هشتمین کنفرانس بین‌المللی
پیشرفت های اخیر در مهندسی راه‌آهن
دانشکده مهندسی راه‌آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران
۲ و۳ خردا ماه ۱۴۰۲

شبیه سازی دینامیک حرکت عبور قطار از پل با نرم افزار های سیمپک و آباکوس

طاها بحری دورباش ، دکتر محمد علی رضوانی

۱.دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی ماشین های ریلی، دانشگاه علم وصنعت ایران

۲.دانشیار دانشکده مهندسی راه آهن،دانشگاه علم وصنعت ایران

چکیده :

در این مقاله روشی پیشنهادی برای تحلیل دینامیکی عبور قطار از پل با استفاده‌ی ترکیبی از دو نرم افزار سیمپک و آباکوس ارائه میشود. نرم افزار سیمپک مناسب برای تحلیل دینامیکی سیستم های چند جسمی است و نرم افزار آباکوس مناسب برای تحلیل تنش و تحلیل دینامیکی سیستم های شامل اجزای منعطف است.روشهای گوناگونی برای بررسی تاثیر عبور قطار از پل موجود هستند اما در این مقاله، روش کار اعمال تاریخچه ی زمانی نیرو های وارد بر چرخ و ریل(که از نرم افزار سیمپک حاصل میشوند) بصورت بار متحرک به عرشه ی پل شبیه سازی شده ورسک (در نرم افزار آباکوس) می‌باشد. روش معرفی شده میتواند یک روش پیشنهادی برای تحلیل پل‌های راه آهن در اثر عبور قطار ها باشد که با استفاده از آن ، اطلاعاتی چون تنش ها و جابجایی های اعضای پل را بدست آورد.

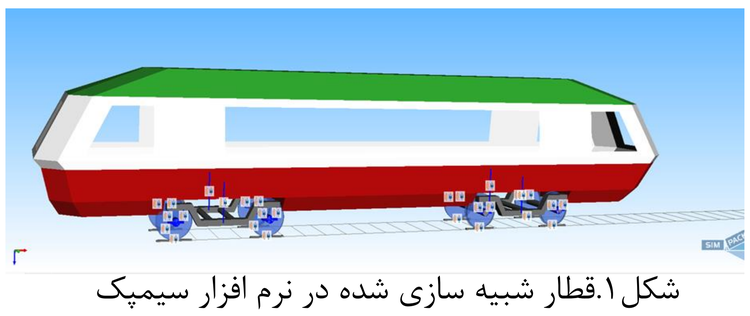
مقدمه :

این نرم افزار در زمینه تحلیل دینامیکی قطار بسیار قدرتمند عمل نموده و بسیاری از امکانات آن در جهت سهولت فرآیند شبیه سازی حرکت قطار در نظر گرفته شده است. پروفیل ریل و چرخ ، اطلاعات مربوط به مکانیک تماس چرخ و ریل،تئوری ها و روابط حاکم بر دینامیک حرکت قطار (از جمله تئوری خطی و غیر خطی کالکر و ...) و همچنین قید ها و درجات آزادی مخصوص تحلیل دینامیکی قطار بصورت پیش فرض در این نرم افزار تعبیه شده که امر طراحی قطار و مسیر ریلی را آسانتر میکند. قطار شبیه سازی شده در نرم افزار سیمپک دارای یک واگن و دو بوژی دومحوره میباشد. اجزای مهم طراحی دینامیکی یک قطار شامل ریل ، چرخ محور ، قاب بوژی ، واگن ، اطلاعات تماس بین چرخ و ریل ، فنرودمپر متصل کننده چرخ محور به بوژی ، فنر ودمپر متصل کننده بوژی و واگن میباشند. برای شبیه سازی بار متحرک عبوری از روی تیر انعطاف‌پذیر در نرم افزار آباکوس روش‌های مختلفی وجود دارد که یکی از این روشها روشی مبتنی بر مدل سازی بارگذاری متحرک به صورت بارگذاری فشاری بدون لحاظ نمودن جسم منتقل کننده نیروی فشاری است. برای شبیه سازی بارگذاری متحرک در اباکوس با این روش، باید مسیر حرکت بار متحرک را المان بندی کرد و به هر المان، بار فشاری معادل را وارد کرد. شبیه سازی حرکت بار در مسیر مربوطه، از طریق تعریف امپلیتود های مناسب انجام می شود.

