

اثر انحراف جریان بر رسوب ورودی به آبگیر با زاویه انحراف ۹۰ درجه در رودخانه سینوسی

منصور ابوالقاسمی^{۱*}

چکیده

قوس خارجی رودخانه، مکان مناسبی برای آبگیری است زیرا جریان ثانویه یا حلزونی در این ناحیه موجب انتقال رسوبات بستر از قوس خارجی بطرف قوس داخلی می‌شود. انحراف جریان از قوس خارجی باعث شکل‌گیری مولفه‌ای عرضی در عمق آبراهه تا سطح جریان، بسمت آبگیر در جهت مخالف جریان ثانویه شده و موجب انتقال بخشی از رسوبات بستر رودخانه به داخل آبگیر می‌شود. علاوه بر آن، انحراف جریان باعث تغییر الگوی جریان در قوس و کاهش سرعت جریان حلزونی در قوس و بعبارت دیگر کاهش قدرت جریان ثانویه در این ناحیه شده که بر ساز و کار انتقال رسوب در سردهانه آبگیر اثر خواهد گذاشت. نتایج تحقیقات حاضر بر روی نمونه آزمایشگاهی پیچان رود سینوسی نشان داد که در نسبت‌های کم انحراف جریان به آبگیر، این انتقال اثر زیادی بر قدرت جریان ثانویه در قوس نگذاشته و جریان حلزونی همچنان باعث دورسازی رسوبات از قوس خارجی می‌شود. با افزایش نسبت انحراف آب، قدرت جریان ثانویه کاهش یافته و نسبت رسوب ورودی به آبگیر افزایش بیشتری نسبت به قبل بصورت غیر خطی پیدا می‌نماید تا اینکه در نسبتی از انحراف آب، جریان ثانویه در جلوی سردهانه به‌طور کامل مستهلک شده است. از این نقطه به بعد شیب منحنی معکوس شده و نسبت رسوب منحرف شده، آهنگ رشد بیشتری نسبت به انحراف جریان پیدا می‌نماید. نتایج تحقیقات نشان داد که منحنی تغییرات نسبت انحراف جریان به نسبت انحراف رسوب به آبگیر به شکل منحنی S است. عمق جریان در قوس خارجی نیز از عوامل موثر بر جریان ثانویه است، در اثر افزایش عمق، ناشی از افزایش دبی در آبراهه، قدرت جریان ثانویه افزایش یافته و میزان رسوب ورودی به آبگیر را کاهش می‌دهد. در این مقاله اثر نسبت انحراف جریان بر نسبت ورود رسوب به ازای عمق‌های مختلف جریان، در آبگیری با زاویه انحراف قائمه بررسی و نتایج مربوطه ارائه شده است.

کلمات کلیدی

نمونه آزمایشگاهی، آبگیر جانبی، نسبت انحراف آب، نسبت انحراف رسوب، زاویه انحراف ۹۰ درجه، رودخانه سینوسی

The Effects of Flow Diversion on Sediments Entering the Intake in 90 Deg. Diversion Angle in Sinus River

M. Abolghasemi

ABSTRACT

The outer part of curve in meandering rivers are suitable places for diversions, as the secondary currents in this locations cause the transfer of the river-bed sediments towards the convex bank. Flow diverting from the outer bend causes the formation of a transverse flow component in depth to surface flow, having an opposite alignment with the secondary current and consequently transferring a part of the sediment load of the river to intake mouth. Besides diversion of the flow will cause the change of the flowing currents pattern

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۱/۲۵

تاریخ اصلاحات مقاله: ۱۳۹۰/۱/۲۷

^{۱*} نویسنده مسئول و استادیار، مؤسسه تحقیقات آب، abolghasemi.mansour@iran.ir

in the river bend and decrease the energy of the secondary current in this location, which is important in sediment transportation. This research carried out on the physical model of Sinuosity River. The results has showed that along with low ratios of flow diversion to the intake mouth has a little effect on the secondary current, and also this current causes the repelling of sediments from the outer bend of river. Along with the increase of the ratio of diverted flow, the energy of secondary currents decrease and the ratio of sediment diversion increases. In a ratio of flow diversion, the secondary flow energy fully damped. After that, the sediments entering to the intake mouth has a higher increase compared to the previous situation. The results of Research have showed that the graph curve comparing the changes of diverted sediments to the intake structures, with the flow diversion generally follows the pattern similar to the S shape. The flow depth in the outer part of curve is also the effective parameters on secondary flow. The Increasing of river depth causes intensity in secondary energy and thus decreasing in sediment entering to the intake. In this paper, the effects of flow diversion ratio to sediments ratio entering to the intake structure by considering different flow depths with 90-degree diversion angle was presented.

KEYWORDS

Physical model, lateral intake, flow rate diversion, sediment rate diversion, 90 deg. Diversion angle, sinuous river

۱- مقدمه

در طراحی آبگیرهای جانبی سعی می‌شود رسوبات ورودی به آبگیر را کاهش دهند. زیرا رسوب‌گذاری در سردهانه آبگیر باعث بروز مشکلات بهره‌برداری از این تاسیسات خواهد شد و ممکن است منجر به قطع جریان در آبگیر شود، از طرفی لایروبی و تخلیه رسوبات از تاسیسات آبگیر و شبکه انتقال، مشکلات اجرائی و هزینه‌های بالائی را نیز بدنبال خواهد داشت. بنابراین بررسی میزان اثر عوامل دخیل بر رسوب ورودی به آبگیرها امر ضروری بوده که با شناسایی این عوامل، امکان انتخاب راهکارهای مناسب برای کاهش میزان رسوب ورودی به آبگیر امکان پذیر می‌شود.

عامل اصلی کاهش میزان رسوب ورودی به آبگیر در قوس، جریان ثانویه است که در مقطع عرضی قوس، شکل می‌گیرد و با ترکیب با جریان طولی آبراهه، بصورت جریان مارپیچ در طول قوس توسعه می‌یابد. جریان ثانویه بر اثر نیروی گریز از مرکز که به ذرات سیال وارد می‌شود به وجود می‌آید. مولفه شعاعی نیروی گریز از مرکز باعث افزایش تراز سطح آب در قوس خارجی نسبت به قوس داخلی می‌شود و گرادیان حاصله در عرض آبراهه، شرایط اولیه را برای چرخش جریان از سمت قوس خارجی به داخلی قوس در عمق فراهم می‌نماید. علاوه بر آن گرادیان سرعت جریان در پلان، ناشی از مولفه عمودی نیروی گریز از مرکز و نیز گرادیان سرعت در عمق جریان، ناشی از اصطکاک بستر، باعث تقویت جریان چرخشی اولیه می‌شود. این جریان باعث کف‌کنی بستر و انتقال رسوبات کف‌رو، از قوس خارجی به سمت قوس داخلی می‌شود. در صورتی که سطح اولیه رسوبات در بستر (در آزمایشگاه) بصورت افقی ایجاد شده باشد

در اثر تداوم جریان، مقطع عرضی از شکل مستطیلی (افقی) به مثلثی (۷ شکل نامتقارن که در قوس خارجی با زاویه تند و در قوس داخلی با زاویه کاملاً ملایم) تبدیل می‌شود. این روند تا رسیدن به تعادل و تثبیت مقطع عرضی با توجه به دبی و رسوب ورودی ادامه می‌یابد. به میزانی که سرعت جریان عرضی در قوس یا قدرت جریان ثانویه افزایش می‌یابد، توان کف کنی جریان و دور سازی رسوبات از قوس خارجی بیش‌تر و عمق چاله (در ناحیه فرسایشی قوس خارجی) افزایش بیش‌تری می‌یابد. در صورتی که از قوس خارجی، آبگیری انجام شود، جریانی از قوس بسمت سردهانه آبگیر شکل می‌گیرد و در نتیجه باعث کاهش قدرت جریان ثانویه شده و شرایط برای ورود رسوبات به آبگیر را تسهیل می‌نماید. عوامل موثر بر نسبت انحراف رسوب به آبگیر (G_r)، نسبت رسوب انحرافی به آبگیر به رسوب تزریقی در بالادست و یا ورودی آبراهه) را می‌توان به نسبت انحراف جریان (Q_r)، نسبت دبی آبگیر به دبی آبراهه)، هندسه آبراهه، هندسه آبگیر شامل زاویه آبگیری، ارتفاع آستانه ورودی آبگیر، عمق آب در قوس خارجی، عدد فرود جریان ورودی به قوس و قطر ذرات رسوب وابسته دانست. از این میان، یکی از مهم ترین عوامل موثر بر انحراف رسوب به آبگیر، نسبت انحراف جریان است که از نسبت های خاصی به بالا، اثر عمده ای بر الگوی چرخشی جریان در قوس می‌گذارد و باعث تشدید نسبت رسوب ورودی به آبگیر می‌شود. محققان زیادی بر روی ساز و کار جریان در قوس و اثر انحراف جریان بر میزان رسوب ورودی به آبگیر تحقیق نموده اند از جمله آنها می‌توان به بولو (۱۹۲۶) (به نقل از اس چوکیستسچ، ۱۹۳۷)، دن سی (۱۹۴۷)، سی سن (۱۹۶۷) (به نقل از راودکیوی ۱۹۹۳)، رزوان (۱۹۸۹)، نیری و همکاران (۱۹۹۴)، آقاسی اوقلو و یوکسل (۱۹۹۸)، دن سی



