

Laboratory Investigation of Hydraulic Performance of Grate Inlets in Urban Storm Water Networks

F. Mosapour¹, B. Shafiei Sabet^{2*}
and S.A. Moussavi³

Abstract

In the past decades many cities in northern parts of Iran which are located in the temperate climate have frequently experienced intense rainfalls, the adverse effects of which were flooded streets, pedestrian and vehicle traffic problems, and damage to the public and private properties. One of the causes of this situation is the hydraulic performance and clogging of grate inlets in storm water networks. In this article, hydraulic performance of common grate inlets in urban storm water networks and the impact of strap angle in discharge coefficient and hydraulic efficiency are studied. Longitudinal and transverse arrangements of straps were used and in grate inlet 5 different angles of straps and two conduit main cross slopes were arranged. Also to evaluate the effect of flow rate in flow interception 6 different discharge rates were employed in this research. The results of 120 series of experiments showed that the longitudinal arrangement of straps have higher discharge coefficients and hydraulic efficiencies than the traverse arrangements. The increase in the discharge values in longitudinal arrangement of inlets for no and 2 percent cross slopes were 52 and 70 percent, respectively. Although the strap angle has a negligible impact on the discharge coefficient, result showed a higher discharge coefficient for the strap angle of 45 degree in condition of no cross slope. Also the increase in discharge would reduce the grate inlet hydraulic performance.

Keywords: Urban Flood, Straps Grate Inlets, Straps Angle, Discharge Coefficient, Hydraulic Performance.

Received: May 22, 2016

Accepted: December 30, 2016

بررسی آزمایشگاهی عملکرد هیدرولیکی دهانه‌های آبگیر مشبک تسمه‌ای در شبکه‌های سیلاب‌بروی شهری

فرخنده موسی پور^۱، بهنام شفیعی ثابت^{۲*}
و سیدعلی موسوی^۳

چکیده

در دهه‌های گذشته بسیاری از شهرهای شمالی ایران به دلیل قرار گرفتن در اقلیم معتدل همواره در معرض بارندگی‌های شدید قرار داشته‌اند که از مهم‌ترین اثرات نامطلوب آن‌ها آب‌گرفتگی معابر شهرها، اختلال در عبور و مرور عابرین پیاده و وسایل نقلیه و ورود خسارت به اموال عمومی و خصوصی بوده است. یکی از علل بروز آب‌گرفتگی، عملکرد هیدرولیکی نامناسب دهانه‌های آبگیر در شبکه سیلاب‌برو و انسداد و گرفتگی آن‌ها است. در این مقاله عملکرد هیدرولیکی دهانه‌های آبگیر مشبک تسمه‌ای رایج در شبکه‌های سیلاب‌برو شهری و اثر زاویه قرارگیری تسمه‌ها بر ضریب تخلیه و راندمان هیدرولیکی مورد بررسی قرار گرفته است. دهانه آبگیر مشبک در دو آرایش تسمه‌های طولی و عرضی ساخته شده و در ورودی آبگیر مشبک از ۵ زاویه مختلف تسمه و دو شیب عرضی مجرای اصلی استفاده شد. همچنین اثر شدت جریان بر میزان آبگیری با اعمال ۶ دبی مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج ۱۲۰ آزمایش نشان داده است که آرایش طولی تسمه‌ها نسبت به آرایش عرضی ضریب تخلیه و راندمان هیدرولیکی بیشتری داشته و میزان افزایش ضریب تخلیه در آبگیرهای تسمه‌ای طولی نسبت به تسمه‌ای عرضی در دو وضعیت بدون شیب عرضی و با شیب عرضی ۲ درصد، به ترتیب ۵۲ و ۷۰ درصد می‌باشد و اگرچه زاویه قرارگیری تسمه‌ها تأثیر ناچیزی بر ضریب تخلیه دارد، زاویه تسمه ۴۵ درجه در میان آبگیرهای تسمه‌ای طولی و عرضی عملکرد بهتری دارد. همچنین با افزایش دبی، راندمان هیدرولیکی آبگیرهای مشبک کاهش می‌یابد.

کلمات کلیدی: سیلاب شهری، دهانه آبگیر مشبک تسمه‌ای، زاویه قرارگیری تسمه‌ها، ضریب تخلیه، راندمان هیدرولیکی.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۳/۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۱۲/۱۰

1-MSc Student, Department of Hydraulic Structures, Guilan University, Iran
2-Assistant Prof., Water Engineering Department, Guilan University, Iran.
Email: behnamshafiei@yahoo.com
3-Assistant Prof., Water Engineering Department, Guilan University, Iran
*- Corresponding Author

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی دانشگاه گیلان
۲- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه گیلان
۳- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه گیلان
*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان اسفند ۱۳۹۶ امکانپذیر است.

هیدرولیکی و توانایی خودتمیزی هستند. به منظور اصلاح عملکرد آبیگرها، ملاحظات زیست‌محیطی و افزایش ایمنی دوچرخه‌سوران در راه حل با انجام آزمایش‌های متعدد پیشنهاد گردید، اولین راه‌حل کاهش فاصله‌ی بین تسمه‌ها و دیگری چرخاندن تسمه‌ها با زاویه‌ی ۴۵ تا ۹۰ درجه نسبت به افق بود. از آنجایی که گزینه‌ی اول منجر به کاهش راندمان هیدرولیکی و انسداد گردید لذا گزینه‌ی چرخاندن تسمه‌ها با زاویه ۴۵ درجه انتخاب شد.

