

بررسی زبری بستر متحرک تحت جریان سیلاب سریع

9Th-national seminar on

کازم اسماعیلی^۱ عضو هیات علمی دانشگاه فردوسی و دانشجوی دکتری دانشگاه شهید چمران اهواز

محمود شفاعی بجنستان^۲ استاد دانشگاه شهید چمران اهواز

سید محمود کاشفی پور^۳ دانشیار دانشگاه شهید چمران اهواز

kazem.Esmaili@gmail.com ۰۵۱۱-۸۷۹۵۶۱۲-۱

m_shafaie@yahoo.com ۰۶۱۱-۳۳۳۰۰۱۰-۲

kashefipour@excite.com ۰۶۱۱-۳۳۳۰۰۱۰-۳

چکیده

مجموعه ای از آزمایشات برای بررسی اثر تغییر شکل بستر بر انتقال بارکف در یک کانال آزمایشگاهی با قابلیت شیب پذیری و تحت شرایط جریان غیرماندگار انجام شد. هیدروگرافهای تولیدی از نوع مثلثی و تغییرات دبی حداکثر آن بین ۳۰ تا ۴۵ لیتر بر ثانیه بر واحد عرض انتخاب گردید. ذرات از جنس کوارتز با $d_{50} = 1.5mm$ و آب تمیز بدون تغذیه از بالا دست در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد با ورود جریان فرسایش قابل ملاحظه ای در ابتدای بستر بوجود آمده و تغییر فرم بستر سبب مقاومت قابل توجهی در برابر جریان می شود، اما روند فرسایش با گذشت زمان کمی کاهش می یابد. فرم بسترنمایی از شدت جریان و متغیر نسبت زمان می باشد. علیرغم افزایش شرایط تلاطمی جریان با نزدیک شدن جریان به مقدار حداکثر و افزایش عمق جریان عدد فرود کم و فرسایش بستر کاهش می یابد. در این پروسه بدلیل تغییر تراز بستر در طول آن عدد فرود در هر نقطه از بستر با سایر نقاط متفاوت بوده و ذرات بستر بصورت یک موج پیش رونده به سمت پایین دست حرکت می نمایند. روند تغییرات ضریب مقاومت بستر برگشت پذیری نشان می دهد. روابط موجود در مورد تغییر تراز بستر با اصلاحاتی می تواند برای پیش بینی تراز بستر بکار رود.

واژه های کلیدی: رودخانه فصلی - سیلاب ناگهانی - بارکف

۱- مقدمه

جریان با سطح آزاد روی بستر متحرک غیرچسبنده از موضوعات تحقیقاتی برجسته ای است که رویکرد اغلب مقالات پس از گزارش دی وریس ۱۹۶۵ به آن سو جلب شده است. از طرفی مطالعات نشان می دهد تحقیقات در زمینه روند انتقال رسوب در شرایط ماندگار نسبتاً مشکل بوده، لیکن انجام کار در شرایط غیر ماندگار جریان از پیچیدگی و حساسیت به مراتب بیشتر برخوردار است. بطوریکه عمده منابع موجود در این زمینه مربوط به نتایج

