

فرسایش توده‌ای ساحل رودخانه، تخریب اراضی و پیامدهای آن

امیر صمدی، ابراهیم امیری تکلدانی و حسن رحیمی

به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و استاد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران

چکیده

فرسایش سواحل آبراهه‌های جریان باعث خسارت به اراضی مستعد کشاورزی، تأسیسات مجاور و عریض شدن آبراهه جریان می‌شود. فرایند فرسایش توده‌ای ساحل رودخانه عاملی جهت انتقال احجام بزرگ رسوبات همراه با پیامدهای رسوب‌گذاری در پائین‌دست یک سیستم رودخانه بوده و مسئله مهمی در مدیریت رودخانه می‌باشد. رسوبات حاصل از فرسایش سواحل در برخی مواقع درصد قابل توجهی از مجموعه کل رسوبات انتقالی توسط جریان رودخانه (تا ۸۰ درصد) را شامل می‌شوند. در این تحقیق به منظور مطالعه پدیده فوق در ایران، قسمتهای مختلفی از سواحل رودخانه‌های کرج، کردان، کارون، کرخه، کرخه‌نور و روفایه مورد بررسی قرار گرفت. مطابق مطالعات صحرایی، سالانه حجم وسیعی از اراضی مجاور سواحل رودخانه‌های موجود در کشور بر اثر فرسایش به طرق گوناگون و به ویژه فرسایش توده‌ای وارد جریان رودخانه شده و همراه با جریان به سمت پائین‌دست حمل می‌گردند. رسوبات مزبور در نهایت با ته‌نشینی در مخازن سدها، موجب کاهش حجم مفید مخازن سدها و آسیب‌دیدگی تجهیزات نیروگاههای برقایی شده و یا در محل دهانه آبراهه‌های انحرافی تجمع یافته و موجب انسداد دریاچه‌های شبکه‌های آبیاری می‌شوند. نظر به اینکه خصوصیات ترک کششی از پارامترهای مهم در تعیین شکل هندسی سواحل بوده و در آنالیز پایداری سواحل در برابر گسیختگی موثر می‌باشند، براساس مشاهدات صحرایی در کلیه رودخانه‌های مورد بررسی، در خاکهای ریزدانه‌ای که ذرات چسبنده رس حداکثر ۱۰ تا ۲۰ درصد وزنی مصالح تشکیل‌دهنده ساحل را تشکیل دهند، توسعه ترک کششی با تغییرات شرایط رطوبتی خاک و وقوع فرسایش توده‌ای محتمل می‌باشد.

واژگان کلیدی: فرسایش توده‌ای، تخریب، ساحل رودخانه، گسیختگی طاقی شکل، گسیختگی صفحه‌ای.

مقدمه

براساس مطالعات انجام شده، سالانه حدود ۲۰ میلیارد تن رسوبات توسط رودخانه‌های جهان انتقال یافته و در آبهای ساکن ته‌نشین می‌گردد (میرباقری، ۱۳۶۸). در ایران نیز سالیانه بیش از ۱۰۰ میلیون مترمکعب از گنجایش مفید سدها بر اثر ته‌نشست رسوبات کاسته می‌شود (جلالیان، ۱۳۷۳). به دلیل شرایط آب و هوایی، هیدرولوژیکی، زمین‌شناسی و استفاده نامناسب از اراضی حوضه‌های آبخیز، رودخانه‌های کشور در مقایسه با رودخانه‌های جهان میزان رسوب بالاتری را حمل می‌کنند (رفاهی، ۱۳۷۵). بر اساس تحقیقات به عمل آمده در رابطه با کاهش حجم مفید مخازن تعدادی از سدهای شمال شرقی حوضه کارون، رسوبات ورودی به مخزن سدها از ۶۵ متر

