

مروری بر مدل ویسکوالاستوپلاستیک خرابی محیط‌های پیوسته در پیش‌بینی رفتار مخلوط آسفالتی

علی اصغر اکبری نسرکانی^۱، کورش نادری^۲، مصطفی نخعی^۳، ساسان افلاکی^۴

۱ و ۴- دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران

۲- دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۳- دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

al.as.akbari@ut.ac.ir

خلاصه

توسعه مدلی ریاضی از رفتار مکانیکی مخلوط آسفالتی که گسترش خرابی در این ماده را در نظر می‌گیرد بسیار پیچیده است. پیچیدگی، مربوط به اثر موروثی ویسکوالاستیک قیر، ماهیت پیچیده توصیف گسترش خرابی، جریان پلاستیک و ویسکوپلاستیک قیر، اصطکاک میان ذرات سنگدانه و اثر ترکیب این مکانیسم‌ها است. این مقاله یکی از مدل‌های بنیادی را تشریح می‌کند که می‌تواند رفتار تغییر شکل مخلوط‌های قیر و سنگدانه را تحت شرایط پیچیده بارگذاری در دامنه وسیعی از دماها، نرخ یا زمان بارگذاری و سطح تنش و کرنش توصیف کند. استراتژی مدل‌سازی بر مبنای (۱) تئوری ویسکوالاستیسیته و اصل تناظر الاستیک-ویسکوالاستیک، (۲) مکانیک خرابی محیط‌های پیوسته برای در نظر گرفتن اثر ریز ترک‌ها بر رفتارهای بنیادی، (۳) یک مدل ویسکوپلاستیک وابسته به زمان و تنش برای در نظر گرفتن رفتار پلاستیک و ویسکوپلاستیک و (۴) اصل بر هم نهی دما-زمان با گسترش خرابی برای توصیف اثر دما بر رفتارهای بنیادی است. سپس مدل ویسکوالاستیک خرابی محیط-های پیوسته با مدل ویسکوپلاستیک طبق رویکرد تفکیک کرنش با یکدیگر تلفیق می‌شوند تا مدل ویسکوالاستوپلاستیک خرابی محیط‌های پیوسته (VEPCD) ساخته شود. سپس این مدل تحت شرایط مختلف بارگذاری و دما اعتبارسنجی می‌شود. بنابراین با پیش‌بینی رفتار ماده به کمک این مدل می‌توان عملکرد مخلوط‌های آسفالتی را نیز پیش‌بینی کرد. مزیت این مدل نسبت به سایر مدل‌های رفتاری، کالیبراسیون آزمایشگاهی با نمونه‌های اندک و سادگی در انجام محاسبات است.

کلمات کلیدی: ویسکوالاستیک خطی، ویسکوپلاستیک، مکانیک خرابی محیط‌های پیوسته، مدل رفتاری مخلوط آسفالتی

۱. مقدمه

به لحاظ پدیده شناختی، مخلوط آسفالتی رفتار غیرخطی، وابسته به نرخ بارگذاری، حساس به دما، ناهمسانگرد، به همراه تغییر شکل‌های برگشت ناپذیر، شکست، خودترمیمی، سخت شونده‌گی، نرم شونده‌گی، انبساط و ... از خود نشان می‌دهد. تئوری توصیف تمامی این پدیده‌ها و ترکیب کردن آن‌ها با یکدیگر به قدری پیچیده است که این کار را غیرعملی می‌سازد. مدل‌های پدیده شناختی که رفتار مخلوط آسفالتی را توصیف می‌کنند معمولاً عبارتند از: الاستیسیته، الاستیسیته ناهمسانگرد، الاستیسیته غیرخطی، الاستوپلاستیسیته، ویسکوالاستیسیته خطی و غیرخطی، ویسکوپلاستیسیته، مکانیک شکست و مکانیک خرابی محیط‌های پیوسته. در این مقاله از مدل‌های ویسکوالاستیسیته خطی، مکانیک خرابی محیط‌های پیوسته و ویسکوپلاستیسیته برای ساخت مدل بنیادی رفتار مخلوط آسفالتی استفاده شده و جزئیات آن‌ها به تفصیل بیان شده است. برای توضیحات بیشتر در مورد سایر مدل‌های پدیده شناختی می‌توان به منابع مراجعه نمود [۱].

۲. پیشینه نظری

چارچوب تحلیلی مدل که در این قسمت ارائه می‌شود بر مبنای اصل تفکیک کرنش پیشنهاد شده توسط شیپری است. بر مبنای این اصل، کرنش می‌تواند توسط مؤلفه‌های آن (مانند الاستیک، ویسکوالاستیک، ویسکوپلاستیک و ...) تفکیک شود [۲]. شیپری نشان داد که کل کرنش می‌تواند به دو بخش ویسکوالاستیک و ویسکوپلاستیک تفکیک گردد؛ یعنی:

^۱ کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
^۲ دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران
^۳ دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
^۴ استادیار، دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران