

第四章 導坑及建設方式

4. 導坑 隧道の掘鑿に當り其断面の一部分を先づ掘進する、此先行する箇所を導坑(Heading) 採鑿の方面にては切羽キリハと言ふ、導坑を設くる利益を列擧すれば次の如くである。

(a) 地質を確實に知ることが出来る、其結果として當該地盤に最も適應する建設方式を選定することを得。

(b) 隧道の中心線を現地に置くことを得るが故に掘鑿に過不足を生ずる虞がない。

(c) 作業箇所を殖やすことが出来る。

導坑の大きさは笹子、冠着及小佛等鐵道用隧道にして明治三十年代に竣功せしものは七七の荷背ツチカと稱し、高さ及幅とも 7 ft の正方形であつたが其他のものは下表の通り寸法が大きい。

隧道名	導坑の大きさ (ft)		導坑の断面積	
	高	幅	□ ft	□ m
長等山	9	10	90	8.3
生駒山	9	11	99	9.2
丹那清水	9	12	108	10.0
猪鼻	9	13	117	10.9
ニユー・カステード	10	10	100	9.2
モン・ローヤル	10	14	140	12.9
グレンメンベルグ				10.0

導坑内に軌間 2.5 ft (762 耗)の運搬線の複線を敷設する場合地質が岩石にして支保工を要せぬならば導坑の幅は 12 ft にて足るも、若し鳥居立(第七章)をなし

笠木の中央に支柱を置くやうならば此寸法にては狭く 13 ft となさねばならぬ。

導坑をば隧道全断面中何れの箇所に設くべきやの位置に關し深厚なる考慮を要する、其位置に依りて導坑には次記の種別がある。

(a) 導坑を中央頂部に設くるもの

頂設導坑 (Top heading)

(b) 導坑を中央底部に設くるもの

底設導坑 (Botton heading)

(c) 導坑を底部兩側に二個設くるもの

側壁導坑 (Side wall heading)

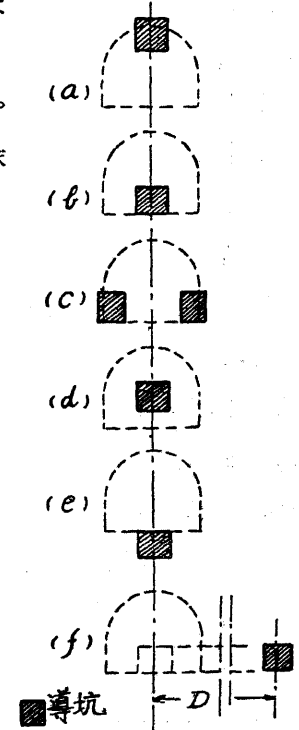
(d) 導坑を断面の中央に設くるもの

中心導坑 (Center heading)

(e) 導坑を断面外の下に設くるもの

底下導坑 (Under-heading)

(f) 導坑を隧道外にして本隧道に並行の位置に設くるもの 並行導坑 (Parallel heading)



第 8 圖

(註) e 底下導坑は瑞西の教授ヘニング(Prof. Dr. Henning) の創案に係るものなるが未だ實施せられない、丹那の大湧水が着手前に豫知せられてゐたなら此式が或は採用せられたかも知れぬ。

f 並行導坑には之を本隧道の底設導坑と同じ高さの位置に設くるものと中心導坑に相當する位置に作るものと二種がある、シンプロンは前者に屬しコンノート及ニユー・カステードは後者に屬する。

頂設導坑と底設導坑とを比較するに底設は次の通り長所を有してゐるから頂設に比し優れてゐる。

(1) 底設は其進捗に伴ひ隨處に作業箇所を殖やすことが出来る、之れに反し頂

設は作業面増加のためには掘下けを行はねばならぬ、湧水あるときは工事更に困難である。

(2) 湧水ある場合に之を坑外に誘導すること容易である。

(3) 底設の場合は坑外より導坑深部に至る迄中斷することなき運搬線を敷設することを得るが故に運送の便が多い。

(4) 底設式ならば建設方式を変更することが容易である、之れに反し頂設にて進工したるを中途より底設に改めるには一時休工せねばならぬ。

明治年代より大正四年頃に至る迄に竣成せし我國の隧道は悉く日本式と稱する建設方式に依つた、同式は頂設導坑法的一種である、即ち此年代に作られた一千以上の隧道は頂設導坑法に依つたが今日にては底設法が普遍的に行はれて頂設法を採るものは稀れである。

