سیستم باربری ریلی

ارایه دهنده: رامین رفیعی

1

2	سیستم باربری ریلی

- باربری به وسیله راه‌آهن یکی از متداول‌ترین روش‌های باربری در معادن است.
- در معادن ایران، غالبا باربری به همین طریق انجام می‌شود.
- این سیستم برای حمل سنگ معدنی، سنگ باطله، مصالح و لوازم و جابه‌جایی افراد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

3

سیستم باربری ریلی

جابه‌جایی افراد در معدن توسط راه‌آهن

4

سیستم باربری ریلی

مزایا

الف – ایمنی در حمل افراد به درون و بیرون معدن در واگن‌های نفربر.

ب – امکان باربری دو طرفه.

ج – ایجاد امکان بازرسی ساده و سریع از نقاط مختلف معدن با وسایل ایمن.

هـ – هزینه عملیاتی و نگهداری پایین و دسترسی سهل به قطعات یدکی.

و – امکان باربری قطعات بزرگ معدنی بدون آسیب دیدن ماشین‌آلات باربری.

ز – امکان باربری مواد مختلف (مواد معدنی با کیفیت‌های مختلف، باطله، مواد مصرفی،

5

سیستم باربری ریلی

معایب

الف – هزینه سرمایه‌گذاری بالا.

ب – هزینه بالای نصب (آماده‌سازی کف و ریل‌گذاری، و سیم‌های برق هوائی در لکوموتیوهای برقی).

ج – محدودیت شیب مسیر.

6

سیستم باربری ریلی

اجزای اصلی تشکیل دهند باربری ریلی

۱- ریل:

مسیر باربری ریلی از یک جفت پروفیل فولادی مخصوص تشکیل شده که ریل نامید می‌شود

7

سیستم باربری ریلی

اجزای اصلی تشکیل دهند باربری ریلی

۱- ریل:

- معمولا ریل را با وزن یک متر آن مشخص می‌کنند و آن را با همان شماره می‌خوانند.
- ریل‌ها غالباً در شماره‌های ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۳۳ ساخته می‌شوند.
- انتخاب نوع ریل بستگی به وزن لکوموتیو، چگالی ماده و وزن واگن روی آن دارد.
- طول ریل‌ها بین ۶ تا ۱۵ متر و معمولاً ۹ متر است
- فاصله بین دو ریل موازی را عرض راه‌آهن گویند. این عرض وابسته به وزن واگن، وزن لکوموتیوها و شرایط مسیر دارد.
- فاصله ریل در معادن دارای سه استاندارد ۶۰، ۷۵ و ۹۰ سانتیمتر است که نوع معمول آن در ایران ۶۰ سانتیمتر است.

$G \geq 0.5W$ ⟵ عرض واگن

↓

عرض راه

8

سیستم باربری ریلی

اجزای اصلی تشکیل دهند باربری ریلی

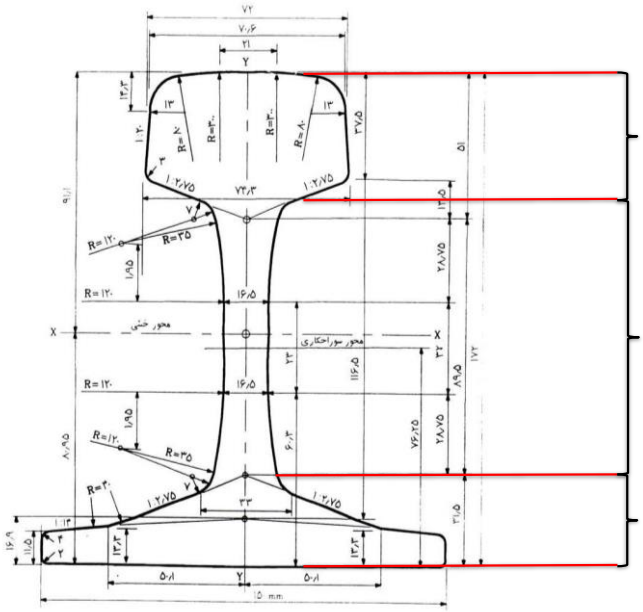
۱- ریل:

- عرض ریل:
  - دامنه مرسوم: ۱۲ تا ۵۶ اینچ
  - عرض ریل مرسوم در معادن زغال: ۱۸ تا ۲۴ اینچ
  - عرض ریل مرسوم در معادن فلزی: ۳۶ تا ۴۲ اینچ
  - عرض ریل مرسوم در معادن زغال ایران : ۲۴ اینچ
  - عرض ریل مرسوم در معادن فلزی ایران : ۳۰اینچ

9

سیستم باربری ریلی

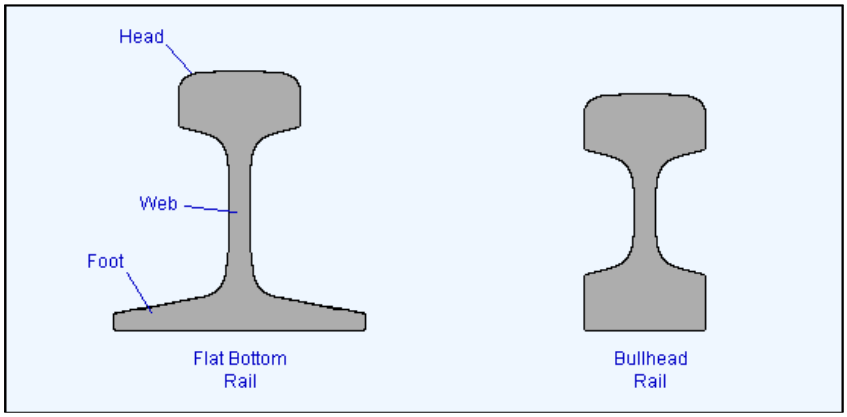
۱- ریل:



10

سیستم باربری ریلی

۱- ریل:

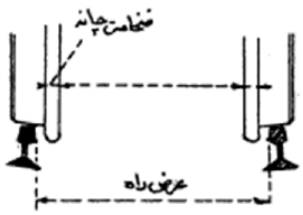


11

سیستم باربری ریلی

اجزای اصلی تشکیل دهند باربری ریلی

۱- ریل:

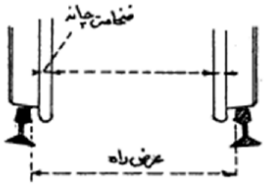


- مزایای ریل های با عرض زیاد
  - پایداری بیشتر
  - امکان استفاده از واگنهای بزرگتر
  - هزینه کلی کمتر
  - هزینه عملیاتی کمتر به ازای تن ماده معدنی
- مزایای ریل های با عرض کم
  - هزینه اولیه پایین مسیر
  - امکان استفاده از قوس های با شعاع کمتر

12

❖ اضافه عرض ریل

در قوس‌ها برای آن که چانه چرخ‌ها با پهلوی قارچ ریل تماس حاصل نکند باید اضافه فاصله‌ای برقرار کنند.



L: فاصله بین دو محور
h: ارتفاع چانه چرخ
r: شعاع چرخ
R:شعاع قوس

$$S = \frac{L\sqrt{2hr}}{R}$$

❖ اتصال ریل‌ها

متداول‌ترین روش اتصال ریل‌ها استفاده از بغل‌بند است.

