

## 第三章 軌道

### 第一節 概説

併用軌道の場合に於ては軌道敷も亦車道敷と同様に、一般車馬の交通に支障のない構造とせねばならぬ、從て鐵道又は新設軌道の場合とは其の構造上に於て格段の相異がある、即ち軌條面は路面と同高にせねばならぬし、又軌道 (Track) の構造は單に軌道の車輌のみの通行に耐え得るものでは不充分であつて、同時に一般車輌の通行にも耐ゆる構造とせねばならぬ。

鐵道や新設軌道の場合なれば所謂道床 (Road bed) と稱する部分がある、此の道床の目的は(1)枕木を固く保持すること、(2)荷重を一様に施工基面に分布すること、(3)軌道全體に彈性を有せしむること、(4)軌道の排水を良好ならしめること、及び(5)軌道に雑草の繁茂するを防ぐこと、等である、然るに併用軌道の場合は道床は同時に路面鋪装の基礎をも兼用するものであるから、道床と稱するよりも寧ろ基礎と稱する方が妥當である。

軌道の基礎を大別して彈性基礎と、非彈性基礎とに分類することが出来る。

彈性基礎と稱するは基礎全體を彈性に富む構造としたもので、例へば鐵道の道床に於けるが如く砂利碎石礫鉄等を用ひて搗き固めたものは其の一種である、之に反し非彈性基礎と稱するはセメント混擬土、又は之に類する材料で出來たもので、彈性の乏しい構造としたものである、其の何れの基礎を用ゐるを問はず、基礎を置くべき路床は充分均一に輒壓し、苟も路床の支持力が不均一となるべき原因は總て之を除却せねばならぬ。

軌道基礎の發達の経過から見れば、當初輸送量の比較的少なく、且つ道路交通も亦比較的閑散であった時代では、世界各國共砂利、割栗等を用ひたる彈性基礎を採用したのであつたが、交通量の増加に伴ひ軌道の車輌も亦其の重量を増大し、一

面自動車の如き高速重量車輛が道路を疾駆するに至つた今日に於ては、在來の工法に依る彈性基礎では勢ひ軌道面の低下を招來し、到底完全に路面の保持も出來なくなつた、そこでセメント混擬土の如き堅固な基礎を設けて、軌道敷の低下を防ぐ方策を講じたものである、是に依て軌道敷の低下は幾分防ぎ得た、然し是がため彈性に乏しき基礎となつた爲め、車輛運轉に依る騒音及び振動が著しく増大し、且つ軌條の磨耗が不規律となる等、種々なる欠點あることを發見し、更に何等かの改良方法を講ぜねばならぬ苦境に陥た。

先年米國政府は、彈性基礎と非彈性基礎と何れを可とするやとの問題に就て、米國內の軌道鐵道會社に照會を發して得たる回答に依れば、彈性基礎を可とするものはボストン高架鐵道 (Boston Elevated Railway)、ブルクリン市街鐵道 (Brooklyn City Railroad)、ニュージャシー公役鐵道 (Public Service Railway of New Jersey)、バルチモア・ユナイテッド鐵道電氣會社 (United Railway & Electric Co. Baltimore)、ヒラデルヒア高速鐵道 (Philadelphia Rapid Transit)、太平洋電氣鐵道 (Pacific Electric Railway) の六會社であり非彈性基礎を可とするものは クリブランド鐵道 (Cleveland Railway)、デトロイト市街鐵道 (The department of Street Railway Detroit)、カンサス市鐵道 (Kansas City Railway) 四インヂアナ・ユニオン・トラクシヨン會社 (Union traction Co. Indiana) の四會社であつた、又羅馬市では數年前から郊外には彈性基礎を用ゐ、市内では非彈性基礎を用ひたのであつたが、非彈性基礎は常に不成績に終たので、其後彈性基礎で低下を生じない工法に就き研究中である。

彈性基礎の優れりとする理由は(1)維持修繕が容易であり、(2)振動騒音を輕減し、(3)施工迅速であるから工事中一般の交通を禁止する時間を短縮し得る等であつた、之が不利とする點は(1)地表水の浸透を防止することが出来ない爲め、地盤を軟弱ならしめ軌道の低下を來し益々路面の排水を困難ならしめ道路保持上にも軌道保線上にも不都合であることである。

非彈性基礎を用ふれば斯る欠點は幾分輕減し得るので、道路の鋪装としては稍可なるも、軌道の基礎としては餘りに堅硬に失するため、軌條の波状磨損を誘發し、騒音振動を大ならしめ、延ては軌道及車輛の壽命を短縮し、且つ多額の工費を要する等の缺點がある。

即ち軌道を主としたる工法なれば道路に不都合を生じ、道路を主としたる構造れなば軌道に適しない、換言すれば軌道と道路とは其の構造上の要求に於て全く兩立しないとの結論となつたのである。今日世界各國の専門家が兩者の調和を得たる設計の案出に就て研究中であるが未だ完全のものが發明されぬのは遺憾である。

第四回萬國道路會議に於て、本問題に對する決議としては、鋪裝路面の維持費を減少する手段方法を講じ、同時に軌道運轉の安全を期する方法に就て、研究せねばならぬ、セメント混擬土を基礎とする場合に於ては、相當彈性あり且つ充分水密のものとせねばならぬ、但し車輛が比較的軽くして、地質が砂礫層の如き良好のものであれば、別段に基礎を用ひずとも直接地盤上に軌條を敷設しても差支はない。車輛が重くなれば木の枕木を用ひたが良い。然し是等は木塊、瀝青及び混擬土鋪装の場合には採用し難い、如何なる基礎を用ひるにしても、排水には最も注意を拂はねばならぬ、と極めて茫莫たる結論をなしたに止まり何等具體的方法に就て發表し得なかつたのは、本問題の解決が非常に困難であることを立證したものである。

案するに軌道と道路との要求が技術的に兩立しないのであるから、今後に於ては兩者の使命に應じて調和を得たる方法を案出するの外はない、それには軌道の車輛の重量を成べく軽くする途を講ずると同時に軌道の構造として枕木、軌條及び鋪装等と相關連して適當の設計を定めることが必要である、以下は等の問題に就て詳論せん。

## 第二節 基 础

## I 彈性基礎 (Elastic foundation)

材料としては前述の如く碎石、砂利、鐵鋸又は石炭屑等の如き砾を單獨に用ふるものと、更に瀝青質物を混用する場合とがある、礫質材料は其品質が堅硬で且つ角ばつたものが良い、且つ粒の大きさに就ては細か過ぎれば排水に支障を來し、同時に荷重を分布する能力を減ずる、粒が粗に失すれば搗き固めに手數がかゝり騒音を増大する欠點がある、普通使用されて居る標準は徑 25 精乃至 64 精のものが多い。

基礎の厚さを求むるには、荷重が  $45^{\circ}$  に分布するものとして、基礎の底面に載る単位壓力が、路床の安全支持力以下となるやうに選べばよい。

路床の安全支持力は大體第 12 表を標準とすることが出来る。

第 12 表

路床の土質	切土又は高30釐 以下の盛土	高30釐乃至90釐 の盛土	高90釐以上の盛 土
細砂	0.8—0.6	0.6—1.1	1.1
真粘土	0.8—0.6	0.7—1.2	1.2
普通粘土	0.6—0.9	0.9—1.3	1.3
粘質壤土	0.9—1.2	1.2—1.4	1.4
壤土	1.2—1.5	1.3—1.5	1.5
砂質壤土	1.5—1.8	1.6—1.8	1.8
粗砂	1.8—2.1	1.9—2.1	2.1
小砂利	1.8—2.1	1.9—2.1	2.1

備考 1. 氷霜烈しからざる地方に於ては本表の値を相當増大する

2. 盛土は均等に充分搗き固めたる場合とす

之を實例に就て見れば第 18 表の如し

第 13 表

良好な地盤の場合の各種鋪装の基礎厚の比較

鋪装の種類	住居地域の基礎厚		商業地域の基礎厚	
	砂利又ハ マカダム耗	コンクリート耗	砂利又ハ マカダム耗	コンクリート耗
花崗石塊	.....	.....	203—254	152—203
木塊	.....	.....	.....	125—203
煉瓦	152	102	152—203	127—152
ビツクシツク (Bitulithic)	203	127	.....	152
瀝青板 (Sheet Asphalt)	.....	127	.....	152
瀝青塊	152	127	203	152

瀝青質を混用する場合は、礫質物を充分輒壓したる後之に瀝青タール若くはピッチ (Pitch) の類を流し込み礫質間の空間を填充し礫を結合せしめ以て粒の移動を防止するのである。以下各地の實施設計に就て見るに、第 51 圖は米國の太平洋沿岸地方の田舎道に採用した工法で、砂利の基礎厚は 203 耗である。

第 52 圖及び第 53 圖はテルホード

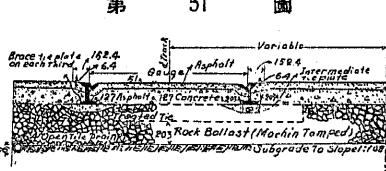
(Telford) 基礎とも稱すべきもので、割栗を楔形に締め合せたものである、且つ枕木を使用しない一例であるが、

重い車輛の頻繁に

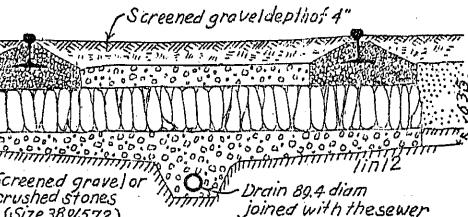
運転する軌道としては不適當である、テルホード基礎は、

材料として玄武岩、

安山岩、花崗岩、片麻岩及び石灰岩等を用ひ、其の質は脆弱でないものを選び、



第 52 圖



## 第二節 基礎

第 53 圖

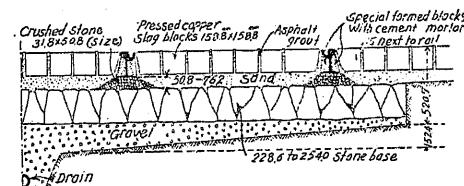
形としては扁平又は細長くないも

のを用ひねばならぬ、其大きさは大

體厚さ 15 乃至 20 棱、幅 10 乃至 20

棱、長 15 乃至 30 棱のもので、1 箇

の重量は 18 吨以上のものを選ぶ。



築造方法としては地盤を清掃したる後、割石を道路の方向に直角に長手使ひとし、最大側面を下端にし、芋織とならざる様緊密に詰立て、所定の厚以上の石頭は玄能にて拂ひ落し、所定の厚に達せざる部分は小割石を以て石頭を下端に楔締となる様詰立て、其の餘の間隙には切込砂利又は屑石の類を以て目潰材として填充し、8 吨以上の輒壓機にて萬遍なく輒壓して所定の厚に仕上るものである。

稍簡易な方法として準テルホードとも稱すべき基礎がある、是には骨材としては玉石、石塊、煉瓦塊、混擬土塊及鏽錆等を用ふ。築造方法としては、地盤を清掃して此の上に碎石を均等に敷き均し、輒壓機にて空締をなし、碎石の脱出する事なき程度に噛み合せ、之に砂利又は屑石の類を以て目潰材を施し、8 吨輒壓機にて充分に輒壓し、所定の厚に仕上るものである。

是等の工法は何れも簡易の方法であるから、工費も從て少なくて足るので、一般交通量が比較的少なく、軌道の車輛の重さも軽く且つ運轉回数も少ないので、路下排水の良好な地盤であれば一般に採用される、我 6 大都市以外の小中都市に於て是に類似した工法が普く採用されて居る。

此種基礎を採用した場合は、路面鋪装としては普通砂混りの砂利、三和土、又は板石の砂据程度のものを用ひて居る從て交通量が増加すれば直に路面の破損を來し、到底充分なる路面の保持が出來ぬ様になるから、斯る場合には何等か硬質鋪装を施さねばならぬ。

近來米國ではブラック・ベース (Black base) と稱し、瀝青混擬土を厚 152 耗に敷き均し基礎として用ひた例があるので、礫質基礎よりは遙に上等である、ブラック・ベ

ースの利點は、施工に當てセメント混疑土の如く硬化に數日を要しない事である、即ち此場合では其上に直に軌條を敷き延し、2日間位車輛を運轉し、其結果若し幾分でも軌道が沈下すれば軌條を持ち上げ之を補修する從てセメント工事に比し工事が極めて迅速で、且工事中一般交通を阻害することは極めて少ない、又砂利や碎石基礎に比し沈下する程度も少なく、且著しく彈性に富むため振動、騒音等も少なくて誠に理想的の良法である、たゞ工費が著しく高い點が實用上に適しない點である。我國では未だ實行した例はないが、米國では實行して好成績を擧げて居る。

## II 非彈性基礎 (Non-elastic foundation)

材料としてはセメント混疑土を用ひて全體を極めて堅固とする工法で、此の場合に於ける混疑土の調合は普通 1:3:6 である、基礎混疑土の厚は前述の場合と同様の理論に依て計算することが出来る。但し轉轍、轍叉の箇所は非常の擊衝を受くるものであるから計算に依て得たる厚よりも厚くするのが常である、近來混疑土に鐵筋又は鐵網を挿入して補強する場合があるが、斯る設計で基礎版の厚さを決定するには基礎版の中央で支持された尖端として計算すれば安全である。

混疑土を打立つるには、豫め路床を充分輶壓し、悪い地盤であれば割栗石を相當厚に敷き均し充分輶壓せねばならぬ、良質の地盤であれば單に輶壓したのみで充分である、混疑土基礎の設計として枕木の上端迄混疑土を打ち立つることがあるが、斯る場合には一日中に成べく枕木上端まで施工すべきである、此際注意すべきは、溫度の變化に依て軌條が伸縮し、未だ充分硬化せない混疑土に龜裂を生ずる虞があることである、又營業線で車輛を運轉しながら混疑土工事を施す必要ある場合は、車輛の振動に依り到底完全の工事を望むことが出来ない。此場合には一時假線を設けて工事の萬全を期するがよい。次に此種工事の實例を見るに、

第 54 圖は米國のカンサス市の例である、即ち  
セメント混疑土を施し其中に鐵枕木を埋め込んだ工法である、斯る工法は甚だ彈性に乏しい、

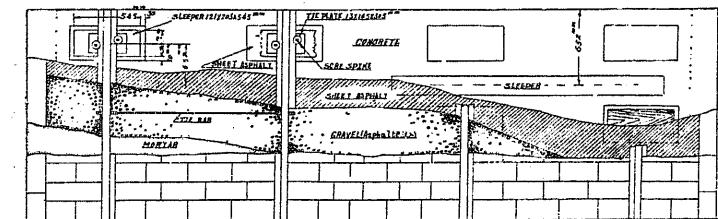
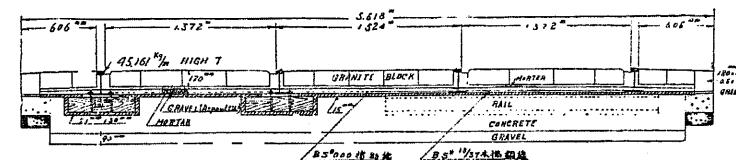


第 54 圖

大正 3 年頃東京帝國大學の前通りに略之に似た工事で、混疑土の厚を 304 粕とし、之に古軌條を枕木として用ひ、路面は石塊を並べた工事を施行したのであつた、出來上りは誠に平滑で堅固で立派な鋪装のやうであつたが、使用するに從て軌條に波状磨耗を生じ、車輛運轉に依て著しき騒音、振動を生じ、是がため沿道の商店からの苦情が起り、又鋪装の維持が困難であつたので大正 11 年頃是が改良工事として古軌條枕木を除去し角鐵を組立てた鋼枕木とし、軌條下に當る部分に、堅木を挿だものを用ひ幾分改良されけれども尚鋪石は躍て凸凹を生じたので昭和元年に基礎混疑土を幾分破壊して、普通の木の枕木を使用し好果を得て居る例がある。

第 55 圖は東京市電に用ひた一例である、此の場合には短かき木の枕木を用ひ、

第 55 圖



其の周囲を瀝青で固めた砂利で挟んで幾分彈性を増さしめた構造としたのであつた。是に依て幾分彈性は増したけれども、尚軌條の振動の爲め軌條附近の鋪装の保持は困難であつた、且つ雨水が泥を伴ふて浸入し、之が瀝青を冒して緩みを生じ軌條の低下を來した。之が防止策としては絶対に路面を水密とすることである。

第 56 圖は大阪市電で用ひた設計の一例である、基礎枕木及び鋪装を一體として固め、絶體に水を通さぬと云ふ主義の下に設計したものである、鋪装の表層としてはソリジチット (soliditit) を用ひたのであつたが、餘り堅過ぎることに伴ふ前

述の缺點は免れ  
なかつた、且つ  
建設費に莫大の  
費用を要する缺  
點がある。

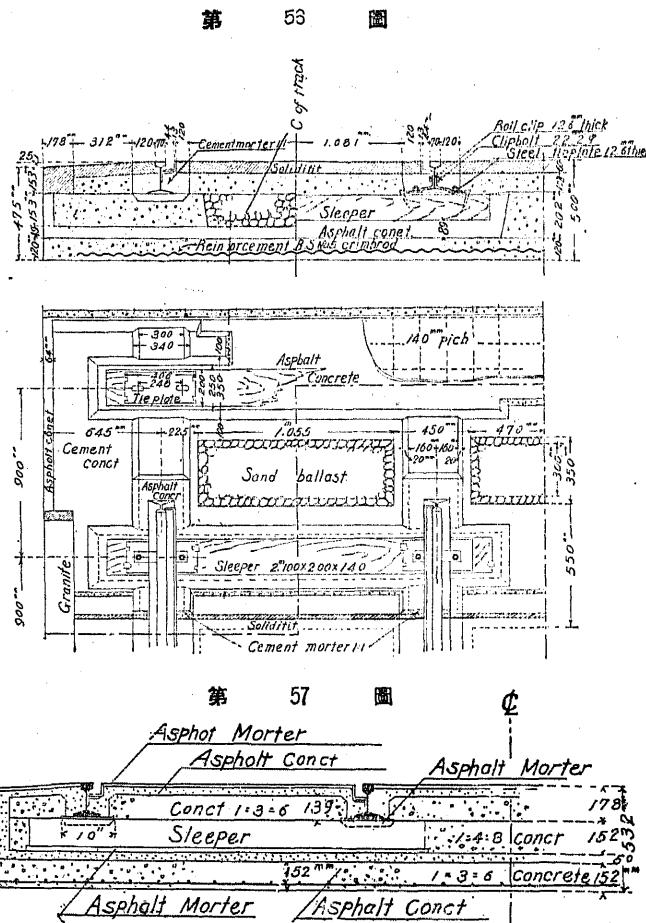
第 57 圖は神  
戸市電の一部に  
採用した工法で  
ある、セメント  
混疑土の間に瀝  
青材を挿である  
から大阪市電の例  
に比し稍彈

性に富む利  
益はある  
が、瀝青が  
馬鹿になつ  
た時の缺點

は東京の場合と同様である。

第 53 圖乃至第 60 圖は英國の例である、何れもセメント混疑土基礎を用ひ、枕木を使用しない工法である。

倫敦にてもセメント混疑土基礎を用ひた、其工法はリバプール (Liverpool) 等のものと大同小異である、此の種の工法では混疑土基礎面と軌條底とを完全に接觸せしめる事が必要である、其の方法として軌條底と基礎混疑土の間に 12 精 7 乃至 25 精 4 の間隔を設け、之に花崗石屑を搗き込み後タル又は瀝青を流し込む工



第 53 圖

第 57 圖

第 60 圖

法を用ひて

居る、マル

セイユ市で

は之と同様

の目的で鉛

を條軌底と

混疑土基礎

との間に挿

む例もある、

エヂンバー

グでは大き

6 精 35 の石

屑 1、砂 1

及びセメント 1 の混疑土を搗き込んだ例がある然し何れの方法も充分の效果を擧げ得なかつた。

### III 準弾性基礎 (Sub-ballast foundation)

第 61 圖は横濱市電第 62 圖は神戸市電の例であるが何れも混疑土版の中間に砂利層を挿だ

構造である

この工法は

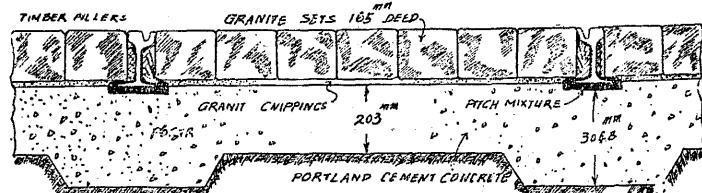
工費も少な

く比較的成

績が良い。

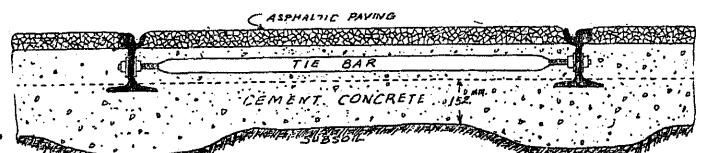
然し中間

の砂利層に

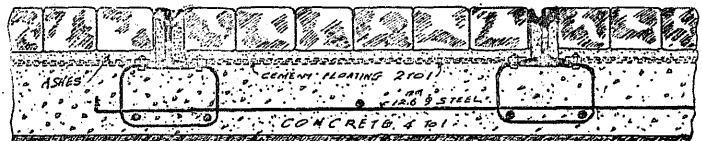


第 53 圖

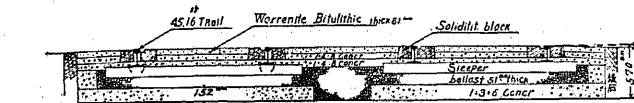
第 59 圖



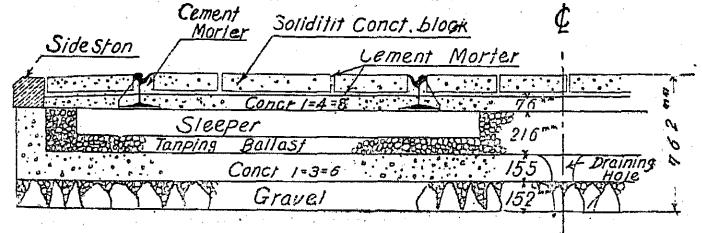
第 60 圖



第 61 圖



第 62 圖



泥水が浸入すれば軌條が持ち上る傾向を生じ且つ路床の排水が不完全となるから、路面及び路床の排水に就て充分の注意を拂はねばならぬ。

### 第三節 枕木

#### 1 枕木に加はる外力

枕木 (Tie or sleeper) に加はる外力は(1) 壓力 (2) 衝撃 (3) 曲線路の場合に生ずる遠心力に依る側圧及び(4) 車輌の蛇行に依て生ずる扭力等である、從て枕木として是等の外力に充分耐ゆるものでなくてはならぬ。

#### 2 枕木を用ゐる目的

枕木を用ゐる目的は(1) 軌條に載る荷重を枕木の媒介に依て基礎上に成べく廣く分布し地盤の壓縮又は沈下を少なからしめ、軌條面の低下を防止する爲め、(2) 硬き軌條と堅固な基礎の中間物として幾分彈性に富む物質を挿入し車輌の運轉を圓滑ならしめ、以て軌條の不均一磨損を防止する爲め、(3) 軌間を保持する爲め、及び(4) 軌條の敷設及補修を容易ならしめる爲め等である、但し併用軌道の場合に於ては、軌道敷を硬質材料を以て鋪装するを常とするから、軌間を保持すると云ふ前記枕木の目的(3) は格別價値はない。

