

تحلیل جریان بر روی آبگیر جانبی در آبراهه قوسی با استفاده از مدل فیزیکی

محمد رضا پیرستانی - محمدرضا مجدزاده طباطبائی - ندا بر خورداری^۱

تاریخ دریافت: ۸۶/۸/۲۸

تاریخ پذیرش: ۸۷/۳/۱۱

چکیده:

الگوی جریان‌های انحرافی کاملاً سه بعدی و غیریکنواخت می‌باشد. انحراف جریان یا به صورت طبیعی (مانند رودخانه‌های شریانی) و یا به صورت مصنوعی (مانند آبگیرهای جانبی) اتفاق می‌افتد. مطابق تحقیقات انجام شده، موقعیت آبگیری بر روی میزان آبگیری و ورود رسوبات به داخل کانال انحرافی مؤثر است. از آنجا که هدف اصلی آبگیرهای جانبی تسهیل انتقال آب بدون رسوب بوده و اکثر رودخانه‌ها در بیشترین مسیر خود دارای پیچ و خم می‌باشند، بنابراین ضرورت تحقیقات بیشتر در زمینه انتخاب موقعیت و زاویه آبگیرهای جانبی در مسیرهای قوسی شکل لازم بنظر می‌رسد.

به همین منظور جهت بررسی تغییرات سرعت و جریان ثانویه ناشی از تغییرات پارامترهای هیدرولیکی جریان در محدوده آبگیرهای جانبی بدون بند انحرافی در کانال‌های قوسی، فلومی U شکل با مقطع مستطیل با بستر ثابت طراحی و ساخته شد. از یک کانال مستقیم با مقطع مستطیلی به عنوان کانال انحرافی استفاده گردید. با توجه به تحقیقات گذشته، آبگیری از قوس خارجی تحت زاویه ۶۰ درجه در موقعیت‌های مختلف (۴۰، ۷۵، ۱۱۵ درجه) و با اعداد فرود (۰/۲۷، ۰/۴۱، ۰/۵۵) انجام گرفت. با استفاده از داده‌های برداشت شده در محدوده آبگیر، تغییرات سرعت، قدرت جریان ثانویه و مومنتم جریان عرضی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. بیشترین تغییرات سرعت و قدرت جریان ثانویه و مومنتم جریان عرضی در طول دهانه آبگیر اتفاق می‌افتد. نیری (۲) و دهقانی (۱) در تحقیقات خود به چنین موضوعی اشاره کرده‌اند.

واژه‌های کلیدی: کانال قوسی شکل، آبگیر جانبی، توزیع سرعت، جریان ثانویه، قدرت جریان ثانویه

مقدمه

با نزدیک شدن جریان به کانال انحرافی، در اثر وجود مکش در امتداد عرض دهانه آبگیر، انحراف خطوط جریان افزایش می‌یابد. این انحراف سبب تقسیم جریان شده به گونه‌ای که بخشی از جریان وارد آبگیر و بقیه به سمت پایین دست کانال اصلی انتقال پیدا می‌کند. مومنتم جریان در راستای کانال اصلی بیشتر از کانال انحرافی بوده در نتیجه در اثر اندرکنش مومنتم ذرات در دو راستای مختلف، ناحیه جدا شده در جداره داخلی کانال انحرافی تشکیل می‌شود. از طرف دیگر

انحراف آب از مسیر اصلی برای اهداف مختلف آبرسانی، با کمک آبگیرها انجام می‌شود. چنین سیستمی باعث شکل‌گیری الگوی جریانی پیچیده‌ای شده به طوری که

۱- به ترتیب استادیار گروه مهندسی عمران دانشگاه آزاد تهران جنوب - استادیار دانشکده صنعت آب و برق شهید عباسپور، کارشناسی ارشد سازه‌های هیدرولیکی دانشگاه آزاد تهران جنوب

به طوری که حرکت حلزونی شکل نزدیک سطح آب به طرف قوس خارجی و نزدیک کف به طرف قوس داخلی می باشد. این محققین با بررسی یک قوس پیچ و خم دار بیان کردند که قدرت جریان ثانویه در قوس ۲۷۰ درجه نسبت به حالت ممانداری بیشتر بوده که علت کاهش قدرت جریان ثانویه در قوس های ممانداری را اندرکنش قوس های متوالی با جهات مختلف بیان نموده اند. همچنین جریان ثانویه در حالت دو قوس متوالی در جهت خلاف هم بوده به همین دلیل تاثیر دو قوس بر روی یکدیگر به صورت مستهلک کننده شدت جریان ثانویه می باشد (۴).

مطالعات آزمایشگاهی بلانکرت و گراف در یک قوس ۱۲۰ درجه نشان داد که در مقطع ۶۰ درجه علاوه بر جریان ثانویه اصلی، در قوس خارجی نیز یک جریان ثانویه فرعی در خلاف جهت آن در نزدیک سطح آب ایجاد شده که حداکثر سرعت در مرز بین این دو ناحیه چرخشی رخ می دهد (۲).

برای به حداقل رساندن ورود رسوبات به داخل آبگیرهای جانبی موجود در قوس رودخانه ها، پارامترهای محل آبگیری، زاویه آبگیری و میزان دبی انحرافی مورد توجه محققین بوده است. از جمله جو گلکار و همکارانش با توجه به انتقال رسوبات بستر از قوس خارجی به طرف قوس داخلی، بهترین مکان برای آبگیری را قوس خارجی عنوان کرده اند (۵).

رادکیوی بهترین محل آبگیری را در کانال های قوسی محدوده پس از زاویه ۳۰ درجه عنوان کرده زیرا در این محدوده، جریان حلزونی (مارپیچی) کاملاً توسعه می یابد (۱۰).

