



## مدل سازی اثر ناهمسانی ماسه ها با استفاده از یک مدل حالت بحرانی

وحید جمالی<sup>۱</sup>، یوسف جوانمردی<sup>۲</sup>، سیدمحمد رضا امام<sup>۳</sup>

۱- کارشناسی ارشد مهندسی ژئوتکنیک، دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک تهران)

۲- دانشجوی دکتری ژئوتکنیک، دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک تهران)

۳- استادیار، دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک تهران)

Vahidjamali67@yahoo.com  
Yousof.javanmardi@gmail.com  
Rezaimam@gmail.com

### خلاصه

مدل سازی رفتار ماسه ها در چند دهه اخیر مورد توجه محققین قرار گرفته و این موضوع عمدتاً به دلیل پیشرفت در زمینه تحلیل های عددی اهمیت بیشتری یافته است. اخیراً مدلی برای پیش بینی رفتار ماسه ها در چهارچوب مکانیک خاک حالت بحرانی ارائه گردیده است، که می تواند جنبه های مختلف از رفتار ماسه ها از جمله رفتار ناهمسانی ماسه در بارگذاری سه محوری کششی و فشاری، روانگرایی استاتیکی در شرایط زهکشی نشده، اثر نسبت تخلخل و فشار تحکیم بر رفتار زهکشی شده و نشده، رفتار تحت تحکیم ناهمسان و اثر مسیر تنش اعمال شده را نشان دهد.

اثر ناهمسانی در ماسه ها موضوعی است که شاید در گذشته کمتر به آن پرداخته شده است. در این مقاله سعی شده است که ابتدا اثر ناهمسانی ماسه ها با استفاده از این مدل حالت بحرانی برای یک المان خاک بررسی گردد. پس از آن مدل به یکی از نرم افزارهای موجود برای آنالیز عددی رفتار خاک ها افزوده گردید. در نهایت از مقایسه نتایج پیش بینی شده مدل با نتایج آزمایشگاهی بدست آمده از سیلندر توخالی، انطباق مطلوبی فراهم شد.

**کلمات کلیدی:** مدل حالت بحرانی، ناهمسانی، تنش اصلی میانی، راستای بارگذاری

### ۱- مقدمه

ساختار خاک و تاریخچه تنش و کرنش می تواند متأثر از خصوصیات مکانیکی خاک ها باشد. بنابراین ناهمسانی به عنوان یکی از جنبه های پایه ای برای درک بهتر خصوصیات خاک ها می باشد. خصوصیات ژئوتکنیکی خاک ها به خصوصیات آرایشی دانه های آن ارتباط دارد که به عنوان ساختار مطرح می شود. همین طور هر ناهمسانی در ساختار، خصوصیات ژئوتکنیکی متفاوتی را در جهات مختلف به ما می دهد. یکی از مهم ترین این بخش ها تأثیر ناهمسانی ساختار بر رفتار ساختمانی خاک ها است. خاک های طبیعی همیشه مقداری ناهمسانی دارند. مخصوصاً تمام خاک های طبیعی درجا، نشانی از ساختار ناهمسان به علت نشست موازی لایه ای در اجزای خود دارند [1].

رفتار ناهمسان طبیعی رس ها به عنوان یک رفتار کلی بر روی نمونه های مختلف بررسی شده است. اما کمتر شبیه این کارها برای ماسه تحت نمونه های مختلف و در آزمایشگاه ها مورد بحث قرار گرفته است. به همین منظور در این مقاله بیشتر بحث ها در مورد مصالح دانه ای خواهد بود.

سابقه بحث جدی در مورد ناهمسانی به زمانی بر می گردد که Casagrande and Carillo (1944) اولین مدل مقاومت ناهمسانی در خاک ها را ارائه کردند. آن ها بر این معتقد بودند که ناهمسانی ذاتی در اثر نحوه ته نشین شدن مواد خاک بر روی هم می باشد و به این معنا یک مؤلفه فیزیکی ذاتی در مواد بوده و کاملاً مستقل از کرنش های اعمال شده است [2]. با گسترده شدن تحقیقات بر روی ماسه ها و اهمیت بحث ناهمسانی، نیاز بود که دستگاه ها برای تولید نمونه ها تحت نشست های متفاوت در راستاهای مختلف و اعمال تنش های اصلی پیشرفته تر شوند [3]. چرا که برای تبیین رفتار ماسه ها تحت نتایج آزمایشگاهی باید نمونه ها را تحت شرایط مشابه محل قرار داد.

در همین راستا برای پیش بینی رفتار ماسه ها، انتخاب مدل رفتاری مناسب، اهمیت بسزایی خواهد داشت. مدل های رفتاری برای پیش بینی رفتار ماسه ها سابقه نسبتاً طولانی دارد. شاید بتوان گفت که (1966,1967) Poorooshasb et al. [4],[5] جز اولین کسانی بودند که توانستند مبانی اولیه مدل سازی را با