

SID



ابزارهای
پژوهش



سرویس ترجمه
تخصصی



کارگاه های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری
STES



فیلم های
آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت های کاربردی
در تدوین و چاپ مقالات ISI



روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word
برای پژوهشگران

بررسی اثر ناکاملی هندسی اولیه بر تغییرات ارتفاع سطح مایع (اسلاشینگ) در مخازن فولادی تحت اثر نیروی جانبی زلزله

علی ستاری، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه؛ asattari53@yahoo.com

احمد ملکی، استادیار دانشکده‌ی فنی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه؛ maleki_civil@yahoo.com

چکیده

سازه‌های پوسته‌ای جدار نازک دارای وزن سبک و مقاومت بالا می‌باشند. سازه‌های پوسته‌ای کاربردهای فراوانی در زمینه‌های مختلف دارند. با توجه به کم بودن ضخامت جداره سازه‌های پوسته‌ای امکان ایجاد هرگونه تغییر شکل و اختلال بر روی سطوح دیواره وجود دارد. با توجه به انواع خطا در حین ساخت یا مونتاژ، مخازن طراحی شده بصورت ایده‌آل ساخته نمی‌شوند و دارای مقداری خطای هندسی خواهند بود. در این تحقیق به بررسی اثر ناکاملی هندسی اولیه بر روی اسلاشینگ در مخازن فولادی پرداخته شده است. و اختلاف آنها در حالت اجرایی و طراحی بررسی شده است. ابتدا نمونه‌های آزمایشگاهی در نرم‌افزار اجزاء محدود ABAQUS، مدل شده، و پس از اطمینان از صحت نتایج، با کدنویسی در نرم‌افزار، مجموع درصدهائی از تغییر شکل‌های ۵ مد اول ارتعاشی به عنوان تغییر شکل اولیه به همه مدلها اختصاص داده شده است. اثر ناکاملی هندسی اولیه روی مقدار اسلاشینگ ناچیز بوده است.

کلمات کلیدی: ناکاملی هندسی، سازه‌های جدار نازک، مد ارتعاشی، کمناش پافیلی، اسلاشینگ

مقدمه

استفاده روزافزون از سازه‌های جدار نازک فولادی نظیر مخازن مرتفع آب، مخازن ذخیره آب و نفت، سازه‌های دریایی و فراساحل، مخازن تحت فشار، سیلوها و کشتی‌ها باعث گسترش کاربرد و پیشرفت تحقیقات در مورد اعضای جدار نازک شده است. پوسته‌های جدار نازک بدلیل سبکی، و عملکردهای فوق العاده شان در تحمل بار همواره مورد توجه طراحان سازه بوده است.

به همین دلیل استفاده از این پوسته‌ها روز به روز در حال گسترش می‌باشد. این مسئله اهمیت بررسی موضوع ناپایداری در این از سازه‌ها را نشان می‌دهد. در این سازه‌ها المانهای پوسته‌ای تحت تنشهای فشاری هستند. ناکاملی‌های هندسی اولیه و تنش‌های پس‌ماند که نتیجه فرآیند ساخت و مونتاژ هستند، مقاومت کمناشی پوسته‌های ساخته شده را تحت تاثیر قرار داده و کاهش می‌دهند. مقدار تاثیر ناکاملی‌های اولیه، به هندسه پوسته، نوع بارگذاری (بار محوری، خمشی، فشار خارجی و...)، اندازه ناکاملی‌ها و مشخصات مصالح بستگی دارد [۱۴].

تحقیقات گذشته

ناکاملی‌های هندسی جزء جدایی ناپذیر از سازه‌های فولادی هستند که در اثر فرآیندهای مختلف ساخت و مونتاژ، نظیر جوشکاری همواره بوجود می‌آیند. بدلیل کاهش چشمگیر ظرفیتهای کمناشی سازه‌ها در اثر وجود کمترین ناکاملی‌ها، بررسی نحوه ایجاد و تاثیر آنها اهمیت بسیار زیادی پیدا می‌کند [۷]. عوامل متعددی بر این رفتار سازه‌های جدار نازک تاثیر می‌گذارد که مهمترین آنها عبارتند از ناکاملی‌های هندسی، بارگذاری، شرایط مرزی و

مشخصات فیزیکی مصالح. از بین این عوامل، ناکاملی هندسی و بارگذاری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. برای دستیابی به تخمین واقع بینانه از مقاومت کمناش پوسته‌ها باید ناکاملی‌های هندسی و بارگذاری در نظر گرفته شود [۱۱]. بررسی‌های تجربی نشان می‌دهند که مقاومت کمناشی یک پوسته بدون نقص هندسی به طور قابل ملاحظه‌ای متفاوت از مقاومت کمناشی همان پوسته با اندکی نقص هندسی است. این ویژگی برخی پوسته‌ها را، در شمار سازه‌هایی قرار می‌دهد که اصطلاحاً حساسیت به ناکاملی دارند [۱۶].

