عوامل موثر در خروج از خط قطارهای باری سرعت پایین در قوسهای تیز

تهیه کننده : عباس قربانعلی بیک تاریخ: ۷۹/۱۰/۱۴ شماره : ۴۳

اداره کل خط و بنیه فنی

چکیده

بررسی مسائل و موضوعاتی که در خروج از خط نقش دارند باتوجه به پیچیدگیهای آن نیاز بـه کـالبد شـکافی عمیقـی دارد لازمه این بررسی علاوه برمطالعات تئوری مشاهدات میدانی و آزمایشات که حاصل آنها مدلسازی و شبیه سازی هـای جـامع و دقیـق خواهد بود منتهی می شود .

خروج از خط تابع سه عامل مهم خط – ناوگان – بهره برداری است که باعث شده است تا مدلهایی با ۳۸ تـا ۴۳ درجـه آزادی سـاخته شوند ولی با این همه باز جوابگوی دقیق مسئله نیستند .

۱- مقدمه

سوانح راه آهن ایران به صورت کلی ۱۸ برابر متوسط سوانح کشورهای عضو UIC است (یعنی بیشتر از ۱۸ برابر کشـورهای اروپایی) بیش از ۶۰٪ سوانح مربوط به خروج از خط است. مشاهدات و آمار نشان می دهد کـه بیشـتر خـروج از خطـها مربـوط بـه قطارهای باری درسرعت پایین است که نیاز به تحلیل دارد .

طبق آمار حدود ۸۰٪ خروج از خطهای در بلاک برای قطارهای باری در قوسهای زیر $300m$ و در وضعیت پر معمولا در فـراز و واگنهای سری ۱۵۵ و ۱۵۶ هزاری بوده است که در خطوط کلاس B که دارای ریلهای U33 باجوش مقطع یا فاقد جوش تردد می کردند .

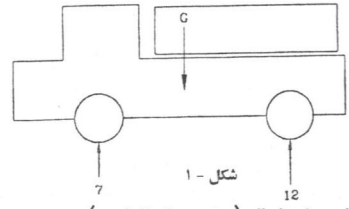
۲- بررسی فرمان کامیونت و مکانیزم جایگزین آن در قطار

قضاوتهای ما براساس مدلهای ذهنی که مبنای فیزیکی دارند می باشد براین اساس شکل -۱ را کـه توزیـع بـار بـر روی دو محور یک کامیونت را که مرکز ثقل آن G است نشان می دهد که چرخ جلو $7ton$ و چرخ عقب $12ton$ بار وارد می آورد.

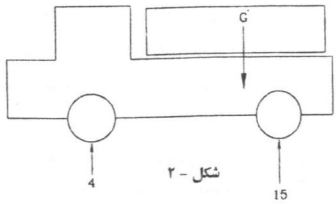
جابجایی این مرکز ثقل به G' توزیع بار را به صورت شکل -۲ خواهد کرد که بار محور جلو را کاهش می دهد برای اینکه فرمان کامیون عمل کند باید شرایطی داشته باشد چنانکه در جاده های یخبندان و برفی و همچنین موقعی که لاستیک کهنه باشد فرمان خوب عمـل نمی کند . عواملی که نقش فرمان ماشین را در قطار بازی می کند عبارتنداز :

لبه بانداژ – مخروط معادل – نسبت بارعمودی به نیروی افقی

آزمایشات راه آهن آفریقای جنوبی با بوژی فرمانپذیر نشان داده است که اگر بوژی ، خوب و فرمانپذیر باشد و دیگر عملا نیازی نیست که لبه فلانج خودش را با قوس تطبیق دهد بنابراین لبه را بریده و واگن فوق را از قوس در سرازیری عبور داده به نتیجه رسیدند که فلانج تنها در سوزن لازم است . بنابراین اگر سیستم مخروط معادل ما خوب کارکند حتی نیازی به فلانج هم ندارند. تاثیر نسبت بارافقی به عمودی در قطار مشابه وضعیت کامیونت است .



شکل - ۱



شکل - ۲

۳- فرمول نادال (nadal`s formula)

افراد مختلفی برروی خروج از خط کارکرده اندولی به نظرمی رسد فرمول نادال دقت معقولی می دهدوضرایب ایمنی لازم را ارضا می کند . جهت تامین ایمنی در مقابل خروج از خط ، نیروی خروج از خط نباید بزرگتر از نیروی تثبیت کننده باشد .

فاکتورهایی که فرمول nadal را تحت تاثیر قرار می دهند .

$$\frac{Y}{Q} > \frac{\tan\beta - \mu}{1 + \mu \tan\beta}$$

– افزایش μ – عدم رعایت حدود زاویه β (که به تیزی چرخ برمی گردد) – افزایش زاویه حمله مثبت

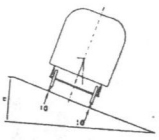
– حرکت زاویه ای مداوم محور – افزایش y (اصطکاک کاسه بوژی ، بالشتک ، ...) – کاهش Q

لازم به ذکر است که سطح ریل زنگ زده و چرخ تازه تراشیده شده مقدار μ را افزایش می دهد بنابراین باید y کاهـش یابد که این افزایش مشکل سـاز خواهد بود .

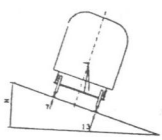
٤- تغییرات سرعت بادور ثابت

در شکل-۳ واگنی با بار محوری $20\ ton$ در حال عبور از قوس **R** با سرعت $50\ Km/h$ که دارای دور متعادل **H** مثلاً 100mm است باری که به دوچرخ وارد میشود 15ton خواهدبود اگر واگن با سرعت پایینتر از $50\ Km/h$ حرکت کند مثلا $20\ Km/h$ توزیع بار روی چرخها به صورت $13ton$ و $7ton$ واهد شد.(شکل -٤)

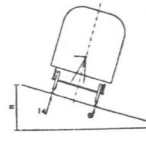
اگرقطار مسافری سریع از همین قوس با دور **H** عبورکند در واقع وزن باری که روی چرخ خارجی است 14ton می شود و چرخ داخلی 6ton بار تحمل می کند . شکل - ۵



شکل - ۳



شکل - ٤



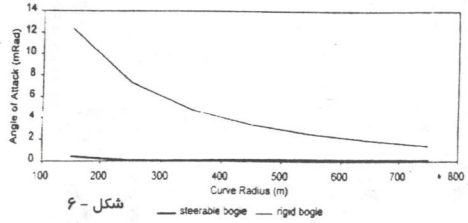
شکل - ۵

۵- زاویه حمله چرخ (angle of attack)

زاویه حمله زاویه ایست که صفحه چرخ با خط مماس بر مسیر می سازد که در تعیین پارامترهای خط و وسیله نقلیه تاثیر مهمی دارد شکل -۶ تغییرات زاویه حمله با شعاع قوس را نشان می دهد (منحنی ضخیم مربوط به بوژی فرمانپذیر است که زاویه حمله خیلی پائینی دارد ۰)

در شعاعهای کمتر ، زاویه حمله بیشتر است .همچنین هرچه عرض خط و سائیدگی چرخ بیشتر باشد ، زاویه حمله بیشتر می شود ۰ نکته قابل توجه دیگر این است که زاویه حمله براساس سرعت هم تغییر می کند ، زاویه حمله در سرعت پایین ، بالاترین مقدار است و در سرعت بالاتر با حدودی که دور متعادل برای آن طراحی شده است (براساس روابط و شرایط آفریقای جنوبی) کمتر شده پس از سرعت متعادل دوباره مقدار مختصری بالاتر می رود .

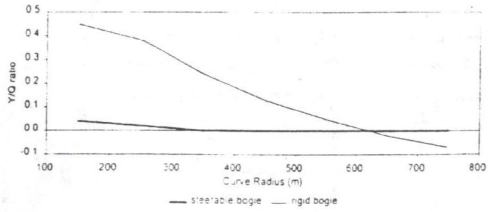
آزمایشی در پل تله زنگ برای قطاری که با تقلیل سرعت عبور می کرد نشان داد که برخلاف تصور اکثریت چرخ خارجی محور راهنمای قطار به سمت ریل خارجی چسبیده بود و آنرا می سایید در حالیکه تصور غالب و نادرست براین است که چرخ باید به سمت ریل داخلی بچسبد ، در ایران از آنجا که دور برای قطار مسافری طراحی می شود باید افت منحنی زیاد باشد که ایمنی را خیلی کاهش خواهد داد۰



شکل - ۶

۶- رابطه نسبت y/Q باشعاع قوس

نسبت y/Q در واقع یعنی قدرت مورد نیاز فرمان دادن به واگن که از حدود 0.4 در قوس $200m$ حدودبه صفر در قوس $600m$ رسیده است و این بدین معنی است که در قوس $200m$ نیروی فرمان بیشتری را می خواهیم (با فرض اینکه دور مقدار مناسبی باشد ، اگر دور مقدارش مناسب نباشد وضعیت به مراتب بدترخواهدشد) بنابراین y/Q با در جه قوس (تیزی قوس) رابطه مستقیم دارد و هر چه قوس تیزتر باشد بیشتر می شود ۰

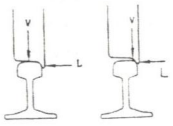


شکل -۷

۷- نوسانات عمودی

این نوسانات موجب می شود که بار چرخ از میزان عادی خارج شود ، بار چرخ نیروی تثبیت کننده چرخ به شمار می رود۰ بارعادی چرخ ، تحت شرایط ساکن نصف بار محوری است . در حالیکه (بار لحظه ای چرخ (بار واقعی چرخ در هر لحظه از زمان) حین حرکت چرخ و محور می باشد) در لحظه برخورد لبه چرخ با ریل اگر تغییر نیروی فلانج (نیروی خروج از خط) و تغییر بار لحظه ای چرخ (نیروی تثبیت کننده چرخ) نامتناسب باشند ، فلانج چرخ شروع به سرش روبه بالا در سطح ریل می کند .(شکل - ۸)

خرابی کمک فنربوژی ونیزخرابی خط موجب تشدیدنوسان واگن وکاهش لحظه بارچرخ می شود .



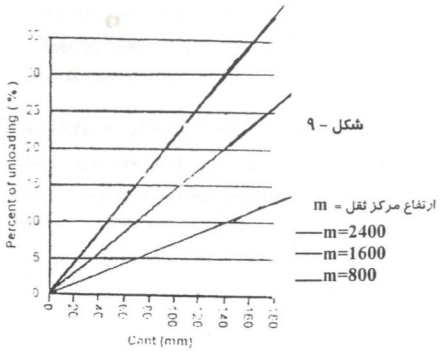
شکل -۸

۸- بازی چرخ و ریل

هرچه ژوژ خط (لقی چرخ) بیشتر باشد امکان این را می دهد که α یعنی زاویه حمله چرخ بیشتر شود و هرچه فاصله دو محور بوژی بیشتر باشد ، باز زاویه حمله بیشتر می شود یعنی واگن دو محوره نسبت به واگن چهار محوره که بوژی دار است زاویه حمله بیشتری دارد . یا واگن دو محوره با wheel base = 9m از واگن دو محوره wheel base = 6m زاویه حمله بیشتری دارد۰

