

بررسی آزمایشگاهی الگوی سه بعدی جریان در قوس رودخانه^۱

علی سلاجقه^۲ علی اکبر صالحی نیشابوری^۳ حسن احمدی^۴ محمد مهدوی^۵ مسعود قدسیان^۶

چکیده

فرآیند حرکت آب در رودخانه با توجه به ویژگی‌های رودخانه از نظر نوع بستر، ضریب زبری، شیب طولی و همچنین شرایط حاکم بر حوزه آبخیز آن کاملاً متغیر و پیچیده است. این تغییرات و پیچیدگی در قوس و یا میاندر رودخانه به حداکثر خود میرسد. مطالعه این فرآیند در طبیعت با توجه به وجود متغیرهای فراوان و شرایط غیر قابل کنترل امری بسیار دشوار است. لذا با در نظر گرفتن پارامترهای اصلی و قابل اندازه‌گیری یک مدل فیزیکی در آزمایشگاه طراحی و ساخته شد. این مدل عبارت است از یک فلوم با درجه انحنای 180° و جنس مواد کف و کناره‌ها از پلکسی گلاس با جریان یکنواخت معادل ۵۰ لیتر بر ثانیه و عمق ۲۰ و عرض ۶۰ سانتیمتر. مولفه‌های سرعت آب در سه بعد x, y, z و (W, V, U) در مقاطع مختلف با استفاده از دستگاه میکرومولینه اندازه‌گیری شده است.

در مجموع ۱۹ سطح مقطع عرضی با فواصل ۱۰ درجه و در هر سطح مقطع عرضی در حداکثر ۴۹ نقطه و در هر نقطه مولفه‌های سرعت در سه بعد اندازه‌گیری شد. نتایج نشان می‌دهد که تغییرات عمقی سرعت طوری است که حداکثر شیب عرضی سطح آب در زاویه 180° درجه قوس و حداقل آن در زاویه 30° و 100° درجه قوس است بررسی پروفیل‌های عمقی سرعت در هر سه بعد نشان می‌دهد که حداکثر سرعت آب در عمق $7/7$ سانتیمتری از کف و حداقل آن در عمق $5/7$ سانتیمتری از سطح آب است.

واژه‌های کلیدی: رودخانه، پیچانرود، قوس، جریان، سرعت، سه بعدی، عمق، سطح مقطع.

^۱- تاریخ دریافت: ۸۲/۴/۳۰، تاریخ پذیرش: ۸۲/۱۰/۲۸

^۲- دانشجوی دکتری مهندسی آبخیزداری و عضو هیات علمی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران (E-mail: salajegh@ut.ac.ir)

^۳- دانشیار دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس

^۴- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

^۵- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

^۶- دانشیار دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه

الگوی غالب برای شکل رودخانه آبرفتی در دشت‌های رسوبی ریزدانه پیچان رود^۱ است. به علت اینکه شکل واقعی این رودخانه‌ها غالباً در بسترهای آبرفتی ناپایدار و در عین حال حاصلخیز ایجاد شده است، فرسایش کناره‌ها و بستر رودخانه منجر به تغییر شرایط حاکم بر جریان یعنی تغییر ضریب زبری، سطح مقطع و در نتیجه سرعت جریان می‌شود. علت اصلی آن توزیع نامتقارن سرعت در عرض و طول رودخانه است. علاوه بر آن هنگام وقوع سیلاب‌ها در اثر یک بارندگی شدید و یا شکست سد در بالادست، تراز سطح آب در قسمت قوس خارجی بالاتر قرار می‌گیرد و این امر غرقابی شدن سیلاب دشت‌ها که نقاط تمرکز جمعیت، صنعت و تجارت است را تشدید می‌کند.

بررسی الگوی جریان در پیچان رودها با استفاده از مدل‌های فیزیکی و ریاضی، با بررسی ویژگی‌های جریان در یک خم یا قوس^۲ ساده از رودخانه آغاز می‌گردد و به تحلیل جریان در خم‌های نامنظم یا پیچان‌روده‌ها، منجر می‌شود. مهم‌ترین ویژگی‌های قابل بررسی پیچان رودها شامل: تشدید جریان‌های ثانویه^۳، خیزآب^۴، تغییر توزیع سرعت، فرسایش کناره‌های خارجی، رسوبگذاری در کناره‌های داخلی و افزایش افت اصطکاکی است.

