یادداشت فنی

# بررسی عددی سه بعدی الگوی جریان و تنش برشی بستر اطراف پایههای مخروطی

محمدحامد بشارتی گیوی ، حبیب حکیمزاده \*\*

۱ – کارشناس ارشد سازههای دریایی، دانشگاه صنعتی سهند
۲ – دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی سهند

چکیدہ

بررسی الگوی جریان در اطراف پایهٔ پل ها به دلیل تأثیر آن بر خرابی پایه از اهمیت بسزایی برخوردار است. اگرچه طراحی مقاطعی که حداقل آشفتگی را در جریان گذرنده از اطراف پایهٔ پل ایجاد می کنند از هر دو دیدگاه هیدرودینامیکی و سازهای مهم تلقی می شود، ولی مروری بر پژوهش های انجام شده نشان می دهد که بررسی الگوی جریان اطراف پایهٔ با مقطع متغیر از توجه کافی پژوهشگران برخوردار نبوده است. در این پژوهش یک مدل های عددی سه بعدی برای بررسی میدان جریان اطراف یک پایهٔ استوانه ای و چهار پایهٔ مخروطی با شیب های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. در ابتدا میدان محاسباتی با نرم افزار GAMBIT شبکه بندی شده و سپس با نرم افزار FLUENT مورد تحلیل قرار گرفته است. سرانجام الگوی جریان و تنش برشی بستر اطراف پایه ها مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتهاند. نتایج مدل عددی نشان می دهد که شیبدار شدن پایه تأثیر بسزایی در کاهش آشفتگی جریان گذرنده و در نتیجه کاهش تنش برشی بستر در اطراف پایه را به دنبال دارد.

**TECHNICAL NOTE** 

# **3D NUMERICAL INVESTIGATION OF FLOW PATTERN AND BED SHEAR STRESS AROUND CONICAL PIERS**

# Mohammad Hamed Besharati<sup>1</sup>, Habib Hakimzadeh<sup>2</sup>

1-M.sc. in Marine Structures, Faculty of Civil Eng., Sahand University of Technology 2-Associate Professor, Faculty of Civil Eng., Sahand University of Technology

#### Abstract

Investigation of the flow pattern around bridge piers is of utmost importance because of its great effect on destruction of the piers. Despite the hydrodynamical and structural values of designing sections causing minimum turbulence against the flow passing the bridge pier, a review of the literature shows that investigation of the flow pattern around bridge piers with varying section has not been studied by the researchers. In this research study, a three-dimensional numerical model has been used to study the flow field around a cylindrical and four conical piers of different slopes. The computational domains were first discretized using

GAMBIT and then analyzed by FLUENT. Finally, the flow pattern and bed shear stress around the piers have been investigated and the relevant comparisons have been made. Numerical model results show that increment of the pier's slope has a great effect on reducing turbulence of the passing flow and thus lessening the bed shear stress around the pier.

Keywords: Flow Pattern, Bed Shear Stress, Conical Piers, 3D Numerical Model

۱– مقدمه

از جمله کارهای تحقیقی ارزنده انجام شده در زمینه عددی نیز می توان به کارهای رودی در سال ۱۹۹۷، صلاح الدین و همکاران در سال ۲۰۰۴ و وی و اود در سال ۲۰۰۶ اشاره کرد [۵، ۶و ۷]. همچنین تاثیر نسبت انسداد بر روی فرافکنی پیچک پشت پایه توسط پتیل و تیواری در سال ۲۰۰۸ انجام گرفته است [۸]. سرانجام هیونگ و همکاران در سال ۲۰۰۹ تاثیر مقیاس مدل را بر روی جریان آشفته و آبشستگی در اطراف پایههای پل بصورت عددی مورد بررسی قرار دادند [۹]. ولی در پل بصورت عددی مورد بررسی قرار دادند [۹]. ولی در مخروطی شکل به جای پایه استوانه ای کارهای بسیار محدودی انجام گرفته است که تنها می توان به یک مورد کار آزمایشگاهی بررسی تنش برشی بستر و پدیده آبشستگی سامر و همکاران در سال ۱۹۹۴ اشاره نمود [۱۰].

