دانشگاه سمنان
دانشکده عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران-گرایش راه و ترابری

عنوان:

تحلیل عددی تماس چرخ و ریل به روش اجزای محدود

توسط :

سمانه اکبری نژاد

استاد راهنما:

دکتر غلامعلی شفابخش

تابستان ۱۳۹۰

تشکر و قدر دانی:

سپاس و ستایش حکیم راستین و دانای حقیقی را که ره توشه دانش در کوله بار اشرف آفریدگان خویش نهاد و با کرامت علم الاسماء او را شایستگی مقام خلیفهء الهی ارزانی داشت.

سپاس همه آنان را که خوشه چین خرمن معرفتشان بوده‌ام و آموختن را به گونه‌ای مدیون فضل و کرم آنانم.

سپاس ویژه استاد راهنمایم جناب آقای دکتر غلامعلی شفابخش که هرگز مرا از خوان بی دریغ اندوخته‌های خویش محروم نگذاشته اند.

سپاس استاد مشاورم جناب آقای دکتر امیر حسنی که مشاوره های ایشان در این مسیر چراغ راهم بود.

و سپاس کلیه نزدیکان و دوستان عزیزی که به نوعی در رسیدن به این هدف مرا یاری نموده‌اند .

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم

آنان که دستانشان جایگاه هزاران بوسه است.

چکیده:

یکی از اساسی‌ترین مشخصه وسایل نقلیه ریلی این است که حرکت چرخ‌ها به وسیله دو ریل هدایت شده و در طی عبور چرخ‌ها از روی ریل تمامی نیروها از طریق اندرکنش چرخ و ریل به خط آهن منتقل می‌شود. بدین ترتیب ناحیه کوچک تماس بین چرخ و ریل تحت شدیدترین تنش‌ها و فشارهای تماسی قرار دارد. در این تحقیق سعی می‌گردد با مدل سازی سه بعدی الاستو-پلاستیک چرخ و ریل UIC60، با استفاده از روش المان محدود (FEM) و به کمک نرم افزارهای اجزای محدود، تماس چرخ و ریل مورد مطالعه قرار گیرد. در مدل ایجاد شده اثرات قطر چرخ، بار چرخ و سرعت قطار بر روی تنش سطحی بین ریل و چرخ و خیز آن بررسی می‌شود. مقایسه نتایج حاصله نشان می‌دهد که با کاهش قطر چرخ، افزایش بار چرخ و سرعت قطار، میزان تنش سطحی و خیز افزایش یافته؛ ولیکن تغییر این مقادیر برای سرعت قطار مشهودتر می‌باشد.

کلمات کلیدی: تماس چرخ و ریل، مدل اجزای محدود تماس، تنش سطحی، خیز.

