

بررسی اثر زبری نسبی بر تنش برشی و تنش برشی ظاهری در کانال مرکب مستطیلی متقارن مستقیم

شیما بهادری^۱، مهدی بهداروندی عسکر^۲

۱- گروه مهندسی رودخانه، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

۲- گروه سازه های دریایی دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۱۷

چکیده

مقطع مرکب به مقطعی گفته می شود که سطح آن از چند زیر مقطع با مشخصات متفاوت جریان تشکیل شده است. این تفاوت در مشخصات، سبب پیچیدگی هیدرولیک جریان و ایجاد برهم کنشی میان کانال اصلی و سیلابدشت ها می گردد، که نتیجه آن تنش برشی ظاهری و انتقال ممتد عرضی می باشد. میزان این تنش در اغلب اقدامات مهندسی رودخانه نقش مهمی ایفا می کند. به علت پیچیدگی جریان، روش های تحلیلی تقریبی مرسوم، برای شناخت مشخصات این جریان کافی نمی باشد. در این تحقیق، نرم افزار FLOW3D با داشتن قابلیت های فراوان در تحلیل سه بعدی میدان جریان، به عنوان ابزاری برای بررسی تنش برشی در یک کانال مرکب مستطیلی متقارن مستقیم استفاده و مشخص شد که افزایش زبری نسبی، سبب افزایش تنش برشی متوسط در زیر مقاطع کانال و افزایش درصد تنش برشی ظاهری می گردد.

واژه های کلیدی: کانال مرکب، تنش برشی ظاهری، FLOW3D، زبری نسبی، تنش برشی

مقدمه

در زیر مقاطع می شود. تفاوت در مقادیر پارامترهای مذکور، پیچیدگی هیدرولیک جریان را به دنبال دارد، این تفاوت ها سبب برهم کنشی میان جریان عمیق در کانال اصلی و جریان کم عمق موجود در سیلابدشت ها می گردد، که نتیجه این برهم کنش، تنش برشی است که علاوه بر تنش برشی بستر و جداره ها می باشد و عموماً آن را تنش برشی ظاهری می نامند و الگوی جریان و تنش برشی مرزی را به طور چشمگیری بر هم میزند [۲].

شکل گیری تنش برشی ظاهری و گردابه ها، سبب کند شدن جریان در کانال اصلی گردیده که نشان دهنده انتقال اندازه حرکت در عرض کانال است [۱]. در نتیجه این پیچیدگی در هیدرولیک جریان، روش های تحلیلی تقریبی مرسوم برای شناخت و

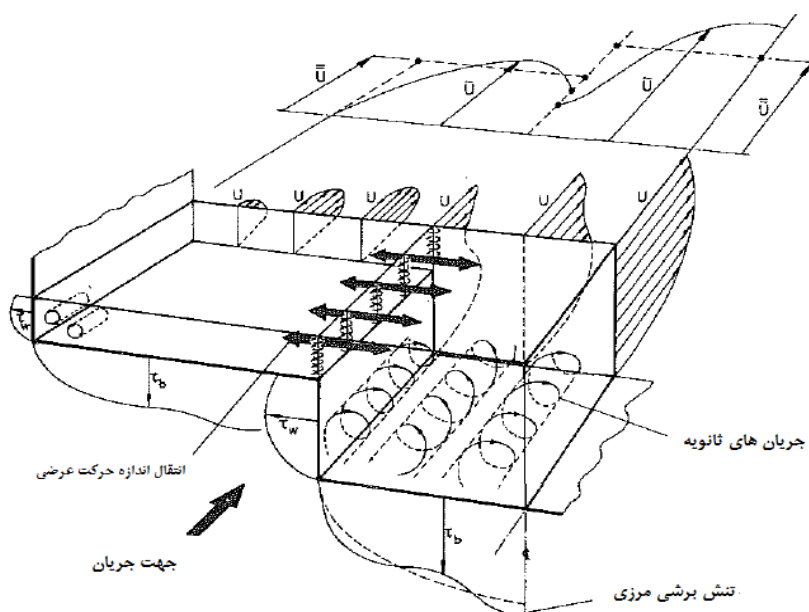
مقطع مرکب به مقطعی گفته می شود که سطح آن از چند زیر مقطع با مشخصات متفاوت جریان تشکیل شده است. هر مقطع شامل یک نهر یا کانال اصلی و دو سیلابدشت می باشد. یک رود طبیعی که هنگام وقوع سیلاب، جریان پس از لبریز شدن آبراهه اصلی وارد اراضی مجاور شده و از آنها عبور می کند، نمونه ای از یک مقطع مرکب می باشد [۱].

