یازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran
senaconf.ir

بهینه سازی توپولوژیک صفحات فولادی دارای ضخامت پلکانی تحت اثر خمش

محمد رضا حسینی

دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران R.HOSEINI84@YAHOO.COM

چکیده

یک صفحه فولادی را در نظر بگیریم که توسط تسمه هایی سخت شده و تحت نیروی خمشی قرار گرفته است و تحت این نیرو تغییر شکل میدهد حال میخواهیم این تغییر شکل را به واسطه بهینه ترین آرایش تسمه های فولادی سخت کننده با حجم ثابت اما در ابعاد و جانمایی های مختلف بهینه کنیم.ما میتوانیم این سخت کننده ها را به n تعداد برش دهیم و روی صفحه به بینهایت شکل مختلف پخش کنیم اما سوال اینجاست که بهینه ترین حالت به لحاظ مقاومت خمشی کدام است؟ میتوان این مشکل را در زمینه صنعت هوا فضا یا صنعت خودرو سازی و ساختمان سازی در نظر گرفت که با استفاده از کمترین تعداد سخت کننده ها بتوان صفحه مستطیلی را مقاوم کرد تا هم در وزن هم در هزینه ها صرفه جویی شود .برای انجام مدلسازی از روش اجزای محدود و نرم افزار قدرتمند اباکوس استفاده شده است. در ابتدا برای اثبات دقت پیش بینی مدلهای اجزای محدود، از نتایج یک نمونه کتاب در خصوص تحلیل رفتار یک صفحه فولادی در برابر خمش استفاده شده است. با استفاده از تحلیل صریح دینامیکی و مطابق بارگذاری گسترده وارده به نمونه کتاب، مدل اجزای محدود بارگذاری و تحلیل شده است. نتایج اندازه گیری شده در کتاب و نتایج پیش بینی شده توسط مدل اجزای محدود با هم مقایسه شده و نتایج مشابهی بدست آمد. نتایج نشان داد که امکان بهینه سازی صفحه در برابر خمش با تغییر مقطع سخت کننده ها و آرایش قرار گیری آن روی صفحه ممکن است .

واژه‌های کلیدی

بهینه سازی، خمش ، سخت کننده ها ، بهینه سازی توپولوژیک ، صفحات فولادی

۱. متن مقاله

در این پژوهش ما قصد درایم تا با استفاده از سخت کننده های طولی ، عرضی یا متعامد در صفحه فولادی مستطیلی تحت نیروی خمشی مانع از تغییر شکل صفحه شویم . اما مسئله اینجاست که بهینه ترین حالت قرارگیری این سخت کننده ها چه به لحاظ جانمایی و چه از لحاظ ابعاد کدام است ، که باعث شود صفحه مستطیلی ما نیروی خمشی بیشتری تحمل کند؟ در واقع ما در این پژوهش به دنبال به حداکثر رساندن مقاومت صفحه مستطیل در مقابل نیروی های خارجی به واسطه سخت کننده ها هستیم. به صورتی که دریابیم بهینه ترین موقعیت سخت کننده ها در حالات مفروض کدام است .

۲. بیان مسئله

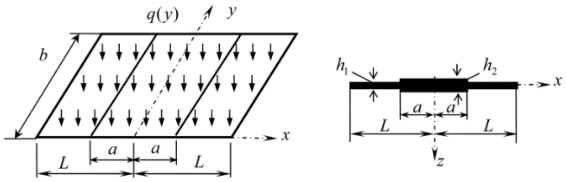
یک صفحه فولادی را در نظر بگیرید که توسط تسمه هایی سخت شده و تحت نیروی خمشی قرار گرفته است و تحت این نیرو تغییر شکل میدهد حال میخواهیم این تغییر شکل را به واسطه بهینه ترین آرایش تسمه های فولادی سخت کننده با حجم ثابت اما در ابعاد و جانمایی های مختلف بهینه کنیم.ما میتوانیم این سخت کننده ها را بهn تعداد برش دهیم و روی صفحه به بینهایت شکل مختلف پخش کنیم اما سوال اینجاست که بهینه ترین حالت به لحاظ مقاومت خمشی کدام است؟

بهینه ترین ابعاد برای تسمه سخت کننده (با حجم ثابت) یک صفحه فولادی تحت خمش چیست؟

بهینه ترین (به لحاظ وزنی) آرایش برای تسمه های سخت کننده صفحه فولادی تحت خمش چیست ؟

کدام ابعاد برای حجم خاصی از تسمه های سخت کننده صفحه فولادی تحت خمش مناسب است؟

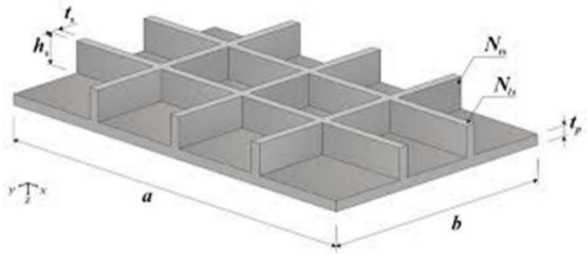
کدام آرایش تسمه های سخت کننده برای سختی بیشتر صفحه فولادی تحت خمش مناسبتر است؟



شکل ۱. طرح صفحه بارگذاری شده

۳. لزوم انجام تحقیق

در رابطه با بهینه سازی پلیت در مقابل خمش توسط سخت کننده ها مقالات زیادی موجود و اما در مقالات مرتبط که مطالعه شد میتوان به مقاله بهینه سازی صفحه مستطیل و توپولوژی پوسته کم عمق با استفاده از توزیع ضخامت یا همگن سازی اشاره کرد در این مطالعه بهینه سازی توپولوژی صفحات و همچنین پوسته های استوانه ای کم عمق و منحنی (کروی) مورد استفاده قرار گرفته است. برای تمام ساختارهای مورد بررسی ، هدف ما به حداقل رساندن عملکرد انرژی کرنش تحت یک محدودیت حجم است.که توسط Lazarus H. Tenek*, Ichiro Hagiwara تحقیق شده . و همچنین Moshe B. Fuchs and Nathan Perchikov در رابطه با موضوع : طراحی بهینه توپولوژیکی صفحات سخت شده با استفاده از محدودیت SRV برای راه حلهای ۱/۰ پژوهش کردند . در این مقاله از روشهای طراحی بهینه توپولوژیکی را برای سخت شدن صفحات تحت خمش استفاده شده است. هدف از طراحی استفاده از مقدار معینی از مواد به عنوان سخت کننده های متعامد برای به حداقل رساندن تغییر شکل صفحات در خمش است.