#### 3 枕木の材質

枕木は普通木材を用ゐるが時としては鐵材又は鐵筋混擬土材を用ゐることもある、木材としては成べく堅くして裂け易くないもので腐朽、大なる裂目、大なる割目、大なる若は多くの孔又は節のないものを選ばねばならぬ。それには檜、櫛が最も良いが高價であるから橋梁上其の特殊の場所以外には用ゐられぬ、普通は栗、楓、榧、胡桃、鹽地、櫻、櫛等である、枕木に防腐剤を注入することの經濟的可否に就ては、世界を通じて種々の議論があるが栗、檜、櫛、櫛の如きものであれば防腐剤を用ゐる必要はない、「アナ」の如く素材の儘では腐朽し易いものでは、防腐剤を注入して其の壽命を長くすることが一般に得策である。

#### 4 枕木の形狀寸法

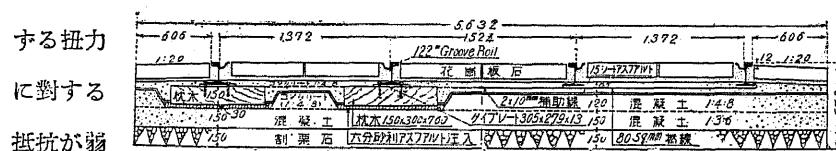
枕木の長さは軌間や荷重の大小に依て定まるものである、軌間0米762のものは、長さ1米524 軌間1米067のものでは、長さ1米375、軌間1米485のものは、長さ2米134を用ふるが普通である、大體の標準は軌條の外側に各0米35の餘裕あるものとせねばならぬ、但し新設軌道の曲線部で押木を要する箇所、又は直線部でも高速運轉をなす軌道には、比較的長い枕木を用ふるが良い、時としては2米488位のものを用ふることもある。

斷面形は木の枕木なれば矩形のものが上等で押角や大歫落等は良くない、厚さは荷重に安全に耐ゆるを限度とするもので普通は140耗位である、幅は軌條の切れ込みを生ぜぬ程度に定めねばならぬ、普通は200耗位である。

併用軌道の場合で、混擬土の如き堅固の基礎であつて且つ硬質鋪装を施す設計であれば、枕木で荷重を分布することも軌間を保持することも左程必要はないから、短かい枕木を1本1本の軌條に別々に用ふることがある。

然し此の種の枕木を用ひた場合は、枕木にかかる各種の外力の中で車輌の蛇行に依て生

第 63 圖



いから、之に耐ゆる設計とすることに注意せねばならぬ。

第63圖は東京市電に用ひた一例を示す。

#### 5 枕木の敷設

次に枕木の敷設方法としては横枕木 (Cross sleeper) と縦枕木 (Longitudinal sleeper) との區別がある、横枕木とは普通に行はれる方法で軌條に直角に敷設したもの、縦枕木とは軌條に並行に敷設する方法である。

横枕木と縦枕木との利害得失に就て見るに、横枕木の優て居る點は、(1) 枕木

に依る荷重を分布する面積が廣いから同じ地盤の場合でも基礎厚が少なくてすむ、(2)線路を敷設することも又保線作業を爲すにも容易であり便利である、(3)軌條底が枕木の纖維に直角に當るから切れ込みに對する抵抗が大であること等である、横枕木の不利とする點は、縦枕木に比して材料を澤山に要すること及び軌條底と枕木との接觸面が縦枕木の場合に比して少ないから枕木の切れ込みが多い、從て時としては敷釘 (Tie plate) と稱するものを軌條と枕木との間に挿入することがある、敷釘は普通のものは平釘であるが、時としては軌條面を内側に幾分傾けるため相當の斜面となつたものもある。

第 64 跋

第64圖は此種敷釘の一例で $\frac{1}{20}$ の斜面となつて居る。

第65圖は是を用ひて軌條を敷たものを示す。

敷釘と枕木との接觸は、絶対に磨耗を起さぬものが良い、是がため敷釘の下面に凹凸を作たものもある、又敷釘と枕木との間に薄き木片を挿むこともある。

鐵道及新設軌道では横枕木を用ふるの  
が原則である。其の數は 10 米につき 12  
乃至 18 條である、第 14 表は我國 6 大  
都市の併用軌道の場合に於ける木の枕木の例である、軌條からの荷重を直接混  
凝土の如き硬き基礎に負擔せしむる工法を採用すれば、枕木間隔は 1 米 5 乃至 2 米  
に廣く探ることも出来る、然し施工に際し混凝土と軌條底とを密接せしめるこ  
とが困難であるから此點に充分の注意を拂はねば好結果を得られない。

6 特殊枕木

木の枕木以外に特殊枕木として鋼枕木、鐵筋混凝土枕木及び木鐵合成枕木が

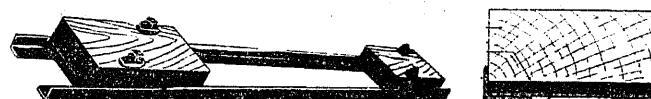
第 14 表  
六 大 都 市 枕 木 尺 法 及 間 隔

枕木寸法(米)					間隔(米)
東京	長	2.43 2.10	巾 0.21 0.20	厚 0.15 0.14	0.67
京都	2.10	0.20	0.14	0.84	
大阪	2.10	0.20	0.14	0.90(最大)	
神戸	2.10	0.20	0.14	0.76	
名古屋	2.10	0.20	0.14	0.81	
横濱	2.10	0.20	0.14	0.67	

ある。

(1) 鋼枕木 (Steel sleeper) 鋼枕木の要件は(1)充分の支持面積を有するもの(2)軌條の取付方法容易で堅固なることである、断面形としてはカーネギー (Carnegie) 鋼枕木は工形でユニバーサル (Universal) 鋼枕木は溝形である、其の他種々の形がある、鋼枕木の特徴は壽命の長い點であるが、然し鋼枕木の經濟的大さとしては、其の断面積が比較的小さく且つ物量力率も小であることが常であるから、木の枕木を使用する場合に比し更に堅固の基礎を必要とすることである、獨逸の實験に就て見るに、1米の重さ58粍<sup>3</sup>の鋼枕木を使用する場合必要なる砂利基礎の厚は、585粍であつた、然るに鋼枕木の代りに木の枕木を使用すれば砂利基礎の厚は460粍で足る、即ち鋼枕木を使用すれば基礎砂利が27%の増加を來す、從て鋼枕木を使用する場合は、自然混凝土の如き硬質基礎を用ふるものであるから、所謂非彈性基礎となつて、前述の基礎の硬きに失する爲の種々なる弊害は避けぬ。

此の弊害  
を幾分緩和  
せんとする



目的で米國での専賣品としてデイトン(Dayton) 鋼枕木と稱し、第66圖に示す如く、角鐵を以て組み合せたものに軌條の當る部分支堅き木片を挿入した合成枕木である。未だ我國には之を使用した例はないが、之に似たものは東京大阪等に於て試みられたことがある。

第 67 圖

第67圖はデー  
トン形枕木



を使用した軌道構造の一例である。

此種枕木は併用軌道の橋梁上に使用すれば、枕木の厚が普通の木の枕木に比して薄いため、特に軌道のため橋床を厚くする必要はない、從て橋梁の死荷重を減ずることが出来る利益がある。

米國のアラバマ(Alabama)では單に薄い鐵板を軌條底に熔接し、之を混凝土の中に埋め込んだ工法を採用して居るが、此の場合には荷重を枕木に依つて分布することには役立たず單に軌間を保持すること、及び電氣の横ボンド(Cross bond)に役立つ位のものである、又シンシナッチ(Cincinnati)市電では高108耗の工形鐵で長2米18 $\frac{1}{4}$ の鋼枕木を941耗間隔に用ひ、且つ枕木の兩端で軌條の乗る部分は軌條頭を内側に傾ける目的で $\frac{1}{25}$ の傾斜を附したものを探用した。

専賣品として米國にはX型スチル・ツウン・タイ(Steel twin tie)と稱して、脚の長さ76耗と51耗との不等脚角鐵で1米の重さ6鉅1のものを、第68圖の如く曲げ之に敷釘を電氣熔接した

第 68 圖

枕木をワシントン(Washington)市で約1000米位使用して居る、



此の枕木の利點は、鐵道敷設の際軌條の下部以外は床掘が淺くて済むし施工も樂であり且つ土工費も安い利點である。

第69圖は東京市電に於て用ひた鋼枕木と、軌條の取付方法を示したものの一例である。

米國

①バン

ゴール

(Ban-

gor)鐵

道及電

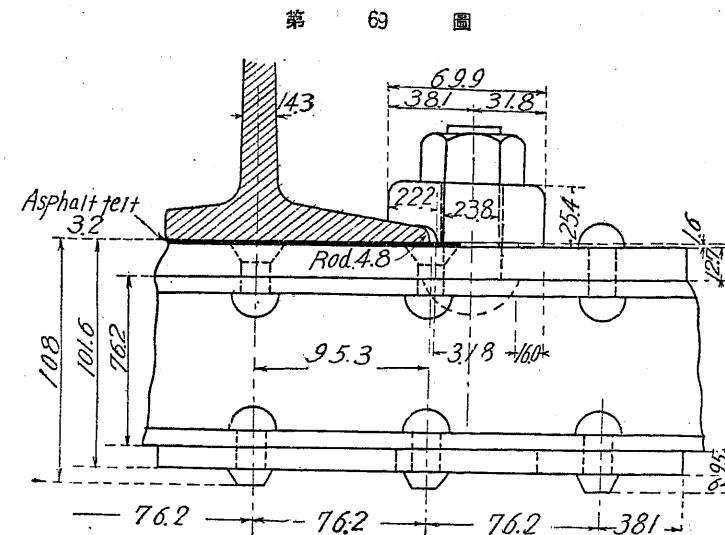
氣會社

では29

鉅8の

古軌條

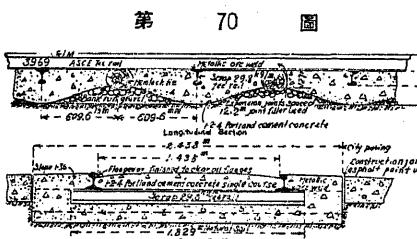
を枕木



に用ひた軌道を建設することが盛に行はれて居るが其の構造は第70圖に示す如きものである。即ち施工基面上に中心間隔1米219毎に木の枕木を据ゑ、其の間に長1米829の古軌條枕木を据ゑ之を本軌條に熔接し然る後に圖に示す如く、基礎として混凝土を軌條の下面まで打立てたものである、從て枕木として用ひた古軌條

は同時に鋪装基礎の補強材の作用をなす利益がある。

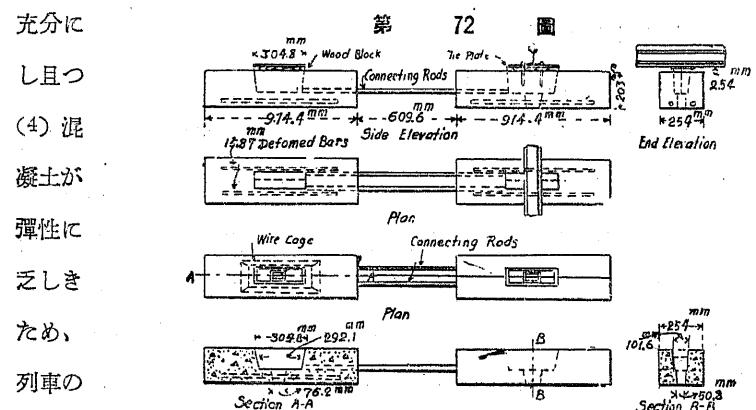
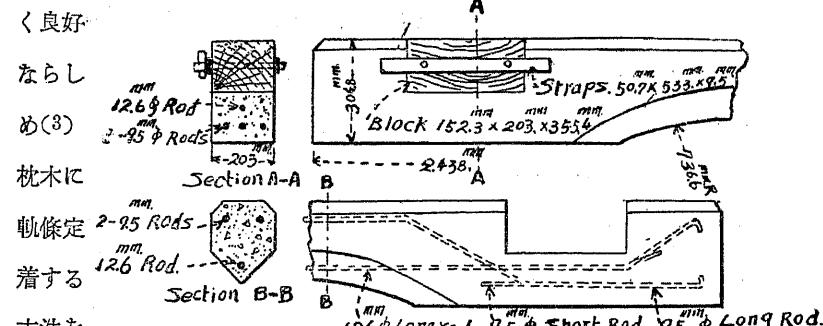
(口) 鐵筋混凝土枕木(Re-inforced concrete sleeper) 所謂彈性基礎の上に枕木を用ひて軌條を敷設する場合は、タンピング(tamping)と稱して枕木下面にバラスト(ballast)を搗き込まねばならぬ、此際成べく軌條直下で荷重を支持せしむるため、軌條直下部の枕木下を充分搗き固めをなし、枕木の中央部は餘り搗き込まないやうにする、時としては中央部は枕木下面と敷砂利との間に殊更に幾分の空間を設くることがある、線路を常に斯る状態に保持し得れば、理論上枕木は軌條直



下面でのみ支えられ、枕木の中央部は単に堅牢なタイ・ボルト(tie bolt)の作用をなすものと考へて差支ない、然るに重き車輛が頻繁に運轉する時は枕木の両端下のバラストが沈下し勝であるから枕木は却て其の中央部で支持され、其結果として枕木は中央部に強き麿曲を受くることとなる、木の枕木なれば其の彈性に因て、短時間なれば此の種應力に耐ゆるけれども、鐵筋混擬土の場合は之に依り種々の缺陷を生ずるものである。

故に鐵筋混擬土枕木を使用する場合には此の種弊害を防ぐため(1)枕木の両端下のバラストが弛緩した場合に中央部に起る大なる曲麿率に抵抗するやう枕木の中央部を充分厚くせねばならぬ(2)枕木の裏面を特殊の形に作りバラストの接觸を成べ

第 71 圖



衝撃に依る破壊を招かぬやうな構造とせねばならぬ。之等の點を考慮して製作された枕木の一例として第 71 圖はエツチ・エム・ルール (H. M. Lull) 氏の考案したもので極めて良好の成績を納めて居る。

第 72 圖は桑港に於て考案された設計で桑港市街電車に採用されたものである。

本設計は併用軌道用の枕木として設計されたもので、混擬土基礎の上に据付けられるから、前述の支持點の問題は起らぬので枕木中央は單に繩桿となつて居る。此の枕木の利益は永久的であり、且つ一本が輕いから取扱に便利である、但し枕木に加ふる扭力を對して弱いから硬質鋪装を施した併用軌道でなければ不適當である。

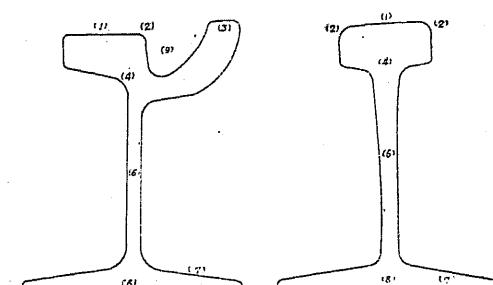
此外合成枕木と稱して溝形鋼の内部に瀝青や又は混擬土を填充した枕木の設計もあるが、未だ試験時代に屬して居る。

#### 第四節 軌條

(1) 軌條の形狀 現今一般に用ゐられてゐる軌條の形は溝軌條 (Grooved rail) と T 形軌條 (T rail) の二種である、其の各部の名稱は第 73 圖に示すが如し。

第 73 圖

- (1) 軌條頭
- (2) 軌間線
- (3) 軌條唇
- (4) 軌條首
- (5) 軌條身
- (6) 軌條緣
- (7) 軌條底
- (8) 溝又は輪緣路



軌道建設規程第 7 條

「輪緣路ハ車輪ノ輪緣ニ對シ適當ノ大サナ有セシムヘシ市街地ニ於ケル併用軌道ニシテ交通特ニ頻繁ナル箇所、轉轍器又ハ轍又ナ設置スル箇所ニ在リテハ溝軌條ヲ用キ若ハ

之ニ準スヘキ施設ヲ爲スヘシ。」

と規定して一般的には T 形軌條を用ゐてよいことになつて居る。

道路交通から見れば、軌條其物に輪線路 (Flange way) のある溝軌條を用ゐた方が良い、即ち溝軌條なれば輪線路を壞される處もなく、又路面の鋪装工事も容易である、外見も甚だよく又自動車が軌條の上を傳て走るのにも都合がよい。

軌道自體から考ふれば、T 形軌條が優て居る、溝軌條なれば軌條頭が磨滅すれば輪線路が浅くなるので車輪は輪線 (Flange) で走るやうになる、是がため振動騒音を増大し乗客には甚だ不愉快のものとなる、從て軌條の壽命が短かい、又輪線路に石礫が狭まれば之が脱線の原因となる、又值段も T 形軌條に比して高い、殊に我國では未だ溝軌條の製作が出來ぬから、外國品の購入に俟たねばならぬ等の不利がある。

以上の理由で我が軌道建設規程では上記の如く定められたのであつたが、第四回萬國道路會議に於て本問題に就て討議された結果は、道路上に用ゐる軌條は、溝軌條を以て最良とす、且つ其の繼目を熔接するに於ては更に妙なりと。決議されて居る。

軌條の高さに就ては、硬質鋪装道路に敷設するものは、相當高い軌條即ち特高軌條 (High Trail) を採用する必要がある、軌條の高さが高くなれば、物量力率が大となり彎曲する事も少ないので路面鋪装の基礎を築造するのにも便利である、然し簡易鋪装を施せる程度の道路に軌條を敷設する場合であれば、必ずしも特高軌條を使用する必要はない。

今日歐米各國で使用して居る軌條の高さは普通 180 粑で、稀には 230 粑のものもある、羅馬市では 200 粑、我國では 180 粑が普通である、軌條の頭面は成るべく廣い方がよい、時としては軌條頭が  $\frac{1}{20}$  乃至  $\frac{1}{40}$  位内側に傾斜した軌條を使用する場合がある、又軌條底面は軌條の枕木上の据りを良くするため廣い方がよい、

普通は高さと幅と大體同一である。

(2) 軌條の重量 軌條の大きさを表すには、長さ 1 碼に就て幾封度、又は長さ 1 米に就て幾匁と云ふ単位で表すものである。軌條の重量を適當に決定するには、鐵道及び新設軌道の場合なれば軌條の負擔力に基て計算することが出来る。

$$R = \frac{EI}{CAL^3}$$

$$M = \frac{I_f}{Y}$$

$$W = \frac{8M(12R+5)}{L(4SR+7)}$$

茲に W は片側軌條負擔力

L は枕木間隔

I は軌條断面の物量力率

Y は軌條底面より其の重心間距離

E は軌條の彈力率

A は枕木底面積の  $\frac{1}{2}$

C は道床の彈力率

M は軌條面彎曲率

R は軌條と道床の合成硬力係数

F は軌條の應剪力

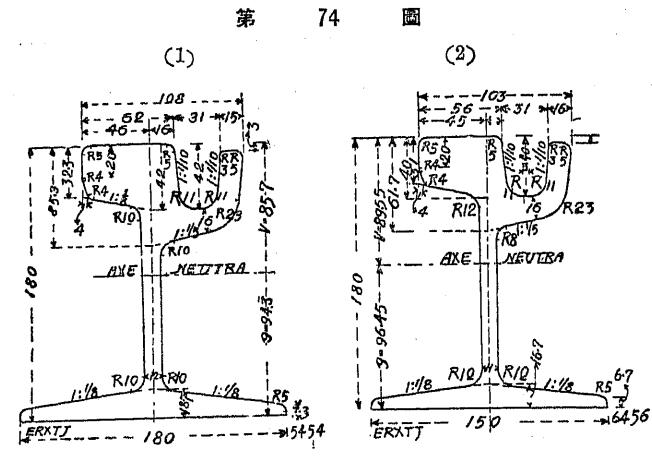
然るに併用軌道の場合は、電車の荷重のみで軌條の重さを定めることは出来ぬ、電車以外に貨物自動車等の一般道路交通車輛も亦軌條の上を通行する事があるから、之等の車輛の通過に耐ゆるものでなくてはならぬ、殊に硬質鋪装を施せる道路に軌條を敷設する場合は鋪装の維持の關係上、計算を超越した高さの高い重い軌條を使用すべきである、特に軌條を電氣の歸線として使用する場合は、之に依て電圧の降下を減少し、地中漏電を少なくする利益がある、此の意味に於ては 50 匝以上の軌條を用ひるが得策である。

我六大都市の電車は直線部では普通 45 匝の特高 T 形軌條を用ひて居る、東京市では近頃交通量の多い箇所の直線部には 60 匝 546、曲線部では 69 匝 479 の溝軌條を用ひて居る。

歐洲では  
1924年の巴  
里のインタ  
ーナショナ  
ル・ユニオ  
ン・オブ・ト  
ラムウェー<sup>ト</sup>  
・アンド・ラ  
イト・レニ  
ール・ウエー<sup>ト</sup>  
(Internatio  
nal Union  
of Tramw  
ay & Light  
Railway)の  
委員會で軌  
條の標準設  
計を定めた  
のであるが  
第74圖及び  
第75圖は之  
を示す。第

74

圖



耗乃至62耗である、溝は其の種類で幾分異なるものであるが其の大體は第16表の通りである。

軌條の繼手板は上面に於て $\frac{1}{5}$ 下面に於て $\frac{1}{8}$ の傾を附してある、又直線部に使用するものゝ軌條脣の厚は16耗で軌條脣の頭は軌條頭より5耗低い、曲線部に用ふるものゝ軌條脣の厚さは23耗で而も軌條脣の頭は軌條頭より4耗上位にある。

米國の市街鐵道設計標準調査委員會(International Commission on the Standardization of street railway)の推薦して居る軌條の標準断面形は第17表に示す通りである。

第 17 表

直 線 部	重 さ 斤米	高 さ (耗)	底 幅 (耗)
1	59.430	180	180
2	53.020	180	160
3	46.920	175	155
4	47.235	160	160
C <sub>1</sub>	61.560	180	180
C <sub>2</sub>	52.150	180	160
C <sub>3</sub>	50.750	175	155
C <sub>4</sub>	51.220	160	160

又米國の鐵道、道路工事調査委員會(Engineering Association Committee on Way & Structure)では1913年度來、路面電車用標準軌條として、高180耗乃至高230耗重さ61耗乃至67耗のものと定めてあつたが近來は180耗51耗の薄軌條を用ふる傾向となつた。

(3) 軌條の材質 普通の軌條はベセマー(Bessemer)鋼又は平爐(Open hearth)鋼であるが轉轍器や歛叉の如く磨減の速な部分に用ふるものは、ニッケル(Nickel)鋼若くはマンガニース(manganese)鋼を用ひて居る、是等は幾分高價であるけれども耐久力があるから結局經濟である。

## 第五節 軌條の繼手

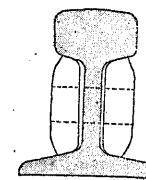
### I 機械的繼手 (Mechanical joint)

### 第五節 軌條の繼手

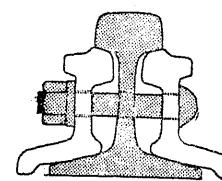
軌條の長さは製作上の關係で昔は10米が普通であつたが、近來は12米乃至22米のものが出来るやうになつた。繼手には普通繼目板(Fish plate)を用ふるものであるが繼目板にも種々な形のものがある、第76圖乃第83圖は東京市電に用ひたものゝ一部を示したものである。

