

### 第三章 計 畫 設 計

大正4年7月26日熱建35號を以て、熱海線設計標準に關し伺を呈出して居る。即建築定規，土工定規，隧道建築定規等，線路に關するものと，溝橋及橋梁設計に適用する機關車荷重に就いてである。之に關しては，建工第492號を以て，大正5年2月5日，認可が來たのである。

上記案呈出の内，丹那山隧道断面の決定並びに，單線式2本を採用せず，複線式1本を採用するに至つた理由に就いて述べてある。

熱海線隧道建築定規説明書を抜萃して次に記載することとする。

#### 第一節 隧道建築定規形状の説明

隧道の形状を定むるに當り他日熱海線上に廣軌列車を運轉する事があるとしても隧道を改築する必要なき程度に其内空面を擴張した。

曲線隧道の場合建築定規が傾斜しても隧道内周圍に抵觸する事のない様にする爲豫め曲線に於ける外軌の高度を決定する必要があり之を明治41年9月達第488號(曲線に於ける軌間の擴度及軌條の高度整備並に緩和曲線敷設方法の件)の公式

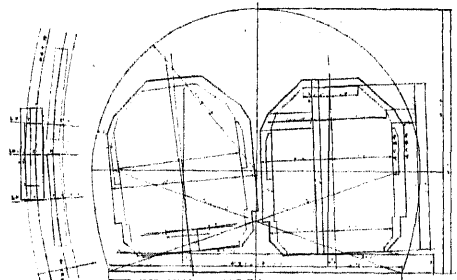
$$c = \frac{gv^2}{1.25R}$$

$c$  = 外軌の高度(吋)

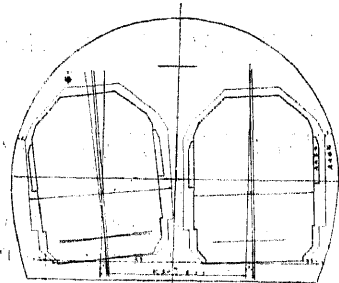
$g$  = 軌間(呎) =  $4' - 8\frac{1}{2}"$

$v$  = 列車速度(1時間に付哩)

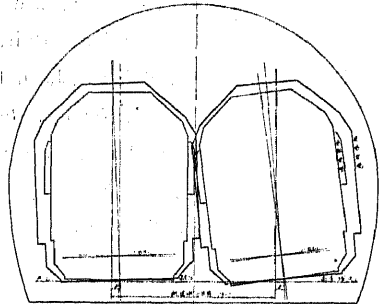
$R$  = 曲線の半径(呎)



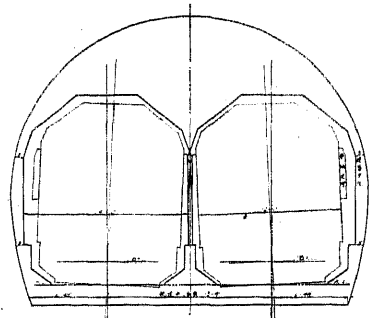
第14圖 建築限界と隧道断面との關係其の1



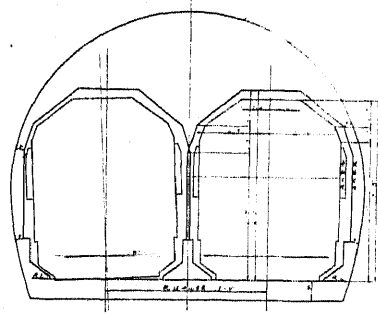
第15圖 建築限界と隧道断面との關係其の2



第16圖 建築限界と隧道断面との關係其の3



第17圖 建築限界と隧道断面との關係其の4

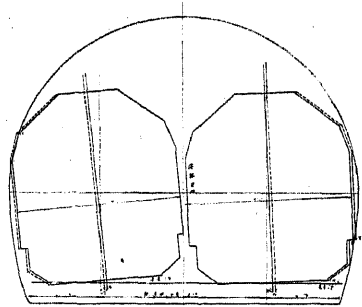


第18圖 建築限界と隧道断面との關係其の5

備考

歐洲大陸に於ける外軌高度の最大限

| 鐵道名                               | 高度(吋)                          |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| Ravarion State Railway            | 4 $\frac{5}{8}$ / <sub>4</sub> |
| Odenberg State Railway            | 5 $\frac{5}{16}$               |
| Prussian State Railway            | 5 $\frac{5}{16}$               |
| Wurtemberg State Railway          | 4 $\frac{5}{8}$ / <sub>4</sub> |
| Belgian State Railway             | 5 $\frac{29}{32}$              |
| Spanish Northern Railway          | 5 $\frac{9}{32}$               |
| French Eastern Railway            | 5 $\frac{9}{32}$               |
| Paris Lyons-mediterranean Railway | 6 $\frac{19}{32}$              |
| Orleans Railway                   | 7 $\frac{21}{64}$              |
| Italian State Railway             | 5 $\frac{23}{64}$              |



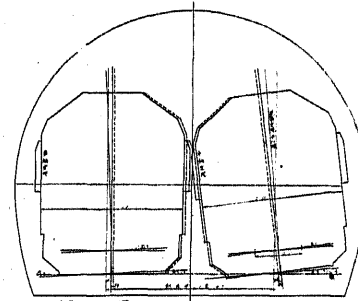
第19圖 建築限界と隧道断面との關係其の6

に依り計算した。vを45哩とすれば曲線半径20鎖に對する高度は5吋4分の3である。然れども歐洲各國に於ける最大限度に鑑み5吋2分の1に制限した。

而して高度最大限を有する曲線上の隧道にも直線と同一の形狀を適用せんとする爲に、瑞西國有鐵道及其他の例に倣ひ隧道中心を軌條中心と一致せしめないで、複線型に於ては11吋又は12吋、單線型に於ては6吋曲線外側に偏倚することとした。

各國に於ける隧道の形狀を参照すると圖に示す通り區々ではあるが、穹拱部分に付き論じて見れば複線型に於ては歐洲大陸には半圓形、又は中高三心圓形米國には半圓形又は偏平三心圓形を採用してゐる所が多く、單線型に於ては各國を通じ半圓形又は中高三心圓形を採用してゐる。又側壁に就いては曲線型をしてゐるものが多い。

我熱海線に如何なる形狀のものを採用すべきか之を調査するため圖に示すが如く穹拱部分の複線型に於ては半圓形(第1案)偏平三心圓形(第2案)中高三心圓形

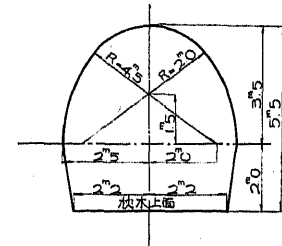


第18圖 建築限界と隧道断面との關係其の7

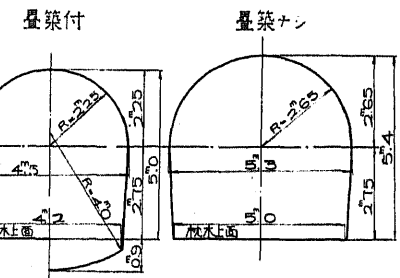
(第3案)及低偏平三心圓形(第4案)なる案を又單線型にありては半圓形(第1案)及中高三心圓形(第2案)なる二案を作り各案の強度及工事費を比較することとした。

各案を外國の實例と對照するに複線型に於て半圓形案は瑞西國有鐵道の定規、扁平三心圓形案は米國 D. L. & W. R. R. Old Bergen Tunnel, 中高三心圓形案は埃太利國有鐵道の定規、低偏平三心圓形案は米國 Newyorks Central R. R. Peekskill Tunnel. の形狀に似、又單線型に於て第1案は瑞西國有鐵道の定規に似て逢坂山隧道と同一である。第2案は瑞西の Simplon Tunnel の形狀に酷似してゐる。工事費は隧道延長の同一なる場合には掘鑿及疊築工の面積に比例するが故に茲には唯此等の面積を對照して見ると次表の通りとなる。

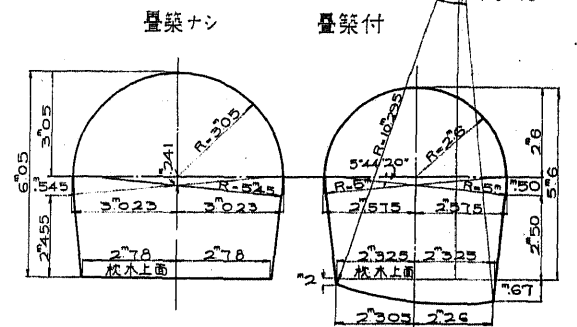
1. Simplon II Tunnel



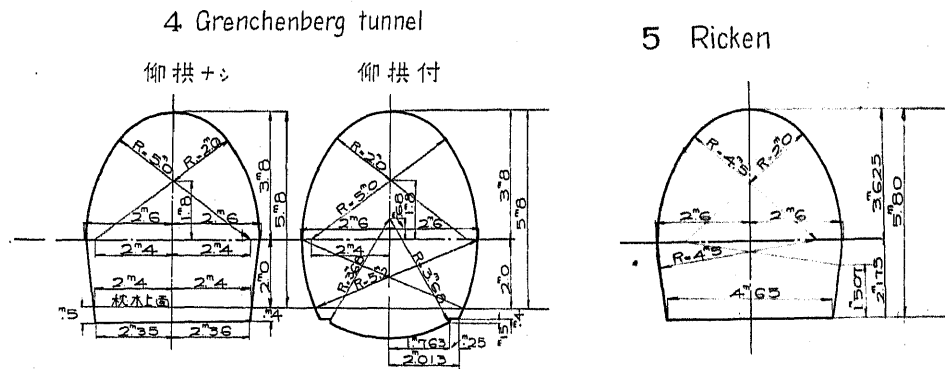
2. Albula Tunnel



3. Swiss government Rys. Tunnel (Standard)



第20圖 各國隧道断面圖其の1 スイス單線隧道 (No. 1-No. 5)



