

第一編 鐵道線路

第一章 鐵道の起源

鐵道の要素たる軌道、車輛、機械力等の各部は夫々古き起源を有し漸次發達せるものなるも、之を綜合したる鐵道の起源は、百年以前の事に屬する。

物資の輸送に車を造り軌道を敷設したるは、遠き昔紀元前既に存在して居つた。蒸汽機關を考案して之を鐵道に使用したのは、近來のことで、ジェームス・ワットが蒸汽機關の改良を遂げたのは1763年で、リチャード・トレヴィシックが蒸汽機關車を創設して、之を軌道上に運轉したのは1804年2月であつた。此の後に英國北方の炭田地方と、ダーリングトン及びストックトンの兩市間に、鐵道を敷設して大規模に運轉したのは、1825年9月である。

本開通式に用ひた機關車はジョージ、スチブンスンの設計になるもので、機關車第一號ロコモーションと號し氏が自ら運轉し三、四輛聯結し、騎馬の旗手を先驅させて出發し、1時間15哩の速力を以て走り、良好なる成績を收め、世人をして鐵道の眞價を認めしめ、鐵道の進展機運を促進し、鐵道の開祖たる榮譽を擔つたのである。

爾來鐵道を計畫するもの多きを加へ、1830年9月には、リバープール及びマンチエスター間の鐵道開通し、其の機關車はスチブソンの設計になるロケット號を用ひ、成績良好に運轉せられた。此の線は商工業の股賑なる兩都市を聯絡した幹線なるが故に、一層世人の注意を喚起して、益々鐵道熱を向上し、各國競ふて鐵道の建設を策し、1870年には鐵道を有する邦國37箇國其の延長105,000 軒に達し近時(1930) 世界各國に於ける鐵道の總延長130 萬軒に達して居る。

我が國に於ける鐵道の沿革

明治二年十一月英國公使パークス氏は日本の鐵道敷設の急務を提唱し、政府自ら之を建設し他國に許すべからざるを説き、資金の調達に就て、ネルソン・レー氏を推薦した。同年十一月十日東西兩京を連絡する鐵道を幹線とし、東京、横濱間を枝線として先づ枝線より敷設することに廟議決定し、英國と借款契約を締結することとし、技術員の傭入方をも委嘱し直ちに測量に着手し次で起工し、五年七月横濱品川間工事竣了と共に假營業を開始し、同年八月品川新橋間竣功、同年九月十二日開通式を舉行し、長くも明治天皇は新橋及び横濱に親臨せられ兩式場にて勅語を賜つた。此の日を以て我が國鐵道の紀元とする、英國に於ける鐵道の開始に遅ること四十七年である。

此當時に於ける技術員は全部外國人を使用したるも、漸次邦人を以て換へ機關手に邦人を用ひたるは明治十二年である。

大阪神戸間は明治三年外人の手によつて起工し、七年五月開通し、京都大阪間は六年起工し、十年二月五日京都神戸間の開通式を舉行し聖駕親臨あらせられた。

札幌手宮間は十三年一月開拓使に於て着手し同年十一月廿八日開通した。之等は日本の初期の鐵道である。

東西兩京を連絡する幹線としては、東海道、中仙道何れを採るべきかに就て廟議一定しなかつたが、明治十六年中仙道に決して、西部に於ては東に向ひて名古屋迄起工し二十年には開通した。東部にありては高崎横川間を十七年起工し十八年開通した。明治十九年中仙道中部の測量をなしたが、工事に豫想外の費用を要し、又勾配多くして運轉上の不利あるに加へ、工事に長年月を要する等遙かに東海道の有利なるを認めて、幹線の變更を上奏して裁可を得、爾來工を進め、明治二十二年七月東海道線の全通を見るに至つた。

斯く我が國鐵道は官設によりて着手延長せらるると共に、民間に於ても、鐵道建設が企圖せらるるに至つた。此の當時鐵道は官設として國家が全部敷設するを是と認められ、明治四年には京都に關西鐵道會社が創立せられたが、其の目的は政府の鐵道建設に資金を供給するに止まつた。然れども政府の財政状態の困難は、民營論の盛になると共に、民設を認むる必要を痛感し、幹線官設主義も遂に私設をも認むるに至り、十四年には日本鐵道會社創立せられ、十六年には上野熊谷間が開通した、之が日本に於ける私

設鐵道の最初の區間であつた。尤も工事は民間に經驗なきの故に政府に委託して施行したのであつて、順次工事が進行し二十四年九月には東京青森間が全通した。

明治二十一年には山陽鐵道，關西鐵道，九州鐵道が夫々敷設免狀を下附せられ，工事に着手し，其の他の私設會社も所々に起り，線路も益々延長せられた，之等主要なる線路は明治三十九年國有法によりて國家に買収せられ國有鐵道となつた。今日の開業哩は34線 18,287 秆（昭和 15 年 1 月現在）にして，外に聯絡航路として，稚内大泊間，青森函館間，下關釜山間，下關門司間，下關小森江間，宇野高松間，宮島嚴島間合計 670 秆は國家の經營する所である。地方鐵道として開業せるものは線路延長合計 6,844 秆（昭和 13 年 12 月調）である。

軌道の會社又は市町村にて經營せる數は延長 2,236 秆（昭和 13 年 12 月調）である。

以上の外殖民地の鐵道は次の通りである。

朝鮮總督府	3,406 秆	(昭和 10 年 3 月調)	
			外に私設鐵道 1,249 秆
臺灣總督府	959 秆	(")	
			外に私設鐵道 506
樺太廳	334 秆	(")	
			外に私設鐵道 237

にして合計約 35,000 秆である。

第二章 軌間 (Gauge)

軌間とは兩方の軌條の頭部内側間の間隔で尙精しく云へば軌條上面より 16^{mm} 以内の距離に於ける頭部の最短間隔である。日本のものは 1.067^m (3'-6") にして之を標準軌間として居るが，其の他の國々及び朝鮮又は滿洲に於けるものは 1.435^m (4'-8 1/2") で之を標準軌間として居る。鐵道の初期英國ストックトンとダーリントン間に於て使用せられし軌間は 4'-8 1/2" (1.435^m) にして其の後敷設したものは七種にも達した。何れも之より廣きものであつた。其の後 1846 年議會にて標準軌間として 4'-8 1/2" を決定以來凡てが統一せられた。此幅は古くより用ひられた車の大きでポンペイにて用ゐたるものも之に類したもので，貨物運輸に適したものであつた。其の他の國に於ても夫々沿革があるが，世界鐵道の中此の標準軌間は全體の 71% を占め，1.676^m (5'-6") が 6% 1.524^m (5'-0") が 7%，1.0^m が 6% 1.067^m (3'-6") が 6% 残りが其の他の軌間である。今國によりて異つた軌間を擧ぐれば次の様なるものである。

英國，米國，加奈陀，佛國，白耳義，和蘭，	} 1.435 ^m (4'-8 1/2")
サウスウエールス，瑞典，獨國，瑞西，澳國，伊國	
諾威，埃及	1.435 ^m (4'-8 1/2") 及 1.067 ^m (3'-6")

墨西哥	1.435m (4'-8 1/2") 及 0.914 (3'-0")
伯刺西爾	1.435m (4'-8 1/2") 及 1.600 (5'-3") 及 1.676 (5'-6")
露國	1.524m (5'-0")
南濠洲, 愛蘭	1.600m (5'-3")
英領印度	1.676m (5'-6") 及 1.0
錫蘭, 西班牙, 葡萄牙, 智利	1.676m (5'-6")
亞爾然丁	1.676m (5'-6")
ケープコロニー, 日本	1.067m (3'-6")

日本にては 1.067^m より廣き軌間を廣軌と稱し狭きを狭軌と唱へて居る。國有鐵道軌間は 1.067^m なるが地方鐵道としては 1.435, 1.067, 762^{mm} 三種を規定し地方の狀況によつて其何れかを採用し得ることになつて居る。此 1.067 と云ふも曲線の場合には之に擴度を附するは勿論で、尙次の相違は公差として認められて居る。

軌間の場合 増 4^{mm}, 減 2^{mm}, 其他の場合 増 6^{mm}, 減 3^{mm}

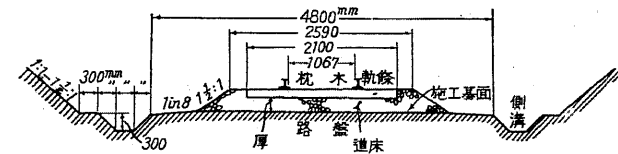
日本國有鐵道にて 1.067^m 軌間を採用したのは京濱間の鐵道敷設に始まり、其當時鐵道建設に要する資金及び技術を英國に求めた結果、知らず知らずの間に決定せられたるものゝ如く、又政府に於ても其當時財政頗る困難なりしのみならず、又地勢上より海運の便もあり、且つ山岳重疊して敷設困難の理由もありて、之が採用に異議なかりしものゝ如くなるも、我國の現状は非常なる發展を來し鐵道の輸送量は極度に達し、其對策に行き詰つた形である、茲に於てか軌間を世界の標準軌間に改築せんとする問題が屢々擡頭し來つたのである。

第三章 軌道 (Permanent Way (英) Track (米))

軌道とは基礎地盤の上に砂利を敷き、枕木を並べ、その上に一對の軌條を敷設したるもので、この地盤以上の部分を軌道と稱する。

基礎地盤を路盤 (Road Bed) と稱し、路盤表面を施工基面 (Formation Level) と云ふ。

軌道は上部の車輛の重量に對して、負擔力を有せしむるは勿論なるも、同時に弾力性を有せしめ、衝激に對して其形狀を變ぜざるものなるを要する。



第 1 圖

鐵道線路を建設するに當つて、運轉車輛の重量、運輸量によつて線路に階級を附し構造も之に適合したるものとなす、我が國有鐵道に於ては甲乙丙の3階級に分け、更に簡易線なる階級を設けてある。

甲線は運輸量特に大であり、國の幹線と認むべきものであつ

て、東海道線、山陽線、東北線の如きもの、乙線は準幹線又は主要なる連絡線で、北陸線、山陰線の如きもの、丙線は主要ならざる幹線又は前記線の枝線と認むべきもので、簡易線は地方的交通に供するものである。

前記の外、民間に敷設せらるゝ地方鐵道法に據るところの、軌間 1.067^m、1.435^m、762^{mm} の3種に對しては、夫々建設方法を指定してある。

軌道の負擔力は甲線に於ては國有鐵道はその標準荷重の K-16 (特別の場合 K-18)、乙線 K-15、丙線 K-13 により。また簡易線は最大軸重 11 噸、最小軸距 1,500^{mm}、機關車が重連して列車を牽引する場合直線に於て 45^{km/h} の速度に堪ふるものを標準とし、尙ほ客貨車の車輪の1對の軌條に對する壓力は停止中にて 12 噸なるを要する、尙この標準は運轉車輛の重量、その他線路の狀況によりてこれを増減することになつて居る。

之等の荷重に對して軌條の太さ、枕木の大きさ及び其員數、道床の厚さ及び其種類を決定しなければならない又路盤の強度によつても之等に差違あるが故に全體を合したる計算によりて適應したる線路を要し此計算方法は後章述ぶる處による。

また構造上より國有鐵道及び地方鐵道線路は次の通り規定されて居る。

國有鐵道

		甲線	乙線	丙線	簡易線
道床の厚さ		200 ^{mm}	200 ^{mm}	150 ^{mm} (1)	120 ^{mm} (2)
軌條	(3)	37 ^{kg/m} (4)	37 ^{kg/m}	30 ^{kg/m}	30 ^{kg/m} (5)
施工基面幅 (6)	築堤高 6 ^m 未滿	4,800 ^{mm}	4,500 ^{mm}	4,200 ^{mm}	3,800 ^{mm}
	6~9 ^m	5,100 ^{mm}	4,800 ^{mm}	4,500 ^{mm}	
	9~12 ^m	5,400 ^{mm}	5,100 ^{mm}	4,800 ^{mm}	
	12 ^m 以上	5,700 ^{mm}	5,400 ^{mm}	5,100 ^{mm}	
停車場外複線 軌道中心間隔	曲線半径 800 ^m 以上	3,600 ^{mm}	3,600 ^{mm}	3,600 ^{mm}	
	800~500 ^m	3,700 ^{mm}	3,700 ^{mm}	3,700 ^{mm}	
	500~300 ^m	3,750 ^{mm}	3,750 ^{mm}	3,750 ^{mm}	
	300~200 ^m	3,850 ^{mm}	3,850 ^{mm}	3,850 ^{mm}	

地方鐵道

		軌間 1.067 ^m	" 1.435 ^m	" 762 ^{mm}
道床の厚さ		100 ^{mm} 以上	100 ^{mm} 以上	76 ^{mm} 以上
軌條		運轉動荷重 に耐ふるもの	"	"
施工基面幅		3,660 ^{mm} 以上	3,660 ^{mm} 以上	3,040 ^{mm} 以上
停車場外複線 軌道中心間隔		3,350 ^{mm} 以上	3,350 ^{mm} 以上	2,740 ^{mm} 以上

(1) 地盤支持力大ナルトキハ 120^{mm} 迄減少シ得。

(2) " " 100^{mm} "

(3) 停車場外ノ本線路及場内ノ主要線路

(4) 特別ノ線路又ハ特別ノ場合 50^{kg/m}

(5) 30^{kg/m} 軌條ノ 80% 強度ヲ標準トス

(6) 國有鐵道施工基面幅ハ曲線カント 50^{mm} ヲ越ヘザル場合ニ於テ 100^{mm} ヲカント 50^{mm} ヲ越ル場合ニハ 300^{mm} ヲ中心ヨリ外方ニ増加ス。

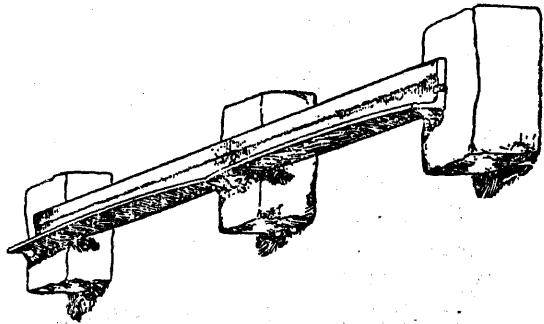
第四章 軌 條 (Rail)

第一節 軌條の發達 (Early History of Rails)

軌條の初めは、英國の炭田地方に於て、石炭を河岸まで運搬する爲めに、角材を2本並列して、所々を横材にて接ぎ、軌間を確保し、この上に車を運轉したるもので、木材は磨損すること大なる故に鑄鐵の鋸、長さ3~4呎、幅2~3吋、厚さ $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{3}{4}$ 吋位のもの木材の上に敷きたるものに始まつた。

木材に換ふるに鑄鐵を用ふるに至つたのは1789年頃で、これが順次に改良せられて1816年頃まで種々の形状のものが考案せられた。

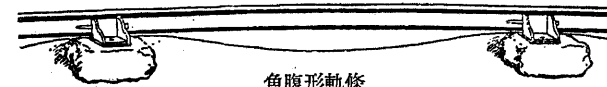
1804年トレビシツクが初めて機關車を運轉した際に用ひたるものは、次圖の如きL字形をなし長さ3呎にて、石の枕木の上に



第 2 圖

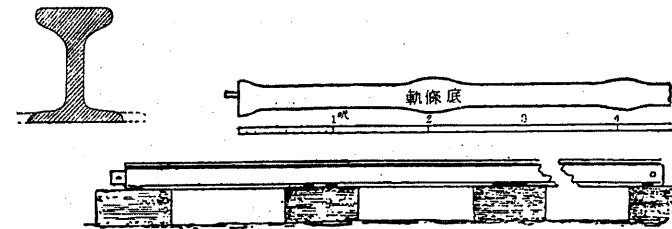
載せたるものであつた。

鐵道がストックトン・ダーリングトン間に開通して、其時に用ひられたる軌條は次圖の如く魚腹形をなし、接手はチエーアの上に置き、夫れを石の枕木の上に載せたものであつた、これ等は皆鑄鐵製であつたが、次いで鍊鐵が製造せられて、1829年にリバープールとマンチエスター間に敷設したものは、同じ魚腹形軌條でも鍊鐵製のものになつて、長さは15呎、1ヤードに付き35封度のものとなつた。



魚腹形軌條
第 3 圖

今日用ひられるT形軌條は1830年ロバート・エル・スチブンスによりて考案せられ、鍊鐵を軋壓機にかけて軋壓なし、長さ18呎、重量1ヤードに付き36封度で、鐵釘にて石の枕木に取り付け、接手は枕木の上にて差し込みとなし、鋸を打ち込むやうになしたもので、此釘は今日の犬釘となり、また差し込み接手は接目鋸と改まり鋸はボルトと變つたのである。



ロバート・エル・スチブンス T 形軌條
第 4 圖

これと時を同じうして英國にてはチャールス・ビクノールによつて同じ T 形軌條が考案せられた故に歐洲にては T 形軌條はビクノール軌條と唱へられてゐる。

1860 年には英國にて鋼鐵軌條が輾壓せられるに至り、持續期間は著しく増加して鍊鐵軌條に比して 10~15 倍となり、益々使用せられ、同時に重量の大なるものが使用せらるゝに至つた。併し今迄の輕き軌條に比して折損數は増加し 1900 年頃には最大數に達したが、其後開爐製鋼法の發明によつて、この折損は減少することが出來て今日の狀態に達した。初期の製鋼法のベッセマー法にては化學的反應が完結されない前に、鋼塊に鑄造せられたものが開爐法によつて化學的成分に改良が加へられて、有毒なる磷素の如き含有量を著しく減少し得られて、軌條の破損數も僅少となつた、併し開爐法によるものはベッセマー法に於て稀なる頭部の裂傷、横の裂罅を生ずるに至つた、これ等は炭素其他のものの遊離状態より起るので、この裂罅は軌條折損の原因となつて居る。

第二節 現時の軌條 (Development of the Present Sections)

軌條の大きさを表すに英米では 1 ヤードの重量を封度にて表し歐洲大陸は 1 米の重量を珽にて表す。日本は後者の表し方による (kg/m は丁度 $\#/yd$ の數字の半分になつてゐる $60\#/yd$ は $30kg/m$ で $100\#/yd$ は $50kg/m$ である)

現時の軌條に於ても輕き軌條より重き軌條に至るに幾變遷があり又英本國に於けるものは形狀異なる之等を擧ぐるときは次の如きものである。

(1) A. S. C. E. 型軌條

米國土木協會 (American Society of Civil Engineers) にて 1873 年より 1893 まで 20 年に亘りて軌條の標準断面の $40\sim 100\#/yd$ 迄 5 封度毎の断面を制定した、其主なる點は高さと底部の幅とは同じくしたと、各部の割合頭部 42%、腹部 21%、底部 37% となしたことである、この當時の軌條の種類は 300 種にも上りしが最大は $80\#/yd$ であつた、夫れ故にこれ以上の $100\#/yd$ 迄は推定によつて作製するより外なかつた、然るにその後 20 年にして機關車の働輪の重量は 60% を増加せるに、軌條の重量は 25% 増加せるのみ、従つて大なる断面が要求せらるゝに至つて次のものが制定せられた。

(2) A. R. A. 型軌條

1908 年米國鐵道協會 (American Railway Association) に於て調査を始めて A 及び B 型を制定し、 $60\sim 100\#/yd$ まで各 10 $\#$ 毎の断面を定めた。

この断面は A. S. C. E. 断面に比して、底部は稍狭く、幾分重く頭部は稍輕いものである。A. B の相違は A は B に比して比較的頭部薄く、底部廣さも薄く、全體の高さ大にして B に比して横方にも強い、故に枕木の數少なく、砂利質不良の場合、

荷重を軌條にて支持して、壓力を廣く分布する場合によい。これに對して B は枕木、砂利の状態良好の場合に用ひらる。磨耗に對して頭部の厚さ大なる丈け耐久力大なる譯である、故に貨物數量の多くして曲線の多き所に用ひてよい。

(3) P. S. 型軌條

1907 年ペンシルバニア鐵道系にて制定したるものにて、85^{#/in} 及び 100^{#/in} にて、形狀は頭部大にして、底部は狭きも厚く、頭部の巾は兩方共 $2\frac{1}{2}$ 吋で 85[#] の頭部の側面は垂直であるが、100[#] のものは傾斜を附せしめてある。

1916 年には 131[#] を制定し、次に 152[#] 軌條を制定して軸重 100,000[#]、1 時間 100 哩速度の機關車に對應せしむるものである。

(4) ダツドレイ型軌條

100^{#/in} と 105^{#/in} が同氏によりて考案せられて、ニューヨーク鐵道系に於て使用し後には 130^{#/in} のものが制定せられた。

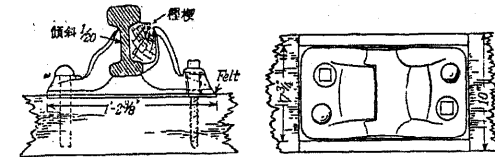
(5) R. E. 型軌條

1915 年米國鐵道技術協會 (American Railway Engineering Association) は 100, 110, 120^{#/in} 軌條を制定し、90[#] は A. R. A. 型の A 型に準ずることにした、1921 年に至りて更に 130, 140^{#/in} 1924 年には 150^{#/in} のものを制定し、此内 130[#] は P. S. 型の 131^{#/in} が實地に使用して結果良好なる故に其型に據ることになった。

前記の各種類の軌條形狀の詳細は卷尾 (257) 頁表に掲ぐる。

(6) 英國軌條 (牛頭軌條 Bull-head Rail)

前記する處は皆 T 形軌條であるが、英國丈けは特種の軌條を用ひてゐる、1858 年に考案せられた、頭部と底部の斷面は稍異にし、頭部は幾分大である、チエーアの中に載せ、木の楔をかき、移動を防止したものである。



第 5 圖 英國標準牛頭軌條及び鑄鐵製軌條チエーア

初期は頭部と底部とは全く同じ斷面を用ひた、これは上下を轉倒して再度使用する目的であつたが、下部のチエーアと接する處が毀損して、使用することが出来なくなり今日のものになつた、之を双頭軌條と言つてゐる。此英國軌條の長所はチエーアの上に乗せてある爲め、枕木上の支持面廣く、従つて枕木の耐久年限が延長せられること、且つ軌條の交換作業容易なること、又軌條の製作の際に斷面が T 形軌條の如く底部が薄くない爲め輾壓して等質の軌條が得られ、なほ一樣に冷却せられるから、直に眞直なる軌條が得られることである。

缺點としてはチエーアを使用するによりて材料費が嵩むること、又横の方向に對して木楔を用ゐるため強度が少いことである、實際に米國のペンシルバニア鐵道にてその試験區間にて敷設して見たが、米國の如き車重が大なる鐵道にあつては、保守困難

にそれに大なる費用を要した爲めに結果良好ならずとして撤去せらるるに至つた。

(7) 日本國有鐵道にて使用する軌條

鐵道開始當時は英國の牛頭軌條を使用したか、その後には T 形軌條にかわつた、その當時は私設鐵道もあり使用した軌條の種類も澤山の數に上つたが、今日にては國有鐵道は 30, 37, 50^{kg/m} とし 30, 37^{kg/m} は A. S. C. E. 型のもの 50^{kg/m} のものは P. S. 型を用ひることになつてゐる。

軌條	型	高	底面	面積	I	斷面係數
30 ^{kg/m}	C.E.	10.8 ^{cm}	10.8 ^{cm}	38 ^{cm²}	607 ^{cm⁴}	116 ^{cm³}
37	C.E.	12.2	12.2	47	952	163
50	P.S.	14.4	12.7	64	1,744	261

枕木間隔

10 ^m に 付 き				
13 ^T	14 ^T	15 ^T	16 ^T	17 ^T
880 ^{mm}	770	710	660	620

第三節 軌條の化學的成分 (Chemical Composition)

(1) 炭素 現時の軌條は炭素鋼である、炭素が鐵の内に含まれて居る、その量が 1.0% 迄は鋼質を強くするが、これ以上は却つて減少する、軌條鋼の炭素含有量は 0.35~0.75% で、軌條の大なるに従つて含有量が幾分宛多くなつてゐる。

(2) 硅素 この少量は性質を固くするも、脆弱にはなさない、性質を密にする傾向がある故に炭素含有量の 0.5~0.6% のとき硅素は 0.2% 位は可とする。

(3) 磷素 この存在は鋼を直ちに固くするも、同時に粘りを減じ脆弱ならしめ、激衝に對して抵抗力を少くする、少量にても冷きときに脆弱になす、又多量を含有するときは高温度にては性質を鋭感になし弱むるものである、ベッセマー式製鐵方法に於ては磷を全部除去することが出来ぬ爲めに、磷の含有量少き鑛石を撰ばなければならない、初期の内は磷の少き鑛石を得たが後には困難となり、含有量も 0.10% 迄に上り従つて炭素の含有量も 0.5% 以上とすることが出来なかつた、開爐式製鐵方法が考案せられて磷素を減少せしむることが出来て、其量も 0.04% 位迄になり、従つて炭素の量も 0.65~0.75% 迄高むることが出来るに至つた。

(4) 硫黃 この存在は抗張力及び延性に影響すること少きも、この影響は軌條を製作するとき灼脆性を惹起するものである、0.06~0.08% にて既に軌條軋壓の間に龜裂を生じ、外見上認め得られぬが之が使用に當りて激衝にあつて折損するのである。

(5) 滿俺 これは抗張力を増加するが、延性を減少する傾向がある、0.6% 以上のときに著しく硬化する、滿俺は硫黃と結んで硫化滿俺となり、性質を密にする、又滿俺は硫黃による灼脆性になるを防ぎ、また磷素によりて生ずる冷脆性をも或程度迄減

じ得る。

斯る性質を滿俺は鋼に與ふる故に電車線路の如き磨耗甚だしき曲線部に使用して磨耗を防止することが出来る、滿俺の最大量は 11.98% で此際に炭素の量は 1.13% である、滿俺軌條は温度の變化に敏感で従つて軌條の遊間の調整が困難で、且つ高價なる爲め一般には用ひられない、併し滿俺の量を減じて 1.30~1.50% 位になし炭素の 0.45~0.55% のものは列車頻繁なる曲線の外側軌條に使用するとき、普通軌條が 2 年にて取り更へを要するに此軌條なれば 10 年を保持することが出来、價格に於ても 50% 位の増しに過ぎない、之はメジウムマンガン鋼と稱し磨耗大なる個所に用ひて適當である。

第四節 軌條の製法 (Manufacture of Rail)

初め鐵鑛石より鋼鐵までの順序を述ぶる。第 6 圖の如く鐵鑛石をコークス、石灰石、マンガンの鑛石と共に熔鑛爐に入れ、熱風を送りて加熱すると、12 時間位にて鐵分は還元せられて銑鐵となる、この熔融した銑鐵を他の熔鑛爐より取り出したる銑銑鐵と一緒に混鐵爐に入れ、多少性質の異なる銑鐵を混合して均一ならしめ、併て豫備精錬を行ふ。次にこの銑銑鐵を製鋼爐に入れる、製鋼爐は轉爐によるものと開爐によるものとの二種類がある、前者は發明者の名によつてベツセマー法、後者はジーマンマルチン製鋼法と云ふ、此何れも酸性法と鹽基法と二種類がある爐内に塗

抹する材料によつて區分する。ベツセマー法の酸性方法は磷素を抽出することが困難なるも、鹽基法は可能で之をトーマス法と云ふ、併し轉爐の方法は原料の含磷量に相當の制限をせなければならぬによりて、今日のものは多く開爐法を用ふ、此方法によるも酸性の方法は磷の含有量に就て特に注意せなければならぬ、轉爐は 5~25 噸のものなるも開爐は 35~100 噸で、製鋼時は前者の 5~20 分に對して、後者は 6~12 時間普通 8 時間を要する、此間に比較的精密に鋼の中の炭素其他の含有物の量を検査することが出来る。

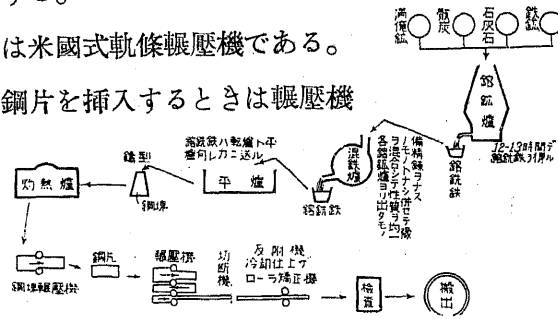
斯くして得たる純粹のよく混合し溶けたる鋼を鑄型の底が 45 × 60^{mm} 位高さ 200^{mm} 位のものに注ぎ込み硬化せしめたる後、鑄型より抜きて灼熱爐の温度 800~1,100°C 位の内に入れる。次に鋼塊輾壓機にかけて 20^{mm} 角の長さものとなし、兩端の不良部分を切斷して、軌條の大きさに應じて適當の長さに切斷して、1 本に付きて 2~4 本の軌條を製作し得るものとする。

この鋼片を軌條輾壓機にかける、輾壓機には荒仕上機、中間機、仕上機とあり、之に順次にかけて最後機にて製作所名、日時、軌條の種類を腹部に刻印する。これを所要の長さ 9, 10, 12^m または日本のものは 30^{kg/m} 軌條は 20^m に、37^{kg/m} 及び 50^{kg/m} のものは 25^m の長さに切斷し、同時に疵その他の不良なる部分は此處にて極力發見するのである、此際前記の符號をスタンプ機によりて腹部に刻印する方法もある。次に冷却後の軌條の彎曲に備

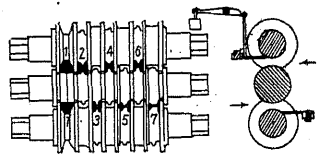
ふる爲め、反附機にかけ 15~30^{mm} の反りを付ける、尙ほ冷却場にて常溫 20°C に達したる軌條は多少の彎曲、捻れあり、且つ熱鋸にて切斷の際生じたるマクレ、返り等ある爲め之を除去し、次にローラー矯正機に送りて癖を除去しボルト孔を穿ち検査をなして搬出する。

第 7 圖は米國式軌條軋壓機である。

1 の處に鋼片を挿入するときは軋壓機



第 6 圖 鋼材製造過程圖



第 7 圖 米國式三段軌條軋壓機

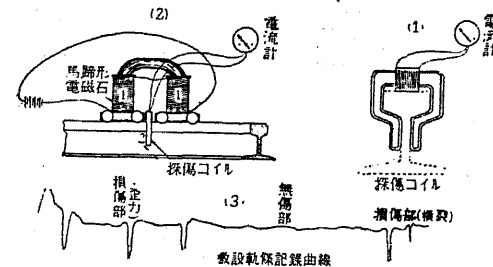
は回轉して他方に出づ、更に他方より挿入して手前に出し順次 2, 3, 4, 5, 6, 7 に挿入するときは軌條の形に近づき最後に出でたるものは軌條の形狀となる。

第五節 軌條の毀損 (Rail Failures)

軌條は毀損せらるゝに種々ある (1) 頭部の流潰. 軌條の頭部が彈性限度以上の重量を受けて外方にはみ出したるもの、(2) 軌條の腹部縱裂. 腹部に沿ひて裂け多くはボルト孔を通じて裂けるもの、(3) 頭部の壓挫. (4) 頭部縱裂. 頭部に沿ひて裂けるもの、

の、(5) 軌條の折損. 内部の裂罅によるもので鋼中の不純物の分凝により、又は鑄塊に存する窩、または管狀をその儘軋壓するによりて生ずるもの、又は急冷の爲めに内部に歪を生じ、それが原因となるもの、または軌條端が非常に激衝を受ける爲めに折損するもの、(6) 軌條底部の破損. 上部の荷重が不平均に底部にかゝり過剰なる應力の爲め破損し、又は底部にある裂罅に原因するもの、または軌條を枕木に固着せしむる爲めに底部に過歪力を起して遂に底部が半月形に破損するもの等である。

これ等の中尤も危険なるは軌條の折損で、其の多くは内部の裂罅が主なる原因である、此裂罅を發見する爲め考案せられたる器械あり、國有鐵道のものは次圖に示すもので、(1) は探傷コイルにして、(2) は軌條の上に馬蹄形電磁石 1 を載せその間に探傷コイル 2 を差し挿みたるものである、電磁石に一定の電流を通じて兩極間を磁化すれば、2 の探傷コイルの中に感應電流を生づる、若し



第 8 圖

このものを軌條の上面に沿ひて滑走せしむるとき、軌條中に歪又は罅裂の存するときは、感應電流に異變を起し、之は探傷コイルの電流計に表はるゝことになる、之を自記せしめたものは(3) 圖で異状のない處は水平なるも歪を受けたる處は突き出

るもの、

で居る、併し歪の場合は緩であるが、軌條に罅裂の存してある處は著しく急で明に判別することが出来る。

第六節 軌條の磨耗と持續期 (Wear and Life of Rail)

軌條の磨耗は、軌條の質・化學的成分・製造の方法・敷設箇所・運輸數量又軌條の重量及び形狀によりて異にしてゐる、敷設箇所が直線では軌條の頭部の上面が磨耗し、曲線の外側軌條は頭部の内側端が磨耗する。軌條が磨耗して取り替へを要するは軌條の負擔力の減少より決定せねばならない、其標準として鐵道省にて定めあるものは、次の通りで左表は頭部の磨耗右表は磨耗又は腐蝕によりて斷面積の減少して、交換を要するに至る限度である。

磨耗程度

	30 ^{kg} 軌條	37 ^{kg} "	50 ^{kg} "
甲線	6 ^{mm}	10 ^{mm}	15 ^{mm}
乙線	7	12	—
丙線	8	14	—

斷面積の減少割合

	30 ^{kg} 軌條	37 ^{kg} "	50 ^{kg} "
甲線	12%	18%	20%
乙線	12	22	—
丙線	12	26	—

運輸量と磨耗量の關係は色々の状態に支配せらるゝによりて一概に云ふことは出来ないが、先づ普通軌條では磨耗は千萬噸の通過量に對して $\frac{1}{16}$ 吋 (1.6^{mm})、炭素の含有量の多きものは磨耗少きも概して同量の通過量に對して磨耗量は 0.10 平方吋位である、故に前記の規定しある使用限度に達する迄には 30^{kg} 軌條で 7 千萬噸 50^{kg} 軌條で 2 億噸が通過することになる、日本國有鐵

道にて大宮高崎間に敷設した 30^{kg} 普通軌條にて調査した平均値は 1 億 1 千萬噸になつてゐる。外國にて諸大家の言ふ處にも大なる相違があつて一樣でないが平均して見ると大體 1 億 5 千萬噸位になつてゐる。軌條の交換を要するは磨耗の外に軌條端の接目落ち、軌條の腐蝕、軌條の波狀磨耗等がある。*

第七節 軌條の長さ (Length of Rail)

軌條は熱の爲め伸縮するが故に餘り長尺のものは使用することには出来ない、日本は初め英國軌條を用ひ 24 呎であつた、後 T 形軌條と更りて米國よりの軌條を用ひ、始めは 30 呎 (9^m) にして次に 33 呎 (10^m) となり、更に 39 呎 (12^m) となつた、日本にて製造せられた軌條も矢張りこの長さであつたが最近に至りて長尺軌條の利益が認めらるゝに至りて、今日の標準の長さは輕軌條の 30^{kg} 軌條は 20^m となし、重軌條の 37^{kg} 及び 50^{kg} 軌條は 25^m を使用することになつた。

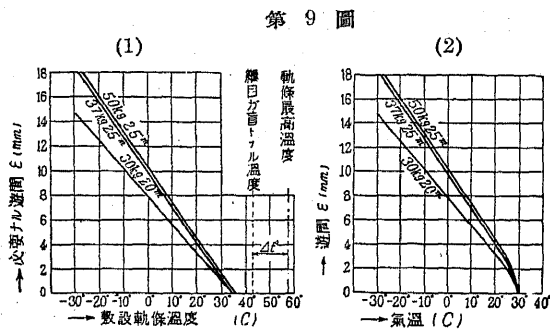
第八節 軌條接目の遊間 (Expansion Spacing)

軌條は溫度の變化によりて膨脹するが故に、敷設の際に兩軌條間に間隙を附すことを要する、この間隙を遊間と云ふ。

軌條は溫度の上昇によつて伸長し、遂には遊間をつめ、尙ほ溫度の上昇があれば軌條は突き合つて軸壓力を受ける、尙ほ其上に溫度が昇るときは軌條は横方に挫屈せらるゝ故に軌條の長さは最

* 拙著鐵道線路ノ構造及強度 I 43~46頁.