第76圖が最も簡単なもので又最も弱い構造である、繼目板の物量力率が大きくて、彎曲に對する抵抗を大とするため、軌條の底に接する部の繼目板の形を種

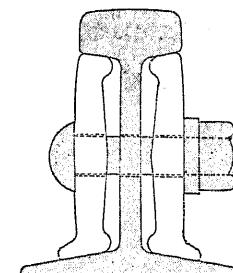
第 76 圖



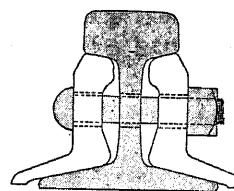
第 77 圖



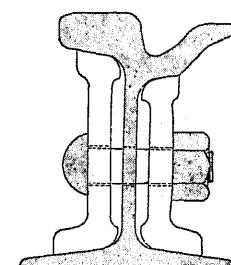
第 78 圖



第 79 圖

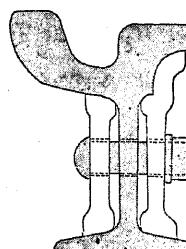


第 80 圖

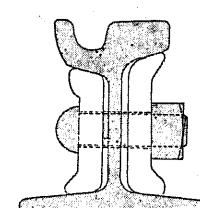


Angle bar splice

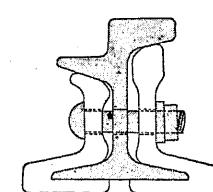
第 81 圖



第 82 圖



第 83 圖



種工夫したものが、第77圖第79圖のアングルバー縫目板 (Angle bar splice) 第83圖はコンチヌアス縫目板 (Continuous rail joint) と稱するものである、何れの縫目板も軌條の頭部及び底部に接する部分は、楔形としてボルトで締め付けた時に充分堅固に締つて、恰も1本の軌條の如き作用をなすことに始めたものである、縫目板の長さは種々ある、長さ610粄で4本のボルト付と、長さ914粄で6本のボルト付の2種が普通である、ボルトの徑は19粄乃至22粄である、振動でボルトが緩まぬやうに發條式坐鐵 (Spring washer) を用ゐるのが普通である、縫目の位置に就ては縫目を枕木上に選ぶ支接法 (Supporting joint) と、枕木と枕木との中間に設くる懸接法 (Suspended joint) との2種あるが、我國では懸接法を多く用ひて居る、又縫目の配置としても相對式と相互式との2方法あるが普通は前者を採用してゐる。

軌條の耐力は其の縫目の所で零となるのであるから、成べく強い縫目板を採用するのが近來の傾向である、縫目板を締め着けるには溫度の影響に依る軌條の伸縮に備ふるため、締め着けるボルトの穴はボルトの徑より幾分大きくし、締め着けても幾分自由のきく構造となつて居る、此の種構造は主として新設軌道の場合に適用されるものである。

## II テルミット鎔接法 (Thermit welding)

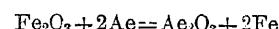
### (1) 一 般

併用軌道の場合に於ては、軌條の敷設方法が新設軌道又は鐵道の場合と著しく相違す、例へば軌條は其の頭面だけ路面に晒されるに過ぎないから、溫度の變化に依る伸縮を考慮する必要はない、元來縫目の箇所は如何に堅固な縫目板を用ひても、重い車輛が頻繁に通れば兎角緩み易い、新設軌道の場合であれば縫目の幾分の緩みは大なる支障もないが、併用軌道であれば此の緩みが原因となつて軌條に接する部分の鋪装を破壊し、漸次是が路面全體に波及するのであるから、道路の鋪装關係から見れば縫目は成べく少ないと越したことはない、從て成べく1本

### 第五節 軌條の縫手

の長さの長い軌條を使用する傾向がある、且つ前述の如く伸縮に備ふる必要がないから、近來軌條を鎔接する方法が盛に採用されることとなつた、是に依て軌條の壽命を延長し同時に鋪装の破損を輕減することが出来る。

鎔接法に化學的作用に依るテルミット鎔接と、電熱を利用する電氣鎔接との2種がある、テルミット鎔接に獨逸式と米國式及米獨併用式の3種がある、獨逸式は鎔接法であり、米國式は餘熱法である、其の何れの方法に於てもテルミット・ポーション (Thermit portion) の選擇が最も大事である。テルミット・ポーションは酸化鐵とアルミニュームの粉末とを適當に混和せるものであるが、之に點火すれば急激な化學作用を起しアルミニュームは酸化鐵を還元して酸化アルミニュームとなり鐵を遊離する、此際3000°Cの高熱を發し鐵を鎔融状に保ち、之が軌條の縫目に入りて鎔接の作用をなす。此の化學式を示せば次の如し。



軌條鎔接の目的を以てテルミット作業をなすには概ね左記の如き機械器具及材料を要す。

(イ) 軌條縫付用機 (Rail clump) 及び附屬品、(ロ) 埋堀、(ハ) 型枠、(ニ) 型、(ホ) 乾燥器

### 材 料

(イ) テルミットポーション (軌條種類により重量を異にする袋入)、(ロ) 導火剤 (罐入)、(ハ) マグネシア・ストン (magnesia stone) (埋堀用)、(ニ) マグネシア・シンブル (magnesia thimble) (同)、(ホ) 新土 (川口産) (鑄型用)、(ヘ) 粘土 (同)、(ト) 罐 (軌條頭部仕上用)、(チ) 撃發油 (軌條周圍乾燥用)、(リ) 木炭 (乾燥器用)

### (2) 作業方法

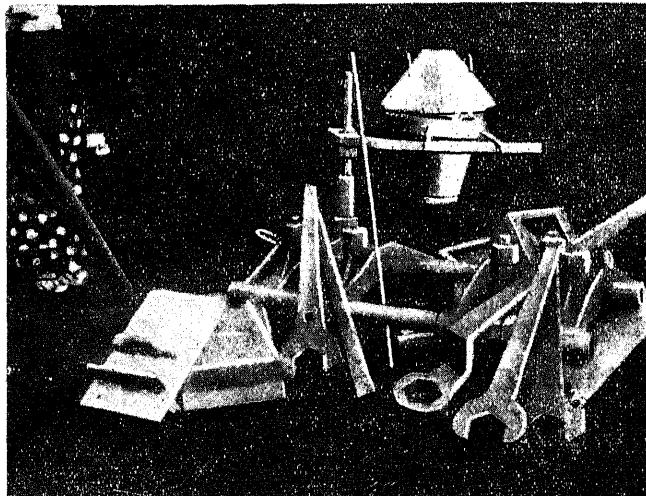
作業の要領は先づ最初に埋堀の製作である、埋堀は充分高熱に耐ゆること、鎔解物中に發生する鋼滓を接合部分に流入せしめざることが緊要である。埋堀は第84圖に示す如く鐵板製圓錐状である、底部に栓孔を有し内部はマグネシア砂の裏附をなし、其の厚は埋堀の大きさに依て異なるが、26粄が普通の場合である、底部には裏附に先立ちてマグネシア・ストンと稱するマグネシア砂製の圓筒を置き、更に

其内側にマグネシア・シンブルと稱する套管を置き、鐵の栓棒を刺し、栓棒に付せる傘状頭部上に置きたる石綿座金により底部栓孔を塞ぎ、鎔解物

を流下せしむる時には、下より栓棒の垂下部を押上ぐるのである。坩堝の脣部には環状の鐵帶を捲き、之に吊手を付け鎔接位置なる鎔型上に移動する様にし上部には斷頭圓錐状の鐵板蓋をして、時々飛散する火花を避ける様にする。

鎔型の普通のものには接合材の箱口、湯を注ぐ口及湯の上の口とがある、箱口は接合する鋼材を挿込む所で、注ぎ口はテルミット鋼の流れ込む空所で、上り口は鎔型テルミット鋼を流し込んだ時餘分のものゝ避け口である、鎔型を造るには鎔型枠内に接合する軌條の原形通りの木型を心部に入れてマグネシア鎔砂を押し詰め然る後枠を開きて木型を抜き之を 500°F の溫度にて數時間乾燥す、鎔砂としては重に珪石末と耐火粘土とを等分に混じたものを用ふる、之に普通の鎔砂を用ふればテルミット反應熱は極めて高いから、鎔砂はテルミット鋼中に鎔融して、テルミット鋼に不純の成分を含む處がある、本鎔砂は普通の鎔砂の價格に約 10 倍するから、時として其普通の鎔砂に粘土を包含するものを使用することもあるが、此の場合に於ける粘土の量は 2 割以内に止めなければならぬ。

第 84 圖



尙鎔型は充分乾燥したものを用ひねばならぬ、乾燥不充分なれば鎔鋼は鎔型内にて沸騰奔流しテルミット鋼に泡巢を生ずるからである。

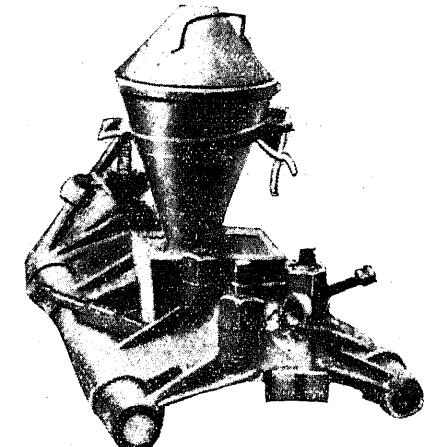
以上の用意が出来れば、坩堝内に適量のテルミットボーションを入れ之に點火するのであるが、一方第 85 圖に示す如き軌條締着機を用ひて軌條を水平に且つ中心を合せて充分締め着け作業中軌條が狂はぬやうにせねばならぬ。

近來此の締着機にも種々改良されたものが發明された。米國のバーミンハム (Birmingham) の電鐵會社で用ひて居るのは、壓搾空氣を動力とする締着機で、且つ軌條端を適當に調整する螺旋が設けてあるから、僅に 5 分間位で軌條を適當の位置に据ゑ付けることが出来る、之が發明されて以來鎔接作業が極めて迅速に出来るやうになつた。

點火するには過酸化バリュームを坩堝内のテルミット・ボーションの上に置き、之に點火すれば過酸化バリュームがアルミニウムに依て還元される時の高熱は直に能くテルミット・ボーションの化學作用を起さしめるのである、此際發火粉の飛散を防ぐために坩堝に蓋をするのである、ボーションの燃焼は 30 秒で終るから、更に 30 秒間、表面に酸化物の浮ぶを俟ち、純テルミット鋼を流し込み、自然の冷却を俟ちて鎔型を外し、軌條頭面の餘分のものを鏟取るのである。

テルミット鋼は冷却しては鎔接の働きが出来ぬから、坩堝の底と鎔口の高さは 100 粪位に止めて置く、米國式では接合部を豫め約 30 分位加熱するのであるが、此の理由は鎔接部の冷却して居るところにテルミット鋼を流し込むと、鎔接部の環帶の表面に氣孔が群在して、弱き繼手が出來る恐れがあるのである。又鎔接

第 85 圖



部は充分鏽落し又清掃して、湿氣を充分取り去らねばならぬ。

鎔接部には幅 76 精位の肉厚の環状部が出来る、之を環帶と稱す、軌條の頭部に環帶が出来れば、軌道面の仕上に面倒であるから、環帶は軌條頭部下に止むる様な鑄型とし頭部は軟鋼片のシーム (Seam) と稱するものを嵌入し、引熱を容易ならしめ鎔鋼が流れ込むと直ちに締着機の螺旋を締めて、頭部の接合面を密着せしむることがある、夫れが爲め新に軌條を敷設する時は、軌條頭部に少許の空隙を存する様、接合端を水平の位置より 150 精の間にて 0.8 精位の割合に高く上げ置き前記の締着機を締めると共に水平に歸すやうにする。

テルミット鎔接法は 1904 年から軌條の繼目として歐米各國に普く採用されたものであるが、我國に於ても數年前から之を獎勵され、今日では六大都市の如き交通頻繁な都市の軌條繼目として普く採用さるゝに至つた。

鎔接作業の注意としては、テルミット鋼を注入する時間が大切である。是がためには坩堝内の反応完了の時間を豫め知る必要がある、即ち鑄型に注下するテルミット・ボーキション 1 kg に付反応完了時間を 1 秒 5 の割合とし、所要テルミット・ボーキションの重量に乘じたものが發火時より流下時迄の反応完了時間と考ふることが出来る、例へば 45 t<sup>5</sup> の特高 T 形軌條にては、此測定法に依れば發火後 10 秒位にて注入することが出来る勘定である。

如斯作業を爲すものであるから、營業線に電車を運轉しつゝ作業することは出来ないから、假線を設けて運轉しつゝ作業するか、又は終電車後に作業するの外はない、東京市電では營業線に施行する場合は、線路の脇で軌條を 6 本乃至 8 本を鎔接して置いて、終電車後に取換へる方法に依て居る、從て 6 本目乃至 8 本目には機械的繼目を用ひねばならぬ缺點がある、出来るなれば假線を敷設して全體を其場で鎔接したがよい。

### (3) テルミット鎔接の強度

テルミット鎔接の強度はテルミット・ボーキションの性質及施工方法の如何に依

て異なるものであるが、一例として東洋テルミット會社の試験の結果を示せば、軌條の重さ 37 t<sup>5</sup> の軌條をテルミット鎔接し、鎔接部を中心とし軌條頭を上にして、兩支點間距離を 762 精に採り、之を壓したるに破壊荷重は 31,310 t<sup>5</sup> 乃至 61,880 t<sup>5</sup> で恰も軌條自體の強度と變りはなかつた。

今東京市電の調査に依れば次の如きものである。

(1) 強度試験の成績 (昭和元年以前調査と其後最近迄の調査との對照) 昭和 3 年 9 月調

昭和元年以前と其後の成績は第 18 表の如し。

第 18 表

軌條種類	荷重方法	昭和元年末以前		昭和元年末以後	
		強度	製造者其他	強度	製造者其他
37.4kg 型	底部上向荷重	38,800 kg	アドルフ會社製 豫熱セズ	52,960 kg	日本テルミット 會社製豫熱ス
	"	32,170	英國製	"	
	頭部上向荷重	27,700	"	45,170	日本テルミット 會社製
30kg T 型	頭部上向荷重	56,000	アドルフ會社製	52,900	東洋テルミット 會社製
				34,300	日本テルミット 會社製

昭和元年以前 37 t<sup>5</sup> T 形軌條を鎔接したるものゝ底部よりの荷重試験強度は恰も最近鎔接したるものゝ強度と對比すれば約 5 割増加を示して居る、頭部よりの荷重試験強度は昭和元年の英國製日本製とも平均 41,850 t<sup>5</sup> で最近鎔接試験強度は何れも是より增加して居る、英國製の如きは最近試験 30 t<sup>5</sup> の T 形軌條鎔接強度よりも小さい。

尙 45 t<sup>5</sup> T 形軌條に付きてテルミット・ボーキション製造者より採用願出當時の試験と其後再三納入せる者の平均強度を比較すれば第 19 表の如し。

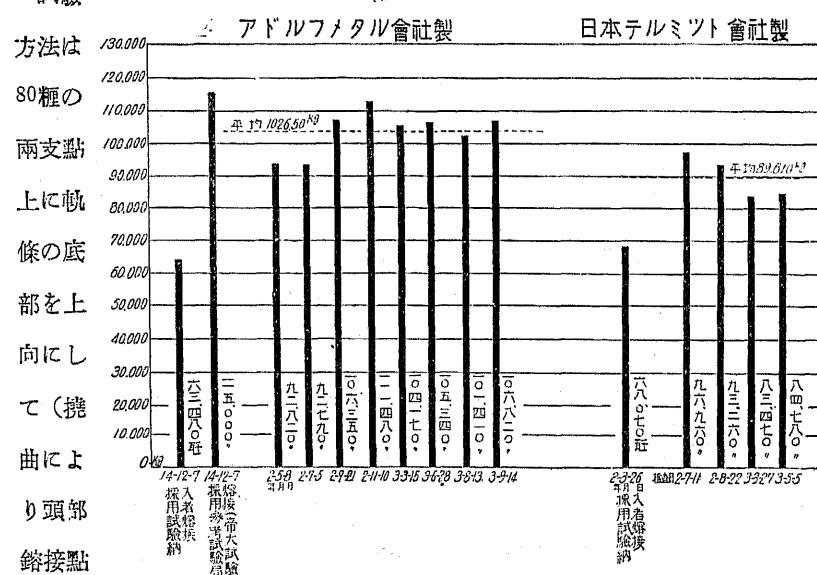
此の表で見れば 45 t<sup>5</sup> 特高軌條鎔接用ボーキション採用試験成績は、同軌條を繼目板で繼ぐ時の強度約 60000 t<sup>5</sup> と比較するに當初は僅かに之に超過する程度に過

第 19 表

製造會社名	アドルフ會社	日本テルミット會社	摘要
採用試験	63480kg	68070kg	採用出願年月 アドルフ會社大正14年12月
納入後平均成績	102650kg	89610kg	日本テルミット會社 昭和2年3月
強度増加割合	60%増	30%増	

ぎなかつたが材料の改良及び施行の進歩に伴ひ其後試験の結果は採用試験の時に比し80%乃至60%増大せることを知る、第86圖は之を圖表にて示したものである。圖中下記せるは検査年月日、頭記せるは試験片平均強度で各検査共試験片は3片乃至5片を採つた、昭和元年度末後のボーション製造者の平均鎔接強度は、各検査平均數を更に合計して再び平均したるものである。

試験 第 86 圖



に張力を與へて強度を測定す) 兩支點間の中央に荷重を加へ、軌條を破壊する重量に依て強度を測定したものである。

## 第五節 軌條の継手

前記45t 5特高T形軌條鎔接強度調により、テルミット・ボーションは製造者に依り鎔接強度に約10%の差があり、又同一製造者にても其平均強度と最低強度との間には、次の如く約7—10%の差あることが知れた。

	平均強度	最低強度	強度差
日本テルミット會社製	89610kg	83470kg	7%
アドルフ會社製	102650kg	92820kg	10%

尚又強度はテルミット・ボーションの化學的反應に依り生じたるテルミット鋼が、軌條接目を包圍した鎔接の出來工合の巧拙に依り異なるものである、而して次の3の場合が多く失敗の原因となる。

## (a) テルミット反應用作用熱の温度低き時

鑄型内に注下せるテルミット鋼は、軌條底及腹部を充分に包圍して、是に依て軌條頭部を灼熱し、鎔接せんとする兩軌條の頭部を完全に鎔着せしむるものであるが、若し反作用の温度低き時は底部及腹部の包圍不充分となり從て軌條頭部の鎔着不完全となる。

## (b) 上記の場合温度著しく低き時

此時はテルミット・ボーションは坩堝内にて反應不充分となり、完全に融熔状態とならないからテルミット鋼は坩堝の底の孔から良く流下することが出来ない、よし流下しても其の量に不足を來し完全な接合が出来ない。

## (c) テルミット鋼が充分に鎔錠を遊離し得ざる時

此時は鎔接後テルミット鋼中、鎔錠を含み胞巣状を呈する、此鎔錠は後容易に離脱する性質を有するものであるから鎔接は全然效果なきか、或は鎔接強度は甚だ弱いものとなる。此原因是テルミット・ボーションの反應熱量少きか、鑄型の不完全なるか、テルミット鋼を鑄型に流し込む時間早きに失して反應不充分なりしかに依る。之に反し鑄型に流し込む時間が過ぎる時は、テルミット鋼の温度下り完全なる鎔接は得難い。

今又テルミット鋼の化學的成分の強度に及ぼす關係を見るに、鎔接後發生せるテルミット鋼の化學分析の結果に依り、其成分と鎔接後の強度との關係を推定するに、外國製品も内地製品も鐵の外に炭素・マンガン・硅素及硫黃並に磷を4%位迄含有す、而して硫黃及磷の多きもの(0.05%以上)は硅素及マンガンも多い、マンガンが硅素よりも多い方が強度が大きいやうである。

硫黃及び磷の少きもの(0.05%以下)は、マンガンは少くとも硅素の量に比し炭素の量が割合多ければ強度は大きいやうである。

故に良きテルミット鋼を作るには、適切なる調合法を得ることが緊要である。

例令適切な調合處方を知り得たりとするも、調合したるテルミット・ポーションの實際を見るに、其主要成分たるアルミニウム粉末と酸化鐵粉末とは比重を異にし、テルミット・ポーション1袋中重き成分粒は袋底に多く、軽き成分粒は上部に嵩み易い、況んや主成分たるアルミニウムと酸化鐵の化學反應を調節する目的にて加えられたる客成分(普通はマンガンを用ふ)の如きは、主成分の分量に比すれば恰も九牛の一毛にも足らぬ微量であるから1袋中の何處に遍在するやも計り難い、故に1袋中よりテルミット・ポーションの幾部を摘出して試験するが如きは、却てテルミット・ポーションの實質を誤断するの懸念がある、寧ろ數袋中より一袋を摘出し、軌條片を鎔接して之が破斷荷重を測りて、使用するのが實際的に最も安全な方法である。

今東京市電にて昭和元年以降鎔接したる軌道延長を示せば次の如し。

元 年 度	15 粕 8
2 年 度	18 粕 7
3 年 度 月末迄	18 粕 5
計	53 粕

其内箇所を選び鎔接作業成績を調査したるもの第20表乃至第23表の通りである、之を要するに昭和元年末以後、外國品に代りに内地品を使用し價額を半減したるのみならず、而も前記の如く強度を漸次増加し得たのであるが尙將來に於てもテルミット鎔接

を爲すに當りては、破斷試験を行ひテルミット・ポーションを選択し、前記鎔接上の諸注意を拂ひ完全で強靭な鎔接繼手を得ることに勉めねばならぬ。

第 20 表  
鎔接作業故障數調

	溝型軌條 47匁	特高T形軌條 45匁	計
鎔接箇所數	626	1,725	2,351
鎔接後瑕斑アルモノ	6	3	9
鎔接後瑕斑ナキモノ	3	23	26
合 計	9	26	35

大正14年12月調

第 21 表 (1)  
鎔接作業故障割合調(千分率)

	溝型軌條 47匁	特高T形軌條 45匁	計
鎔接後瑕斑アルモノ	6.7	1.7	3.4
鎔接後瑕斑ナキモノ	4.8	13.3	11.9
合 計	14.5	15.1	14.9

第 21 表 (2)  
鎔接作業故障數(軌道1哩當)

	溝型軌條 47匁	特高T形軌條 45匁	計
延長哩數	4.25	12.32	16.58
鎔接後瑕斑アルモノ	2.3箇所	0.4箇所	0.9箇所
鎔接後瑕斑ナキモノ	1.1箇所	3.0箇所	2.5箇所
合 計	3.4	3.4	3.3

第 22 表

工事名	調査年月日	施工年月日	施工延長	軌條名	接合数	ボーナン使用数	作業故障ニヨル瑕斑ノ有無	
							有	無
榮平橋間軌條入換	14.7.25	自14.2.9 至5.	1005.2	T91*	箇所 kg	250 袋	253	2 1
柳島前軌道上路	14.7.25	自14.5.29 至7.24	1078.0	T91*	kg	242	244	1 1
三輪車庫前軌條入換	14.7.25	自14.6.16 至7.25	705.5	M94*	箇所 kg	162	164	2 2
牛込肴町間軌條入換	14.7.27	自14.5.28 至7.19	1080.1	M94*	箇所 kg	304	308	2 2
飯田橋間軌條入換	14.7.27	自14.4.6 至5.29	836.3	T91*	箇所 kg	240	242	2 2
大江戸川曲間軌道上路	14.8.21	自14.6.30 至8.6	1072.0	T91*	箇所 kg	257	267	10
鹽信郷町間軌條入換	14.8.22	自14.7.25 至6.24	361.6	M94*	箇所 kg	102	103	1 1
宇田川町間軌條入換	14.8.22	自14.4.21 至8.18	1314.5	T91*	箇所 kg	328	329	1 1
濱松町間軌道改良	14.9.2	自14.1.29 至6.5	1420.3	T91*	箇所 kg	408	416	8
霞ヶ谷間位置更			180.0	M94*	箇所 kg	58	60	
日溜木本大飯田橋間軌道新設		自14.8.6 至9.2						
							M 4	M 5
計						2351	2396	T 3 T 23