شکل ۲. صفحه تقویت شده با سخت کننده های متعامد

۴. اهمیت اهداف تحقیق

الف) پیدا کردن بهترین ابعاد برای تسمه های تقویتی صفحه فولادی تحت خمش در یک حجم ثابت در چند نمونه خاص با ابعاد خاص
ب) پیدا کردن بهینه ترین جانمایی برای تسمه های سخت کننده صفحه فولادی تحت خمش در چند آرایش و مدل خاص
ج) مدل کردن در برنامه ABAQUS
د)مقایسه این نمونه باهم به لحاظ تغییر شکل و جابجایی

۵. فرضیه ها و مفروضات تحقیق

-ابعاد تسمه های تقویتی در صلبیت خمشی صفحه موثر است
-آرایش تسمه های تقویتی در صلبیت خمشی صفحه و کاهش تغییر مکان قائم آن موثر است.
-توجه داشته باشید که در این مسئله در حالت واقع گرایانه ما دارای ۳ لایه از مصالح مختلف هستیم یعنی : صفحه فولادی و تسمه های تقویتی و مواد یا روش اتصال مابین صفحه و تسمه که در این پژوهش به جهت کاهش زمان ما فقط از یک چگالی استفاده میکنیم و لایه سوم را در نظر نمیگیریم و امکان تحقیق در این مورد در آینده برای محققین میباشد.
-تکیه گاه های صفحه به صورت گیردار بررسی میشود

۶. جنبه نوآوری و جدید بودن تحقیق

با مطالعه مقالات داخلی و خارجی مرتبط با موضوع تحقیق ملاحظه میشود که در زمینه بهینه سازی توپولوژی صفحه ها تا کنون مطالعات فراوانی صورت پذیرفته است ولی با بررسی های انجام شده تاکنون در زمینه بهینه سازی صفحه فولادی تحت خمش سخت شده به صورت پلکانی با حجم ثابت و آرایش مختلف مطالعه ای انجام نشده است که از این بابت کاربرد تحقیق حاضر در مقاوم سازی ها دارای نوآوریست.

۷. روش تحقیق

الف) با استفاده از داده های مراجع اصلی کلیات لازم ، مطالعه شد و روابط و پارامتر ها و متغییرهای مسئله مشخص و در نظر گرفته شد .
ب) مقالات و کتب داخلی و خارجی در رابطه با بهینه سازی و پلیت های تقویت شده در معرض نیروی خمشی مورد مطالعه قرار گرفت .
پ) با استفاده از کتب مربوط به آموزش نرم افزار ABAQUS روش استفاده برای این مسئله یافت شد .نمونه سوالاتی با نسخه نرم افزار موجود در سیستم امتحان شد و پاسخ ها و نمودارها مقایسه و تایید شد.

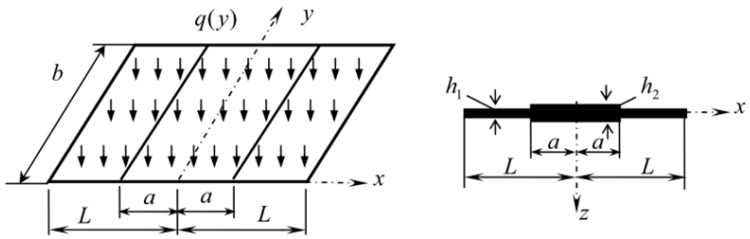
۸. مروری بر پیشینه تحقیق

در مقاله ای با موضوع بهینه سازی صفحه مستطیل و توپولوژی پوسته کم عمق با استفاده از توزیع ضخامت یا همگن سازی که توسط (هاگیوارا و لوزاروس) Lazarus H. Tenek*, Ichiro Hagiwara پژوهش شده. در این مطالعه بهینه سازی توپولوژی صفحات و

همچنین پوسته های استوانه ای کم عمق و منحنی (کروی) مورد استفاده قرار گرفته است.[۱] در اصل ، هدف از این مطالعه سه گانه بود .نتایج نشان داد که روش های بهینه سازی می توانند در هدایت ما از طریق توپولوژی های قوی و کارآمد و پوسته های کم عمق موثر باشند. [۱]. در مقاله دیگر در رابطه با طراحی بهینه توپولوژیکی صفحات سخت شده با استفاده از محدودیت SRV که توسط Moshe B. Fuchs and Nathan Perchikov پژوهش شده و در ششمین کنگره جهانی بهینه سازی ساختاری و چند رشته ای ریودوژانیرو نیز مطرح شده [2]. در این پژوهش صفحات فولادی با سخت کننده های متعامد مختلفی به روش SRV بهینه سازی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و با روش کلاسیک مقایسه شده [2]. در مقاله ا ی با عنوان یک راه حل نیمه تحلیلی برای ورق مستطیلی تحت خمش که توسط M.Mukhopadhyay پژوهش شده. با جایگزین کردن تابع اساسی که شرایط مرزی را در طول دو لبه مخالف در یک جهت صفحه قرار می دهد و سپس با استفاده از تبدیل مناسب ، معادله خمش صفحه را به یک معادله دیفرانسیل سازنده کاهش می دهد. معادله حاصل با استفاده از تعداد کمی از متغیرهای گسسته به وسیله تکنیک crence حل شده است. نمونه هایی برای انواع صفحه مستطیلی الاستیک ایزوتروپیک و ارتوتروپیک از مقطع مرزهای مختلف تحت بارهای مختلف ارائه شده است. دقت بسیار خوبی بدست آمده است.[3] در مقاله دیگری از همین نویسنده با عنوان صفحات تقویت شده تحت خمش در را بطه با سخت کننده صفحه تحقیق شده است ، یک روش نیمه تحلیلی که توسط نویسنده برای آنالیز صفحات ساخته شده است ، به تجزیه و تحلیل استاتیک صفحات سخت شده گسترش یافته است.[4] . در مقاله صفحات فولادی تقویت شده تحت فشار و خمش که توسط G. Y. Grondin,Q.Chen,A.E.Elwi & J. J. Cheng نوشته شده و چکیده آن را در ادامه مطالعه میکنیم .ظرفیت کمانش صفحات فولادی سخت شده با سخت کننده های شکل T به صورت تجربی و تحلیلی مورد بررسی قرار گرفت.[5] در مقاله ای با عنوان **اصطلاحات حساس توپولوژیکی و اصول تغییرات توپولوژیکی کاربردی** ، کاربرد بهینه سازی صفحات در خمش که توسط Dariusz Bojczuk · Zenon Mróz پژوهش شده[6] ، مفهوم مشتق حساسیت توپولوژیکی برای بررسی مشکل طراحی بهینه سازه ها معرفی و استفاده می شود. در مقاله ای دیگر با عنوان **تجزیه و تحلیل خمش عرضی صفحه مستطیل** که Kanak Kalita, Dinesh Shinde, Salil Haldar پژوهش کرده اند[7] تحلیل خمش عرضی صفحات یک تحقیق مهم در مهندسی سازه است. تاکنون از تعدادی تکنیک برای این تحقیقات استفاده شده است.

۸،۱. بهینه سازی در ابعاد مقطع

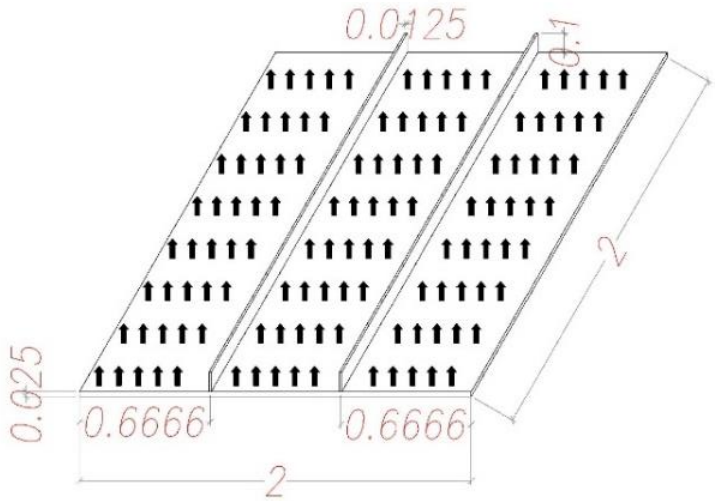
در مقاله مرتبط دیگر که توسط Belubekyan E.V., Poghosyan A.G., Avetisyan H.R.پژوهش شده وظیفه این تحقیق نشان دادن مقادیر بهینه برای h_2 , a, h_1,φ با ارائه حداقل مقدار تغییر شکل در بیشترین خمش در طول آن و وزن ثابت برای صفحه و ابعاد کلی داده میشود. ξ=(2 L)/b [۸] که با مواد کامپوزیتی تحت خمش با تکیه گاه های مختلف (گیردار ، مفصلی ، غلطکی) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته که ابتدا فرمولاسیون را به شکل پارامتری در شرایط مختلف تکیه گاهی معرفی کرده و سپس برای پارامترها ، اعدادی در نظر گرفته و در روابط ریاضی معرفی شده قرار میدهد که در نتیجه مقادیر مورد نظر به صورت بهینه معرفی میشود .