Gomez and Russo (2009) آزمایش‌هایی را بر روی انواع دهانه‌های آبیگر طولی رایج در فرودگاه‌ها، پارک‌ها و معابر پیاده جهت تعیین معادلات تجربی بر اساس عدد فرود و عمق جریان و اصلاح طراحی این نوع از سازه‌های زهکشی را انجام دادند. Almedeij et al. (2006) تأثیر فاکتور گرفتگی بر روی انواع دهانه‌های آبیگر مشبک ساده و مرکب قرار گرفته در مناطق پست خیابان‌های شهر کویت و اصلاح طراحی‌ها بر اساس فاکتور گرفتگی را مورد بررسی قرار دادند.

گروه تحقیقاتی فلومن آزمایش‌های متنوعی برای تعیین راندمان هیدرولیکی چند نوع از دهانه‌های آبیگر رایج و آبیگرهای عرضی در آزمایشگاه هیدرولیک UPC در مقیاس واقعی با استفاده از یک فلوم که قادر به شبیه‌سازی رفتار جاده و سازه‌های زهکشی تحت شرایط سیلابی بوده، انجام دادند. نتایج تحقیقات Gomez et al. (2013) نشان داده است که با افزایش شیب طولی و دبی جریان راندمان هیدرولیکی کاهش می‌یابد و راندمان آبیگرهای عرضی برای شیب‌های طولی ۱۰ درصد و دبی واحد طول ۶۶/۷ تا ۱۰۰ لیتر بر ثانیه بر متر بین ۱۵ تا ۵۰ درصد می‌باشد که در مقایسه با آبیگرهای جاگذاری شده در کناره‌های جاده عملکرد بهتری دارند.

برای برآورد راندمان هیدرولیکی آبیگرهای مشبک، دو روش HEC-22 و UPC ارایه گردید. HEC-22 یک روش نیمه‌نظری برای طراحی آبیگرهای مشبک و تعیین راندمان هیدرولیکی آن‌ها است که توسط اداره فدرال بزرگراه‌های آمریکا توسعه یافت اما UPC یک روش تجربی برای طراحی آبیگرها و تعیین راندمان آن‌ها است که توسط دانشگاه صنعتی کاتالونیا ارایه گردید. به منظور ارزیابی راندمان هیدرولیکی دو نوع مختلف از آبیگرهای مشبک قوطی و یک آبیگر جدول آبرو که در ناحیه کلرادو مورد استفاده قرار گرفته است مدل‌هایی با مقیاس ۱:۳ با شیب طولی (۴-۵/۰) درصد، شیب عرضی (۲-۱) درصد، عمق (۱۵-۱/۰) متر و طول (۶/۴-۱) متر ساخته شد. نتایج حاصله نشان داد که راندمان هیدرولیکی برای آبیگرهای قوطی شکل

تحولات هیدرولوژیکی ناشی از شهرسازی و تغییر کاربری اراضی حوزه‌های شهری از میزان سطوح نفوذپذیر کاسته و حجم رواناب را افزایش می‌دهد. از جمله سطوح نفوذناپذیر سطوح روکش‌شده‌ی شهری، بام ساختمان‌ها، سطوح خیابان و پارکینگ‌ها هستند که منجر به تبدیل بخش بیشتری از بارندگی به رواناب سطحی می‌گردند. حاصل تمامی این تغییرات بهبود زهکشی حوضه، کوتاه‌شدن زمان تمرکز و افزایش دبی پیک سیلاب حوضه است و در نتیجه بارندگی با تداوم کمتر و شدت زیاد باعث تشکیل جریان سیلابی بر روی خیابان می‌گردد (Mozafari, 2010). با تشکیل جریان سیلابی بر روی خیابان، در صورتی که دهانه‌های آبیگر رایج در شبکه‌های سیلابی از ظرفیت جذب مناسبی برخوردار نباشد، توسعه‌ی پارامترهای هیدرولیکی جریان سیلابی از قبیل عمق و سرعت جریان باعث اختلال در حرکت وسایل نقلیه و عابرین پیاده می‌شود. همچنین این مسئله می‌تواند بر تصادفات به علل کاهش مقاومت و لیز خوردن همچنین کاهش دید به دلیل پاشش آب تأثیر گذار باشد (Gomez and Russo, 2007).

از دهانه‌های آبیگر به منظور جمع‌آوری رواناب سطحی خیابان و انتقال به سیستم زیرزمینی استفاده می‌شود. اختلال در عملکرد این دهانه‌ها در اثر نامناسب بودن هندسه آبیگرها، هیدرولیک مجاری سیلابی و اثرات انسداد به وسیله رسوبات و اجسام شناور موجب کاهش راندمان هیدرولیکی آن‌ها می‌شود و باعث می‌شود شرایط واقعی آن‌ها کاملاً متفاوت با شرایط ایده‌ال گردد در نتیجه بارندگی‌هایی با تداوم کمتر و شدت بیشتر می‌تواند باعث تجاوز آبگرفتگی از حد مجاز و اختلال در عبور و مرور گردد. از جمله دهانه‌های آبیگر رایج در شبکه سیلابی دهانه‌های آبیگر مشبک تسمه‌ای است که متشکل از یک گشودگی در کف جویچه خیابان است و در جایی که گرفتگی توسط آشغال‌های انباشته شده مسئله‌ساز نباشد، مؤثر و کارآمد هستند. از آنجایی که نسبت جریان جذب شده توسط دهانه آبیگر به کل جریان در جویچه را راندمان هیدرولیکی آبیگر گویند در آبیگرهای مشبک راندمان بستگی مستقیم به ارتفاع آب روی صفحه مشبک، ابعاد، شکل، فاصله بین تسمه‌ها، سرعت جریان و شیب جویچه دارد (Afshar, 2010).

