

論 說 報 告

第 21 卷 第 12 號 昭和 10 年 12 月

地下鐵道線路に於ける線路の間隔及び隧道の 大きさに關する調整々備に就て

第 1 編

線路間隔及び隧道寸法調整々備の要因並に基準事項

會員 工學士 安 倍 邦 衛*

On the Troper Adjustment for the Spaces of Tracks and the Sizes
of Punnel in the Underground Rapid Transit Lines to
conform their own Distinctive Alignment (Part I)

By Kunie Abe, C. E., Member.

要 旨

本稿論究の骨子とする所は、高速鐵道線路に於ける線形の特異性に對處し、最も適當なる線路の間隔及び構築の大きさを設定せんことを企圖せるものであつて、就中地下鐵道線路に在りては、軌道と軌道及び軌道と壁面との間隔は直接に隧道の大きさを左右し、從て又建設費をも支配すべきが爲に、特に複線軌道地下鐵道線路に就て、停車場内外全線路を通じての直曲各線部分に於ける線路間隔及び隧道の大きさに關し、統制的調整を考慮し、以て實地に於て整備せらるべき基準寸法及び基本設計仕様を設定せるものである。

然してその内容に於ては、先づ高速鐵道線路の線形は、普通の地表鐵道線路のそれとは全く形相を劃するものであつて、路面電車線路よりも尖銳多角なるべき實證的解説を試み、斯くて普通の鐵道線路に在りては、直曲兩線部分の線路間隔を區別し、又は曲線半徑の大小に應じ夫々の線路間隔を伸縮すべきことは、さまで重要視すべきでないが、高速鐵道線路に於ては極めて重要性を帶ぶべき所以を闡明し、從て高速鐵道線路に於ては、直曲各線部分の線路間隔は當然區別せらるべきであるが、之が實施に當りては、單純に一定限度半徑以内の曲線部分にのみ間隔擴大を行ひ難き事情を有し、一部分に於て充分なる線路間隔を與へ得たりとするも、他の部分には間隔缺如を誘發すべき關係をも有するが爲に、結局全線路各線部分の線路間隔は、一貫せる統制下に於て調整々備せらるべき理路を明にし、此間に處して、全線路各部分の線路間隔の間には適當なる均衡を保たしむると同時に、全線路を通じての隧道の大きさは、一定大の車輛運轉に對し必要にして且充分なる範圍に於て最小にして最も經濟的ならしむべき方途を講ぜるものである。

* 元東京市電氣局技術長

目 次

第 1 編

線路間隔及び隧道寸法調整々備の要因並に基準事項

	頁
第 1 章 總 說	4
第 2 章 都市鐵道線路の線形	5
1. 都市鐵道線路線形の様態	
2. 高速鐵道線路の線形, (1) 曲線 (2) 勾配	
3. 路面電車線路の線形, (1) 曲線 (2) 勾配	
第 3 章 線路の規格及び線形の基準	9
1. 概 説	
2. 緩和曲線及び縱截面曲線	
3. 車輛及び車輛限界	
4. 建築限界	
(1) 設定の要領 (2) 直線建築限界の設定 (3) 既設限界との對照	
第 4 章 曲線に於ける建築限界	14
1. 概 説	
2. 曲線の擴度	
3. 曲線の曲率に基く限界の擴大	
4. 曲線の高度に基く限界の擴大	
(1) 高度の算式 (2) 高度に因る建築限界の水平偏倚 (3) 高さの増量	
5. 圓曲線に於ける建築限界の總増量	
(A) 宿員の總増量 (B) 高さの總増量	
6. 緩和曲線に於ける建築限界宿員の總増量	
第 5 章 直線と曲線との連結方法の選擇	20
1. 連結方法の類別	
2. 直結方法	
3. 間接々續方法	
第 6 章 媒介緩和曲線の敷設	25
1. 概 説	
2. クランダル氏緩和曲線	
(1) 曲線半徑及び中心角の關係 (2) 緩和曲線の縱距及び橫距	
(3) 緩和曲線の移程其他敷設要項 (4) 緩和曲線に於ける L, F, R の關係	
(5) 簡易公式	
3. 複線軌道線路の内外側軌道に於ける緩和曲線	

第 2 編

線路間幅の調整並に隧道内空主要寸法の設定

(第 22 卷第 1 號發刊決定)

第 7 章 線路間隔の調整	
1. 調整の要領	
2. 單純複線軌道線路間隔の調整	
(1) 直線及び圓曲線部分の線路間隔 (2) 接續緩和曲線部分の線路間隔	
(3) 常用間隔の設定	
3. 中柱を有する複線軌道線路間隔の調整	

- (1) 直線及び圓曲線部分の線路間隔 (2) 緩和曲線部分の線路間隔
(3) 常用間隔の設定

第 8 章 隧道壁面其他工作物建築線及び隧道の大き

1. 隧道壁面其他建築線
2. 隧道の大き
3. 乗降場建築線

第 3 編

特殊構造部分の線路及び隧道並に調整々備の歸結
(第 22 卷第 2 號登載決定)

第 9 章 特殊構造部分の線路及び隧道

1. 概 説
2. 停車場發着線路の曲線半徑
3. 互線及び分岐線部分の隧道壁面建築線
4. 單純複線と有柱複線との接續部分の線路及び隧道
 - (1) 接續方法 (2) 接續反曲線の中心角度及び圓曲線半徑
 - (3) 接續部分の長さ及び隧道の幅員
5. 停車場内外線路の接續部分の線路及び隧道
 - (1) 緩和曲線を挿入せざる反曲線に依る接續
 - (2) 緩和曲線を挿入せる反曲線に依る接續

第 10 章 結 論

附 屬 圖 表 (第 3 編末尾登載)

- I (1-2) 都市鐵道線路の線形性狀に關する引例諸表
 - I (1) 東京市營計畫高速鐵道其他線路の線形性狀
 - I (2) 東京市營路面電車線路の線形性狀
 - (i) 曲線關係之部, (ii) 勾配關係之部
- II (1-4) 東京市營計畫高速鐵道其他線路列車運轉速度關係圖表
 - II (1) 各種列車の 1 馬力當り列車重量並に平均加速度
 - II (2) 各種列車の平均速度並に運輸速度
 - II (3) 各種列車の加速度曲線圖
 - II (4) 各種列車の速度—時間—距離曲線圖
- III (1-6) 限界及び建築線關係圖
 - III (1) 車輛限界
 - III (2) 直線に於ける建築限界
 - III (3) 單純複線軌道線路直線部分に於ける各軌道と限界との配列
 - III (4) 有柱複線軌道線路直線部分に於ける各軌道, 限界及び中柱建築線の配列
 - III (5) 本線路に於ける隧道壁面其他建築線と建築限界との關係
 - III (6) 乗降場其他建築線
- IV (1-2) 基本設計仕様關係圖表
 - IV (1) 複線軌道の線路間隔及び隧道の大き基準主要寸法
 - (i) 單純複線軌道線路 $R_1=50\sim 100\text{m}$ の場合, (ii) 有柱複線軌道線路 $R_1=50\sim 100\text{m}$ の場合
 - (iii) 單純複線及び有柱複線軌道線路 $R_0=100\sim \infty\text{m}$ の場合
 - IV (2) 停車場(島式乗降場)内外線路接續部分の線路, 隧道及び乗降場主要寸法
 - (i) 複線軌道線路と島式乗降場發着線路との接續部分の線路及び隧道主要寸法
 - (ii) 乗降場端の接續部分への進出長と其端幅員との關係

第1編 線路間隔及び隧道寸法調整々備の要因並に基準事項

第1章 總 說

鐵道線路の敷設に於ては、その起終點間を通じて一定の大きさの車輛運轉に支障なからしむべきは論なきことであるが、一定大の車輛運轉に對し、直線部分と曲線部分又は停車場の構内構外とに依り各々軌道面上に於て必要とすべき空間を異にするべきが爲に、各部分に就き且又各部相互間の連結部分に就いて、各々適正なる空間を保たしめ調整宜敷を得べきことは爾く容易なることではない。

一定大の車輛又は列車の運轉に於て、その走行線路上に於て必要とすべき空間の設定は、單一軌道に就ては容易に決定せらるべき事であるが、2線以上の軌道を並列する場合に於ては、曲直兩線部又は停車場の外内特にその合せ部分に於て、線路の線形に順應しつゝ成る可く不用の地積及び空間を省き、然かも適當なる線路間隔及び所要の空間を保つべき爲には、普通の地表鐵道線路の敷設に於ても考慮を拂ふべきことは尠くはないが、都市内に於ける路面電車又は高速鐵道線路に於ては、併用道路の幅員及び線形に押へられる爲に、線路の間隔及び構築の大きを適當に調整する事は一層面倒でもあり、且又適當なる考慮の有無は建設費に於て多大なる懸隔を生ずべき事ともなる。

普通の地表鐵道複線軌道線路に就て、直曲兩線部の線路間隔關係を見ると、兩部分を通じて一定の間隔を保たしめるのが通例である。此方式は謂ふ迄もなく曲線部分に對し特別な餘裕を設くるに非ずして、寧ろ直線部分に對し曲線部分と同等なる過大の間隔を與へたるものと解すべきものであつて、斯る線路敷設方法に於ては、直線部分にのみ多くの餘裕を有するので、此餘裕は他日運轉車輛の擴大を企圖する場合に於ても、全曲線部分に就て相當なる間隔擴大を行はざる限り利用の途なきこととなり、結局全直線部分を通じて設けられたる餘裕は駄目に始終すべきこととなる。

市内路面電車線路は、専ら併用道路の線形に倣ひ敷設すべきが爲に、その線形は多角尖銳且又急勾配部分をも含むものが普通である。加之、概して道路の幅員からも制限せられ、直曲兩線部分を通じて一律なる線路間隔を保たしむるが如き寛容なる餘地を有たぬ。従て、全路線を通じての線路間隔其他所要空間の設定には、最も纖細なる技術的の考査を必要とすることとなる。曩に東京市營電車線に於ては、在來の幅7呎車輛に代ふるに8呎車輛の運轉を行はんことを企圖し、總ての直線部分の上下兩軌道の間隔を9.5呎に擴張せるも、多くの曲線部分に於て之に對應すべき間隔を保たしめ難き事情に逢着せる爲、僅かに1,2の運轉系統以外の線路間隔擴張工事は今猶利用の途なき現狀に置かれてある。加之、往々にして在來の幅7呎車輛運轉にても車體接觸事故を惹起せるは、専ら曲線部分特に街角を廻旋すべき尖銳曲線部分に於て、線路間隔擴大方法の適正を缺けるに因るものと認められる。

都市高速鐵道線路に在ては、路面電車線路と同様に道路に敷設すべきを建前とするが故に、路面電車と略々同等なる制限を受け、従て普通の地表鐵道に比しては遙に尖銳曲線に富み、此等の部分にては、直線部分に比し著しき空間の擴大を要すべきが爲に、全線を通じてその最銳曲線部分に要すべき線路間隔其他の空間を設くるが如きは、占有地積關係からも又建設費關係からも容され難きことである。その間の調整には、種々なる方式が行はれてゐるが猶且完璧を期し難い。即ち結果としては、直線又は曲線部分或は夫等接續各部分の線路間隔其他の空間には、統制を缺ける剩餘の餘裕を有することとなり、此等餘裕の空間は容易に利用の途なくして建設費を空費するに止まるべきである。

地下鐵道線路に於ては、隧道の建設費は總施設費額の90%をも計すべきものであり、その建設費は内容空間の大

さに對し高次の比例に増高すべき性質を有し、且又改築擴築の容易ならざるを思ふとき、特に地下鐵道の建設に於ては、全線の隧道を通じて一貫せる統制的調整方法に依り、所要の空間を賦與すると同時に駄足なからしめんが爲に、特別なる考究を必要とするのである。

本文論究事項は、大正 11, 12 年の交、東京地下鐵道株式會社線の實施設計實務當事に端を發し、専ら昭和 2, 3 年當時、東京市營高速鐵道實施設計の基準となせるものであるが、昭和 4 年國有鐵道建設規程の改訂増補を見るに及びその據るべき處に従ひ改訂を加へ、更に其後に於て實現せる一部の地下鐵道線路及び今後に於て普及せらるべき線路に就て、個々並に相關々係に於て考慮すべき事柄をも加へ、今回一層の加除改訂を施したるものである。その骨子とする處は、地下鐵道線路に於ける直線部分と曲線部分との連結に對し、線路の間隔及び線路と壁面との間隔其他の空間を調整すべき經濟的方法に就て考究し、併せて停車場内外を通じ、線路と壁面其他各種施設物相互間に於ける所要間隔をも考慮し、線路敷設計並に隧道の大きに就て、基準となすべき仕様の大要を設定せんとするものである。

設定せる仕様は、元より未だ公に認められたるものではないが、今後の高速鐵道特に地下鐵道の建設々計の爲に、且又既設線路に就て、線路の間隔及び隧道の大きの調整が適正なるや否や、從て又當該線路に運轉し得べき車輛の大きの限度をも判定すべき技術的考査に關し、一資料たらんことを期したに過ぎぬ。

第 2 章 都市鐵道線路の線形

1. 都市鐵道線路の線形の樣態

地下鐵道線路に就て、その線形に順應すべき線路の間隔及び隧道の大きに關する經濟的調整方法の考究に當りては、一般都市鐵道、就中高速鐵道線路線形の實態に鑑み、幾多のその特異性に對處し各様の考査を加ふべきである。

都市鐵道線路の線形に就てその特異性を識るべき資料として、東京市營路面電車線(考査供用軌道延長 343.055 km)及び東京市營高速鐵道實施設計線路(考査供用路長 68.860km)を主とし、巴里及び伯林高速鐵道線路の代表部分(考査供用路長 71.009km)に就て夫々の線形に關する各種の數値を求め、一括して附屬圖表 I (1-2) として卷末に添附した。その内容に就て彼是對照すれば、高速鐵道線路の一般的性狀並に普通の地表鐵道線路又は等しく都市内の道路に敷設せらるべき路面電車線路の線形に對して、高速鐵道線路線形の特異性を識ることが出来る。

