مطالعهٔ میدان جریان اطراف آبشکن تیغهای و T شکل با تأکید بر تحلیل طیفی و پارامترهای آماری

مجتبي مهرآيين *

استادیار دانشکدهٔ فنی و مهندسی، دانشگاه خوارزمی

(دريافت: ٩٥/١١/٢۵، پذيرش: ٩۶/۶/۴، نشر آنلاين: ٩۶/۶/٩)

چکیدہ

در مقالهٔ حاضر میدان جریان اطراف آبشکنهای تیغهای و T شکل با هدف مقایسهٔ بین پارامترهای آماری و تحلیل طیفی در اطراف این آبشکنها انجام شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که همبستگی خوبی بین روشهای به کار گرفته شده برای تعیین پدیدههای حاکم در اطراف آبشکنها وجود دارد. چرا که سرعتهای میانگین گیری شرطی به همراه روش سهم پدیدههای چهارگانه پدیدههای چهارگانه نشان دهندهٔ حاکمیت پدیدههای بیرونرانی و جاروبی در نزدیک نوک آبشکن و در ناحیهٔ لایهٔ برشی شکل گرفته در اطراف آبشکن است. از سویی دیگر در نزدیک نوک آبشکنهای مورد مطالعه وجود پیک در طیف توانی نشان دهندهٔ ریزش گردابهها از نوک آبشکن به سمت پاییندست بوده و مقایسهٔ بین مقدار پیکها نشان دهندهٔ قدرت بیشتر این گردابهها در ناحیهٔ نزدیک نوک آبشکن تیغهای نسبت به آبشکن T شکل است. بررسی ضرایب آماری (ضرایب چولگی و کورتوسیس) نیز نشان دهندهٔ متفاوت بودن توزیع سرعت در نزدیک آبشکنها، نسبت به توزیع نرمال است. بررسی ضرایب آماری (ضرایب چولگی و کورتوسیس) نیز نشان دهندهٔ دهندهٔ حاکمیت بیشتر پدیدهٔ بیرونرانی در این ناحیه و قدرت بیشتر این پدیده در اطراف آبشکن تیغهای نی مقدار پیکها نشان دهندهٔ قدرت بیشتر این

كليدواژهها: جريان آشفته، آبشكن تيغهاى، آبشكن T شكل، پارامترهاى آمارى، طيف آشفتگى.

۱– مقدمه

استفاده از آبشکنها در قوس رودخانهها موجب شده تا تحقیقات متنوعی در مورد آبشستگی و میدان جریان ایجاد شده در اطراف این نوع سازهها در قوسهای تند، ملایم و بینابینی انجام شود (مهرآیین و همکاران، ۱۳۹۴؛ فضلی، ۱۳۸۷؛ مهرآیین و همکاران، ۱۳۹۵).

تحقیقات انجام شده در مورد میدان جریان اطراف آبشکنها را به طور کلی میتوان به دو بخش تقسیم کرد. بخش اول تحقیقاتی هستند که با استفاده از میدان جریان میانگین و رسم خطوط جریان به بررسی و ارتباط بین میدان جریان و پدیدهٔ آبشستگی پرداختهاند (مهرآیین و همکاران، ۱۳۹۵؛ فضلی، ۱۳۸۷).

مطابق این تحقیقات وجود جریان پایینرونده در بالادست جان آبشکن، شکل گیری گردابهٔ نعل اسبی و نیز تشکیل جریان چرخشی در پاییندست آبشکن و در مرز ساحل نزدیک تا نوک آبشکن اثبات شده است که هر کدام از جریانهای اشاره شده نقش عمدهای در فرآیند شروع آبشستگی و توسعهٔ آن دارند. بررسی

میدان جریان و نیز تأثیرات میزان استغراق بر ساختار جریان نیز بررسی شده است (مهرآیین و همکاران، ۱۳۹۵؛ شریعتزاده، ۱۳۹۰).

نتایج این تحقیقات نشان دهندهٔ بیشتر بودن آبشستگی ایجاد شده در شرایط با استغراق کم نسبت به شرایط استغراق زیاد است. گروه دوم از تحقیقات انجام شده در مورد میدان جریان اطراف آبشکنها مربوط به بررسی میدان جریان با تأکید بر پارامترهای آشفتگی میدان جریان است (Kuhnle و همکاران، ۲۰۰۹؛ Kuhnle و همکاران، ۲۰۰۹؛ Duan و همکاران، ۲۰۱۳).

عمدهٔ تحقیقات انجام شده در این مورد مربوط به بررسی پارامترهای آشفتگی میدان جریان از جمله بررسی پدیدههای چهارگانهٔ آشفتگی در ترازهای مختلف، بررسی تنشهای رینولدز در اطراف آبشکنها، بررسی انرژی جنبشی، همبستگیهای درجهٔ ۳ به همراه آبشستگی اطراف این نوع آبشکنها است. نتایج این تحقیقات که تمامی آنها در کانالهای مستقیم انجام شده است نشان داده است که، در اطراف آبشکنها استفاده از تنشهای برشی رینولدز برای تعیین نواحی مستعد آبشستگی مناسب است در

^{*} نویسنده مسئول؛ شماره تماس: ۳۴۵۷۹۶۰۰-۲۶

آدرس ایمیل: mehraein@khu.ac.ir (م. مهرآیین).

حالی که استفاده از پارامترهایی همانند همبستگیهای درجهٔ ۳ و شار انرژی آشفتگی وجود نواحی مستعد برای آبشستگی را در مناطقی که پدیدههای بیرونرانی و جاروبی حاکم هستند تأیید می کند. تحقیقات انجام شده در مورد میدان جریان آشفته و آبشستگی در اطراف آبشکنهای قرار گرفته در درون قوس هنوز در مراحل ابتدایی است و در این مورد تحقیقات کاملی انجام نشده است.

از جمله تحقيقات انجام شده در اين مورد مي توان به مجموعهٔ تحقیقات انجام شده در دانشگاه تربیت مدرس اشاره کرد (مهرآیین و همکاران، ۱۳۹۴؛ فضلی، ۱۳۸۷؛ مهرآیین و همکاران، ۱۳۹۵). در این تحقیقات تأثیر میزان استغراق بر میدان جریان اطراف آبشکن T شکل قرار گرفته در قوس بررسی شده و نشان داده است که با افزایش استغراق آبشکن احتمال ایجاد پدیدههای بیرونرانی و جاروبی کمتر شده و در نتیجه توانایی جریان برای حمل رسوب کاهش می یابد. تحقیقات انجام شده در مورد شکل دماغهٔ آبشکن بر ساختار جریان اطراف آبشکن بسیار محدود است (Safarzadeh و همكاران، ۲۰۱۶). مطابق این تحقیق توسعهٔ ناحیهٔ با تنش رینولدز بالا در اطراف آبشکنهای T شکل نسبت به آبشکنهای تیغهای محدودتر بوده و از این رو می توان انتظار داشت که ابعاد چالهٔ آبشستگی و میزان نرخ انتقال رسوبات در مراحل ابتدایی آبشستگی در اطراف آبشکن تیغهای بیشتر از آبشکن T شکل باشد. با توجه به بررسی تحقیقات گذشته، مطالعهٔ میدان جریان آشفته اطراف آبشكنها در درون قوس در مراحل ابتدايي بوده و از آنجايي که آبشکنها در اشکال متفاوت ساخته می شوند و تحقیقات در مورد تأثیرات شکل آبشکن بر میدان جریان شکل گرفته در اطراف آبشکن بسیار محدود است، بررسی تفاوتهای موجود در میدان جریان اطراف آبشکن T شکل و تیغهای قرار گرفته در درون قوس برای درک بهتر میدان جریان آشفته در اطراف آبشکنها لازم و ضروری است.