جریان‌های ثانویه در خم رودخانه‌ها از اختلاف سرعت در سطح آب و کف بستر، نیروی گریز از مرکز و اصطکاک دیواره‌ها و کناره‌ها تولید می‌شود. یکی از علل ایجاد خیزآب نیز تفاوت انحناء سرعت جریان در سطح آب و کف بستر است. اصولاً در قوس رودخانه به دلیل تاثیر نیروی گریز از مرکز قسمت خارجی قوس سطح آب بالا آمده و در قسمت داخلی پایین می‌افتد و لذا توزیع سرعت آن با جریان مستقیم تفاوت دارد. توزیع قایم سرعت در رودخانه‌های مستقیم با جریان دایم از قانون لگاریتمی به خوبی پیروی میکند ولی در خم رودخانه‌ها توزیع قایم سرعت لگاریتمی نیست^(۲). برای یافتن محل مناسب آبیگرها،

اصلاح و ساماندهی رودخانه‌ها، انحراف جریان، کارهای کشتیرانی و جایابی احداث سازه‌های کنترل کننده مواد آلوده به رودخانه در خم رودخانه‌ها بایستی شرایط جریان را از جهات مختلف مورد بررسی قرار داد. این مسایل به ضعف و قوت جریان‌های ثانویه، خیزآب، توزیع سرعت، توپوگرافی بستر و ویژگی‌های هندسی پیچان رود بستگی دارد.

شاید شکر^۵ اولین فردی باشد که در ۱۹۵۰ بررسی الگوی جریان در درقوس رودخانه را با استفاده از مدل فیزیکی انجام داد (۲). انیشتین^۱ هم نقش جریان مارپیچی را در تعیین طول میاندر بررسی نموده است (۳). جیمز تامسون (۱۸۶۷) جریان ثانوی را در تعدادی از رودخانه‌ها عامل اصلی الگوی پیچان رودی معرفی کرد وی نتایج کار خود را در دای نیچر و سین منتشر کرد (۲). شکر (۱۹۵۰) با استفاده از یک فلوم مستطیلی با زاویه مرکزی ۴۵° تا ۱۸۰° دایره افزایش عمق آب در کناره خارجی را مورد بررسی قرار داد. رزوسکی با استفاده از یک فلوم آزمایشگاهی ۱۸۰° که ورودی و خروجی آن بازه‌های مستقیمی بودند، آزمایش‌هایی بر روی توزیع سرعت، عمق آب و توزیع تنش انجام داد. طول فلوم مورد استفاده ۶ متر و قسمت خروجی ۳ متر بود. شاید بتوان گفت که کامل‌ترین تحقیق انجام شده روی الگوی جریان در قوس رودخانه‌ها توسط رزوسکی انجام شده است. وی نتایج کار خود را تحت عنوان "*Flow of water in bends of open channels*" در سال ۱۹۵۷ در اوکراین منتشر کرد (۴).

رزوسکی^۶ (۱۹۵۷) ابتدا جریان در قوس رودخانه‌ها را به صورت ریاضی بسط داده و توزیع سرعت‌های طولی و عرضی را مورد بررسی قرار داد و پس از آن با استفاده از مدل فیزیکی یک قوس ۱۸۰° نسبت شعاع به عرض ۱ را بررسی نموده است (۵). ایشان در مدل اثر پارامترهای مختلف را تشریح نمود، وی اثر دیواره‌های کانال مستطیلی را روی جریان‌های عرضی نادیده گرفته است. نتایج

^۱ -Meandering^۲ - Bend^۳ - Secondary Flow^۴ - Super Elevation^۵ -Shukry^۶ -Einstein^۷ -Rosovskii

۱۸۰°، دارای شعاع انحنای ثابت و با سطح مقطع مستطیلی (۶۰×۶۰ سانتیمتر) طراحی گردید.

