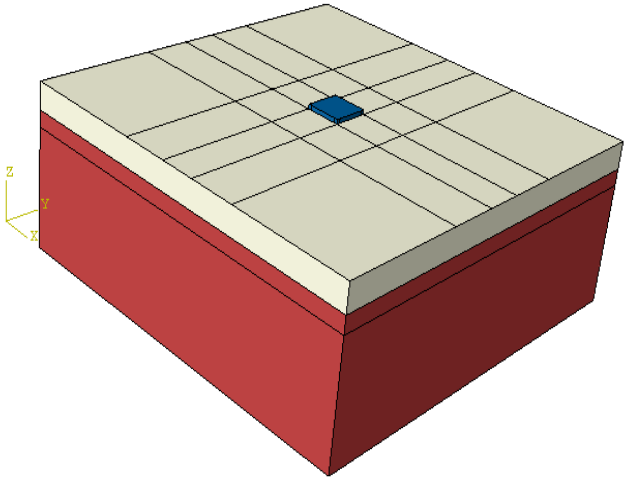
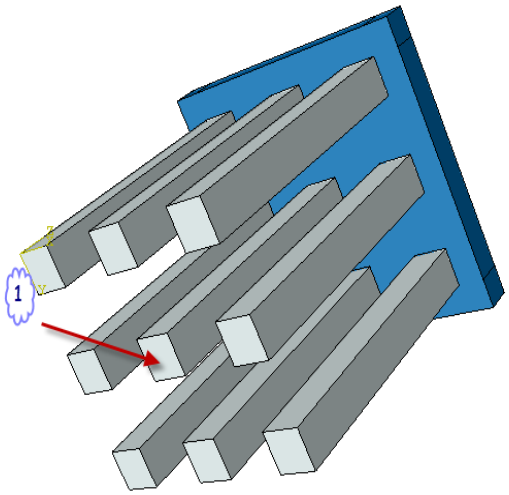
بررسی رفتار مکانیکی ستون‌های سنگی معمولی و مسلح شده با ژئوسینتتیک

(مطالعه موردی: پی مخازن گازی پارس جنوبی)





زمستان ۱۳۹۷

گردآورنده: محب اله آگاه ناو

آموزش های آنلاین مادیا

هم یاد بگیریم، هم یاد بدهیم.

www.Madya.ir

www.Madya.ir

خلاصه

با توجه به عدم وجود خاک با ظرفیت باربری مناسب، ضرورت اصلاح خاک برای ساخت پروژه‌های عظیم به امری اجتناب ناپذیر تبدیل شده است. از بین روش‌های متداول اصلاح خاک، ستون سنگی معمولی و مسلح شده با ژئوسنتتیک، با توجه به سازگاری با محیط زیست و عملکرد مناسب، از شناخته شده ترین روش‌های اصلاح خاک می‌باشند. در این مقاله با استفاده از نرم افزار ABAQUS رفتار مکانیکی ستون سنگی معمولی و مسلح با استفاده از پارامترهای ژئوتکنیکی منطقه پارس جنوبی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که ستون سنگی باعث کاهش نشست شده و ژئوسنتتیک ها این اثرات مثبت را بیشتر می‌کنند. مطالعات پارامتریک نشان داد که اثرات گروه در طراحی ستون سنگی باید در نظر گرفته شود. با استفاده از مطالعه پارامتریک تأثیر پارامترهای فاصله بین ستونی، طول و قطر روی کاهش نشست‌ها و شکم دادگی ستون سنگی در حالت‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت.

کلمات کلیدی: ستون سنگی، مسلح سازی، ژئوسنتتیک، پارس جنوبی، ABAQUS

۱.مقدمه

طول رودخانه‌ها و سواحل دریاها، با خاک‌های نرم پوشیده شده است. به علت مقاومت برشی اندک و تراکم پذیری بالا، ساخت و ساز روی خاک‌های نرم طبیعی خطرناک می‌باشد و برای دست‌یابی به شرایط مطلوب، باید خاک تا ظرفیت باربری مورد نظر بهبود یابد. روش‌های مختلف برای این کار وجود دارد. از بین همه روش‌ها، ستون سنگی یک روش موثر، اقتصادی و سازگار با محیط زیست برای اصلاح چنین خاک‌ها می باشد. این روش در واقع توسعه یافته روش تراکم لرزه ای هستند که برای خاک‌های چسبنده در اواسط سال ۱۹۳۰ در آلمان مورد استفاده قرار می‌گرفت. در طی ۳۰ سال گذشته، اهمیت ستون سنگی برای مسلح کردن خاک‌های چسبنده برای پی‌ها، عموماً شناخته شده است. تکنیک ستون سنگی عمدتاً در اروپا توسعه یافته است، اما هم اکنون کاربرد آن در اکثر مناطق دنیا گسترده شده است و برای اکثر خاکریزها و ساخت جاده‌ها به وفور مورد استفاده قرار می‌گیرد. زیرا در بین روش‌های مختلف بهبود خاک‌های نرم، این روش از مؤثرترین و کم هزینه‌ترین تکنیک‌های بهبود این نوع خاک‌ها می‌باشد و دارای تأثیر بسیار مطلوبی در افزایش ظرفیت باربری، کاهش نشست سازه قرار گرفته روی پی، و با کوتاه کردن مسیر زهکشی باعث سرعت بخشیدن به نشست‌های تحکیمی می‌شوند.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر برای آموزش های آنلاین مادیا محفوظ می باشد. هر گونه کپی برداری و بازنشر این اثر "با ذکر منبع" بلامانع است.

