

بررسی حالت تشدید و تشکیل امواج با حداکثر دامنه در برخورد جریان به موانع با استفاده از چهار قطر مختلف

احمد جعفری

استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین- دکترای مهندسی سازه های آبی
پست الکترونیکی: jafary_ahmad@yahoo.com

مهدی قمشی

استاد گروه سازه های آبی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ پذیرش: ۸۹/۹/۲۶

تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۱۰

چکیده

در بسیاری از مواقع مجموعه ای از موانع مانند پایه های پل در مسیر رودخانه، پایه های اسکله در دریا، وجود گیاهان و درختان در بستر رودخانه و پایه های هر سازه هیدرولیکی دیگر که در یک مجرای روباز قرار دارد، در مسیر حرکت آب قرار می گیرد. با عبور آب از بین این موانع استوانه ای، در پائین دست موانع ورتکس ایجاد شده و از همپوشانی ورتکس ایجاد شده از هر کدام از موانع، امواج سطحی که راستای انتشارشان عمود بر جهت جریان آب است، تشکیل می شود. این امواج با حداکثر دامنه، زمانی شکل می گیرند که بسامد نیروی ناشی از ورتکس موانع با یکی از بسامدهای طبیعی نوسان آب برابر شود و تشدید صورت پذیرد. مساله موج عمود بر جریان جز پدیده های بسیار جالب هیدرولیکی است و درباره آن کار تحقیقاتی جامع، کامل و مهمی در دنیا صورت نگرفته و در این رابطه تحقیقات مختلف و جامعی در مجاری بسته و در سیالاتی به غیر از آب صورت گرفته است. در سالهای اخیر تحقیقاتی در کانالهای روباز توسط زیما و همکاران، قمشی و همکاران و عزیزی انجام شده است. هدف از انجام این تحقیق، بررسی حالت تشدید و تشکیل امواج با حداکثر دامنه در برخورد جریان به موانع با استفاده از چهار قطر مختلف بوده است. در این تحقیق در مجموع ۳۳۰۴ آزمایش صورت پذیرفت که در ۳۹۸ آزمایش، جریان بر روی موانع استوانه ای مستغرق بود. در این آزمایشات پارامترهای فواصل طولی و عرضی موانع، تراکم، قطر، دبی، آرایش موانع، عمق و سرعت جریان متغیر بود. در مجموع ۱۶۶ نوع آزمایش وجود دارد که در آنها پارامترهای فواصل طولی و عرضی موانع، تراکم، قطر، دبی و آرایش موانع یکسان می باشد. در هر نوع آزمایش، با تغییر عمق و سرعت جریان به وسیله دریچه انتهایی فلوم، امواج مختلفی در عرض فلوم تشکیل شد، که حداکثر دامنه موج عرضی مشاهده شده در آزمایشات ۴۰ درصد بوده است. برای انجام این تحقیق از موانع استوانه ای با چهار قطر مختلف به اندازه ۵، ۱۲، ۲۵ و ۴۲ میلیمتر استفاده شد و همین امر از عوامل بسیار مهم و تاثیر گذار بر روی شکل گیری ده نوع موج عرضی در فلوم بوده است. با گستردگی متغیرها، در برخی از حالات تشکیل امواج عرضی با حداکثر دامنه در حالت استغراق موانع نیز صورت پذیرفت. پس از انجام آنالیز ابعادی و با استفاده از نرم افزار SPSS و انجام تجزیه و تحلیلهای آماری رابطه ای جهت محاسبه دامنه نسبی ماکزیمم امواج عمود بر جریان ناشی از ورتکس مجموعه ای از موانع استوانه ای در کانالهای روباز بدست آمده است. مدل ارائه شده در تحقیق برای پیش بینی دامنه نسبی ماکزیمم امواج با استفاده از پارامترهای بدون بعد اندازه گیری شده در تحقیق حاضر که در ساخت مدل دخالت نداشته اند، مورد بررسی قرار گرفت که مدل ارائه شده پیش بینی نسبتا خوبی را دارا بود.

واژه های کلیدی: تشدید، موج، دامنه حداکثر، جریان، مانع استوانه ای



مقدمه

$$f_s = \frac{SU}{D} \quad (2)$$

دین و دالریمپل با استفاده از تئوری امواج کم دامنه نشان دادند که طول موج، دوره تناوب موج (T)، شتاب جاذبه زمین (g) و عمق جریان (H) با یکدیگر ارتباط دارند. با توجه به اینکه فرکانس موج عکس دوره تناوب است، می توانیم برای تخمین فرکانس موج از رابطه زیر استفاده نمائیم که در آن n شماره موج تولید شده و b عرض فلوم می باشد.

$$f = \left(\frac{gn}{4\pi b} \tanh \frac{n\pi H}{b} \right)^{1/2} \quad (3)$$

اگر فرکانس نیروی تناوبی ناشی از ورتکس موانع (f_s) با فرکانس طبیعی نوسان امواج آب (f) برابر گردد، حالت تشدید بوجود آمده و امواج با حداکثر دامنه بوجود می آید. ارتعاشات ناشی از ورتکس در سازه ها در بسیاری از رشته های مهندسی مورد توجه قرار دارد. این موضوع می تواند باعث ارتعاش در لوله های مبادله کننده حرارت گردد. همچنین در مهندسی عمران این موضوع در طراحی پلها و سازه های هیدرولیکی اهمیت پیدا می کند. در سازه های دریایی نیز ارتعاش ناشی از ورتکس، نوسانهایی با دامنه های وسیع رامی تواند بوجود آورد.