جهت تعیین ابعاد فلوم از مطالعات انجام شده روی قوس‌های رودخانه کارون در دو زمان متفاوت (سال ۱۳۳۴ و ۱۳۷۳) استفاده گردید (۱)، به این صورت که با محاسبه نسبت شعاع انحنا به عرض برای قوس‌های مختلف کارون، متوسط شعاع انحنا به عرض قوس‌ها معادل $4/33$ به دست آمد. بنابراین با استفاده از این پارامتر و محدودیت فضای آزمایشگاه شعاع انحنا متوسط فلوم $2/6$ متر و عرض و ارتفاع آن نیز ۶۰ سانتیمتر تعیین گردیدند. جهت رسیدن به جریان آرام یکنواخت در قسمت ابتدای فلوم مسیر مستقیمی با همان مصالح قوس در حدود $7/47$ متر و در قسمت بعد از قوس نیز در حدود $4/45$ متر طراحی و اجرا گردید.

جریان ورودی از پمپ به یک مخزن بتون آرمه با ابعاد $1/2 \times 2/5$ متر هدایت می‌شود. جهت دست یافتن به جریان یکنواخت، کف آن در حدود ۸۵ سانتیمتر پایین‌تر از کف فلوم طراحی و با یک تبدیل کاملاً مناسب جریان یکنواخت وارد فلوم می‌گردید. جهت اندازه‌گیری دبی یک سرریز مثلثی لبه تیز طراحی و اجرا شد که ارتفاع آب در بالای آن با استفاده از یک پیزومتر اندازه‌گیری می‌شد.

برای تنظیم عمق جریان موردنظر نیز اقدام به طراحی یک دریچه ریلی در انتهای فلوم گردید (شکل ۱).

آزمایش‌های رزوسکی در نزدیکی دیواره غیرقابل اطمینان عنوان شده است، ولی از تحلیل‌های انجام شده روی جریان‌های عرضی نتیجه‌گیری نموده است که در بخش میانی عرض کانال توزیع سرعت برای جریان‌های عرضی مستقل از عرض کانال است (۵). با توجه به بررسی‌های انجام شده در زمینه عنوان این تحقیق گزارشی مشاهده نشده است.

برای درک هیدرولیک جریان در خم رودخانه، مطالعه جریان‌های ثانویه، سرعت‌های طولی و عرضی، قدرت جریان‌های ثانویه، آشفتگی جریان و پیچیدگی آن توجه بسیاری از محققین را به خود جلب نموده است. ذکر این نکته ضروری است که کاربرد روش‌های عددی برای تکمیل این تحقیقات بسیار مفید بوده و با انجام واسنجی امکان استفاده از آنها در بعد وسیع‌تری مهیا می‌گردد.

در این تحقیق سعی شده است تا حدودی پا را از تحقیقات قبلی فراتر نهاده و الگوی جریان را در سه بعد ۷ و ۷ مورد بررسی و ارزیابی قرار دهد. امید است که گامی هرچند ناچیز باشد در زمینه انجام تحقیقات جامع و کاربردی‌تر در مهندسی رودخانه.

مواد و روش‌ها

۱- طراحی فلوم

غالب قوس رودخانه‌ها دارای زوایای بیش از 90° و به شکل سینوسی هستند ولی به دلیل محدودیت‌های آزمایشگاهی و امکانات اجرایی تصمیم گرفته شد که فلومی با زاویه



شکل ۱- نمایی از فلوم و مخازن ورودی و خروجی

۲- نحوه انجام آزمایش‌ها

برای انجام آزمایش‌ها، تعداد ۱۹ سطح مقطع از زاویه صفر تا 180° قوس با فواصل زاویه‌ای 10° برداشت گردید. در هر سطح مقطع عرضی نیز حداکثر در ۴۹ نقطه (بسته به شیب سطح آب و کاهش یا افزایش عمق) اندازه‌گیری سرعت جریان انجام شد به نحوی که ۷ پروفیل عمقی تعیین و در هر پروفیل عمقی نیز ۷ نقطه مشاهداتی مشخص گردید.

