

الباب الثامن عشر

السكك الحديد الجبلية

عندما تكلمنا في باب الجر والتماسك عن المقاومات التي يصادفها القطار في سيره وجدنا أنه يتحتم على القاطرة أن تبذل مجهوداً في التغلب عليها يحدد في الحالة القصوى بمقدار قوة تماسكها . وأعطينا العلاقة الآتية :

$$1000 \mu \text{ و } = (\text{مس (قاطرة)} + \text{محم}) + (\text{مس (قطار)} + \text{محم}) \text{ ق كيلوجراما}$$

واستعصنا من مقاومة السير مس (قاطرة) كما مس (قطار) بالقيمة النوعية لمقاومة السير مس للقطار كله كما حددتها القوانين المذكورة في ذلك الباب وقلنا إذن إن :

$$1000 \mu \text{ و } = (\text{مس} + \text{محم}) (\text{و} + \text{ق}) \text{ كيلوجراما .}$$

وهذه العلاقة تربط وزن القطار بالإنحدار الحاكم .
فإذا اضطررنا إلى زيادة الانحدار عن الانحدار الحاكم المألوف وجب إنقاص وزن القطار وهو ما يحصل في السكك الحديد الجبلية حيث يتكون القطار في العادة من عربة أو اثنتين على الأكثر .
والانحدار إذا زاد عن ٢٥٪ (٤٠ : ١) أصبحت طريقة الجر عليه بالسكك الحديدية العادية وهي التي تعتمد على التماسك غالية غلوا فاحشاً إذ يتطلب الأمر زيادة ثقل القاطرة من أجل الحصول على قوة تماسك كافية وهذه يستهلك جلها في رفع القاطرة نفسها إلى أعلا المنحدر ولا يتبقى إلا القليل منها يستخدم في رفع الحمل الذي يتقاضى عنه الأجر .

وإذ ينقص وزن القطار بالنسبة للقاطرة على هذا النحو يلزم التدقيق في حساب مقاومة السير بالرجوع إلى مركبتها مقاومة السير للقاطرة ومقاومة السير للقطار كل على حدة .

فإذا تحدد الانحدار الحاكم كان وزن القطار

$$\text{ق} = \frac{1000 \mu \text{ و } - (\text{مس (قاطرة)} + \text{محم})}{\text{مس (قطار)} + \text{محم}}$$

وإذا تحدد وزن القطار كان الانحدار الحاكم

$$\text{محم} = \frac{1000 \mu \text{ و } - \text{مس (قاطرة)} - \text{ق} \cdot \text{مس (قطار)}}{\text{و} + \text{ق}}$$

وفي مثل هذه الأحوال التي يزداد فيها الانحدار الحاكم كثيراً يتجه الحل إلى جعل عجلات القاطرة كلها عجلات جر وذلك من أجل الحصول على أقصى مقدار للتماسك .

وقد تعمل و = ق وفي هذه الحالة يكون

$$\frac{1000 \mu - \text{م (قاطرة)} - \text{م (قطار)}}{2} = \text{م حم}$$

فإذا أخذت $\mu = 0.15$

م (قاطرة) = 12 كيلو جرام للطن

م (قطار) = 3 كيلو جرام للطن

كان م حم = 67.5%

ويكون هذا الرقم هو أقصى الحدار تتمكن القاطرة عليه من سحب أصغر قطار اعتماداً على قوة تماسكها وبدون الاعتماد على وسائل أخرى . ويتراوح هذا الرقم في العادة بين 65% و 70% غير أنه قلما تستعمل طريقة التماسك وحدها في الانحدارات التي تزيد عن 30 أو 35% .

وتنقص السرعة على هذه الخطوط فتتراوح بين 25 و 35 كيلومترا في الساعة ويراعى في تصميم قاطراتها أن تكون ثقيلة وذات قوة سحب عالية وأن تكون قضبانها من ذات الوزن الثقيل . ويبلغ التآكل في هذه السكك حداً عالياً ويتبع ذلك مصاريف الصيانة والتجديدات وقد زادت هذه المصاريف في بعض الحالات عن الدخل إذ جددت بعض القضبان بعد فترة لم تزد عن الأربع سنوات . ثم هناك الخوف من احتمال انزلاق القطار إلى أسفل المنحدر حتى مع إحكام فرامله كما حدث فعلاً في بعض الخطوط وبالأخص إذا تلوثت القضبان بالشحم على أن العيوب السابقة يقل تأثيرها باستعمال القضبان الثقيلة والقاطرات القوية والفرامل الأوتوماتيكية الشاملة للقطار كله .

وإذا كانت طبيعة الأرض تتطلب استعمال حدار أكبر من 35% أو كانت الحالة تستدعي استعمال قطار يزيد وزنه عن وزن القاطرة وجب الركون إلى استعمال وسائل أخرى غير التماسك وهذا نجد أنفسنا نواجه موضوع السكك الحديد الجبلية .

السكك الحديد الجبلية :

هناك نوعان من السكك الحديد الجبلية :

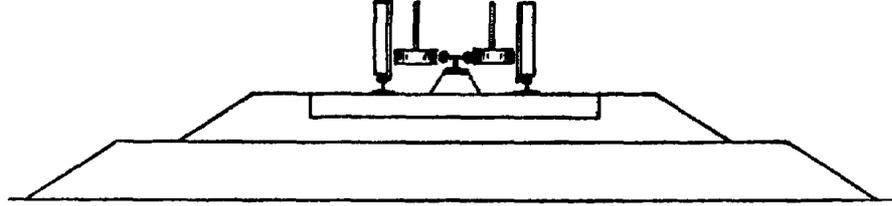
(١) السكة ذات القضيب المسنن Rack Railway .

(٢) السكة ذات الحبال Funicular Railway .

