

برآورد آزمایشگاهی رابطه فراآب در پایه پل دایره‌ای و گرده ماهی شکل با در نظر گرفتن پارامترهای موثر

صبا نیک خواه^۱، نصرت اله امانیان^{۲*}، فاطمه عوض پور^۳

۱- کارشناس ارشد مهندسی عمران- آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده عمران، دانشگاه یزد

۲- استادیار مهندسی عمران- آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده عمران، دانشگاه یزد

۳- دانشجوی دکتری مهندسی عمران- آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده عمران، دانشگاه یزد

* namanian@yazd.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۹/۳/۳۱

تاریخ دریافت: ۹۸/۶/۲

چکیده

با احداث پل در مسیر رودخانه معمولاً عرض طبیعی رودخانه کاهش یافته و مانعی در برابر جریان به وجود می‌آید که سبب می‌شوند عمق آب در بالادست پایه بیشتر از عمق نرمال شود. این افزایش عمق را فراآب می‌نامند. بدین منظور در این پژوهش به کمک مدل آزمایشگاهی و بکارگیری پایه پل‌هایی با سطح مقطع دایره‌ای و گرده ماهی شکل، آثار عدد فرود، میزان تنگ شدگی مسیر جریان (σ)، تاثیر زاویه پایه نسبت به جریان، شکل پایه و نسبت طول به ضخامت پایه را روی پدیده فراآب بررسی کرده است. با بررسی عدد فرود در تنگ‌شدگی‌های مختلف مشخص شد که به طور کلی میزان پدیده فراآب با عدد فرود رابطه مستقیم دارد. نتایج نشان داد در فرود ثابت، با افزایش تعداد پایه‌ها در عرض ثابت کانال، میزان فراآب افزایش می‌یابد. همچنین نتایج حاکی از آن است که مقدار بالآمدگی آب متأثر از شکل پایه پل نیز هست و تغییر زاویه قرارگیری پایه‌ها نیز بر شکل‌گیری این پدیده تاثیرگذار است. در نهایت با در نظر گرفتن همه پارامترها، روابط تجربی برای برآورد فراآب در هر دو مدل پایه پل بدست آمد.

واژگان کلیدی: مدل آزمایشگاهی، پایه پل دایره‌ای و گرده ماهی شکل، برآورد فراآب، نرم افزار spss

۱- مقدمه

در حرکت آب می‌شود [1]. پدیده فراآب زمانی که لازم باشد مناطق خاص و مهمی در بالادست پل در برابر سیلاب

پایه های پل از جمله موانعی هستند که در مسیر جریان آب در کانال‌ها و رودخانه‌ها قرار می‌گیرد و بالطبع باعث تغییراتی

می‌آید که جزئیات آن در شکل (۱) آمده است [3].

محافظت شوند، حائز اهمیت است [2]. در تعریف کلی، فراآب عبارتست از افزایش عمق جریان آب (Δh) در بالادست پایه پل که در اثر کاسته شدن سطح مقطع رودخانه در محل پل به وجود

شکل ۱. پدیده فرا آب در اثر وجود پایه پل در مسیر رودخانه (نمایش پلان و مقطع طولی) [3].

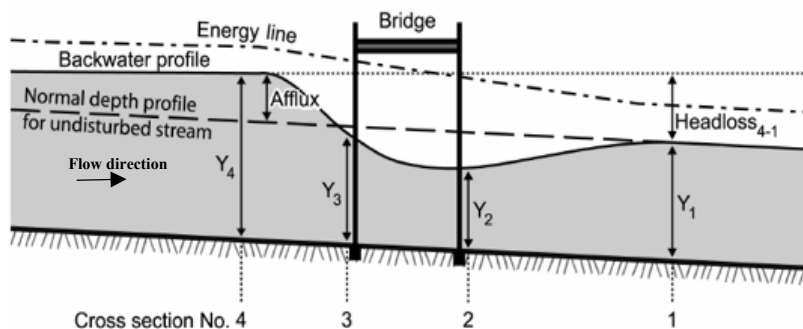


Fig. 1. Afflux due to the existence of bridge's piers on the river's course

قدسیان و شفیعی فر (۲۰۰۲) با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی رابطه عمومی زیر را برای اشکال مختلف پایه پل ارائه دادند.

$$\frac{\Delta h}{h} = K Fr^{1.263} \sigma^{-1.812} \theta^{0.054} \quad (3)$$

برای پایه دایره‌ای شکل یا پایه‌های غیر دایره‌ای، زمانی که زاویه θ برابر صفر درجه باشد، پارامتر زاویه از معادله حذف می‌شود. ضریب شکل پایه (k) در رابطه فوق، بسته به شکل پایه، در محدوده $0.357-0.689$ متغیر است [6].