高氣温に對して、挫屈せられない丈けになして置かなければなら
ない。軌條の温度は氣温より高い場合が多い、太陽の副射熱を直
接受るときは著しく上る。夏期氣温 30~38°C のとき軌條温度は
58°Cにもなる。此温度を最高温度となして前記する處によりて軌
條敷設當時の温度に對して遊間を計算するときは9圖に示すもの



(1) 長尺軌條遊間圖表 (軌條温度に對し) (2) 同 (氣温に對し)

にして左圖は軌
條の温度により
たるものなれど
も右圖は敷設時
の氣温によりて
遊間を定めたる
ものである*。

國有鐵道にて定めある 9~12^m の軌條の遊間は次表のもので、
現場の状態を參酌して決めたものである。

現場の 氣温	0°C 未滿	0°~ 10°C	10°~ 20°C	20°~ 30°C	30°~ 40°C	40°C 以上	氣温變化少 き隧道内
遊間 9~12m 長さ に對するもの	8mm	7	6	4	3	2	2

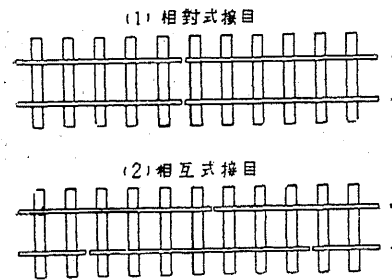
遊間を廣く附け置くときは、列車の乗り心地を害ふのみならず
線路を毀損するが故に、余り廣く附することが出来ない、大體
8^{mm} 位となし最大 10~15^{mm} である。

* 拙著鐵道線路ノ構造及強度 I 60~66頁。

第五章 軌條接手

第一節 軌條接目 (Rail Joint)

軌條の接手方法に二種ある、(1) 相對式 (Even or Square
Joint) と (2) 相互式 (Broken or Alternate Joint) とである、
前者は兩方の軌條の接目が相對するもので、後者は一方軌條の接
目が他側軌條の中程にあつて接目が相互になりたるものである。



第 10 圖

相對式は砂利の搗き固め充
分ならざる所に適し、相互式
は砂利の充分締りたる所に用
ひてよい。相對式は線路の弱
き點が一箇所に集る故に、車
は一時に落ち込み上下の動搖

を生ずる。相互式は弱き點が片側宛になりある故に、車は動搖し
て所謂ローリングを生じ線路を破損することが多い、また修理箇
所も相對式に比して倍になる譯である。併し搗き固め充分な碎石
道床の場合は接目箇所に於ける沈下少なく、相對式の兩側の車輛
が同時に落ち込むに比して片側なれば引き上げる牽引力も少なく
て済み、圓滑なる運轉をなし得るものである。

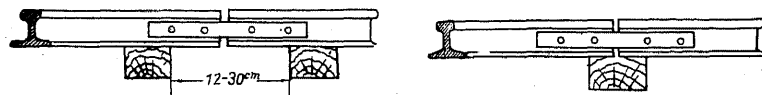
日本の様な川砂利を用ゐてある所にては接目の沈下大なる故に

相互式は線路を破ることも多く尙個所數も倍加する，相對式は線路を破ることは大なるも個所數の少き丈けに保守費は尠くて済む。

第二節 軌條接手の様式 (Types of Joints)

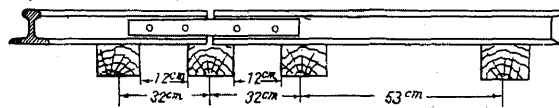
様式に四種類ある (1) 懸垂接手 (Suspended Joint) (2) 支持接手 (Supported Joint) (3) 枕木三本を用ひて中央枕木上に接目を置くもの (Three-tie Joint) (4) 懸垂接手を補強するもの (Bridge Joint) である。

懸垂接手は接目を二本の枕木の中央に置くもので，支持接手は接目を枕木上に置くものである。枕木三本を用ふるものは接目鉸を三本の枕木に亘る長さになす，この様式の缺點は枕木間隔が近

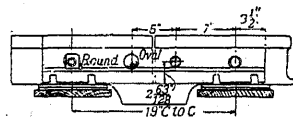


(1) Suspended Joint

(2) Supported Joint



(3) Three-tie Joint



(4) Bridge Joint

第 11 圖

接するために砂利の搗き固め困難なると，中央の枕木が弛むときは長い懸垂接手となり両側のものが弛むときは支持接手となる。懸垂接手を補強する目的にて軌條接目の下部に二本の枕木に跨る敷板を置き，又は接目鉸の強度を増加する爲め特殊の接目鉸を用ひたるものが Bridge Joint である。

前記接手の様式に就て，接目箇所は軌條中の最も弱い部分で枕木上に來る壓力も大である，従つて支持接手にあつては，只 1 本の枕木で上部の重量を支持するが故にその下の砂利の受ける壓力大なることは免れない，故に獨逸では 2 本の枕木を並列して巾を廣くなしボルトにて締め合せて其上に接目を置く，併し幅の廣い丈けに砂利の搗き固め困難である，故に一般には懸垂接手の方が用ゐられ日本の鐵道でも皆懸垂接手を用ゐて居る。

懸垂接手と支持接手との優劣を知るため國有鐵道にて實施比較したところ，後者は前者に比して約 10% の餘分の保守勞力を要し，又材料の損傷状態に於ても支持接手は懸垂接手に劣り，接目遊間の不整，接目板の磨耗毀損多く，唯接目個所に於ける軌條端の接目落ちは支持接手の方稍勝つて居る。

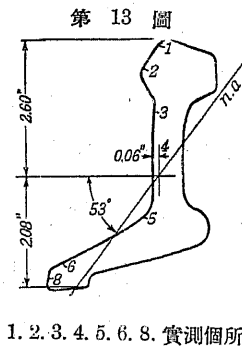
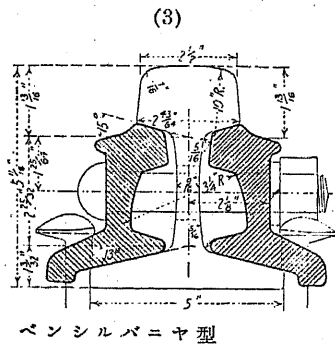
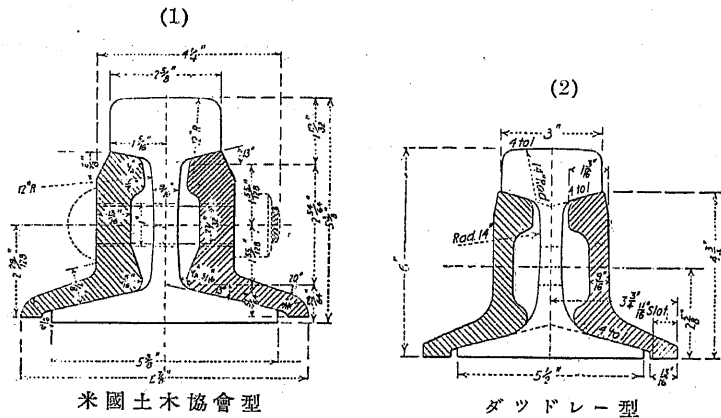
第三節 接目鉸の種類 (Types of Splice-bar)

接目鉸は強度を増す上より頭部と底部とは大きくなし，且つ軌條頭の下面と底部の上面に密に接觸する形状なることを要する。アングル形接目鉸，棒狀接目板，補強接目鉸等がある。

(1) アングル形接目鈔

軌條に比して強度は 25~35% のもので、米國土木協會の設計したるものが多く用ひられてゐるが、大なる荷重に對しては弱い。近來はダッドレー氏の設計したるものと、ペンシルバニヤ鐵道の設計したるものが用ひらるに至つた前記のものに比して 30% 以上の強度を有する。

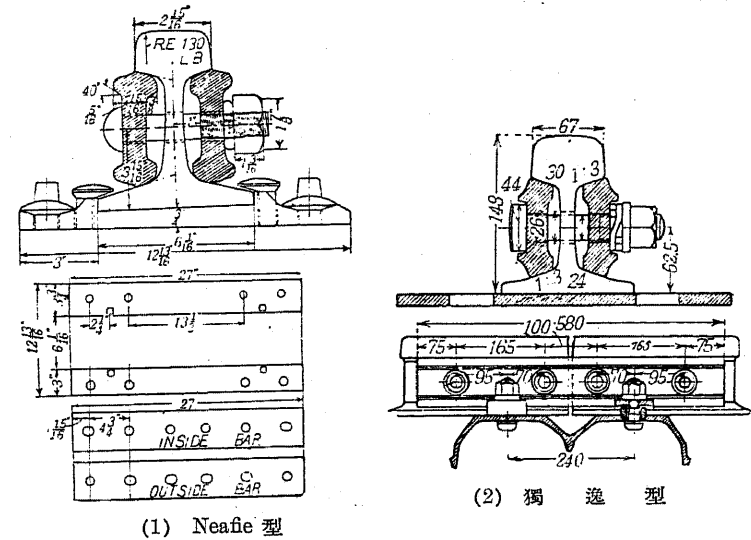
第 12 圖



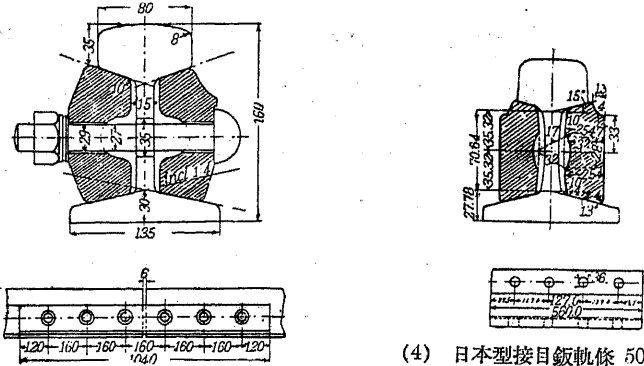
(2) 棒狀接目鈔

14 圖に示す上下が相對になつたものである。前記のアングル形は軌條に取付けた際に其儘の状態で働く時は強度大なるも、力を受くるときは實測の結果は第 13 圖の如く中立軸は傾斜する爲め充分の働きをなさない、却つて次圖の棒狀接目鈔の方眞直に働き強度大となる故にこの方が用ひられんとする傾向がある。日本國有鐵道にては初期には短冊形をなせる鐵鈔を用ひて軌條の腹部に添加するものであつたが、強度が少いためにアングル形に変更せられ米國土木協會設計のものを用ひて居る、又 50^{kg} 軌條は初めペンシルバニヤ鐵道設計のものを用ひしが現時は次圖の (4) の棒狀のものに変更された。

第 14 圖



第 14 圖



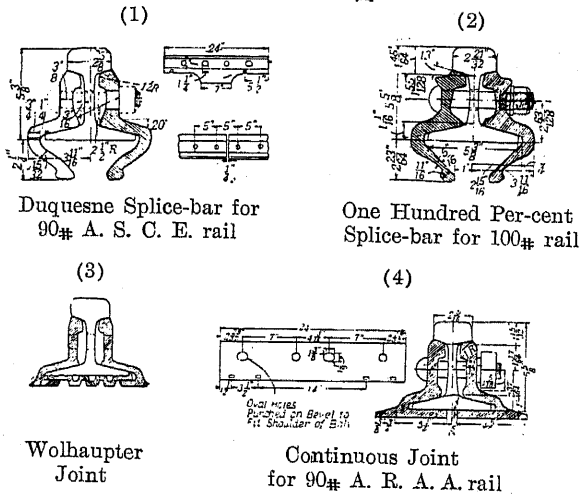
(3) 白 國 型

(4) 日本型接目鉋軌條 50kg/m

(3) 補強接目鉋

接目鉋の強度を増加するため軌條の下部に敷鉋を置き、又は接目鉋を下方に延ばして剛性を増したるもので、その種類數多あるも主なるものをあぐれば次圖のものである。

第 15 圖



Duquesne Splice-bar for 90# A. S. C. E. rail

One Hundred Per-cent Splice-bar for 100# rail

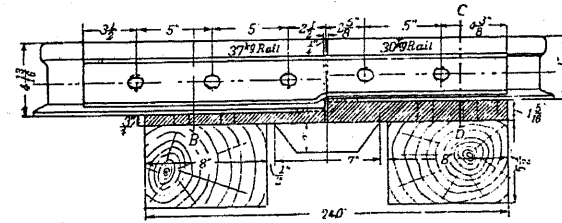
Wolhaupter Joint

Continuous Joint for 90# A. R. A. A. rail

(4) 異形接目鉋

断面異なる二種類の軌條を敷設したときには之を接ぐに各の軌條の形狀に適合したるものにて、しかも軌條頭部の内面が同一面にあり車輪がこの上を圓滑に走行し得ることを要する、従つてこの接目鉋は軌條の形狀の異なる毎に異なりたる種類を要する譯である。

第 16 圖



異形接目鉋 37kg 軌條及び 30kg 軌條

(5) 前記の如く軌條を繼ぐに接目鉋を用ふるも、市街鐵道の如く軌條が土中に入つてある場合、又は隧道中の如き温度の變化の少き處は5本又は8本又は全體を鑄接することあり。夫には電氣的に鑄接し又はテルミットによる鑄接法が行はる。テルミットの施工方法は接目個所を鑄型にて包み其の内に灼熱せるテルミット鋼の鑄液を注入せしむるのである。

第四節 接目鉸用ボルト、ナット及び

ロックナットワッシャー

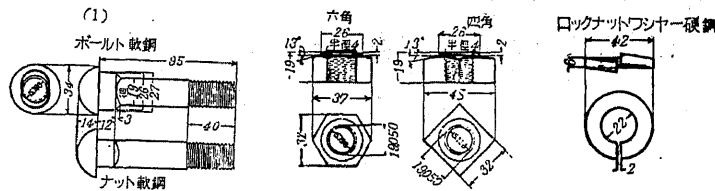
(Track Bolts, Nuts, and Lock-nut Washers)

ボルトは軌條の太さによりて徑を異ならしむ。捻子はボルトの周圍に切り、または捻子の谷がボルトの徑と同大になして斷面を縮小せしめないものがある。ボルトの頸部は楕圓になし、接目鉸の楕圓形の孔にはいり、ナットを締め付くる際に廻らぬやうになし、または矩形になし接目鉸の同形の孔に挿入せしむる。

ボルトを挿し込む軌條の孔はボルトの徑より稍大ならしめて、溫度の變化に際して軌條の伸縮に對し餘裕を附す。

ロックナットワッシャーは列車通過の際に振動の爲めナットは弛緩するによりて、ナットの下に嵌め、ナットを締むときはこのものは壓せられて弾力性を持し、ナットの僅少の弛みに對してこのものは延びて弛みを補ふやうになしてある。

第 17 圖



第六章 枕木敷鉸又はタイプレート

枕木の使用に耐へざるに至るは、腐蝕と破損にして、この内破損の防止は枕木の耐久上大切なることである、破損の種類は枕木が軌條によりて切り込まれるものと、犬釘の孔が増大して遂に軌條を保持することが出来なくなるに至るものとである、前者を Rail cutting, 後者は Spike killing と云つてゐる。

第一節 敷鉸又はタイプレート (Tie-plate)

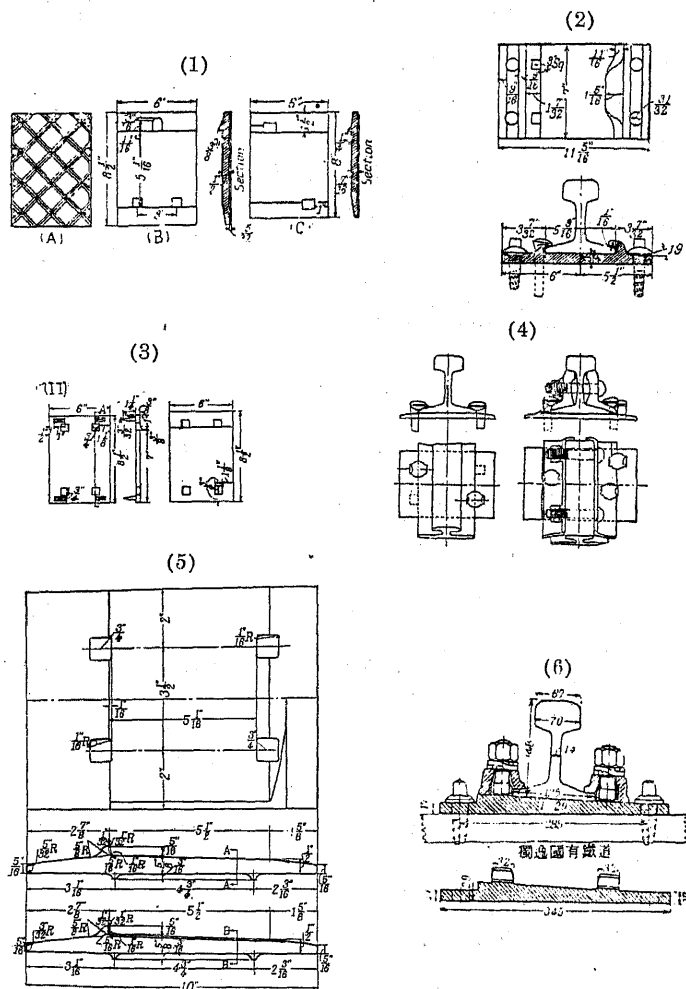
枕木破損の防止方法として敷鉸を枕木の上面に取り付く、輕き荷重なるときは硬木の板を用ふることもあるも、重きときは適當ならず、鐵製のものを用ふ。現時の枕木は藥品注入のものを使用して腐蝕を防ぐ故に、枕木の持續期は全く枕木の破損に支配せらるゝに至り、益々敷鉸の必要を感じるに至つた、加之敷鉸を用ふるによりて軌條を枕木に取り付くるにも一層確固ならしめ得る利益が生じた。

敷鉸を枕木に取り付けるには、枕木と一體となし、これに軌條を取り付くるを要し、3者を同時に取り付くる方法は良好でない。29頁14圖に示す如く枕木と敷鉸とは螺旋釘を用ひて取り付け、軌條は之に犬釘にて打ち付くるを可とす。獨逸鐵道の規定のものは犬釘に代ふるに次圖(6)の如くクリップを用ひて敷鉸へ直接に

取り付けてある。

第二節 敷板の種類 (Types of Tie-plates)

第 18 圖



敷板は枕木と接觸を充分ならしめ移動を防止する爲めに底部を波状になし又は突縁を造り又は爪を具へたるものあり、又上面は軌條を載せてその移動を防止する爲めに突縁を置き、又はフックを具へたるものがある、又大抵のものは上面に $\frac{1}{20}$ の傾斜を付けて軌條を傾斜敷設せしむる様になしてある。今其種類の二三を掲ぐるときは18圖の如きものである。

(1) は底部を波状となし表面の片側に突縁を有せしめ軌條の移動を防止したるものにして、尙此種類に鍊鐵製となしたるものあり従つて鋼鐵製のものより腐蝕に對して抵抗力が強い。(2) は敷板を枕木へ螺旋釘にて取り付け上面一側はフックになし軌條を挿入し他側は犬釘を打ち押へ付く。此フックは敷設せる軌條の内側に附し又は外側に附けたるものあり。(3) は底面に爪を附したるもの、例である、爪は敷板を枕木に固定せしむるも枕木を傷け此中に水分が入りて腐蝕せしむる缺點がある。(5) は米國鐵道技術協會制定のものにして幅を 15cm 以上となし長さは軌條の壓力によりて決定し、厚さは長さに相應せしむ、表面には $\frac{1}{40}$ の傾斜を附してある、之は車輪の踏面は $\frac{1}{20}$ なれどもこの磨耗の場合を考へたものである。

又軌條ののる外側へ突縁を附す、また板の軌條の方向は扁平になし、又は中央 1.6mm ($\frac{1}{16}$) 高さに弧形となして軌條の撓みに對して常に軌條は敷板の中程にて 1 線にて接觸せしめたものである、底部は扁平または 2 本の突縁を附し、または波形になし、

何れも 5^{mm} ($\frac{3}{16}$ ") の突高となして移動を防止する、藥品注入枕木または螺旋釘を用ふるものは扁平のものを用ふ。(6) は獨逸國有鐵道に用ひあるものにして敷板は螺旋釘にて枕木に取り付け軌條はクリップにて敷板に取り付けたるものである。(4) は國有鐵道のものであるが敷板と枕木と軌條とを同一犬釘にて取り付けある、併し前述の通り枕木と敷板を一體となし之に軌條を取り付ける様改良を要するものである。英國のブルヘッド軌條は15頁5圖に示す如く枕木にチエーアを取り付け、之に軌條を取り付けしかもチエーアの下部にはフェルトまで敷きある故に枕木の毀損は殆んどない。

また近來(6)の形にて軌條と敷板との激衝を避くる爲めに特に軌條と敷板との間に壓縮したる挟み板を入れたるものあり、挟み板は 9^{mm} の厚さの板を 5^{mm} まで壓搾したるクレオソート注入材にして幅は軌條幅となし、長さは敷板より 10^{mm} 長くなし、敷設後はこの部分は水分を含みて膨張し、元の厚さとなり移動を防止することとなる。此形は、歐洲諸國に使用せられ米國に於ても Geo Track なる名稱のもとに諸の鐵道にて試用中である。

敷板の敷設によりて國有鐵道にて調査せしに枕木の壽命を 13% 増加し軌道の保守の上より直線にて全作業量の 12% を曲線に於て 10% を減少せしめ得たと云ふ。

第七章 スパイキ (Spike)

軌條を枕木に取り付くと共に、軌條の横方へ移動を防止し、同時に軌條が横轉するを防止する役目をなす、スパイキに犬釘 (Common-spike or Cut-spike) と螺旋釘 (Screw-spike) と二種類がある。

犬釘は $1.3\sim 1.6^{cm}$ 角の長さ $11\sim 16^{cm}$ にて敷板を用ふるときは、其厚さ丈け長くなし、また寒地にて凍み上りの爲め枕木の上に挿木を置くときはそれ丈け長くする。尙ほ犬釘の長さは枕木厚さより 2.5^{cm} 位短くするが普通である、尖端の形狀は楔形をなし、枕木の纖維に平行、または直角になす、後者は枕木を裂かざる利點がある、楔形の面は凸形になすを普通とする、頭部の下は軌條を抑へるに適應したる形なると共に、後頭部は引き抜く際に引き拔器の爪の掛りに適する形なるを要する。

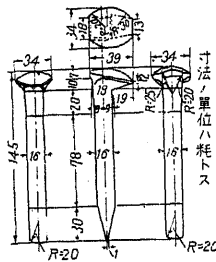
犬釘は初め枕木に小孔を穿ちたる後に打ち込みを要するが、枕木の纖維を毀損せざるが爲めである。引き抜き抵抗力は松材は $1,100^{kg}$ 、米國材の白オークは $3,000^{kg}$ 位である。

螺旋釘は頭の笠部の徑 5^{cm} 頸 2^{cm} 、太さ 1.4^{cm} 長さは枕木厚さより稍短くする、之を捻ぢ込むには枕木に豫め穿孔し次圖中央に示したる捻ぢ込み器による、穿孔は枕木へ藥品注入前になし置き、注入後に穿孔する場合にはクレオソート油を注入することを

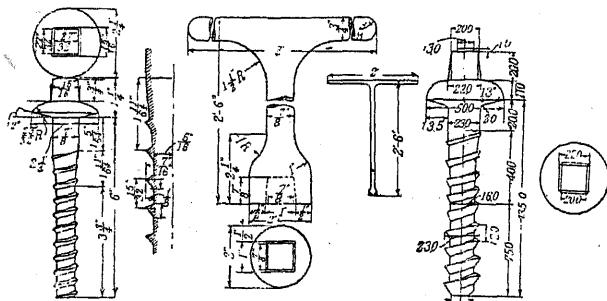
要する。

犬釘は枕木の繊維を毀損し、一旦弛みたる犬釘は再び打ち込むも緊結力は少ない、之を再三打ち込むときは、犬釘の孔は擴大して水分は其間に入りて、枕木腐蝕の原因となる。螺旋釘は枕木の繊維を害さないが故に、把持力も強く犬釘に比して 1.5~2.5 倍大である。

第 19 圖



軌條用犬釘



螺旋釘

國有鐵道型

スパイキは引き抜かれんとする力に抵抗する外に、なほ横の壓力を受ける。この力はスパイキを剪斷せんとするよりは、寧ろ枕

木の纖維を壓挫せんとする。これがスパイキの強度の限度となるのである。この力に對して螺旋釘は弱く犬釘なれば稍強い、故にその數を増すは一方法であるが寧ろ敷板を敷設して、敷板と枕木

第 20 圖

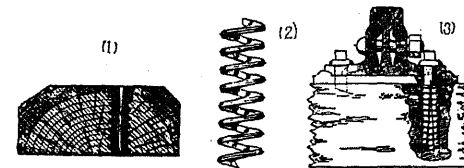


との間の摩擦によりて抵抗せしむるを可となし、之がためには敷板を充分締め付けるを要し、この點螺旋釘は横方の壓力に對して弱きも、着力強き故に尤もこの目的に合致する、故に螺旋釘は敷板を用ひる際に最も其效力を發揮する。

填み栓

犬釘が弛みて打直す場合に硬木にて作りたる木の栓を打ち込みこの間に犬釘を打ち込む、尙又螺旋釘を用ひる場合に確實にならしむる爲に次圖 (1) の如き螺旋形中空の填み栓を捻ぢ込み、または (2) の如き螺旋鐵條を捻ぢ込み、または (3) の如き螺旋管の半分が裂ける構造になりたる填み栓を捻ぢ込みて更に此間に釘をねじ込むのである。

第 21 圖



第八章 軌條匍匐止又はアンチクリーパー

(Rail-anchor or Anti-creeper)

軌條は列車の進む方向に移動する、これを軌條の匍匐又は匍進と云ふ、其原因是判然せざるものもあるも普通考へらるゝは、(1)列車通過の際軌條は波状運動をなし軌條を先に押しやる。(2)列車が停車場に近づくと、または急勾配箇所にて制動をなすとき、軌條は匍匐する。(3)軌條接目の遊間に於て、車輪は先の軌條端に衝き當りて軌條を先方に押し進む。

線路の状態良好なとき、即ち砂利が十分に搗き固められ、軌條が太く路盤の堅固なとき匍進は少なきも、之れに反して軌道の状態良好ならざるときは匍進量は大きである。

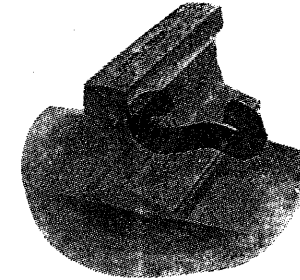
軌條の匍進は軌條の接目の遊間を閉して、軌條の伸張を不可能ならしめ、または停車場内にありては、聯動装置の作業に支障を生ずるが故にこれを防止する方法を採る。

軌條匍進止めの種類は次の三種がある。

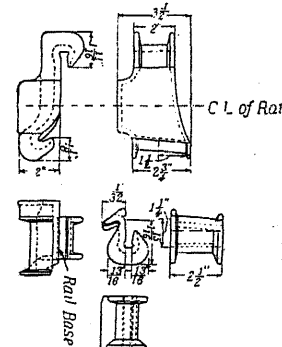
(a) 弾性を有して匍進と共に益々緊結度を増加するもの。22圖(1)は此例しにて軌條底に取り付け枕木横面を壓して匍進と共に緊結さるものである。

(b) 楔の作用をなし匍進と共に益々緊結せらるもの。同圖(2)はこの例にして二個よりなり軌條底へ兩側より宛て互に掴み合

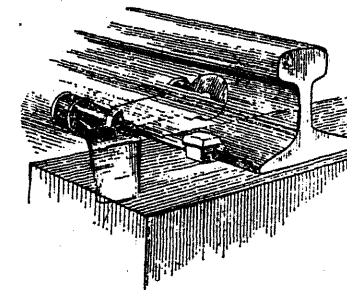
第 22 圖



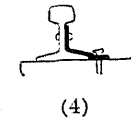
(1) Henggi Anti-creeper



(2) P & M Anti-creeper



(3) Positive Anti-creeper



(4)

ひ、一個は楔形になりて軌條の進行と共に他の方に喰ひ込み、こ

れの前垂れにて枕木を抑へる、圖の左方の下記は楔である、同圖(3)は軌條の底部に取り付け前垂れにて枕木を抑へ軌條の匍進と共に幾分傾きて益々緊結さるものである。

(c) 弾力性なく只軌條と枕木とを固着するもの。同圖(4)はこの例でアングル鐵にて軌條と枕木を固着せしめたるものである。

國產品として住友式、戸畑式、及び外山式がある、住友式は22圖(1)に類似したるもの、戸畑式及び外山式は、同圖(3)のPositive Anti-creeper に類似して居る。

前記の構造は夫々特徴を有すれども軌條の形の些少の相違によつて軌條に密着の程度を異にする場合多きを以て必ず其主旨同じとて其効果は同じでない、又鋼質の如何によつても相違がある、要するに匍進によつて益密着の度を増加する如き構造は尤も大切とする點である。

軌條の匍進は匍進止めを用ひて枕木にて止めんとするのであるが枕木は又砂利の上にて移動するが故に之を止むる爲めには枕木の兩端を數本宛繫材にて繋ぎ合せ、最前後枕木の兩端に杭木を打ち込みて移動を防止する。

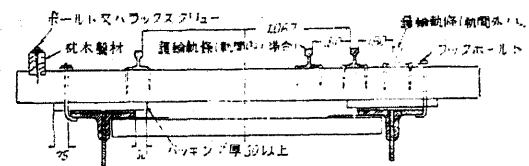
匍進止は匍進の生ずる初めの部分に取り付くことを要する匍進の生ずる終りの部分、例へば勾配の終りに取り付くも効果薄い、また取り付く方法として軌條の中央部に集中するか、また軌條全長に亘りて散在せしむるか、の2方法あるも、散在取り付けの方1年後の實測匍進量は50%も尠き結果となつてゐる。

第九章 軌條附屬品

第一節 護輪軌條 (Guard Rails)

長き橋梁には23圖の右邊の如き護輪軌條を軌間の内側兩方へ二本敷設する、降雪地方にては軌間外に敷設することとする。國有鐵道にては30m以上の橋梁に附することなし間隔は180mmとなし、兩方の護輪軌條の終りは相一致せしめ、脱線車輪はこの處に至るときは一側に引き寄せられて、護輪軌條に導かれて橋梁上を無事通過し得せしむる。軌間外に敷設する場合は終りは本線軌條に對して漏斗狀に開かしむ。また分岐器の轍又の反對側には必ず護輪軌條を設置する、脱線防止の爲めである。

第 23 圖



第二節 繫材

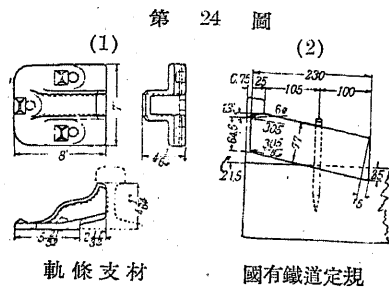
橋梁枕木の兩端には繫材を取り付け脱線の際に車輪の觸れざる程度にやゝ間隔を廣くす、前圖左邊に示すものである。

第三節 脱線防止軌條

本線路に於て半徑小なる曲線にては列車の脱線防止の爲め、軌間の内側に更に軌條を敷設し、本軌條との間隔は其曲線の擴度に 65mm を加へることとなし、兩端は漏斗状になし置く、國有鐵道にては甲線 300m 、乙線 250m 、丙線 200m の半徑またはそれより小なる曲線に附することになつてゐる。

第四節 軌條支材又はレールブレース (Rail-braces)

曲線に於てもまた直線に於ても軌條の頭部は横壓力を受くるが、曲線に於ては車輛の方向轉換の爲め、外側軌條は殊に大である、従つて軌條は横轉せんとし、また軌間を開かんとする傾向がある、これに對して軌條の外側に支材を取り付く、國有鐵道のものゝは木製、次圖(2)である、鐵製のものゝは同圖(1)に示すものである。取り付けは國有鐵道にては 600m 又は以下の曲線に附することとなし、急曲線にては枕木1本置きに取り付く。支材はまた曲線内側軌條の外側にも取り付ける、これは車輛の方向轉換の際

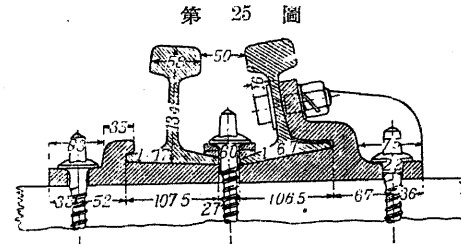


車は外側軌條に沿ひて導かる故に内側の車輪は幾分軌條の頭上を滑らなければならない、従つて内側軌條は此側に轉ばんとする傾向となる、之に對して内側軌條にも取り付けを

要する譯である。

第五節 ガイドレール (Guide Rail) 又は磨耗防止軌條

曲線に於て外側軌條に支材を取り付くる代りに曲線の内側軌條の軌間内側にガイドレールを取り付く、これは内側車輪を車の裏にて導きて曲線を通せしめんとするものにて、丁度外側軌條が外



輪を導くと同じ役をなすものである。これが爲めに外側軌條の頭部の磨耗を減少することが出来、主に電車線路に使用し、效力顯著なるものがある。圖の右はガイドレールである。國有鐵道のものゝは磨耗防止軌條として敷設し内軌との間隔は(曲線擴度 + 38mm)を保たしむ。(7)

第六節 タイバー (Tie-bars)

軌間を維持する爲めに兩軌條を鐵棒にて結び合はするので、曲線區間に用ふることがあるが、主に市街鐵道に用ひ本鐵道には少ない。ブロック信號を用ふる處には用ふることが出来ない。併し分岐器には趾端の外方 300mm の處にゲージタイを使用することがある、又凍上を起す線路に於て挿木を高く用ふる處にて用ふ。

第十章 道 床 (Ballast)

第一節 道床の目的

路盤の上に砂利を敷きて上部の重量を支持する、これを道床又はバラストと稱へる。この目的は (1) 線路に弾力性を與へ、重き車重に對して線路の破損を防ぎ、同時に乗心地よき線路となすこと。(2) 線路の排水を充分ならしむること。(3) 枕木を定着せしむること。(4) 上部の荷重を出来るだけ均等に路盤に傳へしむること。(5) 氷結のため線路の昂上するを防止すること。(6) 線路を修繕する際に道床の修理のみでなし得ること。(7) 線路上の雑草の成長を妨ぐことである。

第二節 道床の断面 (Section of Ballast)

道床の厚さは道床の性質、路盤の硬軟、運輸數量、地方的の氣候によりて定むべきである。

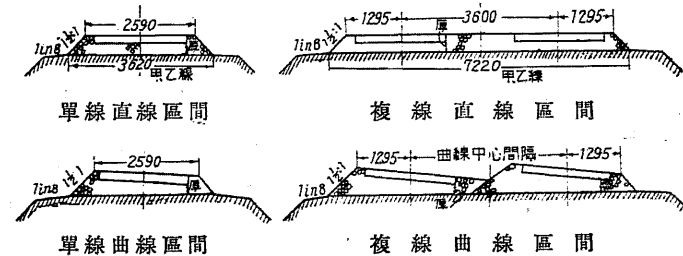
路盤が粘土又は赤土の如き沈下し易きときは、道床の厚さは荷重が均等に路盤に分布するだけになさねばならない、また排水を良好になし、同時に線路に弾力性を帯びさすには夫れに適當する厚さを要する。

また軌條が横方に挫屈することを防止する爲めには道床の肩幅

は相當の幅を要し 40~45^{cm} は必要である。國有鐵道に於て規定せるものは 8 頁に記するものなるも道床厚さを再記するときは次表の通りで 26 圖は規定圖である。

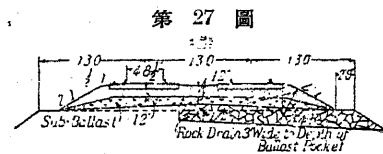
國 有 鐵 道				地 方 鐵 道		
甲 線	乙 線	丙 線	簡易線	軌 間	"	"
				1,067 ^{mm}	1,435 ^{mm}	792 ^{mm}
200 ^{mm}	200 ^{mm}	150 ^{mm} 地盤支持力 大なるとき 120 ^{mm} 迄減 じ得	120 ^{mm} 同100 ^{mm}	100 ^{mm} 以上	100 ^{mm} 以上	76 ^{mm} 以上

第 26 圖.



