

橫濱 地下鐵 建設 現況과 展望

홍빙 지하철 건설 현황 전망
(요코하마)

清水廣*
정수광

本講演은 6月1日 서울地下鐵 建設本部 講堂에서
地下鐵建設本部 監督官 및 施工業體技術者 100余
名이 參席한 가운데 우리學會 會長의 解說로 進
行된 內容이다.

7. 廣町 tunnel施工(shield tunnel)

8. 今後的의 地下鐵의 建設動向

1. 日本에 있어서의 地下鐵 營業狀況

우선 日本의 地下鐵에 關하여 現狀을 認識하
기 爲하여 現在營業하고 있는 다음 대 都市의 路
線에 對하여 紹介한다.

차 리

1. 日本에 있어서의 地下鐵 營業狀況
2. 日本國土의 代表的 地層構成
3. 都市 tunnel의 建設技術의 現狀
4. 橫濱에 있어서의 地下鐵 建設의 發見을
5. 北의 谷(기다노다니)tunnel의 施工
(natm)
6. VIDEO 上映(1号線 湘南臺 延長線)

- | | | |
|--------|-------|--------|
| ① 삿포르 | ② 센다이 | ③ 도쿄 |
| ④ 요코하마 | ⑤ 나고야 | ⑥ 오사카 |
| ⑦ 교토 | ⑧ 고베 | ⑨ 후쿠오카 |

(1) 9개 도시의 승차 인원 추이(1일평균)

1) 지하철의 승차인원 추이

* 橫濱 地下鐵 廣町 作業所長

(單位：千名)

區分	1991年度	1992年度	1993年度	1994年度	營業km	乘車人員/營業km
① Sapporo	611	601	592	598	45.2	13.2
② Sendai	150	155	160	163	14.8	11.0
③ Tokyo	1,552	1,587	1,595	1,592	68.1	23.4
管 地下鐵	5,886	5,918	5,862	5,788	162.2	35.7
④ Yokohama	257	258	310	316	33.0	9.6
⑤ Nagoya	1,087	1,068	1,086	1,117	76.5	14.6
⑥ Osaka	2,742	2,745	2,725	2,664	105.8	25.2
⑦ Kyoto	202	202	203	203	11.1	18.3
⑧ Kobe	246	254	260	246	22.7	10.7
⑨ Fukuoka	263	275	305	310	17.8	17.4

2) 横浜近郊鐵道の 乘車人員

(單位：千名)

區分	1991年度	1992年度	1993年度	1994年度	年費(%)
a JR 東日本	2,548	2,621	2,663	2,675	+0.4
b 京浜急行	1,271	1,203	1,200	1,194	-0.5
c 東京急行	2,606	2,597	2,582	2,568	-0.5
d 相模鐵道	675	677	679	680	+0.1
e 小田急電鐵	1,943	1,947	1,945	1,936	-0.5
f 東武鐵道	2,576	2,603	2,604	2,590	-0.5
g 西武鐵道	1,842	1,842	1,828	1,813	-0.8
h 京成鐵道	754	765	771	768	-0.4
i 京王帝都	1,601	1,608	1,610	1,610	+0.0

2 일본국토의 대표적 지층구성

日本の大都市는 大部分 第3紀보다 새로운 地層으로 形成되어있다. 그 中에서도 地下鐵이 建設되어있는 都市는 新第3紀(中新世, 鮮新世) 및 第4紀(洪積世, 沖積世)로 되어있다. 따라서 都市部

에서는 shield 工法, NATM, 開鑿工法 中의 어떤 것으로 tunnel이 施工된다.

3 都市 Tunnel의 建設技術의 現狀

지금까지의 日本에 관한 事項을 參考로하여

說明을 理解해 주기 바란다. 都市에 있어서의 Tunnel 建設은 開鑿工法이나 Shield 工法 主流이나 小口徑인것은 推進工法, 河低下나 海底下에서는 沈埋工法 등이 採用되는 일도 있다. 日本의 都市는 大都市만이 아니라, 中小의 都市도 그 大部分이 沈積平野 또는 沈積盆地로 발달되어 있고 이곳에 Tunnel을 建設할 경우에는 對象이 되는 地盤도 軟弱한 일이 많다. 軟弱地盤에 있어서 Tunnel을 構築할 경우에는 掘鑿하는 地盤의 安定이 가장 重要하고 開鑿工法에서는 掘鑿底面₁과 흙막이 壁의 安定이, Shield 工法에서는 막장의 安定₂이 그 Tunnel의 安定성을 支配한다.

(₁):Heaving, Boiling, Piping등 (₂):Tunnel의 掘鑿面) 冲積層의 下部에는 一般的으로 洪積層이 堆積하고 다시 그 下部에는 新第3紀層이 存在한다. 大都市에 있어서도 最近에는 이와같은 地下의 比較的 얕은 場所에 軟岩이나 어느 정도의 強度가 있는 岩盤이 存在하는 경우도 있다. 例를들면 橫濱市, 福岡市, 仙台市 등의 地下鐵에서는 都市內의 Tunnel이라도 路線의 一部에서 이와같은 地層에 山岳工法₃이 採用되어 왔다.

(₃):發破, 掘鑿機械 등으로 地山을 掘鑿하고 H型 鋼, 失板, 또는 뿔어붙임 Concrete, Rock bolt 등으로 覆工하여 가는 Tunnel工法)최근이 되어 地下鐵에서는 土砂地山에서도 地下水나 周邊環境 與件이 좋으면 適切한 地盤安定處理 工法을 併用한 위에 NATM을 採用하는 機會가 증가하고 있다. 地下鐵에 限하지 않고 河川의 分水路 Tunnel, 發電所의 導水路 Tunnel등 大都市 및 大都市 近郊에 있어서도 與件이 허락하면 NATM의 適用이 可能하고 이미 몇개의 實施 例가 있다. 普通岩의 地盤은 例를들면 New York, Washington, Stockholm 등의 都市에서는 보통으로 볼수 있고 大都市의 中心部에

서 發破에 의한 山岳工法이 採用된 일도 많다. 日本에 있어서도 드물기는 하나 후쿠오카시의 地下鐵과 같이 水路下의 比較的 단단한 岩盤에 있어서는 NATM의 導入 이전부터 山岳工法이 採用된 일이었다. 이와같은 普通岩의 地盤은 Shield 工法의 對象地盤과는 생각하기 힘들고 또한 逆으로 軟弱한 冲積粘土層에는 NATM을 採用하기 힘들다. 따라서 兩工法이 競合되어 適用될 領域은 洪積層에서 新第3紀의 軟岩까지 된다.

