بررسی رفتار اتساع و مقاومت برشی مخلوطهای شن و ماسه در مقادیر شن دانه بالاتر از آستانه شناوری

مجتبیعلیزاده، امیر حمیدی: دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت معلم تهران alizadeh@tmu.ac.ir, hamidi@tmu.ac.ir

پذیرش ۸۸/۷/۲۷

چکیدہ

تاریخ: دریافت ۸۷/۹/۲۵

شرایط شناوری در خاک مخلوط شن و ماسهای، به حالتی اطلاق می شود که شن دانهها درصد اندکی از مخلوط را تشکیل داده، در بخش ماتریس ماسه شناور بوده و تماس اندکی بین آنها برقرار است. در این حالت، مقاومت و خصوصیات تغییر شکل خاک تحت تأثیر بخش ریزتر یعنی ماسه خواهد بود. با افزایش مقدار شن تماس بین ذرات شندانه ایجاد شده و ماسه فقط فضای خالی ما بین آنها را پر خواهد نمود. این وضعیت حالت غیرشناوری شن دانهها را نشان میدهد. مقاومت و خصوصیات تغییر شکل خاک در این حالت توسط بخش درشت ر مخلوط يعنى شن كنترل مىشود. در تحقيق حاضر براى ارزيابى رفتار مقاومت برشى مخلوطهای شن و ماسه در شرایط غیرشناوری شن دانهها، از دستگاه آزمایش برش مستقیم بزرگ مقیاس با ابعاد جعبه برش ۱۶۰ ×۳۰۰×۳۰۰ میلی متر استفاده شده است. شن با دانهبندی یکنواخت و حداکثر اندازه ۱۲/۵ میلیمتر با شکل گردگوشه به عنوان بخش درشت تر به کار رفته است. برای قسمت ریزتر نیز از ماسه بد دانهبندی شده سواحل بابلسر استفاده شده است. نمونههای مخلوط شن و ماسه بهصورت کاملاً خشک در چهاردرصد وزنی شن متفاوت ۷۰. ۸۰ ۹۰ و ۱۰۰ و در سه تراکم نسبی ۳۵، ۶۰ و ۸۵ درصد آماده و تحت سربارهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلو پاسکال آزمایش شدهاند. نتایج این تحقیق نشان میدهد که ازدیاد تراکم نسبی و درصد شن دانه سبب افزایش مقاومت برشی خاکهای مخلوط شن و ماسه میشود. همچنین نرخ تغییرات مقاومت برشی یا زاویه اصطکاک خاک با درصد شن دانه، در مقادیر پایین تر از حد شناوری که رفتار توسط ماتریس ماسه ای ریزتر کنترل می شود شدیدتر از مقادیر نظیر در بالاتر از حد شناوری است که رفتار خاک مخلوط به وسیله بخش درشتتر شنی کنترل می شود.

مقدمه

مقاومت برشی خاکهای ماسهای حاوی دانههای درشت در حد شن، یکی از مسائل مهم در طراحیهای ژئوتکنیکی است. همچنین رفتار مصالح، تابعی از متغیرهای متعدد است که نمی توان از هیچ یک از آنها صرف نظر کرد، بنا بر این انجام آزمایشهای مکانیکی در شرایطی منطبق بر شرایط سازه اصلی، ضروری به نظر میرسد.

حال با توجه به تأثیر اندازهٔ نمونه در تعیین ویژگیهای رفتاری خاکهای مخلوط، معمولاً اندازهٔ دانهها به یک هشتم تا یک ششم ابعاد نمونه آزمایش شده، محدود می گردد. با توجه به این محدودیت، ارزیابی رفتار تنش-کرنش مخلوطهای درشتدانه با اندازهٔ دانههای یک سانتیمتر یا بیشتر، نیاز به دستگاههای آزمایشگاهی با ابعاد نمونهٔ بزرگ خواهد داشت که موجب بروز پارهای مشکلات می شود.

