تأثیرات محیطی احداث دایک‌های ساحلی بر میزان شوری خاک سواحل

یونس دقیق[1]، استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
علی طلوعیان، کارشناس پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۰۴/۲۱ **پذیرش مقاله:** ۱۳۸۹/۰۸/۳۰

چکیده

یکی از مسائلی که در طراحی دایک‌های ساحلی باید مد نظر قرار گیرد، بررسی میزان نشت آب‌های شور و شیرین و تداخل آن‌ها در بدنه و زیر دایک است. در این مقاله ضمن معرفی فن‌های جدید مدل FEM و بررسی بازده پتوی آب‌بند رسی و پردهٔ آب‌بند قائم بر میزان مخلوط شدن آب‌های شور و شیرین، به بررسی تاثیر استفادهٔ توام آن‌ها بر نحوه تداخل آب‌های شور و شیرین به‌وسیله مدل عامل‌های محدود CTRANW پرداخته شده است. این مدل بر اساس روش عددی عامل محدود طراحی و در سال ۲۰۰۱ در آلبرتای کانادا به‌منظور بررسی شوری و آلودگی درون توده‌های متخلخل، توسعه داده شده است. در این تحقیق پنج دسته تحلیل انجام شد، دستهٔ اول برای بررسی وضعیت پیشرفت شوری بعد از احداث دایک و پیش از تجمع آب رودخانه در پشت دایک، دستهٔ دوم در زمان پس از انباشته شدن آب رودخانه در پشت دایک به ارتفاع ۳/۵ متر، دستهٔ سوم تحلیل‌های مشابه تحلیل قبل ولی با استفاده از پتوی رسی، دسته چهارم تحلیل‌های مشابه تحلیل دوم ولی با استفاده از پرده آب‌بند عمودی و دستهٔ پنجم تحلیل‌های در شرایط ادغام پتوی رسی و پرده آب‌بند. نتایج تحقیقات نشان داد که در حالت استفاده از پتوی رسی بیش‌ترین سرعت خاک‌شویی در پنج روز اول اتفاق می‌افتد و پس از ۱۰ روز تقریبا ثابت می‌ماند. همچنین استفاده هم‌زمان از پتوی رسی و پرده آب‌بند بیش‌ترین بازده را در جلوگیری از نفوذ نمک دریا در خاک خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: پتوی رسی، پردهٔ آب‌بند، عامل محدود، نشت آب، CTRANW

مقدمه

نواحی ساحلی آخرین قسمت رودخانه‌ها، در نقطهٔ اتصال به دریا هستند. این نواحی همواره جزو کانون‌های تجمع جوامع انسانی، فعالیت‌های کشاورزی، تفریحی و پرورش ماهی بوده است. فن‌های مختلفی برای اجرای طرح‌های احیای اراضی ساحلی و همچنین حفاظت از آن‌ها در برابر نفوذ جریان شور دریا و فرسایش آن‌ها وجود دارد که از آن‌جمله می‌توان به احداث دیواره‌های ساحلی، دریچه‌های جزر و مدّی و دایک‌های ساحلی اشاره نمود. با احداث این قبیل سازه‌ها علاوه بر جلوگیری از نفوذ آب دریا به اراضی ساحلی، می‌توان اقدام به مهار و جمع‌آوری آب‌های شیرین در آخرین مقطع خروجی رودخانه‌ها نمود. از این آب‌ها می‌توان در مقاصد مختلف از جمله شستشو و احیای ساحلی، کشاورزی و صنعت پرورش آبزیان استفاده استفاده نمود.