کاربرد سازه‌های پوسته‌ای و بررسی پایداری آنها قدمتی دیرینه دارد. تاریخچه بکارگیری معادلات پایداری برای سازه‌های پوسته‌ای به دوران قدیم بر می‌گردد. سپس نظریه تئوریک مسائل مکانیک سازه‌های پوسته‌ای و روشهای حل بسیاری درباره آن پایه ریزی شد و تعداد زیادی از محققین به طور وسیعی به این موضوع پرداخته‌اند. ارائه یک تئوری عمومی برای پوسته‌ها برای اولین بار در نیمه دوم قرن نوزدهم میلادی توسط Love (۱۹۵۹) انجام شد [۱۳].

Donnell (۱۹۳۳) فشار کمناشی بار بحرانی را برای پوسته‌ی استوانه‌ای بدست آورده است [۱]. از آنجایی که ناکاملی هندسی از اهمیت ویژه‌ای در مقاومت کمناشی پوسته‌ها برخوردار است در دهه ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ میلادی افراد بسیاری بر روی ناکاملی هندسی ناشی از جوشکاری بین صفحات تشکیل دهنده پوسته‌ها تحقیق کردند. طی آزمایشاتی که Dowling و همکارانش در سال (۱۹۸۲) بر روی پوسته‌های استوانه‌ای تقویت شده تحت اثر بار ترکیبی جانبی و محوری انجام دادند، نتیجه گرفتند که نقص هندسی اولیه تاثیر مهمی در خرابی این پوسته‌ها ندارد [۹].

Croll, Ellians در سال (۱۹۸۳) محدودیت‌های کمتری برای کمناش ارتجاعی حساس به ناکاملی در مورد خرابی الاستو پلاستیک استوانه‌های با تقویت حلقوی در معرض بارگذاری ترکیبی ارائه داده‌اند. آنها روشی تئوریک برای محدوده وسیعی از انواع بارگذاری و حالت پوسته بدست آوردند [۱۰]. همچنین در مطالعه دیگری Booton, Tennyson (۱۹۷۸) در مورد تاثیر ناکاملی‌های هندسی بر روی بار کمناشی پوسته‌ها تحت بارگذاری فشار جانبی به همین نتیجه رسیدند [۱۰]. Bornscheuer در سال (۱۹۸۳)، Theimer در سال (۱۹۸۸) و همچنین Rotter و Teng در سال (۱۹۸۹) از جمله کسانی بودند که در تحقیقات خود دریافتند که درز بین صفحات ناشی از فرآیند جوشکاری عامل اصلی انحراف از فرم کلی استوانه می‌باشد [۱۵]. Showkati (۲۰۰۲) و [۲] رفتار کمناشی و فراکمناشی مخازن استوانه‌ای جدار نازک را تحت فشار خارجی یکنواخت برای نمونه‌ها با شرایط مرزی متفاوت تحقیق کرده است. بر پایه این مرجع ناکاملی هندسی، عامل بسیار مهم در رفتار غیر خطی مخازن استوانه‌ای تلقی می‌شود.

با توجه به تاثیر فراوان و کاهنده ناکاملی‌ها در ظرفیت باربری و رفتار کمناشی و فراکمناشی پوسته‌های استوانه‌ای جدار نازک و گستردگی انواع ناکاملی‌های ناشی از جوش و ساخت، رفتار، عملکرد و اندرکنش بین آنها،

