

الگوی بهینه از محل قرارگیری عملگرهای پیزوالکتریک بر توزیع تنش در اطراف شیار در یک صفحه شیاردار تحت کشش با استفاده از الگوریتم بهینه سازی پرندگان (PSO)

جواد جعفری فشارکی^۱، سعید گلابی^۲، سید قاسم مدنی^۳

^۱ایران- نجف آباد- دانشگاه آزاد اسلامی- واحد نجف آباد- گروه مهندسی مکانیک
^۲ایران، کاشان، دانشگاه کاشان، دانشکده مهندسی مکانیک

چکیده

اما تا کنون تحقیقی برای پیدا کردن الگوی مشخص از محل قرارگیری عملگرهای پیزوالکتریک در صفحه شیاردار برای کنترل و تجزیه و تحلیل تنش انجام نشده است.

تعریف مسئله

برای کنترل ضریب تمرکز تنش در اطراف سوراخها در صفحه دو روش در تحقیقهای قبل ارائه شده است [۴]. در روش اول محل تکه‌های پیزوالکتریک در بالا و پایین سوراخها در منطقه تمرکز تنش بالا می‌باشد، که عملگرهای با ایجاد کرنش مثبت به طور مستقیم تنش را کاهش می‌دهند. در روش دوم با تغییر جریان تنش در صفحه میزبان و اعمال کرنش منفی توسط پیزوالکتریکها، ضریب تمرکز تنش به طور غیر مستقیم کاهش می‌یابد.

اما در این دو روش تاثیر نسبت سفتی تکه‌های پیزوالکتریک و صفحه میزبان در محل قرارگیری و توانایی پیزوالکتریکها برای کاهش تنش در نظر گرفته نشده است. بدین منظور نسبت سفتی به شکل زیر تعریف می‌گردد:

$$\frac{(Et)_{Plate}}{(Et)_0_{Piezo}} = Rs \quad (10)$$

نسبت سفتی در الگوی قرارگیری تکه‌های پیزوالکتریک در اطراف شیار، ۵ حالت در نظر گرفته شده است.

برای رسیدن به حداکثر کاهش در تمرکز تنش در اطراف شیار در یک صفحه تحت کشش، یک صفحه مستطیلی نازک به طول ۲۰۰ میلی‌متر و عرض ۱۰۰ میلی‌متر با نسبت‌های مختلف سفتی که تحت کشش با نیروی یک مگاپاسکال می‌باشد، در نظر گرفته شده است. صفحه و شبکه مجازی در نظر گرفته شده در شکل ۱ ارائه شده است.

برای شبیه سازی مسئله و با استفاده از الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات برای پیدا کردن موقعیت تکه‌های پیزوالکتریک اطراف شیار، یک کد پایتون برای نرم‌افزار آباکوس توسعه داده شده است.

در این تحقیق به مطالعه محل بهینه قرارگیری عملگرهای پیزوالکتریک در صفحه شیاردار به منظور کاهش بیشینه تنش پرداخته شده است. به منظور بهینه‌سازی محل قرارگیری عملگرها از الگوریتم بهینه‌سازی پرندگان استفاده شده است. بدین منظور با در نظر گرفتن حالت‌های مختلف برای نسبت سفتی عملگرهای پیزوالکتریک به ورق مینا، محل بهینه عملگرها روی ورق بررسی گردید. مشاهده می‌گردد که عملگرها در نقاطی غیر از نقطه بیشینه تنش قرار می‌گیرند و با تاثیر بر جریان تنش در ورق به طور غیرمستقیم تمرکز تنش در ورق را کاهش می‌دهند. در انتها با ارائه الگوهای مشخص می‌توان محل قرارگیری عملگرها را با توجه به جریان تنش پیش بینی کرد. در این تحقیق می‌توان بیشینه تنش را تا ۶۰٪ در ورق کاهش داد. این تحقیق به کمک آزمون تجربی صحت سنجی شده و حداکثر خطای موجود بین نتایج تحلیل‌ها و آزمون تجربی حدود ۵٪ می‌باشد.