第 23 表

## 東京市電、テルミット鎔接実施成績表

調査事項 施行年度	Thermit 鎔接施行回数	鎔接箇所 所数	故障数			故障千分率			摘要要
			既造テ 生ジタル モノ	其他	計	既造テ 生ジタル モノ	其他	計	
昭和元年度	346	345	1	0	1	3	0	3	2 箇所ニ キ調査
〃 2 年度	2,440	2,375	14	51	65	6	21	27	8 //
〃 3 年度	231	22	0	9	9	0	4	4	2 //
計	3,017	2,942	15	60	75	5	20	25	12 //
哩當り		10	1.5	6	7.5				

此ノ年度ニ故障ノ多キハ日本テルミット會社品が始メテ實地ニ用キラレ試験時代ナリシニヨル

## (4) テルミット鎔接の費用

東京市電に於ては第27表に示す如き費用を費して居る。

第 24 表

## テルミット鎔接一ヶ所當り工事費調 (45t5T形軌條)

大正十四年

種目	稱呼	数量	單價	金額	
テルミット材料	31封度用	ヶ所	1.00	23.720	23.720
マクネシア	・ストン	箇	0.14	1.600	0.224
マクネシア	・シムブル	箇	0.38	850	0.323
新粘土	切	1.10	348	0.382	
新粘土	俵	0.21	230	0.048	
新粘土	挺	0.33	4,000	1.320	
新粘土	罐	0.02	3,350	0.067	
揮發油	罐	0.20	2,850	0.570	
木炭	俵	1.00	1,500		
雜費	人		2,080	2,080	
職工					30,234
計					

大阪市電にては東京と同一の軌條で 25 圓 177 を要した。

## III 電氣鎔接法 (Electric welding)

## (1) 一般

本方法は今から大凡 20 年前に發明されたもので、電弧を用ひて鎔接する方法である。即ち電氣の陽極を軌條に、陰極を徑 6 粪 35 の鐵の棒に繕ぎ鎔接せんとする部分に陰極を當て、電氣を送て鎔接する方法である。普通繼目板の上下兩面を鎔接するのであるが、敷釘を用ゆる場合は、更に此の金物と軌條の底部とを鎔接すれば甚だ強い繼目が出來る。

神戸市電氣局では大正 9 年末に初めて本鎔接法を行つたのであるが、鎔接準備作業の不充分、作業の拙劣電氣鎔接力の過信のため失敗に歸した。大正 11 年榮町線改良工事に際し、軌條は新品を使用し、繼目板の上下兩線及び繼目板締着用ボ

ルトの全部をも鎔接した、爾來大正 15 年 8 月迄の経過年數 4 年、車輛通過數 2,090,060 回にして軌條切斷箇所は僅に 14、接續點補修箇所 90 箇所に過ぎない好成績を示して居る。

大正 13 年 8 月楠公前改良工事に際し、軌條は新品を使用し繼目板以外に敷釘をも鎔接した、大正 15 年 8 月迄の通車回數 805,549 回にて経過年數 2 年、軌條折斷箇所僅に 3 箇所に過ぎなかつた。其後 46 砧高工軌條等にも試みたが作業方法の熟達に依り一般に好成績を得るに至つた、但し 46 砧 5 溝軌條は鎔接作業困難で成績概ね不良であり、結局電氣鎔接には適しない事を知つた。

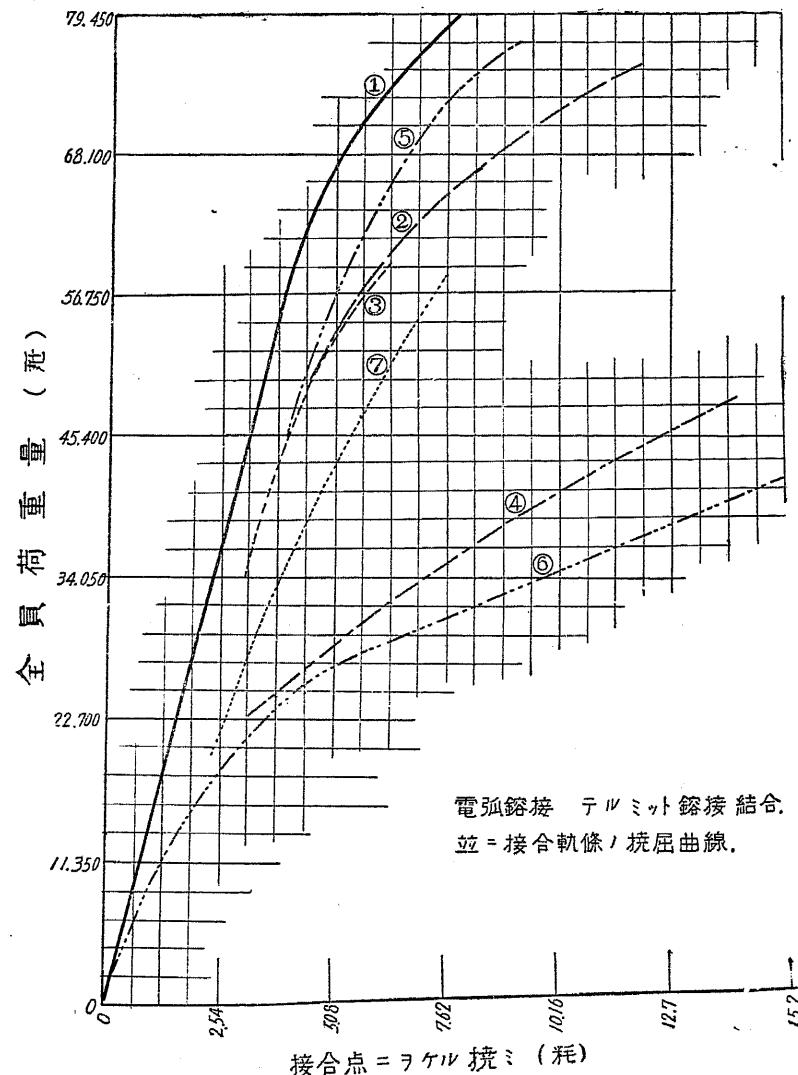
電氣鎔接に際し注意すべき事項は、

- (1) 鎔接に適する軌條及繼目板を選ぶこと。
- (2) 熟練せる職工を採用すること。
- (3) 鎔接部は豫め完全に鑄落及掃除すること。
- (4) 軌條と繼目板とを充分密着せしめ高低及び振れながらしむること。
- (5) 敷釘を用ゆる場合は軌條底と密着せしむること。
- (6) 鎔接順序としては外方より中央に及ぼし鎔接作業中屈曲せざる様注意し又一方のみ加熱せざる様にすること。
- (7) 鎔接後は軌條頭を平滑に鏟を以て仕上げ 4 耗以上の高低ながらしむること。
- (8) 電弧から發する有害光線を避くるため必ず色眼鏡を用ひねばならぬ。

## (2) 電氣鎔接の強度

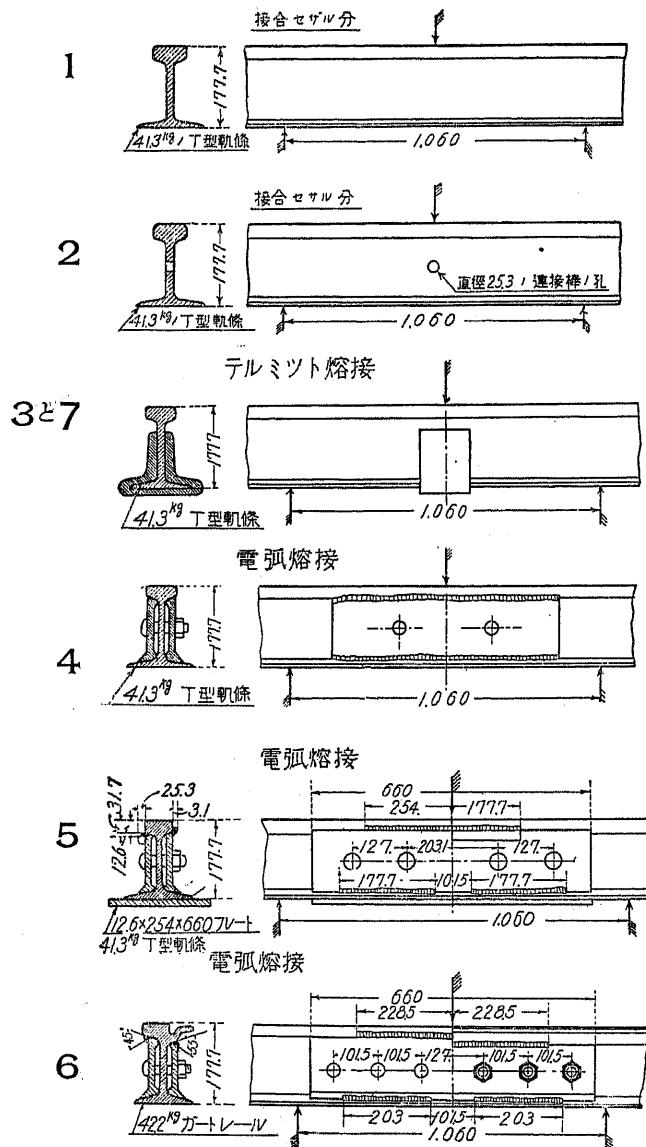
神戸市電氣局の調査に係る大正 15 年 5 月 10 日神戸高等工業學校に於て試験したる鎔接軌條試験成績と、デトロイト市電鐵に於て試験したる成績を比較表示すれば第 87 圖第 88 圖及び第 25 表に示す通りである。圖中(1)(2)(3) 及び(4)はデトロイトの試験のもので(5)及び(6)は神戸市電にて鎔接せるもの(7)は田窪式テルミット鎔接である。

第 87 圖



## 第三章 軌道

第 88 圖



## 第五節 軌條の繋手

第 25 表

番号	軌條種類	接合方法	接頭板/種類	接頭取付用ボルト数(本/穴)	スクリュー 1/250 22700 34020 45600 56750 68000 79450	負荷別「デフレクション(往)						摘要
						ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	
1	413kg/T型軌條	接合セワル分	ナシ	ナシ	0.79 1.98 2.38 3.17 3.97 5.16 7.94							中央荷重負荷面直下/2エアリ隔離 走行中テ試験施行不可能ナリ
2	*	接合セワル分	*	*	1.59 2.38 3.17 3.97 5.56 8.73 11.91							走行加工前加熱セワル
3	*	テルミット接	*	*		3.17	4.10	5.74				
4	*	電弧溶接 (接合部)	厚 1.90 5.77 5.92 6.25 6.50 6.60	2本253枚		4.40 7.14 1.27						
5	*	*	厚 1.90 5.77 5.92 6.25 6.50 6.60	4本253枚 X630			3.95	5.16	6.70	77.10 9.15		
6	422kg/T型軌條	*	厚 1.90 6.00	6本253枚	ナシ	1.26 3.57 9.92 43.600 13.40						
7	413kg/T型軌條	テルミット接	ナシ	ナシ	*	2.90 3.90 5.50 7.50						

今又先年米國のイースタン・マサチューセット(Eastern Massachusetts)州の路面電車で行た試験の結果は第 26 表に示す通りである。

第 26 表

## 高さ 228 粱 6 のガダー(Girder) 軌條の試験

軌條の上部と下部とに薄板を填め幅 22 粱 22 長 914 粱 40 の板を溶接したる場合

試験番号	費用(弗)	屈點(磅)	破壊(磅)
18	5.59	129,700	130,700
19	5.75	102,100	142,300
38	6.33	101,200	101,200
平均	5.89	111,000	124,733

軌條の腹と底は厚 25 粱 4, 幅 177 粱 8, 長 406 粱 4 の板を溶接し、継手の下部には薄板を溶接した場合

11	2.70	109,100	109,100
12	2.70	132,600	133,000
20	2.30	116,800	116,800
41	1.20	89,600	89,600
平均		112,025	112,125

## 高さ 177 粱 8 の T 形軌條の試験

軌條の上部と下部とを幅 22 粱 22, 長 660 粱 4 の板を溶接した場合

16	4.12	65,900	72,250
17	4.12	68,100	80,500
34	4.18	83,700	83,000
35	4.21	70,500	70,500
平均		72,050	76,550

軌條の腹及び底部を厚 25 粱 4, 幅 177 粱 8, 長 406 粱 4 の板を溶接し、軌條の底部を

銑接した場合

14	2.05	123,000	123,000
36	1.54	61,100	61,100
37	1.93	58,300	58,300
平均		80,800	80,800

### (3) 電気銑接の費用

神戸市電にて調査したる電気銑接費と横濱市電にて調査したる他の種繼手の費用との比較を示せば第27表の如し。

第 27 表  
種類別軌條繼目壹ヶ所當り費用比較表

1 普通機械的接続の場合				2 新式テルミット銑接の場合				3 電気銑接の場合			
品名	数量	単價	金額	品名	数量	単價	金額	品名	数量	単價	金額
繼目板	1組	5400	5400	ポーション	2ヶ所分	15,500	15,500	接續板	1組	7467	7467
ボルト	6本	200	1200	鑄物及び粘土等	1ヶ	500	500	同用ボルト	4本	200	800
座金	6箇	050	300	豫熱器用クロシン	1ヶ	280	280	敷金	1枚	2580	2580
取付工賃			100	同用電力代	1ヶ	060	060	丸鐵棒	1本	138	138
				増場償却費	1ヶ	1000	1000	銑接棒	1ヶ所當		550
				機械器具修繕及其の他雜費	1ヶ	100	100	電力代	〃		500
				工賃	1ヶ	2500	2500	工賃	〃	1600	1600
				豫熱器其他器具償却費	1ヶ	1100	1100	機械修繕及償却費	〃	420	420
合計		700		合計		21040		合計		14055	

上表に於て(1). 及び(2). は横濱市電氣局調査のもので(3). は神戸市電が最近

須磨線に於て調査した成績である。

電氣銑接を軌道の補修に應用したものは、サン・アントニオ (San Antonio) 市電である、茲では砂利基礎の軌道であるが、軌條の繼目の切れた場合に、軌條の頭を軌間線の反対の側で軌條頭の幅の  $\frac{1}{3}$  位切り取つて、茲に鋼鉄を銑接する補修方法を採用し著しき好果を収めた例がある。

### 第六節 軌條の据付け

軌條据付方法としては、枕木を用ゐざるものと、枕木を用ゆるものとの、2種に大別することが出来る。

(A) 枕木を用ゐざる場合 (1) 天然地盤を輒壓して之の上に直ちに軌條を敷設するもの

(2) 混凝土版の上に直接軌條を敷設したもの

(B) 枕木を用ゐたる場合 (1) 天然地盤を輒壓し之の上に枕木を並べ軌條を敷設したるもの

(2) 混凝土版の上に枕木を並べ軌條を敷設したもの

(A)(1)は往時機械力運轉に依らなかつた時代には、車輛も軽いものであつたから、斯る簡単な構造に依たものである、白耳義の軌道總延長中、尙26%は此種工法に屬して居る。

(A)(2)は人工で堅固な基礎を造たるもので歐洲殊に英國に盛に用ゐられてゐる、

(A)(1)、(A)(2)の場合に面倒を感ずるのは軌條面の整正することである、特に(A)(2)の場合は基礎となる混擬土版と軌條底とを密接せしむることが甚だ困難である、且つ彈性物質を用ひないから振動及騒音を發すること著しい。

混擬土版と軌條との密着を充分にする方法として、羅馬市では基礎混擬土の硬化前、軌條底の一部を混擬土内に押し込んで、軌條底と基礎盤との充分なる密着を圖たことがある、然し斯くすれば密着はするけれども軌道全體が益々彈性を缺

き、騒音や振動を甚しくする且つ軌條交換の時に基礎を破壊せねばならぬ不都合を生ず、是等の缺點を除く手段として軌條底と基礎面との間に、50 粑の間隔を設け、之に調合の悪い混泥土を打込むか、又は碎石を打込んだ後に瀝青を注入したる工法を用ゆることもある。此の工法は彈性を増す上には幾分效果があるけれども、路面から浸入した泥水のため、永年の間には瀝青が馬鹿になつて、砂利が動くやうになり自然軌條の沈下を來す虞がある、英國では軌條底面と基礎面との間隔を最大3 粑<sup>2</sup>とし、之に鋼の楔を挿んで軌條面を整正し置き、然る後之に瀝青を注入する方法を採用して居る。

(B)(1)は鐵道又は新設軌道として今日普通一般に用ゐらるゝ方法で、併用軌道の場合でも硬質鋪装を施さぬ田舎の軌道で昔く採用されて居る方法である、軌道としては最も理想的な工法であるが、路面に相當硬質鋪装を施さねばならぬ都市内の構造としては不適當である、然し甚だ彈性に富むが故に振動や騒音の輕減策として效果がある。

(B)(2)は近代式道路鋪装のある場合に一般的に使用さるゝ方法で、(A)(2)に比し枕木を使用するから混泥土版の厚は幾分薄くて足る、然し堅き混泥土基礎と軌條との間に枕木を挿むのであるから、枕木の切れ込みは砂利基礎のものに比し遙に甚しい、從て枕木の壽命を縮めること及び、軌道敷の床掘の深さが増して土工費が増す缺點がある、然し軌條交換には便利である。

枕木に軌條を取付ける方法としては、軌條頭面を水平に取付る方法と、軌條頭面を幾分内側に傾斜(Tilting)して取付ける方法との2種あることは前述の通りである、後者には次の如き8の利點がある即ち、(1)軌間がくるわぬこと、(2)軌條頭が均一に磨損するから壽命が長いこと、是に就ては米國のクリブランド(Cleveland)の實驗に依れば、傾斜すれば軌條の壽命を20%増す結果を得た、(3)荷重の働く方向が軌條の重心に合すること、(4)車輪の踏面との接觸面が廣くなること、(5)枕木の切れ込みが少ないこと、(6)曲線部で輪縁の磨損が少ないこと、(7)

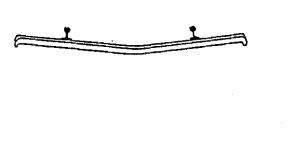
騒音を減すること、(8)軌條の波状磨損の原因を除くこと等である、現に米國鐵道協會では盛に之を獎勵して居る。

傾斜する程度は普通  $\frac{1}{20}$  乃至  $\frac{1}{25}$  であるが、羅馬市では  $\frac{1}{40}$  を用ひて居る、傾斜する方法としては敷釘に所要の傾斜を付したるものを用ゆるものあり、又第89圖の如き鋼枕木を使用して必要な傾斜を付する方法がある。

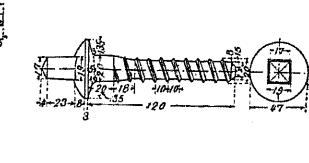
第 89 圖



第 90 圖 (1)



第 90 圖 (2)



枕木と軌條との繫結方法としては木の枕木を用ゆる場合は普通犬釘(dog spike)第90圖(1)を用ゆる、時としては螺旋釘(Screw spike)第90圖(2)を用ゆる場合もある、犬釘及螺旋釘の枕木との着力に就ては、第28表に示す如き試験の結果に依て、其の大體を窺ふことが出来る。

第 28 表  
釘 の 着 力

材 種 及 釘	木 材 の 狀 態	釘を抜くに要したる力		
		平 均	最 大	最 小
白 檜 と 犬 釘	乾 燥	3,152 斤	3,570	2,794
檜 白 と 螺 旋 釘	同	5,807	6,783	4,990

即ち螺旋釘の方が約倍の強さを持て居る、米國は多く螺旋釘を用ゆる習慣である。

軌條釘の効用としては尚軌間を正確に保持する重大な役目もあるから、釘の背部で枕木に接觸する平坦なる支面を、出来るだけ大きくする必要がある、又軌條底が釘のため磨耗することを防止するため、釘の軌條と接觸する支面を出来るだけ廣くする、且つ枕木の損傷せぬやう釘の尖端を真直に打込まれるやう四邊より

尖らせたものがよい。

## 第七節 軌條の波状磨耗

### I 波状磨耗の原因に関する意見

軌條に生ずる波状磨耗 (Corrugation) の原因に就ては、軌道技術家の競て研究しつゝある所であるが、未だ信頼するに足る結論に到達しないのは遺憾である。

茲に世界各國に於ける斯道の權威者の調査して得たる報告に基き、其の原因の那邊に存するかを察知し得る事項を抄録すれば

(1) 米國のデンバー(Denver)鐵道會社の主任技師ネルソン・アール・ラブ(Nelson R. Love)氏調査

(1) 新規軌條と車輪々帶との接觸面が狹少なるため。

(2) 軌道の構造が堅固に失するため。

(3) 軌條頭の硬さが一様でないため。

(4) 車輪が歪で居るため。

(5) 軌道の構造に不備あるため。

との5項を擧げて居る。

(2) ユニオン・アンターナショナル・ゾ・トラムウエー (Union Internationale de Tramway) の委員會調査

(1) 軌條の材質不良なるため。

(2) 軌條製造上の缺陷あるため。

(3) 軌間が規定より狭まつたとき。

(4) 軌間が規定より廣がり過ぎたとき。

(5) 輪縁路に障害あるとき。

(6) 振動の烈しきとき。

(7) 車輛の動搖烈しきとき。

(8) 車輛が滑動するとき。

(9) 制動作用のため。

(10) 制動機に附隨する機械部分に緩みあるとき。

(11) 比較的軟き軟條の上を硬き車輪が運轉するとき。

(12) 車軸に扭れあるとき。

(13) 過大の速力で走るとき。

(14) 一軸の兩車輪の直徑が等しくないとき。

(15) 基礎の支持力が不均一なるとき。

(16) 基礎が堅固に失するとき。

等を擧記して居る。

### (3) 歐洲各國共同調査

波状磨耗の原因は、大體に於て車輛及び軌道の構造、運轉方法並に保線方法の如何に依る、即ち車輛としては單車の如く車體が車臺上の前後に懸垂した部分が大きい場合、即ち固定輪軸距に比して車體が長い場合又は車臺の擴彈機が弱過ぎる場合に甚しい、車輪は圓錐形でも圓墜形の場合でも格段の相違はない。

軌道の構造としては、新設軌道の場合でも併用軌道の場合でも波状磨耗は現るる只併用軌道の場合に幾分著しい、又軌道の基礎が彈性基礎であつても、非彈性基礎であつても同様である、只非彈性基礎の場合が幾分甚しい、要は軌條の振動の周期に關係する、特に曲線部の外側軌條に甚しい。又軌條の性質が重大の關係を有して居る即ち軌條の彈性限度が大なる程少ない、且つ軌條の斷面は小さい程完全な製作が出来るから波状磨耗を生ずることが少ない、又軌條の表面に焼きを入れれば効果がある。

又運轉に基因するものは、車輪が滑動する場合、又は車輛が軌條へ打擊作用をなす場合に甚しい、又運轉回數の多い場合のみに限て現れるものではない、時としては運轉回數の少ない場合でも現れる。又運轉速力が平均1時間19杆以下で

あれば現れない。新らしい軌條でも必ずしも軌條面が平滑でなく幾分の波状面を有するものであるから、之が車輌の運轉に依て愈々増大される場合がある。

保線方法に就ても波状磨耗を生じ得べき總ての原因を除却することに勉むれば效果がある。

波の長さは 20 粱乃至 130 粱であるが、是は車輌の運轉速度、車軸の直徑等に關係するやうである。軸が弱ければ波長は長い。

#### (4) 英國の道路技師フランシス・ウード(Francis Wood) 氏の實驗。

瀝青混擬土又は砂利を基礎とする軌道なれば、波状磨耗は現はれぬと稱して居る。

#### (5) 英國の軌道協會の調査

(イ) 如何なる軌條にも現れる。

(ロ) 普通の溝軌條でも双頭軌條にも現れる、又軌條の側面補強あるなしには無關係である。

(ハ) 軌條の側方振動の防備の有無は波状磨耗の發生及び程度に關係はない。

(ニ) 頑固な波状磨耗は直線部で滑走の最少な場所に起る。

#### (6) 獨逸に於ける實驗

波状磨耗の原因を實驗に依て調査するため圓墻形の盤2箇を造り積み重ねて充分壓しながら回轉した、其の結果に見るに兩盤共同一の堅さであれば上部の盤のみに幾分波状磨耗が現るゝ、上部の盤が下部の盤より柔であれば上の盤に幾分現れる、又時としては現れないこともある位のことしか分らないで、失敗に終たが結局固き軌條を用ゆれば波状磨耗は少ないといふ確信を得た位である。

