

# بررسی تاثیر روش نمونه سازی بر روی مشخصات رفتاری ماسه با استفاده از آزمایشات سه محوری

ابراهیم نعیمی فر<sup>۱</sup>، امید نعیمی فر<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران- گرایش خاک و پی - دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران- گرایش خاک و پی - دانشگاه تربیت مدرس تهران

Ebrahim.naeemyfar@gmail.com

خلاصه: در طی سالیان زیادی، ماسه ها به عنوان خاک های بدون مشکل شناخته می شدند و مسائل مربوط به مشکلات خاک ها بیشتر در مورد خاک های ریزدانه شناخته شده بود. پس از وقوع وقایعی مانند روانگرایی در خاک های ماسه ای در طی زلزله های نیگاتا و آلاسکا در ۱۹۶۴، توجه محققین به تحقیق در مورد این نوع خاک ها و عوامل موثر بر رفتار آنها در طی بارگذاری های زهکشی نشده مانند زلزله جلب شد. به این منظور در طی تحقیقات مختلف آزمایشات زیادی با استفاده از دستگاه سه محوری بر روی نمونه های ماسه ای که با شرایط مختلف ساخته شده بودند، صورت گرفته است. روش نمونه سازی یکی از مهمترین عواملی است که بر روی رفتار نمونه ها در ضمن آزمایشات می تواند تاثیر گذار باشد. از این رو در این مقاله با استفاده از انجام آزمایشات سه محوری بر روی نمونه های ساخته شده با روش های مختلف نمونه سازی، سعی شده است تا تاثیر روش های مختلف نمونه سازی بر روی رفتار ماسه های اشباع مورد بررسی قرار گیرد. برای تحقیقات این مقاله نمونه های مختلفی از ماسه با شرایط متفاوت و با استفاده از روش های مختلف نمونه سازی ساخته شدند و تحت آزمایشات سه محوری به صورت تحکیم شده - زهکشی نشده قرار گرفتند. نتایج این آزمایشات نشانگر تاثیر محسوس روش نمونه سازی بر روی مشخصات رفتاری ماسه مانند روند تغییرات فشار آب حفره ای و نمودار های تنش - کرنش می باشد. نمونه های ساخته شده دارای قطر ۵ و ارتفاع ۱۰ سانتی متری باشند.

کلمات کلیدی: ماسه، سه محوری، روانگرایی، روش نمونه سازی

مقدمه:

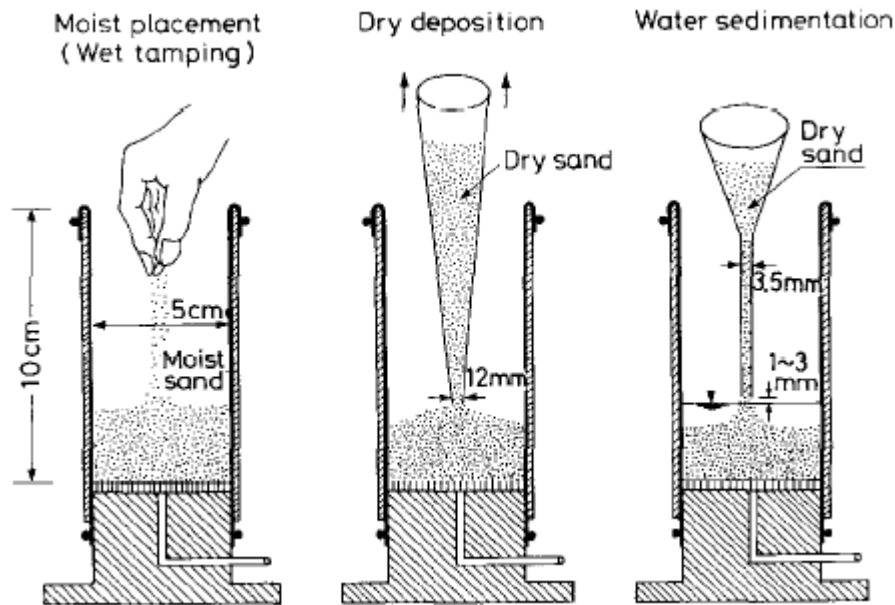
زمانی که بارگذاری زهکشی نشده حاصل از زلزله بر روی ماسه های سست و اشباع وارد می شود، فشار آب حفره ای در آنها افزایش می یابد. این افزایش فشار آب حفره ای موجب کاهش تنش موثر بین دانه ها و حتی به صفر رسیدن آن خواهد شد. در چنین شرایطی توده ماسه ای به صورت یک سیال روان عمل خواهد کرد که اصطلاحاً به چنین حالتی روانگرایی اطلاق می شود.