یکی از پارامترهای کلیدی بسیار مهم در مبحث آبشستگی، تنش برشی بستر می باشد و در این مقاله سعی شدہ است با انتخاب مقطع مخروطی برای پایہ مقدار آن کاهش داده شود که این امر تـا حـدود بـسیار زیاد و مطلوبی محقق شده است. انتخاب این مقطع از آن جهت حائز اهميت است كه با توجه به پروفيل قائم سرعت جریان در کانالها و رودخانهها می توان دریافت که بیشترین و کمترین انتقال دبی جریان در این محیطها به ترتیب در قسمتهای فوقانی و تحتانی کانال صورت می پذیرد و با توجه به کم بودن درصد نسبی انسداد مقطع مخروطی در مقابل جریان در بخش فوقانی و بطور عکس بیشتر بودن درصد نسبی انسداد مقطع در مقابل جریان در بخش تحتانی، کاهش تنش برشے بےستر و بنےابراین کےاہش آبشےستگی قابےل پیشبینی است. بنابراین می توان پیشبینی نمود که مقاطع مخروطی در مجموع عملکرد مثبتی در مقایسه با پایههای استوانهای در برابر آبشستگی از خود نشان با قرارگیری سازههای مختلف مانند پایهٔ پل، پایهٔ اسکله، خطوط لوله، موجشکنهای قائم و یا سازههای ترکیبی در مسیر جریانات رودخانهای و ساحلی، این سازه ها با سد کردن مسیر طبیعی جریان سبب ایجاد آشفتگی در جریان گذرنده شده و بدین ترتیب همواره در معـرض اثـرات مخـرب آشـفتگی جریـان بـویژه آبشستگی قرار خواهند داشت. به طور کلی هنگامی که سازہ ہا درون یک رودخانہ یا محیط ساحلی قرار می گیرند تغییراتی را در الگوی جریان به وجود مى آورند كه معمولاً موجب افزايش ظرفيت انتقال رسوب در محیط آبی شده و در نهایت منجر به ایجاد یدیده آبشستگی خواهند شد. در حالی که برخی از یژوهشگران از مزیت سازهای پایههای با مقطع متغیر در ارتفاع سخن گفتهاند، متأسفانه پژوهش پیرامون مزیتهای هیدرودینامیکی استفاده از این نوع پایهها انگشت شمار میباشد. بنابراین پژوهش پیرامون جریان اطراف پایهٔ مخروطی به عنوان پایهای با سطح مقطع متغیر در ارتفاع که از دو مزیت طراحی بهینهٔ سازهای و نیز کاهش آشفتگی جریان نسبت به مقطع متداول استوانهای برخوردار است میتواند راهگشای پژوهشهایی باشد که به استفادهٔ بیش از پیش از این نوع پایه در طراحی پایهٔ پل منتهی گردد.

مطالعه جریان در اطراف پایههای استوانهای دارای سابقه طولانی است و نخستین تجربیات پژوهشی در این خصوص برای جریانهای دایمی در آزمایشگاه صورت گرفته است. ولی در رابطه با پدیده آبشستگی در اطراف پایهها نباید کارهای پژوهشی ارزنده لارسن و اطراف پایهها نباید کارهای پژوهشی ارزنده لارسن و ممکاران در سال ۱۹۵۶، ملویل در سال ۱۹۷۵ و اتما و همکاران در سال ۲۰۰۶ را از نظر دور داشت [۱، ۲و ۳]. با پدیده آبشستگی در محیطهای دریایی توسط سامر و فردسو در سال ۲۰۰۲ به چاپ رسیده است [۴]. ــنشریه مہنــدسـی دریــا

خواهند داد. از اینرو در این پژوهش سعی شده است تا با بررسی عددی جریان اطراف پایههای مخروطی با شیبهای مختلف و پایهٔ استوانهای، مقایسهای بین الگوی جریان و تنش برشی بستر اطراف این پایهها انجام گیرد. در این بررسی برای شبیهسازی الگوی جریان در اطراف پایهها از نرمافزار FLUENT استفاده شده است. این نرمافزار معادلات حاکم را با استفاده از روش حجم محدود و به صورت مرکز سلولی حل میکند.

