



## طراحی و تحلیل جاذب انرژی لانه زنبوری برای برخورد بدنه ی شناور با موانع

مهرداد نقش نیلچی<sup>۱</sup>، سید علی گله داری<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک، واحد نجف آباد ، دانشگاه آزاد اسلامی ، نجف آباد ، ایران.

۲- استادیار، گروه مهندسی مکانیک، واحد نجف آباد ، دانشگاه آزاد اسلامی ، نجف آباد ، ایران.

\* نویسنده مسئول: [ali.galehdari@pmc.iaun.ac.ir](mailto:ali.galehdari@pmc.iaun.ac.ir)

### خلاصه

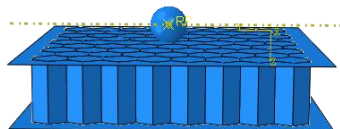
امروزه در زمینه‌های مختلف هوافضا و کشتی سازی و صنعتی و نظامی، جاذب‌های انرژی نقش بسیار موثری دارند. از طرفی استفاده از پروفیل هایی با قابلیت جذب انرژی در این صنایع اهمیت قابل توجهی دارد. از همین روی، قرار دادن یک پروفیل با هندسه و جنس مناسب و ایجاد جاذب های سبک از جمله ساختار لانه زنبوری برای این موارد می‌تواند این نیاز را تا حد زیادی مرتفع کند. در این تحقیق به تاثیر جنس ساختار لانه زنبوری در کاهش نیرویهای ضربه ای با سرعت کم تحت بارگذاری برون صفحه‌ای در برخورد با شناور پرداخته شد. سازه ی لانه زنبوری در نرم افزار آباکوس مدل سازی شده و طبق استاندارد، شناوربه عنوان ضربه زن با سرعت ۲۰۴ کیلومتر بر ثانیه به پروفیل برخورد می کند. یکی از دستاوردهای این پژوهش استفاده از پروفیل های سبک در بدنه ی شناور برای مقابله با ضربه های سهمگین می باشد.

**کلمات کلیدی:** ساختار لانه زنبوری، برون صفحه ای، شناور، جاذب انرژی، ضربه

### ۱. مقدمه

در صناعی مانند کشتی سازی که نیاز به یک بدنه با قابلیت محافظتی بالا می باشد، به جای استفاده از فلزهای سنگین و گاهی گران قیمت ، می توان از پلیمری مانند پلی پروپیلن در ساختار لانه زنبوری استفاده کرد. از جمله دیگر اهداف این تحقیق می توان به بررسی این پروفیل در و جنس آن به منظور جلوگیری از صدمه به به قسمت های مهم کشتی مانند موتور و ... نام برد. علم صنعتی امروز دنیا به سمت جایگزین کردن مواد سبک و دارای قابلیت فراوان نسبت به موارد قبلی پیش می رود. پروفیل های لانه زنبوری به علت شکل هندسی خود اغلب به عنوان جاذب مورد استفاده قرار می گیرند [۱]. یکی از موارد کلیدی در مواد سلولی در ساختار محافظتی آن‌ها می باشد که ناشی از جذب انرژی و اثر مقاومت آن‌ها می باشد [۲]. یکی از مهمترین مزایای سازه های لانه زنبوری این است که با تغییر پارامترهای هندسی سازه از قبیل ارتفاع، ضخامت، اندازه سلول و زاویه ی داخلی آن می توان به خواص مکانیکی متفاوتی دست پیدا کرد [۳]. مهرداد نقش نیلچی و همکاران [4] به بررسی تاثیر جنس مواد و فوم بر رفتار سازه ی لانه زنبوری مدرج تحت بارگذاری ضربه ای پرداختند. به علت همین ویژگی منحصر به فرد از این پروفیل ها می توان در صنایع خودروسازی استفاده نمود. سی سی فو و همکاران [5] به بررسی میزان جذب انرژی در برخورد یک ضربه زن با سرعت کم به یک پروفیل لانه زنبوری در حالت برون صفحه ای پرداختند. آن ها میزان انرژی جنبشی وارد شده بر پروفیل را توسط نرم افزار

آباکوس بدست آوردند. آن ها انرژی جنبشی را در قالب یک نمودار ترسیم کردند. برای صحت سنجی این نمونه در نرم افزار آباکوس طراحی شد که شکل شماره ۱ نمونه ی طراحی شده در نرم افزار آباکوس برای صحت سنجی را نشان می دهد.