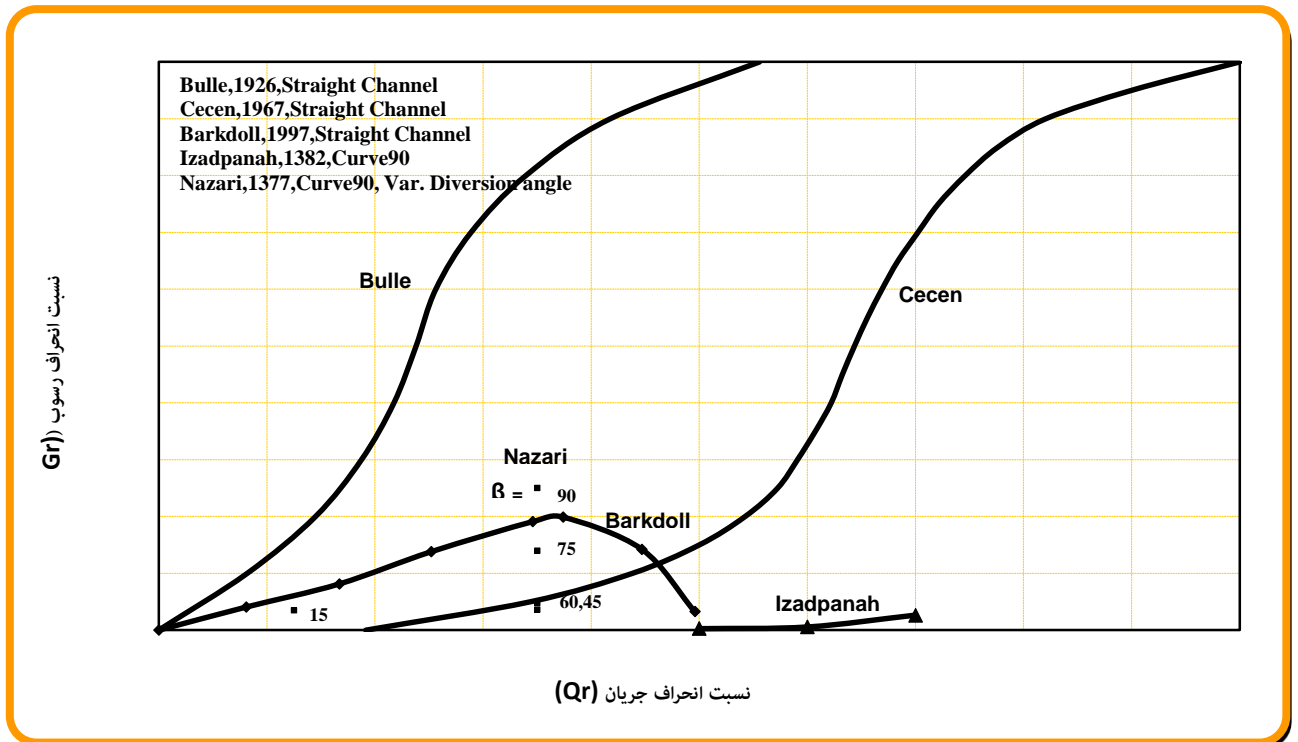
(۱۹۴۷)، (به نقل از راودکیوی ۱۹۹۳)، فارس (۱۹۹۳)، وانونی (۱۹۹۷)، هاب ماس (۱۹۹۵)، بلانک کاکرت (۲۰۰۲)، اسپیرولین (۱۹۸۴) و موسسه تحقیقات آبیاری ایالت اوترا پرداش (UPIRI) (به نقل از رادکیوی ۱۹۹۳) اشاره نمود. نتایج تحقیقات بر روی آبگیری در آبراهه‌ها، در مسیر مستقیم نشان می‌دهد که منحنی تغییرات نسبت رسوب به نسبت جریان منحرف شده به آبگیر بشکل S است (شکل ۱). نحوه تغییرات نسبت این دو عامل بر روی آبگیر در مسیر مستقیم در تحقیقات بارکدول (۱۹۹۷) دارای حداکثری در نسبت دبی انحرافی حدود ۳۸ درصد است. البته آزمایش‌های این محقق در شرایط بدون تزریق رسوب انجام شده است، بنابراین به مرور با حمل رسوبات بستر و افزایش عمق، قدرت حمل جریان کاهش یافته و با افزایش نسبت دبی انحرافی، نسبت رسوب ورودی به آبگیر بسمت صفر میل نموده است. عباسی (۱۳۸۲) در مسیر مستقیم آبراهه و پیرستانی (۱۳۸۳) و دهقانی (۱۳۸۴) در آبراهه با خم ۱۸۰ درجه، نتایج مشابهی را بدست آورده اند. نتایج تحقیقات ایزدپناه (۱۳۸۲) و نظری (۱۳۷۷) بر روی آبراهه با خم ۹۰ درجه در این شکل نیز ارائه شده است. همان طور که اشاره شد تحقیقات انجام شده در این خصوص بیش تر بر روی آبگیری در مسیر مستقیم رودخانه صورت پذیرفته است و بنابراین اثر میزان آبگیری بر رسوبات ورودی به آبگیر در خم‌های پیچانی رودخانه کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در این مقاله در خصوص اثر نسبت انحراف جریان بر نسبت رسوب ورودی به آبگیر با زاویه انحراف ۹۰ درجه به ازای نسبت‌های مختلف انحراف و عمق‌های مختلف جریان (ناشی از تغییر دبی آبراهه) در یک شرایط هندسی (نمونه آزمایشگاهی پیچان‌رود سینوسی) تحقیقات گسترده‌ای انجام شده است.

از ویژگی‌های این تحقیق می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: تزریق پیوسته رسوب در آزمایش‌ها، انتخاب مقیاسی بزرگ برای نمونه آزمایشگاهی و در نتیجه مواجه شدن با احجام بالای رسوب تزریقی، نحوه و مکان تزریق، روش تعیین نسبت رسوب منحرف شده به آبگیر، ابداع روش رهگیری الگوی جریان با نوارهای رنگی و غیره.