در مواقع غیر سیلابی، جریان تنها از آبراهه اصلی گذر می کند و سیلابدشت ها عموماً خالی از جریان هستند، که این موضوع سبب کمتر شدن میزان زبری کانال اصلی نسبت به سیلابدشت می گردد. این تفاوت در میزان زبری ها در هنگام وقوع سیلاب و گذر جریان از دشت های سیلابی منجر به اختلاف میان سرعت

انتقال رسوب به منظور حفاظت از سواحل، ساماندهی رودخانه ها، طراحی کانال پایدار، تحلیل آبستگي و همچنين انتقال آلودگي ايفا مي کنند.

در رابطه با کانال های مرکب مستطیلی متقارن و بررسی تنش برشی ظاهری در آن در زمینه اثر پارامترهای مختلف بر آن، طيف وسیعی از تحقیقات و مطالعات صورت پذیرفته است.

بدست آوردن مشخصات و معادلات جریان در مقاطع مرکب غير موثر می باشند. در اغلب اقدامات مهندسی رودخانه به پیش بینی ظرفیت انتقال، توزیع سرعت و توزیع تنش برشی مرزی ناشی از سیلاب نیازمندیم. تنش برشی ظاهری و انتقال اندازه حرکت عرضی حاصل از آن، نقش مهمی در محاسبات نرخ جریان و جریان های ثانویه برای شناخت و کنترل مکانیسم



شکل ۱- نمای شماتیک کانال مرکب [۹]

مقایسه آنالیز تحلیلی با نتایج آزمایشگاهی و عددی، اثرات قابل توجه پارامترهای عمق، زبری و عرض را بیان نمود. علی آرمان و منوچهر فتحی مقدم [۷] با آزمایش هایی بر روی یک مقطع مرکب مستطیلی با ۴ حالت بستر از نظر زبری به همراه دشت های سیلابی اطراف آن و ۳ نسبت شکل متفاوت، تغییرات تنش برشی را بررسی و به این نتیجه رسیدند که با افزایش نسبت شکل، میزان تنش برشی به صورت معنی داری کاهش و با افزایش میزان زبری، این میزان افزایش می یابد. حجت الله یونسی و محمد حسین امید [۸] اثر زبری سیلابدشت را در کانال مرکب با دشت های سیلابی غیر منشوری بررسی کردند و نتایج را با کانال منشوری و روش شیونو-نایت مقایسه کردند و به این

پدیده انتقال اندازه حرکت برای نخستین بار توسط ژلزنیاکوف [۳] بررسی شد. او با مطالعه آزمایشگاهی، وجود این مکانیسم را تایید و چند رابطه تجربی برای تحلیل کانال ارائه داد. رایس [۴] با به کار بردن شیب ها و زبری های مختلف به این نتیجه رسید که روش های معمول تحلیل کانال که مکانیسم انتقال اندازه حرکت عرضی را در نظر نمیگیرند، دارای خطا هستند. میرزا [۵] با استفاده از روش تیوب پرستون، توزیع تنش برشی در یک کانال مرکب با یک سیلابدشت را بررسی کرد و با تعیین کمی انتقال اندازه حرکت عرضی، خطرات ناشی از چشم پوشی از این مکانیسم را شرح داد. ادوارد چینگ [۶] با بررسی تنش برشی ظاهری و انتقال ممنتوم در یک کانال مرکب متقارن و

در قسمت شرایط عمومی زمان شبیه سازی تعیین و سیستم آحاد، SI و واحد دما درجه سلسیوس انتخاب شد.