شکل ۱- نمای مدل صحت سنجی شده

همچنین مقادیر بدست آمده در جدول ۱ قابل مشاهده می باشد.

جدول ۱- جدول صحت سنجی

نتایج	میزان انرژی جنبشی در ثانیه صفر (ژول)	میزان انرژی جنبشی در ثانیه اول (ژول)	میزان انرژی جنبشی در ثانیه دوم (ژول)	میزان انرژی جنبشی در ثانیه سوم (ژول)
نتایج بدست آمده در مقاله	۷	۵	۱,۵	۰
نتایج بدست آمده به در صحت سنجی	۶,۷	۴,۱	۱	۰

با توجه به نتایج بدست آمده چون ضریب خطا کم می باشد در نتیجه مقادیر بدست آمده صحت سنجی می شوند.

## ۲. مدل سازی

در این تحقیق از نرم افزار آباکوس<sup>۱</sup> برای تحلیل میزان جذب انرژی استفاده شده است. جنس صفحات بالایی و پایینی از کربن اپوکسی<sup>۲</sup> و هسته لانه زنبوری از جنس پلی پروپیلن<sup>۳</sup> می باشد. خواص این دو ماده در جدول شماره ۲ [6] آمده است.

<sup>1</sup> Abaquse

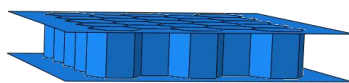
<sup>2</sup> Carbon epoxy

<sup>3</sup> Polypropelen

## جدول ۲- خواص مواد

	Carbon epoxy	Polypropelen
Density (Kg/m <sup>3</sup> )	۱۶۰۰	۸۶۸/۳
E <sub>1</sub> (Pa)	۱۰۳۰۰۰۰۰۰	۲۷۳۸۰۰۰۰۰۰
E <sub>2</sub> (Pa)	۱۰۳۰۰۰۰۰۰	۳۰۰۵۰۰۰۰۰۰
Nu <sub>12</sub> (Pa)	۰,۲۷	۰,۲۷۲
G <sub>12</sub> (Pa)	۷۰۰۰۰۰۰۰۰	1090000000
G <sub>13</sub> (Pa)	۷۰۰۰۰۰۰۰۰	1090000000
G <sub>23</sub> (Pa)	۳۷۰۰۰۰۰۰	۱۱۴۱۰۰۰۰۰۰

ضخامت هسته ی پروفیل ۰,۰۱ میلی متر و ضخامت صفحات بالایی و پایینی ۰,۱ میلی متر می باشد. یک سازه ی لانه زنبوری با ۵ ردیف و ۳ ستون مدل سازی شده است. نمای کلی سازه ی لانه زنبوری در شکل ۲ آمده است.



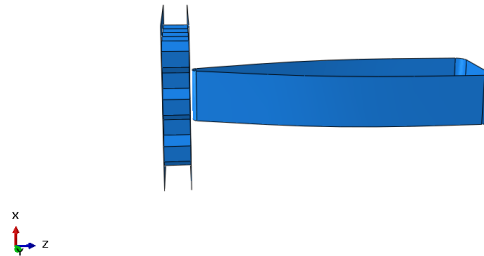
شکل ۲- نمای کلی سازه ی لانه زنبوری

مدل مادی تمام مواد کشسان-کاملاً مومسان<sup>۱</sup> در نظر گرفته شده است. تماس بین صفحه ی بالایی و شناور از اتصال پنالتی<sup>۲</sup> بدون اصطکاک می باشد. در اعمال شرایط مرزی لانه زنبوری، تنها در راستای Z (راستای برخورد با شناور) آزاد گذاشته شده است و تمامی درجات آزاد صفحه ی پایینی بسته می باشد. مقدار دوره ی زمانی<sup>۳</sup> برای این حالت ۱۰ ثانیه در نظر گرفته شده است. شناور که به عنوان یک ضربه زن می باشد، به عنوان یک جسم صلب در نظر گرفته شده است. وزن شناور ۶۵ تن و سرعت آن ۲۰۴ کیلومتر بر ساعت می باشد. شکل ۲ نمای کلی برخورد را نشان می دهد.

