

بررسی تاثیر عمق قرارگیری ژئوگرید در خاک ماسه ای روی تغییرات تنش با تراکم مختلف

حمید محمدی^{۱*}، البرز حاجیان نیا^۲، سید مهدی ابطی^۳

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک خاک و پی، اصفهان- دانشگاه آزاد نجف آباد ،
hdm439@gmail.com
- ۲- استادیار، اصفهان- نجف آباد ، دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکده عمران ،
alborznh@yahoo.com
- ۳- دانشیار، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده عمران،
mehab44@gmail.com

چکیده

خاک علی رغم مقاومت فشاری خوب ، در کشش عملکرد ضعیف و کارایی نامناسبی دارد. برای جبران این ضعف اغلب از مسلح کننده های گوناگون در سازه های خاکی استفاده می کنند. در این تحقیق تاثیر عمق قرارگیری ژئو گرید بر تغییرات تنش توسط دستگاه CBR ، در خاک ماسه ای با تراکم یکسان و مختلف ، که در داخل نمونه به صورت افقی در تراز های مختلف کار گذاشته شد بررسی گردید. افزایش مقاومت، تابعی از نوع ژئو گرید، تراکم و تراز قرار گیری مسلح کننده می باشد. نتیجه حاصل از این آزمایش، هر چه خاک متراکمتر گردد تراکم بهینه مسلح کننده نسبت به سطح پایینتر قرار می گیرد. رفتار خاک ماسه ای با تراکم ۱۰۰٪ با قرارگیری مسلح کننده در تراز ۰/۴H مقاومت بهتری را نشان می دهد حال آنکه در تراکم های پایینتر تراز قرار گیری مسلح کننده ۰/۲H می باشد. نتیجه حاصله عمق بهینه مسلح کننده در خاک با تراکم ۶۵/۳۰ و ۶۵/۱۰ ضربه به ترتیب در ۰/۴H و ۰/۲H می باشد.

واژه های کلیدی : ژئوگرید، ماسه، درصد تراکم، ظرفیت باربری

۱- مقدمه

به دلیل ضعیف بودن خاک در برابر تنشهای کششی، از دیرباز از افزودنی هایی نظیر کاه که باعث بالا بردن توان کششی و برشی خاک می شود برای مقابله با این ضعف در نظر گرفته شده است. ژئوسنتتیک ها مصالح پلیمری هستند که برخی از آنها در تسلیح خاک کاربرد دارند. مفهوم نوین تسلیح خاک به وسیله مهندسی فرانسوی به نام هنری ویدال^۱ در سال ۱۹۶۶ معرفی شد. وی از نوارهای پهن فلزی در بین لایه های خاک متراکم استفاده نمود.

تولید اولین نسل ژئوگریدهای یکپارچه از جنس پلی استر و پلی پروپیلن به کشور انگلستان باز می گردد. این تکنولوژی سپس در سال ۱۹۸۲ به ایالات متحده منتقل گردید. در سال ۱۹۸۰ نسل دیگری از ژئوگریدها با انعطاف پذیری بالا و از جنس پلی استر با روکش پلی پروپیلن در کشور انگلستان تولید شد [۱]. در این نوع ژئوگرید از بافتن نوارهای ژئوگرید متشکل از رشته های بسیار زیاد پلی استری استفاده گردید. سپس نسل سوم ژئوگریدها با جوش دادن نوارهای یکپارچه پلی استری یا پلی پروپیلن به یکدیگر در آلمان و برخی کشورهای اروپایی دیگر تولید و به بازار معرفی و عرضه شدند [۱].