زیما و همکاران (۲۰۰۲) تحقیقاتی را در دبی ثابت و با موانع با قطرهای ۱۲/۷ و ۲۵/۴ میلیمتر، در آب انجام دادند و امواج نوع یک و در برخی از آزمایشات نوع دو را مشاهده کردند. آزمایشات قمشی و همکاران (۲۰۰۷) با موانع به قطر ۲۴ میلیمتر در آب صورت گرفت و آنها توانستند امواج نوع یک، دو، سه و چهار را در فلوم آزمایشگاهی مشاهده نمایند. عزیزی (۱۳۸۷) مطالعات خود را با موانع با قطر ۲۵ میلیمتر و در دبی ۱۰ لیتر بر ثانیه انجام داد و امواج نوع یک، دو، سه و چهار را مشاهده نمود و روابطی را برای تعیین عدد استروهل ارائه کرد. جعفری و همکاران در تحقیقی آزمایشگاهی با انجام ۳۸ نوع آزمایش، ده نوع موج را در فلوم آزمایشگاهی مشاهده نمودند. این محققین در مقاله ای دیگر دامنه ده نوع موج عرضی را با انجام ۳۸ نوع آزمایش در جریان آزاد بر روی موانع مورد بررسی قرار دادند. پراسانت و

زمانیکه یک ذره سیال به سمت لبه ابتدایی یک مانع استوانه ای که در مسیر جریان قرار گرفته حرکت می کند، فشار ذره سیال از فشار سیال آزاد تا حد فشار دینامیک در نقطه سکون افزایش می یابد. فشار بالای سیال در نزدیکی لبه های جسم موجب رشد لایه مرزی در دو طرف استوانه می گردد. با توجه به نحوه جدا شدگی خطوط جریان، در هر دو لبه کناری مانع استوانه ای خطوط جریان از مانع استوانه ای جدا می شوند و لایه های برشی ایجاد شده در داخل جریان در جهت پایین دست به دنبال هم ادامه می یابند. این دو سری لایه برشی ناحیه دنباله را محدود می کند. درونی ترین لایه برشی نسبت به لایه برشی بیرونی که در تماس با جریان آزاد است، حرکت بسیار آرامتری دارد. لایه های برشی بیرونی بصورت حرکت های ناپیوسته، چرخشی و ورتکس خواهند بود. بنابراین با جریان سیال از پیرامون مانع استوانه ای که در مسیر جریان قرار گرفته، الگوی منظمی از ورتکس ها در ناحیه دنباله و در پایین دست آن ایجاد شده و کسش ورتکس^۱ بوجود می آید (شکل ۱).

زمانیکه ورتکس ها بطور متناوب در دو سمت مانع ایجاد می شود، نیروهای تناوبی روی جسم ایجاد شده، که این نیروها متقابلاً از مانع به سیال وارد می گردد. ورتکس زمانی اتفاق می افتد که عدد رینولدز موانع که مطابق با رابطه ۱ تعریف می شود، در دو بازه $40 \leq Re < 3 \times 10^5$ یا $3.5 \times 10^6 \leq Re$ قرار می گیرد. در عدد رینولدز موانع، U سرعت متوسط جریان، D قطر موانع و ν لزجت سینماتیک سیال است.

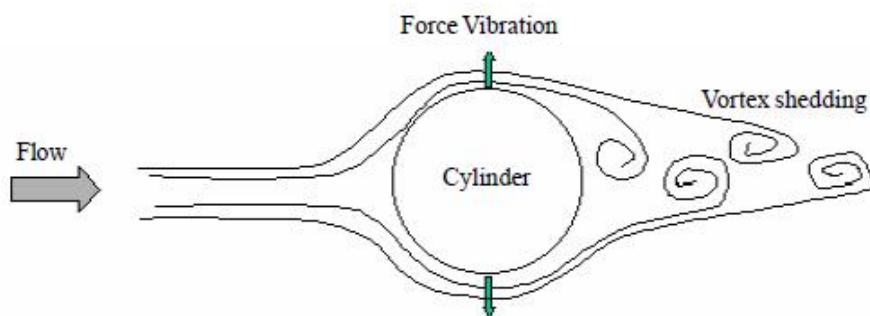
$$Re = UD/\nu \quad (1)$$

رابطه ۲ برای محاسبه فرکانس ورتکسها در پائین دست استوانه استفاده می گردد. در این رابطه U سرعت جریان آزاد، f_s فرکانس ورتکس و S عدد استروهل بوده که تابعی از عدد رینولدز استوانه ها می باشد:

متفاوت و بررسی تاثیر آنها بر روی امواج عرضی و انجام ۳۳۰۴ آزمایش (۶۶ نوع آزمایش) (با چهار قطر مختلف موانع و در دبیهای متغیر)، بتوان این پدیده را از جنبه های مختلف بررسی نمود. بنابر این از نو آوریهای این تحقیق می توان به بررسی اثر متقابل متغیرهای مختلف و در محدوده وسیعی از اندازه آنها، بر روی مشخصات امواج عرضی حاصل از کشش ورتکس اشاره کرد.