انتخاب زاویه مناسب برای آبگیری باعث می شود که آبگیر کمترین تغییر در رژیم رودخانه را ایجاد کند. به عبارتی جریان با حداقل اغتشاش و بدون پدیده جدا شدگی

وجود گرادیان فشار جانبی و نیروی گریز از مرکز ناشی از خطوط انحنا جریان، موجب عدم تعادل در الگوی جریان ورودی به آبگیر شده، باعث ایجاد جریان ثانویه در امتداد دیواره خارجی کانال انحرافی می شود (۱).

شکری برای تشریح میزان رشد، توسعه و استهلاك جریان ثانویه پارامتری را به عنوان قدرت جریان ثانویه معرفی کرده است (۱۳).

با محاسبه قدرت جریان ثانویه و خطوط جریان می توان مسیر حرکت رسوبات و تغییرات ایجاد شده در توپوگرافی بستر را پیش بینی کرد.

تومی ناگا و ناگا (۱۳) در یک کانال قوسی تند (نسبت شعاع انحنا به عرض کانال قوسی کمتر از ۳) با زاویه مرکزی ۶۰ درجه برای دو مقطع عرضی مستطیلی و ذوزنقه ای آزمایشاتی انجام داده اند. نتایج به دست آمده نشان می دهد در مقطع عرضی مستطیلی مقدار قدرت جریان ثانویه به صورت خطی از ورودی قوس تا مقطع ۴۵ درجه افزایش یافته و به مقدار حداکثر رسیده، سپس به تدریج تا انتهای قوس (مقطع ۶۰ درجه) کاهش می یابد. در مقطع عرضی ذوزنقه ای با کاهش شیب جداره ها به علت کاهش عرض جریان ثانویه قدرت جریان ثانویه کم می شود (۱۴).

رزوفسکی (۱۹۵۷) با انجام مطالعاتی بر روی قوس ۱۸۰ درجه بیان کرد که از مقطع ورودی تا رأس قوس، قدرت جریان ثانویه افزایش یافته و پس از آن تا مقطع عرضی ۱۳۵ درجه دارای مقدار نسبتاً ثابتی شده، سپس به تدریج و با نزدیک شدن به خروجی قوس از قدرت جریان ثانویه کاسته می شود (۱۲).

جیانیه و مک کورو کیودل با بررسی الگوی جریان در یک قوس ۲۷۰ درجه و یک قوس پیچ و خم دار به این نتیجه رسیدند که در یک قوس ۲۷۰ درجه جریان ثانویه در ابتدای قوس از کف کانال به طرف قوس داخلی حرکت کرده

الگوی جریان در قوس‌ها، این وضعیت پیچیده‌تر شده بنابراین تحقیقات بیشتر در این زمینه لازم به نظر می‌رسد.

تجهیزات آزمایشگاهی و انجام آزمایشات

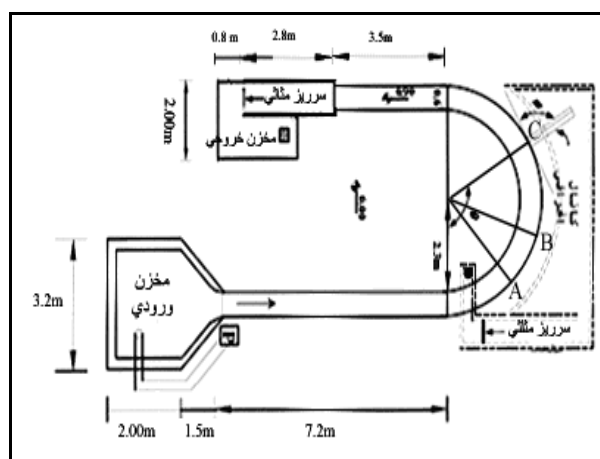
بنا به توصیه محققین قبلی از جمله بلانکرت و گراف (۲) از آنجا که قوس ۱۸۰ درجه دارای جریان ثانویه کاملاً توسعه یافته است، مدل فیزیکی با قوسی ۱۸۰ درجه (U شکل) و مقطع مستطیلی به عرض (B) ۰/۶ متر و ارتفاع (h) ۰/۶ متر، شعاع انحناء (R) ۲/۶ متر با نسبت شعاع انحناء به عرض $\left(\frac{R}{B}\right)$ ۴/۳۳ طراحی و در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه تربیت مدرس ساخته شد. کانال انحرافی با مقطع مستطیلی به عرض (b) ۰/۲۵ متر و ارتفاع ۰/۳ متر با طول ۱/۱ متر در نظر گرفته شد (شکل ۱-).

وارد آبگیر شده به طوری که زاویه انحراف آبگیر با کاهش نسبت دبی انحرافی (Q_d) افزایش می‌یابد (۱۰).

نواک زاویه آبگیری ۹۰ درجه توصیه نکرده و برای انتخاب زاویه آبگیری انجام آزمایشات در مدل‌های فیزیکی را توصیه کرده است (۸).

پیرستانی و همکاران و دهقانی زاویه ۶۰ درجه و موقعیت آبگیری ۱۱۵ درجه را برای حالت آبگیری بدون دریچه تنظیم به دلیل ایجاد حداکثر آبگیری و کمترین محدوده ناحیه جدا شده پیشنهاد کرده‌اند (۹ و ۱).

با توجه به نتایج به دست آمده از مطالعات انجام شده، الگوی جریان و تغییرات سرعت در محدوده آبگیرهای جانبی موجود در کانال‌های مستقیم، سه‌بعدی بوده که با در نظر گرفتن نوع الگوی جریان در کانال قوسی، چنانچه این آبگیرها بر روی کانال انحناء دار احداث شود به دلیل نوع



(شکل ۱) - نمایی از فلوم آزمایشگاهی

انجام شده و توصیه محققین قبلی زاویه آبگیری ۶۰ درجه به عنوان یک پارامتر ثابت در نظر گرفته شد. از آنجایی که رژیم جریان در بالادست آبگیر در نسبت دبی انحرافی و میزان رسوبات به داخل کانال انحرافی مؤثر است، بنابراین عدد فرود به عنوان دیگر پارامتر متغیر به گونه‌ای انتخاب شد

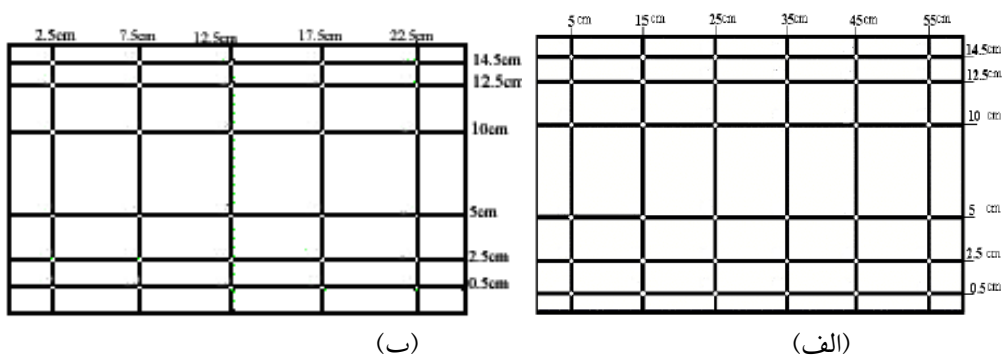
با توجه به آن که یکی از اهداف مطالعات تأثیر محل آبگیری در قوس بود، سه موقعیت آبگیری ۴۰، ۷۵ و ۱۱۵ درجه که به صورت نقاط A، B و C در (شکل ۱) نشان داده شده است به گونه‌ای در نظر گرفته شد که محدوده نسبتاً وسیعی از قوس را در برگیرد. همچنین با توجه به مطالعات

امتداد کانال قوسی مطابق (جدول ۱) انتخاب گردید. همچنین در هر مقطع از کانال اصلی از یک شبکه بندی (۶×۶) و در کانال انحرافی از یک شبکه (۵×۶) برای اندازه گیری سرعت انتخاب شد (شکل ۲). لازم به ذکر است برای اندازه گیری سرعت از یک دستگاه سرعت سنج دو بعدی P-EMS و یک سرعت سنج یک بعدی (H32) (Armfield) استفاده گردید.

که اولاً همواره جریان زیر بحرانی باشد و ثانیاً محدوده نسبتاً وسیعی از جریان زیر بحرانی را شامل شود. در نتیجه آزمایشات با دبی های (Q_m) ۳۰، ۴۵ و ۶۰ لیتر بر ثانیه و عمق جریان ثابت ۰/۱۵ متر (اعداد فرود به ترتیب ۰/۲۷، ۰/۴۱ و ۰/۵۵) که دارای جریان کاملاً آشفته (اعداد رینولدز به ترتیب ۳۳۱۰۱، ۴۹۶۵۲ و ۶۶۲۰۳) بود، انجام گرفت. برای افزایش دقت اندازه گیری و تأثیر آبرگیر بر روی خطوط جریان در محدوده کانال انحرافی، فواصل مقاطع در

(جدول ۱-۳) - مقاطع انتخاب شده در کانال قوسی (U) شکل جهت اندازه گیری سرعت (درجه)

مقطع	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷
محل آبرگیر																	
۴۰°	۰	۱۰	۲۰	۲۵	۳۰	۳۲/۵	۳۵	۳۷/۵	۴۰	۴۲/۵	۴۵	۴۷/۵	۵۰	۵۵	۶۰	۷۰	۸۰
۷۵°	۳۵	۴۵	۵۵	۶۰	۶۵	۶۷/۵	۷۰	۷۲/۵	۷۵	۷۷/۵	۸۰	۸۲/۵	۸۵	۹۰	۹۵	۱۰۵	۱۱۵
۱۱۵°	۷۵	۸۵	۹۵	۱۰۰	۱۰۵	۱۰۷/۵	۱۱۰	۱۱۲/۵	۱۱۵	۱۱۷/۵	۱۲۰	۱۲۲/۵	۱۲۵	۱۳۰	۱۳۵	۱۴۵	۱۵۵



(شکل ۲) - شبکه بندی جهت اندازه گیری سرعت در هر مقطع الف) کانال قوسی، ب) کانال انحرافی

دهانه آبرگیر برای موقعیت های ۴۰°، ۷۵°، ۱۱۵° ترسیم گردید (شکل های ۳ و ۴). این تغییرات نشان می دهد برای تمام شرایط آزمایش، با نزدیک شدن به دهانه آبرگیر و ایجاد یک جریان متغیر مکانی، با کاهش سطح آب مقدار سرعت