第21圖 各國隧道断面圖其の2

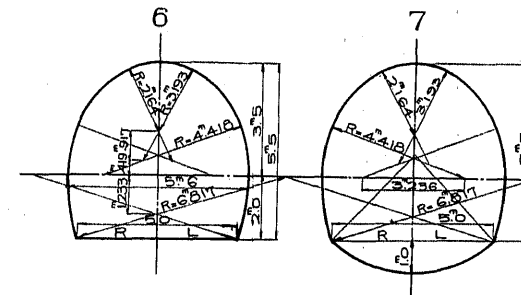
複線型

備考 掘鑿は壘築面積外に9吋の餘裕を見込んで其面積を計算してゐる。

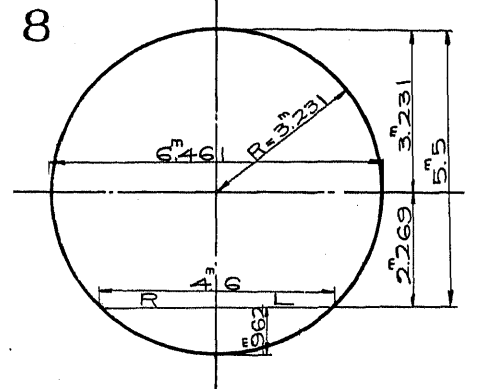
|                   |            | 第 1 案          | 第 2 案          | 第 3 案          | 第 4 案          |
|-------------------|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 内 空 面             |            | 558.4          | 533.9          | 553.9          | 532.7          |
| 4 枚 卷             | 掘 鑿<br>壘 築 | 714.3<br>98.6  | 684.2<br>96.1  | 708.6<br>98.1  | 683.4<br>96.0  |
| 5 枚 卷             | 掘 鑿<br>壘 築 | 741.4<br>124.7 | 710.6<br>121.5 | 735.9<br>124.5 | 710.4<br>122.1 |
| 6 枚 卷             | 掘 鑿<br>壘 築 | 769.2<br>151.4 | 738.2<br>147.5 | 763.4<br>151.1 | 737.6<br>148.2 |
| 7 枚 卷             | 掘 鑿<br>壘 築 | 797.0<br>178.7 | 766.0<br>174.1 | 791.8<br>178.4 | 765.2<br>174.8 |
| 8 枚 卷             | 掘 鑿<br>壘 築 | 829.5<br>206.5 | 794.2<br>201.1 | 820.8<br>206.3 | 793.4<br>202.0 |
| 上記 6 枚 卷<br>面積の比例 | 掘 鑿<br>壘 築 | 1,043<br>1,026 | 1,001<br>1,000 | 1,035<br>1,024 | 1,000<br>1,005 |

此表を見ると掘鑿及壘築面積は複線型に於ては第2及第4案最も少く第3案之に次ぐ。又單線型に於ては第2案の方小である。

Vievola - Ventimiglia Line



第22圖 (A) 各國隧道断面圖其の3  
イタリア單線隧道 (No. 6-No. 8)

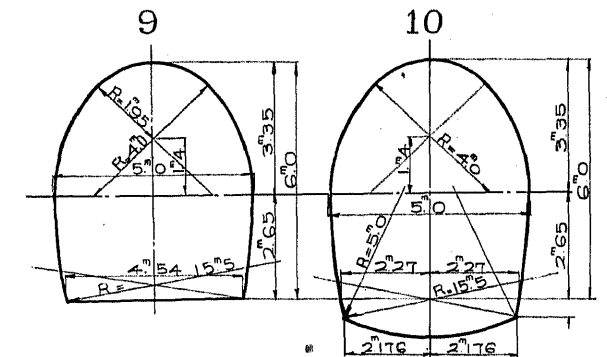


第22圖 (B)

單 線 型

|                   |            | 第 1 案          | 第 2 案          |
|-------------------|------------|----------------|----------------|
| 内 空 面             |            | 279.1          | 276.2          |
| 3 枚 卷             | 掘 鑿<br>壘 築 | 379.9<br>57.0  | 375.8<br>56.8  |
| 4 枚 卷             | 掘 鑿<br>壘 築 | 400.9<br>77.4  | 397.0<br>76.8  |
| 5 枚 卷             | 掘 鑿<br>壘 築 | 422.5<br>97.7  | 418.4<br>97.3  |
| 6 枚 卷             | 掘 鑿<br>壘 築 | 444.9<br>119.2 | 440.8<br>118.4 |
| 上記 4 枚 卷<br>面積の比例 | 掘 鑿<br>壘 築 | 1,010<br>1,008 | 1,000<br>1,000 |

Paris Lyons Mediterranean Railway



第23圖 (A) フランス單線隧道 (No. 9-No. 13)

強度の比較をなす爲に計算基礎を左の通り定めた。

拱自身の重量 1 立方呎 150 封度  
拱上土の重量 1 立方呎 100 封度

水平土壓(ランキン氏定説)

$W$  = 土の重量 (1 立方呎に付封度)

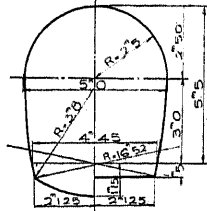
$h$  = 土の高さ (呎)

$\theta$  = 土の安定角

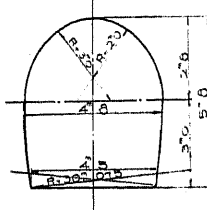
$H$  = 水平土壓 (1 平方呎に付封度)

とすれば  $Wh \frac{1-\sin\theta}{1+\sin\theta} < H < Wh \frac{1+\sin\theta}{1-\sin\theta}$

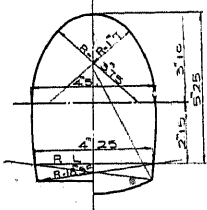
11 Midi(Trans-Pyrenean) Railway



12 South of France Railway (Narrow gauge)



13 Linetrom Orange to Buis-les-Baronnies (Narrow gauge)

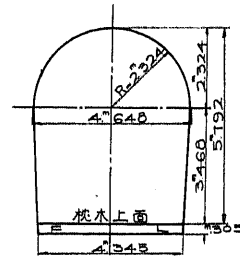


第 23 圖 (B) 各國隧道断面圖其の 4

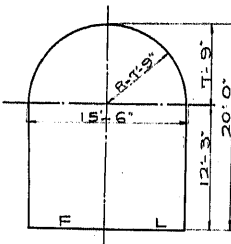
先づ各案の拱腹線 (Intrados) と同一形状を有する一つの線拱 (Linear Arch) を想像し水平土壓  $H$  を  $\frac{1-\sin\theta}{1+\sin\theta}WH$  に限定して拱頂上の土の高さ 10 呎と 60 呎の場合に於ける壓力線を描いて見ると圖の通りとなる。今各案に於ける線拱と壓力線との偏差を検し其少きものより順次を附して見ると、複線型に於ては第 3 案第 1 案第 2 案第 4 案單線型に於ては第 2 案第 1 案である。

以上の順次は拱上土の高さ 10 呎の時と 60 呎の場合と同様である故、此事實を推し土の高さ 10 呎乃至 60 呎なる場合に於て穹拱安定度 (Stability) は同一順次によるものと解釋することが出

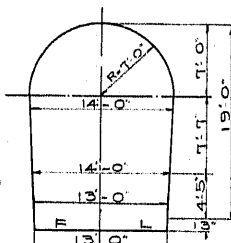
14. Chicago Milwaukee & st. Paul Tunnel



15. Cincinnati Southern R.R

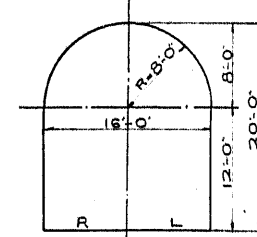


16. Norfolk & Western R.R.

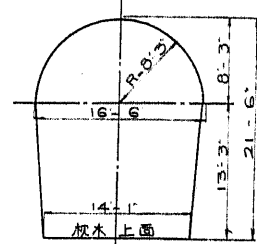


第 24 圖 各國隧道断面圖其の 5  
アメリカ單線隧道 (No. 14-No. 18)

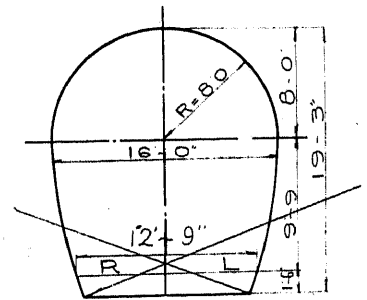
17 Cascade Tunnel



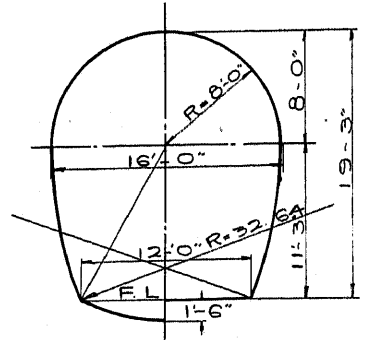
18. Newyork Central & Hudson River R.R



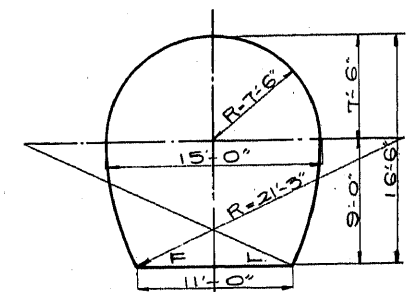
19 南滿鐵道



20. 朝鮮鐵道



21. 中央東西線. 鳥羽線. 鹿兒島線. 舞鶴線. 山陰東西線. 富山線. 岩越線. 大分線. 宇野線. 留萌線. 網走線. 下富良野線. 徳島線.



第 25 圖 (A) 各國隧道断面圖其の 6  
日本單線隧道 (No. 19-No. 25)

来る。

複線型第 2 第 4 の兩案は共に偏平三心圓形であつて、掘鑿及疊築面積に於ては大差ないが穹拱安定の程度に於て第 4 案は著しく第 2 案に劣る故に以下の調査に於ては第 4 案を除外することとした。

次に拱頂上土の高さ 30 呎のとき複線型 6, 8, 10, 及 12 枚巻並に單線型 3, 4, 5, 6 枚巻の拱石中に壓力線を描き最大應壓力を計算して見ると壓力の小なるものより順次をつければ、前同様複線型に於ては第 3 案第 1 案第 2 案の順序であつて單線型に於ては第 2 案第 1 案である。

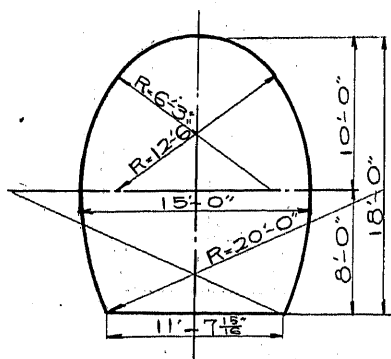
最後に拱頂上土の高さを前同様 30 呎とし垂直土壓の代りに、水平上 45 度の角度をなす壓力を想像して複線型 7 枚巻拱石中に壓力線を描き、拱石中に生ずる最大應壓力を検査して見るに、第 2 案に生ずる應力が尤も大であつて第 1 及第 3 案は大差なく此兩案の優劣は判定し難い。又單線型第 1 及第 2 案 4 枚巻に付同様の調査をしたが兩案とも又大差ない。

