

بررسی شرایط آستانه حرکت رسوبات غیر چسبنده در کانالهای روباز دارای شیب ملایم و مقطع مستطیلی

حسین خزیمه نژاد

عضو هیات علمی دانشگاه بیرجند و دانشجوی دوره دکتری دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز
hkh_59@yahoo.com

محمود شفاعی بجزستان

استاد دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ پذیرش: ۸۹/۹/۲۶

تاریخ ارسال: ۸۹/۶/۷

چکیده:

ترسیب رسوب در سازه های انتقال آب باعث کاهش سطح مقطع جریان همچنین افزایش زبری می شود که در نتیجه کاهش آبدهی سازه را بدنبال خواهد داشت. از جمله روشهای جلوگیری از ترسیب رسوب و یا خروج آنها منظور نمودن سرعت جریان بیش از سرعت آستانه حرکت می باشد. در حال حاضر کارهای زیادی در خصوص تعیین شرایط شروع حرکت ذرات رسوب در بستر با شیب های معمولی و تند انجام شده است که اکثر این مطالعات بر روی رسوب طبیعی با چگالی ۲,۶۵ بوده است. در این تحقیق با استفاده از مدل فیزیکی و تجزیه و تحلیل آنالیز ابعادی شرایط آستانه حرکت در کانالهای روباز با مقطع مستطیلی بررسی گردید. در این تحقیق ۱۲ نمونه رسوب غیر چسبنده با ابعاد و چگالیهای مختلف در سه شیب ۰,۵، ۱ و ۱,۵ درصد کانال مورد آزمایش قرار گرفتند و یک گراف استخراج شد که می تواند برای تعیین سرعت آستانه حرکت در کانالهای روباز یا مقطع مستطیلی و دارای شیب ملایم مورد استفاده قرار گیرد، همچنین نتایج این تحقیق با سایر روابط تجربی استخراج شده مقایسه گردید.

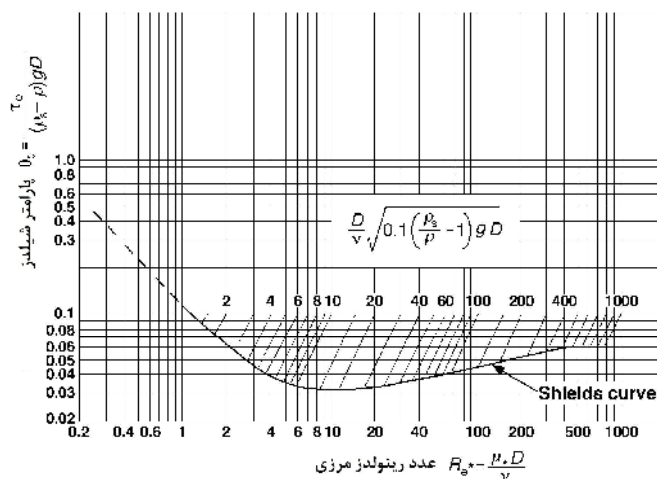
واژه های کلیدی: آستانه حرکت، رسوبات غیر چسبنده، مدل فیزیکی، کانال روباز، مقطع مستطیلی

مقدمه:

جلوگیری کرد. از طرفی بدلیل طبیعت تصادفی حرکت رسوب در طول یک بستر آبرفتی، تعیین دقیق شرایط جریان که در آن یک ذره رسوب به حرکت در خواهد آمد دشوار است.

موضوع رسوب، انتقال آن و مشکلات ناشی از وجود آن در سازه های آبی موضوعی است که سالها مورد مطالعه مهندسين و مورفولوژیست های رودخانه بوده است. لحظه شروع حرکت ذره که اصطلاحاً به آن آستانه حرکت می گویند برای مهندسان هیدرولیک بسیار حائز اهمیت است.

آستانه حرکت در مطالعات انتقال رسوب کانالها و همچنین طراحی آبراهه های پایدار بسیار اهمیت دارد. چرا که در صورت داشتن این شرایط می توان شرایط جریان در سازه را طوری طراحی کرد که از ترسیب ذرات رسوبی



شکل (۱) نمودار شیلدز برای آستانه حرکت (vanoni 1975)

این نمودار بعدها توسط گاورز^۲ (۱۹۸۷) اصلاح گردید (Yang, C.T., 1996).

هیلهستروم^۳ (۱۹۳۵) تحلیل جامعی بر روی داده های بدست آمده از حرکت مصالح یکنواخت را به انجام رساند. به علت مشکل بودن اندازه گیری سرعت کف آبراهه که عامل مستقیم حرکت رسوب است، مطالعه وی بر اساس سرعت متوسط جریان قرار داشت. شکل (۲) روابط بین اندازه رسوب و سرعت متوسط را برای فرسایش، انتقال، و رسوب گذاری ارائه می دهد (Yang, C.T., 1996).

