

## بررسی توزیع تنش، تغییر مکان و درصد جاری شدگی ورق های فولادی با سوراخ های زاویه دار

پریزاد ابوترابی<sup>1\*</sup>، وحید صابری<sup>2</sup>، حمید صابری<sup>3</sup>

1- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، موسسه آموزش عالی ال طه، تهران، ایران، Parizad\_abootorabian@yahoo.com

2- استادیار دانشکده عمران دانشگاه ایوانکی و مدرس موسسه آموزش عالی ال طه، تهران، ایران، Saberi.vahid@gmail.com

3- استادیار دانشکده عمران دانشگاه ایوانکی و مدرس موسسه آموزش عالی ال طه، تهران، ایران، Saberi.hamid@gmail.com

### چکیده

پیشرفت روز افزون علم و تکنولوژی و نیاز صنعتگران به ورق های فولادی با باز شو های مختلف، پژوهشگران را به سوی تحلیل این گونه ورق ها برانگیخته است. ورق ها به دلایل گوناگون مانند عبور لوله یا کابل، نگهداری و بازرسی ممکن است سوراخ شوند که شکل، اندازه و محل قرارگیری سوراخ بر روی رفتار ورق ها تاثیر می گذارد. در این مقاله یک ورق فولادی سوراخ دار که ترکیب سوراخ مثالی و مستطیلی بود به صورت چهار نمونه با چرخش قطری مختلف سوراخ در نرم افزار اجزاء محدود آباکوس مدل شد. پس از تحلیل نمونه ها تحت نیرو های کششی، میزان تنش های کششی، تغییر مکان و درصد جاری شدگی ورق ها مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش به این صورت بود که نمونه ی ۲ و ۴ توانایی تحمل تنش بیشتر تا رسیدن به نقطه ی تسلیم و متعاقبا تغییر شکل بیشتری نسبت به دو نمونه ی دیگر داشتند. هم چنین نمونه ی ۱ دارای درصد جاری شدگی کمتری بود. در نتیجه قرار گرفتن راس مثلث سوراخ موجود روی ورق فولادی نزدیک به محور  $x$  و موازی با امتداد نیروی کششی، جذب انرژی بیشتر و درصد جاری شدگی کمتری را ایجاد می کند.

**واژه های کلیدی:** ورق فولادی سوراخ دار، تغییر مکان، اجزاء محدود، تنش های کششی، درصد جاری شدگی.

### 1- مقدمه

با افزایش نیاز به ورق های فولادی در صنعت، ساختمان سازی و ... مطالعات زیادی بر رفتار ورق ها انجام می گیرد. با توجه به افزایش کاربری این ورق ها، نیاز به تعبیه سوراخ و یا باز شو نیز باید مورد بررسی قرار گیرد. از جمله کاربردهای وجود سوراخ در ورق های فولادی می توان به تولید صنایع فلزی و صنایع دکوراسیون، استفاده در پروژه های ساختمانی، کشاورزی، پتروشیمی، حفاظ برای دکل های مخابراتی و نیروگاه های برق، کاهش وزن سقف، دیواره ی آسانسور، کنترل هوا و فیلتراسیون و موارد مشابه اشاره کرد. یک ورق نازک بعد از کمانش خود می تواند باری به مراتب بزرگتر از بار بحرانی خود را که در آن بار کمانش شروع میشود تحمل کند. [۱] مفهوم این نکته آن است که باید ظرفیت تحمل بار یک صفحه را با در نظر گرفتن رفتار پس از کمانش آن بررسی نمود. [۲] ورق های نازک با نسبت های بزرگ طول به ضخامت، کمانش موضعی الاستیک را تجربه خواهند کرد. تعیین تنش بحرانی ورق در ناحیه غیر الاستیک مورد توجه پژوهشگران زیادی قرار گرفته و نظریه های مختلفی نیز برای کمانش غیر الاستیک ورق ها ارائه شده است. [۳] شانموکارن و همکاران فرمولی به منظور تعیین و محاسبه ظرفیت نهایی بار ورق های مربع شکل تحت فشار محوری با مشکب های واقع شده در مرکز (مدور یا مربع) بدست آوردند. آنها نتیجه گرفتند که ظرفیت نهایی بار ورق های مشکب مربع متاثر از اندازه سوراخ و نسبت لاغری ورق است. آنها نیز به این نتیجه گیری