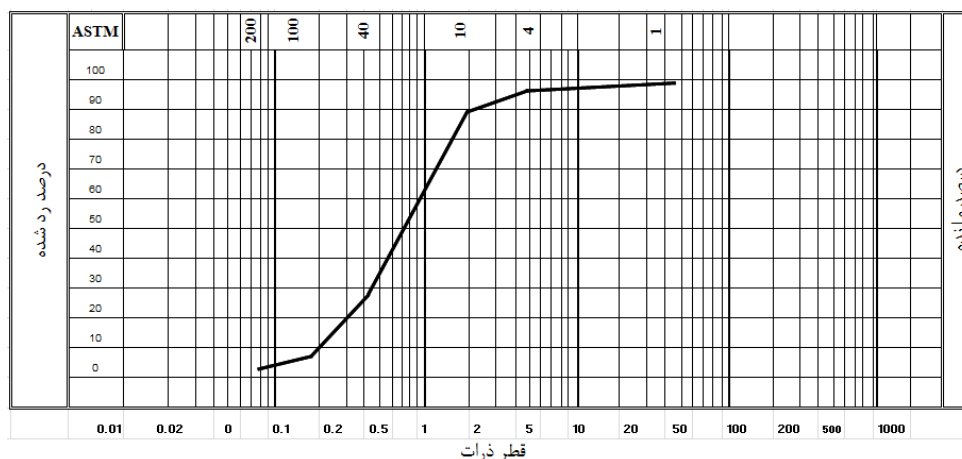
^۱ Henri Vidal

مطالعات آزمایشگاهی انجام شده بر روی خاکهای مخلوط با الیاف یا مسلح شده با ژئو سنتتیک هانتایج قابل توجهی را نشان می دهد. Inanir و Yetimoglu ، (۲۰۰۴) آزمایش های CBR را برای بررسی رفتار نفوذ - بار ماسه مسلح با الیاف گسسته توزیع شده و پوشیده شده با رس نرم را انجام دادند. نتایج نشان دادند که اضافه کردن الیاف به ماسه باعث افزایش محسوس در بار ماکزیمم پیستون می شود [۲]. Vinod و Michael ، (۲۰۰۹) تلاشی برای بررسی مزایای استفاده از ژئوتکستایل برای تسلیح زیر اساس پرداختند. نتایج نشان دادند بیشترین مقدار CBR وقتی که ژئوتکستایل در عمق ۰/۲H بوده و منافذ آن ریزتر باشد رخ می دهد [۳]. Nikraz و Chegenizadeh ، به بررسی آزمایش CBR روی ماسه تقویت شده پرداختند. افزایش الیاف طبیعی و مصنوعی باعث بالا رفتن مقدار CBR می شود افزایش طول الیاف باعث افزایش مقدار CBR می شود، به گونه ای که با افزایش تا سه برابر طول الیاف میزان CBR دو برابر می گردد. مقدار CBR برای الیاف طبیعی کمتر از الیاف مصنوعی است [۴]. P. Singh و k.s.gill ، به بررسی ظرفیت باربری رس مسلح شده با ژئو گرید در دو حالت اشباع و غیر اشباع پرداختند. خاک مورد آزمایش زمانیکه با ژئوگرید تقویت می شود CBR آن از ۳/۶ درصد به ۸/۷ درصد افزایش می یابد [۵]. ابطحی و همکاران، اصلاح رفتار مقاومتی خاک را با استفاده از الیاف طبیعی بررسی کردند. افزایش مقاومت برشی مخلوط ماسه با توزیع تصادفی الیاف در بازه رطوبتی ۱۴ - ۱۱ درصد است. اماد رطوبت بیشتر رفتار خاک مسلح متفاوت میگردد. افزایش طول الیاف تا ۲۰ میلیمتر با ثابت ماندن درصد الیاف مقاومت برشی را افزایش میدهد. در این حالت افزایش مقاومت برشی در خاک مسلح شده با الیاف کاه جو رشد بیشتری را نشان می دهد [۶]. حاجیان نیا و همکاران، عملکرد رفتار خاک های دانه ای و سست تقویت شده با الیاف مصنوعی پلی پروپیلن را بررسی کردند. افزودن الیاف پلی پروپیلن به طول ۱۲ میلیمتر با توزیع تصادفی به خاک با مقدار بهینه ۰/۱ درصد رطوبتی با ۱۳/۸ درصد ، مقاومت باربری مخلوط را افزایش می دهد درحالیکه افزایش بیشتر طول، کاهش مقاومت را در پی دارد [۷].

۲- مصالح مورد استفاده

۲-۱- خاک

ماسه مورد استفاده در این تحقیق از منطقه یزد واقع در پروژه کنار گذر زارچ - اشکذر تهیه شده است. منحنی دانه بندی آن طبق استاندارد (ASTM 422D-87) در شکل ۱ آمده است. در تراکم به روش پروکتور اصلاح شده طبق استاندارد AASHTO-D180 رطوبت بهینه ۷/۳۸ درصد و وزن مخصوص خشک حداکثر ۲/۰۶ گرم بر سانتیمتر مکعب می باشد. بر اساس استاندارد ASTM 854 چگالی دانه های خاک (Gs) ۲/۶۵ تعیین گردید . مشخصات خاک مورد استفاده در جدول ۱ الی ۳ ذکر شده است.



شکل ۱: منحنی دانه بندی خاک

جدول ۱: دانه بندی مطابق با استاندارد ASTM T-27

۲۰۰	۱۰۰	۴۰	۱۰	۳/۱۶	۱/۴	۳/۸	۱/۲	۳/۴	۱	اندازه الک
۱/۷۴	۵/۵۵	۲۸/۴۴	۸۹/۹۵	۹۶/۳۰	۹۷/۱۰	۹۷/۶۸	۹۸/۱۰	۹۸/۴۵	۹۸/۸۰	درصد عبوری الک

جدول ۲: مشخصات خاک مورد استفاده

مشخصات	نوع خاک	طبقه بندی	جنس ذرات	چگالی توده ویژه	حد روانی	حد خمیری	شاخص خمیری
مقدار	A-3	SP	ماسه	۲.۶۵	-	-	NP

جدول ۳: مشخصات خاک مورد استفاده

نوع مصالح	Gs	D60(mm)	D30(mm)	D10(mm)	min γ	γ max	Cc	Cu
ماسه	۲/۶۵	۰/۹۳	۰/۴۲	۰/۱۹	۱/۴۱	۲/۰۶	۴/۹۰	۰/۹۹۸

۲-۲- ژئو گرید

ژئو گرید مورد استفاده جهت تسلیح با اندازه چشمه ۱۴*۱۴ میلیمتر می باشد.

