



مرکز پژوهش‌های مطالعات دریایی

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.



سازمان بنادر و دریانوردی



pejman_alanjari@sina.kntu.ac.ir, asgarian@kntu.ac.ir, bahaari@ioec.com, honarvar@ioec.com

چکیده: در سالهای اخیر تلاشهای زیادی در جهت طراحی سکوی ثابت دریایی مقاوم در مقابل بارهای لرزه ای صورت گرفته است. برای رسیدن به این هدف تمام اجزای سکو باید در مقابل تحریک زلزله رفتار مناسبی را از خود نشان دهند. در میان این اعضا، مهاربندها که از اهمیت خاصی در باربری جانبی سازه برخوردار می باشند، نقش موثری در اتلاف انرژی کلی سازه ایفا می نمایند. کماتش در فشار و تسلیم در کشش باعث میشود انرژی ورودی توسط انجام کار سازه تلف شود. با وجود این، کارایی مهاربندها به طور چشمگیری به کفایت اتصالات آنها بستگی دارد. محافظت اتصال (joint-can) باعث میشود اتصالات به طور موضعی تقویت شده و در مقابل پدیده ی خستگی نیز مقاوم شوند و شکست ناگهانی و ترد در اتصالات رخ ندهد و در عوض مهاربند وارد پروسه ی اتلاف انرژی شود.

در این مقاله، توجه ویژه ای به اتلاف انرژی سکوی دریایی با دو نوع مختلف اندرکنش شمع - پایه شده است. یک مدل آزمایشگاهی نمونه در این تحقیق انتخاب شده و دو نوع مختلف اندرکنش شمع و پایه برای آن اجرا شده است. در مرحله ی بعد مدل عددی برای دو قاب آزمایشگاهی مهیا شده و به صورت گام به گام صحت سنجی شده است. پارامترهای مختلفی از قبیل رفتار چرخه ای، بیشینه ی بار قابل تحمل در هر سیکل و از همه مهمتر اتلاف انرژی برای قابهای دوبعدی مورد مطالعه بررسی شده است. نتایج ارائه شده در این مقاله اطلاعات مفیدی را برای طراحی و اجرای سکوی ثابت شابلونی بدست میدهد.

لغات کلیدی: سکوی ثابت دریایی، پوشش اتصال، اتلاف انرژی، مهاربند، گسیختگی اتصال

۱. معرفی

تولید نفت و گاز از مناطق فراساحل بوسیله ی سازه های دریایی، در دهه های اخیر اهمیت چشمگیری یافته است. طراحی اینگونه سازه ها وابستگی مستقیمی به بارهای محیطی جانبی وارد بر آن دارد. مهاربندهای سازه های دریایی به این جهت طراحی میشوند که بتوانند در مقابل تحریکات جانبی مقاومت از خود نشان داده و در ناحیه ی غیرخطی به اتلاف انرژی ورودی بپردازند. کماتش و تسلیم دو عامل مهمی هستند که به حلقه های هیستریزیس رفتار مهاربند شکل داده و در ناحیه ی غیرخطی، انرژی ورودی را تلف مینمایند. اما مطالعات بر روی سازه های معمولی نشان داده است که اتصالات می توانند قبل از کارائی یک عضو، رفتار ترد از خود نشان داده و بشکنند، در نتیجه عضو قبل از اینکه به کماتش و یا تسلیم برسد از جریان باربری جانبی سازه خارج شده و هیچگونه اتلاف انرژی از خود نشان نمی دهد.

اتصالات لوله ای در سکوی دریایی مکانیزم شکست های متعددی را از خود نشان میدهند. می توان به مواردی همچون گسیختگی که بعلت ترد شدن ناحیه اتصال ناشی از جوشکاری کم دقت و برش پانچ و پارگی ورق اتصال ناشی از نیروهای برشی بیش از حد رخ می دهد، اشاره کرد. علاوه بر آن تنشهای محلی ناشی از پدیده ی خستگی و بارگذاری مکرر می تواند به اتصالات صدمه بزند و مقاومت نهایی آنها را به صورت تدریجی کم نماید و در نهایت به شکست کلی اتصال بینجامد. برای غلبه بر این مشکل پوشش اتصال که یک غلاف لوله ای با ضخامت بیشتر میباشد در ناحیه ی اتصال تعبیه شده و اتصال را به طور موضعی تقویت می نماید. با پیش بینی این اعضای کمکی، اعضای سازه می توانند به مقاومت حداکثر خود رسیده و انرژی ورودی را تلف نمایند.

اندرکنش شمع - پایه اخیراً توجه برخی از محققین را به خود معطوف کرده است [1,2,3]. در بسیاری از موارد فاصله ی خالی بین شمع و پایه توسط تزریق گروت پر میشود تا یک مقطع مرکب واحد به نام مقطع گروت شده بوجود آید. از طرف دیگر اگر این فاصله خالی بماند، در ترازهای برخورد مهاربندهای افقی به پایه ی سکو، ورقهای اتصال می تواند تعبیه شود تا ارتباط بین شمع و پایه را برقرار سازد که به مقاطع حاصل، مقطع گروت نشده میگویند. هنرور و همکاران (۲۰۰۸) [3] نتایجی را ارائه کردند که بر مبنای آن دو سکو یکی با اندرکنش شمع پایه گروت شده و دیگری با اندرکنش شمع پایه گروت نشده از نظر اتلاف انرژی مورد مقایسه قرار گرفتند. هر دو سکو مورد مطالعه دارای اتصالات شکننده ای بودند و جوشکاری برای ضخامت کم ورق در ناحیه ی اتصال، ایجاد ناحیه ی ترد متمرکز منجر از جوشکاری کرده بود و بنابراین مهاربندها نمی توانستند کارایی خود را داشته باشند. در این شرایط نتایج آنها نشان می داد که سکو با اندرکنش شمع - پایه گروت شده، سکوی سخت تری میباشد ولی اتلاف انرژی کمتری را در مقایسه با سکوی گروت نشده بروز میدهد. بر همین اساس نیاز به تحقیقات بیشتری در این زمینه احساس میشد تا مساله ی استهلاک و اتلاف انرژی برای سکوهایی که از اتصالات آنها محافظت به عمل آمده با دقت بیشتری مورد مطالعه قرار گیرد. محققین زیادی از قبیل Zayas و همکاران (۱۹۸۰) [4] تحقیقات وسیعی بر روی رفتار غیرخطی چرخه ای سکوی دریایی

