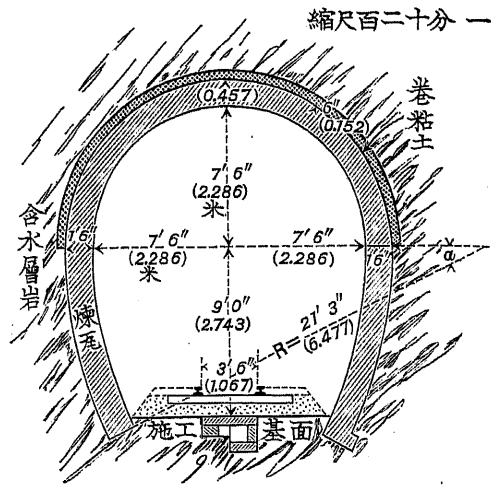


# 第一章 トンネルの形

## 第一節 トンネルの横断形

トンネルの横断形は其の目的によつて決定せられるので鐵道用であれば其の車輛の大きさ、建築定規、單線用であるか、複線用であるかによる、水路用であれば水の流量、其の速度、舟を通ずるものであれば舟と其の荷積の形、曳船の方法を考へ、人道用であれば道路に関する規程によつて幅と高さなどが定められる。地質が堅牢で風化崩落する患のないところなれば必要以外に掘鑿するには及ばぬが通例は支保の安全のために天井は穹窿丸形で兩側は垂直か或は少しく弧形かで下部には時に下穹の逆迫を要するところもある。其の形を決定するためには實例を参照するが一番宜しい。

第一圖

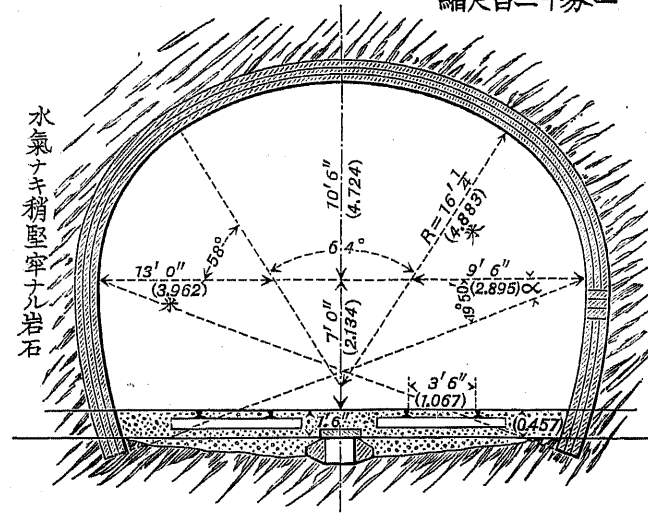


第一圖は3呎6吋(1.067米)軌間の日本單線鐵道用トンネルの形で幅15呎(4.572米)高さ16 $\frac{3}{4}$ 呎(5.029米)である舊時に作つたものは幅14呎(4.267米)であつたが近頃は其の形を段々大きくして來て京都大津間の東海道改良線中の新逢坂山のトンネルは内幅16 $\frac{1}{2}$ 呎(5.029米)施工基面上の高さ

が19 $\frac{1}{2}$ 呎(5.943米)である大體の形は第一圖の通り上半圓の半径が8呎3吋(2.515米)で $\alpha$ の角度が17度41分側壁弧の半径が凡そ37呎(11.277米)である。