جدول ۴: مشخصات ژئوگرید

مصالح	چشمه میلیمتر	ضخامت میلیمتر	مدول الاستیسیته مگاپاسکال
ژئو گرید	۱۴*۱۴	۱	۲۳۰

۳- آماده سازی نمونه ها و آزمایش

به منظور بررسی تاثیر مسلح کننده ژئو گرید بر ماسه تهیه شده نمونه ها در دو حالت با تراکم یکسان و مختلف با قرار گیری مسلح کننده در نمونه بررسی گردید، که جهت صحت سنجی هر آزمون ۳ بار تکرار شد. در این پژوهش آماده سازی نمونه ها بر مبنای رطوبت بهینه با کوبش های مختلف ۳۰، ۱۰ و ۶۵ ضربه بر اساس استاندارد AASHTO T-193 صورت گرفته است. نتایج حاصل از متوسط آزمایشات نشان می دهد تراکم کوبش های ۱۰، ۳۰ و ۶۵ ضربه با تقریب برابر با ۸۹، ۹۶ و ۱۰۷ درصد می باشد.

دستگاه بکار برده شده جهت انجام آزمایش دستگاه CBR بوده، که طبق آیین نامه AASHTO T-193 نمونه ها پس از آماده شدن در دو نفوذ ۲/۵ و ۵/۰۰ میلیمتر مورد آزمایش و تحلیل قرار گرفتند.

۳-۱ - آزمایش های انجام شده

آزمایش ها در دو مرحله پیگیری شد: ۱- خاک غیر مسلح با تراکم یکسان و مختلف ۲- خاک مسلح با تراکم یکسان و مختلف

۳-۱-۱- مرحله اول انجام آزمایش

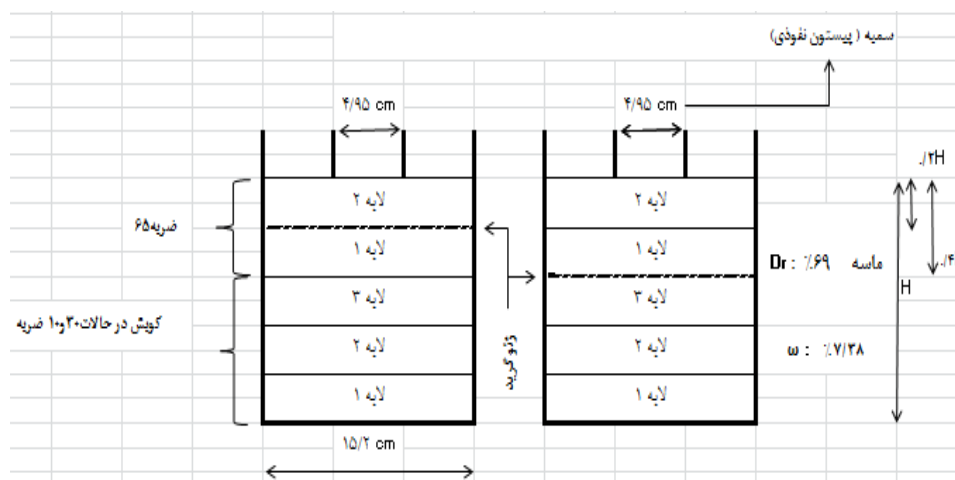
در مرحله اول آزمایشات، تنش وارد بر نمونه خاک غیر مسلح را با دستگاه CBR در حالات زیر بدست آوردیم:

- نمونه خاک غیر مسلح در کوبش های ۱۰، ۳۰ و ۶۵ ضربه در هر لایه
- نمونه خاک غیر مسلح در کوبش های ۶۵/۱۰ و ۶۵/۳۰ ضربه

۳-۱-۲- مرحله دوم انجام آزمایش

در مرحله دوم آزمایشات، تنش وارد بر نمونه خاک مسلح را با دستگاه CBR در حالات زیر بدست آوردیم:

- قرار گیری ژئوگرید در تراز (۰/۲H، ۰/۴H، ۰/۶H) از سطح در تراکم با ۱۰، ۳۰ و ۶۵ ضربه در هر لایه
 - قرار گیری ژئوگرید در تراز (۰/۲H، ۰/۴H، ۰/۶H) و (۰/۲H و ۰/۴H) از سطح در تراکم ۶۵/۱۰ و ۶۵/۳۰ ضربه
- شکل ۳ نحوه قرار گیری ژئوگرید و کوبش مربوط به هر لایه را نشان می دهد.



شکل ۳: نمایی از قرار گیری مسلح کننده در نمونه خاک

۴- ارائه و تفسیر نتایج

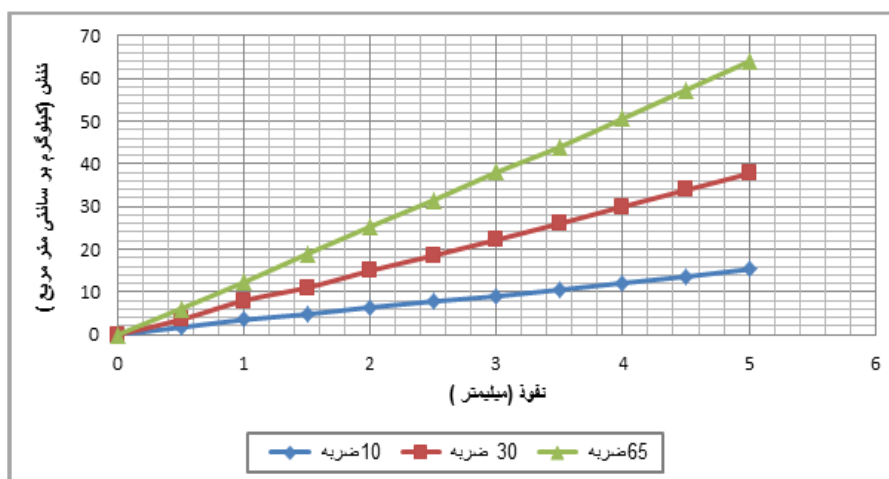
۴-۱- مرحله اول: آزمایش خاک با تراکم یکسان و مختلف در حالت غیر مسلح با رطوبت بهینه

۴-۱-۱- آزمایش خاک غیر مسلح در درجه تراکم ۱۰۰٪، ۹۵٪، ۸۹٪

آزمایش تراکم خاک غیر مسلح با میزان تراکم های مختلف انجام گرفت و نتایج در جدول ۵ و به صورت نمودار در شکل ۴ آمده است.

جدول ۵: تنش در نمونه خاک غیر مسلح با تراکم یکسان در نفوذ ۲/۵ و ۵ میلیمتر

تنش در نفوذ ۵.۰ میلیمتر kg/cm ²	تنش در نفوذ ۲.۵ میلیمتر kg/cm ²	ضربه
۶۳.۹۸	۳۱.۴۹	۶۵
۳۷.۷۱	۱۸.۵	۳۰
۱۵.۳۱	۷.۸	۱۰



شکل ۴: نمودار تنش- نفوذ خاک غیر مسلح با تراکم ۱۰، ۳۰ و ۶۵ ضربه

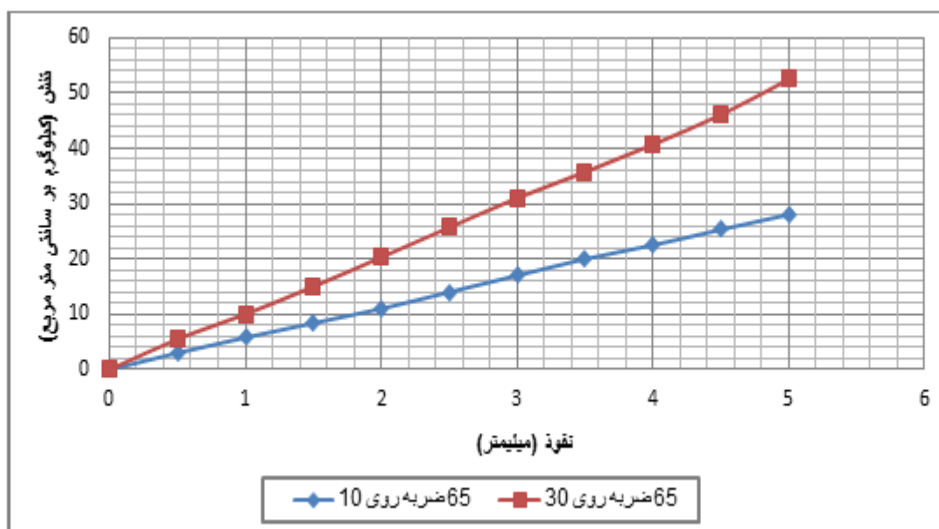
از این سه آزمایش می توان نتیجه گرفت که با افزایش انرژی تراکم در رطوبت بهینه میزان تنش وارده برای رسیدن به نفوذ معین افزایش می یابد. رشد تنش در تراکم و نفوذ بالاتر کمتر از رشد تنش در تراکم و نفوذ های پایینتر است که این امر به فشردگی ذرات در محدوده نفوذ فوق بر می گردد. بیشترین تنش را در خاک با تراکم ۶۵٪ مشاهده می کنیم.

۴-۱-۲- آزمایش خاک غیر مسلح در حالت تراکم ۶۵/۱۰ و ۶۵/۳۰ ضربه

در این آزمایش دو لایه خاک با تراکم ۱۰۰٪ در حالت غیر مسلح بر سه لایه خاک یکبار با تراکم ۸۹٪ و باری دیگر بر تراکم ۹۵٪ قرار گرفته است. نتایج حاصل در جدول ۷ و شکل ۵ آمده است.