تحقیقات آزمایشگاهی می باشند. در روند انتقال رسوب در جریان غیرماندگار عوامل متعددی موثرند و آشنایی با آنها و تاثیرشان بر یکدیگر نقش مهمی در شناخت رفتار رسوب خواهد داشت. جریان رواناب روی بستر قابل فرسایش موجب حرکت ذرات بسترشده مقاومت جریان ناشی از تماس آن با ذرات یکی از متغیرهایی است که بر سرعت جریان موثر و روند فرسایش بستر را کنترل می نماید. بعضی همچون سایمون و ریچاردسون [۱] با مطالعات آزمایشگاهی انجام شده نشان دادند که جریان به رژیم پایینی، انتقالی و بالایی قابل تفکیک است که در رژیم پایینی مقاومت عمدتاً مربوط به فرم بستر بوده و ناشی از اختلاف فشار ناحیه بالایی و پایینی فرم بستر است. با افزایش شدت جریان تغییر فرم بستر افزایش و ناهمواری های موضعی را کاهش می یابد. حرکت بارکف تحت جریان سیلابهای ناگهانی که وقایع موردی است، بدلیل شکل هیدروگراف اهمیت خاصی دارد. زیرا در این حالت جریان سیلاب بعلت شکل گیری سریع همانند یک موج به حرکت درمی آید. پاول دی وریس ۲۰۰۲ (۲) مطالعه ای را در ده آبراهه با بستر شنی باهدف بررسی توزیع عمق بستر که لایه بالایی آن کوچکتر از d_{90} بود انجام داده نشان دادند نرخ انتقال بارکف در آبراهه های شنی ابتدا با حرکت ذرات و سطح بستر افزایش می یابد و سپس با ضمانت لایه ها تغییر می کند. پیتر نیلسون ۲۰۰۲ [۳] مطالعاتی را در مورد آستانه حرکت ذرات و سطح بستر افزایش می یابد و سپس با ضمانت لایه ها تغییر می کند. جریان غیرماندگار باید اصلاح شود و پیشنهاد کرد در جریان غیرماندگار برای محاسبه مقاومت ذرات از مقدار $2.5d_{50}$ برای برآورد ضریب مقاومت استفاده شود. زیگشان هو و همکار ۲۰۰۵ [۴] نیز با انجام آزمایشاتی به تعریف مقاومت بستر پرداخته نشان دادند که مقاومت بستر در مورد بسترهای متحرک بطور کلی به دو قسمت قابل تفکیک است که بخشی مربوط به اصطکاک و بخش دیگر بر اثر تغییر شکل بستر ایجاد می شود. وی بیان نمود مقاومت مربوط به تغییر فرم بستر را مستقیماً نمی توان اندازه گیری کرد و باید ابتدا مقاومت کل را در مورد بسترهای متحرک برآورد کرد و سپس با برآورد مقاومت بوجود آمده در برابر جریان برای بستری با همان زبری و غیر متحرک نهایتاً از اختلاف دو مقدار بدست آمده به مقاومت مربوط به تغییر فرم بستر رسید. مایکل ولینو، آنجلو لیپوردی و ماسیمو ایپو لیتو ۲۰۰۴ [۵] مدل جدید بر مبنای روش اولدر در شرایط غیرماندگار برای تعیین لایه ای از بستر که بصورت بارکف در حال حرکت است بدست آوردند. ویمینگ، دالمو و ونگ ۲۰۰۴ [۶] مدل عددی یک بعدی در مورد انتقال بار رسوب غیریکنواخت در شرایط غیرماندگار پیشنهاد نمودند. در این مدل آنها به مقایسه برآورد رسوبات جابجا شده با چهار مدل معمولی مورد استفاده و مدل عددی خود پرداخته نشان دادند که مدل عددی ارائه شده بخوبی نتایج رضایت بخشی را ارائه می کند. چین لین، فلو و کوان تون لی ۱۹۹۵ [۷] در مورد نحوه انتقال بارکف و ردیف شدن ذرات بستر تحت جریان غیرماندگار آزمایشاتی را برای شرایط جریان در یک مجرا با انحنای مسیر انجام دادند. آنها نشان دادند که تغییر شکل کف و اندازه ذرات همبستگی خوبی با پارامتر غیر ماندگار جریان نشان می دهد و این

پارامتر نقش اصلی را در تغییرات ایجاد شده در بستر مانند تغییرات اندازه ذرات، کل مقدار دبی رسوب و جابجایی پروفیل بستر ایفا می نماید. بيو میناح داک، توماس ونکا و ولفگانگ رودی [۸] ۲۰۰۴ مدل عددی برای تغییر شکل بستر در یک فلوم آزمایشگاهی بر مبنای متوسط عمق از روش المان حجمی محدود ارائه نمودند. مطالعه در حالت ماندگار و غیرماندگار انجام گرفت و اثر جریانهای ثانویه را نیز با بکارگیری مدل آشفتگی k-ε مورد بررسی قرار دادند. همچنین شیب کف و جهت حرکت ذرات بستر نیز مورد توجه قرار گرفت. این مدل نهایتاً امکان پیش بینی فرم بستر در انحنائ کانال را در شرایط ماندگار و غیرماندگار میسر ساخت، نتایج آزمایشگاهی با نتایج مدل همخوانی مناسبی نشان دادند. ویمینگ، ولفگانگ و توماس [۹] ۲۰۰۰ یک مدل عددی در مورد انتقال رسوب در کانال ارائه نمودند.

این تحقیق با هدف مطالعه تاثیر خصوصیات جریان غیرماندگار بر تغییر مقاومت بستر ناشی از تغییر فرم آن می باشد. از اینرو ابتدا به تحلیل تئوری موضوع مقاومت بستر پرداخته و سپس با بررسی تغییر فرم بستر در محل بیشترین فرسایش اثر پارامترهای جریان غیرماندگار بر شکل بستر مورد بررسی قرار می گیرد.

