بررسی تحلیلی و آزمایشگاهی تأثیر المان‌های تسلیح در بهبود خواص ژئوتکنیکی خاک

حسین غیاثیان[۱]، سهیل قره[۲]*، حسین صالح زاده[۱]، رزا رسولی[۱] و ایرج رحمانی[۳]

[۱]دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

[۲]دانشگاه پیام نور، مرکز مشهد، مشهد، ایران.

[۳]پژوهشکده حمل و نقل وزارت راه و ترابری، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۰۵/ ۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۰/۰۹

چکیده

استفاده از عناصر کمکی در بهسازی و اصلاح خواص مهندسی خاک از دیر باز مورد توجه بشر بوده است. امروزه کارایی و توانایی روش تسلیح خاک در ارائه راهکارهای عملی مناسب در پروژه‌های مختلف موجب شده تا این دانش به سرعت جای خود را در مهندسی ژئوتکنیک باز نماید. در راستای افزایش ظرفیت باربری خاک و کاهش نشست‌های آن، سامانه‌های سلولی ژئوسینتتیکی (GCS) ابداع شده است، که این سامانه‌ها متشکل از قاب، پوسته ژئوسینتتیکی و خاک هستند. در نوشتار حاضر، رفتار تحلیلی و آزمایشگاهی سامانه‌های سلولی ژئوسینتتیکی کوچک مقیاس بر روی نمونه‌های استوانه‌ای پرشده از ماسه سواحل دریای خزر و به ارتفاع ۱۰/۵ و قطر ۱۰ سانتی‌متر در شرایط مسلح و غیرمسلح بررسی شده است. بررسی‌های آزمایشگاهی در دستگاه سه محوری و در شرایط فشار همه جانبه خارجی صفر و بررسی‌های تحلیلی با استفاده از نرم افزار اجزای محدود ABAQUS 6.7 انجام شده است. همچنین در این نوشتار، تأثیر مسلح کننده‌های قائم و افقی، تعداد و آرایش آنها در افزایش ظرفیت باربری، کاهش نشست و تغییرشکل‌های جانبی نمونه، مورد ارزیابی قرار گرفته است. هم‌خوانی مناسبی میان نتایج به‌دست آمده از بررسی‌های تحلیلی و آزمایشگاهی وجود دارد و در همه موارد بررسی‌های تحلیلی نتایج محافظه‌کارانه‌تری نسبت به نتایج بررسی‌های آزمایشگاهی ارائه می‌دهد. افزون بر نتایج نشان می‌دهد المان‌های تسلیح قائم نسبت به المان‌های تسلیح افقی به میزان قابل توجهی سبب افزایش ظرفیت باربری و کاهش نشست سامانه سلولی ژئوسینتتیکی (GCS) می‌شوند، اما تغییر شکل‌های جانبی نمونه در تسلیح افقی نسبت به تسلیح قائم کمتر است.

کلیدواژه‌ها: سامانه سلولی ژئوسینتتیکی(GCS)، بهسازی خاک، تسلیح قائم و افقی، بررسی‌های تحلیلی و آزمایشگاهی

***نویسنده مسئول:** سهیل قره

۱- مقدمه

خاک به عنوان مهم‌ترین مصالح ساختمانی و اصلی‌ترین تکیه‌گاه سازه، از دیرباز در ساخت و ساز مورد توجه بشر بوده است اما به سبب ضعف مقاومت برشی و عدم مقاومت در برابر نیروهای کششی، پژوهشگران پیوسته در صدد افزایش ظرفیت باربری، مقاومت و بهبود خواص آن بر آمده و روش‌های مختلفی از جمله اصلاح مکانیکی مانند تراکم، اصلاح شیمیایی مانند تثبیت با آهک یا سیمان و استفاده از ایده خاک مسلح یا به‌کارگیری عناصر کمکی و با مقاومت کششی زیاد را در این زمینه به کار گرفته‌اند. در این میان، روش تسلیح خاک به دلیل هزینه پایین، اجرای آسان و تأثیر زیاد آن در بهبود خواص خاک به عنوان یک روش مناسب برای بهسازی و اصلاح خاک شناخته می‌شود.

خاک مسلح ساختاری متشکل از دو نوع ماده مختلف است، که عملکرد همزمان آنها ضعف هر کدام را به کمترین میزان می‌رساند و در این ایده، خاک تنش‌های فشاری و المان‌های تسلیح تنش‌های کششی را تحمل می‌کند. امروزه تسلیح خاک به عنوان روشی مؤثر و قابل اعتماد در بهسازی و تثبیت لایه‌های خاک افزون بر افزایش ظرفیت باربری، مقاومت برشی و کاهش نشست‌های آن، در تثبیت بسترهای سطحی، خاکریز راه و روسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در راستای این اهداف، سامانه‌های سلـــولی ژئوسینتتیکی GCS ابداع شده است (Ghiassian & Holtz, 2005).