در تحقیق حاضر بررسی میدان جریان اطراف آبشکنهای T شکل و تیغهای با بررسی موارد زیر برای تعیین اهداف مشخص انجام شده است:

۱- پارامترهای آماری (ضرایب چولگی و کورتوسیس) با هدف تعیین ساختار پدیدههای چهارگانهٔ آشفتگی،

۲- بررسی طیف انرژی آشفتگی برای تعیین زیر دامنهٔ ماند با هدف تعیین پیکهای ایجاد شده در طیف توانی،

۳- تعیین سهم پدیدههای آشفتگی چهارگانه در تنشهای رینولدز با بررسی سرعتهای میانگینگیری شدهٔ شرطی برای تعیین پدیدههای حاکم چهارگانهٔ آشفتگی حاکم انجام خواهد شد،

۴. تعیین ارتباط بین میدان جریان و آبشستگی شکل گرفته در اطراف این آبشکنها با توجه به موارد ۱ تا ۳ از آنجایی که تا به حال پارامترهای اشاره شده در بالا برای مقایسهٔ ساختار جریان

آشفته بین جریان اطراف آبشکنهای تیغهای و آبشکنهای T شکل انجام نشده است، در تحقیق حاضر این مقایسه انجام میشود.

۲- نحوهٔ انجام آزمایشات

آزمایشات این تحقیق در دانشگاه تربیت مدرس در کانالی با قوس [°]۹۰ که نسبت شعاع قوس به عرض کانال ۲ بود، انجام شد. مطابق تحقیقات پیشین این قوس با توجه به نسبت اشاره شده جزو قوسهای تند دستهبندی می شود (Rodi و Rodi). (۱۹۷۹).

کانال مورد استفاده در این تحقیق از سه کانال مجزا تشکیل شده بود که در بالادست و پاییندست به مخازن وروردی و خروجی متصل می شد. طول کانال بالادست و پایین دست به ترتیب ۷/۱m و ۵/۲m بود که قوسی ^{°۹}۰ با شعاع ۱/۲m در بین کانالهای بالادست و پاییندست قرار می گرفت. کف کانال تا تراز ۳۰cm از بستر، از رسوباتی با قطر متوسط ۱/۲۸mm و انحراف معیار ۱/۳ پوشانیده شد و برای جلوگیری از حرکت رسوبات در طول آزمایش بعد از تراز کردن بستر رسوبات، سطح رسوبات با استفاده از پخش دوغاب سیمان به وسیلهٔ کمپرسور هوا صلب گردید. برای اندازه-گیری عمق آب درون کانال از عمق سنج دیجیتالی با دقت ۱mm/۱mm/استفاده شد و برای تعیین دبی جریان ورودی از اریفیس کالیبره شده استفاده شد. آزمایشات در شرایطی که نسبت سرعت جریان ورودی به سرعت آستانهٔ حرکت رسوبات در شرایط بستر غیر صلب ۰/۹۸ بود انجام شد و برای تعیین سرعت آستانهٔ حرکت رسوبات از روشهای ارائه شده در مراجع پیشین استفاده شد (Neill)، ۱۹۷۳، ۱۹۷۳). استفاده از این روش برای تعیین نسبت سرعت جریان به سرعت آستانهٔ حرکت توسط بسیاری از محققین بررسی شده و نتایج آزمایشگاهی با نتایج به دست آمده از این روش اثبات شده است (مهرآیین و همکاران، ۱۳۹۴؛ فضلے، ۱۳۸۷؛ شریعتزاده، ۱۳۹۰؛ مهرآیین و همکاران، ۱۳۹۵). خلاصهای از شرایط آزمایشگاهی در جدول (۱) ارائه شده است.

در این جدول I طول بال و L طول جان آبشکن، d_{50} قطر متوسط رسوبات، u_c سرعت آستانهٔ حرکت رسوبات، u سرعت جریان در کانال بالادست، Y عمق جریان و α محل قرار گیری آبشکنها نسبت به ابتدای قوس است. دو آزمایش برای آبشکن T شکل و تیغهای قرار گرفته در قوس انجام شد. آبشکنها از جنس پلکسی گلاس به ضخامت ۱cm بود. هر کدام از آبشکنها در زاویهٔ ۴۵[°] نسبت به ابتدای قوس قرار گرفته و به صورتی که جان آبشکن بر ساحل خارجی عمود باشد، توسط چسب آکواریوم به ساحل خارجی متصل شد.

جدول ۱- شرایط مربوط به انجام آزمایشات

и	<i>u</i> _c	Y	d_{50}	l	L	(α°)	خصوصيات
۳۵	•/۳۵۶	•/١١٨	•/١٢٨	• و •/•٩	•/•٩	۴۵	آبشکن تیغهای و T شکل

توضیحات: دو آزمایش برای میدان جریان اطراف آبشکن T شکل و تیغهای انجام شد. بعد طول متر و زمان ثانیه است.

برای اندازه گیری سرعت جریان در نقاط مختلف از دستگاه Vectrino استفاده شد. این دستگاه می تواند سرعتهای لحظهای را در هر نقطهٔ مجزا تا ۴m/s و تا فرکانس ۲۰۰HZ برداشت کند. این دستگاه شامل دو پراب جانبنگر و پاییننگر بود. شکل (۱) نشان دهندهٔ شکل شماتیک کانال و نقاط برداشت سرعت در اطراف آبشکنهای T شکل و تیغهای است. مدت زمان برداشت دادههای سرعت در هر نقطه طوری تعیین شد که با افزایش زمان برداشت دادهها پارامترهای آشفتگی تغییر چندانی نکند. نتایج تست پایداری نشان داد که مدت زمان لازم برای اندازه گیری سرعت در هر نقطه از ۱ دقیقه در بالادست آبشکن تا ۵ دقیقه در نزدیک آبشکن متغیر بود. برای برداشت سرعتهای لحظهای در فواصل زمانی مناسب و با توجه به این که با افزایش فرکانس دادهها میزان نویز ورودی به درون دادهها افزایش مییابد، فرکانس برداشت دادههای سرعت ۵۰HZ در نظر گرفته شد که این فرکانس توسط بسیاری از محققین قبلی نیز برای برداشت میدان جریان اطراف کولههای پل و آبشکنها درنظر گرفته شده (Dey و Barbhuiya، ۲۰۰۶؛ Duan و همکاران، ۲۰۱۱؛ Duan و همکاران، ۲۰۰۹). برای حذف اسپایکهای وارد شده به سری زمانی از روش ارائه شده توسط Goring و Nikora (۲۰۰۲)، استفاده شد. بعد از حذف اسپایکها در تمام نقاط تعداد دادههای سرعتهای لحظهای در هر نقطه بسیار بیشتر از حد ۱۰۰۰ سرعت لحظهای در هر نقطه بود (Yaeger، ۲۰۰۹). بعد از حذف اسپایکها و اطمینان از تعداد مورد نیاز دادههای صحیح، پارامترهای مختلف آشفتگی برای بررسی میدان جریان محاسبه شدند که نتایج آن در ادامه آورده شده است. لازم به ذکر است که جهت جریان برای تمام شکلهای ارائه شده در متن از شکل (۱) پیروی میکند.