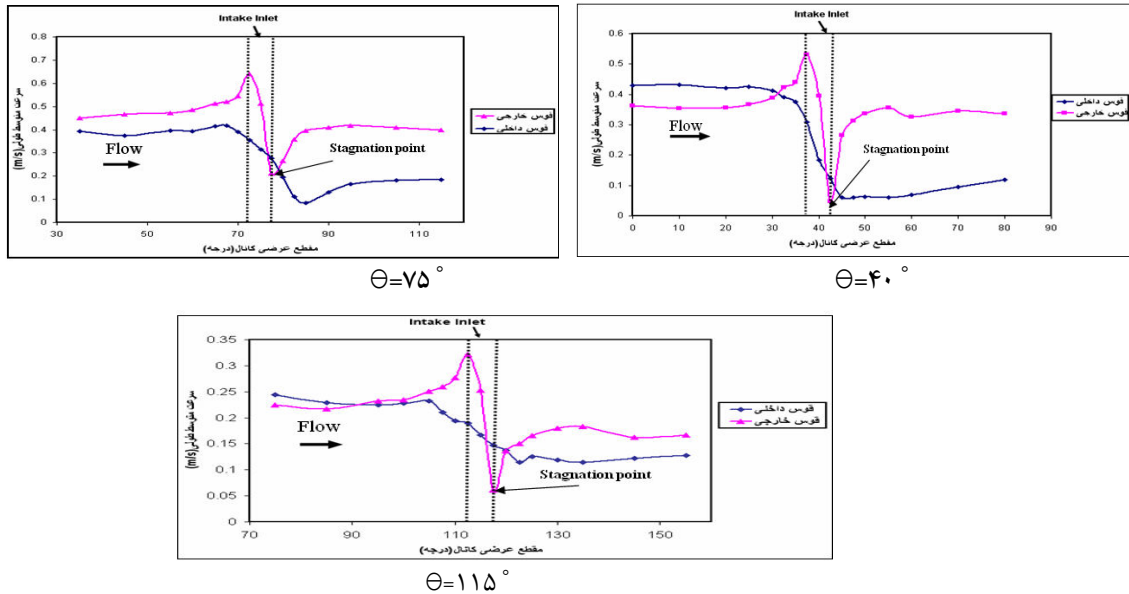
نتایج

بررسی تغییرات سرعت و سطح آب

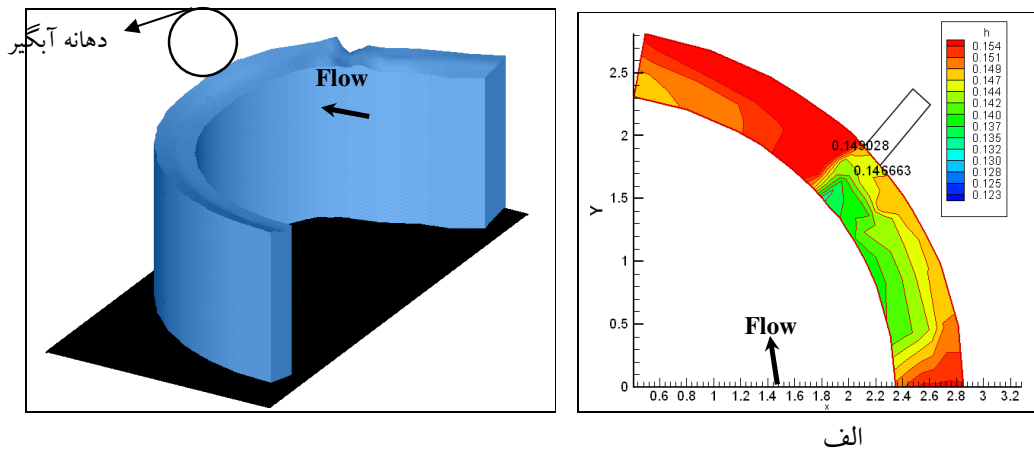
با استفاده از داده های آزمایشگاهی تغییرات سرعت در امتداد جریان (U_θ) و سطح آب در کانال قوسی در محدوده

آبگیر بر روی تغییرات سطح آب در قوس داخلی ناچیز بوده، بنابراین با کاهش دبی جریان ($Q_m - Q_d$) مقدار سرعت طولی کاهش می‌یابد. این گونه تغییرات در تمام حالات با اعداد فرود مختلف یکسان بوده با این تفاوت که با افزایش دبی و عدد فرود مقدار سرعت افزایش می‌یابد.

افزایش یافته به طوری که در ابتدای دهانه آبگیر به بیشترین مقدار خود رسیده و در انتهای دهانه آبگیر در اثر برخورد خطوط جریان به جداره پایین دست کانال انحرافی، با فرض ثابت بودن انرژی، حداقل میزان سرعت طولی با بیشترین میزان تراز سطح آب ظاهر شده و یک نقطه ایستایی تشکیل می‌شود. همچنین (شکل ۳) نشان می‌دهد که تأثیر



(شکل ۳) - تغییرات سرعت طولی در موقعیتهای مختلف آبگیری با عدد فرود ۰/۲۷



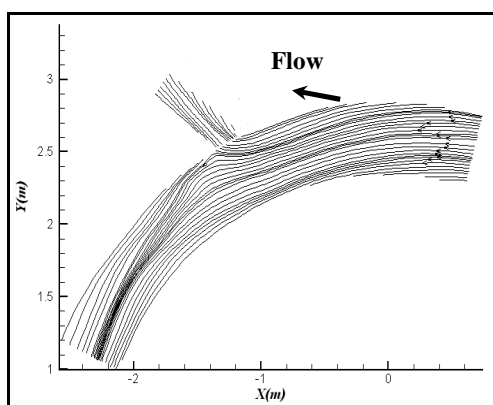
(شکل ۴- الف) خطوط هم‌تراز (ب) نمای سه بعدی تغییرات تراز سطح آب در کانال قوسی در موقعیت آبگیری ۴۰ درجه

بررسی تغییرات جریان ثانویه

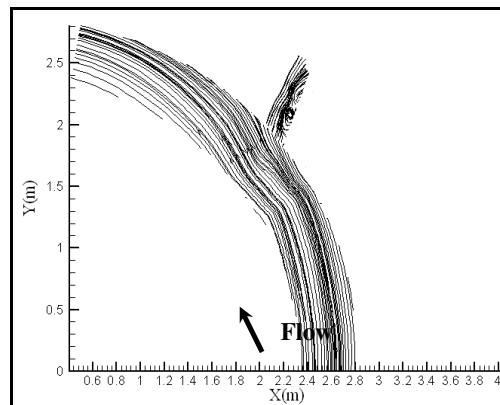
با ترسیم توزیع عمقی سرعت عرضی (U_r) و خطوط جریان در محدوده دهانه آبگیر (اشکال ۵ و ۶) حاصل می‌شود. در موقعیت آبگیری 40° در مقاطع اولیه به علت غالب بودن تأثیر گرادیان طولی فشار بر نیروی گریز از مرکز جریان ثانویه ضعیفی برقرار شده و با بیشتر شدن شدت نیروی گریز از مرکز و کاهش تأثیر گرادیان فشار طولی جریان ثانویه در کل عرض کانال توسعه می‌یابد. با نزدیک شدن به دهانه کانال انحرافی و وجود جریان‌های عرضی یک طرفه به سوی آبگیر، جریان ثانویه ضعیف می‌شود. به عبارت بهتر مومنم اعمالی از طرف آبگیر بر جریان داخل کانال اصلی به گونه‌ای است که مانع از حرکت چرخشی ذرات می‌شود. بنابراین مکش ایجاد شده در اثر آبگیر بر جریان بیش از تأثیر نیروی گریز از مرکز در تشکیل جریان ثانویه می‌گردد. در پایین دست دهانه آبگیر به علت تغییرات خطوط جریان، جریان ثانویه در نزدیکی قوس خارج به وجود می‌آید. همچنین با دور شدن از دهانه آبگیر و

