

## 東京地下鐵建設技術 (Tokyo Subway Construction)

岡和也\*

本報文은 4月 30日 岡和也副部長을 本學會가招請 年例行事인 科學의 달을 祝賀하는 講演의 内容이다.

서울建設公館 3層 講堂에서 開催한 바 있으며 東京地下鐵建設 現場 Video에 나타난 最新 Tunnel裝備는 우리에게 省力化를 알려준 좋은 教訓이 되었다.

### I. Tunnel의 建設工法

#### 序言

地下鐵道란 글자대로 地下에 一定規格의 連統한 空間을 築造하고 여기에 電車를 走行시켜 乘客을 輸送하는 交通機關의 總稱이다.

그런데 이 「Tunnel」의 建設工法은 Tunnel 經過地의 環境, 地形, 地質, 地下埋設物 等의 諸條件에 의해 工事의 安全性, 經濟性 및 工事區域의 環境保全 等에 대하여 檢討를 行하고 그 場所에 가장 適合하다고 생각되는 工法이 採用된다.

이러한 檢討의 結果에 의한 建設工法은 여러가지가 있으나 大別하면 地表에서 掘下하여 Tunnel을 만드는 「開鑿工法」과 山岳隧道와 같이 水平方向으로 掘進하여 Tunnel을 만드는 所謂 「Tunnel工法」의 2가지로 代表되고 다시 이들의 工法은 여러가지의 施工條件에 따라 細分化 된다.

아래에 Tunnel工法의 代表工法인 「開鑿工法」과 「Tunnel工法」을 主體로 하여 建設工法의 概要를敍述한다.

#### I.1 建設工法의 變移

Tunnel建設의 歷史는 意外로 오래돼서 4000年

쯤 옛날에 古巴卑로니亞王國의 首都 바빌론에서 유프라테스江을 水底 Tunnel로 橫斷하였다고 하는 얘기가 전해져 오고 있다. 이때의 施工法은 江의 흐름을 돌려놓고 開鑿工法으로 Tunnel을 만든後 되메우기를 行하여 江을 原狀대로 하였다는 것이다.

그런데 얘기를 地下鐵道로 돌려보면 世界의 大都市에서는 19世紀의 後半 以來 地下鐵網의 整備가 進行되고 그 施工法의主流는 鎧鑿工法이었으나 London에서는 當初의 開鑿工法을 深部式 地下鐵의 tube(圓筒形 鑄鐵管 隨道)로 移行된 것, 또한 paris에서는 山岳tunnel方式을 主體로 한 것을 例外하면 New York, Berlin을 始初로 하는 다른 都市의 地下鐵道는 開鑿工法에 의하여 建設이 進行되어 왔다.

이것은 日本에서도 같아서 東京에서는 1925年 9月에 日本 最初의 地下鐵道工事が 淺草·上野間에서 始作하였으나 이때의 施工法은 地質條件이 많이 恰似한 Berlin市에서 實施하고 있던 開鑿工法을 導入한 것이었다. 그후의 建設도 이 일이 契機가 되어 開鑿工法이 主體로 되었다. 또한 이 工法은 1945年以後의 日本 各 都市의 地下鐵道建設에 널리 採用되어 技術面에서 各種의 改良을 거듭하면서 오늘에 이르른 것이다.

그러나 1960年代의 中間期부터 路面交通의 混雜化, 地下鐵道의 深層化가 점차 進行되고 또한 住民意識의 向上에 隨伴하여 工事區域의 周邊環境에 대하여 工事騒音·振動의 配慮가 必要하게 되었다. 이 때문에 道路使用上の 制約이나 經濟性的 關係에서 開鑿工法에 의한 施工이 漸次로 困難하게 되어 驛部 等의 大規模 構造物이나 複雜한 構造物은 鎧鑿工法으로 施工하고 驛間을 Shield工法 等의 Tunnel工法으로 施工하게 된 것이다.

\* 帝都高速度交通當局 建設本部 副部長

더구나 別項에서 說明하나 最近의 Tunnel工法의 研究는 非常한 進展을 보이고 있고 Shield工法의 驛이나 NATM工法의 Tunnel施工이 增加하고 있다.

## I.2 開鑿工法

開鑿工法은 地下鐵道의 Tunnel을 建設할 경우에 가장一般的이고 Orthodox한 工法이다.

施工條件에 의해 「Tunnel工法」을 採用할 경우에도 그 作業基地인 垂直坑은 「開鑿工法」으로 만들 어지고 또한 最近의 都市에 있어서의 地下利用은 地下鐵에 局限되지 않고 地下自動車道, 共同工, 地下鐵, 地下駐車場 等의 建設이 增加하고 있고 다시 이것이 競合하여 構造物의 大型化, 複雜化의 傾向이 있어 이것을 建設하기 위해서는 「開鑿工法」에 의존하지 않을 수 없는 實情이다.

開鑿工法은 掘鑿에 必要한 「흙막이」의 形態에 의해 「表面 Open Cut工法」에서 「地下連續壁工法」까지 各種의 工法이 있으나 이들 工法中에서 比較的 採用例가 많은 것에 대하여 說明한다.

### I.2.1 엄지말뚝 橫矢板工法

開鑿工法에 있어서 가장一般的인 흙막이工法은 「엄지말뚝 橫矢板工法」이고 地下鐵道建設은 이 工法으로부터 始作하였다고 하여도 過言은 아니다. 現在에도 施工條件이 맞으면 盛行하고 있는 工法이다. 一定間隔으로 地中에 I型鋼 H型鋼을 打設하고 掘鑿에 따라 이 鋼材의 사이에 木矢板을 插入하여 背面土壓을 鋼말뚝에 받게하면서 또한 이 鋼材는 路面荷重도 支持한다.(그림 – I.2.1)

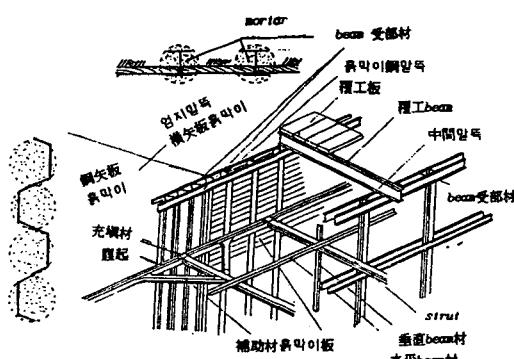


그림 – I.2.1

이 工法의 長點은 다음과 같다.