مشخصات مصالح

در مسائل اسلاشینگ می توان آب را به صورت یک ماده تراکم ناپذیر و غیر چسبناک در نظر گرفت. یک روش بسیار موثر برای مدل سازی آب در Abaqus/Explicit استفاده از یک مدل برشی ویسکوز نیوتنی (Newtonian) و یک معادله حالت خطی برای پاسخ بالک است. مدل بالک به عنوان یک پارامتر جبرانی برای قید تراکم ناپذیری عمل می کند. از آنجایی که مسئله اسلاشینگ یک مسئله غیر محدوده فضایی است، مدل بالک انتخابی می تواند یک دوم تا یک سوم مدل بالک انتخابی واقعی انتخاب گردد، به طوری که هنوز یک رفتار تقریباً تراکم ناپذیری را از خود نشان دهد [۳]. هم چنین ویسکوزیته برشی به عنوان یک پارامتر جبرانی جهت فرونشاندن مودهای برشی (که می تواند سبب به هم ریختگی مش بندی گردد) عمل می کند. از آنجایی که آب یک ماده غیره چسبناک می باشد لازم است ویسکوزیته برشی انتخاب شده برای آن کوچک باشد. توجه به تحقیقات گذشته و نتایج نمونه های آزمایشگاهی، مشخصات فولاد مصرفی در جدول ۱ و مشخصات نمونه ها در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱: مشخصات فولاد مصرفی

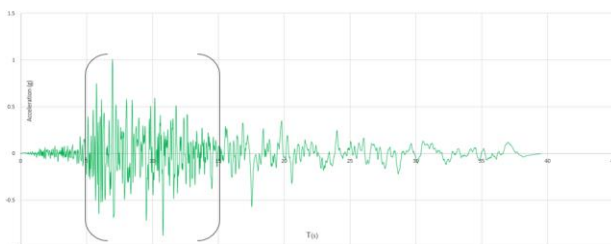
گسیختگی (%)	گسیختگی متوسط (MPa)	تنش تسلیم متوسط (MPa)	ضرب الاستیسیته متوسط (GPa)	فولاد نرم مبارکه
۳۰/۲۴	۳۲۵/۴۹	۱۹۴/۲۴	۲۰۰	

جدول ۲: مشخصات نمونه های مورد استفاده

نامگذاری	L/R	R/t	ضخامت پوسته	ارتفاع پوسته
نمونه آزمایشگاهی	1	600	0.5 mm	300 mm
نمونه واقعی	1	600	10mm	6000mm

مدل سازی

جهت کالیبره نموده نمونه ها و اطمینان از صحت نتایج تحلیل ها، تحلیل خطی انجام گردید و نتایج بدست آمده با نتایج آزمایشگاهی [۴] مقایسه گردیده است و نتایج یکسان بوده است. بنابراین روند مدل سازی، معرفی مشخصات مکانیکی و شرایط مرزی و بارگذاری نمونه ها صحیح بوده است. پس از اطمینان از صحت نتایج، با اعمال درصدی از مجموع ۵ مد اول ارتعاشی [۶] همراه با شتاب افقی زلزله ال سنترو در بازه زمانی ۵ تا ۱۵ ثانیه به نمونه ها اعمال شده و نمونه ها مجدداً تحلیل شده اند. در شکل ۱ نمودار شتاب زمان زلزله ال سنترو ۱۹۴۰ و شکل ۲ نمودار شتاب زمان زلزله ال سنترو در بازه زمانی ۵ تا ۱۵ ثانیه ارائه شده است.



شکل ۱: نمودار منحنی شتاب زمان زلزله ال سنترو ۱۹۴۰

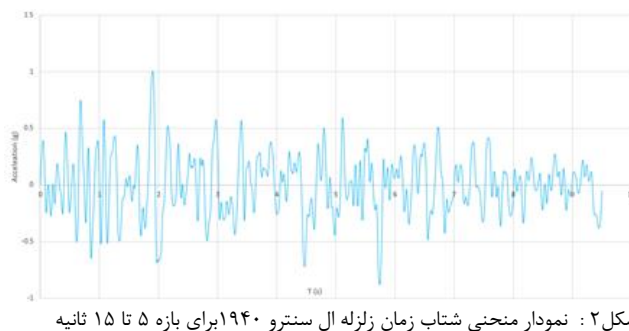
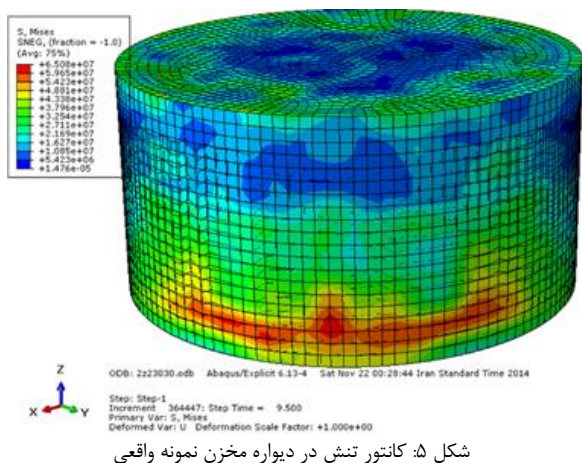
لزوم مطالعات گسترده و بیشتری در این زمینه احساس می شود، ضمن آنکه در اکثر تحقیقات این ناکاملی به صورت مود کمانشی به سازه القا شده و کمتر به صورت یک ناکاملی اولیه مدل گردیده اند [۵].