上記の調書を表にて示せば次の如し

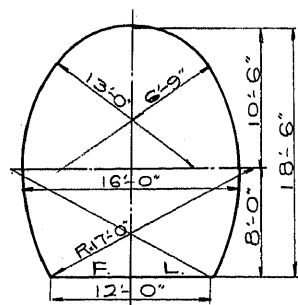
| 状態の良好なる順次 |     |                            |                             |                            |     |                   |
|-----------|-----|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----|-------------------|
| 型         | 案名  | 土壓 10 呎乃至 60 呎の場合に於ける穹拱の安定 | 土高 30 呎の垂直に働ける場合拱中に生ずる最大應壓力 | 土高 30 呎の水平上 45 度に働ける場合の應壓力 | 工事費 | 備考                |
| 複線型       | 第 1 | 2                          | 2                           | × 1                        | 3   | ×印は 2 案の状態略同一なるもの |
|           | 第 2 | 3                          | 3                           | 2                          | × 1 |                   |
|           | 第 3 | 1                          | 1                           | × 1                        | 2   |                   |
|           | 第 4 | 4                          | —                           | —                          | × 1 |                   |
| 單線型       | 第 1 | 2                          | 2                           | 2                          | 2   |                   |
|           | 第 2 | 1                          | 1                           | 1                          | 1   |                   |

之れを要するに複線型に於いて第 1 案及第 3 案は強度に於ては大差ないが、工事費の低廉なる點に於て第 3 案が優れて居る故之を撰み單線型に於ては第 3 案が凡ての點に於

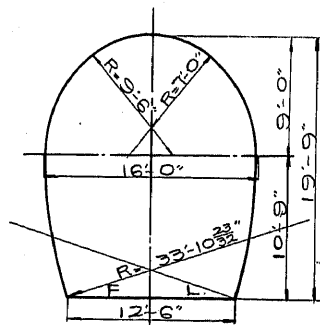
### 22. 川内線一般



### 23. 川内線(廣木隧道)

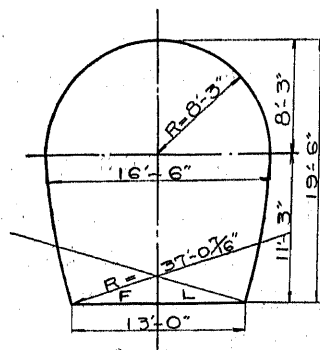


### 24. 津和野線. 決田線. 新庄線. 平線. 北條線. 房總線. 佐伯線. 宮崎線.



第25圖 (B)

### 25. 岩越線. 新庄線



第26圖 各國隧道断面其の7

### 第二節 隧道を複線式とする理由

複線軌道を布設すべき線路上に長隧道を建設するに當つて、單線型隧道2個を並列して作るべきや、或は複線式1個を建設すべきやの問題は、概ね重大なる下記條項を考量し何れかを撰擇すべきものである。

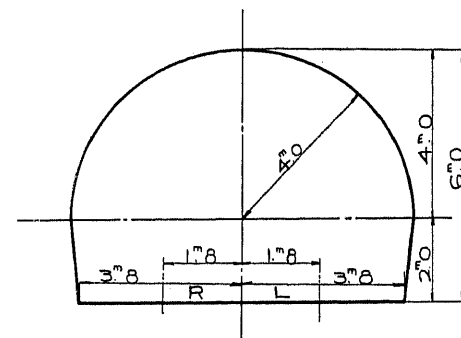
1. 隧道の地質
2. 建設費
3. 開通後に於ける通風其他

#### (1) 隧道の地質

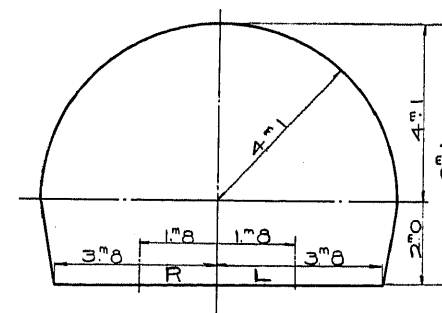
隧道建設の難易は、其貫通すべき地質如何に關係すること頗る大である故に複線型1個或は單線型2個の撰擇をなすに當つては先づ地質の良否を考へねばならぬ。隧道内空断面は複線型1個と單線型2個と略ぼ同一なりと假定することが出来る而して掘鑿の總断面は内空面以外疊築工断面によつて變化し疊築工の断面は又地盤の硬軟及隧道の大小形状により増減するものであるから、複線型1個或は單線型2個の何れか掘鑿總断面大なるかは一概に断定し難いが、2個の單線型4枚巻の掘鑿面積は複線型7枚巻の掘鑿面積に略ぼ同じである、而して地質軟弱の箇所

て優等であるから之れを採つて複線型1個を建設すべきや或は單線型2個を作るべきかを比較し結局後段記述する通り複線型1個を有利と認めたので複線型第3案を以て隧道建設定規と定めたのである。

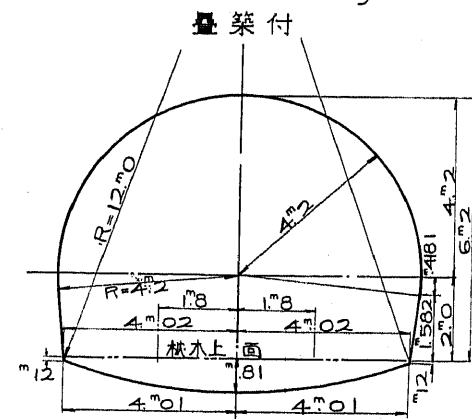
### 26. Loetsch Berg Tunnel



### 27. Rampen Tunnel



### 28. Swiss Government Rys.(Standard)



第27圖 各國隧道断面圖其8VIスイス複線隧道(No.26-No.31)

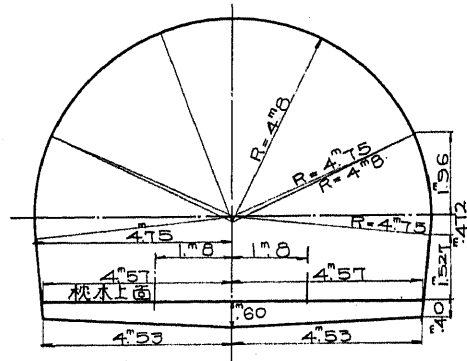
に於ては大なる面積のもの1箇を掘鑿するよりも、之を2箇の小なるものに分ち別に掘鑿することの容易且つ安全なることは論を俟たない處である。之に反し地質が堅硬であつて疊築工を要せざるか或は之を必要としても單に掘鑿面を保持すれば足る程度の箇所には、断面積の大なるものと雖掘鑿容易であつて、安全の度を減することがないばかりでなく面積の大なる丈け坑内空氣の流通は、比較的良好である。且つ坑内には材料運搬に必要である往復線路以外に貨車滞留線を布設することが出来、猶工事材料を貯藏するの餘地が多いので建設上多大の便益を亮けることが出来ると同時に建設工費を節減し得ることは明白である。

延長數哩に互る山間隧道に於ては普通の場合に全延長を通じて地質の不良であることはない。假に軟弱なる地質に遭遇するとしても其區間は全延長に比し一小部分に止まることは從來の實例により推定することが出来る1910年の萬國鐵道會議に於て長大隧道の建設には單線型2箇を否とし複線型1箇を採用するを有利であると議決して居るが畢竟、此の理由に基くものであらう。

我熱海線最長隧道の貫く丹那山の地質は猶精細なる調査をなした後でなければ判明しないのであるが、去る明治31年震災豫防會の發表した箱根熱海兩火山地質調査の報告文によれば、熱海より丹那を経て平井村に至る假想断面(鐵道線路に近接せるもの)の地盤は、安山岩、集塊岩等火山岩よりなり地層の關係

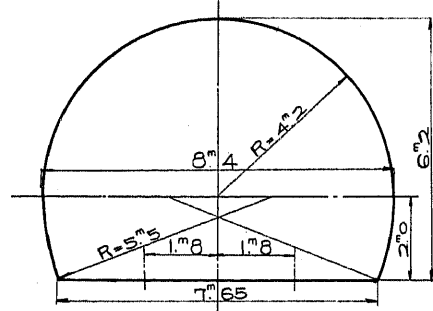
29. Swiss Government Rys. (Standard)

疊築ナシ



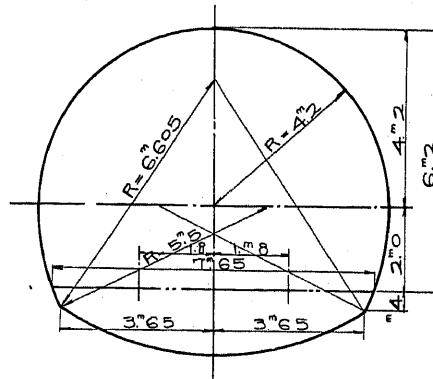
30. Hauenstein Tunnel

仰拱ナシ



31. Hauenstein Tunnel

仰拱付



第 28 圖 各國隧道断面圖其の 9

より推察するに隧道は前記の層を貫通するのであるから地質は敢て軟弱なものと云ふことは出来ない。寧ろ複線型を採用するに有利なものと推定し得るのである。

(2) 建設費

建設費を算出するに當り之れを掘鑿、支保工、巻立及動力の 4 項に分つて調査した。

掘鑿の費用は掘鑿の施工方法に依り相異なる故先づ其方法を決定しなければならない。施工方法には多數の種類があるが大別して頂設導坑法 (Top heading system) と底設導坑法 (Bottom heading system) とに分つことが出来る而して白耳義式即ち從來我國に於ても普通に用ひられたるものと、晩近に於ける塊太利式 (Modern Austrian system) 即ち先づ断面の中央底部に導坑を穿ち次で中央頂部に第 2 導坑を掘鑿し其兩側を切擴げ漸次下層に向ひ掘下る方式とは、兩施工法の代表的方式である故此二者を比較することとする。後者は導坑を 2 個穿つ結果多額の費用を要する様に見えるが、之れが他部の作業に大なる利便を興へ又全隧道の掘進速度を速める等の利益がある故導坑の爲め費用は増すが、他に於て節する處がある。且つ地質により掘鑿方法の適否がある故一概に其優劣を斷定して仕舞ふことは難しいが導坑を断面底部に穿つ結果湧水劇しき箇所に出會つたときに排出方法は容易に行はれる。且つ空氣給水用等の鐵管を切擴げ及疊築工の進捗に伴ひ屢々布設替するの面倒さがなく、猶ほ運搬線路を導坑より坑外を通じて中斷することなく敷設し得られ掘鑿