本論に於て究めんとする事項は、蓋し東京市に於て敷設せらるべき高速鐵道線路を對象となせるものであるが、恰も東京市營高速鐵道線路は之に該當し、該實施設計線路は現地に就て充分なる踏査並に地質調査を行ひ、精細なる實測圖をも作製して線路を選定し、猶、線形の設定には、建設費の節約並に運輸費の低下其他に關して考慮すべき凡有ゆる技術的要件を充さんことに努め、數多の比較線路をも設定對立せしめ以て最後の決定に俟てるものであるから、本論の對象とせる高速鐵道線路線形の代表的樣態とも見られ得べきものである。以下項を分ち高速鐵道及び路面電車線路の線形に就て、附屬圖表 I (1-2) から各々その要領を摘記して解説を試み、彼是の比較數値に依て、一般都市鐵道特に高速鐵道線路の線形に就ての概念的標準を掴むべき資料に供することとする。

2. 高速鐵道線路の線形

(1) 曲線 附屬圖表 I, (1) に見るが如く、東京市營高速線(實施設計線路を謂ふ、以下倣之)に於ける曲線半徑は巴里及び伯林の高速線に比し著しく緩和なるものである。

即ち、高速鐵道に於ける最尖銳曲線とも見做すべき曲線たる半徑 150m 以内の曲線延長の全曲線延長に對する割合は、東京市營線にては極めて小部分にして僅かに 8.8%なるに比し、巴里市高速線にては 60.8~64.0%であつて、

曲線の大部分が150m以内の半徑なることは巴里市高速線の特異とする所である。

伯林市高速線では、巴里市のものに比し曲線半徑は著しく緩和せられてゐるが、夫れでも半徑150m以下の曲線延長は全曲線延長の30.8%を占め東京市營線の8.8%に比しては格段なる相違である。

斯くて、全曲線々路の平均曲線抵抗を對比すれば大凡次の如きものである。

東京市營高速線	1.942	kg/t
巴里市高速線	5.032~5.136	〃
伯林市高速線	3.014	〃

而して全路長を通じての曲線個数の割合、曲線部分延長及び直線部分延長の比率を見ると

線路名	全路長と直線延長との比率	全路長と曲線延長との比率	全路長1km當り曲線個數
東京市營高速鐵道	67.5%	32.6%	3.1個
巴里市南北鐵道	75.4	24.6	6.5
巴里市メトロポリタン鐵道	82.4	17.6	3.4
伯林市高速鐵道	68.7	31.3	6.1

即ち、東京市營線は最も曲線部分に富み、全路長の32.6%を占むるのであつて伯林市高速線の31.3%に伯仲せるものであるが、巴里市高速線の17.6~24.6%に比して是亦格段なる相違である。

一方、曲線個数の割合は、東京市營線に於ては最も少く、路長1km當り2.1個なるに比し、巴里及び伯林市高速線にては3.4~6.5個なるより推せば、巴里及び伯林市高速線にては極めて頻繁に尖鋭曲線にて曲折せるに對し、東京市營線にては曲折箇所は少いのであるが、概して緩曲線を用ひ得たるが爲に曲線部分の延伸を招きたるも、寧ろ線路の性質を良好ならしめ得たるものと謂ひつべきである。此事柄は全曲線部分の平均曲線抵抗が東京市營線では1.942kg/tなるに對し、巴里及び伯林市高速線では3.014~5.136kg/tなるに依りても識り得ることである。

東京市營高速線の曲線半徑は、巴里及び伯林市のものに比し著しく緩和なるものであるが、夫れでも半徑150m以下の曲線が全曲線延長の88%を占むることは、遙に普通の地表鐵道に於ける制限を超ゆるものであつて、高速鐵道線路線形の特異とする所である。

參 照 國有鐵道建設規程第11條、本線路ニ於ケル曲線ノ半徑ハ左ノ大サ以上タルコトヲ要ス
 甲 線 300m (特別ノ線路 400m)、乙 線 250m、丙 線 200m、
 地方鐵道建設規程第13條 本線路ノ曲線半徑ハ軌間 1.067m 及 1.435 mノモノニ在リ
 テハ 160 m以上軌間 762mm ノモノニ在リテハ 100m以上トス

(2) 勾配 東京市營高速線では、全線殆ど地下鐵道構造なるが爲に、隧道内の排水に便せんが爲水平線は出來得る限り之を避けたので、全路長を通じての水平部分延長は3.4%、勾配部分延長96.6%である。巴里及び伯林市高速線では、勾配部分延長は全路長の46.0~60.6%に過ずして、39.4~54.0%は水平線路である。

勾配の緩急關係を見ると、東京市營線では排水の爲に特に附したる0.35%以下なる極めて緩勾配部分延長は、全勾配部分延長の30.7%、列車の運轉には支障なき程度なる0.36~0.75%、勾配延長は全勾配延長の33.3%を占むるのであつて、殘餘の36.0%は0.76~4.0%の急勾配であるが、就中急勾配中の急勾配なる3.1~4.0%勾配は、僅かに一小部分なる1.7%である。

巴里市高速線では0.76~4.0%なる急勾配延長が全勾配延長の58.4~82.4%を占め、0.75%以下の勾配延長は僅かに3.6~17.6%である。就中、高速鐵道に於ける極限勾配とも見做すべき3.1~4.0%の勾配延長が全勾配延長の28.4~30.1%を占むることは、是亦巴里市高速線の特異とする所である。

伯林市高速線では、全勾配延長の内、0.75%以下なる緩勾配延長は58.8%、0.75~4.0%の急勾配延長は46.2%を占むることは、巴里市高速線に比しては概して緩和せられてゐるが、夫でも最急勾配なる3.1~4.0%の勾配が勾配部分全長の13.1%を占むることは、東京市營線の1.7%なるに比しては格段の相違である。

斯くて、全勾配線に就ての平均勾配抵抗を對比すれば

東京市營高速線	5.143 kg/t
巴里市高速線	10.191~13.689 "
伯林市高速線	5.165 "

であつて、東京市營高速線に於て最も緩和せられてゐる。

此等各都市高速鐵道線路に於ける線路の勾配は、全線を通じて緩急の差違はあるが、孰れも4%勾配の如き略々極限なる急勾配を有するのであつて、之を普通の地表鐵道に比して極端なる特異性を有するものと謂ふべきである。

參 照 國有鐵道建設規程第15條 本線路=於ケル勾配ハ左ノ限度ヨリ急ナラザルコトヲ要ス但シ乙線
=在リテハ特別ノ場合ハ其ノ限度ヲ 30/1000、電車専用線路=在リテハ線路區間ノ種別ヲ問ハ
ズ其ノ限度ヲ 35/1000 トス
甲 線 25/1000 (特別ノ線路 10/1000)、乙 線 25/1000、丙 線 35/1000
25/1000 ヨリ急ナル勾配=シテ曲線ヲ伴フ場合=在リテハ前項ノ限度ヲ超エザル様相當ノ曲線
補正ヲナスコトヲ要ス
(以下省略)

如上、高速鐵道線路の線形は、普通の地表鐵道線路に比しては全く形相を劃するものであるが、路面電車線路に比すれば稍緩和なるべきことの常識判斷も亦裏切らるゝことは意外である。

即ち、東京市營計畫高速鐵道線路と之と殆んど全く敷設地域を等しうせる東京市營路面電車線路との兩者に就て、曲線及び勾配關係を比較せる結果は、最小曲線半徑及び最急勾配に於ては高速鐵道に於て稍緩なるものであるが、高速鐵道にては路面電車線に比し著しく曲線及び勾配線に富めるが爲に、全線路延長に割當たる平均軌道抵抗曲線抵抗及び勾配抵抗の和は高速鐵道線路に於て稍大なるものである〔附屬圖表I(2)の略説參照〕。此事實より推せば、巴里及び伯林に於ける高速線路の線形も、亦夫々の路面電車線路に比し寧ろ高度なる軌道抵抗を有すべきは推測に難からざる所であつて、斯くて高速鐵道線路は就中最も峻峻なる線形を有するものと謂ひつべきである。

3. 路面電車線路の線形

路面電車線は、直接に道路面上に敷設せられ道路を併用すべきが爲に、その線路の線形は併用道路の曲折並に勾配に倣ふべきこととなり、單に道路の線形を鐵道線路化せるに過ぎるものと見られる。即ち路面電車線路は、普通の地表鐵道と同様に地表に設くるものではあるが、都市内の道路を併用すべきが爲にその線形に於て特徴を生ずべきこととなる。

高速鐵道線路が普通の地表鐵道と趣を異にするのは、地下に設くるが爲よりも都市内の道路に設くるを建前とするが爲なるを類推すべき資料として、附屬圖表I(2)から東京市營路面電車線の線形に關する要點を摘記し、高速鐵道線路線形との對照を示すこととする。

(1) 曲線 東京市營路面電車線路の山手方面に屬する軌道延長163.5kmに就て見ると、曲線軌道延長は36.0kmであつて山手方面總軌道長の22.0%に該當する。此曲線個數は1423個であつて、總軌道延長を通じて1km當り平均8.71個に相當することとなる。

曲線半徑に依り區分すれば、半徑100m以下の曲線延長13.05km(曲線總長の33.5%)、半徑101~1000mの曲線延長33.95km(曲線總長の66.5%)である。

下町方面軌道延長179.60kmに就ては、曲線軌道延長28.93kmであつて下町方面軌道總長の16.1%に當り、曲線個數1591個、軌道總長を通じて1km平均8.86個に相當し、山手方面に於けると大同小異である。

下町方面曲線を半徑別に見ると、半徑13~100mの曲線延長10.09km(曲線總長の34.9%)、半徑101~1000mの曲線延長18.83km(曲線總長の65.1%)である。

則ち路面電車線路の曲線關係は、曲線延長及び曲線個數の割合並に曲率關係とも、山手及び下町方面に依り著しき差違を認めぬのであるが、之を殆んど同様なる地域内に設くべき東京市營高速線路に於けるに比すれば、曲線部分延長は路面電車線にては全長の18.9%、高速線にては32.6%であり、又曲線個數の割合に於ても、路面電車線にては1km平均8.79個、高速線にては2.1個であつて格段の相違を見るのである。而して曲率關係に就て見ると、路面電車線にては半徑13~100mの曲線延長は全曲線長の34.1%を占め、高速線にては半徑150m以下なるもの全曲線長の8.8%に過ぎるに比すれば、路面電車線は高速線よりも遙かに尖銳曲線を強用すべきものなることが識られる。

路面電車線にては、高速線に比し比較的曲折頻數の繁多なる割合に曲線延長の短縮せるのは、概して高度なる曲率曲線を用ふるに因れることは説明する迄もないことである。

斯くて、東京市營路面電車線路の全曲線部分を通じての平均曲線抵抗は3.021kg/tであつて、高速線の1.919kg/tに比しては著しく高度なるものである。乃ち都市内の道路に設くべき線路は、之を道路面に設くる場合でも尖銳曲線の避け難きことより推せば、地下に設くべき地下鐵道線路曲線の尖銳なるべきことも、當然なる歸結であらねばならぬ。

斯くの如く、路面電車線路の最小曲線半徑及び曲線の平均曲線抵抗は高速線に比し遙かに強度なるものであるが、全線路延長に對する曲線延長の割合は、高速線に比し著しく小なる結果、全線路延長に割當てたる平均曲線抵抗は、路面電車線4316kg/t、高速線4993kg/tであつて、路面電車に於て寧ろ緩和せるは意表に出づる所であつて、他面には高速線の線形は著しく峻峻なるものなるを表現するものである。

(2) 勾配 路面電車線路の勾配關係は、山手方面と下町方面とに依り相違すべきは當然であるが、概して急勾配線を用ふることとなり、下町方面にても各橋梁との取合せ部分には急勾配を強用すべき爲に、必ずしも緩勾配なるものではない。

山手方面營業路長81.77kmに就て見ると、その91.0%は勾配線であつて、僅かに9.0%が平坦線である。下町方面では、その營業路長90.13kmの内66.3%は勾配線であるが、23.8%は平坦線である。

此等勾配線の緩急に就て見ると、山手方面では、1/100~1/14.9なる急勾配線延長は、山手方面勾配線總長の21.6%を占め、下町方面では、1/100—1/15急勾配線延長は下町方面勾配線總長の9.5%である。而して之を勾配抵抗に見ると、山手方面勾配線の平均勾配抵抗は6.792kg/t、下町方面では3.566kg/t、山手及び下町方面を通じての全平均は5.272kg/tである。

如上の樣態に依て、高速鐵道線路勾配關係の歸結に就て見るに、高速線に在りては路面線と共に等しく道路に敷設するものであるが、必ずしも道路の勾配に倣ふべきを要とせざるが爲に、路面電車線に比しては稍緩和の途を見出し得べきであるが、地下鐵道に於ては、他の地下工作物關係又は水路横斷等の爲に、必ずしも容易に勾配を緩和し得べきものではない。乃ち東京市營高速線に於ける平均勾配抵抗は5.143kg/tであつて、路面電車線路の全平均5.272kg/tに比し大差なきものである。併し、地下鐵道線に在りては、路面電車線に比し勾配線に富むが爲に、

全線路延長に割當てたる平均勾配抵抗は地下線 4.996kg/t、路面線 4.316kg/t を示し地下線に於て寧ろ強度であることは留意に値するものである。

第 3 章 線路の規格及び線形の基準

1. 概 説

本文論究の對象となせる地下鐵道線路の規格は、専ら東京地下鐵道株式會社線のそれに準ずべきものとし、線形の基準は概して準據法規（地方鐵道建設規程）の定むる所に據るべきものとなせるも、地下鐵道線路の一般的性状とも認め得べき特異性をも加味した。即ち、特定せる線路の規格及び線形の基準事項の主要なるもの次の如し。