همچنین در پژوهشهای قبلی صورت گرفته در این خصوص، در پارهای موارد نتایج متناقض مشاهده می شود. مطابق تحقیقات فراگاتزی و همکاران (۱۹۹۰ و ۱۹۹۲)، مقاومت سه محوری استاتیکی خاکهای مخلوط شن و ماسه با افزایش مقدار شن در دانسیتهٔ نسبی مخلوط یکسان کاهش یافته، در صورتی که طبق پژوهشهای اونس و ژو(۱۹۹۵) مقاومت سه محوری تناوبی مخلوط با افزایش مقدار درشتدانه افزایش می یابد. محققان بسیاری مانند یا گیز(۲۰۰۱)، کوکوشو و همکاران(۲۰۰۴) و سیمونی و هولزبای (۲۰۰۶) نتیجه گرفتند که مقاومت برشی مخلوط با ازدیاد میزان شن افزایش می یابد.

والخو (۲۰۰۱) نشان داد که مقاومت برشی مخلوط شن و ماسه، زمانیکه میزان شن بیش از ۷۰ درصد است با مقاومت اصطکاکی دانههای شن کنترل میشود.

فراگاتزی و همکاران (۱۹۹۰ و۱۹۹۲)، تعاریف شناوری و غیرشناوری شن دانهها در مخلوط شن و ماسه را ارائه دادند. طبق تعریف ایشان حالت شناوری در نمونه خاک ماسهای حاوی شن، به شرایطی اطلاق می شود که شن دانهها درصد اندکی از مخلوط را تشکیل داده،

Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-11-10

در بخش ماتریس ماسه شناور بوده و تماس اندکی بین آنها برقرار است (شکل ۱. الف). در این حالت، مقاومت و خصوصیات تغییر شکل خاک تحت تأثیر بخش ریزترخواهد بود. دلیل این موضوع، به تماس اندک و ناچیز ذرات درشت تر نسبت داده می شود. این حد که به عنوان آستانه شناوری تعریف می شود طبق پژوهشهای محققان گذشته ممکن است تا درصد شن ۶۰ حتی گاهاً حدود ۷۰ نیز برسد. علت اختلاف بین این حدود در آزمایشهای مختلف وابسته به تفاوت در نسبت تخلخل و نوع قیدهای بین دانه ای که مابین دانه های درشت و ریز ایجاد می شود و یا ضریب یک نواختی مخلوط است. اما به نظر می رسد که مهم ترین عامل فیزیکی مؤثر بر آستانه شناوری مخلوطهای شن و ماسه ای، دانه بندی مصالح به کار رفته و درصد هر

با افزایش مقدار شن فراتر از میزان حدشناوری، تماس بین ذرات شندانه ایجاد شده و ماتریس ماسه فقط فضای خالی بین درشت دانهها را پر خواهد نمود که حالت غیرشناوری را ایجاد مینماید (شکل ۱. ب). مقاومت و خصوصیات تغییر شکل خاک در این حالت با قسمت درشتتر مخلوط کنترل می شود.



شکل ۱. وضعیت خاک مخلوط شن وماسهای درحالات الف) شناوری شن دانهها ب)غیرشناوری شن دانهها (فراگاتزی و همکاران، ۱۹۹۲)

حمیدی و همکاران (a-۲۰۰۹)، رفتار خاک مخلوط شن و ماسهای را در شرایط شناوری شندانهها بررسی کردند. در تحقیق ایشان مخلوط ماسه با درصدهای شندانه ۲۰، ۴۰ و ۶۰ مورد آزمایش قرار گرفت و تأثیرات سربار، تراکم نسبی و درصد شن بر رفتار خاک مخلوط ارزیابی گردید. بر اساس این تحقیق مشخص شد که مقاومت مخلوط با افزایش درصد شندانه ازدیاد مییابد، اگرچه رفتار در پایینتر از حد شناوری عمدتاً توسط بخش ریزتر ماسهای کنترل میشود، اما وجود شندانهها بر ویژگیهای مقاومتی و تغییرشکل خاک تأثیر بهسزایی میگذارند.