第二圖

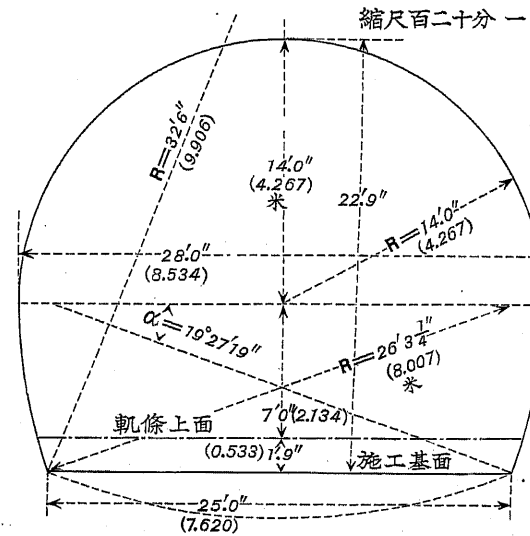
縮尺百二十分一



第二圖は山陽鐵道線の複線トンネルの一例であるが是も近頃造るものは形が大きくなつて居る。東海道改良線熱海線中の長さ5哩の丹那山トンネルは複線

第三圖

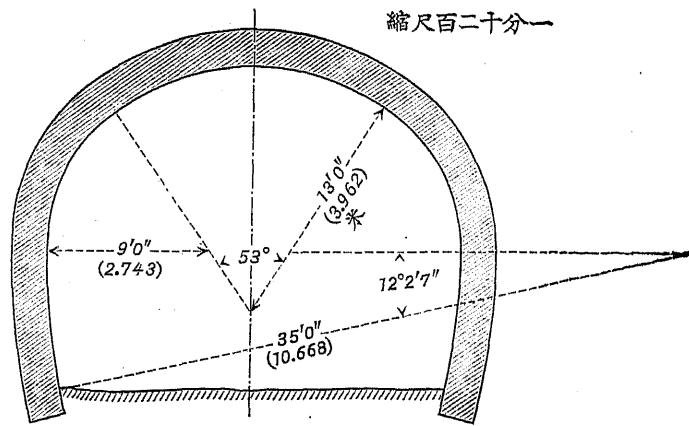
縮尺百二十分一



形で第三圖に示す通り上部は半圓徑で半径14呎(4.267米)即ち内幅28呎(8.534米)で $\alpha$ の角度が19度27分19秒側壁弧の半径が26呎3 $\frac{1}{4}$ 吋(8.007米)拱冠の高さが施工基面上22呎9吋(6.994米)軌條面上21呎(6.400米)又地質上必要とするところ

は半径32呎6吋(9.906米)の逆迫が造られる曲線部では幅6吋(0.152米)高さ3吋(0.076米)を増してある。煉瓦は五枚巻乃至十枚巻の豫定で4呎8½吋(1.435米)軌間の鐵道用としても差支のない大きさである。第四圖は複線鐵道用の大阪奈良間電氣軌道用の生

第 四 圖

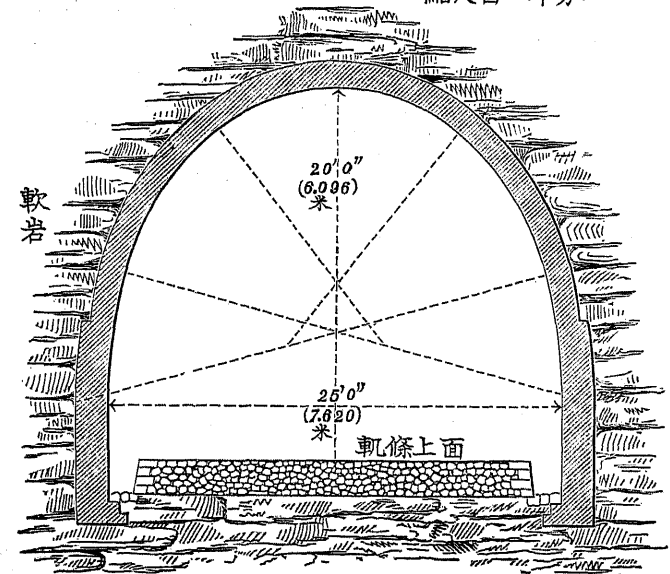


駒トンネルであるが形が小さい。

第五圖は英國 Lydgate トンネルの形で五圓心の馬蹄形4呎8½吋(1.435米)軌間の複線鐵道用であるが幅は狭く25呎(7.620米)である。St. Gothard トンネルは複線鐵道用で幅26呎餘(8.000米)第三圖丹那山トンネルに似た形であるが幅は夫よりも少しく狭い。又周圍から土壓のかゝるところでは第六圖に示す北米 Hoosac トンネルの様に圓形に近いものもある。又第七圖に示す伊國 Cristina トンネルは異例な強土壓であつて一度作られたものが壓潰されて改築された其の形は橢圓形で其の巻立が非常に厚い。又横壓力が非常に強くて不平等であつてトンネルが全體