ارائه داده اند. همچنین مدل‌های عددی متعددی توسط افرادی چون کیوانی و برزگر (۱۹۹۳) [6] و عسگریان و همکاران (۲۰۰۵) [7,8] و Clough و همکاران (۱۹۸۰) [9] ارائه شده که به بررسی رفتار دینامیکی و استاتیکی چرخه ای سکوهای دریایی و قابهای دوبعدی پرداخته شده است. همچنین Bou Kamp و همکاران (۱۹۸۰) [10] و بهاری و مولایی (۲۰۰۳) [11] نیز بررسی هایی بر روی رفتار اتصالات سکوهای دریایی و پدیده ی انعطاف پذیری اتصالات انجام داده اند.

در ادامه ی کارهای هنرور و همکاران (۲۰۰۸) [3]، اتلاف انرژی سکوهای ثابت دریایی با اندرکنش متفاوت شمع - پایه مورد بررسی بیشتر در این مقاله قرار گرفته است. مدل‌های عددی تک عضو ابتدا ارائه شده و در مقابل نتایج آزمایشگاهی موجود به صورت گام به گام صحت سنجی شده است. مواردی همچون اتلاف انرژی، پیش بینی بار کمانش و رفتار چرخه ای برای مهاربندها به دقت بررسی شده است. در مرحله ی بعد، مدل‌های تک عضو صحت سنجی شده برای ساختن یک مدل دو بعدی سکوی دریایی مورد استفاده قرار گرفته و مطالعات ویژه ی خاص سکو بر روی مدل عددی انجام شده است. نتایج بدست آمده در این مقاله دنباله ی کارهای هنرور و همکاران (۲۰۰۸) [3] میباشد و اتلاف انرژی را برای سکوهای گروت شده و گروت نشده با دقت بیشتری مورد مطالعه قرار میدهد.

۲. رفتار اعضای مهاربندی

یک سازه ی دریایی معمولاً از مهاربندها، شمع ها، پایه ها و اتصالات تشکیل شده است. همانطور که گفته شد، مهاربندها نقش بسیار مهمی در باربری جانبی سازه ها ایفا می نمایند. در این بخش رفتار اعضای تک مهاربندی مورد مطالعه قرار می گیرد. محققینی چون Zayas و همکاران (۱۹۷۹) [4] و Black و همکاران (۱۹۸۰) [12] آزمایشهایی را بر روی اعضای تک مهاربندی با مقاطع مختلف انجام دادند که در این بخش توسط نرم افزار اجزا محدود غیرخطی Opensees سعی می شود که این اعضای تک مدل شده و بارگذاری مونوتونیک و چرخه ای بر روی آنها انجام شود و نتایج حاصل از مدل عددی با نمونه های آزمایشگاهی صحت سنجی شود. مواردی همچون رفتار چرخه ای و انرژی اتلافی تجمعی مورد توجه بیشتر قرار خواهد گرفت. به جهت خلاصه سازی نتایج، یک نمونه از ۶ نمونه دو سرمفصل که Zayas و همکاران (۱۹۷۹) [12] مورد استفاده قرار دادند، انتخاب شده است که دارای سطح مقطع لوله ای می باشد. همچنین به جهت بررسی بیشتر و تعمیم نتایج، ۳ نمونه نیز از نمونه هایی که Black و همکاران (۱۹۸۰) [12] مورد استفاده قرار دادند، مدل سازی شده است که دارای مقاطع لوله، بال پهن و نبشی دابل می باشند. جدول ۱ مشخصات هندسی و مصالح این ۴ نمونه را نشان میدهد. مدل اجزای محدود ارائه شده برای شبیه سازی رفتار مهاربندها باید قادر به در نظر گرفتن هر دو رفتار غیر خطی هندسی و مصالح باشد. البته توضیحات مفصل و کاملی از مدل اجزای محدود ارائه شده توسط المانهای الیافی تک محوری الیافی در تحقیق هنرور و همکاران (۲۰۰۸) [3] موجود میباشد و در اینجا به طور خلاصه به ذکر این نکته اکتفا میشود که از دو المان تیر - ستون غیر خطی بر پایه ی توابع شکل نیرو با یک نقص اولیه عمومی به بزرگی یک هزارم طول مهاربند استفاده شده است. از تبدیل مختصات چرخشی یا تبدیل Corotational که در نرم افزار برای در نظر گرفتن تغییر مکانهای بزرگ است نیز استفاده شده است تا بتوان رفتار پس کمانشی را با دقت هر چه بهتر مدلسازی کرد.

