مجله مهندسی مکانیک مدرس، مرداد 1394، دوره 15، شماره 5، ص‌ص 412-418

ماهنامه علمی پژوهشی

مهندسی مکانیک مدرس

mme.modares.ac.ir

تأثیر عوامل اساسی در جمع شوندگی کرنش در لوله‌های زانویی تحت فشار در اثر ممان‌های تناوبی

سید جاوید زکوی[1*]، محمد نوربخش[2]

1- استادیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
2- کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
* اردبیل، صندوق پستی 179، zakavi@uma.ac.ir

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی کامل
دریافت: 06 دی 1393
پذیرش: 09 اسفند 1393
ارائه در سایت: 29 فروردین 1394

کلید واژگان:
فرکانس بارگذاری
ممان تناوبی
لوله زانویی
کرنش جمع شونده

چکیده

استفاده از لوله‌های زانویی در نیروگاه‌ها و صنایع بزرگ جهت انتقال و جابه‌جایی سیالات پرفشار با توجه به فروپاشی غیرمنتظره این قطعات تحت بارهای تناوبی و فشار داخلی سیال که متعاقب آن هزینه‌های سنگین مادی و جانی را به دنبال دارد باعث شده تا بررسی جمع شوندگی کرنش در این قطعات مورد توجه محققین و پژوهشگران در چند دهه گذشته قرار گیرد. در این مطالعه به بررسی چهار عامل اساسی یعنی جنس لوله زانویی، فرکانس بارگذاری تناوبی(معمولاً زیر 10 هرتز)، فشار داخلی لوله و ممان‌های دینامیکی تناوبی بر مقدار کرنش‌های جمع شونده در لوله-های زانویی پرداخته شده است. تأثیر تغییرات چهار عامل ذکر شده بر مقدار کرنش‌های جمع شونده مورد بررسی قرار گرفته است. در این زمینه بررسی‌های انجام شده به روش عددی با تجزیه و تحلیل پلاستیک نشان می‌دهند که با افزایش محسوس فرکانس بارگذاری، فشار داخلی لوله زانویی و ممان دینامیکی وارد بر انتهای لوله زانویی، مقدار کرنش‌های جمع شونده افزایش می‌یابد. همچنین دو جنس فولاد کربنی و فولاد ضدزنگ به دلیل تفاوت در سختی، رفتار متفاوت از خود نشان داده و در شرایط برابر همه عوامل تأثیرگذار، مقدار کرنش‌های جمع شونده قطعه فولاد کربنی بیشتر از فولاد ضدزنگ می باشد. نتایج نشان می‌دهند که لوله زانویی از جنس فولاد ضدزنگ نسبت به فولاد کربنی، در برابر کرنش‌های جمع شونده عملکرد بهتری از خود نشان می‌دهد.

The effect of basic factors on strain accumulation of pressurized piping elbows under dynamic moments

Seyed Javid Zakavi*, Mohammad Nourbakhsh

Department of Mechanical Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
* P.O.B. 179 Ardabil, Iran, zakavi@uma.ac.ir

ARTICLE INFORMATION

Original Research Paper
Received 27 December 2014
Accepted 28 February 2015
Available Online 18 April 2015

Keywords:
Frequency Loading
Periodic Moment
Elbow Pipe
Accumulation Strain

ABSTRACT

Strain accumulation of the components in power-plants and large industries, which causes physical and human costs, has been of interest to many researchers in the last decades because of the unexpected collapse of these components under periodic loads and internal pressure. In this study, the effect of four basic factors of piping elbow material, frequency of periodic loading (typically below 10 Hz), internal pressure of pipe and periodic dynamic moments on the amount strains accumulation of piping elbows have been considered. Also, the effect of factors variation listed above on the amount of strains accumulation has been studied. Analyses done in this study show that increase in loading frequency, internal pressure and dynamic moments at the end of piping elbow increase the amount of strains accumulation. Behavior of strain accumulation of two kinds of materials (carbon steel and stainless steel) was investigated in same condition. Studies showed that the strain accumulation in carbon steel is more than stainless steel due to differences in hardness behavior of these materials. The results showed that, stainless steel piping elbow has better performance compared to carbon steel.

1- مقدمه

سازه‌های زیادی وجود دارند که در اثر بارگذاری تناوبی، تنش در آن‌ها از ناحیه الاستیک مواد، تجاوز کرده و وارد ناحیه پلاستیک می‌شود. برای طراحی و تحلیل چنین سازه‌هایی پیش‌بینی دقیق و بررسی رفتار کرنش‌های جمع شونده کاملاً آشکار است، همچنین شناسایی رفتار ماده در بارگذاری‌های تناوبی نکته مهمی است که باید در طراحی و ساخت لوله‌های تحت فشار مورد توجه قرار گیرد.

بررسی رفتار و تعیین مرز کرنش‌های جمع شونده در لوله زانویی به منظور حفظ یکپارچگی اجزا سیستم مهم است. بارگذاری بر روی سازه‌ها به دو نوع بارگذاری یکنواخت[1] و تناوبی[2] تقسیم می‌شود. در بارگذاری یکنواخت، بار وارد شده بر روی سازه به صورت تدریجی افزایش یافته و بار از روی سازه برداشته نمی‌شود. در بارگذاری تناوبی بارگذاری و باربرداری بر روی سازه

1- Monotonic loading
2- Cyclic loading

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

Please cite this article using:
S. J. Zakavi, M. Nourbakhsh, The effect of basic factors on strain accumulation of pressurized piping elbows under dynamic moments, *Modares Mechanical Engineering*, Vol. 15, No. 5, pp. 412-418, 2015 (In Persian)

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-03-29]