① Shield 工法

Shield 工法은 Thames 河底 Tunnel에서 最初로 採用되었다. 日本에서는 1917년에 처음으로 shield工法이 鐵道 Tunnel에서 採用되었다. 그때까지 Europe이나 America에서는 200km 가까운 Shield Tunnel이 建設되어 있었다. 그후 今日에 이르는 Shield 工法의 發達の 歷史는 다음과 같다. 1960년에 나고야 地下鐵에서 單線 Shield가 採用되고 日本에 있어서 Shield 工法이 急速하게 發展하는 契機가되었다. 또한 오사카의 地下鐵 開鑿 工사에서 있어서 爆發事故 以來 Shield 工法이 採用되는 Case가 비약적으로 增加하였다.

手掘 Shield(1917) → 機械掘 Shield(1936) →
 泥水 Shield(1964) → 土壓 Shield(1974) →
 MF Shield(1987) → DOT Shield(1991)
 (泥水式 Shield) (土壓式 shield)

1980年~1987年の 施工實績은 日本이 981 km, 外國이 132km이고 실로 88%의 Shield 工事が 日本에서 實施되어 있다. 또한 Shield 機種은 泥水式이나 土壓式의 소위 密閉型이 태반으로 開放型은 特殊한 Tunnel만에 採用되어 있다. 重要構

造物이 縱橫으로 교차하는 都市에 있어서 Shield 工法の 型式도 自然히 變化하고 있다. 3連 MF Shield에 의한 驛部 shield 施工이나 着脫式 泥水 3連型 Shield 施工(一般部를 複線型 Shield로 施工 後 3連 Shield 改造하여 驛部를 施工),小斷面에 의한 地下鐵施工(車輛의 小型化),短型 Shield 施工등 이 最新의 工法으로 되어있다.

② 도시 NATM

NATM은 山岳 Tunnel工法으로서 日本 國內에서 急速하게 普及되고 지금은 山岳 Tunnel의 標準工法으로서 定着하고 있다. 1965年境 鋼製支保工+木失板 全盛時代였다. Tunnel의 支保工으로서 뽑어붙임 Concrete나 Rock Bolt가 採用된 것은 上越新幹線 中山 Tunnel의 導坑 掘鑿에서였다. 그 이후 土砂地山, 溫泉余土, 硬岩地山에서 有利性이 實證되고 急速하게 全國으로 普及되어갔다. 軟岩이나 土砂地山에 있어서의 NAT의 實績은 周邊環境 條件의 相違는 있으나 鐵道만을 보아도 60例 以上이 되고 施工技術은 導入 當初부터 현격하게 進歩하고 있다.

NATM의 都市 Tunnel의 適用與件

1. 막장이 어느정도 自立하는가, 適切한 加背割, 補助工法으로 施工할 수 있을것.
2. 地表面 變形이 許容될 수 있을것.
3. 地下水位 低下가 許容될 수 있을것.

地下首位 低下工法, 地盤注入 工法등의 地盤安定處理와 막장前方의 地山을 支保하는 Forepiling 工法(특히 最近에는 Umbrella 工法, 長尺先受 工法이라고 부른다)이나 그 先端에서 Urethane 樹脂등을 注入하는 方法이 研究되어 實用化 되고

있다. 掘鑿斷面을 小分解하는 方法으로서 側壁導坑이나 Short bench, Mini bench 또는 斷面내에 中壁을 設置하는 CD工法 다시 이것을 水平으로 있는 CRD 工法등의 各種의 工法이 條件에 따라 適用되고 있다. 地下水의 處理를 掘鑿斷面에 限定할 수 있으면 適切한 地盤安定 處理工法을 併用하는 것에 의해 NATM은 大都市에 있어서도 適用되게 되었다. 固結된 粘土層에서는 地下水에 의한 영향이 적고 比較的 막장의 安定은 容易하고 신속히 뽑어붙임 Concrete로 掘鑿面을 防護하는것에 의해 地表面 沈下를 低下할 수 있다. 砂礫層이나 砂層에서는 地下水의 영향이 크고 粘着力이 없는 地層에서는 막장의 安定을 確保하기가 어려워서 때로는 陷沒的인 沈下가 생긴다. 特히 均等粒徑의 砂層에서는 地下水位가 充分히 낮아도 막장이 自立하기 힘들고 막장의 到達前에 地盤注入등의 補助工法이 必要하게 된다. 最初로 土砂地山에 NATM을 適用한 Casc로는 밭으로서 부근에 民家도 없는 場所이고 地表沈下는 10cm 以上이 觀測되었다. 그러나 最近의 都市部에서의 施工例에서는 地盤與件에도 의하나 이와같은 補助工法을 併用하는것에 의해 Tunnel直上部에서의 沈下量은 數cm 以下로 抑制하도록 되어있다. 都市 NATM에 있어서 Rock bolt를 適用하는 例는 最近에는 매우적다. 이것은 地盤이 岩盤에 비해 軟質이고 Rock bolt의 效果가 發端되기 어려운것, 所定の 用地內에 收用하기가 어려운것 등이 原因이다. 따라서 뽑어붙임 Concrete 또는 鋼製支保에 의해 補強된 뽑어붙임 Concrete가 主要한 Tunnel의 一次 支保部制로 된다. 工法과 NATM이 競合하여 施工되게 되어 점점 그 工法 선정시 重要하게 된다. 工法 選定時 다음과 같은 條件을 檢討할 必要가 있다.