第三節 補助道床 (Sub-ballast)

運輸量の大なる線路にあつては上部の壓力を路盤に均等に分布



第 27 圖
複線直線區間

せしむるため、道床を厚くする代りに、道床の下に質の悪しき砂利を敷く、又地盤の悪しき所又は濕地にて排水不充

分なる時は、下に補助道床を置き所々に幅 1^m 位の盲下水を側溝

迄設けて排水を充分ならしむる。補助道床は厚さ 30~45^{cm} となし此の際上の道床厚は 30~15^{cm} とする。27 圖は米國鐵道技術協會の規定圖である。

寒國地方に於ては冬期凍み上りを防止する爲め排水を充分ならしむることを要し、同時に砂利又は石炭燃殻又は細砂を路盤面以下凍上線迄に敷き込む。

第四節 道床の種類 (Materials for Ballast)

(1) 碎石道床 (Broken Stone)

道床の材料の中最良なるものにして、硬岩を人力又は機械により破碎したもので、稜角を有し搗き固めの際に破碎せず、上部の重量を廣く分布し得る。大さは通常 6.5^{cm} の篩を通過し、1.5^{cm} 篩に止まる程度であるが、尙大なるものを用ふることあり、併し小なるときは排水不充分なるも、搗き固め易く又平に敷き均しも容易で、線路を良き状態になすことが出来る。

(2) 河砂利又は山砂利 (River or Bank Gravel)

河砂利は最も普通に使用され、篩にかけたるものは塵埃を含まず、排水も良く碎石道床に準ずるものである、併し採集そのまゝのものは砂を含み排水も不充分なるため、良好なる線路には用ひられず、停車場内の側線又は建設直後の線路に用ひらるのみ。

(3) 鑛滓 (Slag)

鑛鑛爐より生ずるもので、製鐵所の附近に於て盛んに使用せら

れ、碎石と同じ性質のものである、併し現今出来るものは溶解せる鑛滓を急に水中に冷却するため小粒となり、かゝるものは道床として次の砂と同一のものである。

鑛滓は枕木が乾燥の状態に在るときに腐蝕し、又軌條を腐蝕せしむると言ふも實際に於てかゝる困難を見出さない。

(4) 燒粘土 (Burnt Clay)

初め英國及び歐洲大陸に於て用ひられ、現今米國の西部及南部に於て使用せられる、燒くときは硝子状となり風化することがない、使用結果良好なりと稱せられ、取扱ひ易く排水も良く霜のために凍上することなく、又雑草の生ずこともなく塵埃も少ない、併し時日を経るに従つて荷重のため又搗き固めのために破壊して、塵埃を生じ易く排水も次第に不良となる、持續期間は 10~12 年位である。

(5) 石炭燃殻 (Cinder)

石炭の燃殻で機關車より生ずるものを使用する。側線又は重要ならざる枝線に用ひ、又濕地に於ける本線の補助砂利に用ひても良い、排水も可成りよく、霜のために凍上することも少く取扱ひ便である、唯塵埃があるを免れない。

日本にては重要ならざる側線の外は使用せられないが、米國に於ては本線にしばしば使用されて居る。

(6) 砂 (Sand)

細きものより荒きものに到るまで用ひらる、又風のために飛散

し同時に車輪及機關車の機械の各部に入つてその磨損を多くする、夏季に於ては塵埃は旅客に不快をあたふるが故に防止の方法として米國にては砂道床の上へ原油を撒布することがある。

(7) 貝 殻 (Shell)

貝殻の多い地方に於て用ひらるゝが、破碎し易く従つて塵埃の立つを免れない。

(8) 土 (Earth)

排水充分ならず従つて冬季凍み上り多く、雨のため柔くなり時に危険を起すを免れない、又雑草生じ易く乾燥しては塵埃となり適當のものではない。止を得ざる場合には道床の断面を變へて中央を高く兩側を低くめ、排水を充分ならしむる様になして用ふる。

國有鐵道は道床の砂利を 3 種類に分つてある。

(1) 碎石、鑛滓、及び篩砂利

(2) 並砂利及び鑛滓

(3) 砂及び石炭殻

(1) の碎石、鑛滓、篩砂利は何れも最大 65^{mm} 角目の篩を通り最小 15^{mm} 角の篩に止つたもの、(2) の並砂利は 75^{mm} 以下の砂礫で全量の約 $\frac{1}{3}$ 以上の礫を混入したものである、又鑛滓は徑 75^{mm} 以下にして硬質のものである、(3) の砂及び石炭殻は粘土又は灰分の混入せざるものである。

甲線及び乙線の本線路には前記 (1) を使用し、丙線路中の本

線路中には (2) を、又側線にも (2) を使用することになつて居るが、重要ならざる側線には (3) を使用し得る、又丙線路中の本線路と雖も凍み上りその他必要の場合には (1) を使用し得ることになつて居り、新線にては枕木下道床の約 $\frac{1}{2}$ 高以下に (3) を使用し得るとなしてある。

砂利の種類に於て線路の保守費に大なる相違がある、碎石道床と篩砂利を比較するに碎石道床は篩砂利より 40% 保守勞力を減少せしめ得る、又軌條の匍進量も 30% も少く、斑の發生も著しく減少せしむることが出来る。次に碎石砂利を軌條の接目個所のみにて用るとき此個所は軌道中の弱處なる故に保守勞力に於て 20% も減少し得、又接目個處の軌條端の落ち込みも篩砂利に比して少なくすることが出来る。

碎石道床は篩砂利と同じく排水は良好なるが道床として落ち着きは遅く撒布後 1 箇年位は保守困難である。並砂利は排水充分ならず、枕木の腐蝕を助長するが、落着が早い故保守が比較的容易である故に、並砂利は閑散なる線路に用ひて適當である。

第十一章 枕 木

第一節 枕 木 (Ties(米) or Sleepers(英))

道床の上にあつて軌條を支持し、その主なる目的は (1) 軌間を確保すること (2) 軌條の上の荷重を道床の面に廣く傳へることである。

枕木の使用数は毎年多數に上るが故に之が代用品を考案し、又は持續期を延長せしむる等色々な方法が講ぜられて居る、持續期間を延長せしむる方法として防腐劑を施し、又はタイプレートを使用する方法が講ぜらるゝも、代用品として木の枕木に代るべき適當の材質のものは未だ發見せられない。

第二節 枕木の大きさ及び材質

枕木の大きさは軌間の廣狹に依り、又は列車重量、速度によつて相違あるが、今日一般には軌間の2倍の長さとして居る。

國有鐵道の枕木の大きさは長さ 7.0^尺幅 0.67^尺厚 0.46^尺 (2.12^m × 20^{cm} × 14^{cm}) である。1.435^m 軌間の線路にあつては長さ 2.5~2.7^m 幅 20~26^{cm} 厚 15~18^{cm} である。橋梁用枕木又分岐器用枕木は特殊の大きさのものを使用する。

枕木配置員数は軌條 10^m の長さに対して普通線路にては 14^丁

重要線路にては 15^丁 輕便線及び之に準ずる線路は 13^丁 とし曲線及び勾配によりその數を増し又橋梁枕木に於て桁の中心幅大なるものは枕木間隔を枕木幅より寧ろ小ならしむる。

軌條の接目個所は線路中の弱點なる故に出来る丈の間隔を狭くする併し砂利搗き固めに差し支へなき程度なるを要する、鐵道省は枕木中心間を 380^{mm} としてゐる。

國有鐵道にては枕木の正しき寸法を得ること困難なるため、一等品、二等品と區別し一等品は正しき寸法のもの、二等品は寸法に多少の相違あるもの其の何れも共に使用して居る。

枕木の材質は日本にて使用するものは栗が最も多く、^{ヒノキ} 檜、^{ヒバ} 樺、^{マキ} 榎、^{カウヤマキ} 金松、^{カヤ} 樅、^{クルミ} 胡桃で橋梁上に檜、樺を使用し徑間小なるものは栗を使用する。北海道に於ては^{シホヂ} 鹽地(^{ヒメ} 落葉松)、^{カラマツ} 樺、^{ネツ} 刺桐、^{ハリキリ} 檜、^{ナラ} 樺、^{カンゾウ} 榎、^{キハダ} 黄檗、^{ミレ} 榆(^{イカ} 楡)、^{エンジュ} 槐、^{イチイ} 一位、^{カツラ} 桂を用ひ、橋梁用としては鹽地、^イ 榎を使用し得ることになつて居る。

第三節 枕木の持續期間 (Life of Ties)

枕木の使用に堪へなくなるは (1) 腐蝕 (2) は機械的損傷である、之は線路の状態によつて大差あり、砂利の状態又はタイプレートの使用によつて相違がある、軌條が枕木へ食込みにより機械的に損傷するのみならず、水分が浸入して腐蝕を増す、又氣候の關係に依りて、同種の枕木にありても大なる相違がある。鐵道省の調査によれば持續年限は^イ 榎約 3 年、^チ 桂、鹽地約 4 年、^チ 樺 5.5 年

であるが、之等の樹種は生地の北海道に於ては相當の耐久年限を有する。落葉松は平均 7 年、栗は 8 年、檜は 9 年である。

第四節 枕木防腐處理法 (The Preservation of Ties)

木の腐敗は黴菌又は纖維菌の繁殖による、而してこの菌をして全然成長せしめざらしむるには木材の纖維中に有毒劑を注入して、この養分を除去することが最も良い方法である。而して注入方法として常壓注入法と高壓注入法との 2 種あるが、常壓注入法は有効な方法でない枕木には高壓注入法が行はれる。

高壓注入法にも纖維内充滿填充法 (Full cell process) 纖維内少量填充法 (Empty cell process) とがある、前者は壓力を加へて所定の藥量を注入せしむる方法なるも、後者は防腐效力に影響せざる範圍内に於て注入藥液を送還し之を節約せんとするのである。

第五節 高壓防腐劑注入法

長さ 40^m 徑 2^m の鐵製圓筒内にトローリー 16 車位に枕木を積込み同時に入らしむる、注入液は上部に備へてある溜槽より圓筒内に入れ壓力を加ふ、液の溫度は圓筒の底部に設けた蒸氣コイルによりて加減することが出来る、木材が液を吸収した後は、圓筒内の液は下部に据へ付けたる溜槽へ流出せしむる。

(1) 纖維内充滿填充法

ベゼル法 (Bethel process)

此の方法は英國に於て用ひられ我が國に於ても此の方法を用ふ、生材の場合には水蒸氣を通じ 1.4kg/cm^2 の壓力に數時間保持した後には排氣する、次に 70°C のクレオソート油を注入し、 7kg/cm^2 の壓力を加へる、乾燥材の場合は直ちにクレオソート油を注入して壓力を加へ、所定量の注入終ればクレオソート液を罐外に流出せしめ、更に水銀柱の 56cm 位の眞空になし枕木表面に附着せる油を取り去るのである。

(2) 纖維内少量填充法

リユーピング法 (Rueping process)

歐洲に行はれ米國に於ても一部此の方法に依る、乾燥材を罐内に密閉し空氣壓力 $5\sim 7\text{kg/cm}^2$ に高め、之にクレオソート油を注入して壓力を $14\sim 17.5\text{kg/cm}^2$ になし、充分液を吸ひ込ませしめ、次に壓力を降下し木材纖維中の壓搾空氣の膨脹によつて液の一部を抜き去り、最後に短時間眞空にして枕木の表面に附着せる液を除去するのである。

第六節 防腐劑注入枕木の持續期間

普通枕木の平均持續期 $5\sim 6$ 年のものはこれに防腐劑を注入すれば $15\sim 20$ 年を持續することが出来る、かく注入を有效ならしめるには同時に破損防止の爲めタイプレートを使用せなければならぬ。

枕木の持續期の延長は木の質又は注入劑の種類によるは勿論で、鐵道省にて試験したるものは軟質素材の3~4年の持續期のものは鹽化亞鉛の注入によりて10~15年まで延ばし、クレオソート油を注入するときは15~20年を保持することができる。

枕木の持續年限を大ならしむるために防腐劑を施すも、尙樹の種類により破損により、更換を要するものある故に、持續方法は各種類により異なる方法を講ぜなければならぬ。例へばブナ材は腐朽による更換率が多數なる故に本材は腐朽防止に主力を注ぐべきものである、然るに樺材は割裂又は犬釘により損傷せられて更換する數多きが故に、更に此の方面に持續方法を講ずべきである。腐朽による樹種は心材より却て邊材の方を可とす邊材部は藥液の滲透が容易なるも心材部は困難なるが故である、此點製材上好都合である。又線路の状態によりて更換率に差あり直線部は曲線部に比して少く平坦部は勾配線より少ない、又隧道内は更換率は極めて少ない。

更換の内軌條の喰込及び割裂によるものは直線部より曲線部に多きも之に反して腐朽による更換率は直線部より曲線部に少なきことは注意すべき事柄で蓋し曲線部には高度を附する爲め水捌け良好なるによるならんか。隧道内は腐朽によるものは殆んど皆無で、犬釘によるものも僅少で大部分は割裂及び軌條の喰ひ込みによるものである。

第十二章 代用枕木

第一節 鐵枕木 (Steel Ties)

木材枕木の供給不充分なること、値の高きことより、之に代用すべき他の材料の考案は當然のことであるが、これに代るべき適當なものは未だ發見されない、今後の研究すべき大切な事項である。鐵枕木は木材枕木の代用品として一部に用ひられて、ドイツに於ては全鐵道の40%は鐵枕木を使用しその他の歐洲の諸國及び印度、メキシコ、南米を合せ全世界の5~10%まで使用されてゐる、その形狀はI形又は~~トラフ~~形である、又初期使用したるものに椀形鑄鐵枕木あり、之は椀を二ツ伏せて繫鐵にて繋いだものである。鐵枕木が勝れたるものとして用ひらるに至つたのは、持續期の長きこと、破損の比較的少きこと、線路保持費の少きこと、軌間を正確に保持すること、軌條との結合が殆んど完全になすことができるなどであるが、價格の點に於て未だ木の枕木に代つて用ひられるに至らないのである。

第二節 鐵枕木の種類

(1) I形鋼鉄枕木

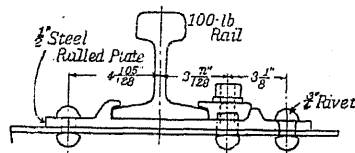
米國の一部の鐵道に於て用ひられるI形鐵にタイプレートを

取付け方へ軌條を取り付けたるものである 28圖 (1)

(2) トラフ形鋼鉄枕木

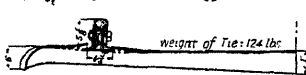
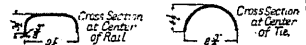
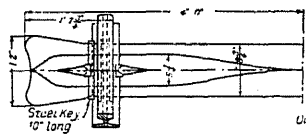
28圖 (2)₁ の如くトラフを砂利中にふせ、軌條取り付け個所は上面を平になし、一部の鐵を切り起しその間に軌條をはさみ、更に楔を打ち込み定着せしむ、尙此の方法は取付け充分ならざる故に、この部分を改良して、曲りボルトにて軌條をおさへ取り付けたるものあり第 28圖 (2)₂ である、保線費は木の枕木より 25% 低下

第 28 圖 (1)

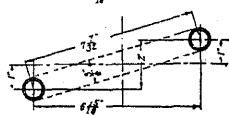
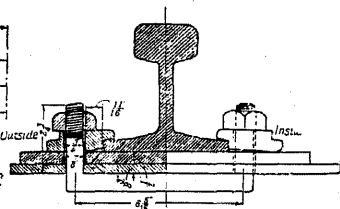


軌條取付

(2)₁



(2)₂



すと云ふも、上部の荷重の模様によつて何れも同一の結果は期待せられない、國有鐵道碓氷アプト式に於て使用したるものはやゝ形を異にするも同じく圖 (2)₁ のトラフ形である。

第三節 鐵枕木の持續期間

鐵枕木も氣候排水の良否線路の狀態等が關係し、又冷蔵車より落下する鹽分を含む水滴が鋼鐵腐蝕の原因となる、I形鋼鐵枕木に於て年々の重量の減少より推算して、枕木の重量の 30% 減少のときに強度の上より取り更へを要するとせば、持續期は 20 年に止まる、若し 20% 減の時に取更へを要とせば 13 年を持續するのみで、却つて注劑枕木の方が永續することとなり鐵枕木を使用しても何等利益のないこととなる。尙トラフ形枕木に於ては軌條と接する個所が破損して之が更換の原因となる。

鐵枕木を用ひて最も有效なることは、白蟻の害を受けないことである、白蟻の發生する地方に於ては鐵枕木の敷設の外方法はないのである。

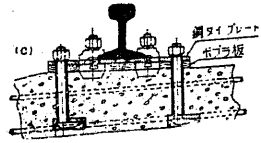
又鐵枕木を用ひて可なるは分岐器の枕木に使用することである、取り換へを要せざるのみならず又軌間を確保することが出来る。

鐵枕木には道床は碎石砂利を使用するをよしとする。

第四節 コンクリート枕木 (Concrete Ties)

重量大にして取扱不便なるも、一度横たへたる後は却つて線路

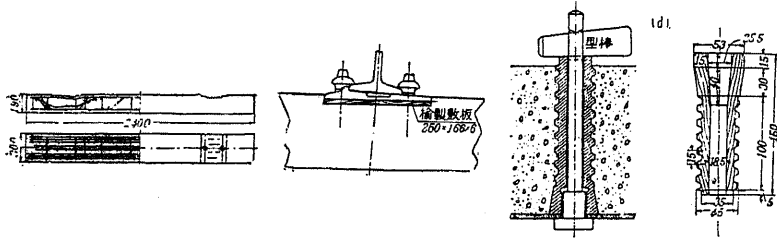
第 29 圖



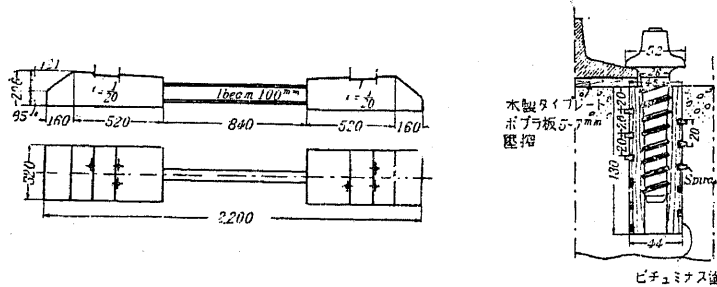
を確保するために結果良好である、
而して取扱の上に於て折損せぬ様
注意を要する。

軌條よりの激衝は直ちにコンク

第 30 圖



第 31 圖



リートを破損する故、タイプレート及び他の特殊の緩和材となるべきものを軌條下に挿入するを要する。またコンクリート枕木に重要なことは軌條取付け方法で、これが完全なるや否やはコンクリート枕木の將來の發展を左右するものであるが、今日はなほ試験時代である。29圖は軌條の取付けを示したる例にしてスイスの鐵道にて試用中のものにして第 30 圖はフランス鐵道にて試験

中のものである枕木には鐵筋を入れ、軌條を取付けるに螺旋釘を用ふ、コンクリートの製作中に型棒を入れコンクリートの固まりたる後に抜き取り、此中に木製の填栓を捻じ込み、之にタイプレートを通じて螺旋釘を捻じ込み軌條を押へたるものである。第 31 圖はフランスの所々の線路に試用せられ、I 形鐵を以つて連結したる二個のコンクリート塊よりなり、この枕木へ軌條を取付けるにはコンクリート製作中に鐵製スパイラルを埋め込み置き此の中に木製の填栓を挿入しこの中に螺旋釘を捻じ込みたるもので、丁度木材枕木に捻じ込むと同一である、タイプレートにはポリプラ板を用ゐてある。

第五節 枕木の經濟的撰定 (Economics of Ties)

枕木が尤も經濟的であると云ふことは、初めの敷設費と其枕木の交換費との合計が尤も安價であると云ふことである。次回の交換費は最初に或る金額 (P) を積み立て置き其利息 (R) によりて交換費用を得るものとする。

n を枕木の持續年限とするとき n 年後に於ては複利息により P は $P(1+R)^n$ となる、今利息のみで枕木を交換せしむるとせば、その金額は $P(1+R)^n - P$ である、 C を枕木敷設費とせば

$$C = P(1+R)^n - P = P\{(1+R)^n - 1\}$$

$$\therefore P = \frac{C}{(1+R)^n - 1} \text{ である。}$$

最初に必要なる金額は $C+P$ である

$$C+P=C+\frac{C}{(1+R)^n-1}=C\left(1+\frac{1}{(1+R)^n-1}\right)=C\frac{(1+R)^n}{(1+R)^n-1}$$

例：今栗枕木を使用して耐久年限8年となし、之に防腐剤を注入するとき12年を持続するとき何れが経済的なるか。但し栗枕木敷設費 2.10, 防腐枕木敷設費 2.80, 利率5分とする,

$$C+P=C\frac{(1+R)^8}{(1+R)^8-1}=2.1\frac{(1+0.05)^8}{(1+0.05)^8-1}=6.50$$

$$C_1+P_1=C_1\frac{(1+R)^{12}}{(1+R)^{12}-1}=2.8\frac{(1+0.05)^{12}}{(1+0.05)^{12}-1}=6.32$$

即ち防腐枕木の方6.50-6.32=0.18 丈け経済的なるを知る。

若しタイプレートを使用するとき、その持続期を n_t 年となし T をタイプレート 2 個の敷設費とし、 P_t を n_t 年後に T を生ずべき初めの積立金とすれば

$$T=P_t(1+R)^{n_t}-P_t=P_t\{(1+R)^{n_t}-1\}$$

$$\therefore P_t=\frac{T}{(1+R)^{n_t}-1}$$

$$\begin{aligned} \text{總資金} &= C+T+P+P_t=C+T+\frac{C}{(1+R)^n-1}+\frac{T}{(1+R)^{n_t}-1} \\ &= \frac{(C+T)(1+R)^n-T}{(1+R)^n-1}+\frac{T}{(1+R)^{n_t}-1} \end{aligned}$$

尚撤去木材の値を V とするときは

$$C-V=P(1+R)^n-P \quad \therefore P=\frac{C-V}{(1+R)^n-1} \text{ なるにより}$$

$$\text{總資金} = C+T+\frac{C-V}{(1+R)^n-1}+\frac{T}{(1+R)^{n_t}-1} \text{ である。}$$

第十三章 軌條の高度及び擴度

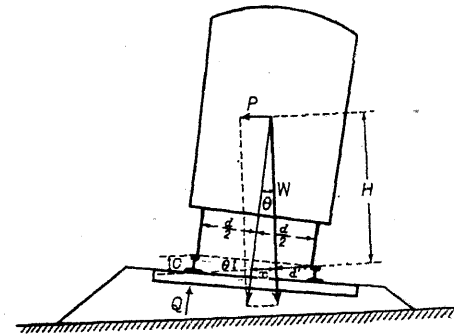
第一節 軌條の高度

(Cant or Superelevation of Outer Rail on Curve)

(1) 高度

列車が或る速度を以て曲線を通過するとき遠心力に對して車の重量を内外軌條に一樣に分布せしむるために外軌に高度を附す。今 W を車の重量、 P を遠心力、 v を速度、 R を半径、 g を重力加速度とするときは $P=\frac{Wv^2}{gR}$ である

第 32 圖



$$\tan \theta = \frac{P}{W} = \frac{Wv^2}{gR W}$$

$$= \frac{v^2}{gR}$$

$$\text{又 } \tan \theta = \frac{c}{d}$$

$$\therefore c = \frac{v^2 d}{gR}$$

今速度 V を km/h にて表

すときは次式となる。

$$c^{(mm)} = \frac{dV^2}{0.127R} \dots \dots \dots (1)$$

$$c = \text{高度}^{(mm)} \quad V = \text{速度}^{(km/h)}$$

$R = \text{半徑}^{(m)}$ $d = \text{軌間}^{(m)}$

鐵道省の規定では高度を附するに (1) 式を用ひ尙速度に對して次の式の條件を具備するを要することになつてゐる。

$$\frac{V_1^2 - V_2^2}{127R} \frac{H}{d} \leq \frac{1}{8}, \quad V = \sqrt{\frac{V_1^2 + V_2^2}{2}}$$

又は $\frac{V_1^2 - V_2^2}{127R} \frac{H}{d} \leq \frac{1}{4}$ (2)

$V = \text{列車平均速度}^{(km/h)}$ $V_1 = \text{列車最大速度}^{(km/h)}$

$V_2 = \text{列車最小速度}^{(km/h)}$

$H = \text{軌條面より車輛重心迄の高さ}^{(m)}$ $d = \text{軌間}^{(m)}$

前記の速度は營業線にありては實際運轉せる列車の速度にして新設線路にありては營業開始當時に於ける豫定運轉列車の速度とする。(2) 式は最大と最小速度により外側軌條又は外側車輪へ來る壓力の相違に限度を附したものである。

(2) 高度の限度

高度には限度ありて車輛が其上にて停止したるときも、車體の重量が一方に偏せず、内軌の上にも大なる壓力を來さざる様せなければならぬ。

鐵道省の規定は 115^{mm} を限度としてある。今此場合に前圖にて重心の偏倚する x の距離を求むるに $\frac{x}{H} = \frac{c}{d}$, $c = 115^{mm}$,

$d = 1067^{mm}$, $H = 1650^{mm}$, とするときは $x = \frac{115 \times 1650}{1067} = 178^{mm}$

即ち軌間の $\frac{1}{6}$ に當る。換言するときには W の位置は内側軌條より

軌間の $\frac{1}{3}$ の處にある。故に遠心力のなき場合は外軌は W の $\frac{1}{3}$ 内軌は $\frac{2}{3}$ を負擔することになり之を限度としてある。若し高度を 3×115^{mm} とするときには車の全重量は内側軌條の上に来る事になりて車の顛覆する時である。故に 115^{mm} は顛覆迄安全率 3 を有する事となる。前述の如く高度の最大を 115^{mm} とせしめるにより之より大なる高度を生ずる速度は當然制限せらるゝこととなる。故に各半徑に對する最大速度は次の數である。

半徑 (m)	速度 (km/h)	半徑 (m)	速度 (km/h)
600	91	240	57
400	74	200	52
300	64	160	47

高度表 (mm)

半徑 m	150	200	300	400	500	600	800	1,000	1,200	1,400	1,600	2,000
20	22	17	11	8	7	6	4	3	3	2	2	2
25	35	26	17	13	11	9	7	5	4	4	3	3
30	50	38	25	19	15	13	9	8	6	5	5	4
35	69	51	34	26	21	17	13	10	9	7	6	5
40	90	67	45	34	27	22	17	13	11	10	8	7
45	113	85	57	43	34	28	21	17	14	12	11	9
50		105	70	53	42	35	26	21	17	15	13	11
55			85	64	51	42	32	25	21	18	16	13
60			101	76	60	50	38	30	25	22	19	15
65				89	71	59	44	35	30	25	22	18
70				108	82	69	51	41	34	29	26	21
75					95	79	59	47	39	34	30	24
80					108	90	67	54	45	38	34	27
85						101	76	61	51	43	38	30
90						113	85	68	57	49	43	34
100							105	84	70	60	53	42

今 (1) 式によりて高度を計算するときは前頁表で鐵道省で用ひて居るものである。分岐の場合の外は凡て高度を附すことになつて居る。但し分岐の場合と雖も兩開きの場合の如き高度を附し得る場合はなるべく附するを可とする様規定してある。

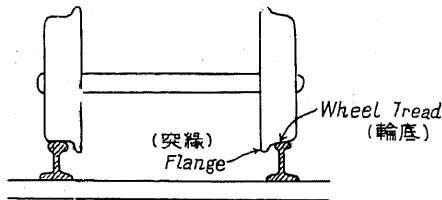
(3) 高度の遞減

高度を遞減して全廢に至る迄の距離は緩和曲線の全長とし之を採用せざる場合には、鐵道省にては、甲乙兩線路共圓曲線の始終點より直線に於て 400 倍と規定してある。

第二節 軌條擴度 (Slack)

車の車軸は少くとも二つは並行固定してあるが故に斯る部分は直線より曲線に入る場合軌間が同一なれば通ることが出来ない。故に其處を擴げるを要す之を擴度と云ふ。

第 33 圖



國有鐵道は固定軸距を 4.6m (15') 以下なるを要すと規定してある。

(1) 車輛が三軸車にして

中央車軸が中心に向ふときは次圖にて

$$p = \sqrt{t(d+t)} = \sqrt{td}$$

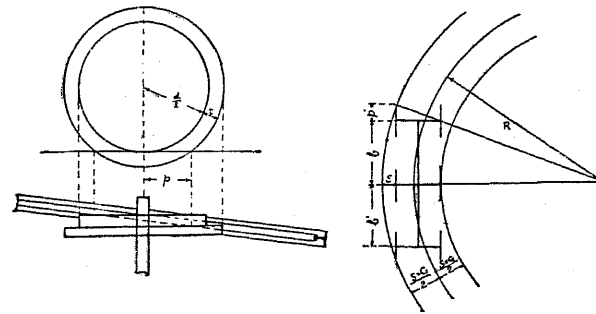
$$(b'+p)^2 = S \left\{ 2 \left(R + \frac{S+G}{2} \right) - S \right\} \quad S = \frac{(p+b')^2}{2R}$$

例 $t = 4cm, \frac{d}{2} = 45cm$, 固定軸 = $2b' = 4.6m$ (圖中の中軸なきとき), $R =$ 半徑 (m)

$$p = \sqrt{dt} = \sqrt{2 \times 45 \times 4} = 19$$

$$S_{mm} = \frac{(190 + 2300)^2}{2R \times 1000} = \frac{3100}{R}$$

第 34 圖

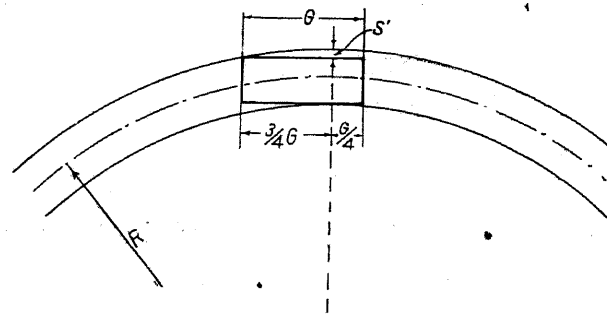


(2) 若し車輛が四輪車 (二軸)にして後部車輛は曲線の中心に向ふときは

$$S = \frac{(p+b)^2}{2R}$$

擴度は前記計算によりて求むることを得るも圓滑に車が走行し得

第 35 圖



るためには實狀と合致する擴度を要す。

(3) 國有鐵道に於ては車輛が曲線を通過する場合の各車輛と軌條との相對的關係を調査したが、35 圖の如く回轉の中心は臺枠

の前頭より固定軸距の約 $\frac{3}{4}$ の位置にある内側車輪附近にあることを知つた。即ち此の場合最大固定軸距を有する車輛が無理なく曲線を通過する爲めには次の式に依て示すスラックを附する必要がある。

$$\left(\frac{3}{4}G\right)^2 = \left(2R - \frac{S'}{1000}\right) \frac{S'}{1000} \quad G = \text{最大固定軸距 } 4.60 \text{ m}$$

$$\therefore S' = \frac{5951}{R} \div \frac{6000}{R} \quad R = \text{半径 (m)}$$

$S' = \text{スラック (mm)}$

車輪輪縁の外面と軌條の間には正位に於て 5^{mm} の餘裕があるによつて實際の軌間の擴大寸法は $S = S' - 5 = \frac{6000}{R} - 5$

此式より各 R に對して S を計算したるものは次の表である。

曲線半径 (m)	175未満	175—185	185—200	200—215	215—230	230—250	250—275	275—300
スラック (m.m.)	30	28	26	24	22	20	18	16
	300—335	335—375	375—430	430—500	500—600	600—700	700—800	
	14	12	10	8	6	4	2	

擴大は 30^{mm} を最大とする。之は擴大が餘り大きくなると軌條への車輪の輪縁が薄くなり脱線する虞があるからである。

第十四章 軌條の強度計算

第一節 軌道の衝撃率

軌道上を走行する車輛重量は活荷重として其定量以上に増加する、而してこの増加率は車輛の構造、線路の状態により異なるが實測の結果によれば、何れも速度が原因し速度の増すに従つて増してゐる、國有鐵道にて實測の結果により大體の處、 100 km/h の速度のとき倍となるとなし 1^{km} の増加に對して 1% 増加となしてゐる、即ち衝撃率は $\frac{V}{100}$ にて表してある、又枕木、砂利、路盤等の支承體の衝撃率にて 60 km/h の速度のとき沈下を測定せしに増加率は蒸氣機關車は平均 33% で電氣機關車なると 22% であつた、故に蒸氣機關車の方を採りて $\frac{0.6V}{100}$ にて表し得るとなしてある。

$$\text{軌條彎曲應力に對する衝撃率 } i = \frac{1}{100} V \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{軌條支承體 (枕木、道床、路盤) に對する衝撃率 } i = \frac{0.6}{100} V \dots (2)$$

上記は衝撃率を速度に比例するとなし、實測値より求めたるものとなるも、又機關車の構造によりて大差ある故に機關車の型式によりて、實測し増加割合を求めてこの率を加減することが必要である。*

拙著鐵道線路ノ構造及施工 II 23 頁參照.

第二節 軌條の強さ

軌條は硬鋼にして抗張力大なるも伸張率は比較的小である、現時製作のものは抗張力は $6,500 \text{ kg/cm}^2$ で伸張率は 17% である。然れども現場に敷設しあるものは概して $5,500 \text{ kg/cm}^2$ 位で、弾性限界 $2,750 \text{ kg/cm}^2$ に過ぎざるものあり、且つ軌條は交番應力を受くるが故に、軌條負擔力の算定に於ては許容應力は其弾性限界を超過せない様にせなければならない、國有鐵道にては垂直彎曲應力を計算するに最高 $1,750 \text{ kg/cm}^2$ 迄となしてある、これは車輛が軌條の上を走行するときは、同時に軌條は横方よりも壓力を受けるにより、此應力も加算せなければならない、此應力の増加は 25% 位である、これを垂直應力に加算する更りに、許容應力を夫れだけ減じて置く、又軌條は断面が磨耗しあるが故に夫れだけ許容應力を減じて置かなければならない、此磨耗を 10% となし、此兩方を軌條の弾性限界 $2,750 \text{ kg/cm}^2$ より引き去るときは大體許容應力が $1,750 \text{ kg/cm}^2$ となる。

$$2,750 \times \left(1 - \frac{25}{100} - \frac{10}{100}\right) = 1750$$

第三節 國有鐵道軌道強度標準

本線路に於ける軌道の負擔力は 8 頁にも述べたる處なるも次圖に示す標準活荷重によることを標準とす。

甲線 K-16 (特別の線路 K-18)

乙線 K-15

丙線 K-13

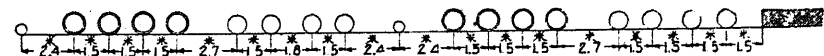
簡易線 最大軸重 11 噸最小軸距 1500 mm 、機關車が重連して列車を牽引する場合、直線に於て 45 km/h の速度の運轉に堪ふるものを標準とす。

尙客貨車の車輪一對の軌條に對する壓力は停止中に於て 12 噸以下なるを要する。前項の標準は運轉車輛の重量其他線路の状況により之を増減することを要す。

地方鐵道では其處を運轉の動荷重に耐ふる負擔力を有することを要すと現定してある。

記號	標準活荷量																		
	荷重(單位噸)																		
K-12	6	12	12	12	12	8	8	8	8	6	12	12	12	12	8	8	8	8	4
K-13	6.5	13	13	13	13	8.6	8.6	8.6	8.6	6.5	13	13	13	13	8.6	8.6	8.6	8.6	4.3
K-14	7	14	14	14	14	9.3	9.3	9.3	9.3	7	14	14	14	14	9.3	9.3	9.3	9.3	4.6
K-15	7.5	15	15	15	15	10	10	10	10	7.5	15	15	15	15	10	10	10	10	5
K-16	8	16	16	16	16	10.6	10.6	10.6	10.6	8	16	16	16	16	10.6	10.6	10.6	10.6	5.3
K-18	9	18	18	18	18	12	12	12	12	9	18	18	18	18	12	12	12	12	6

第 36 圖



又軌條は次の大きさのものたることを要すと規定してある。

	停車場外の本線及停車場内の主要なる本線路	其の場合
甲線	37 ^{kg} 軌條 (特別の線路又は特別の場合 50 ^{kg} 軌條)	30 ^{kg} 軌條
乙線	37 ^{kg} 軌條	30 ^{kg} //
丙線	30 ^{kg} 軌條	30 ^{kg} //
簡易線	30 ^{kg} 軌條の 80% の強度を標準とす (古軌條の場合)	

第四節 軌條計算

軌條の上に車輪ののりたるときは、上部の荷重は軌條より枕木に傳はり、枕木より砂利に傳はる、この際に砂利は沈下するも弾性を有し、荷重が除去されたる後は元の如く復歸す、而して沈下の割合は其上にのりたる重さに大體正比例すると云ふことが出来る。

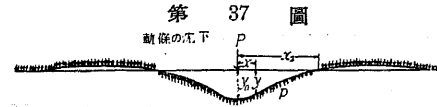
今 p を砂利の上の單位面積の壓力であるとするとき、其のときの沈下を y とするときは、 y に或る係數 c を乗ずるときは壓力 p を表す即ち $p^{kg/cm^2} = cy^{cm}$ にて表すことが出来る、此 c を砂利の沈下係數と稱し、單位面積を單位數だけ沈下せしむるに要する壓力に當つてゐる。

$$c = \frac{p^{kg/cm^2}}{y^{cm}} = \frac{p}{y}$$

(1) 軌條の彎曲力率計算 (第一方法)

軌條が彈性體の上にあるとき次圖の如く枕木の數が増し、軌條の大きさも太くなりたる時は丁度縦枕木の上に軌條がある如く一樣

に沈下する、此状態により米國鐵道技術協會にては計算をなして



結果を 38 圖表に作製して彎曲力率及び沈下の計算に便ならしめて居る。

彈性理論によりて軌條の沈下、彎曲力率、及び下部の壓力は次式にて表すことが出来る。*

y = 沈下, P = 荷重, M = 彎曲力率, p = 軌條單位長に於ける上向壓力, E = 軌條の彈性率, I = 軌條の慣性率, c = 砂利沈下係數,

$$\alpha = \sqrt{\frac{u}{4EI}}, \quad u = \text{軌道の彈性係數即ち軌道の單位の沈下に要する軌條單位長さの上の重量にして}$$

$$\frac{c \times \text{枕木幅}(b) \times \text{枕木長}(l)}{\text{枕木間隔}(a)} \text{にて表し得るもの。}$$

$$y = \frac{P}{\sqrt[4]{64EIu^3}} e^{-\alpha x} (\cos \alpha x + \sin \alpha x)$$

$x=0$ なるとき y の値は最大にして y_0 を以て表すときは

$$y_0 = \frac{P}{\sqrt[4]{64EIu^3}} \dots \dots \dots (1)$$

$$M = P \sqrt[4]{\frac{EI}{64u}} e^{-\alpha x} (\cos \alpha x - \sin \alpha x)$$

此式に於て $x = \frac{\pi}{4\alpha}$ 即ち $\frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{4EI}{u}}$ とするときは

* 拙著鐵道線路ノ構造及強度 II 36 頁.