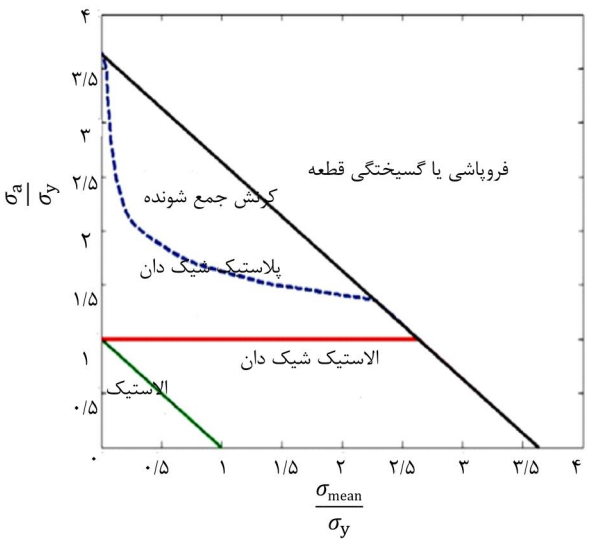
[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.5.37.1]

اعمال شده و این عمل مرتباً تکرار می‌شود. تأثیر بارگذاری‌های تناوبی بر روی سازه‌ها منجر به رفتار شیک‌دان و یا پدیده کرنش‌های جمع شونده می‌گردد. داشتن اطلاعات کاملی از محدوده شیک‌دان جهت جلوگیری از پدیده کرنش-های جمع شونده، امری بسیار مهم می باشد.

اگر در نقطه‌ای از یک جسم که تحت بارهای تناوبی قرار گرفته است تنش‌ها به اندازه‌ای باشند که باعث تسلیم ماده شود، بسته به اندازه تنش‌های حداکثر و حداقل (یا مقادیر متوسط و دامنه تنش‌ها) کرنش‌های پلاستیک ایجاد شده و به تدریج با افزایش تعداد سیکل‌های بار ممکن است تا فروپاشی جسم افزایش یابند. این وضعیت به نام فروپاشی افزایشی یا کرنش‌های جمع شونده نامیده می‌شود[1-3]. در حالت الاستیک شیک‌دان جسم در نقطه الاستیک قرار گرفته است. بنابراین کرنش پلاستیک صفر می‌باشد. در این حالت کرنش‌ها هرگز رشد نمی‌کنند. این وضعیت را الاستیک شیک‌دان[1] می نامند[1،4،5]. در حالتپلاستیک شیک‌دان پس از آنکه جریان پلاستیک رخ داد، پس از چند سیکل $\Delta\varepsilon^p$ صفر گشته و در حقیقت در یک سیکل میزان کرنش پلاستیک افزوده شده با میزان کرنش کاهش یافته، خنثی می‌شود. در این حالت، مجموع کرنش‌ها ثابت می‌ماند. این وضعیت را پلاستیسیته متناوب یا پلاستیک شیک‌دان[2] می نامند[1،4،5].

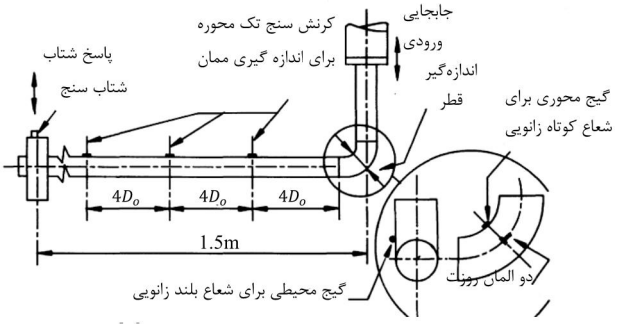
همان‌طور که در شکل1 مشاهده می‌شود ناحیه کرنش‌های جمع شونده به ناحیه فروپاشی و گسیختگی قطعه خیلی نزدیک است. بنابراین این ناحیه بایستی در طراحی سازه‌ها و لوله‌های تأسیسات نیروگاه‌ها و صنایع بزرگ مورد توجه بسیار قرار گیرد تا از خطرات احتمالی فروپاشی غیرمنتظره تأسیسات نیروگاه‌های هسته‌ای که منجر به صدمات جبران ناپذیر مادی و جانی می‌گردد جلوگیری شود.

بررسی نرخ کرنش‌های جمع شونده روی فولاد معمولی بصورت تک محوره و چند محوره توسط تسنیم و استلیوس انجام و در دو قسمت ارائه شده است[1]. در قسمت اول ابتدا مفاهیم اساسی که برای بررسی نرخ کرنش‌های جمع شونده ضروری است بیان شده و سپس بارگذاری‌های تناوبی بصورت تک محوره روی فولاد معمولی انجام شده است. برای بررسی و پیش بینی نتایج تجربی بدست آمده نیز، از چندین مدل ارائه شده در قالب مدل-های سخت شوندگی استفاده شده است.



شکل 1 نمایش مرز بین رفتار الاستیک، الاستیک شیک‌دان، پلاستیک شیک‌دان و کرنش جمع شونده بر اساس نسبت تنش میانی به دامنه تنش[6]

1- Elastic shakedown
2- Plastic shakedown



شکل 2 هندسه زانویی و موقعیت کرنش سنج‌ها[7]

جدول 1 خواص مواد بدست آمده از تست کشش[7]

جنس لوله زانویی	استحکام تسلیم (MPa)	استحکام نهایی (MPa)	تنش مجاز طراحی	نسبت پواسون	مدول یانگ(GPa)
فولاد کربنی	328	475	155/94	0/3	210
فولاد ضدزنگ	292	597	193	0/3	195

با توجه به نتایج ارائه شده می‌توان دریافت که میزان نرخ کرنش‌های جمع شونده با افزایش پارامترهای دینامیکی شامل فرکانس بارگذاری، میزان ممان وارده به نمونه تست شونده و همچنین میزان نامتقارنی تنش اعمالی، افزایش می‌یابد. در قسمت دوم نیز بارگذاری به صورت چند محوره مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

در این مطالعه به بررسی تأثیر چهار عامل مهم، جنس لوله زانویی (مقایسه دو جنس فولاد کربنی و فولاد ضدزنگ)، فرکانس بارگذاری تناوبی(معمولاً زیر 10 هرتز)، فشار داخلی لوله و ممان‌های دینامیکی تناوبی بر مقدار کرنش‌های جمع شونده لوله‌های زانویی تحت فشار به روش عددی و با استفاده از نرم‌افزار آباکوس پرداخته شده است.

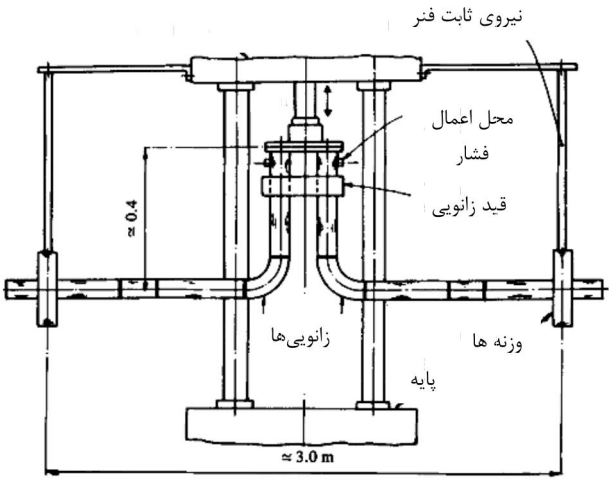
2- هندسه لوله‌های زانویی و مواد

لوله‌های زانویی 90 درجه‌ای از جنس‌های فولاد کربنی و فولاد ضدزنگ، با 2 اینچ اندازه اسمی (مطابق با قطر خارجی 60/3 میلیمتر)، مورد استفاده قرار گرفته است. ضخامت و شعاع خم به ترتیب 3/91 و 51 میلی‌متر می‌باشد. موقعیت‌های اطراف خم برای نمونه زانویی در شکل 2 نشان داده شده است[7]. خواص مواد بدست آمده از آزمون کشش ساده، در جدول1 ارائه شده است[7]. همچنین محل قرارگیری گیج‌های به کار رفته شده جهت ثبت انتقال کرنش‌ها و مقدار آن‌ها نشان داده شده است.

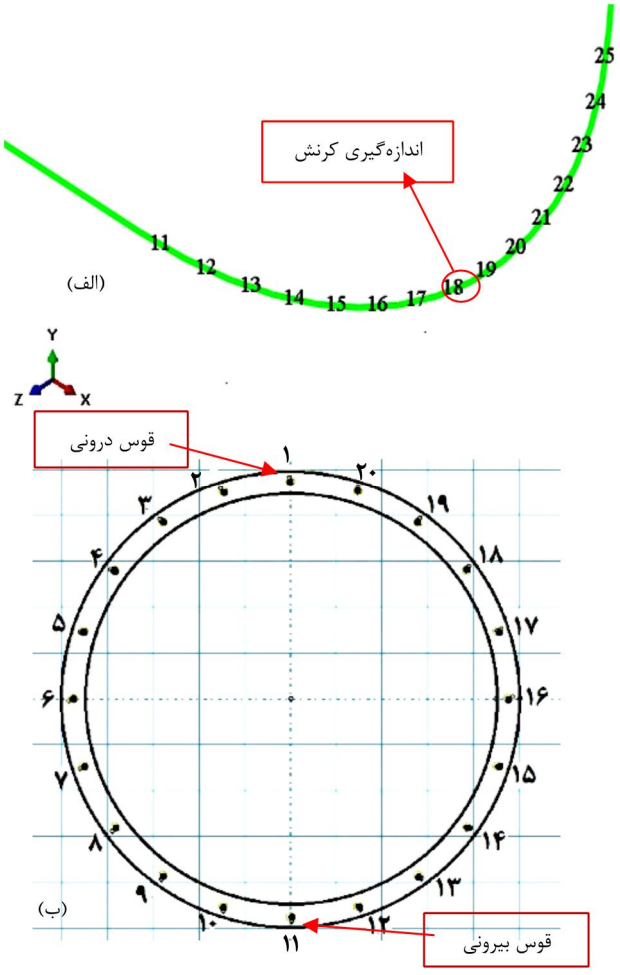
3- مروری بر کارهای تجربی

نحوه انجام آزمایش تجربی بطور کامل در منبع [7] ارائه شده که در این‌جا بطور خلاصه به آن اشاره می‌شود. همان طور که در دستگاه نشان داده شده در شکل3 دیده می‌شود، با جابه‌جایی رم دستگاه، بارگذاری بصورت دینامیکی و مشابه اثرات زلزله به زانویی منتقل می‌شود. و با توجه به اکتنسیومترهای نصب شده در محل‌های خاص در روی زانویی نرخ کرنش‌های پیش‌رونده اندازه‌گیری و ثبت می‌شود. به انتهای زانویی مورد نظر جهت انجام آزمایش-های تجربی بازوهایی نصب شده که با استفاده از این بازوها بارگذاری دینامیکی جهت رسیدن به تنش مورد نظر اعمال می‌شود. همچنین جهت رسیدن به فرکانس طراحی محاسبه شده، وزنه‌ای به قسمت مستقیم لوله وصل شده است که موجب اعمال بارگذاری دینامیکی شبیه اثرات زلزله می-شود. فرکانس اعمالی توسط این روش معمولاً زیر 10Hz بوده و با کم و زیاد کردن وزنه اعمالی، فرکانس اعمالی به سیستم هم تغییر پیدا می‌کند.