بعد از شناسایی پدیده روانگرایی و خرابی های به وجود آمده بر اثر آن در زلزله ها، تحقیقات وسیعی در این زمینه آغاز شد. این تحقیقات به منظور بررسی رفتار های ماسه تحت شرایط متفاوت آزمایش بود. این شرایط می تواند شامل نسبت تخلخل، فشار همه جانبه [1,2,3,4]، روش نمونه سازی [5,6,7,8,9]، نوع بارگذاری [10,11,12]، درصد ریزدانه و نوع ریزدانه [13,14,15,16,17,18,19] باشد. در این مقاله تاثیر روش نمونه سازی بر روی رفتار ماسه های اشباع در بارگذاری زهکشی نشده مورد توجه قرار گرفته است. اصولاً برای ساخت نمونه در تحقیقاتی که در مورد روانگرایی در ماسه های اشباع صورت گرفته اند، روش های متفاوتی به کار رفته است. اما عموماً سه روش کلی را می توان به عنوان پایه و اساس روش های نمونه سازی ذکر کرد. این سه روش عبارتند از روش ریزش خشک (dry deposition)، روش تراکم ماسه مرطوب (wet tamping) و روش ته نشینی در آب (water sedimentation).

در روش تراکم ماسه مرطوب، وزن مورد نظر برای ایجاد نمونه که دارای ۵ تا ۸ درصد رطوبت می باشد، در تعداد لایه های مشخص به درون قالب ریخته شده و هر لایه با اعمال ضربات چکش به تراکم مورد نظر رسانده می شود.

در روش ریزش خشک از یک قیف مخروطی شکل که با مشخصات استاندارد و قطر دهانه معین ساخته شده است، استفاده می شود. قطر سوراخ این قیف ۱۲ میلی متر و زاویه راس آن ۳۰ درجه و طول کلی آن ۲۸۰ میلی متر می باشد [5]. برای ساخت نمونه دهانه قیف را در کف قالب قرار داده و داخل آن را با خاک خشک مورد نظر پر می کنند. پس از پر شدن قیف، آن را با دقت و به آهستگی به طرف بالا می کشند تا محتویات آن به داخل قالب شیار دار انتقال یابد. سرعت حرکت قیف و فاصله دهانه آن تا سطح خاک درون قالب نقش مهمی در تراکم نمونه ساخته شده دارا می باشد. برای ایجاد نمونه هایی با تراکم بیشتر می توان از ضربه زدن به کناره قالب در حین تشکیل نمونه استفاده کرد.

در روش های ته نشینی در آب معمولا داخل قالب تا ارتفاع مشخصی از آب پر می شود و آنگاه خاک به آرامی توسط قیف به داخل قالب ریخته می شود. در این حالت عملا خاک داخل قالب در حالت اشباع قرار دارد. با دید توجه کرد که نحوه ریختن خاک و آب به داخل قالب باید به نحوی تنظیم شود که همواره سطح آب در بالای سطح خاک درون قالب قرار داشته باشد. یکی از مهمترین معایب این روش جداسازی دانه ها در هنگام ریختن درون قالب می باشد. در شکل (۱) تصویری از نحوه نمونه سازی با سه روش فوق نشان داده شده است.

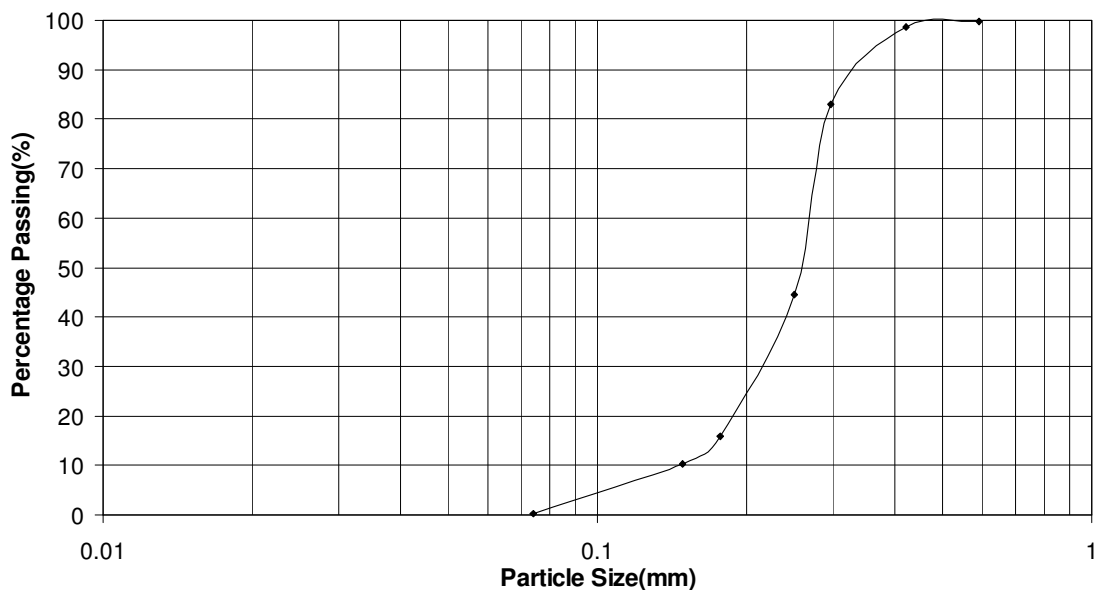


شکل (۱) روش های مختلف بازسازی نمونه [5]