ناکاملی هندسی و اثرات آنها بر کمانش پوسته ها

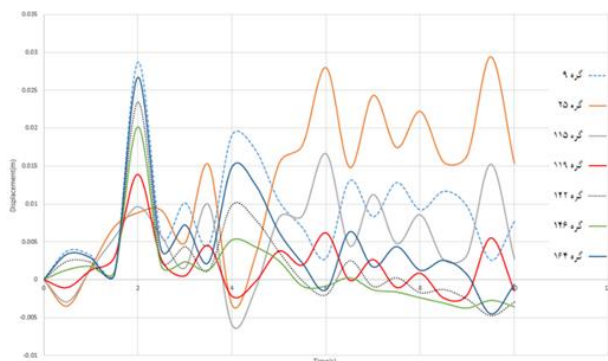
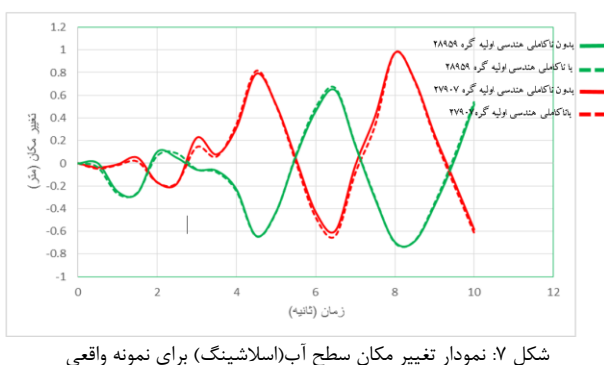
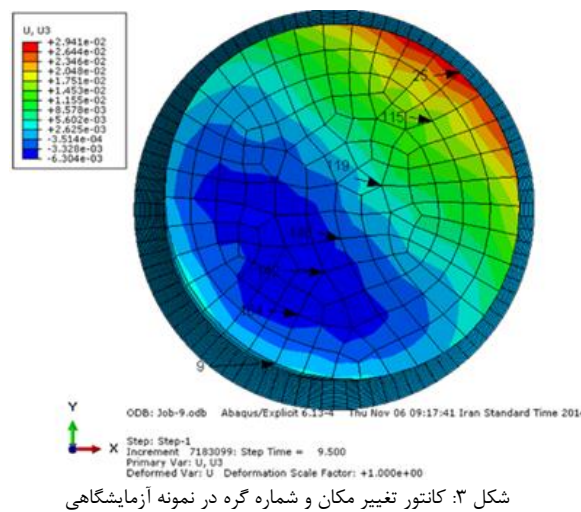
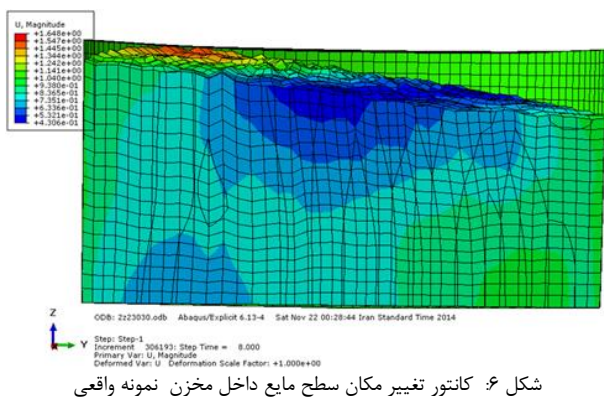
مسائل پایداری و ناپایداری پوسته های جدار نازک از دو نظر اهمیت دارد. نخست اینکه نسبت ضخامت به ابعاد دیگر در اینگونه سازه ها بسیار کم است و همین ویژگی مسأله ناپایداری را در آنها برجسته می کند. همچنین سازه های پوسته ای تحت اثر نیروهای قرار می گیرند که این نیروها در آنها میدان تنش های فشاری ایجاد می نمایند. بنابراین نازک بودن پوسته از یک سو و فشاری بودن میدان نیروها از سوی دیگر پوسته را در معرض کمانش قرار می دهد. البته این بدان معنا نیست که سازه های پوسته ای به دلیل ملاحظات کمانشی ضعیف تر از سایر شکل های سازه ای هستند. زیرا اغلب اینگونه سازه ها دارای مقاومت فرا کمانشی هستند. به عبارت دیگر بعضی پوسته های جدار نازک پس از وقوع کمانش هنوز هم تاب تحمل بار اضافی را دارا می باشند [۸].