① 透水性 흙막이기 때문에 掘鑿에 隨伴한 地下水가 低下하고 水壓이 업어지게 됨에 따라 土質改良이 이루어지고 土壓이 輕減된다.

② 다른 工法에 비해 말뚝의 施工期間이 짧고 工事費도 低減되어 말뚝의 再使用도 可能한 경우가 있으므로 經濟的이다.

③ 말뚝施工線上에 埋設物의 支障이 있을 경우에 도 말뚝位置를 變更할 수 있다.

그러나 다음과 같은 短點도 들 수 있다.

① 地下水가 많은 砂質土層과 같은 경우에는 Well-point나 Deep-well 等의 補助工法을 併用하지 않으면 涌水와 함께 土砂가 涌出하여 흙막이面이 崩壞되는 일이 있다.

② 軟弱地盤에서는 脱水에 의한 壓密沈下가 比較的 크고 周邊의 地盤과 構造物에沈下, 變形 等의 惡影響을 준다.

③ 흙막이工의 剛度가 작으므로 變形이 크고 背面의 地山을 弛緩시키면 危險하다.

④ 構造가 積木細工의 以어서 靜的 土壓에는 견디나 Heaving, Boiling과 같이 地山이 動的 變形을 일으킬 豐廬가 있는 地層에서는 採用할 수 없다.

### I.2.2 鋼矢工法

이 工法은 鋼矢板의 이름을 서로 맞물리면서 連續시키므로 遮水性이 豐富하다. 이 때문에 軟弱地盤이나 特히 止水가 必要한 場所에 採用되어 왔다. 河川部에 있어서의 물막이工이나 護岸工事에 많이 採用되고 있었으나 最近에는 壓入杭打機가 開發되어 흙막이工으로서의 施工例도 增加되고 있다.(그림 – I.2.2)

이 工法의 長點은 다음과 같다.

① 遮水性이 좋으므로 물이나 土砂의 流入이 防止된다.

② 壓密沈下에 의한 地盤變狀이나 建物의 變狀·變形을 防止할 수 있다.

③ 適正한 使用에 의해 Heaving, Boiling을 防止할 수 있다.

④ 흙막이面의 信賴性이 높다.

한편 短點으로서는 다음의 것을 들 수 있다.

① 鋼矢板의 穩剛性이 地下連續壁이나 柱列式 地下連續壁보다 작고 처짐이 커져 支保工이 增加한다.

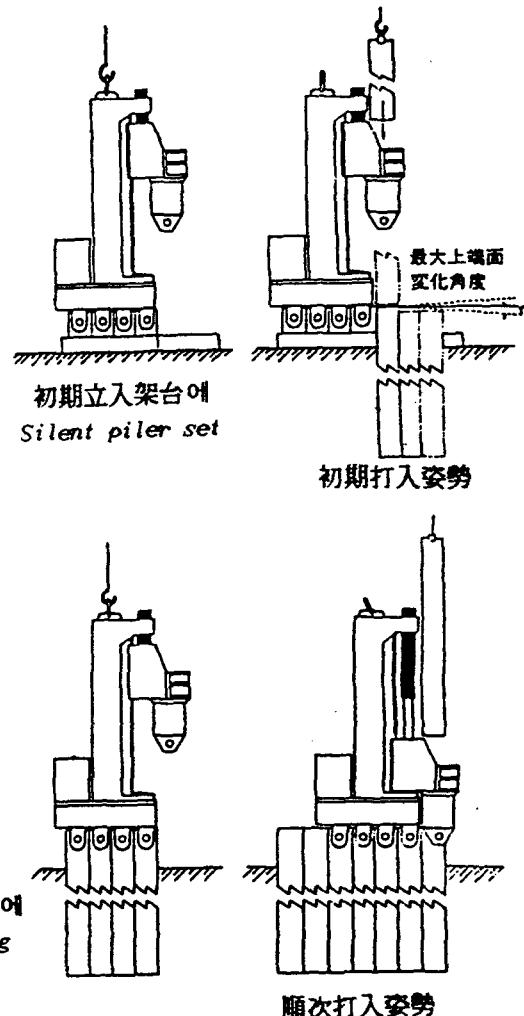
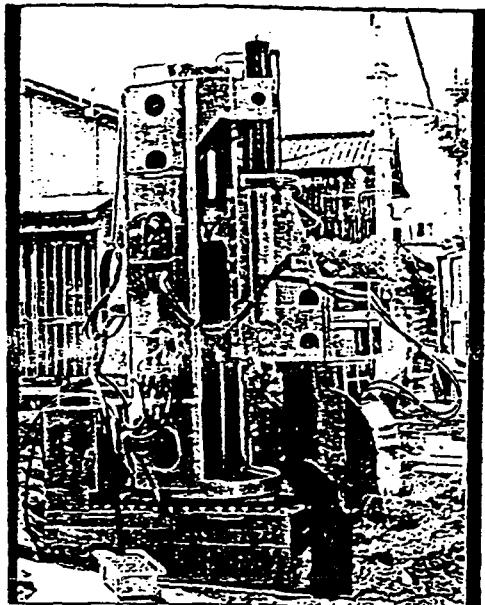


그림 - I.2.2

② 打設, 引拔에 時間을 要하고 經費가 多이든다.