السكة ذات القضيب المسنن

ذكرنا قبلاً أن قوة التماسك في الحالة القصوى تساوي 1000μ ، وبيننا أنه زيادة مقدار هذه القوة تعمل عجلات القاطرة كلها عجلات جر أي تعمل $\mu = 1$. ويمكن زيادة هذا المقدار مرة أخرى بزيادة قوة التماسك وقد جرب هذا بالاستمارة بقضيب نالك يثبت على قواعد خاصة بين القضيبين

الأصليين فيعملو عنهما بمقدار ٣٥ سنتيمترا انظر شكل نمرة (٣٥٣) .



شكل نمرة (٣٥٣)

زيادة التماسك باستعمال قضيب ثالث

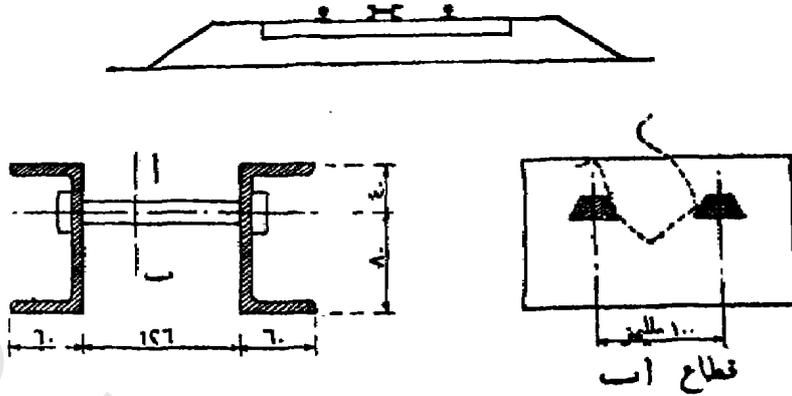
وللقضيب رأسان تتحرك عليهما أفقيا مجموعتان من العجلات المزروجة تتدلى من القاطرة وتضغط عليهما عند الاقتضاء مسببة زيادة قوة التماسك أو إيقاف القطار في أقل من تسعين مترا ويقتصر تجهيز الخطوط بالقضيب الأوسط في الأجزاء التي يزيد فيها الميل عن ٣٠ أو ٣٥ ٪ . وكذلك في الأجزاء التي يقل فيها نصف قطر الانحناء فيبلغ أدناه . وتجهز العربات كذلك بمجلتين أفقيتين في كل منها وذلك لحسن توجيهها في المنحنيات ومنع خروجها عن القضبان . وقد بلغ أقصى انحدار في خط Mont Cenis Railway ٩١ ٪ (١ : ١١) وأقل نصف قطر ٤٠ مترا .

غير أن هذه الطريقة لم تثبت جدارتها نظرا لتعقد آلات قاطرتها وضعف قوة مرجلها وشدة تآكل قطع الحركة فيها وسقوط الزيت من العجلات الأفقية فوق القضيب الأوسط مما أضعف تماسكها . كل هذا اضطر المهندسون إلى بحث الموضوع من وجهة نظر أخرى لا تعتمد على التماسك مطلقا وإنما تعتمد على فعل التروس وذلك باستعمال القضيب المسنن . وقد استعمل القضيب المسنن لأول مرة في أمريكا سنة ١٨٦٦ وذلك إلى جبل وشنجتن .

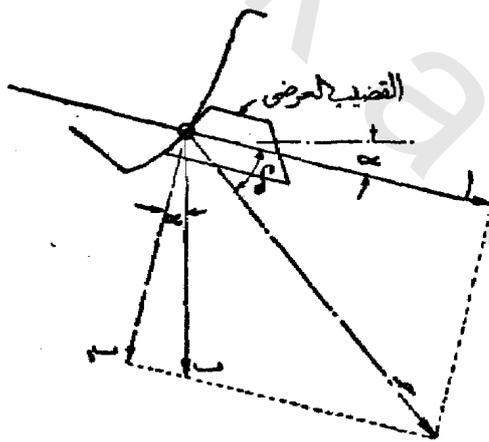
وأقيم أول خط طويل من هذا القبيل على جبل رينفي في سويسره بالقرب من لوسرن وذلك في سنة ١٨٦٩ - ٧٠ وتقع قمة الجبل على ارتفاع ٤٥٠٠ قدما فوق البحيرة وسكة هذا الخط من ذات الاتساع العادي ويبلغ طوله حوالي ٥ كيلومترا وانحداره ٢٥٠ ٪ (١ : ٤) في ثلث طوله وأقل من ذلك حتى ١٦٧ ٪ (١ : ٦) في باقى الطول إلا في بعض الأجزاء إذ عملت أفقية عمدا . وقد قام بإنشاء هذا الخط المهندس رجنباخ Riggerbach وسميت طريقته طريقة رجنباخ ذات السلام وهي مبنية في الشكل نمرة (٣٥٤) وهي عبارة عن ترتيب في وسط القضيبين يتكون من مجرتين طويلتين بارتفاع ١٢ سنتيمترا تبعدان عن بعضهما بمقدار ١٢٦ ملليمترا وتربطهما ببعضهما قضبان عرضية مقطعاها شبه منحرف يبعد الواحد عن الآخر بمقدار عشرة سنتيمترات تتحرك بينها تروس مثبتة في أسفل القاطرة .

والمهم في هذه الطريقة هو حساب مقدار الضغط الواقع على أسنان التروس فإذا فرضنا أن

$$\alpha = \text{انحدار السكة عن الأفق}$$



شكل نمرة (٣٥٤)
سكة رجنباخ



شكل نمرة (٣٥٥)

وبحسب القوى التي تعمل على نقطة تماس الأسنان مع القضبان العرضية انظر شكل نمرة (٣٥٥). وكان α هو الجزء من الوزن الواقع على القضيب العرضي.