کاهش مکش آن، جریان ثانویه توسعه می‌یابد.

نیروی در تحقیقات خودبه چنین موضوعی اشاره کرده است (۷). با تغییر موقعیت آبگیر به طرف نیمه دوم قوس (75° و $\theta = 115^\circ$) سلول ثانویه دیگری در نزدیکی سطح آب به صورت پادساعتگرد در مجاورت قوس خارجی مشاهده می‌شود. به طوری که در موقعیت آبگیری 75° در مقاطع بالادست آبگیر در محدوده (55° تا $67/5^\circ$) و در موقعیت آبگیری 115° به دلیل توسعه یافتگی جریان ثانویه این سلول ثانویه در مقاطع بالادست (75° تا $107/5^\circ$) و پایین دست (130° تا 155°) دهانه آبگیر مشاهده می‌شود. دلیل این پدیده را محققینی نظیر بلانکرت و گراف عدم همسان بودن تنش‌های قائم رینولدز در این محدوده بیان کرده‌اند (۲). به طور کلی با افزایش دبی و عدد فرود به علت کاهش تأثیر آبگیر بر روی جریان کانال اصلی، جریان ثانویه از توسعه بیشتری برخوردار است.



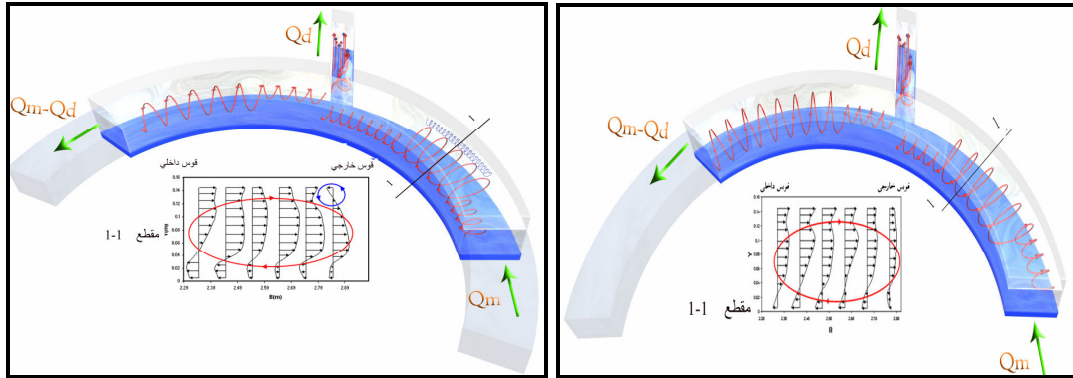
(ب)



(الف)

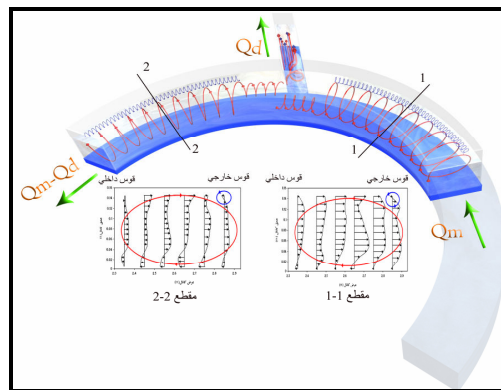
(شکل ۵) - خطوط جریان در محدوده آبگیر نزدیک بستر در موقعیت آبگیری الف) $\theta = 40^\circ$

ب) $\theta = 115^\circ$



آبگیری در حالت $Fr=0.27, \phi=60^\circ, \Theta=75^\circ$

آبگیری در حالت $Fr=0.27, \phi=60^\circ, \Theta=40^\circ$



آبگیری در حالت $Fr=0.27, \phi=60^\circ, \Theta=115^\circ$

(شکل ۶) - تغییرات جریان ثانویه در محدوده دهانه آبگیر

هسیه و یانگ با آزمایش بر روی یک کانال قوسی شکل و یک مدل عددی دو بعدی رابطه (۱) را برای محاسبه قدرت جریان ثانویه پیشنهاد کرده‌اند (۳).

$$SI = \frac{UH}{U_* R_c} \quad (1)$$

SI = قدرت جریان ثانویه (بدون بعد)، U = سرعت در جهت جریان (m/s)، H = عمق جریان (m)، U_* = سرعت برشی (m/s)، R_c = شعاع قوس (m) می‌باشد.