نخستین طراحی‌ها و کارهای آزمایشگاهی انجام شده بر روی انواع آبیگرهای مشبک در سال ۱۹۴۹ در ایالت متحده آمریکا در فلومی به طول ۹ متر و عرض ۰/۹۰ متر با ساخت مدل‌هایی از انواع دهانه‌های آبیگر مشبک با آرایش طولی، عرضی و متقاطع با مقیاس ۱:۱ انجام شد. نتایج Woo and Sterling Jones (1974) نشان داده است که آبیگرهای مشبک با آرایش طولی تسمه‌ها دارای بیش‌ترین راندمان

مطالعات گذشته بیانگر فقدان تحقیقات کافی در مورد خصوصیات جریان آبگیر مشبک بر ضریب تخلیه آبگیرهای مشبک است. در این مقاله تأثیر پارامترهایی نظیر آرایش تسمه‌ها، زاویه قرارگیری تسمه‌ها و نیز شیب عرضی مجرای اصلی بر ضریب تخلیه مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین تأثیر دبی بر راندمان هیدرولیکی دهانه‌های آبگیر مشبک تسمه‌ای نیز بررسی شده است.

۲- روش تحقیق

۲-۱- آنالیز ابعادی

در مدل‌سازی جریان بر روی یک آبگیر مشبک، مهم‌ترین هدف تعیین مقدار دبی منحرف شده در شرایط مختلف جریان در کانال اصلی است. یکی از مشخصه‌های هیدرولیکی دهانه آبگیر، ضریب تخلیه است. با فرض برقراری جریان دائمی و ثابت بودن خصوصیات سیال رابطه ذیل بین پارامترهای موثر بر ضریب تخلیه آبگیر در حالت تعادل به صورت زیر است:

$$C_d = f(\rho, \mu, g, y_1, S, V_1, L, B, \varphi, a, \psi) \quad (1)$$

در این رابطه، ρ جرم مخصوص سیال، μ لزجت سیال، g شتاب ثقل، y_1 عمق جریان در بالادست آبگیر، S شیب جویچه در جهت جریان، V_1 سرعت جریان در بالادست دهانه آبگیر، L طول آبگیر، B عرض آبگیر، φ ابعاد تسمه‌ها، a فاصله بین تسمه‌ها، ψ تابع شکل سطح مقطع میله‌ها می‌باشد. با استفاده از تئوری باکینگهام می‌توان رابطه بالا را به صورت بدون بعد نوشت:

$$C_d = f\left(\frac{\mu}{V_1 L \rho}, \frac{g y_1}{V_1^2}, \frac{y_1}{L}, \psi, \frac{\varphi}{L}, \frac{B}{L}, \frac{a}{L}, S, V_1\right) \quad (2)$$

$$C_d = \left(\frac{\mu}{V_1 L \rho}, \psi, \frac{\varphi}{L}, \frac{B}{L}\right) \quad (3)$$

با صرف نظر کردن از پارامترهای ثابت رابطه ۳ رابطه به صورت زیر برای بررسی ضریب تخلیه آبگیر نوشته می‌شود (Masjedi and Taeedi, 2014):

$$C_d = \left(\frac{1}{Fr_1}, \frac{y_1}{L}, \frac{a}{L}, S\right) \quad (4)$$

که در این رابطه عدد فرود جریان در بالادست دهانه آبگیر است.

۲-۲- نحوه انجام مدل‌سازی

به منظور انجام آزمایش‌ها در این تحقیق از یک مدل فیزیکی استفاده شد. برای ساخت مدل فیزیکی از کانالی با اسکلت فلزی و دیواره‌هایی

حدود ۱۵ درصد بیشتر و آبگیرهای جدول آبرو حدود ۸/۶ درصد کمتر نسبت به راندمان محاسبه شده توسط روش HEC-22 می‌باشد. به منظور بهبود پیش‌بینی راندمان هیدرولیکی، روش‌های اصلی HEC-22 اصلاح و معادلات تجربی جدیدی با توجه شرایط جریان توسعه یافت (Comport and Thornton, 2012).

مقایسه بین دو روش HEC-22 و UPC نشان داد که هر دو روش در محدوده‌ی دبی (۰-۰/۱۲) مترمکعب بر ثانیه نتایج مشابهی داشتند و برای دبی‌های بیشتر HEC-22 نسبت به UPC راندمان هیدرولیکی بیشتری را برآورد می‌کند (Russo and Gomez, 2014).

از دهانه‌های آبگیر مشبک قوطی به صورت گسترده در بزرگراه‌های شهر دنور استفاده شده است. به منظور تعیین ضریب تخلیه مناسب و بهترین زاویه‌ی قرارگیری (Compor et al. (2012) آزمایش‌هایی در دانشگاه کلرادو با ساخت مدل‌هایی با مقیاس ۱:۳ و بر اساس تشابه فرود و با زاویه استقرار آبگیر ۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درجه انجام دادند. نتایج نشان داد با افزایش زاویه‌ی استقرار آبگیر دبی جریان به داخل آن افزایش یافته است. ضریب تخلیه نیز برای زاویه‌های ۰ تا ۱۰ درجه از معادله‌ی روزنه به دست می‌آید و برای زاویه‌های ۲۰ تا ۳۰ درجه از معادله‌ی سرریز تبعیت می‌کند.

