Archive of SID

اولین همایش ملی تحقیقات کاربردی و استانداردسازی در توسعه صنایع
نساجی و چرم آبان ۱۳۹۲، پژوهشگاه استاندارد

# تعیین رفتار غیرخطی مواد در شبیه سازی با استفاده از نرم افزارهای اجزای محدود

**مجید طهرانی دهکردی[1*]**

دانشکده فرش، دانشگاه شهرکرد

## چکیده

با وجود تواناییهای قوی تعریف شده در نرم‌افزارهای اجزای محدود همچون آباکوس، پژوهشگران همواره در برخی از بخشهای این نرم‌افزارها با مشکلاتی روبرو هستند. از آنجایی که تعریف خواص مواد غیر خطی همچون الیاف و کامپوزیتهای تقویت شده با الیاف در این نرم‌افزار همواره با مشکلاتی همراه است، در این مقاله روشی برای تعریف رفتار این دسته از مواد آورده شده است. به منظور ارزیابی روش ارایه شده، نتایج فرآیندهای ضربه و خمش بر روی کامپوزیتهای دارای رفتار غیر خطی، قبل و بعد از تعریف مناسب خواص مواد با نتایج تجربی مقایسه شده است. نتایج بررسیهای انجام شده نشان می‌دهد اگر تعریف خواص مواد غیر خطی به صورت دو مرحله الاستیک-پلاستیک صورت پذیرد شبیه‌سازی با کمک نرم‌افزار آباکوس می‌تواند با دقت بسیار خوبی نتایج فرآیندهای مختلف را پیش‌بینی نماید.

واژه های کلیدی: شبیه‌سازی، اجزای محدود، مواد غیرخطی

## مقدمه

هم زمان با پیشرفت فن‌آوری طراحی و تولید قطعات پیچیده و حساس، لزوم استفاده از روشهای علمی همچون روش اجزای محدود برای کاهش هزینه و زمان در این زمینه مطرح می‌باشد. زیرا نمی‌توان، تنها با تکیه بر تجربیات، پاسخگوی طراحی و تولید ایده‌آل محصولات پیچیده و دقیق بود. استفاده از روش اجزای محدود در تحلیل مسائل استاتیکی و دینامیکی، ابزار قدرتمندی را برای پیش‌بینی نتایج ضمن فرآیند به وجود آورده است. با وجود تواناییهای قوی تعریف شده در نرم‌افزارهای اجزای محدود همچون آباکوس، پژوهشگران همواره در برخی از بخشها همچون تعریف خواص، با مشکلاتی روبرو هستند[۱].

مواد غیر خطی به موادی اطلاق می‌شوند که در آنها رابطه بین بارهای اعمالی و جابجایی‌ها خطی نیست[۲]. الیاف و کامپوزیتهای تقویت شده با آنها جزو این دسته از مواد می‌باشند[۱]. با توجه به کاربرد گسترده این مواد در زندگی روزمره و صنایع مختلف روشهایی برای قاعده‌مند کردن رفتار آنها ضروری است. نرم‌افزار آباکوس یکی از قویترین و معتبرترین نرم‌افزارهای اجزای محدود است که از جایگاه ویژه‌ای بین محققین برخوردار است[۳]. از آنجایی که تعریف خواص مواد غیر خطی در این نرم‌افزار همواره با مشکلاتی همراه است، در این مقاله نحوه تعریف رفتار این دسته از مواد آورده شده است. همچنین به منظور ارزیابی روش ارایه شده، نتایج فرآیندهای ضربه و خمش بر روی کامپوزیتهای دارای رفتار غیر خطی، قبل و بعد از تعریف مناسب خواص مواد با نتایج تجربی مقایسه شده است.

## تعیین رفتار غیر خطی مواد در نرم‌افزار آباکوس

اصولا تمام مواد تغییر شکل‌پذیر دارای دو فاز عمده الاستیک و پلاستیک هستند. ویژگیهای الاستیک و پلاستیک یک ماده مشخص معمولا در آزمون کشش به دست می‌آیند[۲]. در اغلب مواد، فاز الاستیک ماده دارای رفتار خطی است و تنها با مشخص کردن مدول الاستیسیته یانگ، رفتار ماده در نرم‌افزار آباکوس مشخص خواهد شد (شکل ۱ الف). این در حالی است که رفتار مواد در فاز پلاستیک کاملا غیر خطی است. برای مدل‌سازی رفتار غیر خطی ماده می‌توان عینا نمودار تنش کرنش را با استفاده از تعدادی نقطه به نرم‌افزار معرفی کرد (شکل ۱ ب). اختلاف زیاد نتایج شبیه‌سازی با نتایج تجربی نشان می‌دهد تعیین رفتار مواد تنها با استفاده از تعدادی نقطه، روش مناسبی برای تعریف رفتار غیر خطی ماده نمی‌باشد. برای بهبود نتایج شبیه‌سازی بهتر است خواص مواد به صورت دو فاز جداگانه