32. Tauern, Karawanken & Wochein Tunnel

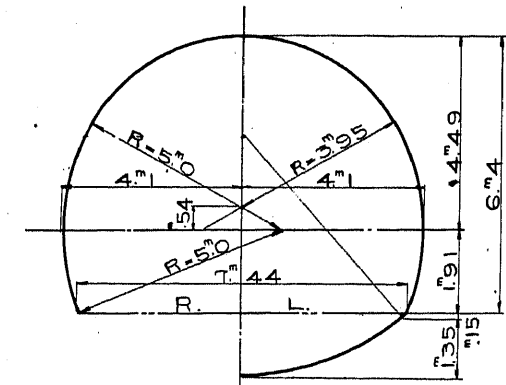
土砂の搬出上多大の利便があるものであるから今茲に之を採用して豫算を計上することとした。而して断面を圖に示す如く區割し、各部分に於ける掘鑿費用を次の如く假定して隧道掘鑿 1 立坪に對する平均價格を算出した。

| 部分名稱   | 第 64 圖に附せる符號 | 1 立坪に對する掘鑿費 |
|--------|--------------|-------------|
| 第 1 導坑 | I            | 79          |
| 第 2 導坑 | III          | 79          |
| 丸形     | VI           | 32          |
| 中背     | V            | 32          |
| 大背     | II           | 16          |
| 側壁     | IV           | 16          |

此費用中には爆發藥、雷管、導火線、鑿岩機の錐先及修繕、諸職工の給金等を含有してゐる。

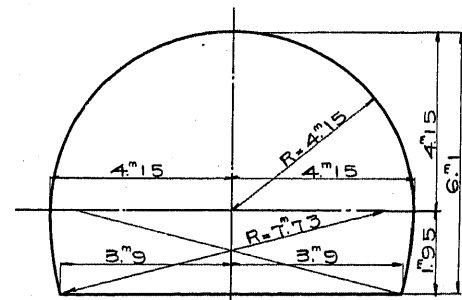
支保工は隧道地質の硬軟程度中庸であつて、其壓力の單線型に於ては 4 枚複線型にありては 6 枚乃至 7 枚の巻立を要する程度の箇所適應する設計をなし他は巻立數によつて加減し隧道延長 1 呎に對する費用を算出した。巻立は疊築工 1 立坪に要する費用を 140 圓とし巻立の枚數に應じ其の費用を計算した。

動力費は諸機械類の購入費を除き之を運轉する動力を得るために要する費用を云ふのであつて此費用は塊太利國有鐵道の「ボハイン」(Wochein)「カラワンケン」(Karawanken) 及「タウエルン」(Tauern) 隧道 (以上複線型) 並に「ボスラック」(Bosruck) 隧道 (單線型) に於けるもの

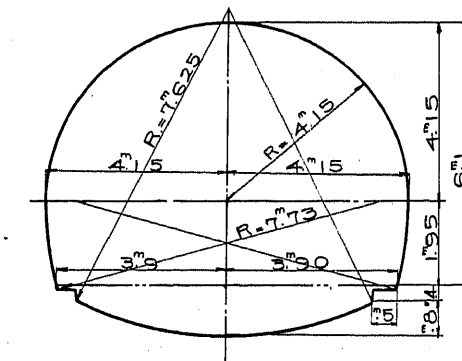


第 29 圖 (A) 各國隧道断面圖其の 10

33. Col-de-Tende

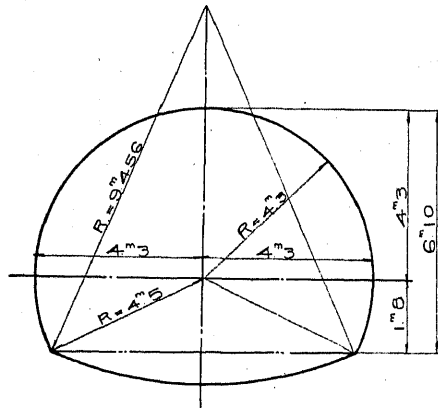


34. Col-de-Tende



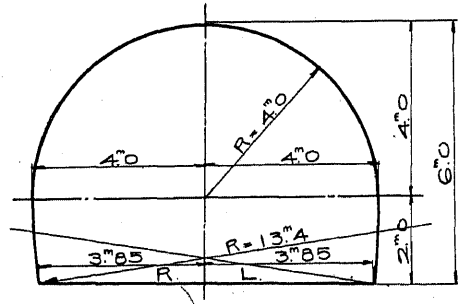
第 29 圖 (B)

35 Ronco

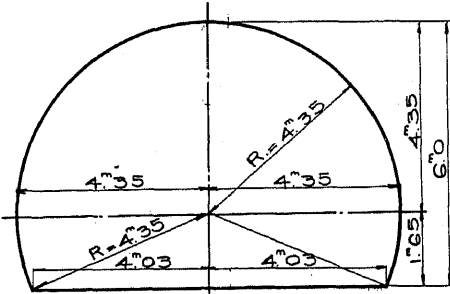


第 30 圖 (A) 各國隧道断面圖其の 11

36. Paris-Lyonis-Mediterranean Railway



37. French Western Railway

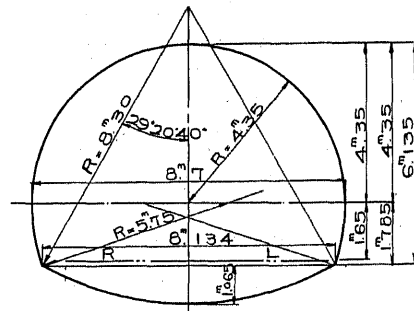


第 30 圖 (B)

の當該隧道建設費總體に對する割合に依り複線型に於ては總費用の 100 分の 11 單線型に於ては 100 分の 13 に當るものと假定した。以上各項毎に調査した費用並に總計を隧道延長 1 呎並に掘鑿 1' 立坪に割當てた金額を計算した。

今單線型 2 個と複線型 1 個との建設費を比較するには兩案の疊築工厚を定めなければならない假りに拱上土の高さを 30 呎とし拱石中に生ずる最大應壓力を計算して兩案の強度を比較するに、單線型 3 枚巻は複線型 6 枚巻に又前者の 4 枚巻は後者の 8 枚巻に相當するのであるが、元來土壓に對する疊築工の厚さは學理的に正確に算定し難く技術者の經驗及鑑識により定むる性質のものが多し。而して我國單線隧道の例によれば特別の場合を除き穹拱煉瓦巻は普通 3 枚 (1 呎 1 吋 2 分の 1) 乃至 7 枚巻 (2 呎 7 吋 3 分の 1) にして平均は 4 枚巻 (1 呎 6 吋) 乃至 5 枚巻 (1 呎 10 吋 2 分の 1) である。又歐米の實例によれば複線型に於ては特別の場合を除き 1 呎 3 吋乃至 3 呎 6 吋であつて、1

38. Midi Railway



39 State Railway

第 31 圖 (A) 各國隧道断面圖其の 12

呎 10 吋 2 分の 1 乃至 2 呎 3 吋を以て普通としてゐる。

此の例を對照すれば單線型は 4 枚巻複線型は 6 枚巻を平均數と假定しても敢て不當でない。之により計算するに

|                 |              |
|-----------------|--------------|
| 單線型 4 枚巻(第 2 案) | 9,103,644.00 |
| (延長 1 呎に付)      | 177.75       |
| 複線型 6 枚巻(第 3 案) | 7,787,392.80 |
| (同 上)           | 304.10       |
| 差 額             | 1,316,251.20 |

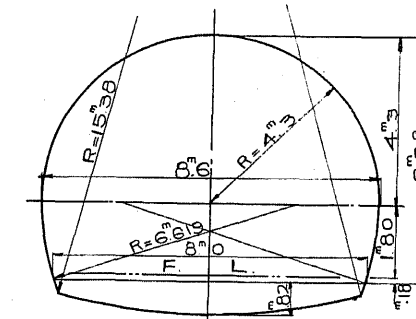
となり假りに複線型を 7 枚巻に増加し單線型 4 枚巻と比較すれば

|                 |              |
|-----------------|--------------|
| 單線型 4 枚巻(第 2 案) | 9,103,644.00 |
| 複線型 7 枚巻(第 3 案) | 8,412,996.24 |
| (延長 1 呎に付)      | 328.53       |
| 差 額             | 690,647.76   |

となる。學理上の強度より單線型 4 枚巻は複線型 8 枚巻に相當するものとして比較するも

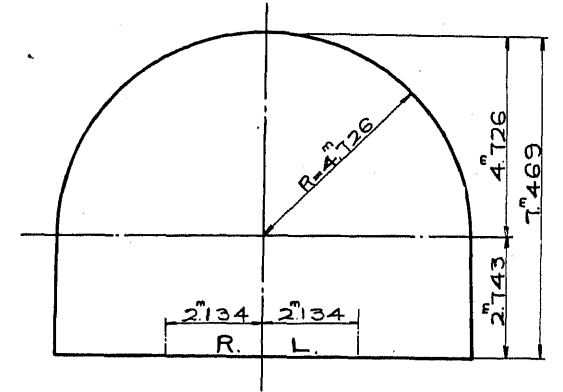
|                 |              |
|-----------------|--------------|
| 單線型 4 枚巻(第 2 案) | 9,103,644.00 |
| 複線型 8 枚巻(第 3 案) | 9,051,147.60 |
| (延長 1 呎に付)      | 353.45       |
| 差 額             | 52,496.40    |

39 State Railway

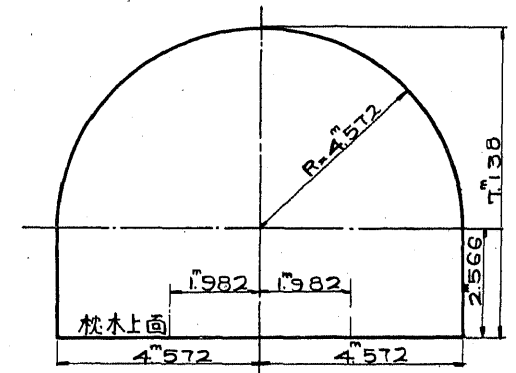


第 31 圖 (B)

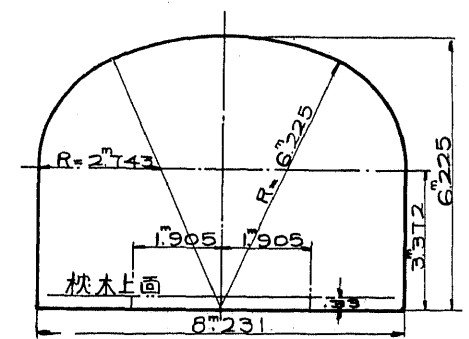
40. Sand Patch Tunnel (B & O.R.R.)