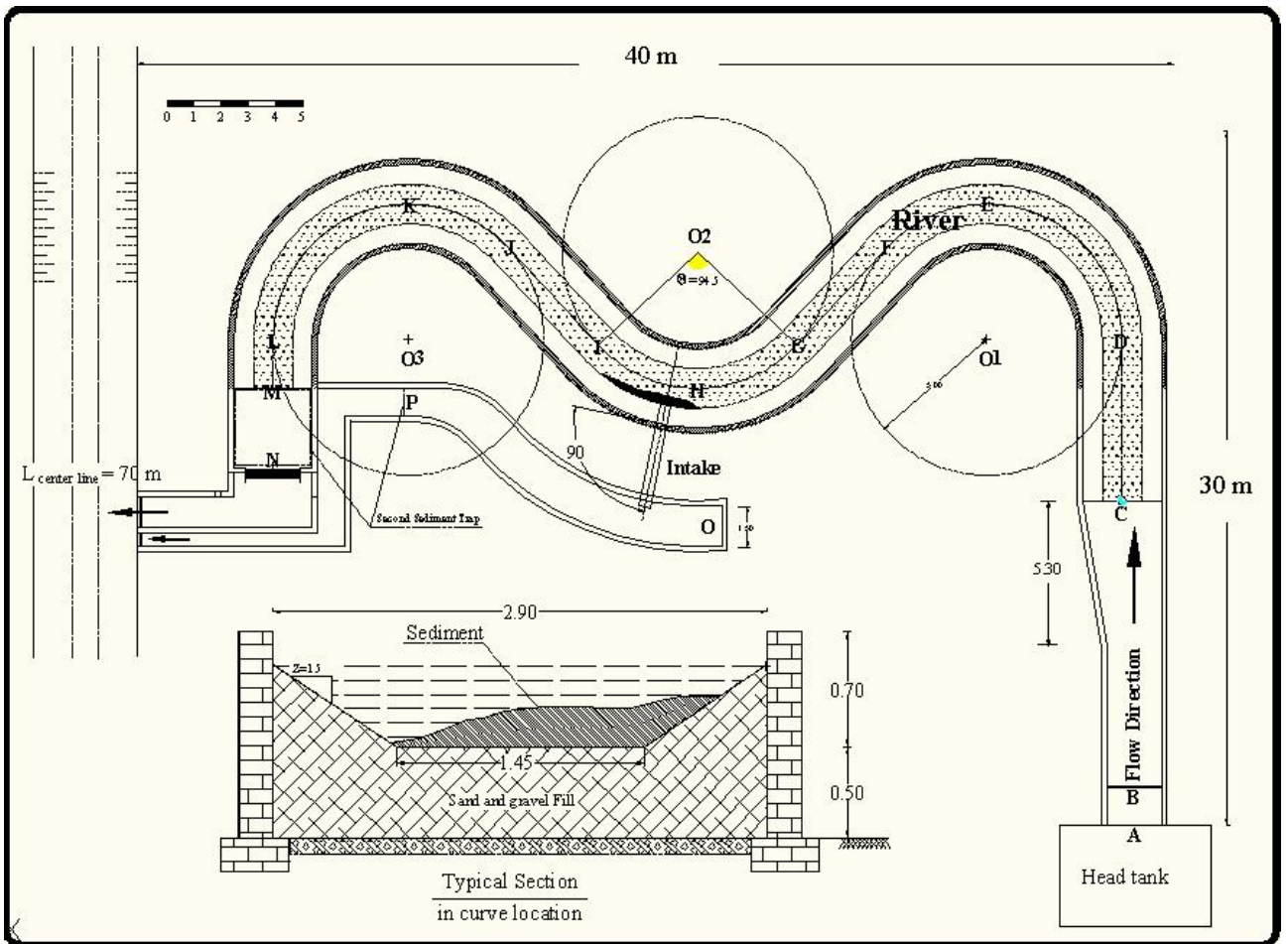
۲- روش تحقیق

۲-۱- طراحی نمونه آزمایشگاهی

شکل پیچان رود (کامل) سینوسی را با الگو گرفتن از رودخانه‌های پایدار و استفاده از روابط رودخانه‌های رژیم دشت، با هندسه‌ای منظم مطابق شکل (۲)، انتخاب شد. این طرح در فضایی به ابعاد ۳۰×۴۰ متر، در سالن رودخانه موسسه تحقیقات آب اجراء شد. جریان از ناحیه بالادست در محل A وارد نمونه آزمایشگاهی می‌شود، در محل B جریان ورودی توسط سرریز لبه تیز به عرض ۲ متر اندازه‌گیری می‌شود. مقطع نوزنقه‌ای آبراهه از C شروع می‌شود. شروع قوس اول D و انتهای این قوس و شروع بازه مستقیم F، شروع قوس دوم G و انتهای آن I است. قوس سوم از J شروع و تا L ادامه می‌یابد. جریان عبوری از نمونه آزمایشگاهی در انتها به مخزن زیرزمینی سالن آزمایشگاه تخلیه و توسط ایستگاه پمپاژ، آب دوباره به نمونه آزمایشگاهی برگردانده می‌شود ولی رسوبات آن در حوضچه‌ای در حد فاصل نقاط M الی N در انتهای آبراهه و بین F تا O در ناحیه خروجی آبگیر، تله‌اندازی و بازیافت می‌شود. محل بهینه استقرار سردخانه آبگیر در سه چهارم زاویه مرکزی قوس توسط رازوان (۱۹۸۹) توصیه شده است، زاویه مرکزی قوس، $۹۴/۵$ درجه و براساس این توصیه، زاویه استقرار آبگیر ۷۱ درجه بدست می‌آید. گفتنی است محل بهینه برای جانمایی سردخانه آبگیر در مکانی است که جریان حلزونی به بلوغ کامل رسیده باشد، در این مکان بیش‌ترین پتانسیل دورسازی رسوبات از قوس خارجی وجود دارد و در نتیجه رسوب کمتری وارد آبگیر می‌شود. براساس آزمایش‌های گسترده‌ای که در شرایط بدون آبگیری در آبراهه صورت گرفته موقعیت‌های چاله‌ها (عمیق‌ترین نقطه در قوس خارجی) در دبی‌های مختلف بدست آمد، بنابراین براساس اطلاعات حاصله، مکان استقرار سردخانه آبگیر مدل آزمایشگاهی در زاویه مرکزی ۵۹ درجه انتخاب شد. عرض و ارتفاع آبگیر بترتیب ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر و عرض و عمق کانال نوزنقه‌ای (بستر صلب) ۲۹۰ و ۷۰ سانتی‌متر (بدون رسوب در کف) است. زاویه انحراف آبگیر در این تحقیق ۹۰ درجه انتخاب شده است. مشخصات هندسی قوس و آبگیر از عوامل اصلی اثر گذار بر این پدیده است که در این تحقیق هندسه آبراهه و آبگیر ثابت است، بنابراین ادامه تحقیقات می‌تواند بر اثر تغییرات در شکل آبراهه، زاویه آبگیری و غیره متمرکز شود.



شکل (۱): نتایج تحقیقات محققان درباره اثر نسبت انحراف جریان بر نسبت رسوب ورودی به آبگیر



شکل (۲): شکل و مقطع نمونه آزمایشگاهی پیچان رود

۲-۲- شرایط هیدرولیکی

برای اینکه جریان در نمونه آزمایشگاهی در ناحیه اغتشاش کامل قرار داشته باشد، لازم است عامل رینولدز ذره (رابطه ۱) بزرگتر از ۷۰ الی ۱۰۰ باشد (پریزدوجوسکی و همکاران ۱۹۹۵)،

$$Re^* = \frac{U_* d_{65}}{\nu} > 70 \approx 100 \quad (1)$$

$$U_* = \sqrt{gRS} \quad (2)$$

که در آن R: شعاع هیدرولیکی، S: شیب سطح آب، d_{65} : اندازه ذره ۶۵ درصد ریزتر و ν لزجت سینماتیکی سیال می‌باشد.

۲-۳- بار بستر و دانه‌بندی آن

با توجه به اینکه ذرات رسوب در طول نمونه آزمایشگاهی و در محدوده دبی‌های آزمایشی، باید بصورت باربستری حرکت نمایند، لازم است آزمایش‌هایی برای تعیین محدوده‌ای از قطر مصالح که در طیف گسترده دبی انتخابی ۱۲۰ تا ۲۸۰ لیتر در ثانیه همواره این شرایط را حفظ می‌نمایند، انجام شود. این آزمایش‌ها در مصالحی با دانه‌بندی یکنواخت انجام شد. مصالحی را با دانه‌بندی یکنواخت گویند که انحراف معیار ذرات مصالح آن (σ_g) کمتر از ۱/۳ (شفاعی بجستان، ۱۳۷۸) باشد.

$$\sigma_g = \sqrt{\frac{d_{84}}{d_{16}}} < 1.3 \quad (3)$$

مصالح مورد نیاز برای تامین بار بستر در حداقل یک دوره کامل آزمایش‌ها به روش الک نمودن، تهیه شد. مصالح منتخب، در طبقه‌بندی شن ریز قرار می‌گیرد (جدول ۱).

جدول (۱): مشخصات مصالح بار بستر (میلی‌متر)

و عامل‌های هندسی

D ₁₀	D ₃₀	D ₅₀	D ₆₀	D ₉₀	Cu	Cz	σ_g
۲/۴۵	۲/۹۷	۳/۴۲	۳/۶۵	۴/۵۰	۱/۴۹	۱/۳۱	۱/۲۹

۲-۴- نحوه آزمایش‌ها

با تخلیه رسوبات در بستر و صاف نمودن آن در ضخامت حدود ۲۵ سانتی‌متر، دبی موردنظر، از بالادست رها شده است. آزمایش‌ها در مراحل مختلف در محدوده دبی از ۱۲۰ لیتر در ثانیه تا دبی مقطع پر در نمونه آزمایشگاهی به مقدار ۲۸۰ لیتر در ثانیه در ۴ دبی مختلف انجام شد. در دبی‌های کمتر از ۱۲۰ لیتر در ثانیه در اثر کاهش قدرت حمل جریان، رسوبات منتقله به آبگیر ناچیز شده، بنابراین برای جمع‌آوری رسوبات کافی و قابل توزین که بتواند خطای توزین با باسکول را پوشش دهد، زمان