جدول ۱. خصوصیات هندسی و مواد نمونه آزمایشگاهی تست شده توسط Zayas و همکاران (۱۹۷۹) [4] و Black و همکاران (۱۹۸۰)

[12]

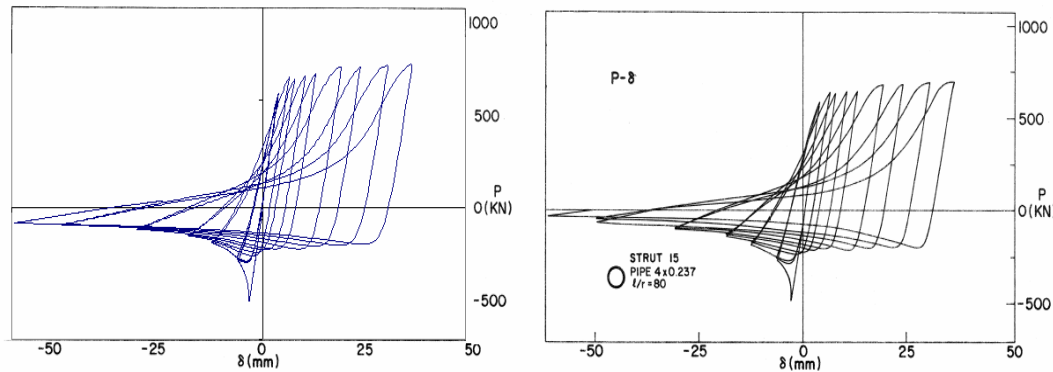
مهاربند	f_y (MPa)	$\frac{f_t}{f_y}$	بارکمانش (KN)	A (cm ²)	بارکمانش (KN) AISC
۲ (W 6x25)	۲۹۰/۷۶	۴۰	۱۱۷۰/۳۵	۴۷/۳۵	۱۳۰۰
۱۰ (2-L 4x3x3/8)	۲۸۶/۶۲	۱۲۰	۴۳۲/۵۴	۳۴/۴۵	۴۷۰/۰۵
۱ (pipe 4x0.237)	۳۲۷/۲۷	۸۰	۴۸۹/۵	۱۸/۰۸	۵۲۹/۲۹
۲ (pipe 3.96x0.12)	۲۱۳/۵۹	۵۴	۱۹۴/۴۶	۹/۴۱	۸۵۶/۵۶

۱. مهاربند شماره ۲ تست شده توسط Zayas و همکاران (۱۹۷۹) [4]

۲-۱. رفتار چرخه ای

بارگذاری افزایشی و چرخه ای مطابق الگوی بارگذاری موجود در آزمایشهای Zayas و همکاران (۱۹۷۹) [4] و Black و همکاران (۱۹۸۰) [12] به نمونه ها وارد شده است و نتایج یکی از آنها در این قسمت ارائه می شود. عضو شماره ی ۱۵ از آزمایشهای Black و همکاران (۱۹۸۰) [12] که یک عضو با مقطع لوله ای می باشد در این قسمت انتخاب شده است. بعد از بارگذاری چرخه ای می توان منحنی های بار تغییر مکان عالی مهاربند را بدست آورد و با نتایج آزمایشگاهی مقایسه کرد. شکل ۱ این مقایسه را نشان میدهد، همانطور که ملاحظه میشود تطابق بسیار عالی

بین نتایج آزمایشگاهی و عددی وجود دارد. کماتش در فشار، تسلیم در کشش، کاهش مقاومت و بار کماتش در چرخه های متوالی ناشی از اثر باوشینگر و همچنین تسلیم جزئی و موضعی مقطع کاملا در این شکل مشخص می باشد.

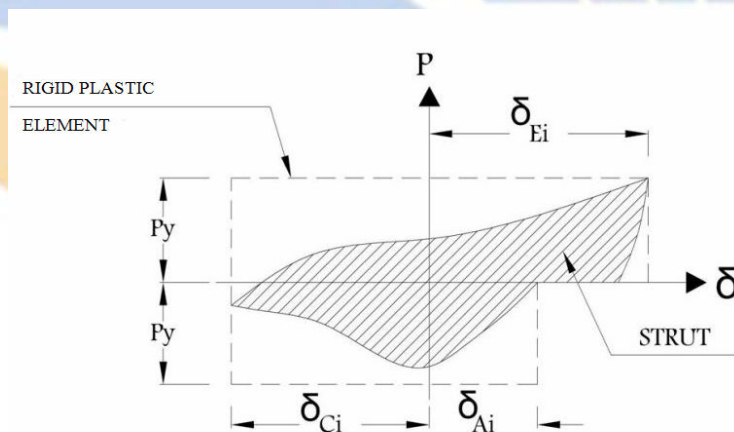


شکل ۱. مقایسه بین مدل آزمایشگاهی و مدل تحلیلی (مهاربند شماره ۱۵ تست شده توسط Black و همکاران (۱۹۸۰) [5])

