بررسی پارامترهای بهینه تولید ژئوتکستایل مورد استفاده در جلوگیری از فرسایش نوار ساحلی دریا

جمشید جمشیدی[1و*]، مسعود مستوفی‌زاده

چکیده:

به‌دلیل برتری‌های اقتصادی، تکنیکی و زیست‌محیطی، کاربرد ژئوتکستایل و ژئوسنتتیک برای فیلتراسیون و زه‌کشی در دنیا افزایش یافته است و تاریخچه‌ای چهل‌ساله دارد. کاربرد کیسه‌های ژئوتکستایل محتوی شن به عنوان سیستم محافظت‌کننده از فرسایش نوار ساحلی دریا، از سال ۱۹۷۰ تاکنون رشد متوسطی داشته و به عنوان ماده جایگزین سنگ طبیعی، سرباره و بتن جایگاه خود را مستحکم نموده است. برای این کاربرد، منسوج باید در برابر پرتوهای فرابنفش و آب‌نمک پایداری طولانی مدت داشته باشند. نیروهای کششی عظیمی که در هنگام کاربرد ژئوتکستایل برای محافظت از ساحل به آن وارد می‌آید، بیشترین خطر را برای تخریب ایجاد می‌نماید. چنین کاربردهایی نیاز به ویژگی‌های خاصی در ژئوتکستایل (در کنار ویژگی‌های معمول) دارد که این مشخصات باید با بهینه‌سازی فرایند سوزن زنی فراهم گردد. در این پژوهش، اثر پارامترهای فرایند شامل دانسیته سوزن‌زنی و عمق نفوذ سوزن بر استحکام کششی ژئوتکستایل نبافته سوزنی بررسی شد. سپس این پارامترهای فرایند توسط تکنیک رگرسیون چندمتغیره، به ویژگی‌های منسوج ارتباط داده شد.

مقدمه

ساحل و نوار کناری دریا

ساحل و نوار کناری دریا منطقه ای است که نیروهای دریا دربرابر زمین قرار می‌گیرد. سیستم فیزیکی این ناحیه، جابجایی دریا (که به سیستم انرژی وارد می‌کند) و ساحل (که این انرژی را جذب می‌کند) را دربرمی‌گیرد. نوار ساحلی (محل برخورد زمین و دریا) مکانی است که تحت تأثیر جزر و مد، باد و موج قرار دارد. رسوب‌های موجود در بیشتر سواحل شامل دانه‌های ماسه تا قلوه‌سنگ است. اندازه و ویژگی‌های این مواد و نیز شیب کنار دریا، به نیروهای واردشده بر آن و نوع مواد موجود در ساحل ارتباط دارد. بسیاری از رسوب‌های ساحل، از کیلومترها دورتر به واسطه اثر تخریب آب و هوا بر کوه‌ها و تولید قطعات کوچک سنگ، توسط جریان‌ها و رودها به ساحل دریا آورده می‌شود. هنگامی که این قطعات به صورت شن و ماسه به ساحل می‌رسد، توسط امواج و جریان‌های آبی در طول ساحل گسترش می‌یابد. این جابجایی، روندی ثابت دارد و حجم زیادی از مواد ممکن است جابجا شود. ویژگی‌های ساحل با میانگین اندازه ذرات شن و ماسه، دامنه و توزیع اندازه ذرات، ترکیبات تشکیل‌دهنده شن و ماسه، شیب لبه جلوی ساحل دریا، بودن یا نبودن سد و شیب منطقه نزدیک ساحل بیان می‌گردد [۱].

پاسخ دینامیکی ساحل به دریا

فرم ساحل همیشه به گونه‌ای تنظیم می‌شود که در برابر انرژی امواج، بیشترین پایداری را از خود نشان دهد. این تنظیم، پاسخ دینامیکی ساحل است که به صورت طبیعی به دریا داده می‌شود. دو گونه عمومی پاسخ دینامیکی ساحل به جابجایی امواج وجود دارد: پاسخ به شرایط طبیعی و پاسخ به شرایط توفانی. در بیشتر مواقع شرایط طبیعی حاکم است و انرژی امواج به سادگی توسط مکانیسم‌های مدافع طبیعی ساحل، دفع می‌شود. هنگامی که شرایط توفانی امواجی با انرژی بسیار زیاد پدید می‌آورد، ساحل باید با اقداماتی نامعمول (مانند فداکردن بخش‌های بزرگی از ساحل و تپه‌های اطراف) پاسخ دهد. پس از گذشت زمان، ممکن است ساحل بازیابی شود ولی اغلب این کار به این سادگی انجام نمی‌گیرد [۱].