میتال نیز تحقیقی را در زمینه ارتعاش ناشی از ورتکس مربوط به دو مانع استوانه ای، در اعداد رینولدز پائین انجام دادند.

بدلیل جدید بودن آشنایی با پدیده موج های عرضی حاصل از کشش ورتکس در پائین دست موانع استوانه ای در کانالهای روباز، تحقیق جامع و کاملی در دنیا در رابطه با مشخصات امواج عمود بر جریان در این حالت، صورت نگرفته است. در تحقیق حاضر سعی شده است با تعریف متغیرهای



شکل ۱: کشش ورتکس با نیروی تناوبی در پائین دست یک مانع استوانه ای

تحقیق یک فلوم با مقطع مستطیلی بوده که طولی برابر با ۶ متر، عرض ۷۲ سانتی متر و ارتفاع ۶۰ سانتی متر را دارا بود (شکل ۲).

آزمایشهای انجام شده در این تحقیق در دبیهای متغیر انجام شده اند. برای اندازه گیری و تنظیم دبی از یک فلومتر دیجیتالی که در ابتدای سیستم ورودی نصب شده استفاده می گردید. واحد اندازه گیری فلومتر دیجیتالی مورد استفاده در آزمایشها لیتر بر ثانیه می باشد. جهت تنظیم ارتفاع آب، در پایین دست فلوم، دریچه کشویی قرار داده شد. با استفاده از این دریچه کشویی، عمق و سرعت جریان کنترل می شد و با قرار گیری موانع استوانه ای در مسیر حرکت آب، امواج عرضی مختلفی در فلوم شکل گرفت (شکل ۳).

قطر موانع از پارامترهای بسیار مهم و تاثیرگذار بر روی چگونگی شکل گیری امواج عمود بر جریان در کانالهای روباز می باشد. به همین منظور آزمایشات تحقیق با موانع با قطرهای مختلف صورت پذیرفت. برای انجام این تحقیق از