با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی و رابطه مذکور تغییرات قدرت جریان در محدوده دهانه آبگیر و در کانال اصلی برای تمام حالات آزمایش مطابق (شکل ۷) ترسیم گردید. این شکل نشان می‌دهد مکش ایجاد شده از سوی دهانه آبگیر مانع چرخش ذرات و جریان ثانویه شده و

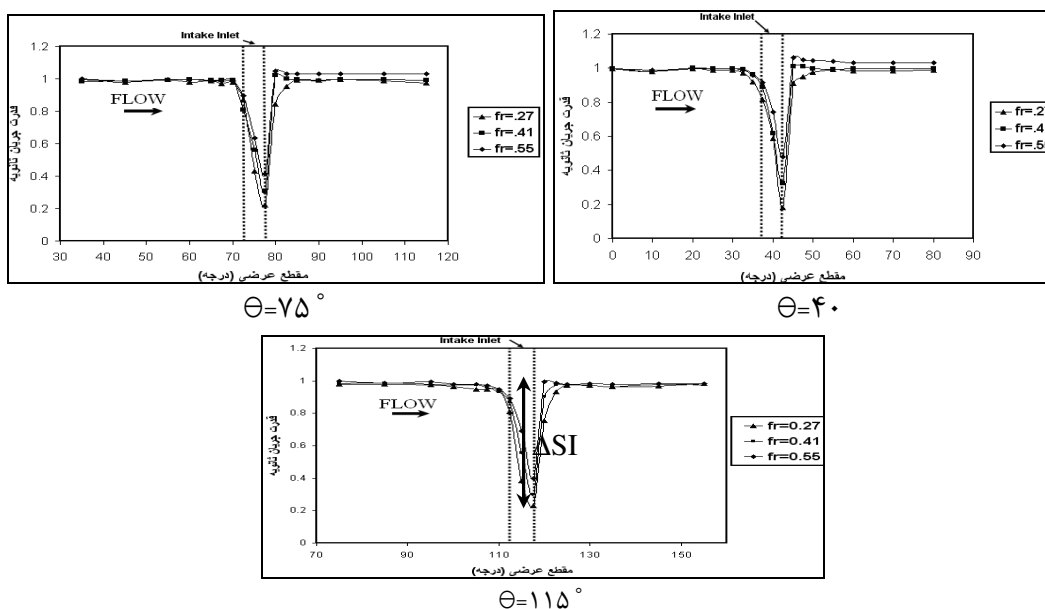
قدرت جریان ثانویه و مومنتم جریان عرضی

در مسیرهای انحناء دار مخصوصاً در امتداد رودخانه‌های قوسی شکل جریان حلزونی ایجاد می‌شود. این نوع جریان از عدم تعادل بین گرادیان فشار و نیروی گریز از مرکز به وجود آمده به طوری که جریان عرضی نزدیک بستر به طرف مرکز قوس داخلی و در نزدیک سطح آب به طرف قوس خارجی منحرف می‌شود همچنین شدت جریان ثانویه متناسب با سرعت جریان اصلی و عمق جریان و انحناء خطوط جریان می‌باشد (۱۲).

با محاسبه قدرت جریان ثانویه و خطوط جریان می‌توان مسیر حرکت رسوبات و تغییرات ایجاد شده در توپوگرافی بستر را پیش‌بینی کرد (۱۱).

افزایش می‌یابد زیرا با افزایش عدد فرود و دبی جریان، اثر مکش ایجاد شده از سوی آبگیر کاهش یافته و جریان ثانویه در مقاطع بالادست دهانه آبگیر کاملاً توسعه می‌یابد. همچنین در مقطع انتهائی دهانه آبگیر مقطع پایین دست دهانه آبگیر بیشترین اختلاف در مقدار قدرت جریان ثانویه وجود دارد.

جریان یک طرفه بسوی دهانه آبگیر بوجود آمده و در این ناحیه جریان ثانویه کاهش یافته به طوری که بیشترین کاهش قدرت جریان ثانویه در انتهای آبگیر اتفاق می‌افتد. بنابراین پیش بینی می‌شود هرچه به سمت انتهای دهانه آبگیر حرکت کنیم مکش بیشتر و جریان بیشتری وارد آبگیر شود. با افزایش عدد فرود از ۰/۲۷ به ۰/۵۵ برای تمام موقعیت‌های آبگیری تغییرات قدرت جریان در دهانه آبگیر



(شکل ۷) - قدرت جریان ثانویه بر اساس تغییرات عدد فرود و موقعیت مختلف آبگیری

مقدار حداقل تفاضلی برابر (۰/۰۳۵۴۶) و ضریب همبستگی معادل ۹۶/۳۴ درصد رابطه تجربی را می‌توان جهت تخمین بیشترین میزان تغییرات قدرت جریان ثانویه برای موقعیت‌های مختلف آبگیری آزمایشگاهی و اعداد فرود بین ۰/۲۷ تا ۰/۵۵ پیشنهاد نمود. این معادله تجربی با دقت درصد ± 5 قابل قبول می‌باشد.

مسونی و گوتر نیز جهت محاسبه مومنتم جریان عرضی رابطه (۳) را ارایه کرده‌اند (۶).

با محاسبه اختلاف بیشترین و کمترین مقدار قدرت جریان ثانویه مطابق (شکل ۷) می‌توان رابطه تجربی بین مقادیر دبی انحرافی، عدد فرود و موقعیت آبگیری بدست آورد.

$$\Delta SI = 0.6787 Q_r^{0.155} \theta^{-0.038} Fr^{-0.211} \quad (2)$$

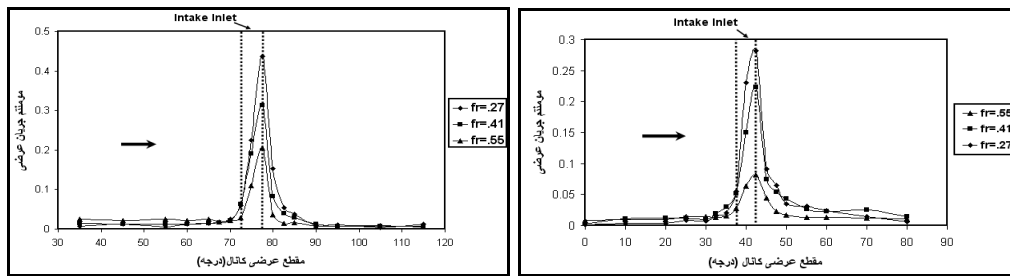
در رابطه فوق Q_r دبی انحرافی (٪)، θ زاویه آبگیری بر حسب رادیان و Fr عدد فرود می‌باشد. رابطه تجربی به دست آمده (۲) دارای کمترین مقدار مجموع مربعات تفاضلی بین مقادیر محاسبه شده و اندازه گیری شده می‌باشد. با توجه به