فهرست عناوین

عنوان **صفحه**

فصل اول:کلیات ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ بیان مسئله ۳

۱-۳-ضرورت و اهمیت تحقیق ۳

۱-۴- روش تحقیق ۴

فصل دوم:مروری بر ادبیات فنی ۶

۲-۱مقدمه ۷

۲-۲ تاریخچه‌ی راه آهن و سیر تحول آن ۸

۲-۲-۱ تاریخچه‌ی احداث راه آهن در ایران ۱۰

۲-۳ نقش و اهمیت راه آهن ۱۰

۲-۴ خصوصیات راه آهن ۱۱

۲-۵ اجزای خط آهن ۱۳

۲-۶ بارهای وارده بر خط ۱۴

۲-۷ نیروهای وارده بر خط ۱۵

۲-۷-۱ نیروهای عمودی ۱۵

۲-۷-۱-۱ بارگذاری استاتیک و شبه استاتیک ۱۷

۲-۷-۱-۲ بارهای اضافی ناشی از جرم‌های فنری ۱۸

۲-۷-۱-۳ بارهای اضافی ناشی از جرم‌های بدون فنر (چرخ‌ها و ریل) ۱۹

۲-۷-۲ نیروهای جانبی ۲۲

۲-۷-۳ نیروهای طولی ۲۳

فصل سوم: ریل و چرخ ۲۴
۳-۱ ریل ۲۵
۳-۱-۱ خصوصیات عمومی ریل‌ها ۲۶
۳-۲ویژگیهای طراحی ریل ۲۶
۳-۳قسمت های مختلف ریل ۲۷
۳-۴ پروفیل‌های ریل ۲۸
۳-۴-۱ ریل دو قارچی ۲۸
۳-۴-۲ریل پایه دار ۲۹
۳-۴-۳ریل لبه دار ۳۰
۳-۴-۳-۱ریل قاشقی ۳۱
۳-۴-۳-۲ریل زیرسری جرثقیل سقفی ۳۱
۳-۵ ترکیبات شیمیایی ریل ۳۱
۳-۶دسته بندی ریل ۳۲
۳-۶-۱ مشخصات فنی ریل‌های از نوع Grade700 ..... ۳۳
۳-۶-۲ مشخصات فنی ریل‌های از نوع Grade 900B ۳۴
۳-۶-۳ ابعاد ریل‌های مورد استفاده در راه آهن ایران ۳۴
۳-۷معیارهای طراحی و انتخاب ریل ۳۷
۳-۸ بارگذاری ریل‌ها ۳۷
۳-۸-۱ بارهای دینامیکی ۳۹
۳-۸-۲ طراحی برای بار عمودی چرخ ۴۲
۳-۹ تنش های داخلی ریل ۴۲
۳-۹-۱ تنش های خمشی ریل روی بالاست ۴۳
۳-۹-۲ تنش های خمشی قارچ ریل روی جان ریل ۴۴
۳-۹-۳ تنش های ناشی از اثرات حرارتی ۴۴

۳-۹-۴ تنش‌های پسماند در سطح مقطع ریل ۴۶
۳-۹-۵ تنشهای خمیری ۵۳
۳-۱۰ تحلیل رفتار مکانیکی ریل با استفاده از روشهای اجزاء محدود و فتوالاستیسیته ۵۴
۳-۱۱ خستگی ریل ۵۵
۳-۱۱-۱ منحنی های خستگی ریل و قانون ماینر ۵۵
۳-۱۱-۲ ضابطه خستگی ریل دنگ ون ۵۷
۳-۱۱-۳ تحول یک ناپیوستگی داخلی ۵۹
۳-۱۲ روش تولید ریل‌ها ۶۰
۳-۱۲-۱ بازرسی و کنترل ۶۲
۳-۱۳ خرابی های ریل ۶۴
۳-۱۳-۱ بررسی و طبقه بندی عیوب ریل‌ها ۶۴
۳-۱۳-۲- تشریح محل عیوب ریل‌ها ۶۴
۳-۱۳-۳-انواع خرابی های ریل ۶۵
۳-۱۳-۳-۱ لکه تخم مرغی ۶۵
۳-۱۳-۳-۲ ترک افقی ۶۶
۳-۱۳-۳-۳ امواج گام – کوتاه ۶۶
۳-۱۳-۳-۴امواج گام-بلند ۶۶
۳-۱۳-۳-۵ ترک خوردگی عمودی طولی ۶۶
۳-۱۳-۳-۶ سایش جانبی ۶۷
۳-۱۳-۳-۷ از هم پاشیدگی سطح حرکتی ۶۷
۳-۱۳-۳-۸ پوسته شدن سطح حرکتی ریل ۶۷
۳-۱۳-۳-۹ پوسته شدن لبه عرض خط ۶۸
۳-۱۳-۳-۱۰ پلیسه شدگی سطح تحت تماس با ریل ۶۹
۳-۱۳-۳-۱۱ لهیدگی ۶۹