ب α القوة في اتجاه الانحدار والتي تتوقف على المقاومات في حالة الصمود وعلى قوة الربط في حالة الهبوط .
ب α مركبة الوزن α في الاتجاه العمودي على الانحدار = $\alpha \sin \alpha$.

ب α مركبة الوزن α في اتجاه الانحدار = $\alpha \cos \alpha$ وهذه تشملها القوة α .

فإن δ محصلة α ب α والتي هي عبارة عن الضغط على القضيب العرضي

$$\frac{1}{\delta \cos \alpha} = \frac{1}{\alpha \sin \alpha} + \frac{1}{\alpha \cos \alpha} =$$

حيث δ هو انحراف هذه المحصلة عن مستوى الانحدار .

ويختلف كل من α ب α باختلاف الانحدار α فإذا كانت $\delta = 0$ صفراً كانت $\alpha = 0$.

على أن δ تؤخذ في العادة تساوي α وذلك بالنظر إلى أن الزاوية δ صغيرة دائماً .

اتساع السكة المسفنة :

استعمل الاتساع البادي (١٤٣٥ متراً) في بادىء الأمر ولكن نظراً لكثرة تكاليفه فقد خفض

إلى ٨٠ سنتيمتراً . غير أن هذا الاتساع الأخير قد ثبت أنه صغير فزيد إلى متر وهو الاتساع

السائد الآن .

نصف القطر :

يتراوح نصف قطر المنحني في السكة المسننة بين ١٥٠ ٦ ٨٠ متراً ويبرر استعمال مثل هذه المنحنيات الحادة قلة السرعة أولاً والاقتصاد ثانياً .

المقاومات :

تؤخذ m أس (فاطرة) + m بين ١٦ ٦ ٣٠ كيلو جراما للطن .
٦ أس (قطار) + m » ٤ ٦ ٨ » .

الضغط a على أسنانه السكة :

$1 = q (m + \text{قطار}) + w (m + \text{فاطرة})$
 $\pm (w + q) \times 1000$ حـ α كيلو جراما
ويختلف هذا الضغط في الصعود عنه في الهبوط .

في الصعود :

أولاً : في السكة المستقيمة $1 = (w + q) (m + 1000 \text{ حـ } \alpha)$ كيلو جراما .
حيث $m = \frac{q \cdot \text{أس (قطار)} + w \cdot \text{أس (فاطرة)}}{w + q}$ كيلو جراما للطن .

ثانياً : في السكة المنحنية $1 = q (m + \text{قطار}) + w (m + \text{فاطرة}) + (w + q) (1000 \text{ حـ } \alpha)$ كيلو جراما .

في الهبوط :

حيث أن مركبة الوزن في اتجاه الإنحدار كبيرة وحيث أن مقدارها يزيد عن المقاومات فإن القطار في هبوطه يكتسب عجلة ازدياد وحيث نرمي دائماً إلى جعل السرعة منتظمة فإن الفرمامل تستعمل للتغلب على القوة المحدثة للمجلة كما تستعمل أيضاً لإيقاف القطار .

فاذا فرضنا أن السكة مستقيمة وأن

$f =$ القوة التي تحدثها الفرمامل بالسكيلو جرام .

$L =$ الطول الذي تعمل فيه هذه القوة بالمتر .

كانت وحدات الشغل التي تحدثها الفرمامل $= f \cdot L$ كيلو جراممتر .

$$ل = \frac{(و + ق) س^2}{ح} + ١٠٠٠ (و + ق) (١٠٠٠ ح - م س)$$

حيث س = سرعة القطار بالتر في الثانية .

ح = مجلة التناقل بالتر في الثانية في الثانية .

وحيث أن مقاومة السير تساعد على تقليل قوة الربط وحيث أن القضبان يغطيها البلل في بعض الأحيان لذا يحسن إهمال مقاومة السير زيادة في الحيطه وعلى ذلك تكون

$$١٠٠٠ (و + ق) \frac{س^2}{ح} + ١٠٠٠ ح (و + ق) = ف$$

$$١٠٠٠ (و + ق) \left(\frac{س^2}{ح} + ح \right) = \text{كيلوجراما .}$$

فإذا كانت ه = الزمن الذي يستغرقه القطار للوقوف بالثانية .

$$\text{فإن } ل = ه \times \text{متوسط السرعة} = ه \cdot \frac{س}{٢}$$

وتكون قوة الربط :

$$١٠٠٠ (و + ق) \left(\frac{س}{ح} + ح \right) = ف$$

فإذا كانت السرعة = ٨ - ١٠ كيلو مترا في الساعة .

كانت س = ٢٢ - ٢٦ مترا في الثانية .

وبفرض أن ل = ١٠ مترا إذ يفرض في العادة الطول الذي يقف فيه القطار بدل الزمن فإن الزمن

الذي يستغرقه القطار للوقوف = ٩٠٩ - ٧٧٧ ثانية .

وظاهر أن قوة الفرامل في تناسب طرديا مع السرعة س وعكسيا مع زمن وقوف القطار ه . وحيث

أن هذه القوة تزداد بالتدرج إلى أن تصل إلى ما قد يقرب من ضعف مقدارها فإنه يحسن أن تعدل المعادلة

السابقة كالآتي :

$$١٠٠٠ (و + ق) \left(\frac{١٥ س}{ح} + ح \right) = ف$$

وتنحصر عيوب طريقة رجنباخ فيما يأتي :

أولا - صعوبة بناء القضيب المسنن بالدقة المطلوبة مع علو تكاليفه .

ثانياً - اختلاف المسافة بين أسنان القضيب من تأثير التمدد والانكماش الناجمين عن اختلاف

درجة الحرارة .