۲- اهداف پژوهش

سامانه سلولی ژئوسینتتیکی (GCS) متشکل از قاب، پوسته ژئوسینتتیکی و خاک است که تحت‌تأثیر نیروهای قائم و افقی قرار می‌گیرد و می‌توان آنها را به صورت مسلح و غیرمسلح به کار برد(Ghiassian & Holtz, 2005).

در نوشتار حاضر، رفتار سلول‌های کوچک مقیاس GCS بر روی نمونه‌های استوانه‌ای پرشده از ماسه به ارتفاع ۱۰/۵ و قطر ۱۰ سانتی‌متر در حالت مسلح و غیرمسلح به صورت تحلیلی و آزمایشگاهی بررسی شده که بررسی‌های آزمایشگاهی در دستگاه سه محوری و در شرایط فشار همه جانبه خارجی صفر و مطالعات تحلیلی با بهره‌گیری از نرم افزار اجزای محدود ABAQUS 6.7 انجام شده است. لازم به یادآوری است در این پژوهش اثر مسلح کننده‌های قائم و افقی، تعداد و آرایش آنها در افزایش ظرفیت باربری و کاهش نشست و تغییرشکل‌های جانبی نمونه مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۳- مصالح مورد استفاده

خاک مورد استفاده در این پژوهش، ماسه سیلیسی ساحل جفرود بندر انزلی از سواحل باختری خزر در شمال ایران است. پوسته خارجی و همچنین المان‌های تسلیح مورد استفاده در ساخت نمونه‌های مدل فیزیکی GCS از دسته ژئوسینتتیک‌ها است.

۴- آزمایش‌های آزمایشگاهی

به منظور شناخت و تعیین ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک و به دست آوردن پارامترهای مورد نیاز در مدل‌سازی عددی، آزمایش‌های حدود اتربرگ، تعیین وزن مخصوص، تعیین درصد رطوبت طبیعی خاک، سه محوری و برش مستقیم بر اساس استاندارد ASTM انجام گرفته که خلاصه نتایج آنها در جدول ۱ آورده شده است. همچنین برای شناخت بیشتر و دقیق‌تر خواص مکانیکی و تعیین پارامترهای مورد نیاز برای مدل‌سازی عددی، آزمایش‌های تعیین مقاومت کششی و ستبرا بر روی پوسته خارجی و المان‌های تسلیح انجام گرفت(Korner, 2005). آزمایش تعیین مقاومت کششی برای اندازه‌گیری مدول الاستیسیته و استحکام پوسته و المان‌های تسلیح در جهت تار و پود انجام شد که برای انجام این آزمایش، دستگاه انجام آزمایش Wide Width Test بر اساس استاندارد ASTM D-4595، طراحی و ساخته شد و برای اطمینان از عملکرد دستگاه و موازنه کردن (کالیبراسیون) آن، نتایج به

دست آمده از دستگاه ساخته شده با نتایج دستگاه Instron مقایسه شد (شکل ۱) (ASTM D5321,2002).

لازم به یادآوری است برای تعیین ستبرای پوسته ژئوسینتتیکی خارجی و المان‌های تسلیح برای استفاده در بررسی‌های تحلیلی با استفاده از دستگاه ستبراسنج (Thickness Gage) ستبرای پوسته مورد استفاده، آزمایش شد که در نتیجه ستبرای پوسته خارجی و المان‌های تسلیح ۰/۳۴ میلی‌متر به‌دست آمد.

۵– نمونه‌سازی

برای ساخت نمونه‌های غیرمسلح، با استفاده از پوسته ژئوسینتتیکی نمونه‌های استوانه‌ای با ارتفاع ۱۰/۵ و قطر ۱۰ سانتی‌متر ساخته شده و درون آن از ماسه سواحل دریای خزر پر شد و در نمونه‌های مسلح، پس از ساخت پوسته استوانه‌ای خارجی ژئوسینتتیکی، المان‌های تسلیح با قطر، تعداد و آرایش‌های مختلف در درون پوسته خارجی قرار گرفته و سپس نمونه‌ها با خاک ماسه‌ای مورد نظر پر شدند (Heibaum, 2002). شایان توجه است در نمونه‌های مسلح و غیرمسلح برای رسیدن به تراکم نسبی یکسان، حجم معینی از ماسه در ۴ مرحله و به کمک لرزش به درون پوسته ریخته شده است.

۵–۱. بررسی‌های آزمایشگاهی

در بخش بررسی‌های آزمایشگاهی تأثیر افزایش قطر و همچنین تعداد المان‌های تسلیح قائم و افقی بر روی ظرفیت باربری، نشست و تغییرشکل‌های جانبی نمونه‌های کوچک مقیاس GCS مورد بررسی قرار گرفت.

– نمونه‌های مسلح شده با المان‌های تسلیح قائم: تأثیر المان‌های تسلیح قائم با افزایش قطر و همچنین تعداد المان‌های مسلح کننده مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی تأثیر افزایش قطر مسلح کننده، نمونه‌های کوچک مقیاس GCS در شرایط غیرمسلح و مسلح شده با یک لایه تسلیح قائم و در قطرهای ۲/۴۵ ، ۴/۹۵ و ۷/۳۵ سانتی‌متری، مطابق مقطع نشان داده شده در شکل ۲ ساخته شده و تحت آزمایش سه محوری در شرایط فشار همه‌جانبه خارجی صفر قرار گرفتند.

