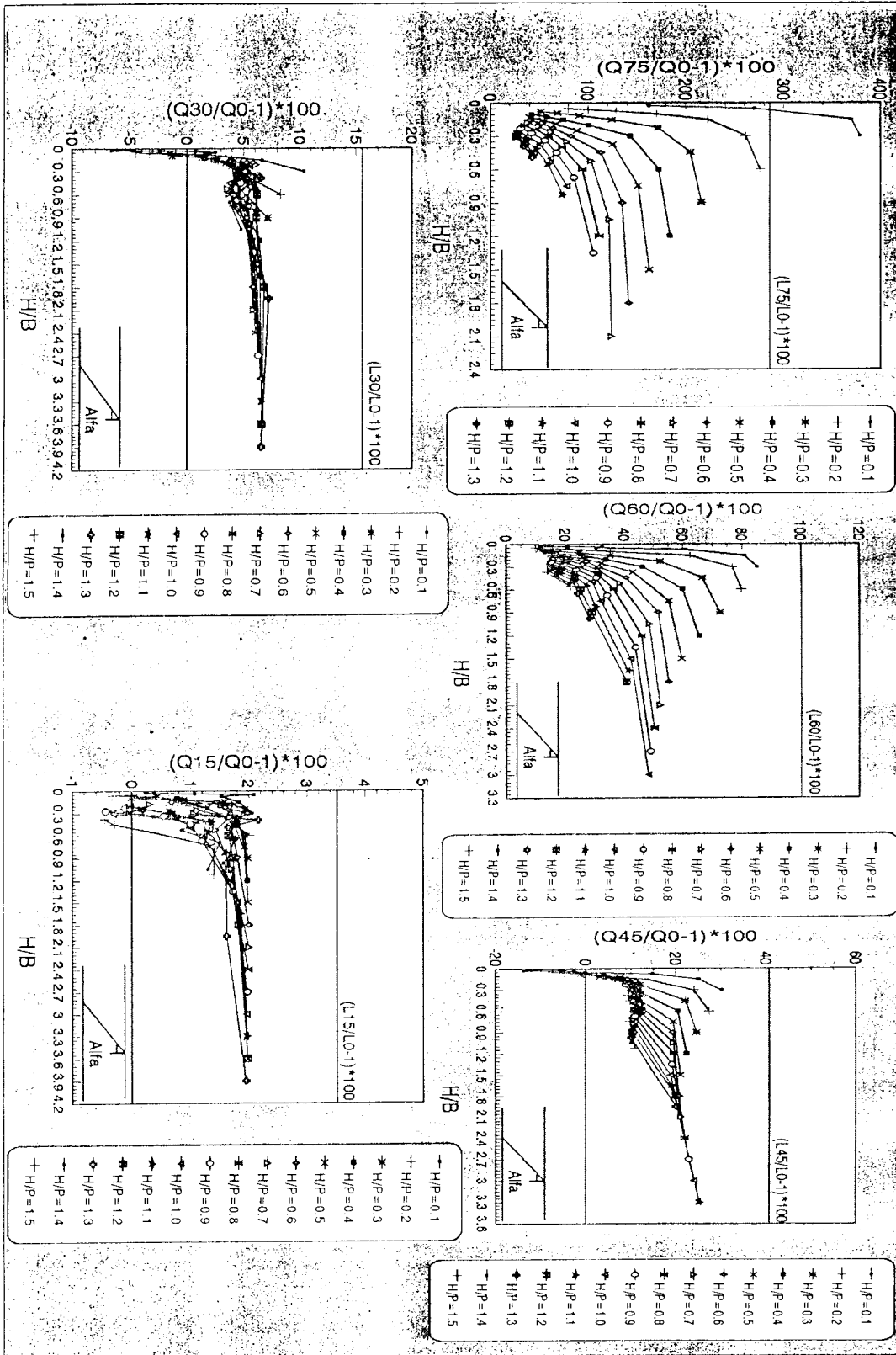
$$C_d = \frac{Q \times \cos \alpha}{\sqrt{2/3} \sqrt{2/3} g L_x H^3/2} \quad (4)$$

در شکل (۴) رابطه بین H/P ، H/B و C_d این سرریز هادر زوایای مختلف انحراف نشان داده شده است.

مهمترین نتیجه ای که از این نمودارها بدست می آید این است که با افزایش زاویه انحراف ضریب شدت جریان وابستگی بیشتری



شکل ۴ - رابطه بین H/B ، H/P و C_d سرریز مورب در زوایای مختلف انحراف



شکل ۵ - نمودارهای درصد افزایش شدت جریان سرریزهای عمود بر جریان

(چسبیده به دیوار آبراهه) با یکدیگر اختلاف عمده دارند. پروفیل متغیر خطوط جریان در طرفین سرریزهای مورب باعث متغیر بودن عمق بحرانی و دبی ویژه جریان در روی این سرریزها می‌گردد. در سرریزهای عمود بر جریان پروفیل مذکور یکنواخت می‌باشد.

ب - به دلیل تفاوت‌های پروفیل جریان در طرفین سرریزهای مورب اگر چنانچه به فاصله مساوی از سرریز، دهانه آبگیر در طرفین سرریز تعبیه شود، مقدار آبگیری متفاوت خواهد بود.