مکعب در کیلومتر مربع در سال تا ۷۷۵ متر مکعب در کیلومتر مربع در سال برآورد شده است (محمدزاده و صمدی بروجنی، ۱۳۸۱). تجمع رسوبات در مخزن سد در نیز باعث کاهش حجم اولیه مخزن به میزان ۴۱ درصد شده است (صمدی بروجنی و سامانی، ۱۳۸۱). رسوبگذاری در مخازن علاوه بر کاهش ظرفیت ذخیره آب، موجب صدمه به تجهیزات نیروگاه‌های برقایی و انسداد دریاچه‌های آبرگیر سد می‌شود. در سدهایی که دارای دریاچه‌های تحتانی مناسب نمی‌باشند تخلیه این رسوبات بسیار پرهزینه می‌باشد. بعنوان مثال در ایالات متحده آمریکا، هزینه برداشت رسوبات از نواحی تاثیرپذیر و مخازن سدها، سالیانه بالغ بر ۲۵۰ میلیون دلار می‌باشد.

Simon و همکاران (۱۹۹۶) بیان نمودند که در اراضی لس^۱ میانه غربی آمریکا، مصالح تشکیل دهنده ساحل تا ۸۰ درصد حجم کل رسوبات فرسایش یافته از آبراهه‌های با ساحل فرسایشی را شامل می‌شوند (Simon و Darby، ۱۹۹۹) نرخهای عریض‌شدگی آبراهه در رودخانه‌های با سواحل فرسایشی از ۰/۱ متر در سال در دره‌های سنگی تا ۱ متر در سال در سواحل تشکیل شده از مصالح چسبنده و ۱۰۰ متر در سال در سواحل تشکیل شده از مصالح غیرچسبنده متغیر است (Simon و همکاران، ۱۹۹۹) به‌عنوان مثال نرخ تعویض بستر در اثر فرایندهای فرسایش توده‌ای در برخی آبراهه‌های ناپایدار ایالات متحده آمریکا عبارتند از ۱/۵ متر در سال در سیستم رودخانه اوبیون-فورکد دیر در تنسی غربی، ۱۴ متر در سال در رودخانه سیمارون در کانزاس، حدود ۵۰ متر در سال در رودخانه گیلا در آریزونا و بیش از ۱۰۰ متر در سال در برخی آبراهه‌های سیستم رودخانه توتل در واشینگتن (Simon و همکاران، ۱۹۹۹) می‌باشد.

از طرف دیگر در بین فرایندهای مختلف فرسایش ساحل رودخانه‌ها، پدیده‌های گسیختگی صفحه‌ای، فرسایش درونی مصالح تشکیل دهنده ساحل و گسیختگی طاقی شکل عمده‌ترین عوامل تخریب ساحل تشخیص داده شده‌اند و گسیختگی دایره‌ای در میان سایر عوامل از اهمیت کمتری برخوردار است (Darby and Thorne، ۱۹۹۷) نگاهی به مشاهدات صحرایی صورت گرفته توسط محققان مختلف در اکثر رودخانه‌ها حاکی از نرخ بالای فرسایش ساحل رودخانه در اثر فرسایش توده‌ای بصورت گسیختگی صفحه‌ای می‌باشد. به‌عنوان مثال در سال ۱۹۹۵ در طی مطالعات مرحله شناسایی در طول ۱۰۷ کیلومتر از سواحل ناپایدار رودخانه میسوری علیا در پائین‌دست سد فورت پک در مونتانا مشاهده شده است که ۴۸ کیلومتر از سواحل ناپایدار بر اثر گسیختگی صفحه‌ای، ۳۵ کیلومتر بر اثر فرسایش درونی ناگهانی، ۲۱ کیلومتر بر اثر

¹ Loess

گسیختگی طاقی شکل و تنها سه کیلومتر بر اثر گسیختگی دایره‌ای شکل تخریب شده‌اند (Darby و Thorne، ۱۹۹۷). علاوه بر این، گسیختگی صفحه‌ای در رودخانه‌های دیگری از جمله میمیشال بروک در هرتفوردشایر انگلستان، رودخانه سرخ در لوئیزیانا، رودخانه براهماپوترا در بنگلادش و در طول بسیاری از آبراهه‌های ناپایدار در می‌سی‌سی‌پی شمالی در آمریکا مشاهده گردیده‌اند (Darby و Thorne، ۱۹۹۷).