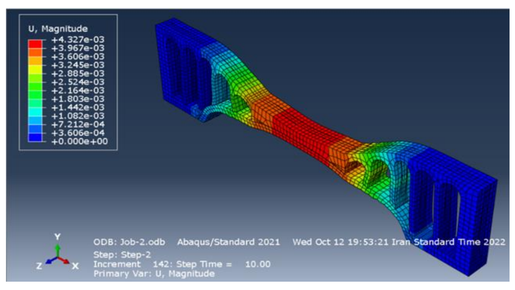
متن اصلی

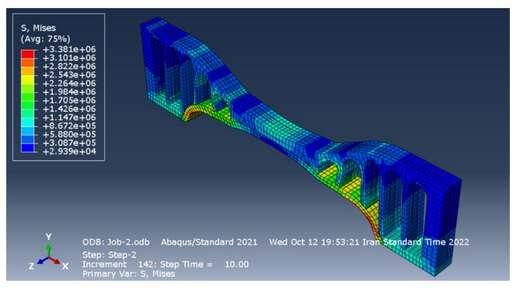
طراحی و ساخت مدل قطار در نرم افزار سیمپک با استفاده از آموزشها و اطلاعات داکیومنتیشن نرم افزار صورت گرفته است. اطلاعات هندسی و جرم و ممان اینرسی مربوط به اجزاء قطار شبیه سازی شده و همچنین اطلاعات مربوط به ضرایب دمپینگ و سختی سیستم های تعلیق اولیه و ثانویه نیز از داکیومنتیشن نرم افزار سیمپک جمع آوری و در شبیه سازی مورد استفاده قرار گرفته اند.

از تاریخچه زمانی نیرو های قائم وارد بر چرخ، بعنوان بار متحرک اعمالی از قطار به عرشه پل در نرم افزار آباکوس استفاده شده است.در بخش بعدی پل ورسک در نرم افزار آباکوس مدلسازی شده و در نهایت پس از اعمال بار متحرک، فرکانس های طبیعی پل ،تنش های وارد بر اعضای پل و جابجایی های اعضای آن نتیجه شده است.



شکل۱.قطار شبیه سازی شده در نرم افزار سیمپک





شکل۲.تنش وارد به اعضای پل و جابجایی اعضای پل هنگاهی که قطار به وسط پل میرسد

تحلیل وتفسیر موضوع

مقاله حاضر روشی پیشنهادی برای تحلیل و تفسیر پایش وضعیت عبور قطار ها از پل است. همچنین از قطار شبیه سازی شده در نرم افزار سیمپک می‌توان برای تحلیل پایش وضعیت قطارها در مسیر های قوسی بهره برد. تحلیل اندرکنش دینامیکی قطار و پل، که شامل حل معادلات دینامیکی کوپل شده قطار و پل است به دلیل دشواری ساخت جسم‌منعطف در نرم افزار سیمپک صورت نگرفته است. در بسیاری از مقالات از مدلسازی دو بعدی مسئله اندرکنش قطار و پل استفاده شده است که مدل وسیله نقلیه یک سامانه دو درجه آزادی یا چهار درجه آزادی است.در تحقیق ها و تلاش هایی که صورت گرفت حل عددی معادلات سامانه قطار و پل با نرم افزار متلب انجام شد که در این مقاله به آن اشاره ای نشده است. برای مدلسازی سه بعدی مسئله اندرکنش قطار و پل به دلیل حجیم بودن معادلات و فرآیند حل،شبیه سازی نرم افزاری به شرط اعمال پل منعطف در نرم افزار، مناسب است.

بحرانی ترین حالت برای پایداری پل زمانی رخ میدهد که قطار در حال عبور از وسط است. در این حالت همگی جابجایی های ارتفاعی ، عرضی و طولی المان های پل بیشترین میزان جابجایی را دارند.

جابجایی المان های پل توسط نرم افزار آباکوس با اغراق ترسیم شده است و المان هایی که زیر قطار هستند بیشترین میزان جابجایی و ارتعاش را در سه جهت خواهند داشت.

تنش های بیشینه را المان های طاق پل تحمل میکنند و این محل ها از نظر طراحی باید مقاوم تر باشند و در تعمیرات پل مورد توجه بیشتری قرار بگیرند.

1. Simpack 2018 Documentation,2017 Dassault Systemes Simulia Corp,(2017)

2. Daichi Hirano, "Modelling and Analysis of a Free floating Robot with Flexible Links in SIMPACK",DLR,(2015)