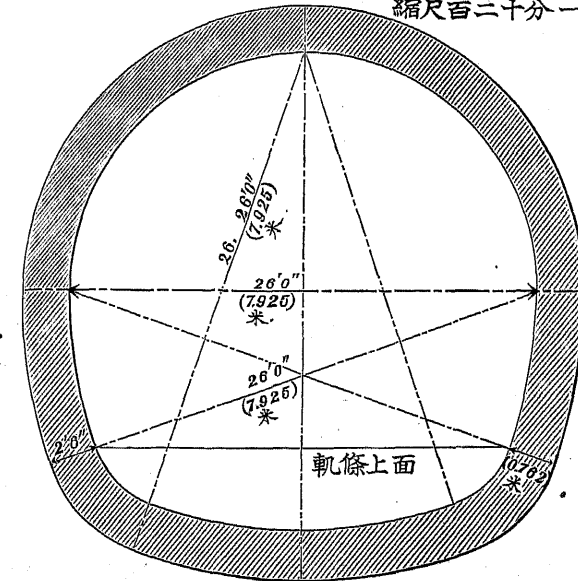
第 五 圖

縮尺百二十分一



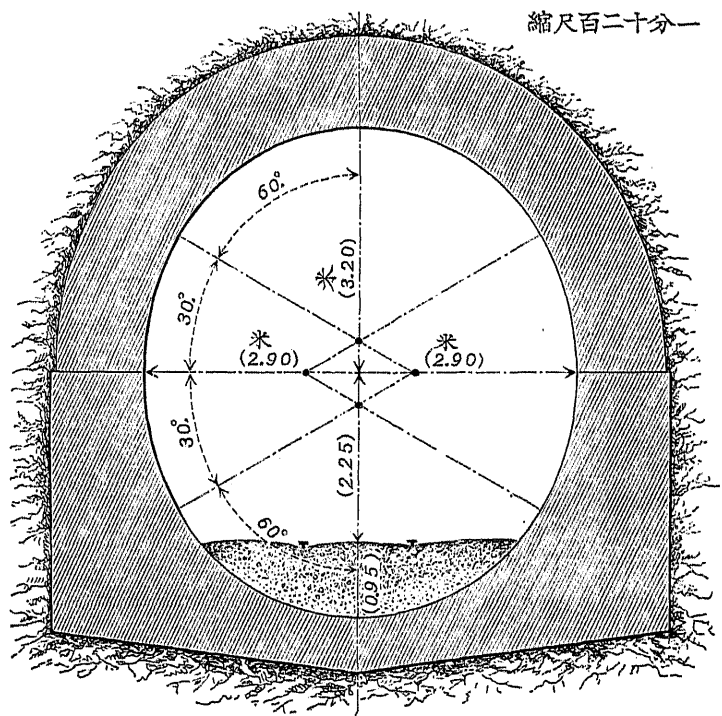
第 六 圖

縮尺百二十分一

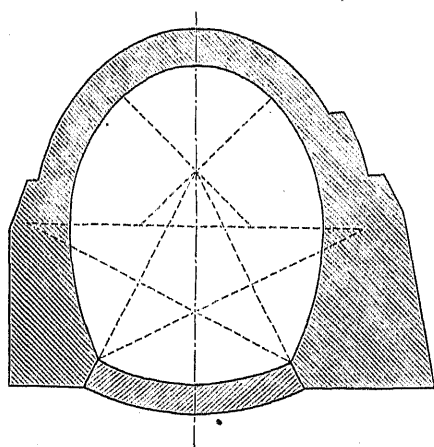


第七圖

縮尺百二十分一

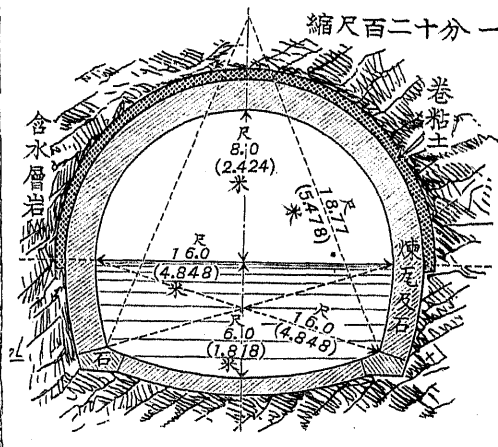


第八圖



第九圖

縮尺百二十分一



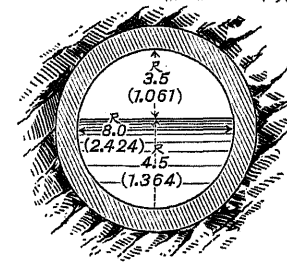
で滑りさうであるか若くはトンネルに割れ目の出来る様な患

のあるところでは第八圖に示した様な形のところもある。

第九圖は第一琵琶湖疏水の長等山トンネル長さ一哩半(2.4基米)で流量一秒時300立方尺(8.348立方米)含水岩層のところは穹窿迫持上に粘土巻工を施してある水面上8尺(2.424米)の裕餘は荷舟屋形舟の通行の出来るため水底の安全を保つために石材とコンクリートとの下穹逆迫がある下り舟は櫓で操り上り舟は舟の左側に水面上凡そ2尺(0.6米)許りのところに掛けてある針金繩を手繰るのである第十圖は疏水枝線のトンネルで内径8尺(2.424米)の圓形である小形のものゝ巻立の施工に困難はないが大形の圓形は側底部の施工が面倒である第十一圖は第二