۳- نتایج و تجزیه و تحلیل

در این بخش با توجه به اندازه گیریهای سرعت در نقاط مختلف، به بررسی پارامترهای آشفتگی، تحلیل طیفی میدان جریان اطراف این دو آبشکن و بررسی سرعتهای میانگین گیری شدهٔ شرطی به همراه تحلیل کوادرانت می پردازیم.





شکل ۱- نمایی از شرایط آزمایشگاهی و محدودهٔ برداشت سرعت و نقاطی که در آنها سرعت برداشت شده است: الف) تنظیمات ازمایشگاهی، ب) پلان آبشکن تیغهای، ج) مقطع آبشکن تیغهای، د) پلان آبشکن T شکل هـ) مقطع آبشکن T شکل

۳-۱- بررسی سرعتهای میانگین

شکلهای (۲-الف) و (۲-ب) نشان می دهد برای هر دو آبشکن بررسی شده، حداکثر سرعت جریان در نزدیک بستر تقریباً با سرعت متوسط جریان ورودی بالادست برابر است در حالی که حداکثر سرعت جریان در تراز ۳cm از بستر به حدود ۱/۱ برابر سرعت جریان بالادست می رسد.



شکل ۲- تغییرات سرعتها در عرض کانال در ترازهای مختلف برای دو آبشکن مطالعه شده: الف) آبشکن تیغهای، ب) آبشکن T شکل

مقایسهٔ بین مقادیر سرعتهای متوسط در نزدیک بستر و ترازهای بالاتر نشان میدهد که ناحیهٔ با سرعتهای بالاتر توسط آبشکن T شکل در جهت عرضی توسعهٔ بیشتری داشته در حالی که برای آبشکن تیغهای این ناحیه در جهت مماسی توسعهٔ بیشتری دارد. گسترش بیشتر جریان با سرعت زیاد به سمت قوس داخلی در اطراف آبشکن T شکل می تواند مربوط به تأثیر محدود كنندة بال أبشكن باشد به طورى كه بال أبشكن از توسعة جريان ثانویه به سمت ساحل خارجی جلوگیری کرده و عمدهٔ جریان نزدیک شونده را به سمت ساحل داخلی قوس منحرف می کند. در مقطع قرارگیری آبشکن و در تراز میانی جریان، مقادیر سرعت شعاعى نشان دهندة وجود جرياني به سمت ساحل خارجي است چراکه در این ناحیه، با وجود جریان ثانویه، تأثیرات محلی آبشکن در انحراف جریان به سمت ساحل داخلی، وجود دارد. حداکثر سرعت شعاعی در مقطع دماغهٔ هر دو آبشکن تا حدود ۰/۴ سرعت جریان بالادست میرسد. از مقادیر سرعتهای شعاعی نیز میتوان دریافت که تأثیرات آبشکن T شکل در جهت عرض کانال بیشتر از آبشکن تیغهای است، به طوری که در مقطع دماغهٔ آبشکن T شكل مقادير سرعت شعاعي تا ميانة كانال (فاصلة ٣٠cm از ساحل خارجی) مقادیر سرعت شعاعی مثبت بوده در حالی که مقادیر سرعت شعاعی مثبت برای همین مقطع در آبشکن تیغهای تا فاصلهٔ ۱۳cm از ساحل خارجی مشاهده می شوند.

جریان برگشتی تشکیل شده در پایین دست آبشکن در نزدیک بستر نسبت به ترازهای میانی جریان عرض کمتری دارد. روند اشاره شده میتواند به دلیل دو عامل وجود جریان گردابهٔ نعل

اسبی و نیز کمتر بودن سرعت جریان در نزدیک بستر باشد. برای آبشکن تیغهای در ناحیهٔ جریان برگشتی در نزدیک بستر و در ترازهای میانی، علامت سرعتهای شعاعی قرینهٔ یکدیگر بوده که نشان دهندهٔ تأثیر جریان ثانویه در این محدوده است.

۳-۲- بررسی پارامترهای آماری

مقدار غیر صفر ضریب چولگی و ضریب کورتوسیس نشان دهندهٔ میزان عدم تقارن نوسانات تصادفی مؤلفههای سرعت است. این پارامترها اطلاعات آماری مفیدی مربوط به پدیدهٔ انفجار آشفتگی در اختیار قرار میدهد.

۲-۲-۱ بررسی ضریب چولگی

یکی از پارامترهای که برای تعیین میزان انحراف سری زمانی از شرایط تقارن مورد استفاده قرار می گیرد ضریب چولگی است که گشتاور سوم نرمال شده است. ضریب چولگی در هر نقطه بعد از حذف اسپایکها با توجه به تعداد دادههای در دسترس (n) از رابطهٔ (۱) به دست می آید.

$$S(v_{i}) = \left[\frac{n}{(n-1)(n-2)S^{3}}\right] \left(\sum v_{i}^{3} -\frac{3}{n}\sum v_{i}\sum v_{i}^{3} +\frac{2}{n^{2}}\left(\sum v_{i}\right)^{3}\right)$$
(1)

که در این رابطه S انحراف معیار دادههای برداشت شده از مقدار میانگین است. در صورتی که ضریب چولگی منفی باشد چولگی به چپ و در صورتی که ضریب چولگی مثبت باشد چولگی به راست خواهیم داشت. از طرف دیگر ضریب چولگی با حفظ علامت نوسانات سرعت به عنوان معیاری برای تعیین یدیدههای آشفتگی حاکم می تواند استفاده شود. شکل (۳) نشان دهندهٔ تغییرات ضریب چولگی در تراز نزدیک بستر برای آبشکن تیغهای است. در آبشکن تیغهای و در بالادست آبشکن در مرز بین جریان نزدیک شونده به آبشکن و جریان برگشتی در بالادست آبشکن ضریب چولگی در راستای مماسی مثبت است در همین منطقه مقادیر ضریب چولگی در راستای شعاعی نیز مثبت بوده در حالی که مقادیر ضریب چولگی در راستای عمقی مقادیر منفی دارد. در ناحیهٔ جریان اطراف آبشکن تیغهای در محل قرارگیری جان آبشکن، مقادیر ضریب چولگی در راستای مماسی و شعاعی قوس منفی بوده اما در همین ناحیه مقادیر ضریب چولگی در راستای عمقی مثبت است. علامتهای ضرایب چولگی در راستاهای مختلف در این ناحیه نشان دهندهٔ یدیدههای با شتاب کاهشی در این ناحیه است.