۲-۲. اتلاف انرژی

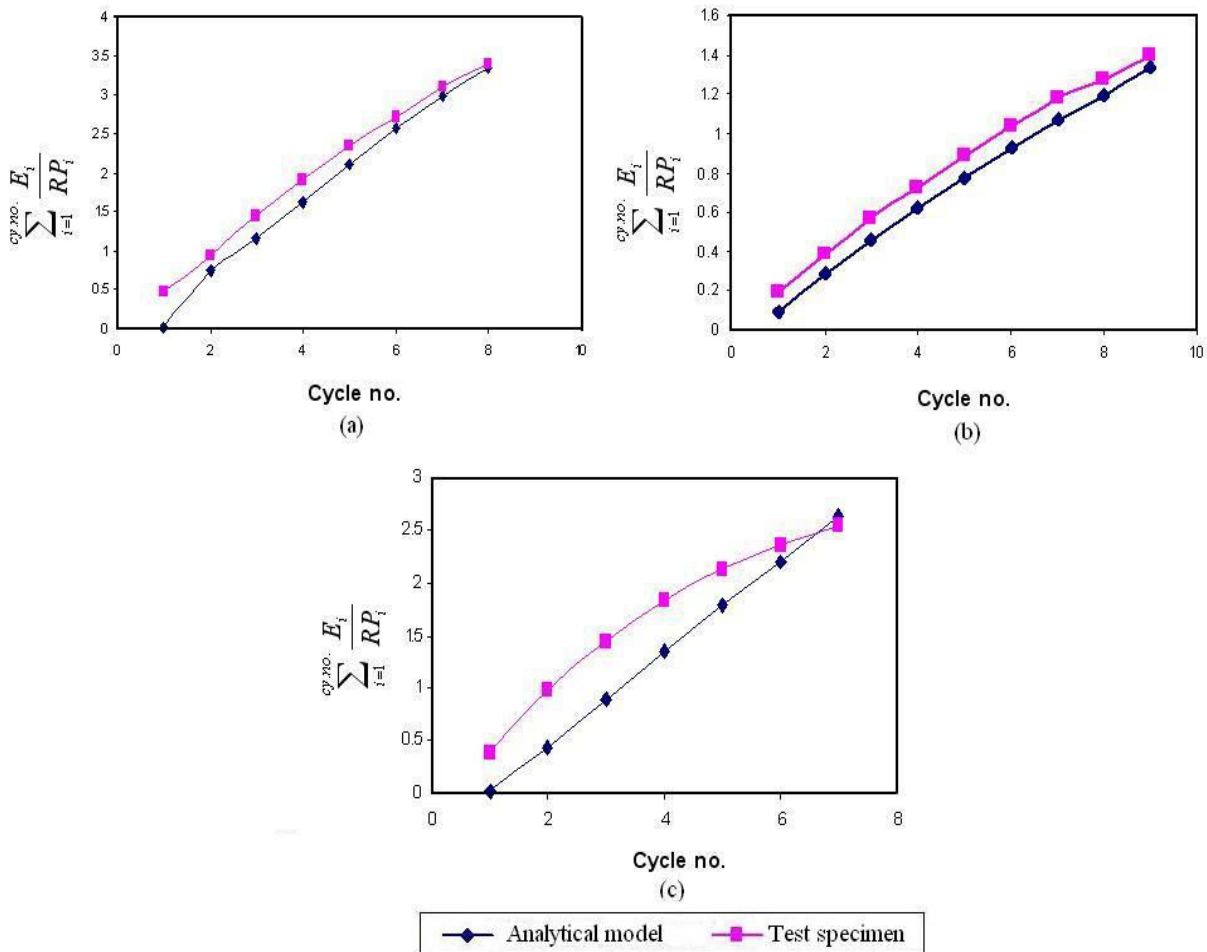
همانطور که قبلا ذکر شد، اتلاف انرژی یکی از مشخصه های مهم رفتار غیرخطی و غیرکشسان اعضای مهاربندی می باشد. میتوان با محاسبه ی سطح زیر نمودار بار تغییر مکان (نیروی محوری - تغییر مکان محوری) اتلاف انرژی در هر چرخه را بدست آورد و البته با جمع این اتلاف انرژی ها در هر چرخه، اتلاف انرژی تجمعی را بدست آورد. Zayas و همکاران (۱۹۷۹) [4] اتلاف انرژی در هر سیکل را با E_i نشان دادند و برای نرمال سازی آن یک معیار را اتلاف انرژی خمیری کلی را به نام R_{Pi} تعریف کردند. در حقیقت R_{Pi} سطح زیر نمودار بار تغییر مکان عضوی است که از ابتدا رفتار کاملا پلاستیک از خود نشان میدهد و کاملا موثر در امر اتلاف انرژی عمل می کند. با توجه به شکل ۲ می توان مقدار این پارامتر را توسط رابطه ی زیر بیان کرد:

$$R_{Pi} = P_y (\delta_{Ei} + 2\delta_{Ci} + \delta_{Ai}) \quad (1)$$



شکل ۲. المان صلب پلاستیک (Zayas و همکاران (۱۹۷۹) [4])

حال میتوان انرژی اتلافی هر سیکل را که E_i نام دارد بر R_{Pi} تقسیم کرد و آنرا نرمال نمود و کارایی چرخه ی مورد نظر را در امر اتلاف انرژی بررسی نمود. با جمع این مقادیر نرمال شده از سیکل اول تا سیکل آخر می توان اتلاف انرژی تجمعی را برای تمام اعضا بدست آورد. در این قسمت ۲ عضوی که از اعضای Black و همکاران (۱۹۸۰) [12] و یک عضو لوله ای از اعضای Zayas و همکاران (۱۹۷۹) [4] جهت صحت سنجی عددی انتخاب شده اند. شکل ۳ نتایج را برای این سه نمونه نشان میدهد. تطابق بسیار خوبی بین نتایج مدل آزمایشگاهی و عددی دیده میشود.

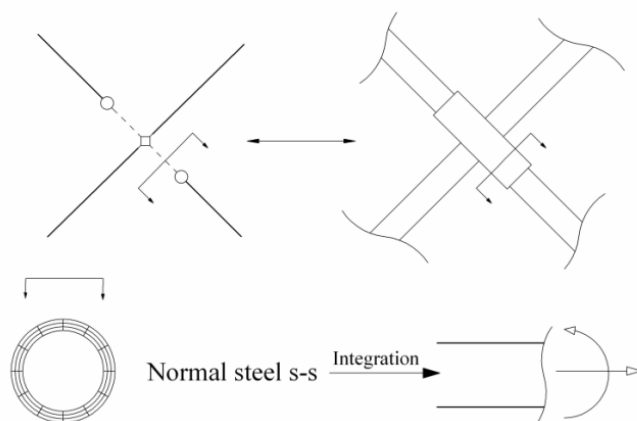


شکل ۳. اتلاف انرژی تجمعی؛ مقایسه بین مدل آزمایشگاهی و مدل تحلیلی؛ (a) مهبانند ۲، (b) مهبانند ۱۰، (c) مهبانند ۲ (Zayas و همکاران (۱۹۷۹) [4])

۳. قابهای دو بعدی سکوی دریایی

بعد از صحت سنجی اعضای مهبانندی تک می‌توان به مدلسازی سکوی دوبعدی توسط المانهای ایفای پرداخت. همانطور که عنوان شد هنرور و همکاران (۲۰۰۸) [3] دو سکوی آزمایشگاهی مقیاس شده را با دو نوع مختلف اندرکنش شمع - پایه، از رفتار چرخه ای مهبانندیها صرفنظر کردند و اتصالات را عمداً طوری طراحی کردند که در عرض چند سیکل از بین برود و بعد مدل عددی را ارائه کردند تا بتوانند شکست ترد اتصال ناشی از منطقه ی ترد متأثر از جوشکاری موضعی (HAZ) را مدلسازی نمایند. در این قسمت برای مدل عددی هنرور و همکاران (۲۰۰۸) [3]، پوشش اتصال پیش بینی می شود تا شکست ترد در اتصال رخ ندهد و مهباندها در فشار کماتش نموده و در کشش تسلیم شوند و در اتلاف انرژی کلی سکو سهم خود را ایفا نمایند.