در قسمت شرایط فیزیکی، نرم افزار این امکان را می دهد که با توجه به اصول فیزیک حاکم بر پدیده مورد نظر، شرایط مربوطه را انتخاب نمود. شرایط فیزیکی حاکم در این مطالعه، Gravity و Viscosity and turbulence در نظر گرفته شدند. آشفتگی در این نرم افزار، با پنج مدل شبیه سازی می شود که مدل مورد استفاده در این تحقیق مدل گروه های نرمال شده (RNG) است. در این مدل آشفتگی، ثابت هایی که در مدل K-ε به صورت تجربی محاسبه می شدند، به طور ضمنی استخراج می شوند. پس از این مراحل نوبت به تعریف سیال می رسد، سیال منتخب این مطالعه، آب با دمای ۲۰ درجه سلسیوس می باشد. تعریف هندسه و شبکه حل گام بعدی و بسیار مهم شبیه سازی است، FLOW3D این امکان را به کاربر می دهد تا بسیاری از پدیده های سیالاتی را با ابزارهای موجود در نرم افزار ترسیم کند. با تعریف هندسه کانال، نیاز به تعریف شبکه حل می باشد. شبکه حل تعریف شده در برنامه به صورت شبکه های حل منظم (مکعبی) است و شامل ابعاد شبکه، تعداد سلول ها و ابعاد آنها در سه جهت مختصات X، Y و Z و شرایط مرزی می باشد. هرچه ابعاد سلول های شبکه حل کوچکتر و تعداد آنها بیشتر باشد، توانایی و دقت برنامه در شبیه سازی بیشتر خواهد بود.

در تعریف شرایط مرزی نیز می توان با توجه به شرایط موجود در مدل، خصوصیات را به هر وجه مورد نظر از شبکه حل اختصاص داد.

در این مطالعه شرط Volume flow rate برای شرط مرزی بالادست و جریان خروجی (Outflow)، برای شرط مرزی پایین دست و شرط Symmetry و Wall برای دیواره ها و کف کانال در نظر گرفته شد. پس از تعریف هر مدل و اجرا و اتمام شبیه سازی، با استفاده از خروجی تنش برشی ارائه شده، و رابطه (۱)

نتیجه رسیدند که با افزایش زبری سیلابدشتهها، گرادیان تنش برشی افزایش پیدا می کند. نمای شماتیک یک کانال مرکب و هیدرولیک جریان آن در شکل (۱) نشان داده شده است.

از آنجا که در رابطه با اثر زبری نسبی بر روی تنش برشی ظاهری با نرم افزار FLOW3D، مطالعه مستقیمی صورت نگرفته است، هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثر این پارامتر بر تنش برشی در زیر مقاطع و تنش برشی ظاهری در یک کانال مرکب مستطیلی متقارن مستقیم با استفاده از نرم افزار FLOW3D می باشد.

مواد و روش ها

مشخصات فیزیکی کانال شبیه سازی شده شامل عرض کل ۱ متر، طول ۱۲ متر و ارتفاع دیواره کانال اصلی ۰/۵ متر می باشد. ۴۰ سانتی متر از عرض کل، عرض هر یک از سیلابدشت ها و ۲۰ سانتی متر آن عرض کانال اصلی می باشد. شیب کف کانال ۰/۰۰۱ در نظر گرفته شد.

برای بستر کانال اصلی سه اندازه زبری ۰/۰۳۱، ۰/۰۴۶ و ۰/۰۱ متر در نظر گرفته شد. زبری نسبی، نسبت زبری سیلابدشت به زبری کانال اصلی می باشد که در این تحقیق چهار نسبت ۱، ۲، ۳ و ۵ در نظر گرفته شد.

نرم افزار FLOW3D یک برنامه شبیه ساز هیدرولیکی قوی در زمینه دینامیک سیالات با قابلیت تحلیل سه بعدی میدان جریان است. معادلات حاکم در این مدل مانند سایر مدل های مشابه، معادلات ناویر استوکس و معادله بقای جرم است. به منظور مدل کردن کانال در این نرم افزار، نیاز به تعریف شرایط عمومی (شامل زمان شبیه سازی و سیستم آحاد)، شرایط فیزیکی، هندسه و شبکه حل مدل و تنظیم خروجی ها و گزینه های مربوط به آن می باشد.

ظاهری که از رابطه (۱) به دست می آید و مخرج کانال بیانگر نیروی برشی کل کانال است.

نتیجه گیری

شکل های (۲)، (۳) و (۴)، نشان دهنده تغییرات تنش برشی بر اساس زبری نسبی برای سه اندازه زبری کانال اصلی ۰/۰۰۱۳۱، ۰/۰۰۴۶ و ۰/۰۱ متر هستند. محور افقی تنش برشی متوسط بر روی هر یک از زیر مقاطع کانال مرکب و محور عمودی زبری نسبی برای هنگامی است که زبری سیلابدشت ۱، ۲، ۳ و ۵ برابر زبری کانال اصلی است.

