

بررسی مطلوبیت روش بارش ماسه برای نمونه‌سازی خاک‌های ماسه‌ای در مدل‌های آزمایشگاهی

سید داود محمدی^{۱*}، رسول اجل لوئیان^۲

۱- استادیار زمین‌شناسی مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

۲- دانشیار زمین‌شناسی مهندسی، دانشگاه اصفهان

d.mohammadi@basu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۴/۲۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۹/۲۶

چکیده- روش باران ماسه یا به عبارت دیگر «بارش ماسه در هوا»، روشی برای آماده‌سازی مدل‌های آزمایشگاهی است که به منظور انجام برخی آزمایش‌های خاص، مانند کالیبراسیون نفوذسنج‌های استاتیکی و دینامیکی به کار می‌رود. هنگام استفاده از مدل‌های آزمایشگاهی، کالیبره شدن دستگاه نمونه‌ساز به منظور تولید دقیق نمونه‌هایی با شرایط دلخواه و دانسیته‌ی نسبی، اهمیت دارد. این مقاله به بررسی نتایج به دست آمده از کاربرد دستگاه نمونه‌ساز به روش بارش ماسه، برای ایجاد نمونه‌های ماسه‌ای در دانسیته‌های مورد نظر پرداخته است. در این راستا با ترکیب آرایش‌های مناسب برای قطر منافذ صفحات بارش، فاصله‌ی منافذ و ارتفاع بارش، می‌توان به دانسیته‌ی نسبی ماسه‌ی مورد مطالعه دست یافت. نتایج نشان می‌دهد که این روش، توانایی تولید نمونه‌های ماسه برای مدل‌های آزمایشگاهی در دانسیته‌های نسبی ۲۰ تا ۱۰۰ درصد را دارا است و می‌توان ماسه‌ای با شرایط یکنواخت ایجاد نمود. به طور کلی در حالتی که سرعت بارش پایین است، می‌توان به دانسیته‌های نسبی بالاتر و متعاقب آن وزن واحد حجم بالاتری دست یافت. همچنین این موضوع که در حالت ارتفاع بارش بیش از ۵۰۰ میلی متر، تغییری در میزان دانسیته به دست آمده ایجاد نمی‌شود، نیز تایید گردید.

واژگان کلیدی: دستگاه نمونه‌ساز، شدت بارش، دانسیته‌ی نسبی، آرایش منافذ، صفحه‌ی بارش.

۱- مقدمه

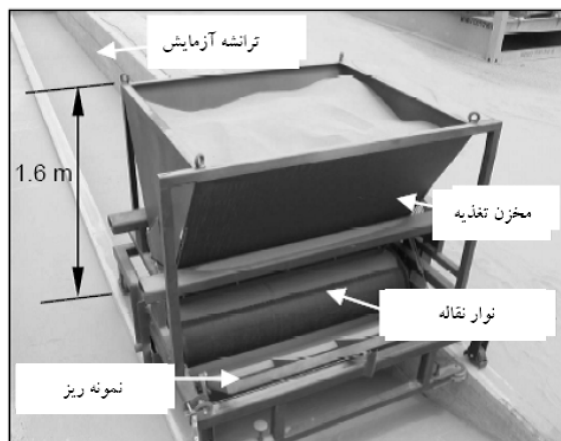
رسوبدانه‌ها، خاک به دانسیته‌ی مورد نظر رسانده می‌شود. این فرایند با تقسیم قالب یا مخزن آزمایش به قسمت‌های مساوی و محاسبه‌ی مقدار وزن خاک برای رسیدن به تراکم لازم انجام می‌شود. برای تراکم نیز استفاده از چکش‌های متراکم کننده و یا عمل ویبره ضروری است. در این حالت امکان لایه‌بندی خاک وجود دارد [۲]. روش دقیق‌تری که در این دسته قرار می‌گیرد به وسیله‌ی یوون و همکاران [۳] به

اغلب برای مطالعه پارامترها و رفتار خاک‌ها، به ویژه خاک‌های غیرچسبیده، استفاده از مدل‌های آزمایشگاهی ضروری است. بدین منظور باید نمونه‌ی خاک مورد نظر به حالت اولیه‌ی خود بازسازی شود. روش‌های گوناگونی برای آماده‌سازی نمونه‌های ماسه‌ای در مطالعات تجربی به کار رفته است. این روش‌ها را می‌توان در دو دسته‌ی کلی قرار داد [۱]. دسته‌ی اول، روش‌هایی که در آن بعد از

1- Yoon et al.

توفنگجیان و تامپسون^۳ [۷] به کار رفته است (شکل ۱). این دستگاه نمونه ساز، نیمه اتوماتیک بوده و شامل مخزن^۴ حاوی ماسه، نوار نقاله^۵ تغذیه کننده و نمونه‌ریز^۶ است. این دستگاه روی ریلی سوار می‌شود که خود روی ترانشه^۷ ایجاد شده برای آزمایش قرار می‌گیرد. با حرکت رفت و برگشتی دستگاه روی ترانشه، لایه‌های یکنواختی از ماسه با تراکم‌های یکسان ریخته می‌شود.

شکل ۲ نشانگر دستگاه دیگری است که بر اساس روش بارش، نمونه‌های مورد نظر را ایجاد می‌کند. بررسی این دستگاه و چگونگی عملکرد و تحلیل نتایج آن، موضوع این تحقیق است و به طور کامل در بخش‌های بعدی تفسیر می‌شود.



شکل (۱) دستگاه نیمه اتوماتیک ساخت نمونه ماسه‌ای در ترانشه‌های آزمایش [۷]

مطالعات زیادی به صورت مستقیم یا غیرمستقیم به بررسی روش بارش ماسه پرداخته‌اند.

