

تاثیر زاویه چرخش بریدگی بر روی توزیع تنش صفحات حاوی بریدگی

جلیل رضایی پزند
دانشیار-دانشگاه فردوسی مشهد
jrezaeep@ferdowsi.um.ac.ir

محمد جعفری
دانشجوی دکتری-دانشگاه فردوسی مشهد
mo_ja26@stu-mail.um.ac.ir

شد. در مقالاتی نیز توسط نویسندگان مقاله، بریدگیهای مختلف مورد تحلیل قرار گرفتند [۳] و [۴]. ولی این مقالات بطور کامل به اهمیت زاویه چرخش بریدگی در کاهش تمرکز تنش نپرداخته اند. نتایج حاصل از این مقاله گویای اهمیت زاویه چرخش بریدگی و نوع بریدگی بر روی توزیع تنش می باشد.

روش حل

با تغییر زاویه چرخش بریدگی، در هر زاویه چرخش خاص یک تنش بی بعد ماکزیمم (بیشترین تنش ایجاد شده در اطراف بریدگی تقسیم بر تنش ایجاد شده در صفحه بدون بریدگی) در اثر کشش بدست می آید، پس اگر زاویه چرخش از صفر تا ۱۸۰ تغییر کند به ازای هر زاویه چرخش یک تنش بی بعد ماکزیمم وجود دارد، از بین این تنشهای بی بعد ماکزیمم کمترین و بیشترین مقدار بترتیب تنش مطلوب و تنش نامطلوب نامیده شده است. در طراحی باید از تنش نامطلوب اجتناب کرد و به شرایط تنش مطلوب نزدیک شد. در این مقاله با تکیه بر یک حل تحلیلی برای بریدگیها با اشکال مختلف می توان مقدار تنش مطلوب و نامطلوب را بدست آورد. در این روش برای ایجاد بریدگیهای مختلف از روابط زیر استفاده می شود [۴]:

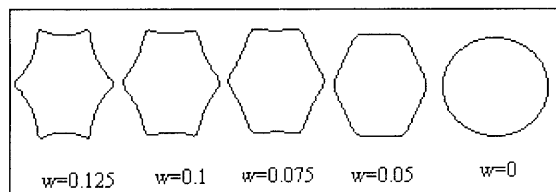
$$X = \lambda(\cos \theta + w \cos(n\theta)) \quad (1)$$

$$Y = -\lambda(c \sin \theta - w \sin(n\theta))$$

مقدار $w (w \geq 0)$ مطابق شکل (۲) معیار تیزی یا نرمی (انحنای گوشه) بریدگی است. $w=0$ معادل بریدگی دایره ای است. در این رابطه پارامترهای c و n نوع بریدگی را نشان می دهند و پارامتر λ اندازه بریدگی را مشخص می کند. برای مدل کردن زاویه چرخش بریدگی از انتقال زیر استفاده می شود.

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin \phi & \cos \phi \\ -\cos \phi & \sin \phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} \quad (2)$$

بعد از مدل کردن بریدگی، می توان شرایط مرزی را در اطراف بریدگی اعمال کرد و توابع تنش مناسبی را برای حل در نظر گرفت. سرانجام با داشتن توابع تنش میتوان به تنشهای مختلف دست یافت [۴].