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.5.37.1]



شکل 3 دستگاه تست زانویی برای بارگذاری تناوبی[7]



شکل 4 (الف) مدل اجزای محدود از لوله زانویی (ب) مقطع المان Elbow31

در این آزمایش با توجه به این که بارهای مرده و اینرسی، هر دو در یک جهت عمل می‌کنند، بنابراین فنری تعبیه شده است تا بارهای جاذبه را بالانس کند. نکته مهم در این است که آزمایش‌های تجربی با یک ماشین آزمایش سرو هیدرولیک انجام شده که اثرات لرزشی حاصل از اعمال نیرو وجود نداشته و بارگذاری بصورت خطی از کمترین مقدار به سمت حداکثر مقدار حرکت می‌کند. حداکثر جابجایی رم دستگاه جهت کنترل دامنه کرنش 10mm است که با جابجایی آن در واقع به سیستم اجازه داده می شود که به ازای تنش وارده کرنش ایجاد شده را انتقال دهد. جهت به دست آوردن فشار طراحی نیز از فرمول‌های ASME استفاده شده که جهت اعمال این فشار از پمپ روغن دستی استفاده شده است که این فشار در طول آزمایش ثابت نگه داشته شده است. نحوه انجام آزمایش تجربی به این ترتیب است که نمونه تحت بارگذاری با کمترین ممان قرار می‌گیرد، البته این در حالی است که فشار داخلی مطابق با روابط ASME بصورت پیوسته اعمال می‌شود. در هر سیکل انجام گرفته شده، مقدار کرنش‌های به وجود آمده با کرنش‌سنج‌های نصب شده در روی زانویی اندازه گیری و ثبت می‌شود.

4- روش عددی در تعیین رفتار کرنش‌های جمع شونده

4-1- مدل المان محدود

حل مسائل پلاستیسیته در علم مکانیک یکی از چالش‌های مهم در مکانیک جامدات پیش از سال 1940 بوده است. این علم در مواردی مثل تولید قطعات فلزی از طریق شکل دادن آن‌ها مثل کشش عمیق، اکستروژن، آهنگری و خمش قطعات کاربرد زیادی دارد. حل مسایلی که در آن قطعه و یا سازه در اثر بارگذاری از ناحیه الاستیک عبور کرده و به حالت خمیری درمی‌آید، بخاطر ماهیت غیرخطی امری پیچیده می‌باشد. بررسی این امر در صنایع شیمیایی و هوا فضا که در آن سازه‌ها تحت اثر بارگذاری سیکلیک بوده حائز اهمیت می باشد. برای حل مسائل پلاستیسیته، معمولاً از آنالیز ریاضی و یا آنالیزهای عددی همچون FEM و FDM استفاده می‌گردد. البته آنالیز ریاضی اغلب در مسائلی که مرز قطعه منظم بوده و رفتار ماده الاستیک-پلاستیک کامل فرض شده، مورد استفاده قرار می گیرد. برای مرزهای پیچیده و بررسی رفتار واقعی مواد عمدتاً از روش‌های عددی استفاده می‌شود.

در چند دهه اخیر، توسعه روش‌های عددی و کامپیوترهای پیشرفته، زمینه مناسب برای تحلیل عددی فراهم ساخته است از این رو استفاده از روش اجزا محدود ابزار مهمی برای محققان و مهندسان فراهم نموده است. پیشرفت‌های اخیر در سخت افزارهای محاسباتی، حل مسائل غیرخطی را ممکن ساخته است. بسیاری از مواد کاربردی نظیر فلزات، در تنش‌های زیاد، رفتار فرا الاستیک از خود نشان می‌دهند. غیرارتجاعی بودن این مواد به این معنی است که هنگامی که جسم از تنش آزاد می‌شود، به حالت اولیه خود باز نمی‌گردد و تغییرشکل‌های دائمی در آن دیده می‌شود. مدل‌ها و نظریه‌های رفتاری متفاوتی مانند پلاستیسیته، ویسکوپلاستیسیته و غیره بطور معمول برای در نظر گرفتن بارگذاری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مفاهیم مربوط به نرخ کرنش‌های جمع شونده برای اولین‌بار توسط باریستو در سال 1911 مطرح شد[8]. این مهم چندین سال بعد در اواخر سال 1960 با توجه به اهمیت موضوع و ناشناختگی آن علاقه مندانی را درگیر خود کرد، که تلاش این محققان در ارتباط با نتایج پیش‌بینی براساس مشاهدات تجربی بود.

در مدلسازی هر چقدر از روش‌های قابل فهم و مدل‌های ساده استفاده شود بهتر است زیرا در تحلیل با مشکلات زیادی مواجه نشده و اجرای برنامه براحتی انجام می‌شود بنابراین توصیه می‌شود از بکار بردن روش‌های پیچیده برای مدل‌سازی پرهیز شود در مطالعه حاضر برای مدل‌سازی لوله زانویی از مدل سیمی[1] در محیط آباکوس استفاده شده است یک لوله با قطر خارجی D_o و ضخامت t، تحت فشار داخل و ممان خمشی متناوب در نرم‌افزار آباکوس ایجاد شده است. مطابق با شکل 4 که نمای شماتیک از مدل ایجاد شده می‌باشد. مدل از سه قسمت تشکیل شده است. قسمت اصلی در وسط،

1- Wire

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.5.37.1]

زانویی و دو بخش جانبی، لوله‌های مستقیم می‌باشند. برای مدل‌سازی از المانElbow31 استفاده شده است.بخش اصلی مدل با 15 المان و قسمت-های جانبی با 14 المان مدل‌سازی شده است. اندازه گیری کرنش مطابق با شکل‌ها و نتایج تجربی در وسط زانویی(المان18) که در شکل 4(الف) نیز نشان داده شده است انجام می‌گیرد. در المان Elbow31 این امکان وجود دارد که با توجه به نوع مسأله، تعداد نود در محیط المان و ضخامت را به دلخواه انتخاب کرد که در شکل 4(ب) نشان داده شده است. بعد از یک سری بررسی‌ها جهت همگرایی جواب‌ها تعداد 20 نود در جهت محیطی انتخاب گردید.

