

# شبیه سازی عددی رفتار گسل ها بر پایه مکانیزم حرکتی چسب-لغز

محمد ساسانی<sup>۱</sup>، محمود یزدانی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد خاک‌وپوی، بخش مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس

۲- استادیار گروه خاک‌وپوی، بخش مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس

[m\\_sasani@modares.ac.ir](mailto:m_sasani@modares.ac.ir)  
[myazdani@modares.ac.ir](mailto:myazdani@modares.ac.ir)

## خلاصه

در این مقاله با استفاده از روش المان محدود مدلی عددی از گسل امتداد لغز ارائه شده است. جهت بررسی رفتار اصطکاکی گسل، مدل رفتاری ضعیف‌شدگی با لغزش (slip weakening)، به گسل اعمال می‌شود. این مدل بر مبنای مکانیزم ناپایداری چسب-لغز رفتار می‌کند. مدل‌سازی گسل بر مبنای روابط المان محدود و با نرم‌افزار ABAQUS انجام شده است که در آن گسل به صورت صفحه‌ای از تماس دو ناحیه الاستیک تشکیل شده است. نتایج تحلیل نشان می‌دهد که استفاده از قانون ضعیف‌شدگی با لغزش به خوبی بیانگر رفتار مکانیکی گسل می‌باشد.

کلمات کلیدی: گسل، اصطکاک، مکانیزم حرکتی چسب-لغز، قانون ضعیف‌شدگی با لغزش

## ۱. مقدمه

از آنجا که اکثر زمین لرزه‌ها در گسل‌های از پیش موجود اتفاق می‌افتند، بحث اصطکاک و رفتار اصطکاکی گسل از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اولین گام در بیان رفتار اصطکاکی گسل تعریف مکانیزم ناپایداری چسب-لغز است. در سال ۱۹۶۶ نخستین بار ناپایداری چسب-لغز به عنوان عامل ناپایداری در حرکت دو جسم جامد روی هم شناخته شد و زلزله نیز توسط بایرلی و بریس (Byerlee & Brace) به عنوان پدیده‌ای که از این ناپایداری ناشی می‌شود، معرفی گردید [۱، ۲]. این مکانیزم از دو فاز ایستایی و لغزش تشکیل شده است. در مدل استاندارد این مکانیزم، فرض شده است لغزش وقتی شروع می‌شود که نسبت تنش برشی به تنش نرمال در صفحه تماس به آستانه ضریب اصطکاک استاتیکی برسد. پس از شروع لغزش، مقاومت اصطکاکی به حالت ضریب اصطکاک دینامیکی افت می‌کند و این افت مقاومت در برابر لغزش، که به سختی سیستم بستگی دارد، منجر به ناپایداری دینامیکی می‌شود [۱، ۳].

مطالعه شروع، پخش و استهلاک یک زمین لرزه نیاز به انتخاب یک معادله رفتاری دارد که این معادله رابطه بین نیروی دینامیکی زلزله و اصطکاک گسل را بیان می‌کند. در مطالعات مختلف، قوانین رفتاری متعددی برای بیان رفتار مکانیکی گسل استفاده شده است که از آن جمله می‌توان به قوانینی همچون معادله کولمب [۴]، معادله ضعیف‌شدگی با لغزش (slip weakening) [۵-۷] و قانون اصطکاکی نرخ و حالت (rate and state friction law) [۸، ۹] اشاره نمود. در این مقاله با توجه به این که شبیه‌سازی یک رخداد زلزله مدنظر است و زمان بین دو رخداد در مدل‌سازی نقشی ندارد، قانون ضعیف‌شدگی با لغزش جهت توصیف رفتار اصطکاکی گسل به کار رفته است.

جهت شبیه‌سازی عددی رفتار گسل از روش المان محدود سه‌بعدی بوسیله نرم‌افزار ABAQUS استفاده شده است. از جمله قابلیت‌های ویژه این نرم‌افزار جهت تحلیل مسائل تماسی این است که معادلات رفتاری اصطکاکی را می‌توان توسط نوشتن زیربرنامه‌های خاص به مدل اصلی ارتباط داد. در این مدل‌سازی نیز برای وارد کردن مدل رفتاری ضعیف‌شدگی با لغزش، زیر برنامه اصطکاکی (VFric) به زبان FRTRAN نوشته شده است.