



بررسی و شبیه سازی اعوجاج در ورق کامپوزیت گرافیت اپوکسی

بهنام حاتمی

مربی، دپارتمان فنی و مهندسی، دانشگاه فنی و حرفه ای، اسلام آباد غرب، ایران

چکیده

کامپوزیت متشکل از دو یا چند ماده با خواص فیزیکی و شیمیایی نسبتاً متفاوت است که برای دستیابی به هدف مشخصی مانند افزایش استحکام، درخشش یا مقاومت در برابر الکتریسیته، با یکدیگر ترکیب می شوند. اعوجاج در اکثر قطعات مهندسی موجب تخریب یا کاهش عمر در قطعات می گردد. اعوجاج در قطعات کامپوزیتی نیز امری ناگزیر است. در تحقیق به بررسی اعوجاج یک ورق کامپوزیتی ۴ لایه می پردازد. پس از بررسی نشان داده شد که بیشترین اعوجاج در اثر بار اعمالی در راستای دوم رخ می دهد و بیشترین میزان جابه جایی در این راستا برای شبیه سازی انجام شده مقدار $7/556$ میلی متر است

کلمات کلیدی: کامپوزیت، اعوجاج، گرافیت اپوکسی، آباکوس

مقدمه

کامپوزیت‌های پلیمری به علت داشتن وزن پایین، خواص مکانیکی مطلوب و روش‌های تولید متنوع و آسان‌تر نسبت به بقیه انواع کامپوزیت‌ها مورد استقبال بسیاری از پژوهشگران و صنعتگران قرار گرفته است [۱]. رزین اپوکسی به عنوان پوشش، چسب و ماده زمینه برای کامپوزیت‌ها استفاده می‌شود و در صنایع اتومبیل، الکترونیک و ساختمانی کاربرد فراوانی دارد و در ساخت توربین بادی استفاده می‌شود [۲]. رحیمی و همکارش در یک بررسی نشان دادند که حضور گرافیت در زیر ساختار نمونه‌های عملیات حرارتی شده باعث کاهش ضریب اصطکاک و بهبود کاهش وزن نمونه و دیسک در اثر سایش شد که نشان‌دهنده نقش گرافیت به عنوان یک عامل خودروانکار جامد در زیر ساختار این مواد مرکب می‌باشد [۳].

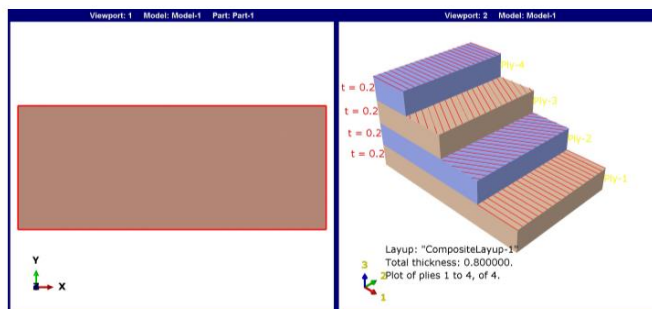
قاجار و همکاران نشان دادند که ضرایب شدت تنش دینامیکی از پارامترهای مهم برای بررسی و شناخت پیش بینی رفتار شکست است [۴]. فریدوند و همکارش نشان دادن که مسیر رشد ترک از امتداد اولیه ۴۵ درجه و همچنین ضرایب شدت تنش بدست آمده از شبیه‌سازی با روش تجربی مطابقت دارد [۵]. آیت الهی و همکاران نشان دادن که استفاده از تابع پتانسیل مختلط برای شیارهای کلیدی شکل در مود اول در نظر گرفتن ترم تکین موجب خطای زیادی می‌شود [۶]. قاسمی و همکاران نشان دادند که روش اجزا محدود توسعه یافته سادگی و کارایی بیشتری در شناسایی ضرایب شدت تنش دارد [۷]. امام علی زاده و همکاران در بررسی ضرایب شدت تنش در چند لایه GLARE نشان دادند که رشد ترک در لایه‌های آلومینیوم مجزا بسیار بیشتر از لایه‌های آلومینیوم موجود در چند لایه‌های هیبرید است [۸].

