

## 拔 萃

### 土 木

○電氣軌道に於ける軌條の取換に就て 敷石を施せる街路に敷設したるガーダー並高大なる丁型軌條取換の實施方法は、鐵道會社に依り著しき相違ありて飽までも經濟的關係を主眼とするものあり、又全く之に無頓着なるものあり、抑一般工業の利益は次第に減少しつゝあるを以て各部門に於ける學理的節約を必要とする中にも、軌道は全費用の約四〇パーセントに相當する部分なるを以て殊に然りとす、勿論運輸の狀況は取換の期限に關係を有するも、借て何れの場合にも果して幾年まで軌條が消耗せらるゝやは未決の問題なり、是各種軌條断面に對する磨損制限標準が隨時之を定め得ざるの理由なきに係らず未だ採用決定せられざるに依るものなり、實際には幾多の事項此問題に關係を有するを以て此磨損制限まで軌條を使用し得されども、制限を決定することは軌條取換の經濟問題を確たる基礎の上に置くものなり。

軌道評價に當り技師の最も苦心とするは減損率の決定なり、此決定は多くは推定に依るものにして唯評價を爲さんとする技師の經驗に依るか又は先例に依るかとの差あるのみ、人に依り一年八パーセントを軌道減損率と定めたるものあれども従來の記録の最少率は四・五パーセントなり、此頃米國に於ける一大都市にて軌條取換の實驗を行ひたる結果は平均三一年の消耗壽命を得たりと云ふ。現行實施法、各種ガーダー並高大なる丁型軌條の磨損期限は殆んど一定せずと云ふも可なり、多數の技師は溝型ガーダー及ドラム、ガーダー軌條に於ては車輪縁か溝又はトラムの床上に乗るに及へ

## 拔萃

四六〇

は其磨損壽命に達したるものとす、又丁型軌條の壽命は一般に蒸汽鐵道の經驗に依り若くは從來の重要な評價に於て採用せられたる制限に依り定めらる、然れども、市外又は高架線に於て高速度列車を運轉する場合丁型軌條の壽命を支配する各條件は速度の比較的小なる街路上に於けるものは同一にあらず、蒸汽鐵道に於ける方法を直に街路に於ける電氣鐵道に適用することは此問題の經濟的關係を全く無視するものにして、之に依る軌道保守方法は無定見なるものとなるへし。

軌道の評價並其減損計算の現行法に就ては恐らくは市俄古勦力關係評價委員會千九百六年度報告より完全に説明せられたるものなかるへし、此報告に於ては軌道を軌條及附屬建造物の二部に分てり、又軌條減損は(イ)軌條頭に於ける磨損壽命(ロ)トラムの状態及(ハ)軌條接續の状態の三主要部に分ち決定せらる、此中軌條接續減損は軌條頭の効力を充分に利用する爲には接續を取換へさるへからざるものとして定めらる、又トラム破損したるときは軌條頭の壽命猶餘りあるも軌條の磨損壽命に達せるものと認む、次に軌條頭の磨損壽命は其溝又はトラム床上の高八分の五吋以下となりたることを以てす、此磨損壽命にして一度決せらるれば軌條の殘餘磨損値を容易に決定し得へし、上述八分の五吋の制限は標準車輪縁の深さに依るものにして、即ち磨損壽命は標準車輪縁が溝又はトラム床上に乗る場合を以て定められたるものなり。

軌條断面の變更に依り磨損壽命を増加し得ること、最近製造せらるる軌條は其壽命を増加するに必要なる部分を特に大ならしめたるか如き断面を有す、元來軌條壽命を制限するものは或は鐵道運輸なることあり、或は諸車交通運輸なることあり、若くは腐蝕なることあり、依て軌條の効力に影響すへきは是等の各點を考慮し適當なる方法を施すものとす、而して舊式トラム軌條を廢し一般にガーダ溝型軌條を採用するに至りしより諸車交通運輸が壽命決定の要件たることは稀となれり、又溝の形狀をも適當にせば輪縁乗上の危険を防ぐことを得へし、例へば溝の深さを大とせば標準車輪縁が