نتایج نشان می‌دهد، با افزایش قطر المان مسلح کننده قائم، ظرفیت باربری نمونه کوچک مقیاس GCS، افزایش و تغییرشکل جانبی و نشست آن کاهش می‌یابد. لازم به یادآوری است، ظرفیت باربری نمونه مسلح شده با یک المان تسلیح قائم به قطر ۷/۳۵ سانتی‌متر GCS، به میزان ۳۲ درصد نسبت به نمونه‌های غیر مسلح آن افزایش می‌یابد و همچنین میزان نشست و تغییرشکل‌های جانبی نمونه در شرایط یک لایه مسلح نسبت به شرایط غیرمسلح به ترتیب حداکثر به میزان ۶/۸ و ۵۱/۳ درصد کمتر است.

برای بررسی تأثیر افزایش تعداد المان–های تسلیح در این حالت، نمونه‌های کوچک مقیاس GCS در شرایط غیرمسلح، مسلح شده با یک المان تسلیح قائم به قطر ۲/۴۵ سانتی‌متر، مسلح شده با دو المان تسلیح قائم به قطرهای ۲/۴۵ و ۴/۹۵ سانتی‌متر و مسلح شده با سه المان تسلیح قائم به قطرهای ۲/۴۵، ۴/۹۵ و ۷/۳۵ سانتی‌متر مطابق مقطع نشان داده شده در شکل ۳ ساخته شده و تحت آزمایش سه‌محوری در شرایط فشار همه جانبه خارجی صفر قرار گرفتند.

نتایج نشان می‌دهد با افزایش تعداد المان‌های مسلح کننده قائم، ظرفیت باربری نمونه کوچک مقیاس GCS به میزان قابل توجهی افزایش و تغییرشکل جانبی و نشست آن کاهش می‌یابد. لازم به یادآوری است، ظرفیت باربری نمونه مسلح شده با سه المان تسلیح قائم GCS به میزان ۸۲ درصد نسبت به نمونه‌های غیر مسلح آن افزایش می‌یابد و همچنین میزان نشست و تغییرشکل‌های جانبی نمونه در شرایط سه لایه مسلح نسبت به شرایط غیرمسلح به میزان ۸/۶ و ۷۱ درصد کمتر است.

– نمونه‌های مسلح شده با المان‌های تسلیح افقی: برای بررسی تأثیر افزایش تعداد المان‌های تسلیح در این حالت، نمونه‌های کوچک مقیاس GCS در شرایط غیرمسلح، مسلح شده با یک المان تسلیح افقی، مسلح شده با دو المان تسلیح افقی و مسلح شده با سه المان تسلیح افقی مطابق مقطع نشان داده شده در شکل ۴ ساخته شده و تحت آزمایش سه‌محوری در شرایط فشار همه‌جانبه خارجی صفر قرار گرفتند.

نتایج نشان می‌دهد با افزایش تعداد المان‌های مسلح کننده افقی، ظرفیت باربری نمونه کوچک مقیاس GCS به میزان قابل توجهی افزایش و تغییرشکل جانبی و نشست آن کاهش می‌یابد. لازم به یادآوری است، ظرفیت باربری نمونه مسلح شده با سه المان تسلیح افقی GCS به میزان ۶۱ درصد نسبت به نمونه‌های غیر مسلح آن افزایش می‌یابد و همچنین میزان نشست و تغییرشکل‌های جانبی نمونه در شرایط سه لایه مسلح نسبت به شرایط غیرمسلح به میزان ۷ و ۷۷ درصد کمتر است.

۵–۲. بررسی‌های تحلیلی

در این بخش برای بررسی رفتار نمونه‌های کوچک مقیاس GCS به صورت تحلیلی و همچنین مقایسه با نتایج آزمایشگاهی، نمونه‌های مورد آزمایش به کمک نرم افزار اجزای محدود ABAQUS 6.7 مدل‌سازی شد و پارامترهای مورد نیاز مدل‌سازی از نتایج آزمایش‌های انجام شده بر روی خاک، پوسته ژئوسینتتیکی و المان‌های مسلح‌کننده به دست آمدند.

– نمونه‌های مسلح شده با المان‌های تسلیح قائم: برای بررسی تحلیلی تأثیر افزایش قطر المان‌های تسلیح، نمونه‌های کوچک مقیاس GCS، در شرایطی مشابه شرایط آزمایشگاهی(شکل ۲) مدل‌سازی شد. نتایج بررسی‌های تحلیلی نشان می‌دهد با افزایش قطر المان مسلح کننده قائم، تغییرشکل جانبی و نشست نمونه کوچک مقیاس GCS به ترتیب به میزان ۵۰/۹ و ۶/۶ درصد کاهش می‌یابد و ظرفیت باربری آن به گونه‌ای مشابه با نتایج به دست آمده از بررسی‌های آزمایشگاهی همراه با افزایش است و هم‌خوانی مناسبی بین نتایج آزمایشگاهی و تحلیلی وجود دارد، افزون بر این، بررسی‌های تحلیلی نسبت به بررسی‌های آزمایشگاهی نتایجی با ضریب اطمینان بیشتر ارائه می‌کند. مقایسه نتایج بررسی‌های آزمایشگاهی و تحلیلی در شرایط یکسان و در بارگذاری معادل ۹/۰۷ کیلونیوتن در شکل ۵ آورده شده است.

