



تعیین شرایط هیدرولیکی تخلیه رسوب (چسبنده و غیر چسبنده) از مجاری تحت فشار با استفاده از موج مثبت پائین دست

محمد جواد نصرافهانی^۱، کاوه حکمت^۲، محمود شفاعی بچستان^۳

۱- کارشناس ارشد سازه های آبی سازمان آب و برق خوزستان

۲- کارشناس ارشد سازه های آبی

۳- استاد دانشکده مهندسی آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

nasr384@yahoo.com

خلاصه

از بزرگترین مشکلات بهره برداری و مراقبت از سازه های انتقال آب از جمله سازه های با مقطع مربع شکل که به صورت پر و تحت فشار عمل می کنند می توان به ترسیب مواد حمل شده در بستر این سازه ها اشاره کرد. یکی از این سازه ها سیفون معکوس^۴ می باشد که به دلیل اینکه در بیشتر موارد سیفون با ظرفیتی کمتر از ظرفیت طراحی کار می کند در معرض رسوب گذاری قرار می گیرد. چرا که این مسأله موجب کاهش سرعت جریان عبوری می شود. با توجه به محدود بودن روشهای تخلیه رسوب از سازه های فوق لازم است مطالعات بیشتری جهت یافتن روشهای نوین در این مورد صورت پذیرد. در این مقاله روش جدیدی جهت تخلیه رسوبات غیر چسبنده و چسبنده از مجاری باکس شکل (موردی سیفون معکوس) و با استفاده از موج ناگهانی با موج مثبت پائین دست (شکست سد) بررسی و معرفی خواهد شد. در این روش حجم آب به طور ناگهانی و به صورت موج وارد مجرا شده و باعث شسته شدن رسوبات و انتقال آنها به منتهی الیه مجرا می شود. برای بررسی عملکرد این روش، آزمایشهای متعددی با چهار نمونه رسوب غیر چسبنده و سه نمونه رسوب چسبنده و تحت شرایط هیدرولیکی مختلف انجام گرفت که نتایج آن به صورت منحنیهای می گردد.

کلمات کلیدی: سیفون معکوس، موج ناگهانی، رسوبات چسبنده و غیر چسبنده، فلاشینگ

مقدمه

حمل رسوبات از جمله ویژگیهای طبیعی رودخانه ها می باشد. مواد حمل شده رسوبی به طبیعت از شرایط هیدرولیکی جریان و مشخصات توپوگرافی رودخانه ها، ته نشین می شوند. مواد رسوبی بطور عمده به دو دسته زیر تقسیم می شوند:

۱- رسوبات چسبنده (یا ریز دانه)

۲- رسوبات غیر چسبنده (یا درشت دانه)

رسوبات چسبنده و رسوبات غیر چسبنده از نظر خواص فیزیکی و شیمیایی تفاوتهای زیادی با یکدیگر دارند. چنانچه یک دانه درشت شن را هزاران بار تقسیم کنیم تا هر دانه بدست آمده، کوچکتر از ذرات رس شود، خواص خود را حفظ می کند و رفتار آن کاملاً با رفتار رسوبات چسبنده متفاوت خواهد بود. در نتیجه مشخص است که علاوه بر اندازه ذرات، عوامل مهمتری از جمله کانی رس، مواد آلی، درصد رطوبت، ترکیبات فیزیکی و شیمیایی آب و... در شکل گیری خواص و بروز تفاوتهای رفتاری رسوبات چسبنده و غیر چسبنده مؤثرند. رسوبات بوسیله جریان حمل می شوند و قسمتی از این رسوبات، توسط جریان به کانالها و سازه هایی که در مسیر قرار دارد منتقل می شوند. هنگامی که سرعت جریان از سرعت آستانه حرکت رسوبات کمتر شود، ذرات معلق ته نشین خواهند شد. این پدیده باعث ایجاد مشکلات فراوانی در سازه های موجود در مسیر می گردد. یکی از مهمترین سازه هایی که در مسیر کانالها طراحی و اجرا می شود سیفون معکوس (یا وارونه) است. از این سازه برای انتقال آب از زیر جاده، رودخانه، راه آهن، کانال و دره استفاده می شود. در بیشتر موارد، سیفونها با ظرفیتی کمتر از ظرفیت طراحی خود کار می کنند که این امر باعث پایین آمدن سرعت گردیده و هنگامی که سرعت جریان از سرعت آستانه حرکت رسوبات کمتر شود، پدیده ته نشینی اتفاق می افتد. در نتیجه ته نشینی رسوبات، ظرفیت سیفون کمتر شده و ادامه این روند ممکن است منجر به واپس زدگی جریان در کانال بالادست و در شرایط حاد، باعث مسدود شدن جریان گردد. هدف اصلی