جدول ۷: تنش در نمونه خاک غیر مسلح با تراکم مختلف در نفوذ ۲.۵ و ۵ میلیمتر

ضربه	تنش در نفوذ ۲/۵ میلیمتر Kg/cm ²	تنش در نفوذ ۵.۰ میلیمتر Kg/cm ²
۶۵/۱۰	۱۴/۰۰	۲۸/۰۳
۶۵/۳۰	۲۵/۷۰	۵۲/۵



شکل ۵: نمودار تنش - نفوذ خاک غیر مسلح با تراکم ۶۵/۱۰ و ۶۵/۳۰ ضربه

نتایج حاصله نشان می دهد بالاترین میزان تنش در خاک غیر مسلح با تراکم یکسان و تراکم مختلف به ترتیب، در تراکم ۶۵ ضربه و ۶۵/۳۰ ضربه خواهد بود، از طرفی در خاک با تراکم ۶۵/۳۰ ضربه به حدوداً ۸۲٪ تنش خاک با ۶۵ ضربه رسیده ایم، در مقایسه خاک غیر مسلح با تراکم یکسان و مختلف بالاترین تنش در تراکم ۶۵ ضربه بدست می آید.

۴-۲- مرحله دوم: آزمایش خاک با تراکم یکسان و مختلف در حالت مسلح با رطوبت بهینه

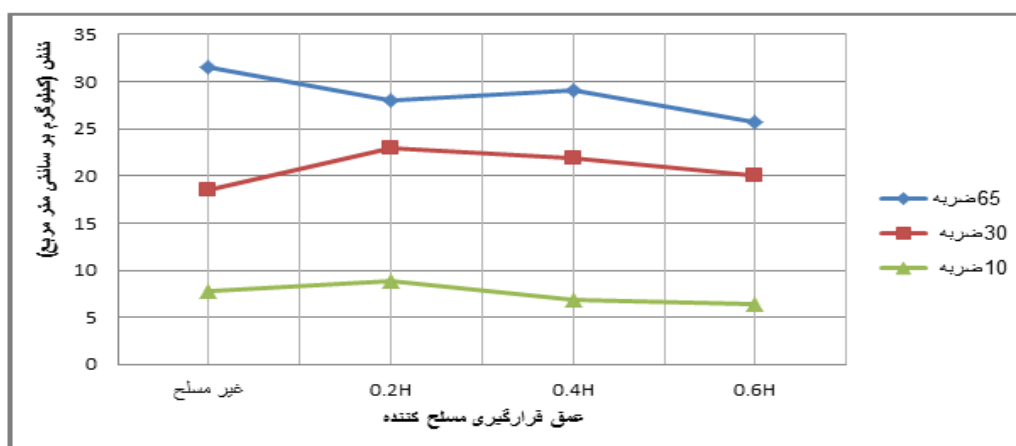
۴-۲-۱- خاک مسلح در درجه تراکم ۱۰۰٪، ۹۵٪، ۸۹٪

در این حالات با قرار گیری مسلح کننده از تراز ۰/۲H تا ۰/۶H نسبت به سطح نمونه، با اعمال نیرو و ثبت آن در نفوذ ۲/۵ و ۵/۰۰ میلیمتر وضعیت تنش بررسی گردید. نتایج در جدول ۹ آمده است.

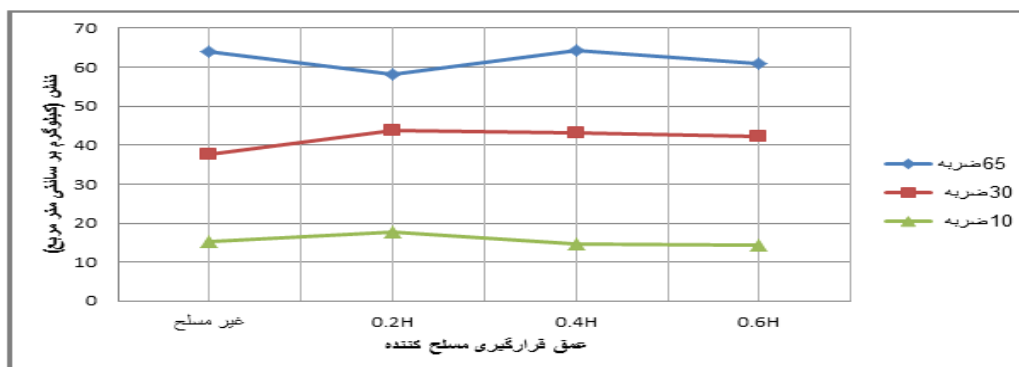
جدول ۹: تنش در نمونه خاک مسلح با تراکم یکسان در نفوذ ۲.۵ و ۵ میلیمتر