شکل ۳. طرح مدل

۹. صحت سنجی مدل اجزای محدود

در این قسمت اعتبار سنجی مدل اجزای محدود ارایه شده است. برای انجام اعتبارسنجی ، از نتایج نمونه انجام شده در کتاب مرجع کاربردی اباکوس[9] استفاده شده است. در شکل ۴مشخصات هندسی نمونه مورد نظر نشان داده شده است. مشخصات مصالح و مشخصات محدوده پلاستیک در جدول ۱ آمده است. بارگذاری به صورت گسترده و رفت برگشتی روی صفحه فولادی آمده است که تاریخچه بارگذاری طبق جدول ۲ اعمال شده .



شکل ۴. مشخصات هندسی نمونه مسئله حل شده کتاب [۹]

جدول ۱ .مشخصات مصالح و محدوده پلاستیک صفحه فولادی در نمونه مسئله حل شده کتاب[۹]

مدول الاستیسیته	$E = 2.1 \times 10^{11}\ Pa$
نسبت پواسون	$\nu = 0.3$
چگالی	$\rho = 7800\ kg/m^3$
Yield Stress (Pa)	Plastic Strain
300×10^6	0
350×10^6	0.025
375×10^6	0.1
394×10^6	0.2
400×10^6	0.35

جدول۲. تاریخچه بارگذاری در نمونه مسئله حل شده کتاب[۹]

Time	Amplitude
0	0
0.001	70000
0.01	700000
0.02	0
0.05	0

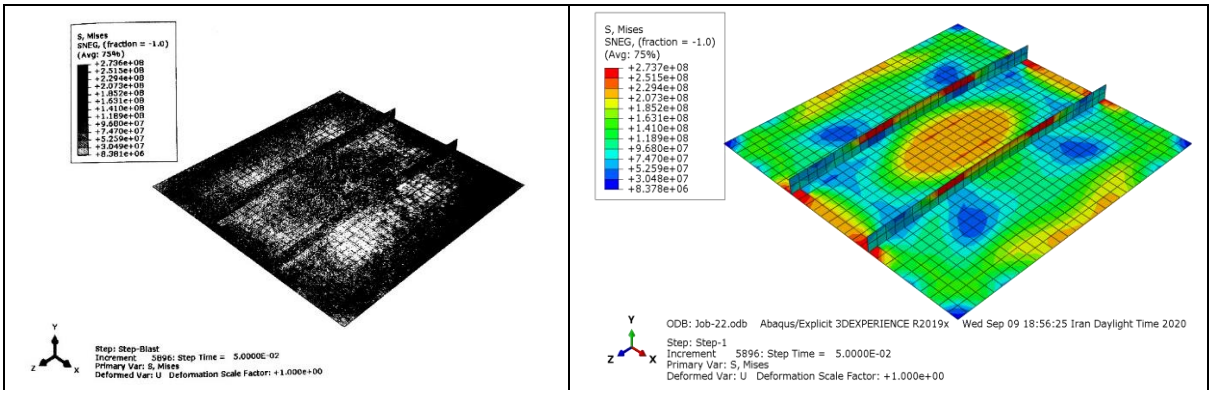
در ادامه جدول ۳ مشخصات و ابعاد نمونه های دیگر که برای بهینه سازی در نظر گرفتیم مشاهده می‌شود ، قابل ذکر است که کنترل کمانش سخت کننده ها برای تمام نمونه ها بررسی شد و رابطه زیر برقرار بود.

$$\frac{b\ \text{ارتفاع/عرض}}{t\ \text{ضخامت}} \leq 16$$

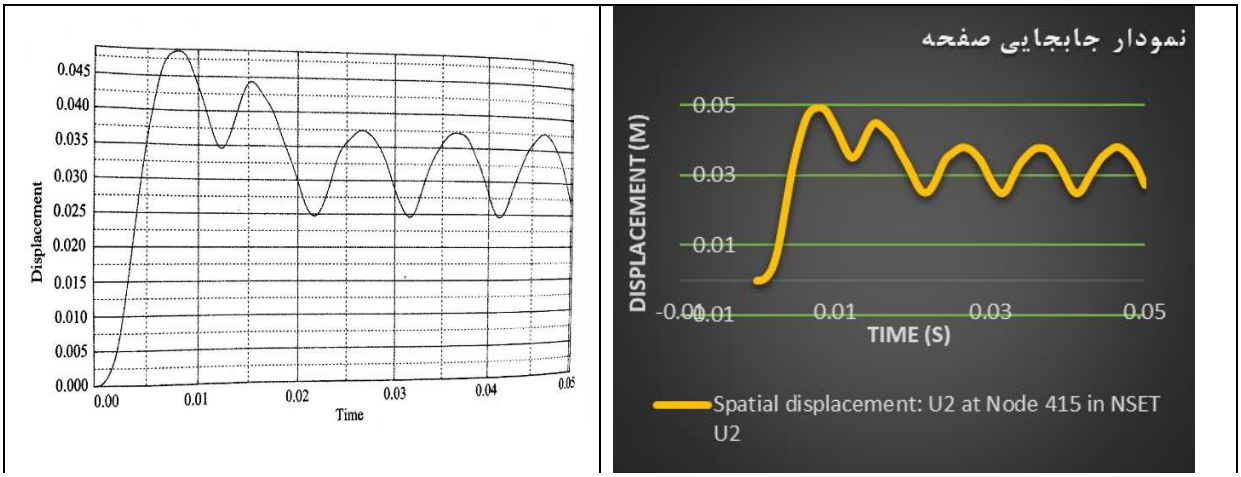
جدول۳ . مشخصات نمونه صفحه های سخت شده در ۹ نمونه

شماره نمونه	نمونه ۱ کتاب	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
طول صفحه(متر)	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
عرض صفحه(متر)	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
ضخامت صفحه(متر)	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵
طول سخت کننده ها(متر)	۲	۲	۲	۲	2	۲	۲	۱	0.8
ضخامت سخت کننده ها(متر)	۰,۰۱۲۵	۰,۰۰۶۲۵	۰,۰۰۶۲۵	۰,۰۰۶۲	۰,۰۰613	۰,۰۰۵	۰,۰۰۵	۰,۰۰۲۵	۰,۰0625
ارتفاع / عرض سخت کننده ها(متر)	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۰۵	0.098	۰,۰۵	۰,۰۵	۱	۰,۱
تعداد سخت کننده ها	۲	۴	۴	۸	۴	۱۰	۱۰	۲	۵
محل قرارگیری بر صفحه	بالا	بالا و پایین مساوی	بالا و پایین مساوی	بالا و پایین مساوی	بالا و پایین مساوی	بالا و پایین مساوی	بالا و پایین مساوی	بالا و پایین مساوی	بالا و پایین مساوی

