



## روش ضمنی در تحلیل مسئله‌های نرخ وابسته مومسان مطلوب

مهدی دلیری<sup>۱</sup>، مهرزاد شریفیان<sup>۲\*</sup>، مهرداد شریفیان<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی قوچان

۲- استادیار، مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی قوچان

### خلاصه

در حالت کلی مومسانی لزج به طور گسترده‌ای مورد استفاده برای مواد مهندسی با رفتار وابسته به نرخ کرنش می‌باشد. این نرخ، به صورت تغییرات کرنش (تغییر شکل) نسبت به زمان تعریف می‌شود. در نظر گرفتن این وابستگی می‌تواند برای رفتار مصالح زیر بارهای وارده منجر به پیش‌بینی دقیق‌تری شود. در این پژوهش، شرایط مومسانی مطلوب وان-مایسز در نظر گرفته می‌شود. همچنین برای وارد نمودن اثر سرعت بارگذاری در محاسبات کشسان-مومسان، از الگوی بینگهام استفاده می‌شود. در حقیقت، برای منظور نمودن رفتار واقعی مصالح پس از تسلیم، افزون بر معادله‌های کشسان-مومسان، وابستگی به نرخ بارگذاری نیز در نظر گرفته می‌شود. سپس روش ضمنی اولر پسرو برای به‌هنگام‌سازی تنش و متغیرهای داخلی مومسان لزج رابطه‌سازی می‌شود که در گروه شیوه‌های ضمنی می‌باشد. در پایان، کارایی رابطه‌سازی انجام شده برای روش اولر پسرو با بهره‌جویی از آزمون‌های عددی بررسی می‌گردد. در حقیقت، با کمک نتایج بدست آمده دقت و نرخ همگرایی روش استخراج شده مورد سنجش قرار می‌گیرد.

**کلمات کلیدی:** روش ضمنی اولر پسرو، وابستگی به نرخ بارگذاری، مومسانی مطلوب

### ۱. مقدمه

پلاستیسیته خاصیتی از ماده است که بدون افزوده شدن تنش نیروها، به شکل غیر قابل بازگشت تغییر شکل دارد. مومسانی لزج علاوه بر داشتن خاصیت پلاستیسیته یک ماده جامد، دارای رفتار ویسکوز یک ماده حالت مایع نیز می‌باشد. مومسانی لزج خاصیت دسته‌ای از مواد است که رفتاری میان دو خاصیت کلی ویسکوز بودن و مومسان بودن از خود نشان می‌دهد. مواد ویسکوز در برابر تنش اعمال شده، پاسخ‌هایی به صورت جریان برشی و کرنشی با تغییرات خطی نسبت به زمان از خود واکنش نشان می‌دهند. مواد مومسان نیز به هنگام رویارویی با تنش به سرعت تغییر شکل می‌دهند و به محض برداشته شدن تنش به وضعیت اولیه خود باز نمی‌گردند. روش‌های مختلفی برای تابع اولیه‌گیری عددی از معادله‌های

\* Corresponding author: استادیار مهندسی عمران، گروه مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی قوچان

Email: m.sharifian@qiet.ac.ir