در شهر بارسلونا اسپانیا برای دهانه‌های آبگیری شبکه سیلابرو از دهانه‌های شبکه‌ای مشبک استفاده می‌شود که از نظر ساختار دارای چهار نوع مختلف است. تیپ ۱ این دهانه‌ها دارای آرایش مربعی و ابعاد (۹۹/۵ | ۱۴۷/۵) سانتی‌متر، تیپ ۲ با آرایش مورب و ابعاد (۱۵۰ | ۹۹/۵) سانتی‌متر، تیپ ۳ با آرایش مورب و ابعاد (۱۰۰ | ۱۵۰) سانتی‌متر و تیپ ترکیبی L شکل که از اتصال تیپ ۳ تشکیل شده است، می‌باشد. به منظور ارزیابی راندمان هیدرولیکی این دهانه‌های شبکه‌ای مشبک در شرایط سیلابی، آزمایش‌هایی با شیب طولی (۱۰-۰) درصد و شیب عرضی (۴-۰) درصد و دبی (۱۵۰-۲۵) لیتر بر ثانیه توسط گروه هیدرولیک UPC انجام گرفت. نتایج حاصله نشان داد که برای شیب‌های طولی کمتر از یک درصد، تیپ ۱ و برای شیب‌های طولی بیشتر از یک درصد تیپ ۲ و ۳ راندمان بالاتری دارند اما به طور کلی تیپ L شکل نسبت به نوع ۱ و ۲ و ۳ از راندمان هیدرولیکی بالاتری با اختلاف حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ درصد برخوردار هستند و برای استفاده در شهر بارسلونا توصیه شده‌اند (Gomez valentin and Russo, 2007).

انتهای آن با قرار گرفتن یک سرریز مثلثی مطابق شکل ۲ جریان جذب شده اندازه‌گیری می‌شود. کانال کوتاه تحتانی به عرض ۴۶ سانتی‌متر و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر دارای یک سرریز مثلثی ۹۰ درجه هم‌عرض کانال تحتانی و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر می‌باشد. در ابتدای آزمایش، این سرریز به روش حجمی با برقراری ۶ دبی مختلف کالیبره شد. علاوه بر اندازه‌گیری دبی در فلوم اصلی و کانال تحتانی، عمق آب در بالادست دهانه آبگیر مشبک توسط عمق‌سنج سوزنی قرائت گردید. پنج زاویه قرارگیری تسمه در دو آرایش طولی و عرضی منجر به ساخت ۱۰ آبگیر مشبک تسمه‌ای شکل ۳ گردید. بررسی مقایسه‌ای عملکرد هیدرولیکی هریک از دهانه‌های آبگیر در دو حالت کانال اصلی بدون شیب عرضی و با شیب عرضی دو درصد برای شش دبی مختلف ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ لیتر بر ثانیه انجام گرفت. در واقع در هریک از این آزمایشات عمق جریان در بالادست محل نصب دهانه آبگیر، دبی منحرف شده و دبی کل اندازه‌گیری شد و داده‌های خام برای ۱۲۰ سری آزمایش به‌دست آمد. با توجه به شرایط جریان سیلابی همواره در تمامی جریان‌ها عدد فرود بزرگتر از ۱ و نوع جریان فوق‌بحرانی بوده است و عمق نرمال ایجاد شده بر روی دهانه‌های آبگیر از عمق بحرانی کمتر بوده لذا برای محاسبه ضریب تخلیه دهانه‌های آبگیر از معادله سرریز (Mays, 2010) استفاده گردیده است.

از جنس شیشه شفاف به طول ۸ متر و عرض ۹۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱ متر در آزمایشگاه هیدرولیک گروه مهندسی آب دانشگاه گیلان استفاده گردید. مدل‌سازی دهانه‌های آبگیر بر اساس تشابه فرود و با مقیاس ۱:۲ با شیب کف مجرای صفر و شیب عرضی ۰ و ۲ درصد و در محدوده دبی ۲۵ تا ۴۰ لیتر بر ثانیه انجام شد. برای ایجاد واریانت‌های مختلف جهت انجام آزمایش، تعداد ۱۰ سازه کف مشبک به ابعاد ۲۵ در ۳۰ سانتی‌متر با آرایش طولی و عرضی تسمه‌ها در ۵ زاویه قرارگیری تسمه ۰ و ۲۰ و ۳۰ و ۴۵ و ۶۰ درجه ساخته شد. همانطوری که در تصویر فلوم آزمایشگاهی استفاده شده در شکل ۱ نشان داده شده طول ۴ متر از کانال در بالادست محل نصب آبگیر مشبک به میزان ۴۰ سانتی‌متر بالا آورده شد و به صورت دو طبقه ساخته شد تا امکان ریزش جریان بر روی آبگیر مشبک و هدایت آن به مجرای لوله‌ای و کانال فرعی شیشه‌ای ساخته شده در امتداد آن فراهم گردد. به منظور اجتناب از دخالت آشفتگی‌ها بر روی جریان منحرف شده توسط دهانه آبگیر که در ورودی کانال ایجاد می‌گردد آبگیر مشبک در فاصله ۲/۵ متری از ابتدای کانال آزمایشگاهی نصب گردید. در کلیه آزمایش‌ها پس از تنظیم دبی، بخشی از جریان آب از دهانه آبگیر مشبک خارج و وارد لوله و کانال فرعی می‌شود. پس از مدتی از شروع آزمایش، پروفیل سطح آب در طول آبگیر مشبک تثبیت شده است. در پایین‌دست کانال اصلی پس از عبور جریان جذب شده از یک مجرای لوله‌ای، کانال تحتانی با جداره شیشه‌ای ساخته شد که در