هر نوع فرسایش توده‌ای موجب تعریض سریع آبراهه و ورود احجام بزرگ رسوبات به درون آبراهه شده و بر این اساس عامل مهمی در مدیریت منابع آب محسوب می‌شود. فرسایش توده‌ای ساحل رودخانه از نوع صفحه‌ای عموماً در هنگام پائین افتادن سطح آب پس از عبور سیلاب بر اثر عوامل زیر رخ می‌دهد (Rinaldi و Casagli، ۱۹۹۳).

۱- حذف نیروی هیدرواستاتیک ناشی از عمق آب سیلاب در آبراهه
۲- تأخیر زمانی بین پائین افتادن سطح آب آبراهه و سطح آب زیرزمینی و تولید نیروی زیر فشار قابل ملاحظه
۳- کاهش نیروی مکش یا فشار آب حفره‌ای منفی (و چسبندگی ظاهری) در اثر نفوذ آب باران یا نشست آب زیرزمینی
در شرایطی که ارتفاع و زاویه شیب ساحل بواسطه فرسایش مصالح از کف آبراهه و دیواره‌های ساحل به حد بحرانی برسد، گسیختگی در امتداد یک سطح تقریباً صفحه‌ای بوقوع می‌پیوندد. علاوه بر نقش جریان رودخانه در فرسایش ساحل، گسیختگی ساحل ممکن است بر اثر تغییرات مشخصات ژئوتکنیکی مصالح تشکیل دهنده ساحل ایجاد گردد. به‌عنوان مثال افت چسبندگی بین ذرات خاک بر اثر تشکیل شنم و یا وقوع فشارهای منفذی مثبت به دنبال پایین‌افتادگی ناگهانی سطح آب رودخانه می‌تواند باعث تسریع گسیختگی ساحل شوند. توسعه ترک کششی نیز در سرعت بخشیدن گسیختگی سواحل بصورت فوق با اهمیت می‌باشد (Darby و Thorne، ۱۹۹۷). مکانیزم تخریب ساحل به مشخصات فنی خاک و شکل هندسی ساحل در نقطه شکست بستگی دارد (Thorne و Abt، ۱۹۹۷).

پایداری ساحل در مقابل فرسایش توده‌ای توسط محققین زیادی از جمله لوهنس و هندی (۱۹۶۸)، تورن و تاوی (۱۹۸۱)، آندروز (۱۹۸۲)، تورن (۱۹۸۲ و ۱۹۹۰)، سایمونز و لی (۱۹۸۲)، عثمان و تورن (۱۹۸۸)، آلسو و کومبز (۱۹۹۰)، تورن و ایت (۱۹۹۳)، داربی و تورن (۱۹۹۴)، ۱۹۹۶ و ۲۰۰۰، رینالدی و کاساگلی (۱۹۹۹)، سایمون و همکاران (۱۹۹۹) و امیری تکلدانی (۲۰۰۲) مطالعه شده است، با این وجود اکثر این مدلها دارای نواقص فنی و محدودیتهای اساسی می‌باشند (Amiri-Tokaldany، ۲۰۰۲) عمده‌ترین این محدودیتها در نظر گرفتن گسیختگی فقط از نوع صفحه‌ای می‌باشد و این مدلها انواع دیگر فرسایش از جمله فرسایش تدریجی مصالح بستر و ساحل و انواع گسیختگی‌های طاقی شکل را در نظر نمی‌گیرند. علاوه بر این اکثر مدلها فوق فقط تحت شرایط ویژه‌ای دارای کاربرد در صحرا می‌باشند. در برخی از این مدلها صفحه گسیختگی منحصراً می‌باید از پنجه ساحل عبور نماید (Rinaldi و Casagli، ۱۹۹۳). در برخی از مدلها فوق اثرات فشارهای منفذی مثبت و منفی و فشار