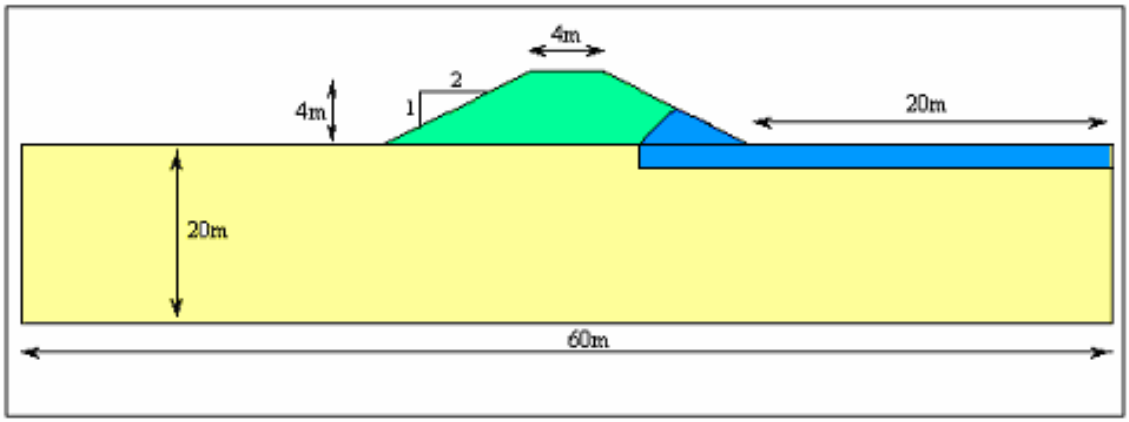
یکی از موارد مهمی که در طراحی دایک‌های ساحلی باید در نظر گرفته شود، بررسی نشت آب شور از بدنهٔ متخلخل دایک و زیر دایک است. برای بررسی حالت‌های مختلف، عمق پردهٔ آب‌بند عمودی هشت متر و طول پتوی رسی افقی ۲۰ متر در سمت دریا در نظر گرفته شده است. در تحقیق حاضر از مدل عامل‌های محدود CTRANW Ver.5.16، به‌عنوان محیطی برای شبیه‌سازی حرکت نفوذ آب درون محیط متخلخل دایک استفاده شد (US Army Corps of Engineering، ۱۹۹۵). این مدل از بسته نرم‌افزاری Geo-Slope است و در سال ۲۰۰۱ در

[1] daghigh_y@yahoo.com

آلبرتای کانادا توسعه داده شده است. جریان نفوذ ثابت آب در لایه‌های مختلف دایک، به‌صورت دو بعدی در نظر گرفته شده است و شرایط مرزی مختلف با استفاده از قابلیت‌های فراوان و مناسب مدل اعمال شده است.

مواد و روش‌ها

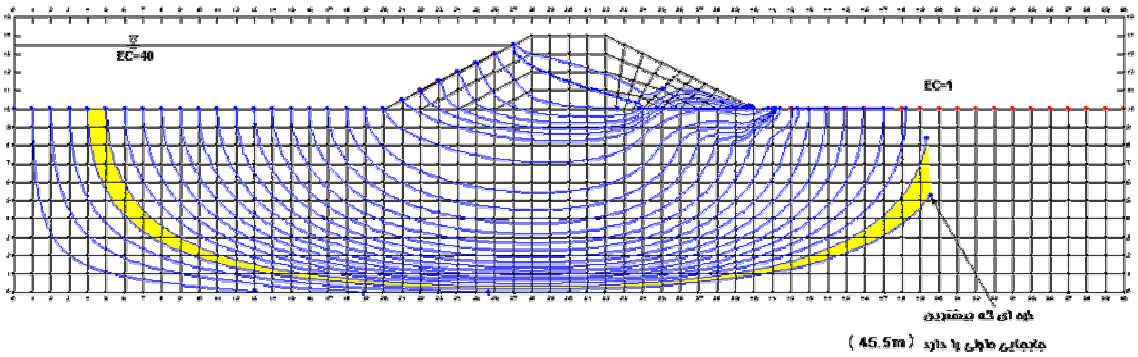
به‌منظور بررسی نشت درون دایک‌های ساحلی از اطلاعات طرح تحقیقاتی دایک ساحلی هندیجان واقع در استان خوزستان (دقیق، ۱۳۸۳) به ارتفاع چهار متر و لایه بستر به ضخامت حدود ۱۰ متر استفاده شد. ارتفاع آب در سمت دریا متغیر است. در زمان مد حداکثر ۲/۵ متر، در زمان جذر بدون آب بوده، در بقیه حالات به‌طور میانگین بین یک تا ۱/۵ متر است و در سمت ساحل ارتفاع آب هم سطح ساحل در نظرگرفته شد. شکل دایک به‌صورت ذوزنقه بوده، عرض تاج آن چهار متر و شیب‌های اضلاع کناری آن ۱:۲ است (شکل ۱). دیواره‌های مرزی در فواصل ۲۰ متری از هر دو طرف دایک واقع شده‌اند. ضریب نفوذپذیری پی ms^{-1} ۱×۱۰$^{-۶}$، ضریب نفوذپذیری بدنهٔ دایک ms^{-1} ۱×۱۰$^{-۷}$، ضریب نفوذپذیری فیلتر ms^{-1} ۱×۱۰$^{-۳}$ ضریب نفوذپذیری پتوی آب‌بند رسی ms^{-1} ۱×۱۰$^{-۸}$ و ضریب نفوذپذیری پرده آب‌بند عمودی ms^{-1} ۱×۱۰$^{-۲۰}$ است (دقیق، ۱۳۸۳).