ج - منحنی سرعت جریان در امتداد محور سرریز مورب بر خلاف سرریزهای عمود بر جریان دارای محور تقارن نیست.

د - به دلیل مورب بودن سرریز بخصوص در شدت جریانهای کم محفظه هوای پائین دست سرریز مورب بطور خودکار هواگیری می‌شود.

ه - به علت تغییر جهت خطوط جریان در روی سرریز مورب، آب در پائین دست روی دیواره آبراهه ریخته می‌شود. بنابراین نحوه طراحی حوضچه آرامشی این سرریزها با حوضچه‌های آرامش سرریزهای عمود بر جریان متفاوت خواهد بود.

H/B است. این توابع به صورت نمودارهایی در شکل ۴ ارائه گردیده است که در طراحی این سازه هیدرولیکی کاربرد قابل توجهی خواهد داشت.

نمودارهای فوق نشان می‌دهند که با افزایش زاویه انحراف سرریز ضریب شدت جریان وابستگی بیشتری به نسبت H/P پیدا می‌کند و برعکس هر چه زاویه انحراف کوچکتر شود وابستگی این ضریب به نسبت H/P کمتر می‌گردد و بطوری که در زاویه انحراف صفر و ۱۵ درجه منحنی‌های رابطه C_d ، H/B و H/P بر هم منطبق شده و به یک منحنی تقریب می‌شوند.

۲ - میزان جریان عبوری از سرریزهای مورب نسبت به سرریزهای عمود بر جریان در شرایط یکسان بیشتر است. در واقع حاصلضرب ضریب تخلیه جریان در طول تاج سرریز در سرریزهای مورب بیشتر از سرریزهای عمود بر جریان می‌باشد.

۳ - خصوصیات جریان از روی سرریزهای مورب و عمود بر جریان با یکدیگر تفاوت‌هایی دارند. این تفاوتها عبارتند از:

الف - پروفیل خطوط جریان در طرفین سرریز مورب

REFERENCES

مراجع مورد استفاده

- ۱ - ابریشمی، ج. و س. م. حسینی. ۱۳۷۲. هیدرولیک کانالهای باز. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).
- ۲ - افشار، ع. و غ. ر. نیک صفت. ۱۳۷۲. طراحی سازه‌های هیدرولیکی سدهای کوچک. انتشارات دانشگاه علم و صنعت.
- ۳ - مقصودی، ن. الف. و ص. کوچک‌زاده. ۱۳۷۱. هیدرولیک کانالها. جلد اول.
- ۴ - نجمایی، م. ۱۳۶۹. هیدرولیک کاربردی. انتشارات دانشگاه علم و صنعت.
- ۵ - س. م. برقی، م. ر. جلیلی قاضی‌زاده. ۱۳۷۲. مجموعه مقالات پژوهشی شریف.
6. Ackers, P. 1980. "Weirs and Flumes For Measurement, John Wiley.
7. Bos M.G., 1976, "Discharge Measurment Structures"; International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen; The Netherlands, PP 121-153.
8. Brater, E.F. and King, H.W. 1976, Handbook of Hydraulics, McGraw-Hill.
9. French, R.H. 1986, Open- Channel Hydraulic New York, McGraw-Hill.
10. Henderson, F.M. 1966, Open- channel Flow, McGraw- Hill.
11. Kindsvater, C.E. and Carter, R.W.C. 1957. "Discharge characteristics of Rectangular Thin Plate Weirs" Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Hydraulics Division, Vol. 83, No. Hy 6, December. PP. 1453.
12. Ramamurth , A.S. et al..., 1987, "Flow Over Sharp Crested Plate Weirs", American Society of Civil Engineers, Journal of Irrigation Engineering, Vol. 113, No.2.
13. Streeter, Victor L. and Benjamin Wylie 1981 "Fluid Mechanics" Seventh Edition. PP.357 - 362, McGraw - Hill International Book Company.

Determination of Discharge Coefficient In Oblique Broad-Crested Weir

A. V. KHOJEINI AND M. A. AHMADI

Associate Professor and Former Graduate Student Irrigation and Reclamation
Engineering Department, College of Agriculture,
University of Tehran, Karaj, Iran.

Accepted 6 Jan. 1999

SUMMARY

Weirs are structures that have applications in water conveyance systems. Usually, weirs are constructed normal to the flow direction. Otherwise, they are called oblique weirs. The length of the oblique weirs are longer than the normal ones. The oblique weirs are essentially different from the normal weirs from hydraulics point of view because of having a longer length and different angle. One of the main hydraulic features is the relationship between total head and the discharge passing through the weir. In this equation the flow passing over the weir (Q) is directly proportional to the total head (H) multiplied by discharge coefficient (C_d). Therefore, $Q \propto C_d \cdot H^k \cdot L$. In the above relationship K is an exponent depending on the type of weir. A dimensional analysis shows that the coefficient C_d is a function of several factors. For a rectangular broad crested weir the relationship can be written as below: $C_d = f(\alpha, H/B, H/P)$ Where α is the angle of declination, H is the total head, P is the height of weir and B is the width of weir in the flow direction. In this study the total number of conducted experiments are 42. The results are presented in the form of the figures.

Keywords: Discharge Coefficient, Flow Discharge Coefficient, Broad - Crested Oblique weir, Broad - Crested weir, Oblique weir & Weir.