نوبخت و همکاران (۱۳۹۵) به مطالعه آزمایشگاهی فراآب ناشی از پایه کج پل با انحراف به سمت بالادست پرداختند. آنها در پژوهش خود اثر تغییر زاویه پایه پل (تغییر زاویه بین محور قائم پایه پل و جهت جریان به زوایای کمتر از نود درجه) بر میزان فراآب را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش زاویه کج شدگی پایه، فراآب کاهش می‌یابد. همچنین با بررسی اثر فرود و نسبت تنگ شدگی رابطه تجربی برای محاسبه فراآب ناشی از پایه کج پل ارائه دادند [7]. با توجه به اینکه روابط ارائه شده برای برآورد فراآب همگی از داده‌های آزمایشگاهی بدست آمده‌اند و بسته به موقعیت، همه پارامترهای موثر بر فراآب در نظر گرفته نشده‌اند، پس لزوم

تاکنون بررسی‌ها و مطالعات بسیاری در زمینه فراآب توسط پژوهشگران مختلف انجام گرفته و روابط تجربی مختلفی برای برآورد میزان فراآب ارائه شده است. یارنل ۱ در سال ۱۹۳۴ بر اساس نتایج آزمایشگاهی برای انواع مختلف پایه‌ها و اعداد فرود، رابطه تجربی زیر را برای Δh پیشنهاد کرده است:

$$\frac{\Delta h}{h_0} = K(K + 5Fr_0^2 - 0.6)(\sigma + 15\sigma^4)Fr_0^2 \quad (1)$$

که در آن h_0 عمق نرمال جریان قبل از احداث پل بر حسب متر، σ ضریب تنگ شدگی ($\sigma = 1 - b/B$)، Fr_0 عدد فرود مربوط به عمق نرمال جریان، K ضریب شکل پایه و مقدار آن برحسب شکل پایه در محدوده $1/25 - 0.9$ است. B عرض آبراهه بر حسب متر و b ضخامت پایه پل بر حسب متر است [4].

ویکتور (۱۹۷۳) رابطه ۲ را برای برآورد فراآب تعریف کرد:

$$\Delta h = \frac{V_3^2}{2g} \left(\frac{B^2}{C^2(B-b)^2} - 1 \right) \quad (2)$$

که در رابطه فوق V_3 سرعت نرمال جریان قبل از احداث پل، B عرض مجرا (آبراهه) بر حسب متر، b مجموع عرض پایه پل بر حسب متر و C ضریب ورودی در رابطه ویکتور که برای ورودی با شیب تند برابر 0.7 و برای ورودی زنگوله‌ای شکل برابر 0.9 است [5].

شکل ۲. مشخصات فلوم آزمایشگاهی



Fig. 2. Characteristics of experimental flume

در شکل (۳)، پایه ها با سطح مقطع دایره ای و گرده ماهی نمایش داده شده است.

شکل ۳. اشکال مختلف پایه ها



Fig. 3. Different shapes of piers

برای بررسی اثر نسبت طول به ضخامت پایه سه نوع پایه پل با عرض ۳/۸ سانتی متر و طول های ۱۵/۲، ۲۶/۶، ۳۸ سانتی متر مورد بررسی قرار گرفتند که در نوع دایره ای قطر را برابر ۳/۸ سانتی متر گرفتیم (شکل ۴).

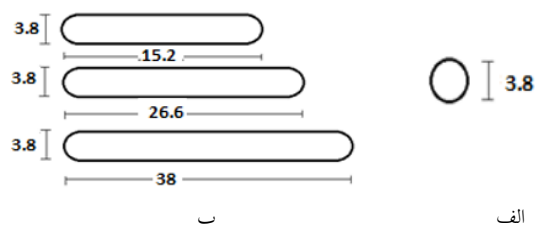
شکل ۴. ابعاد و پلان پایه ها
الف- مقطع دایره ای ب- گرده ماهی شکل

Fig. 4. Dimensions and plan of piers, a) circular, b) semicircle nose and tails

با داشتن چهار عدد پایه مشابه هم از هر نوع، چهار تنگ شدگی مختلف و در نتیجه چهار نسبت انقباض مختلف بدست آمد. در نتیجه برای یک، دو، سه و چهار پایه نسبت های

بررسی دقیق تر روی پارامترهای دخیل بر فرآب کاملاً مشهود است. در این پژوهش به منظور تخمین دقیق تر رابطه فرآب اثر پارامتر طول به ضخامت پایه را در دامنه وسیعی از پارامترهای تاثیرگذار دیگر مانند عدد فرود، میزان تنگ شدگی مسیر جریان (σ)، تاثیر زاویه پایه نسبت به جریان و شکل پایه را بررسی کرده و رابطه کلی ارائه شد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱ آنالیز ابعادی

با بررسی های بعمل آمده و با توجه به مطالعات انجام گرفته در زمینه فرآب، متغیرهای: عمق آب قبل از احداث پل h_0 ، q_0 دبی واحد عرض، ضخامت پایه پل t ، ضریب تنگ شدگی (نسبت انقباض) σ ، طول پایه L ، زاویه جهت جریان با محور پایه θ و شتاب ثقل g و ضریب شکل δ به عنوان پارامترهای موثر بر فرآب در بالادست پایه های پل در نظر گرفته شده اند. با آنالیز ابعادی رابطه (۴) به صورت زیر بدست می آید:

$$\frac{\Delta h}{h_0} = f\left(\sigma, \theta, \frac{q_0^2}{gh_0^3}, \frac{L}{h_0}, \frac{t}{h_0}, \delta\right) \quad (4)$$

که در این رابطه برخی از اعداد بی بعد بدست آمده به قرار زیر هستند:

σ : ضریب تنگ شدگی (نسبت انقباض) که به صورت زیر بدست می آید:

$$\sigma = 1 - \frac{t}{B} \quad (5)$$

هرچه σ بزرگ تر باشد انقباض جریان کمتر است.