شکل ۱- مشخصات و ابعاد دایک

میزان EC آب دریا و آب رودخانه و خاک در محل احداث دایک به‌ترتیب ۴۰، ۳ و ۱۳۰ dsm^{-1} (شوری بیش از حد خاک در اثر تبخیر) است. به‌جز آب رودخانه که جزء آب‌های با شوری کم تا لب شور محسوب می‌شود، میزان شوری آب دریا و خاک به‌هیچ وجه قابل استفاده برای کشاورزی نیست. در این تحقیق، پنج دسته تحلیل انجام شد. دستهٔ اول تحلیل‌های A برای بررسی وضعیت پیشرفت شوری بعد از احداث دایک و پیش از تجمع آب رودخانه در پشت دایک که برای این منظور در مدل طرف ساحلی دایک بدون آب در نظر گرفته شد. دستهٔ دوم تحلیل‌های B در زمان پس از انباشته شدن آب رودخانه در پشت دایک به ارتفاع ۳/۵ متر. دستهٔ سوم تحلیل‌های C در شرایط مشابه تحلیل B ولی با استفاده از پتوی رسی، برای این منظور پتوی آب‌بند افقی به‌طول ۲۰ متر مدل شد. دسته چهارم تحلیل‌های D در شرایط مشابه تحلیل B ولی با استفاده از پرده آب‌بند عمودی، برای این منظور دایک برای حالتی که پردهٔ آب‌بند عمودی به ارتفاع هشت متر به داخل دایک امتداد پیدا می‌کند، شبیه‌سازی شد. دستهٔ پنجم تحلیل‌های E در شرایط ادغام پتوی رسی و پرده آب‌بند بود. لازم به ذکر است که تحلیل ابعاد پرده آب‌بند عمودی و پتوی رسی و انتخاب مناسب‌ترین ابعاد در فاز قبلی تحقیقات این پروژه صورت گرفته است.

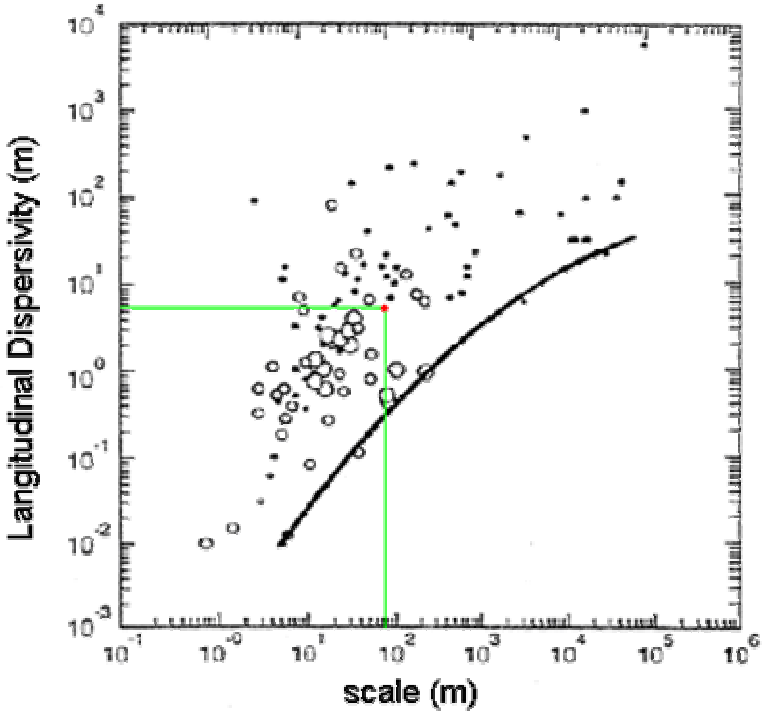
پارامترهای مورد نیاز: یکی از مهم‌ترین پارامترهای مدل در انجام محاسبات، پراکنش طولی است. برای تعیین این پارامتر ابتدا بیشینه مسافتی که یک ذره نمک در خاک طی می‌کند، به‌وسیله مدل Particle Tracking مشخص شد.