ناپایداری ناشی از اثرات دینامیکی و ناپایداری به اصطلاح لرزشی هر دو ناپایداری های دینامیکی هستند، به طوریکه حرکت و تعادل از لحاظ دینامیکی ناپایدار شود. ناپایداری دینامیکی به این معناست که سیستم ناپایدار، نوساناتی با دامنه فزاینده دارد. سازه های در معرض نیروهای وابسته به زمان و بارگذاری ناگهانی با مدت کم از لحاظ دینامیکی ناپایدار می باشند. یکی از مسائل مهم در رفتار مکانیکی پوسته ها، میحث کمانش می باشد. فرو ریختن ناگهانی سازه تحت بارگذاری های مختلف که همراه با تغییر شکلی بزرگ در سازه صورت می گیرد و همیشه تغییر شکل کمانشی عمود بر امتداد تنش های کششی است در بررسی رفتار کیفی سازه های پوسته ای جدار نازک مسئله ناکاملی هندسی بسیار حائز اهمیت است. ناکاملی ها به چهار گروه ناکاملی های هندسی، بارگذاری، شرایط مرزی و مشخصات فیزیکی مصالح تقسیم بندی می شوند. ولی آنچه در سازه های پوسته ای اهمیت دارد ناکاملی هندسی ناشی از نقص هندسی و بارگذاری می باشد.

در واقعیت پوسته های ساخته شده هرگز از لحاظ هندسی کامل نیستند. علاوه بر اینکه یک بارگذاری ایده آل را همیشه نمی توان با شرایط دلخواه به سازه اعمال کرد. ناکاملی های هندسی و بارگذاری می توانند تاثیر قابل توجهی بر ظرفیت باربری پوسته ها داشته باشند در حالیکه تاثیر کمتری بر روی کمانش دیگر سازه ها از جمله میله ها و صفحات دارند [۱۱]. درز بین صفحات مختلف منبع اصلی انحراف از فرم واقعی می باشد. این انحرافات یا ناکاملی ها می توانند در نتیجه جوشکاری یا عدم تطبیق مناسب صفحات که ابعادشان از دیگر صفحات بزرگتر است به وجود آید [۱۲]. بررسی های تجربی نشان میدهند که مقاومت کمانشی یک پوسته بدون نقص هندسی مخصوصاً در بارگذاری محوری به طور قابل ملاحظه ای متفاوت از مقاومت کمانش همان پوسته با اندکی نقص هندسی است. این ویژگی برخی پوسته ها را، در شمار سازه هایی قرار می دهد که اصطلاحاً حساسیت به ناکاملی دارند [۱۷]. حساسیت به ناکاملی پارامتر مهمی در تحلیل و طراحی گروهی از سازه های پوسته ای می باشد. برای دستیابی به تخمین واقع بینانه از مقاومت کمانش پوسته ها باید ناکاملی های هندسی و بارگذاری در نظر گرفته شود [۱۱].



در شکل ۳ کانتور تغییر مکان سطح مایع و شماره گره، و در شکل ۴ نمودار تغییر مکان سطح آب (اسلاشینگ) برای گره‌های مشخص شده در نمونه آزمایشگاهی ارائه شده است.