در ناحیهٔ جریان برگشتی در پاییندست آبشکن مقادیر ضرایب چولگی در راستای مماسی و در راستای عمقی منفی بوده در حالی که در این منطقه در راستای شعاعی مقدار ضریب چولگی مثبت است. در ناحیهٔ لایهٔ برشی و در محدودهٔ مرز این لایه با جریان برگشتی در پاییندست آبشکن، ضریب چولگی در راستای مماسی مثبت بوده و در حالی که در مرز این جریان با جریان عبوری از اطراف آبشکن ضریب چولگی در راستای مماسی مقادیری منفی دارند. منفی بودن ضرایب چولگی در راستای مماسبی و شیعاعی در محدودهٔ گردابههای نعل اسیبی و مقادیر مثبت ضریب چولگی در راستای عمقی در همین منطقه نشان دهندهٔ حاکمیت پدیدههای بیرونرانی در این محدوده است. لذا می توان گفت محدودهٔ جریان برگشتی در پایین دست آبشکن به این نکته اشاره کرد که پدیدههای جاروبی در راستای شعاعی و پدیدههای اندر کنشی در راستای مماسی به عنوان پدیدههای حاکم در این محدوده می باشیند. با فاصیله گرفتن از محدودهٔ گردابهٔ نعل اسببی و نزدیک شدن به میانهٔ کانال از قدر مطلق مقادیر ضرایب چولگی در راستاهای مختلف کاسته شده و

می توان گفت که در این محدوده پدیده های چهارگانهٔ آشفتگی ضعیف بوده و توزیع سرعت به سمت توزیع نرمال میل خواهد کرد. شکل (۴) نشان دهندهٔ تغییرات ضریب چولگی در اطراف آبشکن T شکل در لایهٔ نزدیک بستر است.



(ج)

شکل ۴- تغییرات ضریب کورتوسیس در اطراف آبکشن T شکل در تراز نزدیک بستر: الف) راستای مماسی، ب) راستای شعاعی، ج) راستای عمقی

در نزدیک نوک بالادست آبشکن مقادیر بزرگ ضریب چولگی در راستای مماسی مشاهده میشود که در این ناحیه مقادیری منفی در راستای مماسی و شعاعی داشته اما در راستای عمقی مقادیر مثبت ضریب چولگی مشاهده میشود. در ناحیهٔ جریان برگشتی در پاییندست آبشکن نیز مقادیر ضریب چولگی در راستای مماسی و شعاعی و عمقی مثبت است. در ناحیهٔ لایهٔ برشی که بین جریان برگشتی و جریان گذرنده از اطراف آبشکن تشکیل شده است مقادیر ضرایب چولگی در راستای مماسی منفی است اما مقادیر آن نسبت به مقادیر اندازه گیری شده در نزدیک نوک

چولگی در راستای مماسی و مقادیر مثبت آن در راستای عمقی نشان دهندهٔ حاکمیت پدیدهٔ بیرونرانی در این ناحیه در راستای مماسی و شعاعی قوس است. در ناحیهٔ جریان برگشتی در راستای مماسی و در راستای عمقی ضرایب چولگی مثبت بوده که نشان دهندهٔ حاکمیت پدیدههای اندرکنش رو به بیرون در این ناحیه است. با توجه به این که پدیدههای بیرونرانی و جاروبی در ناحیهٔ مرز بین جریان نزدیک شونده و جریان برگشتی در بالادست و نیز در ناحیهٔ جریان برشی و در نزدیک نوک آبشکن حاکم است می-توان انتظار داشت که در این نواحی احتمال آبشستگی و توسعهٔ ناحیهٔ جریان برگشتی پدیدههای اندرکنش رو به بیرون در این ناحیهٔ جریان برگشتی پدیدههای اندرکنش رو به بیرون در این ناحیه حاکمیت داشته که میتواند نشانی از تهنشینی و به دام افتادن ذرات رسوب انتقالی از بالادست در این ناحیه در مراحل ابتدای آبشستگی در شرایط بستر غیر صلب باشد.

۲-۲-۲ بررسی ضریب کور توسیس

ضریب کورتوسیس عبارتست از گشتاور چهارم نرمال شده و معیاری برای تعیین میزان توزیع کشیدگی دادهها است. ضریب کورتوسیس سری زمانی مولفهٔ سرعت ui به صورت رابطهٔ (۲) تعریف می شود.

$$Ku_{i} = A_{1} \left\{ \sum u_{i}^{4} - \frac{4}{n} \sum u_{i} \sum u_{i}^{3} + \frac{6}{n^{2}} \left(\sum u_{i} \right)^{2} \sum u_{i}^{2} - \frac{3}{n^{3}} \left(\sum u_{i} \right)^{4} \right\}$$

$$A_{1} = \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)S^{4}}$$
(7)

شکل (۵) نشان دهندهٔ ضرایب کورتوسیس در اطراف آبشکن تیغهای است. مقدار ضریب کوتوسیس در راستای مماسی در بیشتر نقاط به جز نقاط قرار گرفته در اطراف آبشکن مقادیر منفی یا نزدیک به صفر دارد که نشان دهندهٔ توزیع گستردهتر و با پیک کمتر از توزیع نرمال است. در ناحیهٔ نزدیک نوک آبشکن و در طول مرز بین جریان برگشتی در پاییندست آبشکن و جریان عبوری از اطراف آبشکن مقدار ضریب کورتوسیس در راستای مماسی قوس مقادیر مثبتی داشته که نشان دهندهٔ پیک بزرگتر نسبت به توزیع نرمال در این ناحیه است. علاوه براین وجود چنین پیکهایی نشان دهندهٔ وجود جریانی متناوب در این ناحیه است. در تمام نقاط به اطراف آبشکن مقادیر ضریب کورتوسیس مثبت و جریان عبوری از اطراف آبشکن مقادیر ضریب کورتوسیس مثبت و کوچک است. در مرز بین جریان برگشتی پاییندست و جریان عبوری از اطراف آبشکن مقادیر ضریب کورتوسیس مثبت و کوچک است. در مرز بین جریان برگشتی در پاییندست و جریان عبوری از اطراف مرز بین جریان برگشتی در پاییندست و جریان عبوری از اطراف