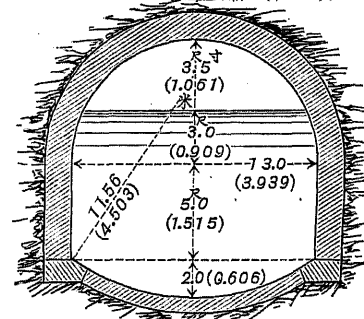
第十圖

縮尺百二十分一



第十一圖

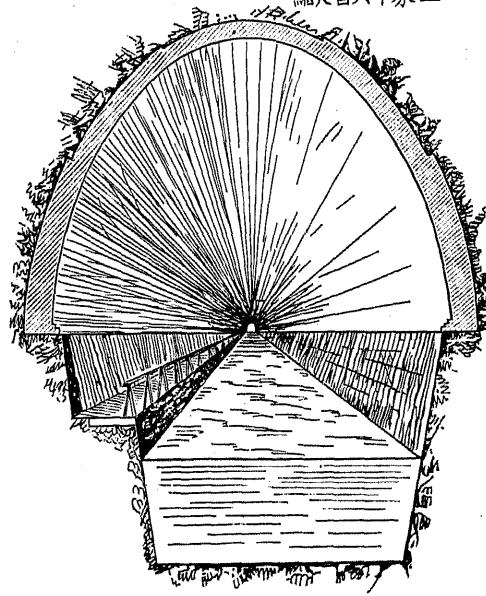
縮尺百二十分一



琵琶湖疏水のトンネルで其の流量は一秒時550立方尺(15.305立方米)で第一の疏水よりも流量は多いけれども舟を通すものでないから水が深く水面上の餘裕も僅少である。第十二圖は英國の運河中にあるFrinsberyトンネルで騾馬の舟曳道があつて手摺が付いてある。地質が丈夫なChalkであるから水面以下が巻立てゝない水中は検査が出来難いから地質に少しでも

第十二圖

縮尺百六十分一



不安なところがあるならば十分に巻立て、置くが安全である。此の形は特別の場合でなければ倣ふべきものでない。

トンネル内で船を動かす方法は色々ある。前に述べた琵琶湖疏水の長等山トンネルの様に固定した繩が水面上適當なところに掛けてあつて之を手繰るものもあり。入口の少し手前から出口の少し