- a. 地盤條件
- b. 環境條件
- c. 經濟性

특히 經濟성에 대하여는 都市部에 있어서의 公共工事의 建設費는 해마다 增加一路를 걷고 있다. 이와같은 狀況中에서 都市 Tunnel의 建設도 費用의 增加는 深刻한 問題로서 機械設備, 資材로의 投資가 비교적 적은 NATM이 Shield 工法보다 싼 構築方法으로서 注目되고 있다. 이와같이 Shield와 NATM의 兩工法 함께 각각의 適用境界 領域을 擴大하고 있으나 環境條件에 의해 그 工法選定이 決定的으로 되어오고 있는 것이 現實이다.

例: 어느 정도의 地반침하, 地하수위 저하가 허용된다—NATM(공사비가 싸다) 地반침하, 地하수위 저하가 허용되지 않는다—shield공법

4. 橫濱에 있어서의 地下鐵建設의 發見

1) 橫濱市域과 地下鐵의 形成

橫濱시는 神奈川縣의 東端에 있고 東京灣에 面하고 陸海交通의 要衝에 位置하고 있다. 그러나 市內에는 丘陵地가 많기때문에 市街地의 發展은 主로 主要河川의 流域에 썩기狀으로 形成되어 왔다. 이들의 地理的 條件에 制約되어 橫濱驛이나 櫻木町驛을 中心으로 放射狀으로 發達하고 環狀線狀의 發達을 볼 수 없었다. 都市를 支持하는 交通基盤의 整備에서는 현저하게 늦어져 있는 現狀이었다. 人口나 道路交通車輛 增加에 隨伴하여 地下鐵의 建設이 要望 되고 있었다. 그러나 막대한 建設資金을 要하는 것과 橫濱市의 中心市街地의 大部分은 軟弱한 沖積層이 두껍게 堆積되어

있었기 때문에 1060年 當時의 技術로는 어렵다고 하고 있다.

2) 6大 事業計劃과 地下鐵

橫濱市의 郊外部는 綠色으로 덮여진 未開發의 丘陵, 台地가 많이 남아 있었으나, 수도권으로의 人口集中에 수반하여 橫濱市域으로서 대규모적인 人口의 流入이 始作되었다. 無秩序한 小規模의 亂開發을 防止하고 鐵道의 導入에 의해 計劃의인 거리 만들기를 目標로할 目的으로 地下鐵 建設計劃이 橫濱市의 6大 事業構想에 짜넣어 졌다.

3) 橫濱市의 地下鐵의 現況

橫濱市의 地下鐵은 1968年에 그때까지의 路面電車에 대신하여 市民의 발로서 高速鐵道 1号線上 大岡~伊勢佐木 長者町間의 工事に 着手하였다. 工事は 橫濱 特有的인 軟弱地盤 때문에 難航하였으나, 1972年 開通되었다. 이것以來 開通을 겹쳐서 現在 아자미町~戶塚間 33.0km를 營業하고 1日當 約 32萬名의 乘客을 輸送하고 있다.

5. 北의 谷 Tunnel의 施工(NATM)

1) 工事概要

이 Tunnel은 第3京浜道路와 교차하는 연장 830m의 複線 Tunnel로서 第3京浜道路 옆에 作業基地를 設置하고 開鑿工法으로 垂直坑을 構築하고 이곳에서 兩方向으로 NATM으로 Tunnel을 施工하였다. Tunnel의 掘鑿斷面은 66m²~74m²로서 土被는 全般的으로 10~20m 정도이나 終點 부근의 農地部에서는 約 6~7m (0.6D~0.7D)로 되어 있다.

2) 地形 및 地質概要

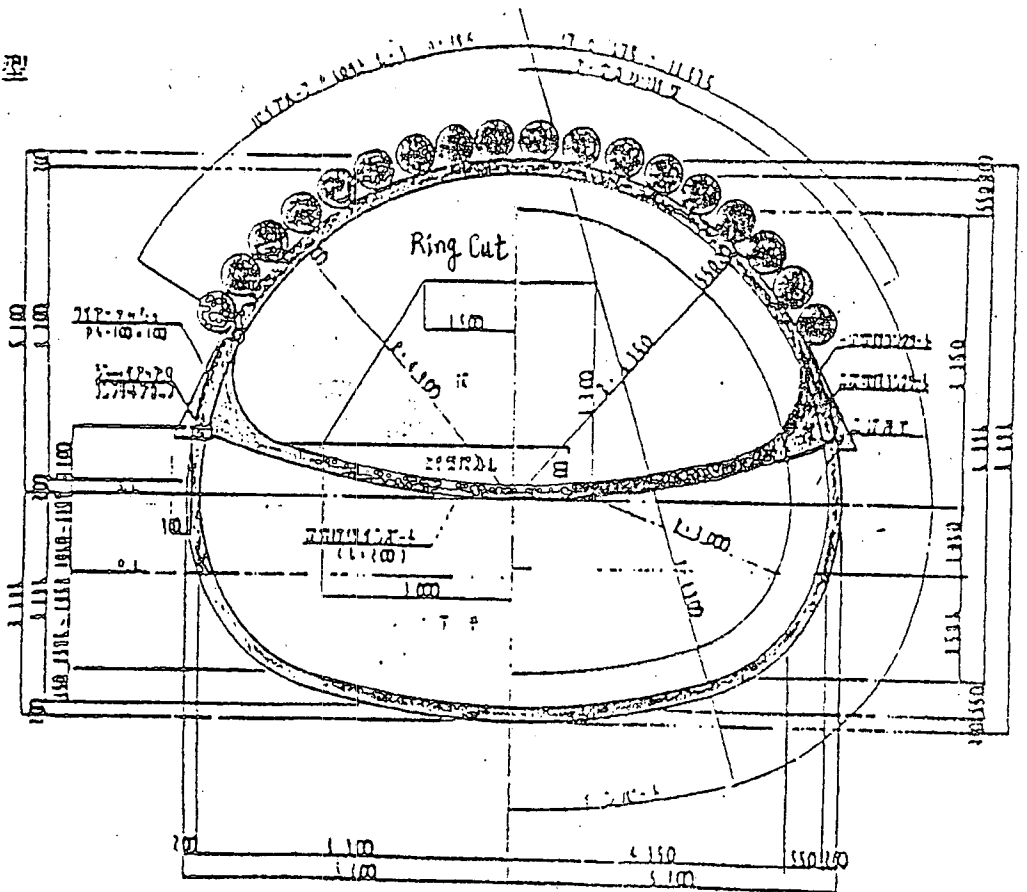
多摩丘陵의 東端에 계속되어 橫濱市 一帯에 發達하는 下末吉台地의 末端部에 位置하고 海拔 30~40m로 起伏이 많다. 現況은 거의가 밭 및 山林으로 되어있고 周邊에 住宅이 散在되어 있다. 地質은 上總層群의 王神寺層을 基盤으로 하고, 그 上部를 洪積世 中期에서 後期の 相模群 鶴見層, 下末吉層, 關東 Loam層이 덮여있다. Tunnel은 主로 鶴見層 부근에 位置하고 있다. 鶴見層은 砂