آزمایش‌ها به چندین روز متوالی - افزون بر ۴ روز - افزایش می‌یافت، بنابراین، دبی حداقل ۱۲۰ لیتر در ثانیه انتخاب شد. مدت زمان انجام آزمایش برای شکل‌گیری بستر بستگی به میزان دبی و قدرت جریان حلزونی دارد، در مقادیر بالاتر دبی، قدرت حمل رسوب در طول بازه افزایش یافته و بستر سریعتر شکل مورد نظر خود را یابد، بنابراین مدت زمان آزمایش از ۸ تا ۳۲ ساعت وابسته به دبی، متغیر بود. هم‌زمان با عبور جریان، تزریق رسوب بصورت پیوسته انجام می‌شد. میزان تزریق رسوب براساس منحنی انتخابی دبی جریان - دبی رسوب با معیار فراهم شدن وزن کافی و قابل توزین برای رسوبات انحرافی طی آزمایش‌های اولیه تعیین شد. بعد از رسیدن نسبی تعادل در آبراهه، اندازه‌گیری کمی عوامل جریان و برداشت کیفی الگوی جریان انجام شد. عوامل کمی جریان شامل: برداشت عمق آب که در مقاطع مختلف به خصوص مقطع کنترل در قوس میانی (بالادست قوس دوم) و پایین‌دست این قوس (انتهای بازه مستقیم) و نیز اندازه‌گیری شیب سطح آب در مقاطع کنترل با دوره تناوب یک ساعت صورت می‌پذیرفت، روز بعد از آزمایش که بستر به طور کامل زهکشی شده بود برداشت کمی تغییرات بستر، موقعیت چاله و نیز جمع‌آوری و توزین میزان رسوبات تله‌اندازی شده در حوضچه بعد از آبگیر برای تعیین وزن و محاسبه نسبت رسوب ورودی به آبگیر صورت می‌پذیرفت. اندازه‌گیری عوامل کیفی در حین آزمایش بعد از حصول تعادل، شامل: برداشت الگوی جریان به روش‌های ردیابی رنگی با تزریق مواد رنگی و ره‌گیری با کاربرد نوارهای رنگی و نیز اندازه‌گیری سرعت جریان در سطح و عمق صورت می‌پذیرفت. این‌گونه آزمایش‌ها به ازای نسبت‌های مختلف انحراف جریان به آبگیر تکرار شد. گفتنی است که معیار تعادل نسبی، تثبیت شیب سطح آب و عدم تغییر نسبی مکان چاله (عمیق‌ترین نقطه در قوس خارجی) در آزمایش‌های روزهای متوالی است. محدوده عدد فرود حاصله در مقطع کنترل ورودی به قوس مرکزی (دوم) در دبی‌های آزمایشی از ۰/۳۱ تا ۰/۷۴ بدست آمده است. عدد رینولدز ذره در این مقطع (رابطه ۱)، حداقل مقدار ۱۴۴ حاصل شده است.

مهم‌ترین تجهیزات مورد استفاده در اندازه‌گیری‌های کمی شامل: بستر نگار، اندازه‌گیر نقطه‌ای سطح آب، سرعت سنج ADV، باسکول است و تجهیزات اندازه‌گیر کیفی جریان شامل: نوارهای رنگی، مواد رنگی، دوربین عکس‌برداری و فیلم‌برداری و غیره بوده است.

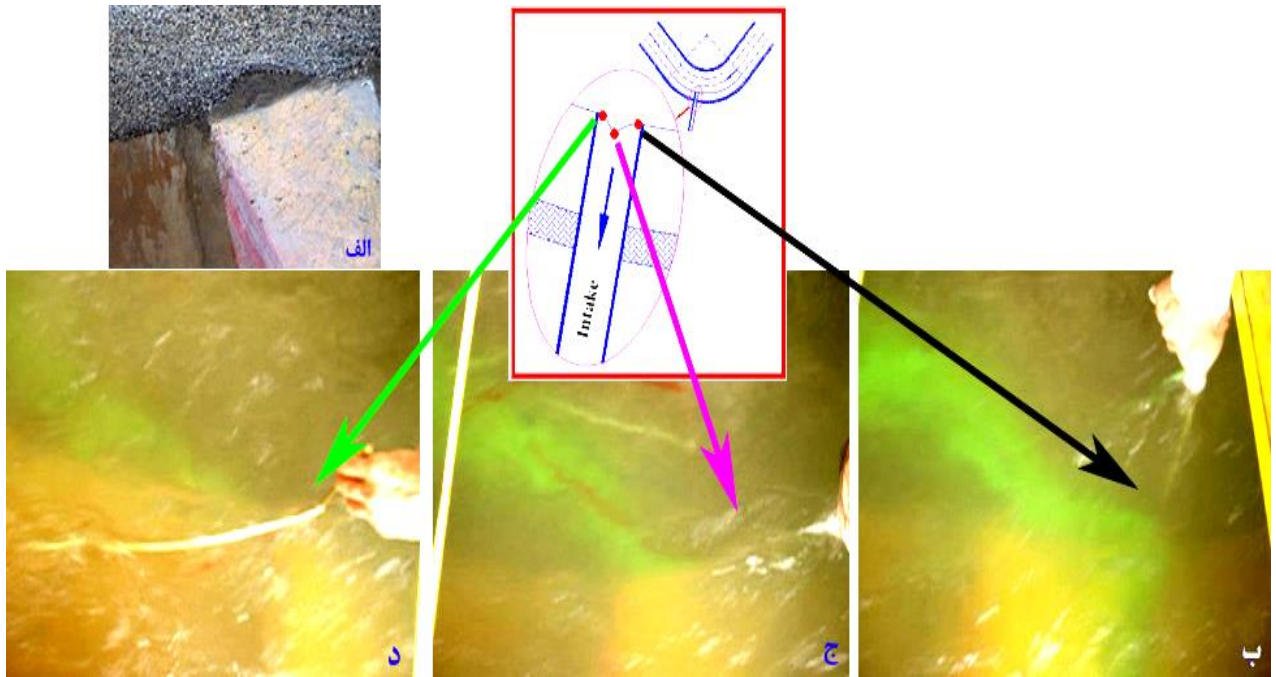
۳- بررسی کیفی نتایج

به ازای دبی‌های ۱۲۰، ۱۸۰، ۲۳۰ و ۲۸۰ (دبی مقطع پر آبراهه) لیتر در ثانیه، اثر انحراف جریان به ازای درصدهای مختلف از ۱۰ درصد تا بازشدگی کامل دریچه آبگیر (شرایط بدون اعمال کنترل بر خروجی جریان از آبگیر) میزان رسوب ورودی به آبگیر بدست آمده است. علت انتخاب حداقل نسبت انحراف جریان به میزان ۱۰ درصد، ورود بسیار ناچیز نسبت رسوب (۰/۱ درصد) در این حالت بوده است که با استخراج منحنی برازش بر نتایج می‌توان برای درصدهای کمتر از آن، میزان رسوب ورودی را تخمین زد. الگوی عمومی جریان ورودی به آبگیر در سردخانه شامل دو ناحیه می‌شود، ناحیه اول شامل جریان چرخشی قوی است که بصورت مخروطی در داخل آبگیر از پشت لبه بالادست سردخانه شروع و به داخل آبگیر توسعه می‌یابد. ناحیه دوم شامل جریان طولی است که از جلوی لبه پایین دست سردخانه آبگیر از سطح جریان در نسبت‌های کم انحراف، به عمق در نسبت‌های انحراف زیاد بسمت کانال آبگیر توسعه می‌یابد، رسوبات ورودی به سردخانه در اثر این دو جریان وارد آبگیر می‌شوند. جریان چرخشی لبه بالادست آبگیر، رسوبات را از کنار لبه بالادست سردخانه در عمق ب داخل آبگیر منتقل نماید و جریان دوم، رسوبات را متأثر از دو جریان انحرافی و جریان ثانویه که جهتی معکوس با یکدیگر دارند وارد آبگیر نماید. هرچه درصد انحراف جریان بیشتر باشد مولفه طولی سرعت بسمت آبگیر افزایش یافته و نیز مشارکت جریان ورودی به آبگیر در عمق توسعه بیشتری می‌یابد و قدرت جریان ثانویه در اطراف سردخانه استهلاک بیشتری می‌یابد، بنابراین حجم رسوبات بیش تری را از این ناحیه وارد آبگیر می‌نماید. در این حالت ابعاد زبانه رسوب ورودی (بصورت مثلثی شکل) به داخل سردخانه آبگیر رشد نموده و ب داخل آبگیر و بسمت وجه پایین دست سردخانه آبگیر نیز پیشروی می‌نماید. نتایج نشان می‌دهند که در درصدهای کم انحراف، جریان ثانویه در قوس خارجی و حتی در عرض سردخانه آبگیر در عمق، باعث دورسازی رسوبات از آبگیر شده و توسعه طولی و عرضی زبانه ماسه‌ای ب داخل سردخانه را کاهش می‌دهد. به ازای ۱۰ درصد انحراف، جریان ورودی به آبگیر نمی‌تواند پیش آمدگی ماسه‌ای را ب داخل سردخانه توسعه دهد (شکل ۳- الف) و تا کمتر از یک سوم عرض سردخانه آبگیر (در ناحیه بالادست)، سطح رسوب افزایش یافته و شرایط ورود رسوب به آبگیر را در این قسمت فراهم نماید. با توجه به وجود جریان حلزونی قوی در قوس، از این قسمت مقدار جزئی از رسوب از پشت لبه بالادست سردخانه اجازه ورود به