گسلر^۴ (۱۹۶۵) نیز در این زمینه مطالعاتی را انجام داد، وی نشان داد که خط نشان دهنده آستانه حرکت در دیاگرام شیلدز بخصوص برای حالتی که جریان کاملاً در هم و بستر زبر می باشد باید مقداری اصلاح گردد. (Shafai, Bejestan, 1999) بعدها مانند^۵ (۱۹۷۷)، یالین و کاراهان^۶ (۱۹۷۹) و... در این زمینه مطالعاتی را انجام دادند و دیاگرامهایی مشابه دیاگرام شیلدز ارائه دادند. (Paphitis, D., 2001)

در نتیجه این شرایط کم و بیش به تعریف محقق از آستانه حرکت بستگی دارد. حرکت اولیه، حرکت چند ذره، حرکت ضعیف و حرکت بحرانی برخی از عبارات بکار رفته توسط محققین مختلف به عنوان تعریف شرایط آستانه حرکت می باشند. (Shafai Bejestan, 1999) علی رغم این اختلافات در تعریف، پیشرفت زیادی در مطالعه آستانه حرکت، در دو زمینه نظری و عملی صورت گرفته است. مطالعات انجام شده در این زمینه به دو روش تنش برشی و سرعت بحرانی می باشد. شیلدز^۱ اولین شخصی بود که در زمینه روش تنش برشی مطالعات بنیادی انجام داد.

وی بر این باور بود که بیان تحلیلی نیروهای وارد بر یک ذره رسوبی خیلی مشکل است. او تحلیل ابعادی را برای تعیین بعضی پارامترهای بی بعد بکار برد و نمودار مشهورش را برای آستانه حرکت ارائه نمود.

ایرادهای اساسی به نمودار شیلدز وارد است از جمله اینکه متغیرهای وابسته هم در محور طولها و هم در محور عرضها ظاهر می شوند، بر اساس طبیعت مساله متغیر وابسته می تواند تنش برشی بحرانی یا اندازه ذرات باشد.

2 Govers (1987)

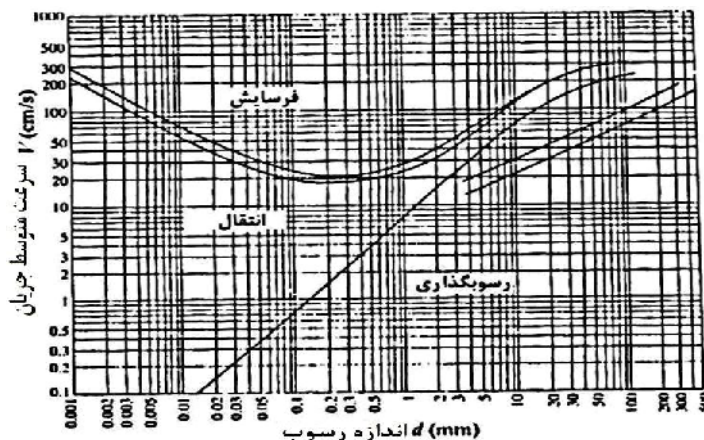
۳ Hilestrom (1935)

4 Gessler

5 - Mantz

6 - Yalin & Karahan

1 -Shields (1936)



شکل (۲) معیارهای فرسایش، ته نشینی برای ذرات یکنواخت (هیستلروم، ۱۹۳۵)

که در آن V_T سرعت آستانه حرکت، G_s چگالی رسوب، d_s اندازه ذرات رسوب، g شتاب ثقل، D عمق جریان، a و m ضرایبی هستند که با استفاده از نتایج آزمایشهای آزمایشگاهی با شرایط جریان آزاد بدست می‌آید. جدول (۱) این ضرائب را نشان می‌دهد.

اما تعدادی از دانشمندان علم هیدرولیک رسوب بجای استفاده از تنش برشی، سرعت جریان را به عنوان مهمترین فاکتور در فرموله کردن آستانه حرکت بکار برده‌اند. روابطی که پیشنهاد گردیده است عمدتاً بر مبنای تجزیه و تحلیل آنالیز ابعادی و استفاده از داده‌های تجربی بوده است. شفاعی بجهستان (۱۹۹۰)^۷ نشان داده است که شکل عمده این روابط را می‌توان به صورت زیر نوشت (Shafai & Bejestan, 1999).

$$\frac{V_T}{[g(G_s - 1)d_s]^{0.5}} = a \left(\frac{D}{d_s}\right)^m \quad (1)$$

جدول (۱) ضرایب a و m در رابطه (۱)