برای بررسی تحلیلی تأثیر افزایش تعداد المان‌های تسلیح قائم، نمونه‌های کوچک مقیاس GCS در شرایطی مشابه شرایط آزمایشگاهی(شکل ۳) مدل‌سازی شد. نتایج بررسی‌های تحلیلی نشان می‌دهد با افزایش تعداد المان‌های مسلح کننده قائم، تغییرشکل جانبی و نشست نمونه کوچک مقیاس GCS به ترتیب به میزان ۷۰/۸ و ۸/۴ درصد کاهش می‌یابد و همچنین ظرفیت باربری آن به طور مشابه با نتایج به‌دست آمده از بررسی‌های آزمایشگاهی همراه با افزایش است و در نهایت هم‌خوانی مناسبی بین نتایج آزمایشگاهی و تحلیلی دیده می‌شود، افزون بر این، بررسی‌های تحلیلی نسبت به بررسی‌های آزمایشگاهی نتایج محافظه‌کارانه‌تری را ارائه می‌کند. مقایسه نتایج بررسی‌های آزمایشگاهی و تحلیلی در شرایط یکسان و در بارگذاری معادل ۹/۰۷ کیلونیوتن در شکل ۶ آورده شده است.

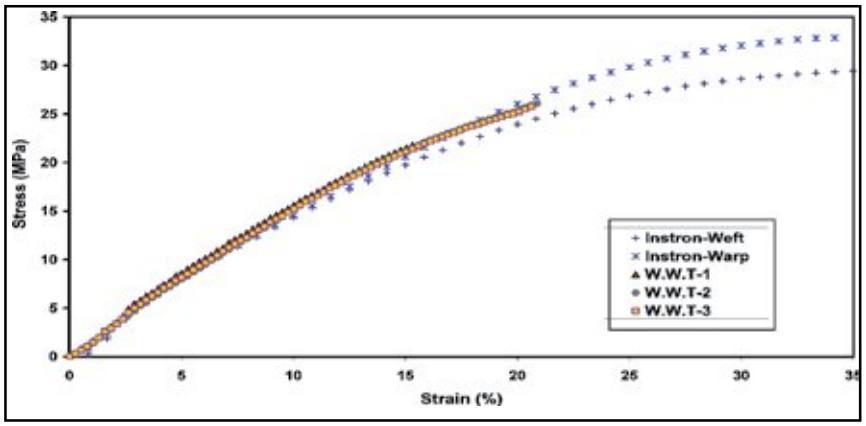
– نمونه‌های مسلح شده با المان‌های تسلیح افقی: برای بررسی تحلیلی تأثیر افزایش تعداد المان‌های تسلیح افقی، نمونه‌های کوچک مقیاس GCS در شرایطی مشابه شرایط آزمایشگاهی(شکل ۴) مدل‌سازی شد. نتایج بررسی‌های تحلیلی نشان می‌دهد با افزایش تعداد المان‌های مسلح کننده افقی، تغییرشکل جانبی و نشست‌نمونه کوچک مقیاس GCS به ترتیب به میزان ۷۶/۷ و ۶/۷ درصد کاهش می‌یابد و همچنین ظرفیت باربری آن به گونه‌ای مشابه با نتایج به دست آمده از بررسی‌های آزمایشگاهی همراه با افزایش است و هم‌خوانی مناسبی بین نتایج آزمایشگاهی و تحلیلی دیده می‌شود، افزون بر این، بررسی‌های تحلیلی نسبت به بررسی‌های آزمایشگاهی نتایج محافظه‌کارانه‌تری را ارائه می‌کند. مقایسه نتایج بررسی‌های آزمایشگاهی و تحلیلی در شرایط یکسان و در بارگذاری معادل ۹/۰۷ کیلونیوتن در شکل ۷ آورده شده است.