۳-۱۳-۳-۱۲ اثر لغزش چرخ بر روی ریل (Wheel Burn) ۷۰
۳-۱۳-۴ انواع ترک‌ها و گسترش آن‌ها در ریل ۷۲
۳-۱۳-۴-۱ انتخاب ترک بحرانی ۷۳
۳-۱۴ مجموعه ی چرخ و محور ۷۵
۳-۱۴-۱ محور ۷۶
۳-۱۴-۲ چرخ (Wheel) ۷۷
۳-۱۴-۳ جعبه یاتاقان (Axle Box) ۷۸
۳-۱۵ تماس چرخ و ریل ۷۹
۳-۱۶ ارتعاش جانبی چرخ در طول ریل ۸۲
۳-۱۷تماس نرمال(تئوری هرتز) ۸۳
۳-۱۷-۱تنش مماسی ۸۶
۳-۱۸تنش در سطح تماس ریل و چرخ ۸۷
فصل چهارم: معرفی نرم افزارهای المان محدود ۸۹
۴-۱مقدمه ۹۰
۴-۲ آشنایی با روش اجزاء محدود ۹۱
۴-۲-۱ تاریخچه روش اجزای محدود ۹۱
۴-۲-۲ روش حل اجزای محدود ۹۲
۴-۳ معرفی نرم افزار ANSYS ۹۳
۴-۳-۱ محصول ANSYS/ LS-DYNA : ۹۴
۴-۴ معرفی نرم افزار ABAQUS ۱۱۰
۴-۴-۱معرفی محصولات ABAQUS ۱۱۱
۴-۴-۱-۱ ABAQUS/Standard ۱۱۱
۴-۴-۱-۲ABAQUS / Explicit ۱۱۱
۴-۴-۱-۳ ABAQUS/ CAE ۱۱۲

۴-۴-۲ مدل سازی اجزای محدود با استفاده از ABAQUS/CAE ۱۱۲
۴-۴-۲-۱ مدول Part ۱۱۳
۴-۴-۲-۲ مدول Property ۱۱۴
۴-۴-۲-۳ مدول Assembely ۱۱۵
۴-۴-۲-۳-۱ نمونه وابسته و نمونه مستقل ۱۱۶
۴-۴-۲-۴ مدول Step ۱۱۶
۴-۴-۲-۴-۱ تحلیل های عمومی ۱۱۷
۴-۴-۲-۴-۲ تحلیل های خطی ۱۱۷
۴-۴-۲-۵ مدول Interaction ۱۱۸
۴-۴-۲-۵-۱ مفهوم برهم کنش ۱۱۸
۴-۴-۲-۵-۲ مفهوم قیود ۱۱۹
۴-۴-۲-۶ مدول Load ۱۱۹
۴-۴-۲-۶-۱ اعمال بارگذاری ۱۱۹
۴-۴-۲-۶-۲ ایجاد شرایط مرزی ۱۲۰
۴-۴-۲-۷ مدول Mesh ۱۲۰
۴-۴-۲-۷-۱ مفهوم دانه بندی ۱۲۰
۴-۴-۲-۷-۲ روش های مختلف مش بندی ۱۲۱
۴-۴-۲-۸ مدولJob ۱۲۱
۴-۴-۲-۸-۱ مراحل اصلی در تحلیل یک مدل ۱۲۲
۴-۴-۲-۸-۲ مدیرJob ۱۲۳
فصل پنجم: تحلیل عددی تماس چرخ و ریل به روش اجزای محدود ۱۲۵
۵-۱ مقدمه ۱۲۶
۵-۲ آزمون ضربه شارپی ۱۲۶
۵-۲-۱ نمونه ضربه ۱۲۷

۵-۲-۲ دستگاه آزمایش ۱۲۷
۵-۳ مدل‌سازی آزمون ضربه توسط نرم افزارANSYS ۱۲۹
۵-۴ مدل سازی استاتیکی تماس چرخ و ریل توسط نرم افزارANSYS ۱۳۷
۵-۵ مدل‌سازی دینامیکی تماس چرخ و ریل توسط نرم افزار ABAQUS ۱۴۴
فصل ششم: نتایج و پیشنهادات ۱۵۹
۶-۱ نتایج ۱۶۰
۶-۲ پیشنهادات ۱۶۲
منابع و مراجع ۱۶۳
پیوست الف ۸۱۶

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱-مساحت پایه هر یک از اجزای سیستم خط و توزیع بار قطار.....۱۲