③ 埋設物 等에 의해 不連續部가 생기면 이 部分이 弱點이 되어 止水效果가 減少된다.

④ 굳은 地盤의 打設에는 不適合하다.

#### I.2.3 連續地中壁工法

都市機能이 複雜化됨에 따라 地下構造物에 폭주하고 地下鐵道도 깊은 場所에서의 工事が 많아지게 되었다. 이 때문에 工事에 隨伴한 周邊地盤의 沈下나 흙막이壁이 施工時에 建設公害問題가 생기고 흙

막이工에도 다음의 點에 要求되게 되었다.

가. 흙막이構造 및 이 施工上の 安全性이 높을 것.

나. 周邊地盤의 沈下나 隣接構造物에 惡影響이 생기지 않을 것.

다. 驟音·振動 等의 建設公害의 發生이 적을 것.

라. 工費, 工期에 採算性이 있을 것.

以上의 諸要求를 充足하도록 開發된 것이 連續地中壁工法이다. 이 工法은 그림 - I.2.3(a)와 같이 柱列工法과 連續壁工法으로 나눌 수 있다.

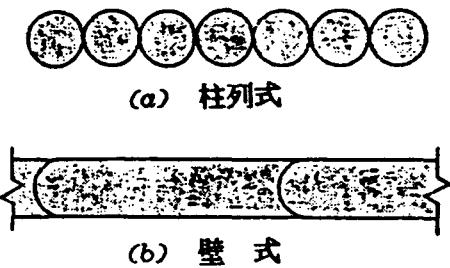


그림 - I.2.3(a) 連續地中壁工法

### (1) 柱列式 地下連續工法

이工法은 驚音, 振動의 建設公害防止의 立場에서 軟弱地盤에 있어서 鋼矢板으로 變하는 흙막이工法으로서 發達한 것이다.

一般的으로 PIP(Packed Inplace Pile)라고 부르는 圓形의 場所打 말뚝을 빈틈없이 連續的으로 施工하여 흙막이壁을 만드는 工法이다.

말뚝의 直徑은 300mm~600mm 정도의 施工範圍가 있으나 400mm 전후의 것이 많이 施工되고 있다.

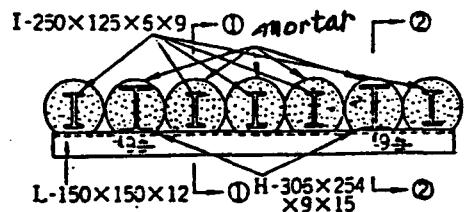
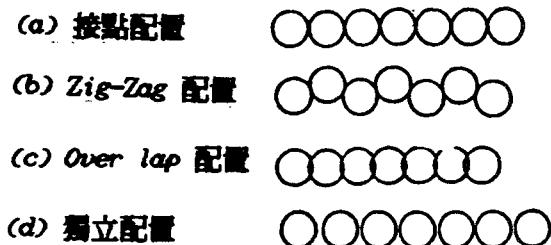


그림 - I.2.3(b) 말뚝配列例

말뚝의 配列은 그림 - I.2.3(b)와 같이 數種類가 있으나 (a)의 接點配置가 많이 使用되고 있다.

이工法의 長點은

- ① 低騒音, 低振動으로 施工할 수 있다.
- ② 흙막이壁으로서의 刚性가 크고 周邊의 地山을 弛緩시키지 않으므로 沿道의 建築物로의 影響이 적다.
- ③ 注入 mortar가 加壓狀態로서 注入되므로 어느 정도 地山에 浸透하여 地盤의 補強, 止水效果에 쓸모있다.

그리고 다음과 같은 短點도 들 수 있다.

- ① 砂礫層, 자갈섞인 層에서는 施工困難한 일이 있다.
- ② 滞水砂層에서는 孔壁의 崩落이 일어날 수 있으므로 完全한 圓柱말뚝 形成이 困難한 일이 있다.
- ③ 몇개 건너끔씩 施工하여 후에 그 사이를 施工하므로 工期가 比較的 길게 걸린다.
- ④ 한개씩인 施工 때문에 흙막이面이 不整하게

되기 쉽고 또한 施工業者의 技術力의 差異에 의해 優劣이 생긴다.

⑤ 假說構造物로서의 使用 때문에 工費가 比較的 높아진다.

以上에敍述한 바와 같이 이工法에도 短點은 있으나 都市部에 있어서의 軟弱地盤의 施工 및 止水施工을 要할 경우의 一般工法으로 되어 있다.

그러나 이 短點을 改善하기 위하여 開發된 石이 SMW工法이고 아래의 이工法에 대하여 概略을 記述한다.

### (2) SMW工法

이工法은 地中原位置에 圓形의 場所打 말뚝을 만드는 것으로 形態로서는 前記한 「柱列式 地下連續壁」과 같다. 다만 크게 다른 點은 SMW(S=Soil, M=Mixing, W=Wall)의 이름 그대로 地中原位置의 土砂에 CEMENT溶液을 注入混合하여 連續的으로 soil cement의 말뚝을 만들어 흙막이壁으로 하는 것이다.