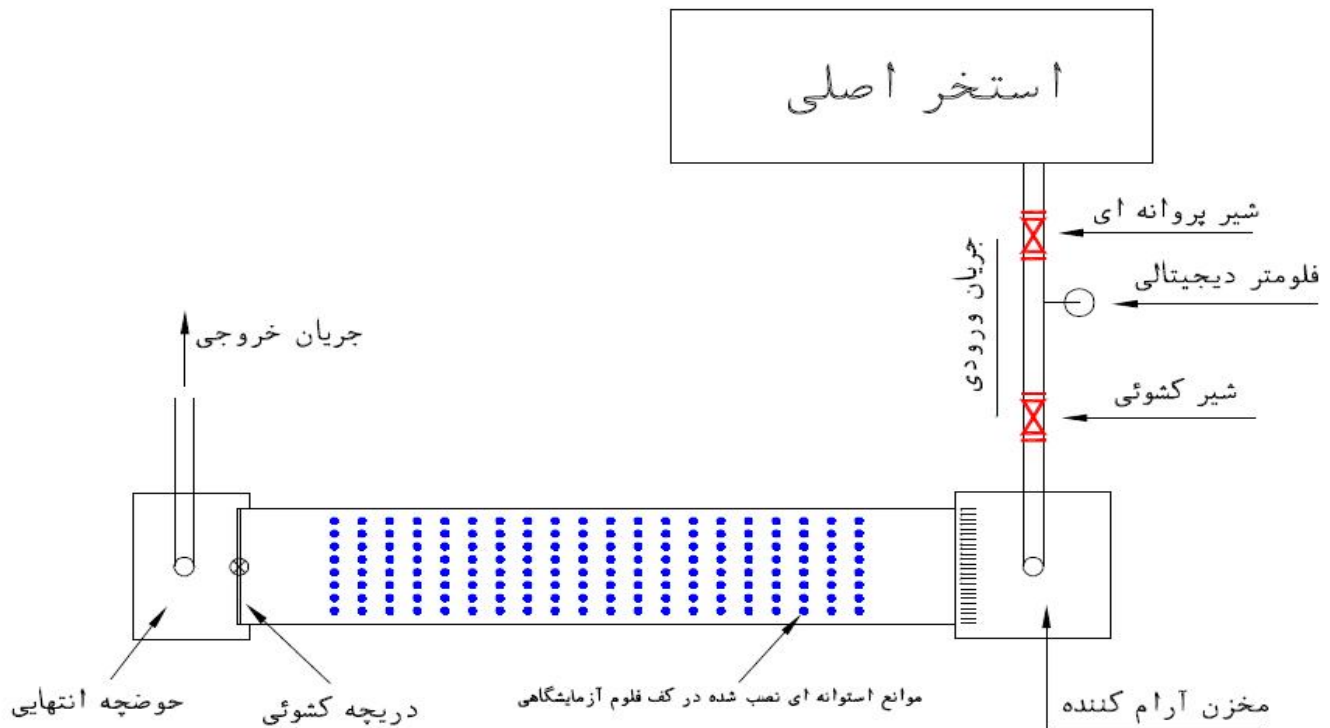
مواد و روشها

آزمایشات این تحقیق، در آزمایشگاه مدل‌های فیزیکی و هیدرولیکی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز صورت پذیرفته است. جهت انجام آزمایشات بررسی مشخصات امواج عمود بر جریان ناشی از ورتکس موانع استوانه ای در کانالهای روباز، یک فلوم آزمایشگاهی مناسب مورد نیاز بود. همچنین جهت تامین آب و پمپاژ آن به داخل فلوم باید تمهیدات لازم صورت می پذیرفت. جریان ورودی به کانال نیاز به یک مخزن آرام کننده در ورودی فلوم دارد تا جریان کنترل گردد. همچنین دبی جریان بایستی تنظیم و اندازه گیری گردد. پس از آن بایستی کف فلوم جهت نصب موانع استوانه ای آماده شده و جهت تنظیم عمق و سرعت جریان نیز باید از یک دریچه کشویی در انتهای فلوم استفاده شود. موانع استوانه ای به تعداد زیاد با قطرهای مختلف باید تهیه گردد و جهت نصب آنها در کف فلوم، نیاز است که در قاعده آنها مفتول قرار گیرد، که تمامی این کارها صورت پذیرفت. فلوم آزمایشگاهی مورد استفاده در این

ای با قطرهای مختلف، دریچه کشویی در انتهای فلوم، مخزن آرام کننده فلوم، سیستم پمپاژ آب و فلومتر دیجیتالی، آزمایشات صورت پذیرفت.

موانع استوانه ای با چهار قطر مختلف به اندازه ۵، ۱۲، ۲۵ و ۴۲ میلیمتر استفاده شد (شکل ۴).

پس از آماده سازی مدل فیزیکی - هیدرولیکی تحقیق شامل آماده سازی فلوم آزمایشگاهی، کف فلوم، موانع استوانه



شکل ۲: نمای شماتیک از فلوم آزمایشگاهی تحقیق حاضر



شکل ۳: دریچه کشویی در انتهای فلوم جهت تنظیم عمق و سرعت جریان



شکل ۴: موانع استوانه ای استفاده شده در تحقیق به قطرهای ۵، ۱۲، ۲۵ و ۴۲ میلیمتر

زیگزاگی بوده است. دو نمونه از آرایشهای قرارگیری موانع در تحقیق حاضر در شکل ۵ آورده شده است.

جهت انجام آزمایشات در مرحله اول می بایست موانع استوانه ای در کف فلوم نصب گردد. در آزمایشات این تحقیق آرایش قرارگیری موانع در کف فلوم به دو صورت موازی و



(ب)



(الف)

شکل ۵: الف آرایش زیگزاگی موانع و ب آرایش موازی موانع در تحقیق حاضر

جدول ۱: مشخصات کلی آزمایشات انجام شده در تحقیق مربوط به قطر ۴۲ میلیمتر

D (mm)	T (mm)	P (mm)	آرایش	N	Q (l/s)	تعداد آزمایشات	تعداد آزمایشات مستغرق	نوع آزمایشات
			زیگزاگی	/	/			
		/				-		
		/				-		
			زیگزاگی	/	/			
		/				-		
		/				-		
			موازی		/			
		/				-		
		/				-		
			موازی		/			
		/				-		
		/				-		
			موازی		/			
		/				-		
		/				-		
			موازی		/			
		/				-		
		/				-		
			زیگزاگی	/	/			
		/				-		
		/				-		
			زیگزاگی	/	/			
		/				-		
		/				-		
			زیگزاگی	/	/			
		/				-		
		/				-		
تعداد کل آزمایشات								

در یک ردیف (T)، در آزمایشات مختلف متفاوت بود. با این کار آزمایشات با تراکم های مختلف موانع (N) صورت

فواصل طولی موانع (P) یعنی فواصل ردیفهای موانع از یکدیگر و همچنین فواصل عرضی موانع یعنی فواصل موانع

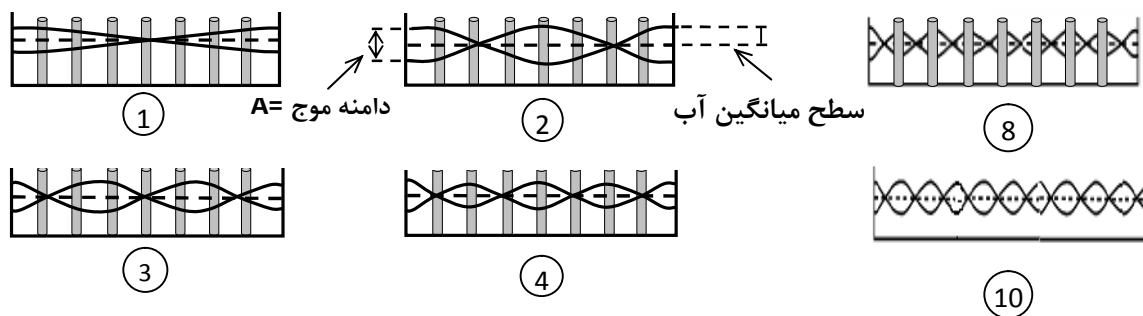
گردید و همچنین در برخی از حالات تشکیل امواج عرضی با حداکثر دامنه در حالت استغراق موانع نیز صورت پذیرفت. این امواج با حداکثر دامنه زمانی شکل می گیرد که بسامد نیروی ناشی از ورتکس موانع با یکی از بسامدهای طبیعی نوسان آب در حالت دو سر باز برابر شود و تشدید صورت پذیرد. در این امواج تعداد صحیحی از گره ها در عرض فلوم جا می گیرند که تعداد آنها، همان نوع موج می باشد. به عنوان مثال در موج نوع چهار، چهار گره وجود دارد. نوع موج با حرف n و شماره گذاری آنها از ۱ تا ۱۰ صورت پذیرفت. در شکل ۶ چند نوع از این امواج تشکیل یافته در عرض فلوم، نشان داده شده است. رابطه بین عرض فلوم (b) با طول موج تولید شده (λ) و نوع موج (n) به صورت زیر است.