B. 建設方式の定義及變遷 建設方式とは單に隧道斷面掘鑿順序に依りて區別するのみならず、支保の方法並びに壘築工の順次にも依つて種別せられる施工の方法を言ふ。

隧道工は其當初歐羅巴の列國に於て別々に發達したから獨逸、英吉利、塊地利、白耳義、伊太利等國名を冠した方式に區別せられた、而して各式はいづれも特殊の工法を有し相互間に劃然たる相異點あつたが、其後自式の短を去りて他式の長を取入れる折衷法が現出し、又三式を混同したるが如き新らしき式が生じたので、現代にては昔の分類法に準據し難い、今著書に依りて如何に分類法の相異せるかを示すため一表内に總括すれば次の如くである。

建築方式名

方式 \ 著者	Drinker	Birk	Bader	Prelini & Hill	Dolezalek
獨逸式 ×	○	○	○	○	(VII) ○
英吉利式	○	○	○	○	

白耳義式 ×	○	○	○	○	(I) ○
塊地利式(舊)	○	○	○	○	
伊太利式 ×	○	○		○	
塊地利式(新) ×		○	○		(II-IV-V) ○
上部開掘法 Top Cut ×		○	○	○	(VI) ○
チハ式 Ržiha		○			
並行導坑式 Parallel Heading			○		
底下導坑式 Under-heading			○		
亞米利加式又はベンチ式 Bench ×				○	(I) ○
日本式 ×					
方式の数	5	8	8	7	7

(註) 書籍名にして第一章参考書に掲記せざりしものは次の如くである

Alfred Birk, Der Wegebau, II, 1911.

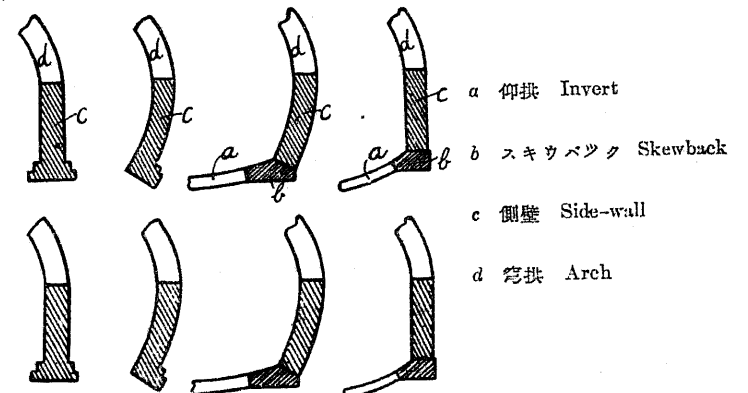
Bader, Vortrieb u. Ausbolzung von Gebirgs-tunneln, 1911.

○印は書籍中に建設方式として編入せるもの

×印は本著者の説明及批判せんとするもの

Dolezalek は方式名を第一より第七までに分ち新塊地利を更に三式に細別してゐる

() 内に記入した數字は其命名である。



第 9 圖

C. 疊築工各部の名稱 建設方式の説明上必要あれば茲に疊築工各部の名稱を述べれば第9圖の通りである。

D. 方式の分類 本著者は次の如くに種別し各式を説明する。

(a) 掘鑿しつゝある間に疊築工の部分完成する方式

(Part-section method と命名して置く)

- (1) 獨逸式 German system
- (2) 伊太利式 Italian system
- (3) 白耳義式 Belgian system

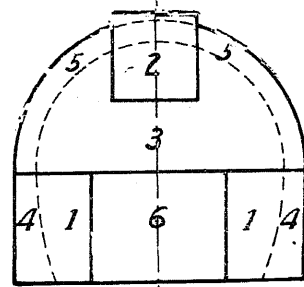
(b) 全断面開掘後疊築工に着手する方式

Full-section method.

- (4) 亞米利加式 American system
- (5) 新奧地利式 New Austrian system
- (6) 上部開掘式 Top-cut system
- (7) 日本式

1. 獨逸式は獨逸國の砂地に於て發達せしが故に其國名を冠せられた、断面の中央下部の地山を最後まで残し置くの故を以て Center core method と稱せら

れる、側壁を取急ぎ疊築し中央下部の地山を残し置きて穹拱を巻立てる方法で施工の順序は第10圖の如くである、數字は着手の順次を示す、先づ側壁部に導坑(1)を穿ち次いで断面中央頂部に頂設導坑(2)を設け(3)の切擴をなしつゝある間に側壁(4)の疊築を行ひ(3)の開掘終れば穹拱巻立(5)をなす而して(3)