溝底に乗り上ぐる迄の軌條頭の磨損を最大ならしめ得るか如し、但使用の車輪の新しきものは極めて稀なるのみならず僅か使用するも著しく輪縁の深さを増加するを以て溝の深き適當に設計せらるゝも輪縁は忽にして溝底に乗り上ぐるものなるか、ロールド、スチール車輪を使用すれば輪縁の乗上加制限の要件たることはなかるへし。

ガーダー溝型軌條断面の最新型は溝幅大にして又自動的に掃除を爲し得るか如き角度を有す、一對の車輪の一方が薄く他方が厚き輪縁を有するに至るか若は兩方共薄き輪縁を有するに至れば、車輪は輪縁を以て多少共軌條溝縁を剪断すへし、依て溝縁は此種の消耗を防ぐ爲厚く作らる、同様に車輪の状況並車臺の突撃に依る軌條頭の軌間線側の消耗に對する豫防法として、成るべく軌條頭中心を軌條身中心の方へ片寄せ、依て軌條頭の水平に於ける厚さを増大す、某會社は軌間線と反對側に餘分の肉を有する軌條断面を設計したるか、之に依り軌條を廢棄する迄には水平並垂直の方向に軌條頭が著しく磨損するも差支なからしめ得たり、其他軌條の壽命を制限すへき要件に對する豫防法として軌條頭の敷石側に於ける斜面を緩にすることあり、然るときは狭き車輪が軌道上を運轉するときにも其蹈方を誤るか如きことなきのみならず、軌條頭面が敷石面以上に出るも差支なからしむ、某技師は軌條頭が敷石の原傾斜面以下に消耗したるときは磨損期限に達したるものとし、從て之よりも大なる割合を基礎とする磨損期限の採用は實際に不可能なりとなせども、實驗の結果に徴すれば鐵道運輸の頻繁なる個所にありては諸車の通行も亦頻繁にして軌條よりも先に敷石を消耗すること多し。

土地の状況に依りては腐蝕の爲軌條身及軌條底の磨損速にして軌條の壽命之が爲に決せらるゝことあり、軌條腐蝕は排水良好にして軌道が寧ろ傾斜を有せる街路に敷設せらるゝ場合に著しきことあり是れ乾濕の變化頻繁なる爲鋼鐵の酸化を生せしむるに由る、此場合には軌條の壽命は勿論軌

## 披 萃

## 四六一

條頭に依り決せられず従て軌條身及軌條底を増大する外救済の途なし。

軌條の化學的成分並製造方法の變更は其磨損特性を改善し得ること勿論なり、實驗に徴するにオ  
ーブン、ペース鋼鐵軌條はベセマー法に依り製造せられたるものよりも壽命大なるのみならず腐蝕  
に對する耐力も亦大なり、又製造法の改良に依り内部を一樣なる性質たらしめ一層細微なる膠粒を  
有せしむる場合にも其壽命を延長するを得、壓力を加へて製作する最新方法は製造法の改善及化學  
成分に於ける變化に依り得らるゝ利益の一部を減却す、又炭素成分の増加は軌條磨損壽命を大にす  
るの傾向あり、化學的成分の變化か軌條の性質を改善し其消耗度を減し得るの好實例はチタニウム  
含有軌條の使用記録中に見出し得、他の合金的鋼鐵軌條に於ても同様の結果を得へけんも實際使  
用の記録なし、軌條構造法の比較的堅固なる場合に生ずる軌條褶曲コリヤクシヤンの如きもチタニウムを含有せ  
しむることに依り之を除くを得へく然らざるも少くとも大に之を減少せしむることを得へし。

軌條、接、手、枕、木、及、地、形、の、影、響、軌條の鍛接及銲接接手の行はるゝに至りしより、軌道に於ける接手の  
困難は一般に大に減せられたりと雖、接手の壽命は即軌條の壽命なり、この格言は今日に於ても猶眞  
理なり、唯た其程度を異にするのみ、最新地形構造法に依る機械的接手の附加的支持法も敷石を施せ  
る街路又は専用道路敷に敷設せられたる從來の軌道構造法に比し接手が壽命の決定的要素たるの  
機會を少からしめたり、然れども軌條か接手の點に於て連續的に爲されず軌條の兩端相接せるの個  
所に於て空隙の存する限りは其接手に於て凹みを生ずるを防ぐことは不可能なり、新しき軌道に於  
て常に完全なる軌條面を有せしむる爲並接手に於て凹みを生したるの形跡あるや否や之を防ぐ爲  
グラインダーを應用するときには接手が決定的要件たるの程度を減少し得るや明かなり。