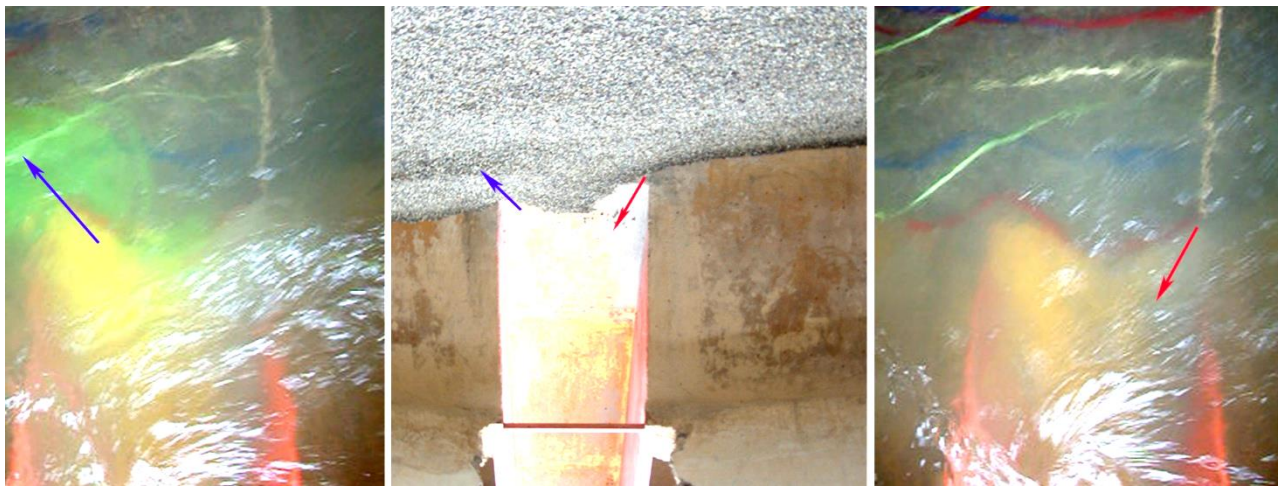
آبگیر را پیدا نموده است. پخشیدگی رنگ در شکل (۳- ب)، نشان دهنده الگوی جریان در ورودی لبه بالادست سردخانه آبگیر و نیز پایین دست آبراهه است، بخشی از رنگ ب داخل آبگیر و بخش دیگر در اثر جریان ثانویه از سردخانه دور شده است. شکل (۳- ج)، توسعه جریان ثانویه بر روی نوک زبانه ماسه‌ای را نشان می‌دهد از این مکان به پایین دست، جریان ثانویه رسوبات را از سردخانه بسمت آبراهه دور می‌نماید. شکل (۳- د)، توسعه جریان ثانویه در لبه پایین دست آبگیر را نشان می‌دهد، همان‌طور که مشخص است جریان عمقی بسمت آبراهه توسعه یافته است، اثر جریان برگشتی بسمت آبراهه باعث فرسایش و ایجاد حفره‌ای در دوسوم عرض سردخانه شده است.

با افزایش درصد انحراف جریان به میزان ۲۵ و ۳۵ درصد، نسبت رسوب ورودی بترتیب به مقدار ۵/۲ و ۱۵/۴ درصد افزایش یافت، مقایسه نتایج این دو انحراف جریان نشان می‌دهد که به ازای ۱۰ درصد افزایش در نسبت انحراف جریان، نسبت رسوب ورودی به آبگیر سه برابر افزایش یافته است. البته در این حالت جریان ثانویه هنوز در وجه پایینی زبانه ماسه‌ای وجود دارد و بسمت آبراهه متمایل است (فلش آبی رنگ، شکل ۴). افزایش انحراف جریان باعث کشیدگی زبانه رسوب ب داخل آبگیر و نیز افزایش عرض محدوده ورود رسوب در وجه بالادست زبانه رسوب شده است (فلش قرمز، شکل ۴).

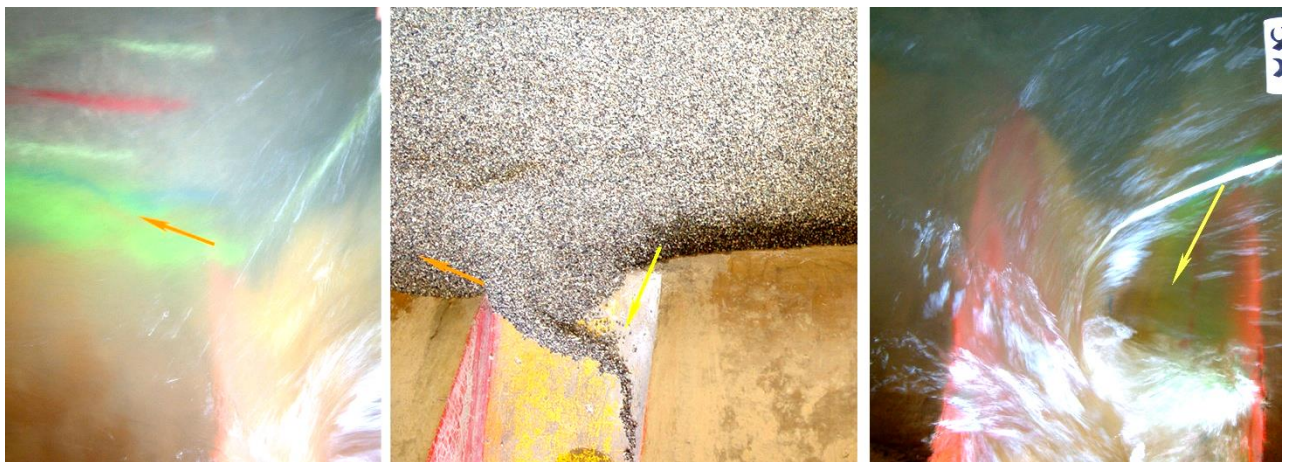
در شرایط بازشدگی کامل دریچه آبگیر، جریان ورودی که پیش‌تر فقط در بخشی از عرض سردخانه وارد آبگیر می‌شد توسعه بیشتری بسمت پایین دست آبراهه پیدا نموده و وجه پایین دست زبانه رسوب به لبه پائین دست سردخانه آبگیر نزدیک شده است (شکل ۵). در این حالت طول زبانه رسوب نیز رشد بیشتری ب داخل آبگیر داشته است، بنابراین علاوه بر ورود رسوب به آبگیر از وجه بالادست سردخانه ناشی از جریان چرخشی، از وجه پایین دست تحت تاثیر جریان طولی، رسوب وارد آبگیر شده است. در این حالت، جریان ثانویه با قدرت کمتر از قبل، به محلی پائین تر از سردخانه منتقل می‌شود، بنابراین تاثیر آن در سردخانه مستهلاک شده و جریانی پیش‌تر یک سویه بسمت آبگیر شکل گرفته است. شکل (۳) معرف الگوی جریان در محدوده سردخانه در دبی ۲۸۰ لیتر در ثانیه با میزان ۴۳٪ انحراف (بازشدگی کامل دریچه پایاب آبگیر که معادل با ظرفیت کامل آبگذری کانال و سردخانه آبگیر است) است. نسبت رسوب ورودی به آبگیر ۳۵/۶ درصد است که نسبت افزایشی آن نسبت به انحراف جریان به میزان ۳۵ درصد به بیش از دو برابر رسیده است.



شکل (۳): الگوی جریان و رسوب در سردهانه آبگیر به ازای دبی ۲۸۰ لیتر درثانیه و انحراف ۱۰ درصد جریان



شکل (۴): الگوی جریان و رسوب در سردهانه آبگیر به ازای انحراف ۳۵ درصدی جریان



شکل (۵): الگوی جریان، رسوب در سردهانه آبگیر به ازای انحراف ۴۳ درصد جریان (بازشدگی کامل در پیچه آبگیر- ظرفیت کامل آبگیر)

نسبت ورود رسوبات به آبگیر می‌گذارد کمتر شده است. نقطه عطف منحنی (نسبت ۳۷ درصد انحراف جریان) معرف شرایطی است که جریان ثانویه در جلوی سردهانه به طور کامل مستهلک شده است. بررسی الگوی جریان در نمونه آزمایشگاهی نشان داد که جریان ثانویه ضعیفی در پایین دست سردهانه در این حالت شکل گرفته است. جریان در آبراهه بعد از نسبت انحراف ۳۷ درصد با انحاء وارد سردهانه می‌شود و شرایطی مانند جریان در قوس خارجی را بوجود می‌آورد است، بنابراین پتانسیل حمل رسوبات بیشتر شده است (جریان حلزونی که در ورود به آبگیر بوجود می‌آید، قدرت کف‌کنی و حمل رسوبات بیشتری دارد) و به همین علت است که شدت ورود رسوبات بعد از نقطه عطف بیشتر از درصدهای بالاتر جریان انحرافی است. در نسبت‌های بالاتر از ۴۸ درصد الگوی جریان شباهت بیشتری به جریان در مسیر مستقیم دارد و نسبت ورود رسوبات رابطه‌ای نسبتاً خطی با نسبت انحراف جریان دارد.