13

سیستم باربری ریلی

اجزای اصلی تشکیل دهند باربری ریلی

۲- ریل بند یا تراورس:

- تکیه‌گاه بتونی یا چوبی یا فولادی می‌گویند که ریلها روی آن بسته می‌شود.
- تراورس‌های فولادی بیشترین مورد استفاده را در راه آهن داشته‌اند. به دلیل هزینه زیاد تولید و عمر مفید کمتر این نوع از ریل بندها امروزه کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- ریل بندهای چوبی از لحاظ نرمی و سهولت تردد قطارها، مزیت بسیاری بر انواع دیگر دارند؛ ولی این گونه ریل بند هزینه‌های تولید زیادی داشته و بیشتر در کشورهایی استفاده می‌شوند که تولید چوب مناسب ارزان‌تر است. مشکل پوسیدگی هم یکی از مشکلات تروارس چوبی است.
- تروارس‌های بتنی در راه‌آهن‌های طولانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. دارای مقاومت و دوام زیادی هستند. در مقابل رطوبت مقاوم هستند. از معایب این نوع تراورس وزن زیاد و قیمت تولید بالا است.
- طول تراورس‌ها بستگی به عرض راه‌آهن دارد و به طور معمول ۲ تا ۱/۸ برابر فاصله بین دو ریل است.

14

سیستم باربری ریلی

اجزای اصلی تشکیل دهند ریل

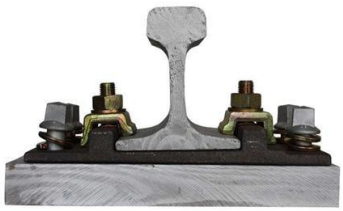
۲- ریل بند یا تراورس:

15

سیستم باربری ریلی

اجزای اصلی تشکیل دهند ریل

۲- ریل بند یا تراورس:



16

سیستم باربری ریلی

اجزای اصلی تشکیل دهند باربری ریلی

۳- بالاست یا پارسنگ (Ballast):

بالاست لایه‌ای از مصالح سنگی شکسته با قطر متوسط ۲۰ تا ۶۰ میلیمتر است که مجموعه تراورس‌ها و ریل بر روی آن قرار گرفته و پیش بینی آن برای رسیدن به اهداف زیر ضروری است:

- تحمل نیروهای قائم و افقی وارده بر تراورسها به منظور نگهداشتن خط در موقعیت معین خود
- پخش و انتقال بارها به لایه‌های تحتانی
- زهکشی آبهای سطحی
- تنظیم و تراز نمودن سطح ریل حین ریل گذاری و تعمیرات
- میرایی و استهلاک ضربات، ارتعاشات و صداهای حاصل از حرکت وسایل نقلیه ریلی
- عایق یخبندان برای لایه زیر خود
- جلوگیری از رشد گیاهان در خط
- ضخامت آن بین ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر است

17

سیستم باربری ریلی

۳- بالاست یا پارسنگ (Ballast):

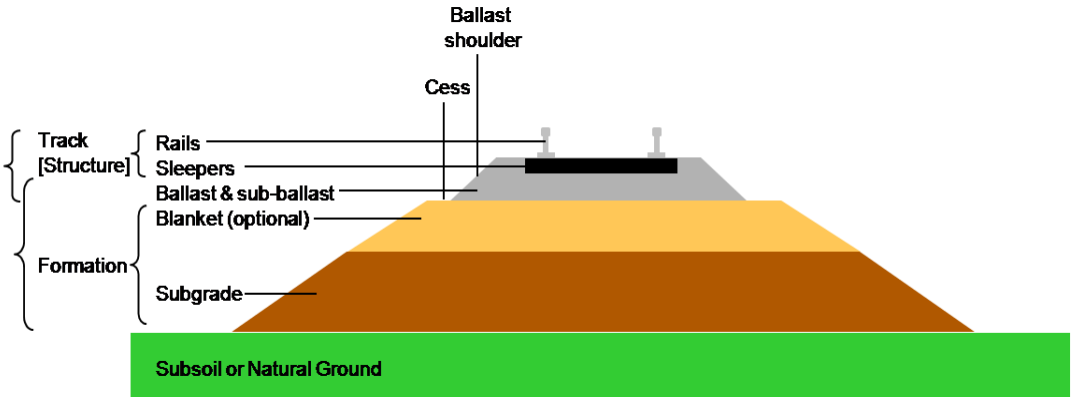
18

سیستم باربری ریلی

۳- بالاست یا پارسنگ (Ballast):