質土와 粘土層의 互層이다. 砂質土層은 細砂가 主體로서 Silt 및 砂礫이 混入되어 있고 N値는 8~50 以上으로 變化가 많다. 粘性土層은 全體的으로 凝灰質로 굳고 N値는 3~22의 범위를 나타내고 있다. 또한 始点側의 農地部의 Tunnel 斷面에는 埋土層이 두겹게 堆積되어 있고 아직 20年 정도밖에 경과되어 있지 않는 것 같다.

3) 施工

① 第3京浜道路 교차부 掘鑿 (一次閉合)

I-5型

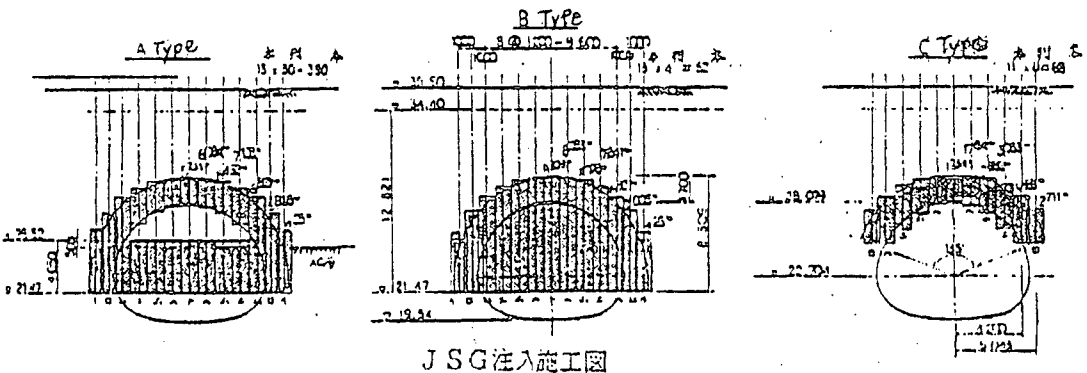
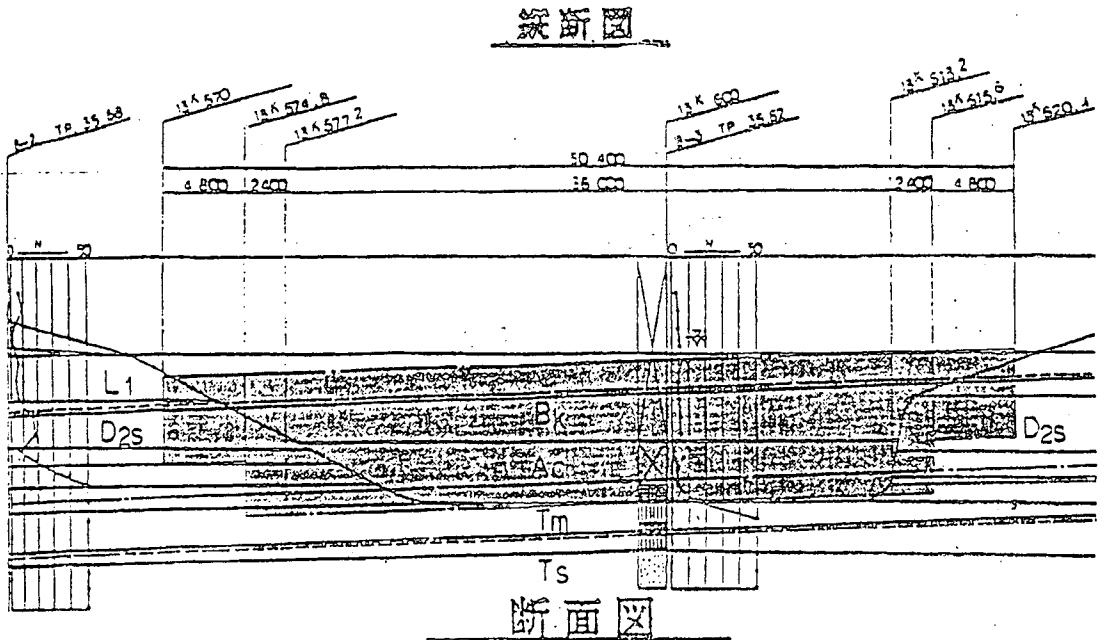


掘 断面圖

Pipe Roof로 防護한 直下를 一次閉合式 NATM으로 施工하였다. Tunnel 上部를 Pipe Roof로 防護한것에 의해 막장 天端에서의 崩落을 防止 할수가 있었던것과 上半支保工의 根足部の 地

質이 N植 50以上の 固結된 Silt였기 때문에 支保工의 次水가 적었던것으로 地上의 道路에는 거의 影響없이 Tunnel을 施工할 수 있었다. 平均日進長 2.00m/日, 1m당 所要人員 17.3名

② 埋土層部 掘鑿



埋土層部는 超高壓 攪拌工(JSG)에 의해 미리 地盤을 改良하고 나서 Tunnel을 掘鑿施工하였으나 地盤改良區間을 거의 통과한 地點의 上半掘鑿중 막장 上部의 粘土質細砂層이 湧水와 함께