هیدرواستاتیک یا در نظر گرفته نشده و یا فرضیات بسیار ساده کننده‌ای جهت محاسبه آنها در نظر گرفته شده است. اثرات پوشش گیاهی و درختان اکثراً در نظر گرفته نشده و فرض بر این بوده است که مصالح سواحل همگن می‌باشند.

شایان ذکر است که مطالعه جامعی درخصوص پدیده فرسایش سواحل رودخانه‌ها به‌عنوان یک منبع بسیار مهم تولید بار رسوبی و نحوه حفاظت آنها در کشور کمتر انجام گردیده است. علاوه بر این، گزارشهای موجود از سراسر دنیا نیز بیانگر این نکته است که می‌باید مطالعات بیشتری به منظور درک بهتر مکانیسم فرسایش ساحل رودخانه و نیز ارائه روشهای مناسب جهت حفاظت سواحل در برابر فرسایش انجام پذیرد. در این خصوص و به منظور اجتناب از عوارض نامطلوب تغییرات آبراهه و در راستای ارتقا مدیریت موثر رودخانه‌های در معرض فرسایش توده‌ای ساحل، تهیه مدل‌های مناسب جهت پیش‌بینی مطمئن اثرات تغییر در ریخت‌شناسی رودخانه و یا خصوصیات مصالح تشکیل دهنده سواحل ضروری است. این مدلها می‌تواند به‌عنوان راهنمای طراحی برای مهندسين امور کنترل سیلاب، کشتیرانی، حفاظت سواحل، اصلاح مسیر رودخانه و . . . مورد استفاده قرار گیرند.

از طرف دیگر بر اساس تجارب حاصله، برای پایدار نمودن سواحل رودخانه‌ها معمولاً از پوشش گیاهی استفاده می‌گردد که به تنهایی قابل اطمینان نبوده و در اکثر مواقع لازم است که پنجه ساحل با استفاده از یک سازه مهندسی تثبیت گردد. در این راستا سازه‌های کنترل رقوم کف نظیر شیب‌شکن‌ها در مسیر رودخانه‌ها جهت ایجاد شیب ملایم نسبت به شیب طبیعی رودخانه مورد استفاده قرار می‌گیرند. این سازه‌ها موجب تثبیت کف رودخانه و در نتیجه افزایش پایداری سواحل در بالادست شده و در عین حال موجب تغییرات در پایین دست محل احداث سازه از نظر توزیع دانه‌بندی ذرات، فرسایش محل و یا هر دو می‌گردند. ایجاد هرگونه تغییرات فیزیکی در داخل رودخانه از جمله برداشت مصالح کف جهت تهیه شن و ماسه نیز موجب عکس‌العمل رودخانه در بالادست شده و فرسایش شدید و کاهش رقوم کف در بالادست را در پی دارد.

در تحقیق حاضر سعی شده است تا در حد امکان وضعیت پایداری مقاطع متعدد برخی از رودخانه‌های داخل کشور بررسی گردد. بدین منظور مقاطعی از شش رودخانه مختلف داخل کشور در استانهای تهران، خوزستان و ایلام مورد بازدید قرار گرفته است. همچنین به‌منظور مطالعه نحوه ایجاد ترکهای کششی و امکان وجود رابطه‌ای میان خصوصیات مکانیکی مصالح تشکیل دهنده سواحل و بروز ترکهای کششی، نسبت به نمونه‌برداری از مصالح و برداشت مشخصات هندسی سواحل اقدام گردیده است.