مچی الدینی و همکارش نشان دادند که برای حل مسائل مکانیک شکست بدون نیاز به افزایش حجم محاسبات، از روش اصلاح تابع وزن استفاده شده است. ضرایب شدت تنش با استفاده از انتگرال‌های مستقل از مسیر J که برای مواد ناهمگن فرمول بندی شده اند محاسبه می‌شود. برای بررسی اعتبار روش عددی حاضر، ضریب شدت تنش مود اول در سک صفحه شامل ترک لبه ای با فرض تغییر نمایی مدول یانگ در امتداد ترک محاسبه شده است. مقایسه پاسخ بدست آمده با پاسخ تحلیلی، نشان دهنده دقت بالای روش مورد استفاده است [۹]. کریمی پور و همکارش نشان دادند که با استفاده از روش توزیع نابجایی تحلیل تنش در یک صفحه الاستیک بی نهایت حاوی مجموعه از ترک‌ها تحت بار باد صفحه ای بر اساس تئوری گردایان کرنش انجام می‌گردد. ابتدا حل نابجایی باد صفحه ای در صفحه با حل معادله بای هارمونیک، اعمال شرایط مرزی و پیوستگی مربوط به نابجایی بار صفحه با استفاده از تبدیل فوریه انجام می‌گردد و میدان تنش در اثر نابجایی بار صفحه ای به صورت انتگرالی بدست آمده است. مولفه های تنش دارای تنگیکی از نوع مرتبه بالا در نوک ترک هستند [۱۰]. قاجار و همکارش به بررسی کاربرد روش تحلیلی موسخلیشویلی و یافتن نگاشت هم‌دیس مناسب، رفتار دو ترک نابرابر و هم راستای اطراف یک سوراخ دایروی بررسی بر ضرایب شدت تنش محاسبه می‌شوند. تاثیر پارامترهای مختلف از جمله، زاویه بارگذاری، طول ترک و غیره بر روی مقادیر ضرایب شدت تنش بررسی می‌گردد. صفحه ی همسانگرد نامحدود و نوع بارگذاری و شرایط مرزی به گونه هایی است که سطح سوراخ و ترک ها عاری از تنش می باشند و بار کششی در دور دست تحت زاویه دلخواه اعمال می گردد. جهت اطمینان از صحت روش، بعضی مسائل خاص که حلشان موجود است حل نموده و با داده های موجود در مراجع مقایسه می گردد. قاجار و همکارش یک رابطه صریح برای ضریب شدت تنش بر حسب پارامترهای هندسی ارائه کرده اند [۱۱]. محمدی منفرد و همکارش با استفاده از روش توزیع نابجایی تحلیل تنش در نیم صفحه ساخته شده از مواد ارتوتروپیک تابع تضعیف شده توسط چندین ترک لبه ای تحت بار خارج صفحه ای ضربه ای انجام شده است. ابتدا حل نابجایی باتشکیل معادله حاکم و اعمال شرایط مرزی و پیوستگی در محل نابجایی با استفاده از تبدیلات فوریه و لاپلاس انجام می‌گردد. با

استفاده از این حل، معادلات انتگرالی تکین از نوع کوشی برای ترک های لبه ای در نیم صفحه ساخته شده از مواد ارتوتروپیک تابعی تشکیل می شوند. سپس با استفاده از روش عددی این معادلات حل گردیده تا تابع توزیع نابجایی روی ترک ها بدست آید [۱۲].

شبیه سازی

برای بررسی ورق با ابعاد هندسی زیر مدل سازی شده است.



شکل ۱

شکل ۱ شکل هندسی ورق است که طول آن ۰/۸ متر و عرض آن ۰/۴ متر است. دارای چهار لایه با ترتیب لایه چینی ۰، ۳۰، ۳۰ و ۰ است. ضخامت هر لایه ۰/۰۲ متر است. جنس در نظر گرفته شده گرافیت اپوکسی است.

خواص مکانیکی

جدول ۱

G23	G13	G12	Nu23	Nu13	Nu12	E3	E2	E1
1750	3700	3700	0.38	0.28	0.28	8210	8210	122000

جدول ۱ نشانگر خواص مکانیکی بر حسب پاسکال است.