۲- تحلیل تئوری

بخشی از مومنتم جریان با ورود آن به بستری که ذرات کف در آن به عنوان بار کف منتقل می شوند به ذرات منتقل گشته موجب حرکت ذرات و برخورد آنها به ذرات دیگر درون آب و روی بستر شده کاهش مومنتم و کاهش سرعت جریان و نیز افزایش مقاومت بستر در برابر جریان را سبب می شود، که آنرا اصطلاحاً مقاومت ناشی از انتقال بار کف می نامند. مقاومت کل روی بستر را به مقاومت مربوط به تماس جریان با ذرات و مقاومت مربوط به تغییر فرم بستر تقسیم می شود. از آنجا که اندازه گیری مقاومت مربوط به تغییر شکل بستر مستقیماً امکان پذیر نیست، از اینرو با برآورد مقاومت کل ایجاد شده در بستر و مقاومت ناشی از اصطکاک ذرات می توان مقاومت ناشی از تغییر فرم بستر را بدست آورد رابطه (۱).

$$f_{mob} = f_{btm} - f_{btf} \quad (1)$$

در رابطه ازیر نویسهها، بترتیب از سمت چپ عبارتند از: مقاومت مربوط به حرکت ذرات، مقاومت کل برای بستر متحرک و مقاومت کل برای بستر متحرک با کف ثابت است.

مطالعات متعدد در این زمینه نشان می دهد پارامترهای موثر بر مقاومت بسترهای افقی و باذرات متحرک در جریان ماندگار می توان به شکل زیر نوشت (زیگشان ۲۰۰۵) (۴).

$$f_{btm} = \Phi(\rho, \rho_s, \mu, g, h, U_*, u, S, d_{50}) \quad (2)$$

پارامترهای فوق اثرات پیچیده ای بریکدیگر داشته و در شرایط غیر ماندگار جریان خصوصیات موج مانند سرعت (C) نیز موثر می باشد. گروههای بدون بعد مطرح در بحث حاضر در اغلب تحقیقات انجام شده عبارتند از:

$$\frac{U}{U_*} = \Phi\left(R_e, \frac{d_{50}}{h}, \frac{1}{R_w}, \frac{\tau}{\gamma'_s d_{50}}\right) \quad (3)$$

$$D^* = \left(\frac{\gamma'_s g}{\nu^2}\right)^{1/3} * d_{50} \quad (4)$$

$$\gamma'_s = \frac{(\gamma_s - \gamma)}{\gamma} \quad (5)$$

که در آن ρ ، ρ_s بترتیب جرم مخصوص ذرات و جرم مخصوص آب، ν لزجت سینماتیک آب، g شتاب ثقل، h عمق جریان، U^* سرعت برشی، U سرعت متوسط، S شیب انرژی، R_w عدد رینولدز ذره، $\frac{\tau}{\gamma'_s d_{50}}$ عدد فرود ذره، Re عدد رینولدز، d_{50} قطر متوسط ذرات و D^* اندازه ذره.

آشنایی با اثر متقابل جریان و ذرات تشکیل دهنده بستر در درک رفتار بسترهای متحرک از اهمیت زیادی برخوردار است. در شرایط ماندگار تداوم جریان شرایط بستر را به سمت تثبیت شدن سوق می دهد، اما در شرایط غیر ماندگار خصوصیات جریان تحت تاثیر تغییرات شدت جریان تغییر می کند. حرکت ذرات بستر مانند یک موج به سمت پایین دست منتقل شده، باعث وابستگی تراز بستر به زمان و مکان خواهد شد. در این شرایط موج سیلابی تغییرات زیاد در بستر بوجود آورده و افزایش بیشتر مقاومت بستر ناشی از تغییر شکل آن را نسبت به مقاومت در شرایط ماندگار موجب می گردد. فرسایش بوجود آمده تراز بستر متحرک را تغییر داده که برای پیش بینی آن (ویمینگ و وو) (۲۰۰۴) [۹] روابطی را که توسط فیلیپ و سوترلند (۱۹۸۹) [۱] در مورد بار کف و مدل ارائه شده هان (۱۹۸۰) [۱] در مورد بار معلق و همچنین معادله توصیه شده آرمینیا و سیلیو (۱۹۸۸) در نظر گرفته و معادله ۶ را در شرایط غیر ماندگار پیشنهاد نموده است.

$$\frac{\partial(AC_{tk})}{\partial t} + \frac{\partial Q_{tk}}{\partial x} = \frac{1}{L_s} (Q_{tk} - Q_{t^*k}) = q_{tk} \quad (6)$$

کد در آن C_{tk} غلظت متوسط رسوب برای ذرات با قطر مشخص k دبی رسوب در شرایط تعادل، L_s طول متوسط سالتیشن ذرات که از رابطه $L_s = 3d_{50} D_*^{0.6} T^{0.9}$ بدست می آید و در آن D^* اندازه قطر ذرات، T پارامتر بدون بعد تنش برشی اضافی q_{tk} مقدار جانبی رسوب ورودی و یا خروجی در واحد طول کانال. معادله فوق در شرایط کلی قابل استفاده بوده و می تواند با تعریف مناسب پارامترهای