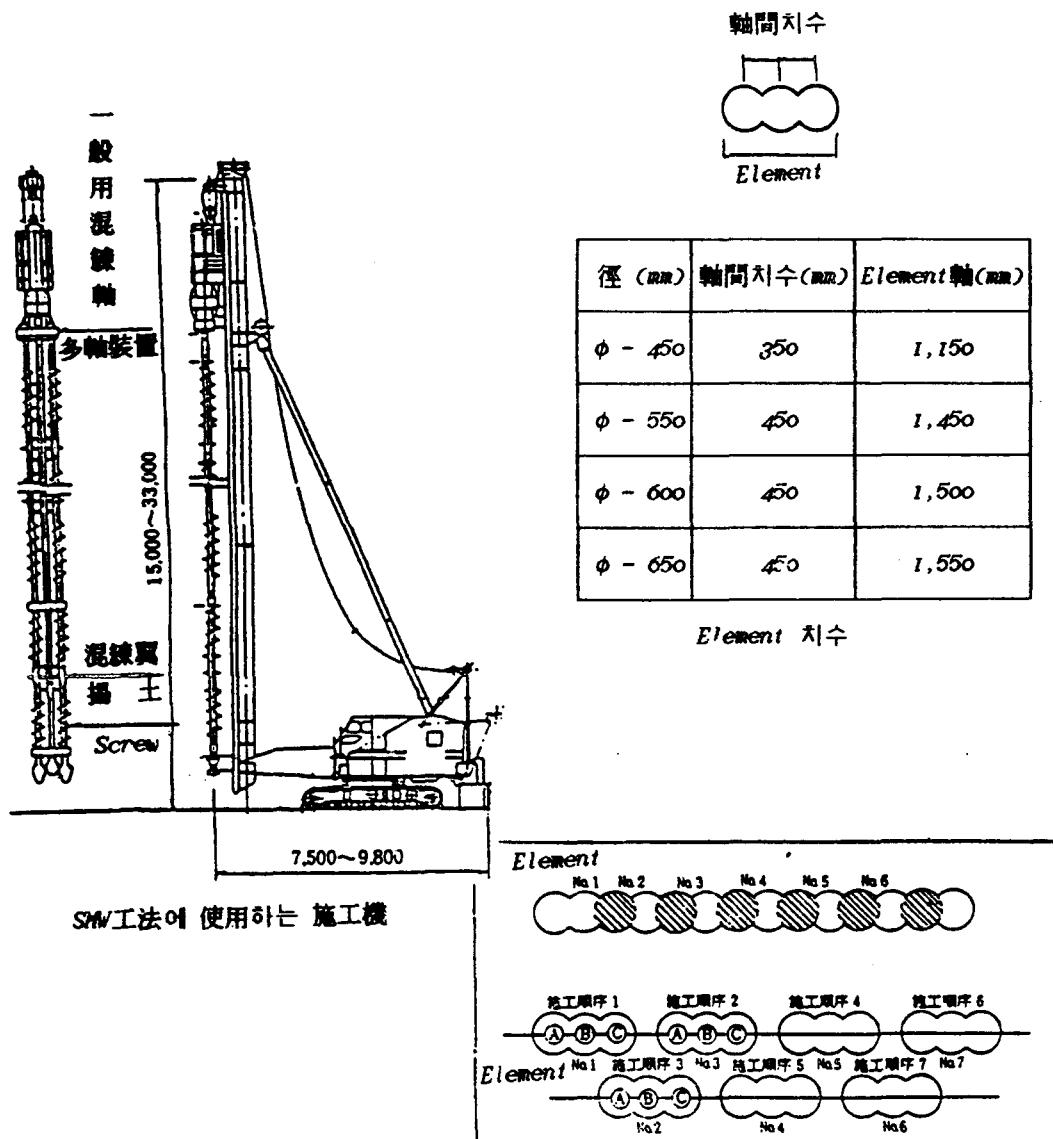


그림 - I.2.3(c)

또한 이 말뚝은 그림 - I.2.3(c)에 表示한 바와 같이 通常 3連의 Earth auger에 의해 이것을 1 element로 하여 施工하여 各 element를 完全하게 lap하여 施工하는 것이며 다음과 같은 長點이 있다.

① 原位置의 土砂와 cement溶液과의 混練 施工 및 element의 完全 lap에 의해 遮水性이 높다.

SMW는 遮水性 흙막이壁으로서 使用하고 應力負擔材로서 H를 插入한다.

② 原位置 土砂를 사용하기 때문에 排出土砂가 적다.

③ 大部分의 土砂에서의 施工이 可能하다.

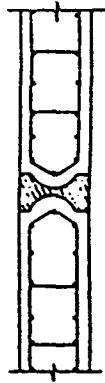
④ 驚音, 振動이 적다.

그림 - I.2.3(d)