شکل ۲- بیشینه جا به‌جایی یک ذره نمک

نتایج و بحث

همان‌طور که در شکل ۲ نمایش داده شده، بیش‌ترین مسافتی که به‌وسیله یک ذره طی می‌شود، ۴۵/۵ متر است. مقادیر پراکنش طولی با در نظر گرفتن خواص شیمیایی و فیزیکی نمک به ازای مسافت‌های مختلف و در شکل ۳ نشان داده شده که این مقدار برای مسافت ۴۵/۵ متر روی گراف مشخص شده که برابر سه متر است. سایر مشخصات خاک قسمت‌های مختلف دایک در جدول ۱ نمایش داده شده است.

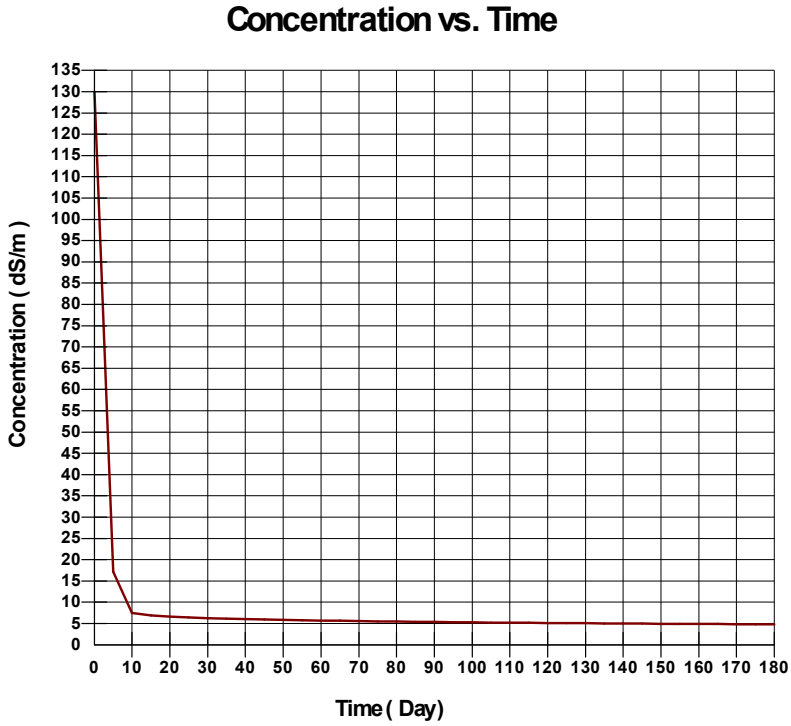


شکل ۳- پراکنش طولی با در نظر گرفتن خواص شیمیایی و فیزیکی نمک به ازای مسافت‌های مختلف

جدول ۱- مشخصات خاک

	بستر	بدنه	فیلتر	پتوی رسی	پرده آب‌بند
Conductivity (m/s)	۸/۶۴×۱۰$^{-۲}$	۸/۶۴×۱۰$^{-۳}$	۸/۶۴×۱۰$^{+۱}$	۸/۶۴×۱۰$^{-۴}$	۸/۶۴×۱۰$^{-۱۶}$
Volumetric Water Content (at satiation)	۳×۱۰$^{-۱}$	۳×۱۰$^{-۱}$	۲/۵×۱۰$^{-۱}$	۳/۸۳×۱۰$^{-۱}$	۳/۴۲×۱۰$^{-۱}$

حالت A: نتایج این تحلیل نشان داد که بعد از احداث دایک در صورت عدم آب‌گیری از آب رودخانه، خاک منطقه سریعاً شروع به شورشدن می‌نماید. به‌حدی که اگر یک ماه پس از احداث دایک، آب رودخانه در پشت دایک انباشته نشود، EC خاک سطحی منطقه از ۱۳۰ به ۳۱۰ dsm^{-1} می‌رسد.