تنش اعمالی (kg/cm ²) برای نفوذ معین			نفوذ (mm)	کوبه
محل قرار گیری ژئو گرید				
۰/۶H	۰/۴H	۰/۲H		
۶/۴۰	۶/۸۰	۸/۸	۲/۵	۱۰ ضربه
۱۴/۲۰	۱۴/۷۳	۱۷/۷۲	۵/۰	
۲۰/۰۰	۲۱/۹۰	۲۳/۰۰	۲/۵	۳۰ ضربه
۴۲/۰۸	۴۳/۰۷	۴۳/۷۰	۵/۰	
۲۵/۷۶	۲۹/۰۹	۲۸/۰۰	۲/۵	۶۵ ضربه
۶۰/۹۴	۶۴/۲۵	۵۸/۲۹	۵/۰	

نتایج حاصل از تنش اعمالی برای نفوذ ۲/۵ و ۵/۰۰ میلیمتر در نمودار شکل ۶ الف و ب نشان داده شده است.



شکل ۶: الف نمودار تنش اعمالی خاک مسلح برای نفوذ ۲/۵ میلیمتر



شکل ۶: نمودار تنش اعمالی خاک مسلح برای نفوذ ۵ میلیمتر

شکل ۶، نشان می دهد در تراکم ۸۹٪ و ۹۵٪ هرچه مسلح کننده به چشمه تنش نزدیکتر می شود ظرفیت باربری و تنش بیشتر می گردد. در حالت تراکم ۱۰۰٪ با اعمال فشار به خاک درگیری ذرات و مسلح کننده بیشتر می شود بطوریکه با قرار گیری مسلح کننده در تراز ۰/۲H پیوند زدایی^۲ بین ذرات اتفاق می افتد.

نتایج رشد تنش بر حسب عمق قرار گیری ژئوگرید در ترازهای مختلف در خاک با تراکم یکسان در جدول ۱۰ نشان داده شده است

جدول ۱۰: رشد تنش در خاک مسلح با تراکم یکسان در تراز مختلف

ضربه	رشد تنش در نفوذ ۲/۵ میلیمتر در تراز قرار گیری از ۰/۲H به ۰/۶H٪	رشد تنش در نفوذ ۵/۰ میلیمتر در تراز قرار گیری از ۰/۲H به ۰/۶H٪
۱۰	۳۷/۵۰	۲۴/۷۹
۳۰	۱۵/۰۰	۳/۸۵
۶۵	رشد تنش در نفوذ ۲/۵ میلیمتر در تراز قرار گیری از ۰/۴H به ۰/۶H٪	رشد تنش در نفوذ ۵/۰ میلیمتر در تراز قرار گیری از ۰/۴H به ۰/۶H٪
	۱۲/۹۳	۵/۴۳
	رشد تنش در نفوذ ۲/۵ میلیمتر در تراز قرار گیری از ۰/۲H به ۰/۴H٪	رشد تنش در نفوذ ۵/۰ میلیمتر در تراز قرار گیری از ۰/۲H به ۰/۴H٪
	-۳/۷۵	-۹/۲۸

با توجه به شکل ۶ در خاک ماسه ای با تراکم ۸۹٪ و ۹۵٪ بهینه ترین عمق قرار گیری مسلح کننده تراز ۰/۲H می باشد رشد تنش در نفوذ ۵ میلیمتر نسبت به خاک غیر مسلح آن به ترتیب رشدی به میزان ۱۵/۷٪ و ۱۵/۹٪ خواهد داشت. نظر به اینکه

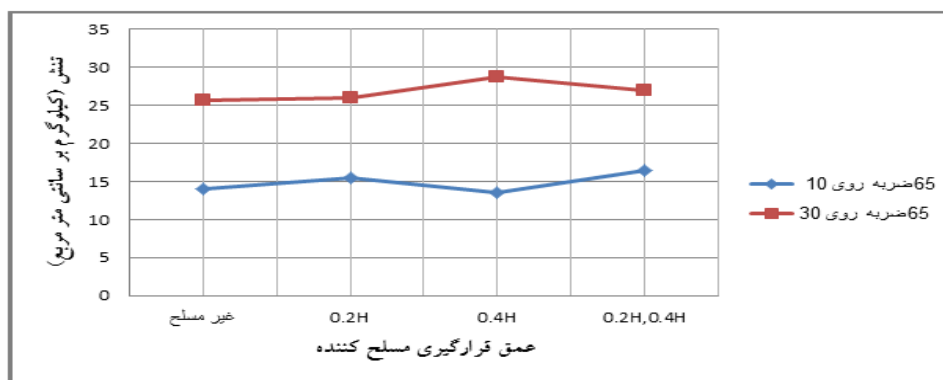
در خاک مسلح با تراکم ۱۰۰٪ عمق بهینه قرار گیری مسلح کننده در تراز ۰/۴H می باشد ولی رشد قابل توجهی نسبت به نمونه غیر مسلح نداشته است عبارتی میزان تراکم مکانیکی، در خاک ماسه ای غیر مسلح مورد مطالعه با تراکم ۱۰۰٪، نسبت به مسلح کنندگی آن تقریباً یکسان می باشد.