先まで水中に繩又は鏈が沈めてあり船に小さい車が付いてあつて此の繩鏈を船にある車に掛け其の車を船中で回轉させて上すものもある。繩又は鏈が滑車に支へられて動力で徐々に動いて居るものあつて此の繩鏈へ船を結びつけて船を動かす仕掛もある。運河側に船曳軌道と船曳動力とを使用する様にトンネル内の上部の方に船曳動力器と其の動くべき軌道とを作ること出来る譯である。船に取附けたプロペラー又は船尾に付けた水掻車を使用しても差支ないところもある。水流の極めて遅く積荷の具合も一定し船と拱冠との距離の變化なき處ではトンネル穹冠に棧を打附けて置き荷積の上に寝ころんで棧に足をかけて踏んで行き船を動かすところもある此の方

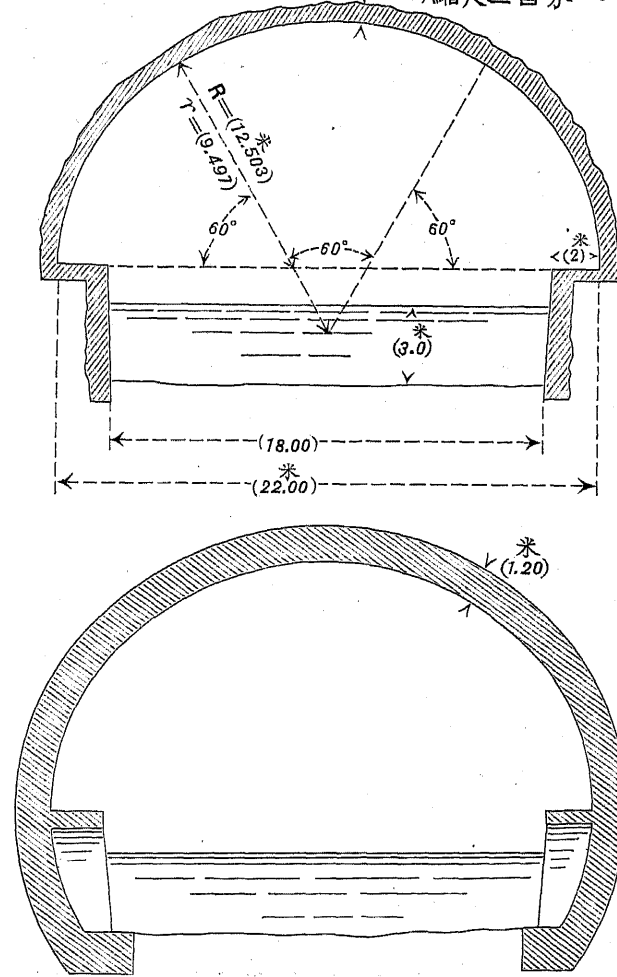
法の適用され得るところではトンネルの斷面積が儉約される。

鐵管式トンネルの形は後に詳しく説明するから此のところでは省略する。

トンネルで一番形の大きいものは佛國マルセーユ港の附近、運河内の Rove トンネルで内幅が22米もある地質のよいところ

第十三圖

縮尺三百分一



と楕圓形に巻上げる必要なところが第十三圖に示してある。

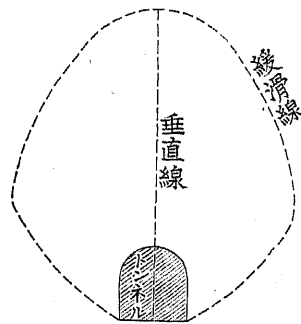
### 第二節 トンネル支保の受ける壓力.

#### 迫持支保工の厚さ

トンネル拱の受ける壓力は場合によつて甚だしき差があるから一概に之を論斷することは出来難い。

普通の土質の場所ではトンネル拱冠上より地盤までの深さが深くなるに随つて土壓は多くなつて來るが或極度に達するとそれ以上は増して來ないトンネル内幅15呎乃至30呎(4.5乃至9.米)のものでは其の深さが30呎乃至90呎(9.乃至27.米)に達するまでは漸々増加するが夫よりも深くなると増加しないばかりか時によると減じて來る。尤も地盤を緩めたときはより深くても土壓が増して來る、又トンネルは一度崩壊させると深さが100呎(30米)以上あつても上部の地盤上に穴を生ずることもあつて多大の壓力が來る、同一な地質でも形の大きいトンネルに對する壓力は形の小さいものよりも強大である、極めて小形の穴ならば掘放しで保持する土質でも大形の穴になれば崩れて來る、最初に崩れて來らんとするときに支保する力は至つて僅少なものであるが一度崩壊さして仕舞ふと之を支保するに要する力が非常に増加して來る。此の最初に壓して來る區域即ち拱側等に對する荷重は此の第一圖の緩滑りで其の緩滑線は第十四圖に點線で示してあ