ستون سنگی ظرفیت باربری خود را از مقاومت فشاری مقاوم زمین که در مقابل شکم دادگی در طول ستون سنگی به وجود می‌آید، بدست می‌آورد و به مقاومت برشی خاک پیرامون آن بستگی دارد. برای اینکه این مقاومت به وجود آید، باید ستون سنگی منبسط گردد. در خاک‌های با مقاومت برشی خیلی کم مقاومت فشاری زمین برای تامین ظرفیت باربری ستون سنگی کافی نیست. به منظور جلوگیری از گسیخته شدن ستون سنگی بخاطر شکم دادگی، حلقه‌های ژئوسنتتیک برای محصور کردن ستون‌های سنگی مورد استفاده قرار می‌گیرد که در برابر تغییرات بیولوژیکی و تخریب‌های شیمیایی بسیار مقاوم هستند.

بر خلاف پی‌های با ستون سنگی معمولی، ستون‌های ماسه‌ای یا شنی روکش شده با ژئوسنتتیک می‌توانند به عنوان روشی برای بهبود خاک‌های بسیار نرم بکار برده می‌شوند. اگر در یک خاک نرم ستون سنگی معمولی محصور نشده بکار رود، فشار افقی وارد بر یک ستون سنگی برابر با فشار وارد از طرف ستون سنگی به خاک می‌باشد با کاربرد ستون سنگی روکش شده، فشار وارد از سوی ستون سنگی به خاک نرم کاهش می‌یابد، زیرا قفسه ژئوسنتتیک که محیط ستون سنگی را در برگرفته است دارای اثرات تکیه گاهی شعاعی می‌باشد.

۲. نگاهی به کارهای انجام شده

Sharma *et al.* (2004)، با انجام آزمایش‌هایی گزارش کردند که ژئوگرید به طور چشمگیری ظرفیت باربری ستون سنگی را افزایش می‌دهد و همچنین این نوع مسلح سازی باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای در عمق و همچنین قطر شکم دادگی ستون سنگی می‌شود [1]. Gneil and Bouazza, (2009)، با مطالعات آزمایشگاهی به این نتیجه رسیدند که کاربرد ژئوگرید و محصور کردن ستون سنگی با استفاده از این تکنیک به مقدار زیادی سختی ستون سنگی را افزایش داده و تغییرش کل نسبی را کاهش می‌دهد. برای ستون سنگی با پوشش کامل در گروه ستون سنگی، کرنش یا تغییر شکل نسبی تا ۸۰٪ کاهش را نشان می‌دهد [2]. مطالعات آزمایشگاهی Malarvizhi and Ilamparuthi (2004)، نشان داد که حلقه‌های ژئوگرید، ظرفیت باربری ستون‌های سنگی چه شناور و چه با تکیه گاه انتهایی را افزایش می‌دهند. ظرفیت باربری نهایی در حالت ستون سنگی محصور شده با ژئوگرید و ستون سنگی معمولی که در لایه رسی قرار داده می‌شود، ۳ و ۲ برابر بیشتر از حالتی است که ستون سنگی بکار گرفته نمی‌شود [3]. Murugesan and Rajagopal (2006)، تست‌های را برای بررسی اثر سختی حلقه ژئوسنتتیک، عمق حلقه و همچنین قطر ستون سنگی

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر برای آموزش های آنلاین مادیا محفوظ می باشد. هر گونه کپی برداری و بازنشر این اثر "با ذکر منبع" بلامانع است.

روی عملکرد ستون سنگی، انجام دادند. نتایج نشان داد که حلقه ژئوسنتتیک سختی ستون سنگی را افزایش می‌دهد و اثرات مثبت محصور کردن با افزایش قطر ستون سنگی کاهش می‌یابد، و این که ژئوسنتتیک در قسمتی یا طولی که احتمال شکم دادگی وجود دارد، باید قرار داده شود [4].

Murugesan and Rajagopal (2009)، هم یک سری تست‌های آزمایشگاهی را برای مطالعه رفتار ستون‌های سنگی مسلح شده با ژئوسنتتیک در حالت تکی و گروهی، انجام دادند. نتایج حاصل از این آزمایش‌ها نشان داد که حلقه‌های ژئوسنتتیک سختی ستون سنگی را افزایش می‌دهند. مشخص شد که نیروی کششی حلقه از شکم دادگی ستون تبعیت می‌کند، و بیشترین مقدار این نیرو جایی بود که بالاترین کرنش حلقه اتفاق افتاد و در بخش بالایی ستون سنگی بود و همچنین این نیرو با افزایش عمق کاهش می‌یافت [5]. Gniel and Bouazza (2008)، بر اساس تست‌های کوچک مقیاس نتایج نشان دادند که کرنش عمودی با افزایش درصد طول محصور کردنی کاهش می‌یابد [6].

Lee and Yoo (2011)، با تست‌های مقیاس واقعی نشان دادند که محصور کردن ستون سنگی تا چه حدی می‌تواند باعث کاهش تغییر مکان افقی گردد و همچنین محصور کردن ستون سنگی با ژئوسنتتیک ضمن اینکه ظرفیت باربری را افزایش می‌دهد، باعث جلوگیری از شکست های ناگهانی ناشی از شکم دادگی نیز می‌شود، شکم دادگی به مقدار زیادی کاهش پیدا می‌کند، و همچنین قفسه ژئوگرید، مانع نفوذ خاک نرم به داخل مصالح ستون سنگی می‌شود [7].