۴-۲-۲- خاک مسلح در درجه تراکم ۶۵/۱۰ ، ۶۵/۳۰ ضربه

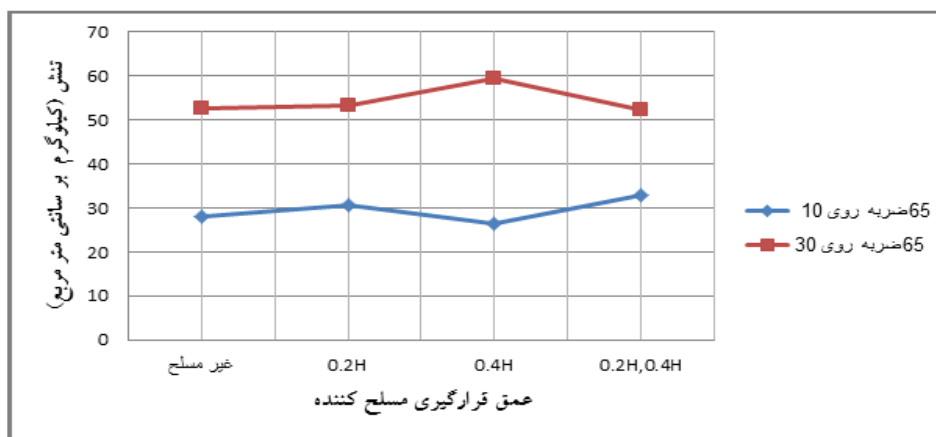
در این آزمایش بررسی دو لایه خاک مسلح در تراز قرار گیری ۰/۲H ، ۰/۴H و (۰/۲H و ۰/۴H) نسبت به سطح نمونه با تراکم ۱۰۰٪ بر سه لایه خاک با تراکم ۹۵٪ و بار دیگر بر سه لایه خاک با تراکم ۸۹٪، با اعمال نیرو و ثبت آن در نفوذ ۲.۵ و ۵ میلیمتر انجام گردید. نتایج حاصل از تنش برای نفوذ ۲/۵ و ۵ میلیمتر در جدول ۱۱ و نمودار شکل ۷ الف و ب نشان داده شده است.

جدول ۱۱: تنش در نمونه خاک مسلح با تراکم مختلف در نفوذ ۲/۵ و ۵ میلیمتر

تنش اعمالی برای نفوذ معین (kg/cm ²)			نفوذ (mm)	کوبه
محل قرار گیری ژئو گرید				
۰/۲H+۰/۴H	۰/۴H	۰/۲H		
۱۶/۵۰	۱۳/۵۸	۱۵/۴۸	۲/۵	۶۵/۱۰
۳۲/۹۷	۲۶/۵۷	۳۰/۵۸	۵/۰	ضربه
۲۷/۰۰	۲۸/۶۶	۲۶/۰۰	۲/۵	۶۵/۳۰
۵۲/۴۶	۵۹/۵۴	۵۳/۱۴	۵/۰	ضربه



شکل ۷: الف نمودار تنش اعمالی خاک مسلح برای نفوذ ۲/۵ میلیمتر



شکل ۷: ب نمودار تنش اعمالی خاک مسلح برای نفوذ ۵ میلیمتر

شکل ۷ نشان می دهد در خاک با تراکم $65/10$ ضربه با قرار گیری مسلح کننده در مرز بین دو تراکم مختلف، برای رسیدن به نفوذ معین تنش را کاهش می دهد و زمانیکه در لایه متراکمتر و نزدیک به سطح قرار گیرد تنش بیشتری شود که این البته به ناپیوستگی و اختلاف تراکم مصالح در بین ذرات خاک در مرز دو لایه خاک می باشد.

بهینه عمق قرار گیری مسلح کننده در خاک با تراکم $65/10$ ضربه تراز $0.2H$ می باشد رشد تنش در این تراز به میزان $9/1\%$ نسبت به نمونه غیر مسلح در نفوذ ۵ میلیمتر است. رشد تنش در این تراکم با قرار گیری دو لایه مسلح کننده در تراز $0.2H$ و $0.4H$ به میزان $7/8\%$ نسبت به قرار گیری مسلح کننده در تراز $0.2H$ در نفوذ ۵ میلیمتری باشد، این نسبت رشد برای نمونه غیر مسلح در نفوذ ۵ میلیمتر به میزان $17/86\%$ است.

همچنین در شکل ۷ تنش در خاک با تراکم $65/30$ ضربه نشان داده شده است با قرار گیری مسلح کننده در مرز بین دو تراکم مختلف تنش بیشتری را در نفوذ معین در مقایسه با قرار گیری مسلح کننده در لایه متراکم تر خواهیم داشت. در این حالت به مانند لایه خاک متراکم با 65 ضربه احتمالاً پیوند زدایی در بین ذرات خاک اتفاق خواهد افتاد. عمق بهینه در این حالت تراز $0.4H$ می باشد. با قرار گیری دو لایه مسلح کننده در مرز و لایه متراکم تر با احتمال وجود پیوند زدایی در بین ذرات و مسلح کننده باعث کاهش تنش می شود.