41. Bergen Tunnel (D.L & W.R.R.)

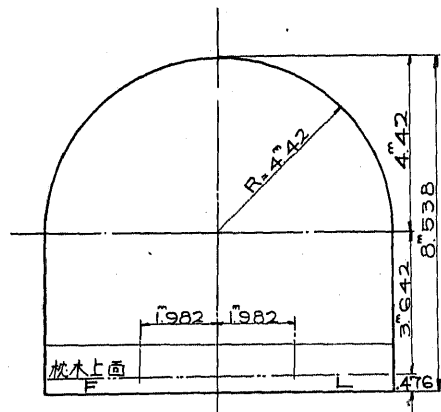


42. Bergen Tunnel (D.L & W.R.R.)

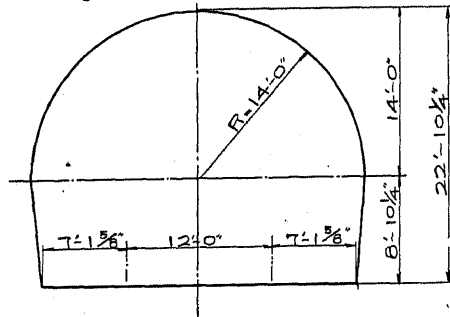


第 32 圖 各國隧道断面圖其の 13  
アメリカ複線隧道(No. 40-No. 47)

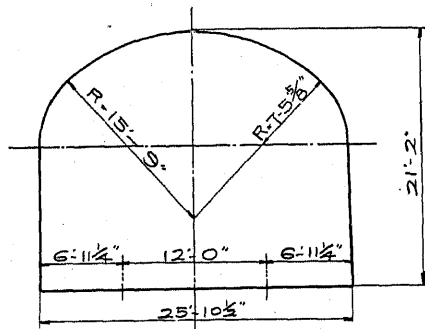
43. Hayden's Mountain Tunnel  
Louisville & Nashville R.R.



44. Newyork & Hudson River R.R.



45. Peekskill Tunnel (Newyork Central R.R.)



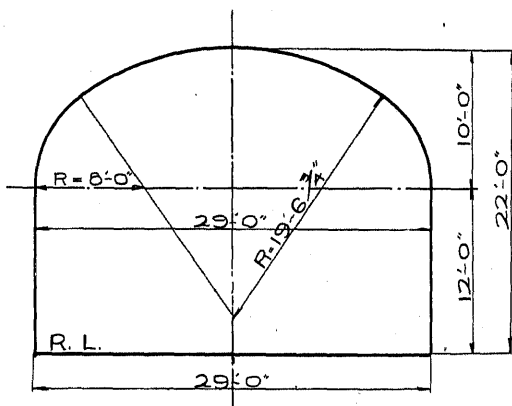
第 33 圖 各國隧道断面圖其の 14

となり複線型 1 個の建設費は單線型 2 個に比し低廉なることは明瞭である。假りに丹那山隧道を單線型に作り 2 箇の隧道中心間距離を 50 呎とすれば複線型 1 個に比し隧道切付の土工其他に約 14,000 圓の費用を増加するのであるが該隧道建設費總體に比し小額である故是れを問題外とする。

(3) 開通後に於ける通風其他

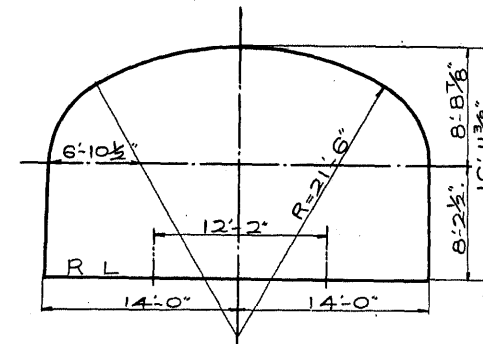
蒸氣汽關車の放出する炭酸其他の有毒瓦斯は機關車乗務員を苦しみ又亞硫酸は軌條及附屬品を腐蝕する事が甚だしいので、歐米の長隧道には是を防止する設備があり其最多く行はれつつあるのは (Dilution system) である。此式は坑外の空氣を坑内に誘致して内空断面全體に互つて換氣を行ひ、隧道以内空氣中に包含さるる惡瓦斯の量を安全限度以内に減退せしむるのである。複線型隧道の内空面積は前記の如く單線型の約 2 倍もあるので一列車より發生する有毒瓦斯の内空面積に對する割

46. Louisville & Nashville R.R.



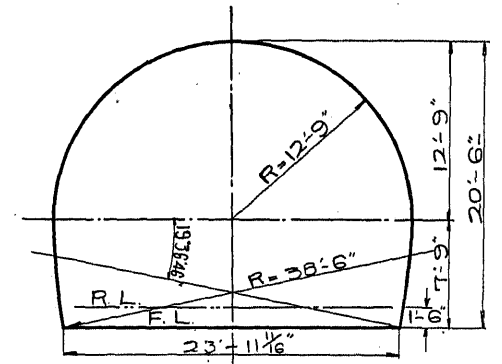
第 34 圖 (A) 各國隧道断面圖其の 15

47. National Docks & New Tersey  
Tunction Connecting Railway

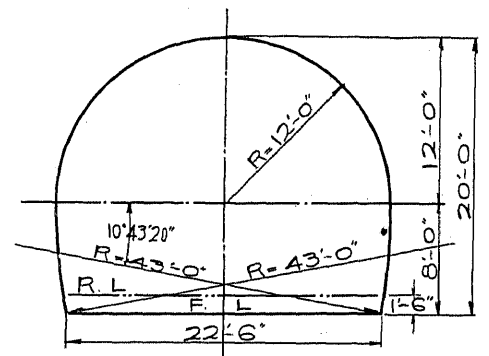


第 34 圖 (B)

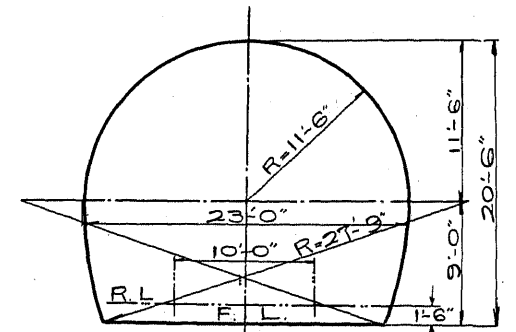
48. 今須隧道



49. 旧甲武線(四谷隧道)



50. 横濱電氣鉄道株式會社



第 35 圖 各國隧道断面圖其の 16  
日本複線隧道 (No. 48-No.55)

合は前者の 1 に對して後者は 2 である。換言すれば複線型に於て 2 個の列車より發生する瓦斯の容積と其内空面積との割合は單線型にありては 1 箇の列車に對する割合と同一である。故に複線型隧道に於て同時に 2 箇の列車あるも空氣汚濁の程度は單線型隧道内に 1 箇列車あるときと同様である。之に依つて見れば、複線型 1 箇と單線型 1 箇内に於て空氣の良好程度を同一の様にする爲には同一速力を以て換氣すればよい。換氣に要する動力は

$$H = Kv^3 \cdot p \cdot l$$

H = 所要馬力

K = 係數

v = 隧道内を通過する風の速度

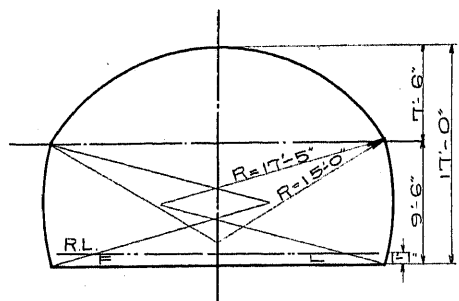
p = 隧道内空面の周圍

l = 隧道延長

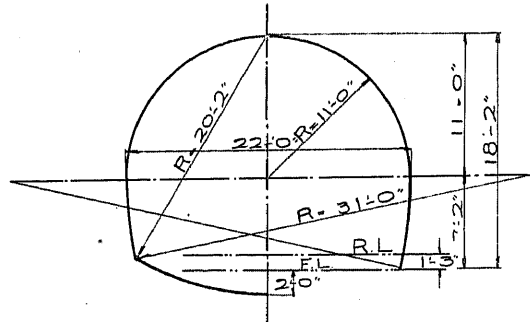
なる公式により計算し得られる。此因子中速度並に隧道延長を同一とすれば馬力は單に内空面周圍延長に正比例する。而して單線型隧道の p は複線



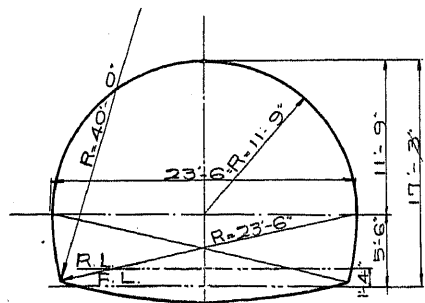
51. 東京市電氣局



52. 大阪電氣鐵道株式會社



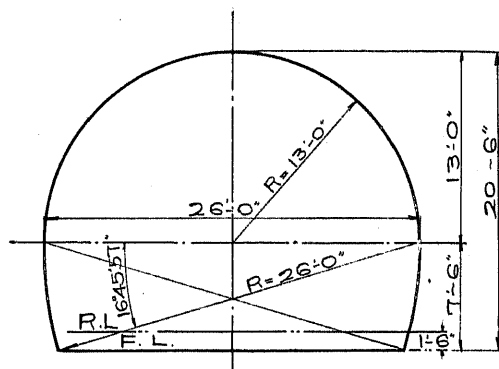
53. 京津電氣鐵道株式會社



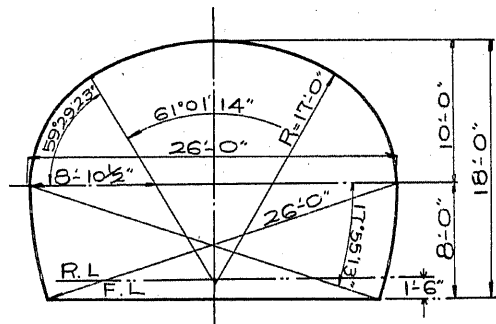
第 36 圖 各國隧道斷面圖其の 17

型隧道の p に對し 1 と 0.7 の割合であつて單線型 2 個には 2 倍の馬力を要する故に、結局所要馬力

54. 小倉鐵道株式會社  
甲式斷面



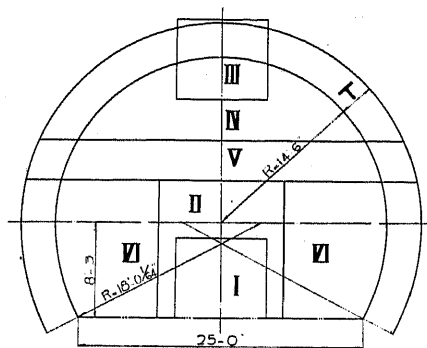
55. 全上  
乙式斷面



第 37 圖 各國隧道斷面圖其の 18

は複線型 1 に對し單線型 1.4 を要す。假に複線型にあつて 300 馬力を要するときは單線型に於ては 420 馬力を要するのである。若し同一馬力を用ふるときは複線型は單線型に比して坑内の空氣の常に良好なる状態にあること明かである。