軌 間： 1.435m 車 輛 限 界： 別途新規設定
 建 築 限 界： 別途新規設定 本線路の曲線半徑： 50m 以上
 本線路の勾配： 4%以内

備 考

線路の線形を支配すべき決定的要素たる「線路の勾配」及び「曲線の曲率半徑限度」に就ては、論議の餘地は尠くはない。

・即ち、最急勾配に關しては、4%内外を以て限度とすべきことは高速鐵道線路に就て普く認められる處であるが、最小曲線半徑としては、50m内外又は100m内外を限度とすべきかは線路を敷設すべき地域の状況に依り判定せらるべきことである。

概して尖鋭曲線の採用は、建設費の節約を根據となすものなるも、半徑 100m 以内の曲線の如き尖鋭曲線に在りては、列車運轉抵抗の激増、從て消費電力量及び軌道の維持保存費の加増は、贏ち得べき建設費の節減に依りて償ひ得べからざるが爲に、成る可く極めて尖鋭なる曲線は之を避く可きものとせられてゐる。半徑 150m 内外なる曲線にては、50~70m 半徑に比し著しく運轉抵抗を緩和し得べき實驗成績に徴し、最小半徑を 150m 内外とせば、線路の線形は著しく改善せらるべく、更に 300m 内外を通常採用すべき最小半徑となさば最も可なるべきは論を俟たぬ。

併し、曲線の最小半徑を幾許に止むべきかは、概して得失の問題であるが、稀には極めて尖鋭なる曲線の採否は、得失の詮議を離れて決定せらるべき場合も起り得べきことであつて、歐米各國高速線に於ては、半徑 50~70m の曲線は屢々採用せられてゐる。東京市内に於ける既定計畫高速線に在ては、總て半徑 100m 以上の曲線に依て容易に線路を選定し得べきものと認められるのであるが、今後に於ける計畫路線に就ては、必ずしも半徑 50~60m の曲線を得策として避け得べきかは保し難い。

仍て此處には、尖鋭曲線採否に關する得失問題を離れて、設定すべき仕様の適用範圍を廣めんが爲に、最小半徑としては 50m を採ることとした。

2. 緩和曲線及び縦截面曲線

線路の線形は、専ら線路の勾配及び曲線の曲率半徑に依つて支配せらるべきであるが、二次的には曲率及び勾配の變化を緩和すべき緩和曲線及び縦截面曲線の敷設方法に依て制約せられる。

此處には、本線路の直線と曲線との接續には克蘭ダ爾氏緩和曲線を用ふることとし、特に克蘭ダ爾氏曲線を採用せる論據、該曲線の性状、緩和曲線敷設方法等に就ては後段別途に説述すべきこととする。

線路の勾配が一定限度以上に變化する箇所に挿入すべき縦截面曲線は、普通の鐵道線路に於けると同様に拋物曲線を用ふることとし、下記様式に據るべきものとする。

即ち、勾配線と水平線又は勾配線との交切點に於ける勾配變化の割合が 1% 以上なるときは、總て縦截面曲線を挿入して勾配の急激なる變化を緩和するものとし、縦截面曲線に於ける勾配變化の平均割合は、曲線の長さ 30m に就き 1% なるを原則とし、特種の場合には 1.5、2、3 及び 4% なるを得べきものとする。

然れば第1圖に就て、縦截面曲線長を $L(m)$ 、曲線の始點 (P.T.) より 任意の横距 $D(m)$ に於ける縦距を $K(mm)$ 、交切點に於ける縦距を $K_0(mm)$ とせば

$$L = 30 \times \frac{G}{r} \quad (m) \dots \dots \dots (1)$$

又、縦截面曲線は拋物曲線なるを以て

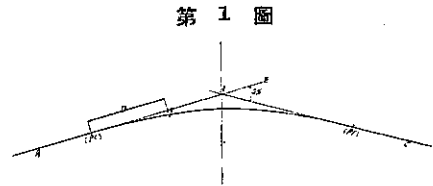
$$\left. \begin{aligned} K &= \frac{r}{6} D^2 (mm) \\ K_0 &= \frac{r}{24} L^2 (mm) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

但し G = 交切點に於ける外角の正切 (%)

r = 縦截面曲線に於ける平均勾配變化率 (%)

上記の縦截面曲線敷設方式は、紐育市高速鐵道線に於けるに準じたものであつて、國有鐵道建設規程のそれに比し、曲線に於ける平均勾配變化率に於て稍々高度なるをも認めたのであるが、此處に運轉すべき車輛は、長さ及びボギー中心距離に於て國有鐵道建設規程に於ける標準車輛 (長さ 19.0m, ボギー中心距離 13.4m) に比し遙かに小なること、及び高速鐵道線路に在りては、最急勾配を 4% とせざる爲、最大勾配變化は 8% に及ぶべきを豫定し、之が緩和を成る可く短區間にて行けんが爲に本様式を採用せるものである。

因に、東京地下鐵道會社線に於ても本様式の縦截面曲線を採用し、紐育市高速鐵道線にては、本様式に依り長さ 15~20m 車輛を運轉し特別なる支障なきものとせられてゐる。



3. 車輛及び車輛限界

車輛は東京地下鐵道會社の使用車輛 (定員立席共 120 人 4 輪ボギー車) を目標とし、その最大幅 2 593mm, 軌條面上最高部分 3 495mm, 車體長 15.5m に基き、車輛限界を附屬圖表 III (1 圖) の通り定める。

即ち、車輛限界の主要寸法は如次。

基礎限界最大幅員	2 600 mm
同上 R.L. 上の高	3 500 mm

車輛の標識燈限界は、幅 80mm (註、東京地下鐵道會社標識燈限界にては幅 100mm なるも、此處には會社線に於て實際使用せる色燈及び附屬器具共の幅員 75mm の切上げ數 80mm とした) 高 1 125mm とし、基礎限界の兩側圖示の位置に於ける附屬限界とする。

設定車輛限界は、東京地下鐵道會社の免許車輛限界と殆んど全く同等なるものであつて、該限界に依る實際の車體の幅員は、山手及び京濱線省線電車の使用車輛の幅員と同等にして、高さに於て約 190mm の短縮に過ぎざるものである。各國高速鐵道の使用車輛に比しても中庸を得たるものといふことが出来る (東京地下鐵道會社發行「東京地下鐵道史」坤の卷參照)。

車輛の大きさは、車輛基礎限界だけの斷面を有し、車體の長さ 16.0m, ボギー固定軸距 2.0m, ボギー中心距離 10.5m 以内なるものとする。但し車體頂部の前後の隅角は適宜隅切を施すものとする。

4. 建築限界

(1) 設定の要領 建築限界は専ら軌道に於ける車輛の運行に支障なかるべきを目的とすべきであるが、一般地表鐵道にては適用の範圍を廣義ならしむべき爲に、概して線路作業に必要な遊間其他が附加せられてゐる。

地下鐵道に於けるが如く、全線の建造物が限界と最も關係深き隧道構造であり、總じて無駄の空間を節すべき場合、専らその線路の間隔又は線路と壁面柱類其他施設物との間に存置すべき間隔等を定むる上に適用すべき建築限界は、簡潔にして嚴正なるべき必要がある。

國有鐵道建設規程に於ては、直線に於ける建築限界の幅員は3800mmと定め、他面に於て停車場外直線軌道中心間隔は3.6m以上と定められてゐる。則ち此場合の建築限界は、必ずしも車輛の運行に對し一般的に存置すべき空間を指示せるものではなく、其他に由因せる遊間をも含むものなることが解る。而して軌道中心間隔は、建築限界に據らずして専ら車輛限界の幅員を根據とし、之に線路作業に必要な間隔其他を考慮し、幾多の實驗を経て3.6mと定められたものであつて、元より實際上充分なるものであるが、建築限界の幅員3.8mに比しては0.20mだけ縮小せられてゐる。

地下鐵道に於ては、車輛の運行に必須なる空間を以て建築限界と定め、軌道間隔、軌道と壁面との間隔其他は總て之を基準とすべきものとし、線路の性状又は停車場の内外に應じて別途加除すべき遊間及び車輛運行以外の爲にすべき遊間等は、夫々當該線路に就て別途に夫々の限界を設定するを便宜と認め、新規に建築限界を設立した。附屬圖表 III (2) 圖は新規に設定せる「直線に於ける建築限界」を示すものである。

則ち III (2) 圖は、直線に於ける車輛の運行に於て、總る事由に因り生ずべき車輛と軌道との相對的偏倚を考慮して車輛各部の最大偏倚を求め、之に備ふべき遊間を車輛限界の周圍に附加せる輪廓を描き、之を車輛偏倚限界線とし、車輛偏倚限界線の外圍に更に多少の餘裕を附し切上げ數字を採りたるものを建築限界線となしたるものである。從て列車の運行すべき直線軌道に於ては、常に該建築限界だけの空間を保つべきを必要とし、如何なる場合と雖も車輛偏倚限界内に喰込むことは容されぬ性質を有するものである。

(2) 直線建築限界の設定 建築限界は、車輛の運行に支障なからしむべき遊間を含むべき爲には、車輛限界の外圍に於て、次の各項に基く車輛の偏倚に對し充分なる遊間を必要とすべきである。

i. 車輛構造上の遊間に基く水平偏倚 (第 2 圖参照)

軸頸と受金との間の最初よりの空隙	2 mm
軸頸と受金との間の磨耗による空隙	10 "
軸箱と軸箱守との間の最初よりの空隙	3 "
軸箱と軸箱守との間の磨耗による空隙	7 "
輪縁の磨損	10 "
新輪と軌條との遊間	5 "
計	37 mm

ii. 軌條の不整擴大に基く車輛の水平偏倚 6 mm (1/4 吋)

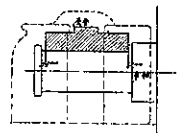
iii. 車體の傾斜に基く車輛の水平偏倚

車體の傾斜を起すべき原因及びその左右不整の量は次如。

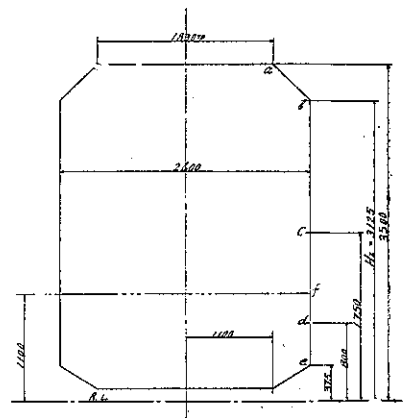
軌條面の不整に基くもの	6 mm (1/4 吋)
運轉の際軌道面の沈下不整に基くもの	6 " (1/4 吋)
車輪形状の不整に基くもの	1 " (1/32 吋)
計	13 mm

而して此等の不整が一方にのみ集中せられたる場合を考ふれば、車輛各部分の水平偏倚は次如 (第 3 圖参照)。

第 2 圖



第 3 圖



a 點	$3500 \times \frac{13}{1435} = 31.7 \div 32 \text{ mm}$	b 點	$3125 \times \text{''} = 28.3 \div 29 \text{ mm}$
c 點	$1250 \times \text{''} = 15.8 \div 16 \text{ ''}$	d 點	$800 \times \text{''} = 7.2 \div 8 \text{ ''}$
e 點	$375 \times \text{''} = 3.4 \div 4 \text{ ''}$	f 點	$1100 \times \text{''} = 9.96 \div 10 \text{ ''}$

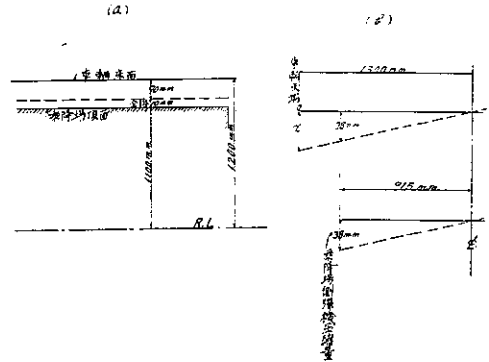
iv. 彈機 (Bolster spring) の傾斜に基く車輛の水平偏倚

伸縮に因る左右兩彈機の最大高低差を 76 mm, 彈機の中心距離を 1830 mm, 彈機の軌條面上の高さを 600 mm とすれば, 彈機の傾斜に基く車輛各部の水平偏倚は如次 (第 4 圖参照)。

第 3 圖に於て

a 點	$(3500-600) \times \frac{76}{1830} = 120.437 \div 121 \text{ mm}$
b 點	$(3125-600) \times \text{''} = 104.863 \div 105 \text{ ''}$
c 點	$(1750-600) \times \text{''} = 47.76 \div 48 \text{ ''}$
d 點	$(800-600) \times \text{''} = 8.3 \div 9 \text{ ''}$
e 點	$(375-600) \times \text{''} = \Delta$
f 點	$(1100-600) \times \text{''} = 20.76 \div 21 \text{ ''}$

第 4 圖



後段の引用に資せんが爲, 彈機の伸縮に因る乗降場面と車輛の床端との間に生ずべき高低差を求むれば如次。

第 4 圖 (b) に於て

$$x = \frac{1300 \times 38}{915} = 54 \text{ mm}$$

今, 車輪の觸軌面の磨耗を 10 mm とせば, 車輛床端の降下量は $54+10=64 \text{ mm}$ なるを以て, 乗降場面と床端との間の高低差は

常態にて	+100 mm
乗降場側の彈機が壓縮せられたるとき	+36 ''
乗降場側の彈機が 38 mm だけ伸びたるとき	+164 ''

則ち, 車輛の水平偏倚の緩和は i...iv の總和であつて, 車輛の各部に就ては如次 (第 3 圖参照)。

a 點	$37+6+32+121=196 \text{ mm}$	b 點	$37+6+29+105=177 \text{ mm}$
c 點	$37+6+16+48=107 \text{ ''}$	d 點	$37+6+8+9=60 \text{ ''}$
e 點	$37+6+4+\Delta = 47 \text{ ''}$		

