



## بررسی رفتار میکرومکانیکی مصالح دانه ای در آزمایش سه محوری به روش اجزای مجزا

امید درستکار<sup>۱</sup>، علی اصغر میرقاسمی<sup>۲</sup>

۱- دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده های فنی، دانشگاه تهران

[odorostkar@ut.ac.ir](mailto:odorostkar@ut.ac.ir)

### خلاصه

توصیف میکرومکانیک مصالح دانه ای به دلیل طبیعت ساختاری آنها راحت تر از مصالح دیگر است. در این میان، ارتباط معنا داری بین خواص میکرومکانیک این مصالح با پارامترهای مقاومتی ماکروسکوپی آنها وجود دارد. آنچه که در این پژوهش انجام گرفته است، مقایسه خواص مکانیکی ماکروسکوپی بدست آمده از توسعه تانسورهای ضرایب ناهمسانی مجموعه است با آنچه که از بردارهای نیرویی بین ذره ای در محل تماس بدست می آید. آزمایش های سه محوری در یک برنامه کامپیوتری بر اساس تئوری اجزای مجزا برای یک سلول مکعبی شامل 1000 دانه کروی در فشارهای همه جانبه متفاوت مدل سازی شده است. مصالح دانه ای در این پژوهش رفتاری حساس و وابسته به فشار همه جانبه از خود نشان داده اند، بر این اساس با افزایش فشار همه جانبه بر نمونه زاویه اصطکاک داخلی بسیج شده و اتساع نمونه کاهش می یابد. این رفتار در هر دو رویکرد میکرومکانیکی مورد بحث دیده شده است.

**کلمات کلیدی:** میکرومکانیک مصالح دانه ای، ضرایب ناهمسانی، روش المان مجزا، آزمایش سه محوری

### 1. مقدمه

مصالح دانه ای متشکل از اجزا جامد جدا از هم هستند که هنگام بارگذاری تنها در نقاط تماس با یکدیگر اندرکنش دارند. این خاصیت مصالح دانه ای باعث می شود که مطالعه و توصیف خواص میکرو مکانیک آنها به سادگی انجام شود. از طرف دیگر به دلیل انتقال بار و تنش اعمالی توسط تماس دانه ها، بایستی ارتباط معناداری بین خواص میکرو مکانیکی مصالح دانه ای با ویژگی های ماکروسکوپی آنها وجود داشته باشد. روشی که در این پژوهش از آن استفاده شده است، رویکردیست که در آن متغیرهای میکرومکانیکی نظیر ضرایب ناهمسانی ساختار و ضرایب ناهمسانی نیروی قائم تماس و نیروی مماسی تماس با پارامترهای ماکروسکوپی مصالح دانه ای ارتباط می یابند [1].

معادله نهایی بدست آمده در این روش رابطه تنش- نیرو- ساختار (تماس) نام دارد (Stress- Force- Fabric relationship)، که حاصل از تانسورهای ضرایب ناهمسانی ساختار (تماس)، نیروی قائم تماس و نیروی مماسی تماس است. در مطالعه حاضر، با استفاده از مدل سازی عددی آزمایش سه محوری فشاری به روش المان های مجزا (Discrete Element Method (DEM)، زاویه اصطکاک داخلی بسیج شده نمونه های مکعبی شامل 1000 دانه کروی بدست آمده اند. رابطه عمومی کلی ارائه شده برای تانسور تنش که بر اساس بردارهای نیرو در محل تماس ذرات توسعه داده شده است، با داده های بدست آمده از روابط (SFF) به عنوان دو رویکرد متفاوت از میکرو مکانیک مصالح دانه ای مقایسه شده است. برنامه کامپیوتری موجود به نحوی توسعه یافته است که بتوان این مقایسه را برای نمونه های متراکم شده در فشارهای همه جانبه مختلف انجام داد. ضمناً تغییرات کرنش حجمی نمونه ها حین بارگذاری برای فشارهای همه جانبه متفاوت نسبت به کرنش محوری مشاهده شده است.

<sup>1</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوتکنیک - دانشکده مهندسی عمران - پردیس دانشکده های فنی - دانشگاه تهران

<sup>2</sup> استاد دانشکده مهندسی عمران - پردیس دانشکده های فنی - دانشگاه تهران