به توزیع نرمال است. در دو طرف مرز بین جریان بر گشتی و جریان عبوری از اطراف آبشکن مقادیر ضریب کورتوسیس نسبت به مرز این دو جریان مقادیر بزرگتر و مثبتی دارد که نشان دهندهٔ این است که گردابههای جدا شده از این مرز با ورود به جریان برگشتی یا جریان عبوری از اطراف ناحیهٔ جریان برگشتی نوسانات زیادی در راستای شعاعی داشته و آزادی عمل بیشتری در این ناحیه نسبت به جریان درون مرز دارند. مقادیر ضرایب کورتوسیس در راستای عمقی نشان میدهد که در بالادست آبشکن و در مرز بین جریان نزدیک شونده به آبشکن و جریان برگشتی در بالادست آبشکن و نیز در محدودهٔ جریان گردابهٔ نعل اسبی تشکیل شده در اطراف آبشكن مقدار ضريب كورتوسيس نشان دهندهٔ وجود پديده-هایی تناوبی در این منطقه است. در تراز میانی کانال به دلیل از بین رفتن گردابهٔ نعل اسبی از مقدار ضریب کورتوسیس در این ناحیه کاسته می شود. شکل (۶) نشان دهندهٔ کانتورهای ضرایب کورتوسیس در لایهٔ نزدیک بستر برای آبشکن T شکل است. بیشترین مقدار مثبت این پارامتر در راستای مماسی و عمقی در نوک بالادست بال آبشکن مشاهده می شود. در راستای شعاعی نیز مقادیر ضریب کورتوسیس در نوک بال بالادست آبشکن قابل توجه است. در ناحیهٔ جریان برگشتی تشکیل شده در پاییندست آبشکن مقادیر ضریب کورتوسیس برای مولفهٔ مماسی و عمقی سرعت منفی بوده و در راستای شعاعی نشان دهندهٔ هموارتر بودن توزیع نوسانات سرعت در راستای عمقی و مماسی و بزرگتر بودن نسبی مقدار ماکزیمم در توزیع سرعت در راستای شعاعی قوس است. در ناحیهٔ مرز بین جریان برگشتی در پاییندست آبشکن T شکل مقادیر ضریب کورتوسیس در راستاهای مختلف کوچک و منفی بود. مقایسهٔ بین مقادیر حداکثر ضرایب کورتوسیس در لایهٔ نزدیک بستردر آبشکن تیغهای با آبشکن T شکل نشان میدهد که مقادیر حداکثری در آبشکن تیغهای بزرگتر از آبشکن T شکل است.

۳-۳- بررسی طیف آشفتگی

برای تعیین طیف آشفتگی سرعتها در هر جهت میتوان از تبدیل فوریهٔ تابع اتوکوواریانس که به وسیلهٔ رابطهٔ (۳) تعیین می-شود، استفاده کرد.

$$\begin{split} Cov_{j}(\Delta t) &= lim \frac{1}{2T} \int_{-T}^{T} (V_{j}(t + \Delta t) \\ &- \overline{v_{j}}) dt \end{split} \tag{(7)} \\ &= \frac{1}{N-K} \sum_{i=1}^{N-K} (V_{ij} - \overline{v_{j}}), \\ &i = 1, 2, 3, \dots, N, j = x, y, z \end{split}$$

در این رابطه N تعداد کل دادههای برداشت شده، K حداکثر زمان برداشت دادهها بوده، Δt فاصلهٔ زمانی برداشت دادهها، V سرعت در راستای J و T زمان تناوب است. برای تعیین طیف آشفتگی با استفاده از تابع اتوکوواریانس در فرکانسهای مختلف می توان از رابطهٔ (۴) استفاده کرد.



شکل ۵- کانتور تغییرات ضریب کورتوسیس در جهات مختلف در دو تراز برای آبشکن تیغهای: الف، ب، ج) در نزدیک بستر z=0.5 cm، د، و، هــ) z=3 cm



^(الف) شکل ۶- کانتور تغییرات ضریب کورتوسیس در اطراف آبشکن T شکل: الف) در راستای مماسی، ب) در راستای شعاعی، ج) در راستای عمقی

$$s_j(f) = 2 \int_0^\infty Cov_j(\Delta t) cos 2\pi f \Delta t d(\Delta t)$$
^(F)

که در این رابطه که f فرکانس برداشت دادهها است و (f) s/ dیف انرژی آشفتگی به ازای فرکانس f و در جهت ز است. شکل (Y–الف) تا (Y–د) نشان دهندهٔ طیف آشفتگی در سه نقطه در بالادست، میزان افت انرژی در بالادست آبشکن نسبت به نقاط پاییندست و محل قرارگیری آبشکن کمتر است چنانچه در بالادست انرژی در ساختارهای با فرکانسهای بزرگ حدود ۲۰۱ انرژی در ساختارهای فرکانسهای کوچک می شود در حالی که در مقطع قرارگیری

آبشکن و در مقطع پاییندست آن انرژی در ساختارهای با فرکانس-های بزرگ به حدود ۲۰/۱ انرژی در ساختارهای فرکانسهای کوچک می رسد. برای مقایسهٔ بین طیف انرژی آشفتگی در ترازهای مختلف شکل (۲-د) که مربوط به نقطهٔ قرار گرفته در مقطع قرارگیری آبشکن در نزدیک بستر است ارائه شده است. در تراز نزدیک بستر به دلیل خاصیت مستهلک کنندگی انرژی آشفتگی میزان انرژی آشفتگی نسبت به ترازهای بالاتر کم تر است. محل قرارگیری جان آبشکن و در پاییندست آبشکنهای مورد مطالعه است. تحقیقات نشان داده است که نسبت بسامد حدی به بسامد نایکویست (که در تحقیق حاضر ۲۵Hz است) از ۲۱/۰ تا بزرگتر از ۲ تغییر می کند (I۹۹۸ و Goring). (۱۹۹۸).



شکل ۷- طیف انرژی آشفتگی برای آبشکن تیغهای در فاصلهٔ ۳۳۳ از بستر و ۱۱cm از دیوارهٔ خارجی: الف) در بالادست آبشکن (نقطهٔ ۱)، ب) در محل قرارگیری جان آبشکن (نقطهٔ ۲)، ج) در پاییندست محل قرارگیری آبشکن (نقطهٔ ۳)، د) در مقطع قرارگیری آبشکن و در فاصلهٔ ۵/۵cm از بستر و ۱۱cm از دیوارهٔ خارجی (نقطهٔ ۴)، نقاط در شکل (۱) مشخص شدهاند.





برای نقطهٔ در بالادست آبشکن تیغهای زیر دامنهٔ ماندی در محدودهٔ ۳HZ تا N+L مشاهده میشود. در همین محدوده از بسامدهای مورد نظر زیر دامنهٔ ماند برای نقاط در نظر گرفته شده در مقطع قرارگیری جان آبشکن و در پاییندست آن مشاهده می-شود.

در محدودهٔ از بازهٔ فرکانسی ۱HZ تا ۱۰Hz زیر دامنهٔ ماند در طیف آشفتگی وجود دارد. مقادیر طیف انرژی آشفتگی در محدودهٔ تولید انرژی آشفتگی و مصرف و نیز در محدودهٔ زیر دامنهٔ ماند برای نقطهٔ قرار گرفته در پاییندست آبشکن کمی بزرگتر از نقطهٔ قرار گرفته در بالادست آبشکن است. طیف انرژی آشفتگی در مقطع قرارگیری جان آبشکن بیشتر از نقطهٔ در نظر گرفته شده در بالادست آبشکن است. طیف انرژی آشفتگی برای مقطع بالادست آبشکن و مقطع قرارگیری جان آبشکن مقادیر حدود (cm²/s) ۰/۱

را نشان میدهد که درصد افت در طیف انرژی آشفتگی در این نوع آبشکن قابل مقایسه با آبشکن تیغهای است.

