بررسی اثر غلظت و دانه بندی بار رسوبی بر پارامترهای پرش هیدرولیکی و الگوی رسوبگذاری در پایین دست آن

حامد نوذری'* و محمد حسین امید '

چکیدہ

در این مطالعه آزمایشگاهی، اثر غلظت و دانهبندی بار رسوبی بر پرش هیدرولیکی و نحوه تشکیل و گسترش امواج ماسهای در پایین دست پرش هیدرولیکی که غالباً در حوضچههای آرامش دریچههای تخلیه رسوب در تأسیسات انحراف آب از رودخانهها پدید می آید، بررسی شده است. آزمایشها در یک حوضچه آرامش مستطیلی با بستر صاف به طول ۳ متر، عرض ۵/۰ متر و ارتفاع ۶/۰ متر اجرا شد. در این آزمایشها از ماسههای یکنواخت به قطرهای ۶/۰، ۲/۱، ۲/۱ و ۶/۵ میلیمتر با غلظتهای مختلف بین ۲/۰ الی ۶/۰ و برای اعداد فرود بین ۳ تا ۹ استفاده شد. نتایج نشان داد که وجود بار رسوبی با دانهبندیهای مختلف تغییر زیادی در مشخصات جهش هیدرولیکی ایجاد نمی کند و افزایش غلظت رسوبات نیز تأثیر چندانی بر روی این پارامترها ندارد. لیکن رسوبات ورودی به جریان، پس از عبور از ناحیه فوق بحرانی، در ناحیه زیر بحرانی ته نشین می شود و با تشکیل یک موج ماسهای، همانند یک آبپایه انتهایی عمل می کند. این موج ماسهای در کنترل موقعیت جهش مؤثر است و جهش را در محدوده حوضچه تثبیت می کند. موقعیت تشکیل این موج ماسهای و زمان توسعه آن، تابعی از شرایط جریان و خصوصیات رسوب است. ارتفاع این موج ماسهای بسیار نزدیک به ارتفاع آبپایه انتهایی این را می موان به کمک خصوصیات رسوب است. ارتفاع این موج ماسه ای بسیار نزدیک به ارتفاع آبپایه انتهایی این را می توان به کمک

واژههای کلیدی: آبپایه انتهایی، بار رسوبی، پرش هیدرولیکی، حوضچه آرامش و موج ماسهای

ارجاع: نوذری ح. و امید م.ح. ۱۳۹. بررسی اثر غلظت و دانه بندی بار رسوبی بر پارامترهای پرش هیدرولیکی و الگوی رسوبگذاری در پایین دست آن. مجله پژوهش آب ایران.

۱-استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بوعلی سینا همدان

۲- استاد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران

<u>h.nozari@basu.ac.ir, hanozari@yahoo.com</u> * نویسنده مسئول:

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۳/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۷/۲۷

بررسی اثر غلظت و دانه بندی بار رسوبی بر پارامترهای پرش هیدرولیکی ...

مقدمه

انتقال مواد رسوبی به صورت بار بستر که یدیدهای غالب در آبراهـههـای طبیعـی اسـت، در مـواردی از جملـه سیستمهای انحراف آب، کانالها و سازههای با بستر ثابت نیز وجود دارد. در حالی که نرخ ذرات انتقال یافته توسط جریان تابع مشخصات جریان میاشد، حضور ذرات نیز می تواند ساختار و خصوصیات جریان را تغییر دهد. تحقیق در مورد ارتباط متقابل جریان آب و رسوب در کانالهای روباز به خوبی توسط اینشتین(۱۹۴۲)، میرییتر و مولر (۱۹۴۸) و بگنولد (۱۹۶۶) انجام شده است. تحقیقات زیادی نیز در مورد مجاری با بستر ثابت توسط محققینی نظیر نواک و نالوری(۱۹۷۵و۱۹۸۴) و دیگران صورت گرفته است. در این مطالعات که غالباً در مورد جریان های یکنواخت زیر بحرانی صورت گرفته است، حرکت، میزان انتقال، رسوبگذاری و فرسایش ذرات رسوبی مورد بررسی قـرار گرفتـه اسـت. در مـورد جریانهای فوق بحرانی و بویژه جریانهای متغیر سریع که اهمیت زیادی در سازههای هیدرولیکی دارند، مطالعات زیادی انجام نشده است.