## ۲- مشخصات پایهها

ملویل جریانی به عمق ۱۵/۱۵ متر گذرنده از پیرامون یک پایهٔ استوانهای با قطر ۰/۰۵۱ متر را در کانـالی بـه طول ۱۹ متر و عرض ۴۵۶/۰ متر بررسی نمـود [۲]. در پـژوهش حاضـر پایـه اسـتوانهای مزبـور و چهـار پایـهٔ مخروطی با قطر کف برابر ۱۵/۰۰ متر و نسبت قطـر در سطح آب به قطـر کف ۲۵/۰۰ ۵/۰۰ ۵/۰ و ۲۵/۰ در برابر جریان با مشخـصات مـشابه شـرایط آزمایـشگاهی ملویل قرار داده شده است. پایهٔ استوانهای مورد بررسی ملویل به همـراه پایـههـای مخروطـی مـذکور بـه طـور شماتیک در شکل ۱ نشان داده است.



شکل ۱- شکل شماتیک پایههای مدلسازی شده

۳- صحت سنجی

۳-۱- مدل تجربی ملویل

مدل موجود در کانالی به طول ۱۹ متر و عرض ۰/۴۵۶ متر با دیوارهای عمودی صیقلی انجام شده است. عمق آب ۰/۱۵ متر و میانگین سرعت جریان ۰/۲۵ متر بر ثانیه بوده است. در این آزمایش از پایهٔ استوانه ای صیقلی به قطر ۰/۵۵۱ متر استفاده شده و زبری بستر معادل قطر میانگین مواد بستر (d<sub>50</sub>) و برابر

۳۸۵/۰ میلیمتر اتخاذ شده است.

## ۳–۲– مدل عددی

در شبیه سازی عددی برای کاهش زمان محاسباتی معمولاً بخشی از طول کانال آزمایشی در نظر گرفته می شود، کما اینکه استنزبی در مدلی عددی که بر اساس داده آزمایشگاهی در نظر گرفته شده ، فقط ۵ متر از طول کانال را مدل نموده است [۱۱].

مراین پژوهش ابتدا در محیط نرمافزار Gambit، کانالی دراین پژوهش ابتدا در محیط نرمافزار Gambit، کانالی مستطیلی به طول ۶ متر، عرض ۰/۴۵۶ متر و ارتفاع ۰/۲۴ متر ساخته شده و سپس پایهٔ استوانه ای به قطر بالادست و در وسط عرض کانال تعبیه گردیده است. فاصله از بالادست به گونه ای انتخاب شده است که از توسعه یافتگی جریان قبل از گذر از استوانه اطمینان توسعه یافتگی جریان قبل از گذر از استوانه اطمینان خاصل شود. همچنین لازم است طول کانال پایین خاصل شود. همچنین لازم است طول کانال پایین خاصل شود. از تأثیرات گذر از استوانه تهی شده و به خروجی از تأثیرات گذر از استوانه تهی شده و به اصطلاح جریانی «دست نخورده» باشد. سارکر این فاصله را «۱۲ برابر قطر پایه» ذکر کرده است [۱۲] که با توجه به قطر پایه در این مدل (۰/۰۵۱ متر) فاصلهٔ ۳ متر تا خروج آب از پایین دست استوانه، کاملاً اطمینان بخش میباشد.

در شبیه سازی مدل، یک میدان محاسباتی دوفازی شامل جریان آب در کانال با ناحیه ای از هوا در بالای آن با استفاده از مدل چند فازی حل شده است. ضخامت بخش هوا باید به اندازه ای بزرگ باشد که از هرگونه اثرات از شرایط مرزی در بالای میدان محاسباتی جلوگیری شود. پژوهش های قبلی نشان داده است که اگر نسبت عمق اولیهٔ هوا به عمق اولیهٔ آب برابر یک سوم یا بیشتر باشد، هیچ اثری از مرزهای بالایی وارد نخواهد شد [۶]. در این شبیه سازی این نسبت برابر ۶/۰ اتخاذ شده است.