تمام حالات آزمایشگاهی با حرکت به سمت انتهای آبگیر این نسبت بیشتر شده و جریان بیشتری وارد آبگیر می‌شود. عبارتی جریان با نزدیک شدن به دهانه آبگیر جریان تحت تأثیر کانال انحرافی قرار گرفته و مومنتم جریان عرضی افزایش یافته به طوری که با افزایش عدد فرود این تغییرات کاهش می‌یابد.

$$I_{sp} = \frac{\int V^2 dA}{\int U^2 dA} \quad (۳)$$

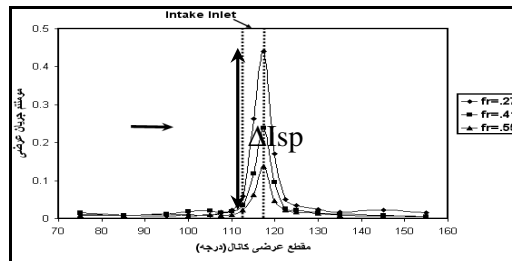
در این رابطه V مؤلفه عرضی سرعت، U مؤلفه طولی سرعت در هر یک از سلول‌های موجود و dA سطح مقطع سلول‌های موجود در مقطع مورد نظر می‌باشد.

بنابراین با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی موجود و رابطه فوق می‌توان تغییرات مومنتم جریان عرضی به سمت دهانه آبگیر را ترسیم کرد (شکل ۸). مطابق این شکل برای



(ب)

(الف)



(ج)

(شکل ۸) - مقایسه مومنتم جریان عرضی در مکان‌های آبگیری (الف) $\theta = 40^\circ$ (ب) $\theta = 75^\circ$ (ج) $\theta = 115^\circ$

مقادیر محاسبه شده و اندازه‌گیری شده می‌باشد. با توجه به مقدار حداقل تفاضلی برابر (۰/۰۱۲۲) و ضریب همبستگی معادل ۹۴/۶۱۵ درصد رابطه تجربی را می‌توان جهت تخمین بیشترین میزان تغییرات مومنتم جریان عرضی برای موقعیت‌های مختلف آبگیری و دبی نسبی متغیر و اعداد فرود مختلف استفاده نمود.

تغییرات قدرت جریان ثانویه و مومنتم جریان عرضی

با محاسبه بیشترین تغییرات مومنتم جریان عرضی می‌توان رابطه تجربی بین مقادیر دبی نسبی انحرافی، عدد فرود و موقعیت آبگیری به دست آورد.

$$\Delta I_{sp} = 0.4406 Q_r^{0.975} \theta^{0.252} Fr^{-0.444} \quad (۴)$$

در رابطه فوق θ زاویه آبگیری بر حسب رادیان و Fr عدد فرود و Q_r دبی نسبی (/) می‌باشد. رابطه تجربی به دست آمده (۴) دارای کمترین مقدار مجموع مربعات تفاضلی بین

ترسیم شده نشان می‌دهد که در نواحی قبل از دهانه آبگیر قدرت جریان ثانویه و مومنتم جریان عرضی از میزان تقریباً یکسانی برخوردار بوده که با نزدیک شدن به دهانه آبگیر و تأثیر کانال انحرافی بر روی جریان در کانال اصلی، خطوط جریان مطابق (شکل ۵) به سوی دهانه آبگیر منحرف شده به طوری که از قدرت جریان ثانویه در کانال اصلی کاسته شده ولی مومنتم جریان عرضی افزایش می‌یابد. در انتهای دهانه آبگیر نقطه ایستایی تشکیل شده موجب تشکیل حداقل سرعت در امتداد کانال اصلی و افزایش سرعت عرضی تحت تأثیر مکش آبگیر می‌شود. در نتیجه بیشترین میزان مومنتم جریان عرضی و کمترین مقدار قدرت جریان ثانویه در این ناحیه اتفاق می‌افتد. انتقال ماکزیمم سرعت طولی از قوس خارجی به سوی قوس داخلی کانال نشان از کاهش قدرت جریان ثانویه دارد. پس از انتهای دهانه آبگیر با کم شدن تأثیر آبگیر بر روی جریان در کانال اصلی، مومنتم جریان عرضی کاهش یافته و قدرت جریان ثانویه افزایش می‌یابد. در مقاطع پایین دست دهانه آبگیر قدرت جریان ثانویه دارای مقدار نسبتاً ثابتی شده به طوری که تغییرهای یکنواخت سرعت در این مقاطع نشان از ثابت بودن قدرت جریان ثانویه در این محدوده دارد. بنابراین با توجه به (شکل ۷ و ۸) مشخص می‌شود روند تغییرهای قدرت جریان ثانویه عکس مومنتم جریان عرضی بوده و کمترین مقدار قدرت جریان ثانویه و بیشترین مقدار مومنتم جریان عرضی در انتهای دهانه آبگیر اتفاق می‌افتد.

نتیجه گیری

با توجه به تغییرات سرعت طولی و تغییرات سطح آب با افزایش میزان سرعت طولی در ابتدای دهانه آبگیر سطح آب

کاهش یافته و کاهش سرعت طولی موجب افزایش سطح آب انتهای دهانه آبگیر می‌شود که مطابق رابطه انرژی مخصوص و جریان متغیر مکانی نیز تایید می‌گردد.