مشخصات آزمایشات، مصالح و روش نمونه سازی:

دستگاه مورد استفاده در آزمایشات، دستگاه سه محوری استاتیکی و آزمایشات به صورت تحکیم یافته - زهکشی نشده انجام شده اند. سیستم اعمال بار به صورت کنترل کرنش بوده و در این آزمایشات نرخ تغییر شکل ثابت  $0.5 \text{ mm/min}$  بر نمونه اعمال شده است. همچنین فشار موثر تحکیمی برابر  $150 \text{ Kpa}$  در تمامی آزمایشات به کار رفته است.

برای مصالح مورد استفاده در این آزمایشات از ماسه فیروزکوه استفاده شده است که منحنی دانه بندی آن در شکل (۲) و مشخصات فیزیکی آن در جدول (۱) ارائه شده است.



شکل (۲) منحنی دانه بندی ماسه فیروزکوه

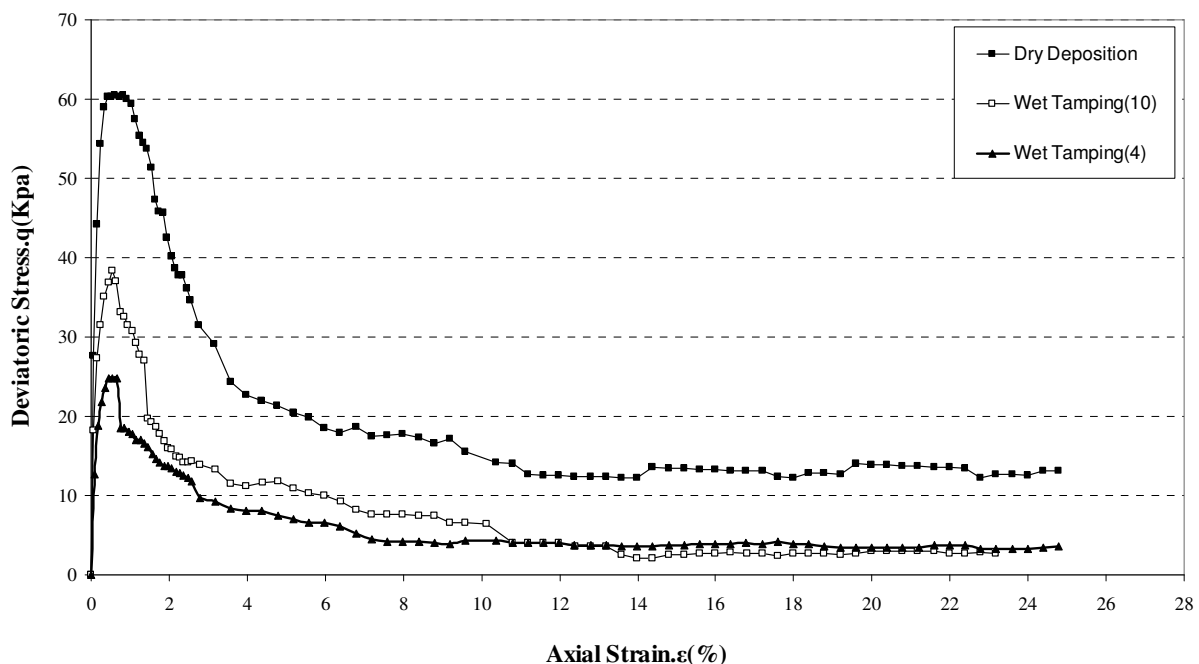
جدول (۱) مشخصات ماسه فیروز کوه

| نوع ماسه | Gs   | $e_{max}$ | $e_{min}$ | D50(mm) | F% | Cu  | Cc   |
|----------|------|-----------|-----------|---------|----|-----|------|
| فیروزکوه | 2.66 | 0.928     | 0.583     | 0.26    | 0  | 1.8 | 1.19 |

برای نمونه سازی از روش های ریزش خشک و تراکم ماسه مرطوب استفاده شده است. روش تراکم ماسه مرطوب در دو حالت به کار گرفته شده است. در حالت اول نمونه مورد نظر در ۴ لایه و در حالت دوم نمونه مورد نظر در ۱۰ لایه ساخته شده است. روش ساخت نمونه ها در بخش قبلی شرح داده شد. نمونه های ساخته شده دارای قطر 50mm و ارتفاع 100mm بوده اند. همچنین به منظور بررسی تاثیر دانسیته، چهار دانسیته متفاوت در جریان آزمایشات به کار گرفته شده اند. این دانسیته ها نشانگر نمونه هایی با تراکم بسیار سست تا تراکم بالا می باشند. در این آزمایشات دانسیته های ۲۰، ۳۰، ۴۵ و ۷۰ درصد مورد استفاده قرار گرفته اند.