در صورتیکه نتایج مربوط به تمام دبی‌ها (۱۲۰، ۱۸۰، ۲۳۰ و ۲۸۰ لیتر در ثانیه) را یک شکل رسم نماییم منحنی برآزش بر کل نتایج به شکل S (شکل شماره ۸) بدست می‌آید. نقطه انتهایی منحنی معرف این است که با انحراف کل جریان به آبگیر، کل رسوبات وارد آبگیر می‌شود و نقطه ابتدایی بدین معناست که در شرایط نبود انحراف جریان، رسوبی وارد آبگیر نخواهد شد. نتایج نشان می‌دهند که در نسبت‌های کم انحراف جریان تا حدود ۱۰ درصد، انتقال جریان به آبگیر اثر زیادی بر جریان ثانویه در قوس نگذاشته و این جریان باعث دورسازی رسوبات از قوس خارجی و از داخل سردهانه آبگیر بسمت آبراهه شده است. با افزایش نسبت انحراف جریان، قدرت جریان ثانویه کاهش یافته و نسبت رسوب ورودی به آبگیر افزایش بیشتری نسبت به قبل بصورت غیر خطی می‌یابد تا اینکه در نسبت انحراف جریان به میزان ۴۴ درصد، جریان ثانویه در جلوی سردهانه کاملاً مستهلک شده است (نقطه عطف منحنی). از این نقطه به بعد شیب منحنی معکوس شده و نسبت رسوب منحرف شده آهنگ رشد بیشتری نسبت به نسبت انحراف جریان پیدا می‌نماید. از نقطه عطف تا نسبت انحراف جریان در حدود ۵۸ درصد، آهنگ ورود رسوبات از درصدهای بالاتر بیشتر است، علت آن شکل‌گیری جریانی انحاء دار بسمت آبگیر مانند جریان در قوس است که پتانسیل حمل رسوبات در آن از مسیر مستقیم بیشتر است. از نسبت انحراف حدود ۷۰ درصد به بالا، جریانی مشابه مسیر مستقیم بسمت آبگیر شکل گرفته است که رابطه‌ای نسبتاً خطی بین جریان و انتقال رسوب وجود دارد. بین این دو درصد انحراف جریان و

۴- بررسی کمی نتایج

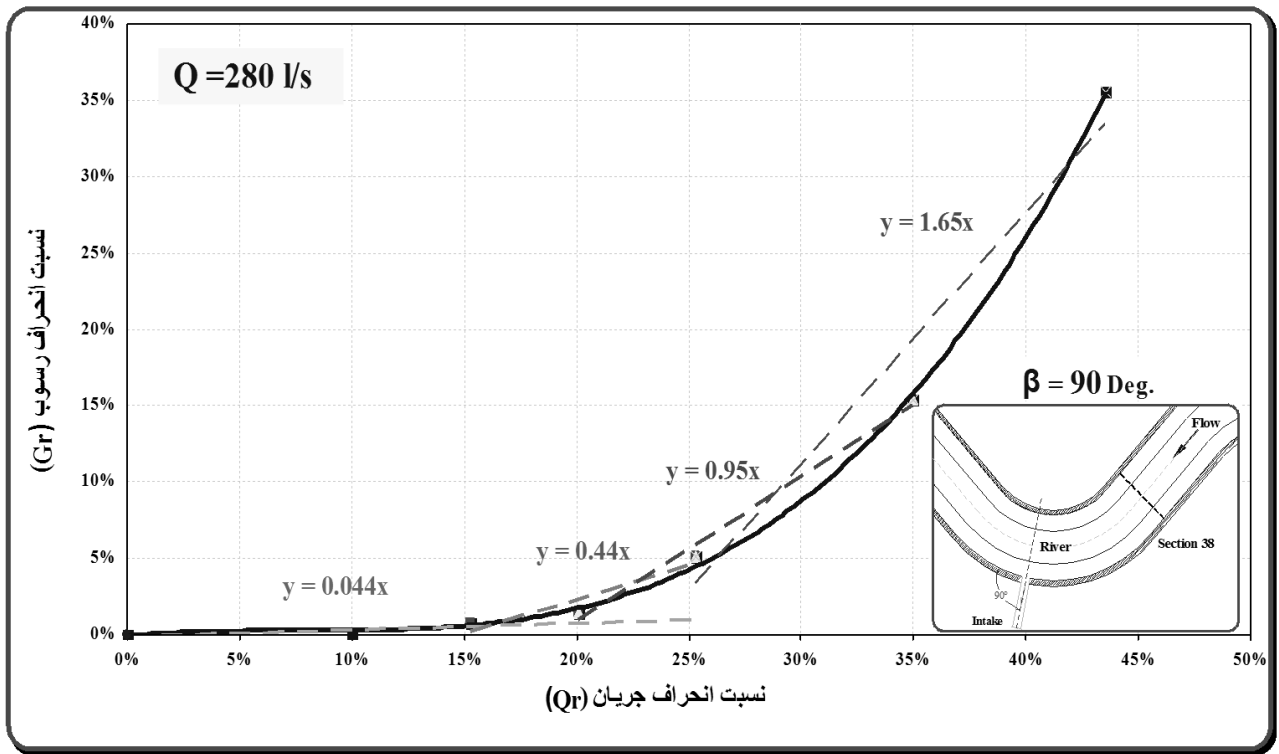
به ازای دبی ۲۸۰ لیتر در ثانیه منحنی تغییرات نسبت انحراف جریان (Qt) به نسبت رسوب منحرف شده به آبگیر (Gr) در شکل ۶ رسم شده است. همان‌طور که دیده می‌شود در نسبت‌های کم انحراف جریان، نسبت رسوب ورودی به آبگیر ناچیز است. در این شرایط دبی منحرف شده به آبگیر اثر کمی بر جریان ثانویه در قوس گذاشته و پیش‌تر رسوبات از سردهانه بسمت قوس داخلی رانده می‌شود. در حفاصل صفر تا ۱۵/۳ درصد انحراف جریان، بیش‌ترین نسبت رسوب منحرف شده ۰/۷ درصد است. در این حالت نسبت انحراف رسوب به جریان ۰/۴۷ است و شیب تغییرات ۰/۰۴ است. با افزایش نسبت انحراف جریان تا ۲۵ درصد بیشینه نسبت رسوب به ۵/۲ درصد افزایش می‌یابد، در این حالت نسبت انحراف رسوب به جریان حدود ۰/۱۹ است که نسبت به حالت قبل ۳/۹ برابر میزان ورود رسوبات به آبگیر افزایش یافته است و نشان‌دهنده کاهش تدریجی اثر جریان ثانویه و ورود رسوبات بیشتر به سردهانه شده است، در این حالت شیب تغییرات ۰/۰۴ است. با افزایش نسبت دبی انحرافی تا ۲۵ درصد نسبت انحراف رسوب به ۱۵/۴ درصد افزایش می‌یابد. در این حالت نسبت انحراف رسوب به جریان ۴۴ درصد می‌شود و شیب تغییرات به ۰/۹۵ افزایش یافته است. با افزایش نسبت انحراف جریان تا ۴۴ درصد (بازشدگی کامل در پیچه آبگیر یا آبگیری با ظرفیت کامل)، نسبت انحراف رسوب به ۳۶ درصد افزایش می‌یابد، در این حالت نسبت انحراف رسوب به جریان به مقدار ۰/۸۲ افزایش یافته است و شیب تغییرات ۱/۶۵ شده است. در صورتی که ظرفیت آبگیری آبگیر اجازه انحراف بیشتر جریان را می‌داد روند افزایش رشد نسبت رسوب ورودی تا رسیدن به نقطه عطف منحنی با شتاب بیشتری ادامه می‌یافت.