従て車輛偏倚限界の幅員は, 車輛限界各點の幅員と夫々の水平偏倚の總和の 2 倍を加算せるものなるべきを以て, 各點に就ては如次 (第 3 圖参照)。

a 點	$1830+196 \times 2=2222 \text{ mm}$	b 點	$2600+177 \times 2=2954 \text{ mm}$
c 點	$2600+107 \times 2=2814 \text{ ''}$	d 點	$2600+60 \times 2=2720 \text{ ''}$
e 點	$2600+47 \times 2=2694 \text{ ''}$		

v. 車輛の高さの偏倚

車輛の高さの偏倚に就て考慮すべきもの如次。

左右彈機の高差	38 mm (1½ 吋)
道床の不整	51 '' (2 吋)
車輛の跳躍	25 '' (1 吋)
勾配變換點に於ける超餘	18 '' (備考参照)

計 132 mm

備考

直線軌道線路に於て, 線形に基く車輛の高さの偏倚は, 勾配變換點に於て車輛頂面の軌道面に對し隆起

すべき超餘である。而して車輛頂面前後兩端部分の超餘は、車輛の構造に於て、頂部前後の隅角の丸みを附して支障なからしむるを普通とするので、特に考慮すべきものは頂面中央部の超餘である。

頂面中央部の最大超餘は、最急勾配なる -4% と $+4\%$ 勾配との變換點に於けるものなるべきを以て、該變換點に於ては、曲線延長 30 m に就きての勾配變化率 $r=4\%$ なる縦截面曲線を挿入するものとし、第 5 圖に示すが如く、車輛が曲線中央部に在るときの超餘 (h_0) を算定せば最大超餘が得られる。

$$\text{即ち } G = +4\% + 4\% = 8\%, \quad r = 4\%$$

$$\text{縦截面線長 } L = 30 \frac{G}{r} = \frac{30 \times 8}{4} = 60 \text{ m}$$

曲線の始點 A より任意の距離 $D(\text{m})$ に於ける曲線の縦距 $K(\text{mm})$ は、次式に依りて與へられる。

$$K = \frac{r}{6} D^2$$

$$\text{故に } D = \frac{L}{2} - 5.25(\text{m}) \text{ に於ける } K_1 = \frac{4}{6} (30 - 5.25)^2 = 408 \text{ mm}$$

$$D = \frac{L}{2} + 5.25(\text{m}) \quad \text{ " " } \quad K_2 = \frac{4}{6} (30 + 5.25)^2 = 828 \quad \text{ "}$$

$$D = \frac{L}{2} \quad \text{ " " } \quad K_3 = \frac{4}{6} (30)^2 = 600 \quad \text{ "}$$

$$\text{故に } h_0 = \frac{408 + 828}{2} - 600 = 18 \text{ mm}$$

第 5 圖



架設の車輛限界各點の最大偏倚に據り輪廓を描けば、則ち附屬圖表 III (2) 圖の車輛偏倚限界線及び建築限界が得られる。

設定建築限界の最大幅員は、車輛偏倚限界の最大幅員 2954 mm に多少の餘裕を加へ 3000 mm とし、第 3 圖 b 點 (車窓面以上) 以下 c 點 (車窓面下 150 mm の點) 迄を同一幅員とし、以下は車輛偏倚限界線の傾斜に依り 2900 mm 及び 2700 mm の 2 階段に遞減したものである。

設定建築限界の幅員は乗降場面 (軌條面上 1100 mm) 以下に於て、多少車輛偏倚限界幅員に充ざる部分はあるが、之れ専ら乗降の便利と安全の爲に乗降場壁縁端を車體に接近せしめんが爲にせるものであつて、停車場内に於ては運轉速度低下すべきを以て、之にて支障を生ずべきものに非ずとの見解に基きたるものである。

車輛偏倚限界線は、車輛限界の最大偏倚點を連ねたる輪廓を示せるものなるを以て、更にその周圍に餘裕を附したる建築限界に對しては、絶對建築限界とも見做すべきものであつて、附屬圖表 III (2) 圖には、要所毎に兩限界線間の間隔をも記入した。線路の各軌條に就ては、一般的には建築限界だけの空間の保たるべきことは言を俟たぬのであるが、切促せる場合に在つては、車體偏倚限界まで縮小するも、車輛の運行に支障なきものなることも亦瞭である。

(3) 既設限界との對照 設定建築限界と東京地下鐵道會社線建築限界とは、同一なる車輛基礎限界を根據となせるものであるが、後者に於ける高さ 3632 mm は前者の 3650 mm に比し稍低きも、後者の幅員 3200 mm は前者の 3000 mm に比し 200 mm だけ擴大せられてゐる (東京地下鐵道史坤の卷參照)。

東京地下鐵道會社線建築限界の幅員 3200 mm は、同會社線停車場外建築限界に於ける複線軌道の間隔 3048 mm に比し、 152 mm だけ縮小せるより推せば、該建築限界は、車輛の運行以外の目的の爲にせる遊間を含むものなるは瞭である。會社線建築限界の幅員に就てその設定事由と爲せる所は車輛基礎限界の幅員 (2600 mm) の左右に加ふるに、車體の最大偏倚 (200 mm と推定)、外開戸の開放並に線路作業の爲にせる遊間 (70 mm) と推定) 及び半徑 600 m 曲線の曲率に基く水平偏倚 (30 mm と推定) との合計 300 mm を以てせるものとなり解説

せられてゐる。此等夫々の遊間は、蓋し場合に應じ必要にして且充分なるものと認められるのであるが、此處に設定せる限界にては、此等の遊間の多くは各種線路の線路間隔の設定其他に於て、別途夫々適所適正に考慮すべき建前の下に、車輛の運行に必要なべきもの以外の遊間は總て除外せるものである。

斯くて設定建築限界は、嚴格なる「直線に於ける建築限界」とも見らるべきものであり、之に對し會社線限界は、或る程度の曲線及び外開戸を用うる車輛の運轉にも適用し得べき限界とも見做すべきものであるが、引戸構造車輛のみを運轉すべき線路に於て、會社線限界に據るものとせば無駄の空間を生ずべきは勿論、又曲線に於ける車體の偏倚に就ては、單に曲率に基く水平偏倚に對する遊間のみを賦與するも、同時に高度に基く偏倚に對する遊間をも考慮せざる限り、結局無駄足に始終し是亦無駄の空間を加重すべきこととなる。加之、場合に依ては省略し得べき遊間を基礎限界内に包含せしむることは、煩雜に陥り取捨を誤るべき虞あるを以て、設定限界では簡潔を旨とし、車輛の運行上必要にして且充分なるべき空間のみに限定し、其他のものは夫々必要に應じて考慮し、以て全線を通じての線路の間隔及び隧道の大きさを經濟的に調整すべき目的を達せんことを期せるに外ならぬ。

第4章 曲線に於ける建築限界

1. 概 説

圓曲線又は緩和曲線部分に在りては、曲線の曲率及び外軌の高度に因る車輛の偏倚又は傾斜に備ふべきが爲、その建築限界は直線に於けるよりも擴大せらるべきである。

地方鐵道建設規程にては、「曲線=在リテハ軌間ノ幅度及ビ外側軌道ノ高度=隨ヒ建築定規中心ノ偏倚傾斜=應ジ相當之（註。所定直線建築限界ヲ謂フ）ヲ擴大スベシ」とあり、國有鐵道建設規程にては、「曲線=於ケル建築限界ハ半徑 800 m ヨリ大ナル曲線=於テハ直線=於ケル建築限界ト同一トシ半徑 800 m 以下ノ曲線=於テハ其ノ幅ヲ車輛ノ偏倚ニ對シ擴大スルモノトス軌道中心線ノ各側=於テ擴大スベキ擴大スベキ寸法ハ左ノ式ニ依リ之ヲ算出ス

$$w = \frac{22500}{R}$$

w ハ軌道中心線ノ各側ニ於テ擴大スベキ寸法（單位 mm）

R ハ曲線ノ半徑（單位 m）

前項ノ擴大寸法ハ緩和曲線ノ全長ニ於テ之ヲ遞減スルモノトス但シ緩和曲線ナキ場合又ハ緩和曲線ノ長サガ 17 m ヨリ小ナル場合ニハ圓曲線端（直線ト曲線トノ場合）又ハ半徑小ナル圓曲線端（曲線ト曲線トノ場合）ヨリ 17 m ノ長サニ於テ之ヲ遞減スルモノトス。

曲線=於ケル建築限界ハ「カント」ニ伴ヒ傾斜セシムルモノトス と規定せられてゐる。

地下鐵道線路の曲線に於ける建築限界は、要するに國有又は地方鐵道建設規程に準じ相當の擴大を施すべきであるが、地下鐵道線路の線形並に構築に在りては、勾配及び曲率半徑の極めて尖鋭なること、全線を通じて建築限界とは最も關係深き隧道構造なること、特に在來の規程又は準則に於て豫期せられざりし「中柱を有する函型隧道構造」を寧ろ常態となすが如き等々、幾多の特異性を有するを以て使用車輛の大きさ其他の規格をも考慮し、特別なる準則を定めなければならぬ。

總じて直線及び曲線に於ける建築限界は、各々個々に就ては充分なるものとしても、相互 1 連の線路として連結せらるるとき、往々不充分なる場合を生じ得べきことであつて、高速鐵道に於けるが如く、特に尖鋭なる曲線を有するものに在りては、一般的に曲線建築限界に就て考慮せらるべき曲率及び高度に因る限界の擴大以外に、直曲兩線部分の連結關係から特別なる擴大をも必要とするのである。

如上、直曲兩線部分の接續の爲にする限界の特別なる擴大に就ては後段別途の考究に譲り、此處には曲線に國

有なる限界の擴大のみに就て考究することとする。

2. 曲線の擴度

高速鐵道線路の曲線の擴度は、次式に因ることとし、20mmを最大限とする。

$$S = \frac{125 b_0^2}{R} = \frac{500}{R} \dots\dots\dots (3)$$

但し S = 擴度 (mm), R = 曲線半徑 (m)
 b_0 = 固定軸距 (m) = 2.0 m

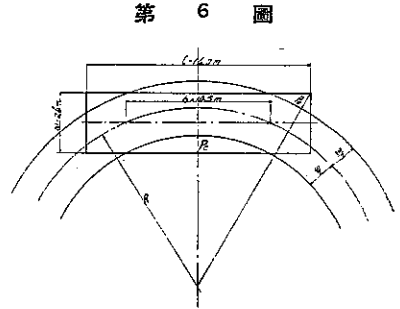
(3) 式に依り與へらるべき數値は、附屬圖表 IV (1) 表に編入上表した。

軌間の擴幅は、普通の鐵道線路に依り内側軌條に於てし、接續緩和曲線の全長に於て始終すべきものとする。從て曲線部分の建築限界は、擴度に基き $S/2$ だけ曲線内側に於て擴大せられ、外側に於て縮小せらるべき事となる。

則ち軌間の擴度は、軌道中心線に關し、限界を軌道の内曲面側に移動せしむべき結果を招來すべきこととなるが、限界の幅員又は高さの絶對値を増減すべきものではない。

3. 曲線の曲率に基く限界の擴大

圓曲線に於ては、その曲率半徑を $R(m)$ とすれば、その曲率に基き、車輛は軌道に對し第 6 圖に示すが如く、中央部は曲線の内曲面方に p_c だけ、兩端部は外方に p_e だけ偏倚し、限界は夫だけ擴大せらるべきである。 p_c 及び p_e は夫々内方及び外方に就ての最大偏倚量であつて次式に依て與へられる。



$$p_c = R - \sqrt{R^2 - \frac{b^2}{4}} \dots\dots\dots (4)$$

$$p_e = \sqrt{\left(R - p_c + \frac{w}{2}\right)^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2} - \left(R + \frac{w}{2}\right) \dots\dots\dots (5)$$

但し w = 車輛の幅員 = 2.800 m (車輛の規格に依り)
 l = 車輛の長さ = 16.00 m (車輛の規格に依り)
 b = ボギー中心距離 = 10.50 m (" ")

此等 2 式の近似値は次式に依て與へられる。

$$p_c = 1000 \frac{14}{R} \dots\dots\dots (6)$$

$$p_e = 1000 \frac{18}{R} \dots\dots\dots (7)$$

備考

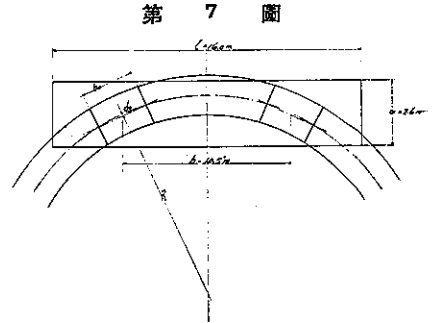
曲線部分に於ける建築限界の擴大量を左右すべき各要素の内、就中重要な影響を有するものは、曲線の曲率に基く車體の偏倚 p_c 及び p_e であつて、その値が車輛構造の基本寸法たる車長及びボギー中心距離に依りて増減すべき性質を有するが爲に、その數値の決定は特に重要性を帯びる。即ち、一定の車幅、車長及びボギー中心距離に對する p_c 及び p_e だけを豫定せる線路に於ては、運轉し得べき車輛の幅及び長さはそれに依りて限定せられ、ボギー中心距離も亦著しき増減を容し得ない。從て p_c 及び p_e の値の算定は、相當精密なるを要するのであるが、實地に於ては、精密なる算定必ずしも適確なるを得ざる素因を有するものである。

ボギー車輛の運轉機構よりすれば、曲線軌道に於ては、車輛のボギー中心點は常に軌道の中心線に對し多

少の偏心を生ずべきが爲に、之を一致せるものと假定せる第 6 圖の作圖より導かれたる算式は、既に多少の簡略性を胚胎してゐる。併しその結果として與へらるべき偏倚量は、ボギー中心距離を多少長めに取りたる場合と同等なるものである。而して車長とボギー中心距離との間には、一定せる比率を有するものならざるを以て、一定の車長に對して推定せるボギー中心距離を配し、之に依り精密なる偏倚を算定するも無意味のこととなる。