LS و دبی رسوب برای بار کف، بار معلق و یا بار کل بستر ونیز واشلود برآورد نماید. (ویمنگ ۲۰۰۴) [۹]. عبارت دوم سمت چپ رابطه ۶ میزان ذخیره را نشان می دهد که با صرف نظر از آن معادله ۶ در واحد عرض کانال بصورت زیر خواهد بود.

$$(1 - \rho') \frac{\partial Z_b}{\partial t} = \frac{1}{L_s} (q_b - q_{*b}) \quad (7)$$

$$T = [(U'_*)^2 - (U_{*cr})^2] / (U_{*cr})^2 \quad (8)$$

$$U'_* = \frac{g^{0.5} U}{C'} \quad (9)$$

$$C' = 18 \log \left(\frac{12 R_h}{3 d_{90}} \right) \quad (10)$$

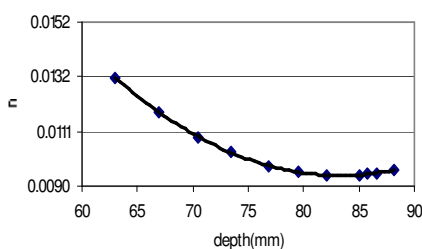
U'_* : سرعت برشی ذرات بستر، U_{*cr} : سرعت برشی بحرانی بدست آمده از روش شیلدز.

۳- کارهای آزمایشگاهی

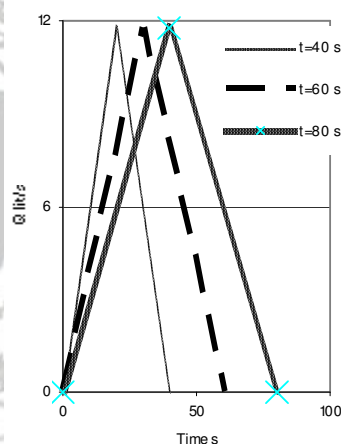
آزمایشات در کانالی بادیواره های شیشه ای با کف فلز صیقلی رنگ شده و شیب متغیر، عرض آن ۳۰ سانتیمتر ارتفاع ۵۰ سانتیمتر و طول ۱۰ متر انجام گرفت. سیستم ایجاد جریان غیرماندگار در ابتدای کانال نصب و جریان در فاصله ۱۲۰ سانتیمتری وارد بستر با دانه بندی متحرک می شود. یک گوه که لبه انتهایی آن برای جلوگیری از آبستگي موضعی با چسباندن ذرات زبر گردید در ابتدای بستر قرار داده شد. ذرات بستر از جنس کوآتز غیریکنواخت با $d_{50} = 1.5 \text{ mm}$ طول بستر آزمایشی از طریق آزمایش و با توجه به حداکثر دبی تولیدی نهایتاً ۲ متر انتخاب شد. تغییرات عمق جریان در طول بستر و بفواصل ۹، ۲۵، ۵۰، ۷۰، ۱۲۶ و ۲۰۰ سانتیمتر از طریق عکسبرداری (دوربین ۱) برای هر هیدروگراف خروجی ثبت شد. همچنین تغییرات عمق جریان در زمان عبور هیدروگراف در فاصله کوتاهی بعد از بستر متحرک توسط دوربین ثبت ۲ شد. در انتهای بستر متحرک بستی زبر شده با دانه بندی مورد استفاده در قسمت متحرک نصب قرا داده شد تا تاثیر تفاوت زبری در انتهای بستر بر جریان روی بستر متحرک از بین رود. بنابراین طول کل بستر زبر برابر ۳/۶ متر، که طول بستربادانه بندی متحرک ۲ متر و طول قسمت زبر ثابت برابر ۱/۶ متر بدست آمد. شیب برای تمامی آزمایشات برابر ۰/۰۰۶، سه نسبت عمق جریان پایه به قطر متوسط ذرات (عمق نسبی) برابر صفر، ۳/۵ و ۱۳/۳ و نیز هیدروگرافهای تولیدی (مثلی) با زمان پایه ۴۰، ۶۰ و ۸۰ ثانیه حالات مختلف آزمایشی را تشکیل می داند.

۴- بررسی زبری جداره کانال

برای بررسی تغییرات زبری بستر ناشی از تغییر فرم ضروری بنظر رسید ابتدا زبری جداره کانال مستقلا مورد ارزیابی قرار گیرد. بدین منظور آزمایشاتی برای بررسی تغییرات ضریب زبری جداره کانال انجام شد، که بازنه دبی های مختلف و اندازه گیری عمق جریان از رابطه مانینگ استفاده شد. شکل ۲ نتایج بدست آمده را نشان می دهد که با افزایش عمق جریان زبری کل بستر بلحاظ افزایش محیط مرطوب قسمت شیشه ای کانال کاهش یافته و بتدریج مقدار آن به سمت زبری جداره شیشه ای نزدیک شود، از اینرو انتظار می رود در شرایط آزمایشی با بستر متحرک با افزایش عمق جریان تا حدودی از زبری کل کاسته شده افزایش زبری بستر مربوط به تغییر فرم بستر چندان محسوس نگردد که این اشکال عمدتا مربوط به کم بودن عرض کانال آزمایش می باشد.