راد و تامی^۸ [۸] فاکتورهای مؤثر بر دانسیته‌ی نسبی نمونه‌های ایجاد شده با روش باران ماسه را بررسی کرده و

کار رفته است. این محققین از قابی چوبی که حاوی خانه‌های مربعی^۱ شکل (سلول) میباشد، استفاده کرده‌اند. تعداد خانه‌های مربعی شکل قاب، به ابعاد قالب بستگی دارد. به عنوان نمونه می‌توان از قابی چوبی با تعداد ۹ سلول برای قالبی با ابعاد $2 \times 2 \times 1$ متر استفاده کرد. با استقرار قاب چوبی داخل قالب و با تعیین حجم هر سلول، میزان خاک لازم برای پر کردن سلول، در رسیدن به تراکم مورد نظر مشخص می‌شود. پس از ریختن مقدار لازم نمونه‌ی خاک در هر سلول با صفحه‌ای فلزی و مربعی شکل، که ابعاد آن با ابعاد هر سلول برابر است، با ضربات متوالی چکش، خاک برای رسیدن به مراکز مورد نظر کوبیده می‌شود. پس از تکرار این عمل برای تمامی سلول‌ها، قاب چوبی از داخل قالب خارج می‌شود؛ دسته‌ی دوم، روش‌هایی که مستقیم خاک را در دانسیته‌ی مورد نظر رسوب می‌دهند. در این روش، نمونه هوا و حالت خشک، از ارتفاعی مشخص در قالب آزمایش یا محل مورد نظر باریده می‌شود. این روش که به باران ماسه^۲ معروف است، نسبت به دسته‌ی اول از مزیت‌هایی برخوردار است. آن‌ها، توانایی رسیدن به دانسیته‌های بالا برای ماسه، کاهش میزان پرتاب شدن دانه‌ها به اطراف در هنگام تولید نمونه، تکرارپذیر بودن نتایج دانسیته و جلوگیری از خرد شدن دانه‌ها هستند [۴]. در روش باران ماسه به اضافه‌ی این‌که حجم زیادی از ماسه که در زمان بسیار کوتاهی می‌توان به دانسیته‌ی مورد نظر رساند، نمونه‌هایی هموزن و مشابه با حالت طبیعی رسوبات ایجاد کرد، در صورتی که در روش‌های دیگر ممکن است نمونه‌های ساخته شده لایه‌بندی باشند [۵، ۶].

دستگاه‌های مختلفی برای ایجاد نمونه به روش بارش ساخته شده است. یکی از این دستگاه‌ها که به‌وسیله‌ی

3- Tufenkjian and Thompson
4- Hopper
5- Drum feeder
6- Slide chute
7- Rad and Tumay

1- Square cell
2- Sand Pluviation

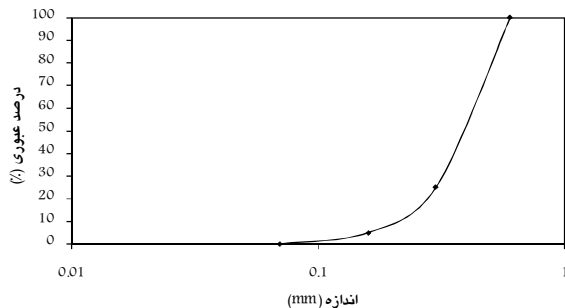
دانسیتته، برای ارتفاع بارش کم‌تر از ۵۰ سانتی‌متر مشخص‌تر است، ولی افزایش ارتفاع بارش بیش‌تر از این مقدار، اثری بر دانسیته ندارد.

هدف این پژوهش، مطالعه‌ی جامع نمونه‌های ساخته شده برای مدل‌های آزمایشگاهی توسط دستگاه باران ماسه است که خود شامل بررسی وضعیت دانسیته‌ی نسبی ماسه‌ی باریده شده، بررسی یکنواختی شدت بارش در تمام قسمت‌های قالب مدل و در نهایت بررسی نتایج استفاده از ترکیب صفحات مختلف بارش دستگاه در ارتفاعات مختلف است. لازم به ذکر است که در پژوهش‌های مختلف صورت گرفته در دانشگاه‌های نیوکاسل استرالیا و بوعلی سینا همدان، از نمونه‌ها و مدل به دست آمده با این دستگاه استفاده شده و نتایج مطلوبی نیز داشته است. برای نمونه می‌توان به منبع [۱۳] مراجعه نمود.

۲- مواد و روش پژوهش

۲-۱- نمونه‌ی ماسه

نمونه‌ی ماسه قابل استفاده در این تحقیق ماسه‌ی سیلیسی با اندازه‌ی دانه‌های متوسط بوده و از ساحل STOCKTON شهر نیوکاسل استرالیا، برداشت شده است. این ماسه به ترتیب دارای وزن واحد حجم حداکثر و حداقل ۱/۴۵ و ۱/۷۴ تن بر مترمکعب است. نمودار دانه‌بندی این ماسه در شکل ۳ آمده است.



شکل (۳) نمودار دانه‌بندی ماسه مورد استفاده

دستورالعملی را برای طراحی دستگاه باران ماسه ارائه دادند. این محققین بحث مفصلی درباره‌ی اهمیت نسبی متغیرهای اصلی این روش ارائه داده اما درباره‌ی تأثیر اندازه‌ی منافذ صفحات بارش و فاصله‌ی آن‌ها مطالعاتی انجام نداده‌اند. پژوهش آن‌ها تنها بر مطالعه‌ی اثر روزنه‌داری صفحات بارش دستگاه و ارتفاع بارش متمرکز شده است. آن‌ها همچنین نشان دادند، اگر شدت بارش زیاد باشد، نمونه‌هایی با دانسیته‌ی کم ایجاد می‌شود. ارتفاع بارش، اندازه‌ی منافذ الک پنخس کننده یا جدا کننده^۱ دستگاه و الگوی منافذ صفحات بارش، اثر مشخص کم‌تری دارند.

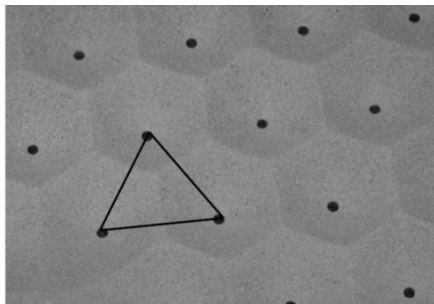


شکل (۲) دستگاه نمونه‌ساز به روش باران ماسه، به کار رفته در این پژوهش

اثر ارتفاع بارش بر دانسیته‌ی نسبی با اهمیت [۹]، کم اهمیت [۱۰] و بدون اهمیت [۱۱] گزارش شده است. براساس مطالعات واید و ناگوسی^۲ [۱۲] اثر ارتفاع بارش بر

1- Diffuser
2- Vaid and Negussy

به منظور جلوگیری از تجمع ماسه روی صفحه‌ی مشبک، هنگامی که شدت بارش بسیار زیاد باشد، صفحه برداشته می‌شود. ارتفاع بارش که عبارت از ارتفاع آزاد بارش ماسه از صفحه‌ی مشبک تا بالای ظرف نمونه‌گیری است نیز در شکل (۴) نشان داده شده است.