توضیحات	m	a	محقق
بستر کانال	۰,۱۶۷	۱,۴۹	Straub(1953)
بستر کانال	۰,۱	۱,۵۸	Neill(1968)
بستر کانال	۰,۰۹۵	۱,۷۰	Bogardi(1968)
بستر کانال $d_s/D < 0.1$	۰	۲,۲	Shafai bejestan(1990)
بستر کانال $d_s/D > 0.1$	۰,۲۵	۱,۲۳۷	
بستر مجاری بسته مستطیلی	۰,۴	۰,۲۸۷	Nalluri & Ghani(1996)
بستر مجاری بسته دایره‌ای	۰,۴۷	۰,۱۲۵	May(2003)

⁷ - Shafai bejestan

C یک ضریب ثابت معادل $1/35$ می‌باشد. چان⁹ (۱۹۹۴) با استفاده از آنالیز داده‌های تجربی میرل¹⁰ (۱۹۸۸) که حاصل آزمایش بر روی مجاری مستطیلی با بستر نرم و زبر بود، مقدار متوسط $1/53$ را برای ثابت C پیشنهاد داد (Nalluri . C .and.Spaliviero. P , 1998).

قانی¹¹ (۱۹۹۳) با استفاده از آزمایش بر روی رسوبات چسبنده در مجاری دایره‌ای با شرایط جریان آزاد روابط زیر را ارائه نمود (Nalluri . C .and.Ghani. A.b , 1996):

برای لوله‌های با بستر تمیز:

(۴)

$$\frac{V_s}{\sqrt{g(s_s-1)d_{50}}} = 308 C_V^{0.21} D_{gr}^{0.09} \left(\frac{R}{D}\right)^{0.53} \lambda_s^{0.02}$$

(۵)

$$\lambda_s = 1.13 \lambda_0^{0.98} C_V^{0.02} D_{gr}^{0.01}$$

برای لوله‌های با بستر شامل مواد ته‌نشین شده ثابت:

(۶)

$$\frac{V_s}{\sqrt{g(s_s-1)d_{50}}} = 1.18 C_V^{0.16} \left(\frac{wb}{y_0}\right)^{-0.18} \left(\frac{d}{D}\right)^{-0.94} \lambda_s^{-0.31}$$

(۷)

$$\lambda_s = 0.0014 C_V^{-0.04} \left(\frac{wb}{y_0}\right)^{0.34} \left(\frac{R}{D}\right)^{0.24} D_{gr}^{0.54}$$

V_s سرعت خود تنظیفی و یا حداقل سرعتی که در مجرا باید باشد تا ذرات با غلظت C_V ترسیب نشوند. C_V غلظت حجمی رسوب بر حسب ppm ، R شعاع هیدرولیکی، λ_s فاکتور اصطکاک برای جریان شامل رسوب، λ_0 فاکتور اصطکاک برای جریان فاقد رسوب، d قطر متوسط رسوب، wb عرض بستر رسوبی، y_0 عمق متوسط

اکثر مطالعاتی که در بالا عنوان شد عمدتاً مربوط به حالتی است که بستر آبراهه یا کانال رسوبی دارای شیب یکنواخت می‌باشد.

از دیگر روشهای جلوگیری از ترسیب رسوب در مجاری تعیین شرایط خود تنظیفی است. و یا به عبارتی شرایطی است که در آن رسوبات همراه جریان فرصت ته نشینی را ندارند (May. R.W.P et al , 1996). از جمله این مطالعات می‌توان به مطالعات نالوری و همکاران⁸ (۱۹۹۴) اشاره کرد. آنها رابطه‌ای برای حد ته‌نشینی بار بستر بر پایه داده‌های وسیعی که برای مجاری مستطیلی تحت شرایط جریان آزاد وجود داشت پیشنهاد کردند، این رابطه هم برای مجاری تمیز که فاقد رسوبات ته‌نشین شده می‌باشند و هم در مجاری با بستر شامل رسوبات ته‌نشین شده ثابت، کاربرد دارد، این رابطه به شرح زیر است (Nalluri . C .and.Spaliviero. P , 1998):

(۲)

$$\frac{V_s}{\sqrt{g(s-1)d_{50}}} = 1.94 C_V^{0.165} \left(\frac{b}{y_0}\right)^{0.4} \left(\frac{d_{80}}{D}\right)^{-0.57} (66 \lambda_s^{1.49})^{0.19}$$

(۳)

$$\lambda_s = 0.88 C_V^{0.01} \left(\frac{b}{y_0}\right)^{0.03} \lambda^{0.94}$$

V_s سرعت حد ته نشینی، g شتاب ثقل، $s = \rho_s / \rho$ چگالی ویژه رسوب، ρ جرم مخصوص آب، ρ_s جرم مخصوص رسوب، C_V غلظت حجمی رسوب در مقیاس ppm ، b عرض بستر، y_0 عمق آب، d_{50} اندازه متوسط رسوب، D قطر لوله، λ_s و λ ضریب اصطکاک دارسی و بسبب به ترتیب برای جریانهای رسوب دار و جریانهای فاقد رسوب می‌باشند.