مقاومت برشی خاکهای مخلوط حاوی شن دانه در تحقیقات چند دههٔ اخیر حائز اهمیت فراوان شده و بحث و بررسیهای بسیاری در این مورد انجام شده است. همچنین مدلهای ریاضی متعددی نیز برای تخمین مقاومت مخلوط شن و ماسه با حذف بخش درشتدانه پیشنهاد شده است. یکی از این موارد، تحقیقات حمیدی و همکاران (d-۲۰۰۹) بوده است. در این تحقیق روابطی برای پیشبینی مقاومت برشی مخلوط ماسه و شن بر مبنای مقاومت بخش ریزتر ماسهای ارائه شده است. ایشان روابط تجربی را با تمرکز بر زوایای اصطکاک داخلی حداکثر و حالت بحرانی و بررسی اثر سربار و تراکم نسبی مخلوط ارائه کردهاند. بر مبنای این روابط مشخصههای مقاومتی مخلوط شن و ماسه را میتوان با انجام آزمایش فقط روی ماتریس ریزتر بهدست آورد که به دلیل محدودیتهای موجود در آزمایشهای بزرگ مقیاس حائز اهمیت است. اثرات سربار و خردشدگی دانهها ناشی از آن نیز در این روابط گنجانده

در تحقیق حاضر، حالت غیرشناوری شن دانهها به منظور بررسی تأثیر درصد شن، میزان تراکم و اثر سربار بر رفتار برشی خاکهای مخلوط شن و ماسه بررسی میشود. شایان ذکر است که نگارندگان تاکنون تحقیقی که رفتار خاک در حالت غیرشناوری شن دانهها را بررسی کند، مشاهده نکردهاند.

مصالح مورد آزمایش در این تحقیق

مصالح استفاده شده در این تحقیق شامل شن و ماسه است. ماسهٔ مورد نیاز از سواحل بابلسر جمع آوری شده و دارای ضریب یکنواختی ۱/۷۵ و ضریب خمیدگی ۸۹/۰ است (شکل ۲. الف). مصالح شن، شامل شن گردگوشه با دانهبندی یکنواخت است. برای تهیهٔ شن در اندازهٔ ۱۲/۵ میلی متر، مصالح الک شده و دانههای شن عبوری از الک ۱۲/۵ و مانده روی الک ۹/۲۵ میلی متر جمع آوری شده است (شکل ۲. ب). حمیدی و همکاران (a–۲۰۰۹) با انجام آزمایش برای مصالح تحقیق حاضر با استفاده از پیکنومتر استاندارد بالنی شکل، مقدار چگالی ویژه (Gs) دانههای ماسه و شـن را بـه ترتیـب برابر ۲/۷۴ و ۲/۶۴ گزارش کردند



آزمایش های انجام شده

عیین نسبت تخلخل حداقل و حداکثر مخلوط

معین نسبت تخلخل حداقل و حداکثر مخلوط به ترتیب مطابق استانداردهای ASTM و D-4253 و D-4254 انجام شده است. نسبت تخلخل حداقل و حداکثر به عنوان حالتهای حدی تراکم شناخته می شوند. نمودار تغییرات نسبت تخلخلهای حدی مخلوط و همچنین چگالی حداقل و حداکثر در مقابل درصد شن در شکل ۳ نشان داده شده است. برای بررسی دقیق تر نتایج، مقادیر به دست آمده در جدول ۱ ارائه شده است. همان گونه که از شکل (۳. ب) مشخص است درصد شن حدود ۶۰ را می توان به عنوان آستانه شناوری برای مصالح حاضر در نظر گرفت. خاطر نشان می شود که در این تحقیق فقط آزمایش های تعیین نسبت تخلخل حداقل و حداکثر مخلوط های حاوی شن ۷۰ و ۹۰ درصد، انجام شده و سایر داده ها از تحقیق حمیدی و همکاران (۵–۲۰۰۹) استخراج شده است.