<sup>1</sup> Plastic perfectly elastic

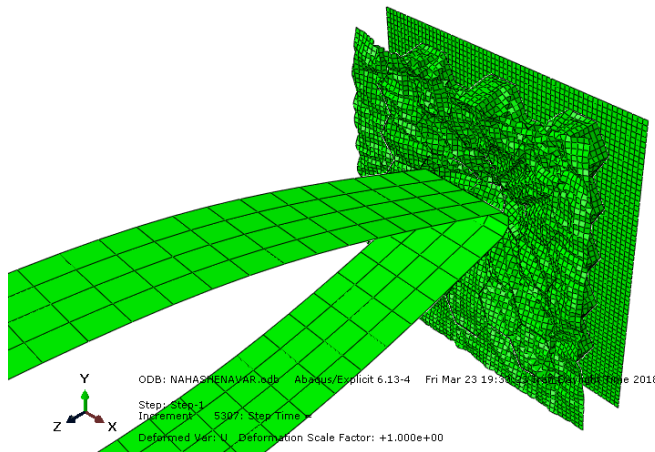
<sup>2</sup> Penalty contact method

<sup>3</sup> Time period



شکل ۲- نمای کلی برخورد شناور با پروفیل لانه زنبوری

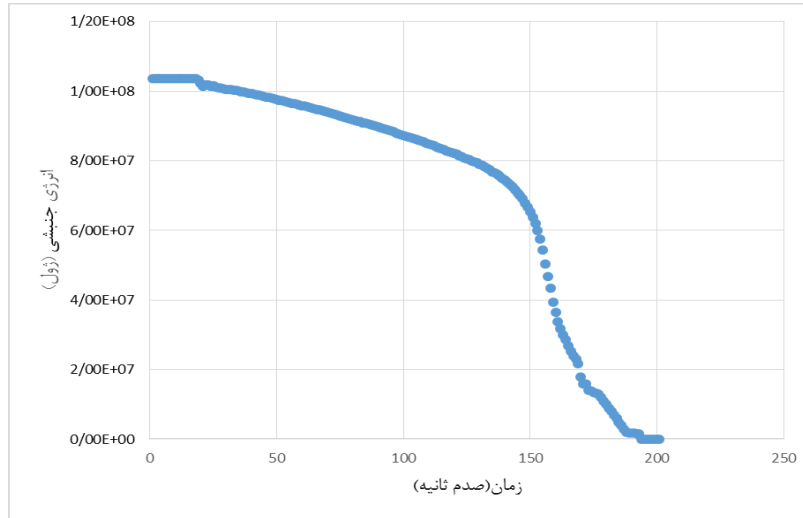
پس از برخورد شناور، پروفیل لانه زنبوری انرژی وارده از طرف شناور را به خود جذب کرده و باعث لهیدگی پروفیل می شود. شکل ۳ فرم تغییر یافته پروفیل پس از برخورد را نشان می دهد.