واژه های کلیدی: فاکتور تمرکز تنش - عملگرهای پیزوالکتری - صفحه شیاردار - نسبت سفتی - الگوریتم بهینه سازی پرندگان

مقدمه

در سال‌های اخیر پیشرفت‌های زیادی در سازه‌های هوشمند ایجاد شده است. از جمله موادی که در این سازه‌ها کاربرد فراوانی دارند، مواد پیزوالکتریک هستند. شاه و همکارانش [۱] نیز از عملگرهای پیزوالکتریک به منظور کاهش دادن ضریب تمرکز تنش در اطراف یک سوراخ در یک صفحه تحت کشش استفاده کردند. جعفری و گلابی [۲] با استفاده از الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات بهترین محل برای قرار گیری تکه‌های پیزوالکتریک اطراف یک سوراخ را بدست آوردند. جعفری و مدنی [۳] تاثیر نسبت سفتی و ضخامت بر محل بهینه عملگرهای پیزوالکتریک در یک صفحه سوراخ‌دار تحت کشش را بررسی کردند.

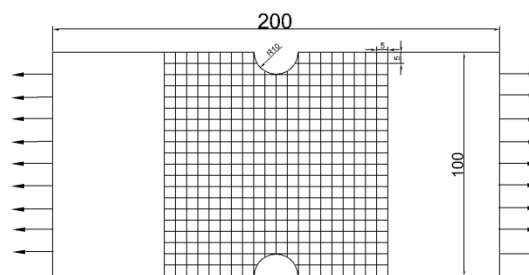
۱- استادیار، Jafari@pmc.iaun.ac.ir (نویسنده مخاطب)

۲- دانشیار

۳- دانشجوی دکتری

۲- مقایسه نتایج عددی و آزمایشگاهی

برای بررسی صحت نتایج بدست آمده از تحلیل نرم افزاری، یک آزمایش برای نسبت سفتی ۳ انجام شده است. که نتایج آن در جدول ۱ آورده شده است. در این آزمایش‌ها عملگرها در نقاط خاص مشخص شده قرار گرفته و کرنش سنج‌ها در نقاط بالا و پایین شیار جایابی شده‌اند. با اعمال کشش به ورق مینا، کرنش خروجی از کرنش سنج‌ها توسط دستگاه دینالاگر استخراج می‌گردد. شکل ۴ انجام آزمون آزمایشگاهی را نشان می‌دهد.



شکل ۱- هندسه صفحه و شبکه مش بندی مجازی برای عملگرها

۱- نتایج و تحلیل مسئله

برای مشخص شدن وضعیت قرارگیری عملگرها در اطراف شیار برای دستیابی به کاهش هر چه بیشتر بیشینه تنش در اطراف شیار در اثر نسبت سفتی‌های مختلف می‌توان نتایج زیر را ارائه کرد. موقعیت بهینه قرارگیری عملگرهای پیزوالکتریک با استفاده از الگوریتم پرندگان برای نسبت سفتی‌های مختلف در شکل ۲ ارائه شده است. عملگرها در نسبت سفتی یک در سمت چپ و راست شیار قرار گرفته‌اند و می‌توان گفت که به پیشواز جریان تنش می‌روند و با منحرف کردن جریان تنش در ورق به طور غیر مستقیم تمرکز تنش را کاهش می‌دهند. با افزایش نسبت سفتی از تعداد عملگرها در سمت چپ و راست شیار کاسته شده و بر تعداد آنها در راستای عرضی ورق اضافه می‌شود یعنی عملگرها با ایجاد سدی در مقابل جریان تنش، تمرکز تنش در ورق را کنترل می‌کنند.