شکلی از عدد فرود مربوط به عمق آب قبل از وجود پایه پل برابر با Fr_0^2

۲-۲ روش تحقیق

آزمایش ها در فلومی به طول ۱۵ متر (که ۱۲/۵ متر آن طول فلوم اصلی است)، عرض ۳۰/۹ سانتی متر و ارتفاع ۴۵ سانتی متر انجام پذیرفت. مشخصات و نمایی از فلوم در شکل (۲) نشان داده شده است.

انقباض به ترتیب ۰/۸۷۷، ۰/۷۵۴، ۰/۶۳۱ و ۰/۵۰۸ می باشد که به صورت جدول (۱) آن را نشان داده‌ایم. مقدار نسبت تنگ‌شدگی کانال در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱. مقادیر σ برای تعداد مختلف پایه‌ها

Piers' number	1	2	3	4
σ	0.877	0.754	0.631	0.508

Table 1. The amount of σ for different number of piers

به منظور انجام آزمایش‌ها در ابتدا سطح نرمال آب بدون وجود پایه پل در دبی‌های مختلف اندازه گرفته شد. سپس با قرار دادن پایه پل‌ها با شکل‌های مختلف، سطح آب در دبی‌ها، فرودهای

مختلف، نسبت‌های مختلف تنگ‌شدگی، نسبت طول به ضخامت پایه و زوایای مختلف پایه پل بررسی شد. محدوده داده‌های آزمایشگاهی در جدول (۲) آورده شده است.

برای بررسی اثر زاویه بین محور پایه پل با جهت جریان در حالت گرده ماهی شکل، چهار زاویه ۰، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه در نظر گرفته شد. در انجام آزمایش دبی حداقل را ۳۵ متر مکعب بر ساعت (معادل ۹/۷۲ لیتر بر ثانیه) و دبی حداکثر را ۱۳۰ متر مکعب بر ساعت (معادل ۳۶/۱۱ لیتر بر ثانیه) در نظر گرفتیم و سه دبی ۵۵، ۷۵ و ۹۵ متر مکعب بر ساعت در بین این دو دبی بکار گرفته شد.

جدول ۲. محدوده متغیرهای مطالعه شده

Angle of piers and flow(θ)	Narrowing ratio	Froud number before placing piers Fr0	discharge ($\frac{m^3}{h}$)	Length to thickness ratio	Piers' shape
0	0.508-0.877	0.18-0.62	35-130	-	circular
0-20	0.508-0.877	0.18-0.62	35-130	4-10	semicircle nose and tails

Table 2. The range of variables studied

در شکل (۵)، در حالت $\theta=20^\circ$ درجه و $\sigma=0/877$ هنگامی که فرود از ۰/۳ به ۰/۵ تغییر می‌کند ($\Delta Fr_0=0/2$)، مقدار $\frac{\Delta h}{h_0}$ از ۰/۱۲ به ۰/۲۴ ($\Delta(\frac{\Delta h}{h_0})=0/12$) تغییر می‌کند ولی در شکل (۶) و در حالت $\theta=20^\circ$ درجه و $\sigma=0/631$ با تغییر عدد فرود به همین میزان، مقدار $\frac{\Delta h}{h_0}$ از ۰/۵ به ۱/۰۷ ($\Delta(\frac{\Delta h}{h_0})=0/57$) تغییر می‌کند. به عبارتی مقدار $\frac{\Delta h}{h_0}$ ۷۸/۹۴ درصد افزایش داشته است. در نتیجه با توجه به نمودارهای شکل (۵) در تنگ‌شدگی‌های زیاد، عدد فرود باید بیشتر مورد توجه قرار بگیرد و به عنوان یک پارامتر مهم در طراحی در نظر گرفته شود. لازم به ذکر است در نسبت‌های طولی ۷ و ۱۰، بعد از بررسی اعداد به این نتیجه رسیدیم که بهتر است در این نسبت‌های طول به ضخامت، از قرار دادن ۴ پایه در فلووم صرفه نظر کنیم تا به نتایج منطقی‌تری برسیم. زیرا در این موارد افزایش سطح آب در پشت پایه‌ها بسیار زیاد بود و غیر منطقی به نظر می‌رسید.

۳-۲ اثر σ بر روی فرآب

با توجه به شکل (۵) مشاهده می‌شود که در حالت $\theta=20^\circ$ درجه، $L/t=4$ در $Fr_0=0/3$ با تغییر σ از ۰/۸۷۷ به ۰/۶۳۱، $\frac{\Delta h}{h_0}$ از ۰/۱۲ به ۰/۵ رسیده است. به عبارتی مقدار آن با تغییر σ به

۳- نتایج و بحث

در این مطالعه با بررسی پارامترهای موثر در جریان در طول آزمایش‌ها و با استفاده از داده‌های بدست آمده و رگرسیون غیر خطی چند متغیره در نرم افزار SPSS، بهترین رابطه‌ها که بیان کننده ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته هستند مشخص شد که نتایج در ادامه آورده شده است. همان‌گونه که گفته شد از جمله پارامترهایی که بررسی شد عدد فرود، میزان تنگ‌شدگی مسیر جریان (σ)، تاثیر زاویه پایه نسبت به جریان، شکل پایه و نسبت طول به ضخامت پایه هستند.

