هفتمین همایش حمل و نقل ریلی
۹ و ۱۰ اردیبهشت ماه ۱۳۸۳ - دانشگاه صنعتی شریف
انجمن مهندسی حمل و نقل ریلی ایران
دانشگاه صنعتی شریف

تحلیل آماری شکستگی ریل و جوش درز ریل در راه‌آهن ایران

جبارعلی ذاکری ، مدیرکل ، اداره کل خط و ابنیه فنی راه آهن ج.ا.ا
علی خلیلی ، رئیس گروه مطالعات فنی ، اداره کل خط و ابنیه فنی راه آهن ج.ا.ا
تلفن: ۵۱۲۲۲۱۱-۰۲۱ نمابر ۵۱۲۴۶۷۵-۰۲۱، پست الکترونیکی : alkh12@yahoo.com

چکیده

شکست جوش و ریل در راه‌آهنها بدلایل مختلفی ازجمله جوشکاری نامناسب ، خستگی ریل ، ضربات سنگین ناشی از معایب چرخها و... اتفاق می‌افتد.مطالعات آماری می‌تواند علل پیدایش این خرابیها و روشهای جلوگیری از آنها یا کم کردن آنها را مشخص نماید. همچنین این تحلیل آماری می‌تواند در برنامه ریزی برای بهسازی و بازسازی مورد استفاده قرار گیرید. در راه‌آهن ایران بدلیل قدمت بالای بعضی خطوط و همچنین عدم رعایت دستورالعملهای جوشکاری در حین انجام عملیات ، این نوع خرابی اتفاق می‌افتد. در این مقاله با توجه به داده‌های سه ساله نسبت به تحلیل آماری شکستگی ریل و جوش پرداخته و علل پیدایش و روشهای جلوگیری از آنها تشریح شده است .

کلید واژه‌ها: ***جوش درز ریل، شکستگی ریل ، جوش پیوسته، تحلیل آماری***

۱-مقدمه

ریل اصلی ترین و مهمترین مصالح روسازی خط آهن محسوب می شود . بطور کلی ریل دارای دو نقش اساسی در روسازی می باشد ، یکی هدایت وسیله نقلیه ریلی (تامین سطح چرخش) و دیگری نقش استاتیکی آن به عنوان یک تیر سرتاسری جهت پخش همگن ویکنواخت نیروهای وارده از چرخ .

در ایران بدلیل محدودیت حمل و نقل از ریلهای استاندارد به طول ۱۲/۵ یا ۱۸ متر استفاده شده است وبا اتصال ریلهای کوتاه به همدیگر تعداد زیادی درزهای اتصالی در خط بوجود می‌آید و این درزها معمولاً نقاط ضعف خط محسوب می شوند . به همین دلیل برای افزایش کیفیت خط و ارتقاء سرعت ، با روشهای مختلف جوشکاری آنها را از خطوط راه‌آهن حذف می‌نمایند که بسته به ساختار روسازی خط ریلها را بصورت پیوسته یا منقطع به یکدیگر جوش می دهند .

به مروز زمان و با تردد وسائل نقلیه ریلی ا ز روی خط ، پدیده خستگی در ریلها ظاهر شده و خرابیهای مختلفی در ریل مشاهده می شود. یکی از خطرناکترین این خرابیها شکستگی ریل یا شکستگی

Archive of SID
www.SID.ir

جوش درز ریل می باشد . این نوع خرابی سالانه بخشی از هزینه های نگهداری خطوط کشور را به خود اختصاص می دهد و همچنین یکی از عوامل بروز سوانح راه‌آهن می‌باشد ، به همین منظور در این مقاله جهت بررسی ریشه یابی علل پیدایش این خرابیها و روشهای جلوگیری یا کم کردن آنها به تحلیل آمار شکستگی ریل و جوش درز ریل نواحی راه آهن می پردازیم .