۳. آنالیز المان محدود

۱،۳ شرح مطالعه موردی و پارامترهای ژئوتکنیکی

در اینجا خلاصه‌ای از مطالعات ژئوتکنیک کل سایت فاز ۱۲ پارس جنوبی ارائه می‌گردد. مطابق پلان جانمایی، ۴ مخزن فولادی با قطر ۷۸ متر و ارتفاع ۲۲ متر می‌باشد و در حالت خالی ۲۰۰۰ تن وزن دارد، حجم این مخازن ۱۰۰۰۰۰ متر مکعب است. مخزن مورد بررسی، مخزن شماره ۳ (شکل ۱)می‌باشد. بستر مخزن شماره ۳ عمدتاً سنگ مارن است. به دلیل اینکه بار پی مستقیم یا غیر مستقیم به سنگ بستر مارنی می‌رسد در نتیجه این پی‌ها توانایی باربری کمی را دارا هستند و ممکن است نشست‌های موضعی یا کلی رخ دهد و این نشست‌های آسیب‌های جدی به مخزن وارد آورند. در نظر گرفتن گزارش‌های موجود و گمانه‌های شناسایی موجود لایه بندی خاک را می‌توان به دو لایه عمده تقسیم نمود. لایه اول به ضخامت ۵ متر که از خاک ریزدانه

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر برای آموزش های آنلاین مادیا محفوظ می باشد. هر گونه کپی برداری و بازنشر این اثر "با ذکر منبع" بلامانع است.

تشکیل شده است و لایه دوم خاکی با مشخصات رس سخت و مارن به طول ۳۵ متر می‌باشد. جهت مشخص نمودن پارامترهای مقاومتی و مورد نظر طراحی، با استفاده از نمونه‌های دست‌خورده و دست‌نخورده آزمایش‌های آزمایشگاهی و صحرایی انجام گردید و نتایج در جدول ۱ با در نظر گرفتن نتایج آزمایش‌ها خلاصه شده است.

شکل ۱- موقعیت مخزن شماره سه

جدول ۱- مشخصات پارامترهای لایه‌های خاک

مشخصات	واحد	لایه اول (۵ متر)	لایه دوم (۳۵ متر)
وزن مخصوص طبیعی خاک	(kN/m^3)	۱۷	۱۹
مدول الاستیسیته	(kPa)	۱۰۰۰۰	۱۴۰۰۰
نسبت پواسون	-	۰/۴۰	۰/۳۵
چسبندگی	(kPa)	۴۰	۳۲
زاویه اصطکاک	(درجه)	۷	۲۶
شاخص فشردگی	-	۰/۰۹	۰/۱۱۴
شاخص تورم	-	۰/۰۱	۰/۰۱۶

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر برای آموزش های آنلاین مادیا محفوظ می باشد. هر گونه کپی برداری و بازنشر این اثر "با ذکر منبع" بلامانع است.

خاک زیر مخزن شماره ۳، خاکی ضعیف است مقدار تنش وارده بر خاک بیش از ۲/۱ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع (بار مخزن در حالت پر) می باشد. حال اگر عمق پی را یک متر و پی را از نوع گسترده انتخاب کنیم، با توجه به تنش وارده مقدار نشست در مرکز مخزن حدوداً ۲۱ سانتیمتر به دست می‌آید که از مقدار نشست مجاز(که بین ۱۲ تا ۱۶ سانتی متر می باشد) برای این مخزن بیشتر می‌باشد. مشخصات ستون سنگی هم در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲-مشخصات ستون سنگی

وزن مخصوص (kN/m^3)	چسبندگی (kPa)	مدول الاستیسیته (MPa)	نسبت پواسون	زاویه اصطکاک (درجه)	زاویه اتساع (درجه)
۲۲	۰	۱۰۰	۰/۳	۴۰	۱۰

۲,۳ معرفی نرم افزار ABAQUS و مدل‌های رفتاری

نرم افزار مورد استفاده در اینجا، ABAQUS6.11-1 می‌باشد. این نرم افزار کاربرد وسیعی در مدل‌سازی‌های عددی در بسیاری از رشته‌ها، از جمله در مهندسی ژئوتکنیک می‌باشد. مدل‌های رفتاری خاک با آخرین اصلاحات در این نرم افزار گنجانده شده است. مدل‌های رفتاری موهر-کلمب، دراگر پراگر اصلاح شده (کپ)، دراگر-پراگر توسعه یافته و مدل کم کلی از مهم‌ترین مدل‌های رفتاری پلاستیک خاک در این نرم قرار دارند. در اینجا برای