شکل ۲- اثر w برای بریدگی شش ضلعی

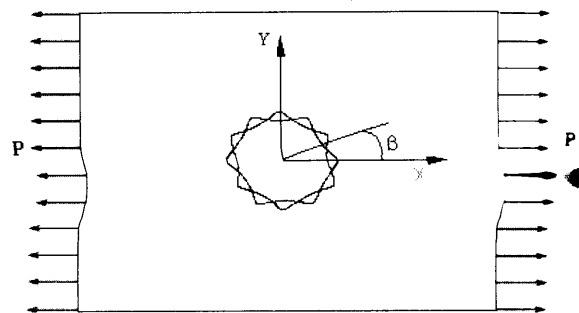
چکیده

پارامترهای متعددی بر مقدار تمرکز تنش که در اثر وجود بریدگی در یک سازه ایجاد می شود تاثیر گذار است. با شناخت این پارامترها و انتخاب صحیح آنها می توان به تمرکز تنش کمتری دست یافت و ظرفیت تحمل بار سازه را افزایش داد. شکل بریدگی و زاویه چرخش بریدگی از پارامترهای بسیار مهمی هستند که در این مقاله بررسی می شوند. روش بکار گرفته شده، بر پایه حل تحلیلی لختنیتسکی^۱ است. لختنیتسکی این حل را برای بریدگی دایره ای و بیضی ارائه داد که در این مقاله با تعمیم روش مذکور طیف وسیعی از بریدگیها مورد مطالعه قرار گرفته است. مطابق نتایج بدست آمده زاویه چرخش بریدگی و نوع بریدگی بر روی توزیع تنش تاثیر بسزایی دارند.

کلمات کلیدی: حل تحلیلی، زاویه چرخش بریدگی، توزیع تنش، نرمی یا سبری بریدگی

مقدمه

بریدگی در سازه های مختلف بمنظور ارائه یک طراحی بهینه برای کاهش وزن سازه یا برای نیاز سازه به راههای ورودی و خروجی ایجاد می شود. منطبق شکل (۱) صفحه بی نهایتی که در مرکز دارای یک بریدگی است، مورد بررسی قرار می گیرد. ماده دارای رفتار الاستیک خطی است و صفحه تحت بار تک جهتی کششی در فاصله ای دور از بریدگی قرار می گیرد. منطبق شکل (۱) محور اصلی بریدگی در امتداد محور X است. زاویه چرخش بریدگی (β) نیز در این شکل نشان داده شده است.



شکل ۱- صفحه بی نهایت تحت کشش با بریدگی مرکزی

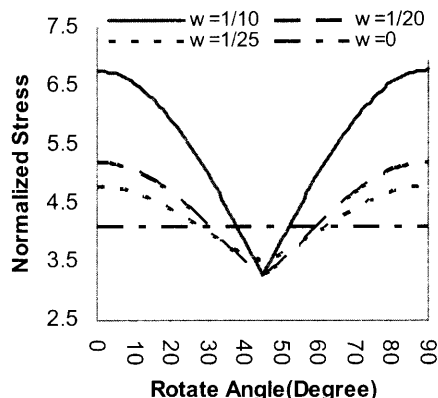
مقالات متعددی پیرامون تمرکز تنش در اثر وجود بریدگی در سازه های مختلف وجود دارند. ساوین^۲ [۱] بریدگی مثلثی با لبه های گرد صفحات

1-Lekhnitskii
2-Savin

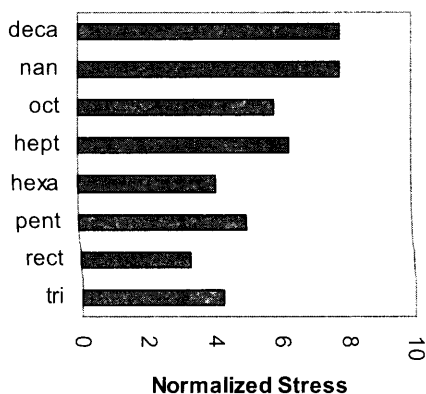
همگن و بریدگی بیضوی صفحات غیرهمگن را مورد مطالعه قرار داد. بریدگی دایره و بیضی صفحات غیرهمسانگرد توسط لختنیتسکی [۲] بررسی



یک w خاص تعداد اضلاع بیشتر از ۹ باشد دیگر تغییری در تنش مطلوب ایجاد نمی شود.