در این مقاله از دو جنبه به تحلیل آمار جمع آوری شده شکستگی ریلها و جوشها پرداخته و از لحاظ تأثیر این دو جنبه در ایجاد شکستگیها نتایجی بدست آمده است که قابل توجه می باشد :

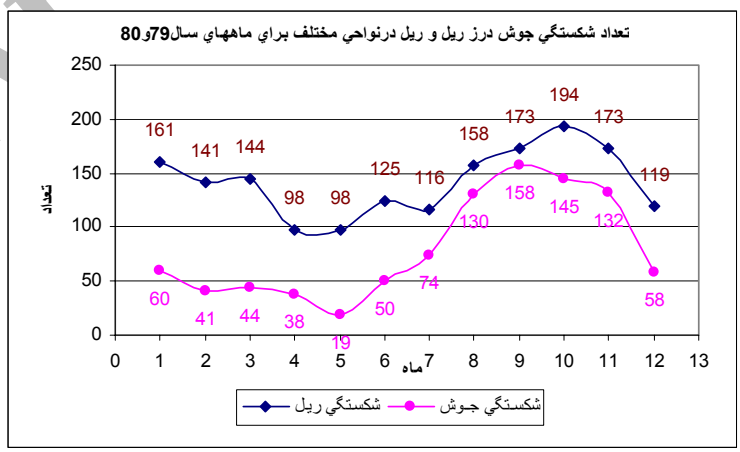
۱) زمان ایجاد شکستگیها

۲) محل ایجاد شکستگیها

البته تأثیر نوع جوش (روش دستی با ترمیت و ماشینی با دستگاه جوش الکتریکی) نیز در ایجاد شکستگیهای جوش قابل بررسی و تأمل است ، اما بدلیل در دست نبودن آمار تفکیک شده این دو نوع جوش ، در این مقاله ، مورد مذکور بررسی نشده است.

۲- زمان ایجاد شکستگی

تغییرات دمای هوا تاثیر زیادی در کاهش یا افزایش تنشهای داخلی ریل دارد . به این ترتیب که در تابستان ریل تحت فشار و در زمستان تحت اثر کشش و تنشهای کششی قرار می گیرد . در صورتی که ریل دارای جوش منقطع و پیوسته باشد ، این تغییرات تنش بیشتر خواهد بود و گاهی نیز در ریلهای طویل (جوش CWR) به حد بحرانی می رسد . به همین دلیل ابتدا جهت بررسی تاثیر دمای هوا برشکستگی های ایجاد شده در ریل نموداری از آمار موجود تهیه شده‌است که در آن مجموع شکستگی ریل و جوش درز ریل نواحی را برای هر ماه سالهای ۷۹ و ۸۰ نشان می دهد[1] . (شکل ۱)



شکل ۱

بادقت در نمودار مذکور می توان دریافت که شکستگی جوش و حتی ریل در ماههای سرد سال (آذر ، دی ، بهمن) بسیار بیشتر از شکستگی در ماههای گرم (تیر و مرداد) رخ داده است .بطوریکه این

Archive of SID

www.SID.ir

نمودار در ماههای سرد، ماکزیمم و در ماههای گرم مینیمم می باشد . این مسئله باعث می شود که به بررسی بیشتر دستور العمل انجام جوشکاری درز ریل پرداخته و تأثیر دمای هوا در تنشهای ایجاد شده در ریل را بشناسیم .