به ازای دبی ۱۲۰ لیتر در ثانیه (حداقل دبی انتخابی) منحنی تغییرات نسبت انحراف جریان به نسبت رسوب منحرف شده به آبگیر در شکل (۷) ترسیم شده است. همان‌طور که دیده می‌شود در نسبت‌های کم انحراف جریان، نسبت رسوب ورودی به آبگیر ناچیز است. از نسبت ۱۰٪ انحراف جریان به بالا روند افزایشی در نسبت رسوبات منحرف شده به آبگیر شروع می‌شود. این افزایش شیب تا نقطه عطف ادامه می‌یابد. از نقطه عطف به بعد روند معکوس می‌شود. بنابراین با افزایش در نسبت انحراف جریان، نسبت رسوب ورودی به آبگیر افزایش بیشتری یافته است. با افزایش نسبت انحراف جریان از حدود ۴۸ درصد، شیب منحنی تغییرات کاهش یافته و با افزایش دبی میزان اثر که بر

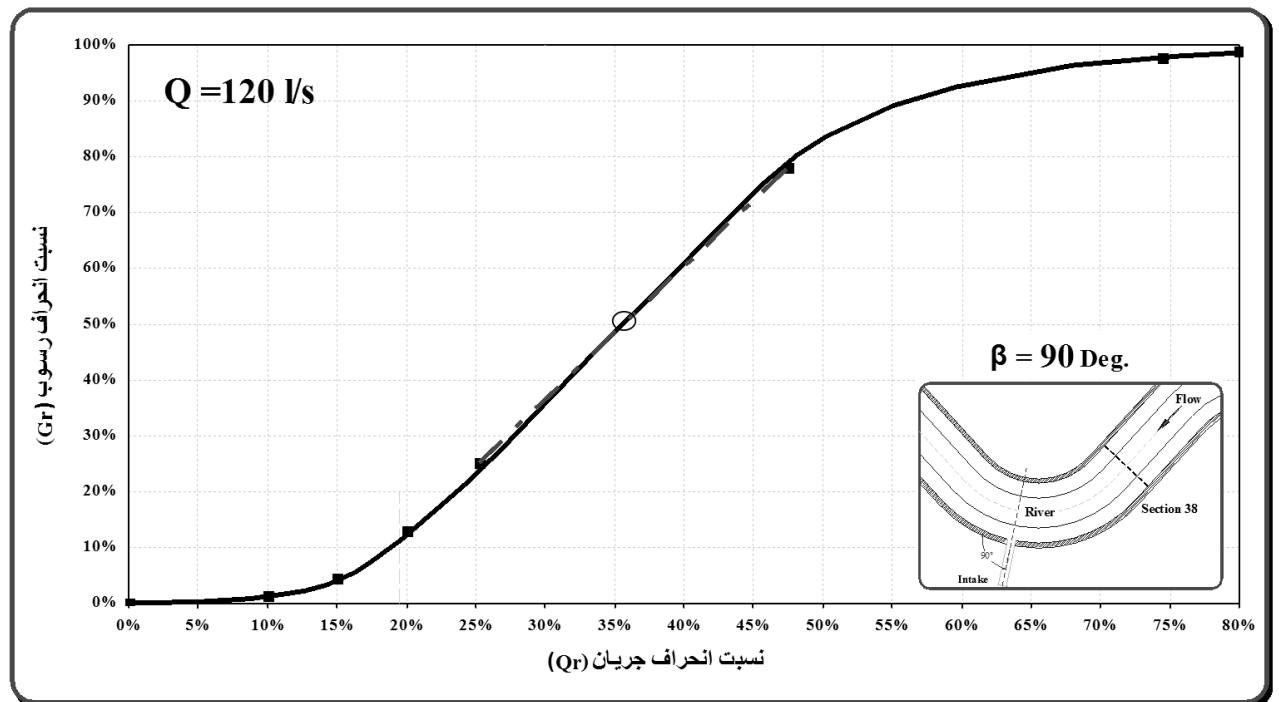


سرعت در عمق عامل این تغییر است، بنابراین با افزایش مقدار این عامل، منحنی تغییرات بسمت محور طولها (نسبت انحراف جریان) چرخش نموده است.

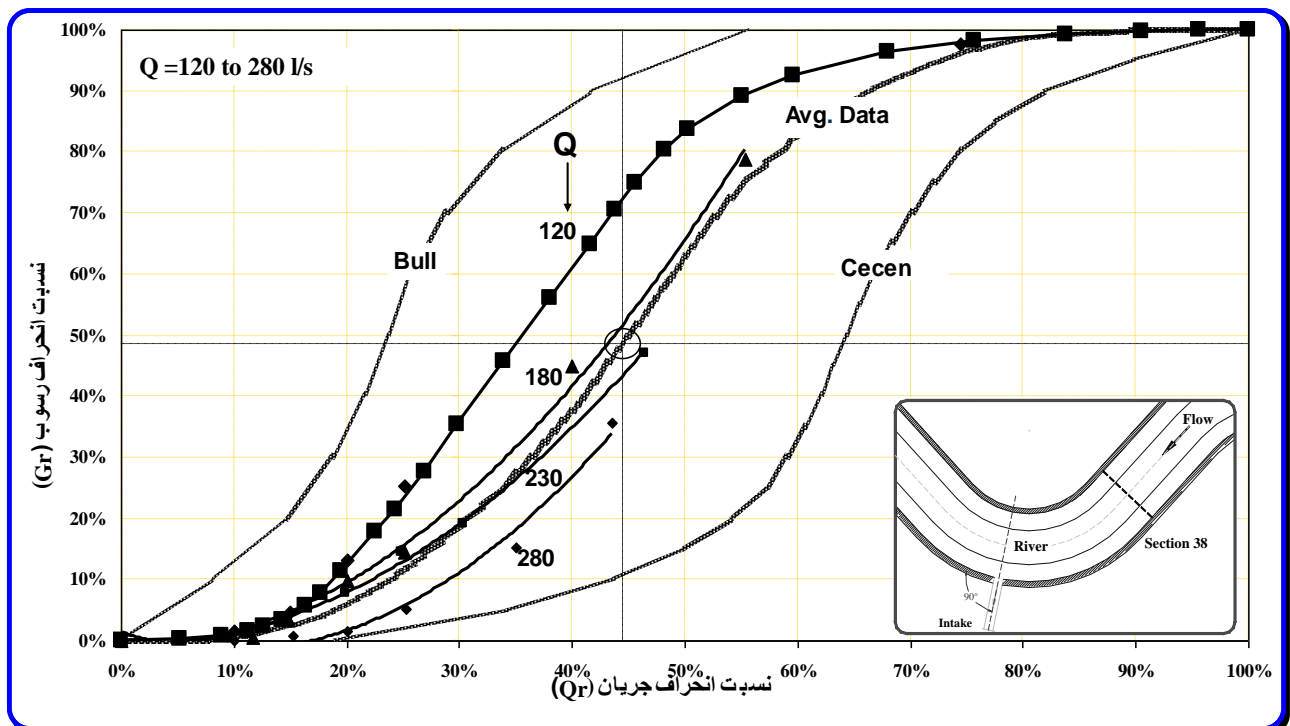
رسوب حالت گذار شکل گرفته است. مقایسه منحنی‌های حاصله به ازای دبی‌های مختلف نشان می‌دهد. میزان رسوب ورودی به آبگیر با افزایش عمق جریان (دبی) در قوس خارجی بشدت کاهش یافته است، افزایش گرادیان



شکل (۶): نسبت انحراف جریان به نسبت رسوب ورودی به آبگیر در دبی ۲۸۰ لیتر در ثانیه



شکل (۷): نسبت انحراف جریان به نسبت رسوب ورودی به آبگیر در دبی ۱۲۰ لیتر در ثانیه



شکل (۸): نسبت انحراف جریان به نسبت رسوب ورودی به آبگیر در زاویه آبگیری ۹۰ درجه

ازای دبی‌های مختلف و آبگیر با زاویه انحراف ۹۰ درجه در هندسه خاص مورد بررسی قرار گرفته و این نتایج حاصل شده است.

- با افزایش درصد انحراف جریان، اندازه مولفه طولی سرعت بسمت آبگیر افزایش یافته و نیز مشارکت جریان ورودی به آبگیر در عمق توسعه بیشتری می‌یابد بنابراین قدرت جریان ثانویه در اطراف سردهانه استهلاک بیشتری نموده و حجم رسوبات بیشتری را از این ناحیه وارد آبگیر نماید.

- در درصدهای کم انحراف جریان (تا حدود ۱۰٪)، جریان ورودی به آبگیر نمی‌تواند پیش آمدگی ماسه‌ای را بدخل سردهانه توسعه دهد و تا کمتر از یک‌سوم عرض سردهانه آبگیر، سطح رسوب ترفیع یافته است، با افزایش درصد انحراف جریان به میزان ۲۵ و ۳۵ درصد، نسبت رسوب ورودی بترتیب به مقدار ۵/۲ و ۱۵/۴ درصد افزایش یافت. گفتنی است که در انحراف جریان کمتر از ۱۰٪ میزان ورود رسوبات به آبگیر بسیار ناچیز است، بنابراین تخمین میزان رسوب ورودی به آبگیر در درصدهای پایین‌تر انحراف جریان از این مقدار، به روش برازش منحنی بر اطلاعات حاصل می‌شود.