使用の枕木の種類は此問題に多少の關係を有すへきも軌條の壽命に及ぼす影響小なり、某々技師  
等は鋼鐵スリッパよりも一層彈性に富める木製枕木は軌條磨損率を減し兩者か堅固なる混凝土

中に敷設せらるゝときは殊に然りこの意見を有せり、尤も軟かき木製枕木に於てもタイプレートを用ひざるべきは軌條磨損の特性に悪影響を與ふるものなり、一例を舉れば此軟き枕木上に於ける軌條傾き軌條頭に於ける磨損角度を變ずるに至るものあり、其他軟き枕木の機械的磨損の爲軌條磨損の限度及他の軌條状態の如何に係らず軌條の取換を必要ならしむる場合もあるへし。

吾人か砂利を入れたる専用軌道及敷石を施せる街路に於ける軌條磨損率に就き比較し結論を得るごせは、彈性的構造法に於ける場合の磨損率は堅固なる混凝土基礎に於けるものよりも小なることなるへし、此實驗の結果にして眞なりせば敷石を施せる街路の場合にも砂利を入るゝ方法を用ふるごときは混凝土基礎に於けるよりも軌條の壽命大なるへし、然れども此點は議論の岐るゝ所にして何れの側にも相當の理由ご根據ごあり、而して一面より考ふれば耐久的軌道構造法は軌條取換問題に重要な關係を與ふるものにして、若し費用を要すること大なる此種構造法にして經濟上利益ありごすれば(利益あるごは眞ならん)そは軌條を取換ふる際に基礎に變更を加ふることなく單に些少の修理を施せば可なるか如きものならざるへからず、勿論高價なる構造法の基礎にして之か爲安價なる構造法の基礎に比し壽命小ごなるか如き場合には其使用を廢すへきなり。

敷石道の特性、軌條取換の經濟的問題を研究するに當り最も重要なものは敷石道の特性に過たるは無かるへし、諸車の交通頻繁なる地方にありては現今用ひらるゝ如き耐久的軌道構造ご雖敷石道の壽命小なり、而して敷石道の取換の時期に達したるときは技術者は軌條の殘餘の壽命を考へ軌條の使用を其儘繼續するを經濟上利益ごするや否やを決定すへきなり、現今此種工事の費用は鐵道會社に對し大なる負擔たるに係らず之より生ずる利得は極めて少きを以て、此問題は嚴格に工學上の見地より決定せらるへきなり、換言すれば若し敷石道の敷設換を爲すへき時期に達し軌條の殘餘の壽命充分にして軌條の全く磨換する迄之を軌道に置くを經濟なりごするも、單に感情を以て最後

の決定を與ふべきものにあらす。  
 勾配及排水、急勾配に於ける單線軌道は平坦なる單線軌道よりも速に損耗す、同様に複線損道に於ける上勾配の軌道は下勾配の軌道よりも速に損耗す、之れ主として砂を撒布せる軌道に於ては車輪の疾行に伴ひ所要牽引水の著しく大なるに由る、勾配に於ては排水の點は重要ならざるも平坦線に於ては重大なる關係を有し、軌道基礎の壽命之か爲に定まることあり、而して軌道基礎に於ける缺陷は明かに軌條取換問題に重要な關係を有す。

軌條、磨損率に影響する諸事項、運輸頻繁の度は鐵道自身のものも通行諸車のものも等しく軌條頭磨損率を決定す、又車輛の型式重量等も密接の關係あり、但電車の全重量よりも一車輪に對する重量を緊要とす、即磨損率は一車輪當りの重量に正比例す、猶ほ車輪の種類(ロールド、スチール及チルド、アイアン)の別、並車輪の形狀は磨損の特性を決定す、技術者に依り輪縁か軌條溝又はトラムの床上に乗上くるに至れば軌條の磨損極限に達せりとするものあり、又幾分輪縁唇の剪斷せらるゝを許容するものあり。