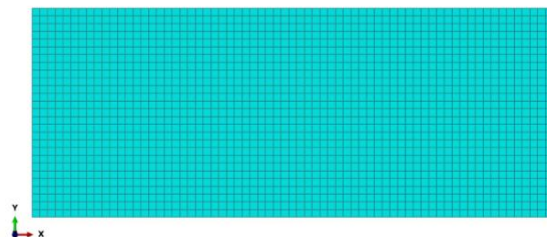
مشخصات شبیه سازی

مشخصات شبیه سازی به صورت زیر است.

جدول ۲ مشخصات شبیه سازی

Number Of Mesh	Magnitude	Load	Mesh	Maximum Number Of Iterations	Number Of Eigenvalues Requested	Rectors Used Per Iteration	Step
1809	1	Sell Edge Load	Quad	300	5	10	Linear Peturbation Buckle

جدول ۲ برخی مشخصات وارد شده در تنظیمات شبیه سازی در نرم افزار آباکوس را نشان می دهد. برای شبیه سازی اعوجاج از سابروتین Node File U در قسمت مربوطه استفاده شده است. ورق از دو طرف ثابت شده و از سمت چپ تحت بار اعمالی است.

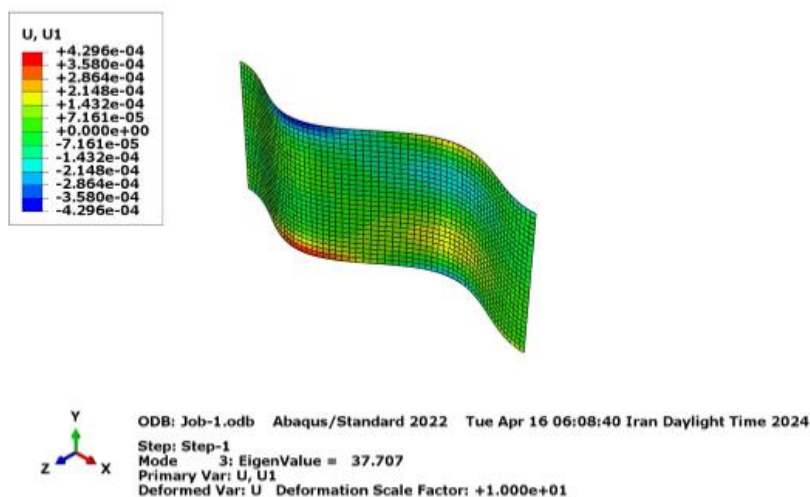


شکل ۲

شکل ۲ نشانگر شبکه بندی ورق است. شبکه بندی از نوع چهارگوش منظم با تعداد ۱۸۰۹ المان انتخاب شده است. لازم به ذکر است چند بار تعداد المان ها افزایش یافته تا نتایج مستقل از تعداد شبکه شوند.

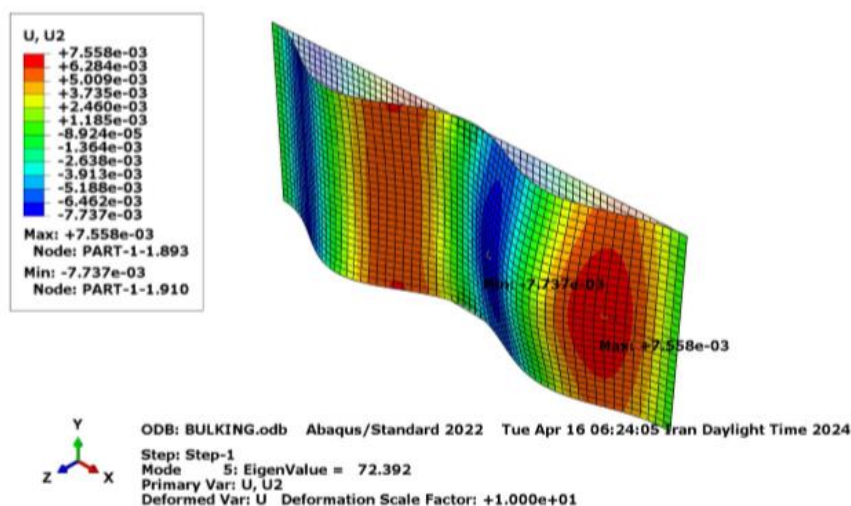
نتایج

پس از انجام شبیه سازی در نرم افزار آباکوس نتایج شبیه سازی به صورت زیر است.