دلایل فرسایش نوار ساحلی

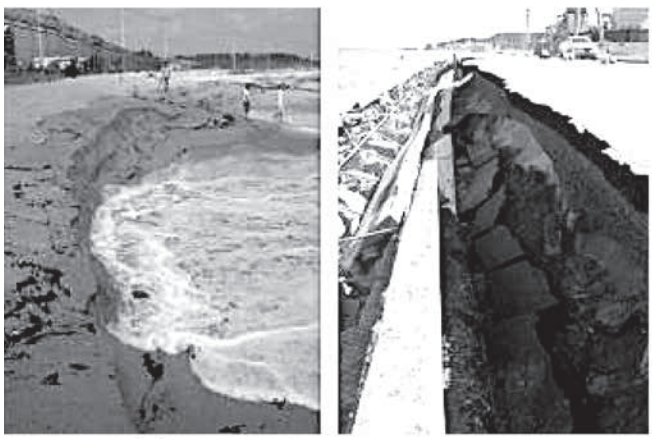
اگرچه عمده فرسایش ساحل هنگام توفان پدید می‌آید، دلایل بسیار دیگری (طبیعی یا انسانی) نیز وجود دارد که باید در نظر گرفته شود. دلایل طبیعی فرسایش، نتیجه پاسخ ساحل به اثرات طبیعت است. دلایل انسانی هنگامی پدیدار می‌شود که انسان بر سیستم طبیعت اثر بگذارد [۱].

روش‌های محافظت از ساحل

بهره از سازه‌های محافظت‌کننده

سازه‌های مورد استفاده به گونه‌ای طراحی می‌شود که مناطق مورد نظر را در برابر امواج مقاوم نماید. همچنین از موج‌شکن برای نگه داشتن رسوبات و تغییر در جابجایی ساحل استفاده می‌شود.

این سازه‌ها شامل تخته سنگ، قطعات بتونی و خاکریزهای بتونی یا سنگی است. نمونه‌هایی از کاربرد در شکل‌های ۲ و ۳ آورده شده است [۳].



شکل ۱. پدیده فرسایش ساحل شرقی کره [۲]

شکل ۲. تخته سنگ (سمت راست) و قطعات بتونی (سمت چپ) برای محافظت از فرسایش [۳]

بهره از سازه‌های نرم

در میان محصولات گوناگون این گروه، تیوب‌های ژئوتکستایل برای کاربرد در دریا و ساحل بسیار مؤثر ارزیابی شده است. تیوب‌های ژئوتکستایل باید به‌گونه مناسب طراحی و نصب شود که در این صورت، جایگزین مناسبی برای تخته سنگ و قطعات بتونی خواهد بود. از این تیوب‌ها می‌توان در محیط‌های مختلف بهره گرفت. درصورت استفاده به عنوان موج شکن، مانند سد یا خاکریز عمل می‌کند و سبب می‌شود مواد در پشت آن ته‌نشین گردد. انباشته شدن مواد می‌تواند به صورت طبیعی انجام شود و یا به صورت مصنوعی با خاک مناسب انجام گیرد [۳]. مجراهای پرکننده در فواصل منظم بر روی تیوب تعبیه می‌شود تا پمپاژ مخلوط شن–آب از طریق آن انجام گیرد (شکل ۴) هنگامی که تیوب با مقدار کافی از شن پر شد و به شکل لوله درآمد، به سبب وزن خود دربرابر موج ایستادگی خواهد کرد. تیوب‌های ژئوتکستایل موج‌شکن به واسطه عملکرد جداکنندگی و فیلتراسیون، به‌عنوان اصلی‌ترین عامل در سازه محافظت‌کننده فرسایش ساحل در نظر گرفته می‌شود [۳].

به دلیل نیروهای متفاوتی که در کاربرد به تیوب‌های ژئوتکستایل وارد می‌شود، در هنگام طراحی ژئوتکستایل مورد استفاده در تیوب‌های شنی باید این موارد را در نظر گرفت: پایداری در برابر پرتوهای فرابنفش و اثرات بیولوژیکی، پایداری در برابر سایش، پایداری در برابر تخریب، توانایی نگه‌داری مواد ریز، نفوذپذیری، اصطکاک سطحی و افزایش طول [۴].