باتوجه به تاثیر کف و سطح و کناره‌ها روی سرعت جریان نقاط عمقی و عرضی در مجاورت آنها با فاصله کوتاه‌تر مورد سنجش قرار گرفتند. محل نقاط با استفاده از عمق یاب دیجیتالی تعیین و به وسیله میکرومولینه اقدام به اندازه‌گیری سرعت در نقاط مورد نظر گردید. جهت دقت و سرعت در اندازه‌گیری از نرم افزار A.E.I برای تبدیل داده‌های آنالوگ به دیجیتال استفاده گردید.

در این تحقیق میانگین سرعت در زمان‌های ۱۰ ثانیه، ۲۰ ثانیه و ۳۰ ثانیه (با گام ۱۰ ثانیه‌ای) ثبت گردید ولی تجارب بعدی در طول انجام آزمایش‌ها نشان داد که با توجه به تفاوت کم میانگین سرعت گام‌های زمانی، حتی فاصله زمانی یک گام (۱۰ ثانیه) نیز بیان‌گر میانگین سرعت در نقطه مورد نظر است.

نتایج

۱- عمق جریان

بررسی تغییرات طولی عمق (در طول کانال) در ۷۶ نقطه در سطح آب نشان داد که این داده‌ها دارای میانگین $19/76$ و ضریب تغییرات $4/75$ درصد می‌باشند که حاکی از تغییرات بسیار کم عمق آب در این قوس است. حداکثر ارتفاع نقطه‌ای معادل ۲۲ سانتیمتر و در کد ۲۴ (یعنی در سطح مقطع دوم و درست در میانه عرضی کانال) و حداقل آن $17/4$ سانتیمتر و در کد ۱۸۴ (یعنی سطح مقطع هجدهم و درست در میانه عرضی کانال) واقع شده است. حداکثر اختلاف ارتفاع (قدر مطلق) بین قوس داخلی و قوس خارجی در سطح مقطع نوزدهم (180°) و به مقدار $1/5$ سانتیمتر و حداقل آن در سطح مقطع‌های چهار (30°) و یازدهم (100°) به مقدار صفر می‌باشد. همچنین حداکثر اختلاف عرضی سرعت آب (قدر مطلق) در لایه سطحی (Iv) در سطح مقطع نوزدهم (180°) به مقدار $5/13 \text{ cm/s}$ و حداقل آن در سطح مقطع اول (0°) و به مقدار $1/0 \text{ cm/s}$ به دست آمده است. حداکثر اختلاف عرضی (قدر مطلق) میانگین سرعت قوس داخلی و خارجی در سطح مقطع نوزدهم (180°) یعنی $11/13 \text{ cm/s}$ و حداقل آن در سطح مقطع نهم (80°) به مقدار $1/4 \text{ cm/s}$ می‌باشد (جدول ۱).

جدول ۱- اختلاف عرضی عمق جریان و سرعت در سطح مقطع‌های مختلف

محل سطح مقطع در قوس ($^\circ$)	۰	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۳۰	۱۴۰	۱۵۰	۱۶۰	۱۷۰
H ₁ -H _v (cm)	-۰/۱	-۰/۱۸	-۰/۳	-	-۰/۳	-۰/۱۶	-۰/۱۷	-۱	-۰/۱۶	-۰/۳	۰	-۰/۱	-۰/۴	-۱	-۰/۹	-۰/۱	-۰/۸	-۰/۴
V _{۲۱۳} -V _{۵۴} (cm/s)	-۰/۲۵	۲/۸۷	۶/۶۸	۴/۰۱	۲/۰۴	-۵/۸	-۷/۶	-۲/۱۶	-۲/۲۷	-۶/۲۶	-۷/۸۷	-۲/۳۲	-۵/۰۴	-۲/۴۶	-۹/۵۹	-۴/۱۷	-۱۱/۲۹	-۶/۲۲
Ave. V _{۲۱۳} -V _{۵۴} (cm/s)	-۲/۳۶	-۲/۶۵	-۲/۹۳	-۱/۲	-۱/۶۳	-۲/۳	-۱/۸	۱/۶۲	-۰/۴	-۰/۷۲	-۲/۳۹	-۲/۳۲	-۲/۴۶	-۵/۵۲	-۷/۰۲	-۹/۷۹	-۱۰/۲۰	-۸/۷