$M=0$ となる此 x を x_1 とするとき

$$x_1 = \frac{\pi}{4} \sqrt[4]{\frac{4EI}{u}} \dots \dots \dots (2)$$

又 $x=0$ なるとき M の値は最大にして之を M_0 とするとき、

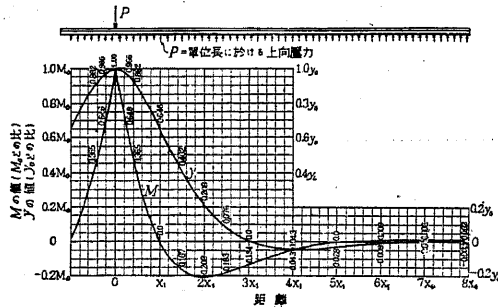
$$M_0 = P \sqrt[4]{\frac{EI}{64u}} = 0.318 P x_1 \dots \dots \dots (3)$$

$$p = P \sqrt[4]{\frac{64}{64EI}} e^{-\alpha x} (\cos \alpha x + \sin \alpha x)$$

$x=0$ のとき p の値は最大にして之を p_0 として表すときは

$$p_0 = P \sqrt[4]{\frac{u}{64EI}} \dots \dots \dots (4)$$

第 38 圖



荷重の下部に於ける M_0 、 y_0 を 1 とし横軸 x_1 の距離に於ける M 及び y の値

に於ける M_0 及び y_0 を単位となし此割合にて各所に於ける大きを記入してある。

前記の公式より M 及び y を計算して之を圖表に作製したるものは第 38 圖に示したものである、横軸は前記の x_1 を單位となし縦軸は 0 點

例 (1) 次の軌道状態に於ける荷重の下部及び原点より 40cm 隔りたる處の軌條應力を求む。(本計算には専ら前記の圖表を用ふるが故に精細の數字を得がたきも軌道の計算には c の如き推定値が存在するが故に圖表にて求め得る精度にて充分である)

軌 條	枕 木	荷 重	u
50 kg	$l \times b \times d$		$c = 5 \text{ kg/cm}^3$
$I = 1,700 \text{ cm}^4$	$= 213 \times 20 \times 14$	$\frac{15,000}{2} \text{ kg}$	$u = \frac{c \times b \times l}{2}$
$E = 2,100,000 \text{ kg/cm}^2$	$a = 10^3 \text{ 軌條に付 16 挺}$	$= 7,500 \text{ kg}$	$\frac{a}{5 \times 20 \times \frac{213}{2}}$
断面力率 = 260 cm^3	$= 66 \text{ cm}$		$= \frac{161.36}{66}$

(2) 式より

$$x_1 = \frac{\pi}{4} \sqrt[4]{\frac{4EI}{u}} = \frac{\pi}{4} \sqrt[4]{\frac{4 \times 2,100,000 \times 1,700}{161.36}} = 76.18$$

(3) 式より

$$M_0 = 0.318 P x_1 = 0.318 \times 7,500 \times 76.18 = 181,689 \text{ kg.cm}$$

原点より 40cm の箇所；—

$$40 \text{ cm を 38 圖表の横軸 } x_1 \text{ の單位に直すときは、横距は } = \frac{40 \text{ cm}}{x_1} = \frac{40}{76.18} = 0.525 \text{ 即ち } x_1 \text{ の } 0.525 \text{ 倍である。圖表の横距 } 0.525 x_1 \text{ に対する縦距は } 0.325 \text{ である故に}$$

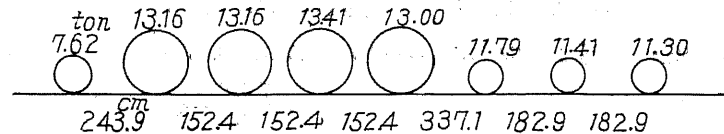
$$M = 0.325 \times M_0 = 0.325 \times 181,689 = 59,049 \text{ kg.cm}$$

軌條の應力 f —

$$\text{荷重下部 } f = \frac{181,689}{260} = 699 \text{ kg/cm}^2$$

$$40 \text{ cm の處 } f = \frac{59,049}{260} = 227 \text{ kg/cm}^2$$

例 (2) 次の 9600 型機關車にて次に示す軌道に於ける最大力率及び最大沈下量を求む。



軌 條	枕 木	砂 利
30 kg/m	$l \times b \times d$	$c = 5.5 \text{ km}^3$
$I = 607 \text{ cm}^4$	$= 213 \times 20 \times 14$	$u = \frac{c \times \frac{l}{2} \times b}{a}$
$E = 2,100,000 \text{ kg/cm}^2$	$a = 14 \text{ 根}/10 \text{ m}$	$= \frac{5.5 \times \frac{213}{2} \times 20}{76.2}$
断面力率 $= 116 \text{ cm}^3$	$= 76.2 \text{ cm}$	$= 153.7 \text{ kg/cm}^2$

(2) 式より

$$x_1 = \frac{\pi^4 \sqrt{4EI}}{4 \sqrt{u}} = \frac{\pi^4 \sqrt{4 \times 2,100,000 \times 607}}{4 \sqrt{153.7}} = 59.58$$

最大力率；——

機関車の最大力率は何れの働輪下にて生ずるかを見出さなければならない。これは試算によるを便とするが、概して初めまたは終りの働輪下に起る。それは隣接荷重の影響が少なきためである。本例に於ては第1働輪下に生ずるものが最大である。

第1働輪。

$$\text{第(3)式より } M_0 = 0.318 x_1 P = 0.318 \times 59.58 \times \frac{13,160}{2} = 124,710 \text{ kg.cm}$$

導 輪

第1働輪下に與ふる影響は丁度(38)圖表の原點に導輪がのり軸間の243.9cmに當る處の縦距の大きさを加へればよい。今243.9cmを横距 x_1 の單位に直すことを要す。

243.9cmは x_1 の $\frac{243.9}{59.58} = 4.09$ 倍である。

∴ 横距の4.09 x_1 に對する圖表の縦距は-0.04である。

∴ 導輪の影響は $-0.04 \times M_0 = -0.04 \times 0.318 \times 59.58$

$$\times \frac{7,620}{2} = -2,887 \text{ kg.cm}$$

第2働輪。

第1働輪迄の横距 $\frac{152.4}{59.58} = 2.56x_1$ に對する縦距は-0.17である

$$\therefore -0.17 \times M_0 = -0.17 \times 0.318 \times 59.58 \times \frac{13,160}{2} = -21,192 \text{ kg.cm}$$

第3働輪。

横距 $\frac{304.9}{59.58} = 5.12x_1$ に對する縦距は0.001

$$\therefore 0.001 \times M_0 = 0.001 \times 0.318 \times 59.58 \times \frac{13,410}{2} = 127 \text{ kg.cm}$$

第4働輪

横距 $\frac{457.2}{59.58} = 7.67x_1$ に對する縦距は0.002

$$\therefore 0.002 \times M_0 = 0.002 \times 0.318 \times 59.58 \times \frac{13,000}{2} = 246 \text{ kg.cm}$$

$$\therefore \text{合計 } M = 124,710 - 2,887 - 21,192 + 127 + 246 = 101,004 \text{ kg.cm}$$

故に軌條の受くる應力は静荷重となすときは

$$f = \frac{101,004}{116} = 871 \text{ kg/cm}^2$$

最大沈下量；——

沈下量を求むるにも初め試算によるを可とす。普通中央働輪の下である。

この際は第3働輪の下に於けるものが最大である故に、第3働輪を原點Pの位置に置き隣接荷重の影響を計算すれば次の様である。

第3働輪。(1)式により計算す

$$y_0 = \frac{1}{23,329} P = \frac{1}{23,329} \times \frac{13,410}{2} = 0.28741 \text{ cm}$$

第2働輪。初め軸間152.4cmを x_1 の倍數に直す

横距 $= \frac{152.4}{59.58} = 2.56, 2.56x_1$ に對する縦距は0.06

$$\therefore 0.06 \times \frac{1}{23,329} \times \frac{13,160}{2} = 0.01692 \text{ cm}$$

第 4 働輪。

$$\text{横距} = \frac{152.4}{59.58} = 2.56 \text{ に對する縦距 } 0.06$$

$$\therefore 0.06 \times \frac{1}{23,329} \times \frac{13,000}{2} = 0.01672 \text{ cm}$$

第 1 働輪。

$$\text{横距} = \frac{304.8}{59.58} = 5.12 \text{ に對する縦距 } -0.08$$

$$\therefore -0.08 \times \frac{1}{23,329} \times \frac{13,160}{2} = -0.00846 \text{ cm}$$

導輪

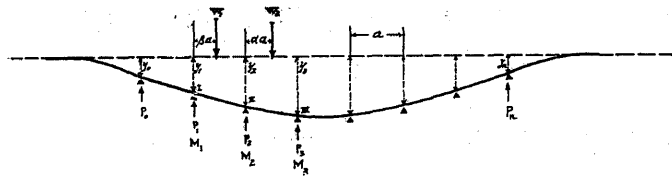
$$\text{横距} = \frac{548.7}{59.58} = 9.21 \text{ にして導輪は第 3 働輪迄に影響なし。}$$

$$\therefore \text{全沈下量} = 0.28741 + 0.01692 + 0.01672 - 0.00846 = 0.313 \text{ cm}$$

(2) 軌條の彎曲力率計算 (第二方法)

前記は軌條が縦枕木の上にある如き場合として計算したるものなれども若し一本々々の枕木にて上部の荷重を支持するとして計算するときは次の通りにして、結果としては略同一である。

第 39 圖



軌條の上に荷重があるときは軌條は桁となり下部の枕木にて支持せらる。今其内の枕木 3 本例へば、前圖の I, II, III, をとるときには其間には連續桁の定理によりて次の關係がある。

$$M_1 + 4M_2 + M_3 = -\frac{6EI}{a^2} (y_1 - 2y_2 + y_3) - W_2 (2\alpha - 3\alpha^2 + \alpha^3) - W_1 \alpha (\beta - \beta^3)^* \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{また } cA \times (y_0 + y_1 + y_2 + y_3 + \dots\dots\dots y_n) = W_1 + W_2 \dots\dots\dots (2)$$

$$P_1 = cAy_1, P_2 = cAy_2, P_3 = cAy_3 \dots\dots\dots (3)$$

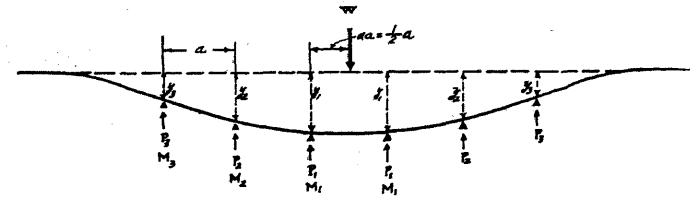
M = 軌條の彎曲力率 I = 軌條の慣性力率, E = 軌條の彈性係數

a = 枕木間隔, P = 枕木の壓力, y = 撓度, W = 荷重,

$\alpha a, \beta a$ = 荷重の距離 α, β = 分數 A = 枕木面積

今枕木の中に荷重があり 6 本の枕木にて支持せらるゝときは

第 40 圖



(1) 式によりて左側より 3 本の枕木をとるときは

$$M_3 + 4M_2 + M_1 = -\frac{6EI}{a^2} (y_3 - 2y_2 + y_1)$$

次の 3 本の枕木をとるときは

$$M_2 + 4M_1 + M_1 = -\frac{6EI}{a^2} (y_2 + 2y_1 + y_1) \dots\dots\dots (a)$$

$$-W a \left(2 \times \frac{1}{2} - 3 \times \left(\frac{1}{2} \right)^2 + \left(\frac{1}{2} \right)^3 \right)$$

(2) 式より $cA \times 2(y_3 + y_2 + y_1) = W$

次に最端の枕木の力率は小なるものなれば

$$M_3 = 0 \text{ とするとき}$$

2 番目の枕木に於て左方の力率を求むるときは } (b)

* 拙著鐵道線構造及ビ撓度 II 47 頁

$$M_2 = P_3 \times a = cAy_3 \times a$$

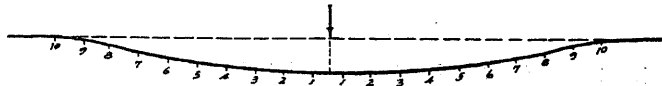
また 3 番目の枕木に於て左側の力率は (bc)

$$M_1 = P_3(a+a) + P_2a = cAy_3 \times 2a + cAy_2a$$

(b)式の M の値を (a) 式に入れるときは y_1, y_2, y_3 の 3 未知數に對して 3 個の聯立方程式を得るによりて、之を解きて y の値を知ることが出来る。 y の値を知るときは又 (b) 式より M の値を知ることが出来る。

前記は左右 3 丁宛の枕木によりて、荷重が支持せらるゝとなしたれども、理論上は多數の枕木が並んで居る、併し斯くなれば計算が繁多なる故に或數の枕木に限定して鐵道省では 71 圖の如く左右 10 丁宛の枕木にて支持するとなして 42 圖の如き圖表を作製して計算を容易にならしめてある。

第 41 圖



42 圖表は状態の異なる軌道に對して先づ軌條と枕木の剛性を表す數の比を求めて之を軌道係數 γ となして、各の γ に對して別々に曲線を畫きたるものである。

$$\gamma = \frac{(6EI)}{a^3} = \frac{B}{D} \dots \dots \dots (4)$$

原點を荷重の位置となし、横軸に原點よりの距離を枕木の間隔

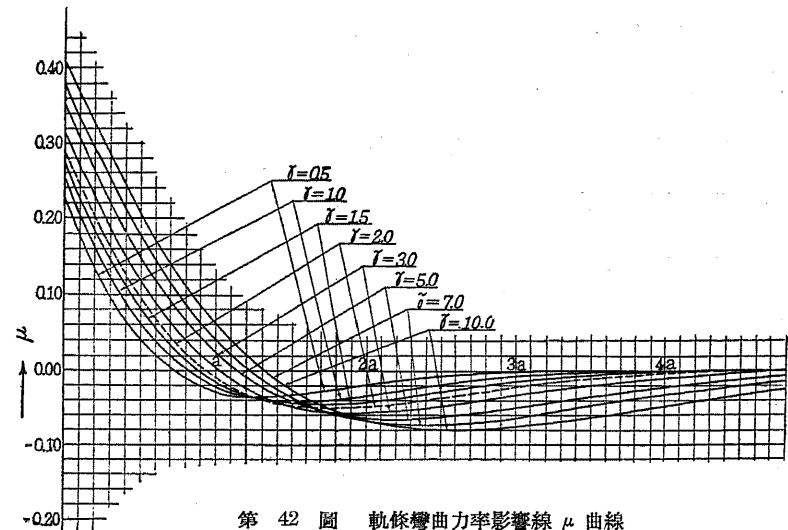
* B は軌條が徑間 $2a$ なる單桁にて中央に單位數の撓度と與ふる荷重である。 D は枕木に單位數の沈下と與ふる荷重である、この際枕木は撓むも大體 $D = c \times b \times \frac{l}{2}$ にて表し得る。

c = 砂利枕下係數, b = 枕木幅, l = 枕木長.

の單位にてとり、縦軸には單位荷重に對する力率の大きさを、枕木間隔にて除したるものとつてある、故に力率の大きさを知らんとせば縦距の大きさ μ に枕木の間隔と荷重の大きさを乗ずることによりて得られる。

$$M = \mu \cdot a \cdot W \dots \dots \dots (5)$$

尙 μ の値を表に作製したるものは卷尾 258 頁表である之によりても計算することが出来る。 $\mu_0, \mu_1, \mu_2, \dots$ は荷重が枕木の中間、枕木第 I、枕木第 II……の上にあるときの μ の値である。



第 42 圖 軌條彎曲力率影響線 μ 曲線

例 (1)

車輪重量 $7,500^{kg}$, 軌條 $30^{kg/m}$, 枕木 $218.36 \times 20.32 \times 13.97^{cm}$, 間隔 76.2^{cm} , 砂利沈下係數 $c = 5.5^{kg/cm^3}$ のとき荷重の下部及びこれより 40^{cm} 隔りたる位置の軌條の應力を求む。

(本計算も圖表によるが故に精細の數字を得られざれども前述の通り c の如き推定値入るによりて此精度にて足れりとする)

$E=2,100,000$, $I=607$, 軌條断面係數=116,

(4) 式より $B = \frac{6EI}{a^3} = \frac{6 \times 2,100,000 \times 607}{76.2^3} = 17,300$

$D = c \times b \times \frac{l}{2} = \frac{5.5 \times 20.32 \times 213.36}{2} = 11,900$

$\gamma = \frac{B}{D} = \frac{17,300}{11,900} = 1.5$

(a) 荷重の下部

42 圖表の $\gamma=1.5$ 曲線によりて原點に於ける μ は .275

$\therefore M = \mu aw = .275 \times 76.23 \times 7,500 = 157,224 \text{ kg}\cdot\text{cm}$

軌條應力 = $\frac{M}{\text{断面係數}} = \frac{157,224}{116} = 1350 \text{ kg/cm}^2$

(b) 原點より 40cm の位置

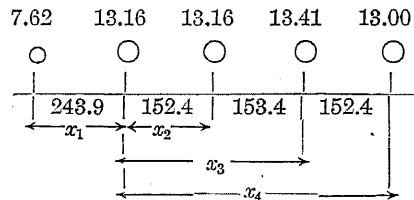
40cm を枕木間隔 a の單位に換算するときは

$\frac{40}{76.2} = .53, .53a$ に相當する圖表の縱距は $\mu = .075$

$\therefore M = \mu aw = .075 \times 76.2 \times 7,500 = 42,862$

軌條應力 = $\frac{42,862}{116} = 370 \text{ kg/cm}^2$

例 (2) 機關車 (9600型) が前記軌條の上を 60km/h の速度にして走行するとき最大應力を求む



初め最大彎曲率は何れの働輪の下に起るかを見出さなければならぬ、之は試算により色々の場合を計算して最大を見るを良しとする、概して前

部又は後部の働輪の下に生ずる、この例に於ては最大は第一働輪下のときに起る従つて第一働輪を圖表の座標原點に置きこの點に於ける彎曲力率を求む。先づ其他の車輪の第一働輪よりの距離を a の單位として計算する。

$a = 76.2\text{cm}$

左側導輪迄の距離 $x_1 = 243.9\text{cm} = \frac{243.9}{76.2} a = 3.20a$

右側第二働輪 " $x_2 = 152.4\text{cm} = \frac{152.4}{76.2} a = 2.00a$

" 第三 " $x_3 = 304.8 = \frac{304.8}{76.2} a = 4.00a$

" 第四 " $x_4 = 457.2 = \frac{457.2}{76.2} a = 6.00a$

(42) 圖表中の $\gamma=1.5$ 曲線をとり第一働輪が原點のときの $\mu=0.275$

次に導輪が第一働輪下に及ぼす影響は同曲線にて $x=3.20a$ の處にて

$\mu = -0.010$

次に第二働輪が第一働輪下に及ぼす影響は

$x=2.00a$ の處にて $\mu = -0.043$

以下同様になして之を合算するときは最大彎曲力率を得る。

導輪 $-0.010 \times \frac{7.62}{2}$
 第一働輪 $+0.275 \times \frac{13.16}{2}$
 第二働輪 $-0.043 \times \frac{13.16}{2}$
 第三働輪 影響少し
 第四働輪 " } $\times 76.2 = 112,920 \text{ kg}\cdot\text{cm}$

\therefore 軌條最大應力 = $\frac{M}{\text{断面係數}} = \frac{112,920}{116} = 980 \text{ kg/cm}^2$

機關車走行の際には軌條は衝擊を受く(69)頁によりて

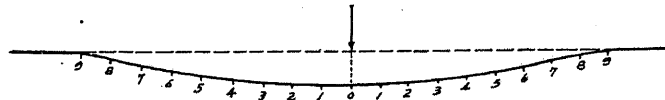
$$\text{應力} = 980 \times \left(1 + \frac{V}{100}\right) = 980 \times \left(1 + \frac{60}{100}\right) = 1,570 \text{ kg/cm}^2$$

許容限度 = 1,750 kg/cm² なる故に安全である。

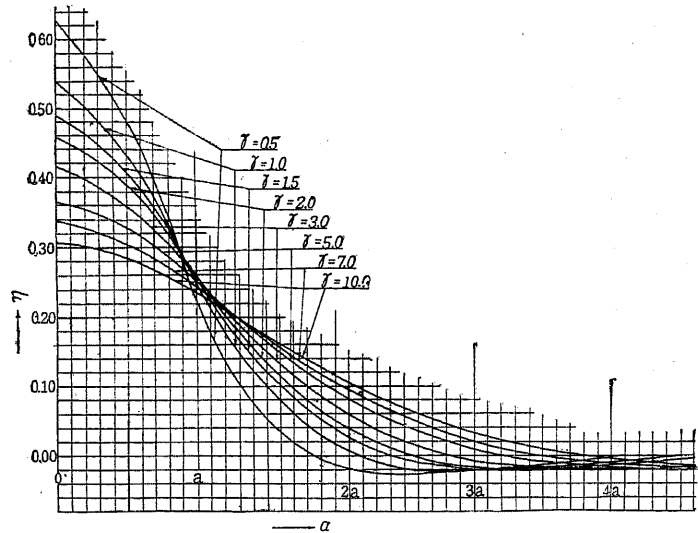
第五節 枕木上の最大壓力

前記の軌條の最大應力は二本の枕木の間荷重がありたるときなるが、枕木上に来る最大壓力は荷重が枕木の直上に来りたる

第 43 圖



第 44 圖



第 44 圖 枕木上軌條壓力影響係數 γ 線

ときである、此の最大壓力は枕木の強度及び砂利の強度の計算に必要なものである。

計算の方法は前記の第 2 方法の軌條の力率を求めたると同一方法による、此の際に荷重は 43 圖の如く枕木直上にのりたるにきにして、鐵道省にては左右 9 本宛の場合を計算し異なりたる軌道係數に對して第 44 圖の如き圖表を作製し、横軸は a の單位にて表し、縦軸は枕木上の單位荷重の最大壓力を示したるもので、縦軸 γ の値に荷重を乗ずるときは最大壓力を知ることが出来る。

$$P = \eta W,$$

尙 η の値を表に作製したるものは巻尾の η の表で、之によっても計算することが出来る。η_I, η_{II}, …… は荷重が枕木 I, II, …… の上にのりたる時の η の値である。

(例) 前記の機關車が枕木に来ず最大壓力を求む。

初め最大壓力の起る位置は試算によりて知るを可とす、通常中央の働輪下である、此例題にては第三働輪が枕木直上にあるときに起る故に第三働輪を座標原點に置き導輪、第一、第二、第四働輪の影響を加算すればよい。

前例より γ = 1.5

第三働輪原點に於ける縦距…………… = +0.49

左側第二働輪迄の距離 $152.4 = \frac{152.4}{76.2} a = 2.0a$ に對する縦距 = .08

" 第一働輪 " $304.8 = \frac{304.8}{76.2} a = 4.0a$ " = -.01

" 第三導輪 " $548.7 = \frac{548.7}{75.2} a = 7.2a$ " 影響少し

右側第四働輪 " $152.4 = \frac{152.4}{76.2} a = 2.0a$ " = .03

∴ 最大壓力

- 第三働輪 $+0.49 \times \frac{13.41}{2} = + 3.285$
- 第二 " $+0.03 \times \frac{13.16}{2} = + .197$
- 第一 " $- .01 \times \frac{13.16}{2} = - .066$
- 導輪 —
- 第四働輪 $+ .03 \times \frac{13.00}{2} = + .195$

合計 3,111^{kg}

60^{km/h} の速度のときは

最大壓力 = $3,579 \times \left(1 + .6 \times \frac{60}{100}\right) = 3,579 \times (1 + .36) = 4,867^{kg}$

枕木上面の支持壓力を σ_b とせば

$\sigma_b = \frac{P}{b \times (\text{軌條幅})} = \frac{4,867}{20.32 \times 10.8} = 22^{kg/cm^2}$ 枕木の許容支持力は $25^{kg/cm^2}$

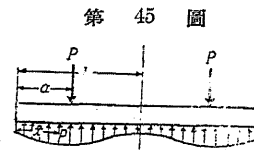
を有するが故に安全である。

第十五章 枕木計算

第一節 枕木の強度

枕木の強度は材質によりて異なるは勿論、又素材と注入材とによりても異なるも概して彎曲に對する纖維應力許容強度は $120^{kg/cm^2}$ にして、軌條支持許容應力 (Bearing power) に對しては $25^{kg/cm^2}$ を適當とし、腐朽せるものは其程度に應じて減少すべきである。

枕木の上に荷重がのりたるときは撓みて45圖の如く壓力を砂利



に傳ふ、而して軌條下部に於ては大きく、兩端及び中央に於て少ない沈下の模様は彈性體として其曲線^{*}を計算することができるが計算が複雑となる故に

或る假定の下に計算するも大體同一の結果を得る。即ち 46 圖の如く枕木の軌條下壓力は兩端の倍を受け中央は端と同一とすることである、又此の假定は砂利搗き固めの際軌條下の部分を充分に搗き兩端及び中央を軽く搗くのみなれば實際とも近きものである。

46 圖にて

$$R = \frac{l}{2} \times p + \frac{l}{2} \times p \times \frac{1}{2} = \frac{3pl}{4} \quad \therefore p = \frac{4R}{3l}$$

* 拙著鐵道線路の構造及強度 II 83 頁。

$$M = p \cdot \frac{l-g}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{l-g}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{l-g}{2} \cdot p \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{l-g}{2} = \frac{2R}{9l} (l-g)^2$$

第 46 圖 例 1. 枕木が軌條より 3,600^{kg} の壓力を受るとき枕木 (213×20×14^{cm}) の纖維應力を求む但し速度 60^{km/h} とす。

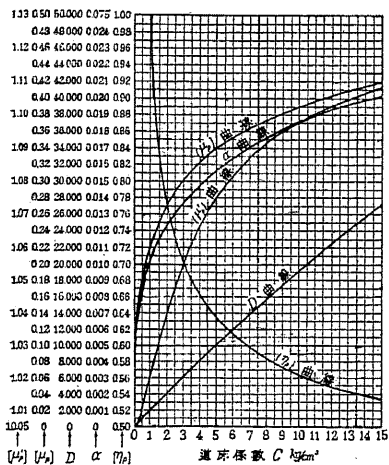
$$M = \frac{2 \times 3600}{9 \times 213} (213 - 106.7)^2 = 43,000 \text{ kg}\cdot\text{cm}$$

速度 60^{km/h} のときは $M = 43,000 \times \left(1 + \frac{0.6}{100} \times 60\right) = 58,480$

$f = \frac{58480 \times \frac{14}{2}}{20 \times 14^3} = 90 \text{ kg/cm}^2$. 許容應力は 120^{kg/cm}^2} なる故に充分強度がある。

鐵道省にては軌間 1,067^{mm} の枕木 8''×5 $\frac{1}{2}$ ''×7'0'' (20.32

第 47 圖



×13.97×213.36^{cm}) に對して理論的に計算し 47 圖表を作製して軌條の下に於ける枕木沈下, 力率, 剪力の計算に便になしてある。

軌條下に於ける枕木の沈下 $y = \frac{\alpha P}{cb} (\eta_0)$

軌條下に於ける枕木の彎曲力率 $M = \frac{P}{2\alpha} (\mu_p)$

軌條下に於ける枕木の剪力, $Q = \frac{P}{2} (\mu'_p)$

枕木の軌條下を單位數の沈下に要する荷重 $D = \frac{cb}{\alpha (\eta_p)^*}$

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{cb}{4EI}}, \quad c = \text{砂利係數}, \quad b = \text{枕木幅}, \quad E = 100,000 \text{ kg/cm}^2,$$

$$I = \frac{bd^3}{12}, \quad d = \text{枕木厚}, \quad l = \text{枕木長さ}$$

例 $c=5.5$, 枕木上の軌條の壓力 3,600^{kg} のとき前記枕木の彎曲力率を求む。

$c=5.5$ のときの α を計算し又は 47 圖表より 横距 5.5 のときの α の縦距は 0.016 なるを知り, また (μ_p) の價は同圖表より 0.350 である。

$$\therefore M = \frac{P}{2\alpha} (\mu_p) = \frac{3,600}{2 \times 0.016} \times 0.350 = 40,000 \text{ kg}\cdot\text{cm}$$

速度 60^{km/h} のときは $40,000 \times \left(1 + \frac{0.6}{100} \times 60\right) = 54,400 \text{ kg}\cdot\text{cm}$

$$\text{枕木纖維應力} = \frac{54,400 \times \frac{d}{2}}{I} = \frac{54,400 \times \frac{d}{2}}{\frac{bd^3}{12}} = \frac{54,400 \times \frac{13.97}{2}}{\frac{20.32 \times (13.97)^3}{12}} = 80 \text{ kg/cm}^2$$

前例の簡易計算方法の 90^{kg/cm}^2} に對して 80^{kg/cm}^2} である

* (80) 頁にては $D = c \times b \times \frac{l}{2}$ とさせるも撓度を考慮して精しく計算するとき此値となる。

第十六章 道床計算

第一節 道床

道床の上に荷重をかくるときは沈下するも荷重を取り去るときは再び元の形に復す、尚荷重を増加して一定の範囲を超過するときは恒久沈下を生ず、この時迄が道床の最大支持力である。而して或る範囲内にては壓力と枕下とは正比例して一定の値を保持することは既に述べたる通りである、鐵道省にて實測したるものは次の値である。

軟き軌道	$c=5\text{kg/cm}^2$
良好なる軌道	$c=9\text{ ''}$
特に良好なる軌道	$c=15\text{ ''}$

また道床下部の路盤の耐力は粘土とか又は岩盤によりて相違があるが普通の土にて大體 2.5kg/cm^2 * である、故に枕木より來る壓力が道床に傳はりて路盤に至る際には此耐力以内にある様枕木の數又は砂利の厚さを増さなければならない。

第二節 枕木下部各深度に於ける壓力

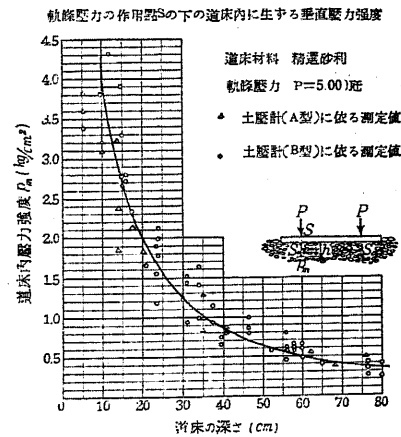
國有鐵道にて精撰砂利の上に枕木（幅 20cm ）を載せ此上の軌

* (147) 頁參照

條に $5,000\text{kg}$ の荷重をのせて其下部の各深度に於ける壓力を測定したものは (48) 圖にて示したもので此曲線を式にて表すときは大體次式にて表すことが出来る。

$$p_m = \frac{0.027P}{10+h^{1.35}} = \frac{58p_a}{10+h^{1.35}} \dots\dots\dots(1)$$

第 48 圖



p_m = 枕木下各深度に置ける
壓力 (kg/cm^2),
 P = 軌條壓力 (kg)
 h = 道床深度 (cm)
 p_a = 枕木が道床面に與へる
壓力の平均強度 = $\frac{P}{b \times \frac{l}{2}}$

(1) 式は $13 \sim 80\text{cm}$ の深度にて測定したるものなれば此間の深度に限りて

適合する。

例 P が $3,700\text{kg}$ にて軌條の位置にて枕木底面より 20cm の處の壓力を求む。

$$p_m = \frac{0.027P}{10+h^{1.35}} = \frac{0.027 \times 3,700\text{kg}}{10+20^{1.35}} = \frac{0.027 \times 3700}{10+57.1} = 1.5\text{kg/cm}^2$$

路盤の支持力は 2.5kg/cm^2 なるが故にこれ丈の砂利の厚さがあれば充分である。

鐵道省の枕木計算方法は先づ枕木より砂利へ壓力の分布する角度

* 拙著鐵道線路の構造及び強度 II 108 頁

に一定値を入れ、枕木直下の壓力の分布を幅の方向へ拋物線となし、真中の最大値 $p_c = \frac{3cP}{2D}$ となして計算し、深さ Z に於ける壓力 p と p_c との比を縦軸にとり、横軸には深度を採りて圖表を作製したるものが 49 圖表で計算方法は次の例にて示す通りである。

例 $c=5.5$, $P=3,700^{kg}$, $Z=200^{mm}$,

$$D = \frac{cb}{\alpha(\eta_p)} = 11,200$$

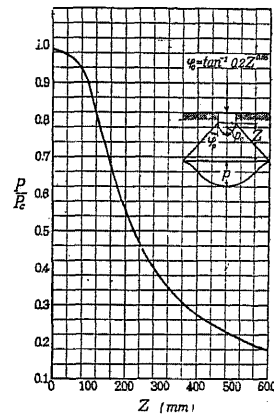
$$p_c = \frac{3cP}{2D} = \frac{3 \times 5.5 \times 3,700}{2 \times 11,200} = 2.76^{kg/cm^2}$$

(49) 圖表によりて深 200^{mm} のときは

$$\frac{p}{p_c} = 0.56$$

$$\therefore p = 0.56p_c = 0.56 \times 2.76 = 1.55^{kg/cm^2}$$

第 49 圖



第十七章 軌道の強度

第一節 軌道強度

前章に於て軌條、枕木、砂利の強度を述べたるが之が一緒になりたる軌道の強度を知るには線路の状態のみならず、また機關車の種類をも知らなければならない。線路の状態としては軌條の太さ、枕木の大きさ及び員數、道床の種類及び厚さ、路盤の状態等で、これ等の各異なるに従つて強度を異にする。故に線路の強度を表はすには全體に通じたるある共通項に依るを良しとし、それには其處を通過し得る許容速度により表はすを便とする。即ち其軌道は如何に機關車が何軒を以て走り得る強度を有すると云ふのである。69 頁第一節に於て衝擊率は速度に比例することを述べた而して此衝擊による全應力は許容應力以内なるを要する。

$$\text{軌條許容應力} = \text{靜止時應力} \times \left(1 + \frac{V}{100}\right)$$

$$\therefore V = \left(\frac{\text{許容應力}}{\text{靜止時應力}} - 1\right) \times 100$$

$$\text{又 支承體許容應力} = \text{靜止時應力} \times \left(1 + \frac{0.6V}{100}\right)$$

$$\therefore V = \left(\frac{\text{許容應力}}{\text{靜止時應力}} - 1\right) \times \frac{100}{0.6}$$

靜止時の應力を計算するときは許容應力は既知なるによりて上式によりて應力に對する速度を知ることが出来る故に其線路は何軒を出し得る線路と云ふことが出来る。

許容應力は既に説明せし如く、以下の計算に於て軌條 $1750^{kg/cm^2}$ 、枕木支持力 $25^{kg/cm}$ 、枕木彎曲纖維應力 $120^{kg/cm^2}$ 、路盤支持力 $2.5^{kg/cm}$ とする。

第二節 道床係数の良否による軌道の強度

道床係数は普通 $5 \sim 9^{kg/cm^3}$ にして、良好なときは $15^{kg/cm^3}$ 迄なるも、茲にては普通の場合となし、軌條 $30^{kg/m}$ 、枕木 14^T 、機關車 9600 型となし上記の V を計算する。

道床係數 kg/cm^3	彎曲力率 kg/cm	軌條壓力 kg	機關車が走行し得る許容速度 km/h				
			軌條に對し	枕木支應力に對し	枕木彎曲應力に對し	路盤上の壓力に對し 道床厚 200mm	150mm
$c=5.5$	113,370	3,671	79	83	163	109	47
$c=9.0$	108,055	3,753	88	71	155	103	42

即ち道床が良好となるときは、軌條の彎曲力率は減少して許容速度 $79^{km/h}$ のものが $88^{km/h}$ 迄増加することが出来るが、枕木の支應力及び彎曲應力に對し、また路盤に及す壓力に對して、些少なると許容速度を減少せしむる如き結果を生ずる。道床を改良するとき強度を増すは軌條のみなる故に、これと同強度に路盤をなさん爲めに道床の厚さは 150^{mm} にては不足にして、許容速度 42^{km} を得るのみなるによりて、 200^{mm} でなければならぬ。然るときは 103^{km} を得て軌條より稍々強度大なるものとなる。

枕木の彎曲應力に對しては充分強度を有する故に問題にはならざるも、枕木の支應力に對しては、許容速度を制限せらるゝこと

になる故、特にタイプレートの使用を要するものである。

第三節 枕木の員數増加による軌道の強度

($30^{kg/m}$ 軌條 $c=5.5^{kg/cm^3}$. 機關車 9600 型)

枕木數 丁	彎曲力率 kg/cm	軌條壓力 kg	機關車が走行し得る許容速度 km/h				
			軌條に對し	枕木支應力に對し	枕木彎曲應力に對し	路盤上の壓力に對し 道床厚 200mm	150mm
13	121,130	3,995	68	62	135	87	30
14	113,370	3,671	79	83	163	109	47
15	110,724	3,486	85	95	180	122	58

枕木數を増加するによつて軌條の強度を増加すると共に枕木の彎曲應力に對し、また路盤に對して強度を増加する。

この機關車に對して枕木は 13^T なるときは枕木支應力は弱く、又道床の厚さは 200^{mm} とするを要する。

第四節 重量大なる軌條による軌道の強度

($c=5.5^{kg/cm^3}$, 枕木 15^T , 機關車 9600 型)

軌條 kg/m	彎曲力率 kg/cm	軌條壓力 kg	許容速度 km/h				
			軌條に對し	枕木支應力に對し	枕木彎曲應力に對し	路盤上の壓力に對し 道床厚 200mm	150mm
30	110,724	3,486	85	95	180	122	58
37	114,680	3,376	150	139	191	133	64
50	119,174	3,330	280	156	208	133	—

軌條の重量を増すときは強度を著しく増加し、軌條は 30^{kg} を

50^{kg} に交換するときは許容速度は 3 倍ともなり、また枕木及び路盤に對しても強度を増す。併し強度は路盤に支配せらるゝ故に道床厚さは 200^{mm} 以上なるを要する。

第五節 道床の厚さによる軌道の強度

($c=5.5^{kg/cm^3}$, 枕木 15^T, 機關車 9600 型の場合)

軌 條 kg/m	許 容 速 度 km/h			
	道床厚200 ^{mm}	150 ^{mm}	130 ^{mm}	110 ^{mm}
30	122	58	40	22
37	133	64	46	29

道床薄くなるに従つて路盤上の壓力に對して許容速度は著しく減退してこれに制限せらる。故に線路の種類によりて相當の厚さを要する。

第六節 機關車の形式による軌道の強度

($c=5.5^{kg/cm^3}$, 枕木 15^T の場合)

機關車の構造上の許容速度だけ走行せんとせば、次表に於て示す如く D50, 8620, C51 型機關車は 30^{kg} 軌條に於ては不足するが故に取更へを要す。また路盤上の壓力に對しては各種機關車に對し道床厚 200^{mm} なるときは充分なるも 150^{mm} 厚さに於ては不足する故に、かゝる軌道に於ては軌條を重きものに換へるか、または道床の厚さを大にすることを要する。

機 關 車 形 式	同 重 量 t	同 構造上の許容速度 km/h	軌條重量 kg/m	軌條底彎曲力率 kg-cm	軌條壓力 kg	機 關 車 許 容 速 度 km/h				
						軌條に對して	枕木支應力に對して	枕木彎曲應力に對して	路盤上の壓力に對して 道床厚 200 ^{mm} 150 ^{mm}	
9600	94.85	64	30 37 50	110,700 114,700 119,200	3,500 3,400 3,300	85 150 280	95 139 156	180 191 208	122 133 133	58 64
D50	127.59	70	30 37 50	128,700 123,300 130,200	3,800 3,600 3,600	58 130 230	75 116 130	153 165 179	100 111 111	41 49
8620	81.25	84	30 37 50	132,500 140,800 149,200	2,900 2,700 2,600	54 103 207	144 208 245	237 273 311	177 202 215	100
C51	110.50	100	30 37 50	124,400 129,600 133,300	3,200 3,000 2,900	64 119 243	118 146 201	210 230 261	149 164 174	78 90
4110	65.27	47	30 37 50	110,070 116,000 124,900	3,500 3,500 3,400	85 146 265	93 130 141	179 191 197	120 124 124	57 60
2120	49.87	61	30 37 50	123,300 130,900 139,900	3,100 3,000 2,900	65 119 224	133 183 208	227 241 269	164 174 180	90

前記する處によつて線路の強度はその上を運轉する機關車によりて言はなければならぬ。而して強度を増加せんとせば枕木の數を増加するは一方法なるも、その増加は大なるものでない、一層強度を増さんとせば軌條の重量を増すを要する。道床は路盤上の支持力を $2.5^{kg/cm^2}$ と推定するとき、 200^{mm} の厚さなるときは、許容速度を制限せらるゝことなきも、厚さが減じ 150^{mm} なるときは著しく強度が減少し、これに制限せらるゝことになる。併し之は路盤支持力の大きさによりては決定せられるは勿論である。

第七節 乗心地よき線路

前節にては線路の強度に就て述べたが、本節に於ては乗心地よき線路として述べんとする。

乗心地よき線路は要するに列車の動搖少き線路にして、軌條沈下の最小なることは動搖を少くする所以で、軌條を大にすると共に同時に枕木、砂利の強度増加を計らねばならぬ。軌道の沈下 y_0 は 73 頁にあるが如く次式によりて與へらる。

$$y_0 = \frac{P}{\sqrt[4]{64EIv^3}}$$

この式に於て軌條の重量増加するとき I は増加し、沈下 y_0 は小となる。併し影響は單に軌條剛性 I の $\frac{1}{4}$ 乗に反比例するのである、然るに u は $\frac{1}{3}$ 乗に反比する故により其方が大なる影響を與ふることゝなる。

u の値は大體次の式によりて表し得る。

$$u = \frac{c \cdot b \cdot \frac{l}{2}}{a}$$

即ち u は道床係數を増加するにより、また枕木の幅及び長さを大になし、または枕木間隔を小ならしむるによりて増大し得る。

今 $30 \sim 50^{kg/m}$ 軌條に對して枕木の沈下 y_0 を計算し見るに c が $5.5^{kg/cm^2}$ 位以下は c の減ずるに従つて沈下は著しく増大す、併し之以上の c の値に於ては沈下量は餘り大ならざるにより c は少くとも此數以上に保持することは列車に動搖を與へざる必要條件である。 c の値は國有鐵道にて調査せしものは岩盤路盤上の堅固なる道床にあつては $c=15^{kg/cm^2}$ にして普通路盤上のものは $c=5$ 低濕路盤上の普通道床は $c=4$ であるによりて c を増す方法が必要である。

又沈下は次式にて説明し得る

$$y = \gamma + t$$

$$\gamma = \text{道床壓縮}, t = \text{路盤沈下}$$

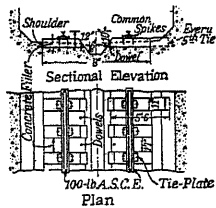
即ち γ の小なる道床と路盤沈下 t の小なるを要する、低濕路盤に於ては t は大なる故に之を小になす爲めに道床砂利厚さを大になし又は次に述ぶるコンクリート床砂利道床を用ふることがある。

第十八章 特殊軌道

第一節 コンクリート固定道床

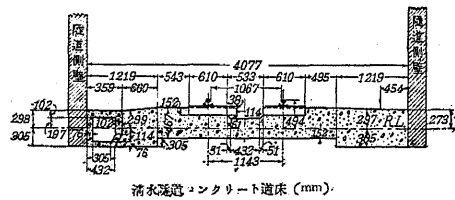
コンクリート床の上に横枕木を取付け軌條を敷設したるもので第 50 圖は米國デトロイ河底隧道に用ひられたる例で、第 51 圖は我國清水隧道に用ひられたる例である。枕木の取付はコンクリート中に埋込むのみなるによりて、横の方に移動のおそれあるが故に埋込ボルトにて取付くることあるも、ボルトは腐蝕すると共に枕木の交換困難なる故に、軌間保持の目的にて短き枕木數丁毎に普通長さの枕木を挿入することもあるが、この交換は尙更困難である。又實際にも枕木をコンクリート中に埋込みあるときには横移動のおそれは甚い故に單にコンクリート中に埋め込むのみとなす。

第 50 圖



Detroit River Tunnel,

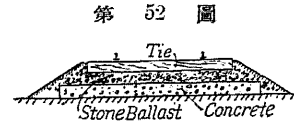
第 51 圖



清水隧道 コンクリート道床 (mm).