در مجاری دایره‌ای به جای b عرض بستر باید $0.5 \times D$ جایگزین شود و برای مجاری مستطیلی به جای D قطر مجرای دایره‌ای پارامتر $c \times b$ جایگزین می‌شود که

⁹ -chane

¹⁰ - Mayerl

¹¹ - Ghani

⁸ - Nalluri .et. all

و همکاران (۱۹۹۶) مقدار ۰,۴۵ را برای این ضریب جهت طراحی لوله‌ها بکار برده بودند (May . R.W.P, 2003). هدف اصلی این تحقیق بررسی شرایط شرایط آستانه حرکت رسوبات غیر چسبنده با ابعاد و چگالیهای متفاوت در یک کانال روباز با مقطع مستطیلی و دارای شیب ملایم و مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج دیگر محققین میباشد.

آنالیز ابعادی:

برای رسیدن به اهداف این تحقیق ابتدا لازم است تا رابطه کلی برای تعیین شرایط آستانه حرکت استخراج گردد. از این رو از آنالیز ابعادی استفاده می‌شود. از پارامتر سرعت در آنالیز استفاده می‌شود. بنابراین چنانچه V_T سرعت جریان در آستانه حرکت در مجاری بسته باشد، می‌توان نوشت:

(۱۲)

$$f(V_T, \rho, \rho_s - \rho, y, b, d_s, S, g, \mu) = 0$$

V_T سرعت آستانه حرکت ذره رسوب، ρ جرم واحد حجم آب، $\rho_s - \rho$ جرم واحد حجم مستغرق ذره، y عمق آب، b عرض کانال که در این تحقیق مقدار آن ثابت در نظر گرفته شد، d_s قطر متوسط ذرات رسوب، S شیب کانال، g شتاب ثقل زمین، μ ضریب دینامیکی آب می‌باشد. با بکار بردن تئوری باکینگهام و انتخاب سه پارامتر V_T ، d_s و g بعنوان سه متغیر تکراری، رابطه (۱۲) را می‌توان به رابطه بدون بعد به صورت زیر تبدیل نمود.

(۱۳)

$$\frac{V_T}{\sqrt{g(G_s - 1)d_s}} = f_2\left(\frac{d_s}{y}, S, R_e\right)$$

در این رابطه G_s چگالی نسبی ذرات رسوبی، $\frac{d_s}{y}$ نسبت اندازه ذره به بعد عمق جریان که بیشتر به زبری نسبی معروف می‌باشد S شیب کانال و R_e عدد رینولدز

جریان، D قطر لوله، s_s چگالی نسبی رسوب، g شتاب ثقل، D_{gr} پارامتر بی‌بعد که نماینده اندازه ذره بوده و به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$D_{gr} = \left(\frac{d(G_s - 1)g}{v^2}\right)^{1/3}$$

(۸)

جدیدترین تحقیق توسط می^{۱۲} در سال ۲۰۰۳ در زمینه ته نشینی رسوب در سیفون معکوس انجام گرفت. آزمایشهای وی جهت تعیین کوچکترین سرعت برای جلوگیری از ته‌نشینی رسوب در شیب‌های معکوس و لوله‌های عمودی انجام شد. وی ۱۰۷ آزمایش مجزا با غلظت های مختلف رسوب، اندازه ذرات و زاویه شیب لوله انجام داد. وی دو نمونه رسوب ماسه و شن با اندازه های متوسط ۰,۷۸ و ۴,۳ میلی متر را در شیب‌های ۰, ۱۵، ۲۲/۵، ۳۰، ۳۷/۵، ۴۵، ۶۰ و ۹۰ مورد آزمایش قرار داد و روابط زیر را ارائه داد. شیب لوله هم در شن و هم در ماسه اثر مشابهی بر روی مقدار کوچکترین سرعت خودتنظیمی داشت. (May . R.W.P, 2003)

(۹)

$$C_V = (0.03030169 \sin \theta) \left(\frac{4}{\pi}\right) \left(\frac{d_{50}}{D}\right)^{0.06} \left(1 - \frac{\sigma V_T}{V_s}\right) \left[\frac{V_s^2}{g(G_s - 1)D \cos \theta}\right]^{3/2}$$

$$V_T = 0.125 \sqrt{g(G_s - 1)d_{50}} \left(\frac{D}{d_{50}}\right)^{0.47} \quad (10)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\{\sin \theta + \mu \cos \theta\}}{\mu}} \quad (11)$$