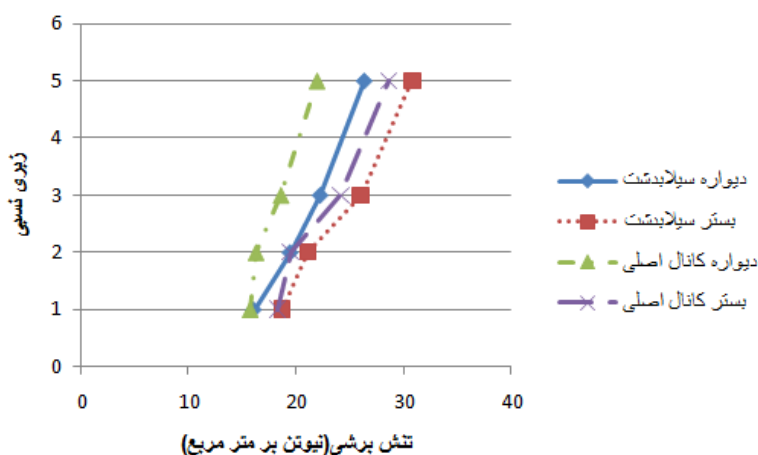
و (۲)، می توان مقدار تنش برشی ظاهری و درصد آن را به دست آورد.

$$\frac{\rho g A_{mch} S}{2} = \int \tau_0 dP + ASF \quad (1)$$

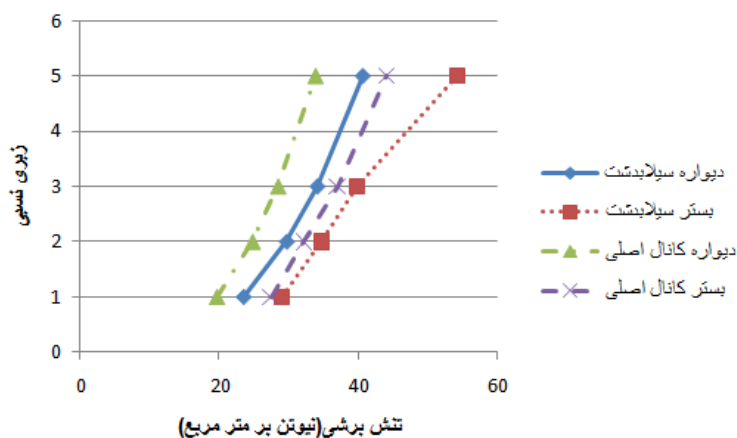
عبارت سمت چپ رابطه میزان نیروی برشی در نصف کانال اصلی است و در سمت راست عبارت ASF بیانگر نیروی برشی ظاهری و عبارت انتگرالی نشان دهنده نیروی برشی روی سطوح کانال اصلی شامل دو دیوار عمودی و بستر می باشد.

$$\% ASF = \left(\frac{2ASF}{\rho g A_s S} \right) * 100 \quad (2)$$

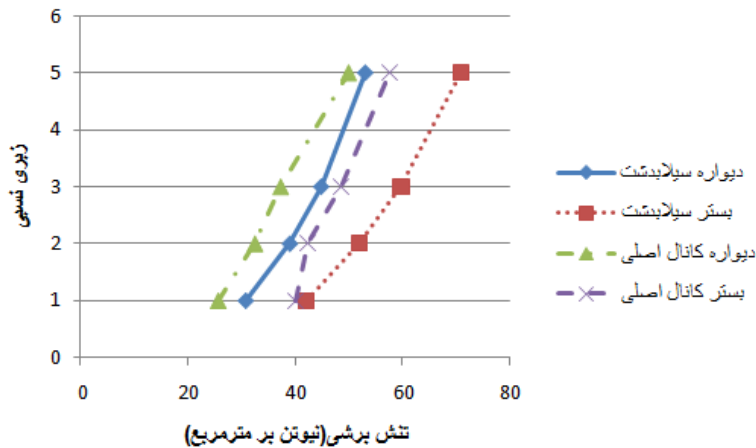
در این رابطه % ASF درصد نیروی برشی ظاهری یا نیروی برشی ظاهری نسبی، ASF نیروی برشی