طیف توانی آشفتگی که نماینده طیف آشفتگی در هر سه راستای مماسی، شعاعی و عمقی است از رابطهٔ (۵) محاسبه می-شود.

$$S(f) = \{s_u^2(f) + s_v^2(f) + s_w^2(f)\}^{0.5}$$
 (Δ)

شکل (۹-الف) تا (۹-ج) نشان دهندهٔ مقایسهای بین مقادیر طیفهای توانی آشفتگی برای آبشکن تیغهای و T شکل است. در بالادست محل قرارگیری آبشکن تعدادی پیک نامنظم و ضعیف در محدودهٔ فرکانسهای ۲۰/۰۲ Tl L مشاهده میشود که می-تواند مربوط به وجود ناهمواریهای موجود در بستر و تولید گردابه-های ضعیف که در راستاهای مختلف رشد میکنند، باشند.



شکل ۹- مقادیر طیف توانی آشفتگی: الف) در بالادست آبشکن، ب) در مقطع قرارگیری جان آبشکن و به فاصلهٔ m cm از دیوارهٔ خارجی، ج) در مقطع قرارگیری آبشکن و در نزدیک بستر

مقدار پیک طیف توانی آشفتگی در این مقطع برای آبشکن تیغهای بزرگتر از آبشکن T شکل است. پیکهای ایجاد شده در این مقطع می تواند ناشی از گردابههای جدا شده از بال آبشکن T شکل و نیز نوک آبشکن تیغهای باشد. مقدار حداکثر پیک در این مقطع برای آبشکن T شکل ۵۰۰۰۰(*cm²/s*)² بوده در حالی که برای آبشکن تیغهای در همین نقطه ² (cm²/s است. فرکانس پیکهای ایجاد شده در هر دو آبشکن در نقطهٔ مورد نظر تقريباً با يكديگر برابرند (حدود ٠/١ Hz). مقايسهٔ بين مقادير ييک-های ایجاد شده در طیف توانی در نزدیک بستر و در ترازهای بالای بستر نشان دهندهٔ مقادیر کوچکتر پیکها در نزدیک بستر است چنانچه در مقطع قرارگیری آبشکن و در نزدیک بستر مقدار پیک طیف توانی ² (cm²/s) ۳۰۰۰۰ بوده که به مقدار قابل ملاحظهای از پیک ایجاد شده در تراز ۲ cm ۲ نسبت به بستر (۲ (۸۰۰۰۰ (۲۰۰۰) کمتر است. دلیل اصلی کاهش مقدار پیک در نزدیک بستر در نزدیک نوک آبشکن را میتوان تأثیر مستهلک کنندگی بستر بر میزان آشفتگی دانست چنانچه در ترازهای بالاتر با رشد گردابههای ایجاد شدہ از نزدیک بستر مقدار پیک طیف آشفتگی افزایش مے،-یابد. پیک ایجاد شده در طیف آشفتگی در بالادست آبشکن نسبت به پیک ایجاد شده در طیف آشفتگی در محل قرار گیری آبشکن در فرکانس های کمتر اتفاق افتاده که در کنار قدرت این گردابهها نشان دهندهٔ وجود گردابههای کوچکتر با فرکانس بیشتر است.

۳-۴- سهم پدیدههای آشفتگی در تنشهای رینولدز نسبت سهم پدیدههای به تنشهای رینولدز هر کدام از پدیده-های چهارگانهٔ آشفتگی از طریق روابط (۶) تا (۸) محاسبه میشوند.

$$R_{s}(H) = \int_{H}^{\infty} \rho_{q}(\phi) d\phi, Q_{2}, Q_{4}$$
(\mathcal{F})

$$R_{s}(H) = \int_{-\infty}^{-H} \rho_{q}(\emptyset) d\emptyset, Q_{1}, Q_{3}$$
(Y)

$$\phi = \frac{v'_i v'_z}{\left|v'_i v'_z\right|} \tag{A}$$

در روابط ارائه شده ϕ نشان دهندهٔ تنش رینولدز بیبعد لحظهای و (ϕ) ρ_q تابع چگالی احتمال مربوط به پدیدهٔ p، (H) R_s سهم هر پدیده در تنش برشی رینولدز و H اندازهٔ حفرهٔ مورد نظر در تحلیل است. شکل (۱۰) نشان دهندهٔ سهم هر کدام از پدیدههای چهارگانه در تنشهای رینولدز در مقاطع مختلف نسبت به محل قرارگیری آبشکن است. چنانچه ملاحظه می شود در نقطهٔ در نظر گرفته شده در بالادست آبشکن و نیز در محل قرارگیری جان آبشکن پدیدههای بیرونرانی و جاروبی سهم بیشتری نسبت به پدیدههای اندرکنشی در تنشهای رینولدز داشته در حالی که در ناحیهٔ جریان برگشتی سهم بیشتر پدیدههای اندرکنشی سهم بیشتری در تنشهای رینولدز است. سهم بیشتر پدیدههای اندرکنشی در این ناحیه موجب کاهش

E 0.8

(E)²

0.6







شکل ۱۱- تغییرات سهم پدیدههای آشفتگی در تنشهای رینولدز به ازای تغییرات اندازهٔ حفره برای آبشکن T شکل

افزایش شدید شتاب و سپس کاهش تدریجی آن مشاهده میشود در حالی که در فاز ایجاد پدیدهٔ بیرونرانی شتاب کاهشی تدریجی مشاهده شده و بعد از رسیدن به مقدار حداقل، شتاب افزایشی ناگهانی در فاز بیرونرانی اتفاق میافتد. چنانچه ملاحظه میشود پدیدههای بیرونرانی و جاروبی در ترازهای میانی نیز مشاهده می-شوند و البته در ترازهای میانی یدیدهٔ بیرون انی با شرایط پایدارتری نسبت به تراز بستر مشاهده شده و مدت زمان پایداری آن از پریود پدیدهٔ بیرونرانی در نزدیک بستر بیشتر است. تفاوت چندانی در پایداری پدیدهٔ جاروبی در نزدیک بستر و در تراز میانی مشاهده نشد. شکل (۱۳) نشان دهندهٔ سرعتهای میانگین گیری شدهٔ شرطی برای نقاط مختلف اندازه گیری شدهٔ سرعت در میدان جریان در اطراف آبشکن تیغهای است. در نزدیک بستر فرآیند تبدیل پدیدههای اندرکنشی به صورت چرخشی در این منطقه اتفاق می-افتد اما پدیدهٔ اندرکنش رو به بیرون نسبت به پدیدهٔ اندرکنش رو به داخل پایداری بیشتری و ناپایداری پدیدهٔ اندرکنش رو به داخل در این منطقه کاملاً مشهود است. سه نقطهٔ دیگر نیز در میدان جریان برای بررسی در نظر گرفته شده است دو نقطه در مقطع قرار گیری جان آبشکن و درنزدیک بستر و در تراز میانی جریان قرار داشته و نقطهٔ سوم در لایهٔ برشی تشکیل شده در اطراف آبشکن قرار دارد. حاکمیت پدیده های بیرون رانی و جاروبی در این ناحیه به خوبی مشخص است و پایداری این پدیدهها نسبت به نقاط قرار گرفته در بالادست آبشکن بیشتر است. در مقطع قرارگیری جان آبشکن و در نزدیک بستر پدیدههای بیرونرانی و جاروبی نسبت به تراز میانی همین مقطع بیشتر است که دلیل آن میتواند گردابهٔ نعل اسبی شکل گرفته در این ناحیه و در نزدیک بستر باشد.