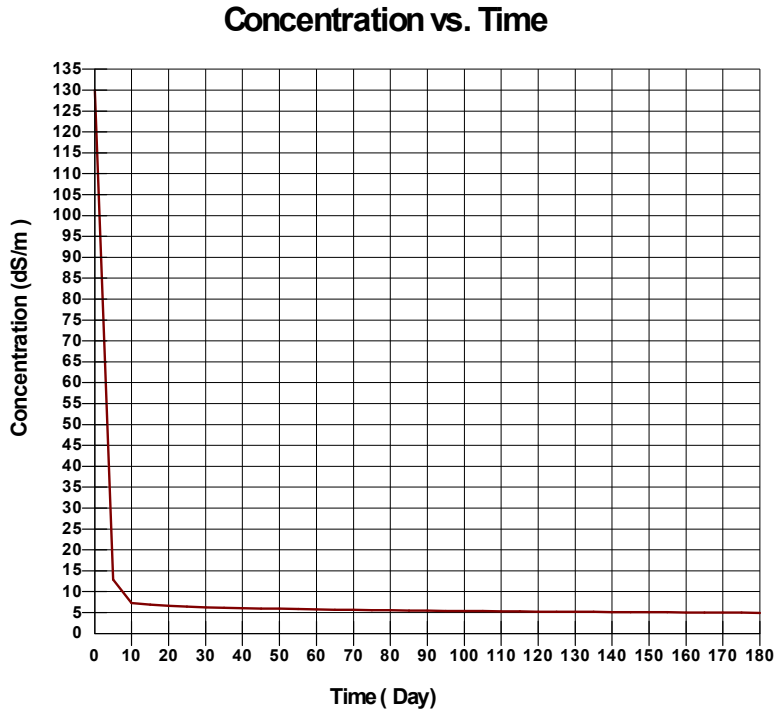
شکل ۴- نحوه نمک‌زدایی پس از آب‌گیری دایک از آب رودخانه

حالت B: در این تحلیل در آغاز آب‌گیری از آب رودخانه، EC خاک سریعاً کم می‌شود. به‌نحوی که در مدت ۲۰ روز EC عمق یک‌متری از سطح خاک به ۷/۵ dsm^{-1} می‌رسد ولی پس از گذشت این مدت از شدت نمک‌زدایی کم شده به‌حدی که پس از گذشت سه ماه به یک ثبات نسبی ۵ dsm^{-1} می‌رسد (شکل ۴).

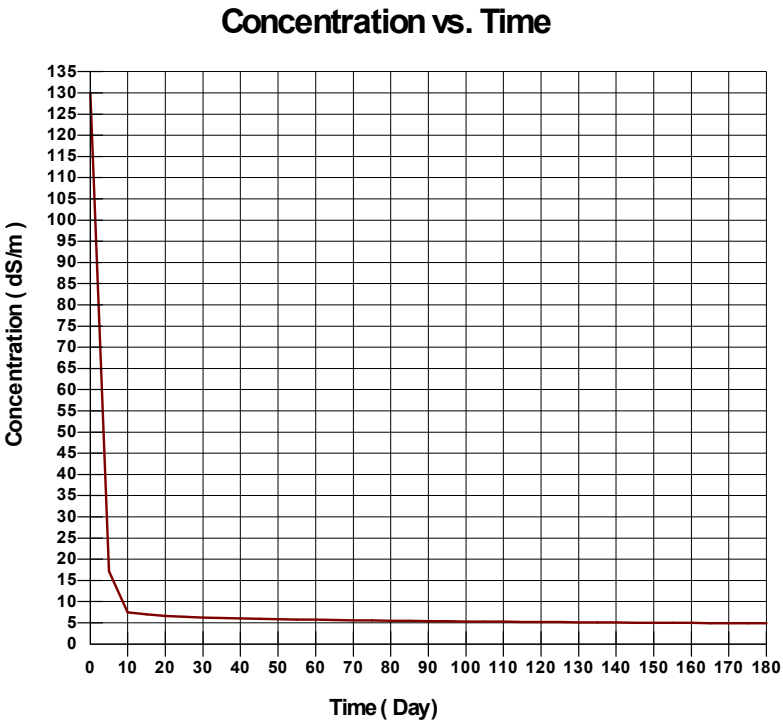
حالت C : در انتهای این تحلیل مشخص شد که مانند حالت قبل عمل نمک‌زدایی در ابتدا با سرعت بسیار زیاد آغاز می‌شود و پس از سه ماه به ثبات نسبی ۵ dsm^{-1} می‌رسد. اما این تفاوت مشاهده شد که در این حالت EC خاک پس از گذشت پنج روز به ۱۲ dsm^{-1} می‌رسد. در صورتی‌که در شرایط بدون استفاده از پتوی رسی EC خاک پس از گذشت پنج روز به ۱۷ dsm^{-1} تنزل می‌یابد (شکل ۵).