斯くて茲には、定められたる車長 (16.0m) に對し、ボギー中心距離は比較的長めなる 10.5m を採り、偏倚量の算式は多くの場合略算式に依ることとなり、算定量は常に近似値として取扱ふべきこととする。各種算式の間には於ける誤差の觀念を得んが爲、ボギー中心點の偏心を考慮したる場合と、之を省略せる場合及び更に簡易化せる算式の與ふべき數値を比較すれば次の如し。

ボギー固定軸距を b_0 、ボギー中心線の偏倚を d_0 とすれば第 7 圖に於て



$$d_0 = R - \sqrt{R^2 - \frac{b_0^2}{4}} = \frac{b_0^2}{8R} + \frac{b_0^4}{128R^3} + \frac{b_0^6}{8R^5}$$

故に
$$p_c = R - \sqrt{\left(R - \frac{b_0^2}{8R}\right)^2 - \frac{b^2}{4}} \dots\dots\dots (i)$$

$$p_e = \sqrt{\left\{ \sqrt{\left(R - \frac{b_0^2}{8R}\right)^2 - \frac{b^2}{4}} + \frac{w}{2} \right\}^2 + \frac{l^2}{4}} - \left(R - \frac{w}{2}\right) \dots\dots\dots (ii)$$

(i) 式を展開して

$$p_c = \frac{b^2 + b_0^2}{8R} + \frac{(b^2 + b_0^2) - b_0^4}{128R^3} + \dots\dots\dots = \frac{b^2 + b_0^2}{8R} \dots\dots\dots (iii)$$

(ii) 式を展開して

$$p_e = \frac{l^2 - (b^2 + b_0^2)}{8R} - \frac{w b_0^2}{16R^2} - \frac{(l^2 - b^2) - 2b_0^2(l^2 - l^2) - 4l^2 w^2}{128R^3} + \dots\dots\dots = \frac{l^2 - (b^2 + b_0^2)}{8R} \dots\dots\dots (iv)$$

單純に $d_0 = 0$ とすれば、則ち前掲 (4) 及び (5) 式が得られる。

規格車輛に就て、 $R = 75m$ なる極めて端小なる半徑の場合に、各式の與ふる偏倚を比較上表すれば次の如し。

	d_0	p_c	p_e	$p_c + p_e$
(i) 及び (ii) 式	7mm	197mm	222mm	419mm
(iii) 及び (iv) 式	7mm	190	236	426
(4) 及び (5) 式	0	191	228	419
(6) 及び (7) 式	0	187	240	427

則ち、 $d_0 = 0$ とせるものは、比較的 p_c に大なる値を與へ p_e を小ならしむるものであるが、 $(p_c + p_e)$ の値は、大體一致し、又最も簡易なる算式に依れるものと最も精密なるものとの間にも大差を認めぬのである。

因に、國有鐵道建設規程に於ては、 $l = 19.0m$ 、 $b = 13.4m$ なる車輛を基準として略算式に依れる爲に、恰かも $p_c = p_e$ となり、共に次式に依り與へらるることとなるのである。

$$p_c = p_e = \frac{22500}{R} \text{ (mm)} \dots\dots\dots (v)$$

4. 曲線の高度に基く限界の擴大

(1) 高度の算式 圓曲線に於ける高度に關する理論的公式は次の如し。

$$e = \frac{v^2 \cdot S}{g \cdot R} \dots\dots\dots (8)$$

但し ϵ = 高度 S = 軌間, R = 曲線半径, V = 列車の走行速度, g = 重力の加速度
 $g = 9.81(\text{m/sec}^2)$ とすれば

$$\epsilon = \frac{V^3 S}{0.127 R} \dots\dots\dots (9)$$

但し ϵ = 外軌の高度 (mm), R = 曲線半径 (m), V = 列車の走行速度 (km/h), S = 軌間 (m)
 $S = 1.435\text{m}$ に就ては

$$\epsilon = 11.3 \times \frac{V^3}{R} \text{ (mm)} \dots\dots\dots (10)$$

停車場外本線路に於ける列車走行速度を V_1 , 停車場前後附近に於けるを V_2 とし, 次の値を採るものとする (下記備考参照)。

$$V_1 = 55.0 \text{ km/h}, \quad V_2 = 35.8 \text{ km/h}$$

然れば $\epsilon = \frac{34\ 183}{R} \text{ (mm)} \dots\dots (V = 55\text{km/h}) \dots\dots\dots (11)$

$$\epsilon' = \frac{14\ 500}{R} \text{ (mm)} \dots\dots (V = 35.8\text{km/h}) \dots\dots\dots (12)$$

停車場外本線路に在りては, (11) 式に依り高度を附することとし $\epsilon = 165\text{mm}$ を以て最大限度とする。而して, 高度は常に外軌に於て施し, 接續緩和曲線の全長に於て始終すべきものとする。

停車場外本線路に於ける走行速度 $V_1 = 55\text{km/h}$ に依り, 最大高度を附すべき曲線半径 R_e を求むれば

$$R_e = \frac{34\ 183}{165} = 207 \text{ (m)}$$

從て, 半径 R_e 以内の曲線に於ては, 總て $\epsilon = 165\text{mm}$ とすべきを以て, 走行速度は高度不足の事由に依る制限を享くべきこととなる。

因に, 曲線に於ける高度を 165mm と限定せるは, 國有鐵道線路に於ける曲線高度の限度 115mm に倣ひ, 單に國有鐵道線路の軌間 $1\ 067\text{mm}$ と高速鐵道に於ける $1\ 435\text{mm}$ との差違に依り, 比例的に限度を高めたるに過ぎざるものであつて, 之が爲に車輛の安定を害すべきものではない。

備 考

高速鐵道線路に於ける列車運轉速度に關しては, 幾多の經驗値に依り概念的數値を求め得べきであるが, 之を運輸又は表定速度に就て見ると $20 \sim 30\text{km/h}$ の間に高下し, 從て此等の運輸速度を保つべき爲に要する平均速度は $27 \sim 35\text{km/h}$, 最高速度は $50 \sim 60\text{km/h}$ の廣範圍に跨る爲に, 一定の計畫線路に對する基準運轉速度は別途個々に就て選定せらるべきである。

前記, 外軌の高度を定むべき標準速度として $V_1 = 55\text{km/h}$, $V_2 = 35.8\text{km/h}$ を採つたのは, 専ら東京市營計畫高速鐵道線路に於て想定せる運轉速度に則りたるものであつて, 該運轉速度が適當なものなりや否やの論議は別途の問題として, 單に該運轉速度の内容及び本仕様線に於ける運轉速度の出所に就て略説することとする。

附屬圖表 II (1-4) は東京市營計畫高速鐵道及び東京近傍に於ける各種交通機關の列車運轉性能關係要項を示せるものであつて, 東京市營計畫線の方は周圍の交通機關の運轉性能を參照して想定せるものである。蓋し高速鐵道線路の開設に當りては, 特にその運轉性能に於て, 周圍の交通機關との振合を考慮すべきであつて, 市營計畫高速線に在りては, 専ら省線山手電車線運轉速度を目標とせるものであるが, 停車場間隔の比較的短小なる爲に (山手電車線 1.20km , 市營計畫高速線 0.80km) 1 馬力當り列車重量, 平均加速度, 制動減速度其他の列車運轉性能に於て稍優位ならしめたるものであるが (圖表 II (1) 參照), 結果たる運輸速度に於ては稍低位なることとなつた (圖表 II (2) 參照)。

斯くて, 市營計畫高速線電車の標準列車運轉に對する速度距離曲線 (圖表 II (4)) に見るが如く, 最高速度は山

手電車運轉と略同一なる 57km/h に達すべきであるが、少くとも 100~200m の距離を通じて走行すべき最高速度は 50~55km/h であつて、停車場外本線路に於ける運轉速度 V_1 の値は市營計畫高速線に於ける列車標準運轉に従へば 50~55km/h を採るべきである。而して外軌の高度は線路間隔及び隧道の大きにも影響すべき爲に、安全側としては高めなるを可とすべく、従て高度を定むべき運轉速度の値も稍高めなるを採るべき爲に $V_2=55\text{km/h}$ を採れるものである。

停車場前後附近に於ける列車走行速度 V_2 の値は専ら島式乗降場端附近に於ける停車場内外線路接続部分曲線軌道の外軌高度を定むべきものなるを以て、乗降場延長を 110m とし、列車の中央部が乗降場中央部に發着するものとせば列車中央部の乗降場端附近進入通過速度 V_i は、

$$\text{制動減速度 } \beta = 0.9\text{m/sec}^2 \text{ [圖表 II (1) 参照]}, \quad \text{制動距離 } D = \frac{110}{2} = 55\text{m}$$

なるを以て $V_i^2 = 2\beta D = 2 \times 55 \times 0.9$, $V_i = 9.94\text{m/sec} = 35.8\text{km/h}$

發車時に於ける乗降場端附近進入通過速度は、發車時に於ける列車の平均加速度〔約 0.7m/sec^2 , 圖表 II(1) 参照〕に關係すべきであつて、平均加速度は制動減速度に比し約 $2/3$ なるを以て、通過速度も進入通過速度に比し遙かに小なるべきである。之を圖表 II(1) 市營計畫高速線列車速度距離曲線に見るに、發車地點より約 50m の地點に於ける速度は約 31km/h であつて、停車地點前約 50m の地點に於ては約 35km/h である。故に V_2 の値としては安全側として V_i の値 35.8km/h を採れるものである。

(2) 高度に因る建築限界の水平偏倚 曲線に於ける建築限界は高度に伴ひ傾斜すべきものと考へらるべきが爲に、限界の各部分は軌條面よりの高さに應じて夫々水平偏倚を生ずる。

第 8 圖

曲線の内方へ最大水平偏倚を q_c とすれば q_c は第 8 圖に示せる l_1 及び H_2 及び θ に関し次式に依り與へられる。

$$q_c = l_1(\cos \theta - 1) + H_2 \sin \theta \doteq H_2 \sin \theta \dots\dots(13)$$

但し $\theta = \sin^{-1} \frac{\epsilon}{R}$

而して $H_2 = 3125\text{mm}$, $\epsilon = \frac{34183}{R}\text{mm}$, $S = 1435\text{mm}$

なるを以て $q_c = \frac{3125 + 34183}{1.435 R} = \frac{75}{R} \text{ (m)} \dots\dots(14)$

高度の最大限 $\epsilon = 165\text{mm}$ を附すべき曲線半径 $R_c = 207\text{m}$ 以内の曲線に於ける偏倚は即ち q_c の最大値である。

$$q_c \text{ の最大値} = \frac{75}{207} = 0.362\text{m} \doteq 0.360\text{m}$$

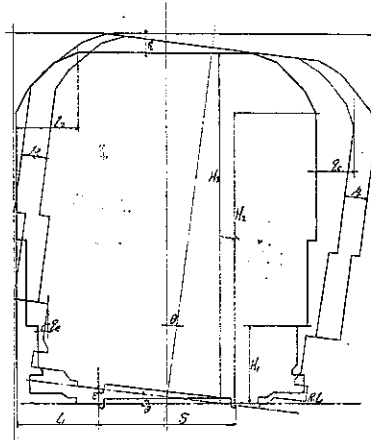
次に、曲線の外方に於ける水平偏倚を q_e とすれば、 q_e は第 8 圖の l_1 , H_1 及び θ に関し次式に依て與へられる

$$q_e = \{(S + l_1)(1 - \cos \theta) + H_1 \sin \theta\} \doteq H_1 \sin \theta \dots\dots(15)$$

但し $\theta = \sin^{-1} \frac{\epsilon}{R}$, $\epsilon = \frac{34183}{R}\text{m} \dots R \geq 207\text{m}$, $\epsilon = 0.165\text{m} \dots R \leq 207\text{m}$

q_e はそれだけ限界を縮小し得べき量なるを以て最小値を採ることとする。一定の高度に就ての q_e の最小値は車體の下端に於けるものであつて、車體の下端の軌條面上の高さ H_1 を 800mm とすれば

$$\begin{aligned} q_e &= 0.800 \times \frac{34183}{R} \times \frac{1}{1.435} = \frac{19}{R} \text{ (m)} \dots R \geq 207\text{m} \\ &= 0.800 \times \frac{0.165}{1.435} = 0.092 \doteq 0.090 \text{ (m)} \dots R \leq 207\text{m} \end{aligned}$$



(3) 高さの増量 直線建築限界の曲線外側方頂面隅角點の高度に因る隆起は、即ち曲線に於ける限界の高さの増量であつて、之を h とすれば、 h は第 3 圖に示せる l_1, l_2 及び H_3 に關係し次式に依て與へられる。

$$h = (S + l_1 - l_2) \sin \theta - H_3(1 - \cos \theta) = (S + l_1 - l_2) \sin \theta \dots\dots\dots (16)$$

但し $\theta = \sin^{-1} \frac{\epsilon}{S}$, $\epsilon = \frac{34.183}{R} (\text{m}) \dots\dots\dots R > 207\text{m}$, $\epsilon = 0.165 (\text{m}) \dots\dots\dots R < 207\text{m}$

h の最大値は ϵ の最大値 (0.165m) に對する隆起量であつて、而して $S = 1.435\text{m}$, $l_1 = 0.7825\text{m}$, $l_2 = 0.585\text{m}$ なるを以て、

$$h = \frac{1.633}{1.435} \times \frac{34.183}{R} = \frac{39}{R} \text{m} \dots\dots\dots R > 207\text{m}$$

$$h = \frac{1.633}{1.435} \times 0.165 = 0.188 = 0.190 \text{m} \dots\dots\dots R < 207\text{m}$$