شکل (۵) آرایش مثلثی منافذ صفحات بارش

۲-۳- برنامه‌ی آزمایش‌ها

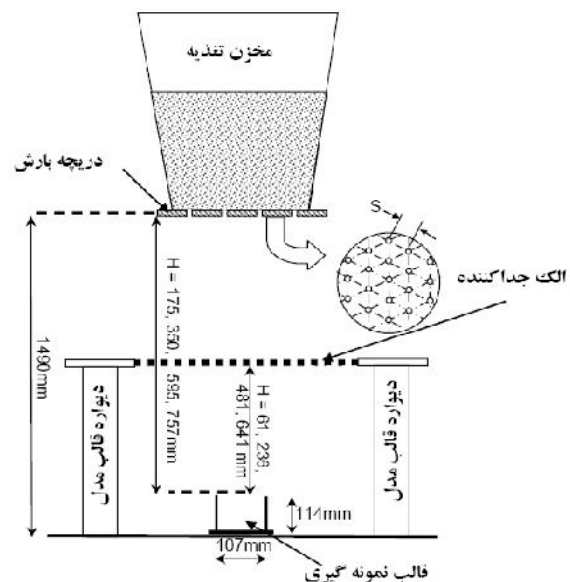
آزمایش‌های این پژوهش در آزمایشگاه ژئوتکنیک دانشگاه نیوکاسل استرالیا انجام شده و شامل سه بخش است. بخش اول، مربوط به آزمایش‌های کنترل یکنواختی وزن واحد حجم خشک ماسه‌ی باریده شده در مدل آزمایشگاهی است. در این آزمایش از صفحات بارش با قطر منافذ ۳، ۶ و ۱۰ میلی‌متر و فاصله‌ی منافذ یکسان (۸۰ میلی‌متر) استفاده شده است. در مسیر بارش ماسه، برای صفحات بارش با قطر منافذ ۳ و ۶ میلی‌متر از یک الک پخش کننده (جدا کننده) با قطر منافذ ۳ میلی‌متر و برای صفحه‌ی بارش با قطر منافذ ۱۰ میلی‌متر از دو الک پخش کننده با قطر منافذ ۲/۳۵ و ۳ میلی‌متری به ترتیب در ارتفاعات ۱۵۰ و ۲۵۰ میلی‌متری از صفحات بارش استفاده شده است. شدت بارش ماسه برای صفحات بارش با قطر منافذ یاد شده، عبارت از $54 \text{ kg/m}^2/\text{min}$ برای حالت متوسط و $1260 \text{ kg/m}^2/\text{min}$ برای حالت ماسه‌ی سست است. به منظور کنترل یکنواختی وزن واحد حجم یا دانسیته‌ی ماسه‌ی باریده شده از تعدادی ظروف نمونه‌گیری با حجم

بر اساس آنالیز تعدادی از نمونه‌ها، ترکیب کانی‌شناسی نمونه‌ی ماسه‌ای به کار رفته عبارت از کوارتز 98.82% ، قطعات خرده سنگی 0.8% ، زیرکن 0.21% ، ایلمنیت 0.11% و روتیل 0.06% است [۱۴].

هم‌چنین بر اساس نمودار دانه‌بندی، مقادیر Cu و Cc به ترتیب برابر با $1/71$ و $1/32$ است که خاک را در رده‌ی SP از رده بندی یونیفاید قرار می‌دهد.

۲-۲- دستگاه بارش ماسه

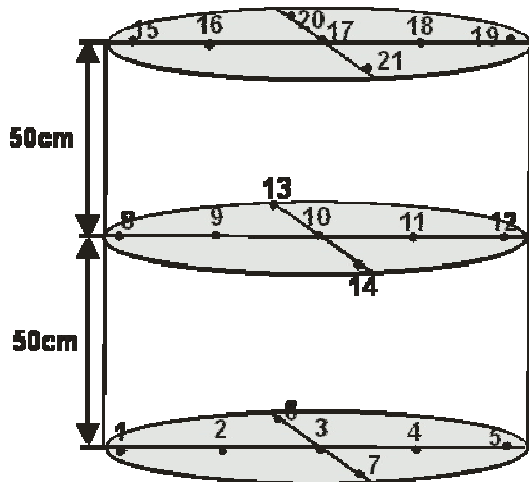
شکل ۴ به‌طور شماتیک نشانگر دستگاه به کار رفته برای به دست آوردن داده‌های لازم این تحقیق است. این دستگاه شامل یک مخزن تغذیه است که به وسیله‌ی ماسه پر می‌شود. برای ساخت نمونه‌ی مورد نظر برای مدل آزمایشگاهی، بارش ماسه از صفحات بارش با قطر منافذ (ϕ) ۶ تا ۱۵ میلی‌متر و فاصله‌ی (S) ۲۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر از یکدیگر و با آرایش مثلثی، عبور می‌کند (شکل ۵).



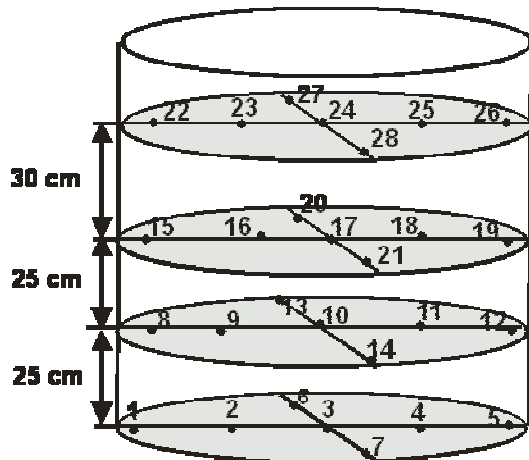
شکل (۴) تصویر شماتیک دستگاه نمونه‌ساز به کار رفته

در تمامی آزمایش‌ها صفحه‌ی مشبکی (الک پخش کننده) یا جدا کننده (با قطر منافذ $2/36$ میلی‌متری) به کار رفته است و

صورت گرفته است. شدت متوسط بارش عبارت از جرم ماسه‌ی تجمع یافته در واحد سطح ظرف نمونه‌گیری، تقسیم بر زمان بارش است؛