شکل ۲-۲-بار زنده وارد بر خط آهن.....۱۴

شکل۲-۳- نیروی بالا برنده ریل.....۱۶

شکل ۲-۴-بارگذاری تاریخچه زمانی الف)استاتیک ب) شبه استاتیک ج)دینامیک ۱۷

شکل ۲-۵- ضریب ضربه دینامیکی بر طبق تئوری‌های مختلف ۲۰

شکل ۲-۶-نیروهای موثر بر روی وسیله نقلیه.....۲۲

شکل۳-۱- سطح مقطع ریل ۲۸

شکل۳-۲- ریل دو قارچی.....۲۹

شکل۳-۳- ریل پایه تخت ۳۰

شکل۳-۴- بارگذاری اولیه ریل ۳۸

شکل ۳-۵-بارهای وارد بر ریل و موقعیت تنش های بوجود آمده در ریل.....۴۲

شکل۳-۶- شبیه سازی ریل برای محاسبه تنشهای خمشی ۴۳

شکل۳-۷- تنش های پسماند طولی در سطح سر ریل برای سه نمونه ریل های مستقیم شده ۴۸

شکل ۳-۸- تنش های طولی در سر ریل در دو ریل بعد از استفاده در سرویس.....۴۹

شکل ۳-۹- مقایسه تنش های پسماند طولی در سر ریل قبل و بعد استفاده در سرویس ۵۰

شکل ۳-۱۰- تنش های پسماند طولی در سطح مقطع سر ریل (Ksi) ۵۱

شکل ۳-۱۱- تنش های پسماند طولی در محور تقارن ریل.....۵۱

شکل ۳-۱۲- تنش های پسماند جانبی در محور تقارن ریل ۵۲

شکل ۳-۱۳ - تنش های پسماند قائم در محور تقارن ریل.....۵۲

شکل۳-۱۴- تنشهای خمیری طولی در صفحه تقارن ریل.....۵۳

شکل ۳-۱۵- تنشهای خمیری جانبی در صفحه تقارن ریل ۵۳

شکل۳-۱۶-تنشهای خمیری در ریل نوع50T ۵۴
شکل۳-۱۷-تحلیل ریل با استفاده از روش فتوالاستیسیته ۵۵
شکل۳-۱۸-منحنی خستگی (وهلر)..... ۵۶
شکل۳-۱۹-ضابطه دنگ ون در خستگی ریل ۵۸
شکل۳-۲۰-تغییرات تنش برشی درون ریل..... ۵۹
شکل۳-۲۱-تحول یک ناپیوستگی داخلی ۵۹
شکل۳-۲۲-تکامل یک ناپیوستگی ۶۰
شکل ۳-۲۳- مراحل نورد ریل از شمش های به ابعاد ۲۵۰ در ۲۵۰ یا ۲۵۰ در ۳۶۰ ..... ۶۱
شکل ۳-۲۴- مراحل نورد ریل هایی با مقطع بزرگ ۶۲
شکل ۳-۲۵- راستی و تراز بودن ریل در دو حالت افقی و در حالت عمودی..... ۶۳
شکل۳-۲۶-خرابی لکه تخم مرغی ۶۵
شکل ۳-۲۷ - عیب پوسته شدگی (Flaking) با عمق خرابی زیاد در سطح ریل..... ۶۸
شکل ۳-۲۸ - عیب پلیسه شدگی (Shelling) در سطح ریل ۶۹
شکل ۳-۲۹- عیب لهیدگی (Crushing) در سطح ریل..... ۷۰
شکل ۳-۳۰- عیب درجازدگی طولی و موضعی ناشی از لغزش چرخ بر روی ریل..... ۷۱
شکل ۳-۳۱- عیب درجازدگی (Wheel Burn) عرضی ناشی از لغزش چرخ بر روی ریل ۷۱
شکل ۳-۳۲- شکست ریل ناشی از عیب درجازدگی (Wheel Burn) ۷۲
شکل ۳-۳۳- توسعه نوعی ترک در ریل..... ۷۳
شکل۳-۳۴-مجموعه چرخ و محور ۷۵
شکل۳-۳۵-نمایی از چرخ منو بلوک..... ۷۸
شکل ۳-۳۶-تماس چرخ – ریل ۷۹
شکل ۳-۳۷-جزئیات سطح تماس ریل - چرخ..... ۸۰
شکل۳-۳۸- نیروهای جلو برنده در سرعتهای متوسط ۸۱
شکل ۳-۳۹-شبیه سازی وسیله نقلیه ریلی توسط جسم صلب ۸۲