شکل ۴- آزمون آزمایشگاهی

جدول ۱: مقایسه نتایج تحلیل و آزمایشگاهی

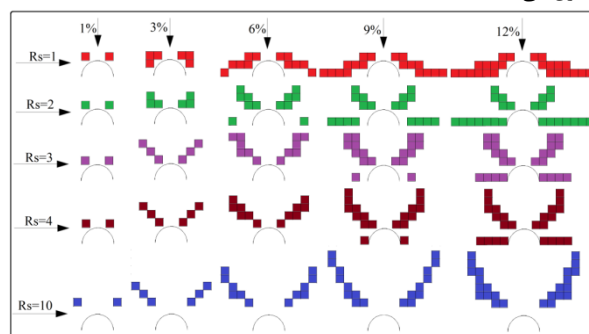
حالت	کرنش تحلیل ($\times 10^6$)	کرنش آزمایش ($\times 10^6$)	خطا %
Rs=2	۳۶٫۷	۳۳٫۲	۹٫۵

۵- نتیجه گیری

در این مقاله رابطه بین نسبت سفتی صفحه مینا و عملگرهای پیزوالکتریک در بهترین الگو برای قرارگیری تکه‌های پیزوالکتریک برای دستیابی به کاهش هرچه بیشتر ضریب تمرکز تنش در اطراف شیار در یک صفحه تحت کشش مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که نسبت سفتی می‌تواند، بر الگوی بهینه قرارگیری عملگرهای پیزوالکتریک اطراف شیار برای کاهش فاکتور تمرکز تنش موثر باشد. در نسبت سفتی‌های یک عملگرها به دلیل داشتن قدرت بیشتر در راستای طولی ورق جابه‌جا می‌شوند یعنی به پیشوازی جریان تنش رفته و جریان تنش را منحرف می‌کنند اما با اضافه شدن نسبت سفتی و به خاطر کم شدن قدرت عملگرها از تعداد آنها در راستای طولی کم شده و مانند دیواری در مقابل جریان تنش قرار می‌گیرند و به طور غیر مستقیم تمرکز تنش را کاهش می‌دهند.

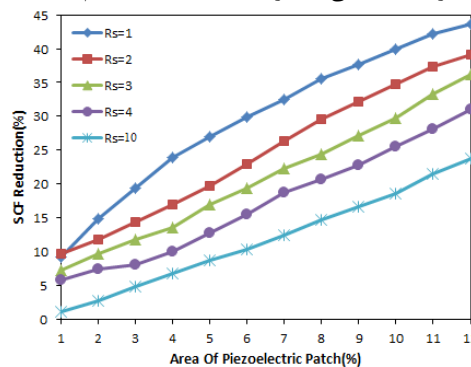
مراجع

- [۱] D. Shah, S. Joshi, W. Chan, Stress concentration reduction in a plate with a hole using piezoceramic layers, 1994. *Smart Materials and Structures*, Vol. 3, No. 3, pp. 302 .
- [۲] J. Jafari Fesharaki, S. i. Golabi, 2016. Effect of stiffness ratio of piezoelectric patches and plate on stress concentration reduction in a plate with a hole, *Mechanics of Advanced Materials and Structures*, No. just-accepted, pp. 1-32 .
- [۳] J. J. Fesharaki, S. G. Madani, 2016. Effect of stiffness and thickness ratio of host plate and piezoelectric patches on reduction of the stress concentration factor, *International Journal of Advanced Structural Engineering*, Vol. 8, No. 3, pp. 229-242 .
- [۴] P. K. Sensharma, M. J. Palantera, R. T. Haftka, 1993. Stress reduction in an isotropic plate with a hole by applied induced strains, *Journal of intelligent material systems and structures*, Vol. 4, No. 4, pp. 509-518 .



شکل ۲- بهینه‌سازی محل عملگرهای پیزوالکتریک برای نسبت سفتی‌های مختلف

کاهش بیشینه تنش در ورق برای نسبت سفتی‌های مختلف در شکل ۳ ارائه شده است. در یک درصد ثابت قرارگیری عملگرها مشاهده می‌گردد که کاهش تمرکز تنش در نسبت سفتی‌های نزدیک به ۱ بیشتر است. بنابراین برای رسیدن به حداکثر کاهش تنش در نسبت سفتی‌های بزرگتر از یک باید از نسبت سفتی‌های نزدیک به ۱ استفاده کنیم.



شکل ۳- کاهش بیشینه تنش در اطراف شیار برای نسبت سفتی‌های مختلف