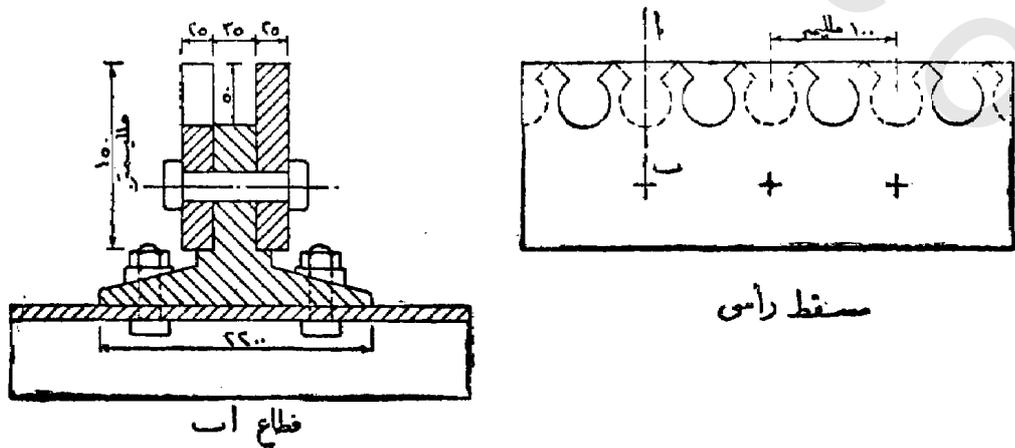
- ثالثاً — القضيب المسنن عرضة للتلف والتآكل إلا عند السرعة البطيئة .
- رابعاً — إخفاق القاطرة عن السير بسرعة في أجزاء الخط المعتدلة .
- خامساً — صعوبة الجمع بين الجر الناجم عن التماسك والجر الذي تحدثه التروس على محور واحد .
- وللاسكك ذات القضيب المسنن عيبان آخران أولهما أن البرد والثلج يلتصقان بالقضيب المسنن في البلاد الباردة وثانيهما أن سير القطارات ليس سلسا .
- وقد ابتدعت بعد ذلك طرق أخرى بقصد تحسين السير نذكر منها ما يلي :

طريقة قضيب آبت Abt Rack System :

تتكون هذه السكة من قضيبين يقع بينهما قضيب مركب كما هو مبين في الشكل نمرة (٣٥٦) قاعدته مثل قاعدة القضيب العادي ورأسه تتألف من لوحين طوليين بسلك ٢٥ ملليمترًا وارتفاع حوالي ١٥ سنتيمترًا مثبتين على جانبي الروح وبكل منهما فجوات تبعد الواحدة عن التي تليها في نفس اللوح بمقدار عشرة سنتيمترات وعن التي تليها في اللوح المجاور بخمسة سنتيمترات وتتدلى من القاطرة مجموعتان من الأسنان تعمل كل منهما في فجوات أحد اللوحين بينما تعمل المجموعة الأخرى في فجوات اللوح الآخر فيتحسن بذلك السير كما يتحسن في الآلات باستعمال اسطوانتين بدل أسطوانة واحدة . وقد استعملت ثلاثة ألواح في بعض الحالات بدل اثنتين فتحسن السير كثيراً .

وتنحصر مزايا طريقة آبت فيما يلي :

- أولاً — سهولة إقامة القضيب الأوسط بالدقة المطلوبة مع رخص تكاليفه .
- ثانياً — تمدد القضيب وانكماشه مكفولان إذ القضيب يتألف من أطوال قصيرة .
- ثالثاً — إذا كسر أحد أطوال القضبان فيمكن تغييره بسرعة وذلك بالنسبة لقصره .



شكل نمرة (٣٥٦)

قضيب آبت

رابعا - إذا كسر أحد الأسنان أدى السن المقابل في اللوح المجاور أو الإثنان الآخران في اللوحين المجاورين العمل بدون أن يعترى الحركة أى عطل .

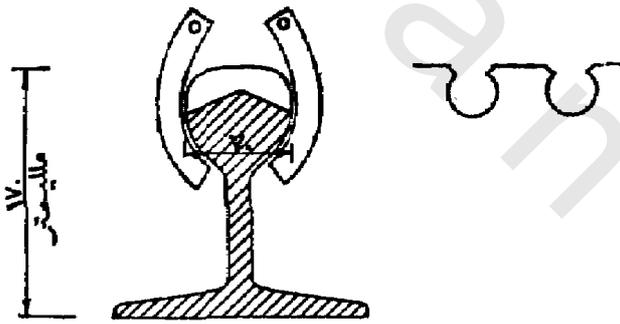
خامسا - تعمل الوصلات في حالة اللوحين بطريقة التنصيف وفي حالة الثلاثة ألواح بالتشالك وبذلك لا تقع وصلة أمام الأخرى فلا تكون هناك نقطة ضعف في القضيب .

سادسا - تقسط الأسنان بحيث لا يفقد الاتصال بينها وبين التروس .

سابعا - تستطيع القاطرة أن تسير بسرعة عالية فوق الانحدارات المعتدلة وبسرعة بطيئة فوق الانحدارات العالية .