第十四圖

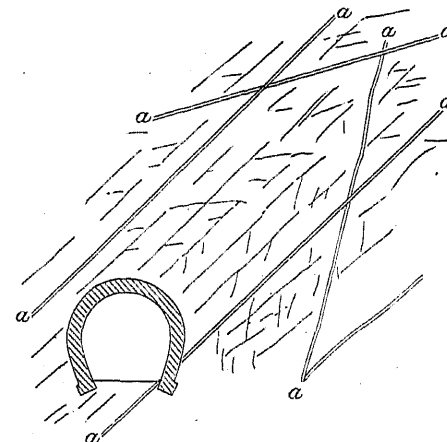


る、最初に崩れて來らんとするときに支保する力は至つて僅少なものであるが一度崩壊さして仕舞ふと之を支保するに要する力が非常に増加して來る。此の最初に壓して來る區域即ち拱側等に對する荷重は此の第一圖の緩滑りで其の緩滑線は第十四圖に點線で示してあ

る。普通の土質では下部から押上げることは稀であるが上部壓力がトンネルの拱側に掛かつて之を押下げるために下部が随つて押上げらるゝこともある、非常に地質の悪いところでは下部から押上げる壓力が強大なこともある。此の第一回の緩滑線がトンネルの形が大きくなると膨大する。トンネルの形が小さくなれば小さくなる。トンネル穴が非常に小になれば此の線が穴の形に接近して來る。此の線とトンネル拱側との間の土質が壓力を生ずる荷重の量である。此の第一回の緩滑線までゆるませて仕舞ふと更により大形の次回の緩滑線が出來る。

地質善良な粘土質は壓力を生ずること至つて少ないけれども時には地層中で非常な壓力を受けて壓縮されて居るもの又は水氣を含むと非常な力で膨脹するものもある。此の種類の粘土の膨脹するときの壓力は非常に強いが或程度に膨れて仕舞へば壓力の減ずるのがある、

第十五圖



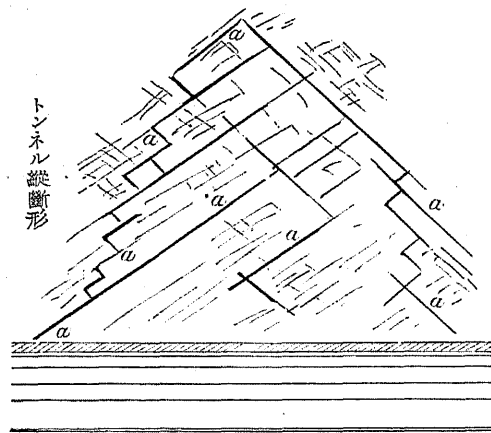
a ハ含水層、粘土層等ニシテ岩層ヲ滑動サスルモノ。

新しく作つた木材の支保工が挫折されて仕舞つて夫が挫折されて仕舞つた儘で保持して居る坑道のあるのは此の理である粘土の悪質のものはトンネル仕事の大敵である。

岩石を穿つトンネルでは其の岩が一見堅牢に見えても風化して剝落して來るものもあ

る只剥落して来るだけのものは甚だしく圧力を来たさぬものである。セメント膠泥で填塗して事足る場合もある又トンネルに接近して居る岩石はトンネルが掘鑿する、に随つて緩んで来て圧力を生ずるが隔たつたところは岩層中の摩擦で互に保持して居るところもある。含水層又は粘土層等が岩層中にあつて第十五圖に示した様な形をして居ると甚だ工合の悪い片圧力を生ずる。又第十六圖に示す様な岩層であるとトンネル