現時用ひらるゝ如き軌道構造法は莫大なる費用を要するに反し、車輪には少額の資本を要するのみなるを以て、軌道にして別に他の支障を生ぜざるものならば前述の制限關係と没交渉ならしむる爲輪縁を削るを可とす、安全の見地よりしてロールド、スチール車輪を用ふるに對しては別に異論なかるべし、何となれば其輪縁破砕せず、而して車輪か其輪縁にて軌條上に乗るに至れば深き輪縁は磨損し、再び觸軌面を以て接するに至ればなり、又チルド、アイアン使用の從來の經驗に徴すれば、此種のものは輪縁にて軌條と接せしむることは適當と認め難きか如し、然れども輪縁の形狀を適當に變更すれば之を許容し得ざるには限らざるべし、單にチルド、アイアン車輪を用ふるの故を以て輪縁の軌條上に乗る場合か軌條の磨損極限なりと爲すことを得ず、チルド、アイアン車輪の場合に於ても

此問題は單に輪縁か軌條上に乗るの點を以てせず安全の見地より決定すべきものにして、此種の場合に於ては軌條頭をして其極限に至るまで磨損するを許容するよりも寧ろ車輪の形狀を變更するを利とすることあるへし。

電車の速度は重要な關係を有するものなるか、敷石道街路に於ける軌道にては速度は比較的小なりと假定し得、換言すれば此種の軌道は高架鐵道に於ける開放軌道若くは専用道路敷に於ける軌道と比較すへきにあらず、而して低速度は軌條に於ける應力を減するを以て敷石道街路に於ける軌條の磨損極限は開放軌道に於ける軌條よりも長しとの結論を得、蒸汽鐵道、市間鐵道若くは高架鐵道等は其趣を異にするを以て敷石道街路に於ける軌條取換の比較標準となすを得ず、而して街路に於ける軌道敷設には莫大なる費用を要することなれば細心なる技術者は宜しく磨損年限を大ならしむる爲極力盡力すへき充分の理由ありと云ふへし。

大なる加速度及制動度は軌條磨損率を増加す、設備殊に車臺及車輪に關する保守の状態も亦軌條磨損壽命に影響す、猶ほ電車彈機の彈性及サイド、ベヤリングの運動の難易も之か軌條に對する車臺及車輪の位置に關する以上は亦磨損率に影響す、車輪の良好なる保守並軌條頭的全幅を通し負荷の一樣に分布せらるゝか如き軌條形狀の選擇は特に必要なり、輪縁が著しく深く磨損するを許容する場合には車輪は適當なる時期よりも遙に速に輪縁にて軌條上に乗るものにして、然るときは軌條溝に於ける磨損を生し而して溝の全く磨滅するに至れば軌條の磨損極限は爰に達せるものと考へざるべからず、依て輪縁の深さの制限を適當なる範圍に限定すること緊要なり、輪縁にて走るときは電氣的接觸を不良にすとの議論もあり、實際此點も電力消費の節約を爲す爲に必要なれども、電氣的接觸不良の事實か軌條の壽命を決定するものにあらずして車輪の保守を良好ならしむべきことを示すものなり。

軌條、磨損率に影響する其他の事項、以上述べたる諸原因の外種々の事項は軌條磨損率に幾分の影響を及ぼすものなり、例へば街路の清潔なる否と、天候、氷雪の量、街路の撒水等の如し、街路清潔ならざれば軌條上に砂礫を堆積せしめ其磨損率を大ならしむ、乾濕期の變化常なき場合には腐蝕率を増加し又軌條の迂りを生せしめ砂の使用を必要ならしむ、而して腐蝕と砂の使用とは軌條頭の磨損率を大ならしむ、冬期に於ける氷雪の量も之か爲に食鹽の多量を使用するか如き場合には軌條を腐蝕磨損せしむる虞あるを以て影響あり、又氷雪の量は車輪の迂り並削損を生ずる度数を多からしむるを以て多少の影響あり。