با بررسیهای بعمل آمده مشخص شد که تاکنون فقط تحقیقات اندکی در مورد جریانهای دوفازی اعم از فوق بحرانی و زیر بحرانی صورت گرفته است و شامل موارد زیر است:

ترنر (۱۹۷۳)، با استفاده از یک سطح شیبدار، جهش هیدرولیکی در جریان غلیظ را ایجاد کرد و با استفاده از عدد ریچاردسون که عکس مجذور عدد فرود است معادله ۱ را برای محاسبه نسبت عمق ثانویه به عمق اولیه جهش در جریانهای غلیظ بدست آورد .

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8R_i^{-1}} - 1 \right) \tag{1}$$

$$R_i = \frac{g\Delta Cy}{U^2} \tag{(7)}$$

 $\Delta = ig(S_s - 1ig)$ در این معادلات R_i عدد ریچاردسون، C معادلات S_s وزن مخصوص ذرات رسوبی می باشد، C

غلظت رسوبات، y ضخامت جریان غلیظ، U میانگین سرعت جریان و g شتاب ثقل است .

گارسیا (۱۹۹۳)، مطالعات آزمایشگاهی خود را بر روی رفتار جریان غلیظ در یک کانال فرسایش پذیر متمرکز کرد و شباهت بین جهش هیدرولیکی همراه با نمک و جهش هیدرولیکی با جریان غلیظ در زیر جریان آب صاف را بررسی کرد. نتایج حاصل از تحقیقات این محقق نشان داد ساختار عمودی (توزیع غلظت و سرعت) جریانهای نمکی و جریانهای گلآلود با دانههای ریز جریانهای نمکی و جریانهای گلآلود با دانههای ریز فاصلههای مساوی از قسمت ورودی جریان، مواد درشت دانه ضخامت ته نشینی بیشتری نسبت به مواد ریزدانه دارند. همچنین تنش برشی در پایین دست جهش کاهش مییابد و به همین دلیل ته نشینی رسوبات در پایین دست جهش افزایش مییابد.

برگرون و همکاران (۱۹۹۹)، با انجام آزمایش هایی اثر غلظت بار بستر بر فاکتور اصطکاکی و سرعت برشی را بررسی کردند. آنها نتیجه گرفتند که افزایش غلظت رسوب در جریان، باعث ایجاد یک کاهش کلی در سرعت متوسط جریان میشود که این کاهش سرعت با افزایش غلظت رسوب افزایش مییابد. در این تحقیق مشخص شد که غلظتهای کم بار بستر فقط بخش نزدیک به کف جریان را تحت تأثیر قرار می دهد و موجب کاهش ناچیزی در سرعت متوسط میشود.

خولار و همکاران (۲۰۰۲)، در یک مطالعه آزمایشگاهی اثر بار رسوبی بر روی مقاومت در مقابل جریان در آبراهههای آبرفتی را بررسی کردند. آنالیز این دادهها و دیگر دادههای کانالهای آبرفتی بعلاوه کارهایی که قبلاً در زمینه کانالهای با بستر ثابت انجام شده بود نشان داد که اثر حضور بار معلق بر مقاومت در مقابل جریان در دو حالت (بستر ثابت و متحرک) یکسان نیست. در این مطالعه نشان داده شد که بار معلق با تأثیر بر آشفتگی جریان و توزیع سرعت، روی فاکتور اصطکاکی تأثیر می گذارد.

نوذری و همکاران (۱۳۸۳)، نشان دادند که وجود بار رسوبی تغیری در مشخصات جهش هیدرولیکی ایجاد نمی کند لیکن ته نشین شدن ذرات رسوبی در منطقه زیر بحرانی جهش منجر به تشکیل امواج ماسهای می گردد که همانند آب پایه انتهایی در کنترل جهش هیدرولیکی موثر میباشند .

در تحقیق حاضر، اثر غلظت و دانهبندی ذرات رسوبی بر نحوه تشکیل موج ماسهای و اثر آن بر جهش هیدرولیکی در جریانهای با بار رسوبی بررسی شده است. با توجه به این که، در اغلب طرحهای انحراف آب از رودخانهها در کشور، مشکل رسوبگذاری در دهانههای آبگیر و لزوم رسوب زدایی از جلوی دریچهها که غالباً با تخلیه آنها به حوضچههای آرامش صورت می گیرد وجود دارد، انجام این تحقیق ضروری به نظر میرسد و نتایج آن می تواند در طراحی اینگونه سازهها مورد استفاده مهندسین قرار گیرد.