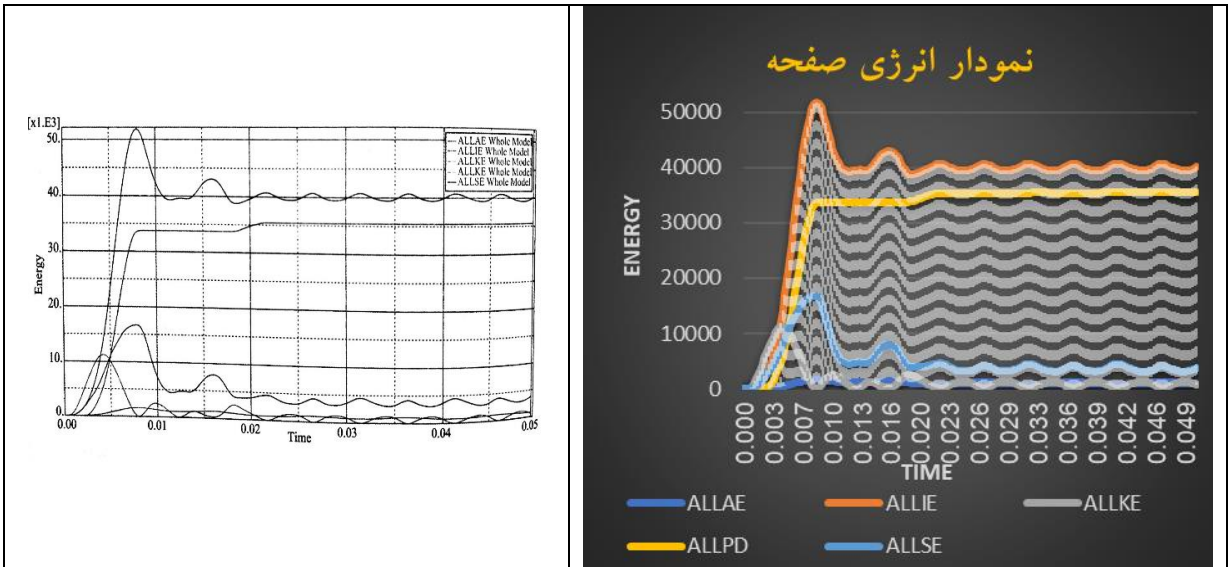
پس از پردازش نهایی مدل کتاب با نرم افزار آباکوس و بدست آوردن نتایج و نمودار ها همانطور که در ادامه مشاهده می‌شود با پاسخ های کتاب کاملا انطباق دارد .



و کار انجام شده[9]شکل ۵. انطباق نمودار کانتوری صفحه ، تنش فون میزز ، نمونه کتاب



و کار انجام شده[9]شکل ۶. انطباق نمودار جابجایی صفحه ، نمونه کتاب



و کار انجام شده[10]. انطباق نمودار انرژی صفحه ، نمونه کتاب 7شکل

۱۰. طرح مدلهای جدید

همانطور که مشاهده می‌شود نتایج نمونه کار انجام شده با نرم افزار آباکوس و نمونه کتاب تطبیق خوبی دارد . در نتیجه به طراحی مدل هایی جدید با همان محدودیت هایی که قبلاً گفته شد میپردازیم تا هر کدام را با همین مراحل که گفته شد تحلیل کنیم و در مقایسه متوجه شویم که بهینه سازی صدق میکند یا خیر. برای این منظور بجز نمونه کتاب ۸ نمونه دیگر در نظر گرفتیم که در ادامه مشاهده خواهیم کرد. همان طور که در شکل ۴ مشاهده شد مجموع حجم سخت کننده ها برابر با $۰,۰۰۵ m^۳$ می‌باشد که این مقدار در مدل های دیگر رعایت شده است .