شکل (۱۱) نشان دهندهٔ سهم هر کدام از پدیدهها در تنش رینولدز در بالادست و محل قرار گیری جان آبشکن و در پایین دست آبشکن T شکل است. در بالادست و در محل قرار گیری جان آبشکن سهم پدیدههای بیرونرانی و جاروبی در تنشهای رینولدز میانگین بیشتر از پدیدههای اندرکنشی است. در محل قرارگیری جان آبشکن به دلیل تأثیرات آشفتگیهای ایجاد شده در اثر ایجاد گردابه های القایی توسط نوک بال آبشکن و نیز گردابهٔ نعل اسبی شکل گرفته در محل قرارگیری آبشکن، سهم تمامی پدیدههای چهارگانه نسبت به نقطهٔ در نظر گرفته شده در بالادست افزایش می یابد. سهم بیشتر پدیدهها بیرون رانی و جاروبی در این نقاط در تنشهای رینولدز موجب افزایش تنشهای رینولدز در این ناحیه شده و موجب افزایش توانایی جریان برای انتقال رسوبات به سمت پاییندست میشود. در ناحیهٔ جریان برگشتی تشکیل شده در پایین دست آبشکن آبشکن T شکل سهم پدیدههای اندرکنشی در این ناحیه بیشتر بوده و در نتیجه توانایی جریان برای انتقال رسوبات از این ناحیه به سمت پاییندست کانال کاهش می یابد. اگر چه با تغییرات اندازهٔ حفره (H) سهم یدیدههای مختلف در تنش رینولدز کاهش می یابد اما روند مشاهده شده و بیشتر یا کمتر بودن سهم پدیدههای چهارگانه در تنشهای رینولدز تغییری نمیکند. شکل (۱۲) نشان دهندهٔ سرعتهای میانگین گیری شده شرطی برای اندازهٔ حفرهٔ ۲ در نقاط مختلف است. در بالادست آبشکن تیغهای و در نزدیک بستر پریود پدیدهٔ جاروبی بزرگتر از پدیدهٔ بیرونرانی بوده و تبدیل چرخشی پدیدههای بیرونرانی به جاروبی و جاروبی به بیرونرانی به صورت معمول اتفاق میافتد. تبدیل از پدیدهٔ بیرونرانی به جاروبی با سرعت بیشتری نسبت به تبدیل پدیدهٔ جاروبی به بیرونرانی اتفاق میافتد. در فاز ایجاد پدیدهٔ جاروبی



شکل ۱۲- سرعتهای میانگین گیری شدهٔ شرطی برای دو نقطه در بالادست آبشکن تیغهای: الف) و ب) نزدیک بستر، ج) و د) در تراز میانی جریان



شکل ۱۳- سرعتهای میانگینگیری شدهٔ شرطی برای دو نقطه در بالادست آبشکن تیغهای: الف) در منطقهٔ جریان برگشتی در نزدیک بستر، ب) در مقطع قرارگیری جان آبشکن و نزدیک بستر، ج) در مقطع قرارگیری جان آبشکن و تراز میانی جریان، د) در لایهٔ برشی و تراز نزدیک بستر

۴- نتیجهگیری

ضرایب چولگی و کورتوسیس در نزدیک آبشکن با مقادیر مربوط به ضرایب چولگی توزیع نرمال تفاوت داشته و در نزدیک نوک آبشکن پدیدههای بیرونرانی در آبشکنهای تیغهای قدرت بیشتری داشته که یکی از عوامل ایجاد آبشستگی و حمل رسوبات از این منطقه در لحظات ابتدای انجام آزمایشات آبشستگی انجام شده در تحقیقات پیشین است. در منطقهٔ جریان برگشتی تشکیل شده در پاییندست آبشکن حاکمیت پدیدههای اندرکنشی به وسیلهٔ بررسیهای سرعتهای میانگین گیری شدهٔ شرطی و نیز تعیین سهم یدیدههای چهارگانهٔ آشفتگی در تنشهای رینولدز اثبات شد. پایداری پدیدههای بیرونرانی و جاروبی در نزدیک بستر و نوک آبشکن میتواند یکی از عوامل دیگر در ایجاد آبشستگی از این ناحیه و توسعهٔ آن در منطقهٔ لایهٔ برشی شکل گرفته در اطراف آبشكن باشد. تحليل هاى طيفي نشان دهندهٔ وجود زير دامنهٔ ماند در جریان عبوری از اطراف آبشکن بوده و همچنین وجود پیکهایی در طیف توانی نشان دهندهٔ وجود ساختارهای متناوب ایجاد شده از محل قرار گیری آبشکن بوده که پیک بزر گتر در اطراف آبشکن تیغهای نشان دهندهٔ آشفتگی بیشتر و در نهایت قدرت بیشتر جریان برای حمل رسوب در این ناحیه است.

۵- تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت معاونت پژوهشی دانشگاه خوارزمی انجام شده است که بدینوسیله قدردانی میشود.

8- مراجع

- شریعتزاده ی، "بررسی آزمایشگاهی الگوی جریان و آبشستگی پیرامون آبشکن T شکل جاذب و دافع، مستقر در قوس ۹۰ درجه در حالت استغراق"، پایاننامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۹۰.
- فضلی م، "مطالعه آزمایشگاهی آبشستگی در اطراف آبشکن کوتاه در قوس"، رسالهٔ دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۷.
- مهرآیین م، قدسیان م، خسروی مشیزی م، " بررسی تأثیر استغراق آبشکن بر پارامترهای آشفتگی در اطراف آبشکن مستقر در قوس °۹۰"، ۱۶ (۲)، ۱۳۹۵، ۲۴۳–۲۵۷.
- مهرآیین م، قدسیان م، نوربخش م، "بررسی میدان جریان آشفته اطراف آبشکن T شکل مستغرق"، مجلهٔ عمران مدرس، ۱۵ (۳)، ۱۳۹۴، ۱۷۱–۱۷۸.

Dey S, Barbhuiya AK, "Velocity and turbulent in a scour hole at a vertical-wall abutment", Flow

Measurements and Instrumentation, 2006, 17 (1), 13-21.