مواد و روشها

در این تحقیق از یک مدل آزمایشگاهی که در مرکز تحقیقات آب گروہ مہندسے آب دانشکدہ کشاورزی دانشگاه تهران ساخته شده بود استفاده شـد. ایـن مـدل شامل یک مخزن آرام کنندہ مجھز بے یک سرریز مستطیلی لبه تیز و یک مخزن تنظیم ارتفاع مجهز به یک دریچه تحتانی لبه تیز در بالادست، یک حوضچه آرامش مستطیلی به طول ۳ متر، عرض ۵/۰ متر و ارتفاع ۰/۶ متر و یک کانال مستطیلی با کف و دیوارهای شیشه ای به طول ۶ متر، عرض ۵/۰ متر و ارتفاع ۶/۰ متر در پایین دست است. اندازه گیری دبی جریان عبوری به کمک سرریز لبه تیز که قبلاً به روش حجمی واسنجی شده بود صورت گرفت. دریچه کشویی لبه تیز از جنس پلاکسی گلاس به ارتفاع ۱/۵ متر و عرض ۵/۰ متر با ارتفاع بازشدگی ۳۰ میلیمتر در انتهای مخزن تنظیم ارتفاع و در قسمت ورودی کانال قرار داشت. ارتفاع آب یشت دریچه به کمک یک چاه ک شیشهای

مدرج اندازه گیری شد. برای ایجاد جریان با بار رسوبی، یک دستگاه تزریق رسوب که توانایی تزریق یکنواخت با غلظتهای مختلف و دانهبندی های متفاوت را داشت طراحی و ساخته شد .

در ایـن مرحلـه بـرای بررسـی اثـر بـار رسـوبی روی پارامترهای جهش هیدرولیکی و نحوه تشکیل موج ماسهای ناشی از آن، آزمایشهایی با تزریق ذرات ماسه و شن یکنواخت به قطرهای ۰/۶، ۱/۴ و ۵/۶ میلیمتر به جریان انجام شد. در این سری از آزمایشها، جهشهایی با اعداد فرود ۳، ۴/۵، ۶، ۷/۸ و ۹ تشکیل شد و در هر یک از این اعداد فرود از چهار غلظت رسوب بین ۲/۲ تا ۶/۶ درصد استفاده شد سپس مشخصات جهش، فاصله پیشانی موج ماسهای تشکیل شده از دریچه ورودی و ارتفاع آن اندازه گیری شد. در اجرای هر آزمایش ابتدا دبی جریان ورودی به کانال تنظیم و موقعیت جهش هیدرولیکی به کمک دریچه انتهایی کانال تثبیت شد. در این مرحله عمقهای ابتدا و انتهایی جهش به کمک دستگاه عمق سنج و طول جهش به وسیله متر اندازه گیری شد. پس از آن بار رسوبی مورد نظر به جریان تزریق و در همان لحظه عمقهای ابتدایی و انتهایی و طول جهش مجدداً اندازه گیری شد.

برای محاسبه غلظت بار رسوبی از معادله ۳ استفاده شد. $C = \frac{Q_s}{c}$ (۳)

که در آن Q، دبی جریان و Q_s ، دبی حجمی بار بستر میباشد و به صورت معادله ۴ تعریف میشود. $Q_s = rac{I}{2}$

، ho_s و kg/s در این معادلـه I، نـرخ تزریـق، برحسـب kg/s و ho_s و ho_s چگالی ذرات، برحسب kg / m^3 است.

شکل ۱ نمای کلی مخزن تأمین ارتفاع، حوضچه آرامـش مستطیلی و مخزن تزریق رسوب را نشان میدهد. بررسی اثر غلظت و دانه بندی بار رسوبی بر پارامترهای پرش هیدرولیکی ...