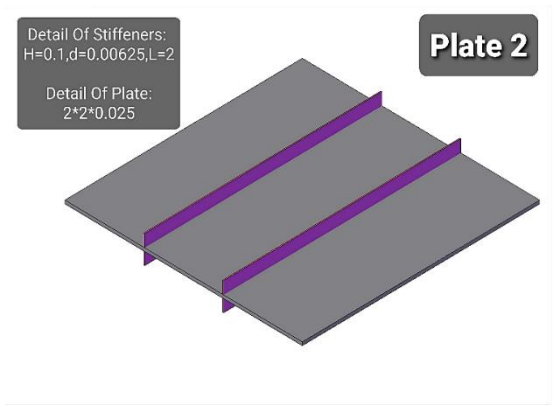


Plate 2
Detail Of Stiffeners:
H=0.1,d=0.00625,L=2
Detail Of Plate:
2*2*0.025

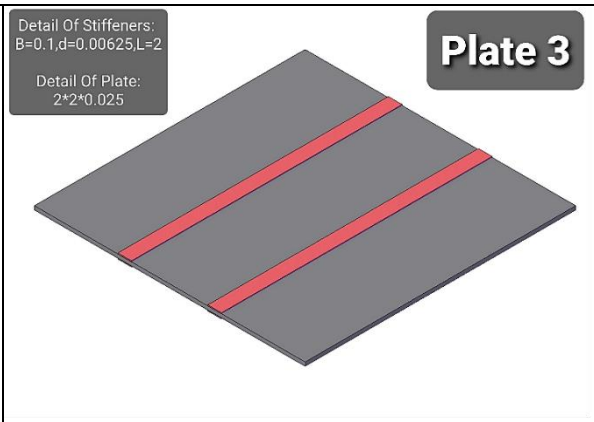


Plate 3
Detail Of Stiffeners:
B=0.1,d=0.00625,L=2
Detail Of Plate:
2*2*0.025

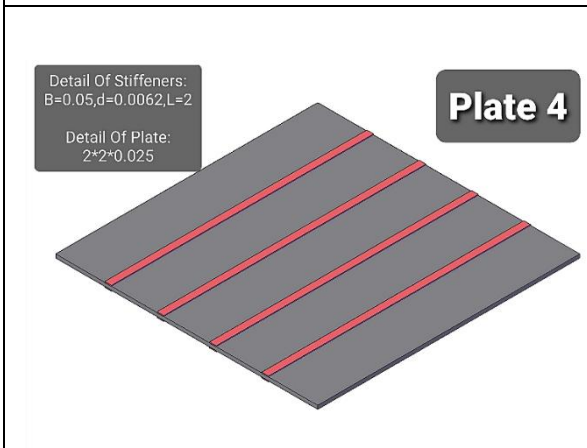


Plate 4
Detail Of Stiffeners:
B=0.05,d=0.0062,L=2
Detail Of Plate:
2*2*0.025

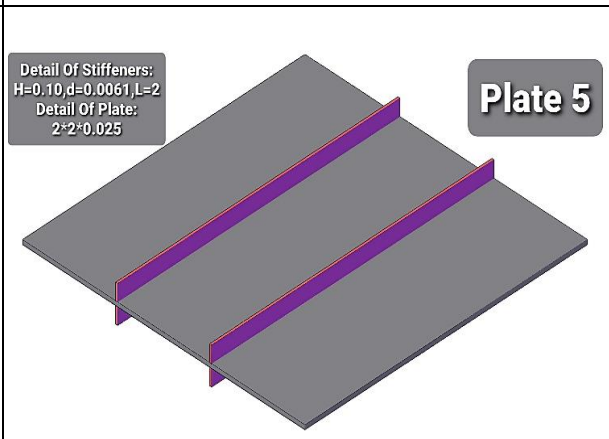


Plate 5
Detail Of Stiffeners:
H=0.10,d=0.0061,L=2
Detail Of Plate:
2*2*0.025

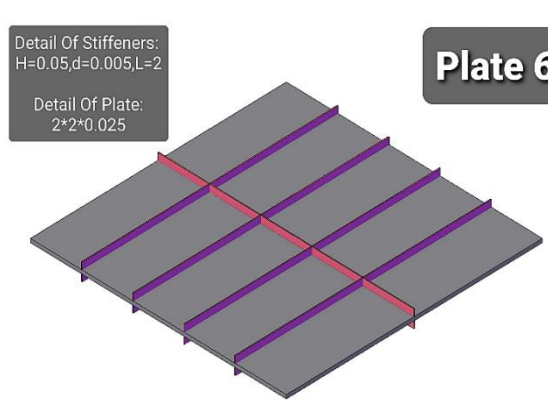


Plate 6
Detail Of Stiffeners:
H=0.05,d=0.005,L=2
Detail Of Plate:
2*2*0.025

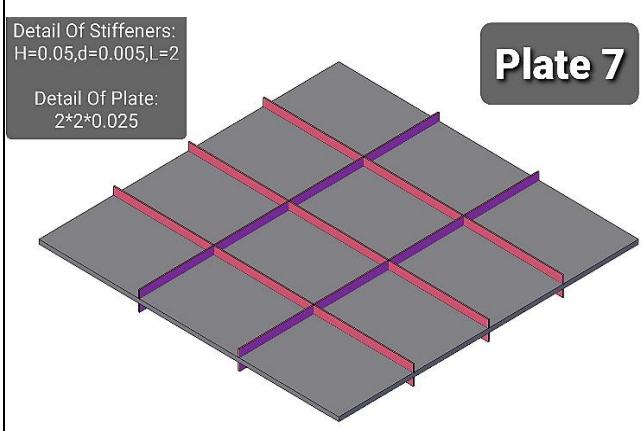
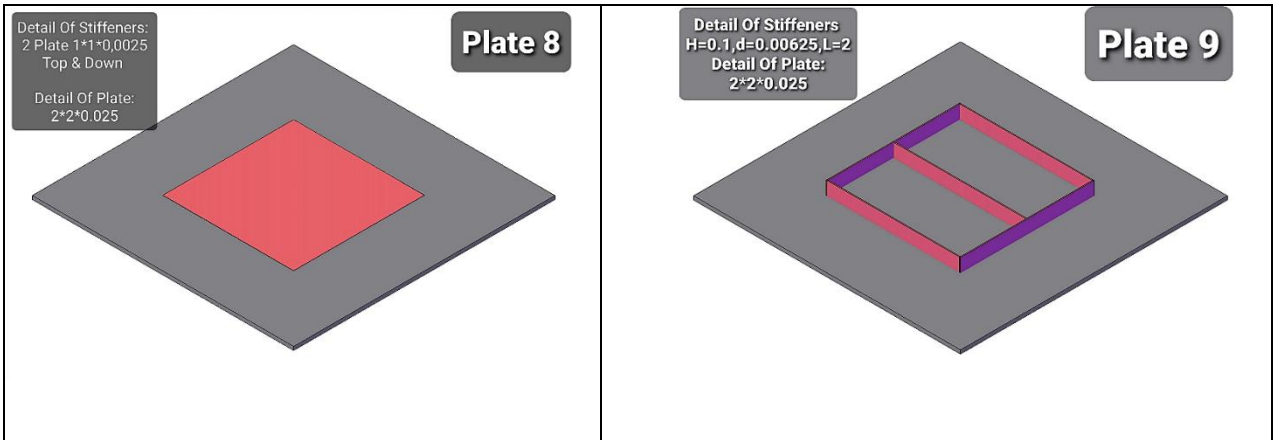


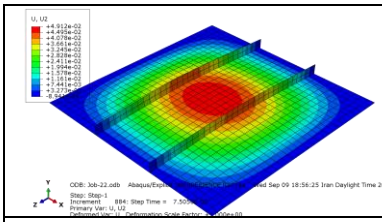
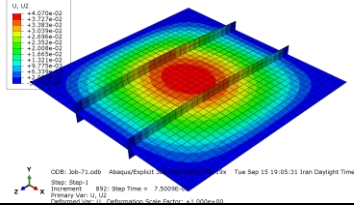
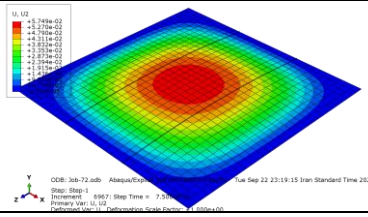
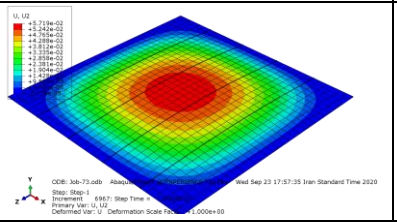
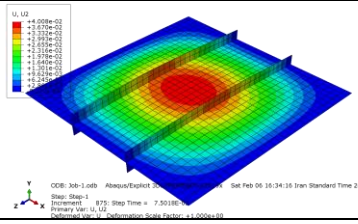
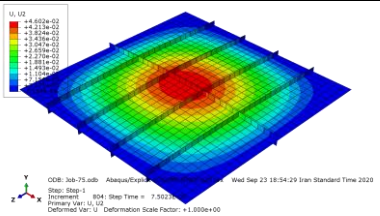
Plate 7
Detail Of Stiffeners:
H=0.05,d=0.005,L=2
Detail Of Plate:
2*2*0.025

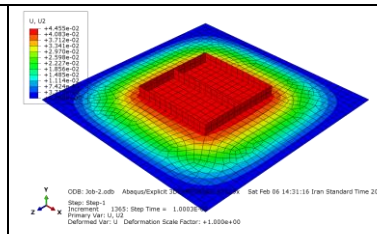
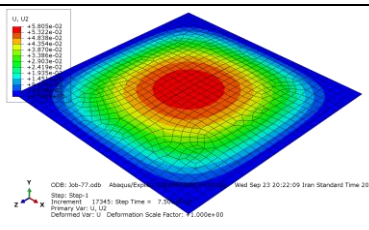
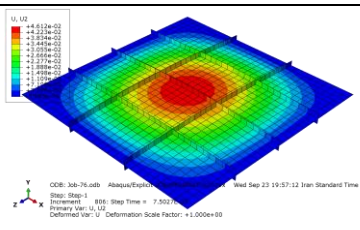


شکل ۸ . جزئیات هشت نمونه دیگر با حجم برابر سخت کننده ها اما با آرایش قرارگیری و مقاطع مختلف در اشکال فوق ارتفاع هر سخت کننده =H, ضخامت هر سخت کنندهd= = و طول هر سخت کننده L

