

## مدلسازی عددی پدیده قوس شدگی خاک (Soil Arching) در سازه‌های نگهبان با استفاده از نرم افزار PLAXIS

دانیال مرادی<sup>۱</sup>، کاظم برخوردار<sup>۲</sup>

۱- کارشناسی ارشد معدن- گرایش مکانیک سنگ  
۲- عضو هیات علمی دانشگاه یزد

Moradidanyal85@gmail.com

### خلاصه

اثر قوس شدگی به طور گسترده‌ای در عوارض طبیعی زمین همچنین در ساختارهای ساخته‌ی انسان مشاهده می‌شود. در این تحقیق پژوهش‌های مرتبط با اثر قوس شدگی با تئوریهای قوس شدگی روش‌های تحلیلی و بررسیهای آزمایشگاهی اشاره می‌شود. سپس تحلیل عددی بروز قوس شدگی برای مدلی از سازه‌نگهبان شامل شمعهای فولادی ساختمانی و با مهارهای فولادی (anchor) مورد بررسی قرار می‌گیرد. این مدل عددی سه بعدی به روش اجزاء محدود به کمک نرم افزار plaxis 3D tunnel انجام شده است. مدل‌های رفتاری موهر کلمب وسخت شوندگی بصورت مجزا لحاظ گردیده است.

مقایسه نتایج تحلیل عددی با روشهای تحلیلی نظری و تجربی نشان داده است که بین فاصله شمعهای فولادی و ضریب اطمینان پایداری شیروانی رابطه‌ای منطقی وجود دارد. بطوریکه حداکثر فاصله شمعهای فولادی در خاک ریز دانه که در آن خاک در منطقه بدون سازه نگهبان و صرفاً بر اساس پدیده قوس شدگی پایدار باقی بماند ۵ برابر قطر شمعهای فولادی است. همچنین رفتار خاک سخت شونده توصیف دقیقتری از سازوکار قوس شدگی و توضیح تنش در توده خاک نسبت به رفتار موهر کلمب ارائه می‌دهند. بطوریکه بالا زدگی پاشنه (کف گود) و نشست سر شمع با واقعیت تطابق بیشتری دارد.

کلمات کلیدی: قوس شدگی، اجزاء محدود سه بعدی، سازه نگهبان، مدل رفتاری، ضریب اطمینان پایداری

### ۱. مقدمه

قوس شدگی یکی از پدیده‌هایی است که به کرات هم در محل و هم در آزمایشگاه اتفاق می‌افتد. این اثر بیشتر در سازه‌های زیرزمینی مثل کانال‌های زیرزمینی مشاهده می‌شود. در حفاریات زیرزمینی می‌توان از عمل قوس شدگی برای کاهش فشار روباره وارد بر سازه، استفاده کرد. ماهیت توزیع مجدد تنش در اثر قوس شدگی، بارهای وارد به سازه را تحت تاثیر قرار می‌دهد که این بارها ممکن است ناشی از روباره<sup>۳</sup>، بارهای سطحی<sup>۴</sup> و یا فشار جانبی زمین<sup>۵</sup> باشد. همچنین اثر قوس شدگی می‌تواند در خاکبرداری طبیعی زمین مشاهده شود، به عنوان مثال پدیده قوس شدگی در زمین‌های کارستی<sup>۶</sup> به صورت وسیع و به آسانی قابل مشاهده است.

نظر به اثرات قوس شدگی در مهندسی ژئوتکنیک، افراد سعی در فهم مکانیزم قوس شدگی داشته‌اند. تحقیقات زیادی در این زمینه انجام شده است از جمله روابط تئوری، روش‌های تحلیلی، روش‌های عددی و بررسی‌های آزمایشگاهی. همچنین محققان تئوری قوس شدگی را برای مسائل

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد معدن- گرایش مکانیک سنگ، مدرس دانشگاه علمی کاربردی مشهد  
<sup>۲</sup> استادیار دانشگاه یزد

<sup>۳</sup> . Overburden Soil

<sup>۴</sup> . Surface Surcharge

<sup>۵</sup> . Lateral Earth Pressure

<sup>۶</sup> . Karst Terrain