5. 圓曲線に於ける建築限界の總増量

(A) 幅員の總増量

圓曲線に於ける建築限界の内方及び外方に於て擴大すべき總増量を夫々 E_c 及 E_e , 總増量を E とすれば

$$E_c = p_c + q_c + s/2 \dots\dots\dots (17)$$

$$E_c = \frac{14}{R} + \frac{75}{R} + \frac{s}{2} = \frac{89}{R} + \frac{s}{2} (\text{m}) \dots\dots\dots R > 207\text{m}$$

$$E_c = \frac{14}{R} + 0.360 + \frac{s}{2} (\text{m}) \dots\dots\dots R < 207\text{m}$$

$$E_e = (p_e - q_e) - \frac{s}{2} \dots\dots\dots (18)$$

$$E_e = \left(\frac{18}{R} - \frac{19}{R} \right) - \frac{s}{2} (\text{m}) \dots\dots\dots R > 207\text{m}$$

$$E_e = \left(\frac{18}{R} - 0.090 \right) - \frac{s}{2} (\text{m}) \dots\dots\dots R < 207\text{m}$$

安全側を採り、右邊第 1 項が負量なるときは常に zero と見做すこととする。然れば $R > 207\text{m}$ なるとき及び $R < 207\text{m}$ なるも $\frac{18}{R} - 0.092 \leq 0$ 即ち $R \leq \frac{18}{0.092} = 196\text{m}$ に在りては、 $E_e = -\frac{s}{2}$ とする。従て E_e の實用數値は次式に依るべきこととなる。

$$\left. \begin{aligned} E_c &= -\frac{s}{2} \dots\dots\dots R > 196\text{m} \\ E_e &= \left(\frac{18}{R} - 0.090 \right) - \frac{s}{2} \dots\dots\dots R < 196\text{m} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (19)$$

従て

$$\left. \begin{aligned} E &= E_c + E_e = \frac{89}{R} \dots\dots\dots R > 207\text{m} \\ &= \frac{14}{R} + 0.360 \dots\dots\dots 207\text{m} > R > 196\text{m} \\ &= \frac{32}{R} + 0.270 \dots\dots\dots R < 196\text{m} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (20)$$

(B) 高さの總増量

曲線に於ける建築限界の高さに於ける總増量は、外軌の高度に因り限界頂部隅角點の隆起すべき量のみを採るべきが故に、總増量は (16) 式に依て與へらるべき h の値を其儘採るべきものである。

6. 緩和曲線に於ける建築限界幅員の總増量

緩和曲線に於ては、その曲率半徑は起曲點(直線との接點を謂ひ P.T.C. と呼ぶ)に於ける無限大より漸次短縮し、終曲點(圓曲線との接點を謂ひ P.C. と呼ぶ)に到りて圓曲線半徑と一致すべく、高度及び擴度は之に反し、始曲點に始まり漸次増加し、終曲點に於て接續圓曲線の高度及び擴度に一致すべきを原則とし、從て建築限界の幅員は、常に起曲點より終曲點に到るに従ひ漸次増大せらるべきである。

緩和曲線には克蘭デル氏曲線を用うることとし、緩和曲線長を L 、起曲點よりの曲線長 l なる曲線上の一點 (l 點と呼ぶ)に於ける曲率半徑を $\rho(l)$ 、高度を $\varepsilon(l)$ とすれば

$$\rho(l) = R \frac{L}{l}, \quad \varepsilon(l) = \varepsilon \frac{l}{L}$$

但し、 R 及び ε は接續すべき圓曲線の半徑及び圓曲線に於ける高度である。

或る長さを有する車輛が緩和曲線上に運行せらるるとき、曲線の曲率及び高度に依る車輛の偏倚は、車輛の中央部の位せる點に於ける緩和曲線の曲率半徑に相當せる値を取るものと假定する。然れば l 點に於ける外方及び内方に關する限界幅員の總増量 E_u 及び E_i は、圓曲線の場合と同様に次式に依りて與へられる(擴度に基く偏倚は限界の總増量に於ては相殺せらるべきを以て便宜省略する)。

$$\begin{aligned} E_i &= p_e + q_e = \frac{14}{\rho(l)} + \frac{75}{R} \frac{l}{L} = \frac{89}{R} \frac{l}{L} \text{ (m)} \dots\dots\dots R > 207\text{m} \\ &= \frac{14}{\rho(l)} + 0.360 \frac{l}{L} = \left(\frac{14}{R} + 0.360 \right) \frac{l}{L} \text{ (m)} \dots\dots\dots R < 207\text{m} \end{aligned} \dots\dots\dots (21)$$

$$\begin{aligned} E_u &= p_e + q_e = \frac{18}{\rho(l+8)} - \frac{19}{R} \frac{(l+8)}{L} = -\frac{1}{R} \frac{(l+8)}{L} \text{ (m)} < 0 \dots\dots\dots R > 207\text{m} \\ E_u &= p_e + q_e = \frac{18}{\rho(l+8)} - 0.090 \frac{(l+8)}{L} \text{ (m)} \dots\dots\dots R < 207\text{m} \\ &= \left(\frac{18}{R} - 0.090 \right) \frac{l+8}{L} \text{ (m)} < 0 \dots\dots\dots 196\text{m} < R < 207\text{m} \\ &= \dots\dots\dots > 0 \dots\dots\dots R < 196\text{m} \end{aligned} \dots\dots\dots (22)$$

註。 l 點に就ての車輛端部の曲率偏倚は、車端が l 點に在るとき即ち車輛中央部は l 點より半車身長(車輛の長さは 16m なるを以て半車身長は 8m)だけ前進せる場合なるを以て、曲率偏倚量 p_e は $\rho(l+8)$ に因るべく、又車端の高度に基く偏倚量 q_e も $(l+8)$ 點に於ける高度に因るものと考えべきがために、上記の如く $p_e = \frac{18}{\rho(l+8)}$ 、 $q_e = \frac{19}{R} \frac{(l+8)}{L}$ なる關係が成立すべきである。

圓曲線に於けると同様に、 $E_u = p_e - q_e < 0$ なるときは常に $E_u = 0$ と見做すこととし、實用には次式を用うることとする。

$$\begin{aligned} E_i &= \frac{89}{R} \frac{l}{L} \dots\dots\dots R > 207\text{m} \\ &= \left(\frac{14}{R} + 0.360 \right) \frac{l}{L} \dots\dots\dots R < 207\text{m} \\ E_u &= 0 \dots\dots\dots R > 196\text{m} \\ &= \left(\frac{18}{R} - 0.090 \right) \frac{l+8}{L} \dots\dots\dots R < 196\text{m} \end{aligned} \dots\dots\dots (24)$$

第 5 章 直線と曲線との連結方法の選擇

1. 連結方法の類別

一定の車輛限界に就て、直線軌道線路を對象とせる建築限界及びそれ等の並列軌道間の所要間隔は容易に之を

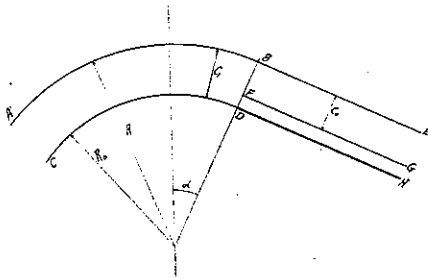
設定し得べく、又單獨なる曲線々路に就ても、その建築限界及び線路間隔の擴大量は是亦容易に算定し得べきことであるが、扱此等の相異なる間隔を必要とすべき並列直線及び並列曲線部分を直接に連結し、而かも兩部分個々に一定の所要間隔を保たしむべきことは、幾何學的には不能である。斯る場合、實用に供せらるべき手段は大別して直結方法と間接々續方法との2方法に類別する事が出来る。

地下鐵道線路に於て此等兩方法の孰れを採るべきかに就て考察を加ふることとする。

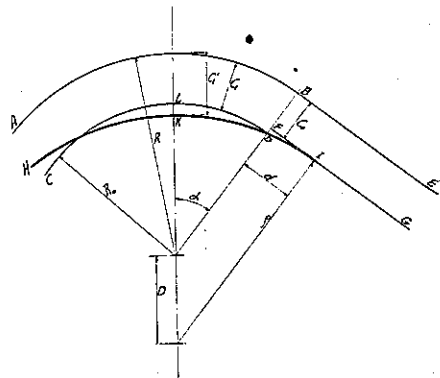
2. 直結方法

今、複線軌道線路に就て、線路の曲線には圓曲線を用うべき一般の場合に就て考ふることとし、直線及び曲線部分の所要間隔を夫々 C_0 及び C_1 、而して $C_1 > C_0$ とせば、夫々の部分に一定の所要間隔を保たしめんが爲には、直線部分にては1對の並行線にして曲線部分にては1對の同心圓曲線たるを要すべきも、斯くては兩部分を直結することは不能なるを以て、強て直結せんが爲には、 C_0 又は C_1 孰れかの間隔を所要以上に擴大しなければならぬ。一般に行はるゝ直結方法としては、第9圖及び第10圖の方法である。

第 9 圖



第 10 圖



A. 第9圖法は直線BE, FGの間隔 C_0 を曲線AB, CDの間隔 C_1 まで擴大して、直線FGに代ふるにDHを以てし、直曲兩線部分を通じて一定の間隔を保たしむるものであつて、平易にして實務に適するが故に、普通の地表鐵道線路に於て汎く行はるゝ方法であるが、同時に最も不利益にして大まかなる方法なるは言を俟たぬ。即ち第9圖法は、全線路の大部分を占むべき直線部分の總てを通じて必要以上の剩餘の間隔を與ふるものであつて此方法にては結局全線路を診ふて、全線路中の最小半径曲線部分に於てのみ必要とせらるべき大なる線路間隔を保たしむべきこととなり、特に尖鋭なる曲線を有する線路に於ては、不利益は一層顯現せらるべきこととなる。

B. 第10圖法は内方曲線半径の加減に依り曲線部分の線路間隔を擴大し、以て所期の目的を達せんとするものである。即ち直線部分の間隔には觸るゝことなく、單に曲線部分の間隔のみの調整に俟たんとするものであつて、之が爲に曲線部分の線路間隔は所要の間隔よりも著しく擴大せらるべきこととなるが、全線を通じて剩餘の間隔を與ふべき程度は第9圖法に比し少いので、高速鐵道又は路面電車線に於て往々行はれてゐる。併し、尖鋭にして長き曲線部分に對しては、著しき剩餘間隔を與ふべきこととなり、且又實務の上には甚だ煩雜なる方法なるが爲に好ましき方法とは見做し難い。

C. 第 9 圖及び第 10 圖方法の得失 相異なる所要間隔を保つべき直曲兩線部分を直結すべき實用的なる方法としては、第 9 圖及び第 10 圖法の外に出でぬのであるが、兩者の得失に就ては深く論究する迄もなく、線路の線形に應じて採否を決すべきであつて、全線を通じて比較的直線部分の少い場合、又は尖鋭なる曲線を有せざる線路にては、第 9 圖法を得策として擇ぶべきである。

曲線に於ける車體の偏倚は、大凡半徑 300m を限界とし、その以下なるときは半徑の縮小に従ひ急激に増大すべきも、半徑 300m 以上にては、僅かに 100mm 内外にして大同小異なるべき性質を有するを以て、國有鐵道甲線路に於けるが如く、曲線半徑 300m を最小となせるものにては、第 9 圖法に依るも全直線部分を通じて施すべき剩餘の間隔擴大も、極めて淺小にして重要視すべきものではなく、寧ろ取扱の便なる點より第 9 圖法が擇ばるべきものと見られる。

地下鐵道線路にては、屢々半徑 100m 曲線の避け難く、半徑 50m 曲線をも往々用ゐられ又用ふべき場合を生ずべきを以つて、第 9 圖法を線路敷設の準則となし難きは多言を要せぬのである。車輛長 16.0m, ボギー中心距離 10.5m なる車輛に對し、曲線々路に於ける車輛の中央部及び車端部の曲率に基く偏倚の和 ($p_c + p_e$) は次の如く

半 徑 (m)	偏倚量 $p_c + p_e$ (mm)
1000	32
600	53
300	106
100	316
50	623

半徑 50m 曲線の偏倚は、半徑 100m なるときの約 2 倍、半徑 300m なるときの約 6 倍である。

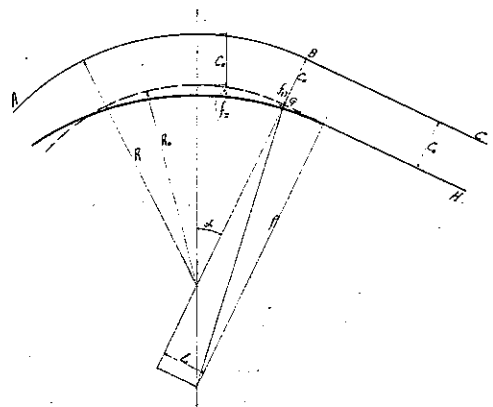
地下鐵道線路に於ける曲線部分の線路間隔の設定には、單に曲線の曲率に基く車輛の偏倚のみならず、外軌の高度に基く偏倚をも考慮すべき場合が寧ろ普通であつて、此場合には車輛の總偏倚量は上記の曲率偏倚量に倍蓰すべきこととなる。

路面電車線路にては、多くは併用道路の幅員關係から剩餘間隔の添加は制裁せられ、直曲兩曲線部分とも必要以上の間隔を剩し得ざるが爲に、特に第 9 圖法は行れ難い。

第 10 圖法は往々高速鐵道線路に於て行はるゝ方法であつて、剩餘の間隔を與ふべき部分は、大體に於て曲線部分のみに限定すべきを特長となせるものであるが、實際に於ては如何なる方法に依るも、直線と曲線とを連結する場合、必ず常に直線部分の間隔には多少の剩餘を必要とするのであつて、第 10 圖法に於ても直線部分にも多少の剩餘の間隔擴大を免るべきものではない。

總じて直線と曲線とを連結せる線路に於て、車輛が直曲兩線部分に跨る場合には、必ず常に直線部分に在る車體部分にも、接續曲線の曲率及び高度に因り或程度の偏倚を生ずべきを以て、若し直線部分の線路間隔 C_0 が直線に於ける車體偏倚限界一杯のものなりとせば、必然的に間隔の缺如を生ずべきである。従て 1 對の同心同弧と對の並行直線とを直結する場合には、連結點に接近