برای مدلسازی پوشش اتصال، المانهای تیر-ستون [14] (که در شکل ۴ با خط چین مشخص شده اند) در مدل عددی گنجانده شده اند. سطح مقطع این المانهای ایفای نیز توسط فیبرها به اجزای ریزتری تقسیم شده اند. لازم به ذکر است که این مدلسازی نمی تواند تغییر شکلهای برشی و کرنشهای برشی متمرکز در ناحیه ی اتصال را مدلسازی نماید و فقط برای شبیه سازی ناحیه ی ترد اتصال متأثر از جوشکاری متمرکز می باشد. چراکه از المانهای تک محوری استفاده شده است. حال می‌توان این مدل را که در آن پوشش اتصال قرار دارد و مهباندها کماتش می کنند را با مدلی که هنرور و همکاران (۲۰۰۸) [3] معرفی کرده بودند مقایسه کرد. بنابراین دو مقایسه ی همزمان امکان پذیر میباشد. اولاً می‌توان تفاوت بین رفتار قاب گروت شده و گروت نشده ی کماتش پذیر را با هم مقایسه کرد و اندرکنش شمع - پایه را با دقت بیشتری مورد بحث قرار داد. ثانیاً می‌توان رفتار قاب کماتش پذیر با قاب با اتصالات ترد و شکننده هنرور و همکاران (۲۰۰۸) [3] مقایسه کرد و اثر کماتش مهباندها را در رفتار کلی قاب مورد بررسی دقیقتری قرار داد. لازم به ذکر است که در مدل عددی از رفتار ماده ی ترد که در نرم افزار Opensees موجود است استفاده شده است [15].



شکل ۴. مدل تحلیلی محافظ اتصال به کمک المانهای ایفایی

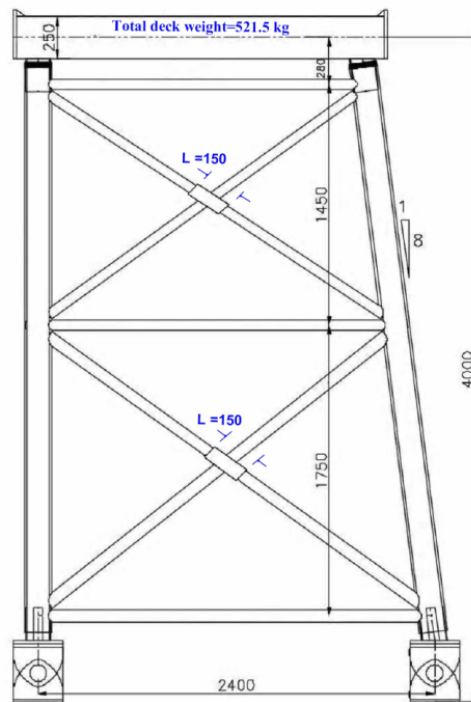
۱-۳. نمونه ی آزمایشگاهی

نمونه های آزمایشگاهی متشکل از دو قاب مقیاس شده (۱/۱۲) سکوهای دریایی طراحی شده در خلیج فارس میباشد که در آزمایشگاه سازه مرکز تحقیقات مسکن ایران ساخته شده و مورد آزمایش بارگذاری چرخه ای قرار گرفته است. توسط قیدهایی حرکت خارج از صفحه ی قاب محدود شده و میتوان مشخصات رفتار این قاب را به صورت دوبعدی فرض کرد. جدول ۲ جزئیات مقاطع مورد استفاده در مدل سکو را نشان میدهد.

جدول ۲. جزئیات مقاطع استفاده شده در قاب های آزمایشگاهی

ردیف	نام عضو	مقطع	O.D. (mm)	W.T.(mm)
1	شمع	لوله	141	5
2	پایه	لوله	165	5
3	مهاربند پایینی	لوله	77	2
4	مهاربند بالایی	لوله	60	2
5	عرشه	قوطی (250x250x20 mm)		
6	محافظ اتصال (مدل تحلیلی)	لوله	بالایی	4
			پایینی	4

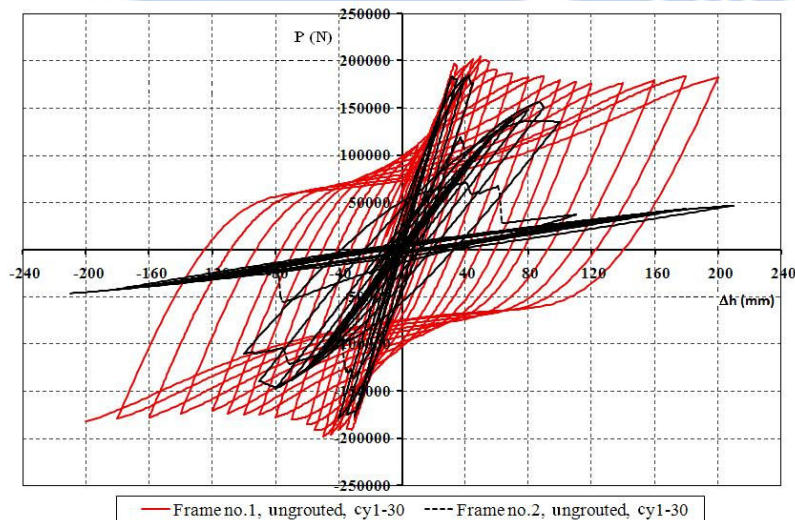
همچنین شکل ۵ ابعاد و اندازه های مدل آزمایشگاهی را نشان میدهد. همانطور که گفته شد، دو مدل عددی از این سکوی آزمایشگاهی ساخته شد که اولی مدلی است که دارای پوشش اتصال میباشد و مهاربندهای آن کمانش می کنند و دومی همان مدل هنرور و همکاران (۲۰۰۸) [3] میباشد که اتصالات شکننده دارد و مهاربندها یکی پس از دیگری از دور خارج میشوند. از این به بعد قاب اول را شماره ی ۱ و قاب دوم را شماره ی ۲ نامگذاری می نماییم. هر کدام از این دو مدل عددی به ۲ مدل گروت شده و گروت نشده نیز تقسیم می شود که بنابراین در کل ۴ مدل عددی وجود دارد که در این قسمت با یکدیگر مقایسه می شوند.