تمامی طول کانال با المان های منشوری شبکه بندی شده است. ابعاد طولی این المان ها در سطح افقی برابر ۰/۰۳ متر می باشد که در نزدیکی استوانه این ابعاد به تدریج کوچکتر می شود. در عمق نیز ارتفاع کانال در فاز

آب (تراز ۲ تا ۲/۱۵ متر) به ۷ قسمت تقسیم شده است که ارتفاع این قسمت ها در کف به ۱ سانتی متر و در سطح آب به ۳/۷۵ سانتی متر می رسد. ارتفاع کانال در فاز هوا (تراز ۲/۱۵ تا ۲/۲۴ متر) به ۳ قسمت برابر تقسیم شده است. برای شبکه بندی از شیوهٔ PAVE استفاده شده است که مبتنی بر شبکه بندی میدان محاسباتی با استفاده از المان های منشوری و به صورت بی ساختار است و علی رغم عدم تقارن میدان محاسباتی در عمق به دلیل مخروطی شکل بودن پایه ها، میدان محاسباتی را با شبکه ای یکپارچه و صاف شبکه بندی می کند. لازم به ذکر است که برای تطبیق هرچه بیشتر می کند. لازم به ذکر است که برای تطبیق هرچه بیشتر نتایج تحلیل ها، مدل جریان در اطراف پایهٔ استوانه ای نیز به همین صورت شبکه بندی شده است. در شکل ۲ نمایی از شبکه بندی میدان محاسباتی جریان اطراف پایه استوانه ای دیده می شود.



## شکل ۲- نمای ایزومتریک شبکهبندی میدان محاسباتی جریان اطراف پایه استوانهای

۳–۳– مدل آشفتگی

در شبیه سازی عددی، جهت مدل سازی آشفتگی جریان از هر سه مدل آشفتگی RNG) k-٤ تحقق پذیر و استاندارد) استفاده شده و مقایسهٔ نتایج

نشان داده است که نتایج عددی مدل آشفتگی K-٤ نشان داده است که نتایج عددی مدل آشفتگی RNG RNG همخوانی بیشتری با دادههای آزمایشگاهی دارد. لذا در ادامه به ارائه نتایج به دست آمده از مدل آشفتگیk-٤ RNG یرداخته شده است.

#### ۳-۴- شرایط مرزی

برای دیواره ها شرط مرزی عمومی غیر لغزشی انتخاب شده است. زبری دیواره ها برابر صفر و زبری بستر برابر قطر میانگین دانه بندی بستر (d<sub>50</sub>) یعنی ستر برابر قطر میانگین دانه بندی بستر (d<sub>50</sub>) یعنی سر۳۸۵ میلی متر وارد شده است. همچنین سطح استوانه صیقلی و بدون زبری فرض شده است. برای (Symmetry) استوانه صیقلی و بدون زبری فرض شده است. برای رویهٔ فوقانی کانال، شرط مرزی تقارن (Symmetry) اختصاص داده شده است. این بدان معناست که اختصاص داده شده است. این بدان معناست که نرم افزار تمامی فضای فوقانی کانال را هوا در نظر می گیرد. به علاوه، شتاب گرانشی زمین نیز لحاظ شده و سطح فشار مرجع هیدروستاتیک مطابق با فشار در فاز هوا تعریف گردیده است.

ورودی کانال تا ارتفاع ۰/۱۵ متر به عنوان مرز ورود آب تعریف شده و شرط مرزی ورودی سرعت (Velocity Inlet) به کار گرفته شده است. ورودی هوا از تراز ۰/۱۵ متری تا بالای کانال در مدل عددی به عنوان شرط مرزی ورودی سرعت تعریف شده و مقدار سرعت جریان ورودی برابر صفر لحاظ شده است. در خروجی آب نیز شرط مرزی خروجی فشار (Pressure outlet) به کار رفته و جزء حجم هوا در ورودی و خروجی هوا برابر ۱ در نظر گرفته شده است.