第二節 コンクリート床砂利道床

路盤の上に厚さ 25^{cm} 位のコンクリートを打ちその上に砂利を厚 20~25^{cm} 敷き枕木を横へたるもので軟弱地盤の排水不充分なる箇所にて良好なる成績を得て居る。

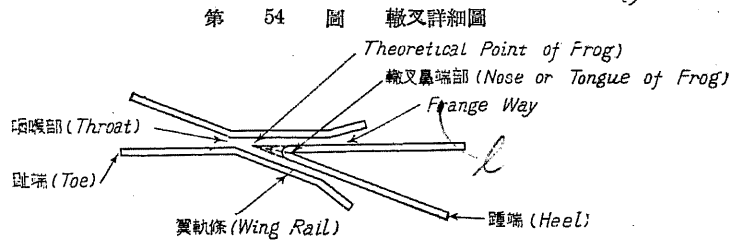
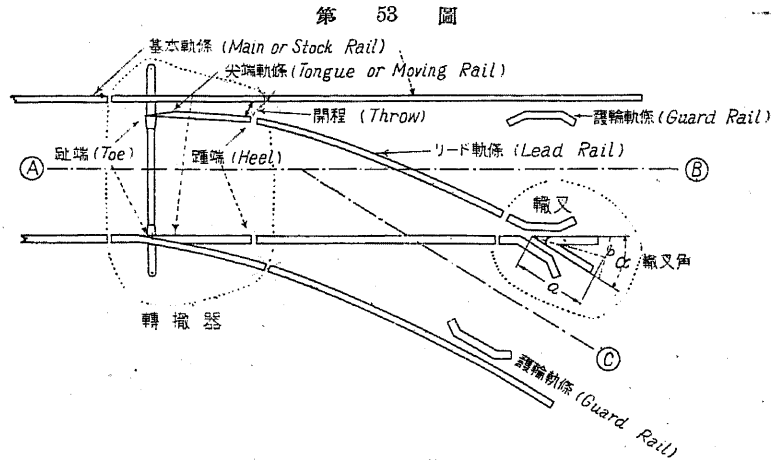


コンクリート床砂利軌道を前記のコンクリート床固定軌道に比して何れが良好なるかは、鐵道の如き列車回數の餘り多からざる所によりては、コンクリート床固定軌道は良好の如きも、市街軌道の如き運轉回數多き所にては弾力性を缺除せるため、軌條の波狀磨耗の原因ともなり適當ならず、改築を餘義なくせられた處が澤山ある。尙普通の鐵道にありても軌道の弾性に乏しき結果、軌條接目の如く大なる衝擊の加へられる所では軌道の狂ひは免れない、而して一旦狂ひを生じた時には之が整正が極めて困難である、概して建設の初期に於てはコンクリート固定道床は總べての點でコンクリート床砂利道床區間に勝り車輛の動搖も少きも、時を経るに従つて接目箇所の通り、軌間及び軌條枕木間に狂を生じ、車輛の左右動が大となつて乗心地を害すに至るが故に、斯る狂を生ぜざる様建設當時に於て特に重軌條を使用する等、最も堅牢なる構造になし置くを要する。

第十九章 分岐器

第一節 分岐器 (Turnout)

列車が一つの線より他線へ移換する設備である、簡單なる場合は分岐すべき軌條を他線の上に載せ、平時は取り外して置く。併しながら運轉回數が頻繁なるに従つて轉轍器及び轍叉((英)Point and Crossing, (米)Switch and Frog)を使用して常に線路に取り付けて置く。主要部分の名稱は次に示す通りである。



對向轉轍器及び背向轉轍器

列車が前圖にて (A) より (B) 又は (C) に向ふときは分岐器に對して對向なるにより之を對向轉轍器 (Facing point) と言ひ、又之に反して (B) 又は (C) より (A) に向ふときは背向轉轍器 (Trailing point) と稱する。後者は危險少きも前者は尖端軌條が基本軌條に不密着なるとき列車脱線等の危險を伴ふ故に、高速度列車の運轉線路には配線の上よりなるべく其數を少くすべく努力して居る。

轍叉角

前圖の分岐角度 α を轍叉角と言ふ。之を表すに圖の $\frac{a}{b}$ の比を以てし之を轍叉番號 (Frog number) と稱して、8:1 なるとき 8 番、10:1 なるとき 10 番と稱す。故に角度との關係は

$$\cot \frac{\alpha}{2} = \frac{a}{b/2} \quad \therefore \frac{\alpha}{2} = \cot^{-1} \frac{2a}{b}$$

8 番なるときは $\alpha = 2 \cot^{-1} 2 \times 8 = 2 \times 3^\circ 34' 35'' = 7^\circ 09' 10''$

其他の番號に對しては次表の通りである。

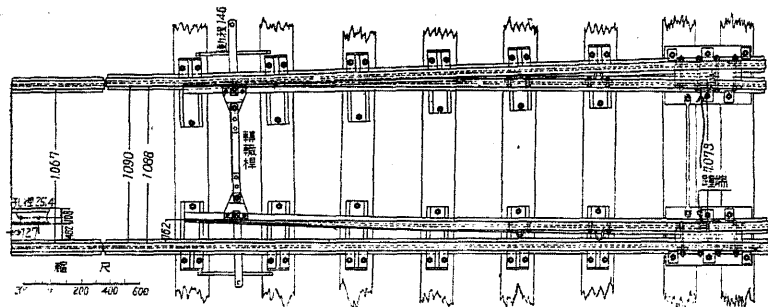
番 號	7 番	8''	9''	10''	12''	16''
角 度	8°10'18''	7°09'10''	6°21'35''	5°43'29''	4°46'19''	3°34'48''

第二節 轉轍器の構造

鐵道省規定のものは次圖の通りである。尖端軌條の踵端を回轉

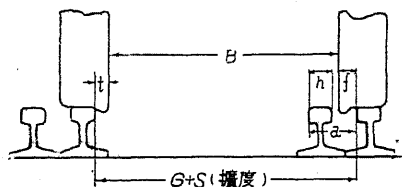
の中心として趾端に取り付けたる轉轍桿によつて開閉する。

第 55 圖



尖端軌條は直線になすと曲線に製作するとの二方法があるが、一般には直線式にして曲線式は鐵道省のものは 16 番分岐に採用せられて居るのみ。直線式は基本軌條と或る角度にて屈折する故此角度の小なる程圓滑に運轉し得る。此角度を小にするには尖端軌條を長くすると共に踵端の開程を小にすることであるが、長さ

第 56 圖



を増すときは尖端軌條の尖端を薄く加工するを要し従つて軌條を弱むることとなる。又踵端の幅は一定の限度がある。

$$a = f + h + \text{餘裕}$$

$$f = (G + S) - (t + B) = (1067 + 6) - (22 + 988) = 63^{mm}$$

$$37^{kg} \text{ 軌條は } a = 63 + 62.72 + \text{餘裕 } 6^{mm} \doteq 133^{mm}$$

即ち少くも 133^{mm} の間隔は必要である。此間隔に對して尖端

軌條の長さより角度を求むるときは次表の通りである。

轍叉番號	尖端軌條長	轍叉角 β	鐵道省形名稱
8番	3.658 ^m (12')	2°05'01"	36形 *
10	4.572 (15')	1°40'01"	45形
12	5.486 (18')	1°28'21"	54形
8	4.000	2°00'21"	4米形
10	5.000	1°36'16"	5米形
12	9.000	1°20'13"	6米形

曲線式は基本軌條との切點に於て角度が零なる故車輛は圓滑に通過することを得る、故に高速度列車を運轉する線に於ては此分岐を使用する。16 番轍叉に用ひる尖端軌條の長さは 6^m である。

曲線式は尖端軌條は薄くなつて強度薄弱になる故に、其部分の軌間を幾分廣くなし尖端を厚くす、この爲め入射角を生ずるも強度を増すためこの方法に因る。

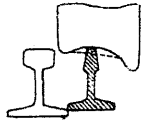
尖端軌條は先端に於て基本軌條より幾分高くして置く (57圖) 之は分岐線より本線に入る際に車輪の踏面の中央部が磨耗して居るときに基本軌條と尖端軌條との間を開く危険がある爲めである、併しながら之が爲め高速度列車に對して衝動を與ふることは免れない。

又車輪が分岐器に入らんとする際に、車輪の方向を是正し、尖端軌條の磨耗を減じ、脱線の危険を少くする爲め、尖端軌條の前

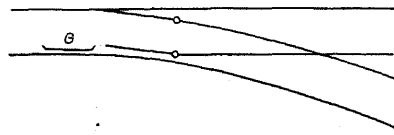
* 鐵道省にては轉轍器の形を云ひ表すに其長さに因り 3.658^m のものを 36 形と稱す。

頭に護輪軌條 G を設置する (58圖)。國有鐵道にては重要なる對向轉轍器及び曲線より分岐する本線路の轉轍器には使用することになつて居る。

第 57 圖



第 58 圖

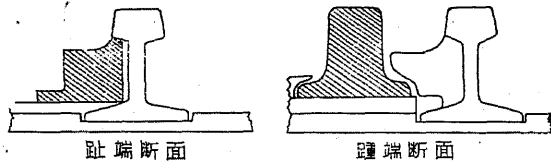


帽子形尖端軌條

尖端軌條は普通の軌條を加工するも、尖端は薄く強度薄弱にして、毀損變形し易く保守勞力多大にして、且つ基本軌條より前記の通り幾分高くなしある爲め、普通車輪が此部分を通過する際は、尖端軌條のみ車重を受くることゝなる、之に對して先端軌條は車輪の當る面狹小なるが爲め、車輛の動搖を惹起することが大である。

之に對して獨逸で尖端軌條に特種の帽子形を使用して居るのに倣ひ、國有鐵道も之を製作試験せるに、成績良好にして所期の目的を達せるにより、順次此設計に代らんとする傾向がある。

第 59 圖



此設計は 59 圖の如く腹部を厚くなし縦横共強度を増加した帽子形で、只重

量並びに動程増大するが爲め之に對して特種の構造を用ひて軸部にボール入れ軸承を使用したものである。

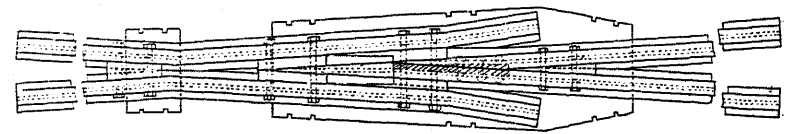
第三節 轍叉の構造

轍叉も其交點を直線になす場合と曲線になす場合とがある。

直線形は多く使用せられる (60 圖)、曲線形には一本が直線にして他が曲線なるものと二本共曲線のものがあり、直線形よりリードの半徑を大になし得る利點あるも直線形の如く何れの場合にも使用せらるゝ融通性を缺如して居る。

轍叉の鼻端部は肉薄く弱きが故に車輪の之に撃衝するを防止する爲め、(1) 翼軌條より幾分低め置くもの、(2) 鼻端軌條を水平になし翼軌條を高むるもの、(3) 其中間を行くもの、とあるも一般には (1) の種類である。

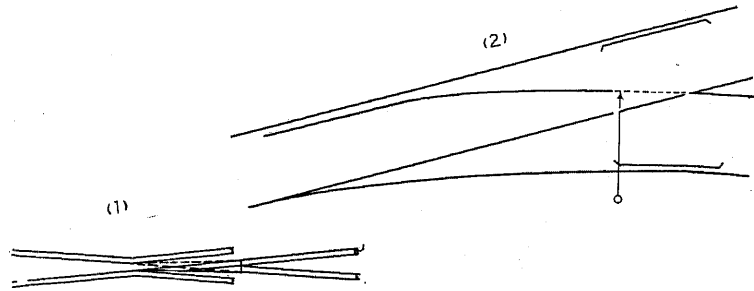
第 60 圖



轍叉の交叉點に於て軌條は落ち込みとなる、而して交叉角の小なる程其間隙は長くなり、此の間隙大なるほど列車に激衝を與ふる事大なる故に之を避くる爲め、轍叉の先端を可動となし、基本軌條に連ならしむるものあり、之を可動形轍叉と言ひ之に對し普通のものを固定轍叉と呼んで居る。

可動形にも二種類あり(1)轍又の先端を動かすものと、(61圖1)
(2)尖端の軌條を動かすものがある。(61圖2)

第 61 圖



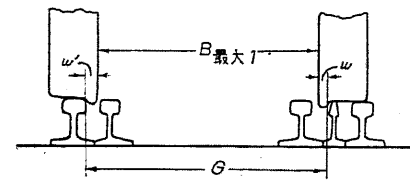
(1) のものは之を動かすにスプリングによるものと、桿によりて人力によるものがあり、前者は列車の方向が一定したるときに用ひられる。人力によるものは轉轍器と聯動する事を要する。

可動式 (2) は鐵道省の 16 番轍又の設計にて、所々に使用中にして良好の成績を擧げて居る。16 番分岐器としての成績を掲ぐるときは、16 番分岐は普通分岐器に比して敷設費 15~39% を増加し廣き用地を要するも、轍又部の落込みを完全に除去し得るが故に、列車の動搖を甚しく減少せしめ保守に容易なるのみならず曲線半徑を大ならしめ得るにより規定のスラックを附することも出来る。又今迄の軌條の磨耗状態より考察するときは約 3 倍以上も耐久年限を延長し得られる。

護輪軌條

固定轍又の落ち込み個所の反對の兩側には護輪軌條を設置す

る、車輪が此間隙にて不正方向へ進入せられんとするのを、反對側の車輪により護輪せられて、正當方向に導き入れられるに必要な設備である。又可動轍又の場合も此個所は弱き部分なるを以て、同様に之を必要とする。又固定轍又鼻端に於ては翼軌條を設け、其間隔は次の通りである。



$$w = \{G - (B + w')\} + \text{餘裕}$$

$$= 1067 - (994 + 38)$$

$$+ \text{餘裕 } 11^{mm}$$

$$= 35 + 11 = 46^{mm}$$

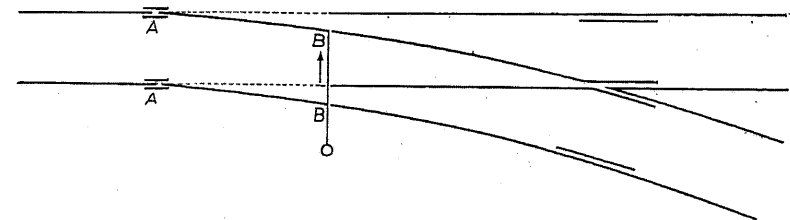
第 62 圖

第四節 分岐器の特殊種類

前記の尖端轉轍器は一般に用ひられるも次に示す簡單なるものを用ひることがある。

(1) スタツブスウツチ (Stub-switch)

第 63 圖



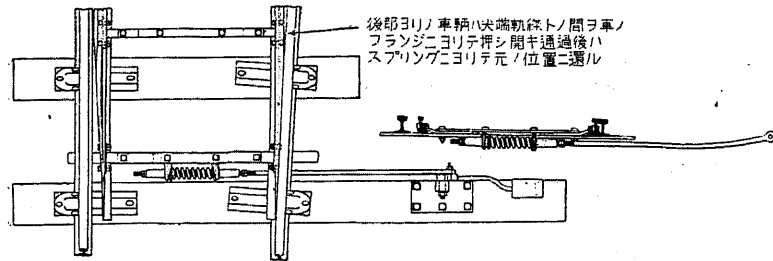
軌條の一端 A を蝶番になし、他端 B を移動して分岐線に連續せしむるものなるも、踵端に於ける間隙が温度の變化、又は軌條匍進の爲め狂ひを生ずることがあり確實形を缺く點より、重要

なる線路には用ひられない。

(2) スプリングスウッチ (Spring-switch)

轉轍器を動かすには人力又は器械力によるも列車の方向一定するとき、スプリングにより尖端軌條を常に本線にのみ密着せしめ置き、次に列車が分岐線より本線へ出づるときは尖端軌條を押し開く、該軌條は列車通過後にスプリングによりて再び元の位置に密着せしむるものにして、本線より分岐線へ列車が入ることなき場合に用ひ、市街軌道にて屢々用ひられる。

第 64 圖



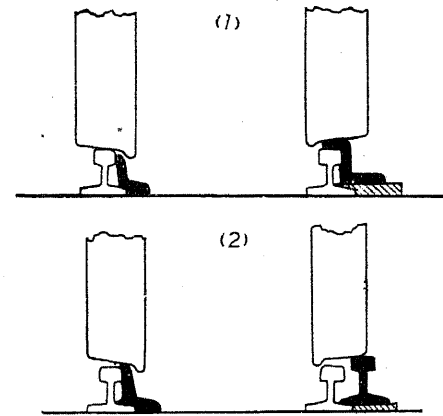
(3) 乗越分岐器又は遷移分岐器

本分岐器は本線軌條に何等工作することなく設計したるものなるを以て、本線の強度を保持し得るにより、稀に用ふる分岐、又は事故防止の爲めに設置する避難側線分岐に用ひて適當のものである。

乗越分岐は轉轍器、轍又よりなり、轉轍器は乗越方法による、此方法に二方法がある、(1) 一側の尖端軌條は本線軌條の外側に設置し軌條の上に乗せ (65圖(1))、車輪を漸次高所に導き車の輪

縁が本線軌條に何等觸ることなきに至つて乗越へをなさしむるものである。(2) は乗越へ軌條も普通の軌條と同様のものを用ひ、唯分岐側軌條の外側に接する様に設置し (65圖2) 先端より漸次高めて、車輪の外縁を此軌條に載せ、以て無事本線軌條を乗越へしむるものにして、車輪踏面の幅の大なる場合に適する。ホワートンスウッチ (Wharton-switch) は此ものである。

第 65 圖



又轍又は本線軌條には何等切斷部を設けず、本線軌條上を乗り越へしむるものにして、固定式と可動式との二つある。

固定式は轉轍器に高められたる儘にて轍又部に至る、此部分の本線軌條に當る部は切斷しあるも車は本線軌條の上面を車輪の突縁にて通過する、轍又の他側軌條には護輪軌條を設ける。

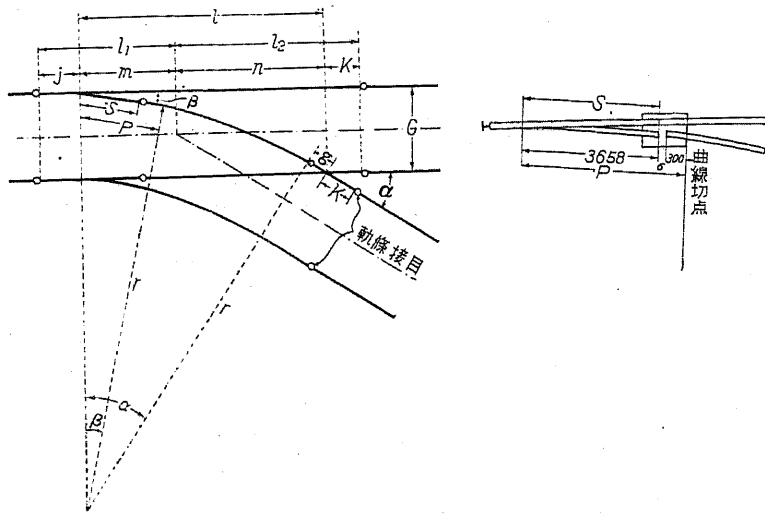
可動式は本線軌條と交叉する軌條部分丈け一端を蝶番となし、車輪の通過の際は本線軌條の上に乗せ平時は他へ移動し置く、従つて軌條は落込みを有せず、平滑なる運轉をなし得るものである。

第五節 分岐器の寸法

(1) 片開分岐

尖端軌條及轍叉の直線の場合。最も普通の場合にて鐵道省規定の大部分は此式である。

第 66 圖



$$G - p \sin \beta - g \sin \alpha = r \cos \beta - r \cos \alpha$$

$$r = \frac{G - p \sin \beta - g \sin \alpha}{\cos \beta - \cos \alpha}$$

$$l = p \cos \beta + r(\sin \alpha - \sin \beta) + g \cos \alpha$$

$$n = \frac{G}{2} \cot \frac{\alpha}{2}$$

$$m = l - n$$

例 8 番分岐器

$$p = \text{尖端軌條長} + \text{接目} + \text{床板長} = 3658 + 6 + 300 = 3964^{mm}$$

$$g = 1285 + \text{接目} 6 = 1291^{mm}$$

$$G = 1067^m$$

$$\alpha = 7^\circ 09'$$

$$\beta = 2^\circ 05' 01''$$

$$r = \frac{1067 - 3964 \times 0.0363578 - 1291 \times 0.1244674}{0.9993388 - 0.9922237} = 107,122 \approx 107,100^{mm}$$

$$l = 3,964 \times 0.9993388 + 107,100 \times 0.0881096 + 1,291$$

$$\times 0.9922237 = 14,678^{mm}$$

國有鐵道分岐器各部寸法は次表の通りである。

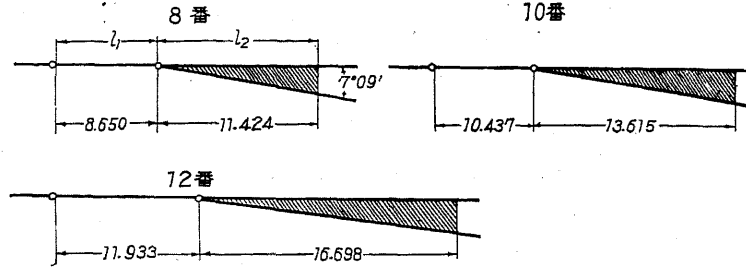
轍叉號	α	β	S	r	l	n
6	9°32'	2°32'27"	3.000	80.0	10.838	6.398
8	7°09'	2°05'01"	3.658	107.1	14.678	8.539
10	5°43'	1°40'01"	4.572	162.6	18.193	10.685
12	4°46'	1°23'21"	5.486	243.2	21.988	12.818
8	7°09'	2°00'21"	4.000	104.2	14.974	8.539
10	5°43'	1°36'17"	5.000	160.1	18.612	10.685
12	4°46'	1°20'13"	6.000	223.5	22.148	12.818
16	3°35'	0	6.000	526.6	26.395	17.055
轍叉號	m	j	k	l_1 (m+j)	l_2 (n+k)	形式
6	4.440	m	m	m	m	30°/m 3種
8	6.139	2.511	2.885	8.650	11.424	36形
10	7.508	2.929	2.930	10.437	13.615	45形
12	9.170	2.763	3.880	11.933	16.698	54形
8	6.435					4米形
10	7.927					5米形
12	9.330					6米形
16	9.340					

圖中の j, k は分岐器に附屬せる軌條の長さにして之を加へて分岐器は一組となる。

停車場内線路の配列は軌道中心線を以て表す。従つて分岐器も

中心線を以て表はし、前表 l_1 及び l_2 の位置を記入する。即ち之の丈けが分岐器の長さを示すものである。

第 67 圖



(2) 兩開分岐

分岐器内の列車速度はリード曲線にて支配せらる故に此半徑を大ならしむる爲めに兩開き分岐器を用ふることあり、斯くするときには半徑を倍大になすことが出来る。

$$68 \text{ 圖にて } \frac{G'}{2} - b - g \sin \frac{\alpha}{2} = r \left(\cos \frac{\beta}{2} - \cos \frac{\alpha}{2} \right)$$

$$\therefore r = \frac{\frac{G'}{2} - b - g \sin \frac{\alpha}{2}}{\cos \frac{\beta}{2} - \cos \frac{\alpha}{2}}$$

$$l = p \cos \frac{\beta}{2} + r \left(\sin \frac{\alpha}{2} - \sin \frac{\beta}{2} \right) + g \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$m = l - \frac{G}{2} \operatorname{cosec} \frac{\alpha}{2}$$

例 分岐器 8 番の場合

$$G' = \text{軌間} + \text{スラック} \\ = 1067 + 22 = 1090^{mm}$$

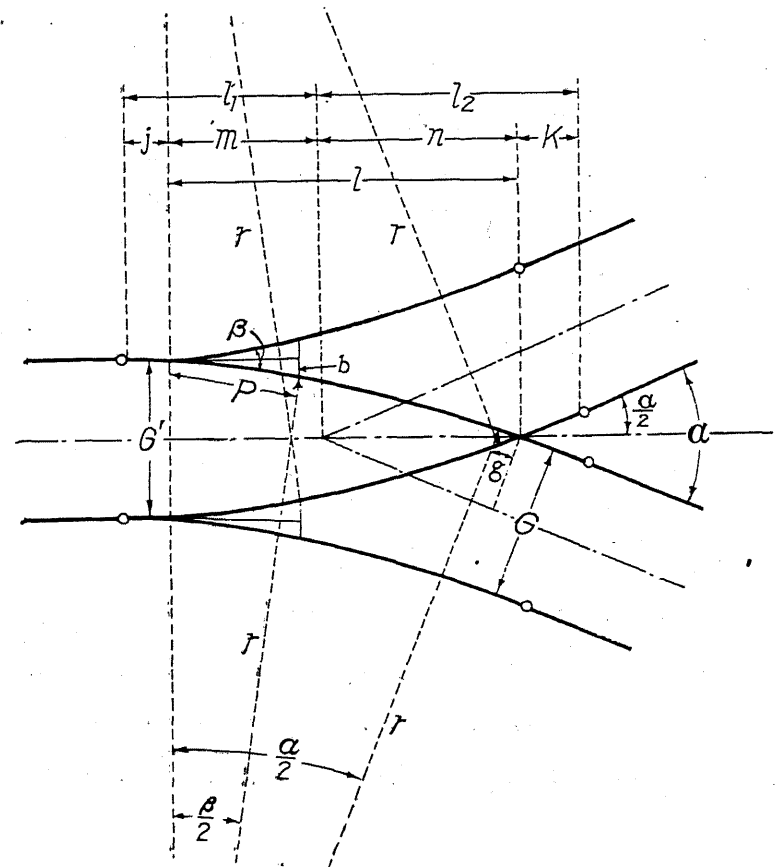
$$g = 1291^{mm} \quad \alpha = 7^\circ 09'$$

$$\text{尖端軌條長} = 3658^{mm} \quad \text{開程} = 75^{mm} \quad p = 3964^{mm}$$

$$\sin \frac{\beta}{2} = \frac{75}{3658}, \quad \frac{\beta}{2} = 1^\circ 10.5' \quad \frac{b}{3964} = \frac{75}{3658}$$

$$\therefore b = 81.274^{mm} \quad r = \frac{\frac{1090}{2} - 81.274 - 1291 \times \sin 3^\circ 34.5'}{\cos 1^\circ 10.5' - \cos 3^\circ 34.5'} = 220.8^m$$

第 68 圖

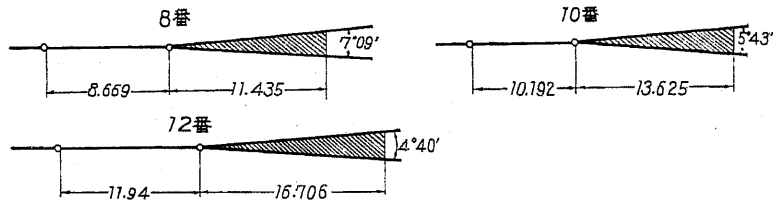


國有鐵道兩開分岐寸法

轍番	又號	r	l	n	m	j
8		220.800 ^m	14.492 ^m	8.556 ^m	5.936 ^m	2.733 ^m
10		335.400	17.961	10.699	7.262	2.930
12		501.900	21.689	12.829	8.860	3.085

轍番	又號	lc	l ₁ (m+j)	l ₂ (n+k)	形式
8		2.879 ^m	8.669 ^m	11.435 ^m	36形
10		2.926	10.192	13.625	45"
12		3.877	11.945	16.706	54"

第 69 圖



リード曲線

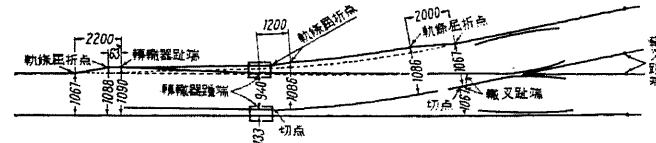
轉轍器と轍又との間にある曲線をリード曲線と稱し此半徑rは上表及び 113頁 表より知る。而して此處は軌條の高度は附し得られず、従つて列車の速度は制限せらるゝことゝなる。國有鐵道の規定許容速度又兩開さにて高度なき場合は次の通りである。

No. 8 (片開)	25 km/h	No. 8 (兩開)	45 km/h
10 (")	35 "	10 (")	50 "
12 (")	45 "	12 (")	60 "
16 (")	60 "		

リード曲線内の擴度

固定軸距を有する車輛は此曲線通過の爲めに擴度を必要とする。鐵道省規定分岐器は何れの分岐器も 19^m の擴度を附し只其始點に於て多少の相違があるのみである。

第 70 圖



第六節 急傾斜の線路結び方

停車場の線路群に於て線路の有効長を増加せんとせば轍又角の大なる分岐器を使用して線路の傾斜を急になすことを要する。然れども轍又角大なるときは半徑は小となる故に斯る際は普通の分岐器を用ひて轍又を過ぎたる後に猶ほ曲線を挿入し傾きを大になす方法を用ふ、次圖 α は轍又角、θ は線路の傾である。

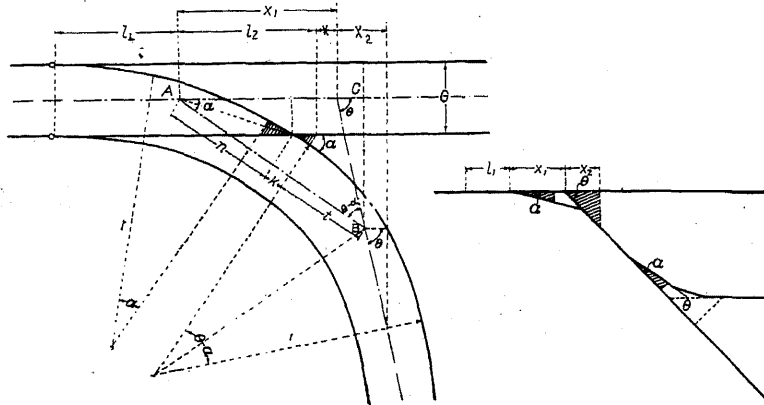
此の關係を計算するときは次の通りである。

$$t = \left(r - \frac{G}{2} \right) \tan \frac{1}{2} (\theta - \alpha) \quad n = \frac{G}{2} \cot \frac{\alpha}{2}$$

$$\frac{AC}{AB} = \frac{\sin(\theta - \alpha)}{\sin(180^\circ - \theta)}, \text{ 又は } \frac{l_2 + X}{n + k + t} = \frac{\sin(\theta - \alpha)}{\sin \theta}$$

$$X_1 = l_2 + X = \frac{(n+k+t) \sin(\theta - \alpha)}{\sin \theta}$$

$$X_2 = AB \cos \alpha + t \cos \theta - X_1 = (n+k+t) \cos \alpha + t \cos \theta - X_1$$



第 72 圖

第 71 圖

例 線路の傾斜を 7 番の角度とし、之に 8 番の分岐器を用ふる
とき X_1, X_2 を求む。

$$\alpha = 7^\circ 09' 10'' \text{ (No. 8)} \quad \theta = 8^\circ 10' 16'' \text{ (No. 7)}$$

$$n = \frac{G}{2} \cot \frac{\alpha}{2} = \frac{1.067}{2} \cot 3^\circ 34' 35'' = 8.53592$$

$$k = 2.885 \quad r = 107.100$$

$$t = \left(r - \frac{G}{2}\right) \tan \frac{1}{2}(\theta - \alpha) = \left(107.100 - \frac{1.067}{2}\right) \tan \frac{1}{2}(1^\circ 01' 06'')$$

$$= 0.94705$$

$$X_1 = \frac{(8.53592 + 2.88500 + 0.94705) \times 0.01778}{0.14218} = 1.54719$$

$$X_2 = 12.86797 \times 0.99222 + 0.94705 \times 0.98985 - 1.54717 = 11.66202$$

今異なる α 及び θ に對する l_1, X_1, X_2 を求むるときは次表の通りである。

轍叉番號 (α)	傾斜 (θ)	l_1	X_1	X_2
8	6	8.650	3.420	12.298
8	7	8.650	1.547	11.660
10	6	10.437	7.615	16.598
10	7	10.437	5.123	15.277
10	8	10.437	3.126	14.419

傾斜 θ は轍叉番號にて表す

第七節 曲線より分岐する場合

(I) 尖端軌條曲線, 轍叉曲線

73 圖に於て

$$\frac{\sin COB}{\sin CO_1} = \frac{r + \frac{G}{2}}{R - r}$$

$$\therefore \sin COB = \frac{r + \frac{G}{2}}{R - r} \sin CO_1 = \frac{r + \frac{G}{2}}{R - r} \sin \alpha$$

$$l = \left(R - \frac{G}{2}\right) \sin COB = \frac{\left(R - \frac{G}{2}\right) \left(r + \frac{G}{2}\right) \sin \alpha}{R - r}$$

$$\cos \alpha = \frac{\overline{oc}^2 + \overline{o_1c}^2 - \overline{o_1o}^2}{2 \cdot \overline{oc} \cdot \overline{o_1c}} = \frac{\left(R - \frac{G}{2}\right)^2 + \left(r + \frac{G}{2}\right)^2 - (R - r)^2}{2 \left(R - \frac{G}{2}\right) \left(r + \frac{G}{2}\right)}$$

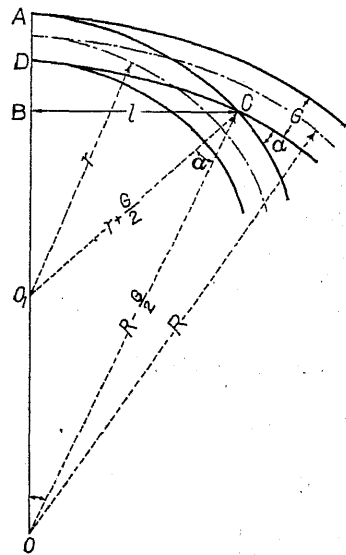
$$= \frac{2Rr - (R - r)G + \frac{G^2}{2}}{2 \left\{ Rr + (R - r) \frac{G}{2} - \frac{G^2}{4} \right\}}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{\sqrt{\{2(R - r)G - G^2\}Rr}}{\left(R - \frac{G}{2}\right) \left(r + \frac{G}{2}\right)}$$

$$l = \frac{\left(R - \frac{G}{2}\right)\left(r + \frac{G}{2}\right)\sqrt{\{2(R-r)G - G^2\}Rr}}{\left(R - \frac{G}{2}\right)\left(r + \frac{G}{2}\right)(R-r)}$$

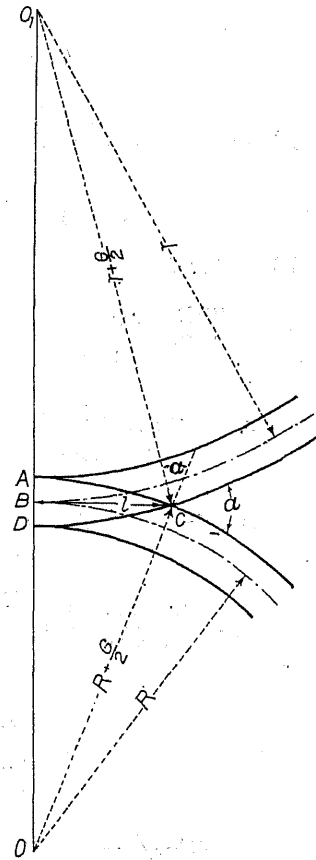
$$= \frac{\sqrt{\{2(R-r)G - G^2\}Rr}}{R-r} = \frac{\sqrt{\{2(R-r) - G\}GRr}}{R-r}$$

同一方向の場合



第 73 圖

反対方向の場合



第 74 圖

74 圖に於て

$$\frac{\sin COO_1}{\sin OCO_1} = \frac{r + \frac{G}{2}}{R + r}$$

$$\sin COO_1 = \frac{r + \frac{G}{2}}{R + r} \sin (180^\circ - \alpha) = \frac{r + \frac{G}{2}}{R + r} \sin \alpha$$

$$l = \left(R + \frac{G}{2}\right) \sin COO_1 = \frac{\left(R + \frac{G}{2}\right)\left(r + \frac{G}{2}\right)}{R + r} \sin \alpha$$

$$\cos \alpha = \cos (180^\circ - \alpha) = \frac{oc^2 + o_1c^2 - o_1o^2}{2 \cdot oc \cdot o_1c}$$

$$= \frac{\left(R + \frac{G}{2}\right)^2 + \left(r + \frac{G}{2}\right)^2 - (R+r)^2}{2\left(R + \frac{G}{2}\right)\left(r + \frac{G}{2}\right)} = \frac{(R+r)G + \frac{G^2}{2} - 2Rr}{2\left(R + \frac{G}{2}\right)\left(r + \frac{G}{2}\right)}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{\sqrt{\{2(R+r)G + G^2\}Rr}}{\left(R + \frac{G}{2}\right)\left(r + \frac{G}{2}\right)}$$

$$l = \frac{\left(R + \frac{G}{2}\right)\left(r + \frac{G}{2}\right)\sqrt{\{2(R+r)G + G^2\}Rr}}{\left(R + \frac{G}{2}\right)\left(r + \frac{G}{2}\right)\left(r + \frac{G}{2}\right)}$$

$$= \frac{\sqrt{\{2(R+r)G + G^2\}Rr}}{R+r} = \frac{\sqrt{\{2(R+r) + G\}GRr}}{R+r}$$