۹- در صدبی باری چرخ خارجی براساس دور ، سرعت ، ارتفاع مرکز ثقل

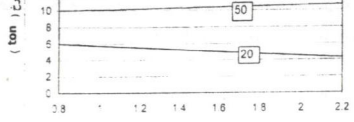
محاسبات نشان می دهد که هر چه مرکز ثقل واگـــن از سـطح ریـل بـالاتر باشد نسبت بی باری چرخ خارجی که چرخ فرمان است ، بیشـتر مـی شـود بـه طوریکه در دور 15 cm بی باری به 30٪ هم می رسـد . در دور ۱۸ cm کـه در خطوطی که هنوز تثبیت نشده اند وجود دارد ۰ نسبت بی باری درحالت توقف به 40٪ کـــه حـد تعیین شده توسط ORE برای خروج از خط است خواهدرسید .



شکل - ۹

اگر یک واگن مسقف یا مخزندار داشته باشیم که مرکز ثقل بالایی دارد(m =2/4m) Q کمتر خواهد شد در راه آهن فرانسه طبق گزارش ORE B55 ازهفت مورد خروج از خط که برای واگنهای بوژی دار اشاره کرده بود ۶ مورد واگن مخزندار و یک مورد واگن مسقف بود یعنی واگن بوژی دار غیر از این خـروج از خط نداشتند (بارهای قطارهای باری فرانسه بارهای سنگین نیستند فقط حجیم هستند) لذا بی باری قطارهای ما نسبت به آنها که بارهای سنگینتری حمل مـی کنیم بیشتر است که مشکلات بیشتری بهمراه دارد ۰

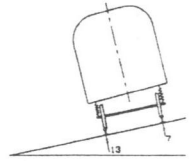
شکل –۱۰ منحنی بار چرخ در مراکز ثقل مختلف از0/8 تا 2/2 اسـت ملاحظه می شـود که درمرکز ثقل0/ 8 m باردو تا چـــرخ نزدیـک هـم هسـتند یعنـی در واقـع 25KN در حالیکه وقتی که مرکز ثقل در 2/ 2m اسـت یکی 150 KN می شـود و دیگـری 250 KN مـی شـود ۰ جـالب اینجاسـت کـه بـار چرخـها درسرعت $50\ Km/h$ خیلی فرق نمی کند دلیل آنهم این است که دور تعیین شده برای سرعت $50\ Km/h$ بـوده که دور متعادل است ۰



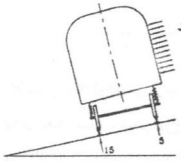
شکل - ۱۰

۱۰- تاثیر باد در قوسها

تصور غالب براین است که در صورت وجود باددرجهت مرکز قوس واگن از طرف ریل داخلی خارج می شود در حالیکه مشـاهدات عملـی و میدانـی خلاف این رانشان می دهد و دلیل آن بی باری چرخ خارجی است ۰ آمار زیادسوانح منطقه کوه پنگ با باد شدید نشانگر این مسئله است .



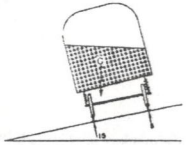
شکل –۱۱توزیع بار چرخها قبل از وزش باد

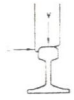


شکل - ۱۲ توزیع بار چرخها موقع وزش باد

۱۱- تأثیر بار گذاری نا متوازن در بی باری چرخها

اگر واگنی را بارگیری نا متقارن کنیم(دریک طرف بار زیادو درطرف دیگر بارکم) مرکز ثقل جابجا شده توزیع بار تغییر می کند (مشابه سانحه کوه پنگ - اسفند ۷۸