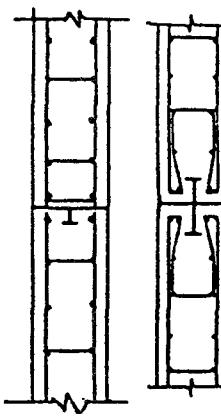
## Joint 方式



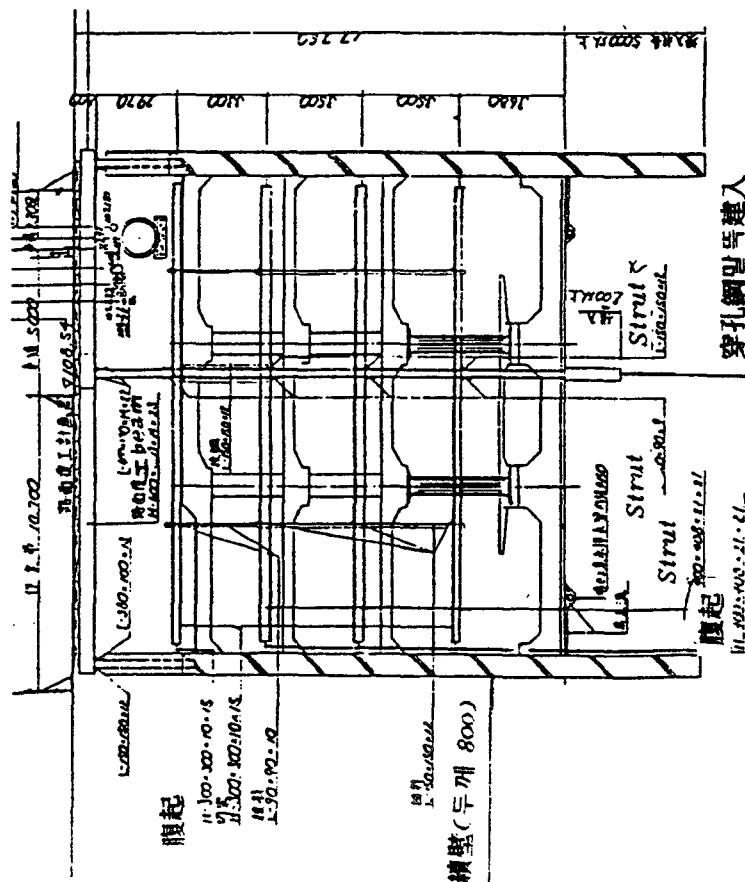
joint 方式



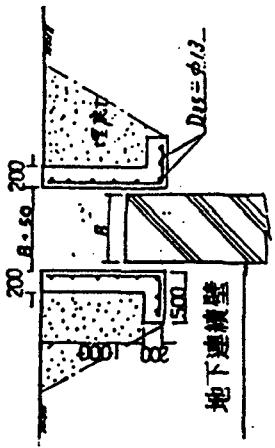
a) 鋼製 joint 方式



地下連續壁(厚約 800)



## Guide Wall



-813-

卷之三

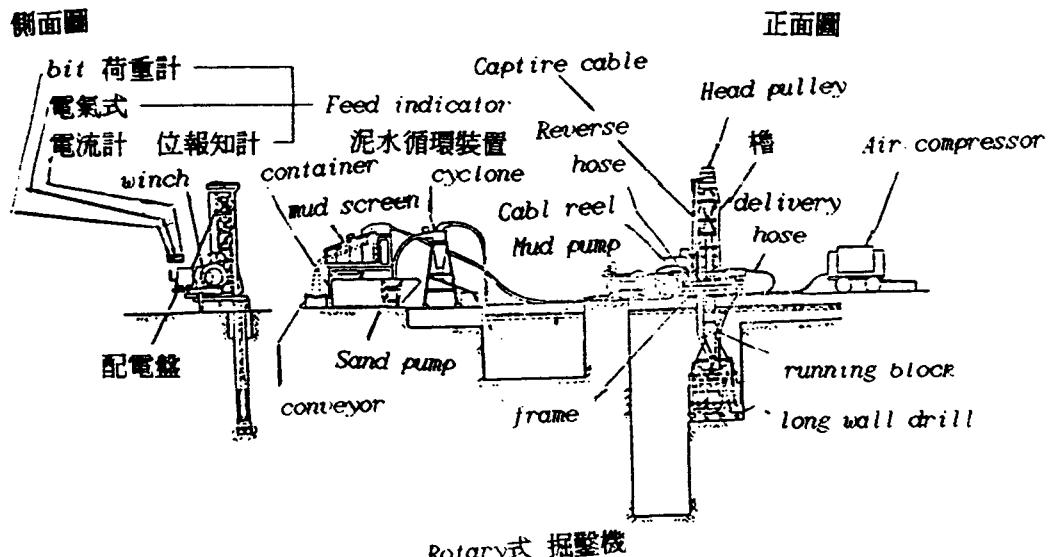
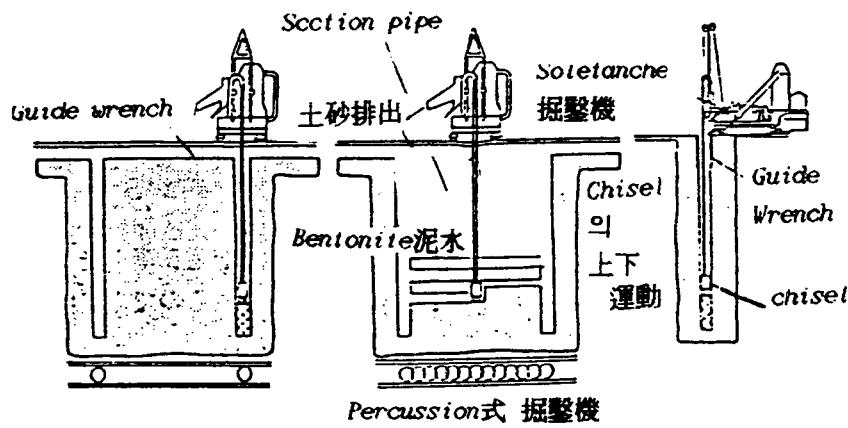
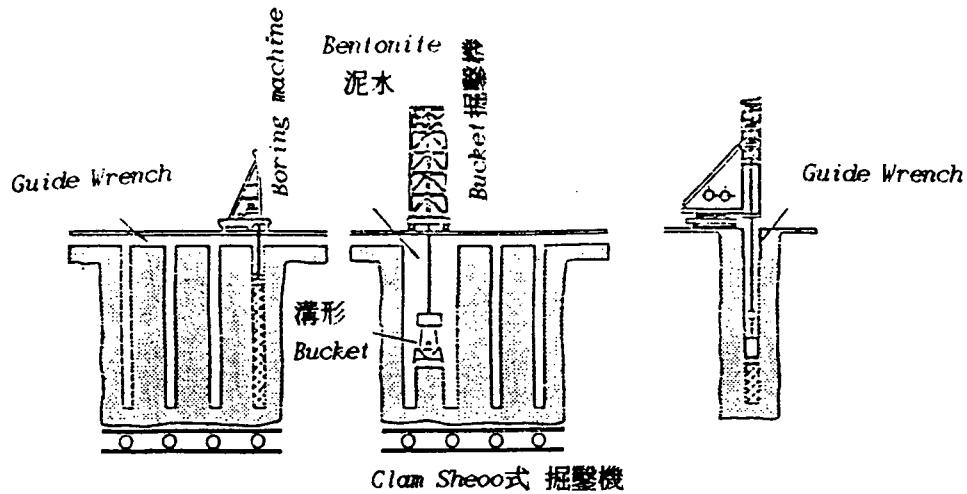


그림 - I.2.3(e)

⑤ 周邊地盤으로의 影響이 적다.