شکل (۷) محل‌های نمونه برداری برای بررسی مشخصات نمونه‌ها در حالت دانسیته نسبی متوسط



شکل (۸) محل‌های نمونه برداری برای بررسی مشخصات نمونه‌ها در حالت دانسیته نسبی بالا

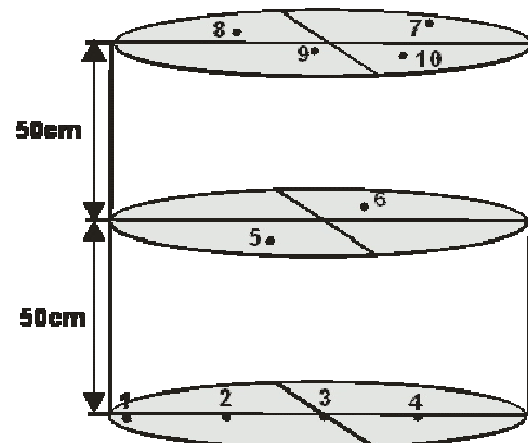
بخش سوم برنامه‌ی آزمایش‌ها، مربوط به آزمایش‌های بررسی تأثیر ارتفاع بارش بر وزن واحد حجم خشک و دانسیته‌ی نسبی نمونه‌های ماسه است. در این بخش، تغییر ارتفاع صفحات بارش نسبت به ظرف نمونه‌گیر در قطرهای

یک‌لیتر، برای نمونه‌برداری در محل‌های مختلف نسبت به مرکز محفظه‌ی تغذیه و نیز متناسب با آرایش منافذ صفحات بارش استفاده شده است. شکل‌های ۶ تا ۸ نشانگر محل‌های نمونه‌برداری برای حالت‌های مختلف وزن واحد حجم خشک سست، متوسط و متراکم است. تعداد آزمایش‌های انجام شده برای این مرحله نیز در جدول ۱ آمده است؛

جدول (۱) تعداد آزمایش‌های انجام شده در بخش اول برنامه‌ی آزمایش‌ها

فاصله‌ی منافذ، (S) (mm)	قطر (mm) و مساحت منافذ، (mm ²)		
		۶ (۲۸)*	۱۲ (۱۰۰)
۸۰	۱۳	۱۶	۱۶

* اعداد داخل پرانتز، مساحت منافذ است.



شکل (۹) محل‌های نمونه برداری برای بررسی مشخصات نمونه‌ها در حالت دانسیته نسبی پایین

بخش دوم برنامه‌ی آزمایش‌ها، مربوط به آزمایش‌های بررسی یکنواختی شدت بارش ماسه‌ی باریده شده است. در این بخش، دو سری آزمایش انجام شده است. در سری اول، از صفحات بارش با قطر منافذ ۱۵ میلی‌متر و فاصله‌ی منافذ ۸۰ میلی‌متر و در سری دوم، از صفحات بارش با قطر منافذ ۸ میلی‌متر و فاصله‌ی منافذ ۲۰ میلی‌متر استفاده شده است. بررسی یکنواختی ماسه‌ی باریده شده، با مقایسه‌ی شدت متوسط بارش ماسه در ظروف کوچک نمونه‌گیری

مختلف است، که به بحث درباره‌ی نتایج پرداخته می‌شود.

۳-۱- بررسی یکنواختی وزن واحد حجم ماسه‌ی باریده شده

نتایج بررسی یکنواختی وزن واحد حجم خشک به وجود آمده با روش باران ماسه در سه حالت سست، متوسط و متراکم در جداول ۳، ۴، و ۵ آمده است. شکل ۹ نیز نشانگر نمودار تغییرات این پارامتر به منظور نمایش میزان یکنواختی آن‌ها است.

مقادیر تغییرات دانسیته‌ی نسبی ماسه‌ی باریده شده نیز در جدول ۶ آمده است.

نسبت قطر منافذ صفحات بارش به فاصله‌ی آن‌ها در صورتی که به درصد بیان گردد، درصد روزنه‌داری نامیده می‌شود. با افزایش درصد روزنه‌داری حالت ماسه‌ی تشکیل شده در قالب از حالت متراکم به حالت سست تغییر می‌یابد (شکل ۱۰).

فواصل مختلف منافذ صفحات بارش مطالعه شده است. لازم به ذکر است با توجه به مرور پژوهش‌های محققین دیگر، مقادیر ارتفاعات بارش به کار رفته برای آزمایش‌ها ۶۱، ۲۳۶، ۴۸۱ و ۶۴۱ میلی‌متر در نظر گرفته شده و آرایش قرارگیری ظروف نمونه‌گیری مشابه با بخش اول برنامه‌ی آزمایش‌ها است. جدول ۲ نشانگر مجموع کل تعداد آزمایش‌های انجام شده در بخش‌های دوم و سوم است.

۳- نتایج و بحث

در این پژوهش، به منظور بررسی مطلوبیت روش باران ماسه برای ساخت نمونه برای مدل‌های آزمایشگاهی، مطالعه‌ی جامعی انجام شده است. این مطالعات شامل بررسی وضعیت وزن واحد حجم خشک ماسه‌ی باریده شده، بررسی یکنواختی شدت بارش و در نهایت بررسی نتایج کاربرد صفحات مختلف بارش دستگاه در ارتفاعات

جدول (۲) تعداد آزمایش‌های انجام شده در بخش دوم و سوم برنامه‌ی آزمایش‌ها

فاصله‌ی منافذ، (mm) (S)	قطر منافذ، ϕ (mm)						
	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۲	۱۵
۲۰	۲۱ (۲۰)*	۱۹ (۲۰)	۲۱ (۲۱)	۲۰	۲۰	۲۰	-
۴۰	۳۲	-	-	۲۳	-	۲۲	۲۰
۶۰	۲۰	-	-	۲۵	-	۲۶	۲۱
۸۰	۲۰	-	-	۲۰	-	۲۰	۲۰
۱۰۰	۲۰	-	-	۲۰	-	۲۱	۲۰
تعداد کل	۱۳۳	۳۹	۴۲	۱۰۸	۲۰	۱۰۹	۸۱

*تعداد آزمایش‌های بدون وجود الک پخش کننده، داخل پراتر است.