19

سیستم باربری ریلی



20

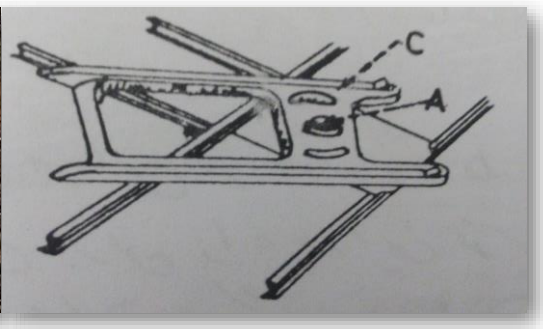
سیستم باربری ریلی

نقاط ویژه در مسیر راه‌آهن

۱- پیچ ها

۲- دو راهی ها

۳- تقاطع ها



21

سیستم باربری ریلی

واگن‌های معدنی

واگن‌ها ارابه‌هایی هستند که روی ریل حرکت کرده و مواد مختلف را در داخل معدن جابه‌جا می‌کند

اجزای تشکیل دهنده واگن

- صندوقه
- شاسی
- محورها
- یاتاقان
- چرخ‌ها

22

سیستم باربری ریلی

واگن‌های معدنی

عوامل موثر در انتخاب واگن

- نوع تخلیه
- ظرفیت باربری
- مشخصات فنی معدن (ابعاد تونل ها، ....)

ویژگی‌های یک واگن خوب

- وزن کم
- نسبت ظرفیت به وزن خالی بالا
- مقاومت در برابر ضربه و خوردگی
- سهولت حرکت روی ریلها
- سهولت تخلیه
- ابعاد متناسب با فضاهای زیرزمینی

23

سیستم باربری ریلی

واگن‌های معدنی

24

سیستم باربری ریلی

واگن‌های معدنی

25

سیستم باربری ریلی

واگن‌های معدنی

26

سیستم باربری ریلی

واگن‌های معدنی

صندوقه:

واگن‌های معدنی از نظر ظرفیت به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱- واگن‌های کوچک با ظرفیت ۱ تن

۲- واگن‌های متوسط با ظرفیت ۲-۱ تن

۳- واگن‌های بزرگ با ظرفیت بیشتر از ۲ تن

انتخاب حجم صندوقه:

در انتخاب واگن از نظر حجمی سعی می‌شود از واگن‌های بزرگ استفاده شود

۱- بار مرده کمتری جابه‌جا می‌شود (ضریب حمل بار کوچکتر است) $B = \frac{G_o}{G}$ ← وزن واگن خالی / ← وزن بار داخل واگن

۲- زمان لازم کمتر برای اتصال

۳- بار اندازی و بارگیری سریع‌تر انجام می‌شود و طول ترن کمتر است

۴- اندازه ایستگاه‌ها و پذیرگاه‌ها کوچکتر انتخاب می‌شود

27

سیستم باربری ریلی

واگن‌های معدنی

طریقه تخلیه واگن:

واگن‌های معدنی به سه طریق تخلیه می‌شوند:

۱- تخلیه از کف

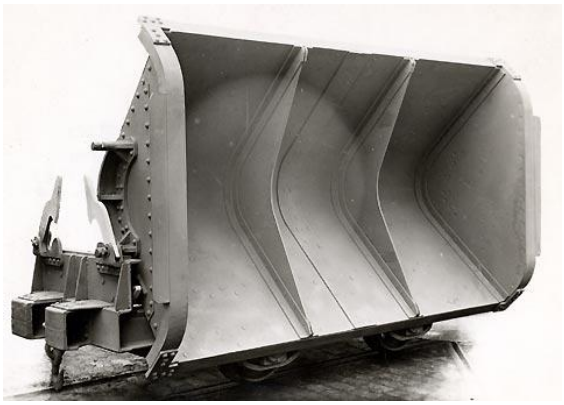
۲- تخلیه از پهلو

۳- تخلیه به صورت پیوسته

28

سیستم باربری ریلی

تخلیه از پهلو



29

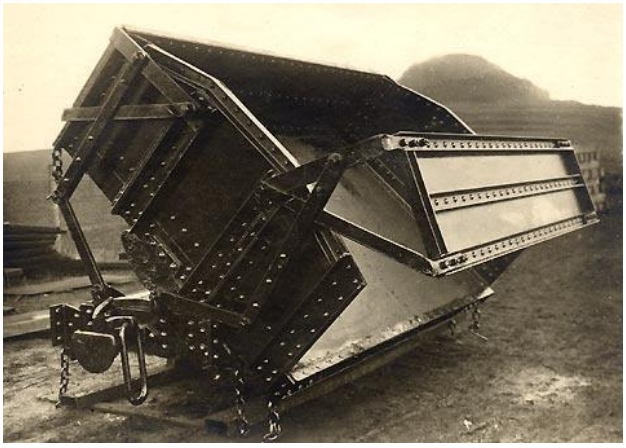
سیستم باربری ریلی

تخلیه از پهلو: روش گرانبی (Granby Method)

30

سیستم باربری ریلی

تخلیه از پهلو: روش گرانبی



31

سیستم باربری ریلی

تخلیه از پهلو: روش گرانبی

Granby car

32

سیستم باربری ریلی

تخلیه پیوسته: روش آپراکیت (واگن برگردان)

33

سیستم باربری ریلی

تخلیه پیوسته: روش آپراکیت (واگن برگردان)

34

سیستم باربری ریلی

تخلیه پیوسته: روش آپراکیت (واگن برگردان)

35

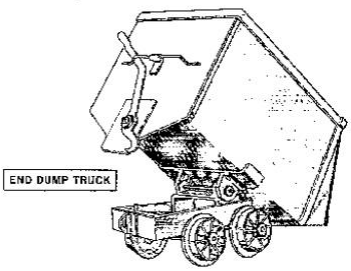
سیستم باربری ریلی

تخلیه پیوسته: روش آپراکیت (واگن برگردان)

36

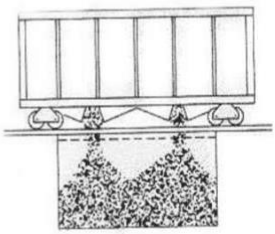
سیستم باربری ریلی

End dump car



Bottom dump car

- Used for hand tramming in small mines
- Dumped from bottom
- Bottom lock is released & material is dumped



37

سیستم باربری ریلی

انواع لکوموتیو

- لکوموتیوهای دیزلی ضدجرقه
- لکوموتیوهای باطری دار
- لکوموتیوهای برقی
- لکوموتیوهای برقی – باطری و برقی کابلی

38

سیستم باربری ریلی

محاسبات مربوط به لکوموتیو

نیروی محرکه

$$T_{e(Max)} = M_L \times g \times \mu_e$$

T_e: حداکثر کششی که لکوموتیو می‌تواند ایجاد کند

M_L: جرم لکوموتیو

μ_e: ضریب اصطکاک بین چرخ‌ها و ریل

$$T_e = P_d \times \frac{\tau}{V}$$

T_e: نیروی محرکه موثر تولید شده توسط موتور (کیلونیوتن)

P_d: قدرت موتور (کیلو وات)

V: سرعت لکوموتیو بر حسب متر بر ثانیه

τ: بازدهی انتقال قدرت از موتور به محور محرکه

39

سیستم باربری ریلی

محاسبات مربوط به لکوموتیو

مقاومت در برابر حرکت

❖ مقاومت اصطکاکی

$$F_r = M_t \times g \cos\alpha \times \mu_r$$

F_r: نیروی اصطکاک سیستم (نیوتن)

α: شیب طولی مسیر (به علت کوچک صفر در نظر گرفته می‌شود)