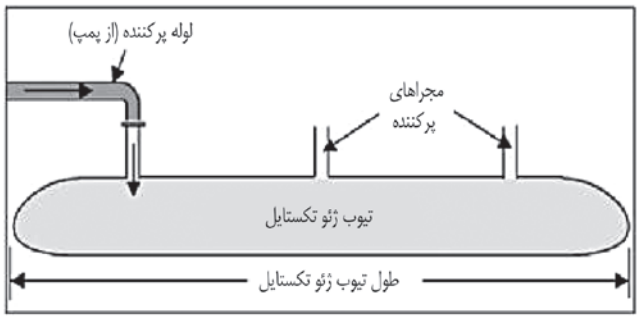
روش تحقیق

روش رویه پاسخ مجموعه‌ای از تکنیک‌های ریاضی و آماری است که برای مدل‌سازی

شکل ۳. سازه‌های بتنی برای جلوگیری از فرسایش ساحل [۳]

و آنالیز مسایلی که پاسخ تحت تأثیر چند متغیر و هدف، بهینه‌سازی آن است کاربرد دارد [۵]. کاربرد طرح‌های متعامد در طراحی آزمایش‌ها برای به دست آوردن مدل رگرسیون درجه دو است [۶]. در این پژوهش از طرح متعامد رویه پاسخ با چهار فاکتور بهره گرفته شد که اطلاعات آن در جدول ۱ آورده شده است.

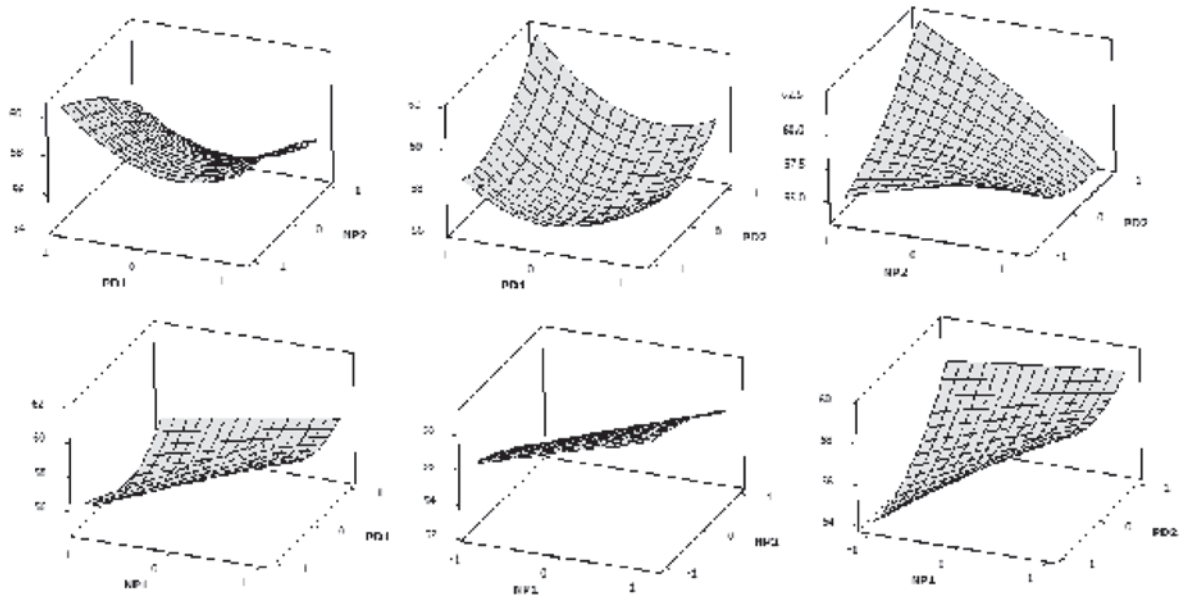
براساس طرح آزمون، تار عنکبوتی با الیاف پلی‌پروپیلن تولید شد و سپس سوزن‌زنی بر روی آن انجام گرفت. تست استحکام کششی با روش نوار پهن در راستای طول و عرض براساس استاندارد ملی آمریکا بر روی نمونه‌ها انجام گرفت [۷].



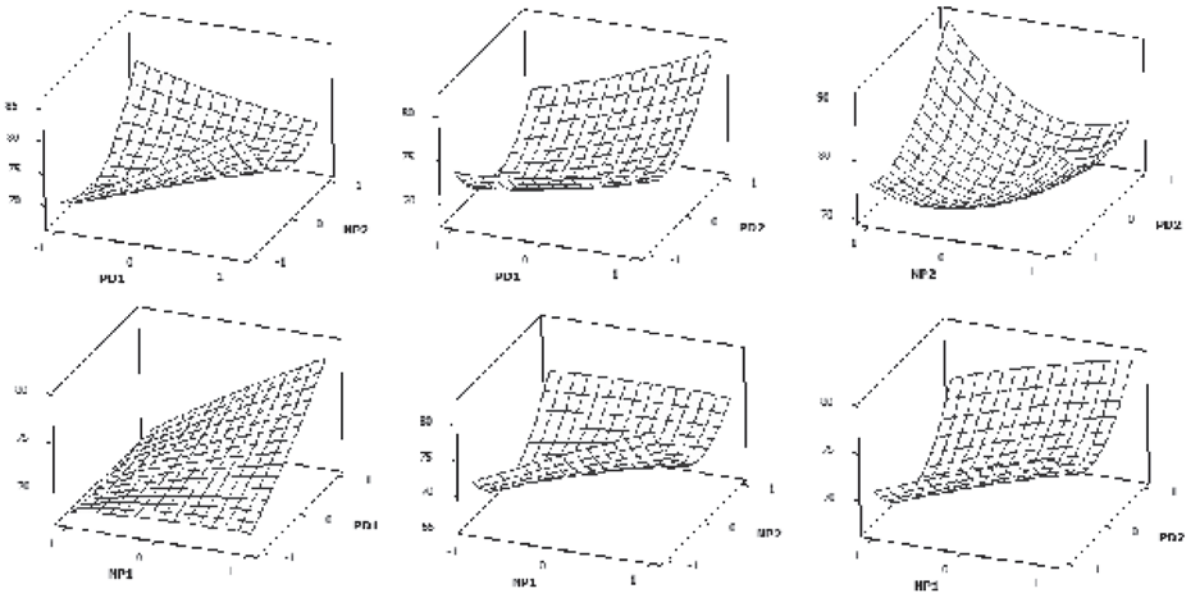
شکل ٤. مشخصات کلی تیوب‌های ژئوتکستایل [۳]