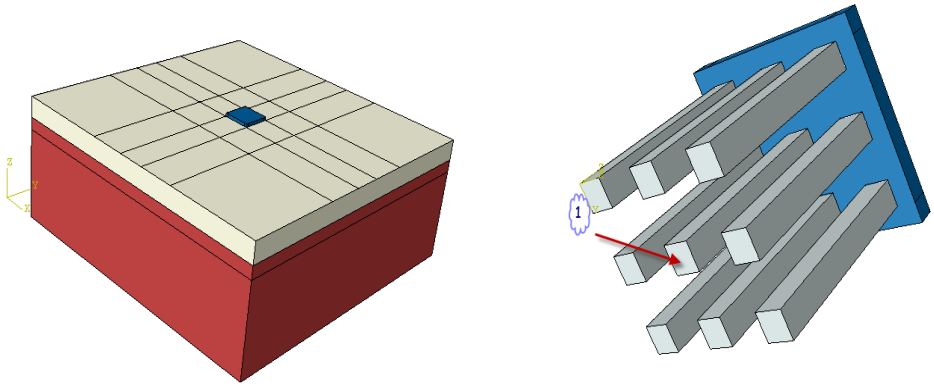
مدل‌سازی خاک و ستون سنگی از مدل‌های رفتاری دراگر پراگر اصلاح شده (کپ) برای خاک و دراگر-پراگر توسعه یافته برای ستون سنگی استفاده می‌شود. رفتار دال بتنی روی مجموعه خاک و ستون سنگی، به صورت الاستیک با مدول الاستیسیته MPa ۳۰۰۰۰ در نظر گرفته می‌شود.

۳,۳ مدل هندسی المان محدود

با توجه به ابعاد مخزن، که استوانه‌ای با قاعده ۷۸ متر. ارتفاع ۲۲ متر می‌باشد، اگر برای مدل‌سازی ستون‌های سنگی دایره‌ای به قطر ۱ متر، از آرایش دایره‌ای و هم محور با فاصله مرکز به مرکز ۲/۵ متر استفاده گردد، در

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر برای آموزش های آنلاین مادیا محفوظ می باشد. هر گونه کپی برداری و بازنشر این اثر "با ذکر منبع" بلامانع است.

مجموع ۸۱۷ عدد ستون مورد نیاز است، که در جهت ساده سازی کردن حل مسئله، تنها ۹ عدد ستون سنگی مربعی برای مدل‌سازی انتخاب می‌گردد. مدل عددی در شکل ۲ نشان داده شده است. برای بررسی رفتار ستون سنگی، ستون مرکزی (ستون شماره ۱ در شکل ۲)، مورد بررسی قرار می‌گیرد. ابعاد المان خاک مکعبی با قاعده ۸۰ متر در ۸۰ متر و ارتفاع ۳۰ متر با توجه به مطالعه حساسیت سنجی انتخاب گردید.



شکل ۲-مدل عددی توده خاک، ستون سنگی، و دال بتنی

۴,۳ مدل‌سازی

در مدل‌سازی نهایی، شرایط مرزی و معرفی اندرکنش بین المان‌های سه بعدی از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. شرایط مرزی در اینجا به این ترتیب خواهد بود که کف توده خاک در سه جهت و سطوح قائم در جهت عمود بر سطح بسته می‌شوند. بار به صورت فشاری و تنها به دال بتنی اعمال می‌شود. شرایط اولیه تنش با توجه به هندسه و مبدا مختصات تعریف می گردد. ضریب فشار جانبی ۱ منظور خواهد شد، این مساله باید در شرایط مدلسازی ۳ بعدی ستون سنگی برای تعریف تنش های اولیه رعایت گردد. اندرکنش بین ستون سنگی و خاک، ستون سنگی ژئوسنتتیک، و خاک ژئوسنتتیک به صورت اصطکاکی در نظر گرفته می‌شود و همچنین دال بتنی در تماس با مجموعه شمع و خاک بوده و لازم بذکر است در حالت ستون سنگی معمولی اندرکش نیازی به تعریف ندارد زیرا کاهش مقاومت بین سطح خاک و ستون سنگی اتفاق نمی افتد. برای مش بندی از المان‌های هشت گره ای مکعبی بدون انتگرال گیری کاهش یافته برای ستون سنگی، خاک و سرشمع، و برای ژئوسنتتیک از المانهای غشایی بدون انتگرال گیری کاهش یافته استفاده می‌شود.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر برای آموزش های آنلاین مادیا محفوظ می باشد. هر گونه کپی برداری و بازنشر این اثر "با ذکر منبع" بلامانع است.

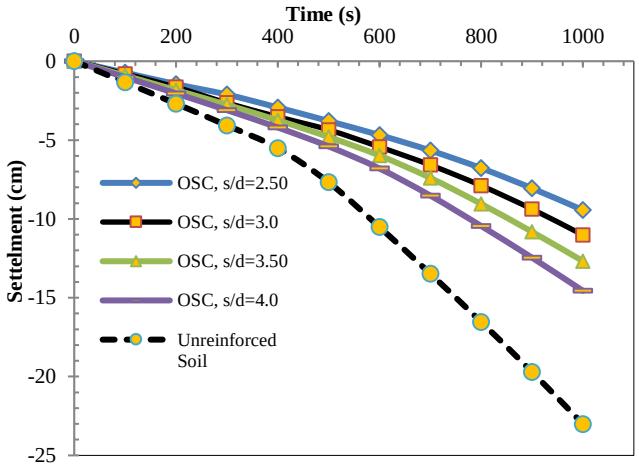
۴. مطالعه پارامتریک

در همه مراحل مدل‌سازی و مطالعه پارامتریک، بجای استفاده از ستون‌های سنگی دایره‌ای (که در عمل مورد استفاده قرار می‌گیرند)، به علت تعدد مدلها و دشواریهای مدلسازی ستونهای دایره ای در نرم افزار ABAQUS، از ستون‌های مربعی معادل استفاده شده است. هر جا که به قطر اشاره می‌شود، منظور قطر معادل ستون سنگی دایره‌ای می‌باشد.