بارگذاری شامل دو مرحله می‌باشد. در ابتدا لوله تحت فشار داخلی قرار پس از ایجاد فشار در مرحله بعدی برای ایجاد ممان خمشی متناوب در انتهای بخش مستقیم لوله بار تناوبی اعمال می‌شود. بار اعمال شده مطابق با رابطه (1) بصورت سینوسی در نظر گرفته شده است.

$$F = A\mathrm{Sin}\omega t \quad (1)$$

در شکل5 نمونه‌ای از ممان دینامیکی ایجاد شده توسط نرم‌افزار در روش عددی قابل مشاهده می‌باشد.

4-2- مدل آرمسترانگ -فردریک

مدل سخت‌شوندگی سینماتیکی غیرخطی اولین بار به توسط آرمسترانگ-فردریک[9] ارائه شده است. بر پایه مدل سخت‌شوندگی غیرخطی آرمسترانگ-فردریک مدل‌های زیادی برای بررسی رفتار تغییرشکل‌های پیش‌رونده مواد تحت بارگذاری تک‌محوره و چندمحوره توسعه یافته است. معادله حاکم بر این مدل مطابق رابطه (2) عبارت است از:

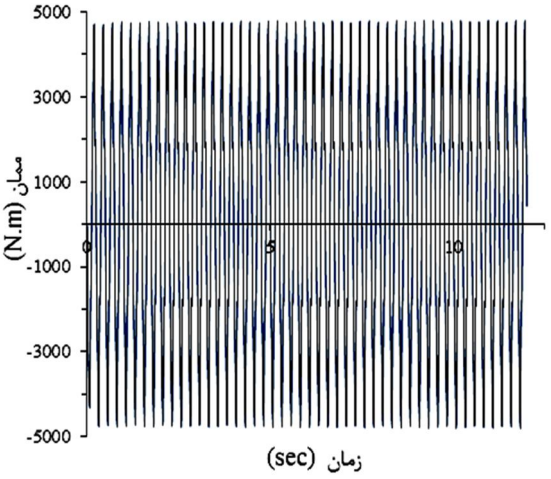
$$dX = \frac{2}{3}Cd\varepsilon^p - \gamma X d\varepsilon_P \quad (2)$$

جهت بررسی انتقال کرنش‌های پیش‌رونده و پیش‌بینی نتایج تجربی از مدل سخت‌شوندگی سینماتیک غیرخطی در رابطه (2) استفاده شده است. در این رابطه Cو γ ثوابت مواد می‌باشد که از داده‌های آزمایش سیکلی به دست می-آیند. C مدول سختی سینماتیکی و γ نرخی را که مدول سختی سینماتیک با افزایش تغییرشکل پلاستیک، کاهش می‌یابد نشان می‌دهد. Xنیز نشان دهنده تنش برگشتی است.

با توجه به این توضیحات برای فولادکربنی مورد استفاده در این مطالعه، پارامترهای بدست آمده عبارتند از:

C = 2763.69 MPa ; γ = 17.66

و برای فولاد ضدزنگ نیز پارامترهای زیر بدست آمده است:



شکل 5 ممان به دست آمده از روش عددی

C = 3941.31 MPa ; γ = 15.85

که این پارامترهای ثابت براساس منحنی‌های سیکل پایدار شده و آزمون‌های مختلف با دامنه‌های کرنش متفاوت بدست آمده است[10-12].

5- بحث در نتایج عددی وتجربی

در این مطالعه مقدار کرنش جمع شونده تحت تأثیر عوامل فرکانس بارگذاری، فشار داخلی لوله زانویی، ممان دینامیکی تناوبی و جنس لوله زانویی مورد بررسی قرار گرفته است. لازم به ذکر است که برای بررسی این امر از مدل سخت‌شوندگی آرمسترانگ-فردریگ استفاده شده است.

همچنین تجزیه و تحلیل الاستیک و پلاستیک با نرم‌افزار آباکوس و براساس مدل سخت‌شوندگی سینماتیکی آرمسترانگ-فردریک نشان‌دهنده نرخ بالای رشد کرنش‌های جمع شونده در ابتدای بارگذاری بوده که با افزایش تعداد سیکل‌ها این نرخ کاهش می‌یابد. چهار عامل مورد بررسی در ادامه به طور مجزا مورد بررسی و بحث قرار می گیرد.

5-1- فرکانس بارگذاری

در بارگذاری تناوبی مشابه اثرات زلزله معمولاً فرکانس بارگذاری زیر 10 هرتز در نظر گرفته می‌شود ما نیز در این محدوده و با ثابت نگه داشتن بقیه عوامل تأثیرگذار تغییرات فرکانس بارگذاری را بر مقدار و نرخ کرنش‌های جمع شونده بررسی نموده و همان طوری که در شکل‌های 6 و 7 نشان داده شده‌اند با افزایش محسوس فرکانس بارگذاری در هر دو جنس فولاد کربنی و فولاد ضدزنگ میزان کرنش جمع شونده افزایش می‌یابد این نشان می‌دهد که با افزایش فرکانس بارگذاری، مقدار و نرخ کرنش‌های جمع شونده لوله زانویی از هر جنس دلخواهی بیشتر می‌شود. لازم به ذکر است که به نظر می‌رسد تغییرات ناچیز فرکانس بارگذاری تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر مقدار کرنش جمع شونده نداشته و قابل چشم‌پوشی است.