#### ۳-۴- روند حل معادلات

در این شبیه سازی از روش حل گسسته و خطی سازی ضمنی جهت حل معادلات استفاده شده است. همچنین در مدل سازی سطح آزاد از مدل چند فازی (Volume of Fluid) و از روش چند فازی (Geo-Reconstruct) استفاده شده است. مدل چندفازی VOF به منظور مدل کردن جریان چند فاز سیال به کار می رود و روش Geo-Reconstruct

۳-۵- نتایج صحت سنجی ۳-۵-۱- تنش برشی بستر

نمودار تنش برشی بستر به دست آمده از آزمایشهای ملویل، مدل عددی صلاح الدین و همکاران و مدل عددی ملویل، مدل عددی صلاح الدین و همکاران و مدل عددی  $au_c = 0.196 Pa$  سه بعدی حاضر که در آن ها مقادیر تنش برشی نرمالیزه شده است با مقدار تنش برشی در شکل ۳ به تصویر کشیده شده است. همانطور که مشاهده می شود مدل عددی صلاح الدین و همکاران، تنش برشی بستر را بیش از اندازه تخمین زده است و نتایج مدل عددی سلاح الدین و همکاران از دقت بیشتری در پیش بینی منطقهٔ آب شستگی برخوردار است.







شکل ۳- نمودارهای خطوط همتراز تنش برشی نسبت به تنش برشی بحرانی، الف: آزمایش های ملویل (۱۹۷۵)، ب-مدل عددی صلاح الدین و همکاران، پ: نتایج مدل عددی حاضر با استفاده از مدل آشفتگی k-E RNG (قسمت هاشور خورده : منطقه رخداد آبشستگی)

-8-8-7- پروفیل سرعت در راستای اصلی جریان ( $V_x$ ) در توزیع قائم سرعت در راستای اصلی جریان ( $V_x$ ) در بالادست پایه و در فاصلهٔ تأثیر نپذیرفتهٔ جریان از پایه که از آزمایش های تجربی ملویا، مدل عددی صلاح الدین و همکاران و مدل عددی حاضر به دست آمده، در شکل ۴ به تصویر کشیده شده است. با توجه به این شکل مشاهده می شود که پروفیا سرعت به دست آمده توسط مدل عددی سه بعدی پژوهش حاضر با نتایج آزمایشگاهی همخوانی بسیار خوبی دارد.



کانال در بالادست استوانه x/r=-30

[ Downloaded from marine-eng.ir on 2025-07-03

همچنین در رابطه با تغییرات سطح آب در کنار پایه مقایسهای مشابه بین نتایج مدل حاضر با نتایج آزمایشگاهی ملویل و نتایج عددی صلاح الدین و همکاران انجام گرفته و همخوانی بسیار خوبی بین نتایج مدل عددی حاضر و آزمایشگاهی بدست آمد که بدلیل محدودیت صفحات در اینجا آورده نشدهاند.

# ۴– نتایج تحلیل مدل های عددی ۴–۱– تنش برشی بستر

از بررسی نتایج بدست آمده در اطراف پایههای مختلف ملاحظه گردید که تنش برشی بستر در مجاورت پایهها به حداکثر مقدار خود می سد که این موضوع به دلیل آشفتگی ایجاد شده ناشی از برخورد جریان به پایه و انسداد نسبی مقطع جریان است. همچنین مقایسهٔ تنشهای برشی بستر در اطراف پایههای مختلف نشان می دهد که مقدار تنش برشی دداکثر در مجاورت پایهٔ استوانهای از بیشترین مقدار برخوردار بوده و در مجاورت پایهٔ مخروطی با مورت دقیق تر در جدول ۱ قابل مشاهده است. احیاک متری در پیرامون پایه تحت تأثیر تنش بحرانی ناحیهٔ کمتری در پیرامون پایه تحت تأثیر تنش بحرانی قرار می گیرد، به نحوی که در اطراف پایهٔ با نسبت

جدول ۱- حداکثر تنش برشی بستر در ناحیه پیرامون پایه

حداکثر نسبت به پایهٔ	برشی بستر (Pa)	$D_{s}/D_{b}$	نوع پايه
استوانه ای	۰/۳۰۸	١	استوانه
24/4	٠/٢٣٣	۰/۷۵	مخروط -
۲۵/۳	٠/٢٣٠	۰/۵	
۲۵/۳	۰/۲۳۰	·/۳۷۵	
۲۵/۳	-/٣٣-	-/۲۵	