جدول (۳) تغییرات وزن واحد حجم خشک ماسه‌ی باریده شده در محل‌های مختلف قالب مدل برای حالت سست

شماره‌ی نمونه*	وزن واحد حجم خشک (gr/cm ³)	شماره‌ی نمونه*	وزن واحد حجم خشک (gr/cm ³)
۱	۱/۵۷۹	۶	۱/۵۷۹
۲	۱/۵۵۵	۷	۱/۵۶۵
۳	۱/۵۷۲	۸	۱/۵۷۹
۴	۱/۵۷۰	۹	۱/۵۶۴
۵	۱/۵۷۵	۱۰	۱/۵۶۶

* شماره‌ی نمونه‌ی مربوط به محل قرارگیری ظروف نمونه‌گیری در شکل ۶ است.

جدول (۴) تغییرات وزن واحد حجم خشک ماسه‌ی باریده شده در محل‌های مختلف قالب مدل برای حالت متوسط

شماره‌ی نمونه*	وزن واحد حجم خشک (gr/cm ³)	شماره‌ی نمونه*	وزن واحد حجم خشک (gr/cm ³)	شماره‌ی نمونه*	وزن واحد حجم خشک (gr/cm ³)
۱	۱/۶۸۳	۸	۱/۶۷۹	۱۵	۱/۶۷۱
۲	۱/۶۸۱	۹	۱/۶۸۲	۱۶	۱/۶۸۴
۳	۱/۶۸۷	۱۰	۱/۶۷۶	۱۷	۱/۶۸۸
۴	۱/۶۸۱	۱۱	۱/۶۹۰	۱۸	۱/۶۸۸
۵	۱/۶۶۹	۱۲	۱/۶۶۷	۱۹	۱/۶۷۶
۶	۱/۶۷۹	۱۳	۱/۶۷۱	۲۰	۱/۶۶۶
۷	۱/۶۶۰	۱۴	۱/۶۵۷	۲۱	۱/۶۷۶

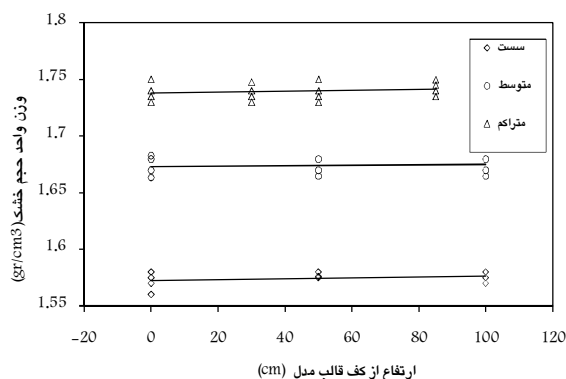
* شماره‌ی نمونه‌ی مربوط به محل قرارگیری ظروف نمونه‌گیری در شکل ۷ است.

جدول (۵) تغییرات وزن واحد حجم خشک ماسه‌ی باریده شده در محل‌های مختلف قالب مدل برای حالت متراکم

شماره‌ی نمونه*	وزن واحد حجم خشک (gr/cm ³)	شماره‌ی نمونه*	وزن واحد حجم خشک (gr/cm ³)	شماره‌ی نمونه*	وزن واحد حجم خشک (gr/cm ³)	شماره‌ی نمونه*	وزن واحد حجم خشک (gr/cm ³)
۱	۱/۷۴۳	۸	۱/۷۳۴	۱۵	۱/۷۴۲	۲۲	۱/۷۴۳
۲	۱/۷۴۲	۹	۱/۷۴۱	۱۶	۱/۷۴۰	۲۳	۱/۷۴۱
۳	۱/۷۳۴	۱۰	۱/۷۳۲	۱۷	۱/۷۴۳	۲۴	۱/۷۴۵
۴	۱/۷۴۷	۱۱	۱/۷۴۰	۱۸	۱/۷۵۹	۲۵	۱/۷۵۴
۵	۱/۷۳۹	۱۲	۱/۷۳۸	۱۹	۱/۷۳۲	۲۶	۱/۷۴۴
۶	۱/۷۴۰	۱۳	۱/۷۳۸	۲۰	۱/۷۳۸	۲۷	۱/۷۳۶
۷	۱/۷۴۱	۱۴	۱/۷۴۲	۲۱	۱/۷۴۶	۲۸	۱/۷۳۹

* شماره‌ی نمونه‌ی مربوط به محل قرارگیری ظروف نمونه‌گیری در شکل ۸ است.

آزمایش‌ها، متوسط شدت بارش ماسه در ظرف نمونه‌گیری با شدت بارش ماسه برای کل قسمت‌های قالب دستگاه مقایسه شد (شکل ۱۱)



شکل (۹) وضعیت یکنواختی وزن واحد حجم ماسه در قسمت‌های مختلف قالب مدل

جدول (۶) مقادیر تغییرات دانسیته‌ی نسبی ماسه‌ی باریده در قالب مدل

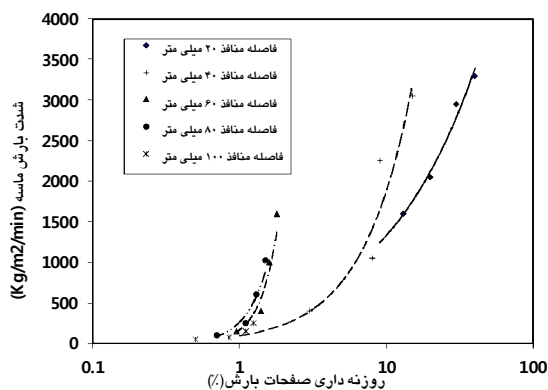
متوسط Dr(%)	حداقل Dr(%)	حداکثر Dr(%)	دانسیته‌ی نسبی
۳۰/۷	۲۷/۵	۳۳/۶	سست
۶۳/۹	۵۹/۸	۶۶/۵	متوسط
۸۵/۲	۸۲/۶	۸۶/۸	متراکم

۳-۲- بررسی یکنواختی شدت بارش ماسه

در مواردی که توزیع پراکندگی ماسه‌ی باریده شده از صفحه‌ی دستگاه یکنواخت و شدت بارش ماسه ثابت باشد، ماسه‌ی یکنواختی نیز در قالب نمونه‌گیری به‌دست می‌آید [۱]، اما بررسی این موضوع برای تمامی قسمت‌های سطح ماسه‌ی باریده شده در قالب دستگاه ضروری است. بدین منظور دو سری آزمایش انجام شده و در هر یک از

منافذ در صفحات دارای قطر منافذ زیاد است، زیرا در این حالت درصد روزنه‌داری در حاشیه افزایش می‌یابد.

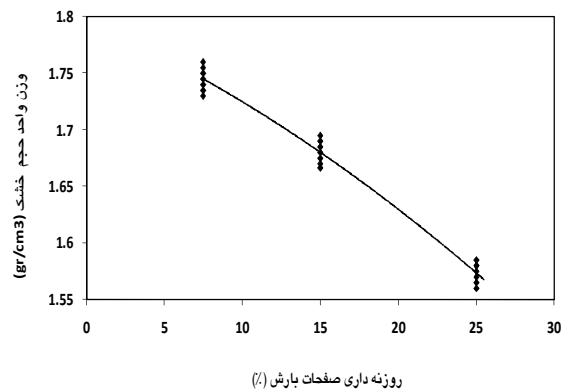
هم‌چنین در این تحقیق، تأثیر روزنه‌داری صفحات بارش بر شدت بارش ماسه مطالعه شده است (شکل ۱۲). توجه شود که رابطه‌ی منحصر به فردی بین روزنه‌داری صفحات بارش و سرعت بارش وجود ندارد؛ ولی برای نوعی ماسه، روندی مشخص برای صفحات با منافذ بزرگ و تعداد کم، نسبت به صفحات با منافذ کوچک و تعداد زیاد وجود دارد.



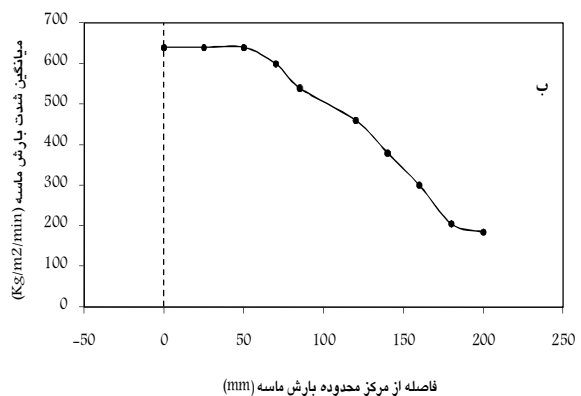
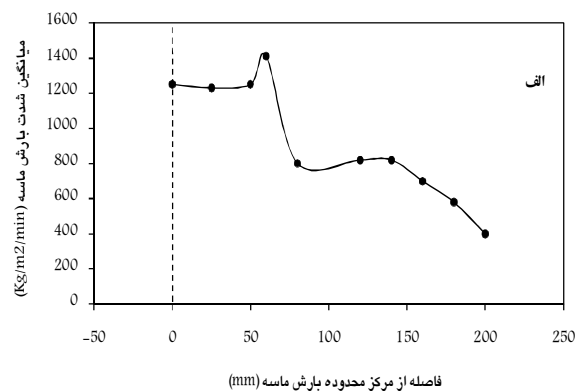
شکل (۱۲) محدوده‌ی شدت‌های بارش به دست آمده و رابطه آن‌ها با روزنه‌داری

۳-۳- بررسی تأثیر ارتفاع بارش بر وزن واحد حجم و دانسیته‌ی نسبی

به منظور بررسی تأثیر ارتفاع بارش بر وضعیت وزن واحد حجم و دانسیته‌ی نسبی ماسه‌ی باریده شده، از ترکیبات مختلف صفحات بارش و ارتفاع متغیر صفحات بارش نسبت به ظرف نمونه‌گیری استفاده شده است. نتایج آن‌ها در شکل‌های ۱۳ تا ۱۷ آمده است. نمودارهای الف و ب در هر شکل به ترتیب اثر ارتفاع و اندازه‌ی منافذ را بر وزن واحد حجم خشک و دانسیته‌ی نسبی نشان می‌دهند. این نتایج بیانگر نمونه‌های دارای دانسیته‌ی نسبی ۲۰ تا ۱۰۰ درصد که با ترکیب صفحات بارش با قطر منافذ و فاصله‌ی



شکل (۱۰) رابطه درصد روزنه‌داری صفحات بارش و وزن واحد حجم ماسه



شکل (۱۱) وضعیت یکنواختی شدت بارش (الف) برای منافذ به قطر ۱۵ میلی‌متر و فاصله‌ی ۸۰ میلی‌متر (ب) برای منافذ به قطر ۸ میلی‌متر و فاصله‌ی ۲۰ میلی‌متر

با افزایش فاصله از مرکز محدوده‌ی بارش، از شدت بارش ماسه کاسته شده که می‌تواند در دانسیته‌ی نسبی ماسه برای قسمت حاشیه‌ی مدل تغییر ایجاد کند (شکل ۱۱). به روشنی کاهش شدت بارش در حاشیه‌ی صفحات بارش به دلیل کاهش تعداد

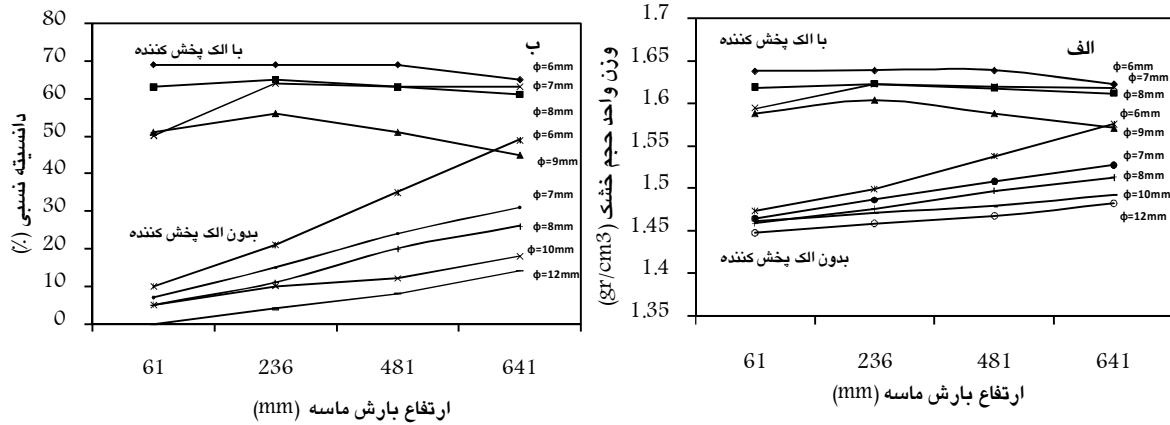
مناسب به دست می‌آیند، است.