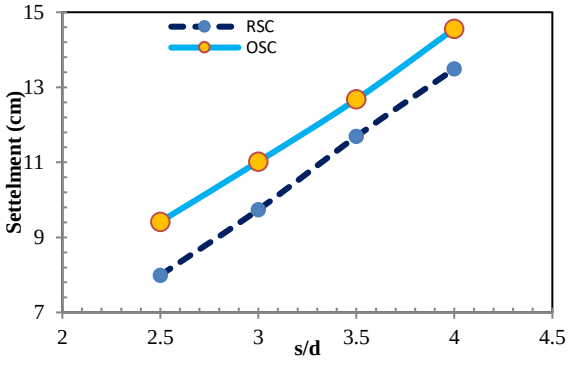
۱,۴ حالت اول: تأثیر فاصله

در هردو حالت ستون سنگی معمولی (Ordinary Stone Column, OSC) و مسلح(Reinforcrd Stone Column, RSC) ، فواصل بین ستون‌های سنگی از ۲/۵ متر تا ۴ متر تغییر داده شد. در این حالات طول همه ستون‌ها برابر ۸ متر و به شکل مربعی با طول ضلع ۱ متر (معادل یک ستون دایره‌ای به قطر ۱/۱۳ متر) انتخاب شد. نتایج نشان داد که با مسلح کردن خاک نرم نشست بسیار کم می شود (شکل ۳). روکش کردن ستون سنگی، سختی ستون سنگی افزایش یافته، ستون قادر به تحمل شدت تنش بیشتری می‌باشد و شکم دادگی و نشست ستون سنگی نسبت به حالت ستون سنگی محصور نشده، کمتر می‌شود.. در شکل ۴ هم تغییرات مقادیر حداکثر نشست ستون سنگی در حالت ستون سنگی مسلح و معمولی را نشان می‌دهد. در شکل ۵، مقایسه مقادیر حداکثر شکم دادگی بر حسب نسبت فاصله به قطر نشان داده شده است. با افزایش فاصله بین ستون‌ها، به علت کاهش اثرات برهم کنش بین ستون‌ها و همچنین افزایش سهم باربری ستون، شکم دادگی و نشست ستون سنگی زیاد می‌شود. در ستون سنگی مسلح محل حداکثر شکم دادگی در عمق کمتری نسبت به ستون سنگی معمولی قرار میگیرد.

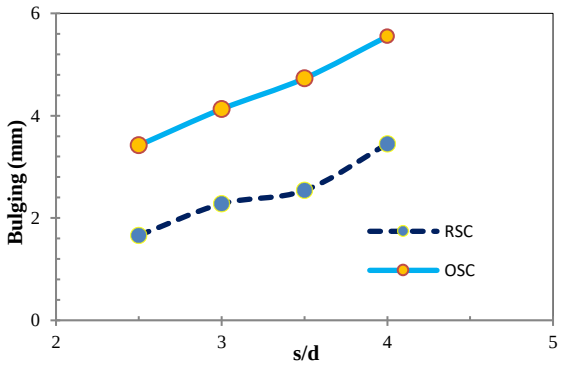
کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر برای آموزش های آنلاین مادیا محفوظ می باشد. هر گونه کپی برداری و بازنشر این اثر "با ذکر منبع" بلامانع است.



