



بررسی رفتار مواد نیمه ترد بر اساس تئوری اندوکرونیک

محمد تقی کاظمی^۱، جلال صالحی مبین^۲

۱- دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

jsalehy@yahoo.com

خلاصه

در تئوری اندوکرونیک روابط ساختاری بر اساس قوانین ترمودینامیک و برگشت ناپذیری تغییرشکلهای خمیری بدست می آید. مدلهای موجود توانایی در نظر گیری رفتار مهم بتن مانند سخت شوندهگی، هیسترسیس و اندرکنش تنش برشی- حجمی را دارند ولی عدم در نظرگیری آسیب دیدگی سبب ناهمخوانی رفتار بتن و نتایج مدل تحت بارهای سیکلی می شود. مدل اندوکرونیک با وارد کردن پارامتر آسیب تعمیم داده شده و تجزیه و تحلیل رفتار بتن در مسیرهای مختلف تنش و کرنش و بارگذاری سیکلی با نتایج آزمایشگاهی موجود مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج نشان دهنده آن است که این مدل قابلیت مناسبی جهت پیش بینی رفتار بتن دارد.

کلمات کلیدی: تئوری اندوکرونیک، مواد نیمه ترد، فضای کرنش، زمان ذاتی، پارامتر آسیب.

مقدمه

از دیدگاه یک مدل ساختاری، بتن جزو مواد با رفتار پیچیده است که تعیین روابط ساختاری آن تحت مسیرهای بارگذاری گوناگون محققین زیادی را به خود مشغول کرده است. در سالهای اخیر مدلهای ساختاری غیرخطی گوناگونی برای تشریح رفتار بتن ساده بوجود آمده است که از آن جمله می توان به از انواع مدلهای پلاستیسیته اندوکرونیک یاد کرد. این مدل اولین بار توسط والانیس و برای فلزات ارائه شد [1,2]. بازانت و همکارانش با وارد کردن وابستگی پارامتر مقیاس زمان درونی به فشار هیدروستاتیک، فرمولبندی اولیه تئوری اندوکرونیک را که مناسب توصیف رفتار فلزات بود را برای مواد نیمه ترد مانند بتن، خاک و شن توسعه دادند [3,4]. در کارهای صورت گرفته توسط بازانت و همکارانش، روابط تئوری به کمک مکان هندسی سختی غیر الاستیک که به صورت مکان هندسی همه نموهای کرنش که مقدار نمو کرنش غیر الاستیک یکسانی را در فضای کرنش تولید کنند، بیان شد. اگرچه در مدلهای توسعه داده شده اثر تغییرشکلهای حجمی غیرالاستیک منظور گردید ولی به علت آنکه استفاده از کرنش کل در روابط ساختاری، قوانین ترمودینامیک را نقض می کرد، سبب شد توسعه فرمولبندی بعدی تئوری اندوکرونیک، مناسب توصیف رفتار مواد نیمه ترد توسط والانیس صورت گیرد که در آن فقط قسمت غیرالاستیک کرنش به کار رفته بود [5]. تئوری اندوکرونیک ارائه شده توسط والانیس مدلسازی رفتار غیرخطی بتن در محدوده ای از تنشها که ترکهای مهمی در آن رخ ندهد را بیان می کند. این تئوری به صورت همسانگرد و مستقل از نرخ کرنش می باشد. هرچند مدل ارائه شده توانایی در نظرگیری پدیده های رفتاری مهم بتن را دارد، ولی نمی تواند مواردی چون رفتار بتن تحت بارهای سیکلی را در نظر بگیرد، در مطالعه حاضر ضمن معرفی روابط پایه این تئوری، با استفاده از پارامتر آسیب مناسب و لحاظ کردن آن در روابط موجود، این تئوری تعمیم داده خواهد شد و با بررسی چندین نمونه دقت آن کنترل می گردد.

روابط پایه تئوری پلاستیسیته اندوکرونیک

در این بخش روابط پایه مدل تئوری اندوکرونیک که بر مبنای برگشت ناپذیری ترمودینامیکی متغیرهای داخلی تدوین شده بیان میگردد. مدل ارائه شده برای حالت همسانگرد و مستقل از نرخ کرنش می باشد. این مدل تاثیر متقابل تنشهای برشی- حجمی، تاثیر فشار هیدروستاتیکی بر پاسخ برشی، سخت شوندهگی و وابستگی به مسیر تنش را در نظر می گیرد. برای حالت تغییر شکلهای هم دما، روابط حاکم بر مدل اندوکرونیک به صورت زیر بیان می شوند [5]:

^۱ دانشیار دانشکده عمران دانشگاه صنعتی شریف

^۲ دانشجوی دکتری سازه و زلزله دانشکده عمران دانشگاه صنعتی شریف