۶- بحث و نتیجه‌گیری

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود به کارگیری المان‌های تسلیح قائم و افقی روشی نوین در بهسازی و بهبود خواص ژئوتکنیکی خاک‌ها است و سبب افزایش چشم‌گیری در ظرفیت باربری نمونه‌های کوچک مقیاس GCS و همچنین کاهش میزان نشست و تغییرشکل‌های جانبی نمونه می‌شوند. در تسلیح با المان‌های قائم، با افزایش قطر و تعداد مسلح کننده‌های قائم این تأثیرات بیشتر آشکار بوده و بیشترین میزان افزایش ظرفیت باربری ۸۲ درصد و مربوط به شرایطی است که نمونه GCS توسط سه المان تسلیح قائم، مسلح می‌شود و در این حالت نشست‌های نمونه و تغییرشکل‌های جانبی آن نیز تا ۸/۶ و ۷۱ درصد کاهش می‌یابد. در شرایط تسلیح افقی نسبت به شرایط بدون تسلیح، افزایش ظرفیت باربری ۶۱ درصد و کاهش میزان نشست ۷ درصد بوده و در مقابل تغییرشکل‌های جانبی به میزان ۷۷ درصد کاهش داشته‌اند. از مقایسه به‌کارگیری المان‌های قائم و افقی نتیجه می‌گیریم اگرچه المان‌های قائم نسبت به المان‌های افقی به میزان قابل ملاحظه‌ای ظرفیت باربری را افزایش می‌دهند، اما در کاهش نشست‌ها فرق چندانی با المان‌های افقی نداشته و در کاهش تغییرشکل‌های جانبی عملکرد ضعیف‌تری دارند. با توجه به مطالب یاد شده و همچنین اجرای مشکل تسلیح قائم در سازه‌های طویل مانند سازه‌های حفاظت سواحل، استفاده از تسلیح قائم در زیر پی‌ها(فونداسیون) عملی‌تر، مقرون به صرفه و همراه با هزینه کمتری به نظر می‌رسد، اما در بستر راه‌ها و سازه‌های حفاظت ساحلی استفاده از تسلیح افقی منطقی‌تر است. لازم به یادآوری است که هم‌خوانی و تطابق مناسبی بین نتایج بررسی‌های آزمایشگاهی و تحلیلی وجود داشته و نرم افزار اجزای محدود ABAQUS برآورد مناسبی از رفتار سامانه‌های سلولی ژئوسینتتیکی تحت بارگذاری سه‌محوری را نشان می‌دهد و می‌توان از آن در تحلیل و طراحی سامانه GCS استفاده کرده و این سامانه را در تقویت بستر راه‌ها، بهسازی پی سازه‌های آسیب دیده یا در حال ساخت و سامانه‌های حفاظت سواحل به کار برد (Timoshenko & Woinowsky-Krieger, 1987 ; Otto ,1979) بدیهی است اعمال فشار خارجی همه جانبه صفر در حین پژوهش، در شرایطی که سامانه GCS در بهسازی و بهبود شرایط باربری و نشست خاک در بستر راه و پی‌سازه‌ها در زیر سطح زمین و تحت فشار جانبی طبیعی خاک اطراف به کار گرفته شود برای اطمینان بوده و ضریب اطمینان این سامانه را افزایش خواهد داد.

سپاسگزاری

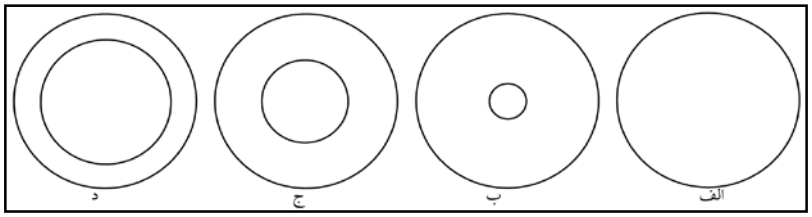
ضمن تشکر از پژوهشکده حمل و نقل وزارت راه و ترابری، این تحقیق برگرفته از پژوهش انجام شده در این پژوهشکده می‌باشد.



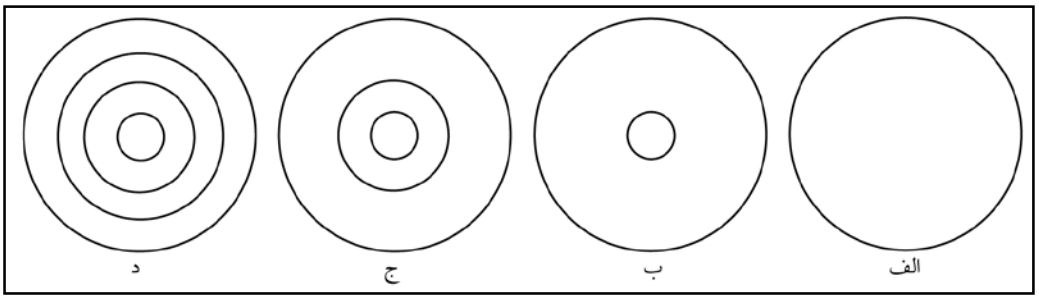
شکل ۱- نمودار تغییرات تنش کششی در برابر کرنش با استفاده از دستگاه‌های Wide Width Test و Instron

جدول ۱- خواص فیزیکی و مکانیکی خاک مورد استفاده

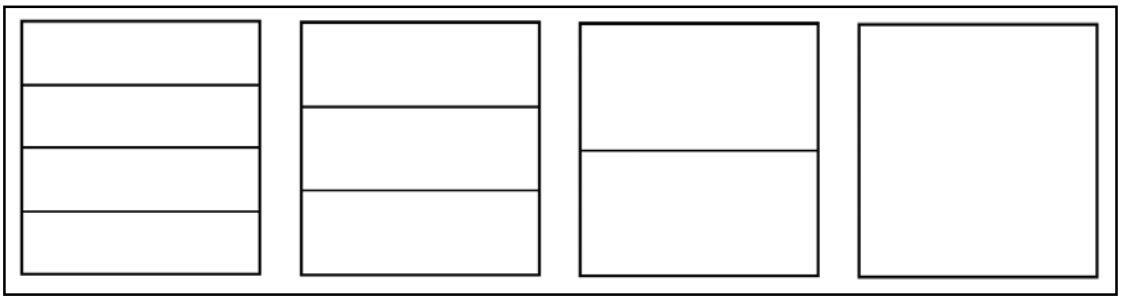
زاویه اصطکاک داخلی (Φ) (Degree)	چسبندگی (c)(kN/m²)	وزن مخصوص (γ) (kN/ m³)	درصد رطوبت (w) (%)	حد خمیری (PL)	حد روانی (LL)
۳۸/۸	۰	۱۷/۱	۰	-	-



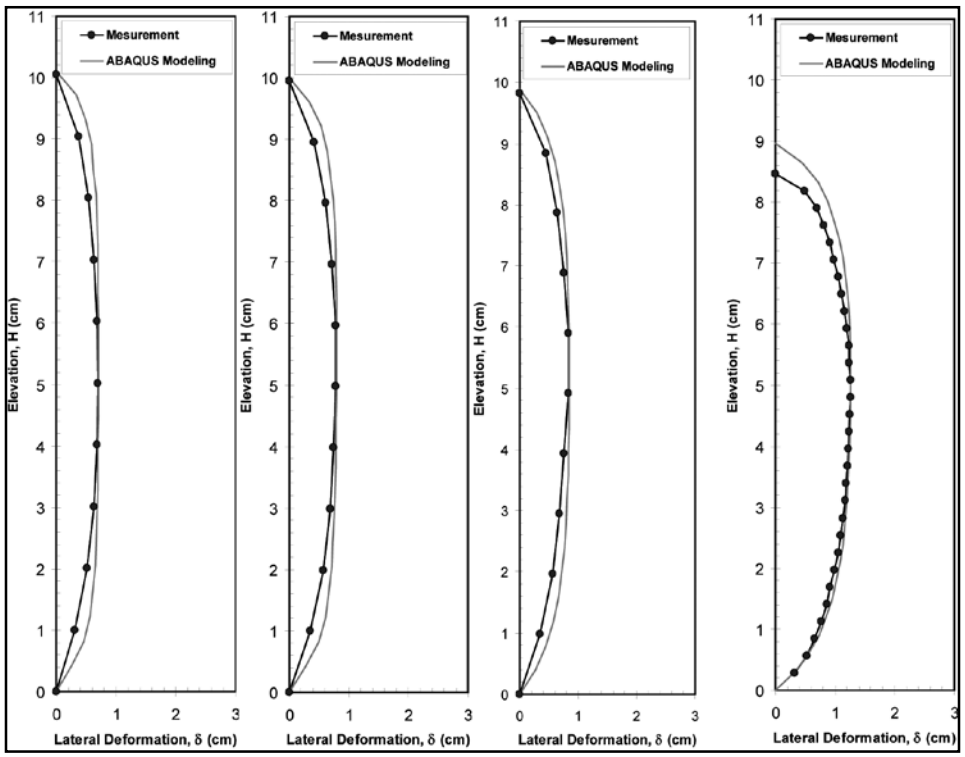
شکل ۲- مقطع نمونه‌های کوچک مقیاس GCS در شرایط غیرمسلح و مسلح‌شده با یک لایه تسلیح قائم الف) نمونه غیرمسلح، ب) نمونه مسلح شده با یک المان تسلیح قائم به قطر ۲/۴۵ سانتی‌متر، ج) نمونه مسلح شده با یک المان تسلیح قائم به قطر ۴/۹۵ سانتی‌متر، د) نمونه مسلح شده با یک المان تسلیح قائم به قطر ۷/۳۵ سانتی‌متر