۳-۱ بررسی عدد فرود

نتایج نشان داد عدد فرود در بررسی فرآب نقش مهمی دارد. همان‌گونه که در نمودارهای شکل (۵ تا ۷) مشاهده می‌شود در هر تنگ‌شدگی، با افزایش عدد Fr_0 ، مقدار فرآب افزایش می‌یابد. هر چند که چگونگی این تغییرات در σ های متفاوت یکسان نیست. در بررسی‌های پارامتر عدد فرود مشخص شد هر چه تنگ‌شدگی افزایش یابد یعنی هر چه مسیر جریان تنگ‌تر شود، تغییر نسبت فرآب $(\frac{\Delta h}{h_0})$ نسبت به تغییر Fr_0 بیشتر است و با تغییر اندک عدد فرود، $\frac{\Delta h}{h_0}$ مقدار زیادی تغییر می‌کند. برای نمونه

شکل (۷) نشان داده شده است میزان بالا آمدگی آب در بالادست پایه پل نشان می‌دهد که با میزان تنگ‌شدگی مقطع عرضی کانال رابطه مستقیم دارد.

ازای مقادیر گفته شده مشخص شد $\frac{\Delta h}{h_0}$ نسبت به تغییر تنگ‌شدگی حساس است و با کاهش σ ، $\frac{\Delta h}{h_0}$ افزایش می‌یابد. این موضوع در مورد پایه دایره‌ای شکل نیز صدق می‌کند. بررسی اثر تنگ‌شدگی روی میزان فراآب در پل‌ها با مقطع دایره‌ای که در

شکل ۵. تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات عدد فرود در حالت $\sigma=0.877$ پایه گردماهی شکل برای زاویه‌های مختلف در $L/t=4$

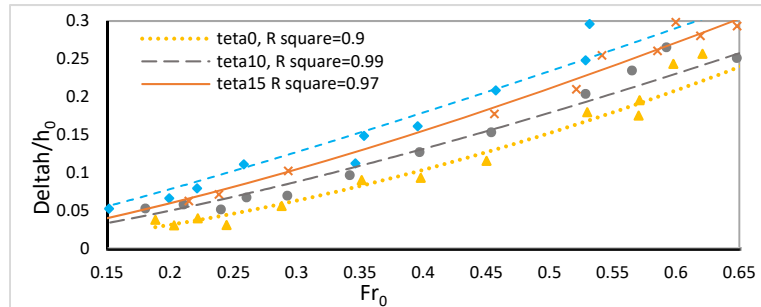


Fig. 5. The effect of Froude number on afflux in semicircle nose and tails piers- $\sigma=0.877$, $L/t=4$, and angles of piers and flow are different

شکل ۶. تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات عدد فرود در حالت $\sigma=0.631$ پایه‌ی گردماهی شکل برای زاویه‌های مختلف در $L/t=4$

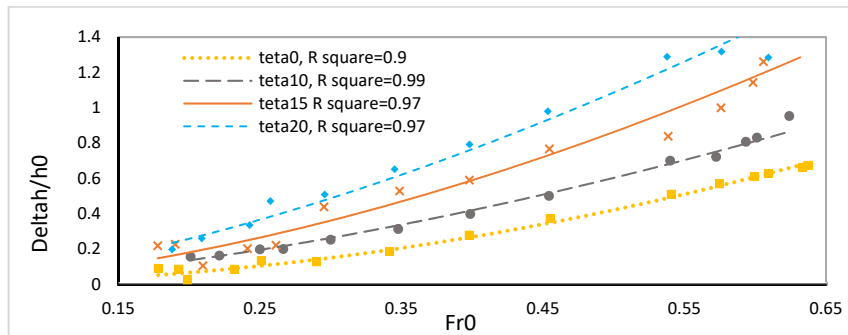


Fig. 6. The effect of Froude Number on afflux in semicircle nose and tails piers- $\sigma=0.631$, $L/t=4$, and angles of piers and flow are different

شکل ۷. تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات در فرود در تنگ‌شدگی‌های مختلف پایه دایره‌ای شکل

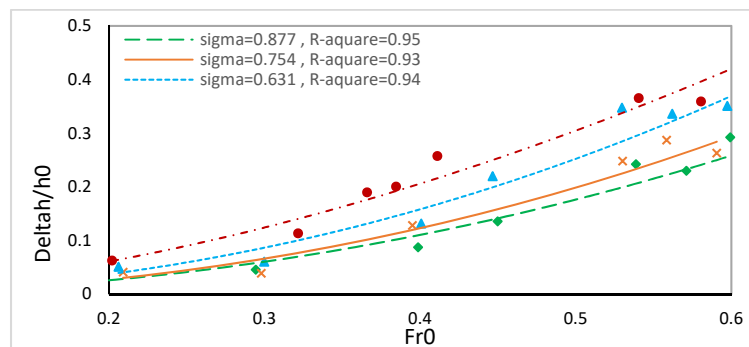


Fig. 7. The effect of flow path narrowing on afflux in dircular shape of piers

نبوده و با توجه به شرایط محل ساخت و یا توپوگرافی منطقه گهگاهی محور طولی پایه‌ها نسبت به جهت جریان دارای انحراف است.