- منحنی نسبت انحراف جریان به نسبت رسوب ورودی به آبگیر به ازای تمامی دبی‌ها به شکل S است. در این منحنی یک نقطه تغییر انحنا (نقطه عطف) وجود دارد. در نسبت‌های انحراف

با توجه به منحنی‌های به دست آمده، مشخص شد که شکل عمومی رابطه ریاضی نسبت رسوب به نسبت جریان به فرم S است، با توجه به اینکه در ابتدا و انتهای این منحنی، جهت انحنا عوض می‌شود، این نوع منحنی نمی‌تواند بر نتایج درصدهای کم و زیاد انحراف جریان برازش خوبی داشته باشد. برای اصلاح از معادله درجه ۳ بصورت تلیقی با معادله S به روش سعی و خطا، بهترین شکل برازشی بر نتایج بدست آمده است. در صورتیکه بخواهیم رابطه‌ای را تا نقطه عطف منحنی S استخراج نمائیم معادله درجه ۳ می‌تواند نتایج بهتری را در این محدوده ارائه نماید. رابطه ۴ معادله ریاضی انحراف رسوب برای زاویه آبگیری ۹۰ درجه با ضریب همبستگی ($R^2=0.99$) برای رنج کامل انحراف جریان در تمام دبی‌ها برای هندسه و ابعاد خاص آبراهه و آبگیر و رسوب انتخابی، حاصل شده است. برای برازش بر اطلاعات از نرم‌افزار SPSS استفاده شده است.

$$G_r = \text{Exp}(1.47397 - 0.9090 / Q_r) - 0.773 * Q_r^3 \quad (4)$$

Gr و Qr: نسبت انحراف رسوب و جریان به آبگیر.

۵- نتیجه‌گیری

در این تحقیق اثر انحراف جریان به آبگیر در مقدار رسوب ورودی به آبگیر در یک نمونه آزمایشگاهی آبراهه سینوسی، به

کمتر جریان قبل از این نقطه، اثر انحراف بخشی از جریان باعث استهلاک کامل جریان ثانویه در قوس نشده و همچنان این جریان، باعث دورسازی رسوبات از قوس خارجی بوده و ورود رسوب به سردهانه را کاهش می‌دهد، تا این نقطه، با افزایش درصد انحراف جریان، میزان رشد نسبت انحراف رسوب کمتر از نسبت انحراف جریان است. همانطور که بیان شد عوامل اثرگذار بر این پدیده عبارتند از جریان ثانویه و نسبت انحراف، اثر این دو عامل متضاد باعث این شکل از تغییرات شده است. در بالای نقطه عطف، دلیل انحراف زیاد جریان به آبگیر، الگوی جریان در خم اثر بیشتری از شرایط آبگیری پیدا می‌نماید و جریان عرضی شدیدتری بسمت قوس خارجی، در جهت مخالف جریان ثانویه شکل گرفته است و اثر جریان ثانویه در اطراف سردهانه به طور کامل مستهلک شده و به انتهای سردهانه و یا پایین‌دست آن منتقل شده است بنابراین در سردهانه جریانی تقریباً یکسویه بسمت آبگیر بوجود آمده است.

- افزایش عمق آب ناشی از افزایش دبی جریان در آبراه باعث کاهش اثر اصطکاک کف بر جریان سطحی و در نتیجه افزایش گرادیان سرعت در قوس می‌شود، افزایش گرادیان سرعت باعث افزایش قدرت جریان ثانویه می‌شود، بنابراین میزان

۶- مراجع

- [۱] ابوالقاسمی، م. قدسیان، م. ایوب زاده، س. ع. شفاعی بجنستان، م. "تعیین مکان شکل‌گیری چاله در آبراه سینوسی"، مجله هیدرولیک، جلد ۱ شماره ۱ تابستان ۱۳۸۴.
- [۲] ایزدپناه، زهرا. (۱۳۸۲)، "تاثیر انحراف جریان در خم ۹۰ درجه"، پایان نامه کارشناسی ارشد تاسیسات آبیاری دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
- [۳] پیرستانی، محمدرضا. ۱۳۸۳. "بررسی الگوی جریان و آبستنگی در دهانه ورودی آبگیر کانال‌های دارای انحنا"، رساله دکتری رشته مهندسی آبیاری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
- [۴] شفاعی بجنستان، محمود. ۱۳۷۸. هیدرولیک رسوب، انتشارات دانشگاه شهید چمران.
- [۵] دهقانی، امیر احمد. ۱۳۸۴. "مطالعه آزمایشگاهی کنترل رسوب به آبگیر جانبی در قوس ۱۸۰ درجه"، پایان نامه دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.
- [۶] عباسی، علی اکبر. ۱۳۸۲. "مطالعه آزمایشگاهی کنترل رسوب در آبگیرهای جانبی در مسیرهای مستقیم"، پایان نامه دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.
- [۷] نظری، سهراب. ۱۳۷۷. "بررسی آزمایشگاهی تاثیر زاویه

رسوب ورودی به آبگیر را به صورت قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد.

- با توجه به نتایج این تحقیق، رابطه ریاضی نسبت رسوب به نسبت جریان در آبگیر با زاویه انحراف ۹۰ درجه در این هندسه و قطر ذرات رسوب بصورت معادله درجه ۳ (در ابتدا و انتها) با تلفیق با معادله S بصورت رابطه شماره ۴ حاصل شده است.

- نتایج تحقیقات دیگران نشان می‌دهد عواملی نظیر مکان آبگیری، زاویه آبگیر، ارتفاع آستانه ورودی به آبگیر که معرف هندسه آبگیر است، نسبت انحراف جریان به آبگیر، عمق جریان در قوس و قطر ذرات بستر که معرف شرایط هیدرولیکی جریان و رسوب است و شعاع انحنا، عرض آبراه و بطور کلی هندسه آبراه از عوامل مؤثری هستند که بر میزان انحراف رسوب به آبگیر اثر می‌گذارند.

در این تحقیق بر روی مهم‌ترین عوامل، نسبت انحراف جریان و تغییر دبی آبراه در شرایط ثابت هندسی برای آبراه، آبگیر و رسوب تمرکز و نتایج مربوطه ارائه شده است.

- انحراف، ارتفاع آبپایه آبگیرها در قوسهای رودخانه ای بر میزان رسوبات"، پایان نامه کارشناسی ارشد تاسیسات آبیاری دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- [۸] Agaccioglu, H. and Yuksel, Y. (1998); "Side-Weir Flow in Curved Channel", Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, Vol. 124. pp.163-175.
- [۹] Barkdoll, B(1977); "Sediment control at lateral diversion", Ph.D. dissertation, Civil and Environmental Engineering, University of Iowa
- [۱۰] Blanckaert, K. (2002); "Analysis of Coherent Flow Structures in a Bend Based on Instantaneous-Velocity Profiling", Third International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering EPFL, Lausanne, Switzerland, pp. 51-58.
- [۱۱] Fares, Y.R. and Herbertson, J.G. (1993); "Behavior of Flow in a Channel Bend with a Side Overflow (flood relief) Channel", Journal of Hydraulic Research, Vol. 31, No. 3, pp. 383-402.
- [۱۲] Habermass, F. (1955); "Sediment Motion in Channel Bifurcation (in German: Wasserkraft und Wasserwirtschaft)", No. S9 and 10.

- Raudkivi, A. J. 1993; "Sedimentation, Exclusion and Removal of Sediment from Diverted Water", IAHR, AIRH Hydraulic Structures, Design Manual pp. 63-87. [۱۶]
- Schoklitsch, A. 1937; "Hydraulic Structures", Vol. 2, Translated by S. Shulits, American Society of mechanical Engineers, New York, N.Y., pp. 722-751. [۱۷]
- Scheuerlin, H, (1984) ; "Die Wasserentnahme", Ernst and Sohn. Germany. pp. 105. [۱۸]
- Vanoni Vito, A. (1977) ; "Sedimentation Engineering", ASCE New York. [۱۹]
- Neary, V., Barkdoll, B. and Odgaard, A.J. (1994); "SandBar Formation in Side-Diversion Channels", Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, pp. 1171-1175. [۱۳]
- Prezedwojski B., Blazejewski R. and Pilarczyk K.W. (1995) ; "River Training Techniques", A.A. Balkema Publishers, Rotterdam, pp 70 - 90. [۱۴]
- Razvan, E. 1989; "River Intake and Diversion Dams", Elsevier Science Publishing Company Inc. New York, NY. 10010,U.S.A. [۱۵]