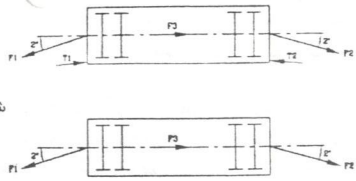




شکل - ۱۳

۱۲-نیروی واردبرواگن ازطرف قلابها وتامپونها درقوس

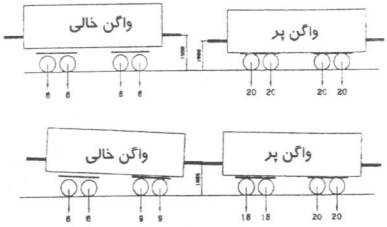
حالتی رادرنظرمی گیریم که قلابهای قطاردرکشش قراردارد. مانند حرکت درفراز-دراین حالت حدود 1ton.m گشتاورنسبت به ریل داخلی داریم : که وجود این گشتاور توزیع بار چرخها را از ۷و۱۳ به ۵و۱۵ خواهد رساند . (یعنی ۵۰٪ بی باری)



شکل - ۱٤

۱۳- بی باری چرخها براثر اتصال قلابهای اتوماتیک

اتصال واگن پر و خالی عامل مهم دیگری است که سوانحی مانند کوه پنگ رادر اواخر سال ۱۳۷۸ ایجاد کرد که در آن واگن پر مسقف روسی با قلاب SA3 پشت واگن مخزن واگن پارسی باقلاب بونی کوپلرقرار داشت که مفهوم آن این است که اگر درحالت عادی ارتفاع قلابهای این دو 1000mm و 1050 mm باشد.(شکل- ۱۵)

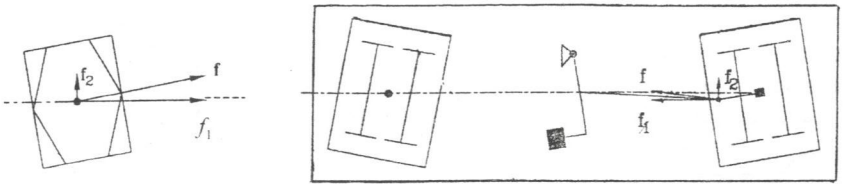


شکل- ۱۵

موقعی که بهم وصل می شوند حدوداً 1025 mm می شوند . این امرباعث می شود که : باری که روی چرخ واگن خالی داریم از ۶ به ۹ افزایش یافته و باری که روی چرخ راهنمای واگن پرداریم 18ton بشود و این بدین معنی است که در حالیکه نیروی گریز از مرکز فرقی نکرده است ، نیروی عمودی که باید به اندازه کافی باشد کم شده است و بی باری درقوسها تشدید می شود .

۱٤ -تاثیر ترمزگیری در قوسها برخروج از خط

آزمایشات و محاسبات نشان می دهد که درصورت بستن ترمز دستی اگر بوژی زاویه دار باشد صاف خواهد شد . علت آن این است که میله ترمز که کششی عمل می کند نسبت به اهرم بندی ترمز در بوژیهای بویژه طرح اروپایی که منطقه اثرشان به نسبت مرکز کاسه بوژی فاصله دارد ، در بوژیهای روسی نزدیک به کاسه بوژی است . دراین حالت اگر بوژی در قوس قرارگیرد وقتی که ترمز می گیریم بوژی صاف خواهد شد که باعث افزایش Y شده ضریب خروج از خط را افزایش می دهد .



شکل - ۱۶

۱۵- نواقصی که نوسان زاویه ای محوررا فراهم می کنند

مقدار مجاز اختلاف قطر چرخ 0/5 mm در یک محور است اگراین اختلاف بیشتر باشد ، چرخ بطور دایم نوسان زاویه ای خواهد داشت . در حالیکه اختلاف قطارهای 20mm هم مکررا دیده شده است که اختلاف زیاد قطر چرخها نیروی فرمان زیادتری می طلبد.

آزمایشات نشان می دهد که :

اختلاف قطر چرخ معادل حرکت قطار در قوس باشعاع R=220 m است 7 mm

R= " 300 m " " " " " " 5 mm

R= " 3000 m " " " " " " 0/5 mm

منابع :

سخنرانی مهندس قربانعلی بیک در چهارمین همایش ارتقای ایمنی وپیشگیری از سوانح مهرماه ۷۹