با توجه به جدول ۱ نیز دیده می شود که حداکثر کاهش در تنش برشی حداکثر، هنگام استفاده از پایهٔ مخروطی  $D_s/D_b=0.75$  رخ میدهد، بدین ترتیب که با جايگزيني پايه استوانهاي با پايه مخروطي D<sub>s</sub>/D<sub>b</sub>=0.75 تـنش برشـی حـداکثر بـه مقـدار درصد کاهش می یابد که در ادامه در صورت استفاده از پایههای با نسبت D<sub>s</sub>/D<sub>b</sub> کمتر، این درصد کاهش از ۲۵/۳ درصد فراتر نمی رود. از اینجا می توان دو موضوع مهم را نتیجه گیری نمود: الف با کمترین تغییر در تبدیل پایهٔ استوانه ای به پایهٔ مخروطی، کاهش قابل توجهی در تنش برشی حداکثر در میدان جریان اطراف پایه رخ میدهد، اما در ادامه و با مخروطی تر شدن پایه، این مقدار کاهش تغییر چندانی نخواهد کرد. ب- با مخروطى تر شدن پايه، ناحية تحت تأثير تنشهاى حداکثر کوچکتر می شود و لذا می توان انتظار داشت که با کم شدن نسبت Ds/Db روند منظمی در کاهش آبشستگی اطراف پایههای مخروطی به وجود آید. بدین ترتیب گرایش به کارگیری پایهٔ مخروطی به جای پایهٔ استوانهای را می توان یکی از راه های مؤثر در کاهش تنش برشی بستر و بنابراین آبشستگی در اطراف یایه به حساب آورد.

در بستر جریان با مخروطی تر شدن پایهها کاهشی منظم در مقدار سرعت های افقی دیده می شود، به گونهای که در مورد جریان در اطراف پایهٔ مخروطی با D<sub>s</sub>/D<sub>b</sub>=0.75 سرعت افقی حداکثر نسبت به جریان گذرنده از اطراف پایهٔ استوانهای بیش از ۱۱ درصد کاهش یافته است که این مقدار برای پایهٔ مخروطی با نسبت D<sub>s</sub>/D<sub>b</sub>=0.25 حدود ۲۰ درصد می باشد (جدول ۲).

بدین ترتیب با توجه به اینکه سرعتهای حداکثر دقیقاً در ناحیهای یکسان از میدان جریان با ناحیهٔ آبشستگی رخ میدهد میتوان نتیجه گرفت که با بهرهگیری از پایهٔ مخروطی، سرعتهای افقی جریان در مجاورت پایه نیز با کاهشی محسوس رو به رو میگردد.

	ىستر (m)	فاصله از ب		
٠/١۵	•/ \ \ \ T	•/• ۵V	•/• ٣٢	
	جریان (m/s)	حداكثر سرعت		$D_{\rm S}/D_{\rm b}$
•/۵۲۲	•/٣۴٢	•/٣۶۵	•/٣۴۶	١
•/084	۰/۳۳۱	•/٣٣٩	۰/۳۰۷	٠/٧۵
•/۴٩٢	•/٣٢٢	•/٣٣۴	•/۲٩٨	۰/۵
•/۵۵۶	۰/۳۲۵	٠/٣٣	•/٢٨٧	• /۳۷۵
•/۴۸٧	•/٣٢۴	• /٣٣	•/٢٧٧	۰/۲۵
ايهٔ استوانه اي	ِ هر تراز نسبت به پ	شر سرعت جریان در	ِصد کاهش حداک	در
-Y/Y	٣/٢	٧/١	۱۱/۳	٠/٧۵
۵/۷	۵/۸	٨/۵	۱۳/۹	۰/۵
- <i></i> /۵	۵	٩/۶	14/1	• /۳۷۵
۶/۷	۵/٣	٩/۶	<i>۱۹/۹</i>	٠/٢۵

۵- نتیجه گیری

مورد سرعتهای افقی مجاور بستر نیز می توان گفت که در صورت به کارگیری پایهٔ مخروطی به جای استوانهای، مقدار حداکثر سرعت افقی جریان در مجاورت پایه تا ۲۰ درصد کاهش می یابد و در مجموع با کاهش پارامترهای مؤثر بر آبشستگی، این عامل مؤثر بر تخریب پایه به مقدار قابل ملاحظهای کاهش می یابد، به نحوی که پایهٔ استوانهای بیشترین مقدار پایههای دیگر تجربه می کند و از سوی دیگر در اطراف پایهٔ مخروطی با نسبت قطر در سطح آب به قطر در بستر برابر ۲۵/۰ ناحیهٔ آبشستگی کاملاً از بین می رود.