شکل (۲): کالیبراسیون زبری کانال آزمایشی



شکل (۱): هیدروگرافهای تولیدی نهضت سیراب آبیاری و کاهش تبخیر

۵- بررسی زبری ذرات بستر:

تعیین ضریب زبری ذرات، از طریق آزمایش و یا به روش های دیگر مانند الگوریتم ساوت [۳] امکان پذیر است. در آزمایشات با رها نمودن جریانی با دبی مشخص بر بستر متحرک بگونه ای که ذرات کف هیچگونه حرکت نداشته و با اندازه گیری عمق جریان و معلوم بودن شیب بستر (۰/۰۰۶) و استفاده از رابطه داری ضریب زبری ($f=0.20$) برای دانه بندی مورد نظر بدست آمد. میزان فرسایش بستر در محل بیشترین فرسایش و نیز بیشترین ارتفاع رسوب گذاری و فاصله آنها از ابتدای بستر در انتهای هر آزمایش ثبت گردید. تغییرات شکل بستر و نیز حرکت موج رسوب به روش عکسبرداری و با دو دوربین ثبت شد. برای تبدیل عکس ها به مقادیر عددی از نرم افزار تبدیل عکس به اعداد استفاده شد [۱۰]. ۲۵ آزمایش بر روی

بستر با دانه بندی متحرک با آب تمیز (بدون تغذیه رسوب از بالا دست) انجام شد، که در جدول ۱ ثبت شده است.

۶- نتایج و بحث

۶-۱- فرسایش بستر

در شرایط استفاده از آب تمیز ناحیه فرسایش یافته ای در ابتدای بسترایجاد می گردد و اگر تغذیه از بالا دست وجود داشته باشد و شرایط جریان ماندگار آنگاه حفره فرسایش یافته پس از مدتی به حالت تعادل خواهد رسید. لیکن در شرایط اخیر (غیر ماندگار و عدم تغذیه از بالا دست) اثرات متقابل جریان و بستر بر یکدیگر پیچیدگی زیادی داشته از یک سو با افزایش شدت جریان و سپس کاهش آن تنش برشی وارد بر کف نسبت به زمان تغییر می نماید شرایط تعادل در این حالت زمانی رخ خواهد داد که تنش برشی وارد بر کف از تنش برشی بحرانی کمتر شود. از سوی دیگر اثر موج اولیه سیلاب در برخورد با بستر از قابلیت فرسایشی زیاد برخوردار بوده بطوری که علیرغم مدت زمان کوتاه عبور جریان در آزمایشات سرعت فرسایش بستر اختلاف زیادی نسبت به سرعت فرسایش در شرایط ماندگار را نشان می دهد. مقایسه نتایج حاصل از آزمایشات اخیر با نتایج بدست آمده از کارهای تاک [۱۱] که در مورد فرسایش بستر با استفاده از آب تمیز و مدت زمان طولانی انجام گرفته، نشان می دهد موج سیلاب اولیه نقش مهمی بر فرسایش بستر در هنگام ورود جریان به بستر دارد، از اینرو با افزایش مدت جریان بتدریج از سرعت فرسایش بستر کاسته می گردد (جدول ۲). فرسایش بوجود آمده در ابتدای جریان تغییر فرم قابل ملاحظه ای در بستر ایجاد کرده که این امر موجب افزایش مقاومت بستر ناشی از تغییر فرم آن خواهد گردید. تغییرات بوجود آمده در حین عبور جریان متغیر با تبدیل شرایط جریان از رژیم پایینی به رژیم بالایی و مجدداً تبدیل به رژیم پایینی به شرایط تعادل نخواهد رسید از اینرو مولفه های جریان مانند عمق و سرعت هم بدلیل تغییر دبی و هم بعلت تغییر تراز بستر مرتباً در حال تغییر خواهند بود، به همین دلیل کمیت های بدون بعد تابع جریان نیز متغیر می گردند. با توجه به اینکه تغییرات مقاومت بستر عمدتاً مربوط به تغییر مقاومت ناشی از تغییر فرم بستر است لذا مشخص نمودن مقاومت مربوط به ذرات بستر در اولویت تحقیق قرار خواهد داشت که در قسمت قبل مقدار آن برآورد گردید.