#### (7) 佛國のフレモン(Fremont)氏の説

同氏は 1920 年頃から磨耗に依る軌條の原因を調査したのであるが、其の報告に従へば軌條上に回轉する車輪に急激に滑動作用が起れば急速にして過大の摩擦作用のため車輪の輪帶上に於て軌條に沿ての激衝(shock)を起す、此の種の激衝に

對抗するものは、結局車輪を構成して居る機械的部分、即ち主として車軸の扭れ(torsion)に係るもので、其の扭れる程度は激衝の強さに正比例する、今又此の扭力が緩めらるれば車輪は反対の方向に急速に回轉する、此の作用が軌條の波状磨耗の原因となると稱して居る、此の外波状磨耗を生ずる他の原因是、車輪の回轉に依て軌條に載る荷重が均一でない場合である、又車輛通過に依る車輛と軌條との振動の周期を見るに車輛の振動は  $\frac{1}{2}$  分であるのに軌條の周期は  $\frac{1}{100}$  分であることも見遁すべからざる原因の一である。

#### (8) ダブ(Dabs) 氏の説

氏は 1926 年ミラン市に於ける第五回萬國道路會議に於て、發表した意見は軌條が急に振動すれば、車輛と軌條との接觸點に於て、車輛の壓力及凝聚力が振動の振幅及周期に依て變化を受ける、此の變化に車輛が應じきれぬから滑動を起し因て波状磨耗を來すと述べて居る。

#### (9) エム・トゥネ(M. Thonet) 氏の説

氏はインター・ナショナル・ユニオン・オブ・トラムウェーで、波状磨耗に關する調査委員に擧げられた人であるが、氏の調査に依れば輪帶は幾分軌條より堅い位なものを見び、形は圓錐形よりも圓墻形を可とし、又車輛は其の重心を成るべく低きものに設計するを可とすと唱えて居る。

#### (10) 北米合衆國に於ける各軌道會社の意見

1923 年の調査に依るに軌道の基礎が堅固に失することに基因すとなすものは、シカゴ、クリーブランド、ピッツバーグ、コロンバス、ヒラデルヒア、ロサンゼルス、桑港、アルカンサス、ボストン、オークランド等であつた

(a) クリーブランドの路面電車の保線主任技師チャールス・エツチ・クラーク(Charles H. Clark)氏の意見では軌道の基礎の堅きに失することを指摘し且つ車輪と軌間との間に餘裕の少ない場合に現るゝ、故に混擬土の如き堅固の基礎の上に軌條を  $\frac{1}{25}$  内側に傾けて据え付ければ餘程波状磨耗を輕減することが出来る

と稱して居る。

(b) ピツツバーグのアイ・イー・チャーチ(I. E Church)氏は波状磨耗を生じたるとき、波状の長さが 152 精より大であれば車輪は圓滑に運轉し得るも、之より少であれば車輪は飛び上りて益々其の程度を増す、車輪と軌間との餘裕は普通 6 精 35 であったが之を 9 精 52 乃至 12 精 7 とし、且つ基礎が沈下しない非彈性構造として、又車輪の平均運轉速度が 1 時間 11 杆以内であれば波状磨耗は餘程輕減し得ると稱して居る。

(c) コロンバス市の技師エフ・オー・アッカーマン(F. O. Ackerman)氏の意見も亦大體ピツツバーグと同様である。

(d) ヒラデルヒアの路面電車會社の副社長たるダブルュー・ケー・メヤー(W.K Myers)氏の意見では、波状磨耗は軌道の基礎が極端に柔弱である場合、及び軌條の下部に混擬土枕木を用ゐた場合に多いと稱して居る。

(e) ロスアンゼルスの技師ビー・エッチ・イートン(B. H. Eaton)氏及び桑港の技師ビー・ピー・レガリ(B. P. Legari)氏等は堅固の混擬土基礎の場合に多いと稱して居る。

(f) アルカンサスの技師は鋪裝軌道に多いと稱し。

(g) ボストンの技師は鋪裝軌道で軌條が緩で居る場合に多いと稱して居る。

(h) オークランドの技師は堅固の基礎の場合殊に 70 精 5 軌條を混擬土基礎の上に敷設したる場合に甚しいと稱して居る。

#### (11) 東京市電の例

大正 14 年 8 月 31 日開通した東京驛降車口前永樂町間の軌道は、混擬土基礎に石塊鋪装を施した者だが、大正 14 年 11 月 5 日の調査に依れば波の高さは最小 1 精 5、最大 2 精、波の長さ最短 76 精、最長 205 精の波状磨耗が現れて居る、又大正 9 年 10 月 5 日開通した、錢瓶町一番地先常磐橋交番前間、直線部の軌道は、混擬土基礎に木の枕木を用ひ、道床砂利を搗固め枕木周圍に混擬土を施し瀝青鋪装を施

した構造であるが大正 14 年 11 月 4 日の調査に依れば波高、最小 0 精 8、最大 1 精 8、波の長、最短 77 精、最長 78 精の波状磨耗が現れて居た、前者は非彈性に近き構造であり、後者は準彈性基礎であつて、其間自ら波状磨耗の程度が異なる事を知る。

#### (12) 結語

案するに上述各種原因は大なり小なり波状磨耗の原因となつて居るに相違ないと考へるが、特に軌道構造が堅固に失する、換言すれば彈性を缺く事が其主なる原因と思はれる、鐵道の如く砂利道床に木の枕木を用ゐた軌道の時代には、軌條の波状磨耗と云ふ問題は耳にしなかつた、然るに路面電車軌道の基礎にセメント混擬土を使用するゝに至て以來軌條の波状磨耗が喧しい問題となつた事から考ふれば、堅過ぎる基礎が其主なる原因であることは事實が是を證明したことゝなる。波長は車輪運轉速力と車輪の直徑に比例するもので米國では波長は 38 精乃至 254 精で平均 76 精乃至 102 精、英國では 22 精乃至 128 精、佛國では 42 精乃至 85 精平均 68 精、東京では 76 精乃至 180 精平均 107 精である。

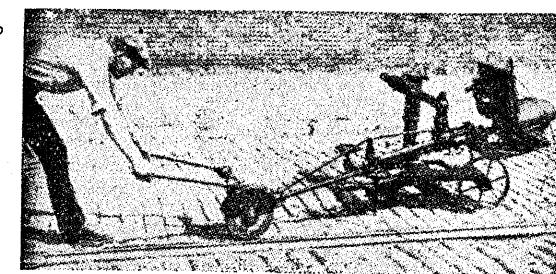
## II 波状磨耗の削平方法

一旦少しでも波状磨耗の状態が軌條に現るれば、直ちに之を除却するに非ざれば益々其の程度を増大し、爲めに軌道の振動を大にし、鋪装を破壊し、且つ甚しき騒音のため乗客にも沿道住民にも、尠からず迷惑を與ふるものである、同時に軌條の壽命を短くする、波状磨耗の補正機としては削平機 (Rail grinder) と稱する機械を使用する、是

第 91 圖

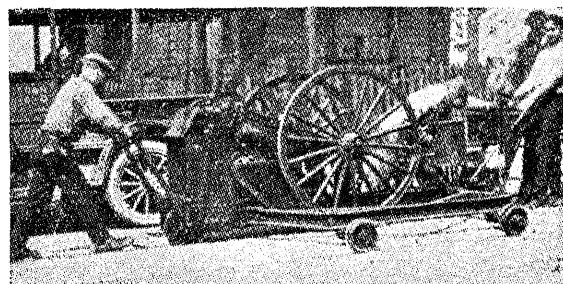
には澤山の種類がある。

何れもカーボランダム (Carborundum) を軌條に壓して磨くのであるが、其の運動が反覆するものと、回轉する



ものとに依り 2 種に大別することが出来る、第91圖はヘラキュル・スウイング・フレーム削平機(Hercule' Swing Frame Rail Grinder)であつて頑丈で軽い、迅速な持ち運びに便利のもので、軌條頭でも軌條頭の側面でも又は輪縁でも自由に作業することが出来る。

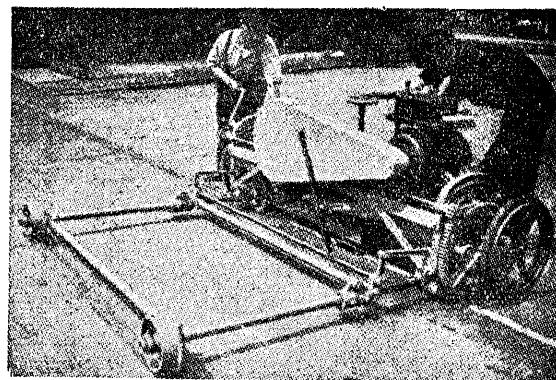
第 92 圖



第92圖はレシプロケーチンク削平機(Reciprocating Rail grinder)で波状磨耗を除くに適す。

第93圖はヴリアン削平機("Vulcan," Rail Joint grinder)で前者と回轉削平機との中間に位するもので縦目の磨削に適す。

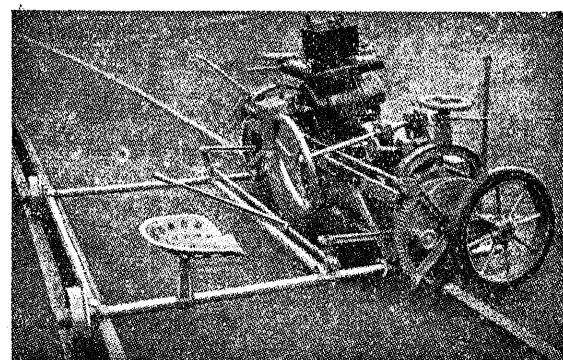
第 93 圖



第94圖はアトラス削平機(Atlas Rail grinder)で鎔接作業後軌條頭の磨削に適す、運轉が甚だ簡単である。

ケルウキン削平機

第 94 圖



(Ker win grinder) 及ユニバーサル回轉削平機(Universal rotary grinder)は長い區間用として適す。

磨削する費用は米國の實例に依ればヒラデルヒア反覆削平機を用ひて、職工 3 人で 1 日 38 米位の工程である。大體軌道長 0 米 304 に就き 8 セント位、ボストンでは 1 日の工程 46 米乃至 92 米で費用は 0 米 304 につき 9 乃至 10 セント位である。

## 第八節 鋪装

1923 年 5 月スペイン、セビリア市にて開催された、第四回萬國道路會議に於て、軌道敷の鋪装問題に就ての決議

決議(1)路面に軌道を敷設すれば、鋪装の種類如何を問はず、路面保持上有害である、然し路面電車は都市交通機關として、必要缺く可らざる重要な施設であるから、軌道敷設と鋪装との關係に就て、將來益々研究調査を遂げ、路面保持に支障なき方法を案出する必要がある。言ふ迄もなく是等は地質地形、道路の横断形態、鋪装の種類、並に一般交通情勢に、至大の關係を有するものであるから、茲で一般的設計を決定することは困難である、各國の場合に就て最善の途を講ずる外はない、出來得れば軌道敷と車道敷とは全々區別して、軌道の踏切以外は一般車馬の通行を許さぬものとすれば最も結構である。

決議(2)鋪装の維持費を輕減する事に勉め、同時に軌道の安全を期する途を講ぜばならぬ、故に鋪装の種類は一般交通の要求に依り、軌道の基礎は混凝土の如きものを用ひ、充分堅固にして且つ相當彈性を有し、同時に水密ならしむるを要す、軌道の車輛が比較的軽いもので、地質が良好なる場合であれば、枕木無しに軌條を敷設しても差支ない、車輛が重くなれば、普通木の枕木を用ひる、然し此の種の設計は木塊鋪装、瀝青鋪装、若は混凝土鋪装を爲す場合は適しない。

如何なる種類の基礎でも、排水を良好ならしむることが最も大切である。

決議(3)道路上に用ひる最良の軌條は溝軌條で、其の縫手は鎔接せねばならぬ、且つ波状磨耗の起らぬ様注意するを要す。

踏切箇所は、路面に衝撃を起さぬ様、建設並に維持に注意し、同時に電動機の齒車の噛み合せに就て注意し、運轉に際し、騒音や振動の輕減に注意せねばならぬ。

決議(4)塊鋪装の場合は、完全に維持する爲、目塗は充分水密とし、地表水の浸入を防

ぐ。沥青鋪装では、軌條に接し一列又は二列に木塊又は石塊を用ひるを可とす。

決議(1)に依り明なる如く、軌道と鋪装とは根本に於て相兩立しない性質のものである、何となれば鋪装の見地より考ふれば、充分堅き基礎を設くる必要がある。之に反し軌道としては基礎に相當の彈性を有せしめる必要があるからである。

英國リバプール市の軌道技師ジョン・エー・ブロディ(John A. Brodie 氏は 20 年來の経験に基き鋪装と軌道とは到底兩立し得る良法は無い、故に道路幅員が許すなれば道路内に専用軌道敷を設くることを主張し其の利點として次の數項を挙げて居る。

(1) 軌道の建設費及び維持費を減じ得ること、特に維持費に於ては 50% を減じ得る。

(2) 運轉速度を増大し而も運轉の安全を期し得ること。

(3) 一般交通との事故を減じ得ること。

(4) 車輛の維持費を減じ得ること。

(5) 運轉に依る騒音を防止し得且つ乗心地よきこと。

氏の説の如く、道路の幅員に相當餘裕ある場合であれば、一般車輛が軌道敷内に這入つて運行せねばならぬ場合は甚だ稀である、又路面電車の運轉が極めて頻繁である場合には、事實一般車輛が軌道敷内を冒すことが出来ないのであるから併用軌道でありながら、道路の使用上から見れば新設軌道と異なる所はない、故に斯る場合に於ては専用線の構造とすることが望ましい。

併用軌道に於ける、軌道敷鋪装の破壊を招く有様を見るに、先づ最初に軌條に接する部分特に軌條の縫手の部分から破損し初めるのが常である。其原因を尋ねるに。

(1) 地盤が軟弱であるため。

(2) 基礎が不充分であるため。

(3) 軌道構造が餘りに彈性に富むため。

(4) 軌條の彎曲及振動のため。

(5) 軌條の縫手不完全なるため。

(6) 軌條と鋪装材料との硬度に著しき差違あるため。

(7) 路面排水不充分なるため。

(8) 地表水が路下に浸入し易きため。

等である、是等の原因を除却する爲、(1) 及び(2) の原因に就ては基礎の節に述べた通り(8)の原因に就ては相當堅固なる基礎を造らねばならぬ、(4)の原因に就ては軌條の重いものを使用する必要がある。(5)の原因に就ては鎔接縫手法を採用し、(6)の原因に就ては軌條の堅さと、之に隣接する鋪装材料の堅さとに格段の相違ないものを選び、(7)及び(8)の原因に就ては、地表水の路下に浸入するを許さぬ設計となし、萬一路下に浸入したる場合は、速に之を排除する方法を講ぜねばならぬ。

故に軌道敷の鋪装としては其の種類の選擇、工事の施行及び軌道構造即ち基礎の種類、枕木の敷設方法、軌條の大さ、並に軌條の縫手等に就て、綜合的研究を必要とする。

(1) 砂利敷 交通量の比較的少ない小中都市であれば、軌道敷の鋪装として單に砂利を敷き均した位のもので満足し得る場合もある、然し交通量が多くなければ、最早砂利鋪装では道路面を軌條面と同高に保つことが困難となり、兎角軌條頭が路面に凸出することが多い。一般交通量が斯る程度に達した場合は相當硬質鋪装を施す必要が生ずるのである、其の簡単のものは板石鋪装である。

(2) 板石鋪装 (Slab stone pavement) 板石の厚さは少くとも 90 粑以上とし、且つ板石の下面には、少くとも 45 粑の舗床 (Cushion) が必要である。是が爲め軌條の高さは、高いものを使用する必要が生じて来る。所謂特高軌條と稱し、高さ 135 粑以上のものを用ひねばならぬ、板石鋪装の目地の切れるのは主として枕木と板石との間の舗床が薄いことに原因するものである。

板石の代りに鐵筋混泥土板又はソリヂチット板を使用する場合もある、其の大きさは普通の板石と大體同じである。是等各種の板石を實地に使用した成績に就て

第 29 表  
板 石 の 試 験 成 績 表

試験方法	番號	敷石 1種類	寸 法			クランク性 荷重 K.g.	バインダ K.g./6cm	破壊シク トキ/荷重 K.g.	スルーパス ストラクタ K.g./cm	摘要
			長	巾	厚					
A	3	花崗石(箱田庄)	635.0	406.4	107.6	—	—	6,804.0	283.2	
・	6	・	635.0	406.4	108.0	—	—	4,336.0	166.4	
・	7	・	609.6	406.4	108.0	—	—	3,072.0	332.9	
・	11	・	762.0	362.0	101.6	—	—	6,804.0	317.2	
・	12	・	641.4	355.6	95.3	—	—	5,443.2	293.9	
・	13	・	641.4	362.0	88.9	—	—	2,042.0	124.3	材質不良
B	14	・	660.4	381.0	82.6	—	—	4,334.5	210.7	
・	20	・	660.4	368.3	114.3	—	—	9,344.1	243.9	
D	26	・	425.5	308.3	108.0	—	—	11,340.0	307.2	
平均						—	—		253.2	
A	8	花崗石(関崎庄)	609.6	362.0	95.3	—	—	7,076.1	375.0	
・	9	・	762.0	355.6	127.0	—	—	7,484.4	227.3	
・	10	・	762.0	362.0	101.6	—	—	4,173.1	194.7	
B	19	・	501.7	362.0	114.3	—	—	11,566.8	307.9	
D	25	・	419.1	362.0	114.3	—	—	12,020.4	295.0	木煉瓦合材 成績未記載
平均						—	—		280.0	
A	1	ソリヂテット	609.6	396.9	92.1	1,814.9	93.9	4,082.1	211.4	ソリヂテット ソリヂテット
・	4	・	609.6	396.9	92.1	1,224.7	63.4	3,719.5	192.5	ソリヂテット
B	15	・	482.6	406.4	92.1	3,004.5	112.9	6,713.3	245.6	
・	16	・	482.6	406.4	92.1	3,447.4	126.1	6,305.0	230.4	
C	21	・	396.9	304.8	92.1	2,177.3	89.6	5,443.2	224.1	
・	22	・	396.9	304.8	92.1	2,041.2	83.9	5,307.1	218.2	
平均						95.0	—		220.4	
A	2	魚 鉄 施	609.6	396.9	92.1	—	—	1,587.6	82.1	
・	5	・	609.6	396.9	92.1	—	—	1,814.4	93.9	全部ソリヂテット
B	17	・	482.6	406.4	92.1	—	—	2,903.0	106.1	
・	18	・	482.6	406.4	92.1	—	—	2,041.2	74.6	
C	23	・	396.9	304.8	95.3	—	—	1,995.8	82.1	
・	24	・	396.9	304.8	95.3	—	—	1,134.0	46.6	
平均						—	—		80.9	

横濱市電の調査に依れば、第 29 表に示す通りである。

又板石の導床として、砂を用ゆる場合と、水の少ないモルタルを用ゆる場合とある、重量車輛が頻繁に通行する場合であれば、モルタル据えとせねばならぬ。

交通量の更に多い大都市になれば、板石の厚さは是非とも 120 粪以上とし、相

當堅間の基礎の上に混凝土で据え付け目塗にも流し「トロ」を行はねばならぬ。

板石の路面となる部分は、小叩仕上となし、裏面は玄翁拂程度に止むることがある、是では板石の据りが悪いので少し重い荷重が其一端にかかるれば直ちに目塗が切れて路面に凹凸を生ずるから、裏面も亦盤切仕上とし板石の据りを良くすると同時に、合端は小叩仕上として板石相互の結合を充分にすることが必要である。

且つ軌間内で軌條に接する鋪装面は軌條面と同高とし、軌間外の軌條に接する鋪装面は軌條面より 12 粪下位に据え付けねばならぬ。

(3) 塊鋪装 (Block pavement) 塊鋪装としては、木煉瓦、鋪装煉瓦、混泥土塊、石塊又は瀝青塊等がある、何れも車道の鋪装に用ゆると同様に、軌道敷鋪装にも用ゐられる。從來の経験に依れば、木煉瓦は膨脹に依り軌間を狂はすことや、輕いため振動に依て浮き上り安い缺點がある、鋪装煉瓦、混泥土塊及び瀝青塊は鐵輪の車や、馬蹄に弱い、且つ鋪装煉瓦と瀝青塊は其の厚が薄いから、目塗が切れ安い缺點がある、石塊なれば重くて目塗を厚く造れるから最も適して居る、地表水が軌條に沿て浸透することを防ぐためには、木塊が最も軌條には睨み易いから適當して居る、次は瀝青塊、石塊、混泥土塊、鋪装煉瓦の順序である。

何れの

塊を使用

する場合

でも、塊

鋪装の壞

れるのは

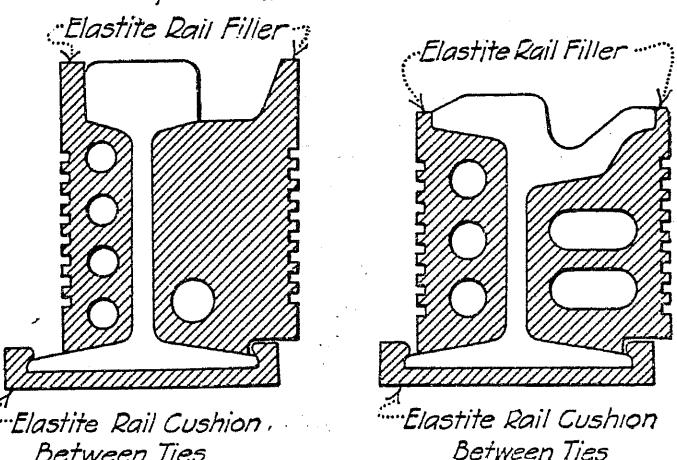
軌條の沈

下に伴ひ

軌條に接

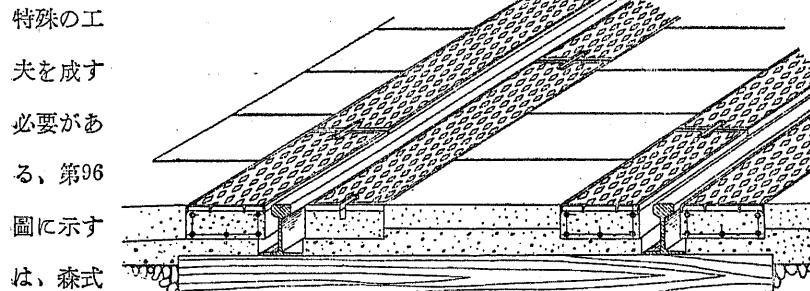
する部分

第 95 圖



の塊の一端が引き込まれ、他の端が持ち上ることに基づくのであるから、之を防ぐ方法を講ずる必要がある。其の方法として、(1)軌條の沈下を起さぬやうな方法を講ずる途と(2)軌條と之に隣接する塊とを絶縁する方法がある。軌條の沈下を來さぬ方法としては、前述の通りである。絶縁方法としては、軌條と塊との間に瀝青質物で出來た極めて彈性に富むものを挿入する方法と、軌條と塊との間に、帶石を入れる方法がある。前者の例は第95圖に示す如きエラスチック・レール・クッション(Elastic rail cushion)は其の一種で米國の軌道に使用された例が多い。後者の場合は厚さ120粍、幅150粍、長さ1米位の花崗石又は混擬土で造た帶石を、軌條に添ふて第114圖に示す如く、据え付ける方法と石塊を軌條に添て長手と小口を交互に齒形に使用する場合とある。今日迄の實驗に依れば、前者の方が優て居る。但し帶石の目塗が切れ勝であるから充分堅固な基礎の上に、目塗の切れぬ。