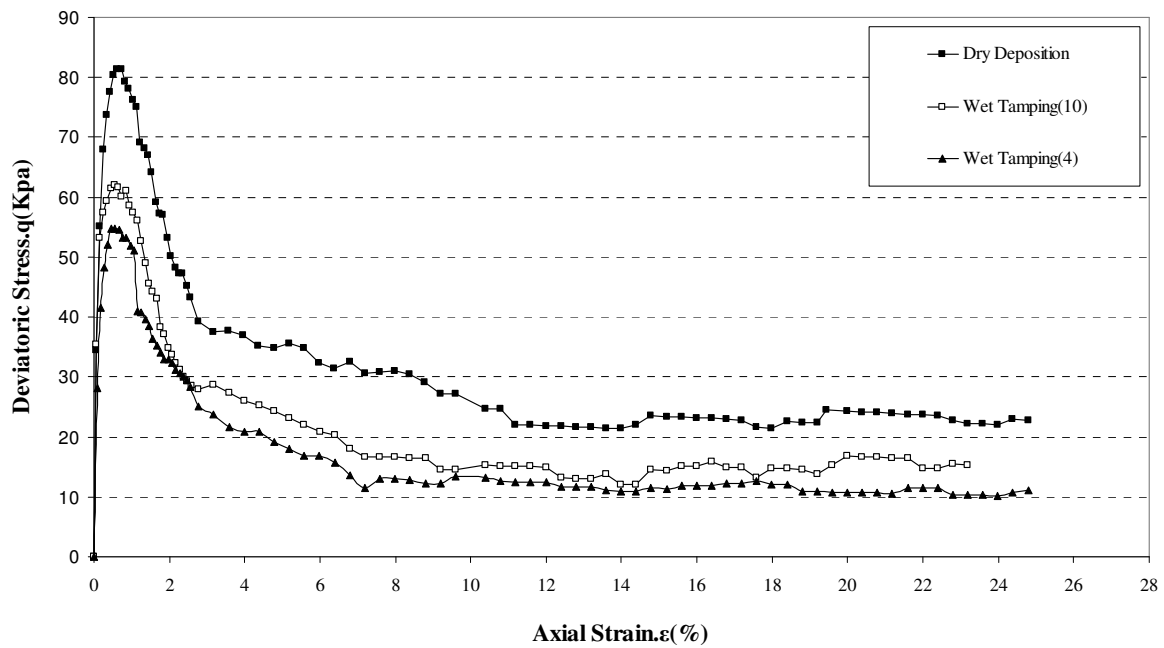
#### نتایج آزمایشات :

نمودار های تنش- کرنش مربوط به آزمایشات بر روی نمونه های ماسه ای که با روش های نمونه سازی مورد نظر ساخته شده اند، در شکل (۳) نشان داده شده است. این نتایج مربوط به نمونه های ساخته شده با دانسیته بسیار سست و در حدود ۲۰ درصد می باشند. همانطور که در شکل (۳) مشخص است، با اعمال بارگذاری ابتدا مقاومت نمونه ها تا رسیدن به یک نقطه اوج افزایش یافته است و آنگاه دچار یک کاهش ناگهانی شده است. این رفتار که اصطلاحاً نرم شدگی کامل با کرنش نامیده می شود، موجب رسیدن تنش موثر به مقادیر بسیار پایین و یا حتی صفر می شود. در این حالت روانگرایی به صورت کامل می تواند رخ دهد. با مقایسه نمودار های مربوط به حالت ریزش خشک و تراکم مرطوب مشاهده می شود که علی رغم ساخته شدن نمونه ها در دانسیته یکسان و آزمایش آنها در شرایط مشابه، مقادیر مقاومت آنها در نقطه اوج و در حالت پایدار تا حد زیادی با هم متفاوت است و نمونه های ساخته شده با روش ریزش خشک مقاومت های بالاتری را نشان می دهند. علاوه بر این با مقایسه نمودار های مربوط به روش تراکم مرطوب که با تعداد لایه های متفاوت ساخته شده اند، مشاهده می شود که با افزایش تعداد لایه ها مقاومت نقطه اوج هم افزایش یافته است، اما با افزایش کرنش نمودار ها به هم نزدیک تر شده اند و در کرنش های زیاد تقریباً بر هم منطبق شده اند.