نتايج و بحث

الف-اثر بار رسوبی بر مشخصات جهش

در این قسمت، ابتدا یک سری آزمایش شاهد بدون تزریق رسوب صورت گرفت و مشخصات جهش از قبیل طول، نسبت عمق ثانویه و افت انرژی نسبی جهش تعیین شد. نتایج حاصله از این آزمایشها در شکلهای ۲ و ۳ نشان داده شده است.

شکل ۱- نمای کلی مخزن و حوضچه آرامش مستطیلی



شکل۲- (الف) درصد افت انرژی در برابر عدد فرود اولیه برای جریان آب صاف و (ب) نسبت عمق ثانویه در مقابل عدد فرود اولیه

برای جریان آب صاف



شکلT- طول جهش در مقابل Fr_1 برای جریان آب صاف

در شکل ۲، خطوط ممتد نشاندهنده نتایج تئوری است که از روابط تئوری نسبت عمق ثانویه و افت نسبی انرژی جهش بدست آمدهاند. همانگونه که از این شکلها مشخص است، نتایج حاصل آزمایشها با نتایج حاصل از روابط تئوری مطابقت دارند. در شکل ۳، علاوه بر طول جهش اندازه گیری شده، نتایج مربوط به طول پیشنهادی سیلوستر (۱۹۶۴) (خط ممتد) و نتایج مربوط به طول پیشنهادی) USBR خط چین) برای جهش در مقاطع مستطیلی نیز نشان داده شده است. است در شکلهای ۴ تا ۶ نشان داده شده است. خط وط در این مرحله برای مقایسه روند تغییرات مشخصات ممتد در این شکلها نشان دهنده نتایج حاصل از روابط جهش هیدرولیکی با آب دارای بار رسوبی، آزمایش هایی تئوری برای جریان بدون رسوب است. در این شکلها با افزایش مواد رسوبی یکنواخت به جریان انجام و علائم C_1 تا C_4 به ترتیب نشان دهنده غلظتهای \cdot تا مشخصات جهش اندازه گیری شد. نمونههایی از نتایج ۶/۰ است. این آزمایشها که با غلظتهای مختلف صورت گرفته 14 14 12 d₅₀=4.1 mm 12 d₅₀=0.6 mm 10 10 8 8 y 2/y 1 y_2/y_1 C0 ٠ ◆□ △× × C 0 6 6 C1 C1 C2 C3 Δ C2 4 4 × C3 ж C4 C4 2 2 تئورى تئورى 0 0 2 5 8 9 10 1 3 4 6 8 9 10 1 2 3 5 6 Fr_1 Fr₁ شکل ۴- نسبت عمق ثانویه در برابر اعداد فرود اولیه برای قطرهای مختلف و غلظتهای متفاوت 80 80 70 70 d₅₀=4.1 mm d₅₀=0.6 mm 60 60 $(\Delta E/E_1)^*100$ $(\Delta E/E_1)*100$ 50 50 40 C 0 40 C0 C 1 ٠ 30 C1 ∆ × C2 30 Δ C2 C3 20 20 × С3 ж C4 ж C4 10 تئورى 10 ئئورى 0 0 5 Fr 1 2 3 4 5 6 7 9 10 8 7 8 9 10 1 2 3 4 6 Fr₁ شکل ۵- میزان افت نسبی انرژی در برابر اعداد فرود اولیه برای قطرهای مختلف و غلظتهای متفاوت 80 80 × 70 d₅₀=0.6mm ۶ 70 d₅₀=4.1 mm 60 8 60 瀻 50 50 ***** Lj/y₁ 40 Lj/y₁ 40 菡 30 30 Ř ◆ C0 □ C1 ♦ C0 □ C1 20 **∆** C2 × C3 20 ă **△**C2 **X** C3 10 **X** C4 10 **X** C4 0 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 2 3 4 5 9 10 1 6 7 8

شکل ۶- نسبت طول جهش به عمق اولیه در برابر اعداد فرود اولیه برای غلظتها و قطرهای مختلف

 Fr_1

Fr.