第 96 圖



特殊の工夫を成す必要がある、第96圖に示すは、森式

装鐵混擬土塊と稱するもので此の點に就て、幾分の改良を加へたものである。第

第 30 表

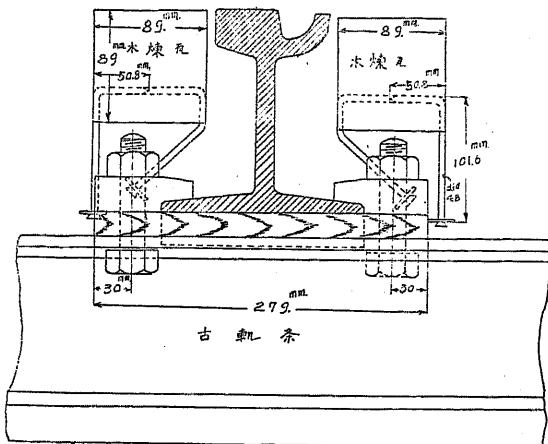
大 サ			重 量	一両坪 當り 箇 數	一哩當り本數	目 地		鐵 筋		
長サ (L)	幅 (B)	厚 (H)	(貫)		二條	四條	アロツ クの の 鐵板	徑	本數	
452.2	225.5	101.6	kg	32	7,040	14,080	mm 5.0	mm 1.2	7.933	4
908.9	225.5	101.6		16	3,520	7,040	5.5	2.3	7.933	4
1,820.8	225.5	101.6		8	1,760	3,520	8.0	2.4	9.525	5

30表は塊の寸法重量等を示したもので其の價格は面坪33圓乃至34圓位である。

第 97 圖

案した方法で、軌條に接する木煉瓦を金物で堅固に碇結したものである。

(4) 板鋪裝(Sheet pave ment)としては、混擬土、瀝青又はソリヂチットの類を用ひて、「ベタ」打鋪裝とする「ベタ」打鋪裝は仕上は平滑で外觀は可

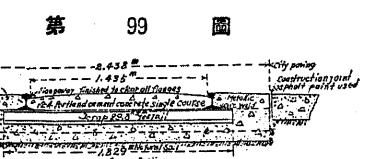


第 98 圖

いが軌道敷の鋪裝としては多くは失敗に歸する。其の原因は枕木が振動を受けたる時直に之が鋪裝に影響するからである。T形軌條を用ひた軌道に「ベタ」打鋪裝を用ゆる場合は第98圖に示す如く輪緣路を溝軌條の輪緣路の如き形に仕上げる場合と、第99圖に示す



如く1つの曲線に仕上る場合とがある。前者は外觀上は優れて居るが輪緣に龜裂を生じ易い、後者は軌條面と鋪裝面とに段が出来るので一般車輛のため路面に衝撃を與ふること



との大きい缺點がある。瀝青を

用ひたる場合は、豫め軌條を熱して、置かなければならぬ、然らざれば瀝青の軌條に接する部分は急激に冷えるため瀝青の性質を變じ極めて弱いものとなる、一般に「ベタ」打の鋪裝は電車運轉に依る騒音の反響することが大きい缺點がある、即ち何れの方面から見ても「ベタ」打鋪裝は好ましくない。

(5) 境界石 (Curb stone) 軌道敷と車道敷との中間、即ち枕木の端から相當離れた場所には、境界石を堅固な基礎の上に据える必要がある、此の境界石は、普通花崗石を用ゆる、其の寸法は巾 100 粑のもので厚さは混擬土基礎に達する程度とする。

#### (6) 六大都市の實例

第 100 圖は名古屋市電に採用した工法である。

軌條

の継目

には鋼

板で作

た幅 76

粧厚 13 粑の特殊のものを用る、且つ長 410 粑、幅 190 粑、厚 13 粑の敷釘を用ゐて居る、混擬土基礎の内部に、砂利を包だ構造としたのは、材料の節約と騒音を輕減する目的である、板石鋪装の厚が 125 粑は幾分薄い感がある、大體に於て今日の名古屋市位の交通量であれば先づ満足する設計である。

第 101 圖は横濱市電で大正 12 年の震災後、横濱驛櫻木町間に採用した方法である。

(a) は縦枕木でソリヂチット板石を用ひたもの、(b) は準彈性基礎である。(c)

は踏切の

箇所に用

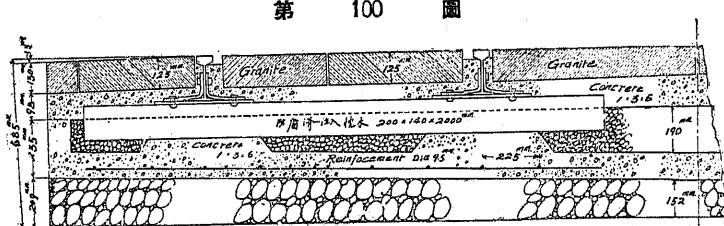
ひた工法

である。

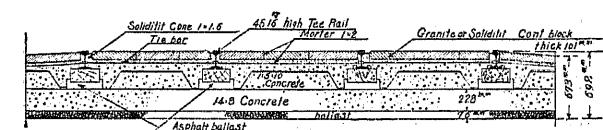
第 102

圖は大阪

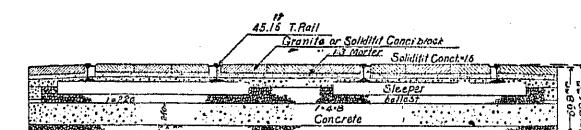
市電の設



第 100 圖



第 101 圖



計の一例

である、

大體混擬

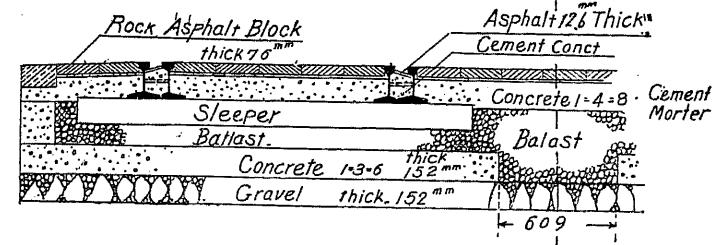
土基礎で

あるが、

枕木の交

換を容易

(c)



にし且つ彈性を増すため、枕木周圍には瀝青混擬土を用ひて居る。

軌條は 45 耘 1 の特

高 T 形軌條に角鐵を綴

釘して溝軌條の形に作

たものである。斯くす

れば溝軌條より工費は

幾分高價であるけれど

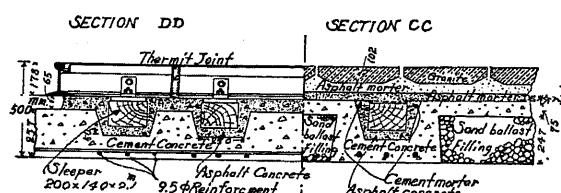
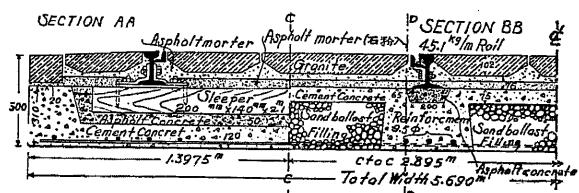
も輪緣路を深く造り得

るから、溝軌條に比し

て壽命を増す利益があ

る板石の下面及び側面

第 102 圖



が不整であることが缺點である。

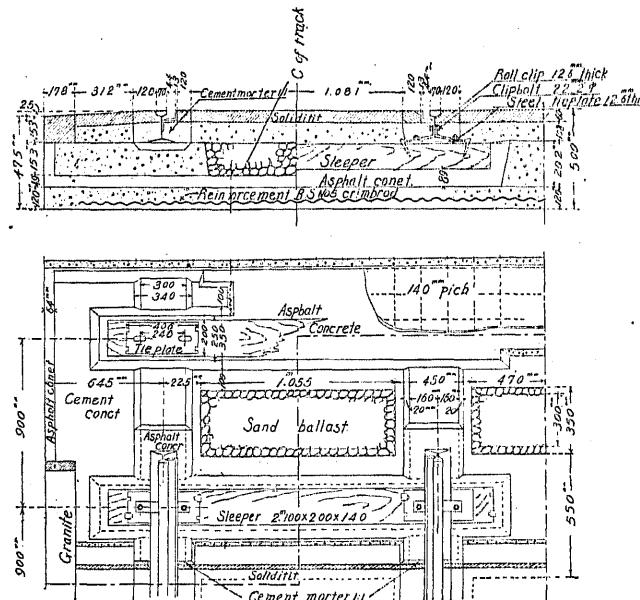
第 103 圖及第 104 圖も亦大阪市電の例である、第 103 圖は最も高級構造に屬するもので絶対に水密とする理想の下に設計されたものである、此の種工法は費用が多くかゝること、騒音振動の大なる缺點がある。

第 104 圖は交通比較的閑散の郊外に採用した工法である。

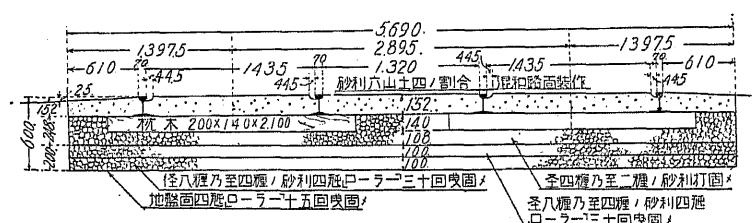
第 105 圖乃至第 108 圖は京都市電の一例である。第 106 圖では縦枕木としてトラフ・プレート (Through plate) の如きものを混擬土内に埋め込んだ設計で、軌條に

添て木塊を並べたものである。

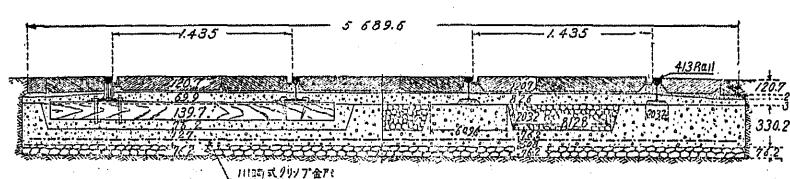
第 103 圖



第 104 頁

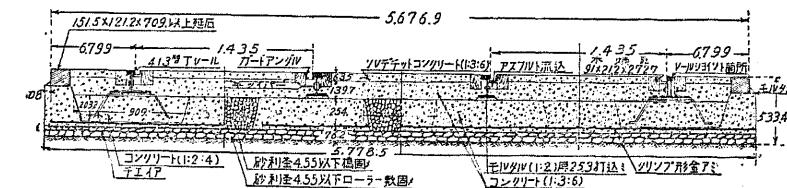


第 105 頁

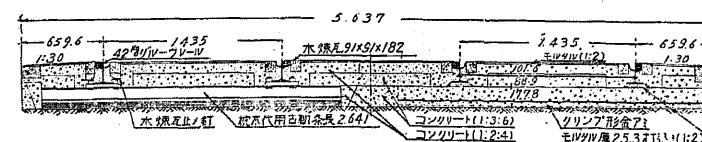


第107圖は混擬土の「ベタ」打鋪裝である、軌條に接する部分には木煉瓦を基礎に釘付として木煉瓦の移動を防ぐのである、其の詳細設計は第97圖に示した通

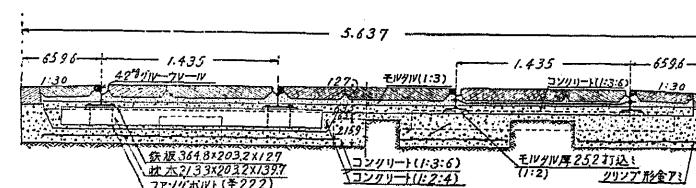
第 106 頁



第 107 頁



萬 108 圖



りである、枕木と軌條の間に、木片を挿であるけれども、非彈性基礎としての缺點は免れぬ。

第 109 圖乃至第 115 圖は東京市電の例である

第 109 圖は標準構造(A)と稱し交通最も頻繁なる幹線に於て現在適用しつゝある設計である、從來東京市電にて改良工事と唱えたものは、第 115 圖乃至第 117 圖に示す如く、混凝土基礎を用ひ彈性に乏しき構造であつた。

爲に、軌條に波状磨耗を生ずる等の種々なる弊害があつた、且

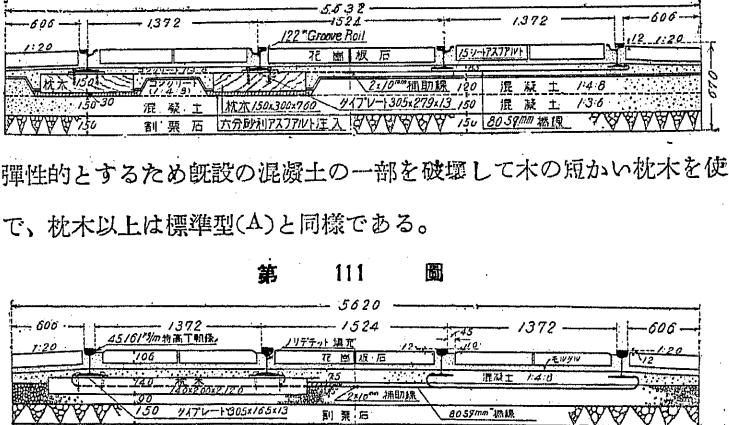
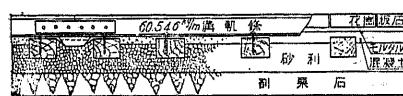
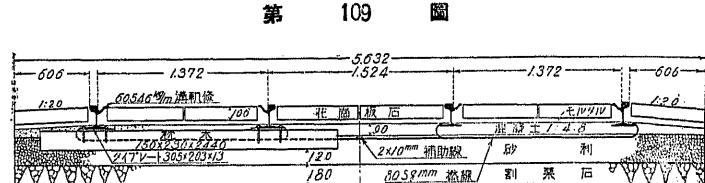
つ工事費が甚だ高いので本設計を考案したものである即ち基礎は砂利に改め、軌條は直線部で 60 犁 546, 曲線部で 69 犀 479 の大なるものを用ひ、枕木の切込みを防ぐため枕木の寸法を増大し、且つ軌條下に敷釘を用ひ、又軌條と枕木との緊結を充分にするため螺旋釘を用ひ、鋪装としては板石厚さ 106 犀のもので 6 面とも丁寧な仕上をなし之を混凝土で据えたものである。本設計によれば運轉に依て生ずる騒音も少なく、極めて圓滑な運轉が出来、乗心地も甚だよい、但し此の種基礎では、軌條面が幾分沈下することは免れぬので、車道よりも、幾分上げ越しに仕上げる必要がある。

第 110 圖

第 110 圖

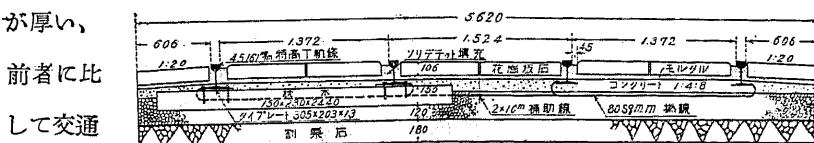
圖は特種型(A)と稱するもので構造を彈性的とするため既設の混凝土の一部を破壊して木の短かい枕木を使用したもので、枕木以上は標準型(A)と同様である。

第 111 圖  
圖は標準構造(C)と稱する



もので、軌條は T 形軌條 45 犀 : 61 のものを用ひ、基礎としては砂利を用ひ、鋪装の基礎として混凝土を用ひたもので、交通の少ない場所に適用す。

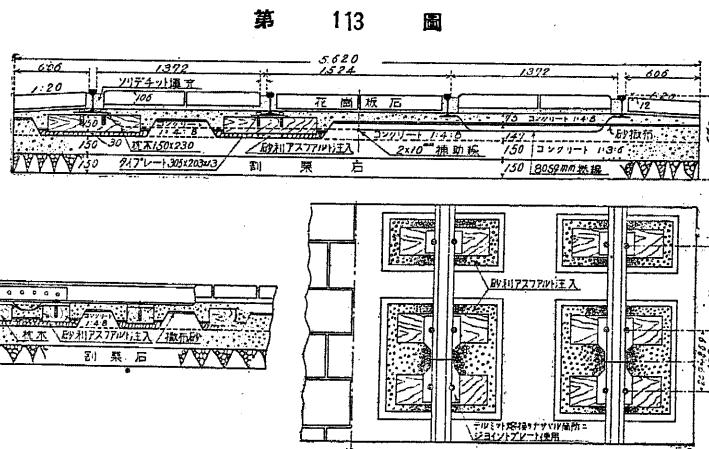
第 112 圖は標準構造(B)と稱するもので、大體標準型(C)と同様であるたゞ基礎の厚さ



が厚い、前者に比して交通

量の稍多い場所に採用される。

第 113 圖は、特種型(B)と稱するもので從來混凝土基礎を施行してあつた場所を改造する場合に採用することは、特種型(A)と同様である、特種型(A)に比して軌條が T 形であることが異なる、特種型(A)を採用する場所に比して交通稍閉散な所に採用される。



第 114 圖乃至第 117 圖は、改良軌道と稱せられたる構造で、上述の標準型及び特種型設計の考案前に採用された設計である。

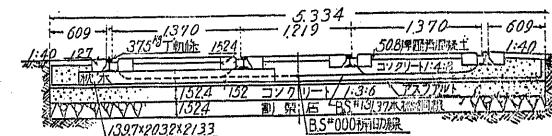
是等は多少の相違はあるが、大體に於て非彈性基礎を用ひ、軌條は 51 犀以下で繰目は機械的繰目を用ひ、鋪装には種々のものを用ひて居る、何れも路面から浸

透した水の排水に對する考慮を缺たのと繼目が弱かつたのと基礎が堅きに失したる爲と、交通量が豫想外に激増した關係から、餘り良成績を擧げる事が出來なかつた。殊に第117圖の瀝青混擬土鋪裝が最も不成績であつた。

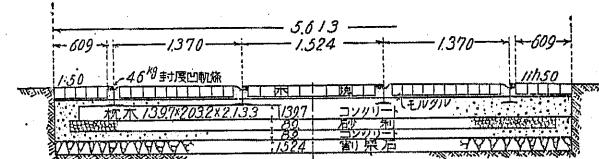
此の種工法は諸外國の都市に於て採用した方法と大同小異のものである、外國で稍好成績を収めたのは、我東京市電の場合に比し雨天が少ない等の氣候風土の關係や、車輛の重さが軽く、且つ運轉回數が少ないと原因して居る。

### (7) 歐米の實例

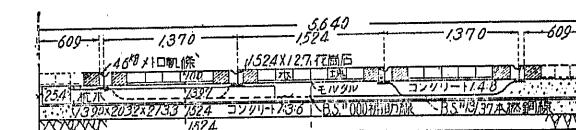
第 114 圖



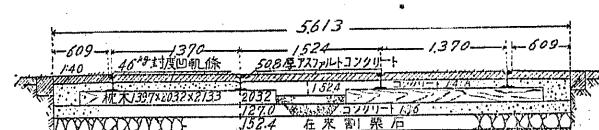
第 115 圖



第 116 頁

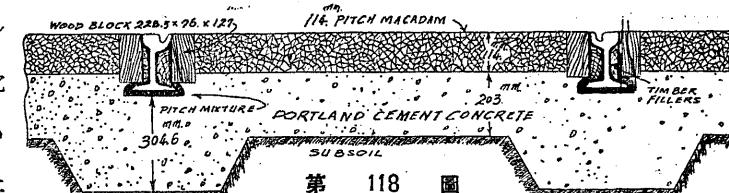


第 117 頁



## 第八節 鋪

バブー  
市にて根  
木を用ひ  
て混凝土



第 118

第 119 頁

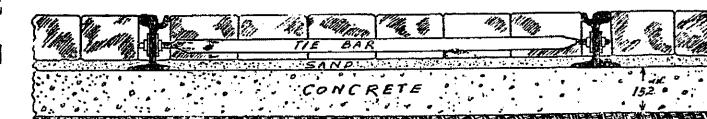
基礎の上に瀝青マカダムを施したものである

第119圖は英國バー・ミンハム市電の鋪装の一部である。

基礎としては1:3:6のセメント混疑土で25耗の砂礫床を用ひ、目塗は上半分はセメント膠泥で、下半分は瀝青を用ひた、軌條間の鋪装が拱形であるから、路面排水には便であるが軌條が左右に押し開かれる傾向があることや、踏切の場合に甚しき衝撃を起し、煉瓦の破損を速ならしむる缺點がある。第120圖は英國のグラスゴーの設計である、枕木を用ひず直接混疑土基礎の上に、軌條を据えたものである。

第 120 頁

近來轉  
條の兩側  
及下端に



瀝青膠泥を用ひて、幾分彈性を増したものに改めた。此の種工法は、地盤が良くて車輛も軽く運轉回數も少なければよいが、石塊の目塗から地表水が浸入する際泥を流し込み之が石塊下面に堆積して、自然に石塊を杠上せしめ目塗の切れる缺點がある。

第121圖は英國ミドルセキス(Middlesex)市の設計である、52町<sup>4</sup>の古軌條を  
倒に使した枕 第 121 圖

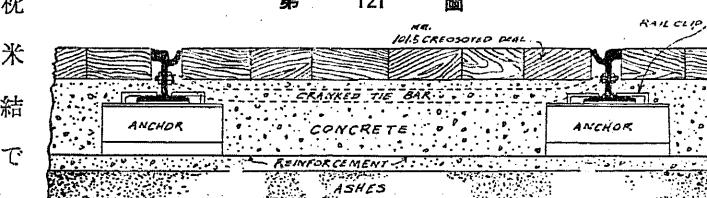
二七九

卷之三

29 母に繋結

したもので

第 121



は舗接法に依つたものである。近來之を幾分改良して、軌條の兩側及び底に瀝青質物を挿み彈性を増す設計に改めた。

第 122

第 122 圖(1)

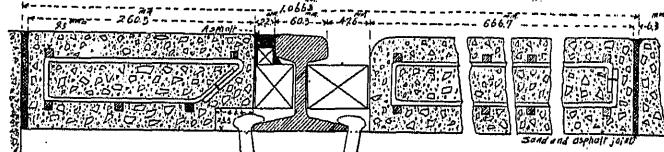
圖(1)はウキラツバ、Willa-pa電氣會社が採用した工法である、鐵筋混疑土で像め造た板石を並べて仕上る方

法で工事の進捗が速であるから、工事中一般交通に迷惑をかけることが少ない、板石1個の大きさは相當大きく、厚さも厚いか  
ら目塗が切れて浮き上ることはない、基礎地盤が比較的軟弱の場所にも適する、但し板石の下部の排水を充分にせねば、嚴寒地方では凍冰のため持ち上げらるゝ虞がある。第 22 圖(2)は其の平面圖である。

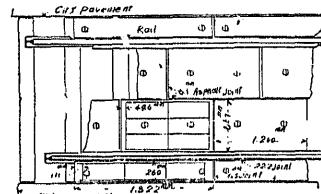
第 123 圖(a)(b)、(c)はコン

ネクチカット(Connecticut)會社の設計である、本設計の特徴としては、路面を出来る丈水平に造たことである、(a)圖は軌條添に花崗石塊を四列に用ひて軌條の交換に便し、且つ堅き軌條の直ぐ隣に軟かい瀝青を用ゐない注意を拂てゐる。此の種工法では兎角石塊の目塗が切れ勝ちで保持には随分煩されることは前述の通りである。