^۱ کارشناس ارشد سازه های آبی سازمان آب و برق خوزستان

^۲ کارشناس ارشد سازه های آبی

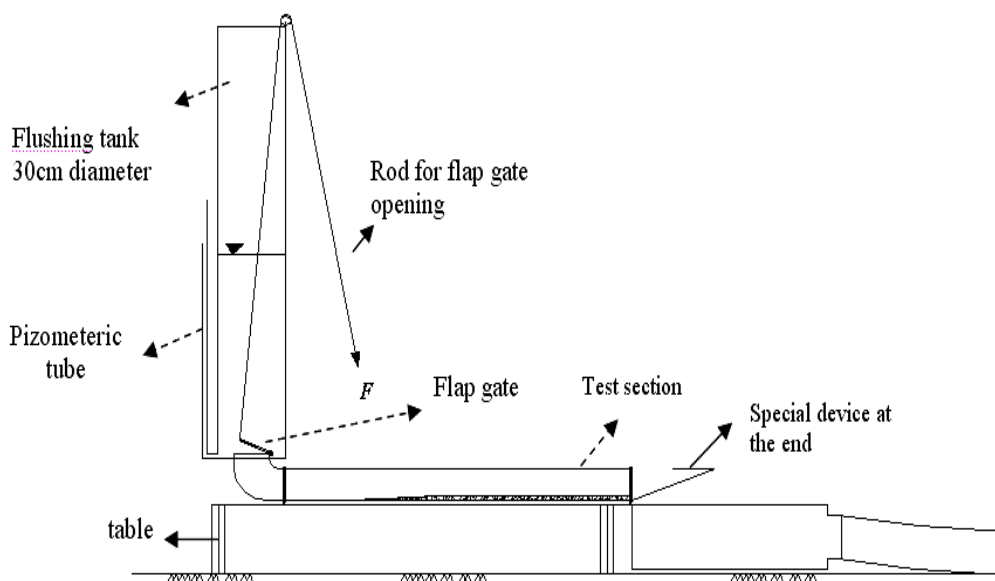
^۳ استاد دانشکده مهندسی آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

^۴ Inverted siphon

در این مقاله، بررسی چگونگی شستشوی رسوبات اعم از چسبنده و غیر چسبنده از مجرای افقی سیفون معکوس با استفاده از ایجاد یک یا چند موج ناگهانی (سیکل موجهای ناگهانی) و بررسی و مقایسه شرایط هیدرولیکی آنها با یکدیگر می باشد. مشخص است که این موج باید از انرژی زیادی برای غلبه بر وزن ذرات و نیروهای بین ذره ای برخوردار باشد.

۱- مواد و روشها

همانطور که اشاره گردید هدف اصلی در این مقاله بررسی شستشوی رسوبات ته نشین شده درسیفون معکوس توسط ایجاد موج ناگهانی و تعیین پارامترهای هیدرولیکی مؤثر بر این روش می باشد. رسیدن به این هدف مستلزم ساختن مدل فیزیکی می باشد. قسمتهای مختلف مدل ساخته شده شامل: مخزن اصلی ذخیره آب، استوانه مدرج (مانومتر)، دریچه، اهرم، قرقره، زانوی ۹۰ درجه، صفحه فلزی، مقطع اصلی، بازوی خروجی سیفون، مخزن خروجی و هیدروفلوم می باشد. شکل ۱، اجزاء مدل آزمایشگاهی مورد استفاده در این تحقیق را نشان می دهد.