80

توجه به این اشکال بی اثر بودن میزان غلظت بار رسوبی را بر نسبت عمق ثانویه، میزان افت نسبی انرژی و طول جهـش نشان میدهد. در تمام آزمایشها، هنگام تزریق رسوب به جریان، ابتدا جهش به سمت پایین دست حرکت می کرد و یس از تەنشینی رسوبات در ناحیے عملق ثانویے و تشکیل یک موج ماسهای، شاهد حرکت جهش به سمت بالادست بودیم. در توجیه این یدیده، می توان گفت که در منطقه جریان فوق بحرانی و در ناحیه چرخشی جهش که جریان کاملاً آشفته است و دارای گردابههای زیادی است، در هنگام تزریق رسوب، ذرات ماسه با بر خورد با گردابهها موجب شکسته شدن آنها و کاهش آشفتگی جریان و در نتیجه کاهش افت انرژی می شوند. پس از عبور ذرات رسوب از ناحیه چرخشی، بدلیل کاهش انرژی جریان و کاهش تنش برشی، این ذرات در محل عمق ثانویه ته نشین شده و تجمع آنها در کف حوضچه یک موج ماسهای ایستا را بوجود می آورد. این پدیده با نتایج خولار و همکاران (۲۰۰۲) در مورد اثـر بـار رسـوبی بـر مشخصـات جريـان مطابقت دارد. همچنین برای مشاهده اثر تغییر قطر ذرات رسوبی بر روی مشخصات جهش، نسبت عمق ثانویه، افت انرژی و طول جهش در مقابل اعداد فرود اولیه برای قطرهای مختلف و جریان با غلظت ۴/۰ در شکل های ۷ تا ۹ نشان داده شدهاند. در این شکلها، خطوط ممتد نشان دهنده نتایج تئوری مربوط به آب صاف است. همانگونه که ملاحظه می شود، افزایش قطر رسوبات نیز تأثیری بر روی مشخصات جهش ندارد.





جهش با آب رسوبی برای قطرهای مختلف



شکل ۹- نسبت طول جهش به عمق اولیه در مقابل اعداد فرود اولیه جهش برای قطرهای مختلف ذرات

ب- تشکیل موج ماسهای

همانطور که گفته شد، در همه ٔ آزمایشها پس از تزریق رسوب به جریان، ذرات رسوب از منطقه جریان فوق بحرانی عبور کرده و در ناحیه جریان زیر بحرانی تهنشین میشدند. فرونشست ذرات در این ناحیه، ایجاد می کرد یک موج ماسهای ایستا که شبیه یک آب پایه انتهایی در کنترل موقعیت جهش در حوضچه آرامش موثر بود. فاصله پیشانی ایان موج ماسهای از دریچه ورودی به شرایط هیدرولیکی جریان و عدد فرود اولیه بستگی داشت. شکل شماره ۱۰ فاصله پیشانی موج ماسهای تشکیل شده از ذرات رسوب را نشان می دهد. خط نشان داده شده در این شکل، نسبت طول جهش به عمق اولیه در آب صاف را نشان می دهد.



شکل ۱۱– تغییرات ارتفاع موج ماسهای با اندازه متوسط ذرات مختلف در مقابل اعداد فرود اولیه جهش





بطور کلی ضخامت موج ماسهای تشکیل شده در کف کانالهای با بستر ثابت به مشخصات هیدرولیکی جریان از قبیل عمق آب، سرعت جریان یا سرعت برشی و شیب بستر و مشخصات ذرات رسوب بستگی دارد. امید و همکاران (۲۰۰۲)، نشان دادند که ضخامت و سرعت حرکت امواج ماسهای در کانالهای با بستر ثابت را می توان به صورت توابعی از انرژی مخصوص جریان میعدد در دامنه وسیعی از شرایط جریان و ذرات رسوبی، معادله ۵ را برای برآورد ارتفاع امواج ماسهای در کانالهای ثابت و جریان زیر بحرانی ارئه کردند.

$$\frac{h_s}{d_{50}} = 0.26 \left(\frac{E_s}{d_{50}}\right)^{0.93}$$

(۵)

در این معادله که برای جریانهای زیر بحرانی و کانالهای با بستر ثابت ارائه شده است، h_s ضخامت رسوبات تهنشین شده در کانال، d_{50} قطر میانه ذرات و E_s انرژی جریان ورودی به کانال میباشد. با استفاده از مدل پیشنهادی امید و همکاران (۲۰۰۲)، دادههای تحقیق حاضر ارزیابی شد.