شکل ۵. جزئیات قاب؛ واحدها (mm)

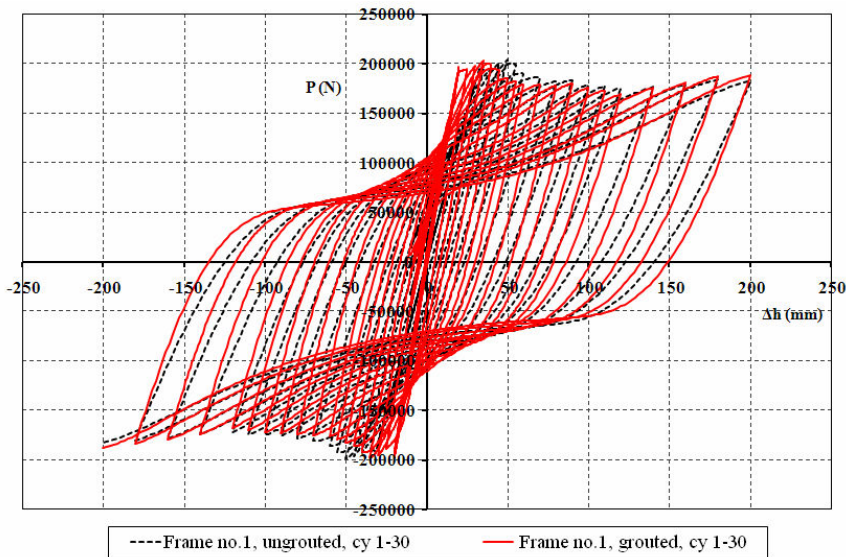
۳-۲. رفتار چرخه ای قابها

بارگذاری چرخه ای و افزایش مطابق با الگوی بار معرفی شده در مقاله هنرور و همکاران (۲۰۰۸) [3] به مدل شماره ی ۱ و ۲ وارد شد. مشاهده شد که قاب شماره ی ۱ به طور پیوسته می تواند در مقابل بار جانبی عکس العمل نشان دهد در حالیکه قاب شماره ی ۲ دو شکست و افت سختی فاحش که متناظر با شکست ۲ اتصال آن میباشد را دارا میباشد، در حالیکه کاهش سختی در قاب شماره ی ۱ بصورت تدریجی و آهسته می باشد که رفتار مطلوبی بحساب می آید (شکل ۶).



شکل ۶. رفتار هیستریزیس؛ مقایسه بین قاب شماره ۱ و ۲ (قاب گروت نشده)

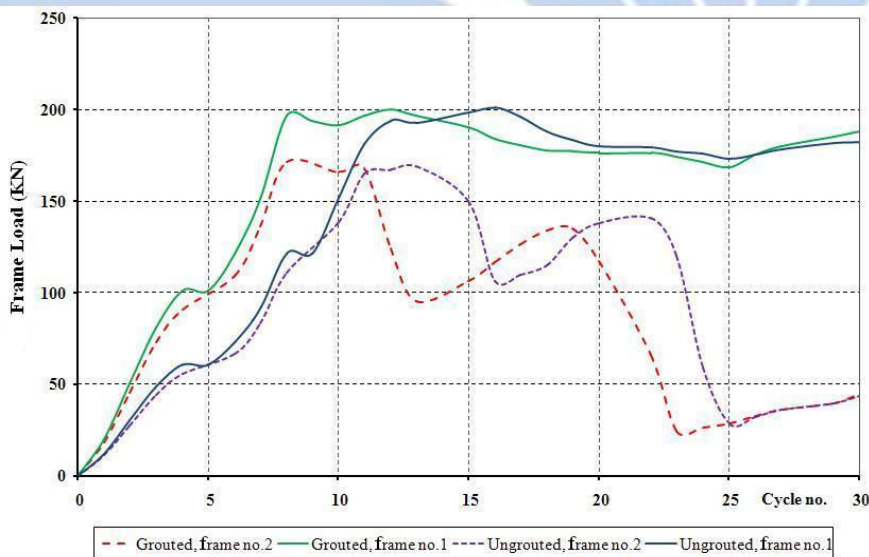
حال میتوان در قاب شماره ی ۱ که مهاربندها کمانش می کنند، تاثیر اندرکنش شمع - پایه را بررسی نمود، همانطور که در شکل ۷ مشخص است، قاب گروت شده به طور کلی سخت تر می باشد، که این به خاطر وجود گروت در پایه های سکو میباشد. اما هنگامیکه تغییر مکانهای اعمالی به قاب زیاد می شوند، تفاوت فاحشی بین جوابها دیده نمی شود، چراکه گروت عملا خرد شده و هردو سکو مثل هم عمل می نمایند و سختی گروت دیگر فاحش نیست.