تغییرات توزیع عمقی سرعت عرضی نشان می‌دهد با نزدیک شدن به دهانه آبگیر جریان ثانویه کاهش یافته و جریان عرضی یک طرفه بسوی دهانه آبگیر ایجاد شده به طوری که قدرت جریان ثانویه در عرض دهانه آبگیر کاهش یافته و مومنتم جریان عرضی افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر می‌توان گفت کمترین مقدار قدرت جریان ثانویه و بیشترین میزان مومنتم جریان عرضی در انتهای دهانه آبگیر رخ می‌دهد و با دور شدن از دهانه آبگیر و کاهش تأثیر آبگیر بر روی جریان در کانال ثانویه در عرض کانال گسترش می‌یابد. همچنین مشخص می‌شود روند تغییرات قدرت جریان ثانویه عکس مومنتم جریان عرضی می‌باشد. با افزایش دبی و عدد فرود قدرت جریان ثانویه بیشتر شده در حالی که مومنتم جریان عرضی کاهش می‌یابد. به طور کلی با توجه به تغییرهای قدرت جریان ثانویه و الگوی جریان می‌توان پیش‌بینی می‌شود که شروع بیشترین و کمترین میزان رسوب گذاری به ترتیب در موقعیت‌های آبگیری ۷۵ و ۱۱۵ درجه اتفاق می‌افتد و در نهایت بهترین موقعیت آبگیری ۱۱۵ درجه می‌باشد. دهقانی در تحقیقات خود به چنین موضوعی اشاره کرده است (۱).

تشکر و قدردانی

این تحقیق براساس نتایج به دست آمده از طرح تحقیقاتی مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب با شماره قرارداد (ب/۱۶/۲۴۹) نتیجه گیری شده که از مسئولین زیربط در آن دانشگاه تشکر و قدردانی می‌شود.

- ۱- دهقانی، ا.، قدسیان، م.، صالحی نیشابوری، ا.ا. و شفیعی فر، م. (۱۳۸۴)، بررسی شرایط جریان بر تغییرات بستر کانالهای آبرفتی در قوس ۱۸۰ درجه، مجله هیدرولیک، انجمن هیدرولیک ایران، جلد اول، شماره دوم.
- 2- Graf and Blanckaert, H. W. (2001), Experiments on flow in a strongly curved channel bend, XXIXTAHR-congress, Beijing, China
- 3- Hsieh, T.Y and Yang, J.C. (2003), Investigation on the suitability of Two-Dimensional Depth-averaged Models for Bend-Flow Simulation, J. Hydr. Engrg. ASCE . 129(8), pp 597-612
- 4- Jian, y and Mccorquadale, J.A.(1998), Simulation of curved open channel flows by 3D hydrodynamic model.J.Hydr. Engrg, ASCE.127(7)
- 5- Joglekar, D.V. (1959), Control of enterny canals, Irrigation and power, pp.177-190.
- 6- Mosonyi, E. and Gotz, W (1973), Secondary currents in subsequent model bends. International Symposium on River Mechanics, Asian Institute Technology, Bangkok, Thailand.
- 7- Neary, V., Sotiropoulos, F. and Odgaard, A.J. (1999.), Three-dimensional numerical model of lateral-intake in flows.Hydr.Engrg, ASCE.125(2):126:140.
- 8- Novak, P.J. (1981), Models in hydraulic engineering. Physical principles and design application. Pitman Advanced Publishing Program.
- 9- Pirestani, M.R., Salehi Neyshabouri, A.A. and Tabatabai, M.R.M. (2007), Physical modeling the flow in lateral intake in curved channels, Tenth International Symposium on River Sedimentation (10-th ISRS), Moscow, Russia.
- 10- Raudkivi, A.(1993), Sedimentation, Exclusion and removal of sediment from diverted water. AIRH Hydraulic Structures, Design Manual, pp. 63-87.
- 11- Razvan, E.(1989), River intake and diversion dams.Elsevier science publishing company Inc, New York, 10010, USA.
- 12- Rozovskii, I.(1957), Flow of water in bend of open channel Academy of Sciences of Ukrainian SSR, Institute of Hydrology and Hydraulic Engineering.
- 13- Shukry, A.(1949), Flow around bends in open flum, Jur.Hyd.Eng., ASCE, 115, pp.751-759.
- 14- Tominaga, A and Nagao, M.(2000), Secondary flow structures in bends of narrow open channels with various cross sections, 4th International Conference on Hydrosience and Engineering, Seoul.

Flow analysis on lateral intake in the bend channel using a physical model

M.r pirestani - M.r majdzadeh tabatabaee - N Barkhordari*¹

Abstract

The diversion flow pattern is quite 3-D and nonuniform. In general, diversion flow occurs either naturally like streams or artificially like lateral intakes. According to the performed investigations the intake location affects the rate of diversion discharge and entry of sediments to the diversion channel. Since the main purpose of lateral intakes is to facilitate water transfer without sediments, and most rivers are zigzagged through their path, therefore, more research on the location of the lateral intake and its angle in the bending channels seems necessary. For this purpose, to determine the velocity and secondary flow fluctuations caused by hydraulic parameters changes in domain of lateral intakes with no diversion dam in winding channels a U-shaped flume with rectangular cross section was built. A straight channel with rectangular cross-section was used as a diversion channel. Based on the past researches, water intake was performed from the outer bend with 60° diversion angle at different locations (40°, 75°, 115°) and with Froude numbers 0.27, 0.41, and 0.55, respectively. The obtained results of velocity distribution, secondary flow strength and radial flow momentum in a bend channel with diversion channel showed that the maximum variation of the above hydraulic parameters occur in the intake entrance.

Key words: Bend channel, lateral intake, Velocity distribution, Secondary flow

* - Corresponding author Email: barkhordari-neda@yahoo.com

1 - Contribution from azad University of South Tehran & water and power industry (shahid abbaspor)