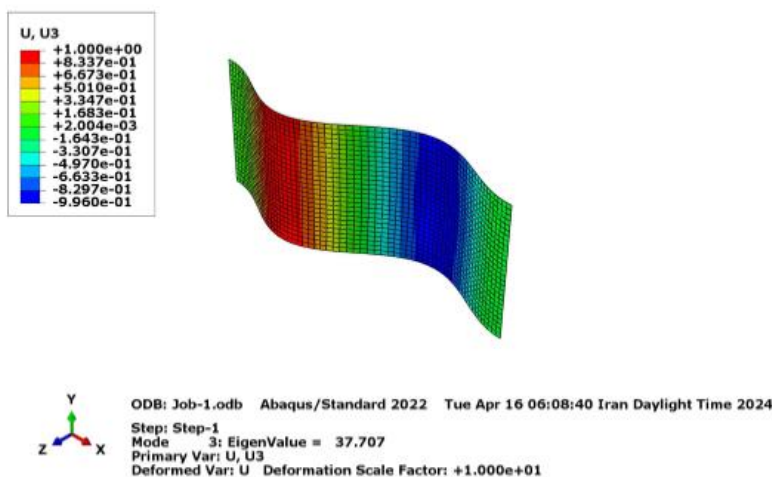
شکل ۳

شکل ۳ میزان جابه جایی راستای ۱ را نشان می دهد. همانطور که در شکل پیداست بیشترین مقدار جابه جایی در این راستا تقریباً ۰/۴۳ میلی متر است. مقدار ویژه جابه جایی ۳۷/۷۰۷ است.



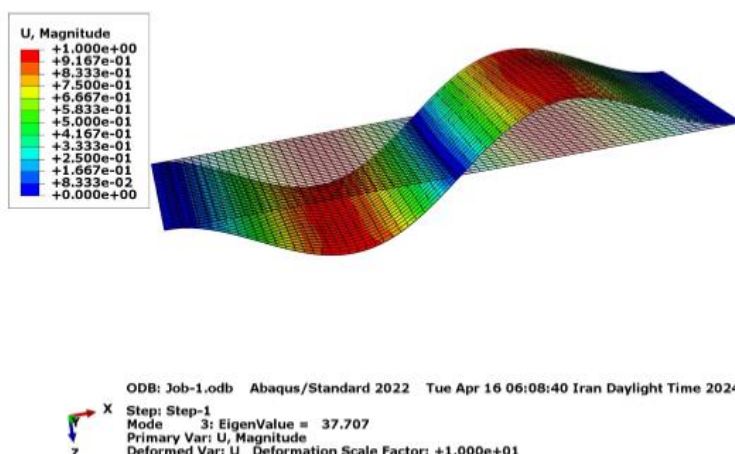
شکل ۴

شکل ۴ میزان جابه‌جایی در راستای ۲ است. همانطور که در تصویر پیداست بیشترین میزان جابه‌جایی در این راستا مقدار ۷/۵۵۶ میلی‌متر است. ورق در این راستا دچار جابه‌جایی بیشتری است که نشانگر اعوجاج رخ داده در اثر بار اعمالی است. به طور کلی در اثر بار اعمالی به چندلایه مذکور بیشترین میزان جابه‌جایی در وسط رخ داده است. باتوجه به محل بحرانی جابه‌جایی وجود لایه ۹۰ درجه می‌تواند موجب تقویت‌شدن چندلایه‌های کامپوزیتی در اثر بارهایی که موجب اعوجاج می‌شود، باشد.



شکل ۵

شکل ۵ نشانگر بیشترین جابه‌جایی راستای سوم است.