عمل جوشکاری در ایران به دو صورت منقطع و پیوسته (CWR) و با دوروش ترمیت و الکتریکی انجام می گیرد . نحوه جوشکاری در هر روش به این صورت است که ابتدا برای جلوگیری از ایجاد تنشهای زیاد در ریل و به حداقل رساندن انبساط و انقباض ، ریل هنگام جوشکاری ، دمای ریل را به حد دمای تعادل می رسانند . دمای تعادل دمایی است که با استفاده از میانگین حداقل و حداکثر دمای منطقه (در زمستان و تابستان) از رابطه زیر بدست می آید[3] .

$$T_b = T_{av} + 5^{\circ}c = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} + 5^{\circ}c \qquad (۱)$$

معمولاً دمای تعادل را به اندازه ۵ درجه سانتیگراد از دمای میانگین بیشتر در نظر می گیرند . علت آن را نیز خطرناکتر بودن تنشهای فشاری (بدلیل ایجاد کمانش و فرار ریل) نسبت به تنشهای کششی بیان می‌کنند .

با محاسبه تغیرات طول ریل براساس تغییر درجه حرارت در صورتیکه پابندهای ریل محکم بوده و اجازه انبساط و انقباض به ریل داده نشود ، تنش حاصل از تغییرات درجه حرارت ریل به صورت زیر محاسبه می‌شود :

$$S = 24\Delta t \qquad (۲)$$

که S تنش بوجود آمده می‌باشد. در نتیجه نیروی حاصل از این تنش برابر است با :

$$P = 24F\Delta t \qquad (۳)$$ که

در این روابط

S : تنش برحسب kg/cm2

P : نیرو برحسب kg

F : سطح مقطع ریل برحسب cm2

Δt : تغییرات درجه حرارت برحسب درجه سانتیگراد

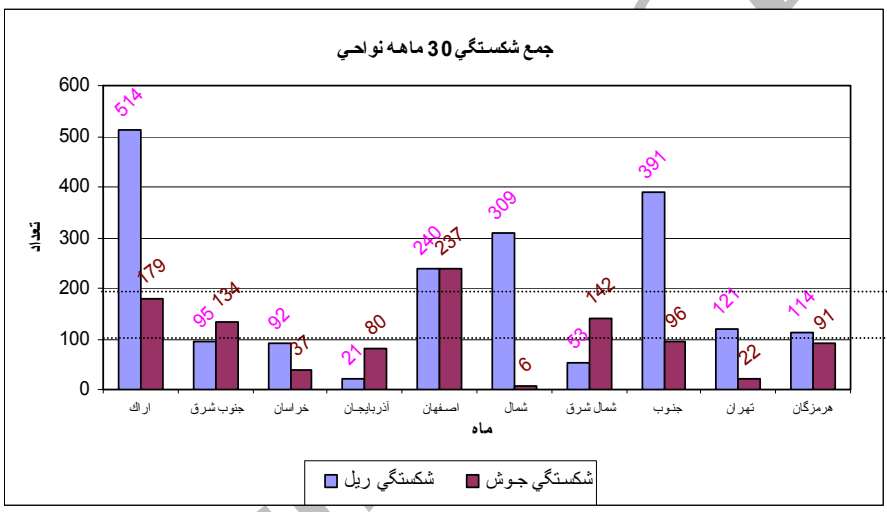
تنش کششی ایجاد شده در اثر تغییرات درجه حرارت به دلایلی شدیدتر از تنشهای فشاری بوده و شکست ریل در اثر همین شدت ، در ماههای سرد بیشتر می باشد . مهمترین این دلایل عبارتست از : رعایت نشدن کامل دستور العمل جوشکاری بخصوص رعایت نکردن دمای تعادل بطوریکه آمار جوشکاری ماهانه نشان می‌دهد در ماههای گرم سال نیز که دمای هوا از دمای تعادل بیشتر است و نباید جوشکاری انجام شود ، تعداد جوش انجام شده در کل خطوط به اندازه ماههای دیگر و گاهاً بیشتر نیز می باشد .