第十六圖



縦断線の一部だけ非常に強大な圧力を受けること、なる。岩層を穿つトンネルの受ける圧力は土質のものよりも普通は輕少であるが第十五第十六圖に示した様なところは却つて強大な圧力を受けるものである。

支保工の厚さの計算に

就いては Bierbaumer-Dimensionierung des Tunnel Mauer Werkes(1913) に種々な場合が説明してあるが充分に得心がいつては居らぬ。是等の事に就いては別に説明するから今一番簡単なものだけを爰に述べれば

普通の場所で最も實際に適した簡単なものは Rankin 氏の式である。

$$T = \text{迫持の厚さ(呎)}$$

R = 迫持の半径(呎)

$$T = \sqrt{0.27R} \quad \text{普通の壓力のとき}$$

$$T = \sqrt{0.48R} \quad \text{壓力の強大なるとき}$$

$$T = \sqrt{0.12R} \quad \text{壓力の輕少なるとき}$$

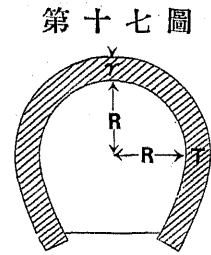
一例を挙げれば R を 8 呎(2.438 米)即ち内幅 16 呎(4.877 米)のものであれば其の計算は

$$T = \sqrt{0.12 \times 8} = \sqrt{0.96} = 0.98 \text{ 呎}(0.299 \text{ 米}) \text{ 凡そ煉瓦三輪厚に相當す}$$

$$T = \sqrt{0.27 \times 8} = \sqrt{2.16} = 1.47 \text{ 呎}(0.448 \text{ 米}) \text{ 凡そ煉瓦四輪厚に相當す}$$

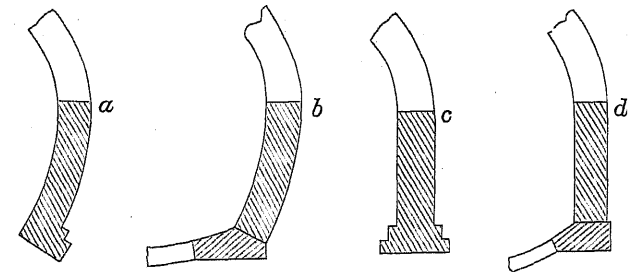
$$T = \sqrt{0.48 \times 8} = \sqrt{3.84} = 1.96 \text{ 呎}(0.597 \text{ 米}) \text{ 凡そ煉瓦五輪厚に相當す}$$

側壁の厚さは第十八圖に示す様に穹窿迫持と同じ事にする



第十七圖

第十八圖



のが普通である。第十八圖の a 及 b に示す如く勾配の附いてあるものと c 及 d の如く垂直形のとがある下穹逆迫のないものは下部の幅が少しく廣くしてあるのが通例である。下穹逆迫のあるものは b 及 d の如く側壁との間に Skew-back block を入れるが便宜である。側壁に勾配を附けると横壓力に對しては都合が宜しいがあまり餘計に附けると施工の當時が面倒である。側壁が外部の壓力に耐へられぬところ假令ば或る場合の埋立てたトンネルでは側壁の厚さを迫持よりも厚くすること

がある壓力線 Pressure line を入れて調ぶることが必要である。

下穹逆迫に對する壓力が壓力中で最も不確實なものである。稀には穹窿迫持と同一な厚さの卷立を要することもあるが通例は穹窿迫持の二倍の半徑を有する圓弧でも其の厚さは穹窿迫持の厚さの七割乃至五割で充分である。時には随分大きな土壓のあるところもある Hauenstein トンネルでは下穹の受けた壓力が平方呎に 4910 封度(平方米に 24 噸)もあつた。

寒氣の非常に甚だしいところではトンネルが完成すると寒氣がトンネル内側から地盤へ傳はつて水氣のあるところは之を氷結させて非常に強力な壓力を出して迫持側壁を破壊することもある。北海道の釧路方面では迫持側壁外に厚さの二呎も混凝土を入れて氷結を防禦せねばならなかつたところもある。