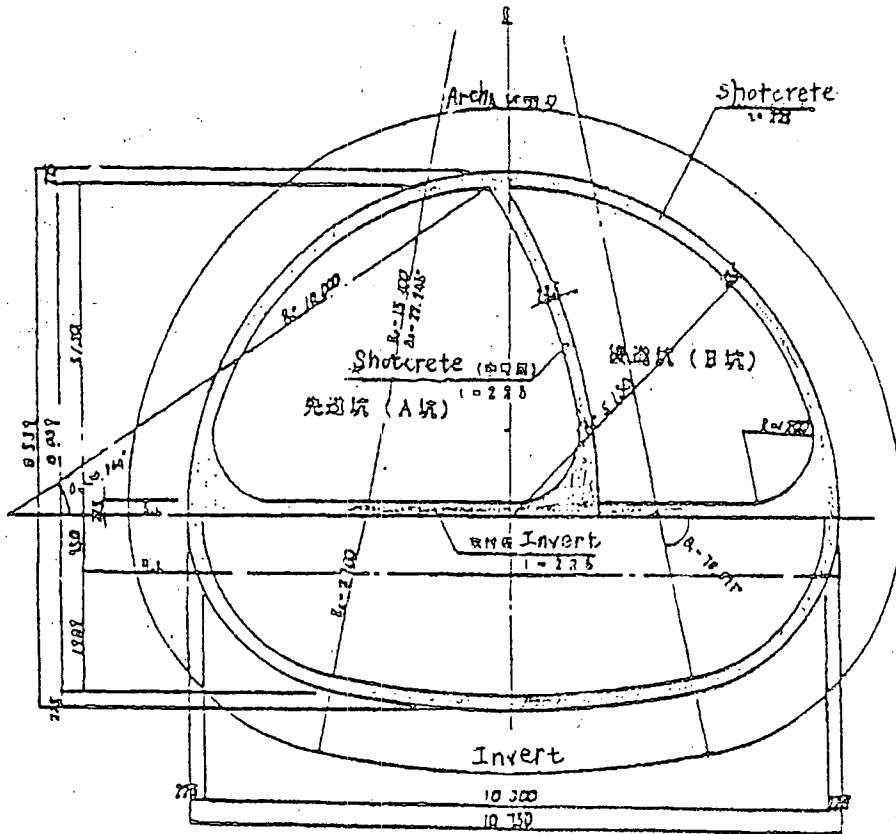
崩落되어 왔다. 여기에서 막장을 뺐어붙임 Concrete로 굳게하고 이 以後의 掘鑿方法에 대하여 檢討하였다.

③ Loam 層部 掘鑿(上半先進 Short Bench → 上半中壁式으로 變更)

當初 垂直縫地 Bolt 併用의 上半先進 Short Bench로 掘鑿하는 設計하였으나 상기한 상태로 되었기 때문에 이 以後의 掘鑿方法은 Short Bench에서 容易하게 變更할 수 있고 掘鑿斷面을 작게하여 막장의 安定을 圖謀할 수가 있는 上半

中壁式으로 變更하였다. 이 變更에 의하여 內空 變位 및 地表面 沈下를 最小限으로 抑制할 수가 있었다. 今後 똑같은 地質條件에 있어서 山嶽 Tunnel의 施工에 대하여 매우 참고가 되는것으로 생각된다.

平均日進長 1.38m/日, 1m當 所要人員 16.4名



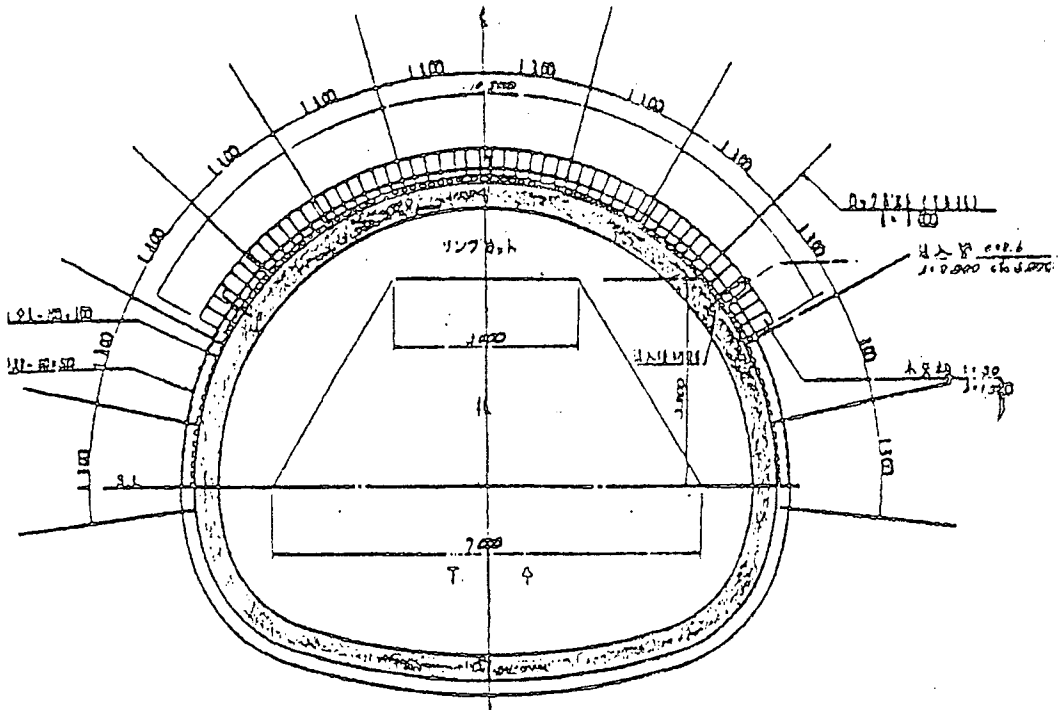
④ 新橫浜쪽 掘鑿(上半先進 Short Bench → 鐵失木併用 Bing Cut)