شکل ۱: اجزاء مدل آزمایشگاهی مورد استفاده

مصالح مورد استفاده در این تحقیق چهار نمونه مواد رسوبی غیر چسبنده، شامل ماسه تا شن ریز و سه نمونه مواد رسوبی چسبنده می باشد. برای تهیه مصالح یکنواخت غیر چسبنده از الکهای استاندارد (ASTM) استفاده گردید. مصالح مورد استفاده در چهار اندازه مختلف بوده، که هر اندازه، مصالح مانده بین دو الک متوالی استاندارد می باشد. جدول ۱ مشخصات مصالح غیر چسبنده را نشان می دهد.

جدول ۱: مشخصات رسوبات غیر چسبنده

ردیف	نمونه رسوب	d_{50} (mm)	G_s	ϕ
۱	a	۰/۷	۲/۶۵	۲۹
۲	b	۱	۲/۶۵	۲۹
۳	c	۲	۲/۶۵	۳۰
۴	d	۳/۳	۲/۶۵	۳۰

در این جدول d_{50} اندازه متوسط ذرات، G_s چگالی ذره رسوب و ϕ زاویه ایستائی می باشد.

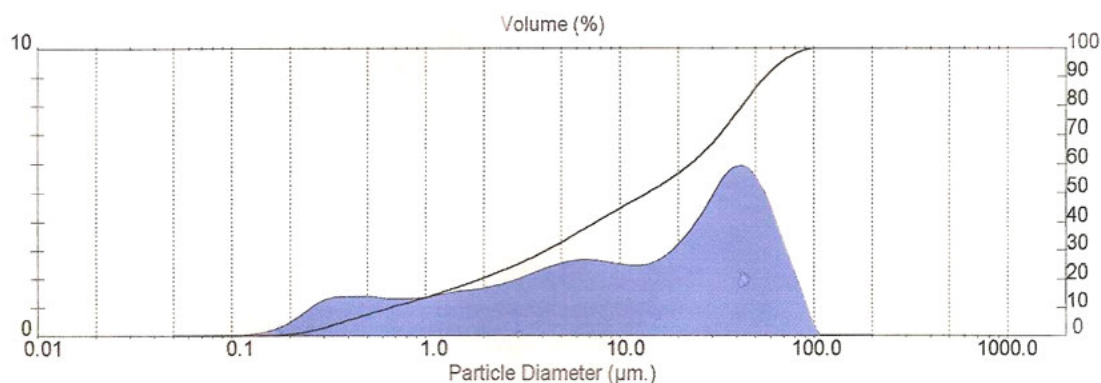


به رسوباتی چسبنده گفته می شود که بین ذرات آن پیوند^۱ و چسبندگی^۲ وجود داشته باشد. ماده اصلی یک رسوب چسبنده کانیهای رس است. میزان چسبندگی بستگی به اندازه، نوع و مقدار نسبی ذرات مختلف رسوب و نیز کانیهای رس دارد. چنانچه ۸۰ تا ۹۰ درصد یک خاک رسوبی از الک ۰/۰۷۵ میلیمتر (الک شماره ۲۰۰) کوچکتر باشد، فقط وجود ۵ تا ۱۰ درصد رس کافی است که به این رسوب نام چسبنده داده شود. شناسایی خواص رسوب چسبنده مستلزم انجام آزمایش های فراوانی است. در این تحقیق آزمایش های دانه بندی، حدود اتبرگ و SAR بر روی نمونه ها صورت پذیرفت که نتایج آن در جدول شماره ۲ آورده شده است.