شکل ۳- نشست خاک مسلح نشده و مسلح شده با ستون سنگی



شکل ۴- مقادیر حداکثر نشست ستون سنگی معمولی و مسلح

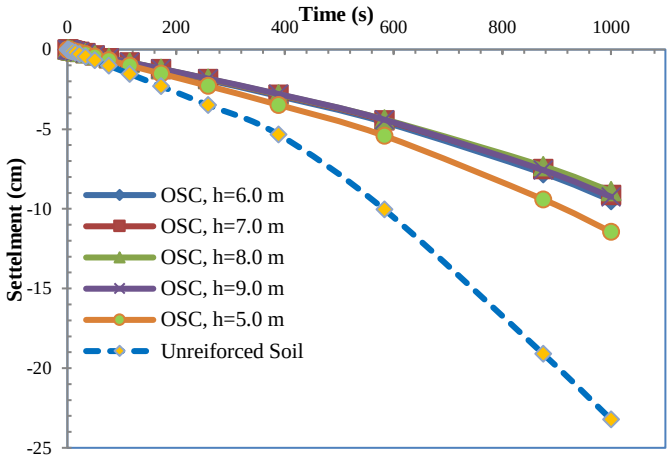


شکل ۵- حداکثر شکم دادگی ستون سنگی معمولی و مسلح

۲,۴ حالت دوم : تاثیر طول

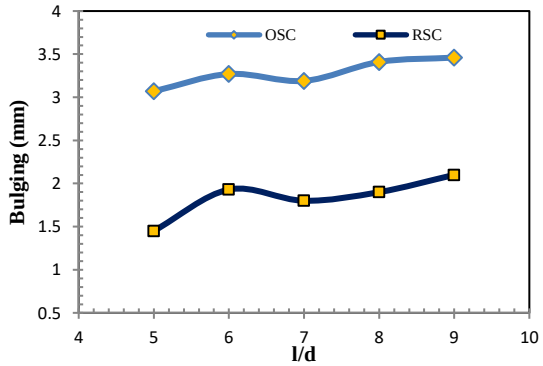
در این حالت، ستون سنگی قطر ۱ متر با طول‌های ۵ تا ۹ متر برای بررسی اثرات طول در هر دو حالت ستون سنگی معمولی و مسلح مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با اجرای ستون سنگی در خاک، سختی مجموعه خاک و ستون سنگی، نسبت به حالت نبود ستون، بسیار افزایش می‌یابد و نتیجه این مسأله، کاهش قابل توجه نشست می‌باشد. با مقایسه رفتار ستون سنگی با ستون سنگی معمولی، ملاحظه می‌شود که نشست و شکم دادگی در حالت محصور شده با ژئوسنتتیک کمتری می‌شوند. برای هر دو حالت ستون معمولی و مسلح، در طول‌های بین ۶ تا ۹ متر، دامنه تغییرات نشست و شکم دادگی ستون سنگی کمتر می‌شود و می‌توان گفت که در بازه طولی بین ۶ متر و ۹ متر عملاً تغییر قابل ملاحظه‌ای در نشست و شکم دادگی ستون سنگی دیده نمی‌شود. شکل ۵ که مقایسه نشست خاک نرم کف مخزن و و همجنین خاک نرم مسلح شده با ستون سنگی معمولی می‌باشد، نشان دهنده همین واقعیت می‌باشد.

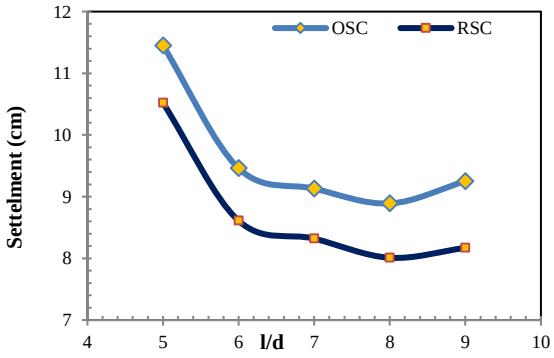
کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر برای آموزش های آنلاین مادیا محفوظ می باشد. هر گونه کپی برداری و بازنشر این اثر "با ذکر منبع" بلامانع است.



شکل ۶- نشست ستون سنگی معمولی و خاک غیر مسلح حالت طول‌های مختلف

شکل ۷ نشان دهنده تغییرات حداکثر نشست ستون سنگی بر حسب نسبت طول به قطر ستون سنگی می‌باشد و شکل ۸ نیز تغییرات شکم دادگی را نشان می‌دهد که هر دو مقدار شکم دادگی و نشست در بازه طولی ۶ تا ۹ متر، دارای دامنه تغییرات کمتری می‌باشند.





شکل ۷-تغییرات نشست ستون سنگی معمولی و مسلح

شکل ۸-تغییرات شکم دادگی ستون سنگی معمولی و مسلح

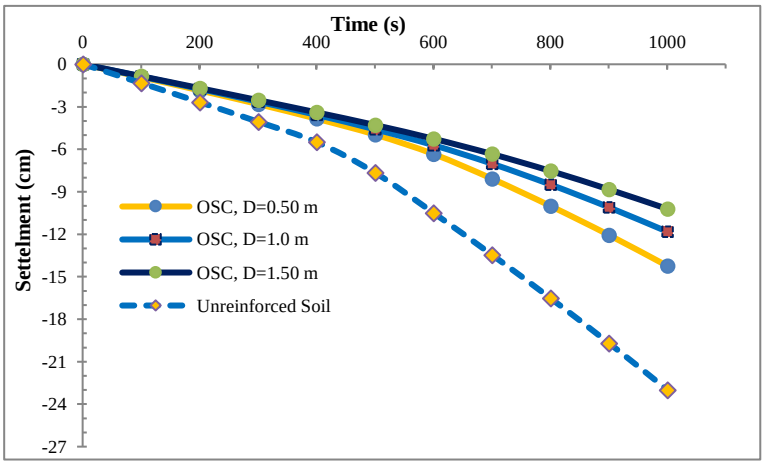
جدول۳: مقادیر نشست ستون سنگی در حالت مسلح و معمولی برای طول‌های مختلف

l (m)	OSC, Settelment (cm)	RSC, Settelment (cm)
۵	۱۱/۴۵	۱۰/۵۲
۶	۹/۴۶	۸/۶۱
۷	۹/۱۳	۸/۳۲
۸	۸/۸۹	۸/۰۱
۹	۹/۲۵	۸/۱۷

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر برای آموزش های آنلاین مادیا محفوظ می باشد. هر گونه کپی برداری و بازنشر این اثر "با ذکر منبع" بلامانع است.