شکل ۳-۴۰-مسیر مارپیچ چرخها در طول خط ۸۲
شکل۳-۴۱- تماس هرتزی چرخ وریل ۸۴
شکل ۳-۴۲-توزیع فرضی تماس بین ریل و چرخ وپخش تنش برشی در سر ریل ۸۶
شکل ۳-۴۳-درصد افزایش تنش تماسی بین چرخ و ریل ۸۸
شکل۴-۱-هندسه المان Solid45 ..... ۹۸
شکل ۴-۲- المان‌های Targe170,Conta174 ..... ۹۸
شکل۴-۳- هندسه المان Solid164 ..... ۹۹
شکل۴-۴- المان Mass166 ..... ۹۹
شکل ۴-۵- رفتار تنش - کرنش حالات مختلف ۱۰۲
شکل ۴-۶- سطوح تسلیم مختلف ۱۰۳
شکل ۴-۷ -تحول سطوح تسلیم ۱۰۴
شکل ۴-۸- مدیر job ۱۲۴
شکل ۵-۱- نمونه استاندارد ضربه ۱۲۷
شکل ۵-۲-دستگاه آزمایش ضربه ۱۲۸
شکل ۵-۳-جزئیات دستگاه آزمایش ضربه ۱۲۸
شکل ۵-۴- مدل هندسی آنالیز ضربه ۱۲۹
شکل ۵-۵ – مش بندی اجزای مدل الف)نمونه استاندارد ضربه ب)سر چکش ج)تکیه گاه . ۱۳۱
شکل ۵-۶- منحنی تنش – کرنش ریل ۱۳۲
شکل ۵-۷- سطح تماس چکش و نمونه ضربه ۱۳۳
شکل ۵-۸- تنش ایجاد شده در نمونه استاندارد ضربه ۱۳۴
شکل ۵-۹- کانتور جابجایی در نمونه ۱۳۵
شکل ۵-۱۰- نمودار تغییرات انرژی ضربه نمونه مدل سازی شده ۱۳۶
شکل ۵-۱۱- پروفیل ریل UIC60 ..... ۱۳۷
شکل ۵-۱۲-المان‌های تماسی بر روی سطوح چرخ و ریل ۱۳۸

شکل ۵-۱۳- الف) مش بندی چرخ ب) مش بندی ریل ۱۳۹
شکل ۵-۱۴- بارگذاری و قید گذاری چرخ و ریل..... ۱۴۰
شکل ۵-۱۵- الف) تنش‌های سطحی ب)میزان جابجایی در سطح تماس چرخ و ریل..... ۱۴۱
شکل ۵-۱۶- اثر تغییرات قطر چرخ بر روی تنش‌های به وجود آمده بر روی ریل ۱۴۲
شکل ۵-۱۷- اثر تغییرات بار بر روی تنش‌های به وجود آمده بر روی ریل ۱۴۲
شکل ۵-۱۸-مدل چرخ و ریل ایجاد شده در نرم افزارsolidworks ۱۴۴
شکل ۵-۱۹- خواص مواد ریل ۱۴۵
شکل ۵-۲۰- نمونه چرخ و ریل در مدول Assembely..... ۱۴۶
شکل ۵-۲۱- تنظیمات روش تحلیل مساله ۱۴۶
شکل ۵-۲۲- اعمال ضریب اصطکاک برای تماس چرخ و ریل ۱۴۷
شکل ۵-۲۳- تعیین قید برای مدل ۱۴۸
شکل ۵- ۲۴-شرایط مرزی اعمال شده در سطح زیرین ریل ۱۴۸
شکل ۵-۲۵- نحوه مش بندی چرخ و ریل ۱۴۹
شکل ۵-۲۶- فایل Job ایجاد شده برای تحلیل مدل..... ۱۴۹
شکل ۵-۲۷- تنش Von Mises در سطح تماس چرخ و ریل ۱۵۰
شکل ۵-۲۸- مقدار خیز در سطح تماس چرخ و ریل ۱۵۰
شکل ۵-۲۹- نمودار اثر تغییر سرعت بر تنش برای چرخ با قطر ۹۵۷ میلیمتر..... ۱۵۱
شکل ۵-۳۰- نمودار اثر تغییر بار چرخ بر تنش برای چرخ با قطر ۹۵۷ میلیمتر ۱۵۱
شکل ۵-۳۱- نمودار اثر تغییر قطر چرخ بر تنش برای بار چرخ ۱۶۸/۷۵ کیلو نیوتن..... ۱۵۲
شکل ۵-۳۲- نمودار اثر تغییر قطر چرخ بر تنش برای سرعت قطار ۱۶۰ Km/h..... ۱۵۳
شکل ۵-۳۳-نمودار اثر تغییر سرعت بر خیز برای چرخ با قطر ۹۵۷ میلیمتر..... ۱۵۵
شکل ۵-۳۴-نمودار اثر تغییر بار چرخ برخیز برای چرخ با قطر ۹۵۷ میلیمتر ۱۵۶
شکل ۵-۳۵- نمودار اثر تغییر قطر چرخ بر خیز برای بار چرخ ۱۶۸/۷۵ کیلو نیوتن..... ۱۵۷