شکل ۲- نمودار تنش برشی - زبری نسبی برای اندازه زبری کانال اصلی ۰/۰۰۱۳۱ متر



شکل ۳- نمودار تنش برشی - زبری نسبی برای اندازه زبری کانال اصلی ۰/۰۰۴۶ متر

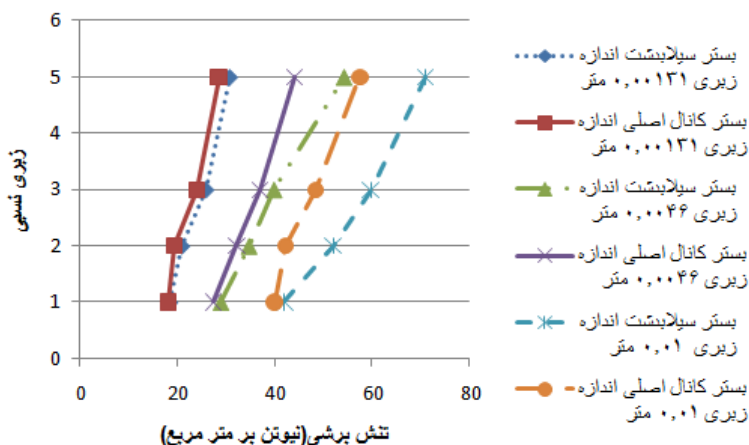


شکل ۴- نمودار تنش برشی - زبری نسبی برای اندازه زبری کانال اصلی ۰/۰۱ متر

از دیواره کانال اصلی تا بستر سیلابدشت کم است و به این معنی است که مقادیر تنش برشی به هم نزدیک هستند، با زبر تر شدن کانال اصلی، مقادیر تنش برشی بر روی زیر مقاطع کانال مرکب با یکدیگر اختلاف بیشتری پیدا میکنند، که نشان دهنده تاثیر زیاد میزان زبری کانال اصلی بر تنش برشی در کانال مرکب است. این مقایسه در شکل (۵)، برای تنش برشی متوسط بسترهای سیلابدشت و کانال اصلی در هر سه اندازه زبری کانال اصلی نشان داده شده است.

در هر سه شکل، تنش برشی بستر سیلابدشت از تنش برشی بستر کانال اصلی و دیواره ها بیشتر است که دلیل آن زبر تر بودن بستر سیلابدشت نسبت به بستر کانال اصلی است.

در هر سه شکل، هم در دیواره ها و هم در بسترهای زیر مقاطع کانال، با افزایش زبری نسبی، که به معنی زبر تر شدن سیلابدشت است، میزان تنش برشی نیز افزایش یافته است که نشان دهنده تاثیر پذیری مستقیم تنش برشی از زبری نسبی است. در اندازه دانه ۰/۰۱۳۱ متر، تغییرات مقادیر تنش برشی



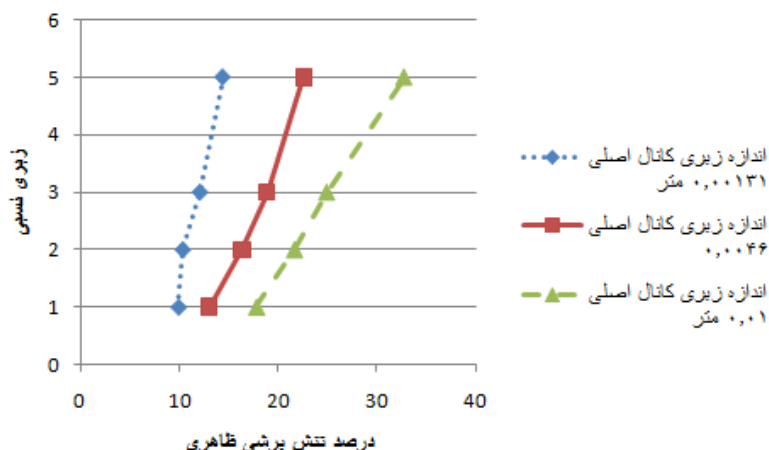
شکل ۵- نمودار تنش برشی - زبری نسبی بسترهای زیر مقاطع برای سه اندازه زبری

نیز به هم نزدیک می باشند، اما با افزایش اندازه زبری کانال اصلی، به تدریج تنش برشی در بسترها با یکدیگر اختلاف پیدا کرده به طوری که در زبری ۰/۰۱

در اندازه زبری ۰/۰۱۳۱ متر که صاف ترین حالت زبری این تحقیق است، مقادیر تنش برشی متوسط در بسترهای زیر مقاطع حتی در زبری های نسبی بالاتر

برشی ظاهری از رابطه (۲)، نمودارهای مربوط به زبری نسبی و تنش برشی ظاهری ترسیم شد. شکل (۶) نشان دهنده تغییرات درصد تنش برشی ظاهری با زبری نسبی برای سه اندازه زبری کانال اصلی است.