۱۱. پردازش مدلهای جدید

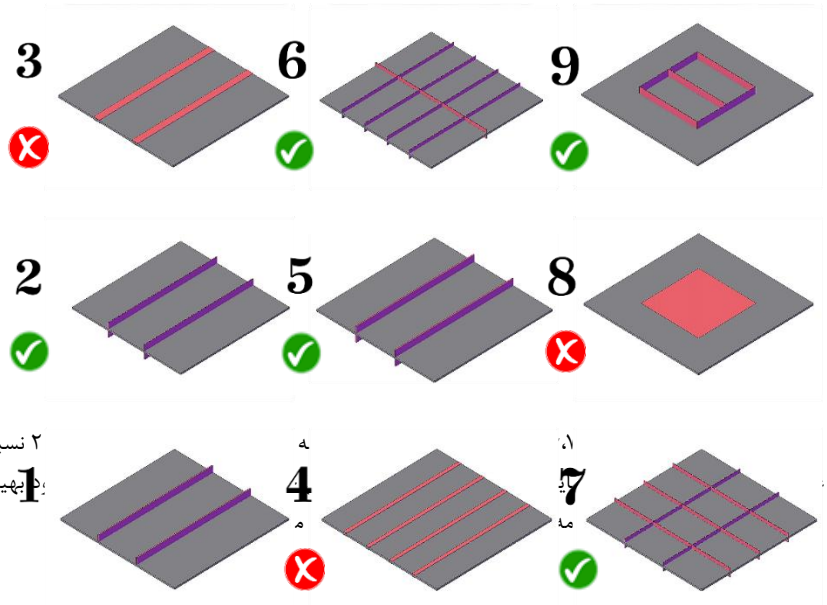
در نمونه های بعدی تمام سخت کننده ها به صورت کاملاً یکسان در بالا و پایین صفحه قرار گرفتند و با مجموع حجم ۰,۰۰۵ تا مقایسه دقیق باشد. پس از طراحی اشکال فوق در آباکوس و تحلیل آنها به نتایج متفاوتی برخوردیم که در ادامه به آنها میپردازیم . برای مقایسه مابین نمونه کتاب و نمونه های انجام شده ما از نمودارهای جابجایی مرکز صفحه استفاده میکنیم و مشخصاً بهینه ترین نمونه کمترین جابجایی را دارد. به همین منظور در ادامه نمودارهای جابجایی در جهت U2 برای ۹ مدل را نشان می دهیم .

		
شکل ۹: کانتور جابجایی نمونه اولیه (نمونه کتاب)	شکل ۱۰: کانتور جابجایی نمونه شماره ۲ با پاسخ بهینه نسبت به کتاب	با پاسخ 3: کانتور جابجایی نمونه شماره 11شکل ضعیف تر نسبت به کتاب
		
با پاسخ 4 : کانتور جابجایی نمونه شماره 12شکل ضعیف تر	با پاسخ 5: کانتور جابجایی نمونه شماره 13شکل بهینه	با پاسخ 6: کانتور جابجایی نمونه شماره 14شکل بهینه

		
با پاسخ 9شکل ۱۷: کانتور جابجایی نمونه شماره بهینه	با پاسخ 8: کانتور جابجایی نمونه شماره 16شکل ضعیف تر	با پاسخ 7: کانتور جابجایی نمونه شماره 15شکل بهینه

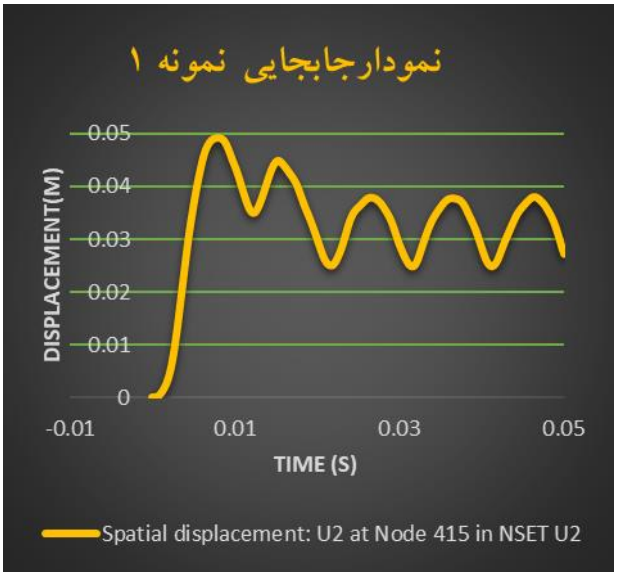
۱۲. نتایج پس از تحلیل مدلهای جدید در مقایسه با مدل اولیه

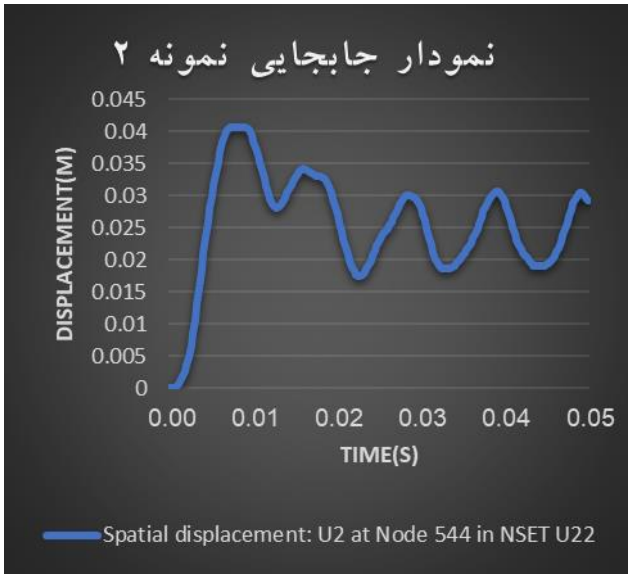
نتایج تقریباً همانطور که پیش بینی میکردیم شد اما ۳ نمونه از آنها نسبت به نمونه اولیه ضعیف تر عمل کردند که در شکل ۱۸ مشاهده می‌شود .



همین طور که در شکل ۱۸ ۱، ۲ نسبت به نمونه اولیه سخت کننده ها به صورت بهینه تر عمل کرده

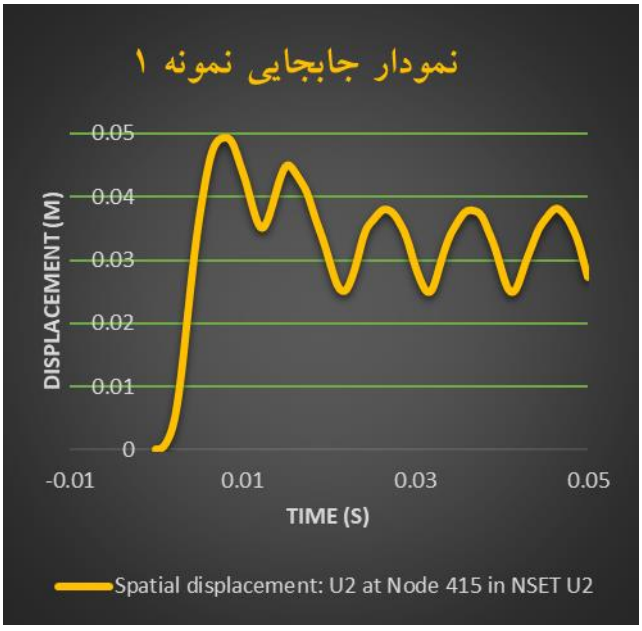
شکل ۱۸. نمونه های تحلیل شده (تیک سبز بهینه تر و ضربدر قرمز به معنا عملکرد ضعیف تر)