Archive of SID

www.SID.ir

۳- محل ایجاد شکستگی

با دقت در آمار شکستگی ریل و جوش درز ریل برای کل نواحی راه آهن مشاهده می شود که در برخی نواحی تعداد شکستگی نسبت به نواحی دیگر بطور چشمگیری بیشتر بوده و در نواحی مختلف در برخی بلاکها نیز این آمار افزایش زیادی نشان می دهد . برای بررسی بیشتر این موضوع از آمار شکستگی نواحی که به تفکیک بلاک در دسترس بود (آمار سالهای ۷۹ و ۸۰ و شش ماهه اول ۸۱ جمعاً ۳۰ ماه) برای هر ناحیه جمع فراوانی شکستگی ۳۰ ماهه گرفته و نمودار مقایسه ای ستونی آنها ترسیم شد(شکل۲). سپس برای مقایسه ابتدا میانگین فراوانی شکستگی نواحی را بدست آورده ،آنگاه ناحیه هایی که شکستگی (ریل و جوش درز ریل) آنها از میانگین بیشتر بو د مشخص گردید[1] .



شکل ۲

میانگین شکستگی ریل ۱۹۵

میانگین شکستگی جوش ۱۰۲

به همین ترتیب نمودار فراوانی شکستگی ۳۰ ماهه هر ناحیه به تفکیک بلاک ترسیم شده وبرای هر ناحیه میانگین و انحراف معیار فراوانی شکستگی در بلاکها محاسبه گردید . سپس برای ناحیه هائی که در قسمت قبل مشخص شده بودند ، بلاکهائی که فراوانی شکستگی آنها از مقدار میانگین بعلاوه نصف انحراف معیار بیشتر بود جدا شده و در نهایت از این فراوانیها میانگین گرفته ، بلاکهایی که فراوانی آنها از این میانگین بیشتر بود به عنوان بلاک بحرانی انتخاب و بر روی آنها تحلیل انجام گردید .

۳-۱- شکستگی ریل

با توجه به نموار شکل ۲ میانگین شکستگی ریل نواحی ۱۹۵ عدد بوده و ناحیه هائی که شکستگی ریل در آنها از میانگین بیشتر است به ترتیب عبارتند از : اراک (۵۱۴ عدد) ، جنوب (۳۹۱ عدد) ، اصفهان (۳۴۰ عدد) و شمال (۳۰۹ عدد)

Archive of SID

www.SID.ir

همچنین براساس محاسبات فوق بلاکهای بحرانی بدست آمده از نظر شکستگی ریل در ۳۰ ماهه مذکور عبارتند از :

ناحیه اراک

بلاکهای : مشک آباد – ملک آباد (۹۴ عدد) ، ملک آباد – اراک (۴۵ عدد) ، سمنگان – شازند (۴۵ عدد) و راهگرد – نانگرد (۴۴ عدد)

ناحیه جنوب

بلاکهای : خاور – نظامیه (۶۲ عدد) ، میان آب – آهودشت (۵۸ عدد) و آهودشت – بام دژ (۴۹ عدد)

ناحیه اصفهان

بلاک فیروزه – اصفهان (۵۳ عدد)

ناحیه شمال

بلاکهای ساری – نو بخت (۱۱۶ عدد) و نوبخت – نکا (۵۱ عدد)

برای تحلیل شکستگی ریل در بلاکهای فوق به بررسی خصوصیات روسازی و ترافیک بلاکهای مذکور پرداخته تا بتوانیم به دلایل احتمالی شکست زیاد ریل در این بلاکها پی ببریم .

با بررسی بلاکهای ناحیه اراک و جنوب که دارای بیشترین شکستگی ریل می باشند ، می بینیم که روسازی خط در این بلاکها دارای ریل U33 با عمر ۶۰ سال و بیشتر می‌باشد حال آنکه عمر مفید ریلU33 با تناژ بار عبوری متوسط سالانه برابر نصف تناژ عبوری فعلی برای این دو ناحیه (حدود ۱/۵ میلیون تن بار ناخالص سالانه) حدود ۵۰ سال خواهد بود[2] . بنابراین در این محور ریلهائی که از شروع بهره برداری تاکنون تعویض نشده اند عمر مفیدشان طی شده است و دائماً دچار خرابی و شکستگی خواهد بود .