5-2- فشار داخلی

با تغییرات فشار داخلی لوله زانویی در محدوده فشار طراحی براساس کد استاندارد ASMEکه در شکل‌های8 و 9 نیز مشاهده می‌شود کرنش‌های جمع شونده با افزایش فشار داخلی لوله بیشتر می‌شود این ادعا برای هر دو جنس فولاد کربنی و فولاد ضدزنگ صادق است به نظر می‌رسد فشار داخلی لوله به عنوان یک عامل بسیار تأثیرگذار در مقدار کرنش‌های جمع شونده بوده که با کنترل فشار در مواردی که نیاز به استفاده از فشارهای بالا برای انتقال و جابه‌جایی سیالات نیست افزایش نرخ کرنش‌های جمع شونده قابل کنترل می‌باشد. همانطوری که در اکثر مقالات و نشریات ذکر شده یکی از دو عامل بسیار مهم در ایجاد کرنش‌های جمع شونده فشار داخلی لوله‌ها می‌باشد.

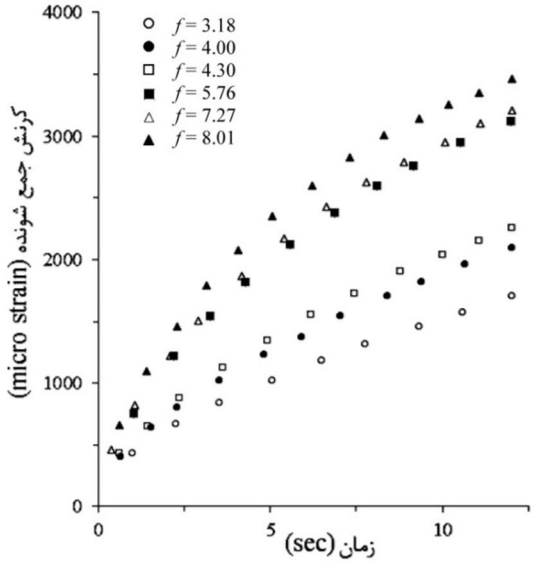
5-3- ممان دینامیکی تناوبی

با تغییرات ممان دینامیکی تناوبی نرخ کرنش‌های جمع شونده نیز تغییر می-کنند که مطابق با شکل‌های10 و 11 افزایش ممان دینامیکی همواره با افزایش کرنش‌های جمع شونده همراه است دومین عامل بسیار مهم بر تغییرات کرنش‌های جمع شونده ممان دینامیکی تناوبی است این امر نیز در مورد هر دو نوع جنس لوله صادق می‌باشد.

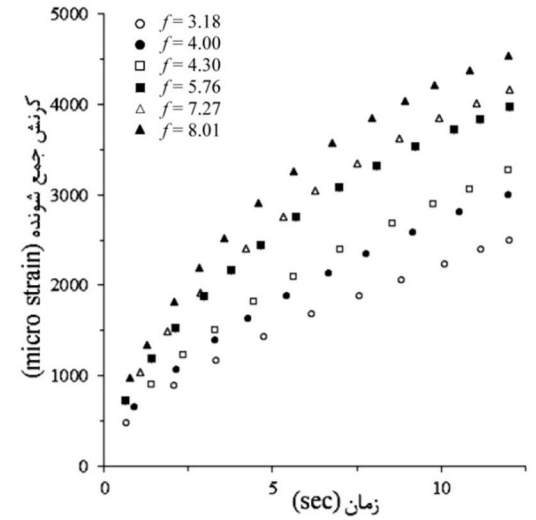
5-4- جنس لوله زانویی

در مطالعه حاضر دو نوع جنس لوله زانویی فولاد کربنی و فولاد ضدزنگ که خواص آن‌ها با لوله‌هایی که اکثراً در نیروگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند مطابقت دارد، مورد بررسی قرار گرفته است.

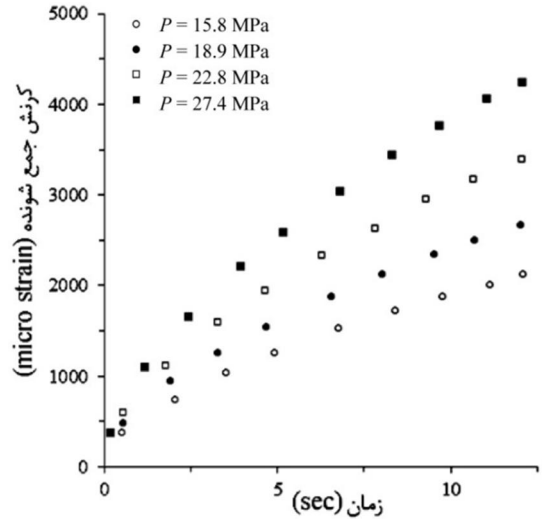
[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.5.37.1]



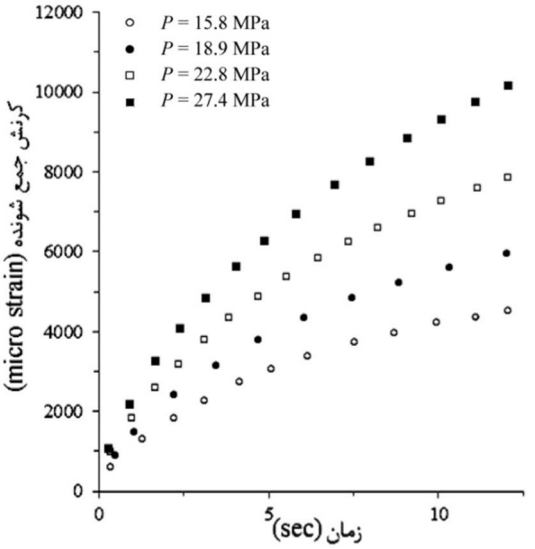
شکل 6 مقایسه کرنش‌های جمع شونده لوله زانویی از جنس فولاد ضدزنگ در فرکانس‌های مختلف