故に通風に要する費用よりすれば複線型 1

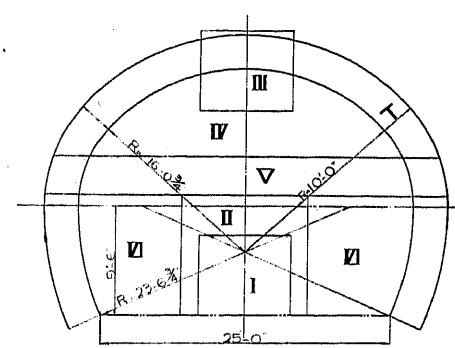


| 種別   | 掘鑿斷面 (立方呎) | 4 枚基      | 5 枚基    | 6 枚基      | 7 枚基    | 8 枚基    |
|------|------------|-----------|---------|-----------|---------|---------|
| I    | 2'-3"      | 2'-7 1/2" | 3'-0"   | 3'-4 1/2" | 3'-9"   |         |
| II   | 560000     | 560000    | 560000  | 560000    | 560000  | 560000  |
| III  | 160000     | 760000    | 760000  | 760000    | 760000  | 760000  |
| IV   | 560000     | 560000    | 560000  | 560000    | 560000  | 560000  |
| V    | 1531477    | 1171493   | 1070851 | 1071085   | 1071085 | 1071085 |
| VI   | 1099811    | 1113768   | 1160000 | 1180860   | 1224327 |         |
| VII  | 2629142    | 2703002   | 2761531 | 2928793   | 3025937 |         |
| VIII | 1749127    | 1741571   | 1769249 | 1797032   | 1824816 |         |

第 38 圖 隧道斷面圖其の 1 第 1 案

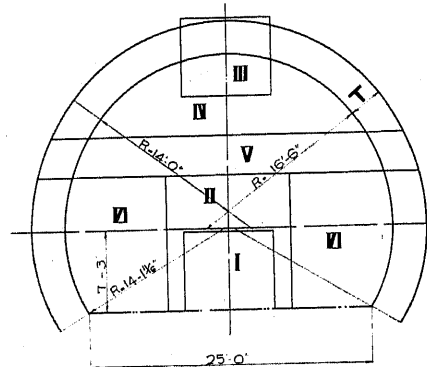
個は單線型 2 個に比し有利である。

軌道保守、軌道の保守に要する線路従事員及人夫の員數は別々の單線型隧道内にある單線 2 條よ



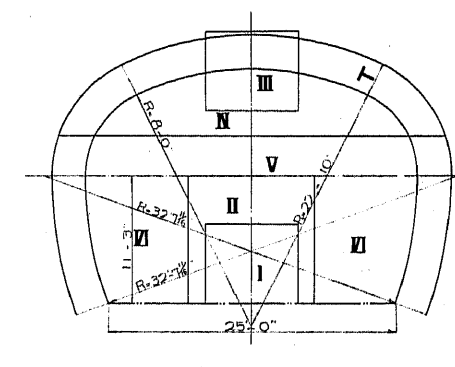
| 種別   | 掘鑿斷面 (立方呎) | 4 枚基      | 5 枚基    | 6 枚基      | 7 枚基    | 8 枚基   |
|------|------------|-----------|---------|-----------|---------|--------|
| I    | 2'-3"      | 2'-7 1/2" | 3'-0"   | 3'-4 1/2" | 3'-9"   |        |
| II   | 560000     | 560000    | 560000  | 560000    | 560000  | 560000 |
| III  | 590000     | 590000    | 590000  | 590000    | 590000  | 590000 |
| IV   | 560000     | 560000    | 560000  | 560000    | 560000  | 560000 |
| V    | 2049855    | 2072851   | 2100742 | 2136622   | 2187622 |        |
| VI   | 1073560    | 971751    | 1175312 | 1268999   | 1427715 |        |
| VII  | 2441562    | 2340022   | 2449222 | 2548402   | 2647582 |        |
| VIII | 1168420    | 1170592   | 1173024 | 1176024   | 1179024 |        |

第 39 圖 隧道斷面圖其の 2 第 2 案



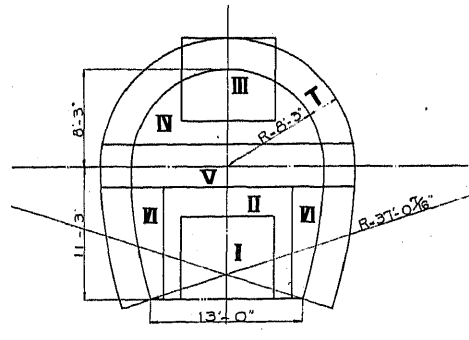
| 種別   | 掘鑿斷面 (立方呎) | 4 枚基      | 5 枚基    | 6 枚基      | 7 枚基    | 8 枚基   |
|------|------------|-----------|---------|-----------|---------|--------|
| I    | 2'-3"      | 2'-7 1/2" | 3'-0"   | 3'-4 1/2" | 3'-9"   |        |
| II   | 560000     | 560000    | 560000  | 560000    | 560000  | 560000 |
| III  | 760000     | 760000    | 760000  | 760000    | 760000  | 760000 |
| IV   | 560000     | 560000    | 560000  | 560000    | 560000  | 560000 |
| V    | 1490480    | 1628651   | 1779491 | 1912062   | 204430  |        |
| VI   | 1080751    | 1107888   | 1144527 | 1180211   | 1215871 |        |
| VII  | 2639732    | 2742283   | 2830351 | 2903644   | 2967204 |        |
| VIII | 1708538    | 1739337   | 1764389 | 1784819   | 1801791 |        |

第 40 圖 隧道斷面圖其の 3 第 3 案



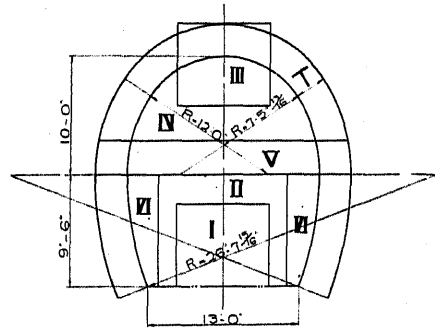
| 種別   | 掘鑿斷面 (立方呎) | 4 枚基      | 5 枚基    | 6 枚基      | 7 枚基    | 8 枚基   |
|------|------------|-----------|---------|-----------|---------|--------|
| I    | 2'-3"      | 2'-7 1/2" | 3'-0"   | 3'-4 1/2" | 3'-9"   |        |
| II   | 560000     | 560000    | 560000  | 560000    | 560000  | 560000 |
| III  | 677500     | 677500    | 677500  | 677500    | 677500  | 677500 |
| IV   | 560000     | 560000    | 560000  | 560000    | 560000  | 560000 |
| V    | 1480890    | 1642278   | 1771500 | 1917242   | 2077372 |        |
| VI   | 1136811    | 1171131   | 1201062 | 1247659   | 1281433 |        |
| VII  | 2400791    | 2492651   | 2580622 | 2668593   | 2756564 |        |
| VIII | 1683400    | 1710406   | 1737412 | 1764418   | 1791424 |        |

第 41 圖 隧道斷面圖其の 4 第 4 案



| 種 掘 断 面 (立方呎) |          |          |          |          |  |
|---------------|----------|----------|----------|----------|--|
| 種             | 3枚基      | 4枚基      | 5枚基      | 6枚基      |  |
| T             | 1'-10"   | 2'-3"    | 2'-7"    | 3'-0"    |  |
| I             | 5.61000  | 5.61000  | 5.61000  | 5.61000  |  |
| II            | 4.81500  | 4.81500  | 4.81500  | 4.81500  |  |
| III           | 5.61000  | 5.61000  | 5.61000  | 5.61000  |  |
| IV            | 0.4721   | 0.6768   | 0.91214  | 1.24466  |  |
| V             | 5.61520  | 6.91208  | 7.81642  | 8.91646  |  |
| VI            | 7.61500  | 8.4442   | 9.21411  | 10.0242  |  |
| Σ             | 37.91901 | 40.91642 | 42.24974 | 44.44834 |  |

第 42 圖 隧道断面圖其の 5 第 1 案



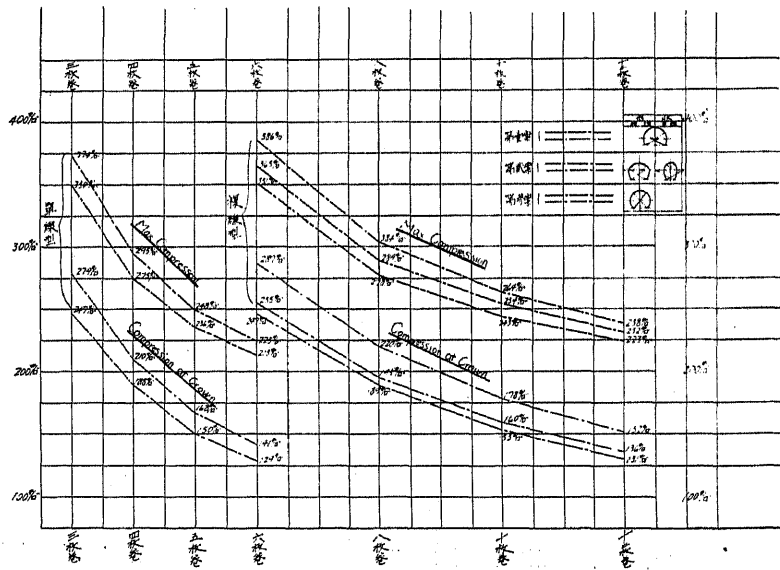
| 種 掘 断 面 (立方呎) |          |          |          |          |  |
|---------------|----------|----------|----------|----------|--|
| 種             | 3枚基      | 4枚基      | 5枚基      | 6枚基      |  |
| T             | 1'-10"   | 2'-3"    | 2'-7"    | 3'-0"    |  |
| I             | 5.61000  | 5.61000  | 5.61000  | 5.61000  |  |
| II            | 4.81500  | 4.81500  | 4.81500  | 4.81500  |  |
| III           | 5.61000  | 5.61000  | 5.61000  | 5.61000  |  |
| IV            | 0.4148   | 0.6102   | 0.7121   | 0.81209  |  |
| V             | 5.61911  | 6.91375  | 7.81113  | 8.91695  |  |
| VI            | 7.81241  | 8.51975  | 9.21087  | 10.01242 |  |
| Σ             | 37.91901 | 39.31016 | 41.12412 | 44.44834 |  |