در این نواحی معمولاً خط دارای قوسهای تنگ زیادی می باشد و بدلیل سایش شدید ریل درقوس ، ریلها هر چند سال یکبار تعویض می شوند ، همچنین سرعت در این بلاکها پائین است اما بلاکهائی که فاقد قوس تنگ بوده و سرعت وسیله نقلیه ریلی نیز در این خطوط بالا بوده است ، بدلیل عمر زیاد ریل و سرعت بالا ، شکستگی در این بلاکها بیشتر بوده است مانند بلاکهای مشک آباد – اراک و اندیمشک تا اهواز ،در

Archive of SID

www.SID.ir

ناحیه اصفهان از سیستان تا اصفهان نیز بدلیل بالا بودن تناژ بار سالیانه و قدمت خط تا سال ۷۹ شکستگی ریل زیاد بوده است که در سال ۷۹ روسازی تعویض و ریل UIC60 استفاده شده است .

همچنین در ناحیه شمال از ساری تا بهشهر ، خط دارای ریل IIIA با عمر بیش از ۶۰ سال بوده و شکستگی در این بلاکها بیشترین فراوانی را دارا می باشد . این خطوط نیز در سال ۸۱ تعویض و به ریل UIC60 تبدیل شده اند .

۳-۲- شکستگی جوش درز ریل

از نمودار شکل ۲ میانگین شکستگی جوش درز ریل برابر ۱۰۲ عدد بدست آمده و ناحیه هائی که شکستگی جوش در آنها از میانگین بیشتر بوده است به ترتیب عبارتند از : اصفهان (۲۳۷ عدد) ، اراک (۱۷۹ عدد) ، شمالشرق (۱۴۲ عدد) و جنوبشرق(۱۳۴ عدد) و بلاکهائی که فراوانی شکستگی جوش در آنها براساس محاسبات ذکر شده در قسمت قبل بیشتر بوده است عبارتند از :

ناحیه اصفهان

بلاکهای سیستان – فیروزه (۵۹ عدد) و دهنار – کاشان (۲۷ عدد)

ناحیه اراک

بلاک مشک آباد – ملک آباد (۵۵ عدد)

ناحیه شمالشرق

بلاک سنخواست – جوین (۳۴ عدد)

با بررسی سوابق روسازی و جوشکاری بلاکهای فوق ، برخی از علل فراوانی بالای شکستگی جوش در این بلاکها را می‌توان بصورت زیر عنوان نمود :

بلاک **سیستان – فیروزه** در نیمه دوم سال ۷۹ بازسازی شده و روسازی آن کلاً تعویض گردیده است. در این بلاک جوشکاری ریل جدید در ماههای دوم تا چهارم سال ۸۰ انجام شده است. با مراجعه به جزئیات آمار شکستگی جوش مشاهده می‌شود اکثر شکستگهای رخ داده در سال ۷۹ در نیمه اول سال و در سال ۸۰ در نیمه دوم سال اتفاق افتاده است. علت این امر به این ترتیب است که شکستگیهای سال ۷۹ مربوط به قبل از

Archive of SID

www.SID.ir

بازسازی و دلیل آن فرسودگی ریل و جوشها و عبور تناژ زیاد از این خط می‌باشد.(همان علتی که در شکستگی ریل خط سیستان-اصفهان عنوان شد.) علت بالا بودن شکستگی در ماههای نیمه دوم سال ۸۰ نیز همان علتی است که در قسمت ۱) عنوان شد. چرا که جوشکاری این بلاک در ماههای گرم سال انجام شده و احتمالاً دمای تعادل رعایت نشده ، و در نتیجه در ماههای سرد جوشها تحت تنش کششی زیاد قرار گرفته و شکستگی زیاد رخ داده است.