#### ۶- مراجع

1-Laursen, E.M. and Toch, A., (1956), "Scour around bridge piers and abutments" Bulletin No. 4, Iowa Highway Research Board, Ames, Iowa.

2-Melville, B. W., (1975) "Local Scour at Bridge Sites" Rep. No. 117, Dept. of Civil Engineering, School of Engineering., Univ. of Auckland, Auckland, New Zealand.

3-Ettema, R., Kirkil, G. and Muste, M., (2006), "Similitude of large-scale turbulence in experiments on local scour at cylinders" J.

آبشستگی اطراف پایهٔ پل یکے از تهدیدات اصلی برای این نوع سازه در طول دورهٔ طراحی آن به شمار میرود. یکی از روشهای کاهش آبشستگی کاهش یکی از پارامترهای کلیدی آن یعنی تنش برشی بستر است و استفاده از پایهٔ با مقطع متغیر در عمق میتواند با کاهش آشفتگی جریان گذرنده از اطراف پایه، تنش برشی را به حداقل برساند. در این پژوهش الگوی جریان اطراف یک پایهٔ استوانه ای و چهار پایهٔ مخروطی با شبیهسازی عددی سه بعدی جریان گذرنده از این یایهها مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است. طراحی و شبکه بندی این مدل ها با نرم افزار GAMBIT و تحلیل عددی با نرمافزار FLUENT انجام پذیرفته است. بررسی میدان تنش برشی بستر جریان در اطراف پایههای استوانهای و مخروطی شبیهسازی شده نشان میدهد که استفاده از پایههای مخروطی به جای پایهٔ استوانه ای منجر به کاهش قابل ملاحظهٔ تنش برشی، حداکثر بستر در مجاورت پایه می شود. به علاوه، با به کارگیری پایهٔ مخروطی سرعت، ای قائم در پاشنهٔ بالادست پایه که از عوامل تأثیر گذار بر آبشستگی بستر این ناحیه میباشد کاهش مییابد. در همین رابطه در

۶٩

8-Patil, P.P. and Tiwari, S., (2008), "Effect of blockage ratio on wake transition for flow past square cylinder" Fluid Dynamics Research, Science Direct, 40, 753–778.

9-Huang, W., Yang, Q. and Xiao, H., (2009) "CFD modeling of scale effects on turbulence flow and scour around bridge piers" Computers and Fluids, Elsevier, 38, 1050–1058.

10-Sumer, B.M., Fredsoe, J., Christiansen, N. and Hansen, S.B., (1994), "Bed shear stress and scour around coastal structures" Proc. 24<sup>th</sup> International Coastal Engineering Conference, ASCE, Kobe, Japan, vol. 2, pp. 1595-1609.

11-Stansby, P. K., (1997), "Semi- Implicit Finite Volume Shallow-Water Flow And Solute Transport Solver with k-e Turbulence Model" International Journal For Numerical Methods In Fluids, vol. 25, pp. 285-313.

12-Sarker, Md. A. (1998), "Flow Measurements Around Scoured Bridge Piers Using Acoustic-Doppler Velocimeter (ADV)", Flow Meas. Instrum., 9, 217–227. Hydraulic Engineering, ASCE, 132 (1), 33–40.

4-Sumer, B. M. and Fredsoe, J., (2002), "The Mechanics of Scour in the Marine Environment" Advanced Series on Ocean Engineering, Volume 17, World Scientific.

5-Rodi, W., (1997), "Comparison of LES and RANS calculations of the flow around bluff bodies" J. Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Fluid Mechanics, 69-71, pp. 55–75.

6-Salaheldin, T. M., Imran, J. and Chaudhry, M.H., (2004), "Numerical Modeling of Three Dimensional Flow Around Circular Piers", Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 130(2), pp. 91-100.

7-Wei, Z. and Aode, H., (2006), "Largeeddy simulation of three-dimensional turbulent flow around a circular pier" Journal of Hydrodynamics, Ser. B, Science Direct, 18(6), 765–772.