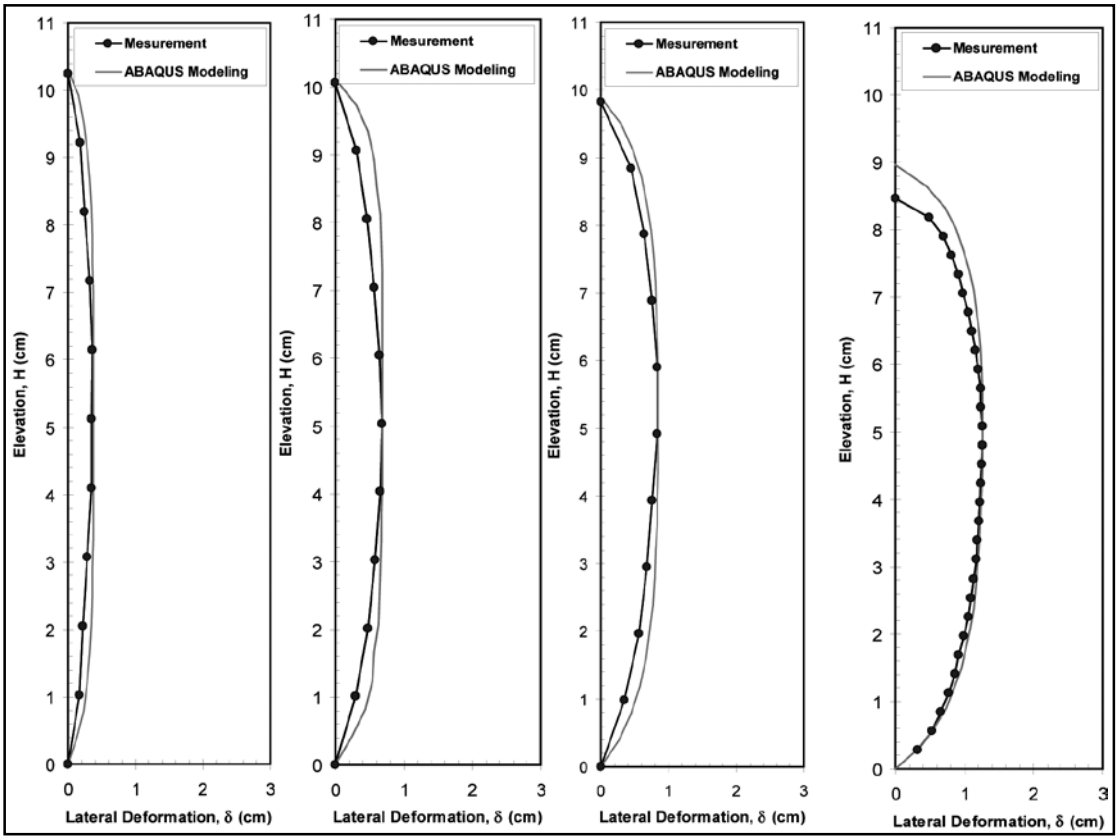
شکل۳- مقطع نمونه‌های کوچک مقیاس GCS در شرایط غیر مسلح و مسلح شده با المان‌های تسلیح قائم الف) نمونه غیرمسلح، ب) نمونه مسلح‌شده با یک المان تسلیح قائم به قطر ۲/۴۵ سانتی‌متر، ج) نمونه مسلح‌شده با دو المان تسلیح قائم به قطرهای ۲/۴۵ و ۴/۹۵ سانتی‌متر، د) نمونه مسلح‌شده با سه المان تسلیح قائم به قطرهای ۲/۴۵، ۴/۹۵ ۷/۳۵ سانتی‌متر



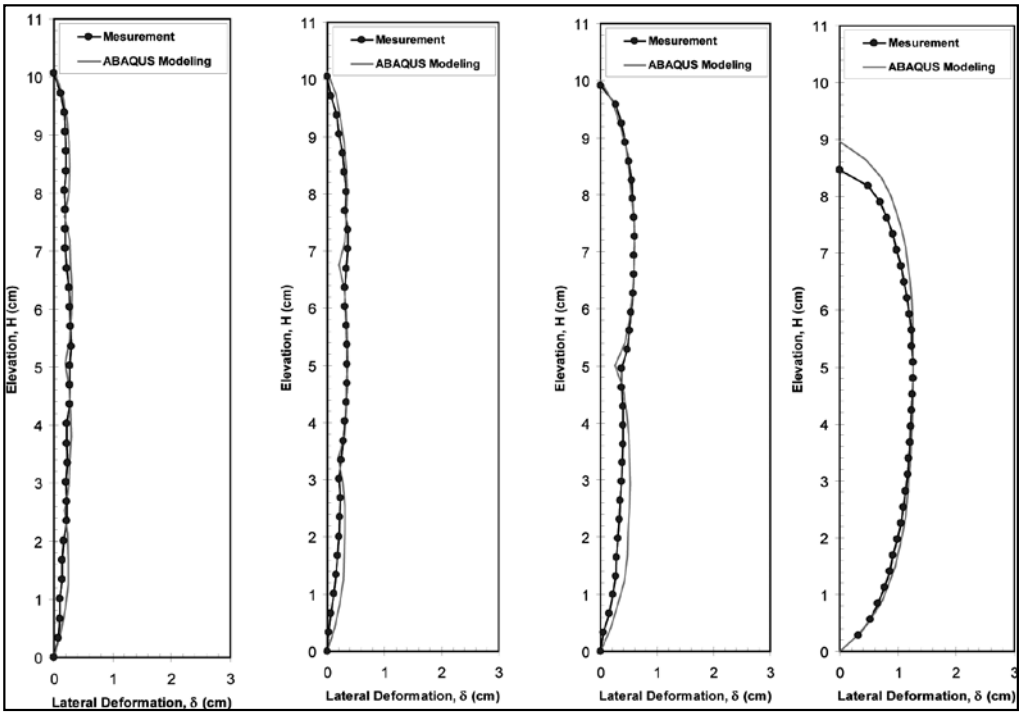
شکل ۴- مقطع نمونه‌های کوچک مقیاس GCS در شرایط غیرمسلح و مسلح شده با المان‌های تسلیح افقی الف) نمونه غیرمسلح، ب) نمونه مسلح‌شده با یک المان تسلیح افقی، ج) نمونه مسلح‌شده با دو المان تسلیح افقی، د) نمونه مسلح‌شده با سه المان تسلیح افقی