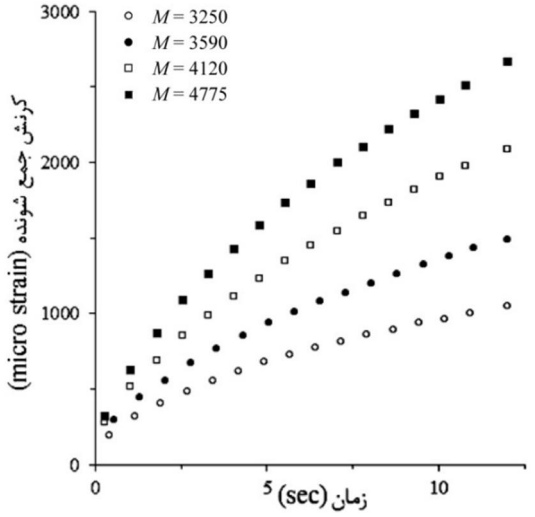
شکل 7 مقایسه کرنش‌های جمع شونده لوله زانویی از جنس فولاد کربنی در فرکانس‌های مختلف



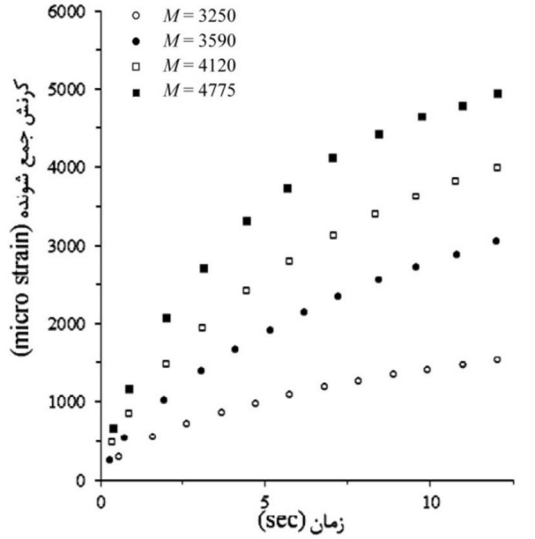
شکل 8 مقایسه کرنش‌های جمع شونده لوله زانویی از جنس فولاد ضدزنگ در فشارهای مختلف در فرکانس 4/00 هرتز



شکل 9 مقایسه کرنش‌های جمع شونده لوله زانویی از جنس فولاد کربنی در فشارهای مختلف در فرکانس 8/01 هرتز

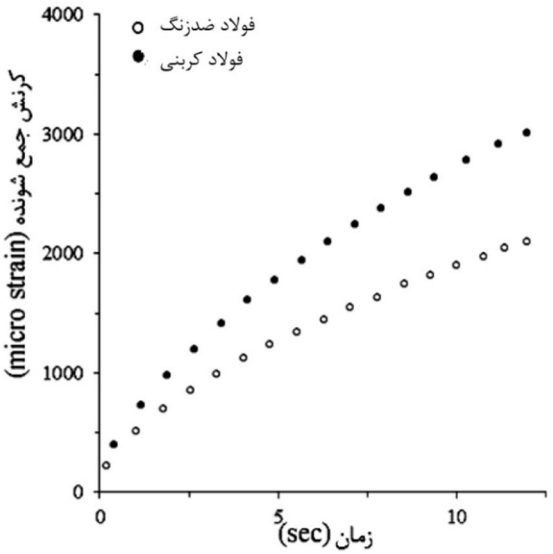


شکل 10 مقایسه کرنش‌های جمع شونده لوله زانویی از جنس فولاد ضدزنگ در ممان-های دینامیکی مختلف در فرکانس 4/00 هرتز

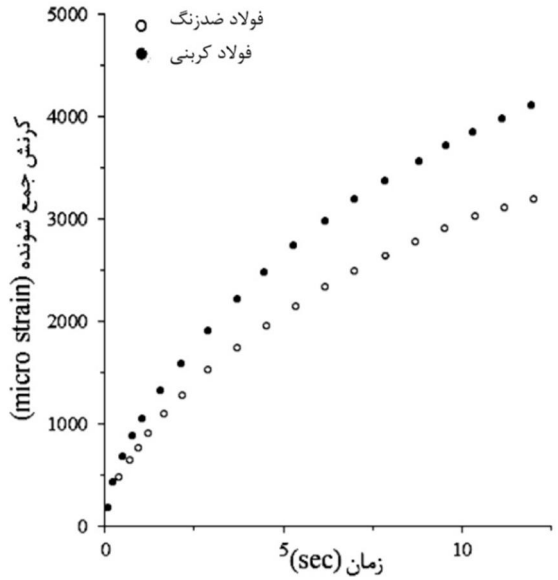


شکل 11 مقایسه کرنش‌های جمع شونده لوله زانویی از جنس فولاد کربنی در ممان‌های دینامیکی مختلف در فرکانس 5/76 هرتز

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.5.37.1]



شکل12 مقایسه کرنش‌های جمع شونده لوله زانویی از جنس فولاد ضدزنگ و فولاد کربنی در شرایط برابر در فرکانس بارگذاری 4/00 هرتز