شکل ۶

شکل ۶ نشانگر جابه‌جایی راستای سوم است که نشانگر میزان اعوجاج رخ داده در ورق است.

نتیجه‌گیری

کنترل اعوجاج در قطعات صنعتی امری بسیار مهم است که بالایه چینی می‌توان با آن مقابله کرد. پس از بررسی نتایج شبیه‌سازی کامپوزیتی ۴ لایه با ضخامت و زوایای لایه‌های مذکور در نرم‌افزار آباکوس مشخص شد که در اثر بار اعمالی به ورق کامپوزیت و در نظر گرفتن شرایط مرزی مذکور ورق کامپوزیت در هر ۳ راستا دچار اعوجاج شده‌است. پس از بررسی مشخص شد که ورق در راستای دوم دارای بیشترین اعوجاج است که باید توسط لایه چینی در زاویه ۹۰ درجه تقویت شود.



منابع

۱. مروری بر کامپوزیت های پلیمری و بررسی تاثیر نوع، اندازه و شکل تقویت کننده ها بر خواص et al., شهرام, م.ز., مکانیکی آنها, ۲۰۲۲.
۲. م. کلایی, مطالعه سینتیک پخت و پایداری گرمایی نانو کامپوزیت های اپوکسی در حضور نانو ذرات and کرمی, م.ح. p. 37-50. سیلیکا. صنعت لاستیک ایران, ۲۰۲۲. ۲۶ (۱۰۴):
۳. حاوی ۶ درصد حجمی $Fe-TiC$ ا. علی, تاثیر تشکیل گرافیت بر خواص سایشی کامپوزیت and محمد رضا, ر.پ. کاربید تیتانیم. ۲۰۰۹.
۴. ش.م. علی, محاسبه ضرایب شدت تنش دینامیکی ترک سه بعدی مواد تابعی با استفاده and اله, ق.ر. پ. صفار, از روش انتگرال تعاملی. ۲۰۱۵.
۵. کاظمی, ضرایب شدت تنش و مسیر انتشار ترک تحت شرایط مد مرکب. مهندسی سازه and فریدوند, رامین, ساخت, ۲۰۱۶. ۳ (۳): p. 86-96.
۶. ب. بهادر, محاسبه ی میدان تنش مجانبی به همراه ضرایب شدت تنش و مرتبه بالاتر در شیار and مجید رضا, آ.آ. کلیدی شکل. ۲۰۱۹.
۷. ص. سعید, استفاده از روش اجزاء محدود توسعه یافته در تعیین ضرایب شدت تنش و ترم and احمد, ق.ق. ب. های مرتبه بالای ترک. ۲۰۱۵.
۸. مهندسی مکانیک و $GLARE$ بررسی خستگی و ضرایب شدت تنش و رشد ترک در چندلایه های et al., زاده, ا.ع., ارتعاشات, ۲۰۱۵. ۱۶ (۱): p. 7-13.
۹. $MLPG$. 2009. ش. علیرضا, محاسبه ضرایب شدت تنش در مواد هدفمند به روش and علی, م.ا.
۱۰. فتوحی, محاسبه ضرایب شدت تنش مود سه در صفحه بی نهایت حاوی چند ترک بر اساس and پور, ک. ایمان, p. ۱۴۹-۱۳۹. تئوری الاستیسیته گرادیان کرنش. مهندسی مکانیک مدرس, ۲۰۱۴. ۱۴ (۷):
۱۱. ح. محمدی, محاسبه تحلیلی ضرایب شدت تنش در ترک های با طول نابرابر نشأت گرفته از سوراخ and قاجار, p. 943-950. دایروی در صفحه نامحدود. نشریه مهندسی مکانیک امیرکبیر, ۲۰۱۸. ۵۰ (۵):
۱۲. باقری, محاسبه ضرایب شدت تنش در نیم صفحه ساخته شده از مواد ارتوتروپیک تابعی تضعیف and منفرد, م. p. 99-120. شده توسط چندین ترک لبه ای تحت بارگذاری ضریه ای. نشریه مهندسی مکانیک ایران, ۲۰۲۰. ۲۲ (۳):