شکل ۵- مقایسه نتایج مطالعات آزمایشگاهی و تحلیلی نمونه‌های کوچک مقیاس GCS در شرایط یکسان در حالت غیر مسلح و مسلح شده با یک المان تسلیح قائم الف) نمونه غیرمسلح، ب) نمونه مسلح شده با یک المان تسلیح قائم به قطر ۲/۴۵ سانتی‌متر، ج) نمونه مسلح شده با یک المان تسلیح قائم به قطر ۴/۹۵ سانتی‌متر، د) نمونه مسلح شده با یک المان تسلیح قائم به قطر ۷/۳۵ سانتی‌متر



شکل ۶- مقطع نمونه‌های کوچک مقیاس GCS در شرایط غیر مسلح و مسلح شده با المان‌های تسلیح قائم الف) نمونه غیرمسلح، ب) نمونه مسلح شده با یک المان تسلیح قائم به قطر ۲/۴۵ سانتی‌متر، ج) نمونه مسلح شده با دو المان تسلیح قائم به قطرهای ۲/۴۵ و ۴/۹۵ سانتی‌متر، د) نمونه مسلح شده با سه المان تسلیح قائم به قطرهای ۲/۴۵، ۴/۹۵ و ۷/۳۵ سانتی‌متر



شکل ۷- مقطع نمونه‌های کوچک مقیاس GCS در شرایط غیر مسلح و مسلح شده با المان‌های تسلیح افقی الف) نمونه غیرمسلح، ب) نمونه مسلح شده با یک المان تسلیح افقی، ج) نمونه مسلح شده با دو المان تسلیح افقی، د) نمونه مسلح شده با سه المان تسلیح افقی

References

ASTM D5321, 2002- Standard Test Method for Determining the Coefficient of Soil and Geosynthetic or Geosynthetic and Geosynthetic Friction by the Direct Shear Method, American Society for Testing and Material, West Conshohocken, Pennsylvania, USA.

Ghiassian, H. & Holtz, D. H., 2005- Geosynthetic cellular systems (GCS) in coastal application, Report University of Washington, Dept. of Civ. & Envir. Eng., September.

Heibaum, M. H., 2002- Geosynthetic containers a new field of application with nearly no limits, Proceedings of the seventh international conference on geosynthetics 7 ICG-NICE, France, vol. 3, pp. 1013–1016.

Korner, R. M., 2005- Designing with Geosynthetics, Fifth Edition, Prentice Hall.

Otto, F., 1979- Tensile Structures, The MIT Press, the Massachusetts Institute of Technology, Boston.

Timoshenko, S. & Woinowsky-Krieger, S., 1987- Theory of Plates and Shells. McGraw-Hill, p-4.

Experimental and Analytical Study on the Effects of Reinforcement Elements in the Improvement Soil Geotechnical Properties

H. Ghiassian[1], S. Ghareh[2*], H. Salehzadeh[1], R. Rasooli[1] & I. Rahmani[3]

[1]Iran University of Science & Technology, Tehran, Iran.

[2]Payam Noor University, Mashhad Units, Mashhad, Iran.

[3]Transportation Research Institute, Tehran, Iran.

Received: 2008 August 06 Accepted: 2008 December 29

Abstract

People have paid attention to the use of supportive elements in retrofitting and soil improvement since a long time ego. Nowadays, the capability of reinforcement soil applications has been showed in different civil engineering projects. In order to increase of bearing soil capacity and reduce the settlement of structure, Geosynthetic Cellular System (GCS) has been invented. GCS consists of frame, geosynthetic fabric and soil. In this research, experimental and analytical behavior of small scale geosynthetic cellular systems has been analyzed. Our test case is a cylindrical specimen filled of sand from the beach of Khazar Sea. These cylinders are 10.5 cm in high and theirs base circle diameter are 10 cm in unreinforcement and reinforcement condition. Experimental studies were done with Teri axial test without back pressure and analytical studies were done with finite element soft ware (ABAQUS 6.7). Also in this research, the effect of vertical and horizontal reinforcement, the number of reinforcement, and their arrangement effect in the increase of bearing capacity, the decrease of settlement and lateral deformation of the instance have been presented. The experimental results and analytical studies are completely comparable and analytical results cover the experimental results. Also the results show that the reinforcement elements extremely cause to increase the bearing capacity and decrease settlement and lateral deformation. But, the horizontal reinforcement facilities in construct make it better than vertical reinforcement.

Key words: Geosynthetic Cellular System, Soil improvement, Vertical reinforcement, Experimental and analytical studies.

For Persian Version see pages 163 to 168

*Corresponding author: S. Ghareh; E-mail: Ghareh_Soheil@iust.ac.ir