第 43 圖 隧道断面圖其の 6 第 2 案

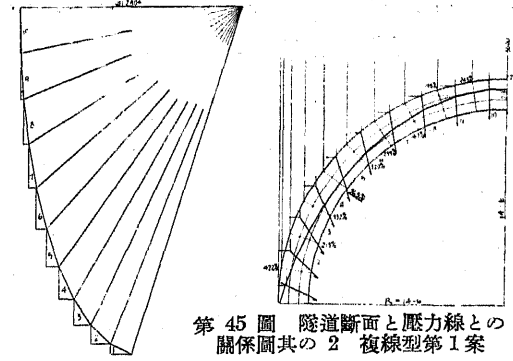
りも 1 複線型隧道内にある並行線路の方の少なきことは明白なる故複線型の方が坑内に於ける軌道保守費低廉である。

上下兩線の連絡、隧道内に於て上下兩線を連絡する必要を生じたるとき複線型に於ては容易に之を行ひ得るが單線型に於ては困難である。

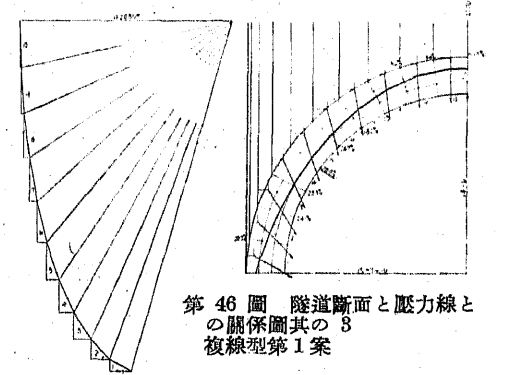
隧道内の事故、隧道内に脱線機關車或は車輛の故障等の事故を生じたる時單線型に於ては 1 條の不通となるも他の 1 條により單線運轉をなすことが出來



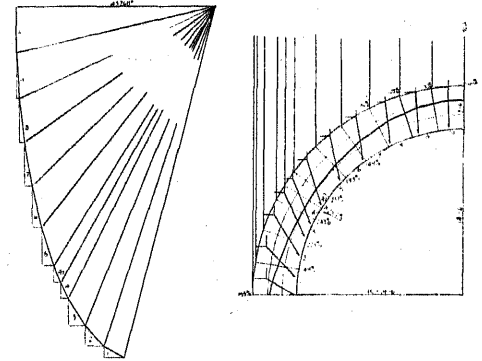
第 44 圖 隧道断面と壓力線との關係圖其の 7



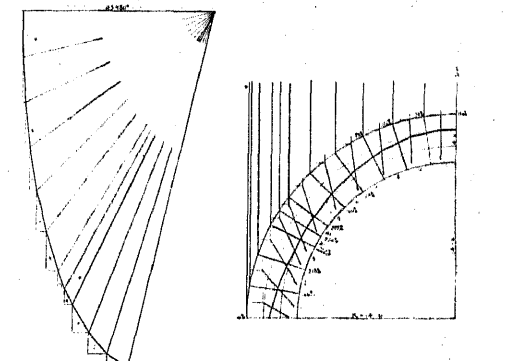
第 45 圖 隧道断面と壓力線との關係圖其の 2 複線型第 1 案



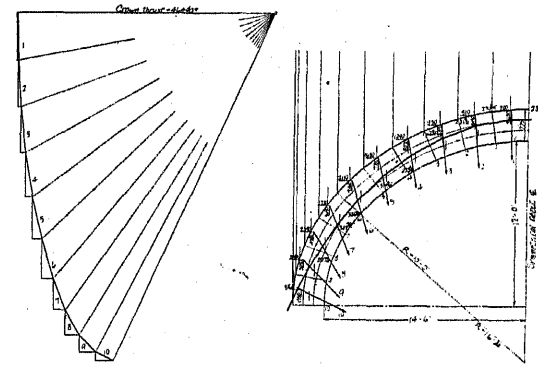
第 46 圖 隧道断面と壓力線との關係圖其の 3 複線型第 1 案



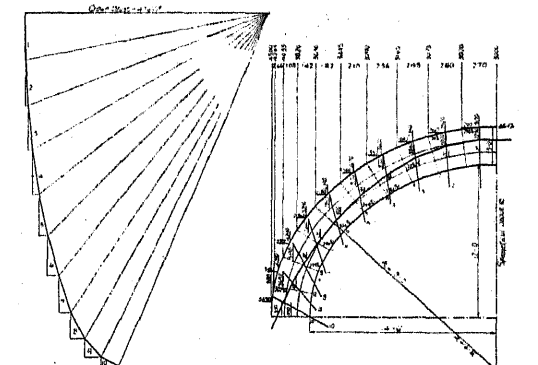
第 47 圖 隧道断面と壓力線との關係圖其の 4



第 48 圖 隧道断面と壓力線との關係圖其の 5



第 49 圖 隧道断面と壓力線との關係圖其の 6



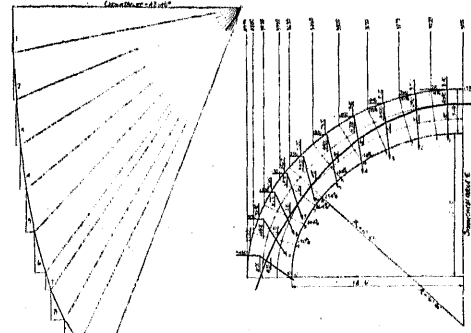
第 50 圖 隧道断面と壓力線との關係圖其の 7

る。従て列車の交通全然遮斷されることはないが複線型に於ては 1 線路に於ける事故の他線路上にまで影響を及ぼすことがあつて一時交通を全く不可能ならしむる不利がある。然れども隧道内の事

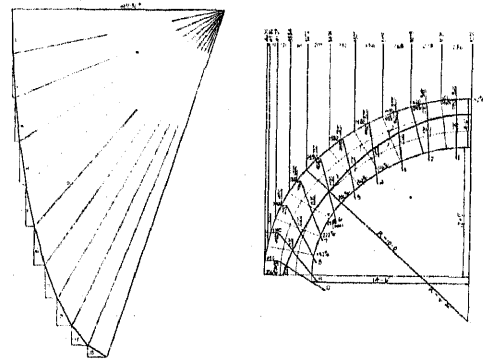
故は常に起るものではなく、其の上複線型は坑内の地域が広いため作業が容易なる故復舊期間を早めることが出来る。故に此の一事のみを以て単線複線兩型の優劣を断定し難い。

隧道の修繕

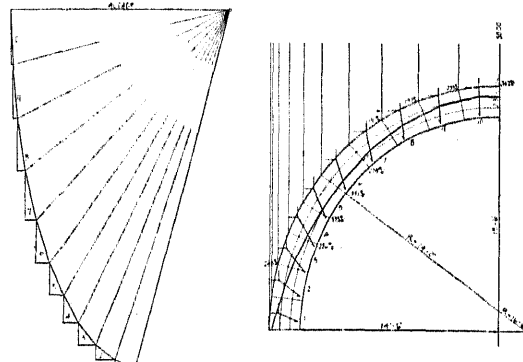
隧道内に於て列車の運轉に影響を及ぼさざる程度の修繕を要する時は單線複線兩型共作業上の影響は敢て異なる處はないのであるが大修繕に際しては列車數を制限し隧道内に單線運轉を行ひつつ修繕作業を行ふ場合があるであらう。此際は單線型に於ては修繕を要する1條内の運轉を休止し他の1條により運轉を行ひ得従て修繕作業は列車の運轉と相獨立して施工し得るの便がある、複線型に



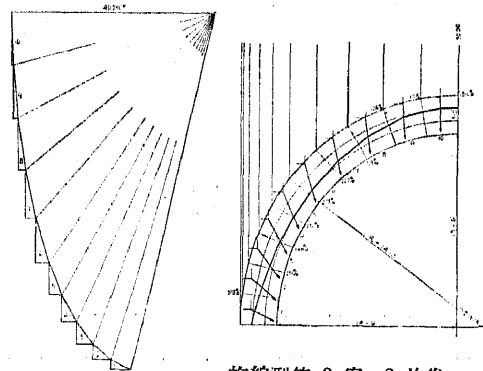
第 51 圖 隧道断面と壓力線との關係圖其の 8 複線型第 2 案 10 枚巻



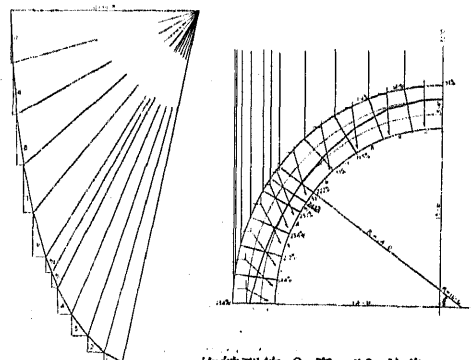
第 52 圖 隧道断面と壓力線との關係圖其の 9 複線型第 2 案 12 枚巻



第 53 圖 隧道断面と壓力線との關係圖其の 10 複線型第 3 案 6 枚巻

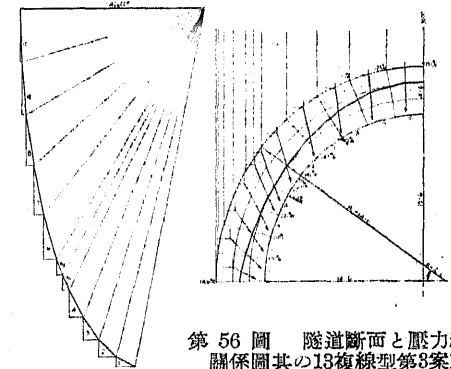


第 54 圖 隧道断面と壓力線との關係圖其の 11 複線型第 3 案 8 枚巻

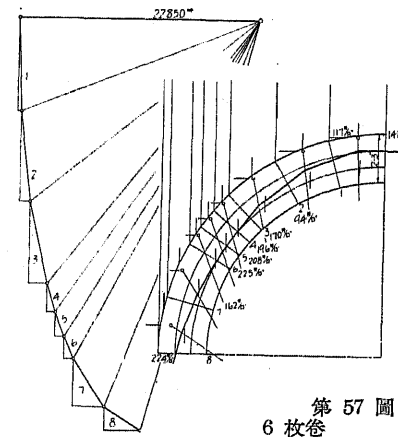


第 55 圖 隧道断面と壓力線との關係圖其の 12 複線型第 3 案 10 枚巻

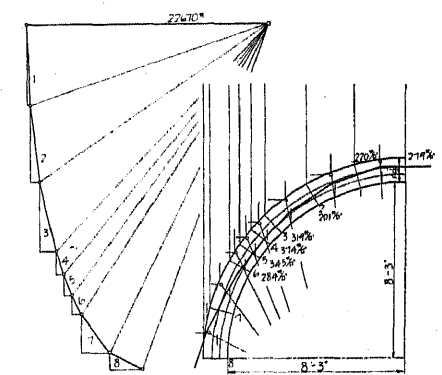
於ては單線運轉を修繕中の隧道内に行ふこととなる故工事の困難なるばかりでなく作業上に周到の注意を必要とする。故に大修繕に際して單線型 2 個は複線型 1 個に比し利便が多い。然れども斯の如き大修繕は常に起るものと想像することが出来ないで隧道内事故に同じ不慮の事變のみを顧慮して單線複線兩型の優劣を定むることは出来ないのである。