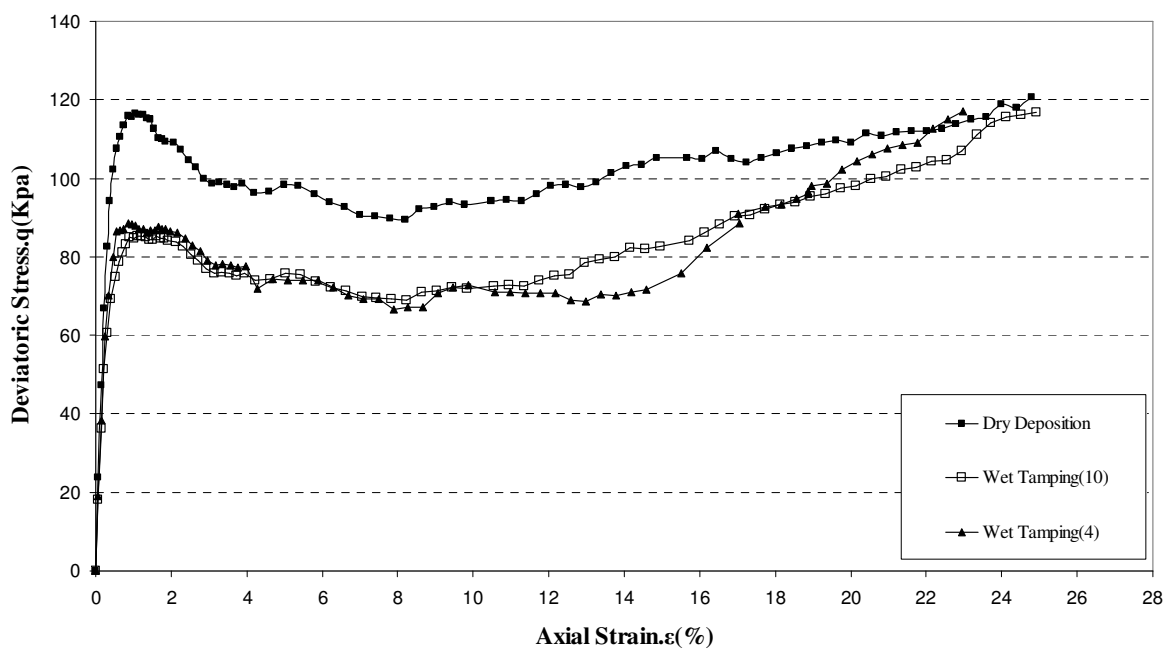
شکل (۳) نتایج مربوط به آزمایشات در دانسیته ۲۰ درصد

در شکل (۴) نمودار های مربوط به آزمایشات بر روی نمونه های با دانسیته ۳۰ درصد نشان داده شده اند. مشاهده می شود که با افزایش دانسیته مقاومت به نحو محسوسی افزایش یافته است، اما هنوز هم رفتار نمونه ها به صورت نرم شدگی کامل با کرنش تا رسیدن به مقاومت حالت پایدار می باشد. با مقایسه این نمودار ها با حالت قبل به نظر می رسد که اختلاف نقطه اوج در نمونه های مختلف ساخته شده با روش تراکم مرطوب کاهش یافته است. کماکان در این حالت هم نمونه های ساخته شده با روش ریزش خشک مقاومت های بالاتری را نسبت به نمونه های ساخته شده با روش تراکم مرطوب نتیجه داده اند.



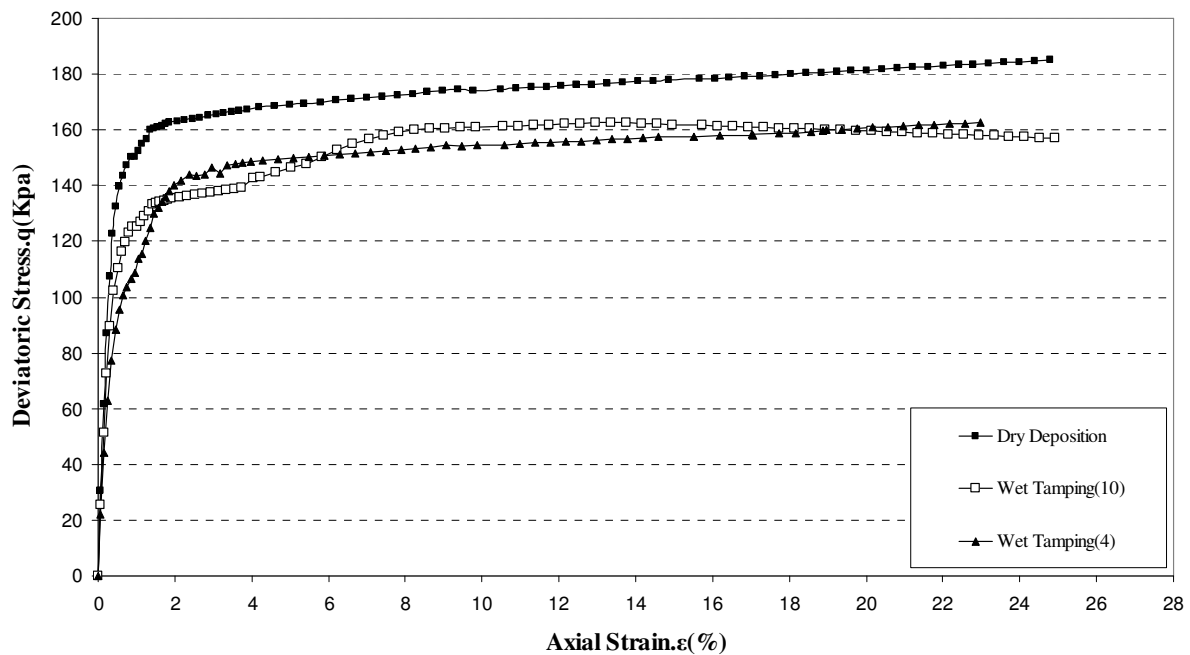
شکل (۴) نتایج مربوط به آزمایشات دردانسیتته ۳۰ درصد