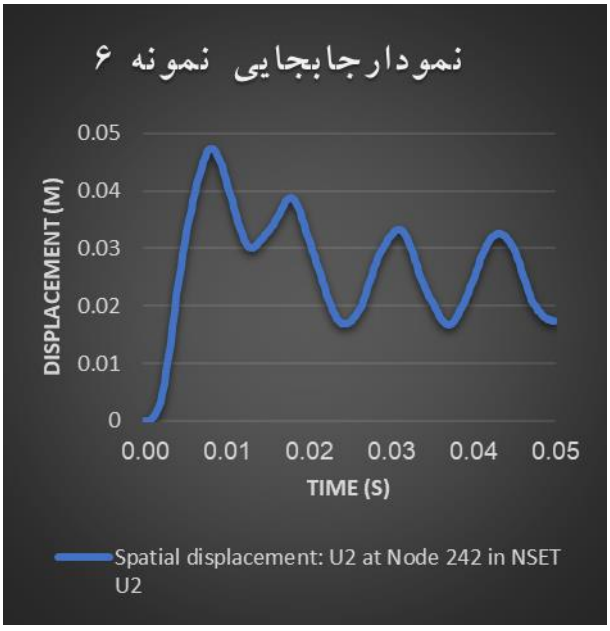




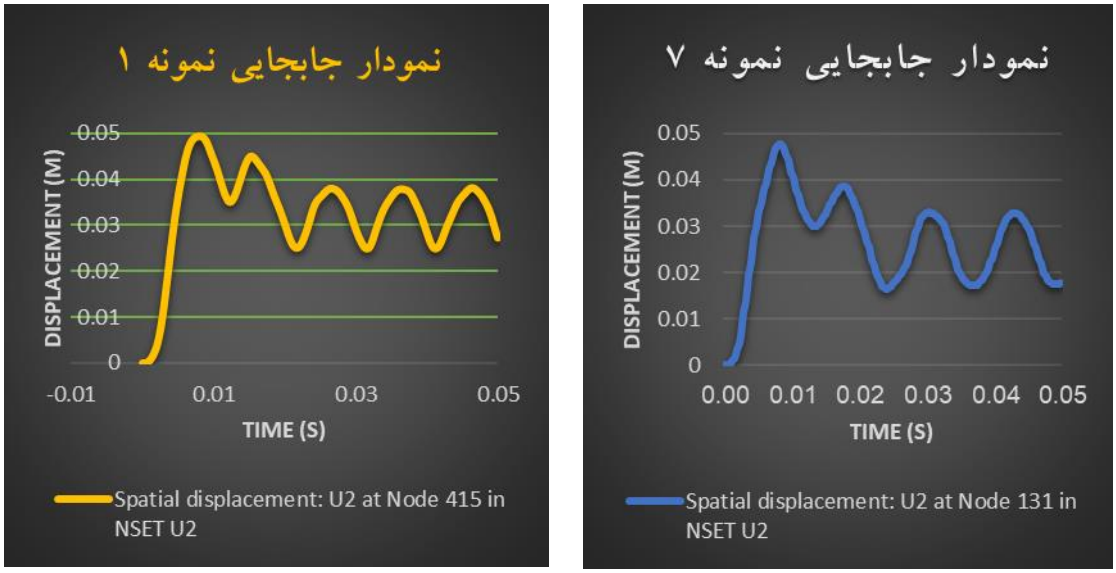
مقایسه جابجایی مرکز صفحه در نمونه اولیه و نمونه شماره ۲.شکل ۱۹

حداکثر تغییر شکل در نمونه اولیه برابر با ۰,۰۴۹۱۲ و در نمونه شماره ۲ برابر با ۰,۰۴۰۷۰ می‌باشد که این مقدار اگر چه خیلی چشم گیر نیست اما بهینه تر میباشد. در نمونه های ۶،۷،۹ نیز مقدار تغییر شکل در همین حدود می‌باشد که در ادامه مقایسه نمونه آنها را نیز مشاهده میکنیم. در نمونه های ۶ و ۷ سعی شد تا با افزایش تعداد سخت کننده ها بر روی صفحه و گسترش آن در سطح صفحه شاهد افزایش بیشتر سختی صفحه نسبت به نمونه اولیه باشیم . در این نمونه ها شاهد بهینه تر شدن صفحه شدیم اما نسبت به نمونه شماره ۲ ضعیف تر عمل کردند که این موضوع نشان میدهد صرفاً افزایش تعداد سخت کننده ها (در زمانی که حجم سخت کننده ها برابر باشد) باعث افزایش سختی صفحه نمیشود بلکه مقطع و آرایش قرار گیری آن نیز بسیار اهمیت دارد.





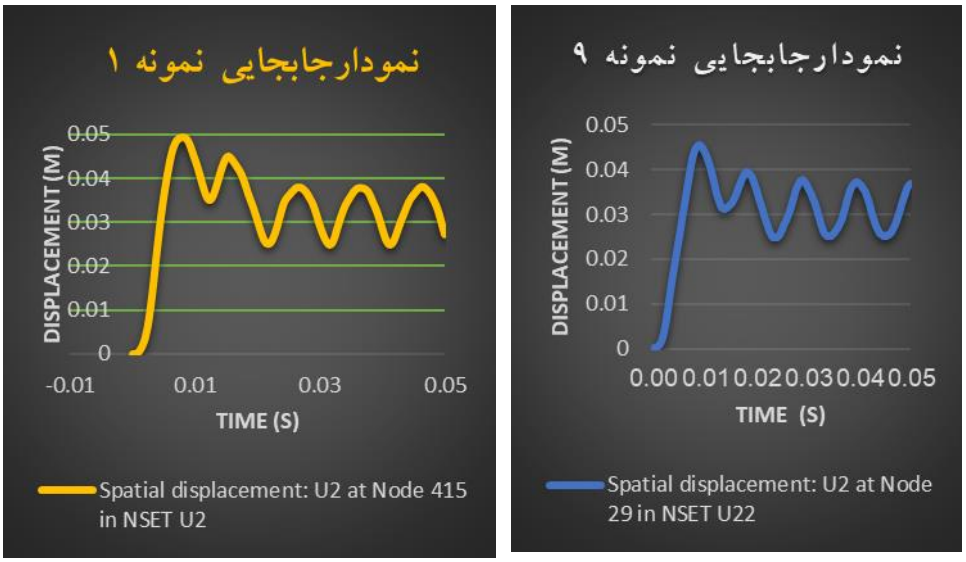
شکل ۲۱ . مقایسه جابجایی مرکز صفحه در نمونه اولیه و نمونه شماره ۶



شکل ۲۲ . مقایسه جابجایی مرکز صفحه در نمونه اولیه و نمونه شماره ۷

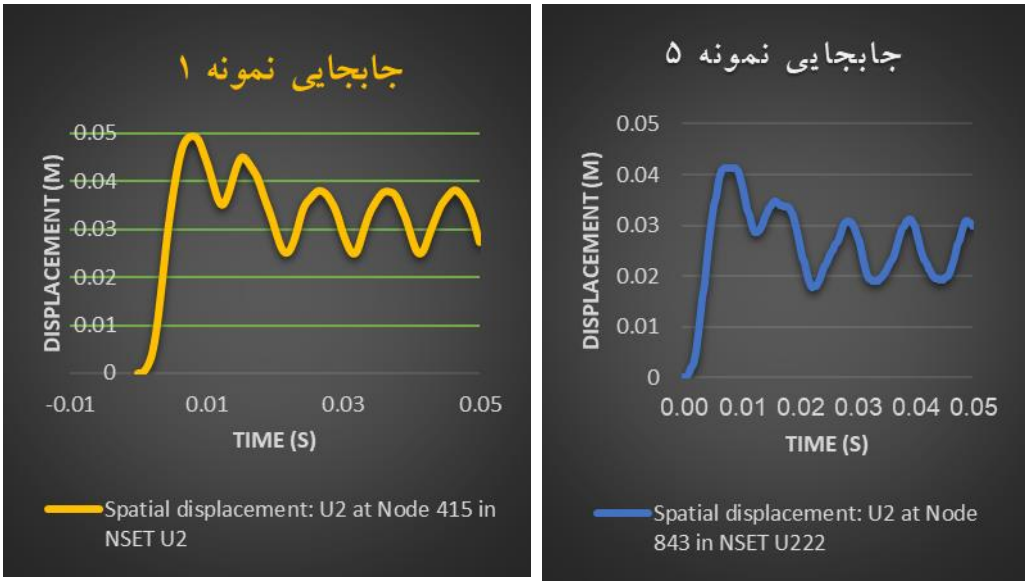
در نمونه ۶ حداکثر تغییر شکل برابر با ۰,۰۴۶۰۲ و در نمونه شماره ۷ برابر با ۰,۰۴۶۱۲ می‌باشد که در مقابل نمونه اولیه بهینه تر می‌باشند.