وللقضبان المسننة على اختلاف أنواعها عيب كبير هو أنها تساعد أسنان التروس المدلاة من القاطرة على الصمود فوق أسنان القضبان فترتفع القاطرة أو العربة ثم تنزلق فتهبط مسببة إقلاق راحة المسافرين غير أن هذا العيب قد تلو في باستعمال الطريقة الآتية :

طريقة قضيب سترب Strub Rack System :



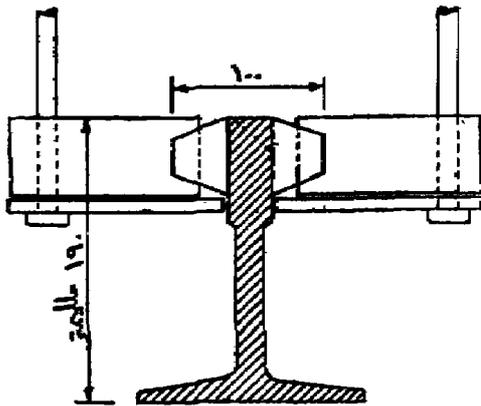
شكل نمرة (٣٥٧)
قضيب سترب

تتلخص هذه الطريقة في إعداد أسنان في رأس القضيب الأوسط وغير خاف أن هذا مضعف للقضيب غير أنه يمكن القوابض المدلاة من القاطرة والعربة والتي تتأبط بالقضيب من أن تؤدي وظيفتها فتتمنع حركة الصمود الآتية الذكر انظر شكل نمرة (٣٥٧) .

وتصلح هذه السكة والسكة المستعمل فيها

القضيب السابق للانحدارات التي تقل عن

٢٥٠٪. فإذا كانت طبيعة الأرض تستلزم استعمال انحدارات أكبر من هذا القدر فإن أول ما يتبادر إلى الذهن هو تقليل وزن القاطرة غير أن هذا لا يعتبر حلا اقتصاديا . وهناك حل آخر لهذه الحالة هو باستعمال قضيب بيتر .



شكل نمرة (٣٥٨)
قضيب بيتر

طريقة قضيب بيتر Peter Rack System :

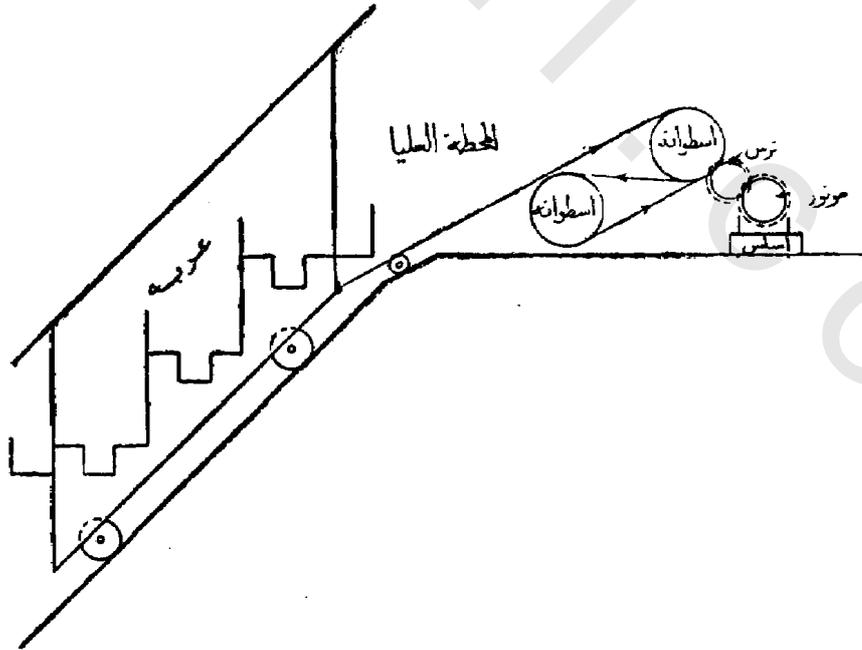
يعد القضيب الأوسط في هذه الطريقة بأسنان أفقية تبرز منه من الجانبين تتحرك بينها تروس أفقية كذلك انظر شكل نمرة (٣٥٨) . ويوجد بأسفل هذه التروس أقراص حرة الحركة تمنع العربة من الارتقاء فوق أسنان القضيب . وتصلح هذه السكة للانحدارات التي تتراوح بين

٥٠٠ ٦٣٥٠٪ .

وتوضع القاطرة في السكك المسننة جميعها خلف العربية وذلك صوتا لها من احتمال انكسار الاتصال بينها وبين القاطرة . وأفضل الاتساعات لهذه السكك هو المتر وتراوح أوزان قضبانها بين ٤٠ ٥٥ ٦٠ كيلو جراما للمتر الطولى .