M_t: جرم کل سیستم در حال حرکت (کیلوگرم)

μ_r: ضریب اصطکاک لغزشی

گاهی نیروی اصطکاک را برای یک تن در نظر می‌گیرند و به آن مقاومت اصطکاکی ویژه گویند.

$$F_r = M_t \times R_r$$ ⟵ مقاومت اصطکاکی ویژه

40

سیستم باربری ریلی

محاسبات مربوط به لکوموتیو

مقاومت در برابر حرکت

❖ مقاومت شیبی

$$F_g = M_t \times g \times \sin\theta \quad or \quad F_g = M_t \times g \times i$$

F_g: نیروی شیب

i: مقدار شیب

M_t: جرم بخشی از سیستم در حال حرکت که در شیب است

θ: زاویه شیب نسبت به افق

41

سیستم باربری ریلی

محاسبات مربوط به لکوموتیو

مقاومت در برابر حرکت

❖ مقاومت قوس

هنگام عبور در قوس‌ها به نیروی اضافی برای غلبه بر مقاومت اضافی ناشی از تماس سنگین چانه‌های چرخ‌ها با ریل نیاز است

$$F_c = M_t \times R_c$$

$$R_c = 1300 \times \left(\frac{B+G}{r}\right)$$

F_c: نیروی مقاومت قوس

R_c: ضریب مقاومت قوس (N/m)

M_t: جرم بخشی از سیستم که در قوس است

B: فاصله محورهای چرخ (متر)

G: فاصله دو چرخ در یک محور (متر)

r: شعاع قوس

42

سیستم باربری ریلی

محاسبات مربوط به لکوموتیو

مقاومت در برابر حرکت

❖ مقاومت اینرسی

نیروی لازم برای شتاب گرفتن یا کاهش شتاب

$$F_a = 1.05 M_t \times a$$

$$F_a = M_t \times a$$

F_a: مقاوت اینرسی

a: شتاب (m/s^2)

M_t: جرم کلی

کل نیروی مقاوم $F_{Total} = F_r \pm F_g + F_c + F_a$ ⇒ $T_{e(Max)} \geq F_{Total}$

محاسبات مربوط به لکوموتیو

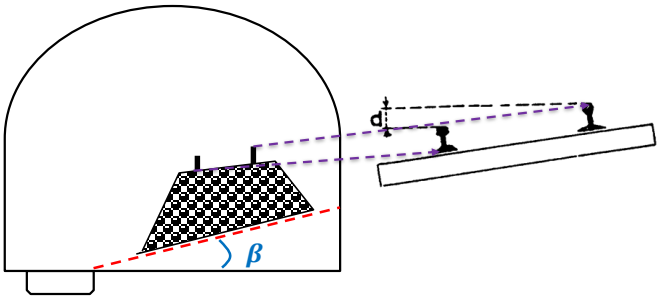
❖ نیروی کشش یدک (Draw bar pull)

بخشی از نیروی محرکه که صرف کشیدن واگن‌ها می‌شود

$$DBP = T_{e(Max)} - F_{Total}$$

❖ شیب عرضی در قوس‌ها

هدف از شیب عرضی، ایجاد نیروی در جهت خلاف نیروی گریز از مرکز است تا از خارج شدن قطار از خط در نقاط قوس جلوگیری کند.



$$d = \frac{GV^2}{r.g}$$

$$V \leq 1.1\sqrt{r}$$

d: اختلاف ازتفاع دو ریل

G: عرض ریل

V: حداکثر سرعت مجاز در قوس

r: شعاع قوس

β: زاویه عرضی ریل با افق

محاسبات مربوط به لکوموتیو

❖ شیب طولی بهینه:

بهترین شیب برای ریل، شیبی است که در آن نیروی لازم برای حمل واگن‌های پر به خارج از معدن برابر نیروی مورد نیاز برای حمل واگن‌های خالی به سمت داخل باشد.