Fig. 1- Laboratory flume
شکل ۱- فلوم آزمایشگاهی



Fig. 2– Measuring the absorbed flow with triangular weir
 شکل ۲- اندازه‌گیری جریان جذب شده با سرریز مثلثی

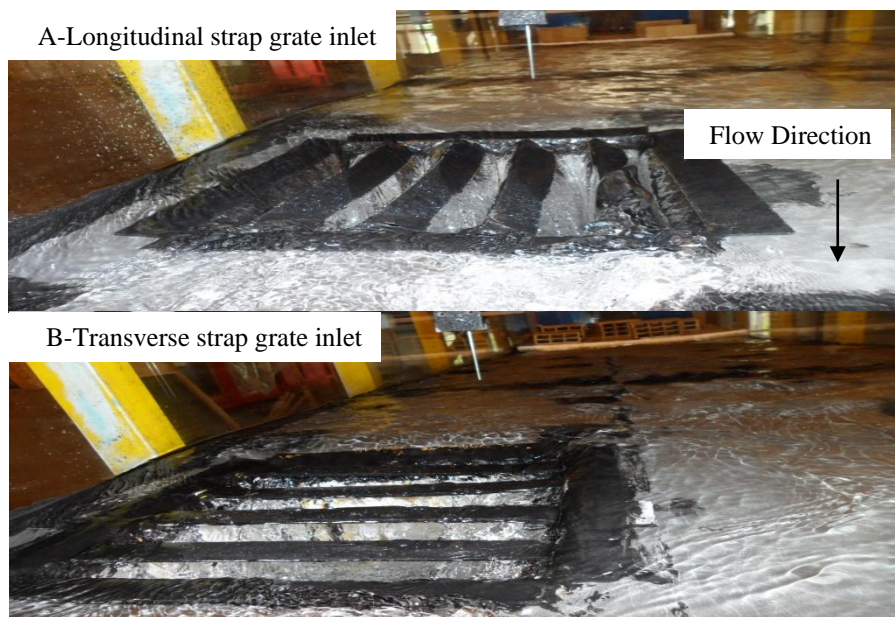


Fig. 3– Strap grate inlets
 شکل ۳- دهانه‌های آبگیر تسمه‌ای

می‌باشد. لازم به ذکر است مقدار P برای حالتی که جویچه بدون جدول کناری می‌باشد از رابطه زیر محاسبه شده است:

$$P = 2W + 2L \quad (۶)$$

در این رابطه W عرض دهانه آبگیر و L طول دهانه آبگیر می‌باشد. بر اساس مشخصات هندسی دهانه آبگیر P مورد استفاده برای این

برای محاسبه ضریب تخلیه رابطه زیر مورد استفاده قرار گرفته است (Mays, 2010):

$$Q_i = C_w P d^{1.5} \quad (۵)$$

در این رابطه، Q_i ظرفیت جذب آبگیر، C_w ضریب تخلیه، P محیط خیس شده دهانه آبگیر، d عمق جریان در بالادست دهانه آبگیر

آزمایشات ۱/۱ می‌باشد. برای محاسبه راندمان هیدرولیکی دهانه‌های آبگیر از رابطه زیر استفاده شده است:

$$E = \frac{Q_i}{Q} \quad (7)$$

که در آن Q دبی کل در جویچه می‌باشد.

۳- نتایج و تحلیل نتایج

۳-۱- اثر زاویه قرارگیری تسمه‌های آبگیر مشبک در ضریب تخلیه

ضریب تخلیه کلیه آبگیرهای مشبک تسمه‌ای طولی و عرضی برای هر دو وضعیت با شیب عرضی و بدون وجود آن بر اساس رابطه ۵ و با رگرسیون خطی تعیین گردیده است. نمودار شکل ۴ ضریب تخلیه آبگیرهای مشبک تسمه‌ای با آرایش طولی در دو وضعیت بدون شیب عرضی و با شیب عرضی را نشان می‌دهد. نتایج نمودار بیانگر این است که ضریب تخلیه برای آبگیر تسمه‌ای طولی به ترتیب ۰/۷۹۸۵ و ۰/۸۳۹۷ می‌باشد. همچنین برای آبگیرهای تسمه‌ای عرضی شکل ۵ این ضریب را در وضعیت بدون شیب ۰/۵۲۴۶ و با اعمال شیب عرضی ۰/۴۹۴۶ نشان می‌دهد. ضرایب تخلیه دهانه‌های آبگیر مشبک تسمه‌ای در هر دو وضعیت با شیب عرضی و بدون شیب عرضی در جدول ۱ آمده است. از آنجایی که در آبگیرهای تسمه‌ای طولی خطوط جریان به موازات تسمه‌ها و در آبگیرهای تسمه‌ای عرضی خطوط جریان عمود بر تسمه‌ها می‌باشد بررسی مقایسه‌ای ضریب تخلیه بین