جدول (۲): نتایج آزمایشات حدود اتبرگ و SAR بر روی نمونه ها

ردیف	نمونه رسوب	LL	PL	Pi	SAR	%CLAY
۱	A	۲۵,۹	۱۷,۹	۸	۸,۳۲	۲۰,۳۲
۲	B	۴۴,۵	۲۳,۶	۲۰,۹	۲۴,۲۷	۳۰,۲۱
۳	C	۴۹,۶	۲۵,۸	۲۳,۸	۴۶,۶	۲۳,۲۴

جهت دانه بندی رسوبات چسبنده از دستگاه دانه بندی لیزری^۳ استفاده گردید. این دستگاه ساخت شرکت مالورن^۴ می باشد که برای دانه بندی ذرات با استفاده از اشعه لیزر طراحی و ساخته شده است. شکل ۲ منحنی دانه بندی نمونه A مورد آزمایش را نشان می دهد.



شکل ۲: منحنی دانه بندی نمونه A

۲- نحوه انجام آزمایشات

مراحل انجام آزمایشات بدین صورت است که ابتدا بر روی صفحه فلزی رسوبات با ضخامت ۱ سانتی متر قرار می گیرد. آنگاه این صفحه به آرامی درون مقطع اصلی کشو می شود. سپس بازوی خروجی به مقطع اصلی متصل می گردد. بعد از متصل کردن بازوی خروجی، ارتفاع آب درون مقطع اصلی و یا عمق پایاب تنظیم می شود. در طول هر آزمایش این عمق ثابت نگه داشته می شود و برای دو عمق پایاب صفر و ۷/۵ سانتی متر آزمایشها انجام می گیرد. سپس ارتفاع آب درون مخزن اصلی با اضافه کردن جریان آب به آن تنظیم می گردد. آزمایشها از ارتفاع ۱۵ سانتی متر شروع شده و به طور متوالی ۵ سانتی متر به آن افزوده شده تا حداکثر به ارتفاع ۶۰ سانتی متر برسد. پس از تنظیم آب مخزن اصلی، دریچه رابا استفاده از اهرم سریعاً باز کرده تا آب موجود در مخزن اصلی به صورت موج ناگهانی وارد مقطع اصلی گشته و باعث جابجا شدن رسوبات گردد. آنگاه مقدار جابجائی رسوبات از ابتدای

^۱ Bond

^۲ Cohesion

^۳ Mastersizer

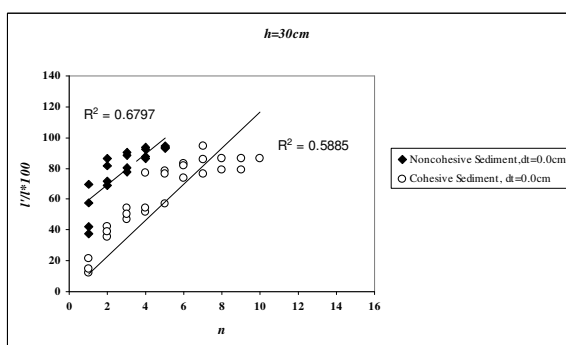
^۴ Malvern



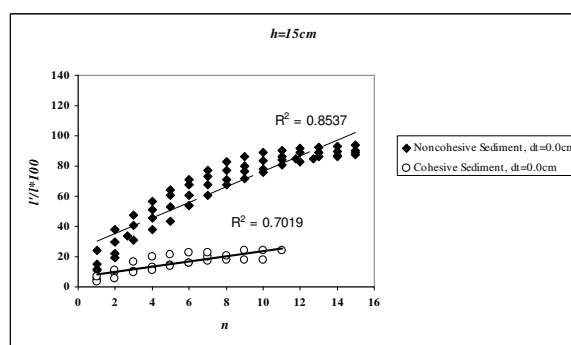
سیفون یادداشت می گردد. به منظور بررسی اثر تکرار فلاشینگ بر میزان جابجائی رسوب، همین آزمایش با برقراری مجدد هد در مخزن اصلی و تنظیم مجدد عمق پایان، تکرار می شد. معمولاً تکرار هر آزمایش آنقدر ادامه می یافت تا رسوب جابجا شده به ۹۵ درصد طول اولیه سیفون می رسید. سپس همین آزمایشها با تغییر هد در مخزن اصلی تکرار می گردید. پس از اتمام آزمایشها برای چهار نوع رسوب غیر چسبنده و عمق پایاب صفر، همین آزمایشها برای عمق پایاب ۷/۵ سانتی متر تکرار گردید. در مورد رسوبات چسبنده، قبل از تنظیم ارتفاع آب درون مخزن اصلی، به مدت ۲۴ ساعت آب را درون مقطع افقی بر روی رسوبات قرار داده شد تا به حالت اشباع درآیند، سپس تمام مراحل فوق انجام گردید.