$$i = \frac{(M_f - M_e) \times R_r}{9810 \times (2M_L + M_f + M_e)}$$

i: شیب بهینه مسیر

R_r: ضریب مقاومت در مقابل حرکت (نیوتن بر تن)

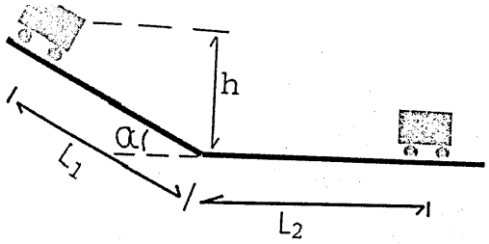
M_f: جرم واگن‌های پر (تن)

M_e: جرم واگن‌های خالی (تن)

سیستم باربری ریلی

محاسبات مربوط به لکوموتیو

❖ **آزمایش تعیین ضریب مقاومت:**



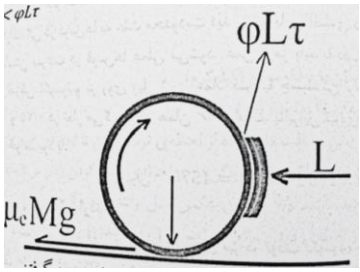
$$R_r = \frac{h}{(L_1 + L_2)}$$ مقدار ضریب مقاومت برای هر واگن

سیستم باربری ریلی

محاسبات مربوط به لکوموتیو

❖ **ترمز لکوموتیو:**

- مهمترین مساله در محاسبات ترمز، اطمینان از توانایی توقف یا کنترل مجموعه ترن است.
- در محاسبات مربوط به ترمز بدترین شرایط که میتواند برای شیب‌های سرازیری باشد، باید در نظر گرفته شود.
- در بسیاری از حالات نیروی نگهدارنده واگن‌ها به وسیله ترمزهایی که فقط برای لکوموتیو تاثیر می‌کند، فراهم می‌شود. در این حالت نیروی ترمز به جرم لکوموتیو و ضریب چسبندگی ریل و چرخ بستگی دارد.



$\varphi . L . \tau \leq \mu_e . M_L . g$ برای جلوگیری از لغزش چرخ در موقع ترمز

$\varphi . L . \tau > \mu_e . M_L . g$ اگر به طور ناگهانی ترمز گرفته شود

φ: ضریب اصطکاک بین کفشک ترمز و چرخ

L: نیروی ترمز

τ: بازدهی ترمز

47

سیستم باربری ریلی

❖ **مثال:**

یک لکوموتیو به جرم ۱۰ تن و طول ۴ متر در حال باربری ۲۰ واگن پر از ماده معدنی است. جرم هر واگن پر ۵ تن و طول هر کدام ۲ متر است. این ترن در قوسی به شعاع ۶۰ متر که دو مسیر عمود بر هم را به هم وصل می‌کند، در حال حرکت است. اگر عرض ریل ۹۰ سانتیمتر و حداکثر فاصله محورها ۱/۲ متر باشد. مقاومت قوس در مقابل حرکت ترن را تعیین کنید؟

$M_l = 10ton$

$L_l = 4m$

$n_t = 20$

$m_f = 5ton$

$L_w = 2m$

$r = 60m$

$G = 90cm$

$B = 1.2m$

$T_c = ?$

$$F_c = M_t \times R_c \qquad R_c = 1300 \times \left(\frac{B+G}{r}\right)$$

$$P_{\frac{1}{4}Circle} = \frac{1}{4} \times 2\pi r = 94.24\ m \qquad L_t = L_L + nL_w = 4 + (20 \times 2) = 44m$$

$$R_c = 1300 \times \left(\frac{B+G}{r}\right) = 1300 \times \left(\frac{0.9+1.2}{60}\right) = 45.5\ {}^{N}/_{m}$$

$$F_c = M_t \times R_c = (20 \times 5 + 10) \times 45.5 = 5005\ N$$