حالتD: در انتهای این تحلیل مشخص شد که مانند حالات قبل عمل نمک‌زدایی در ابتدا با سرعت بسیار زیاد آغاز می‌شود و پس از سه ماه به ثبات نسبی ۵ dsm^{-1} می رسد. نتایج این تحلیل مشابه تحلیل B است (شکل ۶).

حالت E: در انتهای این تحلیل نیز مشخص شد که مانند حالات قبل، عمل نمک‌زدایی در ابتدا با سرعت بسیار زیاد آغاز می‌شود و پس از سه ماه به ثبات نسبی ۵ dsm^{-1} می‌رسد. اما این تفاوت مشاهده شد که در این حالت، EC خاک پس از گذشت پنج روز به ۲۷ dsm^{-1} می‌رسد. در صورتی‌که در شرایط استفاده و عدم استفاده از پرده آب‌بند و بدون استفاده از پتوی رسی EC خاک پس از گذشت پنج روز به ۱۷ dsm^{-1} و در شرایط استفاده تنها از پتوی رسی به ۱۲ dsm^{-1} تنزل یافته بود (شکل ۷).



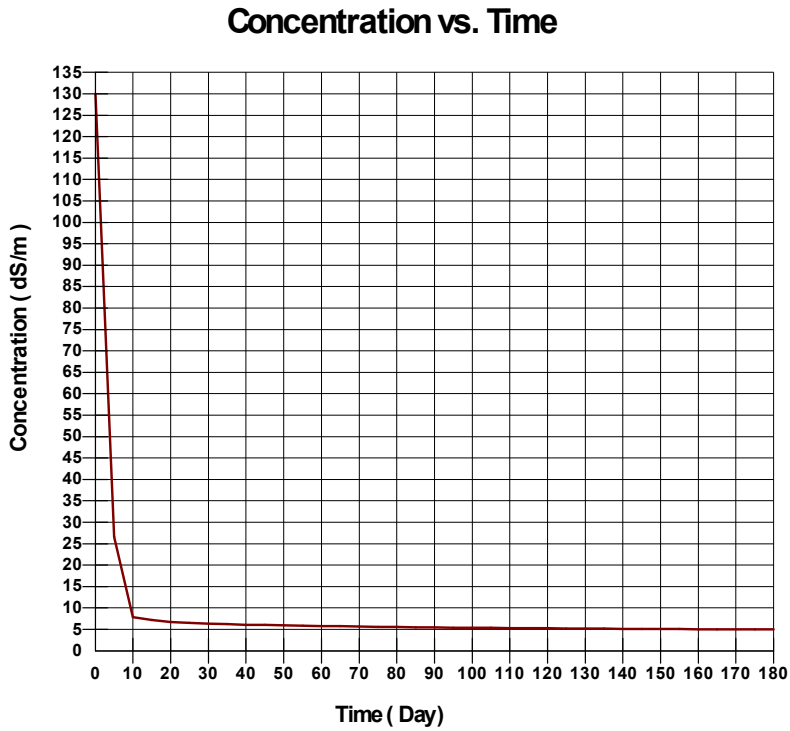
شکل ۵- نحوه نمک‌زدایی پس از آب‌گیری دایک از آب رودخانه در شرایط استفاده از پتوی رسی



شکل ۶- نحوه نمک‌زدایی پس از آب‌گیری دایک از آب رودخانه در شرایط استفاده از پرده آب‌بند عمودی

برای بررسی چگونگی نفوذ و پراکنش آب شور و شیرین با توجه به شرایط هیدرولیکی دایک به تعیین ضرایب پراکنش در دو طرف دایک در حالات مختلف استفاده از پتوی رسی و پرده آب‌بند پرداخته شد (جدول ۲). همان‌طور که در شکل ۸ مشخص است، استفاده از پتوی رسی و پرده آب‌بند هیچ‌گونه تاثیری بر ضریب پراکنش سمت ساحل نداشته و میزان تغییرات پراکنش آب رودخانه (آب شیرین) در کلیه حالات فوق یک‌سان است. هم‌چنین مشاهده می‌شود که در دو روز نخست ضریب پراکنش به‌علت وجود اختلاف بسیار زیاد میزان EC آب شیرین و خاک افزایش