السكة ذات الجبال

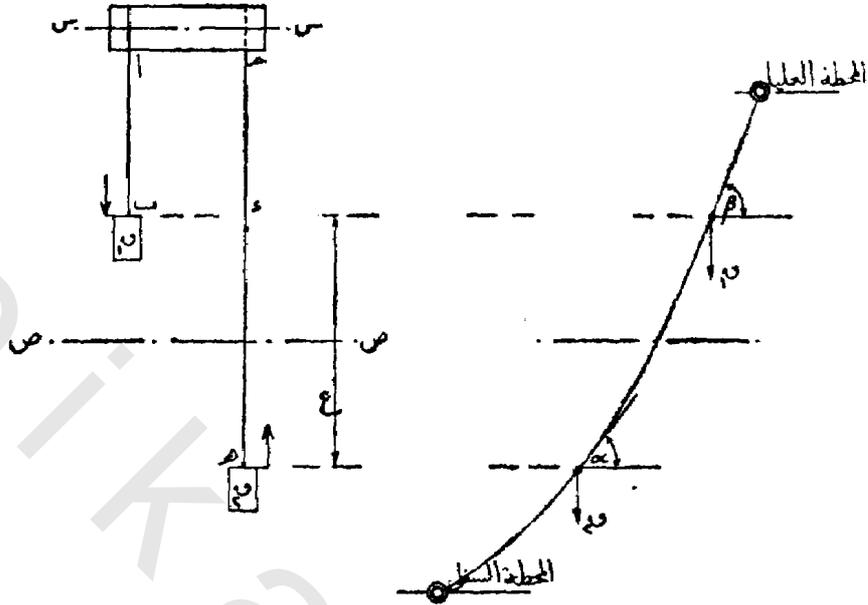
إذا زاد الانحدار عن الأرقام السالفة أى عن ٥٠٠ ٪ فإن طريقة القضيب المسنن والتروس لا تمد ملائمة إذ تتعرض الأسنان لاحتكاك عال من جهة ومن جهة أخرى فإن وزن القاطرة يزيد كثيراً من القوة اللازمة للسحب . من أجل ذلك انتهى المهندسون إلى طريقة ملائمة يستغنى فيها عن القاطرة بتاتا فتجر العربية بواسطة حبل من السلك Wire Cable . ويمر الحبل حول اسطوانة يطلق عليها اسم اسطوانة الجر - توضع في المحطة العليا - وتتصل بكل من نهايتيه عربية . ويجب أن يرتب طول الحبل بحيث تبلغ إحدى العربتين المحطة العليا في اللحظة التي تبلغ فيها العربية الأخرى المحطة السفلى والعكس بالعكس . والغرض من تشغيل عربتين في وقت واحد هو الاستمانة بنقل إحداها على موازنة ثقل الأخرى على قدر المستطاع فلا يلزم لتشغيلهما سوى القليل من الوحدات مما لا يستدعى تجهيز الخط إلا بالآلات بسيطة وتكون وظيفة الآلات مد الخط بالقوى اللازمة للتغلب على احتكاك الحبل مضاف إلى ذلك ما يلزم لتشغيل العربتين على فرض أن العربية السفلى تكون مزدحة إلى غايتها والعليا فارغة . وتستمد هذه القوة في العادة من مواتر كهربائية متصلة باسطوانات الجر بواسطة تروس أنظر شكل نمرة (٣٥٩) .



شكل نمرة (٣٥٩)

ولنبعث الآن القوى المؤثرة على هذه المجموعة وهي المبينة في الشكل نمرة (٣٦٠) الذى هو عبارة

عن مسقط رأسي وآخر جانبي للمجموعة .



شكل نمرة (٣٦٠)

تفرض أن $ص ص$ هو الخط المتوسط أى الواقع في منتصف المسافة بين المحطتين .

أ $ص ص$ هو محور اسطوانة الجر .

ب $ص$ و $ص$ وزنى العربتين بالطن (١) .

ج $ك =$ قوة الجر التي يحدثها الموتور بالطن .

د $ع =$ ارتفاع الجزء من الحبل الواقع بين العربتين في أى وضع لهما وذلك بالتر .

هـ $م =$ مقاومة السير بالكيلو جرام للطن .

و $و =$ الوزن النوعى للحبل أى وزن المتر الطولى منه بالطن .

ز $هـ =$ مقاومة احتكاك الحبل بالطن .

ح $ط =$ المقاومات التي تعترض الحركة = مقاومة سير العربتين + مقاومة احتكاك الحبل

$$= \frac{ص + ص}{١٠٠٠} (م + و) . م + هـ \text{ طناً}$$

فلاستنتاج القوى المؤثرة على الاسطوانة تعتبر مركبة وزن العربتين وكذا الحبل في اتجاه ميله كما

تعتبر أيضاً المقاومات التي تعترض الحركة .

القوى المؤثرة على الاسطوانة = $ك + ص$ ح أ

$$= ص ح أ + ع (٢) + ط \text{ طناً} .$$

(١) يلاحظ أن العربتين $ص$ ، $ص$ تيمدان دائماً بنفس البعد عن الخط المتوسط وكذلك عن المحطتين وذلك في

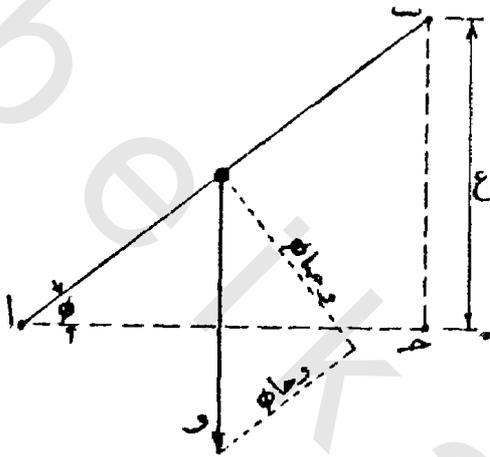
أى وضع من أوضاعهما .

(٢) $و$ عبارة عن مركبة وزن الجزء من الحبل الواقع بين العربتين وذلك في اتجاه الحبل .

وعلى ذلك $k = v_2 \cos \alpha - v_1 \cos \beta + v_0 \cos \phi + \tau$ طنا

[معنى و.ع]

إذا اعتبرنا طولاً من الحبل مقداره الوحدة يعمل زاوية مقدارها ϕ مع الأفقى شكل نمرة (٣٦١)



شكل نمرة (٣٦١)

فإن $b = c = a \cos \phi$

$\cos \phi = a$ (إذا $a = 1$ = الوحدة)

ولكن مركبة v في اتجاه $a = v \cos \phi$

$v =$

فاذا كان $a = 1$ = طول يختلف عن الوحدة فإن القوة

في اتجاه الحبل تساوى دائماً و.ع حيث c ارتفاع الجزء

a من الحبل .

وقد كانت العربات في التصميمات القديمة تجهز بصهرج

مياه أترانى في أسفلها كان عمد العربى بالقوة اللازمة لتحريكها

غير أن هذا الحل لم يكن بالحل الاقتصادى إذ كان يتطلب

رفع المياه إلى المحطة العليا . وهناك عيب آخر وهو أن العربى الهابطة كانت تكتسب عجلة ازدياد بعد

مهورها بنقطة المنتصف وذلك لازدياد طول الحبل الهابط وقصر الحبل الصاعد . غير أن هذا العيب

تلوى باستعمال حبل مستمر ولكن هذا العلاج يزيد من جهة أخرى في مقدار المقاومات نظراً لازدياد

طول الحبل .