در شکل (۵) نتایج آزمایشات انجام شده بر روی نمونه های ساخته شده دردانسیتته ۴۵ درصد نشان داده شده است. با توجه به نمودار ها و مقایسه آنها با نتایج نمونه های سست تر، مشاهده می شود که با افزایش دانسیته تا ۴۵ درصد، در رفتار نمونه ها تغییرات قابل ملاحظه ای حاصل شده است. در این حالت مقاومت نمونه ها پس از رسیدن به نقطه اوج دوباره دچار کاهش می شود و کاهش آن تا رسیدن به یک مقدار نسبتاً ثابت ادامه می یابد. اما با ادامه بارگذاری و افزایش کرنش، مقاومت نمونه ها دوباره دچار افزایش می شود. با توجه به این که در این نوع رفتار یک حالت پایدار موقتی در کرنش های میانی رخ می دهد، اصطلاحاً به آن رفتار شبه پایدار گفته می شود. با مقایسه نمودارهای مربوط به حالات مختلف می توان نتیجه گیری کرد که در این حالت هم نمونه های ساخته شده با روش ریزش خشک مقاومت های بالاتری را نشان می دهند. با دقت در نمودار ها مشخص می شود که با افزایش کرنش تفاوت نمودار های مربوط به دو روش نمونه سازی تا حد زیادی کاهش می یابد و در کرنش های زیاد این نمودار ها به سمت هم میل می کنند. نکته قابل توجه دیگر آن است که در مقایسه با نمونه های ساخته شده با دانسیته های کمتر، اختلاف مربوط به نمونه های ساخته شده با روش تراکم مرطوب در دو حالت ۴ و ۱۰ لایه کمتر شده است.



شکل (۵): نتایج مربوط به آزمایشات دردانسیتته ۴۵ درصد

در آخرین گروه آزمایشات، نتایج مربوط به آزمایشهای انجام شده بر روی نمونه های ساخته شده با دو روش فوق در دانسیته ۷۰ درصد با یکدیگر مقایسه شده اند (شکل ۶). همانطور که در شکل (۶) مشخص است، با افزایش دانسیته تا ۷۰ درصد نوع رفتار به کلی عوض شده است و نمونه ها دیگر دچار نرم شدگی با کرنش نشده اند. در این حالت نمونه پس از رسیدن به نقطه اوج کماکان به رفتار سخت شونده خود ادامه داده است و مقاومت آن با افزایش کرنش، افزایش نسبی یافته است. مشاهده می شود که مانند نمونه های با دانسیته کمتر، در این حالت هم نمونه های ساخته شده با روش ریزش خشک نسبتاً مقادیر مقاومت بالاتری را نسبت به نمونه های ساخته شده با روش تراکم مرطوب از خود نشان می دهند. هرچند به نظر می رسد میزان این تفاوت ها در مقایسه با نمونه های ساخته شده با دانسیته پایین تر، کمتر شده است. نکته قابل توجه آن است که نمونه های ساخته شده با روش تراکم مرطوب تفاوت چندانی را با هم نشان نمی دهند و نمودار های آنها تا حد زیادی بر هم منطبق شده است. این امر نشان دهنده آن است که با افزایش تراکم تأثیر تعداد لایه ها از بین رفته است و لذا نمونه های ساخته شده با یک روش نمونه سازی، رفتار یکسانی را نشان می دهند و تعداد لایه های آنها تأثیر خاصی در دانسیته های بالا ندارد.



شکل (۶): نتایج مربوط به آزمایشات در دانسیته ۴۵ درصد

#### تحلیل نتایج آزمایشات

(الف) بررسی نوع رفتار نمونه ها:

در نمودار های تصاویر (۳) تا (۶) مشاهده می شود که با افزایش کرنش مقاومت نمونه ها افزایش می یابد. این افزایش تا رسیدن به یک نقطه اوج ادامه می یابد و در ادامه بسته به دانسیته نمونه ۳ نوع رفتار متفاوت به چشم می خورد. در نمونه های سست مقاومت نمونه پس از رسیدن به مقدار اوج دچار کاهش شدیدی می شود و این کاهش تا رسیدن به مقاومت حالت پایدار ادامه می یابد. علت این امر افزایش فشار آب حفره ای بر اثر بارگذاری زهکشی نشده و در نتیجه کاهش شدید تنش موثر می باشد. با افزایش دانسیته نمونه، بافت متراکم تری تشکیل شده و در نتیجه ذرات نمونه با هم تماس بیشتری پیدا می کنند. در این حالت زمانی که نمونه به نقطه اوج می رسد، باز هم مقاومت آن دچار کاهش می شود، اما با ادامه افزایش کرنش، اصطکاک ذرات روی هم منجر به وقوع اتساع بین آنها و در نتیجه کاهش فشار آب حفره ای و در نهایت منجر به افزایش مجدد مقاومت می شود. نتیجه این فرایند وقوع حالت شبه پایدار در نمونه های با تراکم متوسط می باشد.