شکل (۴) تنش بی بعد حداکثر بر حسب زوایه چرخش در w های مختلف



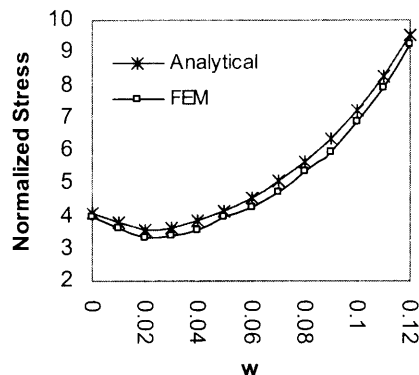
شکل (۵) تنش مطلوب در $w=1/20$ برای بریدگیهای مختلف

مراجع:

- 1- Savin GN., Stress concentration around holes. New York: Pergamon Press 1961.
- 2- Lekhnitskii, S.G., Anisotropic Plates, Gordon & Breach Science Publishers, New York, USA (1968).
- 3- Rezaeepazhand, J and Jafari, M., Stress Analysis of Perforated Composite Plates. *Composite Structures*, Vol.71(2005), pp. 463-468.
- 4- Rezaeepazhand, J and Jafari, M., Stress Concentration in Composite Plates with Special Shaped Cutout. *Proceeding of 12th European Conference on Composite Materials*, 29th August-1st September 2006.

نتایج

ابتدا برای اطمینان از صحت جوابها مقایسه ای بین حل تحلیلی حاضر و نتایج حاصل از حل عددی المان محدود صورت گرفته است. شکل (۳) که مقایسه بین حل المان محدود و نتایج حاصل از این تحلیل را برای بریدگی شش ضلعی در w های مختلف نشان می دهد، صحت جوابهای این تحلیل را تأیید می کند. ماده مورد استفاده در این بحث CE9000 Glass/Epoxy می باشد که خواص آن در مرجع [۳] موجود است.



شکل (۳) مقایسه حل تحلیلی حاضر و حل المان محدود برای بریدگی شش ضلعی در w های مختلف

نتایجی که از این تحلیل بدست می آید حاکی از این است که برخلاف تصور بریدگی دایره ای بهترین بریدگی برای دستیابی به تمرکز تنش کمتر نیست. با انتخاب نوع شکل و معیار تیزی یا نرمی (w) و زاویه چرخش مناسب در مواردی می توان به تنش مطلوب کمتر از بریدگی دایره ای دست یافت. نتایج این مقاله برای بریدگیهای مختلف با در نظر گرفتن تعداد اضلاع بریدگی به دو دسته تقسیم شده است: ابتدا بریدگیهایی که دارای اضلاع فرد می باشند و سپس بریدگیهایی که تعداد اضلاع آنها زوج است. در بریدگیهای با اضلاع فرد با نرمتر شدن بریدگی یا کاهش w و میل کردن آن بسمت صفر مقدار تنش مطلوب نیز کاهش می یابد در این حال بریدگی دایره ای بهترین شکل بریدگی می باشد ولی اگر تعداد اضلاع زوج باشد با انتخاب زاویه چرخش مناسب که برای بریدگیهای مختلف نیز متفاوت است می توان به تنش مطلوبی حتی کمتر از بریدگی دایره ای رسید. مثلاً همانطور که در شکل (۴) دیده می شود در w های مختلف برای بریدگی شش ضلعی با انتخاب زاویه چرخش ۴۵ درجه تنش مطلوب از مقدار تنش مطلوب برای بریدگی دایره ای که ۴/۱۱ است کمتر می باشد. البته همانطور که این شکل نشان می دهد در محدوده ای از زاویه چرخش بریدگی، تنش مطلوب کمتر از حالت دایره ای است که محدوده این زاویه برای w های مختلف، متفاوت است. مثلاً برای $w=1/20$ ، اگر زاویه چرخش بین ۳۰ و ۶۰ درجه باشد ($30 < R.A < 60$) آنگاه تنش مطلوب از حالت دایره ای کمتر است. برای بریدگیهای شش ضلعی و هشت ضلعی نیز می توان زاویه چرخش و w بهینه یافت طوری که با انتخاب آنها در طراحی به تنش مطلوبی کمتر از تنش مطلوب حاصل از بریدگی دایره ای دست یافت. با افزایش تعداد اضلاع بریدگی مقدار w بهینه به صفر که معادل بریدگی دایره ای است نزدیک می شود. تأثیر تعداد اضلاع در یک w خاص بر روی تنش مطلوب را می توان در شکل (۵) ملاحظه کرد. مطابق این شکل اگر در