وقد كان لاستعمال الموتورات الكهربائية بدل صهرج المياه الفضل في التغلب على العيوب السالفة .

طريقة القطاع السيكلوبيرى Cycloidal Profile :

وهناك طريقة أخرى للتغلب على العيوب السالفة وذلك بتشكيل القطاع الطولى للطريق بحيث تكون

القوى عند أى وضع للعربات فيه متزنة وينتج عن ذلك أن يكون انحدار الطريق في أسفله بسيطاً ويأخذ

في الزيادة كلما اتجهنا لأعلى .

فاذا فرضنا أن قطاع السكة قد بنى على هذا الأساس واعتبرنا أن العربى العليا أخذت الوضع

والعربى السفلى أخذت الوضع a كما في الشكل نمرة (٣٦٢) a فإن

$$(1) \quad v_2 \cos \alpha - v_1 \cos \beta + v_0 \cos \phi + \tau = k - \tau$$

وإذا فرضنا أن العربتين تبادلتا الموضع كما في الشكل نمرة (٣٦٢) b فإن

$$(2) \quad v_2 \cos \beta - v_1 \cos \alpha - v_0 \cos \phi + \tau = k - \tau$$

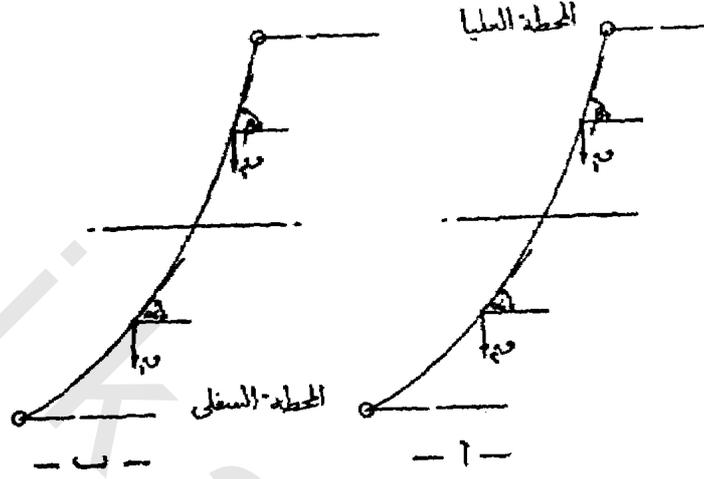
ويجمع العلاقاتين (١) و (٢) ينتج أن

$$(3) \quad (v_2 - v_1) \cos \alpha = (v_0 + v_1) \cos \phi + \tau - (k - \tau)$$

ويطرح (١) من (٢) ينتج أن

(٤)

$$\alpha \cdot \frac{2}{v_1 + v_2} = \beta \cdot \frac{2}{v_1 - v_2}$$



شكل نمرة (٣٦٢)

١ (٣)

$$\alpha \cdot \frac{2}{v_1 + v_2} = \beta \cdot \frac{2}{v_1 - v_2}$$

ب (٤)

$$\alpha \cdot \frac{2}{v_1 + v_2} = \beta \cdot \frac{2}{v_1 - v_2}$$

فإذا رمزنا للفرق بين المنسوبين المحطتين بالرمز v ورمزنا لطول الحبل بالرمز l فإن معادلة الطاقة تكون كالآتي :

$$v_1 + v_2 = \text{طول}$$

$$l = (v_1 - v_2)$$

$$\frac{v}{l} =$$

$$v_1 + v_2 = \text{ك}$$

$$\therefore (v_1 - v_2) =$$

$$\therefore \frac{v}{l} =$$

وبالتعويض في المعادلة (٣) ينتج أن

$$\frac{v}{l} \cdot 2 = \alpha + \beta$$

وبضرب المعادلة (٣) \times المعادلة (٤) ثم حل الناتج بالنسبة للارتفاع $ح$ ينتج أن

$$ع = \frac{v_1^2 - v_2^2}{(v_1 - v_2)} = (\alpha \cdot ح + \beta \cdot ح) = v_1 - v_2 \quad (٥)$$

حيث v_1 و v_2 الاحداثيين الرأسيين لموضعي المرتبتين .

وعلى ذلك تكون معادلة السكة هي

$$(٦) \quad \text{ص} = \frac{r_1^2 - r_2^2}{\epsilon \text{ و } (ك - ط)} \theta$$

حيث θ زاوية ميل السكة عن الأفق عند النقطة التي إحداثياتها الرأسى ص .
وهذه المعادلة هي معادلة سيكلويد .

[ولإيضاح ذلك نقول إن معادلة السيكلويد هي :

$$\text{ص} = \frac{r}{\rho} (١ - \text{جتا } \Phi)$$

$$\text{ص} = \frac{r}{\rho} (\Phi - \text{حا } \Phi)$$

ومن قوانين حساب المثلثات نعلم أن

$$\frac{١ - \text{جتا } \Phi}{\rho} = \text{حا } \Phi$$

$$\therefore \text{ص} = \frac{r}{\rho} (١ - \text{جتا } \Phi) \quad \text{لا زالت تعبر عن معادلة سيكلويد حيث الزاوية تساوى}$$

Φ بدل Φ .