市の要求、鐵道會社は多くは勾配又は街路の模様替に伴ひ軌道を新にすることを要求せらるゝものなり、此種の變更に際しては如何にせば軌道經濟か得らるゝか並將來の運輸か如何なる種類の構造を必要と爲すやの問題に逢着す、是等の關係は多く軌條取換問題にも影響するを以て技術者は從來の經驗と運輸の狀況を豫想すべき能力とに依り適當なる決定を與ふべきなり、而して此場合最も主要なる問題は軌條の取換にあらすして寧ろ使用すべき地形の種類如何にあり、地形の耐久的構造法を以てせば軌條の取換は地形に累を及ぼすことなくして之を行ふことを得るを常とす、若し設線及勾配變更せらるゝときは從來の地形を利用すること能はざるを以て資本に於ける損失之に伴ふへし、但軌條を新線又は新勾配に使用し若くは全く新位置に其儘移し得べき場合あり猶ほ單線を複線に變更するか如き場合にも之と同様の問題を生ず。

軌條取換の經濟問題、敷石道敷設換を要し若くは地形、枕木接手等か使用に堪えざるに至れるとき新施設に對し古軌條を再用するを經濟とするや否やの問題生ず、此問題は多くは地方の狀況及特殊の場合に依り解決すべきものなり、但經濟問題を決定するには先づ磨損極限を假定するを要す、此極限定まれば軌條の殘餘の壽命は軌條使用中の軌條頭平均磨損率に依て容易に見出すことを得然る



後接手、枕木及基礎の状態並腐蝕の程度、軌條の殘餘壽命に關係する建造物の他の部分の状態を仔細に吟味すべきなり、此際腐蝕の度か磨損に先ち軌條の壽命を短縮するか如き場合には軌條頭磨損率の計算法と同様の方法に依り其割合を定むることを得。

若し基礎を再築せざるへからざるか又は枕木取換を要するときは建造費を増加する爲古軌條を用ふるは不經濟なることあり、接手の状態が良好なりや、修理を必要とせざるや若は耐久なる型式の接手を以て機械的接手に代用すへきや否やは取換の經濟に關係す、而して該問題か單に經濟的見地のみより決定せられ得る場合には結局利子、減損及保守費に就き新舊軌條を對照すれば可なり、今

- R<sub>2</sub> 新軌條、接手及取附の總費額(弗)
- L<sub>2</sub> 新軌條の豫定壽命(年)
- M<sub>2</sub> 新軌條の保守費年額(弗)
- P 新軌條に對する利子及租稅(%)
- V<sub>1</sub> 舊軌條の殘餘價格(弗)
- S 舊軌條のツプシ値段(弗)
- K 舊軌條移設費額(弗)
- T 敷石道破壞及再築費、但工費及材料を含む(弗)
- M<sub>1</sub> 舊軌條及附屬品保守費年額(弗)
- L<sub>1</sub> 舊軌條の殘餘壽命(年)
- X 軌條壽命を延長せしむるに要する改良費にして保守費中に入れ難きもの(弗)
- C<sub>2</sub> 新軌條費用年額(弗)
- C<sub>1</sub> 舊軌條費用年額(弗)

拔 萃

とすれば舊軌條を用ひたるべきの費用年額 $C_1$

$$C_1 = \frac{V_1 + K + T + X - S}{I_1} + M_1$$

又敷石道再築に際し新軌條を舊軌條に代用したるとききの費用年額は

$$C_2 = \frac{V_2 + R_2 - S}{I_2} + (R_2 - S)P + M_2$$

此の兩方の場合を比較する爲單線軌道每一哩に對する次の諸値を計算式に入れ其結果を曲線に示せば別圖の如し(別圖は略す)。

$$R_2 = 6,000 \text{ 弗} \quad S = 1,200 \text{ 弗} \quad M_2 = 1,000 \text{ 弗} \quad K = 2,000 \text{ 弗}$$

$$P = 8\% \quad T = 1,000 \text{ 弗} \quad V_2 = 2,000 \text{ 弗}$$

計算は次の諸事項に依り行ひたり、(イ)軌條の壽命異なれば $V_1$ も亦變化するものとせり、(ロ)新軌條は舊軌條と其断面並價格同様なるものと假定せり、(ハ)軌條のつぶし値段は期間異なれば多少相違を來すへしと雖計算に於ては常に同様なるものとせり、(ニ)舊軌條保守費年額即 $M_1$ は十四年間は五〇パーセント十二年間は二五パーセントの増加を爲せり、(ホ)十ヶ年後には總て舊軌條に對し新接手を要するものと假定せり、(ヘ)六〇呎軌條使用の場合には接手の費用として一哩四四〇弗を附加せり、(ト)三十ヶ年を標準とせる新舊軌條比較に於ても以上と同様の假定を爲せり。

