شبیه‌سازی رفتارمکانیکی ماسه اشباع با استفاده از روش اجزای منفصل (DEM)

یونس خلیلی[۱]، احمدرضا محبوبی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعت آب و برق، تهران

۲- دانشیار دانشکده آب، دانشگاه صنعت آب و برق، تهران

mahboubi@pwut.ac.ir

خلاصه

روش اجزای منفصل (Discrete Element Method; DEM) نخستین بار توسط Cundall معرفی‌گردید. در این روش محیط دانه‌ای بصورت مجموعه‌ای از ذرات جدا از هم و نه به شکل یک محیط پیوسته، درنظرگرفته شده و تحلیل می‌شود. خاک های دانه‌ای اشباع یک محیط دوفازی را تشکیل می‌دهند؛ فاز جامد (فاز گسسته) که یک شبکه متخلخل با شکل تصادفی را تشکیل می دهد و فاز مایع (فاز پیوسته) که منافذ بین ذرات جامد را پر می‌کند. چنین خاک‌هایی رفتار غیرخطی بسیار پیچیده‌ای را از خود نشان می‌دهند. این رفتار ناشی از برهم‌کنش‌های پیچیده ذره بر ذره و سیال بر ذره است. در این مقاله سعی بر آن است تا چنین محیطی بر پایه روش اجزای منفصل و با اعمال تغییراتی در آن برای در نظر گرفته-شدن محیط پیوسته سیال و اثرات ناشی از آن، مدلسازی گردد. جهت بررسی رفتار محیط دانه‌ای اشباع از یک مدل دو بعدی استفاده شده است. مدل دوبعدی مورد استفاده با استفاده از نرم‌افزار PFC^{2D} و زبان برنامه نویسی داخلی آن (FISH) پیاده سازی شده است. این نرم افزار در حالت عادی تنها قادر به مدلسازی ذرات خشک (بدون درنظرگرفتن فشار حفره‌ای) است و بنابراین قادر به مدلسازی سیال حفره‌ای و تاثیرات آن بر رفتار محیط دانه‌ای اشباع نیست. در این تحیق اعمال اثرات سیال حفره‌ای در فضای بین ذرات با استفاده از برنامه‌نویسی به زبان FISH و ایجاد تغییراتی در برنامه پایه صورت‌گرفته‌است. محیط دانه‌ای اشباع بصورت مجموعه‌ای از ذرات دایره‌ای شکل و سیال بین ذرات، در نظرگرفته شده است. نیروهای ناشی از برهم‌کنش سیال- ذره بوسیله روابط معتبر نیمه تجربی محاسبه‌گردیده‌است. در پایان یک آزمایش برش دومحوری شبیه‌سازی شده‌است. نتایج بدست آمده نشان‌دهنده آن است که مدل پیشنهادی قادر به پیش‌بینی پاسخ محیط دانه‌ای اشباع تحت بارگذاری دومحوری است.همچنین شکل کلی پاسخ بدست آمده با استفاده از مدل دوبعدی محیط دانه‌ای اشباع، به‌نحو رضایت‌بخشی با نتایج آزمایشات خاک کلاسیک همخوانی و تطابق دارد.

کلمات کلیدی: روش اجزای منفصل، ماسه اشباع، برش دومحوری، شبیه‌سازی عددی

۱. مقدمه

ماسه‌های اشباع از دو فاز گسسته (ذرات) و پیوسته (سیال حفره‌ای) تشکیل‌شده‌اند. در هنگام بارگذاری ماسه‌های اشباع ، به‌دلیل وجود نیروهای ناشی از برهم‌کنش بین دو فاز گسسته و پیوسته، رفتار نمونه خاک اغلب پیچیده‌بوده و به سادگی قابل پیش‌بینی نمی‌باشد.

یک روش مناسب برای پیش‌بینی پاسخ ماسه اشباع، شبیه‌سازی عددی است. برای اینکه یک مدل عددی به‌خوبی بتواند رفتار ماسه اشباع را پیش‌بینی کند، بایستی در آن طبیعت گسسته ذرات ماسه به همراه رفتار پیوسته سیال حفره‌ای درنظرگرفته شده باشد (روش ترکیبی). با این وجود با استفاده از مدل‌سازی عددی می‌توان بدون اعمال مستقیم اثرات سیال حفره‌ای، بارگذاری زهکشی‌نشده ماسه اشباع را شبیه‌سازی کرد (روش حجم ثابت). در حقیقت روش حجم ثابت بر این فرض استوار است که حجم یک نمونه خاک دانه‌ای اشباع در هنگام بارگذاری زهکشی نشده، تقریبا ثابت است.

در این تحقیق تمرکز اصلی بر روی روش ترکیبی است که در آن فازهای جامد و سیال بصورت مستقل از یکدیگر در مدل‌سازی عددی درنظرگرفته می‌شوند.

۲. ادبیات موضوعی