جدول (۱) - شرایط و نتایج آزمایشی

فاصله رسوب برداری cm	عمق فرسایش برآورد از رابطه (۸) mm	عمق رسوب برداری اندازه گیری mm	فاصله رسوب گذاری cm	بیشترین ارتفاع رسوب گذاری mm	دبی متوسط رسوب gr/s/m	دبی Lit/s/m	زمان هیدروگراف sec	عمق ماکزیمم (mm)	عمق نسبی جریان پایاب $T_w = h_0/d_{50}$
10	14.4	11	56	3.5	34.75	44.3	40	87.5	0
8.5	14.6	9.75	48	4	31.24	41.7	40	79.5	0
9	19.8	8	40	3.5	28.44	40	40	76	0
8	12.6	11	47	2.5	24.2	38.3	40	68	0
7.5	11.4	6	45	1	18.15	34.7	40	62	0
12	14.2	12	65	8.3	37.5	44.3	40	83.5	3.5
10	15.4	10	46	2.75	30.38	41.7	40	79.75	3.5
11	16.2	9	46	3	26.37	40	40	72.75	3.5
8.5	15.8	6	59	2.1	25.76	38.3	40	67.25	3.5
9	22.7	7	46	1.5	16.32	34.7	40	64.25	3.5
9	14.2	10	60	3.5	29.17	44.3	60	84.75	3.5
10.5	21.1	10	73	3	23.44	41.7	60	80.75	3.5
9	16.7	8	65	1.5	23.5	40	60	78.75	3.5
12		9	59	3	19.35	38.3	60	75.25	3.5
10		6	55	1.5	14.23	34.7	60	70.25	3.5
12	12.8	13	69.5	3	23.4	44.3	80	90.75	3.5
9		12.5	78	3	18.59	41.7	80	78.5	3.5
10	14.1	10.5	77	3.5	17.02	40	80	83.5	3.5
10	13.2	10	68	2.25	14.46	38.3	80	77	3.5
10	12.1	7	67	2.25	11.45	34.7	80	70.25	3.5
12	12.5	13	53	3.75	39.74	44.3	40	76	13.33
9	12.2	9.5	49	3.5	31.1	41.7	40	70	13.33
9.5	13.0	10	47	3	31.89	40	40	68	13.33
10	11.8	8.5	57	3	25.5	38.3	40	62.5	13.33
12.5		7.5	52.5	3	23	34.7	40	59.75	13.33

جدول (۲) - مقایسه شرایط فرسایشی بستر

مرجع	سرعت فرسایش زمان (mm/s)	زمان فرسایش (sec)	فاصله عمیقترین نقطه از ابتدای بستر (cm)
Thuc(11)	.033	3600	98
Thuc(11)	.021	7200	110
Thuc(11)	.012	14400	120
نتایج اخیر	.275	40	10
نتایج اخیر	.167	60	9
نتایج اخیر	.162	80	12

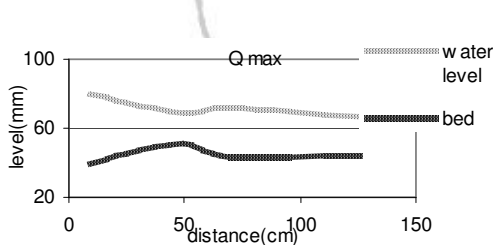
۲-۶- زبری ناشی از فرم بستر

در جریان ماندگار پس از به تعادل رسیدن شکل بستر می توان از رابطه ۳ مقاومت کل را برآورد نموده و سپس مقاومت مربوط به فرم بستر ناشی از شکل را با کسر نمودن مقاومت مربوط به ذرات، بدست آورد. در شرایط غیر ماندگار که شکل بستر بطور مداوم با زمان و مکان متغیرو زبری بستر تابعی از شرایط غیر ماندگار جریان است، بسادگی نمی توان مقاومت مربوط به تغییر شکل بستر را تعیین نمود، زیرا اولاً با افزایش دبی عمق جریان نیز افزایش یافته تاثیر زبری دیواره ها بر زبری کل افزایش یافته موجب کاهش زبری کل خواهد شد ثانیاً شکل کف با جابجایی ذرات کف بطور مداوم متغیر خواهد بود و این امر تغییر مداوم مقاومت بسترو زبری ناشی از شکل بستر را در پی دارد. شکل ۳ تغییرات پروفیل سطح آب و نیز تراز بستر را در مدت زمان عبور جریان سیلاب در محل بیشترین فرسایش بستر در حالت ۶ جدول ۱ نشان می دهد همانگونه که مشاهده می شود موج مواد رسوبی کف به سمت پایین دست در حرکت بوده و تراز و شکل سطح آب نیز با توجه تغییرات دبی جریان و نیز تغییر شکل بستر عمل نموده چنانکه که در محل بالا آمدن کف سرعت جریان زیاد شده و عمق کاهش می یابد و در پایین دست با کاهش تراز بستر سطح آب افزایش نشان می دهد. شکل ۴ الف و ب نیز تغییرات زبری بستر را در دو نقطه از بازه آزمایشی در محل بیشترین فرسایش و رسوب گذاری برای حداکثر دبی تولیدی (حالت ۶ جدول) نسبت به زمان و برای سه نسبت عمق نسبی جریان پایه نشان می دهد. از اشکال فوق ملاحظه می گردد با افزایش عمق جریان و افزایش اثر آن بر کف زبری بیشتر شده لیکن زبری کل موثر بر جریان که تاثیر دیواره کانال در آن مستتر است، کاهش یافته و سپس با کاهش جریان مقدار آن افزایش می یابد، این روند در محل بیشترین فرسایش بستر محسوس تر و در محل رسوب گذاری افزایش مقاومت ناشی از افزایش زبری بستر ناچیز می باشد.