شکل ۵-۳۶- نمودار اثر تغییر قطر چرخ بر خیز برای سرعت قطار ۱۶۰ کیلومتر بر ساعت ۱۵۷
شکل الف-۱-نمودار اثر تغییر سرعت بر تنش برای چرخ با قطر ۸۴۰ میلیمتر ۱۶۹
شکل الف-۲-نمودار اثر تغییر بار بر تنش برای چرخ با قطر ۸۴۰ میلیمتر ۱۶۹
شکل الف-۳- نمودار اثر تغییر سرعت بر تنش برای چرخ با قطر ۹۲۰ میلیمتر ۱۷۰
شکل الف-۴- نمودار اثر تغییر بار بر تنش برای چرخ با قطر ۹۲۰ میلیمتر ۱۷۰
شکل الف-۵- نمودار اثر تغییر سرعت بر تنش برای چرخ با قطر ۱۰۰۰ میلیمتر ۱۷۱
شکل الف-۶- نمودار اثر تغییر بار چرخ بر تنش برای چرخ با قطر ۱۰۰۰ میلیمتر ۱۷۱
شکل الف-۷- نمودار اثر تغییر قطر چرخ بر تنش برای بار چرخ ۵۲/۵ کیلو نیوتن ۱۷۲
شکل الف-۸-نمودار اثر تغییر قطر چرخ بر تنش برای بار چرخ ۷۵ کیلو نیوتن..... ۱۷۲
شکل الف-۹- نمودار اثر تغییر قطر چرخ بر تنش برای بار چرخ ۹۰ کیلو نیوتن..... ۱۷۳
شکل الف-۱۰- نمودار اثر تغییر قطر چرخ بر تنش برای بار چرخ ۱۲۷/۵ کیلو نیوتن ۱۷۳
شکل الف-۱۱- نمودار اثر تغییر قطر چرخ بر تنش برای سرعت قطار ۸۰ کیلومتر بر ساعت ۱۷۴
شکل الف-۱۲- نمودار اثر تغییر قطر چرخ بر تنش برای سرعت قطار ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت۱۷۴
شکل الف-۱۳- نمودار اثر تغییر قطر چرخ بر تنش برای سرعت قطار ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت۱۷۵
شکل الف-۱۴- نمودار اثر تغییر قطر چرخ بر تنش برای سرعت قطار ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت۱۷۵
شکل الف-۱۵-نمودار اثر تغییر سرعت بر خیز برای چرخ با قطر ۸۴۰ میلیمتر ۱۷۶
شکل الف-۱۶-نمودار اثر تغییر بار چرخ برخیز برای چرخ با قطر ۸۴۰ میلیمتر ۱۷۶
شکل الف-۱۷-نمودار اثر تغییر سرعت بر خیز برای چرخ با قطر ۹۲۰ میلیمتر ۱۷۷
شکل الف-۱۸-نمودار اثر تغییر بار چرخ برخیز برای چرخ با قطر ۹۲۰ میلیمتر..... ۱۷۷
شکل الف-۱۹-نمودار اثر تغییر سرعت بر خیز برای چرخ با قطر ۱۰۰۰میلیمتر..... ۱۷۸
شکل الف-۲۰-نمودار اثر تغییر بار چرخ برخیز برای چرخ با قطر ۱۰۰۰ میلیمتر ۱۷۸
شکل الف-۲۱- نمودار اثر تغییر قطر چرخ بر خیز برای بار چرخ ۵۲/۵ کیلو نیوتن ۱۷۹
شکل الف-۲۲- نمودار اثر تغییر قطر چرخ بر خیز برای بار چرخ ۷۵ کیلو نیوتن..... ۱۷۹
شکل الف-۲۳- نمودار اثر تغییر قطر چرخ بر خیز برای بار چرخ ۹۰ کیلو نیوتن..... ۱۸۰