C_V غلظت حجمی رسوب بر حسب ppm ، θ شیب لوله، d_{50} قطر متوسط ذرات رسوب، D قطر لوله، فاکتور σ مربوط به اثر شیب لوله، V_T سرعت متوسط آستانه حرکت ذرات رسوب در لوله افقی، V سرعت خود تنظیمی g شتاب ثقل زمین، S چگالی ذرات رسوب و μ ضریب اصطکاک موثر بین رسوب و جدار لوله می‌باشد (ایکرز

¹³ - Ackers, et al.

¹² - May

ذره می باشد. پارامتر بی بعد $\frac{V_T}{\sqrt{g(G_s - 1)d_s}}$ به عدد پایداری ذره در آستانه حرکت معروف است و در اینجا به SN_T نشان داده می شود. [۱۵] با توجه به اینکه در آزمایشهای این تحقیق عدد رینولدز ذره بسیار بزرگتر از حد بستر زبر می باشد لذا می توان به استناد مطالعات شیلدز از اثر آن صرفنظر کرد (Shafai Bejestan, 1999). در این صورت رابطه (۱۳) به رابطه (۱۴) تبدیل می شود:

$$\frac{V_T}{\sqrt{g(G_s - 1)d_s}} = f_2\left(\frac{d_s}{y}, S\right) \quad (14)$$

مواد و روشها:

رابطه (۱۴) رابطه کلی بدون بعد برای شرایط آستانه حرکت می باشد. برای برقراری رابطه خاص نیاز به داده‌های آزمایشگاهی می باشد از این رو یک مدل آزمایشگاهی از یک کانال روباز با مقطع مستطیلی مهیا گردید. مدل شامل سیستم جریان رفت و برگشتی می باشد. بدین شکل پس از عبور آب از کانال و داخل شدن آن به مخزن دوباره توسط یک پمپ آب به ورودی کانال پمپاژ شده و از آنجا به درون کانال هدایت می گردد. قبل از ورود

جریان به کانال تنظیم دبی توسط یک شیر تنظیم دبی که در مسیر جریان واقع شده است کنترل می گردد. مقطع اصلی مدل، کانالی با سطح مقطع ۸ cm در ۸ cm و طولی معادل ۱۶۰ cm می باشد. جنس این کانال، پلکسی گلاس و به ضخامت ۱ cm می باشد یک صفحه فلزی بسیار نازک به صورت کشویی در داخل این مقطع قرار می گیرد. این صفحه فلزی پس از قرار گرفتن رسوب روی آن داخل مقطع جایگزین می شود. هدف از این کار تسهیل در جایگذاری مصالح در کف کانال می باشد. آب از پمپ به قسمت ورودی مدل منتقل می شود. مقدار جریان ورودی قبل از وارد شدن به مدل از طریق شیر تنظیم دبی جریان کنترل می شود. در انتهای کانال سرریز مستطیلی شکل وجود دارد که وظیفه اندازه‌گیری جریان را به عهده دارد. آب پس از عبور از سرریز وارد مخزن می شود. مصالح مورد استفاده در این آزمایشات به دو دسته طبیعی و مصنوعی تقسیم بندی می شود. مصالح طبیعی عمدتاً از ماسه های ریخته گری شرکت چپروک طبس و مصالح موجود در آزمایشگاه بوده است. مصالح مصنوعی نیز شامل مصالحی از جنس P.V.C، پلی اتیلن و پلاستیک که دارای چگالی بزرگتر از یک می باشند.. مشخصات مصالح یاد شده به شرح جدول (۲) می باشد.



شکل (۳) الف) نمایی از کانال آزمایش، ب) اهرم تنظیم کننده شیب کانال

جدول (۲) مشخصات مصالح مورد استفاده در آزمایش

ردیف	ds (mm)	Gs	
۱	۰,۲۲۵	۲,۶۵	۲۹
۲	۰,۳۶۲	۲,۶۵	۲۹
۳	۰,۵۱۲	۲,۶۵	۲۹
۴	۰,۶۲۵	۲,۶۵	۲۹
۵	۰,۶	۲,۶۴	۳۲
۶	۰,۷۶	۲,۶۴	۳۲,۵
۷	۱,۰۱۵	۲,۶۴	۳۳
۸	۱,۱۹	۲,۶۴	۳۳,۵
۹	۳,۱۸	۱,۴۷	۳۰
۱۰	۳,۱۸	۱,۶۴	۳۰
۱۱	۳,۱۸	۱,۶۸	۳۰
۱۲	۴,۳۷۵	۱,۶۸	۳۰,۵