$$b = \frac{n\lambda}{2} \quad (۴)$$

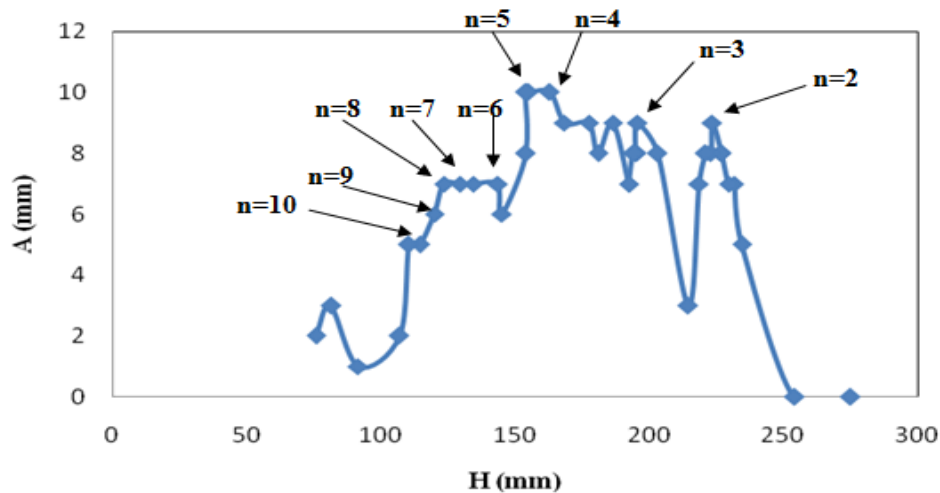
پذیرفت. در این تحقیق در مجموع ۳۳۰۴ آزمایش صورت پذیرفت که در ۳۹۸ آزمایش، جریان بر روی موانع استوانه ای مستغرق بود. در این آزمایشات ۱۶۶ نوع آزمایش وجود دارد که در آنها پارامترهای D, T, P, N دبی و آرایش موانع یکسان می باشد. به عنوان نمونه در جدول ۱ آزمایشات مربوط به قطر ۴۲ میلیمتر آورده شده است. در این جدول مشخصات ۵۳۲ آزمایش با ۳ آزمایش مستغرق و ۳۲ نوع آزمایش مربوط به قطر ۴۲ میلیمتر نشان داده شده است. تعداد آزمایشات با قطر ۵ میلیمتر، ۶۷۸ آزمایش می باشد که ۲۳۸ آزمایش در حالت جریان مستغرق صورت گرفته و ۳۹ نوع آزمایش وجود دارد. تعداد ۱۳۶۳ آزمایش با استفاده از قطر ۱۲ میلیمتر صورت گرفته که در تعداد ۱۲۰ آزمایش، جریان بر روی موانع مستغرق بوده است. این آزمایشات، ۵۶ نوع آزمایش می باشد. همچنین تعداد ۷۳۱ آزمایش با ۳۷ آزمایش مستغرق و ۳۹ نوع آزمایش مربوط به قطر ۲۵ میلیمتر می باشد.

بحث

پس از انجام آزمایشات و برداشت پارامترهای مورد نیاز و مشاهده نتایج مربوطه، تجزیه و تحلیل داده ها و مشاهدات آزمایشگاهی صورت پذیرفت. در تحقیق حاضر بدلیل گستردگی متغیرها، ده نوع موج عرضی در فلوم مشاهده



شکل ۶: برخی از امواج تشکیل یافته در عرض فلوم در تحقیق حاضر (امواج شماره ۱، ۲، ۳، ۴، ۸ و ۱۰)



شکل ۷: نمودار تغییرات دامنه امواج (A) در مقابل عمق جریان (H) در آزمایشات نوع ۴

مقایسه شده است. همانگونه که در شکل ۸ مشخص است رابطه این محققین، پیش بینی خیلی خوبی را ارائه نکرده که به نظر می رسد دلیل آن، استفاده تنها از دو قطر و محدود بودن عرض فلوم و در نتیجه مشاهده تنها دو نوع موج بوده است.