۳-۳ اثر زاویه پایه نسبت به جریان روی فراآب
پایه‌های غیر موازی با جریان، کاربرد کمتری دارد و تا جای ممکن سعی می‌شود که پایه‌های پل به صورت موازی با راستای جریان ساخته شوند. اما گاهی اوقات رعایت این امر امکان‌پذیر

که نیاز است زاویه انحراف پایه نسبت به مسیر جریان بیشتر شود باید در طراحی به موضوع فراآب توجه بیشتری شود.

۳-۴ اثر شکل پایه بر فراآب

نتایج آزمایشگاهی نشان داد در یک عدد فرود مشخص، فراآب مربوط به پایه گرده ماهی شکل بیشتر از حالت دایره‌ای است. همچنین با توجه به نمودار شکل (۸) ملاحظه می‌شود که با زیاد شدن عدد فرود شیب منحنی پایه‌های دایره‌ای شکل نسبت به گرده ماهی شکل کمتر می‌شود. بنابراین واضح است که پارامتر شکل پایه پارامتر مهمی است و در رابطه با محاسبه فراآب ایجاد شده در پل‌ها به آن، باید توجه ویژه‌ای شود.

شکل‌های (۵ و ۶) تغییرات $\frac{\Delta h}{h_0}$ نسبت به Fr_0 را برای پایه گرده ماهی شکل در زوایای مختلف (۰ و ۱۰ و ۱۵ و ۲۰ درجه) نشان می‌دهند. روند افزایش $\frac{\Delta h}{h_0}$ نسبت به θ کاملاً مشهود است. همان‌گونه که در شکل‌ها مشاهده می‌شود با افزایش زاویه از ۱۵ به ۲۰ درجه (۵ درجه افزایش) نسبت به افزایش زاویه از ۰ به ۱۰ و ۱۰ به ۱۵ افزایش بیشتری در $\frac{\Delta h}{h_0}$ داریم. در نتیجه در مورد اثر این پارامتر نیز می‌توان گفت $\frac{\Delta h}{h_0}$ در مقادیر بالای θ ، با تغییر مختصر این پارامتر، تغییر محسوس خواهد داشت و این بیانگر اهمیت پارامتر θ در محاسبه فراآب است. در نتیجه در مواقعی

شکل ۸. تغییرات نسبت فراآب در پایه‌های دایره‌ای و گرده ماهی شکل در حالت $L/t=4$ و $\sigma=0.877$

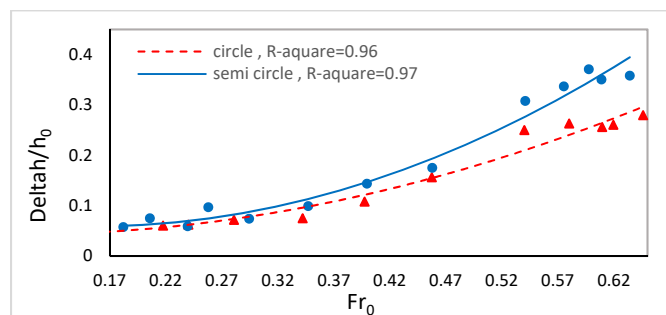


Fig. 8. The effect of piers shape on afflux, $\sigma=0.877$. $L/t=4$

پارامتر بر میزان افزایش فراآب بیشتر می‌شود. همچنین همان‌گونه که در نمودارها مشخص است روند تغییرات نسبت فراآب نسبت به عدد فرود با افزایش نسبت طول به ضخامت پایه افزایش می‌یابد و در واقع شیب نمودار با زیاد شدن این پارامتر بیشتر می‌شود.

با توجه به مطالب ذکر شده تا به اینجا می‌توان این نتیجه را گرفت که کلیه پارامترهایی که بررسی شد پارامترهای مهمی هستند. در نتیجه رابطه ۴ رابطه مناسبی است.

۳-۵ نسبت طول به ضخامت پایه

در این پژوهش همچنین به بررسی اثر طول به ضخامت پایه (L/t) بر میزان فراآب پرداخته شد. در شکل‌های (۹ تا ۱۲) نمودار نسبت تغییرات فراآب به عدد فرود در نسبت‌های مختلف طول به ضخامت برای پایه پل گرده ماهی شکل در زوایای مختلف قرارگیری پایه نسبت به مسیر جریان کشیده شده است. با مشاهده این اشکال می‌توان به این نتیجه رسید که تأثیر پارامتر طول به ضخامت پایه در زاویه صفر درجه، یعنی در حالتی که پایه‌های موازی جهت جریان هست، روی نسبت فراآب ناچیز است. اما با زیاد شدن زاویه محور پایه با جهت جریان، تأثیر این