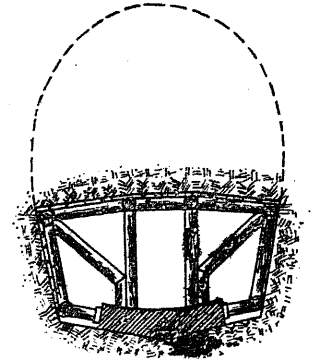
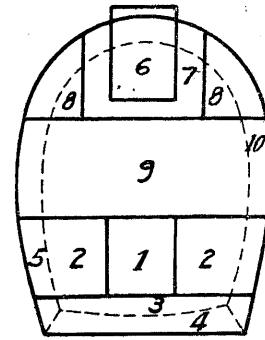


第10圖

及(5)の作業中は(6)なる地山を土臺として支保する、而して仰拱は(6)取除後に築造する。

2. 伊太利式は伊太利の Cristina に於て試用せられたる關係よりクリスチナ式又此式の創案者の名よりしてプロツ式(Protche)とも稱せらる、仰拱の築造を第一に行ひ次いで側壁を疊築することを特徴とする、之がため導坑(1)を穿ちて

其兩側(2)に側壁切擴を行ひ、次いで(3)を掘下げて仰拱を作る、此場合に於ける支保工の一例は第11圖の通りである、仰拱完成後は直ちに側壁(5)を築

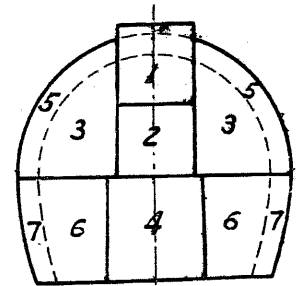


第11圖

き然る後頂設導坑(6)を穿ち(7)(8)及(9)の切擴を行ひたる上穹拱(10)の巻立をなすのである。

3. 白耳義式は穹拱の巻立を急ぎて施工し其竣成後に下部土砂を取除き側壁を積上げて既成穹拱に膠着することを特徴とする、

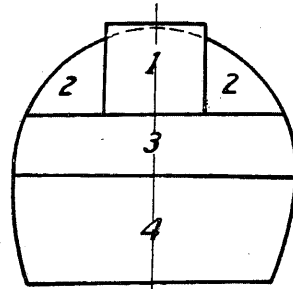
施工の順序は第12圖に示すが如く先づ頂設導坑(1)を設け次いで導坑の下(2)を掘下げ(3)及(4)の切擴をなし穹拱巻立(5)を施したる後(6)を切開く、此際既成穹拱を下より柱を以て支保して沈下を防護する必要がある、かくの如く穹拱を支柱し乍ら其下に兩側の側壁(7)を疊



第12圖

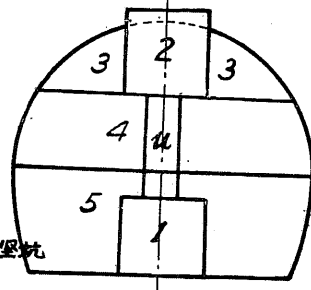
築する、穹拱巻立を側壁よりは先に築造するが故に「逆巻法」の稱がある、此方式に依るときは側壁の施工中に穹拱の降下は免れ難きことなれば、之に備ふるため豫め穹拱を所定の高さよりは高く作り置くのである、之を「上げ越し」と稱へる。

4. 亞米利加式は第13圖の如く頂設導坑(1)を設け(2)の切擴を施したる後(3)及(4)の順序を以て掘下げるものにて隧道工の縦斷面は階段形をなす、故に Bench method の稱もある、斷面の小なる隧道にては導坑に次いで其下部を掘り下りて上下二段に開掘する、而して全斷面の開掘後に初めて壘築工に着手する、以下5、6、及7式も亦同様である。



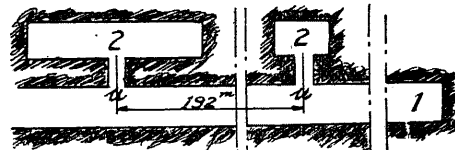
第13圖

5. 新填地利式は第14圖の如く、底設導坑(1)を設け其進行が或程度に達せし後に豎坑(Upraise)を穿ちて隧道頂に達し隧道軸に沿ひて前後に頂設導坑(2)を進行せしめる、豎坑は掘鑿土の放出及従業者の通路に供せられ相互の距離は200米程度が普通である、