新橫浜쪽 掘鑿에서는 上半天端에서 肩部에 걸쳐 崩壞性이 높은 砂質土가 있고 이것을 掘鑿時에 當初 Forepile의 増打에 의해 대응하면서 掘鑿을 속행하였으나 근소한 振動에 의해서도 Forepile 上部까지 砂層의 崩壞가 進行되는 狀態로 되었다. 이 때문에 막장 天端部の 安定對策으로

로서 Tunne 掘鑿作業의 施工 Cycle에 짜넣는 補助工法 A의 先手工法이 檢討되었다. 鐵失木 併用 Ring Cut 方式으로 工法을 變更하였다. 鐵失木 打設에 의해 砂層의 崩壞가 抑制되고 그 배면에 礫 채움 注入하는 것으로 弛緩擴大를 抑制할 수 있고 Tunnel 掘鑿의 影響이, 直上部에 限定되었다. 未固結砂層에서의 Tunnel 掘鑿에서는 Arch部를 先受補強하는 것이 不可缺하고 設計段階에서 상

세한 檢討가 必要하다.

平均日進長 1.57m/日, 1m當 所要人員 15.5名



4) 考察

① Pipe Roof 施工에 대하여

重要構造物인 第3江邊道路의 防護工으로서 Pipe Roof를 施工하였으나 路面沈下量은 掘鑿 終了時에 9mm로 작고 Pipe Roof가 有效하였다고 생각된다.

Pipe Roof 施工의 問題로서는 아래의 事項을 들 수 있다.

(a) 良好한 정도를 要求할 경우에는 推進長 및 施工性의 兩面에서 鋼管徑 700mm 두께 12mm 以上の 鋼管 使用이 必要하다고 생각된다.

(b) 이음管方式 때문에 施工이 끝난 鋼管이 뒤에서 推進하는 鋼管의 影響을 받아 變更된다.

(c) 長距離 推進 施工에는 鋼管強盜 및 施工

性의 兩面에서 鋼管徑 700mm 두께 12mm 以上の 鋼管 使用이 必要하다고 생각된다.

(d) Arch 肩部에서 下部의 鋼管에 대하여는 左右兩側 모두 內空側으로 들어온다. Pipe Roof의 施工精度를 鉛直方向으로 1/500 정도로 하면 50m 앞에서는 100mm 施工誤差가 생기는 結果가 된다. 設計의 段階에서 施工 Clearance를 고려하여 掘鑿時에 있어서의 余掘分을 明示할 必要가 있다고 생각된다.

② 아자미野쪽 掘鑿에 대하여

埋土層部 및 Loam層部는 土被 6~7m로 얇고 地山強度가 낮은 地質이고 더구나 湧水量도 比較的 많았다. 이와같은 地山條件에서의 上半全

全段面掘鑿은 支保工 根足部の 沈下에 의해 天端沈下, 地表面 沈下가 커지고 施工面, 安全面에 매우 큰 問題가 있었다. 이 때문에 設計變更을 해야하고 加背割을 작게 하였다. 中壁式 一次閉合 NATM을 採用하는 것으로 막장의 安定을 도모할 수가 있었고 內空變位 및 地表面 沈下를 最小限으로 抑制하는 것이 可能하게 되었다.

③ 新横浜쪽 掘鑿에 대하여

新横浜쪽 掘鑿에 있어서는 上半天端에서 眉部に 걸쳐 崩壞性이 높은 砂質土가 있고 그것을 굴착시에는 當初 Forepile의 增加에 의해 對處를 行하면서 掘鑿을 계속하였으나 근소한 振動에 의해서도 Forepile 上部까지 砂層의 崩壞가 進行되는 상태가 되었다. 이 때문에 막장 天端部の 安定對策으로서 Tunnel 掘鑿作業의 施工 Cycle에 짜넣는 補助工法 A의 先受工이 생각되어 鐵失木 뒷채움 注入方式으로 工法變更을 行하였다. 鐵失木 打設에 의해 砂層의 崩壞가 抑制되고 더구나 뒷채움 注入을 행하는 것으로 弛緩擴大를 抑制할 수 있었고 Tunnel 掘鑿에 의한 影響이 直上部에 限定되어 良好한 狀態로 施工을 完了할 수 있었다.

④ Tunnel 全体에 대하여

當工區와 같은 土被가 얇은 未固結地山에서 低強度이긴하나 粘着力이 있는 地質에서는 土層에 대한 Tunnel 支保로서 Rock Bolt의 本數에 의하기 보다두 뿔어붙임 Concrete의 두께로 對抗한다는 思考方式이 適當하다고 생각된다. 또한 少量의 湧水라도 Tunnel 掘鑿에 매우 큰 影響이 나오기 때문에 湧水의 處理의 方法은 미리 設計時點에서 考慮해둘 必要가 있고 作業環境의 面에서 말한다면 NATM은 다른 Tunnel 掘鑿 工法보다

늦어져 있는 것이 現狀이다. 職場을 일하기 쉬운 環境으로 하기 위하여 發注者, 施工者가 함께 協力해 가야할 것이다.

8. 廣町 Tunnel의 施工

1) 工事概要

이 Tunnel은 立場驛~中田驛間의 延長 854m의 單線並列 Shield Tunnel로 立場驛의 戸塚쪽 端部に 作業基地를 設置하고 開鑿工法으로 垂直坑을 築造하고 이곳에서 2機の 泥土壓 Shield 機에 의해 中田驛 方向으로 Tunnel을 施工한다. 縱斷勾配의 關係로 中間에 排水用 Pump室로 되는 中間 垂直坑을 築造한다. Shield Tunnel의 外徑은 7.0m로 土被는 3~19.5m(0.7D~2.8D)로 되어있다.