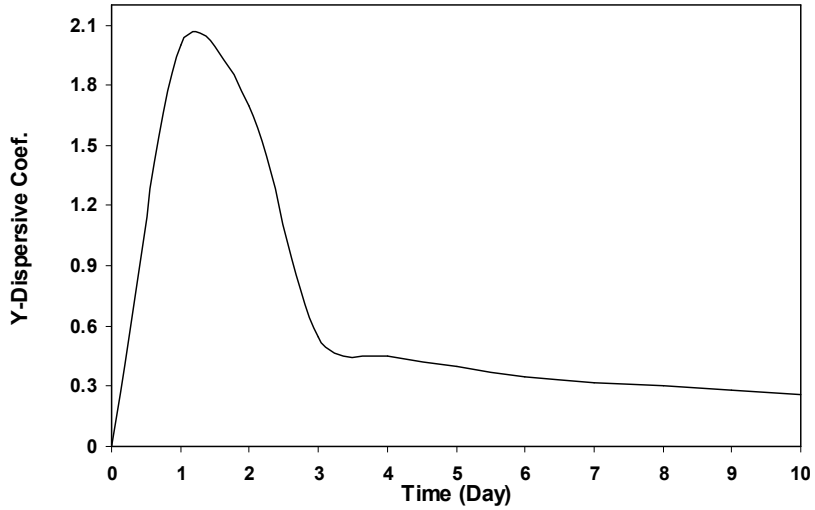
یافته و پس از تعدیل نسبی، به‌سمت یک ثبات نسبی میل می‌کند. مطابق شکل ۹، آب دریا در شرایط عدم استفاده از پتوی رسی و پرده آب بند بیش‌ترین پراکنش و در حالت استفاده هم‌زمان از پتوی رسی و پرده آب‌بند کم‌ترین پراکنش را در خاک دارد. میزان تأثیر استفاده از پتوی رسی و پرده آب‌بند بر کاهش پراکنش نمک دریا در درازمدت با پرده آب‌بند ۲۵/۵ درصد، با پتوی رسی ۸۴ درصد و با پرده آب‌بند و پتوی رسی ۹۲ درصد است.



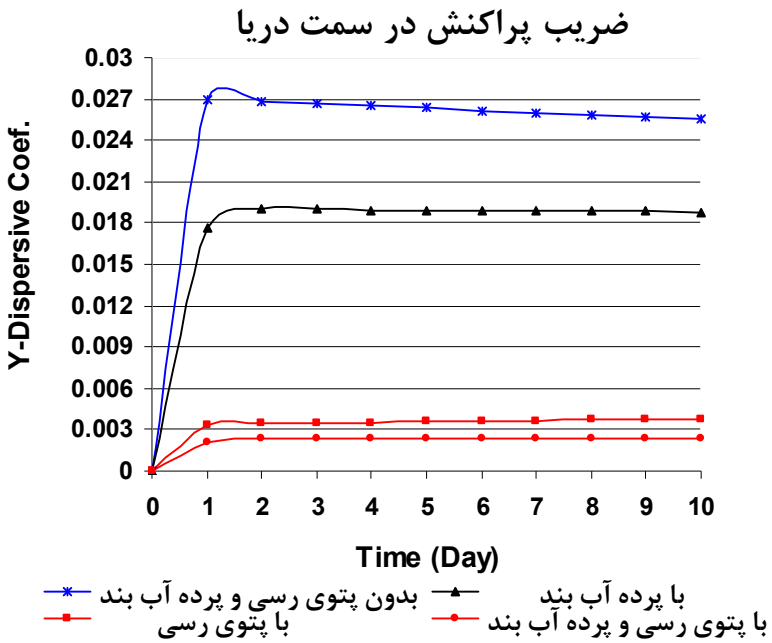
شکل ۷- نحوه نمک زدایی پس از آب‌گیری دایک از آب رودخانه در شرایط استفاده هم‌زمان از پتوی رسی و پرده آب‌بند عمودی

جدول ۲- تاثیر استفاده از پتوی رسی و پرده آب‌بند عمودی بر میزان شوری عمق ۱ متری خاک پس از گذشت ۵ روز

	بدون استفاده از پتوی رسی و پرده آب بند	استفاده از پتوی رسی	استفاده از پرده آب بند	ادغام پتوی رسی و پرده آب بند
EC عمق ۱ متری از سطح خاک (dS/m)	۱۷	۱۲	۱۷	۲۶