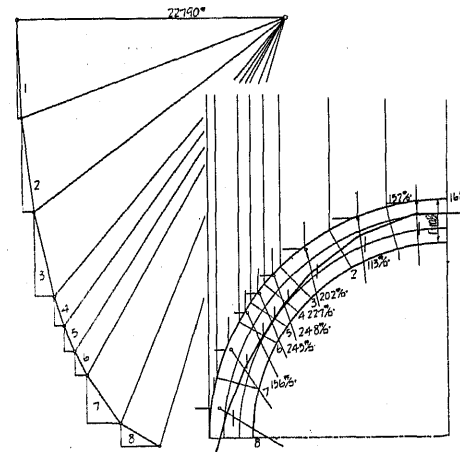
第 56 圖 隧道断面と壓力線との關係圖其の 13 複線型第 3 案 12 枚巻



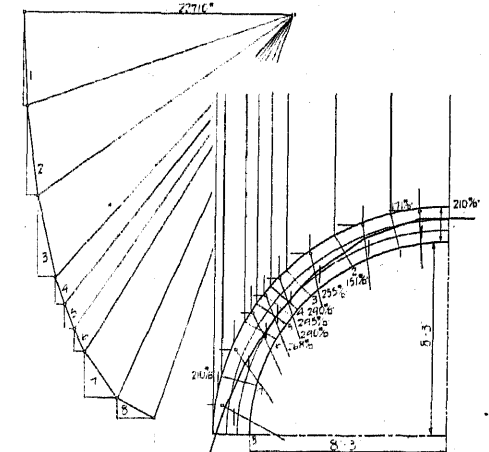
第 57 圖 隧道断面と壓力線との關係圖其の 14 單線型第 1 案 6 枚巻



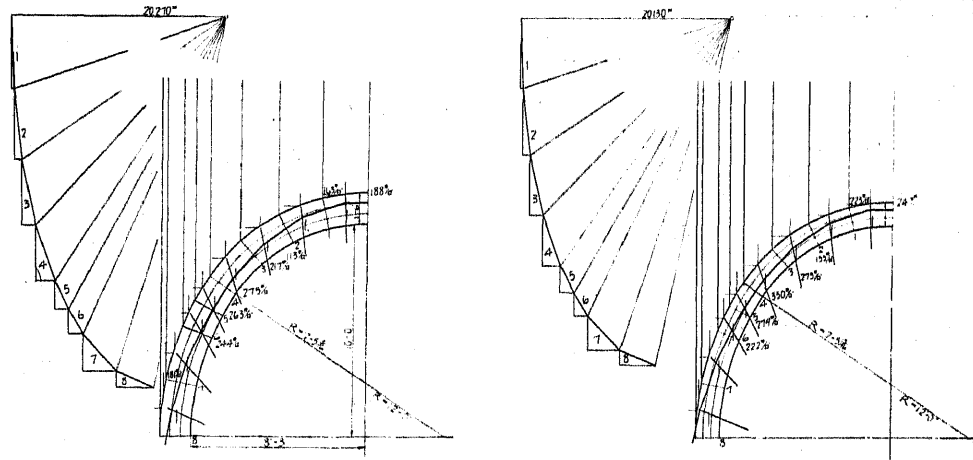
第 57 圖 隧道断面と壓力線との關係圖其の 14 單線型第 1 案 3 枚巻



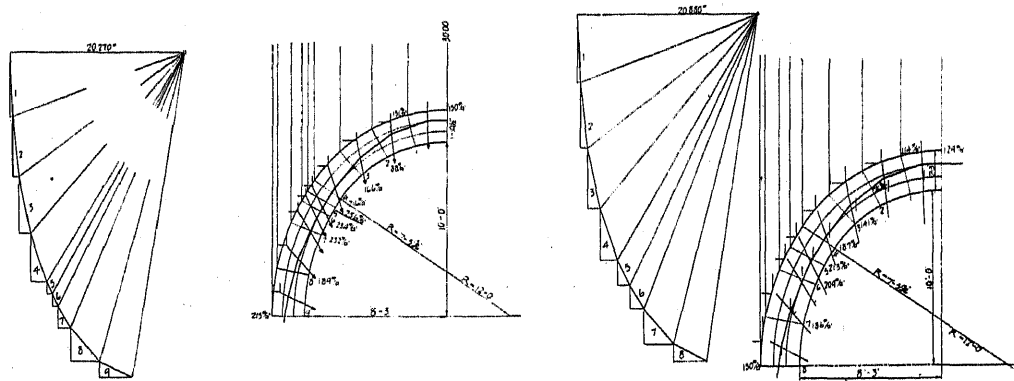
第 58 圖 隧道断面と壓力線との關係圖其の 15 單線型第 1 案 5 枚巻



第 58 圖 隧道断面と壓力線との關係圖其の 15 單線型第 1 案 4 枚巻

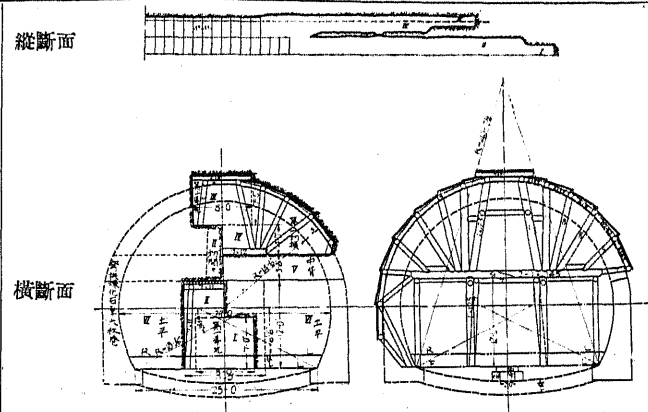


第 59 圖 隧道断面と壓力線との關係圖其の 16  
4 枚巻 單線型第 2 案 3 枚巻

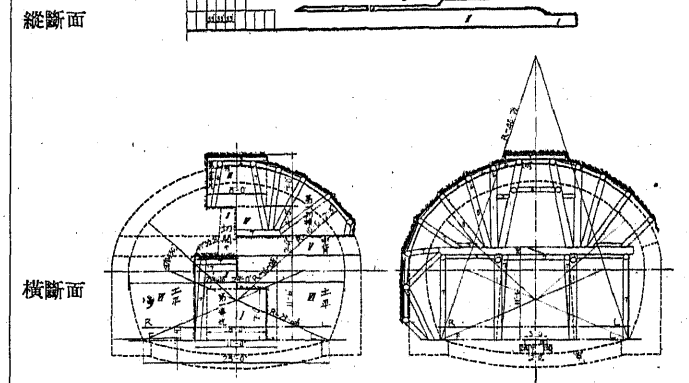


第 60 圖 隧道断面と壓力線との關係圖其の 17 單線型第 2 案 5 枚巻  
第 61 圖 隧道断面と壓力線との關係圖其の 18 單線型第 2 案 6 枚巻

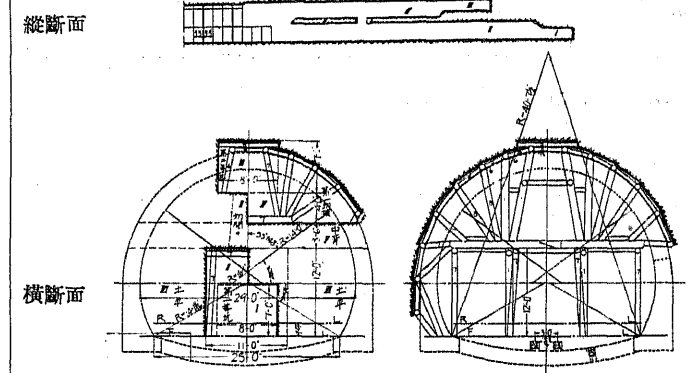
第 62 圖  
隧道掘鑿順序圖  
其の 1  
(第 1 案)



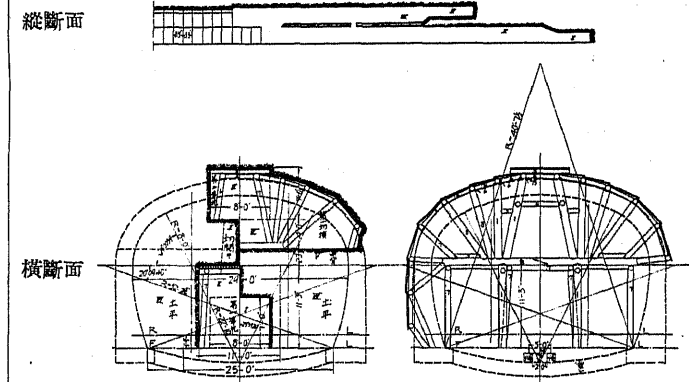
第 63 圖  
隧道掘鑿順序圖  
其の 2  
(第 2 案)



第 64 圖  
隧道掘鑿順序圖  
其の 3  
(第 3 案)



第 65 圖  
隧道掘鑿順序圖  
其の 4  
(第 4 案)



## 第三節 結 論

以上記述せし如く複線型1個は單線型2個に比し、建設中並に竣工後に於ける經費を節約し得る故有利である。外國の實例を調査するに複線軌條上に2個の單線隧道を同時に建設せしは、河底又は地下鐵道に限られ山間隧道には其例を聞かないが、之に反し最初2個の單線型を作る計畫であつたが後に複線型1個に改め建設したものは多い。奧太利國有鐵道の「カラワンケン」(Karawanken)及「ボハイン」(Wochein)兩隧道は其例であつて1913年營業を開始した。瑞西「レッチベルグ」(Lotschberg)隧道は其前後の線路の單線なるに拘らず複線型に建設せられた。1910年の萬國鐵道會議に於て長隧道の建設方法を論議した際瑞西「チュウリッヒ」工科大學の教授「レン＝ングス」氏は複線型1箇を單線型2箇に比し有利であると主張し他の委員は此説を贊し總會に於て複線型の有利なることを議決したのである。

是れらを考へ合はせて見るに外國の趨勢は先年來複線型1箇の建設に決定したものと云ふことが出來我が國に於ても之に順應するのが適當であると思考する。