کنترل شده و اشل سرریز قرائت می‌شود. پس از اینکه شرایط تا مدتی ثابت باقی ماند مقدار جریان ورودی کمی زیاد شده و مراحل قبل تکرار می‌گردد تا اینکه شرایط شروع حرکت ذرات رسوب مشاهده گردد که در این تحقیق شروع حرکت ذره یا آستانه حرکت ذره، شروع حرکت بدون توقف ذرات به عنوان ملاک آستانه حرکت ذره در نظر گرفته شده است. پس از ثبت شرایط آستانه حرکت باز هم آزمایش را ادامه داده و وضعیت حرکت رسوب را مورد بررسی قرار می‌دهیم در حین آزمایش چندین مرتبه مقدار دبی مدل و سطح آب بالادست کنترل می‌گردد تا احياناً تغییر نکرده باشد. پس از اتمام آزمایش رسوب باقی مانده بر روی صفحه فلزی خارج می‌گردد. مقداری از رسوبات نیز وارد مخزن شده که پس از جمع آوری خشک و برای انجام آزمایشات مرحله بعد آماده می‌شوند. مراحل فوق برای تمامی مصالح رسوب انجام می‌گردد. پس از اتمام هر آزمایش شیب کانال

در جدول بالا d_s اندازه متوسط ذرات می باشد، G_s چگالی ذره رسوب و ϕ زاویه ایستایی می باشد.

نحوه انجام آزمایشات:

مواد رسوبی مشروحه در جدول (۲) در سه شیب ۰,۰۰۵، ۰,۰۱ و ۰,۰۱۵ مورد آزمایش قرار گرفتند. قبل از انجام هر مرحله ابتدا مقطع اصلی مدل در زاویه یا شیب مورد نظر قرار گرفته و مواد رسوبی به ضخامت حدود ۱ سانتی متر بر روی صفحه کشویی قرار داده شده، سپس صفحه کشویی در درون کانال جاسازی می‌گردد.

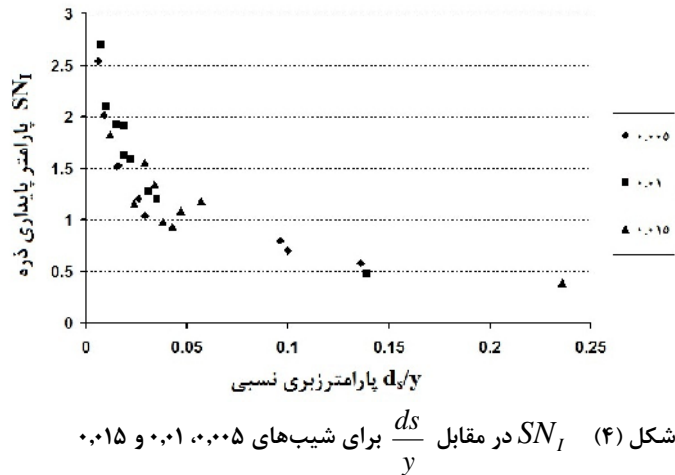
پس از آماده شدن مدل، شیر قطع و وصل جریان به آرامی باز شده و سپس با شیر تنظیم، دبی آن کنترل گردیده و آب آرام آرام وارد مدل می‌شود. به وسیله شیر تنظیم دبی جریان، جریان آب آرام آرام زیاد شده، سپس شرایط تا مدتی ثابت باقی می‌ماند و در این فاصله زمانی سطح آب خروجی

می شود. این آزمایشها ادامه یافته تا سه نوع شیب مورد آزمایش قرار گیرند.

تغییر می کند تا مقطع اصلی در شیب دیگری قرار گیرد. آنگاه کلیه مراحل فوق مجدداً برای کلیه مصالح رسوبی انجام

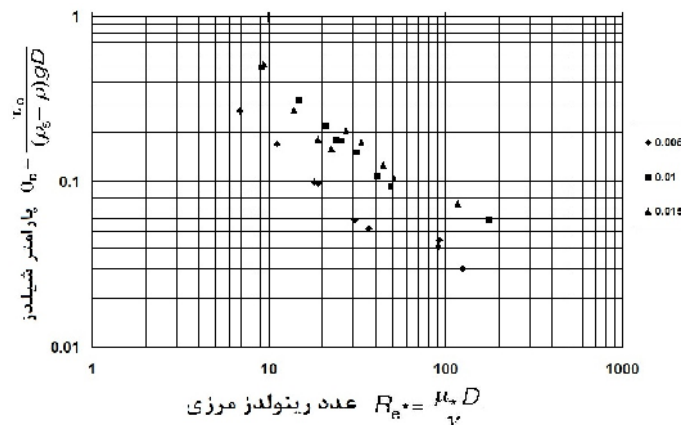
نتیجه گیری:

با توجه به نتایج آزمایش و رابطه (۱۴) نمودار زیر استخراج گردید.