شکل ۸- تغییرات ضریب پراکنش در سمت ساحل برای هر چهار حالت استفاده از پتوی رسی و پرده آب‌بند



شکل ۹- تغییرات ضریب پراکنش در سمت دریا برای هر چهار حالت استفاده از پتوی رسی و پرده آب‌بند

جمع‌بندی نتایج به‌صورت زیر است:

۱. همان‌طور که در تحلیل A مشخص شد، تأخیر در آب‌گیری از آب رودخانه پس از احداث دایک باعث شور شدن سریع خاک ساحل می‌شود، برای مثال اگر این تأخیر به یک ماه برسد، EC خاک سطحی منطقه از ۱۳۰ به ۳۱۰ dsm^{-1} افزایش پیدا می‌کند. بنابراین برنامه‌ریزی زمانی احداث دایک باید به‌نحوی صورت پذیرد که زمان آمادگی دایک برای آب‌گیری مصادف با فصول پر باران باشد.

۲. در مقایسه تحلیل‌ها مشاهده می‌شود که نتایج تحلیل D مشابه نتایج تحلیل B است. بدین معنا که استفاده منفرد از پرده آب‌بند عمودی تاثیری چندانی بر سرعت نمک‌زدایی ندارد.

۳. در حالت استفاده تنها از پتوی رسی بیش‌ترین سرعت خاک‌شویی را در کوتاه‌مدت (پنج روز) می‌تواند داشته باشد ولی پس از ۱۰ روز سرعت خاک‌شویی در حالات مختلف استفاده از پرده آب‌بند و پتوی رسی برابر خواهد بود.

۴. از تحلیل ضریب پراکنش در حالات مختلف این نتیجه کسب شد که استفاده همزمان از پتوی رسی و پرده آب‌بند بیش‌ترین تأثیر را در کاهش نفوذ نمک دریا در خاک می‌تواند داشته باشد.

۵. با توجه به دو بند قبل و این مسئله که سرعت خاک‌شویی حالات مختلف پس از ۱۰ روز برابر است، حالت استفاده همزمان از پتوی رسی و پرده آب‌بند را در حالت کلی و درازمدت انتخاب شد. زیرا همان‌طور که ذکر شد این حالت بیش‌ترین بازده را در جلوگیری از نفوذ نمک دریا در خاک ساحل خواهد داشت.

منابع مورد استفاده

۱. دقیق، ی. ۱۳۸۳. آنالیز دایک‌های ساحلی و کنترل تراوش با استفاده از مدل MSEEP. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، نشریهٔ آبخیز، شماره ۱، صفحه ۳۰-۲۲.

۲. دقیق، ی. ۱۳۸۵. گزارش نهائی طرح تحقیقاتی بهینه‌سازی دایک‌های حفاظتی در سدهای جزر و مدی. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.

3. US Army Corps of Engineering. 1995. Design of coastal revetments, seawalls and bulkheads. Washington DC, 20314-1000.

4. GEO-SLOPE Package. 2001. CTRANW Finite Element Code, University of Alberta, Canada.

Environmental effects of coastal dikes on shore soil salinity

Younes Daghigh[1], Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran
Ali Toloueiyan, BSc, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran

Received: 11 July 2010 **Accepted**: 20 November 2010

Abstract

One of the subjects that should be considered in coastal dykes design is interaction of saltwater and freshwater in the body and under the dykes. This paper evaluates the effect of clayey blanket and vertical cutoff on freshwater and saltwater interaction in the body and under the dyke by using CTRAN/W finite elements model. This model has developed during 2001 at Alberta Canada for studying on movement of contaminants such as salt and polluter particles through porous materials. In this study, five analyses group have been performed. First group was studying on status of salt invasion promotion after the dyke constructing and before filling from river water. Second group was after filling of dyke side to 3.5 meters height. Third group analysis was the same as second group but using clayey blanket instead. Fourth group was analysis was the same as second group but using vertical cutoff instead, and fifth group was using conjointly clayey blanket and vertical cutoff. The study shows that: using clayey blanket, the maximum leaching speed occurred after 5 days, while after 10 days, it remains constant. Also conjunctive use of clayey blanket with vertical cutoff had the maximum effect on prevention of soil salinity.

Key Words: Interaction, Clayey blanket, CTRANW, Cutoff, Finite elements

[1] daghigh_y@yahoo.com