第 11 圖



せる直線部分に於ける車體偏倚量は、圓曲線部分に於けると殆んど同等なるを以て、線路の間隔は直曲兩線部分とも同一ならしむべきこととなり、常に第 9 圖法に據り接続すべきこととなる。

第 10 圖法にては、圓曲線部分の線路は同心圓ならざる爲、自然内外側軌道の連結點は相對一致せずして、第 10 圖 d の喰違を生じ、從て直線部分に及ぼすべき車體偏倚量は、連結點が相對一致せる場合に比し大に減小せらるべきも、全く之を除去し得べきものではない。

則ち第 10 圖法は第 9 圖法に比し、直線部分に與ふべき剰余の間隔は著しく緩和せらるべきものであるが、圓曲線部分に於ける間隔を餘分に擴大すべき缺點を有し、圓曲線の中心角度大なるに従ひ一層不利益は顯現せらるべきを以て、尖鋭にして中心角大なる曲線を有する線路にては推奨し難い。

今第 10 圖法に依る場合、曲線中心角度に應ずべき曲線部分間隔の擴大量を算出して見ると

例 示 1

$R_0=100m$, $f_1=0.320m$ とし、 L , ρ 及び f_2 を求む。

$$L=f_1 \cot \alpha \pm \sqrt{f_1^2 \cot^2 \alpha + (2R_0 f_1 - f_1^2)}$$

$$\rho=L \cot \alpha + R_0, \quad f_2 + R_0 + L \operatorname{cosec} \alpha - \rho$$

α	L (m)	ρ (m)	f_2 (m)
5°	12.448	242.283	0.544
10°	10.012	156.780	0.876
15°	9.277	134.621	1.221
20°	8.922	124.512	1.543
30°	8.567	114.839	2.295

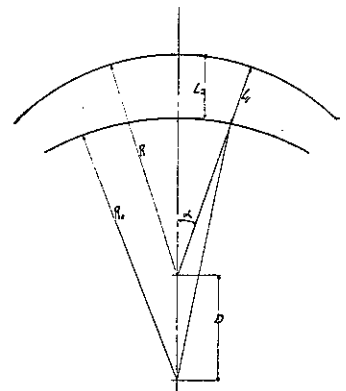
則ち $R_0=100m$ なるとき、G 點に於て 100m 半徑に對する車體の曲率偏倚 ($p_e + p_o$) = 0.320m だけ、曲線部分の線路間を隔大せんが爲には、 $\alpha=5^\circ \dots 20^\circ$ に就き、 $f_2=0.544m \dots 1.543m$ であつて、所要の間隔擴大量(0.320m)に比し 1.7~4.8倍である。而して L 及び ρ の値は、中心角度に依りて各々異なるが爲に、此方法は實用上には甚だ厄介なるものである。

経都市高速度鐵道にては、専ら第 10 圖法に依り、概して内曲線半徑は外曲線半徑に比し、50 呎 (約 15m) だけ大ならしむる事としてゐる。從て複々線部分にては、最も内側の曲線半徑は最外側曲線半徑に比し、150 呎だけ伸長せられてゐる。該方法に依る曲線部分線路間隔の擴大漸増の割合に就て一例を示せば次の如し。

$$L_2 = D \cos \alpha - \sqrt{R_0^2 - D^2 \sin^2 \alpha} + R_0$$

$$D = -\cos \alpha (R - L_1) + \sqrt{\{\cos \alpha (R - L_1)\}^2 - (R - L_1)^2 + R_0^2}$$

第 12 圖



L_1	α	R	R_0	D	$L_2 = -R_0 + D + R$
3.050	45°	75m	90m	23.364 ^m	8.364 ^m
"	"	150	165	24.671	9.071
"	"	300	315	24.834	9.834
"	30°	75	90	20.187	5.187
"	"	150	165	20.475	5.475
"	"	300	315	20.629	5.629
"	20°	75	90	18.960	3.960
"	"	150	165	19.071	4.071
"	"	300	315	19.136	4.136
"	10°	75	90	18.272	3.272
"	"	150	165	18.297	3.297
"	"	300	315	18.312	3.312

則ち此方法にては、曲線半径の大なるとき却て剩餘の擴大量比較的大なることとなり、 $\alpha=30^\circ$ （圓曲線の中心角度は 60° ）なるとき、曲線中央部に於ける間隔は、曲線始終點附近に於ける間隔の約 1.70 倍に達すべきを以て、中心角度 60° 以上の場合には用ふ可きものとは思はれぬ。

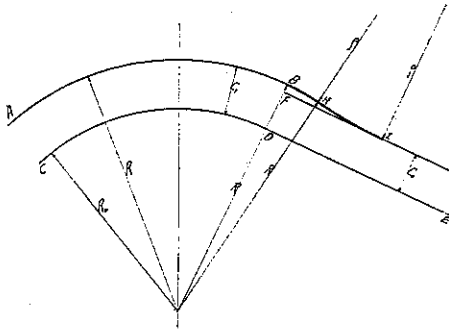
附 記

第10圖法は、曲線部分の間隔を擴大すべき場合には、適用の範圍は適宜限定せらるべきものではあるが、之に反し直線部分の間隔を曲線部分よりも擴大せんとする場合には、適當なる方法として往々用ゐられるものである。路面電車線にては、街路に於ける既設工作物を避けんが爲、又は直線部分に島式乗降地帯を設けんが爲、往々直線部分の間隔を特に擴大すべき必要を生じる。高速鐵道に於ても島式乗降場を設くるとき、停車場内外線路の間隔調整に當り同様な事柄が考へられる。

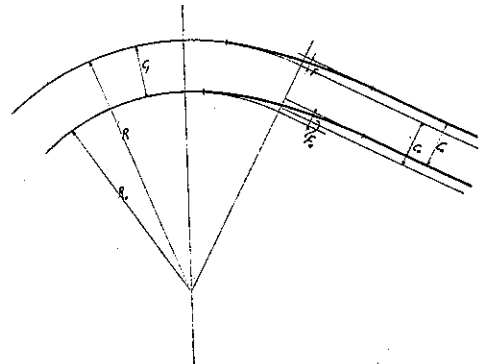
3. 間接々續方法

直曲兩線部分を直結すべき方法は、地下鐵道線路に就ては孰れも適當なるものとはなし難いのであつて、他の方法としては媒介曲線を挿入すべきことが考へられる。

第 13 圖



第 14 圖



第13圖及び第14圖は、媒介曲線を用ゐる線路間隔の相異なる直線と曲線とを接續すべき代表的なるを示せるもの

であつて、第 13 圖法は、外圓線に於て反曲線を挿入するものであるが、路面電車線の如き緩速度運轉線路以外には不適當である。又此方法に於ても、直線部分の間隔 C_0 には、曲線と接續すべき總ゆる場合に免れ難き剩餘の間隔を與ふべきは勿論である。

第 14 圖法は、直線と曲線との連結に當り、曲率及び高度の激變を緩和すべき目的にて挿入せらるべき緩和曲線を利用して、線路間隔調整の目的をも達せしめんとするものであつて、稍厄介なる方法ではあるが、此方法に依れば他の孰れの方法よりも、直線は又曲線部分に與ふべき剩餘の間隔を僅少ならしめ、且又直曲兩線部分とも夫々一定の間隔を保たしめ得べく、從て直線部分の線路は並行し、圓曲線部分は同心圓たらしめ得べきものである。

本論に於ける地下鐵道線路の直曲兩線部分を接續すべき仕方には、第 14 圖法を採用せんとするものであつて、本方法に依り全線を通じての線路間隔を統制し、最も經濟的に調整し得べきものとなせる主なる根據は、次の理由に基くものである。

即ち、直曲兩線部分を連結すべき總ての方法に就て通覽するに、如何なる方法に依るも、直線部分に對し剩餘の間隔を與ふべきこととなり、單に問題は、他の代償に依て直線部分に與ふべき剩餘間隔を増減せしめ、彼是權衡の結果、得失を決定すべきに止るべきである。第 9 圖法は曲線部分には全く剩餘間隔を省き得べきも、全直線部分に對し最大なる剩餘間隔を與ふべきこととなり、尖銳曲線を有する線路にては著しく不利益である。第 10 圖法は、直線部分に與ふべき剩餘間隔は淺少にて足るべきも、之が代償として曲線部分に於て過大なる剩餘間隔を必要とし、中心角度大なる曲線を含める線路にては償ひ難きこととなる。

如上、第 9 圖及び第 10 圖法の不備なるに對し、第 14 圖法は曲線部分には必ずしも剩餘の間隔擴大を施すべきを必須とするものに非ずして、若し充分長き媒介緩和曲線を挿入せば、直線部分に與ふべき剩餘間隔をも極小ならしめ得べき特長を有するを以て、線路間隔の調整には、最も適當なる方法とも見らるべきものである。併し高速鐵道線路に於ては、必ず常に充分長き緩和曲線を挿入し得べきものではないので、第 14 圖法に依り、直曲兩線部分の線路間隔を經濟的に調整せんが爲には、適當なる緩和曲線の敷設方法、夫れに依つて目的を達し得べき圓曲線半徑の限度、及び限度以内の半徑曲線に對する處置等に就ては、個々別途に考究せらるべきである。

第 6 章 媒介緩和曲線の敷設

1. 概 説

複線軌道線路の直曲兩線部分を接續すべき場合に於て、線路間隔調整の爲にする媒介緩和曲線は、普通に列車運轉を圓滑ならしめんが爲に挿入すべき緩和曲線を、其儘兼用せしめることとする。從て緩和曲線の長さは、専ら列車運轉の方面から定められ、線路間隔の調整關係からは、單にその敷設方法を加減するに止まるべきものである。

緩和曲線は、特にクランデル氏曲線を採用すべきことは前述の通りである。而して緩和曲線の長さは、高度の 360 倍を原則とし、特別なる場合には 180 倍とする。此長さは、國有鐵道乙線と丙線とに於ける所定の緩和曲線長（夫々高度の 450 倍及び 300 倍）の中間に該當するものであつて、線路間隔調整の爲には比較的長めなるを要すべきであるが、隧道建設費節約の爲に、寧ろ短小なるものを採つたものである。

今、複線軌道線路に就て、線路間隔を異にせる直曲兩線部分の間に緩和曲線を挿入せんが爲には、その敷設には特別なる考慮を必要とすべきであつて、此處には、先づ外側軌道線路に就て所定の長さの緩和曲線を敷設し、内側軌道線路に就ては、直曲兩線部分に於ける線路間隔が、各々所要の間隔を保ち得べき緩和曲線を求め之を敷設することとした。從て内外兩側の緩和曲線は、各々その長さを異にすべきこととなり、内側緩和曲線長は、直曲兩線部分の

線路間隔の相異に依り變化し、其差の正負に依て外側緩和曲線に比し、或は長く或は短きこととなる。

今、若し直線部分の間隔が曲線部分よりも大なるものとせば、内側緩和曲線は外側ものより短小となり、緩和曲線本來の目的をも達し得ざることとなるべきを以て、此敷設方法の適用は、曲線部分の線路間隔が常に直線に於けるよりも大なる場合にのみ限定せらるべきものである。

斯くて連結せられたる内外側軌道の間隔が、直曲兩線部分及び媒介緩和曲線部分に於て、所要の間隔を充し得べきや否や及びその調整等に就ては別途の考究に俟つべきである。

2. クランダル氏緩和曲線

クランダル氏曲線は、線路の直曲兩線部分の間に介在して曲率及び高度を漸次に増減せしめ、以て列車運轉の圓滑に資すべきものであつて、cubic parabola 線とは極めて酷似せる曲線である。一般的に緩和曲線挿入の目的を達せんが爲には、此外各種の曲線が用られるのであるが、路面電車以外では専らクランダル氏曲線又は cubic parabola 曲線が用ひられてゐる。國有鐵道線路に於ては、専ら cubic parabola 曲線が用ひられてゐるが、高速鐵道線路に於けるが如き尖鋭圓曲線を有する線路にては不適當である。

備考

Cubic parabola 曲線には次の如き性質がある。

Cubic parabola 曲線は次の方程式にて表はされる。

$$y = ax^3$$

簡單を期する爲 $a=1$ とすれば $y=x^3$ 曲線上の任意の點に於ける曲率半徑を ρ とすれば

$$\rho = \frac{\left\{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right\}^{\frac{3}{2}}}{\frac{d^2y}{dx^2}} = \frac{(1+9x^4)^{\frac{3}{2}}}{6x}$$

故に $x=0 \quad y=0 \quad \rho=\infty, \quad x=1 \quad y=1 \quad \rho=5.26, \quad x=\infty \quad y=\infty \quad \rho=\infty$

ρ の最小値 ρ_{\min} 及びその座標 (x_0, y_0) を求むれば $\frac{d\rho}{dx}=0$ により $x=0.3865 \quad y=0.0574$

故に $\rho_{\min}=0.567$

則ち、cubic parabola を緩和曲線として用ふる場合には (x_0, y_0) 點を境として、その原點側又は反原點側を用ふべきであるが、反原點側は $(x=0.386, y=0.057)$ 點と $(x=1, y=1)$ 點との間に急激なる曲率の増大を來し、加之、 $(x=1, y=1)$ より大なるときは、徒らに大なる數字となり取扱上に不便なるを以て實用に供し難い。 $(x=0.386, y=0.057)$ 點以内の部分にては、 ρ は漸次に増大し $(x=0, y=0)$ に就て ∞ となり緩和曲線として適當なるものである。

然して $(x=0.386, y=0.057)$ 點に於ける接線の横軸と爲すべき角度を θ とすれば

$$\tan \theta = \frac{dy}{dx} = 3x^2 = 0.447$$

故に $\theta = 24^\circ 5'$

則ち、緩和曲線の接線角度が $\theta = 24^\circ 5'$ 以内に在りては、cubic parabola 曲線は緩和曲線として適當なるものであるが、之れ以上の場合には不適當である。