رشد تنش در خاک مسلح در حالت بهینه با تراکم $65/30$ ضربه نسبت به نمونه غیر مسلح در نفوذ ۵ میلیمتر به میزان $13/41\%$ می باشد.

۵- نتیجه گیری

در این راستا صرفاً استفاده از ژئو گرید در جهت افزایش ظرفیت باربری خاک با استفاده از پارامترهای متغیر کوبش و عمق قرار گیری مسلح کننده آزمایش هایی انجام گرفت، به عنوان نتایج کلی می توان به موارد زیر اشاره کرد.

- رشد تنش در تراکم پایینتر بیشتر از رشد آن در تراکم بالاتر است هر چه خاک متراکمتر گردد تراز عمق بهینه مسلح کننده نسبت به سطح پایینتر قرار می گیرد.

- عمق بهینه خاک ماسه ای مسلح با تراکم یکسان در ۱۰ و ۳۰ ضربه در تراز ۰/۲H و در ۶۵ ضربه در تراز ۰/۴H می باشد. عمق بهینه قرار گیری مسلح کننده در خاک با تراکم ۶۵/۱۰ و ۶۵/۳۰ ضربه به ترتیب در تراز ۰/۲H و ۰/۴H می باشد.
- تنش در خاک متراکم مسلح با ۶۵ ضربه در عمق بهینه نسبت به نمونه غیر مسلح تاثیر قابل توجهی نداشته است. بدین معنی که تراکم مکانیکی بر مسلح کنندگی در این تراکم ارجحیت دارد.
- رشد تنش خاک غیر مسلح با تراکم ۶۵/۳۰ ضربه نسبت به خاک غیر مسلح با تراکم ۶۵/۱۰ ضربه در نفوذ ۵ میلیمتر ۸۷/۳٪ می باشد. با مسلح نمودن نمونه رشد تنش خاک در تراکم ۶۵/۳۰ ضربه در عمق بهینه در برابر عمق بهینه در تراکم ۶۵/۱۰ ضربه در نفوذ ۵ میلیمتر به میزان ۹۴/۷٪ می باشد.
- رشد تنش خاک در تراکم ۶۵/۱۰ ضربه در عمق بهینه در برابر خاک با تراکم ۶۵/۱۰ ضربه غیر مسلح در نفوذ ۵ میلیمتر برابر ۹/۱٪ می باشد.
- دو لایه مسلح کننده در خاک با تراکم ۶۵/۱۰ ضربه در نفوذ ۵ میلیمتر باعث افزایش تنش به میزان حدوداً ۷/۸٪ نسبت به حالت بهینه قرار گیری مسلح کننده در تراکم ۶۵/۱۰ ضربه می شود.
- دو لایه مسلح کننده در خاک با تراکم ۶۵/۳۰ ضربه در نفوذ ۵ میلیمتر باعث کاهش تنش به میزان ۱۱/۸٪ نسبت به حالت بهینه قرار گیری مسلح کننده در تراکم ۶۵/۳۰ ضربه می شود.

مراجع

- [۱]- مقدس نژاد، ف.، انجمن مهندسی ژئو سنتتیک ایران، نشریه شماره ۱ ص ۱۳-۱۱ زمستان ۱۳۹۰
- [2]- Yetimoglu, T., Inanir, M. and Inanir, "A Study on Bearing Capacity of Randomly Distributed Fiber-Reinforced Sand Fills Overlying Soft Clay", Geotextiles and Geomembranes, ELSEVIER. 23, 174-184. O.E.(2005)
- [3]- Vinod, P. Asst. Professor "California bearing ratio of coir geotextile reinforced subgrade" college of engineering Trivandrum, kerala. 10th National Conference on Technological Trends (NCTT09) 6-7 Nov 2009.
- [4]- Chegenizadeh, Amin, Nikraz, Hamid. "CBR test on fibre reinforced silty sand". International Journal of Structural and Civil Engineering Volume 1 Issue 3 (March 2012).
- [5]- Pardeep. Singh, K.S.Gill "CBR improvement of clayey soil with Geo-grid reinforcement". Website: www.ijetae.com (ISSN 2250-2459, Volume 2, Issue 6, June 2012).
- [۶]- ابطحی، س.م.، حجازی، س.م.، پورحسینی، ر.، اخوت، ن.، "اصلاح رفتار مقاومتی خاک با استفاده از الیاف طبیعی" پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، اردیبهشت ۱۳۸۹.
- [۷]- حاجیان نیا، ا.، معصومی، ا.، مدرس نیا، " بررسی عملکرد رفتار خاک های دانه ای و سست تقویت شده با الیاف مصنوعی پلی پروپیلن " سومین کنفرانس ملی مهندسی نساجی و پوشاک، یزد، اردیبهشت ۱۳۹۰.