مواد و روش‌ها

مطابق مطالعات صحرائی صورت گرفته در این تحقیق، سالانه حجم وسیعی از اراضی مجاور سواحل رودخانه‌های جاری در کشور بر اثر فرسایش به طرق گوناگون و به ویژه فرسایش توده‌ای وارد جریان رودخانه شده و همراه با جریان به سمت پائین‌دست حمل می‌گردند.

مجاور ساحل جدا گردیده‌اند. مطابق شکل مزبور میزان رسوبات باقیمانده از تخریب سال گذشته که در مقابل ساحل تجمع یافته‌اند حاکی از اتلاف حجم وسیعی از خاک مزارع مجاور ساحل رودخانه بر اثر فرسایش توده‌ای بطور سالیانه است. این رسوبات با ورود به جریان رودخانه روفایه وارد جریان رودخانه کرخه شده و به سمت پائین‌دست رودخانه و سد انحرافی حمیدیه حمل شده و در محل دهانه آبیگر ته‌نشین می‌شوند.



رسوبات مزبور در نهایت یا در مخازن سدها ته‌نشین شده و موجب کاهش حجم مفید مخازن سدها می‌شوند و یا وارد شبکه‌های آبیاری می‌گردند. به‌عنوان مثال در تصویر سمت راست شکل (۱)، ساحل چپ مقطعی از رودخانه روفایه در استان خوزستان نشان داده شده است. در این محل در اثر شسته شدن مصالح پاشنه ساحل توسط جریان رودخانه در ساحل چپ رودخانه، ساحل فوقانی ناپایدار گشته و با گسترش ترک کششی تا کف ساحل، بلوکهای مختلفی از خاک مزرعه



شکل (۱) تخریب اراضی کشاورزی مجاور ساحل رودخانه (تصویر راست رودخانه روفایه و تصویر چپ رودخانه کردان)

مربوطه را جهت جلوگیری از عقب‌نشینی ساحل و هدر رفت اراضی مستعد کشاورزی می‌طلبد.

مطابق تصویر سمت راست در شکل (۲)، فرسایش توده‌ای از نوع گسیختگی صفحه‌ای همراه با توسعه ترک کششی در مصالح ساحل رودخانه کارون در بالادست بند قیره، عامل اصلی تخریب و عقب‌نشینی ساحل رودخانه می‌باشد. مطابق مشاهدات به‌عمل آمده، قسمتهای مختلف ساحل در معرض این نوع گسیختگی قرار داشته و رسوبات حاصل به مرور زمان وارد جریان رودخانه می‌شوند. همانطور که در تصویر سمت چپ در شکل (۲) مشاهده می‌شود، رسوبات حاصل از تخریب ساحل که عمدتاً ریزدانه بوده بصورت معلق در جریان آب رودخانه به سمت پائین‌دست حمل می‌گردند. این رسوبات در محل دهانه آبیگر شبکه آبیاری ویس تجمع یافته و موجب انسداد دریاچه‌ها و خسارت به پمپ‌های شبکه آبیاری می‌شوند.

همچنین مطابق تصویر سمت چپ در شکل (۱)، بر اثر فرسایش درونی مصالح پاشنه ساحل و ایجاد حفرات عمیق توسط جریان نشت آب حاصل از آبیاری مزارع مجاور ساحل چپ رودخانه کردان در محل روستای عباس‌آباد، ساحل فوقانی بصورت یک طاق آویزان و ناپایدار در آمده و با گسترش ترک کششی تا کف ساحل، بلوکهای مختلفی از خاک مزرعه مجاور ساحل جدا شده‌اند. مشابه ساحل چپ رودخانه روفایه، در این محل نیز رسوبات باقیمانده از تخریب سال گذشته که در مقابل ساحل تجمع یافته‌اند، بیانگر اتلاف حجم وسیعی از خاک مزارع مجاور ساحل رودخانه بر اثر فرسایش توده‌ای در هر سال می‌باشند. حجم این رسوبات تنها در بخش نشان داده شده بالغ بر ۷۰ مترمکعب می‌باشند. با در نظر گرفتن نرخ کل اتلاف سالانه اراضی مجاور ساحل رودخانه کردان در اثر فرسایش توده‌ای، ضرورت توجه بدین مساله بیش از پیش آشکار شده و اهتمام مسئولین محترم