با توجه به مطالب ارائه شده در مطالعات قبلی، مشاهدات و تئوریهای موجود، متغیرها و پارامترهای مهم و موثر بر مشخصات امواج عمود بر جریان بدست آمد که در رابطه زیر خلاصه شده اند:

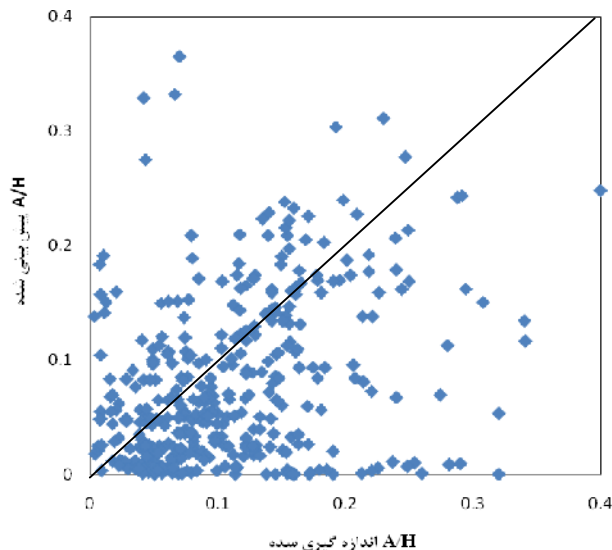
$$\Delta = f_s \left(\frac{A}{D}, \frac{H}{D}, \mu, g, Q, \nu, \rho, \sigma \right)$$

در این رابطه، جرم واحد حجم مایع (ρ)، لزجت دینامیکی (μ) و شتاب ثقل (g)، دبی جریان (Q)، عمق جریان (h)، سرعت جریان (u)، فرکانس کشش ورتکس ناشی از موانع (f_s)، فرکانس موج (f)، طول موج (λ)، نوع موج (n)، دامنه موج عمود بر جریان (A)، قطر موانع (D)، فاصله بین موانع در یک ردیف (T)، فاصله بین ردیفهای موانع (P)، آرایش موانع (Pa)، تعداد موانع در یک ردیف (N) و عرض فلوم (b) است.

در شکل ۷ نمودار تغییرات دامنه امواج (A) در مقابل عمق جریان (H) در آزمایشات نوع ۴ به عنوان نمونه آورده شده است.

در هر نوع آزمایش با ثابت بودن سایر پارامترها، با کاهش در عمق جریان امواج مختلفی در عرض فلوم تشکیل یافت و در حالت تشدید امواج با حداکثر دامنه بوجود آمد، که پارامترهای مربوطه برداشت گردید و محاسبات لازم انجام گرفت. در حالت تشکیل امواج با حداکثر دامنه، تشدید صورت گرفته و از نظر فیزیکی فرض بر این است که بسامد نیروی ناشی از ورتکس موانع (f_s) با یکی از بسامدهای طبیعی نوسان آب (f) در حالت دو سر باز برابر شده و تشدید صورت گرفته است. در این حالت با داشتن فرکانس موج عرضی و برابر قرار دادن آن با فرکانس ورتکس در رابطه عدد استروهال، این عدد بدون بعد بدست آمده است. جهت انجام تجزیه و تحلیل های بیشتر، در هر نوع آزمایش و برای هر نوع موج عرضی، مشخصات آزمایشات و پارامترهای بدون بعد محاسبه شده مربوط به موج با حداکثر دامنه نسبی (حالت تشدید)، استخراج گردید.

با استفاده از این نتایج، روابط مربوط به سایر محققین مورد بررسی قرار گرفت. در شکل ۸ پارامترهای اندازه گیری شده در تحقیق با نتایج مربوط به روابط زیما و همکاران



شکل ۸: مقایسه بین A/H اندازه گیری شده با A/H پیش بینی شده با رابطه زیما و همکاران

موج عرضی (f) برابر گردد. در نتیجه در این حالت $\frac{f_s}{f}$ برابر با یک شده و از رابطه ۶ حذف می گردد. با توجه به رابطه ۴، تاثیر پارامتر بدون بعد $(\frac{\lambda}{b})$ در پارامتر نوع موج (Ω) وجود داشته و در نتیجه این پارامتر نیز از رابطه خارج می شود. با توجه به مطالب گفته شده، رابطه ۶ به صورت زیر نوشته می شود.

(۷)

$$\frac{A}{h} = \phi_2 \left(\frac{P}{D}, \frac{T}{D}, S, R_e, F_r, N, n, P_a \right)$$

برای اطمینان از وجود رابطه بین دامنه نسبی حداکثر امواج عمود بر جریان و پارامترهای بی بعد موثر، داده های آزمایشگاهی مربوط به هر پارامتر بی بعد و دامنه نسبی بصورت مجزا، در شرایطی که پارامترهای دیگر در مقادیر ثابت، بدون تغییر هستند و یا بازه تغییرات کوچکی دارند، بررسی گردید. با انجام بررسیهای مربوطه معلوم گردید که رابطه خاصی بین عدد رینولدز و عدد فرود با دامنه نسبی موج عرضی برقرار نمی باشد.