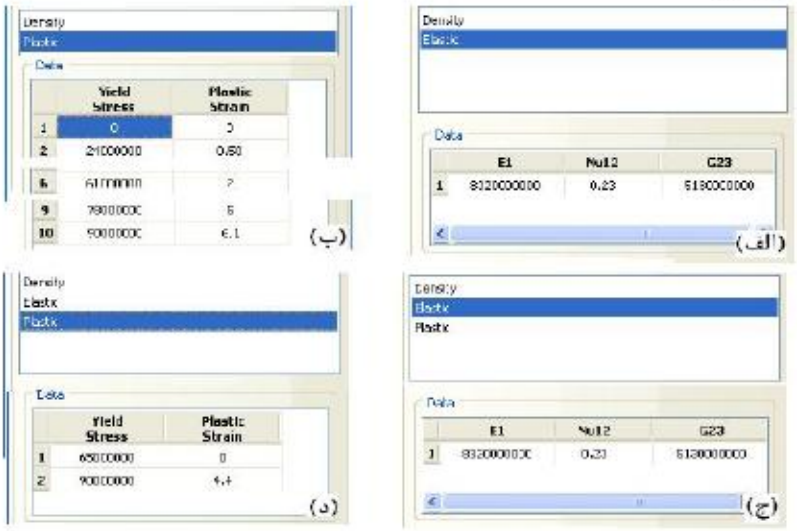


www.SID.ir

Archive of SID



الاستیک و پلاستیک تعریف شوند. در این حالت در صورتی که تنشهای اعمالی به قطعه دارای مقادیر کوچکی باشند، تغییر شکلها در فاز الاستیک خواهند بود اما در صورتی که مقادیر تنشهای اعمالی از حدود استحکام تسلیم ماده بیشتر باشد، تغییر شکلها وارد فاز پلاستیک خواهند شد. در این روش، حالت فاز الاستیک توسط مدول الاستیسیته یانگ مشخص می‌شود (شکل ۱ ج) و فاز پلاستیک نیز با استفاده از تعدادی نقطه برای نرم‌افزار مشخص می‌گردد (شکل ۱ د).




شکل (۱): نحوه تعریف رفتار غیر خطی مواد

## ارزیابی نحوه تعریف رفتار مواد بر نتایج شبیه‌سازی

به منظور ارزیابی روش ارایه شده، نتایج فرآیندهای ضربه و خمش بر روی کامپوزیتهای دارای رفتار غیر خطی، قبل و بعد از تعریف مناسب خواص مواد با نتایج تجربی مقایسه شده است. بدین منظور مطابق شکل ۲ الف و ب با کمک نرم‌افزار آباکوس، فرآیند ضربه و خمش بر روی کامپوزیتهای هیبرید تقویت شده با استفاده از الیاف بازالت و نایلون شبیه‌سازی گردید. شکل ۲ ج، نمودار تنش کرنش کامپوزیت شبیه‌سازی شده را نشان می‌دهد. این شبیه‌سازیها در دو حالت انجام شد. در حالت اول کامپوزیت به صورت یک ماده الاستیک در نظر گرفته شد و تنها مدول الاستیک به عنوان خواص مواد تعیین گردید (شکل ۱ الف). در حالت دوم کامپوزیت به صورت یک ماده الاستیک پلاستیک در نظر گرفته شد. در این حالت بخش الاستیک توسط مدول الاستیسیته (شکل ۱ ج) و بخش پلاستیک توسط چند نقطه جداگانه (شکل ۱ د) تعیین شد. نتایج نشان می‌دهد در صورتی که تنها خواص کامپوزیت به صورت الاستیک تعریف شود نیروی برخورد و خمش به دست آمده از فرآیندهای ضربه و خمش، به ترتیب ۸۷ و ۲۶۵ درصد با نتایج تجربی اختلاف دارد اما اگر خواص کامپوزیت به صورت الاستیک پلاستیک تعریف شود این اختلاف به ترتیب به مقادیر ۱۱/۴ و ۱/۲ کاهش می‌یابد. این داده‌ها بیانگر این است که اگر تعریف خواص مواد غیر خطی به صورت دو مرحله الاستیک پلاستیک صورت پذیرد شبیه‌سازی با کمک نرم‌افزار آباکوس می‌تواند با دقت بسیار خوبی نتایج فرآیندهای مختلف را پیش‌بینی نماید.



www.SID.ir

Archive of SID

(الف) (ب) (ج)

شکل (۲): الف) شبیه‌سازی فرآیند ضربه، ب) شبیه‌سازی فرآیند خمش، ج) نمودار تنش کرنش کامپوزیت بررسی شده

## نتیجه‌گیری کلی

در این مقاله روشی برای تعریف خواص مواد غیر خطی همچون الیاف و کامپوزیتهای تقویت شده با الیاف در نرم‌افزار آباکوس ارائه شده است. نتایج بررسیهای انجام شده نشان می‌دهد اگر تعریف خواص مواد غیر خطی به صورت دو مرحله الاستیک پلاستیک صورت پذیرد شبیه‌سازی با کمک نرم‌افزار آباکوس می‌تواند با دقت بسیار خوبی نتایج فرآیندهای مختلف را پیش‌بینی نماید.

## مراجع

[۱] مجید طهرانی دهکردی، هوشنگ نصرتی، محمود مهرداد شکریه، شبیه‌سازی ضربه سرعت پایین بر روی کامپوزیت‌های مرکب درون لایه‌ای تقویت شده با الیاف ترد و انعطاف‌پذیر، روشهای عددی در مهندسی، شماره ۲، ۱۳۹۲

[۲] ابوالفضل خلخالی، تحلیل اجزای محدود با کمک آباکوس، چاپ اول، موسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران، ۱۳۸۶

[۳] قاسمی، فرید رضا بیگلری، رامین درویش، مقدمه‌ای بر نرم‌افزار المان محدود آباکوس، چاپ اول، انتشارات یا مهدی، ۱۳۸۴



www.SID.ir