میلی متر وجود دارد، ولی این تغییرات در ارتفاع بیش از

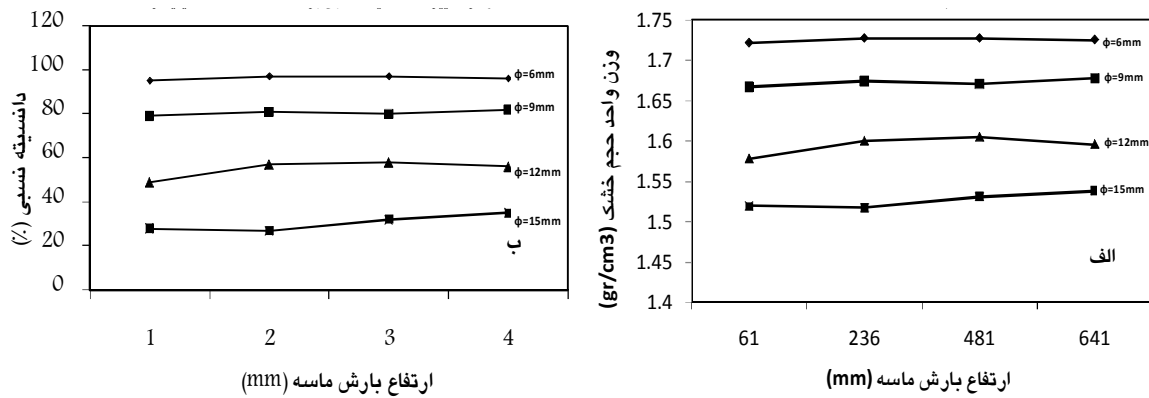
اگر چه اختلاف بسیار کمی در دانسیته‌ی نمونه‌های

۵۰۰ میلی متر به طور مشخص وجود ندارد (شکل های ۱۳

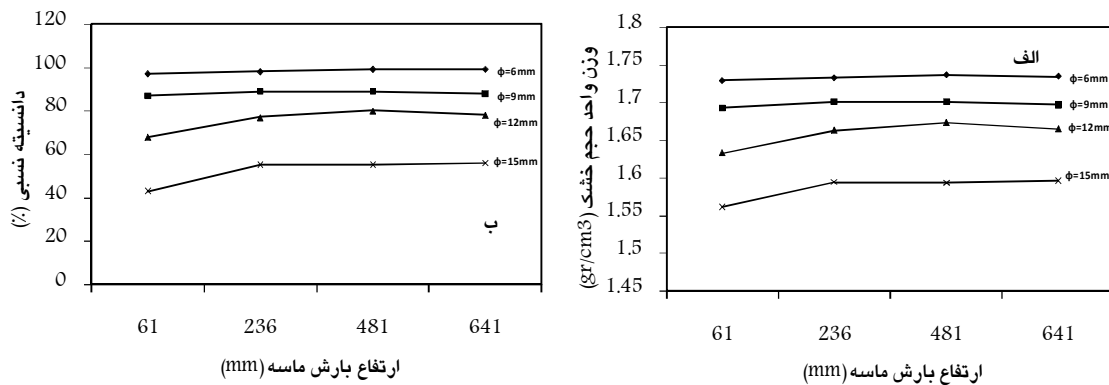
ایجاد شده با روش بارش از ارتفاع سقوط ۴۸۱ و ۶۴۱ تا ۱۷).



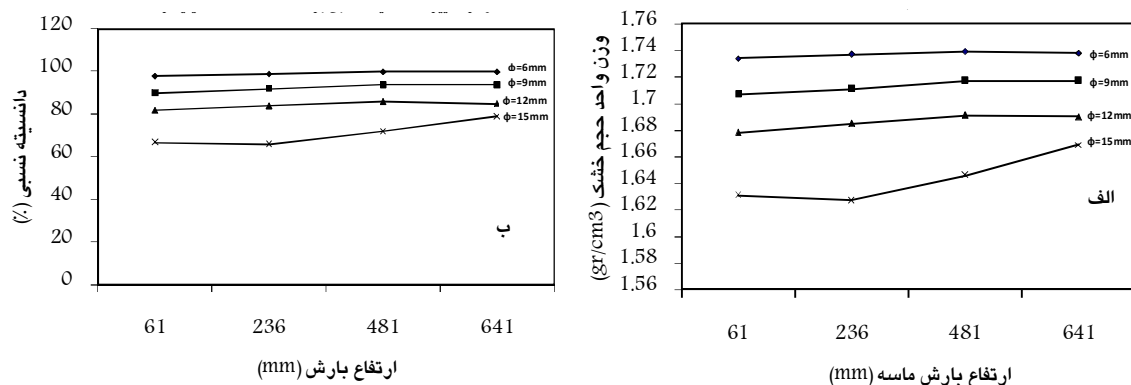
شکل (۱۳) نتایج آزمایش‌های بارش ماسه برای فاصله‌ی منافذ ۲۰ میلی متر الف) وزن واحد حجم؛ ب) دانسیته‌ی نسبی



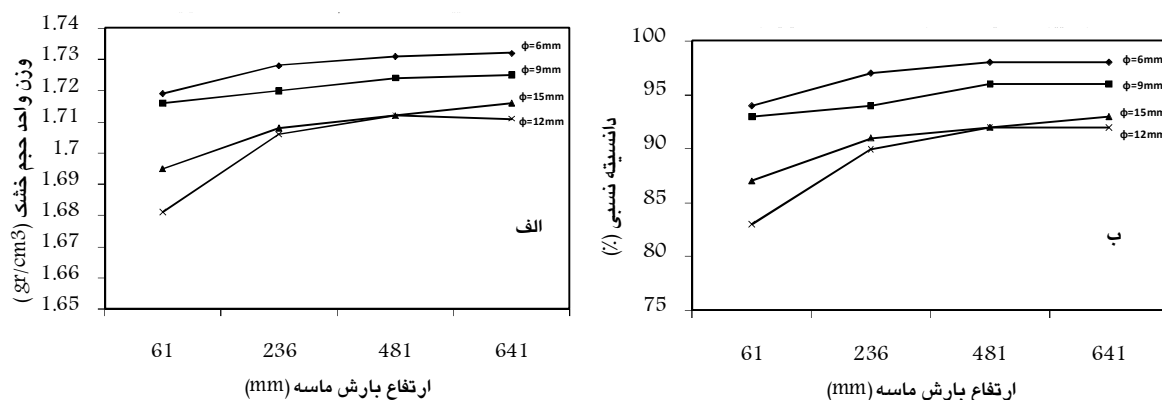
شکل (۱۴) نتایج آزمایش‌های بارش ماسه برای فاصله‌ی منافذ ۴۰ میلی متر الف) وزن واحد حجم؛ ب) دانسیته‌ی نسبی