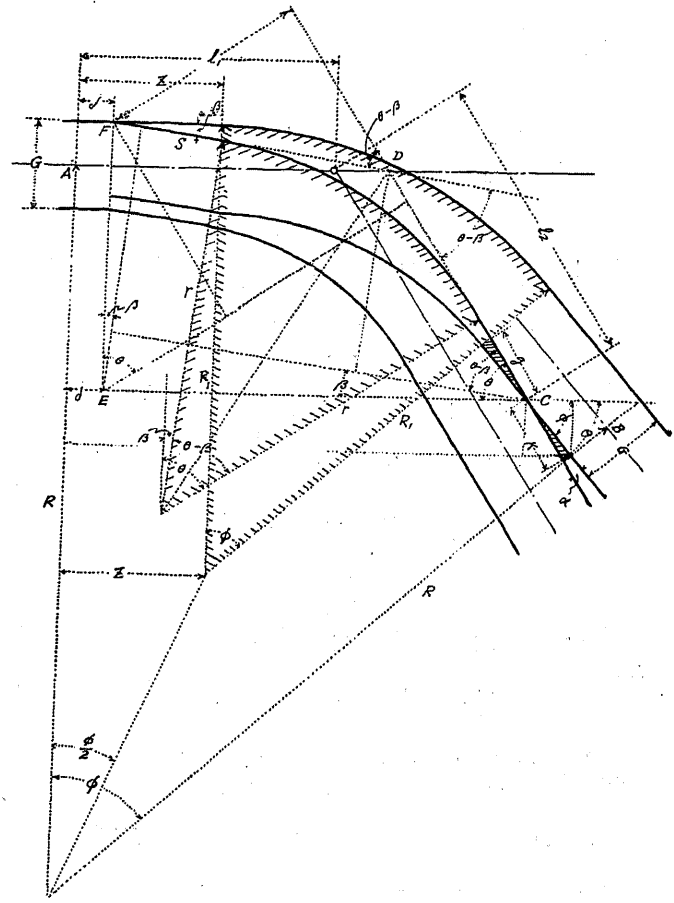
(II) 曲線軌道より直線分岐器にて分岐する場合

(1) 曲線と同方向分岐

直線分岐器を以て半径 R なる曲線より分岐せんとするに \widehat{AB} は分岐に必要な曲線長となし、此中轉轍器轍叉に相當する部分に直線部を作り其間に半径 R_1 なる曲線を入れる。

直線は轉轍器長さ $Z = j + s \cos \beta$ 又は轍叉長 $g + k$ の何れかの内長さ大なる方を探る。

第 75 圖



$$\phi = \frac{AB \times 180^\circ}{R\pi}$$

$$R_1 = R - Z \cot \frac{\phi}{2} + \frac{G}{2}$$

$$EC = \left(R - \frac{G}{2} \right) \sin \phi - K \cos \phi - j$$

$$EF = R - \left(R - \frac{G}{2} \right) \cos \phi - K \tan \phi + \frac{G}{2}$$

$$CD = \frac{EF \cos \beta - EC \sin \beta}{\sin (\theta - \beta)}$$

$$FD = \frac{EC \sin \theta - EF \cos \theta}{\sin (\theta - \beta)}$$

$$r = (DC - g) \cot \frac{1}{2} (\theta - \beta) \quad \text{又は} \quad r = (FD - S) \cot \frac{1}{2} (\theta - \beta)$$

r の値はこの二式の内小なる方をとる。

尙ほ現場設定の上 l₁, l₂ を求むる。

$$l_1 = j + EC - \left(EF - \frac{G}{2} \right) \cot \theta - \frac{G}{2} \operatorname{cosec} \theta$$

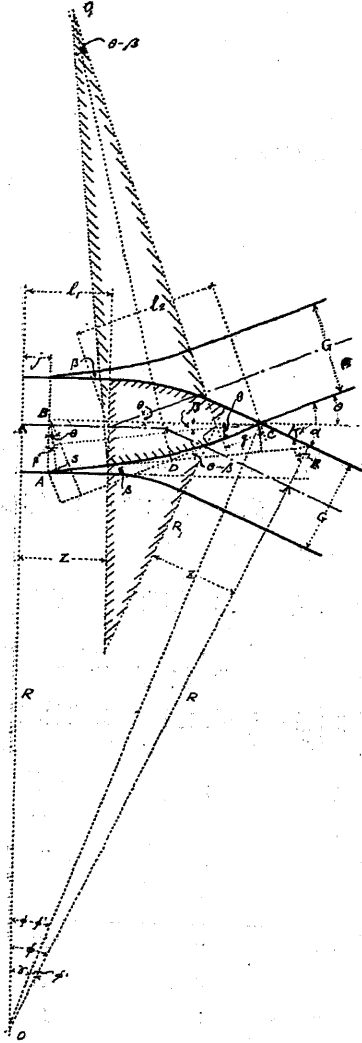
$$l_2 = \left(FE - \frac{G}{2} \right) \operatorname{cosec} \theta + \frac{G}{2} \cot \theta$$

上記曲線より分岐する場合分岐器リード軌條の半径は自然短少となる故に之を許容半径丈けになされなければならない。夫が爲めには逆に計算して φ なる角は之に應じたる角度なるを要する。

國有鐵道にて設計せる曲線中の分岐曲線の半径並に基準曲線の縮少半径

轍叉番號	基準曲線 半径 (R)	直線分岐器		曲線分岐器	
		基準曲線 半径 (R ₁)	分岐曲線 半径 (r)	基準曲線 半径	分岐曲線 半径
10	300 ^m	150 ^m	78 ^m	300 ^m	128 ^m
	400	205	90	400	144
	500	257	98	500	153
	600	308	105	600	161
12	300	158	95	300	155
	400	210	112	400	178
	500	263	125	500	195
	600	316	136	600	207

は前表の長さである。尙曲線分岐器を用ふるときは表の右記の通り著しく分岐曲線の半徑を增大し得る。



第 76 圖

(2) 曲線と反対方向に分岐

BC を普通分岐器リード軌條の長さとなし曲線中に二個所 Z なる直線部を置き其間を R_1 なる曲線にて連結する。

$$\tan \phi' = \frac{K}{R + \frac{G}{2}}$$

$$oc = \left(R + \frac{G}{2}\right) \sec \phi'$$

$$= \sqrt{\left(R + \frac{G}{2}\right)^2 + K^2}$$

$$\sin(\phi - \phi') = \sin \gamma = \frac{BC + j}{OC}$$

$$AB = oc \cos(\phi - \phi') - \left(R - \frac{G}{2}\right)$$

$$CD = \frac{AB \cos \beta - BC \sin \beta}{\sin(\theta - \beta)}$$

$$AD = \frac{BC \sin \theta - AB \cos \theta}{\sin(\theta - \beta)}$$

$$= \frac{BC - CD \cos \theta}{\cos \beta}$$

$$r = (AD - S) \cot \frac{1}{2}(\theta - \beta)$$

又は $r = (CD - g) \cot \frac{1}{2}(\theta - \beta)$

r は此内小なる方を探る。

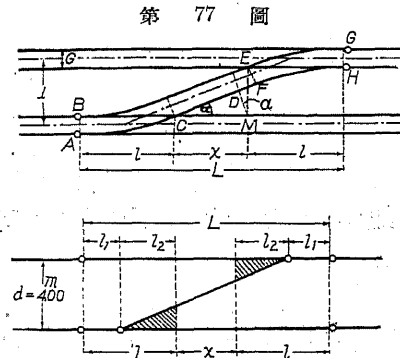
$$l_1 = (BC + j) - \frac{G}{2} \operatorname{cosec} \theta - \left(AB - \frac{G}{2}\right) \cot \theta$$

$$l_2 = \frac{G}{2} \cot \theta + \left(AB - \frac{G}{2}\right) \operatorname{cosec} \theta$$

第八節 亘線 (Crossover)

(I) 直線亘線

二線間を連結するものにして、最も普通のものは一番号の轍叉を使用して轍叉踵端間は直線にて連結するのである。



第 77 圖

$$CM \sin \alpha = DM = EM \cos \alpha - G$$

$$= (d - G) \cos \alpha - G$$

$$x = \frac{(d - G) \cos \alpha - G}{\sin \alpha}$$

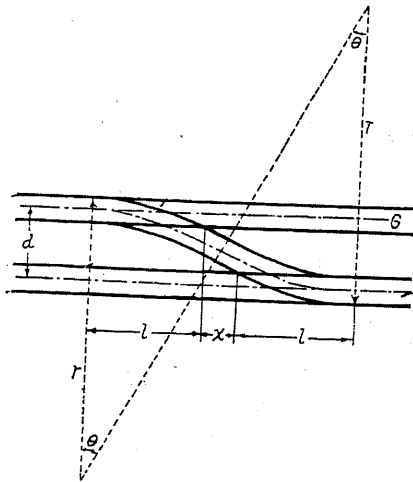
$$L = 2l + x,$$

例 $d = 4^m$, 8 番轍叉 $\alpha = 7^\circ 09'$
 $G = 1.067$

$$x = \frac{(4.00 - 1.067) \cos 7^\circ 09' - 1.067}{\sin 7^\circ 09'} = 14.808$$

轍叉番號	l_1	l_2	x	様式
8	8.650^m	11.424	14.808	36形
10	10.437	13.615	18.588	45形
12	11.938	16.698	22.334	54形

(II) 反向曲線を入れる場合



第 78 圖

$$\left(r - \frac{G}{2}\right)(1 - \cos \theta) = \frac{d}{2}$$

$$\therefore \cos \theta = \frac{2r - G - d}{2r - G} \dots\dots (1)$$

$$2l + x = 2\left(r - \frac{G}{2}\right) \sin \theta$$

$$x = (2r - G) \sin \theta - 2l \dots (2)$$

(1) 式より θ を求むるときは (2) 式を計算し得て x を知る。

(III) 曲線路中の亘線

二つの場合がある。轍叉角 α_2 が θ なる角度より大なる

か又は小なるかにより次の圖の如き場合を生ずる。上は α_2 が小なる場合、下は大なる場合である。

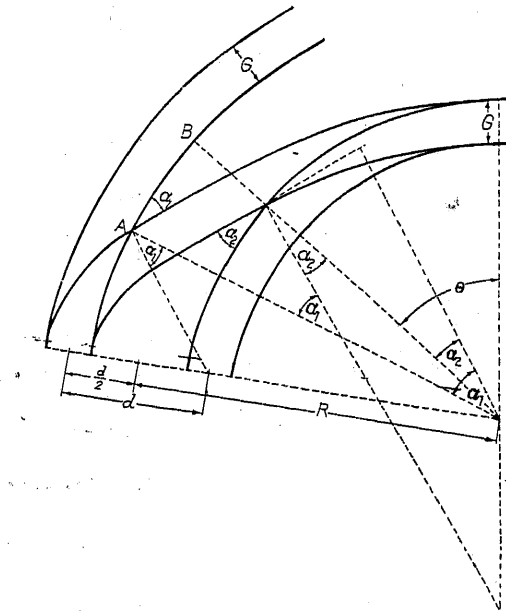
他の轍叉角 α_1 を任意に撰定するときは α_2 は計算より見出すことが出来る。

$$\left(R - \frac{d}{2} + \frac{G}{2}\right) \cos \alpha_2 = \left(R + \frac{d}{2} - \frac{G}{2} - G \operatorname{cosec} \alpha_1\right) \cos \alpha_1$$

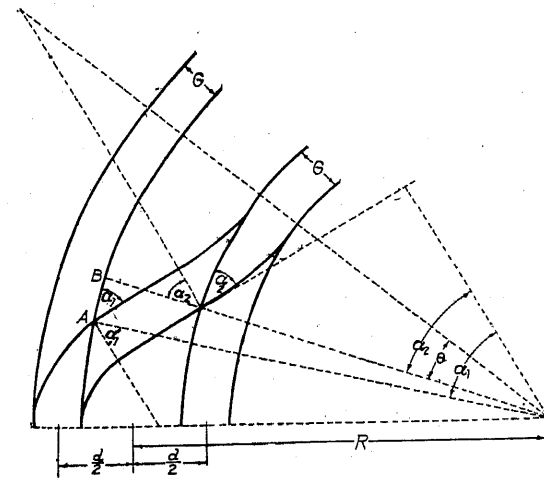
$$\alpha_2 = \cos^{-1} \frac{\left(R + \frac{d}{2} - \frac{G}{2} - G \operatorname{cosec} \alpha_1\right) \cos \alpha_1}{\left(R - \frac{d}{2} + \frac{G}{2}\right)}$$

轍叉間の距離

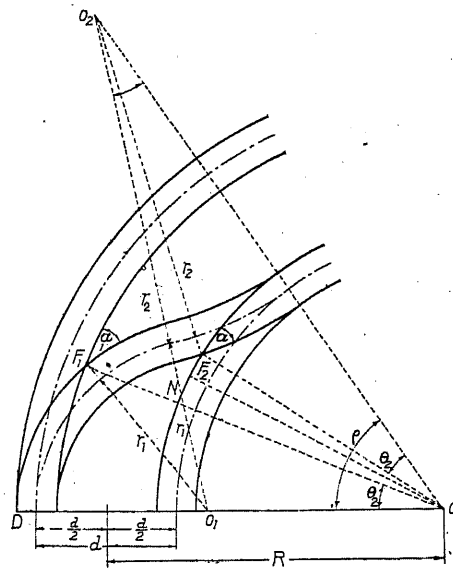
$$AB = 2\left(R + \frac{d}{2} - \frac{G}{2}\right) \sin \frac{1}{2}(\alpha_1 - \alpha_2)$$



第 79 圖



第 80 圖



第 81 圖

前記の α_1 は任意に撰定することが出来るが α_2 は標準軌叉角ならず自然に計算より出て来る軌叉角である。

若し 81 圖の如く反曲線を用ひて r_1 のリードレールに次の r_2 のリードレールが結び付く様になすときは

F_1, F_2 は或る範囲内にては欲する處の任意の標準軌叉を使用することが出来る。

$\triangle O_1O_2$ に於て

$$\cos \rho = \frac{\left(R + \frac{d}{2} - r_1\right)^2 + \left(R - \frac{d}{2} + r_2\right)^2 - (r_1 + r_2)^2}{2\left(R - \frac{d}{2} + r_2\right)\left(R + \frac{d}{2} - r_1\right)}$$

$$\text{又は } \text{vers } \rho = \frac{d\left(r_1 + r_2 - \frac{d}{2}\right)}{\left(R - \frac{d}{2} + r_2\right)\left(R + \frac{d}{2} - r_1\right)}$$

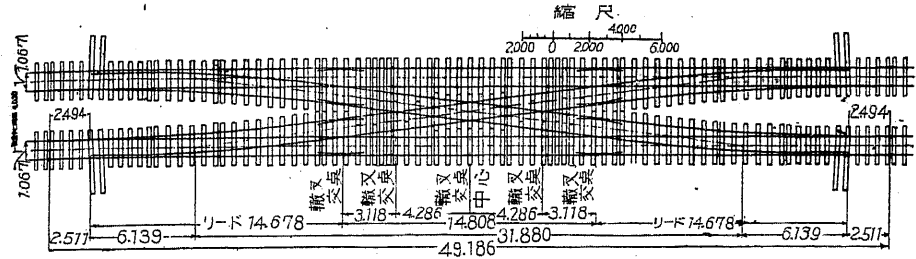
$$\sin \angle O_1O_2 = \frac{R + \frac{d}{2} - r_1}{r_1 + r_2} \sin \rho$$

$$\angle O_1O_2 = \rho + \angle O_1O_2$$

$$NF_2 = 2\left(R - \frac{d}{2} + \frac{G}{2}\right) \sin \frac{1}{2}(\rho - \theta_1 - \theta_2)$$

第九節 交叉亘線 (Scissor Crossing)

次圖の如き二個の亘線を交叉せしめたるものにして停車場構内の用地の狭少なるときに用ひて最も便利なる形にして、中央の交叉角は兩方の軌叉角の二倍となる。



第 82 圖

第十節 交叉 (Diamond Crossing)

二線路が交叉する場合に於て、角度の大小により軌叉の構造が固定なると、可動なるものになる。角度の小なる場合に軌叉個所の落ち込みの間隙は長くなる故、激衝が著しく従つて交叉角の個所を可動式となさねばならぬ、大體 8° 以下のものである。

(1) 直線と曲線の交叉計算

83 圖にて直線と曲線の中心線の交點と O とを結びたる線が水平となす角を θ とするときは

$$\cos \theta_1 = \frac{r \cos \theta + \frac{G}{2}}{r + \frac{G}{2}}, \quad \theta_2 = \frac{r \cos \theta - \frac{G}{2}}{r + \frac{G}{2}}$$

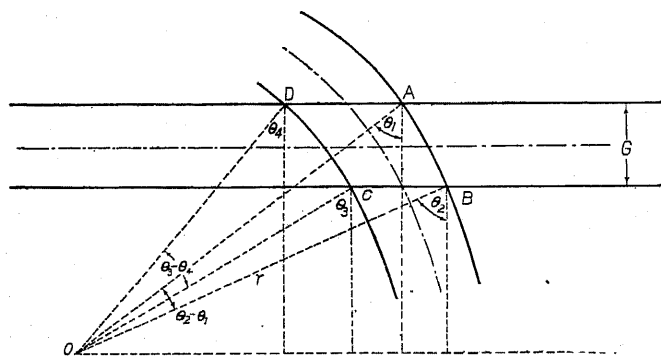
$$\cot \theta_3 = \frac{r \cos \theta - \frac{G}{2}}{r - \frac{G}{2}}, \quad \cos \theta_4 = \frac{r \cos \theta + \frac{G}{2}}{r - \frac{G}{2}}$$

$$AB = 2 \left(r + \frac{G}{2} \right) \sin \frac{1}{2} (\theta_2 - \theta_1)$$

$$DC = 2 \left(r - \frac{G}{2} \right) \sin \frac{1}{2} (\theta_3 - \theta_4)$$

$$BC = \left(r + \frac{G}{2} \right) \sin \theta_2 - \left(r - \frac{G}{2} \right) \sin \theta_3$$

$$AD = \left(r + \frac{G}{2} \right) \sin \theta_1 - \left(r - \frac{G}{2} \right) \sin \theta_4$$



第 83 圖

(II) 曲線と曲線の交叉計算

84 圖の $\triangle O_1OE$ にて

$$d = \frac{r_1 \sin \theta}{\sin O_1OE} = \frac{r \sin \theta}{\sin EO_1O}$$

$$O_1A = r_1 + \frac{G}{2}, \quad OA = r + \frac{G}{2}$$

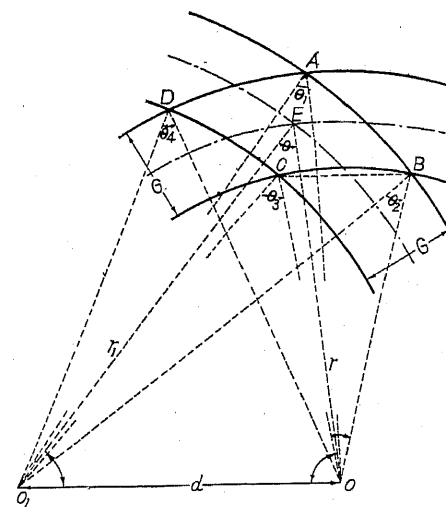
$$S = \frac{1}{2} (O_1A + OA + O_1O)$$

$$\sin \frac{1}{2} \theta_1 = \sqrt{\frac{\{S - (r + \frac{G}{2})\} \{S - (r_1 + \frac{G}{2})\}}{(r + \frac{G}{2})(r_1 + \frac{G}{2})}}$$

$$\sin \frac{1}{2} \theta_2 = \sqrt{\frac{\{S - (r - \frac{G}{2})\} \{S - (r_1 + \frac{G}{2})\}}{(r - \frac{G}{2})(r_1 + \frac{G}{2})}}$$

$$\sin \frac{1}{2} \theta_3 = \sqrt{\frac{\{S - (r - \frac{G}{2})\} \{S - (r_1 - \frac{G}{2})\}}{(r - \frac{G}{2})(r_1 - \frac{G}{2})}}$$

$$\sin \frac{1}{2} \theta_4 = \sqrt{\frac{\{S - (r + \frac{G}{2})\} \{S - (r_1 - \frac{G}{2})\}}{(r + \frac{G}{2})(r_1 - \frac{G}{2})}}$$



第 84 圖

$$\triangle O_1OB \text{ にて } \sin O_1OB = \frac{O_1B}{OO_1} \sin O_1BO = \frac{r_1 + \frac{G}{2}}{d} \sin \theta_2$$

$$\triangle CO_1O \text{ にて } \sin O_1OC = \frac{r_1 - \frac{G}{2}}{d} \sin \theta_3$$

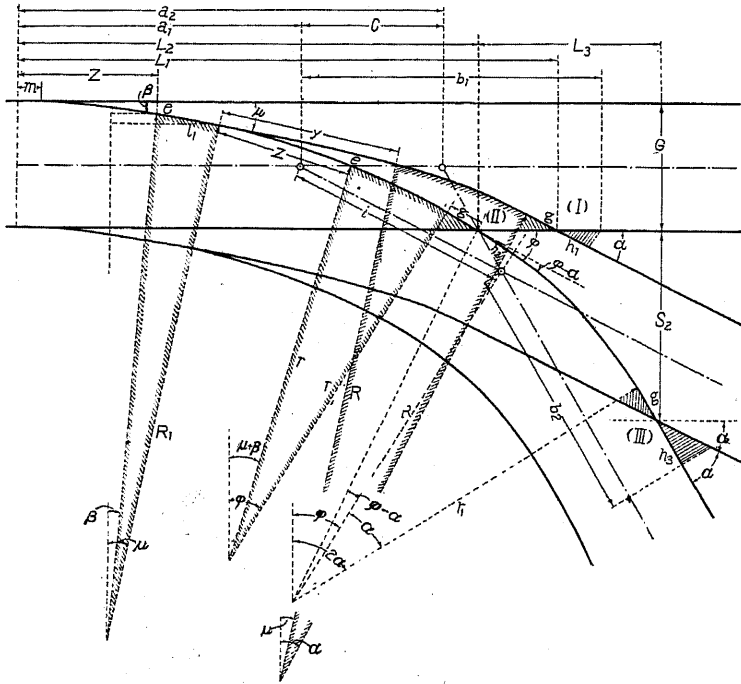
$$\angle COB = \angle O_1OB - \angle O_1OC$$

$$BC = 2 \left(r - \frac{1}{2} G \right) \sin \frac{1}{2} COB$$

即ち BC を求め得た。同様なる方法にて AD, AB, DC の長さを計算し得る。

第十一節 複分岐器 (Double Switch)

一線より両側に分岐し又は片側に2回分岐する時に初めの分岐



第 85 圖

器の内より直に分岐する構造のもので、停車場構内狹隘なる場合、數多の分岐器を取り付くるに便である。

(I) 片側分岐

第三線は第二線より分岐する。轍又は外方は同じきも、内方は稍鈍角度となる。

$$\mu = \beta + \frac{l_1}{R_1} \frac{180}{\pi}$$

$$L_1 = Z + R_1 (\sin \mu - \sin \beta) + y \cos \mu + R (\sin \alpha - \sin \mu) + g \cos \alpha \dots (1)$$

$$G = g \sin \alpha + R (\cos \mu - \cos \alpha) + y \sin \mu + R_1 (\cos \beta - \cos \mu) + e \dots (2)$$

(2) 式より R を知り (1) 式より L₁ を知ることが出来る。

$$\begin{aligned} \text{又 } L_2 = Z + R_1 (\sin \mu - \sin \beta) + Z \cos \mu - e \sin \mu \\ + r \{ \sin \varphi - \sin (\mu + \beta) \} + g \cos \varphi \dots (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G = g \sin \varphi + r \{ \cos (\mu + \beta) - \cos \varphi \} + e \cos \mu \\ + Z \sin \mu + R_1 (\cos \beta - \cos \mu) + e \dots (4) \end{aligned}$$

(4) 式にて φ に適當なる數を入れ g を定めて r を計算し (3) によりて L₂ を知る。

$$\begin{aligned} \text{次に } G = (L_1 - L_2) \sin \alpha + h_2 \sin (\varphi - \alpha) \\ + r_1 \{ \cos (\varphi - \alpha) - \cos \alpha \} + g \sin \alpha \dots (5) \end{aligned}$$

(5) 式によりて r₁ を計算し得、(III) の位置は S₂ と L₃ によりて知ることを得る。

$$S_2 = h_2 \sin \varphi + r_1 (\cos \varphi - \cos 2\alpha) + g \sin 2\alpha$$

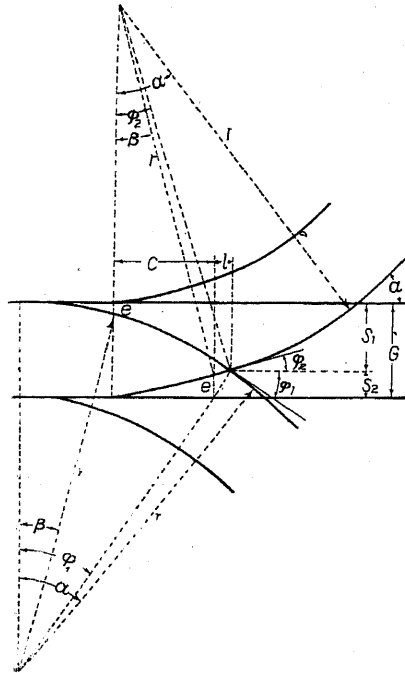
$$L_3 = h_2 \cos \varphi + r_1 (\sin 2\alpha - \sin \varphi) + g \cos 2\alpha$$

中心線の位置を定むるに

$$a_1 = L_1 - \frac{G}{2} \cot \frac{\alpha}{2}$$

$$\begin{cases} a_2 = L_2 + L_3 - S_2 \cot 2\alpha - \frac{G}{2} \cot \alpha \\ e = a_2 - a_1 \\ i = 2C \cos \alpha \\ b_1 = L_1 - a_1 + h_1 \\ b_2 = \frac{G}{2} \cot \frac{\alpha}{2} + h_3 \end{cases}$$

(II) 兩側分岐



第 86 圖

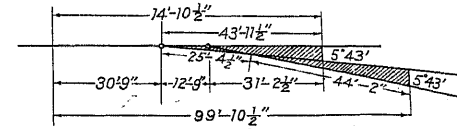
$$\left. \begin{aligned} c+l &= r(\sin \varphi_1 - \sin \beta) \\ l &= r(\sin \varphi_2 - \sin \beta) \\ S_1 &= e + \\ & r(\cos \beta - \cos \varphi_1) \\ S_2 &= e + \\ & r(\cos \beta - \cos \varphi_2) \end{aligned} \right\} (1)$$

(1) 式より φ_1, φ_2 を見出すときは

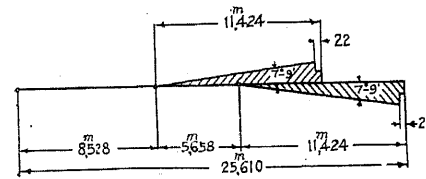
$$\begin{aligned} \cos \varphi_1 &= \frac{m}{2} - \sqrt{\frac{n^2}{n^2+m^2} - \frac{n^2}{4}} \\ \cos \varphi_2 &= \frac{m}{2} + \sqrt{\frac{n^2}{n^2+m^2} - \frac{n^2}{4}} \\ n &= \frac{c}{r}, \\ m &= 2 \cos \beta - \frac{G-2e}{r} \end{aligned}$$

(III) 複分岐器寸法

鐵道省 30° 軌條片側複分岐器の寸法は 87 圖にて示すものである。



第 87 圖



第 88 圖

又 30° 軌條兩側複分岐器の寸法は 88 圖にて示すものにして何れも操車驛の設計に用ひて便である。

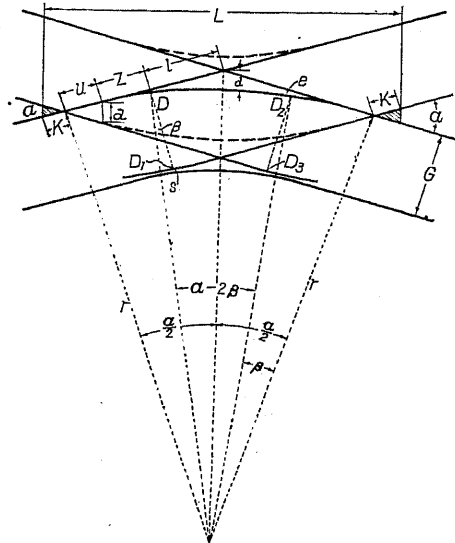
第十二節 スリップスウッチ Slip-switch

線路が鋭角度にて交叉して且つ一方の線路より他の線路に亘り得る設備にして、之には一方向より他線に亘り得るものと、又兩方より何れの方へも亘り得るものがある。前者を Single Slip-switch, 後者を Double Slip-switch と稱する。

89 圖は Single Slip の軌條の配置にして、點線を入るときは double slip となる。

尖端軌條の始點 u の長さは a の適當の幅がなければならぬ而して次の關係がある。

$$u \geq \frac{a}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \quad l \leq \frac{G}{\sin \alpha} - (u+Z)$$



第 89 圖

$$r = \frac{2l}{\frac{\alpha - 2\beta}{180} \pi}$$

r を定むるに之に應じたる數を採る。

$$d = \frac{r(\cos \beta - \cos \frac{\alpha}{2}) + e}{\cos \frac{\alpha}{2}}$$

$$l = r(\sin \frac{\alpha}{2} - \sin \beta) + d \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$u = \frac{G}{\sin \alpha} - l - Z$$

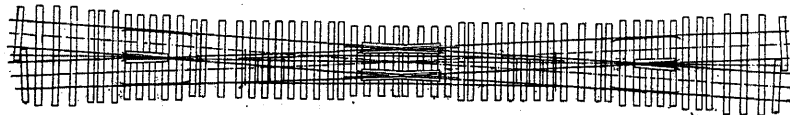
$$a = 2u \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$L = 2(K + u + Z + l) \cos \frac{\alpha}{2} = 2 \left(\frac{G}{\sin \alpha} + K \right) \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$\text{arc } DD_2 = \frac{r(\alpha - 2\beta)}{180} \pi$$

$$\text{arc } D_1D_3 = (r - G - s) \frac{\alpha - 2\beta}{180} - 2(G + s) \sin \beta$$

9 番シングルスリップスイッチ配線。

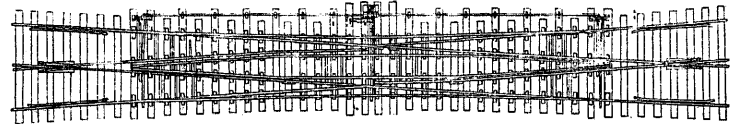


第 90 圖

slip switch は角度が鈍角なるときは slip の半径小となり鋭角なるときは中央交叉個所の中斷個所が長くなりて屢々脱線の原因となる、9 番は此兩方に適度の角度にして此型が一般に行はれて居る。中央の中斷個所を無

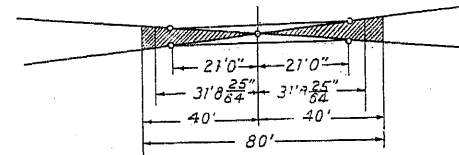
くする目的の下に尖端軌條を使用するものがある (91 圖)。此際には各尖端軌條間には聯動装置となし聯動槓によりて一度に動かさる。

ダブル スリップスイッチ



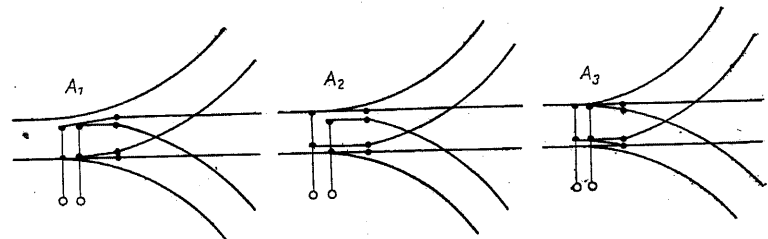
第 91 圖

鐵道省規定 9 番ダブルスリップスイッチ寸法は次の 92 圖に示すものである。

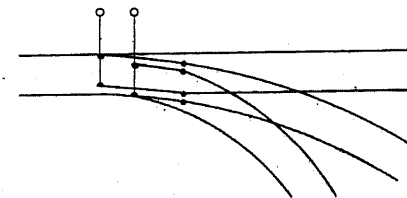


第 92 圖

第十三節 三枝分岐器 (Three Throw Point)



第 93 圖



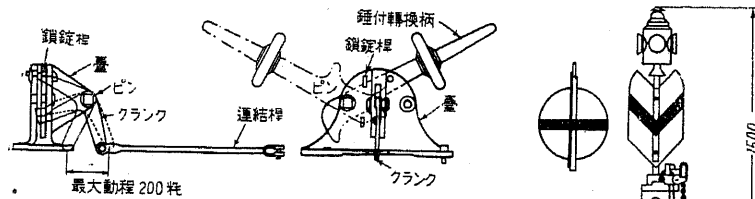
第 94 圖

一個所より三方に分岐するものにして、93 圖 A_1 は左へ、 A_2 は中央へ、 A_3 は右側へ開通の状態を示すものである。又 94 圖は片側のみに分岐するものもある。

狹隘なる場所に敷設して便利なるも、分岐器の危険とする尖端軌條が二線合流するが故に一層安全率を少くなし重要なる所には使用せられないが、矩形の機關車庫入口の如き有效長を大ならしむる如き處には使用して便利である。

第十四節 轉換器

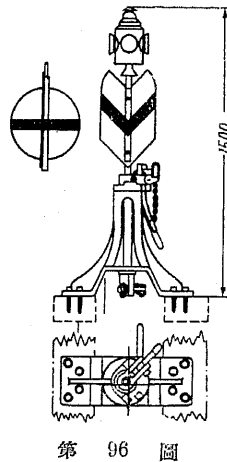
尖端軌條を轉換するに用ひ、手動のものゝ電動のものゝがあ



第 95 圖

る。手動のものは錘付轉換器と標識付轉換器とある。錘付は一般に行はれるものにして 95 圖の如く錘を轉換するによつて之と直角方向に連結せらるゝ連結桿を動かし、此連結桿は尖端軌條と結合せられて開閉される。しかし連結桿の最大動程は 200^{mm} である。

標識付轉換器は 96 圖の如く標識の 90° 回轉と共に尖端軌條



第 96 圖

は開閉せられて、開閉何れの方向をも上部の標識によりて知ることが出来る。

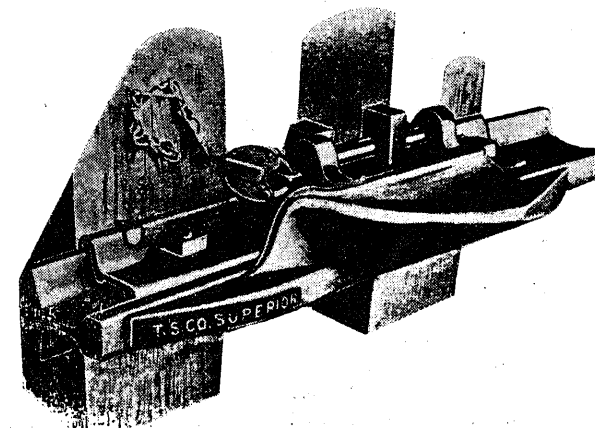
第十五節 脱線轉轍器 (Derailing Point)

及び脱線器 (Derailer)

本線上に列車ある時、側線に進入し來る列車が過つて本線上に進出するを防止する爲めに Derailing Point を置く。之は普通尖端軌條一本を用ひて車輪を本線軌條より軌條外に導きて脱線せしむるもので、時には兩方の二本の可動軌條を用ふることがある。或は次の脱線器 (Derailer) を軌條の上に裝置することがある。

Derailer は次に圖示する如く鑄鐵製にして普通 Hayes Derailer を用ひ軌條の上に載せおき車輛が來りて此上にのるときは車輪を軌條外へ落下せしむる。

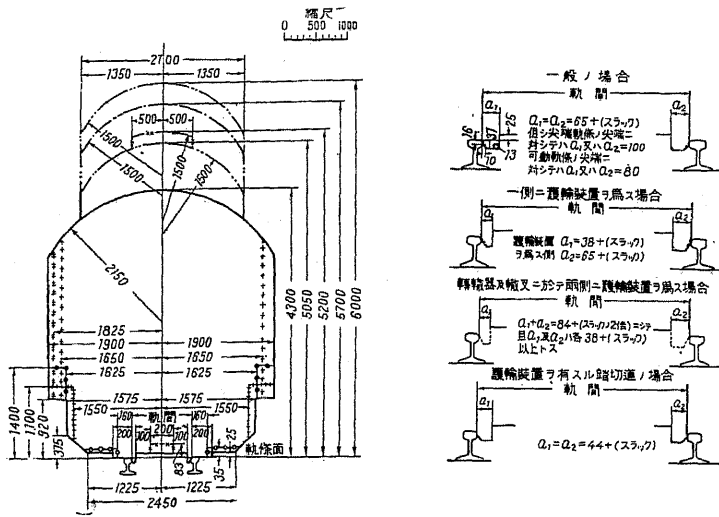
第 97 圖



第二十章 建築限界 (Construction Gage)

建物は凡て列車運轉に支障なき様或る間隔を置きて建設を要し此間隔の内方には一小部と雖も入ることなき様になさねばならない、此間隔内を建築限界と云ふ、之は列車の大きさに横、縦共に幾分の餘裕を附した大さである (98 圖)。

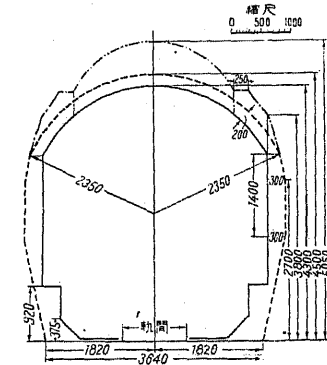
第 98 圖



凡例

- 信號標識並特殊隧道及橋梁に對する限界
- 一般の場合に對する限界
- 轉轍器及軌叉に對する限界
- ×-×- 齒軌條に對する限界
- 遷移轉轍器に對する限界
- 架空電車線に依り電氣運轉を爲す區間に於て架空電車線及其の懸吊装置を除きたる上部に對する限界 (本限界は橋梁、隧道、雪)

覆跨線橋及其の前後に於て必要な場合には を以て示す限度迄、乗降場上家庇の部分に於て必要な場合には -×-×-×- を以て示す限度迄を縮少し又停車場構内に於て必要な場合には を以て示す限度迄を擴大するものとす) +++++ 側線及貨物列車のみの發着する本線路に於て燃料搭載、給水の設備及信號柱に側線に於て轉車、計重、洗車の設備、車庫の門路及其の内部の装置並軌條間に建つる荷物積卸上家の支柱に對する限界
+++++ 側線及貨物列車のみの發着する本線路に於て架空電車線支持柱を側線に於て構内照明燈支持柱を四線路以上毎に建つる場合に對する限界 (本限界は既設停車場に於て一般の場合に對する限界に依ること困難なる如き場合に限り之を適用す)



第 99 圖

凡例

- 一般の場合に對する建築限界
- 普通の區間に對する餘裕
- 架空電車線に依り電氣運轉をなす區間に於て隧道に對し建築限界を縮少し得る限度
- 架空電車線に依り電氣運轉を爲す區間に對する餘裕