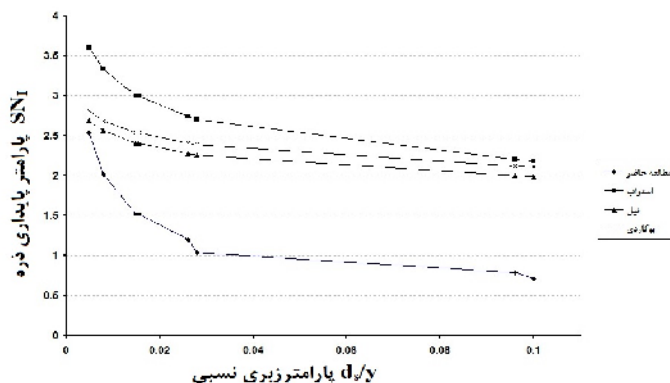
شیب زیر بحرانی بوده و تقریباً هر سه شیب کاملاً ملایم می باشند و شاید محسوس نبودن تاثیر شیب به این دلیل باشد، هر چند در شکل (۵) تا حدودی می توان تاثیر شیب رادر نتایج مشاهده نمود. با توجه به نتایج حاصل از آزمایشات پارامتر شیلدز و عدد رینولدز برشی استخراج و در نمودار شکل (۵) ترسیم شده اند.

در این نمودار پارامتر پایداری ذره در مقابل پارامتر زبری نسبی برای شیب های 0.005 ، 0.01 و 0.015 ترسیم شده است، همانطور که ملاحظه می گردد پارامتر پایداری ذره با افزایش پارامتر زبری نسبی ابتدا به سرعت کاهش یافته و سپس روند کاهش یافتن به آرامی صورت می گیرد، این روند برای سه شیب کاملاً مشابه است اما در این شکل تاثیر شیب بستر محسوس نیست. رژیم جریان در این سه



انجام شده است). استفاده از مصالح مصنوعی و طبیعی، متفاوت بودن شرایط جریان و شرایط آزمایش می باشد. در شکل (۶) نتایج حاصل از این تحقیق در شیب ۰,۰۰۵ با نتایج حاصل از روابط تجربی سایر محققین که بر اساس محور سرعت بحرانی انجام شده است، مقایسه شده است.

با مقایسه شکل (۱) و شکل (۵) مشاهده می شود اختلاف زیادی بین نتایج این تحقیق و دیاگرام شیلدز می باشد که شاید از دلایل اصلی آن تعریف آستانه حرکت، تفاوت محور دو مطالعه (مطالعات شیلدز بر اساس محور تنش برشی و مطالعه حاضر بر اساس محور سرعت بحرانی



شکل (۶) مقایسه نتایج این تحقیق در شیب ۰,۰۰۵ با نتایج حاصل از روابط تجربی استراب، نیل و بوگاردی

این زمینه ارائه گردیده و حتی الامکان نتایج با مطالعات با بستر با شیب معمولی و یکنواخت مقایسه گردد.

۳ با توجه به هزینه بالای ساخت کانالهای آبرسانی پیشنهاد می شود این سازه ها ابتدا مدل شده و مساله رسوب و رفتار آن به صورت دقیق تحقیق و بررسی شود چرا که بدین وسیله می توان از هزینه های هنگفت نگهداری سازه و تخلیه رسوبات آن جلوگیری نمود.

۴ مطالعات بیشتری برای کاهش هزینه های ناشی از تخلیه رسوبات در سازه ها انجام پذیرد.

قدردانی:

این مقاله برگرفته از نتایج طرح پژوهشی با همین عنوان در دانشگاه بیرجند بوده که بدین وسیله از دانشگاه بیرجند و دانشکده کشاورزی که امکانات انجام این طرح تحقیقاتی را فراهم نمود تشکر و قدردانی می گردد.

همانطور که در شکل مشاهده می شود اختلاف بسیار کمی بین نتایج این تحقیق و نتایج سایر محققین می باشد از دلایل اصلی این اختلافات تعاریف متفاوت آستانه حرکت در بین محققین، متفاوت بودن شرایط جریان و شرایط آزمایش می باشد

پیشنهادات:

۱ تاثیر شیب بر روی حرکت ذرات و فرسایش رسوبات به صورت جامع تری مورد مطالعه و تحقیق قرار گیرد.