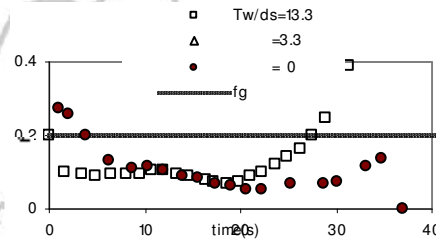
پارامتر بدون بعد عدد فرود ذره $F^* = \frac{\tau}{\gamma_s d_{50}}$ نقش بسیار مهمی در بررسی خصوصیات هیدرولیکی بسترهای

متحرک و تفسیر مقاومت بستر ناشی از تغییر شکل آن دارد تغییرات ضریب زبری بستر نسبت به این پارامتر در شکل ۵ آورده شده است مرحله افزایش ضریب زبری در دوره زمانی کاهش شدت جریان بوده بدین معنی که اینرسی وارد شده به ذرات موجب شده که تا مدتی پس از کاهش دبی از مقدار حداکثر، امکان رسوب گذاری ذرات وجود نداشته و افزایش تغییر شکل با تاخیر زمانی نسبت به حداکثر جریان بوجود آید، که با نتایج گراف [۱۲] مطابقت دارد. شکل ۶ مقایسه روند تغییرات ضریب زبری بستر برای سه حالت آزمایشی ۱، ۶ و ۲۱ را نشان می دهد. همانگونه که ملاحظه می شود با افزایش عمق جریان پایاب بر زبری کلی کانال و نیز زبری مربوط به تغییر فرم بستر افزوده می شود.

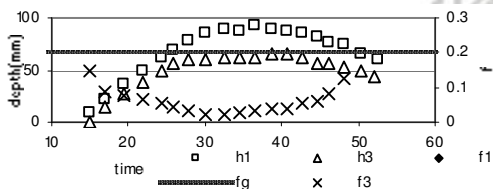
مقایسه مقادیر بدست آمده از اندازه گیری مستقیم و مقادیر محاسبه شده از رابطه ۷ حاکی از آنست که روابط موجود در مورد پیش بینی میزان فرسایش بستر از کارایی مناسب برخوردار بوده و باید برای شرایط مورد نظر اصلاحاتی در روابط بوجود آید.



شکل (۳) - تغییرات تراز سطح آب و بستر

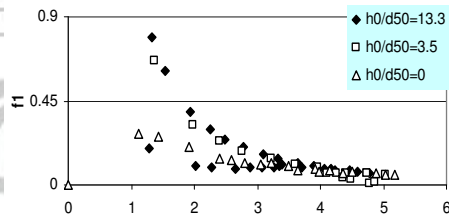


شکل (۴) - ب- روند تغییر زبری بستر نسبت به زمان



شکل (۴) - الف روند تغییر ضریب زبری و عمق جریان

فرسایش در محل $(x=10 \text{ cm})$ و رسوب گذاری $(x=50 \text{ cm})$
 و ضریب عمق و ضریب زبری در محل (f_1, h_1) و (f_3, h_3) بر ترتیب



شکل (۵) - روند تغییرات ضریب زبری بستر نسبت به F^* در محل فرسایش

۷- نتیجه گیری

نتایج بدست آمده از مجموعه ای از آزمایشات انجام گرفته در مورد انتقال رسوب (بار کف) بر روی مدل رودخانه با مواد غیر چسبنده تحت جریان سیلاب سریع در یک کانال آزمایشگاهی مستطیلی با عرض ۳۰ سانتیمتر با طول بستر آزمایشی ۴ متر (۲ متر با دانه بندی متحرک و بقیه غیر متحرک) بطور خلاصه ذیلاً جمع بندی می شود.

۱- ضریب زبری جداره کانال موثر بر جریان به عمق جریان متغیر بستگی داشته بگونه ای که با افزایش عمق مقدار ضریب زبری کاهش و با کاهش عمق ضریب افزایش می یابد.