شکل (۲) گسیختگی صفحه‌ای ساحل رودخانه و ورود رسوبات به داخل جریان آب در رودخانه کارون (تصویر راست)، تجمع رسوبات در محل دهانه آبیگر شبکه آبیاری ویس و ورود جریان غلیظ به داخل شبکه آبیاری (تصویر چپ)

Archive of SID

علمی گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران برای تأمین هزینه‌های مالی این تحقیق، قردادانی نمایندند.

منابع

۱- جلالیان، ا.، ۱۳۷۳. فرسایش و رسوب و علل آن در حوضه‌های آبخیز کشور و ارائه نتایج موردی در بعضی از حوضه‌های آبخیز ایران، خلاصه مقالات چهارمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲- رفاهی، ح.ق.، ۱۳۷۵. فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران.

۳- صمدی بروجنی، ح. و ح.م.و. سامانی، ۱۳۸۱. ارزیابی تأثیر رسوب‌شویی سد دز بر کاهش ظرفیت مخزن سد تنظیمی دزفول با مدل MIKE11. مجموعه مقالات ششمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز: ۱۲۷۷-۱۲۸۴.

۴- محمدزاده، ا. و ح. صمدی بروجنی، ۱۳۸۱. کالیبراسیون مدل پسیاک جهت برآورد رسوبدهی زیر حوضه‌های فاقد آمار شمال شرقی حوضه کارون، مجموعه مقالات ششمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه. دانشگاه شهید چمران اهواز: ۱۲۲۳-۱۳۰.

۵- میرباقری، س.ا.، ۱۳۶۸. مطالعات تکنیکی در برآورد رسوبات حوزه آبریز. مجموعه مقالات اولین کنفرانس هیدرولوژی ایران، دانشگاه تهران، دانشکده فنی: ۶۵۲-۶۶۸.

6-Amiri-Tokaldany, E., 2002. A model of bank erosion and equilibrium bed topography in river bends, PhD Thesis, Dept. of Civil and Environmental Engineering, Univ. of Southampton, Southampton, UK.

7-Darby, S.E. and C.R. Thorne, 1994. Prediction of tension crack location and riverbank erosion hazards along destabilized channels, *Earth Surface Processes and Landforms*, 19(3): 233-245.

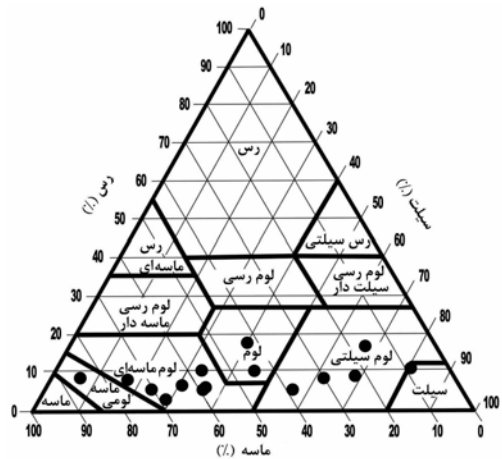
8-Darby, S.E. and C.R. Thorne, 1997. Discussion of Development and testing of riverbank-stability analysis, *J. Hydraulic Eng.*, 123(11): 1052-1053.

9-Rinaldi, M. and N. Casagli, 1999. Stability of stream banks formed in partially saturated soils and effects of negative pore water pressure, the Sieve River (Italy), *Geomorphology*, 26(4): 253-277.