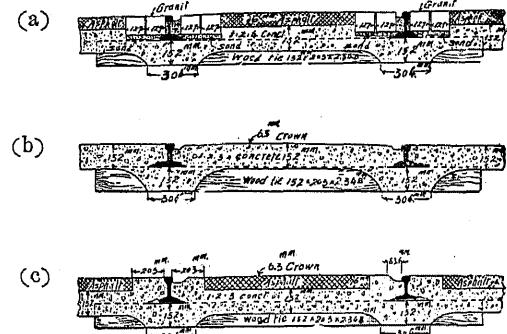
第 124 圖はコロン(Cologne)の例である、之では枕木を用ひないで縦枕木に當



第 122 圖(2)



第 123 圖



る部分に混疑土を施し、軌條の敷設後鋪装を爲すもので、第 125 圖は其軌條の下部に彈性體を入れるゝ方法を示す。

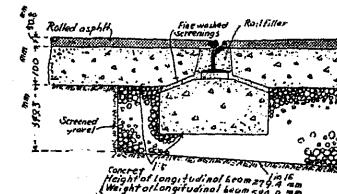
第九節 排水設備

軌道敷に「ベタ」打の鋪装としては、混疑土が最も經濟的である、然し混疑土工事は營業線に車輛を運轉しつゝ施行することは困難である。

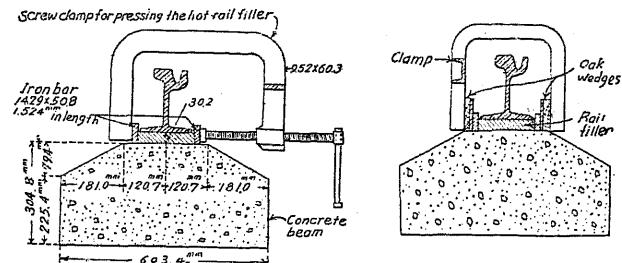
近來都市内の鋪装工事として

急硬セメントを使用されるやうになつた、是は普通のセメント工事に比して工費は幾分高いけれども、工事期間が短かないので工事中一般交通を阻害することは少ない、故に交通量の特に多い線路に使用すれば結局經濟的工法となり得るものである。

第 124 圖



第 125 圖



## 第九節 排水設備

道路を良好に保持し得ると否とは、道路の排水の良否に至大の關係があるものである。然るに軌條を道路に敷設すれば、愈路面及路床の排水を困難ならしめるものであるから、軌道には特別の排水方法を講ぜねばならぬ。

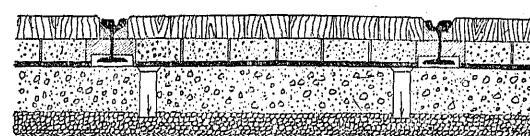
排水方法としては、路面の排水と、路床の排水とに、分ち考ふることが便利である。

(1) 路面排水 (Surface drainage) 路面の排水としては、前章に掲げたる路面の横断勾配に依るのであるが、軌道敷中軌條間の鋪装は、普通水平とし、單に其の取付の部分に、 $\frac{1}{15}$ 乃至 $\frac{1}{20}$ の勾配を附する場合が多い、從て軌條間の排水は、

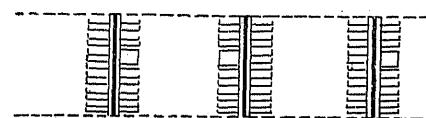
稍不充分となる而已ならず、輪縁路のため、水は路側に流ることを妨げられ、輪縁路を傳はりて流るものであるから之を速に側溝(Side drain)に導くため、軌道を横断して、横切下水溝(Cross drain)を設くる必要がある。

鋪装を防水的構造とすることは左程困難ではないが、軌條に接する部分の鋪装は、軌條が振動する爲め到底完全の防水方法は出来ない、前述のエラスタイル・レール・フィラー(Elastite Rail filler)を用ゆれば、幾分の効果はあるけれども、尚地表水の浸入は避けぬ故に斯る水を速に道路外に導く方法を講じなければならぬ。

第 126 圖  
ヒト (Utrecht)



第 127 圖



横切下水の設計としては種々な方法がある、普通の方法としては、軌條間に混凝土の横切溝を設け、茲に集めた水を側溝に導く方法である。此の場合に於て溝蓋が路面に現はれて居る、所謂照し暗渠であれば、一般車輛の通過に際し、激しき衝撃を生じ、之に接近する部分の鋪装を破壊する、且つ重い荷重のため溝蓋は破損し易い缺點がある故に溝蓋は路面に現れない所謂、暗渠式の構造とした方が良い。又下水溝の設置箇所に就ては、土地の情況に依つて斟酌せねばならぬが、線路が谷となつた箇所又は長き坂路の中間には必ず設けたがよい。

軌條間の排水を良好ならしめる爲め、第 119 圖に示す如き、急な横断勾配を用ひた例がある、是は排水上には良好であるけれども、鋪装が拱の作用を爲して軌

### 第九節 排水設備

條を外方に押し軌間をくるわす傾向がある、且つ低床式車輛であれば電動機装置と軌道面の距離は僅に 38 粪位であるから、時として扛上したる鋪装に衝突して脱線の原因となる場合がある、米國のクリブランド(Cleveland)では之とは逆に中央部を低下した皿鋪装(dish pavement)と稱すべき横断勾配を附し、中央部に集めた水を延長 183 米毎に徑 152 粪の陶管で側溝に導いた例がある。

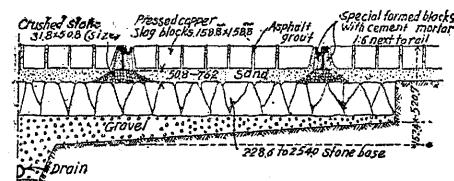
軌道が道路の中央にある場合に於ては、軌道敷が幾分でも沈下すれば直に排水上の支障を生ずるものであるから當初敷設の際に軌道敷全體を幾分上げ越に建設する必要がある。

(2) 路床排水(Under drainage) 路床排水としては、路面から浸透した水の排水を圖ること、地下水位の低下をなすこと、及附近の水流水面よりの毛管現象による滲透を防ぐと云ふ、三つの問題を解決せねばならぬ。

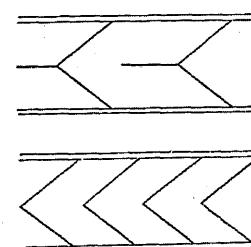
軌道の基礎が砂利、碎石又は割栗等で出來た構造であれば、地表水は容易に地下に浸入するから、此の浸入した水を集め道路外に速に導かねばならぬ、第 128 圖は此種排水の一例である。

この方法は當初は相當効果あるけれども、然し我國の如く降雨あれば泥水の生ずる場所では、兎角泥が砂利の空隙を填ぎ、排水の効果を殺滅するのであるから、其の保持が中々困難である。

第 128 圖



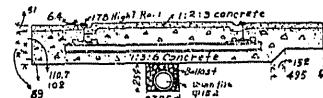
第 129 圖



相當の坂路に盲下水(Blind drain)を設くる場合には、第 129 圖に示した方法に設くれば効果がある。

基礎に混凝土を用ひた場合では前者に比して路床に浸入する水は少ないのでも皆無とは云へぬ、斯る場合の排水方法として第130図及び第131図は其の一例である。

第130図

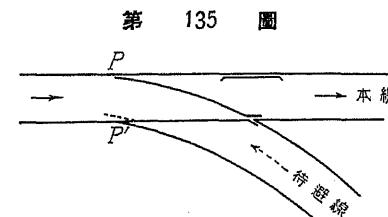


る、轉轍器は基本軌條と尖端軌條 (Tongue rail) によりなり、尖端軌條は尖端部を薄く削つたもので且つ其の部分は枕木に固定さることなく自由に動き得る構造を有するものであるから、鐵道又は新設軌道に用ゆる如き T形軌條より成る轉轍器を使用すれば、尖端軌條の動く範囲には軌條の高さに等しき深さの溝が路面に生ずることとなる、此の溝が軌道の基礎を緩める原因となり且つ一般交通上の障害となるものであるから斯る場所には特殊の轉轍器を用ゆる必要がある。

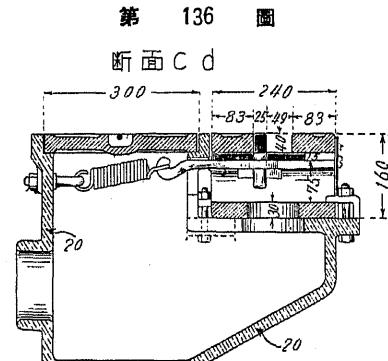
轉轍器に自動轉轍器 (Automatic Switch) と手動轉轍器 (Hand Switch) とある。

自動轉轍器とは單線軌道の待避線の箇所に於ける如く、車輛が常に一方向にのみ運転する場合に用ゆるものにして、例へば第135圖に於て P 点の尖端軌條の端と基本軌條との間に輪縁の通過し得るだけの餘地をなして固定し、P' 点の尖端軌條は第136圖に示す如く發條に依て常に基本軌條に密着させて置くものを言ひ、今車輛が本線を矢の方向に進まんとするときは轉轍器は其儘で通り得る、又待避線から本線に矢の方向に進まんとするときは P' 轉轍器は輪縁で押し分けて進み、通過後は發條の力で舊に復する。

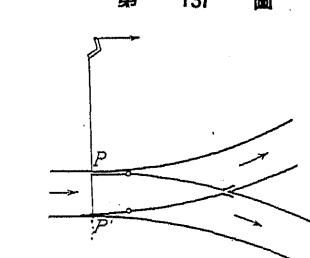
手動轉轍器は第137圖に示す如く P 及 P' 轉轍器共動き得るもので尖端軌條を連結にて繋ぎ之を横杆 (Lever) に結びて車輛の進行せんとする方向に自在に進め得るものである、從て此の場合には轉轍



第 135 圖



第 136 圖



第 137 圖

手 (Point man) を常置する必要がある、併用軌道に斯る轉轍器を用ゆる場合は連結綱は暗渠式に路面下を貫きて設け且つ其の把手は歩道の車道寄等一般交通の支障なき場所に設けねばならぬ。

轉轍器に於ける尖端軌條の屈曲半径は成るべく大きく採れば車輛の運転に對する抵抗が少ないので其の維持も容易である、けれども同時に建設費が増加するものであるから、其の線路の運転密度等よく其の利用價値に就て充分の調査を遂げ之に應する轉轍器を選ばねばならぬ。

#### 近來轉轍器

と信號とを聯動して運転上の保全を期したるものがあ

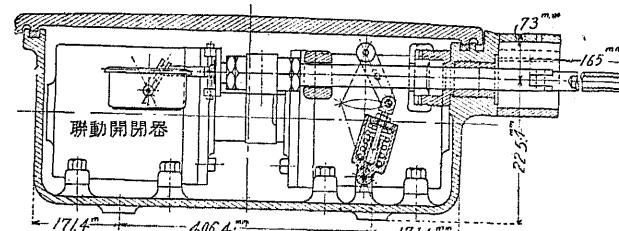
る、第138圖は八木式自働轉轍器の構造を示したもの

で電氣的に轉轍器が信號燈と聯動する裝置を有し甚だ

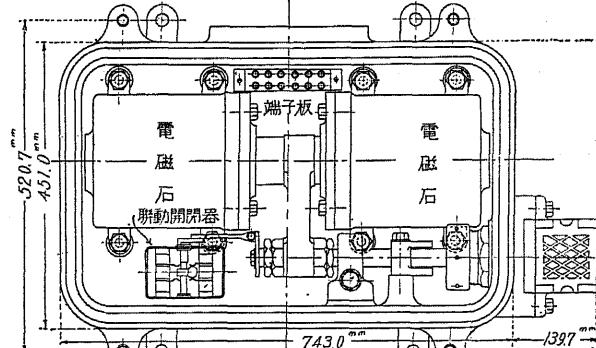
進歩したるものである

のである、現に東京大阪京都及名古屋等の路面電車に廣く採用されて居る。

轉轍器を設置する箇所に就ては成べく道路の踏切に當らぬ所を選ぶがよい、然らざれば一般交通者に不便を與ふるのみならず、兎角尖端軌條の動く溝に塵が溜つて掃除に困難を感じることが多い。



第 138 圖



尚一步進んだ自動式轉轍器 (Automatic switch) として、近年米國のロチエスター鐵道會社が試した方法は、電車線中で轉轍器の前方 20 米の所に、第 139 圖に示す如きカット・イン・パン (Cut in pan) と カット・アウト・パン (Cut out pan) と稱する長さ 1 米

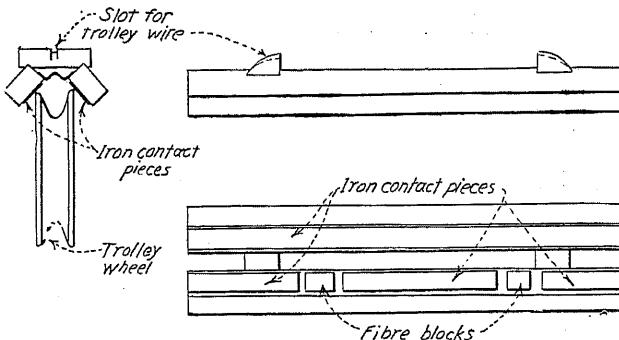
第 139 圖

2 の特殊の設備をなし、此の點を觸輪 (Trolley wheel) が通過するときに、制御器の把手をオフ (off) にするか、オン (on) にするかに依て、自動的に轉轍器を任意に動作し得る方法がある。

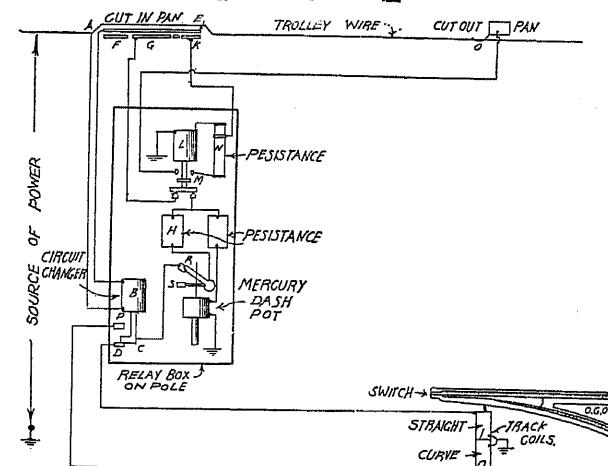
此の電氣接続方法は第 140 圖に示すが如し、之を簡単に説明すれば制御器

オフにして觸輪が EF に達すれば、コイル B を通じて電流は流れないので、アーム C は D と接觸したまゝでトラック・コイル (track coil) I と接続し直線の方に轉轍は開く。

次に觸輪が EG 間に來れば、電流は H 抵抗器を通じて流れる、且抵抗器は



第 140 圖



コイル B を動作することなく轉轍器の方に電流を通ずることが出来る、觸輪が E-K の間では、電路はコイル L を通じて土地に連がる、それに依然アーマチュア (armature) M は、上部 2 つの接觸板と接觸する、然るときは電流は電車線のカット・アウト・パンから抵抗器 N 及コイル L を通じて、大地に逃げる、そこでアーマチュアは轉轍器を閉鎖するやうな位置に保つ、斯る状態はカット・アウト・パンの 0 片を、電車線から離れる迄は續く、愈々 0 片が電車線から離れば、アーマチュア M は下りて轉轍器を開く。

次に制御器をオンにして進む場合は、觸輪が EF に達すれば、電流は車輛を通じて流れる、A から来る電流のため、コイル B を通じて C アームを P に接觸する、そこでトラックコイル Q を通じて、電流は流れて轉轍器は曲線軌條に連がる、これから後の作用は前と同様で、たゞ電流が I を通じて流れたものが、今度は Q を通じて流るゝに過ぎない。

若し A 車輛の觸輪が、G 点で止まることでもあれば、水銀のダッシュ・ポット (Dash pot) が、作用して、電路は ドラックコイル に通じて、トラックコイルを焼くことを防ぐ、車輛が通過後は、重り S がアーム R を舊位置にもどす作用をなす。

其他種々のものがあるが、自動装置の必要條件は、(1)装置が簡単であること、

(2) 地中にある部

分が防水装置たる

こと、(3)作用中尖

端軌條が離れない

こと、(4)前後の車

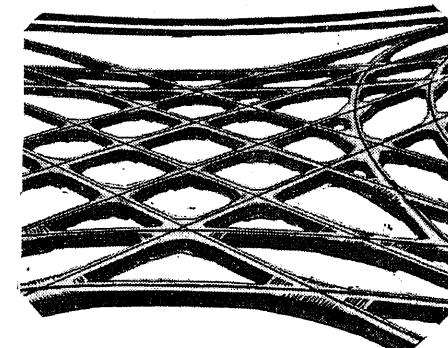
輪間で轉轍器が動

作しないこと、(5)

觸輪聚電方法の場

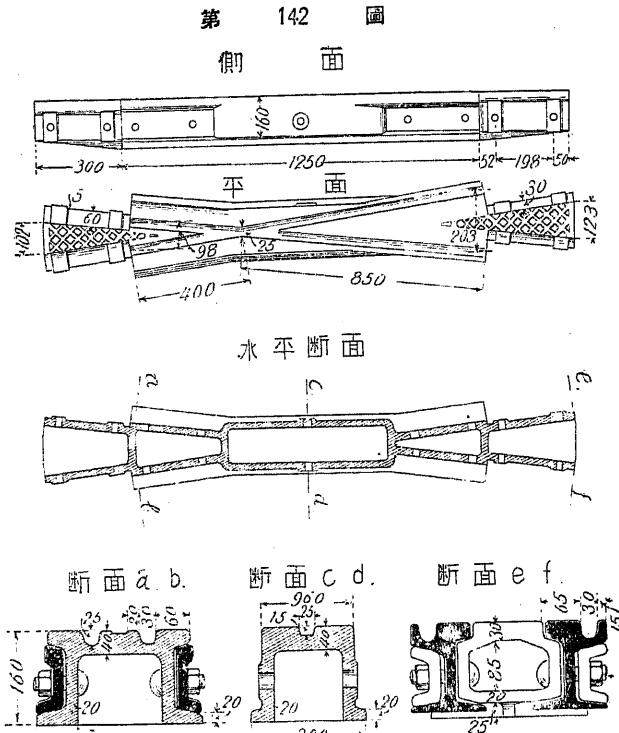
合では觸輪が其れ

第 141 圖



に着た儘停止して  
も電氣設備が焼け  
る虞のないもの、  
(6) 締結運転の場  
合でも便利に轉轍  
が出来ること等で  
ある。

轍叉之も亦併  
用軌道の場合は特  
殊のものを用ゆる  
もので第141圖は  
非常に複雑な構造  
の場合を示したもの  
である、又第1  
42圖は溝軌條を  
用ゐたる轍叉の設計圖の一例を示す。



車道  
 $w = \frac{100,000}{170+l} \leqslant 500$

歩道  
 $w = \frac{80,000}{170+l} \leqslant 400$

w 群衆荷重 (1平方メートル  
 ニ付キログラム)  
 l 径間 (メートル)

主桁主構以外ノ部材ニ在リテ  
 ハ車道 1平方メートルニ付 500  
 キログラム、歩道 1平方メー  
 トルニ付 400 キログラムトス

### 二、自動車荷重 (第 143 図)

一等橋ニ在リテハ第一種、二  
 等橋ニ在リテハ第二種、三等  
 橋ニ在リテハ第三種トス

### 三、輥壓機荷重 (第 144 図)

一等橋ニ在リテハ第一種、二  
 等橋ニ在リテハ第二種、三等  
 橋ニ在リテハ第三種トス

### 四、軌道ノ車輪荷重

車輪ノ占有幅ハ 270 センチメ

ートルト假定シ其ノ荷重ハ適宜之ヲ選定スヘシ

### 第21條 活荷重ノ衝撃ハ次ノ定ニ依ルベシ

一、自動車荷重又ハ軌道ノ車輪荷重ハ衝撃ヲ生ズルモノトス衝撃係數ハ左ノ式ニ依ル  
 之ヲ算出スベシ

$$i = \frac{20}{60+l} \leqslant 0,3$$

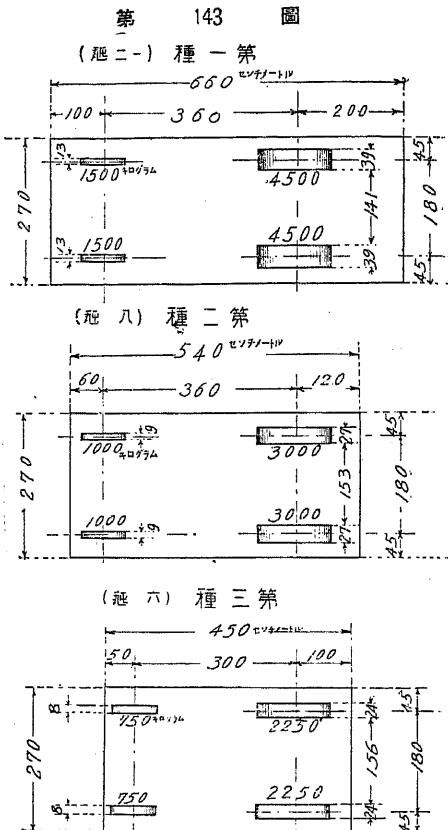
i 衝撃係數

l 最大應力ヲ生ズル集中荷重及群衆荷重ノ長 (メートル)

### 二、群衆荷重又ハ輥壓機荷重ハ衝撃ヲ生ゼアルモノトス

### 第22條 風荷重ハ次ノ定ニ依ルベシ

一、徑間 50 メートル未滿ナルトキハ載荷弦ノ長 1 メートルニ付 40 キログラムノ動  
 荷重及無載荷弦ノ長 1 メートルニ付 200 キログラムノ動荷重



第 143 圖

(施ニ) 種一第

(施ニ) 種二第

(施ニ) 種三第

### 第十一節 橋梁

#### 二、徑間 50 メートル以上ナルト

キハ徑間 10 メートルヲ増ス毎ニ

前號ニ規定スル荷重ノ弦ノ長 1

メートルニ付 15 キログラムヲ

増加ス

前項ノ荷重ハ橋梁ノ縦面ニ對シ  
 直角ニ働クモノトス

#### 第 23 條 制動荷重ハ第 20 條

第 4 號ニ規定スル車輛荷重ノ

$\frac{1}{10}$ トシ軌條面ニ於テ軌條ノ方  
 向ニ作用スルモノトス

#### 第 24 條 欄干ニ作用スル推力ハ

次ノ定ニ依ルヘシ

一、一等橋ニ在リテハ欄干長サ  
 1 メートルニ付 70 キログラム

二、二等橋又ハ三等橋ニ在リテ

ハ欄干長サ 1 メートルニ付 50 キ  
 ログラム

前項ノ推力ハ欄干ノ頂上ニ於テ  
 欄干ノ縦面ニ直角ニ働クモノト  
 ス

#### 第 25 條 溫度ノ變化ハ鋼橋ニ在

リテハ ± 30°C 鐵筋混擬土ニ在リテハ ± 15°C トス

彈性係數ハ鋼ニ在リテハ 1 平方センチメートルニ付 2,100,000 キログラム混擬土ニ在  
 リテハ 1 平方センチメートルニ付 140,000 キログラムトス第一項ノ溫度ノ變化ニ對ス  
 ル伸縮係數ハ攝氏 1 度ニ付 0.000012 トス