با استفاده از تحلیل ابعادی و تئوری باکینگهام، رابطه ۵ را می توان در نهایت برای بدست آوردن دامنه نسبی حداکثر امواج عمود بر جریان $(\frac{A}{h})$ ، به صورت رابطه ۶ نوشت. این رابطه، ارتباط بین دامنه نسبی حداکثر امواج عمود بر جریان $(\frac{A}{h})$ را، با پارامترهای بدون بعد موثر بر آن نشان می دهد.

(۶)

$$\frac{A}{h} = \phi_1 \left(\frac{P}{D}, \frac{T}{D}, \frac{f_s}{f}, \frac{f_s D}{u}, \frac{\rho u D}{\mu}, \frac{u}{\sqrt{gh}}, N, \frac{\lambda}{b}, n, P_a \right)$$

با توجه به آنکه رابطه بین دبی با عمق جریان، سرعت جریان و عرض فلوم بوده، در نتیجه تاثیر پارامتر دبی در پارامترهای عمق جریان، سرعت جریان و عرض فلوم وجود داشته و دبی از پارامترها در رابطه ۶ حذف شده است. در رابطه ۶ پارامترهای بدون بعد معروف عدد رینولدز، عدد فرود و عدد استروهمال وجود دارد. امواج عمود بر جریان با حداکثر دامنه، در حالتی تشکیل می شوند که تشدید بوجود آمده و فرکانس نیروی تناوبی ناشی از ورتکس موانع (f_s) با فرکانس

تشکیل شد، که حداکثر دامنه موج عرضی مشاهده شده در آزمایشات ۴۰ درصد بوده است. برای انجام این تحقیق از موانع استوانه ای با چهار قطر مختلف به اندازه ۵، ۱۲، ۲۵ و ۴۲ میلیمتر استفاده شد و همین امر از عوامل بسیار مهم و تاثیر گذار بر روی شکل گیری ده نوع موج عرضی در فلوم بوده است. با گستردگی متغیرها، در برخی از حالات تشکیل امواج عرضی با حداکثر دامنه در حالت استغراق موانع نیز صورت پذیرفت. پس از انجام آنالیز ابعادی و با استفاده از نرم افزار SPSS و انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری رابطه ای جهت محاسبه دامنه نسبی ماکزیمم امواج عمود بر جریان ناشی از ورتکس مجموعه ای از موانع استوانه ای در کانالهای روباز بدست آمده است. مدل ارائه شده در تحقیق برای پیش بینی دامنه نسبی ماکزیمم امواج با استفاده از پارامترهای بدون بعد اندازه گیری شده در تحقیق حاضر که در ساخت مدل دخالت نداشته اند، مورد بررسی قرار گرفت که مدل ارائه شده پیش بینی نسبتاً خوبی را دارا بود.

با استفاده از نرم افزار SPSS و انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری رابطه ۸ جهت محاسبه دامنه نسبی ماکزیمم امواج عمود بر جریان ناشی از ورتکس مجموعه ای از موانع استوانه ای در کانالهای روباز بدست آمده است. برای ساخت این مدل از حدود هشتاد درصد پارامترهای بدون بعد استفاده شده و حدود بیست درصد پارامترهای بدون بعد جهت بررسی کردن^۲ مدل در نظر گرفته شده است.

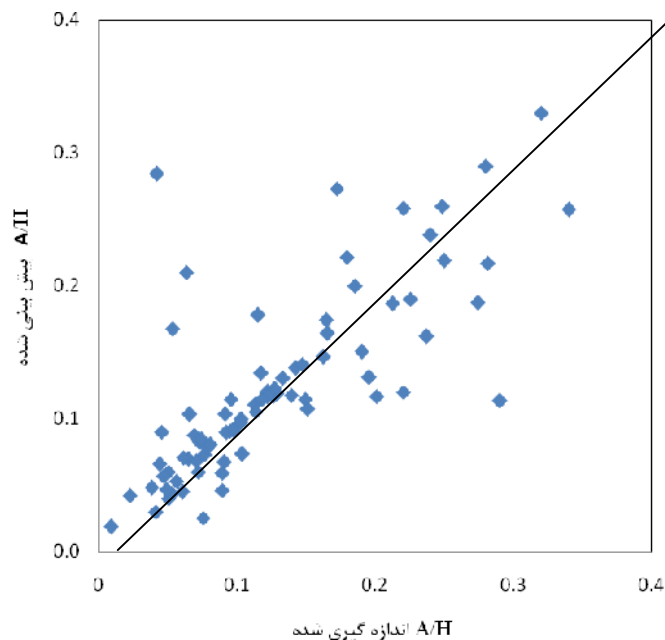
(۸)

$$\frac{A}{H} = K \frac{\left(\frac{D}{T}\right)^{1.4} \left(\frac{D}{P}\right)^{0.4} n^{0.4}}{N^{1.2} S^{1.7}}$$

در این رابطه K مقدار ثابت می باشد که برای هر دو آرایش موازی و زیگزگی موانع حدود ۰/۸ بدست آمده است. در شکل ۹ رابطه ۸ با استفاده از پارامترهای بدون بعد اندازه گیری شده در تحقیق حاضر که در ساخت مدل دخالت نداشته اند، مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به شکل، مدل ارائه شده در تحقیق حاضر پیش بینی نسبتاً خوبی را دارا می باشد.