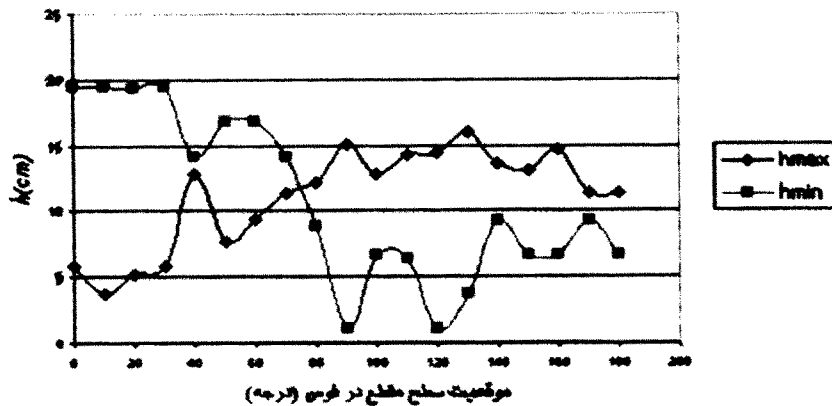
۲- پروفیل‌های عمقی و عرضی

بررسی ۳۲۶ پروفیل عمقی و عرضی در ۱۹ سطح مقطع نشان می‌دهد که حداکثر سرعت در سطح مقطع سوم و در عمق ۷ سانتیمتری از کف و عرض ۱۰ سانتیمتری از قوس

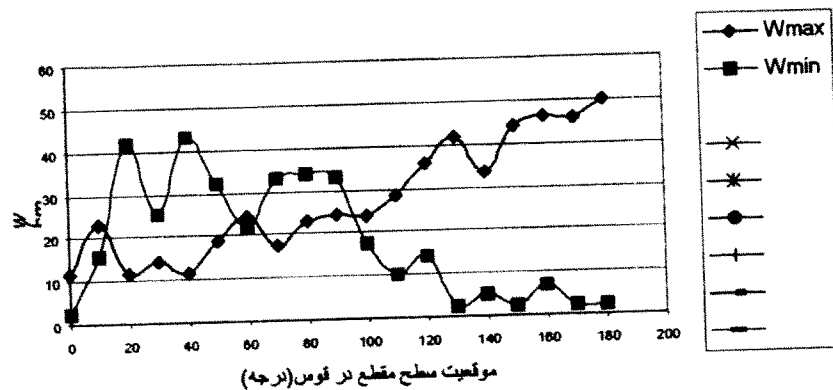
داخلی ($5/52 \text{ cm/s}$) و حداقل سرعت در سطح مقطع چهارم در عمق $0/5$ سانتیمتری از کف و ۳۰ سانتیمتری از قوس داخلی ($5/23 \text{ cm/s}$) رخ داده است. میانگین عددی و وزنی حداکثر سرعت (میانگین عددی حداکثر سرعت cm/s)

ترسیم منحنی‌های تغییرات طولی عمق و عرض سرعت‌های میانگین حداکثر و حداقل نشان می‌دهد که از ابتدا به انتهای کانال (از 0° به 180°) عمق و عرض سرعت‌های حداکثر روند صعودی و عمق و عرض سرعت‌های حداقل روند نزولی را دارا می‌باشد به نحوی که ترسیم اعماق سرعت‌های میانگین حداکثر و حداقل در روی یک محور مختصات بیانگر این هست که آن دو یکدیگر را در زاویه 80° قوس قطع می‌نمایند، در صورتی که منحنی عرض‌های سرعت‌های میانگین حداکثر و حداقل یکدیگر را در زاویه 100° قطع می‌نمایند (اشکال ۳ و ۲).

$48/2$ و وزنی $8/31$ به ترتیب در عمق $7/7$ و $29/7$ سانتیمتری از کف و میانگین عددی و وزنی حداقل سرعت $5/42$ و $5/7$ سانتیمتری از سطح واقع شده‌اند و همچنین میانگین عددی و وزنی حداکثر سرعت (میانگین وزنی $62/50$ cm/s) به ترتیب در فاصله $24/8$ و $26/11$ سانتیمتری از قوس داخلی و میانگین عددی و وزنی حداقل سرعت (میانگین وزنی $13/32$ cm/s) به ترتیب در فاصله $9/2$ و $9/9$ سانتیمتری از قوس داخلی قرار گرفته‌اند.

