



الگوی رفتار مکانیکی ماسه در قالب ریز صفحه‌ای

سید امیر الدین صدر نژاد^۱، احمد علی خدائی اردبیلی^۲

۱- استاد دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده عمران

۲- دانشجوی دکتری خاک و پی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده عمران

sadrnejad@kntu.ac.ir

khodaie@dena.kntu.ac.ir

خلاصه

در این مقاله به ارائه یک الگوی رفتاری برای ماسه با قابلیت نمایش تأثیرات ناهمسانگردی تحمیلی و روانگرایی پرداخته شده است. الگوی رفتاری پیشنهادی در چارچوب نظریه ریز صفحه‌ای و بر اساس یک الگو با سطوح تسلیم تو در تو می‌باشد. در الگوهای ریز صفحه‌ای معادلات رفتاری روی صفحات نمونه در اطراف نقطه مورد نظر نوشته شده و رفتار کل مصالح در آن نقطه، از طریق انتگرال گیری روی این صفحات حاصل می‌شود. برای ارزیابی نتایج مدل اقدام به شبیه‌سازی یک آزمایش سه محوری زهکشی نشده تحت بارگذاری چرخه‌ای و یک آزمایش برش جهت‌دار گردیده است. الگوی رفتاری ارائه شده علاوه بر قابلیت نمایش کرنش‌های برشی پلاستیک ناشی از روانگرایی توانایی پرداختن به تأثیرات ناهمسانگردی و چرخش محورهای اصلی تنش را دارا می‌باشد.

کلمات کلیدی: الگوی رفتاری، نظریه ریز صفحه‌ای، ناهمسانگردی، روانگرایی، چرخش محورهای اصلی تنش

۱. مقدمه

مصالح ماسه‌ای دارای ویژگی‌های رفتاری خاص بسیاری می‌باشند، که از آن جمله می‌توان به اثرات ناهمسانگردی، چرخش محورهای اصلی تنش و کرنش و وقوع پدیده روانگرایی اشاره نمود. در روش‌های عددی، به منظور پیش‌بینی صحیح پاسخ سازه‌ها، نیاز به الگوهای رفتاری قدرتمندی است که منعکس کننده رفتار واقعی مصالح باشند. امروزه دو تکنیک مهم برای توسعه اینگونه الگوهای رفتاری، استفاده از معادلات رفتاری کلاسیک پیچیده و استفاده از الگوهای ریز ساختاری می‌باشد. در الگوهای ریز ساختاری معادلات رفتاری روی صفحاتی در اطراف نقطه مورد نظر نوشته شده و رفتار کل از طریق انتگرال گیری روی این صفحات حاصل می‌شود. از این دسته از الگوهای رفتاری می‌توان به الگوهای چند صفحه‌ای^۱ و ریز صفحه‌ای^۲ اشاره کرد. ایده اصلی الگوهای ریز ساختاری نخستین بار توسط تیلور [۱] مطرح گردید، او بیان کرد که روابط تنش-کرنش را می‌توان در روی صفحات مختلفی از مصالح بصورت مستقل از هم بیان نمود. در مدل‌های چند صفحه‌ای فرض می‌شود که بردار تنش روی هر صفحه برابر تصویر تانسور تنش روی آن صفحه باشد (شرط استاتیکی). فرض متفاوت در مدل ریز صفحه‌ای، شرط سینماتیکی است که بر اساس آن کرنش‌های ریز صفحه‌ای برابر با تصاویر تانسور کرنش ماکرو روی ریز صفحات در نظر گرفته می‌شود.

اولین الگوی ریز صفحه‌ای توسط بازان و گامباروا [۲] برای بیان رفتار مصالح بتنی ارائه شد. مدل ریز صفحه‌ای بتن توسط بازان و همکارانش در طی چندین سال به صورت تدریجی توسعه پیدا کرده و هم اکنون آخرین شکل آن موسوم به مدل M5 می‌باشد [۳]. الگوی ریز صفحه‌ای برای بیان رفتار رس [۴]، سنگ [۵] نیز استفاده شده است. چنگ و استور [۶] از چارچوب ریز صفحه‌ای برای بیان رفتار ماسه‌های بدون سیماناسیون استفاده کرده‌اند. در الگوی پیشنهادی آنها رفتار صفحات تحت مولفه‌های مختلف کرنش تفاضلی مستقل از هم در نظر گرفته شد است. این فرض در حالت کلی درست نمی‌باشد. یکی از مسائلی مطرح برای الگوهای ریز صفحه‌ای تجمیع تانسور تنش ماکرو با استفاده از مولفه‌های تنش روی صفحات است، در این رابطه کارول و همکاران [۷] یک چارچوب سازگار ترمودینامیکی به منظور ارضای قانون دوم ترمودینامیک ارائه داده‌اند.

تاکنون الگوهای رفتاری زیادی در قالب نظریه خمیری کلاسیک برای بیان برخی از ویژگی‌های خاص رفتاری ماسه ارائه شده‌اند، که به عنوان نمونه می‌توان به مدل‌های معرفی شده در مراجع [۸] و [۹] اشاره کرد، که در آنها به ترتیب از ماتریس فبریک خاک و سخت شوندگی چرخشی که باعث پیچیده‌تر شدن روابط ساختاری می‌شوند، برای بیان ناهمسانگردی و اثرات چرخش محورهای اصلی استفاده شده است. این در حالیست که در چارچوب

¹ multilaminate

² microplane