این دو نوع دهانه آبگیر با آرایش طولی و عرضی و زاویه قرارگیری مختلف تسمه نشان می‌دهد که تمامی آبگیرهای تسمه‌ای طولی از ضریب تخلیه بیشتری نسبت به آبگیرهای تسمه‌ای عرضی برخوردار هستند و در حالت بدون شیب عرضی زاویه تسمه ۴۵ درجه در میان آبگیرهای تسمه‌ای طولی و عرضی به دلیل دارا بودن ضریب تخلیه بیشتر بهترین زاویه نسبت به بقیه زوایا می‌باشد. البته این اختلاف در زاویه قرارگیری تسمه‌ها و تأثیر آن بر ضریب تخلیه چندان معنادار نیست. همچنین نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که با اعمال شیب عرضی ضریب تخلیه در آبگیرهای تسمه‌ای طولی افزایش و در آبگیرهای تسمه‌ای عرضی کاهش می‌یابد. در کاهش ضریب تخلیه آبگیر تسمه‌ای عرضی می‌توان به تشکیل یک ورقه نازک آب بر روی تمام دهانه‌ی ورودی آبگیر و عدم ورود جریان آب به داخل دهانه‌ی ورودی آبگیر اشاره کرد که به دنبال آن ظرفیت جذب جریان توسط آبگیر عرضی کاهش یافته است در حالی که در آبگیرهای تسمه‌ای طولی چنین پدیده‌ای مشاهده نشده است.

۳-۲- تأثیر دبی بر راندمان هیدرولیکی دهانه‌های آبگیر مشبک تسمه‌ای با شیب عرضی + و ۲ درصد

نتایج اندازه‌گیری‌ها و محاسبات نشان می‌دهد که با افزایش دبی، راندمان هیدرولیکی دهانه‌های آبگیر مشبک با زاویه قرارگیری مختلف تسمه کاهش می‌یابد.

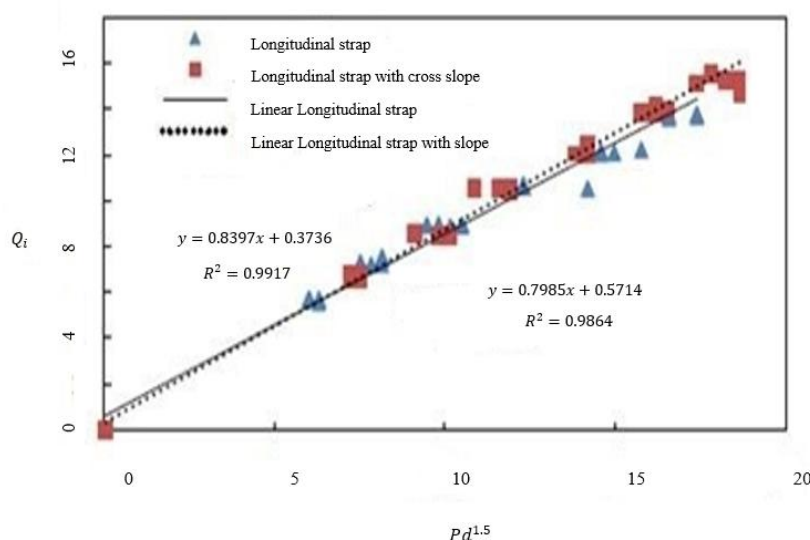


Fig. 4- Determination of discharge coefficient in longitudinal strap inlets

شکل ۴- تعیین ضریب تخلیه آبگیرهای تسمه‌ای طولی

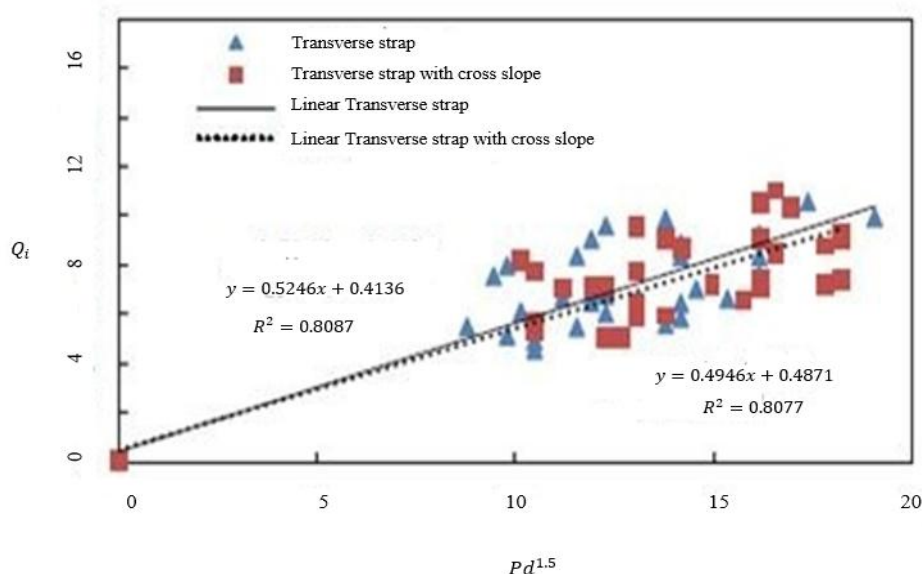


Fig. 5– Determination of discharge coefficient in transverse strap inlets

شکل ۵- تعیین ضریب تخلیه آبگیرهای تسمه‌ای عرضی

Table 1- Discharge coefficient of different types of strap grate inlets

جدول ۱- ضریب تخلیه انواع دهانه‌های آبگیر مشبک تسمه‌ای

Type of grate inlet	C _w coefficient	C _w coefficient with 2% cross slope
Degree 0 longitudinal strap	0.8295	0.8119
Degree 20 longitudinal strap	0.8524	0.7491
Degree 30 longitudinal strap	0.8159	0.8157
Degree 45 longitudinal strap	0.8470	0.8227
Degree 60 longitudinal strap	0.8561	0.8104
Degree 0 transverse strap	0.6156	0.5461
Degree 20 transverse strap	0.4088	0.4344
Degree 30 transverse strap	0.4288	0.4620
Degree 45 transverse strap	0.4933	0.5944
Degree 60 transverse strap	0.5572	0.5954