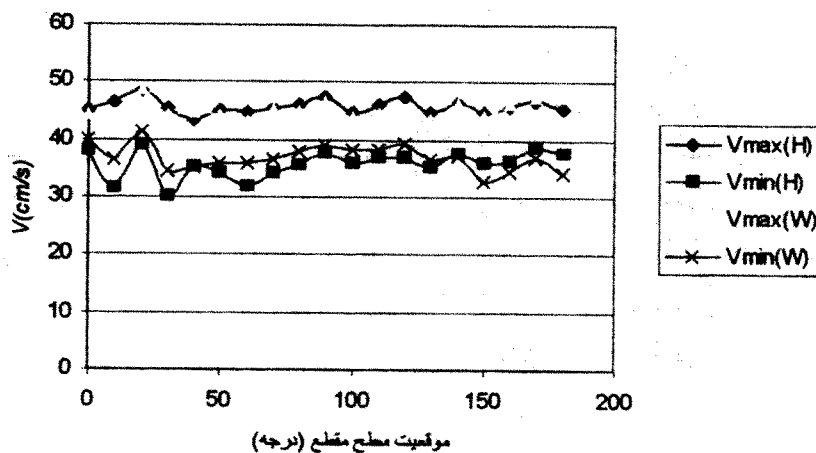


شکل ۲- نمودار تغییرات طولی عمق میانگین سرعت حداکثر و حداقل در قوس ($Q=50 \text{ lit/s}$)



شکل ۳- نمودار تغییرات طولی عرض میانگین سرعت حداکثر و حداقل در قوس ($Q=50 \text{ lit/s}$)

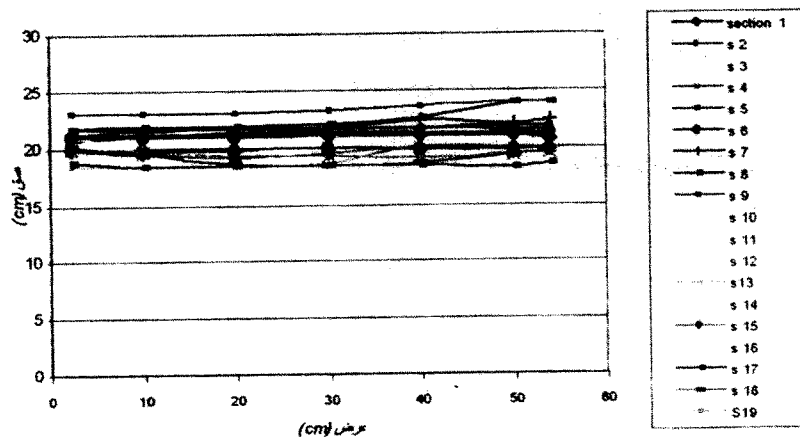
نمودار تغییرات طولی میانگین سرعت حداکثر و حداقل را در طول قوس در شکل (۴) نشان داده شده است. چنانچه مشاهده می‌شود روند تغییرات بسیار کم و در امتداد خطوط افقی می‌باشند.



شکل ۴- نمودار تغییرات طولی میانگین سرعت‌های حداکثر و حداقل (Q=۵۰ lit/s)

محدب (به جز سطح مقطع ۱) و از آن به بعد به صورت مقعر می‌باشند. حداکثر تحدب در سطح مقطع ۲ و حداکثر تقعر در سطح مقطع ۱۸ مشاهده می‌شود (شکل ۵).

بررسی تغییرات عرضی عمق آب در ۱۹ سطح مقطع در یک نمودار نمایشگر یک روند قرینه در میان عرض‌های مختلف است، به طوری که تا زاویه ۹۰° تغییرات به صورت



شکل ۵- نمودار تغییرات عرضی عمق آب در ۱۹ سطح مقطع (Q=۲۰ lit/s)

سطح) مورد استفاده قرار گرفتند (مولفه w در تمامی نقاط صفر می‌باشد).