高速鐵道線路線形に於ける最小曲率半徑として 50 m 迄考ふる場合には、緩和曲線長を高度の 360 倍以内に止むるものとするも $\theta = 34^\circ$ に達すべきを以て、cubic parabola 曲線は、高速鐵道線路に於ける緩和曲線として一般的には採用し難い。

緩和曲線の正規の長さを外軌高度の 360 倍となせる根據は、緩和曲線長は車輪の輪縁の最小なる高さを考慮して、脱線に對する危険なからしむべきだけの長さなるを要すべしとの考へ方からすれば、各國高速鐵道車輛の圓

定軸距は 2500 mm 以内なるを以て、東京高速線用車輛にては安全の爲め多少の餘裕を附し 3000 mm とし、輪縁の最小高を 25 mm とすれば、輪縁が軌條より脱出せざる限度勾配 $1/n$ は

$$1/n = 25/3000 = 1/120$$

則ち $n = 120$

本線路に對しては、 $n \leq 3$ (國有鐵道建設規程の甲線路に對すると同等) を採れば、緩和曲線の長さは高度の $3 \times n = 360$ 倍

なるべきことから此正規の長さを定めたものである。

緩和曲線はその曲線長を定めたる後は容易に之を敷設することが出来る。今克蘭デル氏曲線の一般的性狀並に敷設に關する要點を示せば次の如し。

(1) 曲率半徑及び中心角の關係

e = 圓曲線に於ける外軌の高度

k = 緩和曲線に於ける外軌の勾配

又は外軌高度と緩和曲線長との比

ρ = 緩和曲線の任意の一點に於ける曲率半徑

l = 始曲點 P.T.C (緩和曲線と直線との接點) より緩和曲線の任意の一點迄の緩和曲線の長さ

ϕ = l の中心角の弧度

ϕ° = ϕ の角度

とすれば (第 15 圖参照) 高度に關する理論公式に依り

$$e = \frac{SV^2}{g} \cdot \frac{1}{\rho}$$

但し V は列車の速度、 S は軌間、 g は重力加速度

而して $e = kl$

$$= \left(\frac{SV^2}{g} \right) \cdot \frac{1}{\rho}$$

故に $\rho = \left(\frac{SV^2}{g} \right) \frac{1}{kl} = \frac{\text{constant}}{l} \dots \dots \dots (25)$

又、 $\rho \cdot d\phi = dl, \quad \rho = \frac{dl}{d\phi}$

従て $d\phi = \left(\frac{kg}{SV^2} \right) l \cdot dl$

及び k は或る緩和曲線に就ては一定なるを以て $\frac{kg}{SV^2} \equiv 2m$ とし積分に依り

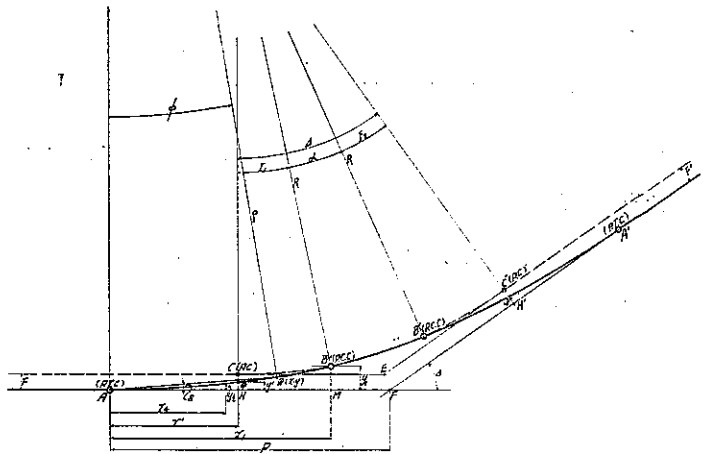
$$\phi = ml^2 \dots \dots \dots (26)$$

(2) 緩和曲線の縦距及び横距

T.C 點を原點とし接線を横軸とせる縦横軸に關し

y 及び x = 緩和曲線の任意の一點の縦距及び横距

第 15 圖



y_1 及び x_1 = 終曲點 P. C. C (緩和曲線と圓曲線との接點) の縦距及び横距

y' 及び x' = 原圓曲線の始點 P. C の縦距及び横距

とすれば緩和曲線の任意の一點に就て微分三角形に於て

$$\frac{dy}{dl} = \sin \phi$$

從て $dy = dl \left[\phi - \frac{\phi^3}{3!} + \frac{\phi^5}{5!} - \frac{\phi^7}{7!} + \dots \right] = dl \left[ml^2 - \frac{m^3 l^3}{6} + \frac{m^5 l^5}{120} - \frac{m^7 l^7}{5040} + \dots \right]$

積分に依り

$$y = \frac{ml^3}{3} - \frac{m^3 l^3}{42} + \frac{m^5 l^5}{1320} - \frac{m^7 l^7}{75600} + \dots$$

$ml^2 = \phi = \frac{\phi^0}{57.3}$ に依り $y = l \left[\frac{\phi^0}{171.89} - \frac{\phi^3}{79 \times 10^5} + \frac{\phi^5}{8151 \times 10^8} - \frac{\phi^7}{153245 \times 10^{12}} + \dots \right]$

故に

$$y = l.C \left. \begin{aligned} C &= \left(\frac{\phi^0}{3} - \frac{\phi^3}{42} + \frac{\phi^5}{1320} - \frac{\phi^7}{75600} + \dots \right) \\ &= \left(\frac{\phi^0}{171.89} - \frac{\phi^3}{79 \times 10^5} + \frac{\phi^5}{8151 \times 10^8} - \frac{\phi^7}{15324 \times 10^{12}} + \dots \right) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (27)$$

又微分三角形に於て

$$\frac{dx}{dl} \cos \phi, \quad dx = dl \left[1 - \frac{\phi^2}{2!} + \frac{\phi^4}{4!} - \frac{\phi^6}{6!} + \dots \right]$$

$\phi = ml^2$ を代入して積分すれば

$$x = l \left[1 - \frac{m^2 l^4}{10} + \frac{m^4 l^8}{216} - \frac{m^6 l^{12}}{9360} + \dots \right] = l - l \left[\frac{\phi^2}{32828} - \frac{\phi^4}{2328 \times 10^8} + \frac{\phi^6}{33114 \times 10^{10}} - \dots \right]$$

故に

$$x = l - l.E \left. \begin{aligned} E &= \left(\frac{\phi^2}{10} - \frac{\phi^4}{216} + \frac{\phi^6}{9360} - \dots \right) = \left(\frac{\phi^2}{32828} - \frac{\phi^4}{2328 \times 10^8} + \frac{\phi^6}{33114 \times 10^{10}} - \dots \right) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (28)$$

(3) 緩和曲線の移程其他敷設要項

F = 移程, R = 圓曲線の半徑, L = 緩和曲線長
 P = 接線長, I^0 = 緩和曲線の中心角度, I = 同上の弧度,
 α = 緩和曲線敷設後の圓曲線中心角度

とすれば $m = \frac{kq}{2SV^2}$, $k = \frac{SV^2}{\rho l q}$ なるを以て $m = \frac{1}{2\rho l} \dots \dots \dots (29)$

又, (26) 式に依り $\phi = \frac{l}{2\rho} \dots \dots \dots (30)$

從て終曲點 (P. C. C) に就ては $m = \frac{1}{2RL} \dots \dots \dots (31)$

$I = \frac{I^0}{2R} \dots \dots \dots (32)$

又, $I = \frac{I^0}{57.29578}$ なるを以て $I^0 = 23.64789 \frac{I}{R} \dots \dots \dots (33)$

故に緩和曲線敷設に關する要項に就て容易に次の各式が成立する。

$F = y_1 - R(1 - \cos I^0) \dots \dots \dots (34)$

$x' = x_1 - R \sin I^0 \dots \dots \dots (35)$

$$\alpha = \Delta - (I_1^\circ + I_2^\circ) \dots\dots\dots(36)$$

$$P = x' + (R + F) \tan \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots(37)$$

$$\phi^\circ = I^\circ \frac{l^2}{L^2} \dots\dots\dots(38)$$

現地に於ける曲線敷設の方法は偏倚角方法に依るを便とする。P. T. C 點に關する緩和曲線各點の偏倚角度を δ° とすれば

$$\delta^\circ = \tan^{-1} \frac{y}{x} = \frac{\phi^\circ}{3} - \frac{8}{2835} \phi^{o3} - \frac{32}{467775} \phi^{o5} - \dots\dots\dots(39)$$

(4) 緩和曲線に於ける L, F, R の關係

(34) 式により $F = y_1 - R(1 - \cos I)$

(27) 式により $„ = LC - R(1 - \cos I)$

(32) 式により $„ = 2RLC - F(1 - \cos I)$

故に
$$\frac{F}{R} = 2LC - (1 - \cos I) = 2L \left(\frac{I}{3} - \frac{I^3}{42} + \frac{I^5}{1320} - \frac{I^7}{75600} + \dots \right)$$

$$- \frac{I^2}{2!} + \frac{I^4}{4!} - \frac{I^6}{6!} + \frac{I^8}{8!} - \dots = \frac{I^2}{6} - \frac{I^4}{168} + \frac{I^6}{7920} - \frac{I^8}{604800} + \dots$$

$$\frac{24F}{R} = \left(\frac{L}{R}\right)^2 - \frac{1}{112} \left(\frac{L}{R}\right)^4 + \frac{1}{21120} \left(\frac{L}{R}\right)^6 - \frac{1}{6451200} \left(\frac{L}{R}\right)^8$$

右邊第 3 項以下を省略して

$$\frac{24F}{R} = \left(\frac{L}{R}\right)^2 - \frac{1}{112} \left(\frac{L}{R}\right)^4 \dots\dots\dots(40)$$

$$\left(\frac{L}{R}\right)^4 - 112 \left(\frac{L}{R}\right)^2 + \frac{2688F}{R} = 0$$

故に
$$L = R \sqrt{56 - 56 \sqrt{1 - \frac{6F}{7R}}} \dots\dots\dots(41)$$

(5) 簡易公式

克蘭ダ氏曲線は、曲線中心角度の大小に制限せらるることなく、一般に緩和曲線として最も適當となるものとして適用せられ得べきものであるが、敷設要項の算出極めて繁雜なる嫌がある。然し實務に當り特に精密を要する場合を除き、中心角度の小なる場合には、簡易公式に依り實用上充分精密なる數値を求めることが出来る。

今、克蘭ダ氏曲線式を簡易化せんが爲、(27) 及び (28) 式に於て右邊第 2 項以下を省略すれば

$$y = \frac{\phi l}{3} = \frac{ml^2}{3}, \quad x = l$$

故に
$$y = \frac{m}{3} x^2 \dots\dots\dots(42)$$

又 (40) 式に於て右邊第 3 項以下を省略すれば $L = \sqrt{24RF} \dots\dots\dots(43)$

$$F = \frac{L^2}{24R} \dots\dots\dots(44)$$

又 (15) 式に依り同様に $\delta^\circ = \frac{\phi^\circ}{3} \dots\dots\dots(45)$

(42) 式は cubic parabola 曲線式であつて、即ち cubic parabola 曲線式は克蘭ダ氏曲線式を簡易化せるに外ならざるものである。従て、簡易公式の適用は cubic parabola 曲線と同様に、曲線中心角度の小なる場合

にのみ限定せらるべきであるが、一般クランダル氏曲線に關する數値の近似値は、cubic parabola 曲線に關する數値に依て與へらるべきものと見做し得べきものである。故に、クランダル氏曲線の精密なる測設に先立ち、暫定的に曲線長 L 又は 移程 F の近似値を求めんには、(43) 及び (44) 式に依り容易に目的を達することが出来る。

如上の理由に依り一般に、クランダル氏曲線には次の事柄が認められる。

- i. P.C (原直線と原圓曲線との接點) と P.T.C (始曲點) との距離は、略々緩和曲線長の $1/2$ に等しい。從て緩和曲線の一半は直線側に、他の一半は圓曲線側に在る。
- ii. 緩和曲線の接線からの枝距は、略々 P.T.C からの距離の 3 乗、圓曲線から緩和曲線への枝距は、P.C からの距離の 3 乗に比例する。
- iii. 緩和曲線の任意の點の P.T.C に關する偏倚角は、其點迄の曲線長の 2 乗に變化し、又實用上其點迄の曲線長の中心角の $1/3$ に相等しい。此關係は $\phi^{\circ} = 20^{\circ}$ 迄は充分精密なるものである。

3. 複線軌道線路の内外側軌道に於ける緩和曲線

複線軌道線路の直曲兩線部分の連結には、先づ外側軌道に就て所定の長さの緩和曲線を敷設し、内側軌道線路に就ては相對的に移程を加減し、以て直曲兩線部分が各別に保つべき線路間隔を與ふべき緩和曲線を求め、之を挿入すべきである。

第 16 圖に於て、連結せらるべき直曲兩線部分の所定の線路間隔を夫々 C_0 及び C_1 とし、 $C_1 > C_0$ とする。若し此等

兩線部分を直結するものとせば、直線部分の間隔を C_1 まで擴大し内側軌道直線部分は $G'S'$ の位置に移動せしむべきである。而して、今緩和曲線を介在せしめ夫々の所定の間隔を保たしむる爲には、先行すべき外側軌道の緩和曲線の移程を F 、後續すべき内側軌道緩和曲線の $G'S'$ 直線からの移程を F_0 とすれば F_0 は次式に依て與へられる。

$$F_0 = F + (C_1 - C_0)$$

而して $C_1 > C_0$ なるを以て $F_0 > F$

今 R, R_0 = 外側及び内側軌道圓曲線の半径、 L, L_0 = 外側及び内側軌道緩和曲線の長さ

れば $R_0 = R - C_1$

$$(41) \text{ 式により } L_0 = R_0 \sqrt{56 - 56 \sqrt{1 - \frac{6F_0}{7R_0}}} = (R - C_1) \sqrt{56 - 56 \sqrt{1 - \frac{6(F + C_1 - C_0)}{7(R - C_1)}}} \dots (46)$$

(第 1 編終)

第 16 圖