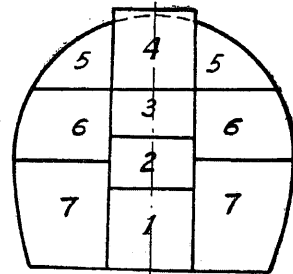
第14圖

(2)の進捗後は兩肩(3)を切擴げ然る後(4)及(5)の順序を以て掘り下り全斷面の開掘を了するのである、隧道軸の縦斷圖は第15圖の通りである。



第15圖

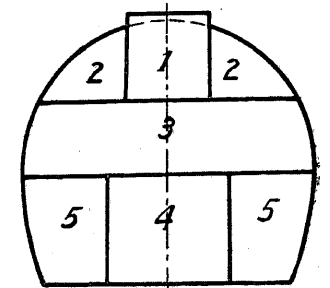
6. 上部開掘式：第16圖の通り新填地利式と同じ位置に底設導坑(1)を設け、其天井部を順次(2)(3)及(4)と切り開きて隧道頂に達したる後兩肩(5)を切擴げ、然る後兩側に残れる(6)及(7)の地山を取除くのである、斷面の小なる隧道にありては導坑上部を一段又は二段にて



第16圖

掘上ればよろしい而して隧道軸の縦斷面は亞米利加式とは全く反對の逆階段形をなす。

7. 日本式は其掘鑿順に於て白耳義式と酷似せるも、全斷面の開掘後に壘築工に着手する點が違ふのである、換言すれば逆巻法に依らない。先づ頂設導坑を設け第17圖に記入する數字の順序に切擴を行ふのである、各部分の名稱は次記の通り。



第17圖

- (2) 丸形：第一切擴又は袖
- (3) 中背打又は第二切擴
- (4) 大背打又は第三切擴
- (5) 土平落：側壁又は第四切擴

E. 各式の比較 白耳義式は逆巻法を採るため大なる缺點を有してゐる、即ち穹拱の沈下は免れ難きため上部地山と穹拱上面との間に空隙を生じ、其上の土砂は何時か墜落して其空隙を充たす代りには又上の方に空間が出来、歳月の經過と共に地盤の弛緩は漸次上層に及び終には大なる土壓を穹拱に及ぼす様になる、此結果として穹拱に龜裂を生じ修理の止むなきに至つた實例が多い、隧道完成後30乃至60年にして穹拱を修築した隧道の大部分はその建設當時の歴史を調査すると白耳義式であると言ふ、かくの如く白耳義には大缺點あるが故に今後此式は採用せぬが良い。

レッツニユベク以後に竣成せし著名隧道の建設方式は次表の通りである。

名	稱	竣成の年	建設方式
レッツニユベク		1913	新填地利及上部開掘兩式併用
モン・ローヤル		1914	上部開掘式
モン・ドール		1915	白耳義式

コンノート	1915	並行導坑を本隧道の中心に相當する箇所 に設くる特種の工法
グレンヘンベルグ	1915	新塊地利式
ハウエンスタイン・パーシス	1916	新塊地利及上部開掘兩式併用
シンプロン II	1918	上部開掘法 但し導坑は第一隧道建設當時 の並行導坑を應用せるものにして断面の側 方に偏在
ニユー・カスケード	1929	コンノート同様の特種工法

我國に於ては明治時代最初の隧道たる逢坂山以來日本式を用ゐ、地質の軟弱なる箇所に會すれば白耳義式に移り逆巻法に依つてゐた、笹子、生駒山、冠着及小佛等皆此方式にて工事を竣成した、大正時代に入り鐵道省が熱海線に於て底設導坑法を選択し、獨逸新塊地利及上開掘の三式を標準と定めて以來之に倣ふもの多く清水、丹那、猪鼻等最近竣成せしか或は工事中の長大隧道は何れも新塊地利式或は上部開掘式又は此兩式併用を行ふてゐる、此内清水の南口は掘鑿の當初には亞米利加式を採つてゐたが後北口同様之を兩式併用に改めた。

建設方式はその何れかを選択しても之を固執するの必要は更にない、遭遇する地質に依り之に最も適應する方式に変更すれば良い、この改變には底設導坑法が便利である、若し頂設導坑を穿ちて進行する場合之を底設導坑より出發する方式に改むるためには本章(d)に記述せし通り一時休工せねばならぬ、それ故に長大隧道開掘の計畫として底設導坑法を採り地質に依りて次の如き方式を選ぶが最も適當である。

地 質	建 設 方 式
最も軟弱なる泥濘土	伊 太 利
砂 地	獨 逸
普通土又は軟岩	新 塊 地 利
硬 岩	上 部 開 掘