شکل ۷. رفتار هیستریزیس؛ مقایسه بین قاب گروت شده و گروت نشده (قاب شماره ۱)

۳-۳. بیشینه بار قابل تحمل در چرخه های متوالی

اگر در هر چرخه بیشینه بار قابل تحمل سکو چه در حالت رفت (فشار) و چه در حالت برگشت (کشش) محاسبه شود میتوان تخمینی از مقاومت سکو در مقابل بارهای جانبی بدست آورد. شکل ۸ این بیشینه بارهای قابل تحمل را که قدر مطلق آن در هر چرخه محاسبه شده است را نشان میدهد. همانطور که مشخص است، افت مقاومت برای قاب شماره ۲ کاملاً فاحش می باشد چون اعضای مهاربندی آن از بین رفته اند. در مقایسه ی دو حالت گروت شده و نشده برای هر دو قاب دیده میشود که قاب گروت شده سخت تر میباشد و سریعتر به مرحله ی غیرخطی و بیشینه بار قابل تحمل میرسد. اما کماکان در سیکلهای آخر تفاوتی بین رفتار دو قاب گروت شده و نشده دیده نمی شود چراکه گروت خرد شده و عملاً کارایی خود را از دست میدهد. لازم به ذکر است که شکست و پارگی اتصالات نیز در شکل شماره ۹ کاملاً مشخص شده است.



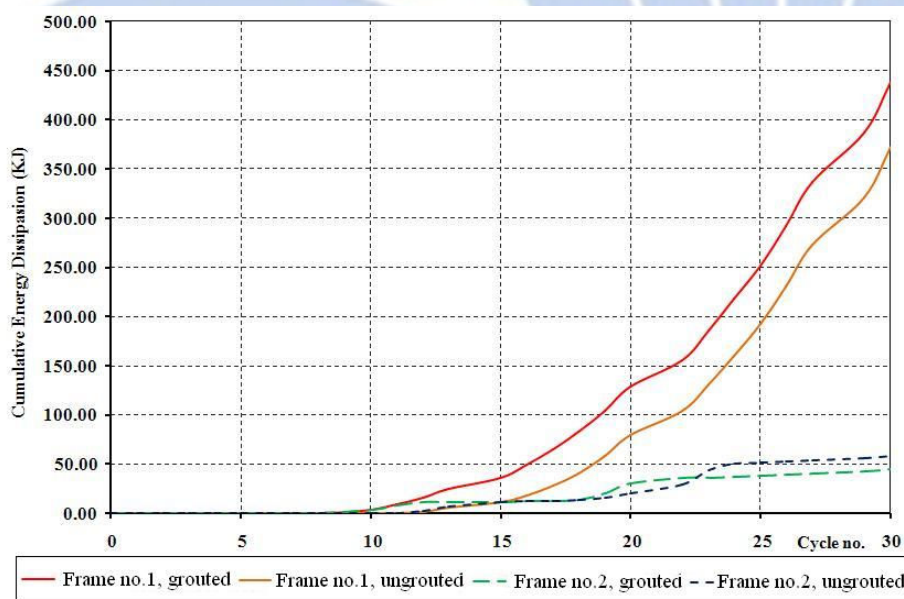
شکل ۸. ماکزیمم ظرفیت تحمل بار جانبی قاب در سیکلهای متوالی



شکل ۹. شکست اتصال در قاب شماره ۲ (Honarvar و همکاران (۲۰۰۸) [2])

۳-۴. اتلاف انرژی

در این مرحله میتوان مشابه بخشهای قبل انرژی اتلافی سکوهاى شماره ۱ و ۲ چه در حالت گروت شده و چه در حالت گروت نشده را با یکدیگر مقایسه کرد. سطح زیر نمودار بارگذاری چرخه ای سکوها که در بخش ۳,۳ بدست آورده شد، پایه ی محاسبه ی انرژی اتلافی در این بخش میباشد. شکل ۱۰ مقایسه ی ۴ مدل را بایکدیگر نشان میدهد. همانطور که مشخص است در مقایسه سکوی شماره ۱ و ۲ چه در حالت گروت شده و چه در حالت گروت نشده، سکوی شماره ۱ که مهاربندهای آن کماتش می نمایند، از اتلاف انرژی کاملاً بیشتر و موثرتری نسبت به سکوی شماره ۲ برخوردار میباشد، این مساله مستقیماً به کماتش و تسلیم و کارایی نقش مهاربندها در اتلاف انرژی کلی سازه مربوط میباشد.



شکل ۱۰. اتلاف انرژی تجمعی برای مدل ها

نکته ی مهم دیگر در این بخش مقایسه ی رفتار سکوی گروت شده و گروت نشده میباشد. از شکل مشخص است که سکوی گروت شده اتلاف انرژی بیشتری نسبت به سکوی گروت نشده دارد، البته این نتیجه گیری زمانی صحیح است که مهاربندها از پروسه ی تحمل بار جانبی خارج نشوند و در اتلاف انرژی کلی سازه شرکت نمایند. اما در حالتی که مهاربندها می شکنند این سکوی گروت نشده میباشد که به اتلاف انرژی موثرتری از سکوی گروت شده از خود بروز میدهد.