شکل ۳- فرم تغییر یافته پروفیل پس از برخورد

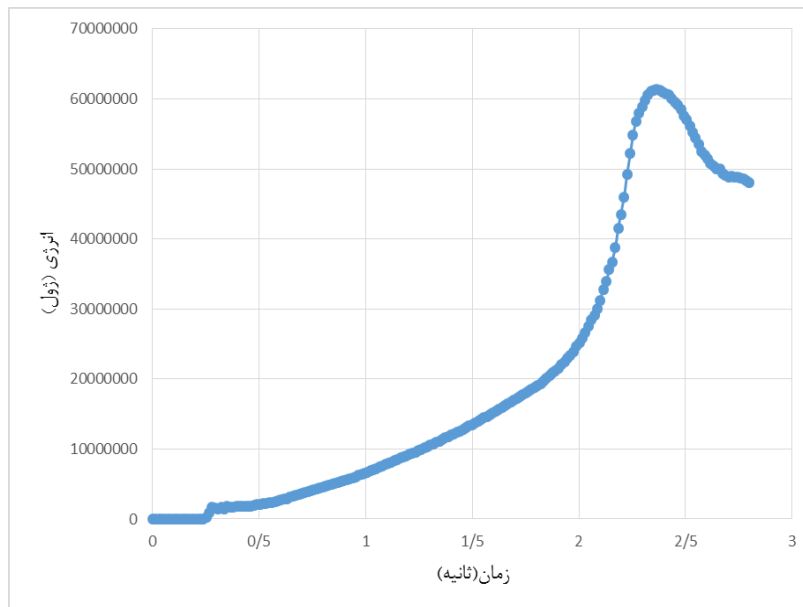
#### ۴. نتیجه گیری

پس از اجرای کامل توسط نرم افزار، نتایج را می توان توسط نمودار مشاهده کرد. نمودار انرژی جنبشی بر حسب زمان در شکل ۴ آمده است.



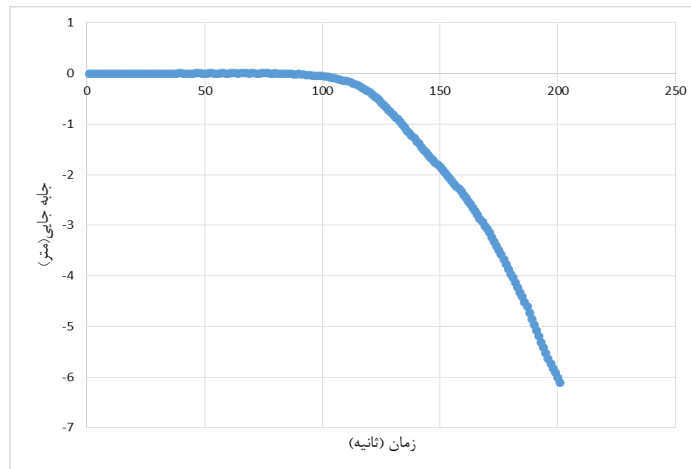
شکل ۴- نمودار انرژی جنبشی-زمان

از شکل ۴ نتیجه می شود که میزان انرژی جنبشی وارده بر پروفیل لانه زنبوری  $1e08$  می باشد. از طرفی میزان انرژی وارده بر پروفیل در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵- نمودار انرژی وارد شده بر حسب زمان

از طرفی نمودار نیرو جابه جایی-زمان به صورت شکل ۶ می باشد:



شکل ۶- نمودار جابه جایی بر حسب زمان

همانطور که از شکل ۵ پیداست، میزان انرژی وارده بر پروفیل لانه زنبوری  $6e07$  در بیشترین حالت ممکن می باشد. از نمودارهای بدست آمده می توان نتیجه گرفت که از پروفیل های لانه زنبوری می توان به عنوان یک جاذب ضربه در شناورها استفاده نمود و از طرفی پلی پروپیلن می تواند به عنوان یک ماده ی سبک و کامپوزیتی در این سازه ها استفاده شود.

## مراجع

1. Amin Ajdari, Hamid Nayeb-Hashemi, Ashkan Vaziri. (2014), "Dynamic crushing and energy absorption of regular, irregular and functionally graded cellular structures," International Journal of Solids and Structures"

2. J.C. Koch, (1917), "The laws of bone architecture", American Journal of Anatomy, Vol. 21, pp. 177-198

3. S. Adibnazari and H. Mehrabi, (2011), "Effect of cell size change on honeycomb structure equivalent mechanical property" 10th Iran Aerospace conference, Tarbiat Modarres University

۴. نقش نیلچی، م. و گله داری، س.ع. و توکلی، ا. (۱۳۹۵)، "مطالعه ی تاثیر جنس مواد و فوم بر رفتار سازه ی لانه زنبوری مدرج تحت بارگذاری ضربه ای"، بیست و چهارمین همایش سالانه بینالمللی مهندسی مکانیک ایران، دانشگاه یزد، ایران، ۷-۹ اردیبهشت

5. Foo, C.C. and Ghai G.B and Seah L.K, (2006), "Quasi-static and low-velocity impact failure of aluminium honeycomb sandwich panels" IMechE, 2006, pp 53-66.

6. James E. Mark (1999), "Polymer data handbook", Oxford University Press, UK