شکل ۹. تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات عدد فرود در حالت پایه گرد ماهی شکل برای نسبت طول به ضخامت های مختلف $\sigma = 0.877$, $(\theta = 0)$

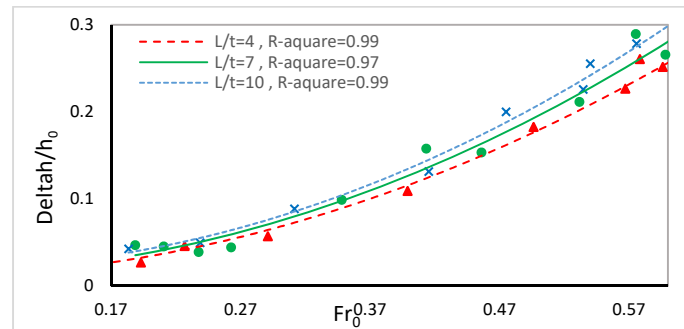


Fig. 9. Changing of afflux by changing of froud number in semicircle nose and tails piers for the length to thickness ratio, $\sigma=0.877$, $(\theta = 0)$

شکل ۱۰. تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات عدد فرود در حالت پایه گرد ماهی شکل برای نسبت طول به ضخامت های مختلف $\sigma = 0.877$, $(\theta = 10)$

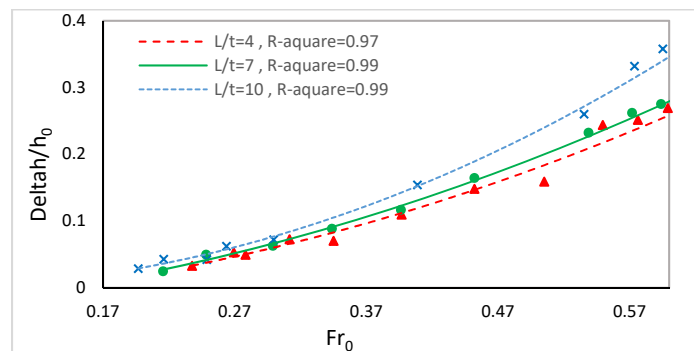


Fig. 10. Changing of afflux by changing of froud number in semicircle nose and tails piers for the length to thickness ratio, $\sigma=0.877$, $(\theta = 10)$

شکل ۱۱. تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات عدد فرود در حالت پایه گرد ماهی شکل برای نسبت طول به ضخامت های مختلف $\sigma = 0.877$, $(\theta = 15)$

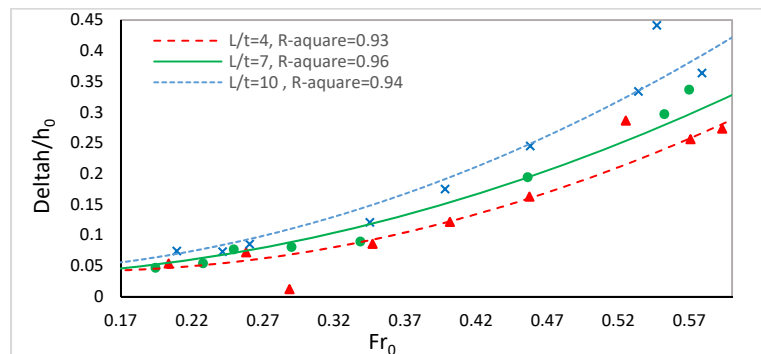


Fig. 11. Changing of afflux by changing of froud number in semicircle nose and tails piers for the length to thickness ratio, $\sigma=0.877$, $(\theta = 15)$

شکل ۱۲. تغییرات نسبت فراآب نسبت به تغییرات عدد فرود در حالت پایه گرد ماهی شکل برای نسبت طول به ضخامت های مختلف $\sigma = 0.877$, $(\theta = 20)$

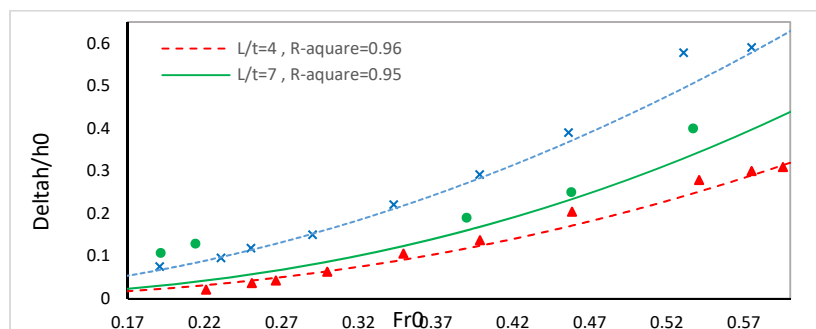


Fig. 12. Changing of afflux by changing of froud number in semicircle nose and tails piers for the length to thickness ratio, $\sigma=0.877$, $(\theta = 20)$

می‌توان برای محاسبه میزان فراآب در پایه پل با مقطع گرده ماهی شکل نوشت که در ادامه آورده شده است. همچنین منحنی هماهنگی بین داده‌های آزمایشگاهی و داده‌های حاصله از فرمول (۸) در شکل (۱۴) رسم شده است. با توجه به این شکل و مقدار $R^2=0.95$ می‌توان گفت معادله ۹ از دقت قابل قبولی برخوردار است