با افزایش دانسیته تا رسیدن به نمونه های بسیار متراکم، نوع رفتار به کلی عوض می شود. در این حالت اتساع شدید ذرات و کاهش شدید فشار آب حفره ای موجب خواهد شد تا نمونه به افزایش مقاومت خود با افزایش کرنش ادامه دهد.

#### (ب) بررسی تفاوت های رفتاری نمونه های ساخته شده با روش های ریزش خشک و تراکم مرطوب

با مقایسه نمونه هایی که با دو روش متفاوت نمونه سازی ساخته شده بودند، مشاهده شد که نمونه های ساخته شده با روش ریزش خشک به مراتب مقاومت های بالاتری را نتیجه می دهند. این موضوع نشان می دهد که در شرایط یکسان، روش ریزش خشک نمونه هایی با بافت متراکمتر را تولید میکند. با توجه به نوع نمونه سازی در هر روش، به نظر می رسد که علت تولید بافت سست تر در روش تراکم مرطوب وجود رطوبت در حین ساخت

نمونه می باشد. این رطوبت که معمولا در حدود ۵ درصد می باشد، موجب می شود که ذرات خاک به طور کامل به درون هم فرو نرفته و بر اثر نیرو های ایجاد شده توسط آب درون ذرات، روی هم به صورت ناپایدار قرار گیرند. این مساله موجب می شود که در هنگام بارگذاری، این نمونه ها مقاومت کمتری را نشان دهند. اما به هر حال میزان این تفاوتها به اندازه ای نیست که نوع رفتار نمونه را عوض کند.

### ج) بررسی تاثیر تعداد لایه ها در روش تراکم ماسه مرطوب

با مقایسه نمودار های مربوط به نمونه های ساخته شده با روش تراکم ماسه مرطوب با ۴ و ۱۰ لایه، مشاهده شد که در دانسیته های پایین این نمونه ها دارای مقادیر متفاوتی از مقاومت اوج هستند که با افزایش کرنش و رسیدن به مقاومت حالت پایدار، رفتار آنها به هم نزدیک تر می شود. همچنین با مقایسه تفاوت این نمونه ها در دانسیته های مختلف می توان نتیجه گیری کرد که با افزایش دانسیته تفاوت های رفتاری بین این نمونه ها کمتر می شود، به طوری که در دانسیته های ۴۵ درصد و ۷۰ درصد نمودار های مربوط به نمونه های ساخته شده با ۴ و ۱۰ لایه، تقریبا بر هم منطبق می شوند. همانطور که گفته شد، در روش تراکم مرطوب وجود رطوبت در خاک موجب می شود که دانه های خاک به صورت موضعی روی هم قرار گرفته و لذا بافت سست تری را نسبت به روش های دیگر تشکیل دهند. در نمونه های سست به علت انرژی کوبشی کم این تاثیر شدید تر می شود. به عبارت دیگر زمانی که نمونه با ۴ لایه کوبیده می شود، ضخامت لایه ها بیشتر شده و در نتیجه قسمتهایی از لایه ریخته شده ممکن است به صورت همگن با سایر قسمتها کوبیده نشده و تشکیل فضاهای خالی ناپایدار را دهد. با افزایش تعداد لایه ها و کمتر شدن ضخامت لایه، انرژی به صورت مناسبتری توزیع شده و لذا نمونه به صورت همگن تری ساخته می شود. این امر مانع از ریزش های درون نمونه در هنگام بارگذاری و در نتیجه کاهش در مقاومت نقطه اوج نسبت به حالت ۴ لایه می شود. هرچه دانسیته نمونه افزایش می یابد، انرژی اعمالی در هنگام ساخت نمونه بیشتر شده و لذا ضخامت لایه تحت کوبش نقش کمتری را در همگن کوبیده شدن لایه ایفا می کند. به همین علت است که در دانسیته های پایین تعداد لایه ها نقش موثرتری را در میزان مقاومتها ایفا می کند، در حالی که در دانسیته های بالا تعداد لایه ها تاثیری در میزان مقاومتها ندارد.