نتیجه گیری

مساله موج عمود بر جریان جز پدیده های بسیار جالب هیدرولیکی است و درباره آن کار تحقیقاتی جامع، کامل و مهمی در دنیا صورت نگرفته و در این رابطه تحقیقات مختلف و جامعی در مجاری بسته و در سیالاتی به غیر از آب صورت گرفته است. هدف از انجام این تحقیق، بررسی حالت تشدید و تشکیل امواج با حداکثر دامنه در برخورد جریان به موانع با استفاده از چهار قطر مختلف بوده است. در این تحقیق در مجموع ۳۳۰۴ آزمایش صورت پذیرفت که در ۳۹۸ آزمایش، جریان بر روی موانع استوانه ای مستغرق بود. در این آزمایشات پارامترهای فواصل طولی و عرضی موانع، تراکم، قطر، دبی، آرایش موانع، عمق و سرعت جریان متغیر بود. در هر نوع آزمایش، با تغییر عمق و سرعت جریان به وسیله دریچه انتهایی فلوم، امواج مختلفی در عرض فلوم



شکل ۹: بررسی مدل ارائه شده در تحقیق حاضر با استفاده از سایر پارامترهای بدون بعد

منابع

۱. عزیزی، ر.، (۱۳۸۷)، بررسی تاثیر امواج عمود بر جریان ناشی از ورتکس موانع بر ظرفیت انتقال رسوبات در مجاری روباز، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.
2. Blevins, R. D., (1977), Flow-induced Vibration, VNR, London, Toronto, Melbourne.
3. Dean G. D., and Dalrymple R. A., (1984), Water wave mechanics for engineers and scientists, World Scientific, London.
4. Ghomeshi, M., MortazaviDorcheh, S. A. and Falconer, R., (2007), Wave Formation by Vortex Shedding in Open Channel, Journal of Applied Sciences 7 (24).
5. Jafari, A., Ghomeshi, M., Bina, M. and Kashefipour, S.M., (2010a), Experimental study on ten modes of transverse waves due to vertical cylinders in open channels, Scientific International Journal of Food, Agriculture & Environment, JFAE, Helsinki, Finland, Vol 8. (2).
6. Jafari, A., Ghomeshi, M., Bina, M. and Kashefipour, S.M., (2010b), Comparing of ten modes of oscillation occurring across the open channels, IAHR-APD 2010 Congress, The School of Engineering, The University of Auckland, New Zealand, 21 - 24 February.
7. Prasanth, T.K., Mittal, S., (2009), Vortex-induced vibration of two circular cylinders at low Reynolds number, Journal of Fluids and Structures.
8. White, F. M., (1979), Fluid mechanics, McGraw-Hill, New York.
9. Williamson, C. H. K. and Govardhan, R., (2004), Vortex-Induced Vibrations, Annual Review of Fluid Mechanics, Volume 36, 413.
10. Zima, L., and Ackermann, N. L., (2002), Wave Generation in Open Channels by Vortex Shedding from Channel Obstructions, J. of Hydraulic Engineering, ASCE.

Investigation of resonance and generated transverse waves with maximum amplitude from obstructions by use of four different sizes

Jafari, A.; Qomeshi, M.

Abstract

There are many conditions in open channel flows where the steady flow of water passes through a cluster of vertical cylinders. These vertical cylinders may represent piers of bridge, jetty or vegetation on the floodplain of rivers. Research on vortex shedding has been mainly focused on the acoustic resonant noise generated from heat exchangers when a gas flows through bank of tubes. In contrast, research on the vortex shedding and related phenomena for water as the transfer medium is very limited. Consider a free stream of velocity U that flows past a cylinder of diameter D , Periodic vortex shedding occurs downstream from the cylinder when the Reynolds Number, defined in terms of the cylinder diameter is greater than approximately 40. When each vortex is shed, the cylinder and the fluid experience equal and opposite forces. These forces have components perpendicular to the direction of the mean flow and are the exciting forces capable to create transverse surface waves.

In this study attention is focused on the transverse waves generated in an open channel, where the flow passes through a cluster of rigid vertical cylinders. The experiments were conducted in a laboratory flume with 6m in length and 0.72m in width and 0.6m in height. The rigid rods were screwed into the bed of the flume at different distances and spacing (i.e. different T and P) and for pattern distributions (i.e. staggered and in-line). In this study, the height of the outlet control weir was changed from the highest to the lowest levels, with ten modes of oscillation occurring across the laboratory flume for each sequence and the discharge of flow was varied. A comprehensive set of experiments (3304 in total) were conducted in flume. In some of the experiments (398 Exp.) the flow was submerged on the obstructions and for some of these experiments the waves still were formed. The waves were produced from the periodic forces created by the vortex shedding from the cylinders. In specific conditions these forces may create transverse waves with maximum amplitude in the channel. The maximum relative amplitudes in each mode of the waves (in each type of the experiments) are selected and used for the further analysis. The results provided an explanation for different wave formations that might occur due to vortex shedding for free and submerged flow on the obstructions. Finally new formulations were obtained from dimensional analysis, to estimate the amplitude of the transverse wave generated by vortex shedding in open channels.

Keywords: Resonance, Wave, Maximum amplitude, Cylinder