در این مقاله رفتار چرخه ای و اتلاف انرژی سکوهایی ثابت فلزی دریایی مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج ارائه شده در بخشهای گذشته می توان نتیجه گیریهای زیر را عنوان نمود:

- مدل عددی مناسب معرفی شده در تحقیق هنرور و همکاران (۲۰۰۸) [3] به خوبی میتواند رفتار چرخه ای، اتلاف انرژی، کماتش و پس کماتش اعضای مهاربندی هرگونه سازه ای را مدلسازی نماید.
- هنگامیکه اتصالات سکوها توسط پوشش اتصال محافظت می شود، مهاربندها می توانند کارائی کامل خود را بروز دهند و در اتلاف انرژی کلی سازه شرکت نمایند.
- سکوی گروت شده دارای سختی بیشتری از سکوی گروت نشده می باشد و به خاطر همین سختی رفتار غیرخطی را از خود سریعتر بروز میدهد.
- در چرخه های آخر هر دو سکوی گروت شده و گروت نشده رفتار یکسانی از خود نشان می دهند، چراکه گروت خرد شده و نقشی در باربری جانبی سکو ایفا نمی نماید.
- سکوی گروت شده اتلاف انرژی بیشتری از سکوی گروت نشده از خود بروز می دهد، اما این مساله بستگی کاملی به رفتار مهاربندها دارد. اگر مهاربندها بتوانند در چرخه های متوالی مدام کماتش نمایند و یا اینکه تسلیم شوند، می توان ای نتیجه گیری را کاملا صحیح دانست. اما اگر به هر علتی (خستگی، تردشکنی اتصال، پارگی برش پانچ اتصال و ...) مهاربند باربری خود را از دست بدهد، سکوی گروت شده برتری قابل توجهی نسبت به سکوی گروت نشده ندارد. مشخص شده است که اگر از اتصالات به خوبی محافظت شود و همچنین نسبت های عرض به ضخامت به طرز مناسبی پایین باشند، خستگی باعث پارگی و همچنین اتصال نخواهد شد. علاوه بر آن منطقه ی ترد ناشی از جوشکاری نیز در منطقه ی اتصال تشکیل نخواهد شد، بنابراین با توجه به تراز لرزه خیزی منطقه می توان انتظار داشت سکوی گروت شده به طور کلی رفتار بهتری را نسبت به سکوی گروت نشده از خود بروز بدهد. البته این تفاوت چشمگیر نیست و مهندس باید هنگام طراحی کارایی و میزان برتری سکوی گروت شده را با هزینه ی کلی پروژه بسنجد و تعادل را برقرار نماید.

مراجع

- [1] Etterdal B., Askheim D., Grigorian H., Gladsø R. Strengthening of Offshore Steel Components Using High-Strength Grout: Component Testing and Analytical Methods. Proc. OTC, Paper 13192. 2001.
- [2] Honarvar MR, Bahaari MR, Asgarian B. Effect of grouting in jacket type offshore platforms pile-leg interaction in nonlinear range of deformation. Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering (2007), Paper No. OMAE 07-1007 (Accepted for Publication).
- [3] Honarvar MR, Bahari MR, Asgarian B, Alanjari P. Cyclic inelastic behavior and analytical modeling of pile-leg interaction in jacket type offshore platform. Journal of Applied Ocean Research (2008)
- [4] Zayas VA, Popov EP, Mahin SA. Cyclic inelastic buckling of tubular steel Braces. Report no. UCB/EERC-80/16. Berkeley (CA): University of California; 1980
- [5] Zayas VA, Mahin SA, Popov EP. Cyclic inelastic behavior of steel offshore structures. Report no. UCB/EERC-80/27. Berkeley (CA): University of California; 1980
- [6] Kayvani K, Barzegar F. Modelling of tubular members in offshore steel jackets under severe cyclic loading. UNICIV report no. R-324. School of Civil Engineering, The University of New South Wales; December 1993.
- [7] Asgarian B, Aghakouchak A, Bea R. Nonlinear analysis of jacket-type offshore platforms using fibre elements. Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering 2006;128(August).
- [8] Asgarian B, Aghakouchak A, Bea R. Inelastic post-buckling and cyclic behavior of tubular braces. Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering 2005;127(August).
- [9] Ghanaat Y, Clough RW. Shaking table tests of a tubular steel frame model. Report no. UCB/EERC-82/02. Berkeley: Earthquake Engineering Research Center, Univ. of California; 1980.
- [10] Bouwkamp JG. et al. Effects of joint flexibility on the response of offshore towers. In: Proc. OTC, Paper 3901. 1980.
- [11] Bahaari B, Molaei. Numerical analysis of stress concentration factors for KK multi-axial tubular connections. Journal of Faculty of Engineering 2003;37(1):1-12. University of Tehran, Serial # 79.

Archive of SID

- [12] Black R G, Wenger W A B, Popov E P. Inelastic buckling of steel strut under cyclic load reversals. Rep. No. UCB/EERC-80/40, Earthquake Engineering Research Center, Univ. of California, Berkeley, Calif; 1980.
- [13] De Souza R. Forced-based finite element for large displacement inelastic analysis of frames. PhD dissertation, Univ. of California Berkeley, Calif 2000.
- [14] Mazzoni S, McKenna F, Scott M, Fenves G. OpenSees command language manual. 2006.
- [15] Uriz, Patxi. Towards earthquake resistant design of concentrically braced steel structures. Doctoral dissertation. Berkeley: Structural Engineering, Mechanics, and Materials, Department of Civil and Environmental Engineering, University of California; December 2005.



Energy Waste in Permanent Offshore Platforms with Two Different Sorts of Pile-Support Interactions

P. Alanjari, B. Askarian, M. Bahari & M. Honarvar

Abstract

Great efforts have been made during recent years to design permanent offshore platforms that are resistant to seismic loads. To this end, all platform components must reveal a suitable behavior when they are subject to seismic loads. Bracing is of great importance from among other components. They play an effective role in energy waste of the structures. Any failure can result in waste of notable amount of energy that is consumed for normal operations of the structure. Joints have a significant role in this regard. This article evaluates the energy waste of two different types of pile-supported interactions. An experimental model was selected as our sample and two different types of pile-supported interactions were implemented. In the next step, a numerical model was applied for the purpose of ensuring accuracy on step-by-step basis. Then, a variety of parameters including cyclic behavior, maximal bearable loads in each cycle and above all, energy waste were studied. Results of this article can provide helpful data for designing and implementing the permanent platforms.

Keywords: *permanent offshore platform, joint coating, energy waste, destruction*