短點으로서는

- ① 埋設物이 있을 경우에는 連續性이 결여된다.
- ② 각 element를 lap시키기 위하여 施工法에 의해서는 二重의 手苦가 든다.
- ③ 施工機械가 크고 場所에 따라서는 施工이 困難하게 되는 일이 있다.

④ 假說構造物이다.

等을 들 수 있으나 連續性, 止水性에 優秀한 工法이고 施工條件을 整備함에 따라 흙막이 加設材 또는 地盤補強材로서의 利用價值는 充分히 있는 工法이라고 생각된다.

### (3) 地下連續壁工法

地下鐵構造物의 深層化, 建物 近接施工 및 軟弱地盤對策 等에 對應하기 위하여 보다 高品質의 흙막이工法이 要求되게 되었다.

地下連續壁工法은 地表에 quide wall을 設置하고 Bentonite溶液(一般的으로 泥水라고 부른다)으로 掘鑿溝를 채우고 地山의 崩壞를 防止하면서 掘鑿機를 使用하여 所定의 壁厚 및 길이의 trench掘鑿을 行하고 鐵筋바구니를 插入하고 Bentonite安定液을 concrete와 바꿔 넣고 地中에 鐵筋 concrete壁을 造成하는 것이다. 이 壁은 掘鑿完了까지는 흙막이壁 및 止水壁으로서 使用되나 構造物本體

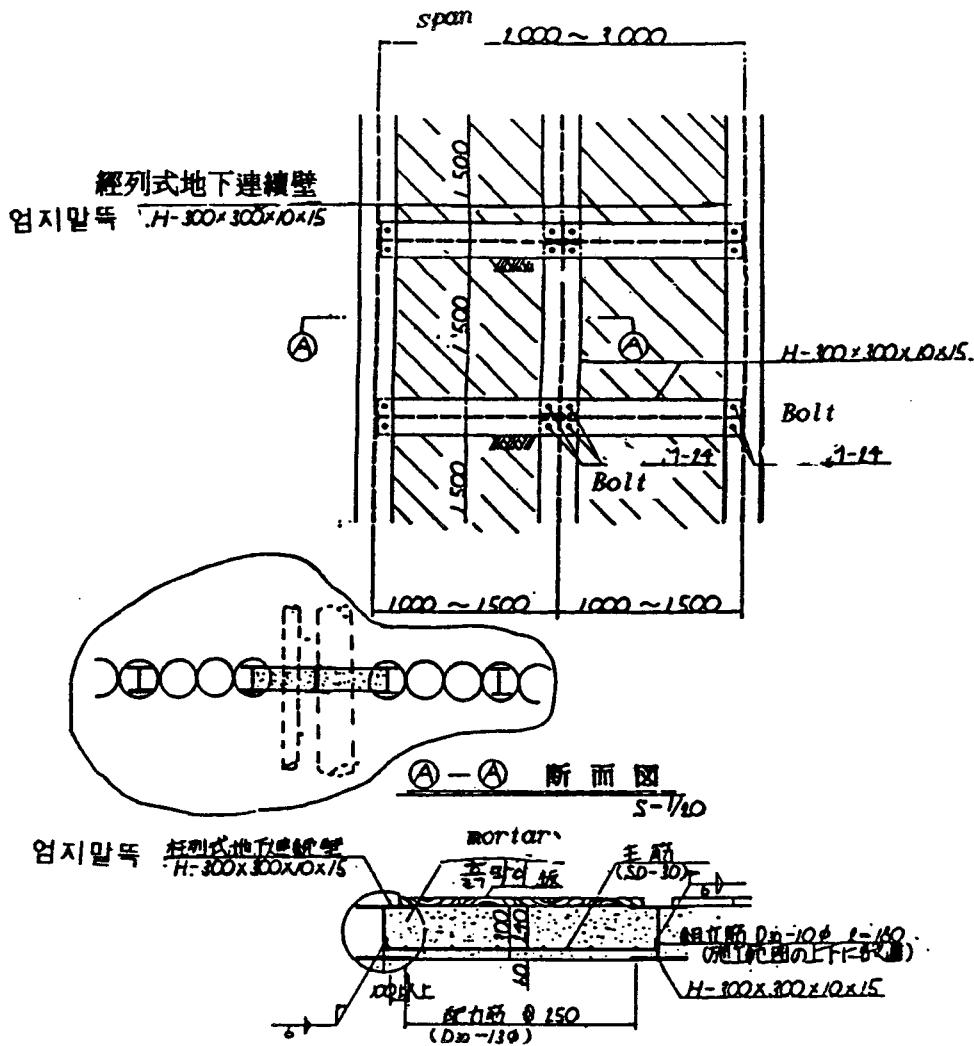


그림 - I.2.3(f)

壁에도 使用되는 일이 많다.(그림 I.2.3(d))

이工法은 使用하는 挖鑿機械에 따라 여러가지로 나누어지나 이들을 大別하면 그림-I.2.3(e)와 같이

① Clamshell式(이코스, OWS, 엘제 等)

② Percussion式(쏠레땅쉬)

③ Rotary式(BW, 하이드로후레즈 等)의 3種類로 되나 實際로는 이들의 方式을 組合하여 사용된다.

더구나 施工業者가 工法의 使用權을 가지고 있는 경우가 많고 機種選定의 障害로 되는 일이 있다.

이工法의 長點은

① 無騒音, 無振動으로 地下壁을 築造할 수 있다.

② 剛性이 크고, 遮水性이 豐富하므로 背面地盤

으로의 影響이 적다.