- Duan JG, He L, Wang GQ, Fu XD, "Turbulent burst around experimental spur dike", International Journal of Sediment Research, 2011, 26 (4), 471-486.
- Kuhnle RA, Alonso CV, Jia YJ, "Flow around a submerged trapezoidal spur dike test case", Journal of Hydraulic Engineering, 2008, 128 (12), 1087-1093.
- Kuhnle RA, Alonso CV, "Flow near a model spur dike with a fixed scoured bed", International Journal of Sediment Research, 2013, 28 (3), 349-357.
- Duan JG., He L, Wang GQ, Fu XD, "Mean flow and turbulence around experimental spur dike", Advances in Water Resources, 2009, 32 (12), 1717-1725.
- Safarzadeh A, Salehi- Neyshabouri, SAA, Zarrati AR, "Experimental investigation on 3D turbulent flow around straight and T-Shaped groynes in a flatbed channel", Journal of Hydraulic Engineering, 2016, 142 (8), DOI: 10.1061/ (ASCE) HY. 1943-7900. 0001144.
- Leschziner MA, Rodi W, "Calculation of strongly curved open channel flow", Journal of Hydraulic Division, 1979, 105 (10), 1297-1314.
- Niell CR, "Guide to Bridge Hydraulics", University of Toronto Press, CA, 1973.
- Goring D, Nikora V, "Despiking acoustic Doppler velocimeter data", Journal of Hydraulic Engineering, 2002, 128 (1), 117-126.
- Yaeger MA, "Mean flow and turbulence around two series of experimental dikes", Msc thesis, University of Arizona, US, 2009.
- Nikora VI, Goring D, "ADV measurements of turbulence: can we improve their interpretation?", Journal of Hydraulic Engineering, 1998, 124 (6), 630-634.



^{*} نویسنده مسئول؛ شماره تماس: ۳۴۵۷۹۶۰۰-۲۲۶



EXTENDED ABSTRACT

Flowfield Investigation around Straight and T-Shaped Spur Dikes Using Spectral Analysis and Stochastic Parameters

Mojtaba Mehraein*

Faculty of Engineering, Kharazmi University, Tehran 1571914911, Iran

Received: 13 February 2017; Accepted: 26 August 2017

Keywords:

Turbulent flow, Straight spur dike, T-shaped spur dike, Statistical parameters.

1. Introduction

Spur dikes are common river training structures. Spur dikes deviate approaching flow to the far bank. The scour formation around the spur dikes may be used to increase the habitants.

Many researches such as Khosravi-Mashizi (2011) were done to find the effect of different effective parameters on scour hole dimensions around spur dikes. Previous researches showed that the scour hole dimensions decreases with spur dike submergence (Shariatzadeh, 2011). Previous researches on flow field around the spur dike may be categorized into two groups. The first group of researchers worked on mean flowfield and streamlines (Fazli, 2008). The researchers reported the formation of the upstream downflow and a horseshoe vortex around the spur dikes. The secondary flow has a main role in scour hole formation and the maximum strength of the secondary flow occurs near the upstream tip of the spur dike. In the second group of researches, the flowfield was investigated based on turbulent flow parameters (Dey and Barbhuiya, 2006). Researchers tried to investigate the relation between the scour and flow fields using turbulent parameters such as quadrant analysis, triple correlations and turbulent kinetic energy fluxes. The researchers showed that the ejection and sweep events have main role on sediment entrainment. According to the best knowledge of the authors, flow field investigation around the spur dike and the comparsion between the flow structures around the straight and T shaped spur dikes are in the preliminary stages. Hence, the authors tried to study and compare the flow structures around a straight and T shaped spur dike using spectral analysis, statistics parameters and conditional averaged velocity to find the effect of the turbulent parameters on scour process around the spur dikes.

2. Methodology

Two experiments were done in a 90° sharp bend channel at Tarbiat Modares University. The channel consist of three different parts, such as upstream channel, downstream channel and a 90° sharp bend that connects the two straight parts. The channel has 0.6m width, and 0.7m depth. Nearly uniform sediment with median sediment size d_{50} =1.28mm covered the channel bed and the sediment surface was frozen using the special resin. The channel discharge was measured using a calibrated orifice. Water surface level was measured using point gauge with 0.1mm accuracy. Two different experiments were done using straight and *T* shaped sour dikes. The spur dikes were made using 1cm thick plexiglass. The spur dikes were glued at 45° angle respect to the beginning of the channel bend. The velocity time series were measured using ADV apparatus in different points. The spikes were eliminated from the time series using previous research approach. The experiments conditions are presented in Table 1. briefly.

E-mail addresses: mehraein@khu.ac.ir (Mojtaba Mehraein).

Table 1. Experimental conditions											
и	<i>u</i> _c	Y	<i>d</i> 50	1	L	°α					
0.35	0.356	0.118	1.28	9	9	45					

In this table u is the approaching flow velocity, u_c is the approaching flow velocity in threshold condition, d_{50} is the median sediment size of the sediment, *Y* is the upstream water depth and α is the location of the spur dikes respect to the beginning of the channel bend.

3. Results and discussion

Fig. (1, 2 a-c) show the Skewness and Kurtosis contours in near bed layer around the straight and T-shaped spur dikes located in the 90° sharp bend. The figures show the high intermittent ejection and sweep events in shear layer and in the near region of the spur dike tips. In the near bed layer and in the downstream recirculation zone, the interaction events are dominant and the peak of the probability velocity distribution is smaller than the Gaussian probability distribution.



Fig. 1. Skewness coefficient contours in near bed layer around the straight spur dike: a) tangential direction, b) radial direction, c) vertical direction



Fig. 2. Kurtusis coefficient contours in near bed layer around the straight spur dike: a) tangential direction, b) radial direction, c) vertical direction

Fig. (3 a-c) show a sample power spectral function for different points around the spur dikes. According to these figures, the peaks confirm the existence of the structures (vortex shedding) originated from the tip of the spur dikes. The larger peak of the straight spur dikes confirms more turbulent flow around the straight spur dikes and more strength of the flow structures around the straight spur dikes in sediment transport process.



Fig. 3. The power strength of the turbulent flow around the spur dikes: a) in the upstream of the spur dikes, b)spur dikes web section, c) downstream of the spur dikes

4. Conclusions

In this paper, the flowfields around straight and T-shaped spur dikes were analyzed using the turbulent parameters. Analysis of the Skewness and Kurtusis parameters showed that the strong ejection and sweep events are dominant in the near of the spur dike tips. A stronger peak in power spectrum of the near the straight spur region confirms a strong intermittent structures originated from the tip of the spur dikes. The conditional average velocity analysis along with the quadrant analysis confirms that the sweep and ejection events are more dominant events in near spur dikes but the interaction events are the dominant events in the downstream recirculation zone of the spur dikes. The cyclic pattern of ejection, sweep and ejection usually occurred in the upstream region of the spur dikes. The transition from ejection to sweep motions occurs more rapidly than the transition from sweep to ejection events. The results of this paper relate the scour process around the T shaped and straight spur dikes with turbulent flow fields.

5. References

Khosravi Mashizi M, "Experimental investigation of scour and Flowfield around the submerged spur dikes in a 90 bend", Msc Thesis, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, 2011.

Fazli M, "Experimental study on scour around a short spur dike in a bend", PhD Thesis, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, 2008.

Shariat zadeh Y, "Experimental investigation on scour and flow field around an attractive and repelling T-shaped spur dike in a 90 bend", Msc Thesis, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, 2011.

Dey S, Barbhuiya AK, "Velocity and turbulent in a scour hole at a vertical-wall abutment", Flow Measurments and Instumentation, 2006, 17 (1), 13-21.