شکل (۱۵) نتایج آزمایش‌های بارش ماسه برای فاصله‌ی منافذ ۶۰ میلی متر الف) وزن واحد حجم؛ ب) دانسیته‌ی نسبی



شکل (۱۶) نتایج آزمایش‌های بارش ماسه برای فاصله‌ی منافذ ۸۰ میلی‌متر الف) وزن واحد حجم؛ ب) دانسیته‌ی نسبی



شکل (۱۷) نتایج آزمایش‌های بارش ماسه برای فاصله‌ی منافذ ۱۰۰ میلی‌متر الف) وزن واحد حجم؛ ب) دانسیته‌ی نسبی

الک پخش کننده به دست می‌آید، ولی برای دانسیته‌های نسبی کم‌تر از ۲۰ درصد باید الک پخش کننده برداشته شود. ۴- در حالتی که ارتفاع بارش ماسه بیش از ۵۰۰ میلی‌متر باشد، تغییری در میزان دانسیته‌ی ماسه به وجود نمی‌آید؛ اگر چه این نتایج را نمی‌توان برای نمونه‌های باریده شده در حالت بدون حضور الک پخش کننده تعمیم داد. این موضوع نتایج واید و ناگوسی [۱۲] را تأیید می‌کند. ۵- با توجه به این که با کاهش درصد روزنه‌داری صفحات بارش در حاشیه‌ی قالب مدل، از شدت بارش نیز کاسته می‌شود؛ از این رو می‌تواند بر یکنواختی دانسیته‌ی نسبی ماسه‌ی مؤثر باشد. اما نتایج به دست آمده (جداول ۳ تا ۵) بیانگر اختلاف مقادیر دانسیته‌ی ماسه‌ی باریده شده در حاشیه‌ها نسبت به مرکز بسیار اندک بوده که این تغییرات با

۴- نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج این پژوهش را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

- ۱- عوامل مؤثر بر یکنواختی وزن واحد حجم خشک و دانسیته‌ی نسبی ماسه‌ی باریده شده در قالب دستگاه بارش ماسه عبارت از قطر منافذ صفحه‌ی بارش، فاصله‌ی منافذ صفحه‌ی بارش، شدت بارش ماسه، ارتفاع صفحه‌ی بارش و بود یا نبود الک پخش کننده است.
- ۲- رابطه منحصر به فردی بین روزنه‌داری صفحات بارش و سرعت بارش وجود ندارد، ولی روندی مشخص برای صفحات با منافذ بزرگ و فاصله‌ی منافذ کم وجود دارد.
- ۳- دانسیته‌های نسبی از حدود ۲۰ تا ۱۰۰ درصد با کاربرد

- [7] Tufenkjian, M.R., and Thompson, D.; "Shallow Penetration Resistance of a Minicone in Sand"; 16th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Osaka, Japan, 2005.
- [8] Rad, N.S. and Tumay, M. T.; "Factors Affecting Sand Specimen Preparation by Raining"; Geotechnical Testing Journal, 10(1): 31-37, 1987.
- [9] Kolbuszewski, J. J.; "An Experimental Study of the Maximum and Minimum Porosities of Sands"; Proceedings of the Second International Conference of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Rotterdam, 1: 158-165, 1948.
- [10] Fretti, C., LoPresti, D.C.F., and Pedroni, S.; "A Pluvial Deposition Method to Reconstitute Well-Graded Sand Specimens"; Geotechnical Testing J., 18(2):292-298, 1995.
- [11] Miura, S and Toki, S.; "A Sample Preparation and Its Effect on Static and Cyclic Deformation-Strength Properties of Sand"; Soils and Foundations, 22(1):61-77, 1982.
- [12] Vaid, Y. P. and Negussey, D.; "Relative Density of Pluviated Sand Samples"; Soils and Foundations, 24(2):101-105, 1984.
- [13] Mohammadi S.D., Fityus, S. G., and Bates, L., "Calibration of the perth sand penetrometer (PSP) for silica sands"; Iranian Journal of Sciences and Technology, (IJST), Transactions of Civil Engineering, Vol. 36, No. C1, pp 13-23, 2012.
- [14] Ajalloeian, R.; "An experimental study of finite pressuremeter length effects in sand"; Ph.D thesis, University of Newcastle, N.S.W, Australia, 1996.
- اطمینان قابل صرف نظر کردن است. به هر حال می توان برای اطمینان بیشتر، آزمایش هایی که قرار است در قالب مدل انجام شود، در مرکز مدل صورت پذیرد.

۵- منابع

- [1] Butterfield, R. and Andrawes, K. Z.; "An Air Activated Sand Spreader for Forming Uniform Sand Beds"; Geotechnique, 20(1): 97-100, 1970.
- [2] Abu-Farsakh, M., Khalid Alshibi, P.E., Nazzal, M., Seyman, E.; "Assesment of in-situ test technology for construction control of base courses and embankments"; Report No, FHWA/LA.04/385, Louisiana Transportation Research Center, 2004.
- [3] Yoon, Y. W., Cheon, S. H., and Seong, K. D.; "Bearing capacity and settlement of tire-reinforced sands" ; Geotextiles and Geomembranes Vol. 22, Issue 5; pp 439-453, 2004.
- [4] LoPresti, D.C.F., Pedroni, S., and Crippa, V.; "Maximum Dry Density of Cohesionless Soils by Pluviation and by ASTM D 4253-83: A Comparative Study" ; Geotechnical Testing Journal, 15(2): 180-189, 1992.
- [5] Oda, M., Koishikawa, I. and Higuchi, T. ; "Experimental study of anisotropic shear strength of sand by plane strain test"; Soils and Foundations. 18(1): 25-38, 1978.
- [6] Mori, K, Seed, H and Chan, C.; "Influence of sample disturbance on sand response to cyclic loading"; Report UCB/EERC-77/03, Uni. of Calif. Berkeley, California, 1977.