شکل۳. نمودار الف) نسبت تخلخلهای حدی مخلوط

Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-11-10



جدول ۱. نسبت تخلخل و چگالی حداقل و حداکثر برای مخلوط با درصدهای شن مختلف

Gravel content %	e_{\min}	emax	$ ho_{ ext{min}}$	$ ho_{\scriptscriptstyle m max}$
•	•/۵•	۰/V۵	1/07	۱/۸۳
۲.	•/47	•/۵٨	١/٧١	1/91
۴.	•/٣۴	•/40	۱/۸۶	۲/۰۱
۶.	•/7٧	• /٣٩	۱/۹۳	۲/۱۱
*V•	•/٣۴	•/49	١/٧٩	1/99
٨.	•/41	•/۵V	۱/۶۹	١/٨٨
*٩.	•/۵٨	•/V۵	1/01	1/9V
۱۰۰	۰/۷۳	•/9۵	۱/۳۴	1/0٣

* به جز دادههای مربوط به درصد شنهای ۷۰ و ۹۰، مابقی از تحقیق حمیدی و همکاران (a–۲۰۰۹) استخراج شده است.

۲. آزمایش برش مستقیم بزرگ مقیاس

در این تحقیق به منظور بررسی رفتار مقاومتی و تغییر شکلی خاک تحت بارگذاری استاتیکی در شرایط غیر شناوری شندانه ها، از آزمایش های برش مستقیم بزرگ مقیاس با ابعاد جعبه برش ۱۶۰ ×۳۰۰×۳۰۰ میلی متر بر نمونه های بازسازی شده در تراکم های نسبی ۳۵، ۶۰ و ۸۵ درصد تحت فشارهای سربار ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلو پاسکال استفاده شده است. نمودار دانه بندی ماسه، شن و مخلوط حاوی درصدهای مختلف شن دانه در شکل ۴ نشان داده شده است.



برای آمادهسازی نمونه، ابتدا وزن مخلوط شن و ماسهٔ مورد نیاز برای قالب به ابعاد ۱۶۰×۳۰۰×۳۰۰ میلیمتر، محاسبه شده است. بدین منظور با توجه به انجام آزمایشها در شرایط خشک، از وزن واحد حجم خشک نمونهها بسته به میزان تراکم نسبی مورد نظر استفاده شده است. با توجه به ساخت نمونه در سه لایه، وزن به ست آمده فوق که وزن کل نمونه است به سه قسمت تقسیم می شود. در این صورت، وزن شن و ماسهٔ لازم برای هر لایه بر حسب درصد وزنی شن و ماسه مورد نظر در مخلوط به دست می آید. پس از ریختن و متراکم کردن هر سه لایه درون قالب، با گذاشتن وزنههای نظیر سربار مورد نظر، آزمایشها آغاز شده است. ضمن آنکه هر آزمایشی با سرعت بارگذاری ۲/۰ میلیمتر در دقیقه و در شرایط کاملاً زه کشی شده انجام شده است. همچنین به دلیل برخی محدودیتهای موجود در آزمایش برش

بررسی عوامل مؤثر بر مقاومت برشی مخلوط شن و ماسه ۱. مقاومت مخلوط در تراکمهای نسبی متفاوت

نمودار تنش برشی- جابهجایی افقی و جابهجایی قائم (اتساع)- جابهجایی افقی نمونههای مخلوط حاوی مقادیر شن ۷۰ و ۸۰ درصد در تراکمهای نسبی ۳۵، ۶۰ و ۸۵ و در سه سربار ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلو پاسکال در شکلهای (۵) تا (۱۰) ارائه شده است. نشریه زمینشناسی مهندسی, جلد سوم، شماره ۲ پاییز و زمستان ۱۳۸۸



۷۴۲





٧۴٣



با توجه به نمودارهای فوق، مشخص می شود که با افزایش تراکم نسبی بر مقاومت مخلوط افزوده می شود. در واقع با ازدیاد تراکم نسبی مخلوط، درگیری دانهها و قفل و بست بین آنها افزایش یافته و اتساع خاک بیش تر می شود و در نتیجه مقاومت برشی مخلوط افزایش می یابد. از نمودارهای اتساع در مقابل جابه جایی افقی واضح است که ابتدا به دلیل فرورفتن دانهها در یک دیگر کاهش حجم اولیه را خواهیم داشت اما اعمال نیروی برشی بیش ترسبب حرکت و غلتیدن دانهها روی یک دیگر و افزایش حجم خواهد شد.