2) 地形 및 地質概要

相模原台地の 東端에 속하고 海拔 40~50m로 起伏이 많다. 現況은 長後街道등 主要幹線道路를 따라 住宅地域으로 되어있고 그 周邊은 住宅과 農地가 混在하는 田園地域으로 되어있다. 地質은 上部에서 關東 loam層에 속하는 新期 loam(立川 武裝野 loam), 河川堆積物인 相模野礫層, 海成, 堆積物인 相模層 다시 下位에는 基盤層을 이루는 上總層이 分布되어 있다. 當該地域의 地質構成을 特徵짓는 가장 有力한 地層은 相模野礫層이고 지금으로부터 6~7萬年前에 堆積한 古相模川系의 砂礫層이다. 또한 台地面은 相模川 및 그 支流(宇田川, 和泉川)에 의하여 浸蝕되어 有機質 loam이 2次 堆積되어 있다. Tunnel은 거의 loam層에 位置하고 있고 中間 垂直坑의 앞에서는 全斷面 砂礫層中을 通過한다. 그 礫徑은 最大 30m로 생각된다.

3) 施工

① 當工事は 泥土壓 Shield 工法으로 泥土壓 送이 特記 仕様이었다.

事前의 地質調査에 의해 砂礫層이 Shield 全斷面에 나타나고 그 礫徑은 最大 30cm, 礫率은 70%인 것이 判明되었다. 여러가지로 檢討를 하였으나 이 條件으로 泥土를 押送하기 위해서는 Risk가 지나치게 크다는 것으로 結論이 나서 押送을 斷念하고 버럭車에 의해 殘土를 運搬하기로 하였다. 이 計劃變更에 따라 垂直坑 設備도 檢討를 加해 殘土改質 設備~垂直土砂 返送設備을 介 入하여 殘土를 搬出하기로 하였다.

② Shield機

地質調査의 結果로부터 當工區의 特徵은 粘性土가 主体이긴하나 砂礫層中을 通過한다는 相反하는 地層을 掘鑿하는 것이다. 粘性土에서는 Chamber 內의 굴착토의 부착에 대하여, 砂礫에서는 地下水와 굴착토의 制御를 考慮할 必要가 있다. 이를 위하여 Shield機(外徑 7.15m)로 하였다. 또한 同時 뒷채움 注入方式을 採用하고 있다. 굴착토는 버럭車로 發進垂直坑에 運搬되고 土砂 Hopper~土砂 改質藏置~垂直土砂~地上土砂 Pit의 順으로 移送된다. 이곳으로부터 Back Hoe에 의해 Dump Truck에 積載되어 搬出된다. Segment 나 沈木, Rail, 足場板, 配管材 등은 2基의 10t 吊 門型 Crane으로 坑內로 搬入된다.

뒷채움 注入설비 니토재 注入設備는 2線 共用으로하여 Mix한 液体를 Shield機 後積台車에 搭載되어 있는 貯留藏置에 보내고 이곳에서 뒷채움 注入 Pump, 泥土材 注入Pump로 막장, Tail Void에 注入한다.

③ Segment

Segment는 外徑 7.0mm로 두께 0.3mm, 7分割 이고 다음의 2종류로 되어있다.

一般部 鐵筋 Concrete Segment 幅 1.2m

特殊部 Ductile Segment 幅 1.1m

④ 防塵 Slab

平面線形의 관계로 路線의 거의가 民地의 밑을 通過한다. 이 때문에 振動對策으로서 塵 Slab를 設置한다. 이 防塵 Slab는 Precast로 1枚 15t의 重量이다.

⑤ 發進垂直坑~中間垂直坑의 掘鑿

A線 B線의 順으로 發進하였다. A線은 掘進에 대하여는 거의 問題가 없이 中間垂直坑에 到達하였다. B線은 發進直後부터 掘鑿의 狀態가 一定하지 않고(掘鑿上 排出이 Smooth하지 않다) 試行錯誤하면서 掘鑿이 계속 되었으나 原因이 Screw Coveyor에 있다고 判明된것은 砂礫層의 途 中이었다. 1個月 지연되어 中間垂直坑에 到達하였다. 現在는 中間垂直坑~到達垂直坑의 用地(地上權設定)를 없기 때문에 工事 一時中止로 되어 있다. 9月頃 부터 再開할 수 있는 것으로 期待하고 있다.

막장붕괴防止 및 變形抑制對策 (其 1)

工 法	目的			公 法 的 特 徵	適 用 條 件	問 題 點
	地下水位低下補強	막장붕괴防止	變形抑制			
물빼기 Boring	○			<ul style="list-style-type: none"> 산악 Tunnel에서의 標準的인 補助工法 Tunnel 延長方向으로 自然流下로 물빼기 可能 	<ul style="list-style-type: none"> 渴水, 地盤沈下等の 문제가 無 면 대부분의 경우 適用可能 	<ul style="list-style-type: none"> 孔 안쪽의 물이 막장 崩壞를 助長하지 않도록 Boring의 方向, 口元 位置를 選定하고 必要에 따라 口元管을 충분히 길게 挿入하는 的 配慮가 必要 全体的 水位를 所定の 位置까지 낮추기 위해서는 井戸 부근에서의 水位를 현저하게 크게 낮출 必要가 있다. 大孔徑 Boring을 要한다. 可能的 地下水位低下量은, 5~6m 까지가 限界 注入效果의 확인이 어렵다. 工法, 注入材等の 선정이 어렵다. 工費가 高價로 되기 쉽다. 細粒分이 많은 地盤에서는 凍結融解時의 地盤隆起, 沈下가 크다. 工事費가 높다. 壓氣壓이 1kgf/cm²을 넘으면 노동 조건에 制限을 받는다. 奮發, 酸欠等の 위험이 있다.
Deep well	○			<ul style="list-style-type: none"> 터널 굴착의 훨씬 以前부터 長期間의 排水可能 양수량 양정을 폭넓게 선정할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> 地表面에 지장물이 없고 또한 進入하기 쉬운 지형조건이 必要. 	
Wellpoint	○			<ul style="list-style-type: none"> Boring 孔內에 Vacuum을 만들어 重力 排水工法보다 물빼기 效果가 좋다. 大型의 試推機를 要하지 않는다. 地下水位로의 形類를 抑制할 수 있다. 高水壓等惡條件 下라도 對處可能 凍土는 強度가 크고 우수한 차수성이 있다. 信賴性이 크다. 	<ul style="list-style-type: none"> 透水係數가 비교적 큰 地質에서 間 隙 間 隙 地質(Silt)까지 適用可能 	
注入工法		○		<ul style="list-style-type: none"> 地下水位로의 形類를 抑制할 수 있다. 高水壓等惡條件 下라도 對處可能 	<ul style="list-style-type: none"> 渴水, 地盤沈下等이 豫想되는 경우 	
凍結工法		○		<ul style="list-style-type: none"> 凍土는 強度가 크고 우수한 차수성이 있다. 信賴性이 크다. 	<ul style="list-style-type: none"> 어떤 流速을 넘는 地下水流가 無 將 것 (유속 1~5m/일이하) 	
壓氣工法		○		<ul style="list-style-type: none"> 幅넓은 地質條件에 對하여 效果가 크다. 	<ul style="list-style-type: none"> Tunnel 位置의 地下水壓이 현저하게 높지 않을 것. 적당한 土被가 있을 것. 	
先手工法		○	○	<ul style="list-style-type: none"> NATM의 一般的인 補助工法 통상의 차암기로 임의의 위치에 있어서 Rock bolt나 pipe의 打設이 可能. Rock bolt, Forepile 外에 注入式의 Rock bolt나 Forepile이 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> 다른 補助工法을 必要로 하지 않고 막장 的 自立性 保持할 수 있을 경우 注入式인 경우에는 砂質土인 편이 粘性土보다도 效果의 막장 前方에 10°~30°의 角度로 打設, 施工範圍는 90°~120°角의 선형의 범위 	<ul style="list-style-type: none"> 막장 天端周邊간의 보강이 되기 때 문에 下半굴착에 있어서 支保工의 支持力이 不足한 것 같은 地質에 서는 地表面沈下의 抑制效果가 작아진다. 注入式인 경우 注入材에 따라서는 工事費가 高價