جدول ۱. طرح آزمایش برای تولید نمونه‌های ژئوتکستایل نبافته سوزنی (NP نفوذ سوزن؛ PD دانسیته سوزن‌زنی)

شماره	NP1	PD1	NP2	PD2	شماره	NP1	PD1	NP2	PD2	شماره	NP1	PD1	NP2	PD2
۱	−۱	−۱	۰	۰	۱۰	+۱	۰	۰	۰	۱۹	−۱	۰	۰	+۱
۲	۱	−۱	۰	۰	۱۱	−۱	۰	۰	+۱	۲۰	+۱	۰	۰	+۱
۳	−۱	+۱	۰	۰	۱۲	+۱	۰	۰	+۱	۲۱	۰	−۱	−۱	۰
۴	+۱	+۱	۰	۰	۱۳	۰	−۱	−۱	۰	۲۲	۰	+۱	−۱	۰
۵	۰	۰	−۱	−۱	۱۴	۰	+۱	−۱	۰	۲۳	۰	−۱	+۱	۰
۶	۰	۰	+۱	−۱	۱۵	۰	−۱	+۱	۰	۲۴	۰	+۱	+۱	۰
۷	۰	۰	−۱	+۱	۱۶	۰	+۱	+۱	۰	۲۵	۰	۰	۰	۰
۸	۰	۰	+۱	+۱	۱۷	−۱	۰	−۱	۰	۲۶	۰	۰	۰	۰
۹	−۱	۰	۰	−۱	۱۸	+۱	۰	−۱	۰	۲۷	۰	۰	۰	۰



شکل ۵. نمودار اثرات پارامترهای فرایند بر استحکام کششی ژئوتکستایل در راستای طول



شکل ٦. نمودار اثرات پارامترهای فرایند بر استحکام کششی ژئوتکستایل در راستای عرض

نتایج و بحث

اثر پارامترهای فرایند بر استحکام کششی در راستای طول و عرض در شکل‌های ۵ و ۶ آورده شده است. از آنالیز انجام‌گرفته برای استحکام کششی در راستای طول می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش نفوذ سوزن و کاهش دانسیته سوزن‌زنی، استحکام افزایش می‌یابد. این امر در آنالیز استحکام کششی در راستای عرض نیز توسط نتایج به دست آمده تأیید شد. براساس مدل به دست آمده، شرایط بهینه تولید محاسبه شد و تولید براساس این شرایط انجام گرفت. برای بررسی اثربخشی پارامترهای جدید در بهینه‌سازی فرایند، نمونه‌های تولیدشده با شرایط جدید و شرایط معمولی با آزمون ANOVA آنالیز شد که در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد، افزایش استحکام مورد تأیید قرار گرفت ($P = ۰,۰۰۷$)

نتیجه‌گیری

در این پژوهش برای مدل‌سازی و پیشگویی ویژگی‌های مکانیکی ژئوتکستایل نبافته سوزنی، پارامترهای نفوذ سوزن و دانسیته سوزن‌زنی مورد بررسی قرار گرفت و ارتباط میان این پارامترها با ویژگی‌های مکانیکی به دست آمد [۸ و ۹]. براساس مدل به دست آمده، شرایط بهینه تولید برای کاربرد ویژه تیوب‌های ژئوتکستایل محاسبه شد و تولید با شرایط بهینه انجام گرفت. آنالیز واریانس برای تأیید افزایش استحکام در راستای طولی و عرضی با شرایط جدید انجام گرفت که نتیجه به دست آمده، تأییدکننده اختلاف معنی‌دار میان نتایج روش جدید و روش معمول بود.

منابع در دفتر مجله موجود است.