10-Simon, A., S.E. Darby, and E.J. Langendoen, 1999. Stream bank mechanics and the role of bank and near-bank processes in incised channels, *Incised River Channels: Processes, Forms, Engineering and Management*, S. E. Darby, and A. Simon Eds., John Wiley and Sons, Ltd., Chichester, UK:123-152.

11-Simon, A. and S.E. Darby, 1999. The nature and significance of incised river channels. *Incised River Channels: Processes, Forms, Engineering and Management*, S. E. Darby, and A. Simon Eds., John Wiley and Sons, Ltd., Chichester, UK: 3-18.

12-Thorne, C.R. and S.R. Abt, 1993. Analysis of riverbank instability due to toe scour and lateral erosion, *Earth Surface Processes and Landforms*, 18(9):835-843.



شکل (۳) توزیع بافت خاک سواحل تخریب یافته

در رودخانه‌های مورد بررسی در داخل کشور

همانگونه که ذکر شد در این مطالعات به منظور مطالعه نحوه ایجاد ترکهای کششی و امکان وجود رابطه‌ای میان خصوصیات مکانیکی مصالح تشکیل دهنده سواحل و بروز ترکهای کششی که در آنالیز پایداری سواحل رودخانه موثر می‌باشند، از مصالح تشکیل دهنده سواحل نمونه‌برداری به‌عمل آمده و آزمایشات مختلفی جهت تعیین بافت خاک و دیگر خصوصیات مصالح در آزمایشگاه مکانیک خاک گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران صورت پذیرفت. پس از انجام آزمایشات و تعیین بافت مصالح، بافت خاک ۱۵ نمونه تهیه شده از رودخانه‌های داخل کشور بر روی مثلث طبقه‌بندی بافت خاکهای کشاورزی که توسط سازمان حفاظت خاک آمریکا ارائه شده است ترسیم گردید. مطابق شکل (۳)، بافت خاکهای موردنظر در محل قاعده مثلث مزبور تجمع یافته و اکثراً لوم ماسه‌ای و لوم سیلتی می‌باشند. با توجه به این شکل می‌توان نتیجه‌گیری نمود که در خاکهای ریزدانه در صورتی که ذرات چسبنده رس کمتر از ۱۰ تا ۲۰ درصد وزنی ذرات تشکیل دهنده خاک ساحل را تشکیل دهند، پتانسیل ایجاد ترک کششی بسته به شرایط رطوبتی خاک وجود خواهد داشت. این امر بدین سبب است که با افزایش ذرات سیلت و ماسه در میان ذرات تشکیل دهنده خاک ساحل، نیروی چسبندگی بین ذرات خاک ساحل کاهش یافته، پلاستیسیته یا خمیرائی خاک پائین آمده و خاک در معرض ترک کششی قرار خواهد گرفت. اصولاً این نوع خاکها به دلیل نداشتن خاصیت پلاستیسیته بالا، با تغییر رطوبت خاک در هنگام تغییر شکل یافتن از هم گسیخته می‌شوند. لذا با کاهش جزئی رطوبت خاک ساحل و با افزایش نیروی کششی بین ذرات خاک، ترک کششی در بین ذرات خاک ایجاد می‌گردد.

نتایج و بحث

در این تحقیق ضمن بررسی سواحل برخی از رودخانه‌های داخل کشور و تعیین بافت خاک سواحل در معرض فرسایش توده‌ای همراه با توسعه ترک کششی، مشخص گردید که در خاکهای ریزدانه‌ای که ذرات چسبنده رس حداکثر ۱۰ تا ۲۰ درصد وزنی ذرات تشکیل دهنده خاک ساحل را تشکیل دهند، پتانسیل ایجاد ترک کششی بسته به شرایط رطوبتی خاک وجود خواهد داشت و بروز فرسایش توده‌ای منجر به تخریب حجم قابل ملاحظه‌ای از اراضی مستعد کشاورزی و انسداد دهانه آبگیر می‌شود. نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از قطب

Archive of SID

Archive of SID