막장붕괴防止 및 變形抑制對策 (其 2)

工 法	目 的			公 法 的 特 徵	適 用 條 件	問 題 點
	地下鐵 止水 補強 位 低 下	막장붕 壞防止	變形 抑制			
Pipe roof 工 法		○	○	<ul style="list-style-type: none"> · 水 專 用 試 錐 機 에 的 하 여 30 ~40m의 구 間 에 서 굴 착 前 에 pipe를 挿 入 하 고 pipe와 地 山 사 이 를 Grout로 充 填 한 다. · 挿 入 된 pipe를 H강으로 支 持 시 켜 剛 性 이 높 은 Beam으로 地 山 의 變 形 을 抑 制 하 려 고 하 는 것 	<ul style="list-style-type: none"> · 신 악 公 법 에 在 터 서 坑 口 部 나 垂 直 坑 發 進 部 에 在 터 서 막 장 붕 괴 방 지, 變 形 억 制 的 目 的 으로 사 用. · 最 근 에 는 水 平 到 한 하 지 않 고 막 장 경 사 前 方 到 전 용 의 打 設 機 械 을 사 用 하 여, 침 입 하 는 公 법 이 發 達 되 어 有 。 	<ul style="list-style-type: none"> · 막 방 天 端 周 邊 만 의 補 強 으로 되 기 때 문 到 下 半 部 到 在 有 支 保 工 의 支 持 力 이 不 足 한 것 같 은 地 質 에 서 는 지 표 침 하 의 방 지 效 果 가 부 족 하 。 · 試 錐 機 到 在 有 터 서 孔 을 精 確 하 기 위 하 여 孔 徑 等 到 的 한 시 工 精 度 의 問 題 가 有 。
長尺先受 工		○		<ul style="list-style-type: none"> · 專 用 掘 削 機 를 사 用 하 여 막 장 의 경 사 前 方 到 放 射 狀 으로 孔 을 掘 削 하 。 · 掘 削 機 와 一 起 Jetgrout等 到 的 有 。 · 孔 周 邊 的 注 入 工 도 동 시 到 行 하 。 · 鋼 管 理 設 하 。 · 長 尺 的 先 受 工 을 可 能 하 。 	<ul style="list-style-type: none"> · 통 상 的 先 受 工 만 으로는 막 장 的 自 立 이 나 地 盤 沈 下 抑 制 가 不 足 한 것 같 은 情 况 。 · 先 受 的 長 이 는 1打 設 長 은 10 ~15m 程 度 가 一 般 的 的 이 。 	<ul style="list-style-type: none"> · 下 半 掘 削 到 在 有 터 서 支 保 工 的 支 持 力 이 不 足 한 것 같 은 地 質 에 서 는 下 半 部 側 壁 到 在 有 터 서 도 補 強 이 必 要 하 。 · 工 事 費 가 通 常 的 先 受 工 보 다 도 高 價 로 된 。
Pre Lining 工 法		○		<ul style="list-style-type: none"> · 막 장 前 方 到 Pre cutting하 。 · 동 시 到 Cutting된 溝 到 Concrete를 打 設 하 。 · 구 속 하 는 方 法 到 5連 的 切 削 機 를 平 面 狀 으로 이 은 專 用 的 的 切 削 機 를 사 用 하 。 · 동 시 到 前 方 到 混 合 沙 和 土 到 掘 削 機 到 行 하 는 것 。 · 薄 肉 的 Lining을 構 築 하 는 工 法 的 2工 法 이 有 。 	<ul style="list-style-type: none"> · 상 당 的 軟 質 인 土 砂 에 서 徑 이 그 다 지 크 지 않 은 (20cm 이 하) 地 層 到 Pre Cutting하 。 · Concrete를 打 設 하 는 工 法 은 支 保 工 이 나 掘 削 機 를 用 하 。 · 混 合 土 生 成 하 。 · 斷 面 開 削 對 應 으로 初 期 的 閉 合 이 可 能 하 。 	<ul style="list-style-type: none"> · 시 工 精 度 가 低 。 · Pre lining의 長 이 가 2.8m 程 度 로 약 간 短 。 · 抑 部 地 質 到 的 是 脚 部 沈 下 防 止 를 必 要 로 하 는 情 况 有 。