در نمونه شماره ۹ ما با تلاش برای متمرکز کردن سخت کننده ها در مرکز صفحه که دارای فشار بیشتر است سعی کردیم جابجایی صفحه را کاهش دهیم به همین در مرکز صفحه ۵ عدد سخت کننده مانند عدد هشت لاتین چیدیم که این سخت کننده ها نیز در بالا و پائین صفحه تکرار کردیم که این عمل باعث شد این نمونه نسبت به نمونه هایی که تا اینجا توضیح دادیم بهینه تر عمل کند . در ادامه نمودار جابجایی آن را مقایسه می‌کنیم.



شکل ۲۳ . مقایسه جابجایی مرکز صفحه در نمونه اولیه و نمونه شماره ۹

در این نمونه حداکثر مقدار جابجایی مرکز صفحه برابر با ۰,۰۴۴۸۱ می‌باشد و نسبت به تمامی نمونه هایی که تا به حال گفتیم بهینه تر میباشد. و این بیشتر به خاطر آرایش بخصوص آن نسبت به دیگر نمونه ها میباشد.
اما در نمونه شماره ۵ که نسبت به نمونه اولیه بهینه تر است . ما در این نمونه با در نظر گرفتن کمانش موضعی و افزایش ارتفاع سخت کننده نسبت به دیگر نمونه های فرضی باعث افزایش سختی در این نمونه شدیم که تصویر زیر یک نمونه از آن است.به همین علت در این نمونه منحنی نمودار جابجایی مرکز صفحه نسبت به نمونه های دیگر متفاوت است.و باید به این نکته توجه کرد که جابجایی کل صفحه در لحظات مختلف بررسی شد اما بیشترین جابجایی در زمان 0.0075 اتفاق افتاد .. در این نمونه حداکثر جابجایی انجام شده در مرکز صفحه برابر با ۰,۰۴۱ میباشد که این مقدار نسبت به جابجایی نمونه اول دارای حدوداً ۱۷ درصد کاهش میباشد . که این مقدار قابل قبول است .



شکل ۲۴ .مقایسه جابجایی مرکز صفحه در نمونه اولیه و نمونه شماره ۵

۱۳. نتیجه گیری

۱۳,۱. مقدمه

در این تحقیق رفتار نه نوع صفحه سخت شده تحت خمش مورد بررسی قرار گرفت در حالی که حجم سخت کننده ها برابر بود اما مقاطع و آرایش آنها متفاوت بود. برای انجام این تحقیق از روش اجزای محدود و نرم افزار آباکوس استفاده شده است . صحت سنجی مدلسازی با استفاده از نتایج یک نمونه در کتاب انجام شد و انطباق نسبتاً دقیقی میان نتایج کتاب و مدل مشاهده شد. خروجی ها در قالب نمودارها و کانتورهای جابجایی در جهت محور Y استخراج و مقایسه شد تا نتیجه گیری انجام شود.

۱۳,۲. نتیجه گیری نهایی

با توجه به یافته های این تحقیق، موارد ذیل به عنوان نتیجه گیری ارایه می گردد:

- با تغییر مقاطع سخت کننده های صفحه تحت خمش می‌توان به نتایج بهینه تر رسید و صفحه مقاوم تری داشت.
- با تغییر در آرایش قرارگیری سخت کننده ها می‌توان باعث مقاومت بیشتر صفحه در مقابل خمش شد.

- میتوان با در نظر گرفتن نسبت ارتفاع >ضخامت برای مقطع سخت کننده ها به نتایج خیلی بهتر در جهت افزایش سختی صفحه رسید .
- آرایش قرارگیری سخت کننده ها هرچقدر به نقاط بحرانی نزدیکتر باشد صفحه سخت تر خواهد بود و پاسخ بهینه تری خواهیم داشت.

۱۳،۳. پیشنهاد برای تحقیقات آینده

با توجه به تحقیق انجام شده، موارد ذیل به عنوان پیشنهاد برای تحقیقات آینده قابل بیان است:

- بررسی همین نمونه با در نظر گرفتن جوش بین سخت کننده و صفحه و اندرکنش بین آنها
- بررسی آرایش متمرکز در نقاط بحرانی و افزایش ارتفاع در مقاطع به صورت هم زمان
- بررسی رفتار همین نمونه ها با تکیه گاه های دیگر و قرار دادن تکیه گاه ها در اضلاع کمتر (مثلاً دو ضلع مقابل هم)
- بررسی با باگذاری های متفاوت و متغییر

۱۴. فهرست منابع و مآخذ

[1] Optimal rectangular plate and shallow shell topologies using thickness distribution or homogenization .Lazarus H. Tenek*, Ichiro Hagiwara .Comput. Methods Appl. Mech. Engrg. ۱۱۵ (۱۹۹٤) ۱۲٤-۱۱۱
[2] Optimal Topological Design of Stiffened Plates Using the SRV Constraint for 0/1 Solutions . Moshe B. Fuchs and Nathan Perchikov Rio de Janeiro, 30 May - 03 June 2005, Brazil .School of Mechanical Engineering, The Iby and Aladar Fleischman Faculty of Engineering.
[3] STIFFENED PLATES IN BENDING. M. MUKHOPADHYA. Department of Ocean Engineering and Naval Architecture, Indian Institute of Technology, Kharagpur-721 302, India (Received 10 Sepfember 1992)
[4] A SEMIANALYTIC SOLUTION FOR RECTANGULAR PLATE BENDING . M. MUKHOPADHYAY Naval Architecture fkpartment. Indian Institute of Technology, Kharagpur 721 302, India (Received 2 March 1977; notice for publication 15 July 1977)
[5] Stiffened Steel Plates Under Compression and Bending . G. Y. Grondin, a Q. Chen, b A. E. Elwi a & J. J. Cheng a. J. Construct. Steel Res. Vol. 45, No. 2, pp. 125–148, 1998
[6] Topological sensitivity derivative and finite topology modifications: application to optimization of plates in bending. Dariusz Bojczuk · Zenon Mróz Struct Multidisc Optim (2009) 39:1–15 DOI 10.1007/s00158-008-0333-5
[7] Analysis on Transverse Bending of Rectangular Plate , Kanak Kalita, Dinesh Shinde, Salil Haldar. Materials Today: Proceedings 2 (2015) 2146 – 2154
[8] BULLETIN OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OFBelubekyan E.V., Poghosyan A.G., Avetisyan H.R. Optimization of a recta ARMENIA NEWS NEWS NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES] ngular plate piecewise constant thickness when bending, prepared from the composite material. 65, No1, 2012
[9]کتاب کاملترین مرجع کاربردی آباکوس ویژه عمران ، مهندس سهیل سرش نیا ، مهندس هادی نجفی ، مهندس محمد حسین ممقانی ، مهندس مرتضی مهروند ، ناظر علمی دکتر نادر فنائی
[10]کتاب مبانی بهینه سازی تالیف : آر. تی . هفتکه و زد . گوردال ترجمه دکتر محمد حسین ابوالبشری انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد شماره ۳۷۵