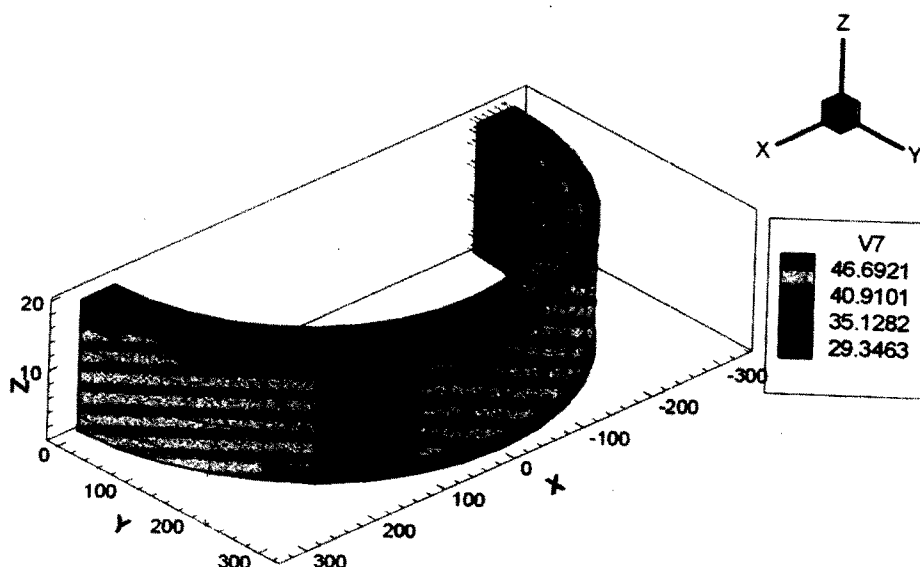
پس از ترسیم بردارها و خطوط جریان در نهایت اقدام به ترسیم میدان سرعت با استفاده از رابطه $V=(u^2+v^2+w^2)$ شد و بر اساس آن محدوده‌های حداکثر

۳- الگوی جریان (میدان سرعت)

مولفه‌های سرعت در سه جهت u (مقدار سرعت در جهت X) v (مقدار سرعت در جهت Y) و w (مقدار سرعت در جهت Z) اندازه‌گیری و برای ترسیم بردارهای سرعت و خطوط جریان در صفحه افقی و به موازات هم (از کف به

نمایش دهنده میدان‌های هم‌سرعت (الگوی جریان) می‌باشد.

و حداقل سرعت در قوس مشخص گردید، شکل (۶) نیز



شکل ۶- میدان‌های هم‌سرعت (الگوی جریان)

عرضی ۹/۲ و ۹/۹ سانتیمتری از قوس داخلی قرار گرفته‌اند.

۴- تغییرات طولی عمق و عرض سرعت‌های میانگین حداکثر و حداقل از ابتدا به انتهای کانال (از 0° به 180°) به ترتیب روند صعودی و نزولی را دارا می‌باشد.

۵- منحنی‌های اعماق سرعت‌های میانگین حداکثر و حداقل در روی یک محور مختصات یکدیگر را در زاویه 80° قوس قطع می‌نمایند در صورتی که منحنی عرض‌های سرعت‌های میانگین حداکثر و حداقل یکدیگر را در زاویه 100° قطع می‌نمایند.

۶- روند تغییرات طولی میانگین سرعت حداکثر و حداقل بسیار کم و در امتداد خطوط افقی می‌باشند.

۷- بررسی تغییرات عرضی عمق آب در ۱۹ سطح مقطع در یک نمودار نمایشگر یک روند قرینه در میان عرض‌های مختلف می‌باشد، به طوری که تا زاویه 90° تغییرات به صورت محدب (به جز سطح مقطع ۱) و از آن به بعد به صورت مقعر می‌باشند. حداکثر تحدب در سطح مقطع ۲ و حداکثر تقعر در سطح مقطع ۱۸ مشاهده می‌شود.

با توجه به این شکل در قوس خارجی محل وقوع سرعت‌های حداکثر (به جز زاوی ۵۰ تا 70° درجه) و در قوس داخلی محل وقوع سرعت‌های حداقل می‌باشد. همچنین از نظر عمقی نیز کف (به جز تا زاویه 40° درجه) و سطح آب حداقل سرعت را دارا می‌باشند. البته در قوس داخل در محدوده ۷۰ تا 120° درجه از عمق ۱۲/۵ سانتیمتری به بالا همانند قوس خارج می‌باشد.