۲ مطالعات گسترده تری در زمینه شروع حرکت و فرسایش، انتقال و رسوبگذاری رسوبات در آبراهه ها و کانالهای با بستر با شیب تند انجام پذیرد و دیاگرام هایی در

منابع:

1. Desutter.R.and.Roshforth.P.J.and.Tait.S.J.and.Huygens.M.and.Verhoeven.and.Saul.A.J ,(2000) ,“*The erosion of cohesive mixed deposits : implications for sewer flow quality modeling.*” Urban water 2,pp 285-294.
2. Dey . S, (2002),“*Incipient motion of gravel and coal beds.*” sadhana vol .27 ,part.5 , pp.559-568. Dey . S ,(1999) , “*Sediment threshold.*”, Applied. Mathematical. Modeling 23 , pp 399-417
3. Hrisanthou. V .and. Hartmann .S ,(1998), “*measurement of critical shear stress in sewer.*” Journal of water . Res , Vol 32 , No 7 , PP 2035-2040.
4. Lenzi. M.A..and.Agostino.V.Billo.P,(1999) “*Bed load transport in instrument catchment of the Riocondon.*”catena 36, pp 171-190
5. May . R.W.P, (2003) ,“*preventing sediment deposition in inverted sewer siphons .*” Journal of Hydraulic Engineering ,ASCE, April.pp.283-290.
6. May . R.W.P.and. Ackers.C.J.and.Butler.D.and.John.s , (1996), “*Development of design methodology for self-cleansing.*” wat . sci . tech . vol .33 No .9 ,pp .195 – 205 .
7. Nalluri . C, El_Zaeme .A.K. and .H.L.Chan ,(2002),“*sediment transport over fixed deposited beds in sewers _An.Appraisal of existing models.* ”,wat.sci.tech,vol.36,no.8_9,pp123_128 .1997 ress “ Journal of hydraulic Research , vol . 40, No5 ,pp.123 – 128.
8. Nalluri . C .and.Ghani. A.b , (1996), “*Design options for Self_ cleansing storm sewers.*” wat . sci . tech . vol .33 No .9 ,pp .215 – 220 .
9. Nalluri . C .and.Spaliviero. P , (1998)“*Suspended sediment transport in rigid boundary channels at limit deposition.*” wat . sci . tech . vol .37 No .1 ,pp .147 – 154 .
10. Paquier . A ,(2002), “*River bed deformation calculated from boundary shear stress .*” Journal of Hydraulic Resaerch ,vol.40,No.5.pp.603 – 609.
11. Paphitis . D, (2001) , “*sediment movement under unidirectional flows; an assessment of empirical threshold curves.*” coastal Engineering 43.pp 227-245 .
12. parker . G, (2002), “*Bed load at low shields stress on arbitrarily sloping beds : Failure of Bagnold hypthesis.*” Journal of water Resource Research , Vol .38 , No .11 , 1249.
13. Shafai Bejestan, M. (1990). " Critical stability number in rock lined channels." Iran Agricultural Research, vol.9, Shiraz university, pp:121-138.
14. Shafai Bejestan, M.(1999). Sediment hydraulic.shahid chamran university. Second edition (In Farsi)
15. Vongvisessomjai . N, (2002), “*Determination of sediment Deposit in waste water collecting sewers of samut prakarn processes and networks .*”paris ,france.
16. Yuan . C Fan , (1998), “*sewer sediment control : overview of an epa wet – weather flow research program.*” Epa .600 .j.03 . 18
17. Yang, C.T. (1996) Sediment transport: Theory and practice. McGraw-Hill, New York, NY.

Study of the conditions of incipient motion of non cohesive sediment in open channel flow with rectangular section and milled slop

Khozeime Nejad Hossein¹, Shafai Bejestan Mahmood²

¹. Phd student of department of hydraulic structures , Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran.

²Department of hydraulic structures, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran.

ABSTRACT

Deposition of sediment inside the conduit structures reduces the flow cross section area and increase the flow roughness which causes reduction of flow discharge passing through the conduit. Among the methods in which can be achieved such goals is to design the structure in such a way that the flow velocity to be greater than incipient motion velocity. A lot of work has been recently done to determine the conditions of incipient motion velocity in bed with usual and deep slope .All of these studies have been done on natural sediment with 2.65 densities. This research studies conditions of incipient motion velocity in open channel flow with rectangular section by using physical modeling and dimensional analysis. In this study 12 non-sticky sediment specimens with different dimensions and density in .5%, 1% and ۱,۵% slope have been tested. One graph was drown that can be used for determining of incipient motion in open channel and rectangular section; the findings of this study were also compared with other experimental relation.

Key words: Incipient motion, non cohesive sediment, physical model, open channel, rectangular section