$$\therefore \text{ص} = \frac{r}{\rho} (\text{حا } \Phi)$$

وبمقارنة هذه العلاقة بالعلاقة (٦) ينتج أن

$$\frac{r_1^2 - r_2^2}{\epsilon \text{ و } (ك - ط)} \theta \text{ تمثل ص}$$

$$\text{حا } \theta \text{ تمثل } \text{حا } \Phi \quad \text{أى أن العلاقة (٦) هي علاقة سيكلويد .}$$

$$(٧) \quad \frac{r_1^2 - r_2^2}{\epsilon \text{ و } (ك - ط)} = \text{ص}$$

ولنفرض الآن أن المربعين وصلتا إلى منتصف الطريق حيث الانحدار $\theta = \gamma$
∴ المعادلة (٣) تصبح

$$\gamma \text{ حا } \gamma = \frac{\gamma^2 (ك - ط)}{r_1^2 - r_2^2} = \alpha \text{ حا } \gamma + \beta \text{ حا } \gamma$$

وعلى ذلك فإن

$$\gamma \text{ حا } \gamma = \alpha \text{ حا } \gamma + \beta \text{ حا } \gamma \quad \text{كمية ثابتة لأن } \gamma \text{ حا } \gamma \text{ كمية ثابتة}$$

وبالتعويض عن α ح $\alpha = \frac{2}{\gamma} \frac{(ك - ط)^2}{١٥ - ٢٥}$ في المعادلة (٧)

$$(٨) \quad \frac{١٥ + ٢٥}{٢ \text{ ح } \alpha} = \gamma \quad \text{ينتج أن}$$

انحدار السكة عند المحطتين :

ب طرح (٤) من (٣) ينتج أن

$$(٩) \quad \frac{و ع}{١٥ + ٢٥} - \gamma \text{ ح } \alpha = \frac{و ع}{١٥ + ٢٥} - \frac{ك - ط}{١٥ - ٢٥} = \alpha \text{ ح } \alpha$$

وبإضافة (٣) إلى (٤) ينتج أن

$$(١٠) \quad \frac{و ع}{١٥ + ٢٥} + \gamma \text{ ح } \alpha = \frac{و ع}{١٥ + ٢٥} + \frac{ك - ط}{١٥ - ٢٥} = \beta \text{ ح } \alpha$$

وتستنتج قيمة كل من الانحدارين α و β عند المحطتين العليا والسفلى بوضع γ بدل α .
وفي حالة الخطوط التي تسير بالمياه الأترانية بموضع عن « ك » في المعادلات بصفر غير أنه يجب أن لا تنفل إضافة وزن المياه إلى وزن العربته المأبطة وذلك حتى منتصف الطريق أي أن γ في هذه الحالة تصبح $\frac{١٥}{١٥ + ٢٥}$ حيث γ وزن المياه الأترانية.

المقاومات :

المقاومات = γ = γ طس + γ

حيث طس = مقاومة السير الكلية

= γ م \times وزن العربتين .

وتؤخذ γ م = ٣ كيلو جرام للطن .

γ = المقاومة الكلية للجبل وتحدد قيمتها في العادة من التجربة . وقد حددها المهندسان

الفرنسيان « لني ولامبرت » « Levy & Lambert » بالعلاقة الآتية :

$$\gamma = ٠.٠٠٨ \text{ و } \gamma = ٠.٠٣ \text{ م } - (١٦ \text{ كيلو جرام})$$

حيث γ = الشد في الجبل عند ابتداء الحركة .

γ و γ ل كما سبق توضيحه .

مجموعات الجبال :

يرتكز الجبل في طول الطريق على عجلات توضع بين القضيبين على مسافة تتراوح بين عشرة أمتار وعشرين مترا . ويبلغ قطر هذه العجلات ٢٥ سنتيمترا أو ثلاثين . ويراعى أن لا يقفز الجبل عن هذه العجلات نتيجة الشد فيه وإلا خرج عنها وارتكز على الفلنكات فيتلفها . وعلى ذلك يجب أن يكون شكل القطاع الطولي بحيث يضمن عدم قفز الجبل إلى أعلا .

أطوال الجبال :

تتراوح أطوال الجبال في المادة بين كيلو متر ونصف و كيلو مترين فإذا زادت ارتفاعات المحطات عن هذا القدر أقيمت محطات متوسطة بين المحطتين النهائيتين .

بعض المراجع

- "The Steam Railway Locomotive" (١)
by E. L. Ahrons.
- "Railway Surveying and Permanent Way" (٢)
by S. Wright Perrott & F. E. G. Badger.
- "Roorkee Treatise on Civil Engineering Volume II Section 1—Railways" (٣)
"Permanent Way" (٤)
by W. H. Cole.
- (٥) « هندسة السكك الحديدية » — الجزء الأول
للأستاذ إسماعيل أحمد بدوي .
- "Railway Permanent Way" (٦)
by WM. Hepworth & J. Thos. Lee.
- "British Railway Track Design, Construction and Maintenance" (٧)
edited by R. A. Hammett.
- (٨) « مجلة سكك حديد و تليفونات و تليفونات الحكومة المصرية »
أعداد ١٩٤١، ١٩٤٢، ١٩٤٣، ١٩٤٤، ١٩٤٥، ١٩٤٦ سنة ١٩٤٦ .
- "Die Gestaltung der Bogen im Eisenbahngleise" (٩)
by Richard Petersen.
- "Layout of Hump Shunting Yards" (١٠)
The Engineer — Jan. 22, 1932.
- "Lewis's Railway Signal Engineering" (Mechanical) (١١)
by J. H. Fraser.
- "Railway — Signalling Mechanical" (١٢)
by Fras. Raynar Wilson.
- "Egyptian State Railways General Rule Book" (١٣)
- "Geology and Engineering" (١٤)
by Robert F. Legget.
- "Elements of Design in Timbering Framing" (١٥)
by Henry S. Jacoby.
- "Applied Mechanics" (١٦)
by D. A. Low.