### خلاصه و نتیجه گیری :

- ❖ در دانسیته های پایین رفتار نمونه های ساخته شده با روش های مختلف نمونه سازی به صورت نرم شدگی کامل با کرنش می باشد. با افزایش دانسیته، نمونه ها از خود رفتار شبه پایدار نشان می دهند و در دانسیته های بسیار بالا، رفتار نمونه ها به صورت سخت شدگی کامل با کرنش می باشد.
- ❖ با توجه به نتایج بدست آمده، مشخص شد که در شرایط یکسان نمونه های ساخته شده با روش ریزش خشک مقاومت های بالاتری را نسبت به نمونه های ساخته شده با روش تراکم ماسه مرطوب نشان می دهند. علت این امر تشکیل بافت سست تر در نمونه های ساخته شده با روش تراکم مرطوب است. به این ترتیب روش تراکم ماسه مرطوب روش مناسبتری برای ساخت نمونه های با بافت بسیار سست می باشد.
- ❖ با مقایسه نمونه های ساخته شده با روش تراکم ماسه مرطوب در دو حالت ۴ و ۱۰ لایه، مشاهده شد که با افزایش تعداد لایه ها، مقاومت نقطه اوج به نحو محسوسی افزایش می یابد. با افزایش دانسیته این تاثیر کم رنگ شده و در دانسیته های متوسط و بالا مقاومت نقطه اوج این نمونه ها تفاوت چندانی را با هم نشان نمی دهند.
- ❖ با افزایش کرنش نمودار های نمونه های ساخته شده با روش تراکم مرطوب در دو حالت ۴ و ۱۰ لایه به هم نزدیک شده و این نمونه ها مقاومت حالت پایدار یکسانی را نشان می دهند. علت این امر به خاطر افزایش کرنش و از بین رفتن بافت اولیه نمونه می باشد.

### مراجع :

- [1]Alarcon-Guzman,A.,Lwonards,G.,Chameau,J.I.(1988)"Undrain monotonic and cyclic strength of sands"Journal Of Geotechnical Eng .ASCE ,VOL.114. No10, pp.1089-1109
- [2]Chu.J. and Lo S.C.R.(1992)"Discussion to the critical state of sands" Geotechnique VOL.42, No. 4,pp655-663
- [3]Riemer.M.,Seed,R.(1997),"Factors affecting apparent position of steady state line". Journal Of Geotechnical and Geoenvironmental Eng ,VOL.123 ,No.3, 281-288
- [4]Castro,G.(1969)"Liquefaction of sands "Harvard Soil Mechanics Series , No.81 ,Cambridge
- [5] Castro,G.and Poulos.J(1977)"Factors effecting liquefaction and cyclic mobility" Journal of GT.ASCE.VOLGT6.No5,pp501-516
- [6]Ishihara,K.(1993)"Liquefaction and flow failure during earthquakes " Geotechnique,VOL43,No.3,351-415
- [7]Ladd,R.S,(1978)"Preparing specimens using under compaction"ASTM, Geotechnical Testing journal ,GTGODJ ,VOL1.No.1,pp16-23
- [8]Degregorio,V.B.,(1990)"Loading systems, sample preparation, and liquefaction" Journal of GT.ASCE.VOL116,No5,pp805-821
- [9]Mulilis,J.P.,and et al.(1977)"Effect of sample preparation on sand liquefaction" Journal Of Geotechnical Eng.ASCE,VOL103.No2,1977,pp. 91-108

- [10]Chu.J. and Lo S.C.R.(1992)"Discussion to the critical state of sands" Geotechnique VOL.42, No. 4,pp655-663
- [11]Riemer.M.,Seed,R.(1997),"Factors affecting apparent position of steady state line". Journal Of Geotechnical and Geoenvironmental Eng ,VOL.123 ,No.3, 281-288
- [12]Vaid,Y.,Chung,E.K.F.,Kuerbis,R.H.(1990)"Stress path and steady state" Canadian Geotechnical Journal,VOL27 ,pp1-7
- [13]Bouferra.R . Shahrour.I(2003)" Influence of fines on the resistance to liquefaction of a clayey sand" Laboratoire de Me´canique de Lille, University of Sciences and Technologies of Lille, Polytech Lille, France
- [14]Boulanger,R.,Idriss,I.M.(2006)"Liquefaction susceptibility criteria for silts and clays" Journal Of Geotechnical and Geo environmental Eng., ASCE ,VOL.132 , No.11 ,pp.1413-1426
- [15]Chung.K.Y.C.and Wong.I.H.,(1982)"Liquefaction potential of soils with plastic fines",Proceeding of soil dynamics and earthquake engineering. Conf.,Southampton, pp887-897
- [16]Koester,J.,(1993)"Effects of fines type and content on liquefaction potential of low to medium plasticity fine-grained soils" National earthquake conference
- [17]Naeini,S,A.,Baziar.(2004)"Effect of fines content on steady state strength of mixed and layered samples of a sand" .Soil Dynamics and Earthquake Engineering Journal,VOL.24,pp.181-187
- [18]Pitman .T.D.,Robertson,P.K. and Sego,D.C.,(1994)"Influence of fines on the collapse of loose sands", Canadian Geotechnical Journal,VOL31 ,pp728-739
- [19] Polito ,C .,Martin ,J.,(2001)"Effects of nonplastic fines on the liquefaction of resistance of sands ",Journal Of Geotechnical and Geoenvironmental Eng, 408-415