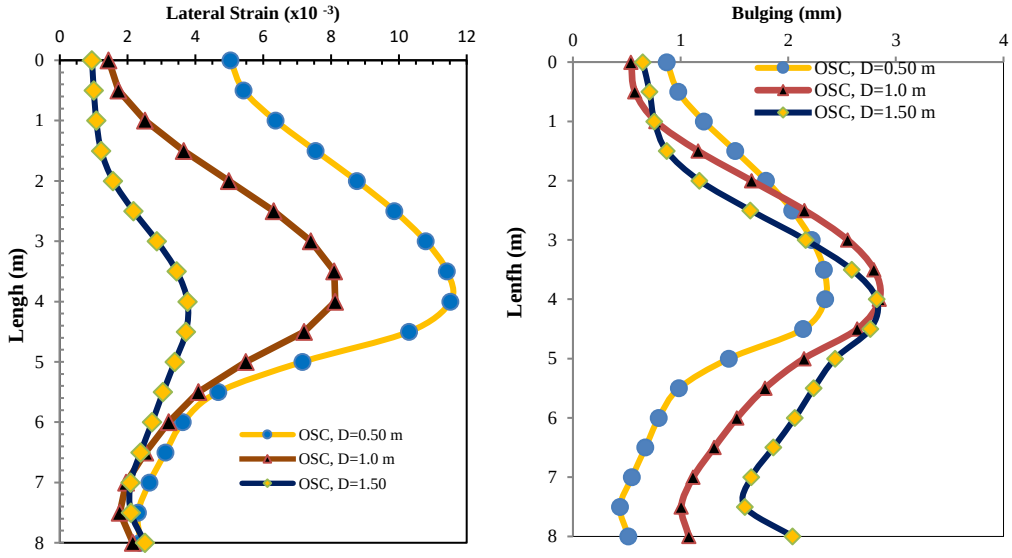
۳,۴ حالت سوم: تأثیر قطر

در اینجا طول ستون سنگی ۸ متر و فاصله مرکز به مرکز ۲/۵ متر می‌باشد، طول ضلع ستون سنگی مربعی ۰/۵ متر (معادل ستون دایره‌ای به قطر حدود ۵۷ سانتی متر)، ۱ متر (معادل ستون دایره‌ای به قطر حدود ۱۱۳ سانتی متر)، و ۱/۵ متر (معادل ستون دایره‌ای به قطر حدود ۱۷۰ سانتی متر)، می‌باشد. مطابق انتظار مقادیر نشست به مقدار زیادی کم می‌شود (شکل ۹). در حالت تغییر قطر، معیار مناسب برای بررسی تأثیر عملکرد افقی ژئوسنتتیک روی ستون سنگی، کرنش جانبی است [10]. زیرا قطرها با هم برابر نیست، بطوریکه ستون سنگی با قطر ۰/۵ متر با وجود اینکه نسبت به ستون با قطر ۱ متر و ۱/۵ متر، دارای مقدار شکم دادگی کمتری است، اما کرنش جانبی بیشتری دارد. شکل ۱۰ شکم دادگی، و شکل ۱۱، نشان دهنده کرنش جانبی می‌باشند. شکل ۱۲ مقایسه مقادیر حداکثر نشست ستون سنگی معمولی و مسلح را نشان می‌دهد. مطابق شکل ۱۳، تأثیر محصور شدگی در ستون‌های سنگی با قطر کمتر بیشتر از ستون‌های با قطر بزرگ‌تر می‌باشد. از طرفی ستون سنگی با قطر ۰/۵ متر دارای درصد جایگزینی حدود ۴٪، ۱ متر حدود ۱۴٪، ۱/۵ متر حدود ۲۷٪ می‌باشد. با افزایش قطر ستون سنگی نسبت جایگزینی بیشتر می‌شود، مطابق شکل ۹ نشست کاهش می‌یابد و کاهش کارایی محصورشدگی، به نحوی با افزایش نسبت جایگزینی جبران می‌شود. شکم دادگی ستون سنگی که به گسیختگی آن منجر می‌شود در قسمت بالایی ستون سنگی و بین فاصله ۳ تا ۴ برابر قطر ستون سنگی اتفاق می‌افتد.

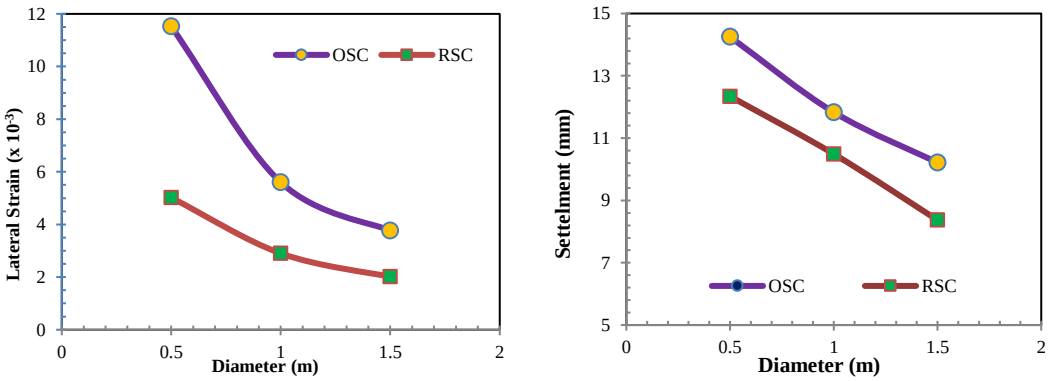


شکل ۹- نشست خاک مسلح با ستون سنگی و خاک مسلح نشده

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر برای آموزش های آنلاین مادیا محفوظ می باشد. هر گونه کپی برداری و بازنشر این اثر "با ذکر منبع" بلامانع است.