نتیجه گیری

- ۱- اثر ناکاملی هندسی اولیه بر روی تغییر مکان سطح آب (اسلاشینگ) ناچیز بوده است.
- ۲- برای حالتی که نمونه واقعی تا ارتفاع ۵ متری، از ۶ متر ارتفاع نمونه، حاوی آب بوده است ارتفاع موج در سطح بالایی آب به ۱ متر رسیده است.
- ۳- برای حالتی که نمونه واقعی تا ارتفاع ۵ متری، از ۶ متر ارتفاع نمونه، حاوی آب بوده است ارتفاع ماکزیمم موج در لحظه شتاب ماکزیمم اتفاق نیفتاده است.
- ۴- با افزایش شتاب و مدت زمان زلزله، احتمال تشکیل موج با ارتفاع بیشتر وجود دارد.
- ۵- در صورت ناکافی بودن ارتفاع سطح آب تا زیر سقف در اثر برخورد موج به سقف باعث ایجاد آسیب در آن می‌شود.

مراجع فارسی

- [۱] شوکتی، ح. (۱۳۸۰) «بررسی آزمایشگاهی رفتار کمانشی و فراکمانشی پوسته‌های استوانه‌ای با تکیه‌گاه ساده» اولین کنفرانس سازه‌های جدارنازک، دانشکده فنی، دانشگاه ارومیه.
- [۲] شوکتی، ح. (۱۳۸۱) «رفتار غیر هندسی خطی پوسته‌های استوانه‌ای تحت بارگذاری خارجی یکنواخت» ششمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه اصفهان.
- [۳] صدیقیانی، ک و آیت‌اللهی، م. ر. (۱۳۹۳) «تحلیل اجزاء محدود؛ تئوری و کاربرد در ABAQUS» چاپ ششم، انتشارات اندیشه سرا.
- [۴] فاطمی، م. (۱۳۸۹) «بررسی اثر ناکاملی‌های هندسی طولی در رفتار کمانشی و فراکمانشی پوسته‌های استوانه‌ای جدارنازک تحت بارگذاری جانبی با روش آزمایشگاهی» پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران - سازه، گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه.
- [۵] فرشاد، م. (۱۳۶۴) «ساختمان‌های پوسته‌ای» جداول، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه شیراز.
- [۶] ملکی، ا. (۱۳۹۳) «جزوه آموزشی نرم‌افزار آباکوس» گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه.
- [۷] معالی، م. (۱۳۸۹) «بررسی اثر ناکاملی‌های هندسی طولی در رفتار کمانشی و فراکمانشی پوسته‌های مخروطی جدارنازک تحت بارگذاری ترکیبی با روش آزمایشگاهی» پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران - سازه، گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه.

مراجع لاتین

- [8] Chen, W.F, Lui, E.M. (1987). Structural Stability, Elsevier.
- [9] Dowling, P., Hardnig, J.E., Agelidis, N., Fahy, W. (1982) "Buckling of orthogonally stiffened cylindrical shell used in offshore engineering" Proceeding colloquium, university of Stuttgart, Germany, pp.239-274.
- [10] Ellians, C.P., Croll, J.G.A. (1983) "Elastic-plastic general buckling of ring-stiffened cylinders collapse, the buckling of structures in theory and practice" Ed: Thompson & Hunt, Cambridge Press, pp.93-109.
- [11] Farshad, M. (1994). "Stability of Structures". 2nd ed., Mc Grow Hill, New York.
- [12] Holst, G.G Roter, J.M., Colladine, Ch.R. (1999) "Imperfection in Cylindrical Shells resulting from fabrication misfits" Journal of Engineering Mechanics, Vol.125 No4, pp.410-418.
- [13] Love, A.E.H. (1959). A treatise on the mathematical theory of elasticity, 4th ed., Dover Publisher, New York.
- [14] Miller, C.D (1999). Shell Structure. CRC press LIC.
- [15] Showkati, H., Ansourian, H., (1995) "Influence of primary boundary conditions on the buckling of Shallow cylindrical shells" Constructional steel Research, Vol.36, No. 1. pp. 53-75.
- [16] Timoshenko, S.P., Gere, I.M. (1961). Theory of Elastic Stability, 2th ed., Mc Grow Hill, New York.
- [17]-Veletsos, A. S. (1984). "Seismic response and design of liquid storage tanks." Guidelines for the seismic design of oil and gas pipeline systems. ASCE, Reston, Va., 255-370, 443-461.

SID



ابزارهای
پژوهش



سرویس ترجمه
تخصصی



کارگاه های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری
STES



فیلم های
آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



کارگاه آموزشی
آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت های کاربردی
در تدوین و چاپ مقالات ISI



کارگاه آموزشی
روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



کارگاه آموزشی
آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word
برای پژوهشگران