تحقیقاتی اداره فدرال حمل و نقل و بزرگراه‌های امریکا منطبق است (Woo and Sterling Jones, 1974).

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق آزمایش‌هایی به منظور بررسی تأثیر خصوصیات جریان بر روی ضریب تخلیه دهانه‌های آبگیر مشبک تسمه‌ای طولی و عرضی انجام گرفت. متغیرهای مؤثر زاویه قرارگیری تسمه‌ها، شیب عرضی و دبی جریان در بالادست آبگیر مشبک در نظر گرفته شده است. در وضعیت بدون شیب عرضی، مقایسه ضریب تخلیه بین آبگیرهای تسمه‌ای طولی نشان داده است که زاویه تسمه ۴۵ درجه در مقایسه با زوایای ۰، ۲۰، ۳۰، ۶۰ درجه با ضریب تخلیه ۰/۸۲۳ بهترین زاویه می‌باشد.

این کاهش راندمان در هر دو وضعیت بدون شیب عرضی مجرای اصلی و با اعمال شیب عرضی ۲ درصد در تمامی آبگیرهای مشبک مشاهده شده است. شکل‌های ۶ و ۷ تأثیر دبی بر راندمان هیدرولیکی دهانه‌های آبگیر مشبک تسمه‌ای با آرایش طولی و عرضی و بدون شیب عرضی را نشان داده است. کاهش راندمان هیدرولیکی با افزایش دبی را می‌توان به پدیده آب‌پروازی ناشی از سرعت زیاد جریان نسبت داد. همچنین اعمال شیب عرضی باعث بهبود راندمان هیدرولیکی تمامی دهانه‌های آبگیر مشبک تسمه‌ای گردیده است. در واقع با اعمال شیب عرضی عمق جریان در کناره مجرای اصلی به بیشترین مقدار خود می‌رسد که این عمق اصلی‌ترین پارامتر بر ظرفیت جذب آبگیرهای مشبک است و منجر به افزایش راندمان هیدرولیکی آن می‌گردد. نتایج حاصل با تحقیقات (Gomez and Russo (2007) و گزارشات

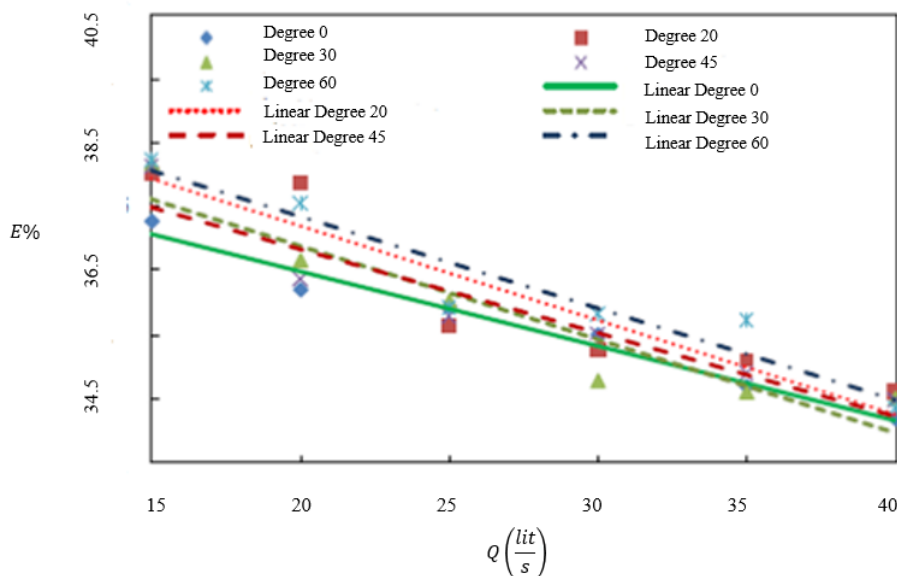


Fig. 6– Discharge– hydraulic efficiency relationship in longitudinal strap inlets (without cross slope)