上記の計算は與へられたる場合に於けるものなれば、圖表も一般的结果を示すものにあられとも、其計算方法は何れの場合にも應用し得べきものにして、計算式中の各項は有ゆる狀況の中に軌條取換を爲す場合の經濟關係を決定するに充分一般的なりと云ふへし。

結論、以上軌條取換問題の各條項に亘り考へたるか此の解剖の結果として次の結論を得へし。

(1) 直線軌道に於ける軌條取換は必要となること極めて稀なり、何となれば軌條頭は軌條の強力著しく減少し依て安全に車輛を支持するを得ざる程度迄其磨損を許容し得ればなり、而して著しき磨損を生したる輕量軌條は構造上弱きに過ぎ車輛の重量増加する場合には安全又は經濟的なりと云ふへからず。

(2) 化學的成分の改善、軌條の特に磨損し易き部分に肉を附すること、製造法の改良、重量小なる電車を用ふること及加速減速を適當ならしむる様運轉手を練習することは、軌條の壽命を増加するに與て力あり。

(3) 現時敷石道に用ひらるゝ如き堅固にして高價なる軌道基礎が從來用ひられたる基礎に比し經濟的なる爲には其壽命の大なることを必要とし、又基礎に累を及ぼすことなくして軌條取換を爲し得ざるへからず。

(4) 接手の障害若くは接手の個所に於ける軌條の凹曲あるときは、其下の基礎の破壊之に伴て起り軌條壽命を制限する重要原因となるものなり、此點に關し建設及保守に要する費用大なる爲是等の原因に基因する修理を遷延し若くは此種の缺點を輕視するの傾あり。

(5) 諸車の交通頻繁なる地方に於ける軌條取換の經濟に就ては軌道の障害よりも寧ろ敷石道の布設を以て關係大なりとす。

(6) 諸車通行稀少なる地方にありては軌道取換は主として基礎、枕木若くは接手障害に依て支配せらる。

(7) 敷石道に於ける軌道には多額の費用を要するに反し車輛に對する投資は少額なるを以て單に輪縁にて接觸するの故を以て軌條を取換ふるは不經濟なり、但此狀態が實際に運轉を不安ならしむる場合は此の限りにあらず。

- (8) 磨損を許容し得る軌條頭断面に就てはT型軌條はガーダー溝型及ガーダー、トラム型軌條より大なり。
- (9) 軌條取換を爲すに軌條額磨損極限を假定して行ふの現行方法は一般に不經濟なり、何となればガーダー軌條に於ても又高さ大なるT軌條に於ても断面に對する軌條頭磨損極限に達すること稀なればなり。
- (10) 軌條取換の經濟の計算を行ふには便宜上米國電氣鐵道技術協會の標準軌條断面に對する最大許容磨損極限を任意に定むるを要す。
- (11) ガーダー溝型断面の軌條に於ては軌條頭磨損極限を五〇パーセントとするを可とす、但或る断面に對しては此以上と爲すを安全とすることあるへし。
- (12) 薄き軌條頭及高さ大なるT型軌條に於ては磨損極限を軌條頭磨滅に於て五〇パーセントとして定むるを安全にして合理となすか如し。
- (13) A, R, A, 及 A, S, C, E, 軌條断面に對しては六〇パーセントの軌條頭磨損の許容は安全の範圍内にあるか如し。
- (14) 命令に依り軌條取換を爲すを要する場合の外、敷石道再築の際新軌條を用ふべきか若くは舊軌條を再用すべきかを經濟上計算に依り相互比較すべきなり、技術者にして此の資料を有するときは此の問題の經濟的關係に於て嚴格に自説を主張し得べき充分なる根據を有するものと云ふへし。
- (15) 以上の研究に依れば軌條磨損率は地方に依り街路に依り區間に依りて異なるの結論に達す、而して見積の目的に達しては與へられたる場合に對し其平均壽命を假定し得、但し此の平均値は他の場合に於ける軌道の減損に對しては適用することを得ず。

(エレクトリック、レールウェイ、ジャーナル誌所載)

米 澤