شکل نوشت که در ادامه آورده شده است. همچنین منحنی هماهنگی بین داده‌های آزمایشگاهی و داده‌های حاصله از فرمول (۸) در شکل (۱۴) رسم شده است. با توجه به این شکل و مقدار $R^2=0.95$ می‌توان گفت معادله ۹ از دقت قابل قبولی برخوردار است

شکل ۱۳. منحنی هماهنگی داده‌های آزمایشگاهی و داده‌های محاسبه شده با برازش در پایه دایره‌ای شکل

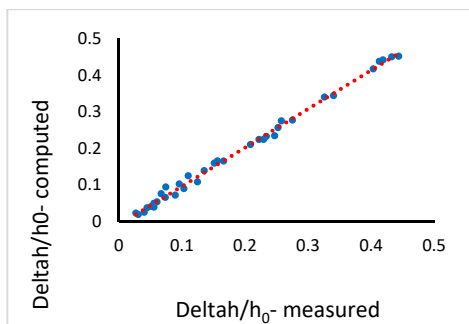


Fig. 13. Matching curve of Laboratory data and calculated data in circular pier

$$\frac{\Delta h}{h_0} = 0.165 \sigma^{-2.271} \left(\frac{q_0^2}{gh_0^3} \right)^{0.817} (\cos \theta)^{-9.201} \left(\frac{L}{h_0} \right)^{0.683} \left(\frac{t}{h_0} \right)^{-0.456} \quad (8)$$

$$\Delta h = \frac{0.165 q_0^{1.634} L^{0.683}}{h_0^{1.678} g^{0.817} t^{0.456} \sigma^{2.271} (\cos \theta)^{9.201}} \quad (9)$$

شکل ۱۴. منحنی هماهنگی داده‌های آزمایشگاهی و داده‌های محاسبه شده با برازش در پایه گرده ماهی شکل

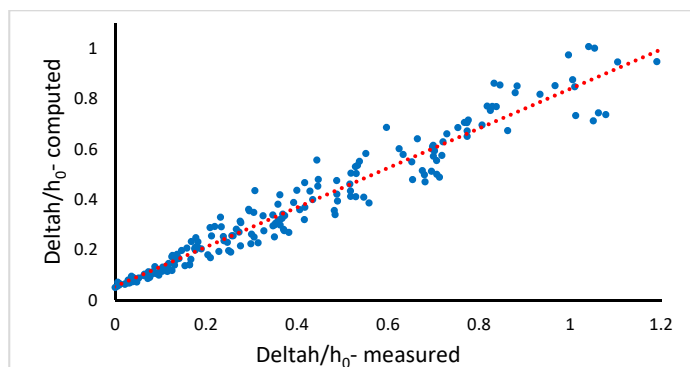


Fig. 14. Matching curve of Laboratory data and calculated data in semicircle nose and tails pier

۴- برآورد میزان فراآب در پایه‌های دایره‌ای و گرده ماهی شکل

همان‌گونه که گفته شد با در نظر گرفتن تمامی پارامترهای موثر و بررسی دقیق آنها به میزان اهمیت پارامترها در تعیین رابطه فراآب پرداخته شد. بررسی داده‌های بدست آمده نشان داد شرط نزدیک بودن ضریب همبستگی R^2 به عدد ۱ برقرار بوده و برآورد میزان فراآب برای پایه‌های پل با مقطع دایره‌ای و گرده ماهی شکل با دقت خوبی انجام شد که در ادامه بیان می‌شوند.

۴-۱ پایه دایره‌ای شکل

برای تعیین رابطه فراآب برای پایه پل با مقطع دایره‌ای پس از آنالیز داده‌های آزمایشگاهی و بررسی پارامترهای ذکر شده رابطه (۶) بدست آمد:

$$\frac{\Delta h}{h_0} = 0.657 \sigma^{-1.189} \left(\frac{q_0^2}{gh_0^3} \right)^{0.898} \left(\frac{d}{h_0} \right)^{0.268} \quad (6)$$

بعد از ساده کردن رابطه (۶) را می‌توان به شکل زیر نوشت:

$$\Delta h = \frac{0.657 q_0^{1.796} d^{0.268}}{h_0^{1.962} g^{0.898} \sigma^{1.189}} \quad (7)$$

منحنی هماهنگی بین داده‌های آزمایشگاهی و داده‌های به دست آمده از فرمول (۶) در شکل (۱۳) رسم شده است. با توجه به این شکل و مقدار $R^2=0.99$ می‌توان گفت معادله ۷ از دقت قابل قبولی برخوردار است

۴-۲ پایه گرده ماهی شکل

همچنین با آنالیز داده‌های آزمایشگاهی مربوط به پایه‌های گرده ماهی شکل و بررسی پارامترهای مرتبط با رابطه فراآب، رابطه (۸) بدست آمد. در آخر و با ساده‌سازی رابطه ۸، رابطه (۹) را