۳- نتایج و بحث:

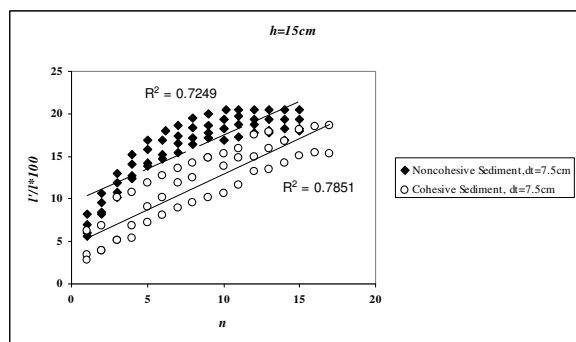
داده های استخراج شده در این تحقیق را می توان به صورت نمودارهای مختلفی ارائه کرد. به عنوان مثال می توان درصد جابجائی رسوبات را به ازاء هر بار فلاشینگ نشان داد. بعلت کثرت تعداد شکلها تنها نتایج مربوط به هدهای ۱۵، ۳۰ و ۶۰ سانتی متر و برای عمق پایاب صفر و ۷/۵ سانتی متر و برای نمونه های رسوبات غیر چسبنده و چسبنده نشان داده می شود.



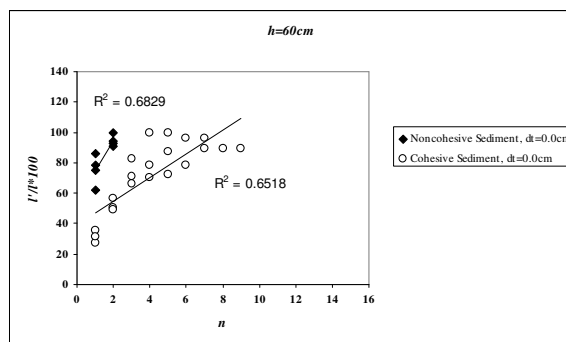
شکل(۴): درصد جابجائی رسوبات با هد ۳۰ سانتی متر و عمق پایاب ۰/۰۰ سانتی متر



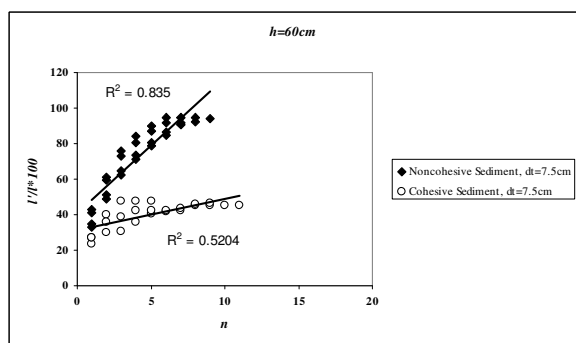
شکل(۳): درصد جابجائی رسوبات با هد ۱۵ سانتی متر و عمق پایاب ۰/۰۰ سانتی متر