③ 適用地盤이 廣範圍하다.

④ 壁厚를 自由로 設定할 수 있고 또한 深層施工이 可能하다.

⑤ 構築 本體壁으로서 利用할 수 있다.

그리고 다음과 같은 短點도 생각할 수 있다.

① 假說만에 使用할 경우는 高價가 된다.

② 各 element의 이음이 構造上, 施工上의 弱點으로 되기 쉽다.

③ 挖鑿土의 泥水處理에 넓은 面積을 要하고 또한 地表面에 넓은 占用 作業帶가 必要하다.

④ 埋設物 橫斷個所에서는 連續施工이 困難하다.

지금까지敍述한 土留工法中 (3)-1 엄지말뚝 橫널막이工法 以外에서는 埋設物이 있으면 흙막이壁의 連續性을 잃고 흙막이壁으로서의 機能을 保持할 수 없게 된다. 이 때문에 흙막이壁의 不連續個所에는 挖鑿의 진척에 맞춰 그림-I.2.3(f)와 같은 鐵筋 concrete의 흙막이壁을 施工하여 挖鑿을 行한다.

### I.3 Tunnel工法

처음에서 言及한 바와 같이 都市의 發展에 따른 路上의 混雜, 地下施設物의 폭전에 의한 深層化 및 環境保全 等 때문에 都市部에 있어서 地下鐵道는 tunnel工法에 의한 建設이 增加하고 있다.(表-I.3(a))

都市部에 있어서의 tunnel工法中 Shield工法이 그大部分을 占하고 있으나 最近 NATM의 研究開

發이 進行되어 適用地質이 增加하고 이것에 따라 都市部에서의 施工例도 增加하고 있다.

이項에서는 「Shield工法」 및 「NATM」의 概要에 대하여 記述한다.

#### I.3.1 Shield工法

Shield工事의 歷史는 1825年 英國人인 Brunel이 그가 考案한 矩形 Shield에 의해 템즈江底 橫斷道路의 建設에着手한 때에 始作된다. 地下道路로서의 Shield工事は 그로부터 44年 後인 1869年 같은 템즈江底를 Greathead가 考案한 圓形 Shield로 鑄鐵 Segment를 使用하여 施工되었다.

더구나 1886年에는 南 London 鐵道 tunnel施工에 있어 同氏에 의한 壓氣工法이 採用되어 今日의 Shield工法이 基礎가 確立되었다.

日本에 있어서의 本格的인 Shield工法의 採用은 1936年 國鐵의 關門 tunnel工事에서였다.

地下鐵道로서는 1957年 管團地下鐵 丸의 內線의 Roof Shield가 最初이고 圓形 Shield는 1960年 名古屋市의 地下鐵에서 施工되었다.

이들 初期의 Shield는 어느 것이나 手掘式의 Shield였으나 沖積軟弱層에서의 工事量의 增大에 隨伴하여 嚴한 施工條件에 對處하기 위하여 Shield機의 改善, 開發이 進行되었다.

이結果表-I.3(b)에 表示한 바와 같이 手掘에서 變해 機械化 Shield가 점점 增加하고 日本에서의 Shield工事의 第1 peak時였던 1973年에는 12%였던 機械化 Shield가 第2 peak時의 1980年에는 62%, 다시 1987年에는 이것이 91%가 되고 다시 이 傾向은 進行되어 現在는 深層地下鐵道의 技術研究와도 서로 어울려서 自動化 Shield의 開發時代에 들어가 있다.

여기에서는 이들 自動化 Shield中 使用例가 많은 泥水式 및 土壓式 Shield와 異色의인 氣泡式 Shield를 紹介하기로 한다.

##### (1) 泥水式 Shield

泥水式 Shield工法의 原理는 France에서 導入된 것이나 이것을 改良하여 1966年에 實用化되어 1970年에는 京葉線 羽田 tunnel에서 世界에서 처음으로 外形 7.1m의 大斷面 Shield工事에 成功하였다.

다시 1979年에는 管團地下鐵 8號線에서 이것을 上廻하는 10.0m의 Shield가 施工되었다.

泥水式 Shield工法은 Cutter室 後部의 隔壁과

表-I.3(a) 地下鐵路線別開鑿・Shield工法延長比

路線	工事期間 (年月)	区間	延長 (km) (地下鉄 km)	開鑿工法 Shield工法 延長比(開鑿:Shield)
宮田4号線 丸之内線	S26.4～ S37.1	池袋一 荻窓、方南町	27.4 (25.5)	////// (39:1)
宮田2号線 日比谷線	S35.12～ S39.7	北千住一 中目黒	21.1 (17.3)	////// (100:0)
宮田5号線 東西線	S37.10～ S44.3	中野一 西船橋	31.8 (18.5)	////// (89:11)
都営6号線 三田線	S40.12～ S48.8	高島平一 三田	21.2 (17.1)	////// (91:9)
宮田9号線 千代田線	S41.7～ S47.10	麹町一 代々木上原	23.0 (18.9)	////// (79:21)
宮田8号線 有楽町線	S45.8～ S49.10	池袋一 新宿町	11.5 (11.5)	////// (75:25)
都営10号線 新宿線	S46.5～ S49.10	新宿一 東大島	14.5 (13.8)	////// (48:52)
宮田11号線 半蔵門線	S48.3～ H1.1	渋谷一 三越前	10.7 (10.7)	////// (37:63)
都営10号線 新宿線	S55.9～	東大島一 本八幡	9.2 (7.7)	////// (26:74)
宮田7号線	S61.2～ H3.11	岩淵町一 駒込	6.8 (6.8)	////// (26:74)

막장면(Chamber)에 加壓한 泥水를 채우고 막장의 土·水壓에 대해 安定을保持하면서 切削하고 이 泥水와 함께 切削土砂를 流體傳送하는 것이다.