#### 第 26 條 地震荷重ハ橋梁ノ所在地方ニ於ケル最強地震力ニ依リ橋梁ノ各部ニ最大應力 ハ生ズルモノヲ用フヘシ

#### 第 27 條 活荷重負載ノ方法ハ次ノ定ニ依ルヘシ

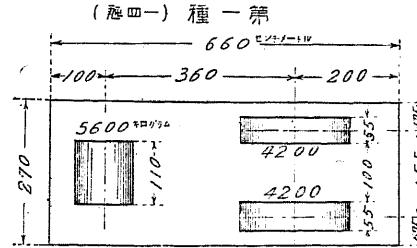
一、自動車ハ橋梁ノ縱ノ方向ニ 1 台トス

二、軌道ノ車輪ハ輪數ニ制限ナキモノトス

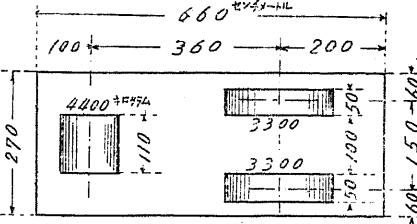
三、輥壓機ハ 1 橋梁ニ付 1 台トシ他ノ車輛ト同時ニ負載セザルモノトス

### 第 144 圖

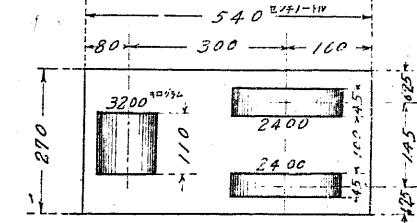
(施ニ) 種一第



(施ニ) 種二第



(施ニ) 種三第



四、車輪ハ橋梁ノ横ノ方向ニハ 4 輪チ超過セザルモノトス

五、群衆荷重ハ自動車輶壓機及軌道ノ車輪ノ左右前後ニ等布スルモノトス

六、歩道車道ヲ區別スル橋梁ノ歩道ニ在リテハ群衆荷重=限ルモノトス

第 28 條 活荷重ガ上置層ナ通ジテ分布スル方法ハ次ノ定ニ依ルベシ

一、自動車又ハ輶壓機ノ輪荷重ガ路面ニ働く面積ハ車輪ノ進行方向ニ於ケル長サ 20 センチメートルト其ノ輪帶幅トニ兩邊トセル矩形トシ其ノ版上ニ於ケル分布ハ第 145 圖ニ依ル

二、軌道ニ於ケル車輪ノ輪荷重ガ路面ニ働く面積ハ車輪ノ進行方向ニ於ケル長サ 100 センチメートルト枕木ノ長サトニ兩邊トセル矩形トシ其ノ版上ニ於ケル分布ハ第 146 圖及ビ第 147 圖ニ依ル

三、輪荷重ノ分布面ノ直上ニ存在スル群衆荷重ハ輪荷重ノ分布面上ニ等布スルモノトス(第 148 圖及第 149 圖)

a 分布面ノ車輪進行ノ方向ニ於ケル長サ(メートル)

b 分布面ノ車輪進行ト直角ノ方向ニ於ケル長サ(メートル)

d 上置層ノ厚サ(メートル)

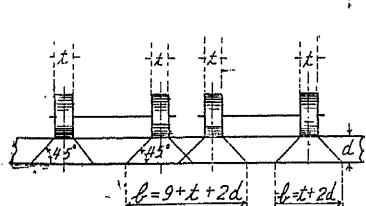
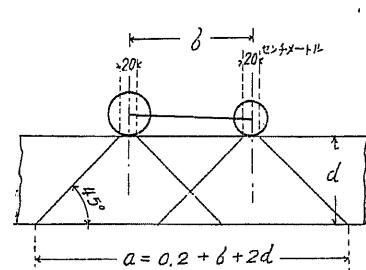
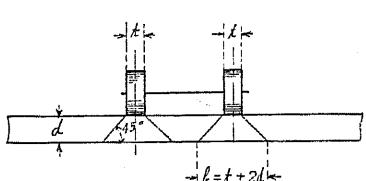
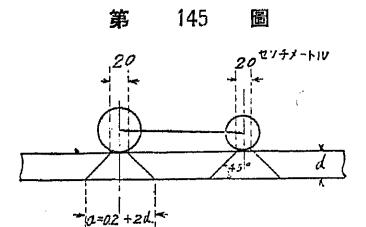
m 枕木ノ長サ(メートル)

t 輪帶幅(メートル)

c 軸距(メートル)

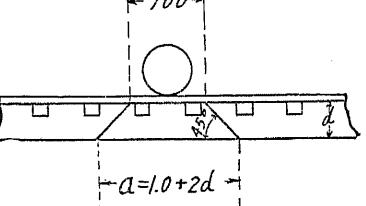
第 29 條 自動車荷重及輶壓機

荷重ナ負載スル鐵筋混凝土版ノ  
有效幅ハ第一號ニ在リテハ a



第 145 圖

第 146 圖



第 147 圖

第 148 圖

第 149 圖

第二號ニ在リテハ b カ 2 メートル

ルチ超過スル場合ナ除クノ外次

ノ各式ニ依リ之ヲ算出スベシ

一、縦桁ヲ有スル版(第 150 圖)

$$e = \frac{2l}{3} + a \gtrless 2 \gtrless l_1$$

二、横桁ヲ有スル版(第 151 圖)

$$l = \frac{2l}{3} + b \gtrless 2 \gtrless l_1$$

a 分布面ノ車輪進行ノ方向ニ  
於ケル長サ(メートル)

b 分布面ノ車輪進行ト直角ノ  
方向ニ於ケル長(メートル)

e 版ノ有効幅(メートル)

l 版ノ徑間(メートル)

l<sub>1</sub> 版ノ幅(メートル)

第 30 條 短徑間 l<sub>1</sub> ト長徑間 l<sub>2</sub> ト

チ兩邊トスル矩形版カ網狀鐵筋  
又ハ縱橫ノ鐵筋ヲ有シ其ノ四邊  
ニ於テ支承サル、場合ニ在リテ  
ハ次ノ定ニ依リ其ノ荷重チ兩  
徑間ニ分配スベシ

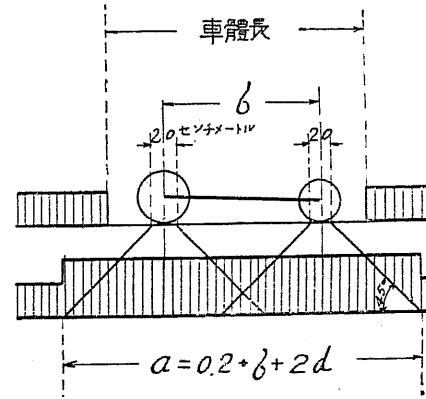
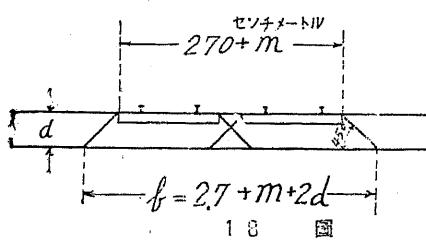
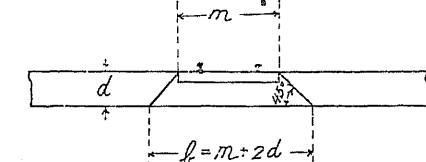
一、長徑間が短徑間ノ二倍チ超  
過セザルトキハ荷重が短徑間ニ  
働く割合ハ  $(1.5 - \frac{l_1}{l_2})$  ニシテ

長徑間ニ働く割合ハ  $(\frac{l_1}{l_2} - 0.5)$   
ト假定スベシ

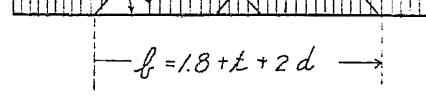
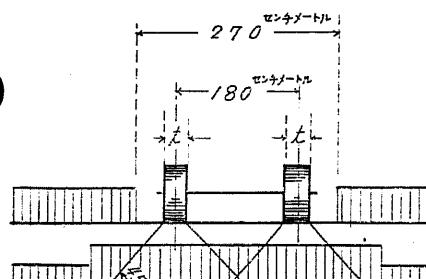
二、長徑間が短徑間ノ二倍チ超  
過スルトキハ全荷重が短徑間ノ  
ミニ働くモノト假定スベシ

第 31 條 鋼材ノ許容應力ハ死  
荷重、活荷重及衝擊ノ作用スル場  
合ニ在リテハ次ニ規定スル限度ヲ

第 147 圖

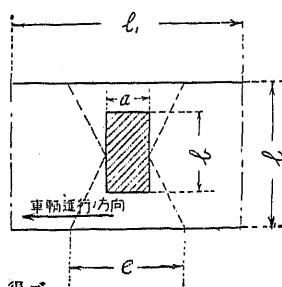


第 147 圖



第 151 圖

第 150 圖



超過スルチ得ズ

應張力 純断面 1 平方センチメートルニ付

1200 キログラム

應壓力 純断面 1 平方センチメートルニ付

1200 キログラム

抗壓材ノ應壓力 總断面 1 平方センチメートルニ付

$$1,500 \left(1 - 0,0055 \frac{l}{r}\right) \geq 1,000 \text{ キログラム}$$

l 部材ノ長 (センチメートル)

r 使用断面ノ最小環動半径 (センチメートル)

## 弯曲應力

桁ノ抗張纖維 純断面 1 平方センチメートルニ付

1200 キログラム

桁ノ抗壓纖維 純断面 1 平方センチメートルニ付

$$1,200 \left(1 - 0,012 \frac{l}{b}\right) \geq 1,100 \text{ キログラム}$$

l 突縫ノ隣接固定點間ノ距離 (センチメートル)

b 突縫ノ幅 (センチメートル)

錦ノ纖維 1 平方センチメートルニ付

1800 キログラム

## 應剪力

鋸 1 平方センチメートルニ付

900 キログラム

錦 1 平方センチメートルニ付

900 キログラム

鐵筋 1 平方センチメートルニ付

900 キログラム

機械打綴釘 1 平方センチメートルニ付

850 キログラム

手打綴釘及削成継撹 1 平方センチメートルニ付

750 キログラム

## 支應力

錦 1 平方センチメートルニ付

1800 キログラム

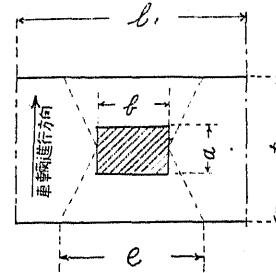
機械打綴釘 1 平方センチメートルニ付

1700 キログラム

手打綴釘及削成継撹 1 平方センチメートルニ付

1500 キログラム

第 151 圖



## 第十一節 橋梁

帳子長 1 センチメートルニ付

45d キログラム

d 帳子ノ直徑 (センチメートル)

現場綴釘ノ許容應力ニ對シテハ前項ニ規定スル限度ヲ 1 割低減スルコトナ得

第 32 條 調合 1.2.4. ノ混泥土ノ許容應力ハ死荷重、活荷重及衝擊ノ作用スル場合ニ在リテハ次ニ規定スル限度ヲ超過スルヲ得ズ

直壓應力 1 平方センチメートルニ付

35 キログラム

轉曲ニ因ル應壓力 1 平方センチメートルニ付

45 キログラム

弯曲ト直壓力トノ合成ニ因ル應壓力

抗壓材 1 平方センチメートルニ付

35 キログラム

拱 1 平方センチメートルニ付

45 キログラム

壓縮應剪力 1 平方センチメートルニ付

9 キログラム

應剪力 1 平方センチメートルニ付

4 キログラム

支應力 1 平方センチメートルニ付

45 キログラム

附著力 1 平方センチメートルニ付

6 キログラム

混泥土上ノ調合割合ハ容積ニ依リ「セメント」ハ 1500 キログラムヲ以テ 1 立方メートルトス

第 33 條 鋼橋ニ於ケル抗壓材ノ長ハ其ノ断面ノ最小環動半径ノ 120 倍以下ト爲スペシ、但シ對風絆構ニ在リテハ 150 倍以下ト爲スコトナ得

桁ニ於ケル抗壓突緣ノ隣接固定點間ノ距離ハ突緣ノ幅ノ 40 倍以下ト爲スペシ  
釘結セル抗張材ノ長ハ其ノ断面ノ最小環動半径ノ 200 倍以下ト爲スペシ

第 34 條 鐵筋混泥土抗壓材ノ長ハ其ノ断面ノ最小環動半径ノ 50 倍以下ト爲スペシ

第 35 條 應張力ト應壓力トノ交番スル部材ニ在リテハ各應力ニ依リ算出シタル斷面積ノ大ナルモノヲ使用スペシ

交番應力ガ車輛ノ通過ニ際シ連續シテ生ズルトキハ各應力ニ其ノ小ナル應力ノ 100 分ノ 50 チ加算スペシ死荷重及活荷重ヨリ生ズル應力ノ性質が互ニ相反スル場合ニ在リテハ死荷重ヨリ生ズル應力ノ三分ニチ有效トシテ合成應力ヲ算出スペシ、但シ第二項ニ規定スル交番應力ヲ受クル部材ニハ之ヲ適用セス

第 36 條 直應力及弯曲應力ヲ受クル部材ノ合成纖維應力ハ第 31 條及第 32 條ニ規定スル許容應力ヲ超過スルコトヲ得ズ

分格點ニ於テ連續スル部材ニ在リテハ單桁トシテ算出シタル弯曲應力ノ 4 分 3 チ直應力ニ加算スペシ

第 37 條 死荷重、活荷重及衝擊ト風荷重又ハ制動荷重若ハ溫度ノ變化ガ同時ニ作用

スル場合ニ在リテハ第31條及第32條ニ規定スル許容應力ノ限度ヲ各100分ノ25迄增加スルコトナリ、但シ使用部材ノ斷面積ハ死荷重、活荷重及衝擊ノミニ對シ第31條及第32條ノ規定ニ依リ算出シタルモヨリ小ナルコトナリ。

第33條 橋梁ノ各部が死荷重及地震荷重ニ依リ生ずる應力ヲ受クル場合ニ在リテハ第31條及第32條ニ規定スル許容應力ノ限度ヲ各100分ノ60迄增加スルコトナリ。

使用部材ノ斷面積ニ關シテハ前條但書ノ規定ヲ適用ス

故に併用軌道の場合に於て現存せる橋梁が永久的構造であつて、而も道路法で定めた規程の荷重に耐ゆる構造であれば、此上に軌道を敷設するには管へ軌道車輪の荷重は小であつても、軌道敷も亦車道敷と同一の耐力を有するものとせねばならぬ、然し現存せる橋梁が木造其他の一時的構造であり、且つ其の耐力も道路法の定むる規程に依て居ない場合であれば、軌道敷の耐力は軌道の車輪を安全に通行し得れば足るのである、但し將來橋梁の管理者が、道路法の定むる規定に依る構造及び耐力を有するものに改築する場合には軌道敷に依る部分を軌道經營者の負擔に於て、道路法に定むる規定に適合するやう改築する義務がある。

橋梁上に軌條敷設の方法として、木の枕木を使用するときは、自然橋床の厚さを増さねばならぬから橋梁の静荷重を増す缺點がある。そこで枕木の厚さを成べく少なくする爲、前述の鋼枕木を使用するがよい。

歸線として軌條を利用した單線架空式電車を鐵橋又は鐵筋混擬土橋上に敷設する場合は、漏電に依り鐵を腐蝕する處があるから之に對する防備を施さねばならぬ、即ち電氣の絶縁方法を講じ且つ橋體を水密とせねばならぬ。それには橋體と鋪装の基礎との中間層として、普通厚50粍乃至60粍の瀝青層を設くる、且つ橋面の鋪装を充分水密として水の浸入を防がねばならぬ。

## 第十二節 踏切設備

路面電車は道路に敷設するが原則であり、運轉としても單車運轉が普通で、且

つ速度も一時間平均16粍、最高24粍以下と制限されて居るから、恰も一般車輛が道路を使用する關係と大なる相違はない、從て鐵道と道路との平面交叉の如き問題は、軌道の場合では起り得ない、寧ろ軌道なれば平面交叉を原則とし、高低交叉は特殊の場合に限られて居る。

併用軌道であれば、道路面と軌條面とは高低ながらしめ、軌道敷も自由自在に他の一般車輛が通行し得る構造となすことに定められて居る。

### 軌道建設規程第11條

「併用軌道ニ於テハ軌條間ノ全幅及左右各600粍ハ其ノ軌道ヲ敷設スル道路ノ路面ト同一構造トシ軌條面ト道路面ト高低ナカラシムヘシ」

特に踏切に關し特別の施設はする必要はない、然し地方の道路で未だ硬質鋪装を施してない道路に、軌道を敷設する場合は、如何に保線に注意しても、兎角軌條頭が道路面に突出し勝で、是が爲め一般車馬の踏切横過に際して、路面に著しき衝撃を與え軌道の破壊を速にし、同時に一般車輛の交通上の支障を來すものである、故に交通頻繁な踏切道には、特に硬質鋪装を施し軌條面と道路面とを常に同高に保持せねばならぬ、如何なる程度の鋪装とすべきかは交通の繁閑に依て考慮すべきものであるが、大體に於て踏切道の道踏幅員2米以下のものであれば、自動車は通行し得ないのであるから、張板位の簡単の工法で差支ない、然し自動車の通行し得る踏切道であれば、硬質鋪装とする必要がある。

硬質鋪装としては、鋪装の節に述べたる如く種々のものがあるが、踏切用としては、石材又は混擬土を用ゆることが好ましい、石材でも板石の場合と石塊の場合とあるが、何れの場合でも基礎としては、混擬土を用ひ目塗はセメントモルタルを用ひねばならぬ、且つ爪懸石として、相當根入の深い帶石を、其前後に据え付るを要す、然らざれば軌條に接する敷石の軌條寄りの一端が、跳ね上り易く、之が車輪に觸れて脱線を起す處があるからである。

踏切の幅は新設軌道の場合なれば、踏切道の幅に従へばよい、然し併用軌道の場合には、軌道敷へも一般車輛が通行し得るものであるから、此の場合に於ける

踏切幅は少なくとも次式に依て求めた以上の幅としたい。

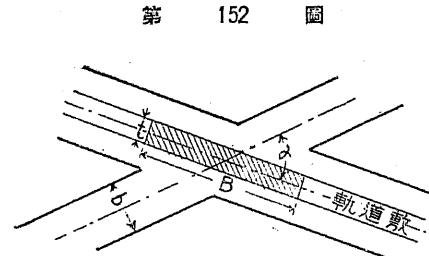
$$B = (b + 2t) \operatorname{Cosec} \alpha$$

B は所要踏切幅

b は踏切道の幅

t は軌道敷の幅

$\alpha$  は踏切道の交叉角度



第 152 図

#### 併用軌道の場合の保安方法に就ては

特別の施設はせずして一般交通整理に委ねれば充分である、米國の大都市で交通頻繁な街路には、交通整理塔を、道路の中央に建設し電氣的設備に依て電車及び一般交通整理を爲して居る。我國に於ても東京大阪等に於て電車用のみの信號塔を設け、電車運轉の圓滑を圖て居るが同時に一般交通の整理に資するやうに改めれば更に妙である。此の種信號塔の如きは、道路の效用を増さしめる施設であるから、米國に行はれて居ると同様に道路の中央に設けしめることが至當である。

新設軌道と道路との踏切に就ては、永久に新設軌道として残るべき性質を有するものであれば、建設の當時より成べく高低交叉としたがよい、萬已むを得ず平面交叉とする場合は、其の交叉角度は理想としては直角とすべきであるが、實際問題としては直角に交叉し得る場合は極めて稀である、踏切角度に就ては次の如き規定がある。

#### 軌道建設規程第 19 條

「軌道ト道路トノ平面交叉ノ交角ハ特別ノ事由アル場合ヲ除クノ外國道府縣道及主要ナル市道町村道ニ在リテハ 45 度以上其ノ他ニ在リテハ 30 度以上トナスベシ」

茲に注意せねばならぬ事は、規定の角度を嚴守するために道路の付替を爲す場合、時としては其の踏切前後に於て S 形の急屈曲道路を造ることがある。斯の如き付替は道路交通から見れば非常の障害となるので、却て道路を改悪した結果となる。

#### 道路構造令の細則案第 13 條

「道路カ鐵道又ハ新設軌道ト平面交叉ヲ爲ス場合ニ在リテハ其ノ踏切ノ前後ニ於テ各 60 米以上ノ直線部ヲ設ケ踏切前後長 30 米以上ノ區間ハ  $\frac{1}{50}$  ヨリ緩ナル勾配ト爲スベシ。踏切及其ノ前後ニ於ケル長各 20 米以上ノ道路ノ有效幅員ハ 5.5 米以上トナスベシ」と規定してあるが、少なくとも此の程度には付替道路を設けねばならぬ、其の理由は踏切箇所は、道路からも列車からも、相當の距離は視透が利くやうにして踏切に障害物ある場合に急停車し得ることにすれば安全であるからである、米國の鐵道技師ハーセル・シー・スミス (Herschel C. Smith) 氏は列車からの展望距離は少なくとも 340 米、道路からは 100 米必要である、且つ踏切前後 15 米間の勾配は水平とし萬已むを得ぬ場合でも  $\frac{1}{50}$  より緩とし、尙踏切幅は最小二車線を設けねばならぬと提唱して居る。

又紐育のエツチ・オー・シャメリホン (H. O. Schermerhorn) 氏は踏切前後勾配を  $\frac{1}{17}$  に制限し、踏切幅は最少 9 米、最少頭空 4 米 3、最少前視距離を 91 米、踏切前後屈曲半径は 244 米を最少とし成べく 300 米とすべきことを主張して居る。

故に先以て前視距離に重きを置き線路を選定し、同時に交叉角度に就て考慮を拂はねばならぬ。

#### 新設軌道の場合の保安方法としては、

##### 軌道建設規程第 20 條

「踏切道ハ軌條間ノ全部及其左右各 600 尺ニ木石其ノ他適當ナル材料ヲ敷キ軌條面ト道路面ト高低ナカラシムベシ」

新設軌道ノ踏切道ニハ通行人ノ注意ヲ惹クヘキ警標ヲ設ケ交通頻繁ナル箇所ニハ門扉其ノ他相當ノ保安設備ヲ爲スベシ」

1925 年倫敦に開かれたる、第十回萬國鐵道會議に於ける決議の要領を摘記すれば、

1. 運輸速度著シク大ナラズ、且道路ヨリ列車ノ進行スルヲ何レノ方向カラモ明瞭ニ見透シ得ル場合ニハ、門扉番入ヲ廢止シ何等不便ヲ感ゼズ、同時ニ經濟上ノ利益ガアル。
2. 平面交叉ノ入口ニ就テハ、全速力ヲ以テ疾駆シ來ル車ガ、踏切箇所ニ達スル前安全ニ

停車シ得ルニ足ル丈ノ距離ニ、信號ヲ設ケ、運轉手ニ列車ノ接近シ來ルコトヲ豫告セネバナラズ、視透不充分ノ場合ハ、更ニ遠方信號ヲ設ケ、且ツ之ニハ踏切ル線路ノ數ヲ示スガヨイ。

3. 道路ヨリ列車ノ進行ヲ充分ニ視透シ得ル踏切デハ、踏切附近ニ列車ノ接近セルヲ示ス、自動標識ヲ用フレバ、門扉ハ不用デアル。

4. 自動標識信號トシテハ、信頼シ得ル2個ノ閃光燈又ハ動搖燈ヲ最善トス、而シテ之ヲ國際的ニ統一スレバ便利デアル。

門扉の構造に就ては跳上げ式が普通であるが踏切道の幅員大なる場合では横開き式のものもある、前者は扉を開いた時踏切道全幅に同一頭空を得られないこと及美觀上面白くない缺點がある、後者は其操作が敏活でない。