در تحقیق حاضر شرایط جریان در بالادست فوق بحرانی و در پایین دست زیر بحرانی بوده و ذرات رسوب استفاده شده در آن از ماسه ریز تا شن درشتدانه است. نتایج حاصل در شکل ۱۳ نشان داده شده است. خط ممتد در این شکل خط برازش شده از دادههای این آزمایشها با ضریب همبستگی ۰/۹۸ است. در این

در این آزمایشها، پس از مستغرق شدن جهـش، تزریـق رسوب ادامه یافت و مشاهده شد که ارتفاع موج ماسهای تشکیل شده، بسته به میزان غلظت تزریق افزایش، و به تبع آن میزان ارتفاع پایاب نیز افزایش می افت. پس از اندازه گیری مشخصات این موج ماسهای، تزریق رسوب متوقف شد. در این هنگام بدلیل افزایش توان حمل رسوب توسط جریان، موج ماسهای تشکیل شده در کف حوضچه به سمت پایین دست حرکت می کرد. ابتدا سرعت این جابجایی به سمت پایین دست زیاد بود، ولی با گذشت زمان، ارتفاع موج ماسهای کاهش می یافت و از سرعت انتقال آن به سمت پایین دست نیز کاسته می شد. هرچه قطر ذرات بزرگتر بود، سرعت حرکت موج ماسهای به سمت پایین دست نیز کاهش می یافت. در مورد ذرات ریز دانه به قطر متوسط ۰/۶ میلیمتر، موج ماسهای به چندین تلماسه تقسیم می شد و تلماسهها با سرعت بیشتری به سمت پایین دست حرکت می کردند . در یک سری از آزمایشها، جهـش هیـدرولیکی ابتـدا در فاصله دورتری از دریچه ورودی و در کانال پایین دست حوضچه ایجاد شد تا پس از تزریق رسوب، میزان جابجایی جهش بررسی شود. در اینگونه آزمایش ها نیز مشاهده شد که پس از تزریق رسوب و فرونشست ذرات در ناحیه زیر بحرانی، موج ماسهای تشکیل شده و به مرور زمان تکامل می یابد. زمانیکه ارتفاع این موج ماسهای به مقدار مشخصی میرسد، جهش هیدرولیکی را به سمت بالادست هدایت می کند و موجب ته نشین شدن ذرات و تشکیل موج جدید ماسهای با همان مشخصات موج قبلی در موقعیت جدیدی که در بالا دست موج اولیه است می شود. در این سری از آزمایش ها فاصله بین موجهای ماسهای تشکیل شده اندازه گیری شد. شکل شماره ۱۲ نتایج حاصل از این آزمایشها را نشان میدهد. در این شکلx ، فاصله بین دو موج ماسهای وhs ، ارتفاع موج می باشد. همانطور که مشاهده مى شود فاصله بين امواج تابع شرايط جريان بالادست است.

شکل، خط چین مربوط به معادله پیشنهادی امید و همکاران (۲۰۰۲) نیز نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه میشود، نتایج حاصل از آزمایش ها با نتایج حاصل از معادله فوق نزدیک است. در توجیه این پدیده میتوان گفت که بدلیل تشکیل موج ماسهای در ناحیه جیان زیربحرانی و استفاده از انرژی مخصوص قبل از جهش که هنوز افت نداشته است، عملاً شرایط یکسانی برای جریان زیربحرانی و جریان متغییر سریع از نظر تشکیل و حرکت موج ماسهای وجود دارد.

$$\frac{h_s}{d_{50}} = 0.215 \left(\frac{E_s}{d_{50}}\right)^{0.9187}$$
(8)

با توجه به شکل ۱۳، معادله بین ضخامت موج ماسهای و انرژی بالادست کانال برای شرایطی که رژیم جریان بالادست فوق بحرانی میباشد به صورت زیر معرفی میشود.



شکل ۱۳- ضخامت موج ماسهای در برابر انرژی بالادست کانال

نتيجهگيرى

در این تحقیق، اثر بار رسوبی ذرات ماسه و شن یکنواخت به قطرهای ۲۰۱۶، ۱/۴ و ۵/۵ میلیمتر با غلظتهای مختلف، بر مشخصات جهش هیدرولیکی در یک مطالعه آزمایشگاهی بررسی شد. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که:

- بار رسوبی در محدوده دانه بندی و غلظتهای آزمایش شده در این تحقیق، تأثیر زیادی بـر مشخصـات جهـش

هیدرولیکی شامل نسبت عمق ثانویه، افت نسبی انرژی و طول جهش هیدرولیکی ندارد .