شکل ۶- رابطه دبی- راندمان هیدرولیکی آبگیر تسمه‌ای طولی بدون شیب عرضی

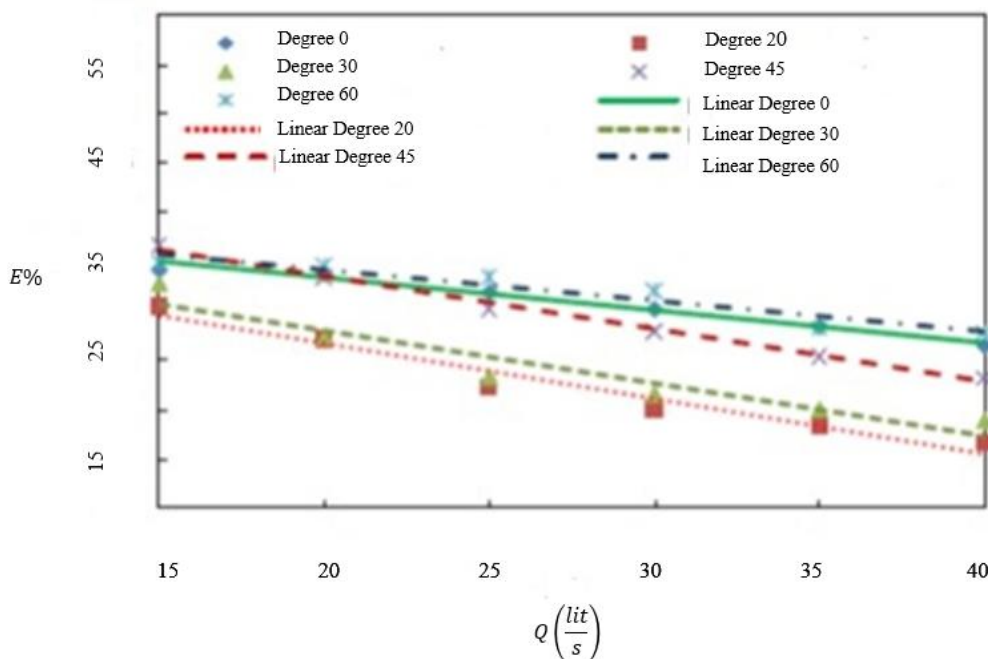


Fig. 7– Discharge– hydraulic efficiency relationship in transverse strap inlets (without cross slope)

شکل ۷- رابطه دبی- راندمان هیدرولیکی آبگیر تسمه‌ای عرضی بدون شیب عرضی

زاویه‌ی بهینه و ایده‌آل در وضعیت بدون شیب عرضی برای تمامی آبگیرهای تسمه‌ای با آرایش طولی و عرضی می‌توان در نظر گرفت. با افزایش دبی سرعت جریان افزایش یافته و به دنبال آن با وقوع پدیده آب‌پروازی ظرفیت جذب آبگیر کاهش و در نتیجه راندمان هیدرولیکی آبگیرهای تسمه‌ای طولی و عرضی کاهش می‌یابد. همچنین می‌توان

در آبگیرهای تسمه‌ای عرضی نیز زاویه تسمه ۴۵ درجه در مقایسه با زاویه‌ای ۶۰،۳۰،۲۰،۰ درجه با ضریب ۰/۵۹۴ مناسب‌ترین زاویه می‌باشد. بنابراین، آبگیرهای تسمه‌ای طولی از ضریب تخلیه بیشتری نسبت به آبگیرهای تسمه‌ای عرضی برخوردار هستند و زاویه تسمه ۴۵ درجه نسبت به بقیه زوایا به دلیل داشتن ضریب تخلیه بیشتر به عنوان

Compor B, Cox A, Thornton C (2012) Performance assessment of grate inlets for highway median drainage. Colorado State University Darly B Simonis Building at Engineering Research Center for Collins, Report NO. 50523

Comport B, Thornton C (2012) Hydraulic efficiency of grate and curb inlets for urban storm drainage. Journal of Hydraulic Engineering 138:878-884

Gomez M, Russo B (2009) Hydraulic efficiency of continuous transverse grates for paved areas. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 135:225-230

Gomez Valentin M, Russo B (2007) Hydraulic efficiency of macro inlets. The sixth International Conference Novatech, Flumen Research Group and Technical University of Catalonia, Barcelona, 1157-1164

Larry WM (2010) Water resource engineering. Wiely, Chapter16, 628-668p

Russo B, Gomez M (2014) Discussion of hydraulic efficiency of grate and curb inlets for urban storm drainage. Journal of Hydraulic Engineering 140:121-122

Russo B, Gomez M, Tellez J (2014) Methodology estimate hydraulic efficiency of nontested continuous transvers rates. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 139:864-871

Woo DC, Sterling Jones J (1974) Hydraulic characteristics of two bicycle safe grate inlet designs. Federal Highway Administration, Offices of Research and Division, 1974 November, Washington, Report No. FHWA-RA-74-77

با اعمال شیب عرضی مجرا راندمان هیدرولیکی آبگیرهای تسمه‌ای طولی و عرضی را به‌دلیل فراهم نمودن عمق بیشتر در محل آبگیری و افزایش ظرفیت کشش دهانه‌های آبگیر بهبود داد.

۵- مراجع

Afshar A (2010) Guidelines for design and application of surface and ground water drainage system for road, railroad and airport. Transportation Research Institute Press, 180p (In Persian)

Bina K, Maghrebi MF, Abrishami J (2012) Experimental investigation of discharge coefficient in mesh panel bottom intakes. Journal of Water and Wastewater 1:24-33 (In Persian)

Razaz M, Maghrebi MF (2008) Experimental investigations on hydraulic parameters of bottom rack intakes. Journal of Faculty of Eng 36(3):24-35 (In Persian)

Masjedi A, Taedi A (2014) Laboratory study of channel slope and rod diameter effect on intake discharge coefficient under rack floor condition. Journal of Water and Soil Science 18(67):301-308 (In Persian)

Mozafari GA (2010) Urban hydrology. Yazd University Press, 173p (In Persian)

Almedeij J, Alsulaili A, Alhomoud J (2006) Assessment of grate sag inlets in a residential area based on return period and clogging factor. Journal of Environmental Management 79:38-42