پوش گسیختگی خاک با استفاده از رگرسیون خطی بر دادههای بهدست آمده از آزمایش در شکل ۱۱، نشان داده شده است. در هر سری از این شکلها و برای درصدهای شن مختلف بهوضوح مشخص است که با افزایش تراکم نسبی مخلوط، پوش گسیختگی خاک بالاتر رفته و شیب آن که بیانگر زاویه اصطکاک خاک است افزایش مییابد.





۲. اثر سربار

تأثیر سربار بر مقاومت برشی و اتساع برای مخلوط حاوی ۸۰ درصد شن دانه در شکلهای ۱۲ تا ۱۴ ارائه شده است. بر اساس این شکلها، اگرچه افزایش سربار میزان اتساع خاک مخلوط را کاهش میدهد، اما در کل موجب ازدیاد کار انجام شده در راستای نرمال میگردد و این موضوع سبب افزایش مقاومت برشی خواهد شد. همچنین شکلها نشان میدهند که با افزایش سربار روی نمونه، تأثیر فزاینده آن بر مقاومت برشی مخلوط کاهش خواهد داشت. علت اصلی این موضوع را میتوان به خردشدگی دانهها در سربارهای بالاتر از مقدار ۱۰۰





الف) حالت شناوري

۳. تأثیر درصد شن بر رفتار برشی مخلوط شن و ماسه

شکل ۱۵ تأثیر درصد شن بر منحنی تنش-کرنش مخلوط شن و ماسه در شرایط شناوری و غیرشناوری شندانهها در تراکم نسبی ۸۵ درصد تحت سربار ۲۰۰ کیلو پاسکال را نشان میدهد. بر اساس شکل (۱۵-الف) که از تحقیقات حمیدی و همکاران (a-۲۰۰۹) اقتباس شده است، در مقادیر شندانه پایینتر از حد شناوری، افت مقاومت بعد از اوج یا رفتار نرم شونده مشاهده می شود. اما بر اساس آزمایش های انجام شده در تحقیق حاضر در مقادیر شن دانه بالاتر از آستانه شناوری، رفتار مخلوط بهصورت سخت شونده با کرنش و بدون افت مقاومت خواهد بود (شکل ۱۵–ب). علت این امر آن است که در مقادیر شن دانه پایین تر از آستانه شناوری، رفتار مخلوط بهوسیله بخش ماسهای کنترل می شود. بدین ترتیب رفتار مجموعه به درصد شندانه موجود حساس بوده و بنا بر این رفتار نرم شونده مخلوط، با ازدیاد درصد شن نمود بیشتری خواهد داشت. اما درمقادیر شن دانه فراتر از استانه شناوری، رفتار مخلوط با بخش شنی کنترل میشود. به عبارت دیگر در این شرایط تماس کامل بین شن دانهها برقرار شده است و ماسه موجود در مخلوط تأثیر کمتری بر خصوصیات مقاومتی آن خواهد گذاشت. بنا بر این همان طور که مشاهده می شود، با توجه به درگیری کامل شن دانهها در یکدیگر، افت مقاومت و رفتار نرم شونده در این شرایط مشاهده نمی شود و رفتار سخت شونده تا حصول به كرنش هاي بالا بر مخلوط حاكم خواهد بود.





نمودار تغییرات مقاومت برشی در مقابل درصد شن در تراکم نسبی ۸۵ درصد در شکل ۱۶ نشان داده شده است. بر اساس این شکل مشاهده می شود که مقاومت مخلوط با افزایش درصد شن در دانسیتهٔ نسبی ثابت افزایش مییابد. این امر بهطور واضح هم در پژوهش.های حمیدی و همکاران (a-۲۰۰۹) برای شن دانه کمتر از حدشناوری و همچنین در تحقیق حاضر برای شن دانه بالاتر از حدشناوری مشخص است. اما نرخ تغییرات مقاومت برشی در درصدهای شن دانه پایینتر از آستانه شناوری یعنی حدود ۶۰ درصد، بیشتر از مقدار نظیر در درصدهای بالاتر از حد شناوری است. علت این موضوع نیز آن است که در درصدهای بالاتر از آستانه شناوری، رفتار مخلوط کاملاً بهوسیله فاز درشتتر شنی کنترل میشود. بدین ترتیب با توجه به درگیری کامل شن دانهها در یکدیگر، تغییر در درصد ماسه موجود در مخلوط تأثیر چندانی بر مقاومت برشی نخواهد داشت. اما در مقادیر پایینتر از آستانه شناوری که رفتار توسط بخش ماسهای کنترل میشود، تغییر در درصد شن موجود در مخلوط تأثیر بهسزایی بر رفتار و مقاومت برشی خاک خواهد گذاشت.