- موقعیت جهش تشکیل شده در محل حوضچه آرامش، پس از تزریق رسوب تغییر میکند و ابتدا به سمت پایین دست منتقل می شود و پس از مدت زمان کوتاهی دوباره به طرف بالادست باز می گردد.

- موج ماسهای ایستا که در ناحیه عمق ثانویه جهش تشکیل می شود، مانند یک آبپایه انتهایی عمل کرده و جهش را به سمت بالادست هدایت می کند. ارتفاع این موج ماسهای تابع مشخصات جهش هیدرولیکی است.

- تداوم تزریق رسوب به جریان سبب تشکیل موجهای ماسهای متعدد و مشابه با موج اولیه می گردد که با فاصلههای مشخص به سمت بالا دست ادامه می یابند تا زمانی که جهش هیدرولیکی را به ابتدای دریچه رسانده و جهش را از حالت آزاد خارج و مستغرق کند. فاصله بین موجهای ماسهای تشکیل شده تابع شرایط جریان و غلظت مواد رسوبی است.

- آزمایشها نشان داد که قبل از مستغرق شدن جهش، بین انرژی مخصوص جریان بالادست و ضخامت ته نشینی رسوبات در کف حوضچه معادلهای برقرار است که این معادله از ضریب همبستگی خوبی برخوردار است.

منابع

- نوذری ح. امید م. ح. و کوچک زاده ص ۱۳۸۳. اثر
 بار بستر بر مشخصات جهش هیدرولیکی در
 حوضچه آرامش مستطیلی. مجله تحقیقات مهندسی
 کشاورزی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی
 کشاورزی، ۵ (۱۸): ۹۱–۱۰۲.
- 2- Bagnold R.A. 1966. An approach to the sediment transport problem from general physics: U.S. Geol. Survey Prof. Paper: 422-I.
- 3- Bergeron N. E. and Carbnneau, P. 1999. The Effect of Sediment Concentration on Bed Load roughness. J. Hydrological Processes. 13(16): 2583-2589
- Chanson H. 1997. Air bubble entrainment in open channels: Flow structure and bubble size distributions. Int. J. Multiphase Flow. 23(1): 193-203

بررسی اثر غلظت و دانه بندی بار رسوبی بر پارامترهای پرش هیدرولیکی ...

- 11- Novak P. and Nalluri C. 1975. Sediment transport in smooth fixed bed channels. Journal (I f Hydraulics Division. ASCE 101 (HY9): 1139-1154.
- 12- Novak P. and Nalluri C. 1984. Incipient motion of sediment particles over fixed beds. Journal of Hydraulic Research. 22(4): 191-197.
- 13- Omid M.H. Narayanan R. and Nalluri C. 2002. Erosion of a sediment deposits from a rigid rectangular channel by clear water. Journal of Water and Maritime Engineering. ICE 154(1).
- 14- Sylvester R. 1964. Hydraulic Jump in All Shapes of Horizontal Channels. Journal Hydraulics Division ASCE 90 (HY1): 23-55.
- 15- Turner J.S. 1973. Buoyancy Effects in Fluids: Cambridge, U.K. Cambridge University Press, 368.

- 5- Chanson H. and Brattberg T. 2000. Experimental study of the air-water shear flow in a hydraulic jump. Int. J. Multiphase Flow: 583-607.
- 6- Einstein H. A. 1942. Formula for the transportation of bed load. Trans. ASCE (107): 561-597.
- 7- Garcia M. H. 1993. Hydraulic jumps in sediment-driven bottom currents. J. Hyd. Eng.119(10):1094-1117.
- 8- Khullar N. K. Kothyari U. C. and Ranga Raju K. G. 2002. The effect of suspended sediment on flow resistance, 5th International conference on hydro-science and engineering. September. 18-21, Warsaw, Poland.
- 9- Lyn D. A. 1991. Resistance in Flat-Bed Sediment-Laden Flows. J. Hyd. Eng. 117(1): 94-114.
- 10- Meyer-Peter E. and Muller R. 1948. Formulas for bed-load transport. In Proceedings of the 2nd conference: 39-45.