線路が曲線であるときは車輛の偏倚に對して夫れ丈け大きくして置かなければならない。

$$w^{mm} = \frac{22500}{Rm}, \quad w = \text{軌道中心線の各側に於ける擴大寸法 (mm)}$$

R=半徑 (m)

國有鐵道の規程は半徑 800^m より以下の曲線は更に車輛の偏倚に對して限界を擴大することになつて居る。其の大きさは次の通りである。

曲線上に於ける車輛の偏倚 (100圖)

$$w = PM' - B$$

$$\beta = AS - B$$

$$w = \frac{l^2}{2R} \dots \dots \dots (1)$$

$$AS = \sqrt{AM^2 + MO^2} - R$$

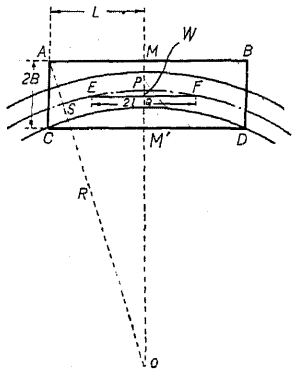
$$= \sqrt{AM^2 + (MQ - PQ + PO)^2} - R = \sqrt{AM^2 + (B - w + R)^2} - R$$

$$= \sqrt{L^2 + (B + \sqrt{R^2 - l^2})^2} - R$$

$$\therefore \beta = \sqrt{L^2 + (B + \sqrt{R^2 - l^2})^2} - (R + B)$$

$$= (B + \sqrt{R^2 + l^2}) \sqrt{1 + \frac{L^2}{(B + \sqrt{R^2 - l^2})^2}} - (B + R)$$

$$= \sqrt{R^2 + l^2} + \frac{L^2}{2(B + R - \frac{l^2}{2R})} - R = \frac{L^2}{2B + 2R - \frac{l^2}{R}} - \frac{l^2}{2R} \dots \dots \dots (2)$$



第 100 圖

國有鐵道の車輛定規は $2L=19^m$, $2l=13^m 4$, $2\beta=8000mm$ である故に $2l=13.4^m$ とするとき
は $w = \frac{l^2}{2R} = \frac{22445}{R}$ である。β は之より小である。

(a) 緩和曲線のあるとき w^{mm} は其の全長に亘りて遞減する。

(b) 緩和曲線のなきとき又は緩和曲線の長が 17^m より小なるときは

圓曲線端 (直線と曲線との場合) 又は半徑小なる圓曲線端 (曲線と曲線との場合) より 17^m の長に於て之を遞減する。

(c) 曲線に於ける建築限界は高度に伴ひ傾斜せしむる。

(d) 隧道内に於ては上記餘裕の他更に電燈電線等の添加其の他の爲め必要なる相當餘裕を附することを要する。

第 99 圖は隧道の斷面がアーチ形なる普通の場合に於ける最小餘裕を示すものにして、若し其の斷面が特殊の形狀を有し電燈電線等の添附其の他に對して差支へなき時は必ずしも本圖の如き餘裕を要せず、例へば斷面角形にて其の上部に前記添加に對し充分なる餘裕のある場合は幅に對する餘裕を縮小し得るが如くである。

第二十一章 線路建造物

第一節 路盤及施工基面

(Road Bed and Formation Level)

路盤は軌道を敷設する地盤にして、施工基面とは路線を敷設する路盤面で、切取りの敷面又は築堤の上面である。施工基面の幅は線路の道床砂利の法尻より少くとも両側に 45^{cm} づゝは廣さを要し、標準軌間 1.435^{m} にあつては 1 等線路になると總幅 6.7^{m} ($22'-3''$) に達して居る、日本の 1.067^{m} 軌間は甲線は 4.8^{m} となし、乙線は之より 30^{cm} 減じ、丙線は更に 30^{cm} 減少せしめてある、尙築堤の高さにより、曲線の半径によりて異ならしめてある。復線の中心間隔は 3.6^{m} となし、半径の小なるに従つて幾分宛増大せしむる之は前にも述べたるが次表に示す通りである。

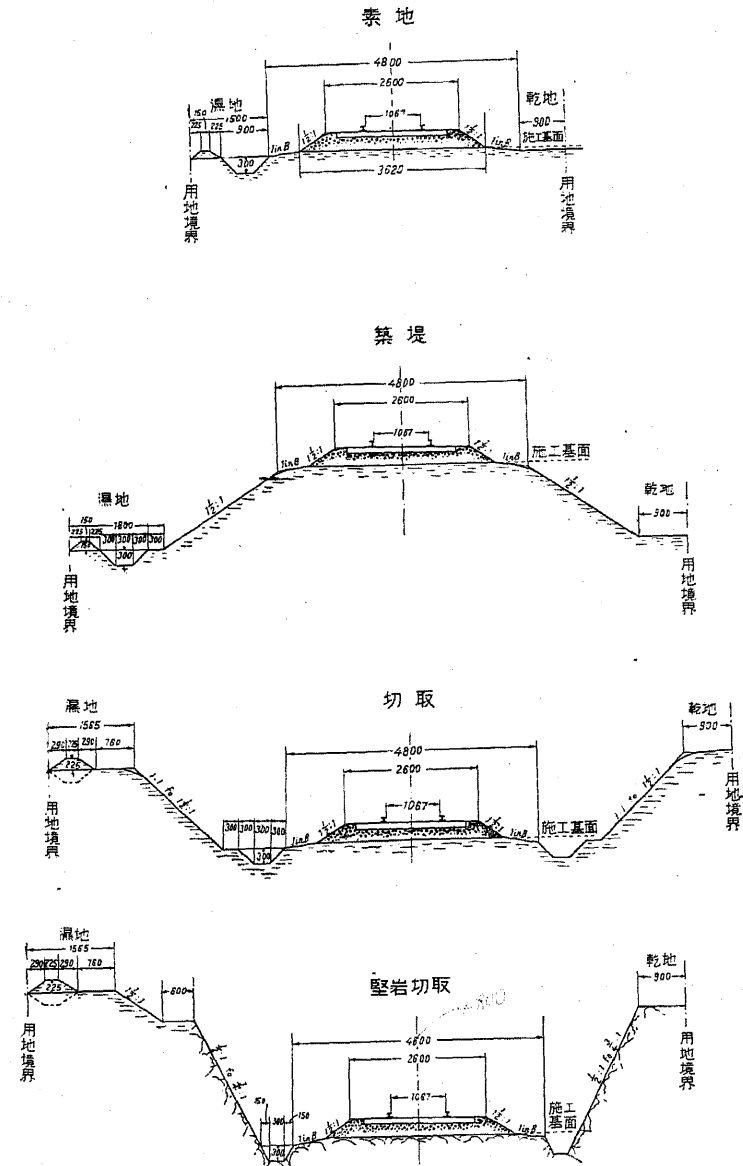
施工基面幅

築堤高	國有鐵道			地方鐵道			
	甲線	乙線	丙線	簡易線	1.067^{m}	1.435^{m}	762^{mm}
6米未満の場合	4800耗	4500耗	4200耗	3,800耗	3,660耗	3,660耗	3,040耗
6米以上9米未満	5100耗	4800耗	4500耗				
9米以上12米未満	5400耗	5100耗	4800耗				
12米以上の場合	5700耗	5400耗	5100耗				

施工基面幅は曲線のカント 50 耗を越えざる場合に於て 100 耗をカント 50 耗を越ゆる場合に於ては 300 耗を中心より外方に於て増加するものとす。

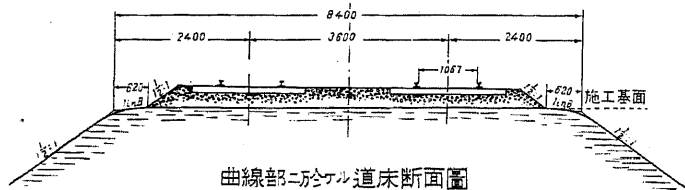
第 101 圖 (1)

土工定規



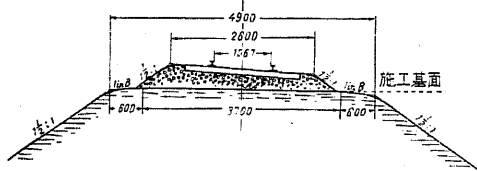
第 101 圖 (2)

複線

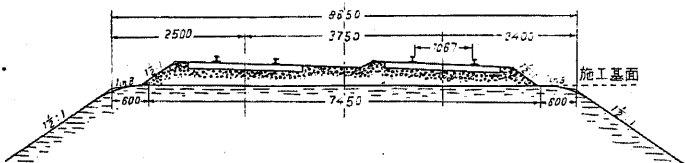


曲線部ニ於ケル道床断面圖

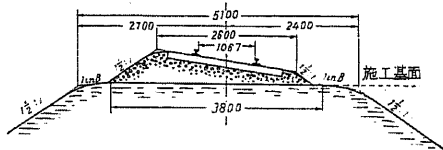
外軌高度 50 耗ヲ越エタル場合
單線



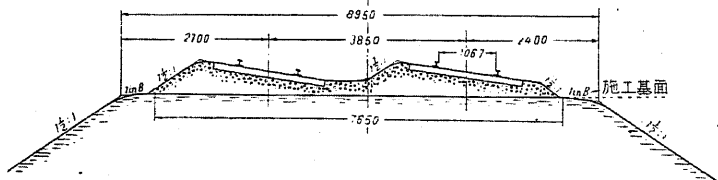
同上
複線 (曲線半径 500 米未満 300 米以上、實例)



同上
單線 (曲線半径 50 耗ヲ越エタル場合)



同上
複線 (曲線半径 300 米未満 200 米以上、實例)



停車場外に於ける複線軌道の中心間隔

曲線半径	甲線	乙線	丙線				
800 以上の場合	3600耗	3600耗	3600耗				
800米未満500米以上	3700耗	3700耗	3700耗	3350耗 以上	3350耗 以上	2740耗 以上	
500米未満300米以上	3750耗	3750耗	3750耗				
300米未満200米以上	3850耗	3850耗	3850耗				

土砂にて築堤をなす場合には収縮をなすによりて、豫め其収縮に備ふ爲めに餘盛をなす必要がある、實施に當つては築堤の高さによりて異ならしめて次の割合になし置く。

築堤高	3 ^m 以下	3~6 ^m	6~9 ^m	9~12 ^m	12 ^m 以上
餘盛の高さ	高さの 1 割	高さの 8 分	高さの 7 分	高さの 6 分	高さの 5 分

第二節 路盤の支持力

路盤の支持は土の性質によりて異なるは勿論、水分の有無、霜の影響によりて異なるも、普通土の支持力として知られて居るものは次のものである。

1. 泥土又は軟粘土 0.5kg/cm^2 以下
2. 土砂又は砂混りの粘土 $2 \sim 3 \text{kg/cm}^2$
3. 砂利又は締りたる粘土 $3 \sim 6 \text{kg/cm}^2$
4. 硬地盤 6kg/cm^2 以上

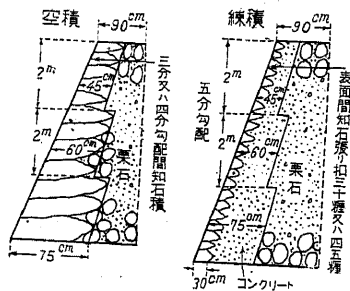
路盤は上部軌道よりの重量を支持するに足ることを要す、従つて前述の通り道床の厚さを増し、又は支持力大なる土質と入れ代ふることが必要となる。

第三節 排水 (Drainage)

線路の両側には排水溝を設く、溝幅は水量によりて定むるも普通 30^{cm} は必要とす、切取個所に於ては線路には幾分撰定の際に勾配を附し置きて水の流通を可ならしむ、また切取の法面の濕潤の個處には豎下水を設く、時には尙此の縦溝の兩側に斜に枝溝を出して中央溝に集むる、又法の表面全部に亘りて張石をなし地面を抑へて水は張石裏を傳ひて下方に流れ出さしむ。切取の崩壊は排水の不充分に歸することが多い、水は土中に滲入して表面の土砂は自重に堪へ得ずして、所謂地滑りを起して線路を埋没するものである。

第四節 石垣 (Retaining Wall)

築堤の法尻又は切取の法尻には土の崩壊を防止する爲めに土留石垣を設くることあり、高さ低きときは玉石積又は割石積にして、



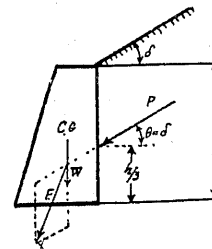
第 102 圖

其地方産出の材料を用ふるを可となす。高さの増加するに従ひて間知石を用ひ尙一層増加するときは間知石練積又はコンクリート壁になす。

線路側に設くる石垣は天端 90^{cm} を要し、石材も扣

45^{cm} 間知石を用ひ、高さ増すに従つて控長を増し、高さ 2^m 毎に 15^{cm} を増し、高さ 6^m 以上に至れば練積を用ゐる、此際表面の石積は控 30^{cm} 位のものにて可である、また勾配も低きときは 3 分または 4 分にして高さときは 5 分勾配になす。

土留土垣の設計



第 103 圖

ϕ = 土の息角

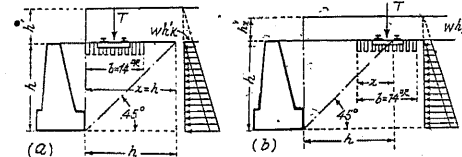
w = 土の單位重量

横壓力 P は次の式で知ることを得る。
方向は表面に並行とする。

$$P = \frac{1}{2} wh^2 \cos \delta \frac{\cos \delta - \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \phi}}{\cos \delta + \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \phi}}$$

次に土留石垣の重量 W を計算してこの二力の合成力 E が基礎面に於ける土の支持力以内なることを要する。次に上部に線路あるときは線路重量は上載荷重として計算する。米國鐵道技術協會にて定めあるものは次のものである。

石垣の上面が平なるときは $\delta=0$ なる故に上式は



第 104 圖 線路重量の換算上載高

$$P = \frac{1}{2} wh^2 \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

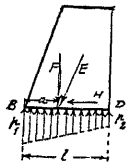
次に上部に線路あるときは上載荷重は

T = 石垣單位長に於ける上部の線路上重量

b = 線路重量の擴がる幅

h' 及び h'_x = 線路荷重の換算高

$$h' = \frac{T}{bw} \quad h'_x = h' \frac{x}{h}$$



第 105 圖

石垣の底部 BD に來る壓力 E の分布を一端 p_1 とし他端を p_2 とする。今 p_1, p_2 の値を求む。

F = 垂直力 H = 横力 E = 合成力

$$F = \frac{p_1 + p_2}{2} \times l, \therefore p_2 = \frac{2F}{l} - p_1 \dots\dots (1)$$

B を中心としてモーメントヲトルトキハ

$$F \times a = p_2 \times l \times \frac{l}{2} + \frac{p_1 - p_2}{2} \times l \times \frac{l}{3} \dots\dots (2)$$

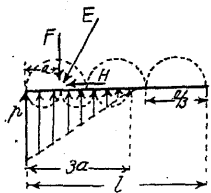
(1) (2) 式より

$$p_1 = (4l - 6a) \frac{F}{l^2}$$

$$p_2 = (6a - 2l) \frac{F}{l^2}$$

もし $a = \frac{1}{3}l$ なるとき

$$p_1 = \frac{2F}{l} \quad p_2 = 0$$



第 106 圖

又 $a < \frac{1}{3}l$ なるとき次圖にて

$$p = \frac{2F}{3a}$$

設計に就て注意事項

(1) 土の息角

築堤土砂が $1\frac{1}{2}:1$ の勾配で保持せられる、様なとき其の息角は $33^\circ 42'$ である。又乾砂の如きものにありて $1:1$ の勾配を保持せらるゝとき其息角は 45° で地質によりて適當に決定する。

(2) 土留石垣の前趾に來る壓力 (p_1) は土の支持力以内であらねばならぬ。

(3) 土留石垣が築堤其の他の沈下し易き土質の上に設けらるゝ場合は合成力 E は底の中心又は其の内側にある様に設計して前方に倒れるより寧ろ背部の土に據りかゝる様に設計するを要する。即ち $a \leq \frac{l}{2}$ になす。

(4) 基礎が土質なるときは沈下する懼れなき場合にも $a \leq \frac{l}{3}$ だけになすことを要する。

(5) 土留石垣が堅牢なる岩石又は杭打基礎の上のりて前趾に於ける壓力 (p_1) を充分支持し得らるゝ場合には合成力 E は幾分 $\frac{1}{3}l$ の外へ出るも可とする。即ち $a < \frac{1}{3}l$ にすることが出来る。

(6) 土留石垣は底部に於ける摩擦によりて背部の横推力の爲めに滑り出さないだけの厚さを要する。之は前の顛倒に對するだけあれば大抵充分なるも尙再檢すること要する。

前圖に於て $F \times (\text{石垣底部と土との間の摩擦}) > H$

又は $F \times 0.3 > H$

- (7) 土留石垣は腹部に於て前面に弓形に押し出さるゝことがある、是は空積に於て屢々起ることで裏込の厚さが土の横推力に對して少きに起因するにより中間の厚さにも注意を要する。
- (8) 土留石垣の背面は排水を充分ならしむる様に栗石を入れ置くことが必要である、然らざればより大なる水の壓力を受くることとなる。
- (9) 石垣基礎は寒氣に冒されざるだけ、地中深く入れ置かねばならない。
- (10) 土留石垣の高さ大なるに至るときは地震に對して檢算することを要する。

第五節 伏樋 (Drain)

國有鐵道にては費目の上より便宜橋梁を三つに別ち (1) 伏樋、(2) 溝橋、(3) 橋梁となして居る。伏樋は徑間 1^m 以下のもので、1^m 以上 5^m 迄を溝橋と稱し、5^m 以上を橋梁となしてある、從つて此名稱によりて拱形たると、開渠たるとを向はず、唯徑間によりて區別して居る。

伏樋には次の種類がある。

- (1) 盲下水 築堤の素地にて湧水のあるとき、少量なるときは素地に溝堀をなして其中に玉石又は碎石を入れ、水の流通を計り、上に至るに従つて順次小なる小粒のものを撰み、内部に泥土

の入るを防止する、本方法は水量の多きときは適當ならず。

- (2) 土管 水量の稍多き場合に用ふ、普通 23(9"), 30(1'-0"), 45^{cm}(1'-6") にして、内徑の小なるものは水量の點よりむしろ將來の掃除及維持の爲め使用しない。

(3) 混凝土管 鐵筋を入れるを普通とす、築堤高きときは前記の土管にては土の壓力のため破損することあり、かゝる場合に混凝土管を用ゆ、内徑は土管より大なるものを用ひ、60^{cm} を普通とす、強度の點より土管の同徑のものと比するに初め龜裂の入るまでは、何等土管と異なるものなきも、その後破壊せらるまでの強度ははるかに大である、然し龜裂の入るまで上部の荷重に對せしむるは不可にして、この際は特に管厚の大なるものを用ひなければならぬ。

(4) 下水 水路底が線路の施工基面に接する場合に、土管を埋設する深さが無い。故にこの際は混凝土又は石積みにて下水を設けて、側壁の上に直ちに枕木を載す、從つて下水の徑間は枕木の間隔によりて決定せらるべきで、普通 45^{cm} とする。

(5) 箱下水 築堤高く水量大なる場合に、土管又は混凝土管にて足らざる場合に使用す、兩壁は石材又はコンクリート造とし石蓋を置く。

(6) 吮放管 (サイホン) 線路が水路より低く通過する時には水流を導くために吮放管を設く、切取の肩に上流に取入樋と下流には放水樋を設け、切取の法面及線路の下部を通して土管を埋没

するもので、線路下の部分は粘土を厚く巻き、列車の撃衝に對して破損せられざらしめ、又線路の兩側の法面の下方には掃除柵を設置する、土管の大きさは疏水の必要以上に太さを大にし、掃除に便ならしむ。切取の高さ大なるに従ひ水の壓力大なる故に線路の下部にあたる部分は粘土の代りに、コンクリート巻きにし又は鐵管を使用す。

第六節 溝 橋 (Culvert)

溝橋は前述の 1^m~5^m 迄の徑間にして開渠、拱渠、函渠、の三種類とし開渠は築堤低き場合、拱渠及函渠は築堤深き場合にして其の中の函渠は徑間の小なる場合に用ゆ。

溝橋の徑間を決定するには降雨時の最大流量によらなければならない故に流域、雨量、地形、地面の勾配、地面の種類、溫度、地面が水を飽和する有無によつて決定するを要する。これを決定するに種々の理論公式があるも最も適當な方法としてはその川の前後の状態によりて推定するのが確なる方法である。若し上流又は下流に道路橋又は流量を測定せらるゝところに於て最大洪水時の浸水の状況によつて、クッター氏其他の流量計算式によりて流量を計算し、更に溝橋架設附近に於ける流速を求めて徑間を定むるのである。

開渠、拱渠、函渠の設計は各徑間に對して國有鐵道にては標準設計圖を作りて、これによりて設計することになつてゐる。

第七節 橋 梁 (Bridge)

徑間 5^m 以上のものである。國有鐵道にては建設規定にて、橋桁は支間 3.5^m 以上のものは木造となすことは不可となしてある。

橋梁の徑間は水流に依りて決定し、桁の下端より水面までは流出物を考慮して 60~100^{mm} となし、構桁は内務省の規定として 1.5^m 以上を開けることゝなして居る。舟楫に便ある川にあつては舟の通行に差支なき様に特殊の設計によらなければならない。

橋桁の形式は短き徑間にあつては、I 形桁とし、それより 24^m までは鉸桁、30^m 以上は構桁を用ゆ。構桁は鐵道省では 30^m、45^m、60^m、90^m、に對し標準桁を設計してある。市内に於て用ゆるものは床は砂利敷となすを可とす、騒音を減じ得るからである。

橋梁の設計は上部を通過する荷重による。國有鐵道に於ける橋梁の設計規定は同標準荷重による。

甲線	KS-18		
乙線	KS-15	但し急勾配又は其他必要の場合	KS-18
丙線	KS-12	" "	KS-15
簡易線	KS-10 を標準とす	" "	KS-12

(尙簡易線は機關車二臺、等荷重 4 噸の場合に對する負擔力を要す)

電車占用線路	KS-12	" "	KS-15
地方鐵道		其處運轉の動荷重に耐ふる負擔力を有する事を	

要す。

(KS は米國式クーバーE 荷重をメートル式にて換算したるものにして KS-18=E40, KS-16=E35,

KS-15=E33, KS-14=E31, KS-13=E28,

KS-12=E26 である)。

橋梁の徑間決定

河流の中心に大なる徑間を用ひ兩側には小徑間を用ゆるは普通の方法であるが尙現場の狀況に依つて徑間を決定するを要する。又徑間を定むるには經濟的な考慮を入れなければならない。概して徑間の 9m—12m にあつては下部の構造費と上部構造費が同じき場合が經濟的で、小徑間にありては此割合が0.5にして、大徑間(例へば 90m)にては其の比は 2.0 になるときが一番經濟的である。*

橋臺の設計

橋臺を設計するにあつて荷重とし次の垂直力と横力とによる。

垂直力

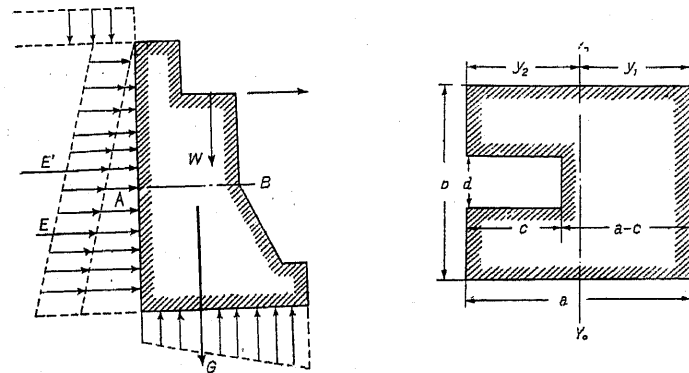
- 1 橋臺自重 單位重量 2200kg/m³
- 2 桁の重量 架橋すべき桁重量
- 3 軌道重量 300kg/m
- 4 活荷重 前記の規定荷重に依りて橋臺上部の最大反力

* 拙著鐵道線路の撰定及建設 252 頁参照

- 5 同上衝擊率 $\frac{L}{2(L+D)+G}$ L=活荷重
 D=靜荷重 G=橋臺自重

横力

- 1 列車進行の方向に活荷重の 20%
 - 2 土壓
 - (a) 靜荷重 土の單位重量 1600kg/m³, 土の息角=30°
 - (b) 活荷重 橋臺後方機關車の等荷重 2400kg/m²
- (K15 の場合)



第 107 圖

前記の外力による橋臺の力率を計算して橋臺の中間斷面の異なる毎にその所の抗壓力抗張力を求め許容範圍なるを要する。

斷面積 $A=a \cdot b - c \cdot d$

中立軸の距離

$$y_1 = \frac{b \times \frac{1}{2} (a-c)^2 + (b-d) \times c \times \left\{ (a-c) + \frac{1}{2} c \right\}}{A}$$

$$y_2 = a - y_1$$

$$Y_0 - Y_0 \text{ に対する慣性率 } I = \frac{by_1^3 + d(y_2 - c)^3 + (b-d)y_2^3}{3}$$

$$\text{最大壓力 } f_c = \frac{W}{A} + \frac{My_1}{I}$$

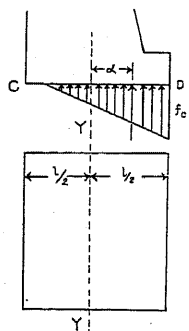
最大張力又は最小壓力

$$f_t \text{ 又は } f_c = \frac{W}{A} - \frac{My_2}{I}$$

$W = AB$ 断面上の総重量

$M =$ 任意断面に於ける力率

f_c 及び f_t は其材料の許容應力以内なることを要する煉瓦なる
とき許容應力は相當あるも煉瓦積となるときは著しく減じて
夫れの 20~30% となり、粗悪なるものとなれば f_c は $10^{kg/cm^2}$ 位
を採らなければならない、コンクリートなるときは許容壓力 f_c は
 $35^{kg/cm^2}$ となる又煉瓦積抗張力は積目のモルターの強度による、最
大 $4.5^{kg/cm^2}$ 迄堪ふことが出来る。



第 108 圖

次に横滑りに對して安定なるや否やを調
べなければならない。

横推力 $H < 2$ 層間の摩擦係數 \times 垂
直力 $= 0.3W$

又底面に於ける土の支持力を計算するこ
とを要する。

底面矩形なる場合 (108 圖)

$$\alpha = \frac{M}{W} \quad M = \text{底面 } Y-Y \text{ に於ける力率}$$

$\alpha =$ 合力の中心よりの距離

150 頁 106 圖と同様に

$$\frac{f_c \times 3 \times \left(\frac{l}{2} - \alpha\right)}{2} = W$$

$$\therefore f_c = \frac{2W}{3 \times \left(\frac{l}{2} - \alpha\right)}$$

f_c は土の支持力以内なることを要す、支持力は其の所の土質に
より適當に推定する。

支持力少なる時は杭打基礎にす、杭打は前面のみにて可なる譯
なるも、普通の施工方法として、橋臺前面に段を付して廣くなし、
杭打は基礎全面に對して一樣な間隔にて打ち込む。

又高さ橋臺なる時は地震に對して檢算することを要する。

橋脚設計

設計荷重

- | | | |
|-------------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| 1. 橋脚自重 | 單位重量 | $2200^{kg/m^3}$ |
| 2. 桁の重量 | 架橋すべき桁重量 | |
| 3. 軌道の重量 | | $300^{kg/m}$ |
| 4. 活荷重 | 前記規定に據る | |
| 5. 撃衝 | $\frac{L}{2(L+D)+G}$ | $L =$ 活荷重 $D =$ 靜荷重
$G =$ 橋脚自重 |
| 6. 列車の方向の横力……橋桁固定端に於て活荷重の 20% | | |
| 7. 風力 (横力) | | |

(a) 列車の通過せざる時 $150^{kg/m^2}$

(b) 橋桁上列車ある時

橋桁及橋脚へ… $\begin{cases} 50^{kg/m^2}, & \text{橋脚垂直平面なるとき} \\ \frac{2}{3} \times 50^{kg/m^2} & \text{垂直圓形面なるとき} \end{cases}$

列車及軌道へ… $120^{kg/m}$ 働く點は軌條底部上 2^m

但し此の際活荷重として $1500^{kg/m}$ の垂直空車荷重を見込む
水流に對して檢算。

$$P = \frac{kwv^2}{2g} \quad P = \text{水流の壓力}^*/ft^2$$

$v = \text{水流の速度 } ft/sec$

$k = \text{橋脚の形状又は幅と長さにより異なる係數}$

$$\frac{kw}{2g} = 1.5 \quad \text{平面の場合}$$

$$\frac{kw}{2g} = 0.75 \quad \text{圓形場面の合}$$

$$w = \text{水の重さ } 62.5^*/ft^3 \quad g = 32.2 ft/sec.^2$$

壓力 P の働く位置は水面以下深さの $\frac{1}{3}$ の所とする。

第八節 地震の橋臺及び橋脚に及ぼす影響

(Seismic Stability)

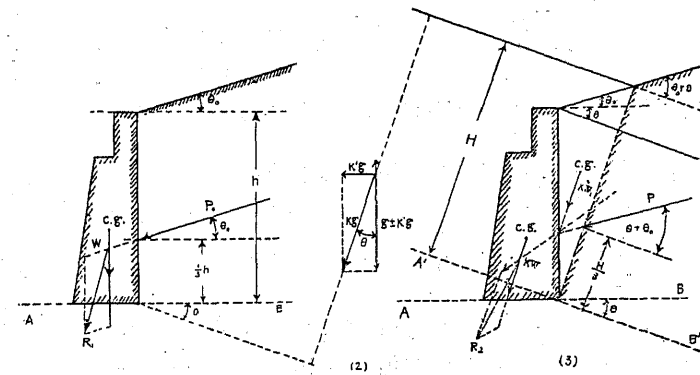
震災の一般の現象は破壊、顛倒、轉回、滑動、投出にして橋脚に及ぼす損害は主に破壊である。地震の強さは其土地の軟弱の程度によりて異なり g を重力加速度とするときは地震速度の最大

は次のものである。

	水平動	上下動
地盤土質にて普通の場合	0.2g	0.05g
中以下の時	0.3g	0.1g
不良の時	0.4g	0.1g

(1) 橋臺の安定

次圖の (1) は平時に於ける状態にして (2) は地震時の加速度の方向 (3) は地震時の擁壁が力を受くる状態である。



第 109 圖

$P_0 = \text{平時に於ける土壓}$

$P = \text{地震の場合の土壓}$

$W = \text{擁壁の重量}$

$W_1 = \text{擁壁後部土の重量圖 (3) の擁壁後面と點線間}$

$h = \text{擁壁高}$

w = 土の單位重量

θ_0 = 背土表面の傾斜角

ϕ = 土の息角

ランキンの土壓論によりて

$$P_0 = \frac{w}{2} h^2 \frac{\cos \theta_0 (\cos \theta_0 - \sqrt{\cos^2 \theta_0 - \cos^2 \phi})}{\cos \theta_0 + \sqrt{\cos^2 \theta_0 - \cos^2 \phi}}$$

圖(2)にて地震の横方の加速度を $k'g$ となし垂直方面の加速度の増加を $k''g$ とするときは其合力の方向は kg にして加速度は此方向に擁壁に働く。

$$\theta = \tan^{-1} \frac{k'g}{g \pm k''g} \quad kg = \sqrt{(k')^2 + (1 \pm k'')^2} g$$

地震時前掲の P_0 の式に於て θ_0 は $(\theta + \theta_0)$ となる

$$P = \frac{1}{2} H^2 w k \frac{\cos(\theta_0 + \theta) \{ \cos(\theta_0 + \theta) - \sqrt{\cos^2(\theta_0 + \theta) - \cos^2 \phi} \}}{\cos(\theta_0 + \theta) + \sqrt{\cos^2(\theta_0 + \theta) - \cos^2 \phi}}$$

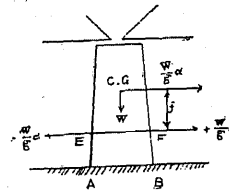
$$= \frac{1}{2} h^2 \{ \cos \theta + \sin \theta \tan(\theta_0 + \theta) \}^2 \times$$

$$\frac{w k \cos(\theta_0 + \theta) \{ \cos(\theta_0 + \theta) - \sqrt{\cos^2(\theta_0 + \theta) - \cos^2 \phi} \}}{\cos(\theta_0 + \theta) + \sqrt{\cos^2(\theta_0 + \theta) - \cos^2 \phi}}$$

P を知るときは kg 方向に於ける kW_1 との合力を求め更に kW との合力によりて R_2 を求め之が AB 底部に於て支へ得るやを検算するのである。 W に k を乗じたるは g が kg に増加したからである。

(2) 橋脚の安定

今 EF 面に於て破壊せらるゝ状態を見るに



第 110 圖

W = EF 面上の重量

f = EF 面上より重心点迄の高さ

g = 重力加速度 $9,800 \text{ mm/sec}^2$

α = 地震加速度

(煉瓦目地の強度 4.5 kg/cm^2)

地震の爲め G なる重心点に横方に働く力は、 $\alpha \times \text{質量} = \alpha \frac{W}{g}$ にして EF 面に $+\alpha \frac{W}{g}$ と $-\alpha \frac{W}{g}$ の等しく相反せる力を加へるとする時之と重心に働く力とが偶力となりて

$$M = \alpha \frac{W}{g} f$$

此際に EF 面には働く他の力 $\alpha \frac{W}{g}$ は剪力となりて脚を断んとするも此力は橋脚の強度に比して小なるものである。

s を橋脚の中心より兩縁 x に於ける纖維力とするときは

$$s = \frac{Mx}{I} = \alpha \frac{W}{g} f \frac{x}{I}, \quad \frac{1}{2} EF = x_0 \text{ となし, } EF \text{ 面をとり } f$$

を其の面より重心迄の高さとせば $s = \frac{x_0 \alpha W f}{gI}$, s は許容抗張力以内なることを要す。

今 F を以てその許容抗張力とするときは

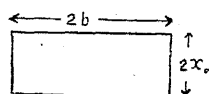
$$\therefore \alpha = \frac{I g F}{x_0 f W}$$

W は桁重量, 軌道重量, 橋脚重量の合計にして f は次によりて求め得。

$$f = \frac{(\text{橋脚重量} \times \text{脚の重心高}) + (\text{桁及軌道重量} \times \text{重心高})}{W}$$

前記の I の値は橋脚断面の形によりて異り次に示すものである。

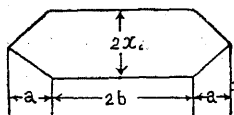
矩形



第 111 圖

$$I = \frac{4}{3} b x_0^3$$

兩端三角形



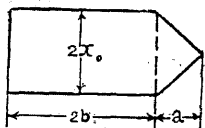
第 112 圖

$$a = mb$$

$$I = \frac{4}{3} b x_0^3 \left(1 + \frac{m}{4}\right) = \left(1 + \frac{m}{4}\right)$$

× (矩形の I)

一端三角形

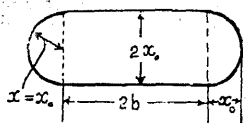


第 113 圖

$$a = mb$$

$$I = \frac{4}{3} b x_0^3 \left(1 + \frac{m}{8}\right)$$

兩端半圓形

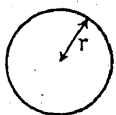


第 114 圖

$$x_0 = nb$$

$$I = \frac{4}{3} b x_0^3 + \frac{\pi}{4} x_0^4 = \frac{4}{3} b x_0^3 (1 + 0.59n)$$

圓形



第 115 圖

$$\begin{cases} x_0 = r \\ I = 0.7854 r^4 \end{cases}$$

新しく計算したる α の値は前記の地盤土質による水平動の大きさ以内なることを要す。

α の値によりて建造物の破損の程度を異にする。大森博士の報告によれば α を被害の程度により七種に分ち實例を擧げてある。

$\alpha = 300^{mm/sec^2}$ の加速度を有するものは墻壁に小龜裂を生じ棚上の物體は落ち、水溜内の水は濁り時計の振子は振動を中止せられ、不良なる煙突の一二を破壊せしむるに至る。

$\alpha = 900^{mm}$ に至れば 屋壁に裂罅を生じ木製の古屋は垂直の位置を變ずれども全潰するに至らず、石碑燈籠等は倒れ、又稀に礦泉、溫泉等に異状を呈することあり。

$\alpha = 1,200^{mm}$ に至れば 工場の煙突の $\frac{1}{4}$ 及煉瓦家屋は半潰或は全潰し古くして弱き木橋は損害を受け屋根瓦は亂さるゝ位なり。

$\alpha = 2,500^{mm}$ に至れば 普通の煉瓦家屋の多數は半潰し工場煙突の多數は折れ、木造家屋も幾分か潰れ、河岸に沿ひ又は低濕の地には二三寸の地割れを生じ鐵道の築堤も潰崩す。

$\alpha = 2,500^{mm}$ に至れば 通常の煉瓦家屋は皆非常の損害を受け、日本造りの家屋は全潰 $\frac{3}{100}$ 以上に及び、軌條は曲り河縁等には幅一二尺の地割れを生じ堀の水は打ち上げられ、井戸の多數は異状を來たし又山崩れを生ずることあり。

$\alpha = 3,000^{mm}$ に達すれば 寺院の多くは潰れ日本の家屋は 50~70% 潰れ堤防は殆ど破壊せられ、堅牢なる鐵橋も破壊し木橋は半潰或は全潰となり墓石の如きも倒れ、土管は折れ、樹木は土壤が非常

に震蕩せし爲め土との接觸を害され枯るゝことあり。地面に凸凹を起し地滑り等起る。

更に $\alpha=4,000^{mm}$ 以上に至れば地滑りは一面に生じ、建物の多數は潰れ、地面に非常なる變動を來たし山崩れ著し(濃尾の大地震は最も大なるもの $4,000^{mm}$ なりしと云ふ)

第九節 耐震橋脚

(1) 橋脚をコンクリート造となし兩側へ鐵筋を入れること。

地震力に對して龜裂を生ぜざらしめん爲めに橋脚は相當の幅を必要とする故に兩壁に鐵筋を入れて幅を小になし鐵筋によりて抵抗せしむる。勿論底部の地盤と接する所は鐵筋によること能はざるによりて幅を充分大にするを要す。

(2) 橋脚内部を中空にすること。

地震力は(質量) \times (地震加速度)にて表さるゝによりて之を小ならしむる爲めには橋脚質量を減ずるにある。故に橋脚を中空にし丁度煙筒式の橋脚となす。

(3) 橋脚を構脚となすこと。

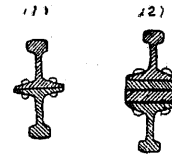
鐵材は又は鐵筋コンクリートを以て構脚となし質量を減ずるものである。高き橋脚になるときは地震力も大になる故に柱の足を充分擴げて之に對し得る様にせねばならない。高架橋に於ては鐵構脚は屢々用ひらる、併し鐵筋コンクリート橋脚は施工の上より餘り高きものは用ひられて居ない。