متر که زبرترین حالت این تحقیق است، این اختلاف، بخصوص در زبری های نسبی بالاتر از ۱، بسیار زیاد می شود. علت این اختلاف، تاثیر چشمگیر اندازه زبری کانال اصلی و همچنین نسبت زبری سیلابدشت به کانال اصلی بر تنش برشی متوسط و در نتیجه بر درصد تنش برشی ظاهری است. پس از محاسبه درصد تنش



شکل ۶- نمودار درصد تنش برشی ظاهری-زبری نسبی

اصلی، یعنی با زبرتر شدن آن نیز درصد تنش برشی ظاهری افزایش یافته است.

در این نمودار، در هر سه اندازه زبری کانال اصلی با افزایش زبری نسبی، درصد تنش برشی ظاهری افزایش یافته است. با افزایش اندازه زبری کانال

منابع

۱. م. بهداروندی ع سکر، م. فتحی مقدم و ح. موسوی جهرمی. ۱۳۹۲. مقایسه روش های کارمایه و اندازه حرکت در بررسی انتقال اندازه حرکت بین زیر مقاطع یک مقطع مرکب. مجله مهندسی منابع آب. ۶ (۲): ۱-۱۴.
۲. ع. آرمان، م. فتحی مقدم. ۱۳۹۱. بررسی تغییرات تنش برشی در مقطع مرکب مستطیلی. نهمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران، اهواز.
3. Behdarvandi Askar, M and Fathi Moghadam, M. 2013. Momentum Attraction by Floodplains in Compound Channel. Research and Review :Journal of Engineering and Technology. Vol.2:132-141.
4. Ching, E. 2011. Apparent Shear Stress in Symmetric Straight Compound-Channel Flow. International Journal of Environmental Protection. 1(2): 28-32.
5. Fernandes, J.N. Leal, J.B. Cardoso, A.H. 2012. Flow Structure in a Compound Channel with Smooth and Rough Floodplains European Water Resources Association. 38 (7): 3-12.
6. Khatua, K.K. Patra, K. CH. 2007. Boundary Shear Stress Distribution in Compound Open Channel Flow. ISH Journal of Hydraulic Engineering. 13(3): 39-54.
7. Knight, D.W. Hamed, M, E. 1984. Boundary Shear in Symmetrical Compound Channel . Journal of Hydraulic Engineering. 110(9): 1412-1430.

8. Moreta,P.J.M. Martin-Vide,J.P. 2010. Apparent Friction Coefficient in Straight Compound Channel . Journal of Hydraulic Research.48(2):169-177.
9. Myers,W.R.C. 1978. Momentum Transfer In A Compound Channel. Journal of Hydraulic Research.16(2): 139-150.
10. Oktariyanto Nugroho, E. Ikeda, S. 2007. Comparison Study of Flow in a Compound Channel Experimental and Numerical Method Using Large Eddy Simulation SDS-2DH Model. ITB Journal of Engineering Science.39(2):67-97.
11. Rice,C.E. 1974. Hydraulics of Main Channel-Floodplain Flows. Research Project Technical Completion Report,Oklahoma State Univ.47(4):145-159.
12. Yang,S.Keat,S. Wang,X. 2012. Mechanism of Secondary Currents in Open Channel Flows. Journal of Geophysical Research.117(3)1-13.
13. Yonesi,H. Omid,M,H.Ayyoubzadeh,S.A. 2013. The Hydraulics of Flow in Non-Prismatic Compound Channel. Journal of Civil Engineering and Urbanism.39(6):342-356.
14. Zheleznyakov,G.V.1965.Relative Deficit of Mean Flow of Instable River Flow, Kinematic Effect in River Beds with Floodplains. Proce.11th International Congress of the International Association for Hydraulic Research,Leningrad.