تغییرات زاویه اصطکاک مخلوط در مقابل تراکم نسبی برای مقادیر شن دانه مختلف همراه با مقایسه تحقیق حاضر و تحقیق حمیدی و همکاران (a–۲۰۰۹) در تراکم نسبی ۸۵ درصد در شکل۱۷ نشان داده شده است. از این شکل پیداست که افزایش مقدار شن و تراکم نسبی، سبب ازدیاد مقدار زاویه اصطکاک داخلی در هر دو حالت شناوری و غیرشناوری شده که منجر به افزایش مقاومت برشی میشود. البته شکل (۱۷. ب) تأیید میکند که نرخ تغییرات زاویه اصطکاک مخلوط در مقادیر شندانه بالاتر از آستانه شناوری به مراتب کمتر از مقادیر نظیر در یایین تر از حدشناوری است.





تأثیر درصد شن بر نسبت مقاومت مخلوط شن و ماسه به مقاومت ماسه بدون شن در شکل های ۱۸ و ۱۹ نشان داده شده است. در شکل ۱۸ واضح است که با افزایش درصد شن در مخلوط، نسبت مقاومت برشی مخلوط به ماسه افزایش یافته اما تراکم نسبی تأثیر کمتری بر این نسبت میگذارد. همچنین شکل ۱۹) گویای آن است هر چند با افزایش مقدار شن و میزان سربار، نسبت مقاومت برشی مخلوط به مقاومت برشی ماسه در تراکم نسبی ثابت افزایش مى يابد اما با افزايش ميزان سربار، اثر فزاينده شن بر اين نسبت كاهش خواهد يافت. علت اين امر ازدیاد خردشدگی دانههای درشتتر شنی در سربارهای بالاتر است.

شکل ۲۰ نیز تغییرات زاویه اتساع مخلوط را با مقدار شن و تراکم نسبی برای سربارهای متفاوت نشان میدهد. همانگونه که مشاهده می شود با افزایش مقدار شن و تراکم نسبی، زاویه اتساع مخلوط افزايش خواهد يافت.







نتايج

با توجه به پژوهشهای و همچنین مقایسهٔ نتایج آزمایشهای انجام شده برای بررسی تأثیر درصد شن، تراکم نسبی و سربار بر مقاومت برشی مخلوطهای شن و ماسه، نتایج زیر قابل دستیابی است:

- ۱- با استفاده از آزمایش های تعیین نسبت تخلخل حداقل و حداکثر مخلوط شن و ماسه توسط حمیدی و همکاران (a-۲۰۰۹) و تکمیل این آزمایش ها در محدودهٔ غیرشناوری شندانه ها در تحقیق حاضر، می توان درصد شن حدود ۶۰ را برای مصالح حاضر به عنوان آستانه شناوری شن دانه ها تعریف کرد.
- ۲- با افزایش درصد شن در مخلوط، مقاومت برشی مخلوط شن و ماسه در بازه صفر تا ۱۰۰ درصد شن، افزایش مییابد. این موضوع به دلیل افزایش اتساع خاک با از دیاد درصد شن در آن است. با افزایش اتساع نمونه ها با از دیاد درصد شن در مخلوط، کار لازم برای جابه جایی دانه ها در راستای قائم بیش تر می شود و این موضوع به نوبه خود موجب از دیاد مقاومت برشی خاک مخلوط خواهد شد.
- ۳- با افزایش تراکم نسبی مخلوط در حالتهای شناوری و غیرشناوری، مقاومت برشی مخلوط افزایش مییابد. در تراکمهای نسبی بالاتر، حالت متراکمتری برای مخلوط ایجاد شده و تماس بین دانهها و قفل و بست بین آنها قویتر می شود. در نتیجه بر مقاومت برشی مخلوط افزوده می شود.
- ۴- با افزایش سربار روی نمونه، تأثیر فزاینده سربار بر مقاومت برشی مخلوط در حالت غیرشناوری شندانه ها کمتر می شود که علت آن را می توان عمدتاً به خردشدگی درشت دانه های شنی در سربارهای بالاتر از حدود ۱۰۰ کیلو پاسکال نسبت داد.
- ۵- افزایش درصد شن یا ازدیاد میزان تراکم همانند تأثیر فزاینده بر مقاومت برشی مخلوط، سبب افزایش زاویهٔ اصطکاک و زاویه اتساع آن نیز می شود.
- ۶- نرخ تغییرات مقاومت برشی با درصد شندانه موجود در مخلوط، در درصدهای شندانه پایین تر از آستانه شناوری، بیش تر از مقدار نظیر در درصدهای بالاتر از حد شناوری است. علت این موضوع آن است که در درصدهای بالاتر از آستانه شناوری، رفتار مخلوط کاملاً بهوسیلهٔ فاز درشت تر شنی کنترل می شود. بدین ترتیب تغییر در درصد

Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-11-10

ماسه موجود در مخلوط تأثیر چندانی بر مقاومت برشی نخواهد گذاشت. در صورتیکه در درصدهای پایین تر از حد شناوری که رفتار توسط بخش ماسهای کنترل می شود تغییر در درصد شن موجود در مخلوط تأثیر به سزایی بر رفتار و مقاومت برشی خاک خواهد داشت.

تشکر و قدردانی

آزمایش های این تحقیق با حمایت مالی معاونت پژوهشی در آزمایشگاه مهندسی ژئوتکنیک دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت معلم تهران انجام شده است. نویسندگان مقاله مراتب سپاس خود را از این پشتیبانی اعلام میکنند.

منابع

- 1. ASTM, Annual book of ASTM standards: soils and rock division, West Conshohocken, Philadelphia (1998).
- Evans, M.D. and Zhou, S., "Liquefaction behavior of sand-gravel composites" J. Geotech. Engrg. Div., ASCE, 121(3) (1995) 287-298.
- Fragaszy, R.J., Su, W. and Siddiqi, F.H., "Effect of oversized particles on the density of clean granular soils", Geotech. Test. J., 13(2) (1990)106-114.
- Fragaszy, R.J., Su, W., Siddiqi, F.H. and Ho, C.L., "Modeling strength of sandy gravel", J. Geotech. Engrg. Div., ASCE, 118(6) (1992) 920-935.
- Hamidi, A., Yazdanjou, V., and Salimi, N., "Shear strength characteristics of sand-gravel mixtures", Int. J. Geotech. Engrg., 3(1) (2009-a) 29-38.
- Hamidi, A., Alizadeh, M., Soleimani, S.M., "Effect of Particle Crushing on Shear Strength and Dilation Characteristics of Sand-Gravel Mixtures", Int. J. Civil Engrg., 7(1) (2009-b) 61-71.

- Kokusho, T., Hara, T. and Hiraoka, R., "Undrained shear strength of granular soils with different particle gradations", J. Geotech. Geoenv. Engrg., ASCE, 130(6) (2004) 621-629.
- Simoni, A. and Houlsby, G.T., "The direct shear strength and dilatancy of sand-gravel mixtures", Geotech. Geol. Engrg. J., 24(3) (2006) 523-549.
- 9. Vallejo, L.E.,"Interpretation of the limits in shear strength in binary granular mixtures", Can. Geotech. J., 38(5) (2001) 1097-1104.
- Yagiz, S., "Brief note on the influence of shape and percentage of gravel on the shear strength of sand and gravel mixture", Bul. Engrg. Geol. Env., 60(4) (2001) 321-323.