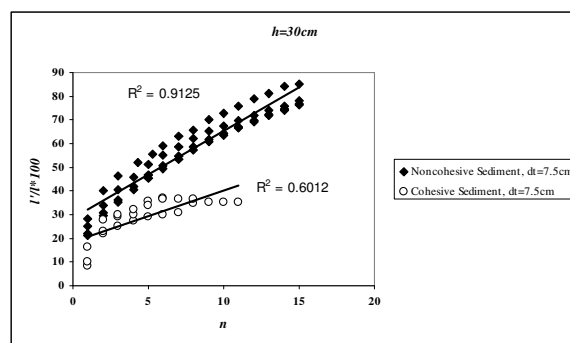
شکل(۶): درصد جابجائی رسوبات با هد ۱۵ سانتی متر و عمق پایاب ۷/۵ سانتی متر



شکل(۵): درصد جابجائی رسوبات با هد ۶۰ سانتی متر و عمق پایاب ۷/۵ سانتی متر



شکل (۸): درصد جابجائی رسوبات با هد ۶۰ سانتی متر و عمق پایاب ۷/۵ سانتی متر



شکل (۷): درصد جابجائی رسوبات با هد ۳۰ سانتی متر و عمق پایاب ۷/۵ سانتی

شکل های ۳ الی ۸ درصد جابجائی طولی را برای رسوبات چسبنده و غیر چسبنده نشان می دهند. همانطور که از این شکل ها پیداست میزان جابجائی طولی برای رسوبات غیر چسبنده در دو حالت عمق پایاب ۰/۰۰ و ۷/۵ سانتی متر برای رسوبات غیر چسبنده بیشتر از رسوبات چسبنده است. با بررسی و آنالیز داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS مشخص گردید میزان جابجائی برای رسوبات غیر چسبنده و با عمق پایاب صفر به میزان ۲/۳ برابر رسوبات چسبنده و با عمق پایاب ۷/۵ سانتی متر به میزان ۱/۶۹ برابر رسوبات چسبنده می باشد. همچنین شکل های رسم شده نشان می دهند شیب منحنی در تکرارهای اول بیشتر و با افزایش تعداد فلاشینگ شیب منحنی کاهش می یابد. دلیل این امر را می توان انباشته شدن ذرات رسوب بر روی یکدیگر و فاصله گرفتن از محل ابتدای مومنتم بوجود آمده دانست.

منابع

- Bertrand-Krajewski, J.L., Bardin, J.D., Gibello, C., and Laplace, D. (2002). Hydraulics of a sewer flushing gate. Sewer processes and Networks, Paris, France, pp 137-I – 137-IX.
- Bertrand-Krajewski, J.L. (2003). Sewer sediment management: Some historical aspects of egg-shaped sewers and flushing tanks. Water Sci. Technol. 47(4): 109-122.
- Fan, C. Y. (2002). System and method for vacuum flushing sewer solids. U. S. Patent Application Serial Number 10/171, 441. U.S. Patent and Trademark office, U.S. Department of Commerce, Washington, D.C.
- Fan, C. Y., Field, R., and Lai, F. H. (2003). Sewer- sediment control: Overview of an Environmental Protection Agency wet –weather flow research program. J. of Hydraulic Engineering, 129(4): 253-259
- Guo, Q., Fan, C.Y., Raghaven, R., and Field, R. (2004). Gate and vacuum flushing of sewer sediment: Laboratory testing. J. of Hydraulic Engineering, 130(5): 463-466.
- Pisano, W.C., Barsanti, J., Joyce, J., and Sorensen, H.Jr. (1998). Sewer and tank sediment flushing: Gate studies. EPA-600-R-98/157. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati.
- Pisano, W.C., O’Riordan, O.C., Ayotte, F.J., Barsanti, J. R., and Carr, D.L. (2003). Automated sewer and drainage flushing systems in Cambridge, Massachusetts. J. of Hydraulic Engineering, 129(4): 260-266.
- Shafai-Bajestan, M. and M. Nasre-Esfahani (2007). Sediment flushing criteria from inverted siphon structures. J. of Applied Sciences, 7(5): 695-702