شکل ۱۰- شکم دادگی ستون سنگی معمولی با قطرهای مختلف شکل ۱۱- کرنش جانبی ستون سنگی معمولی با قطرهای مختلف



شکل ۱۳- تغییرات کرنش جانبی ستون مسلح و معمولی

شکل ۱۲- نشست ستون سنگی مسلح و معمولی

درجدول ۴ مقایسه مقدار کرنش جانبی برای حالت تغییر قطر ستون سنگی ارائه شده است. با افزایش قطر ستون سنگی، تغییرمکان جانبی (شکم دادگی) افزایش می یابد، اما کرنش جانبی کمتر میگردد. بر اساس این جدول، تغییرات کرنش جانبی در ستون سنگی مسلح، کمتر از ستون سنگی معمولی می باشد. این مساله نشانگر آن است که مسلح سازی تا چه حد میتواند از کرنش جانبی ستون سنگی ممانعت به عمل آورد.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر برای آموزش های آنلاین مادیا محفوظ می باشد. هر گونه کپی برداری و بازنشر این اثر "با ذکر منبع" بلامانع است.

جدول ۴: مقادیر کرنش جانبی ستون سنگی مرکزی در حالت مسلح و معمولی با قطرهای مختلف

قطر (متر)	کرنش جانبی ستون سنگی معمولی	کرنش جانبی ستون سنگی مسلح	کاهش کرنش جانبی (٪)
۰/۵	$۱۱/۵۲x۱۰^{-۳}$	$۵/۰۱۵x۱۰^{-۳}$	۵۶/۵
۱	$۵/۶x۱۰^{-۳}$	$۲/۹x۱۰^{-۳}$	۴۸/۲
۱/۵	$۳/۷۷x۱۰^{-۳}$	$۲/۰۱۵x۱۰^{-۳}$	۴۶/۶

نتیجه گیری:

۱. . نتایج نشان داد که با مسلح کردن ستون سنگی، سختی ستون سنگی افزایش یافته، ستون قادر به تحمل شدت تنش بیشتری می‌باشد و ظرفیت باربری آن افزایش می‌یابد،

۲. شکم دادگی و نشست ستون سنگی مسلح نسبت به حالت ستون سنگی محصور نشده، کمتر می‌شود.

۳. در حالت تغییر فاصله بین ستون‌های سنگی، مقدار حداکثر شکم دادگی در عمق ۳/۵ متری ستون سنگی رخ می‌دهد و با افزایش فاصله بین ستون‌ها، به علت کاهش اثرات برهم کنش بین ستون‌ها و همچنین افزایش سهم باربری ستون، شکم دادگی و نشست زیاد می‌شود. در این حالت در واقع نسبت جایگزینی با افزایش فاصله بین ستون‌ها؛ کمتر می‌گردد.

۴. طول بهینه برای ستون سنگی ۶ برابر قطر آن می باشد.

۵. در حالت تغییر قطر ستون سنگی، مقادیر نشست و کرنش جانبی ستون سنگی مسلح، کمتر از حالت ستون سنگی معمولی می‌باشد. نکته قابل توجه در اینجا این است که تأثیر محصور شدگی در ستون‌های سنگی با قطر کمتر بیشتر از ستون‌های با قطر بزرگ‌تر می‌باشد و برای ستون سنگی مسلح، با افزایش قطر ستون سنگی، کارایی ژئوسنتتیک کمتر می‌شود، ولی از انجایی که نسبت جایگزینی زیاد می وشد، کاهش کارایی روکش ژئوسنتتیک جران می شود.

۶. با افزایش قطر ستون سنگی، نسبت جایگزینی بیشتر می‌شود، در نتیجه نشست ستون سنگی کاهش می‌یابد.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر برای آموزش های آنلاین مادیا محفوظ می باشد. هر گونه کپی برداری و بازنشر این اثر "با ذکر منبع" بلامانع است.

۶. منابع

1. Sharma, R.S., Kumar, B.P. and Nagendra, G., 2004,”Compressive load response of granular piles reinforced with geogrids”, Canadian Geotechnical Journal 41, No. 1, pp 187-192.
2. Gniel, J. and Bouazza, A. (2009),”Improvement of Soft Soils Using Geogrid Encased Stone Columns, Geotxtiles and Geomembranes”, pp 167-175.
3. Malarvizhi, S. N., and Ilamparuthi, K., 2004, "Load versus settlement of clay-bed stabilized with stone and reinforced stone columns. Proceeding of the 3rd Asian Regional Conference on Geosynthetics, GEOASIA", Seoul, Korea, pp 322-329.
4. Murugesan,, S. and Rajagopal, K. (2006),” Geosynthetic Encased Stone Columns: Numerical evaluation, Geotextiles and Geomembranes”, pp 349-358.
5. Murugesan, S. and Rajagopal, K., (2009)," Investigations on the behavior of geosyntheticencased stone columns”, Proc. of the 17th ICSMGE, Egypt.
6. Gniel J. and Bouazza A. (2009),"improvement of soft soils using geogrid encased stone columns, Geotextiles and Geomembranes",pp 167–175.
7. Lee, D.Y. and Yoo, C. (2011),”Behaviour of load carrying capacity for geogrid encased stone columns using field tests” Proceedings of the 15th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, IOS Press, pp 1001-1006

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر برای آموزش های آنلاین مادیا محفوظ می باشد.

هر گونه کپی برداری و بازنشر این اثر "با ذکر منبع" بلامانع است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر برای آموزش های آنلاین مادیا محفوظ می باشد. هر گونه کپی برداری و بازنشر این اثر "با ذکر منبع" بلامانع است.