با بررسی وضعیت روسازی بلاک **دهنار-کاشان** نیز که دارای فراوانی بالای شکستگی جوش می‌باشد دیده می‌شود که این بلاک در اوایل سال ۸۰ بازسازی و همچنین در ماههای گرم جوشکاری شده است. بدلیل عدم دقت و مهارت عوامل جوشکاری و رعایت نکردن دمای تعادل ، در ماههای سرد بخصوص دی ماه افزایش شدیدی در فراوانی شکستگی جوش مشاهده می کنیم.

بلاک **مشک آباد -ملک آباد**: همانطور که در قسمت شکستگی ریل گفته شد، روسازی این بلاک از قدمت و فرسودگی زیادی برخوردار است. ضمناً در اواخر مرداد سال ۸۰ عملیات بهسازی در این بلاک آغاز گردیده ، همچنین حداکثر شکستگی جوش از ماه مهر تا بهمن همین سال اتفاق افتاده است. این موضوع احتمال شکستگی زیاد جوش این بلاک را با انجام عملیات بهسازی خط مرتبط می‌سازد.

در هنگام کار ماشین سرند ، در عملیات بهسازی ، جکهای ماشین ، ریل را مقداری از زمین بلند می کند. این بلند کردن انحنایی به صورت خیز منفی در ریل بوجود می‌آورد که باعث ایجاد تنشهای اضافی کششی در تاج ریل می گردد. افزایش تنش زمانی که با تنش انقباضی در اثر کاهش دمای هوا توأم گشته، با توجه به قدیمی و فرسوده بودن ریل و جوش بلاک مذکور باعث افزیش شکستگیهای جوش و ریل گردیده است.

بلاک **سنخواست-جوین** نیز بررسی گردید ، تقریباً همه شکستگیها در سال ۷۹ و در ماههای آبان ، آذر ، دی و بهمن اتفاق افتاده است و در نتیجه علت آنها نیز به همان صورت ، سرمای زیاد و رعایت نشدن دمای تعادل می‌باشد.

۴-نتیجه گیری و پیشنهاد

با مطالعه و بررسیهای آماری انجام شده بر روی شکستگی ریل نتیجه می گیریم که در بیشتر نواحی که خط از قدمت بیش از ۵۰ سال برخوردار بوده و سالانه تناژ ناخالص بالائی از روی آن عبور می کند ، بدلیل عمر زیاد، مصالح روسازی مستهلک شده و تحمل عبور تناژ زیاد را نداشته ، ریل دائماً در معرض خطر شکستگی و احیاناً ایجاد سانحه قرار دارد . به همین دلیل لازم است هر چه زودتر نسبت به بازسازی و تعویض مصالح رو سازی خطوط قدیمی ، بر اساس اولویت تناژ عبوری محوراقدام گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

همچنین با بررسی و مطالعه آمار شکستگیهای جوش درز ریل نتایج بدست آمده بدین قرار است که اکثر شکستگیهای جوش در فصل سرما رخ می‌دهد و این مسئله گویای این مطلب است که دستورالعمل اجرای جوش از جمله محاسبه و رعایت دمای تعادل ، پیش گرم کردن ، تنش گیری و موارد دیگر در جوشکاری به خوبی رعایت نشده است. علاوه بر این همانطور که اجرای عملیات زیرکوبی و سرند در روزهای خیلی گرم صحیح نبوده و خطر فرار ریل وجود دارد ، انجام این عملیات در زمانهای خیلی سرد نیز عاری از خطر نبوده و احتمال شکست ریل یا جوش را افزایش می‌دهد.

۵- مراجع

۱- آمار شکستگی ریل و جوش نواحی در سالهای ۷۹ و ۸۰ و ۸۱ : گروه کنترل کیفیت

۲- آئین نامه روسازی راه آهن: وزارت راه و ترابری

۳- فیش UIC720 R

Archive of SID

www.SID.ir