بحث و نتیجه گیری

۱- داده‌های عمق در ۷۶ نقطه سطح آب دارای میانگین $19/76$ و ضریب تغییرات $4/75$ درصد می‌باشند که حاکی از تغییرات بسیار کم عمق آب در این قوس دارد.

۲- میانگین عددی و وزنی حداکثر سرعت به ترتیب در عمق $8/31$ و $7/7$ سانتیمتری از کف و میانگین عددی و وزنی حداقل سرعت به ترتیب در عمق $5/42$ و $5/7$ سانتیمتری از سطح واقع شده‌اند.

۳- میانگین عددی و وزنی حداکثر سرعت به ترتیب در فاصله عرضی $24/8$ و $26/11$ سانتیمتری از قوس داخلی و میانگین عددی و وزنی حداقل سرعت به ترتیب در فاصله

- ۸- محدوده 70° تا 120° در قوس خارجی حداکثر سرعت (u) و قسمت ورودی و خروجی قوس حداقل سرعت را نشان می‌دهند.
- ۹- در مولفه سرعت ۷ نواحی حداکثر در ورودی و خروجی قوس یعنی در زوایای صفر تا 50° درجه ورودی و 130° تا 190° درجه خروجی واقع شده‌اند.

منابع

- ۱- سلاجقه، علی، ۱۳۷۸. مقایسه ضریب پیچشی رودخانه کارون با استفاده از عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳۳۴ و ۱۳۷۴، دانشگاه تهران.
- ۲- محمودی، وانعلیا، ۱۳۷۷. پایان نامه کارشناسی ارشد عمران، دانشگاه صنعتی شریف.
- 3-K. A. Bowker, 1999. *Albert Einstein and Meandering Rivers*.
- 4-Rosovskii, I. L., 1957. *Flow of Water in Bends of Open Channels*, Academy of Science of Ukrainianian. SSR, Kiev.
- 5- Tamai N., Kouji S. & et. al, 1989. *Experimental Analysis on the Open Channel Flow in Rectangular Continous Bends* Collected Paper, vol. 22, dep. of Civil Engineering, University of Tokyo.

An Experimental Investigation of Three Dimensional Flow Pattern in River Bend

A. Salajegheh¹

A. A. Salehi Neishabouri²

H. Ahmadi³

M. Mahdavi⁴ M. Qudsian⁵

Abstract

The process of flow in a river with regard to the river's characteristics such as the kind of bed, roughness coefficient, longitudinal slope as well as the governing conditions in the watershed (basin) is quite varied and complex. These variations along with complexities reach their highest values when flow occurs along a bend or river meander.

A study of this phenomenon as it occurs in nature is very complicated, requiring sophisticated equipment and instruments. In order to limit the variables and at the same time introduce a suitable pattern of a river bend (meander) that represents the effective principle dynamic parameters, a physical model, namely a flume of 180° curvature was constructed as a simulation. The bed and sides of the flume were constructed from plexiglass, allowing a uniform flow to occur at a rate of 50 liters per second, at a width and depth of 60 and 20 cm respectively. Three dimensional (x,y,z) velocity measurements were made at different sections using a micropropeller. In total, nineteen cross sections of 10° intervals were taken for evaluation. A maximum of 49 points of three dimensional velocity measurements were made at each cross section.

Results indicate: a maximum of transverse gradient at water surface occurs at 90° curvature while a minimum occurring at 30 and 100 degrees of the bend. A study of in depth three dimensional velocity profiles indicates a maximum flow velocity at a depth of 7.7 cm from bed surface and a minimum at a depth of 5.7 cm below water surface.

Keywords: River, Meander Bend, Flow, Velocity, Three dimensional, Depth, Transverse section.

¹ -Ph. D. Student and Instructor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran(E-mail: Salajegh@ut.ac.ir)

² -Associate professor, University of Tarbiat Modarres

³ -Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

⁴ - Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

⁵ -Associate Professor, University of Tarbiat Modarres