۲- برای بررسی ضریب زبری موثر (کلی) در برابر جریان در روی بستر متحرک و مقاومت ایجاد شده ناشی از آن، ضریب مقاومت ذرات بستر بصورت مستقل اندازه گیری و مقدار آن برای دانه بندی انتخابی $f=0.021$ بدست آمد.

- ۳- مقاومت کل بستر نیز با مشخص بودن شدت جریان عبوری تعیین و در مقایسه با مقادیر ضریب زبری ذرات محاسبه شد که نشان داد در مقادیر کم دبی ضریب افزایش و با افزایش جریان کاهش می یابد، لیکن باید در نظر داشت بخش عمده کاهش زبری کل ناشی از اثر زبری جداره ها می باشد.
- ۴- تغییرات فرم بستر در محل بیشترین فرسایش نشان می دهد با کاهش دبی فرم بستر روند بازگشتی داشته لیکن چون در جریان غیرماندگار عمده تغییر شکل مربوط به اثر موج اولیه است، برگشت پذیری کامل نخواهد بود اما در محل بیشترین رسوب گذاری روند برگشتی تقریباً کامل بوده و منحنی تغییرات ضریب زبری در حالت افزایش و کاهش دبی روند یکسان را نشان می دهند.
- ۵- تغییرات زمانی ضریب زبری بستر در مورد سه حالت آزمایشی نشان می دهد عمق جریان اولیه در شرایط اولیه جریان نقش محسوسی بر زبری ایفاء نکرده با گذشت زمان اثرات آن افزایش می یابد .
- ۶- همچنانکه از اشکال فوق ملاحظه می شود با توجه به اینکه مومنتم انتقالی به ذرات با تاخیر زمانی موجب حرکت آنها می شود از اینرو بیشترین کاهش ضریب زبری بعد از وقوع بیشترین دبی ایجاد می شود.
- ۷- تحت شرایط غیرماندگار جریان تراز سطح آب، تراز بستر، شکل بستر، دبی، مقاومت بستر... متغیر است، تحلیل شرایط واقعی جریان و رسوب و تاثیر متقابل آنها بر یکدیگر بسیار پیچیده می باشد.
- ۸- روابط ۷الی ۱۱ کارایی لازم جهت پیش بینی تغییر تراز بستر را دارند. در شرایط اخیر بدلیل کمبود اطلاعات لازم بکارگیری آنها مقدور نیست.
- ۹- افزایش زبری (مقاومت جریان) مربوط به تغییر فرم بستر در جریانهای کم عمق اهمیت داشته و در جریانهای عمیق محسوس نمی باشد.

نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر

۸- منابع

- [1] شفاعی، بجستان. محمود ۱۳۸۴. هیدرولیک رسوب.
- [2] Devries, Paul. 2002. "Bedload Layer Thickness and Disturbance Depth in Gravel Bed stream" j. Hydr. Eng. Vol. 128. No. 11.
- [3] Nielsen, peter. 2002. "Shear stress and Sediment transport calculations fo Swash Zone modeling" Costal Eng. No. 45. pp 53-60
- [4] Shixiong, Hu. and Abrahams. AD. 2005. "the effect of mobility on resistance to overland flow". Earth Surface Processes and Landforms , 30, 1461-1470
- [5] Iervolino, M., A. Leopardi. & M. Greco. "Bed transport Dynamic in Unsteady Condions". E mail: Miervoli@unina.it
- [6] Weiming, Wu., Daimo, A., Vieira, Sam.S. and Wang, T. 2004. "One-dimensional Numerical Model for Nonuniform Sediment Transport under Unsteady flows in Channel Networks." J. of Hyd. vol. 130, No. 9.
- [7] Yen, Chin-lien. K., Tun Lee. 1995. "Bed Topography and Sediment Sorting in Channel Bend With Unsteady Flow" j. Hydr. Eng. Vol. 121. No. 8.

- [8] Duc, Minh. Bui., Thomas, Wenka. and Wolfgang, Rodi. 2004. "Numerical Modeling of
- [9] Weiming, Wu., Wolfgang, Rodi. And Thomas Wenka." 3D Numerical Modeling of Flow and Sediment Transport in Open Channel". 2000. J. Hyd. Eng. Vol. 126 ,No. 1
- [10] Digitizing programs for Converting Hard Copy Graphs and Plots back to Data <http://www.ccp14.ac.uk>
- [11] Thuc, T.1991. "Two-dimensional morphological computation near hydraulic structures." Dissertation, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
- [12] Graf, W.H. and Zhaosong, Qu. 2008. "flood Hydrograph in open channels". Proceeding of the institution of civil engineering .mach pages 45-57

9Th-national seminar on
Irrigation & Evapotranspiration



نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر

کرمان- بهمن ۸۶