شکل الف-۲۴- نمودار اثر تغییر قطر چرخ بر خیز برای بار چرخ ۱۲۷/۵ کیلو نیوتن ۱۸۰
شکل الف-۲۵- نمودار اثر تغییر قطر چرخ بر خیز برای سرعت قطار ۸۰ کیلومتر بر ساعت.. ۱۸۱
شکل الف-۲۶- نمودار اثر تغییر قطر چرخ بر خیز برای سرعت قطار ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت ۱۸۱
شکل الف-۲۷- نمودار اثر تغییر قطر چرخ بر خیز برای سرعت قطار ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت ۱۸۲
شکل الف-۲۸- نمودار اثر تغییر قطر چرخ بر خیز برای سرعت قطار ۲۰۰ کیلومتر بر ساعت ۱۸۲

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱-بار محوری انواع قطارها ۱۸

جدول ۳-۱- محدوده عناصر موجود در ریل ۳۲

جدول ۳-۲- ترکیب شیمیایی انواع ریل ۳۲

جدول ۳-۳- تنش کششی نهایی و درصد ازدیاد طول مجاز ۳۳

جدول۳-۴- ابعاد و وزن ریل ها ۳۶

جدول ۳-۵- بار مجاز بر هر اینچ قطر چرخ ۴۱

جدول۳-۶- تنش مماسی برای بار چرخ ۳۰۰۰۰ پوندی ۸۷

جدول ۴-۱-بارگذاری‌های قابل قبول درANSYS LS-DYNA ۱۰۸

جدول ۵-۱- نتایج آزمون ضربه ۱۲۹

جدول ۵-۲– خواص مکانیکی ریل ۱۳۲

جدول ۵-۳- درصد افزایش تنش برای چرخ با قطر ۹۵۷ میلیمتر ۱۴۳

جدول ۵-۴- درصد افزایش تنش برای بارچرخ ۱۶۸/۷۵ KN ۱۴۳

جدول ۵-۵- درصد افزایش تنش برای چرخ با قطر ۹۵۷mm و بار ۱۶۸/۷۵ KN ۱۵۴

جدول ۵-۶ - درصد افزایش تنش برای چرخ با قطر ۹۵۷mm و سرعت ۱۶۰ Km/h ۱۵۴

جدول ۵-۷- درصد افزایش تنش برای بار ۱۶۸/۷۵ KN و سرعت ۱۶۰ Km/h ۱۵۵

جدول ۵-۸ - درصد افزایش خیز ریل برای چرخ با قطر ۹۵۷mm و بار ۱۶۸/۷۵ KN ۱۵۸

جدول ۵-۹ - درصد افزایش خیز برای چرخ با قطر ۹۵۷mm و سرعت ۱۶۰ Km/h ۱۵۸

جدول ۵-۱۰ - درصد افزایش خیز برای بار ۱۶۸/۷۵ KN و سرعت ۱۶۰ Km/h ۱۵۸

فصل اول:

کلیات

۱-۱ مقدمه

امروزه رشد و توسعه اقتصادی، از مهم‌ترین ابعاد جوامع انسانی تلقی می‌شود و در این راستا نقش صنعت حمل و نقل، به عنوان یکی از زیرساخت‌های توسعه اقتصادی بر کسی پوشیده نیست. گستردگی انواع سیستم‌های حمل و نقل، موجب گردیده که کارشناسان و دست اندر-کاران مربوطه همواره به دنبال ارزان‌ترین و در عین حال کارآمدترین سیستم در شرایط مختلف باشند. در کشور ما بدلیل گستردگی جغرافیایی، ارزانی سوخت برای این نوع سیستم، مسیرهای مشخص ترانزیت کالا و همچنین گران بودن حمل و نقل جاده‌ای و هوایی، حمل و نقل ریلی می‌تواند از کارآمدترین و ارزان‌ترین سیستم‌های حمل و نقل باشد. در این راستا استفاده از فن-آوری های روز دنیا، در رساندن این نوع سیستم حمل و نقل به جایگاه اصلی خود، نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند.

۱-۲ بیان مسئله

در حال حاضر بر اثر افزایش بار محوری و سرعت حرکت قطارها، نیروهای استاتیکی و دینامیکی بزرگی از سوی وسیله نقلیه ریلی به سازه خط وارد می‌شود. از آنجا که تمامی این نیروها از طریق اندرکنش چرخ و ریل منتقل می‌شود، ناحیه کوچک تماس بین چرخ و ریل تحت شدیدترین تنش‌ها و فشارهای تماسی قرار دارد. رفتار سطح مشترک چرخ و ریل یکی از فاکتورهای اساسی برای تضمین راحتی، پایداری و ایمنی سفر است.

بیشترین انواع معمول آسیب ناشی از تماس چرخ و ریل شامل سایش، خستگی تماسی و خستگی حرارتی می‌شود. امروزه در میان تمامی آسیب‌ها خستگی بیشترین تکرار را دارد. برخلاف پروسه اضمحلال آرام سایش، خستگی باعث شکست ناگهانی در چرخ و یا سطح آج مصالح می‌شود. این نقص‌ها می‌تواند باعث آسیب به ریل‌ها، سیستم تعلیق ترن و در موارد نادر منجر به خارج شدن ترن از خط شود.

بنابراین بهبود شرایط تماس چرخ و ریل می‌تواند تا حدود زیادی تنش‌های اعمال شده به چرخ و ریل را کاهش دهد و از خرابی‌های شدید سطحی از جمله سایش و خستگی جلوگیری کند .عوامل متعددی بر شرایط تماس تأثیرگذارند که از جمله آن‌ها می‌توان هندسه چرخ و ریل، مشخصات مصالح ریل و چرخ، بار چرخ و نیروهای دینامیکی نام برد.

۱-۳-ضرورت و اهمیت تحقیق

عملکرد سیستم خط آهن ناشی از اندرکنش پیچیده مؤلفه‌های سازنده آن تحت بارهای ناشی از حرکت قطارها و شرایط محیطی است بدیهی است در رسیدن به سطح مطلوبی از رفتار و عملکرد باید حتماً به تمام این مؤلفه‌ها توجه کافی شود. یکی از عواملی که در تعیین رفتار خط آهن اهمیت بسیاری دارد، مسئله تماس چرخ و ریل می باشد که وظیفه انتقال بارها از وسایل نقلیه ریلی به ریل و به طور کلی خط آهن را برعهده دارد.

از اولین نظریه‌هایی که در زمینه تماس چرخ و ریل می‌توان به رابطه هرتز که در سال ۱۸۸۲ ارایه شد، اشاره کرد[۱]. وی تماس سطح مخروطی پروفیل چرخ و سطح نسبتاً مسطح تاج ریل با یکدیگر در مسیر مستقیم را تماس یک نقطه‌ای در نظر گرفت و در چنین شرایطی سطح تماس و فشار تماسی متوسط و بیشینه را محاسبه کرد. پس از هرتز، کالکر [۲]و آیزنمان [۳]به تکمیل رابطه هرتز پرداختند. نیولند [۴]مدلی برای تماس ریل و چرخ در قوس‌ها ارایه