شکل13 مقایسه کرنش‌های جمع شونده لوله زانویی از جنس فولاد ضدزنگ و فولاد کربنی در شرایط برابر در فرکانس بارگذاری 7/27 هرتز

با توجه به شکل‌های 12 و 13 که با ثابت نگه داشتن همه عوامل تأثیرگذار بر مقدار کرنش‌های جمع شونده این دو جنس مطالعه شده و ملاحظه می‌شود که مقدار و نرخ کرنش‌های جمع شونده لوله زانویی فولاد کربنی خیلی بیشتر از فولاد ضدزنگ است و این امر به دلیل رفتار این مواد در نوع سخت‌شدنشان می‌باشد و باتوجه به اینکه ازدیاد طول فولاد ضدزنگ 81% و فولاد کربنی 42% است بنظر می‌رسد که فولاد ضدزنگ در مقابل تغییرات کرنش‌های جمع شونده عملکرد بهتری داشته باشد.

6- نتیجه گیری

بررسی‌های عددی نشان می‌دهند که تغییرات کرنش‌های جمع شونده تابع عوامل زیادی است که در مطالعه حاضر تأثیر چهار عامل فرکانس بارگذاری، فشار داخلی لوله، ممان دینامیکی تناوبی و جنس لوله زانویی بر مقدار کرنش‌های جمع شونده بررسی شده است و نتایج عددی نشان می‌دهند که افزایش محسوس فرکانس بارگذاری، فشار داخلی لوله و ممان دینامیکی تناوبی موجب افزایش مقدار و نرخ کرنش‌های جمع شونده می‌شوند که این نتایج با نتایج حاصل از سایر مطالعات تجربی بر روی نرخ کرنش‌های جمع شونده در فولاد معمولی مطابقت دارند. این نشان می‌دهد که روش‌های عددی نتایج تجربی را تأیید می‌کنند. همچنین لوله زانویی از جنس فولاد ضدزنگ نسبت به فولاد کربنی در برابر تغییرات کرنش جمع شونده عملکرد بهتری را از خود نشان داد.

7- فهرست علائم

C	شیب مدل سخت‌شوندگی غیرخطی
D_o	قطر خارجی (mm)
E	مدول یانگ
f	فرکانس تست (s^{-1})
M	ممان دینامیکی (N.m)
P	فشار تست ($kgm^{-1}s^{-2}$)
P_d	فشار مجاز طراحی
R	شعاع خمش
S_m	تنش مجاز طراحی
S_u	استحکام نهایی
S_y	استحکام تسلیم
t	ضخامت
X	تانسور تنش برگشتی

علایم یونانی

γ	نمو مدل سخت‌شوندگی غیرخطی
ε^p	تانسور کرنش پلاستیک
ε_p	کرنش پلاستیک معادل
ν	نسبت پؤاسون

8- تقدیر و تشکر

از همکاری مجموعه ارکان گروه مهندسی مکانیک دانشگاه محقق اردبیلی که در انجام این امر همکاری لازم را بعمل آوردند تقدیر و تشکر می‌گردد.

9- مراجع

[1] H. Tasnim, K. Stelios, Ratcheting in cyclic plasticity,part 1:uniaxial behavior. *Int. J. of Plasticity*, pp. 91-116, 1992.

[2] G. Kang, Q. Gao, X. Yang, Uniaxial cyclic ratcheting and plastic flow properties SS304 stainless steel at room and elevated temperatures. *Mechanics of materials,* pp. 145-159, 2002.

[3] SC. Kulkarni, YM. Desai, T. Kant, GR. Reddy, Y. Parulekar, KK. Vaze, Uniaxial and biaxial ratcheting studies of SA 333 Gr.6 at room temperature. *Int J Press Vessel Pip*; pp. 179-185, 2003.

[4] KL. Johnson, JA. Jefferis, Plastic flow and residual stresses in rolling and sliding contact, *Proc. Inst. Mech. Eng. Symp. on fatigue in rolling contact,* London, pp. 54-65, 1963.

[5] ARS. Ponter, AD. Hearle, KL. Johnson, Application of the kinematical shakedown theorem to rolling and sliding point contacts. *J. Mech. Phys. solids,* pp. 339-362, 1985.

[6] L. Vincent, Ph. Kapsa, An elastic–plastic shakedown analysis of fretting wear, *Int. J. of Plasticity,* pp. 41-54, 2001.

[7] K. Yahiaoui, D. G. Moffat, D. N. Moreton, Response and cyclic strain accumulation of pressurized piping elbows under dynamic in-plane bending, *Int. J. of strain analysis,* pp. 135-151, 1996.

[8] L. Bairstow, The elastic limits of iron and steel under cyclical variations of stress, *Philosophical transactions of the royal society of London, series A, 210, 35,* 1911.

[9] PJ. Armstrong, CO. Frederick, A mathematical representation of the multiaxial Bauschinger effect, CEGB Report No. RD/B/N 731, 1996.

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.5.37.1]

[10] S. J. Zakavi, M. Ajri, V. Golshan, The ratchetting behaviour of plain carbon steel pressurized piping elbows subjected to simulated seismic in-plane bending, *World Journal of Mechanics,* 4, 238-246, 2014.

[11] S. J. Zakavi, M. Nourbakhsh, The ratcheting behaviour of stainless steel pressurized piping elbows Subjected to dynamic out-of-plane Moments, *World Journal of Mechanics,* 4, 125-132, 2014.

[12] S. J. Zakavi, M. Nourbakhsh, Study on strain accumulation of carbon Steel pressurized piping elbows under dynamic out-of-plane bendings, *Modares Mechanical Engineering,* Vol. 14, No. 15, pp. 218-224, 2015 (In Persian)

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.5.37.1]