第十節 水道橋及道路橋 (Aqueduct and Foot Bridge)

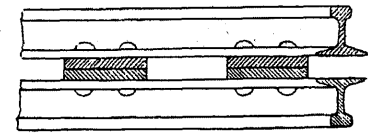
水道橋は線路を横斷する場合線路の上部の空間のありたる時に用ふ。小なるときは木樋になし大なる時は煉瓦又はコンクリート拱になし其上に水路を通ず。

道路橋は線路が道路の下部を通過するものにして設計荷重は道路の示方書による。一般には鐵橋又はコンクリートスラブを用ふ。架道橋は線路が道路上に架にしたものにして此際には蔽板を要する。國有鐵道にては交通頻繁なる道路又は河川に架設する橋梁は軌道中心より左右各 1.75^m 以上軌道下を蔽ふことになつてゐる。

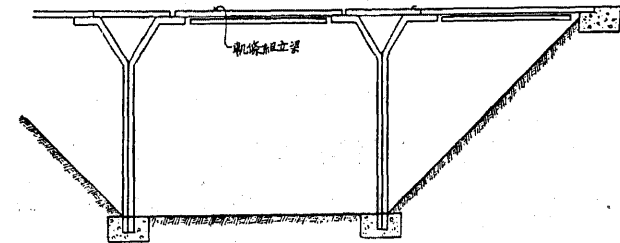
地方鐵道は車輛の幅及兩側 150^{mm} 以上蔽ふことに規定してある。跨線人道橋は數多存在し木橋を用ひたるものが多い。著者は初



第116圖



第117圖



第118圖

めて古軌條の利用を考案し 118 圖の如く設計して數多木橋の腐蝕したものの架け替へをなした。軌條は斷面力率小なる爲め之を増さんが爲に 116 圖 (1) の如く二本の底邊を銜接して組立梁となし尙一層徑間大なるものには 117 圖の如く底邊間に填材を挿入した。

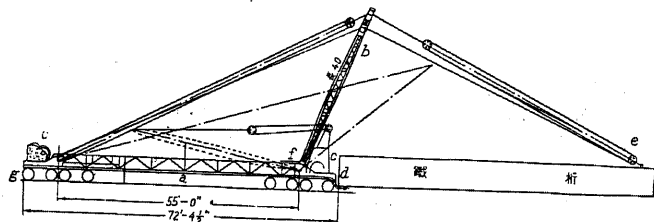
第十一節 橋桁架設方法 (Erection)

(I) 足場による架設方法

杉丸太にて足場を作り其上に軌條を敷き、鐵桁を運搬架設する方法で、徑間大となり構桁になるときは、足場上にゴライアスを組立て滑車を吊りて、橋桁の各部材を吊り上げ一端より順次組立て假のボルトを挿し最後にリベット打をなすのである。

(II) 操重車架設方法

119 圖の如き操重車の先端に鉄桁を吊り橋台前に至り静に取り下すので、*a* は車體、*b* はクレーン柱、*c* はウインチ、*d* は桁受け、*e*



第 119 圖

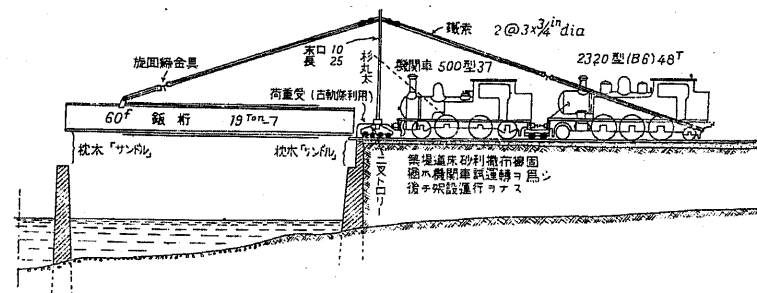
は桁重量の平分装置、*f* は自轉機、*g* は車を確保するための軌條摺みである。*e* の桁重量の平分装置は、桁を吊つたとき左右一對のウ

* 拙著鐵道線路の撰定及建設 287 頁。

インチの捲方が多少不揃であつても、桁を水平に吊り上げる爲めに、二本の吊索を短き鐵桿の兩端と結び、此の中央に錘を差し、之より桁の兩側を吊るのである。

(III) 二又式架設方法

前記操重車と同方法にして車の設備なき際に用ひらる。120 圖示す如く二又を立て桁を吊り縦方向に移動せしむるには機關車にて押すも、上下の移動には枕木サンドルによる。サンドルを積みジャキにて桁を受け枕木を一本宛撤去し桁を下降せしむ。



第 120 圖

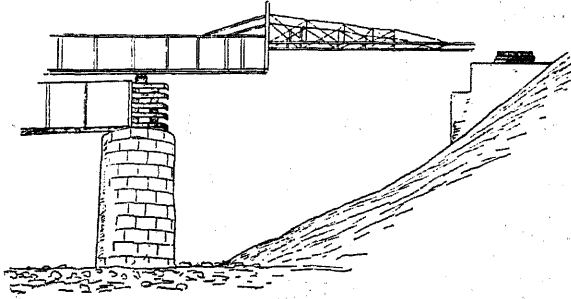
(IV) 手延式

鉄桁の先端に小形のパイロットトラスを取り付け、桁を小車の上に乗せ押し進め橋臺又は橋脚に取り下するには前記の如き枕木サンドルによる。121 圖は橋臺個所に於けるパイロットトラスの取付け方なるも中間の橋脚に於けるものは鐵桁下端と同高になす。

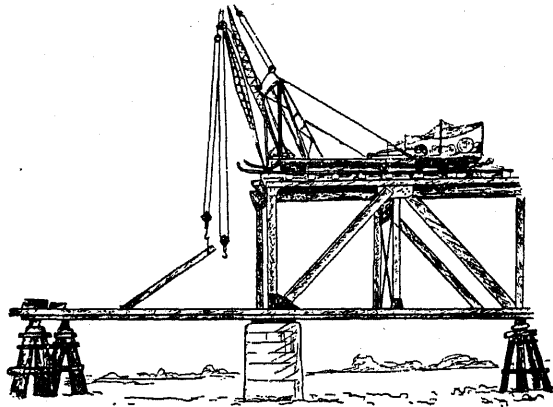
(V) 鉄桁直接架設方法

鉄桁を二連以上架け渡す場合は二連の桁端を結付くるものにて、

上縁端は充分強き接目鉞にて継ぎ合せて、機關車にて徐々に押し出し架設する。此際後方桁端には對重として重量物を載せ置く。



第 121 圖



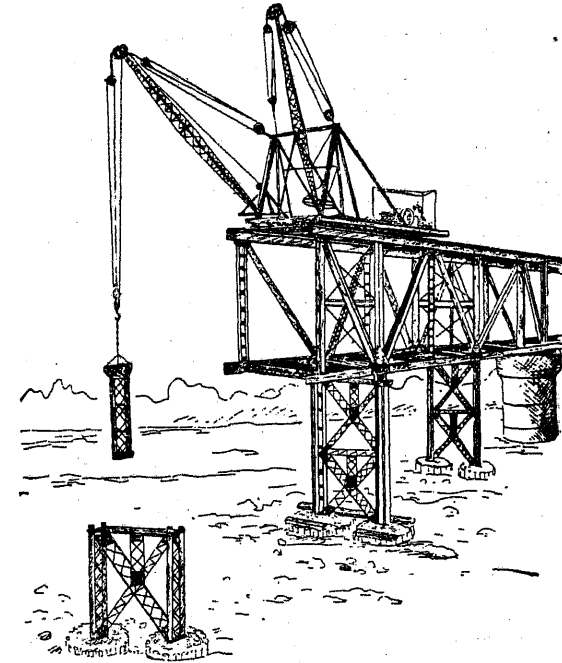
第 122 圖

(VI) 動臂起重機

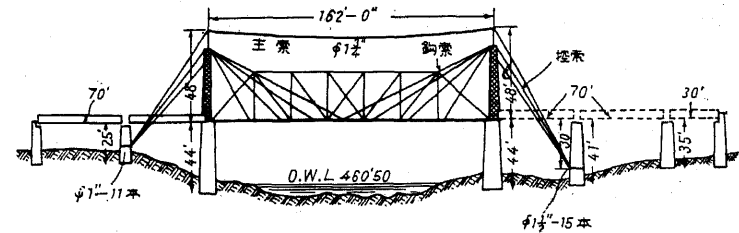
上路構桁の場合に起重機を構桁の上に載せ、橋桁の格點には假に木の杭又は鐵柱にて支點を作り置き、此上に組み立て進むのである。(122 圖 123圖)

(VII) 鐵索による架設方法

123 圖に示す如く兩橋臺に鐵塔二本を立て、鐵索を張り之にて構桁の各材料の運搬並びに吊り上げに用ひ、鈎索によりて構材の



第 123 圖



第 124 圖

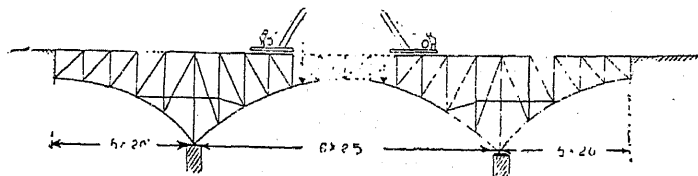
取り付けより鉸鉸完了迄トラス全部を吊り上げると共に、幾分反りの整正作用をなす。

(VIII) 控架法による架設

125 圖は中央 300 呎 (12×25') の拱形桁にして両側には 40 呎 (2×20') の突桁を具へ、更に其端に 60 呎 (3×20') の單桁の架設したる Balanced arch で橋脚上はヒンジである、架設方法としては先づ圖に示す兩側徑間は橋脚迄足場によりて組み立て、上弦材は連続し桁端一方は橋臺に固着し、拱桁は控架法により兩側より中央に向ひて組み立て行き、中央に於て連絡するのである。中央部の連絡に際して拱桁の長短又は上り下りの調節は、豫め兩側徑間の突桁と單桁を接續する所の下弦格點はピンとなし此上弦材には伸縮をなし得る Toggle を設備し置き、此の螺旋回轉によつて部材を伸縮せしむるにより、拱桁の兩方より進みたる部分は自由に俯仰し得て、中央にて連接せしむるのである。

Toggle とは菱形をなし中央に縦に螺旋棒を附して、之を回轉するによりて菱形を中廣になし又平たくなして、菱形の左右の兩端を近け又は遠からしむる構造のものである。

最後に Toggle を取り去りて此格間には單に單梁を挿入する。



第 125 圖

第二十二章 防雪及び除雪

寒國に於る雪の鐵道に及ぼす害は大なるもので、疾風襲來の際之を冒して運轉する列車は各所の吹溜に其の進路を阻まれ、運轉時間の遲延を來し或は進退の自由を失ひ、所謂立往生の已むなきに至る事あり、又大にしては脱線事故を惹起する等の故障踵を接す。蓋し線路の防雪設備及び排雪等よろしきを得んか、大半は其の被害を減じ得べきを以て此の研究は鐵道事業中大切なるものである。

第一節 吹雪と風雪 (Drifting Snow and Snow Storm)

吹雪とは降雪なくして單に風によりて地上の積雪が吹き上げられる場合を云ひ、風雪とは降雪中風烈しくそれが空中に飛散する場合を云ふのである。然しながら鐵道にて慣用し來れる吹雪とは此の二者を云ふのである。

雪の重量

雪の重量は防雪設備又は排雪作業に大いに關係を有するものである、重量は降雪の時期又は場所によりて異なるも次に擧ぐるものは平均のものである。

新しき雪	98 kg/m ³
吹雪の日に於ける防雪林内積雪	107
同上風上	123

同上風下	115
吹溜堆雪	125
稍水分ある降雪	242
普通積雪	368
水分ある積雪	527
凍結せる雪	679
壓搾せる雪	636
類雪	657

第二節 降雪量と積雪量

一冬期の降雪量とは毎日の降雪量を測定し之を積算せるものにして、最大積雪量とは一冬期を通じて最高の積雪量を示したるものを言ふ。雪の多少は年に依り、又地方に依り大なる差あることあるも其の最も大量地帯は、上越地方及奥羽地方の中部に位する庄内平野或は米澤盆地を圍む山間地域である。

又北海道に於ては北見山脈、天鹽山脈に沿ふ北西面並に大雪山群及後志を縦走する山群地帯である。

今大正五年以來國鐵測定に依る雪量記録を示せば次の如くにして北海道に於ては内地の記録を超ゆるものはない。

國有鐵道雪量記録

- a. 一冬期の降雪量の最大なるもの 上越線土樽に於ける 32.65 (昭8年分)
- b. 最大積雪量 奥羽本線峠に於ける 6.60 (昭11年1月28日)

- c. 一日最大積雪量 信越本線、高田に於ける 1.65 (昭2年12月30日)
北海道に於ける國鐵雪量記録
- a. 一冬期最大降雪量 幌加内線、幌加内に於ける 21.85 (昭11年分)
- b. 最大積雪量 { 石北線、上越に於ける 4.20 (昭14年2月28日)
函館本線、比羅夫に於ける 4.20 (昭8年2月28日)
- c. 一日最大積雪量 釧網線、川湯に於ける 1.60 (昭6年1月11日)

而して此等雪量の多寡は季節風の海上渡越幅員及暖流の影響並山系と上昇氣流等の因て然らしむるものである。

第三節 雪害

雪の列車運轉に與ふる故障は次の如く區分することが出来る。

1. 自然積雪
2. 吹雪
3. 類雪

(I) 自然積雪

靜かに線路上に降り積つた雪は1日降り積る場合と雖も1m以上に達すること稀なるによりて、適當なる除雪方法を用ふるときは列車運行に支障することなく、普通のスノープラウ又はラッセル式除雪機によりて容易に通行することが出来、1日數回の運行する線路にあつては線路に著るしき積雪を見る迄に至らぬ。

(II) 吹雪

吹雪によりて線路の所々に吹溜りを生じ、此の吹溜りは各層淺きものであても極めて緻密で従て重量も又普通積雪に比して遙に

重く列車は容易に突破することが出来ない。又線路の切取區間に於ては忽ちの間に切取内を埋没して、たとへ列車通過の前に切り開くも其の到着する間には再び埋没せられて通過困難に至る。

(III) 類 雪

雪害の内尤も鐵道に慘禍を分ふるものは類雪である。山の中腹に積りし雪は表面融解するに至れば、水分は下の地上に廻りて自身の重量に耐へえずして一時に落下し建造物を破壊し列車を谷底に轉覆せしめて人畜に死傷を與ふるは屢々起る例である。類雪の大きさは個所により異なるは勿論であるが、大なるものは厚さ 15^m に達するものあり長さに於ても 150^m を超ゆるものがある。

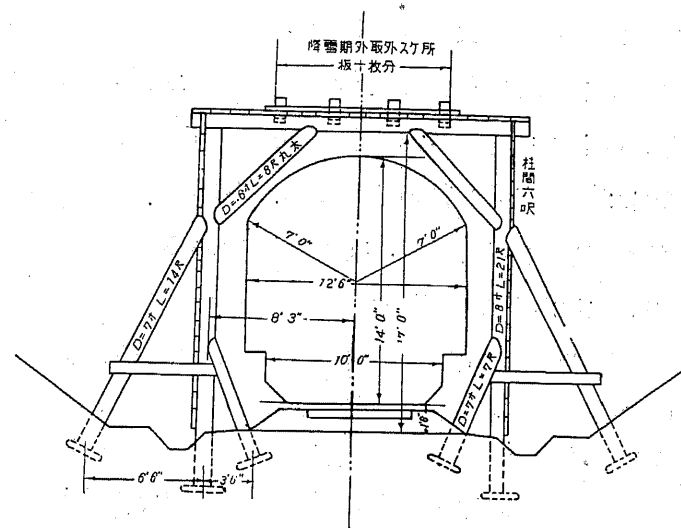
類雪の起るは中腹に立木のなき場合で、南に面せる方面に於て殊に多い。又山腹の勾配は大いに關係を有するもので類雪の生ずるは、多くは 36~40° の傾斜地最も多く 41~45° 之れに次ぎ、之より角度の小なるとき漸次減少するのである。類雪の時期は 3 月の融雪期に頻發する様に思はるゝも、却て 2 月及び正月に於て多く仙臺鐵道局に於ける 12 年 1 箇年の統計によるとき、641 回の中 40% は 2 月中に發生し、1 月は約 30%、3 月は 23% であつた。又 1 日中類雪のおこる時刻は午前 4~6 時及び正午より午後 2 時迄に多く、之に次で午後 2~4 時及び午後 8~10 時迄で、之を 1 日の氣温上から見るに最低を午前 6 時、最高を午後 2 時と考ふときは丁度此の時刻に當りて起る。而して 1 年間の總回數の 5 割は午前中で 4 割は午后に屬するものである。

第四節 防 雪

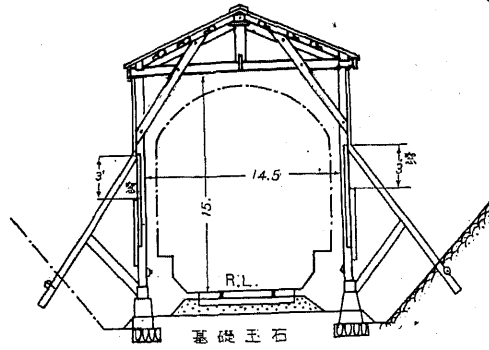
(I) 雪 覆 Snow Shed

排雪至難なる深き切取個所又は隧道入口等に於て線路を覆ひたる上屋にして全部木造なると木鐵混造のものあり。

冬期はよく防雪の效をなすと雖も夏期に於て暗黒で且つ火災にかゝること少からず。冬期中と雖も嚴寒中道床を曝露するを以て線路の凍上を起すことあり。加之建設費に多額を要し又補修費に尠からざる費用を要する故に近時は他の方法を探るに至つた。雪覆周圍の張板は風力よはく雪の重き地方に於ては 8^{cm} 内外は透し目とするも雪は之を通じて侵入することがない。然し風力強く雪



第 126 圖 (1)

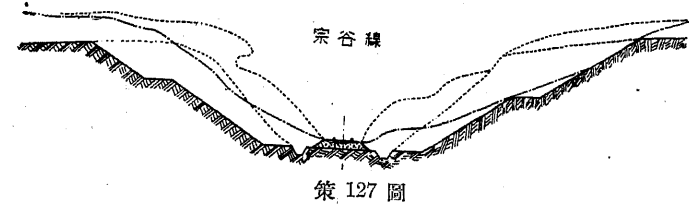


第126圖(2)

質輕き個所に於ては些少の間隙と雖も全面板張となさざるときは雪覆内部雪を以て充滿することがある。前圖(1)は信越線(2)は奥羽線の例である。

(II) 線路切取箇所切り擴げ

切取内は一般に雪の吹込み易くして、風の方向切取へ直角のときは忽ち切取内に吹溜を生じ列車運行に支障を生ず、而して雪掻車を用ふると雖も排除する雪の遣り場なくして能率充分ならず、長き切取にありては中央部の排雪には両端には距離遠くなり切取上部に捨てざるべからざるも、其の勞大にして工程之に伴はず、故に斯る切取にありては幅員を充分廣く擴げ除雪に充分の餘地を存せしむると共に成る可く風を誘致し風自身に内部の雪を吹き拂はしむる方法をとる。幅員は雪量によりて線路中心より4~6mとなすを可とする。127圖實線は宗谷線に於ける切り擴げ断面にして鎖線は其後の雪の断面を示し、點線は切り擴げ前の断面及び雪面を示す。



(III) 防雪柵 Snow Fences

線路の風上に柵を設けて雪を此處にて堆積せしむるものと、風を線路面に誘致し、軌道上面に堆積する雪を吹き拂はしむるものとある。前者は雪止式と稱し、假雪柵、板柵、古枕木柵、雪堤は皆之に屬し後者は吹拂式と稱し假雪柵又は板柵である。

(1) 假雪柵

a. 雪止式

雪止式と次の雪拂式とによつて構造と、建つ場所とを異にす。雪止式は128圖の如く線路から相當距離を離して杉丸太を2m間位に建て、横に貫を渡し之に菴を張りたるものにして風壓に對するため、2間毎に兩側又は風下に控柱を取り付く、斯くして此の柵の兩側に雪を溜むるものにして此の距離は風力によりて異なるも柵の高さの8~10倍である、吹雪の量大なる處は此の柵を2重又は3重に建て込み其の間に雪を溜むるものである。

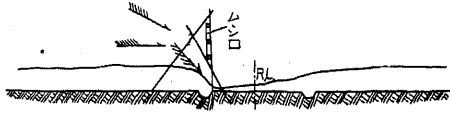


第128圖

b. 雪拂式

雪拂式は129圖に示す如く線路に接して建て込み上段に菴をは

り下部は開き置く風は下部の明きたる所に集り、持ち來たりたる雪と共に線路上の積雪を吹き拂はしむるのである。此の有効なるは築堤又は平坦個所にして切取個所に於ては 1^m 位迄なるときは切取法肩に設くるときに有効なるも、夫より深き所に於ては却て害をなすものである。本式は風の方向一定したる處に用ひて有効である。



第 129 圖

(2) 古枕木柵

雪止の目的にて建てたるもので降雪量の少き處に於て線路よりある距離に於て風の方向と直角に建て込むものにして古枕木を 1.5^m 位の高さに頭部を揃へて並列したるものである。

(3) 木板柵

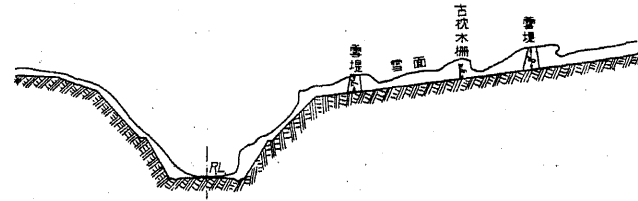
雪止式にして雪のふかさによりて高さを適當に定め、線路の風上に建て吹雪のために埋没せらるるときは再び掘りおこし、其の上に移植し第二の吹雪に用意するもので、露國に於て盛に用ひられる。横貫に幅 8^{cm} 位の板を同じ位の間隙を置き張りたるもので夏期に撤去し冬期に使用する。

(4) 土 堤

矢張り雪止の目的に作りたるものにして土を以て又は芝をたみ上げて築造する高さは 2~4^m 位になす法勾配緩なるときは有効ならず。

(5) 雪 堤

雪塊を積み重ね土堤の代りになしたるもので、吹雪にて埋没せられたる時は吹雪の後の天氣を見て又其の上に築造して次回の吹雪に備ふるものである。130 圖は線路の風上に枕木柵と共に三重に設けたるものである。



第 130 圖

(6) 防 雪 林

永久的設備として線路に沿ひて風上に林を置き風をさへぎり吹雪の襲來を防止せんとするものである。

由來森林地を通過する鐵道に於て雪害あらざるに顧みて、防雪林を設けて此の害を除去するは最も宜しきに叶ひたるものである然れども防雪林の完成には長時日を要し林の成長の間には其の木と同じ高さに線路を埋没して却つて雪害を多くするものなれば、今日迄餘り澤山の防雪林を見ることなかりしも、防雪林は防雪には最後の手段なるを知り植林の方法も研究せられ、今日では次第に増加せられんとする傾向になつて來た。

樹 種

防雪の目的を達すると共に又よく其の土地に適ひたる成長の速

かなるものでなければならない。防雪の目的は防風に叶ひたるものを要し之には常盤木なる杉、檜等を可とするも何れの地質にも適すと云ふことが出来ない。何れの地質にも適するはカラマツで北海道に於ては歐洲のタウヒも適する。

東北線等に於ては杉、檜を植ゑ其の間にカラマツを植ゑて、落葉は前者の肥料となりて成長を助けしむる目的のために植ゑたものである。

防雪林は繁茂せる森林によつて吹雪を捕捉し之を瀘過して以て線路に生ずる吹溜りを未然に防止するの作用を營むものである。

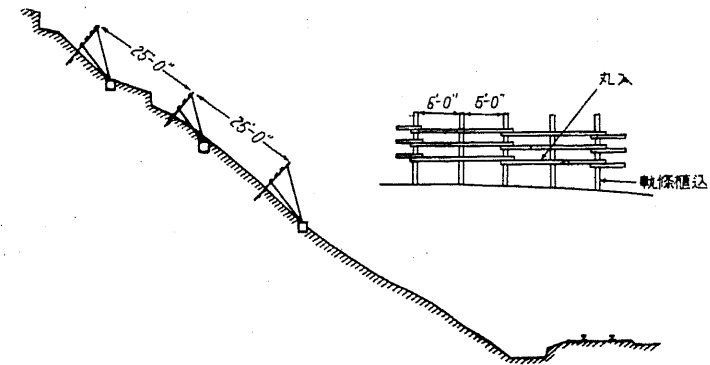
併し防雪林の繁茂餘りに大なるときは却へつて林内の吸収を阻止して林内に吹雪を吸収瀘過し難き状態となり惹ひては森林の兩端に吹き溜りを生じ線路を支障することがある。此の點に於て林の幅が相當大なるとき落葉松の如き大なる効果あるものである。

幅は風の強度によりて異なる $36^m \sim 3 \times 36^m$ を要する、 3×36^m なるときは 36^m 毎に輪伐することを得る故である、即ち 36^m は尙幼樹なるも 36^m は成長するとき他の 36^m 伐採することを得る。防雪林の成長を阻害するは野鼠及害虫にして害虫が爲に特に小鳥を養ひて、之を撲滅する方法も講ぜられ、又は野火に對て燒失を防止するためには特に防火土堤の設置も行はる。

(7) 類雪防止設備

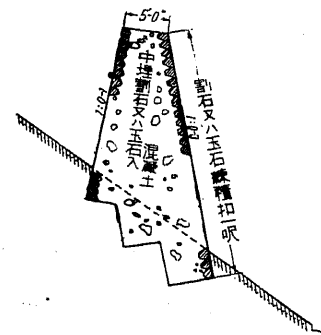
類雪を防ぐ設備として山腹所々に雪の沁り落ちる先に次圖の如

き之を防止する柵を設くる、木造又は軌條製としコンクリート基礎の中に建立するのである。



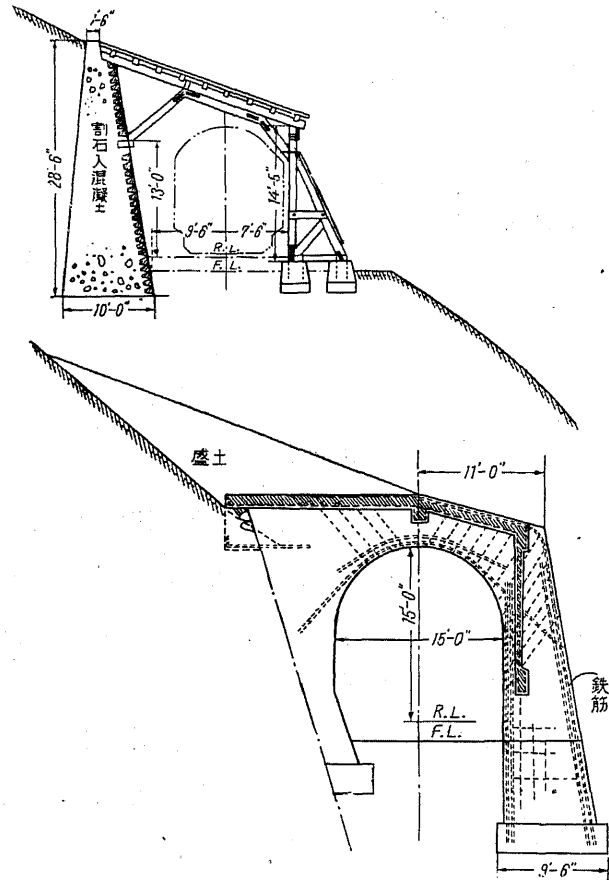
第 131 圖

又は線路に沿ひて 132 圖の如き頑丈なる石垣を造り線路に直接落下するを防止し、又は 133 圖上圖の如き石垣より線路の上に上屋を作りて一旦石垣の裏に落下せしめ類雪の一部は上屋上を滑りて線路反對側に導かしむる如く設置したるものもある。



第 132 圖

普通上屋は木材を用ふるも堅牢ならざるときは雪の爲に破壊せらるゝことある故に 133 圖下圖の如き鐵筋コンクリート構造になすことが屢々である。又山の勾配によりては單に石垣の頂部を線路上に刎ね出しとなして線路を飛び越さしむる如くなし



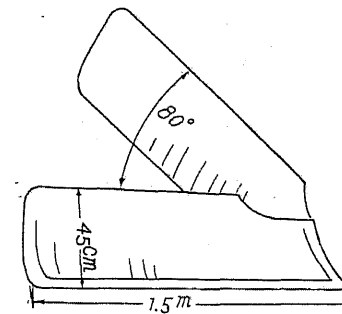
第 133 圖

たものもある。之等設備の中最も有効なるは積雪防止柵にして初め積雪を防止して其の間に植林をなして木の成長を助けしめ將來は樹木によつて積雪を防止せんとするのである。

第五節 除雪方法

(1) **スノープラウ (Snow Plough)** 機関車の前頭に取り付け其の構造は機関車によりて相同じからざるも鐵鋸を以て V 形に製作し除雪に便ならむる様曲面となすのである。

之を機関車前頭軌條面上 8^{cm} 高に装置し機関車の進行に伴ひて



第 134 圖

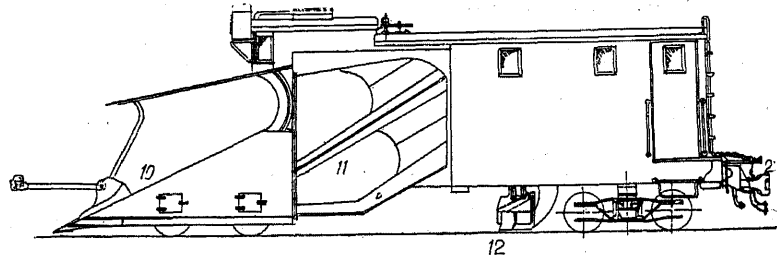
線路内の積雪を両側に跳ね飛ばすことが出来るも、雪量の増加に従ひて抵抗多く、機関車を重聯して押すも Snow-Plough 以下の積雪は機関車の車輪のために壓縮せられて順次高さを増加して遂に車のフランジのかゝり少くなり遂に脱線するに至る故に雪量の僅少なる場合の外効果少ない。

(2) **ラツセル式雪掻車 (Russel)** 車の前方に大型の Snow Plough を取り付け、之に續きて車の両側に翼を取付け、壓搾空氣によりて車輛幅員外に両側の翼を敏活に擴げる、全幅員 4^m 位まで排雪することが出来る。又フランジを備へて軌間内軌條面以下 5^{cm} 軌間外に於て軌面上 1.5^{cm} 迄氷雪を排除し脱線の虞を除去する。構造は 135 圖の如く四輪ボギー車の上に装置したものに於て前端は Snow Plough (圖中 10) にして次は翼 (圖中 11) にして閉ぢたる時は車體の凹所に收容することを得せしめ開きたる

ときは前頭の Plough にて排除したる雪がその肩を越えて來りたるもの、又自己の排雪したる雪を更に上方に向けて滑動せしめて線路外に排除する。而してこれが取扱ひは車内にある壓搾空氣槽によりてなす。又車體よりフランジ (12) を降下し左右同時に上下動をなして軌條上の雪を除去するものである。

車内の前部に各機能を操縦するハンドルあり操縦者は此所に佇立して硝子窓を通して前途を注視しつつ操縦する。ラッセル式の有効なる雪量は 1~1.2^m の雪を以て最大とす。翼を擴げたる場合に其排雪の高さは 1^m 位より以上のものになれば一度排除したる雪も再び線路上に落下し來る故に二度雪掻車を使用し更に人力を以て除雪を行ふ外はない。

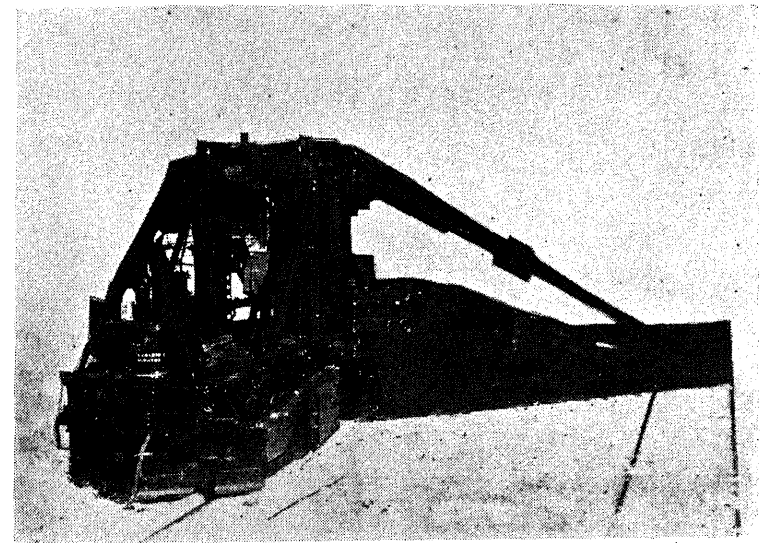
積雪 1.5^m 以上になれば翼の使用不可能にして Snow-plough のみを以て突破しなければならぬが其の延長 40^m 以上なるときは假令機關車を重聯するも尙困難である、此の時は延長 10^m 位毎に兩側へ 5^m 角位の人力除雪をなし、所謂窓明けをなし置くときは雪掻車をして突破せしむることが出来る。



第 135 圖

札幌鐵道局に於ては其の數 50 以上を有し冬期の除雪は殆んど此の力によつて居る。

(3) **ジョルダン氏雪掻車 (Jordan)** 136 圖に示したるものにして翼の高さ 1^m 長さ片側 4^m にして翼が二重なり全體 8^m 迄廣く除雪し得るの利あり、然しながら地上施設物あるとき又は切取り中に於ては之の利用せられること尠い、平坦地又は停車場構内に用ひて有效である。又複線の場合には雪を一方にのみ除雪し得る様に前葉が一直線に片側に傾く様に作られてある。



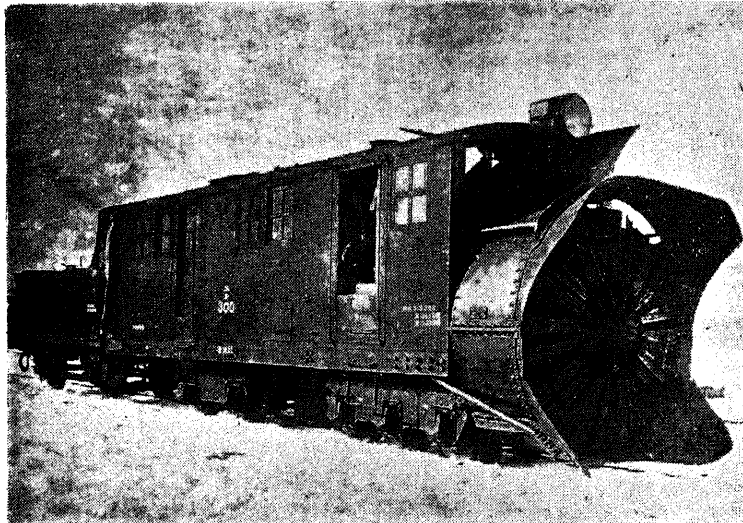
第 136 圖

(4) **ロータリー式スノープラウ (Rotary-snow-plough)** 雪の量大なるに至るときは人力除雪法によりて豫め廣く除雪をなし置くことが必要なるも、尙一層雪の深さ増すときは Rassel 又は

Jordan は共に排雪困難で此の際 137 圖の如き Rotary を使用し
なければならぬ。

之は車の前頭に圓筒を附し其内に雪車を附け之を回轉して上方
の明きより遠心力によて雪を遠く線路外に吹き飛ばすもので深き
雪には最も有效である。

然れども排雪の幅は少くして 2.7^m 位に止り第二回目に襲來す
る吹雪に對して其儘にては Russel を直に通過させることは出來
ない故に Rotary を用ひたる後には更に幅を廣くなすことを要す。



第 137 圖

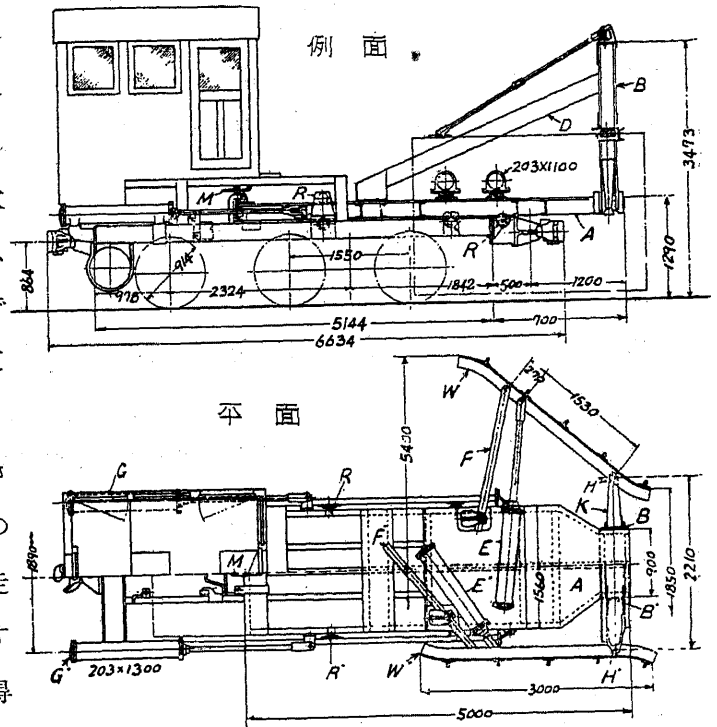
又此の式の缺點とする所は早き速度にて運轉することが出來な
い漸く 1 時間 6-8 軒位のものにして、此のために急行列車の先
頭に立つて除雪すること困難である。

切取區間に於て雪の切幅小なるときは次の吹雪に對して其の

儘では Russel は使用困難なる故に豫め兩側の除雪を必要とする
之は人力にてなすを普通とするも機械的方法として次のマクレー
式雪集機なるものが考案せられた。

(5) マクレー式雪集機 (Collecting-snow-plough) マクレー式
は線路兩側の積雪を一旦中央に搔き集めたる後に前記の Rotary
にて線路より遠く飛散せしむる方法で 138 圖の如く車體の兩側よ
り逆に羽を出し兩側の雪を中央に搔出すものにして其の翼は自
由に壓搾空氣によりて開閉し得せしむる、而して此の作業は吹雪

の經過し
たる後に
於てなし
次の吹
雪に備ふ
るもので
斯くして
幅を廣く
なし置き
Russel の
自由の走
行をなす
ことを得
せしむ。



第 138 圖