۵- نتیجه گیری

همانگونه که بیان شد در این پژوهش با توجه به آنالیز ابعادی و بررسی پارامترهای موثر در تشکیل پدیده فراآب سعی بر یافتن روابط تجربی برای برآورد بیشترین میزان بالآمدگی آب در بالادست پایه های پل به صورت دایره ای و گرده ماهی است. با بررسی مدل آزمایشگاهی مشخص شد که عدد فرود، میزان انقباض مسیر جریان، شکل پایه و نسبت طول به ضخامت از عوامل تاثیرگذار در میزان فراآب هستند. افزایش عدد Fr_0 باعث افزایش مقدار فراآب می شود که میزان افزایش در تنگ شدگی های مختلف متفاوت است. اما در عدد فرود ثابت، هر چه میزان تنگ شدگی بیشتر باشد بیشینه ارتفاع آب بالادست پایه پل بیشتر می شود. همچنین در شرایط یکسان هیدرولیکی، میزان فراآب با وجود پایه پل گرده ماهی شکل بیشتر از دایره ای است. با بررسی زوایای مختلف قرارگیری پایه ها مشخص شد تغییر زاویه نیز موجب تغییرات بالا آمدگی سطح آب در بالادست پل شده است که در این موارد نسبت طول به ضخامت پایه ها نیز از عوامل تاثیرگذار است. با بررسی همه پارامترهای فوق روابط تجربی برای برآورد میزان فراآب در هر دو حالت بدست آمد.

۶- مراجع

- [1]. Abrishami, j. Hoseini, M. 1372. Hydraulic of open channels, Mashhad Publication. (In Persian).
- [2]. Montazer, Gh. Ghodsian, M. Nasiri, F. Javan, M. Eghbalzade, A. Intelligent prediction of the super conducting of bridge base using artificial neural network based on radial base function, Engineering Technical Journal of Modares. NO14,2003. (In Persian).
- [3]. Lamb, R. and Mantz, R., Atabay, s Benn J. (1985) Recent Advances in modeling flood water levels at bridges and culverts. J. Hydr. Engrg., 124(5), pp:480-4930
- [4]. Yarnell, D.L., Pile trestles as channel obstructions, Technical Bulletin 429, U.S.A, Department of Agriculture, Washington, 1934.
- [5]. D. Johnson Victor, (1973), Essentials of Bridge Engineering, Bridge-Design and construction
- [6]. Ghodsian, M. and Shfieefar, M., Effect of Shape of Bridge Pier on Afflux, Proceedings of 13th IAHR-ADP congress, Singapore, August 2002.
- [7]. Nobakht, A. Ghodsian, M. Mehrain, M. Laboratory experiment of afflux due to lopsided pier and deviation to upstream. Eleventh Iranian Hydraulic Conference. Emam Khomeini University, 1395. (In Persian).

Experimental estimation of afflux equation in circular and semicircular nose and tail shape of piers by considering effective parameters

S. Nikkhah¹, N. Amanian^{2*}, F. Avazpoor³

¹ Master of Civil -water and hydraulic structure Engineering, Yazd University

^{2*} Faculty member of Civil -water and hydraulic structure Engineering, Yazd University

³ phd student of Civil -water and hydraulic structure Engineering, Yazd University

* namanian@yazd.ac.ir

Abstract:

In this present study, two kinds of bridge piers of different shapes were used; circular and semicircular nose and tail. Using laboratory modeling and the two types of bridge piers, the effect of Froude number, the amount of flow path narrowing (σ), and the effect of the angle of bridge pier with respect to flow direction, pier shape, and ratio of length to thickness of the bridge pier were examined. Results show that when Froude number is increased, afflux is increased as well. However, these changes are not the same in the two different bridge pier shapes. By examining Froude number in different path narrowing, it was found that generally, the amount of afflux is directly related to the Froude number. This survey also investigated the length-thickness ratio (L/t) effect of piers. For this purpose, different dimensions of piers, with widths of 3.8 cm and lengths of 15.2, 26.6, and 38 cm were investigated. For circular shape bridge piers, 3.8 cm diameter piers were used. When Froude number is constant, afflux is increased by increasing the number of piers across the channel. Results indicate that the amount of water rising is different in the two kinds of bridge piers (in circular shape and semicircular nose and tail piers). Additionally, changing the direction of piers also affects the formation of this phenomenon (afflux). sometimes using of skewed bridge piers with various angles can be important for some special designs. In this study, it was shown that θ , the angle of the pier, strongly affects the amount of afflux. It was illustrated that afflux increases more when changes are among higher degrees. For instance, when θ is changed from 15 to 20 compared to changing from 10 to 15, the increase in afflux is greater. According to results, afflux is higher in semicircular nose and tail piers than in circular shapes with the same Froude number. Also, as Froude number increases, the slope of the afflux curve of circular piers becomes smaller than that of the semicircle nose and tail piers. Investigation of the length-thickness ratio (L/t) effect of piers on afflux shows that this parameter is negligible in $\theta = 0$ (when pier direction is parallel to flow direction). However, as θ is increased, this parameter affects afflux more. Finally, by considering all the parameters, the experimental relationships for estimating the amount of afflux were developed for both bridge pier shapes utilized in the study.

Keyword: experimental model, circular and semicircle nose and tails shape of piers, estimation of afflux, SPSS software.