切削機構의으로는 Shield全面에 裝置된 Cutter를 回轉시켜 막장을 切削하는 「機械掘 Shield」와 같으나 막장을 安定시키는 것 및 切削土砂를 運搬하는 것으로 泥水를 利用한다는 特徵이 있다.

泥水處理設備는 篩分 또는 強制脫水에 의해 土砂分을 分離한 再調合하여 掘鑿室로 送泥하는 一聯의 循環 System이다.

無壓氣作業이며 진흙탕에 의한 掘鑿土砂의 運搬이 없기 때문에 作業環境이 좋고, 省力化, 環境安全等의 利點이 있고 또한 軟弱粘土層에서 硬質地盤까지相當히 廣範圍한 土質에 適用할 수 있다.

그러나 施工延長에 따라서는 工費가 높아지고 泥水의 管理, 處理方法, 막장에 障害物이 있을 경우의 处理 等의 問題도 있다.

## (2) 土壓式 Shield工法

土壓式 Shield는 泥水式 Shield가 泥水와 土砂의 大規模의 分離處理設備가 必要하게 되므로 이의 省力化를 圖謀하여 다시 研究가 進行되어 1974년에 日本에서 實用化된 것이나 最近 이의 採用例가 增加하고 있다.

切削機構는 器械掘 Shield와 같으나 cutter後部에 說置한 隔壁과 막장면의 사이(chamber) 및 排土用 screw conveyor內에 切削된 土砂를 充滿시켜 chamber內 土壓을 檢出하고 Shield 掘進速度와 關聯시켜 土砂를 搬出하는 工法이다.

粘性土地盤에서는 流動화한 切削土砂를 막장의 靜止土壓과 거의 같게 될 때까지 chamber內에 充滿시켜 막장의 安定을 圖謀하는 削土加壓方式이나 土砂質地盤의 경우에는 흙의 摩擦抵抗이 크고 透水性도 높아 切削土砂의 流動性을 確保가 困難한 경우가 많고 또한 screw conveyor內의 止水가 困難하

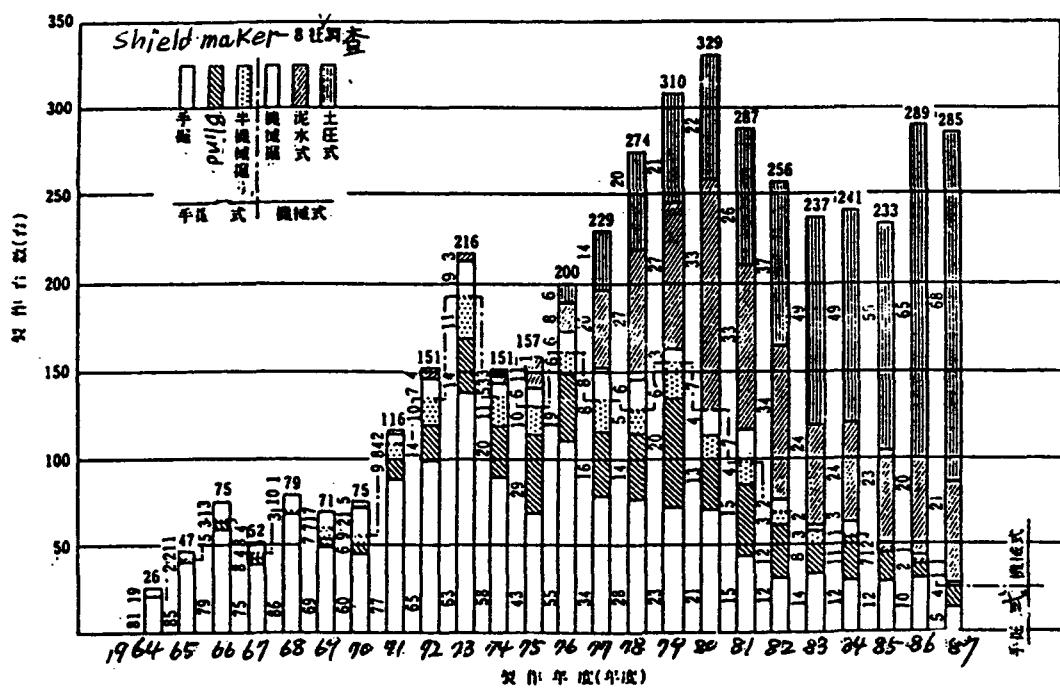
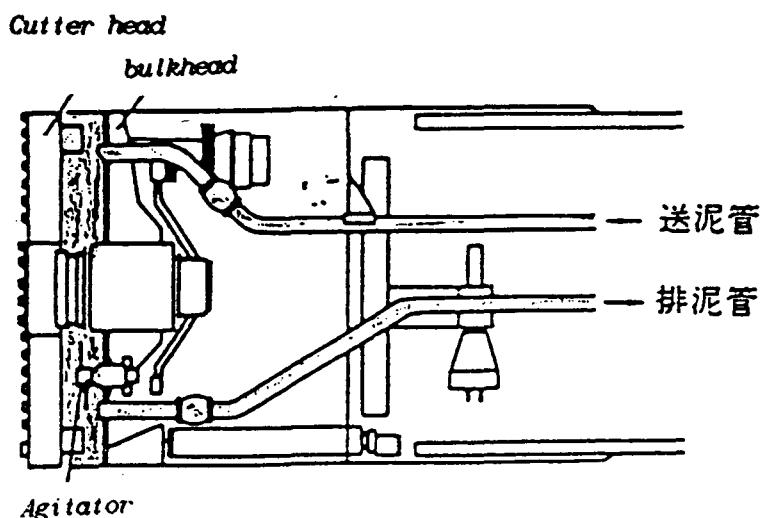


表 - I.3 (b) 年度別・機種別 Shield 挖進機製作台數 及 ヒ 比率

그림 - I.3.1(a)



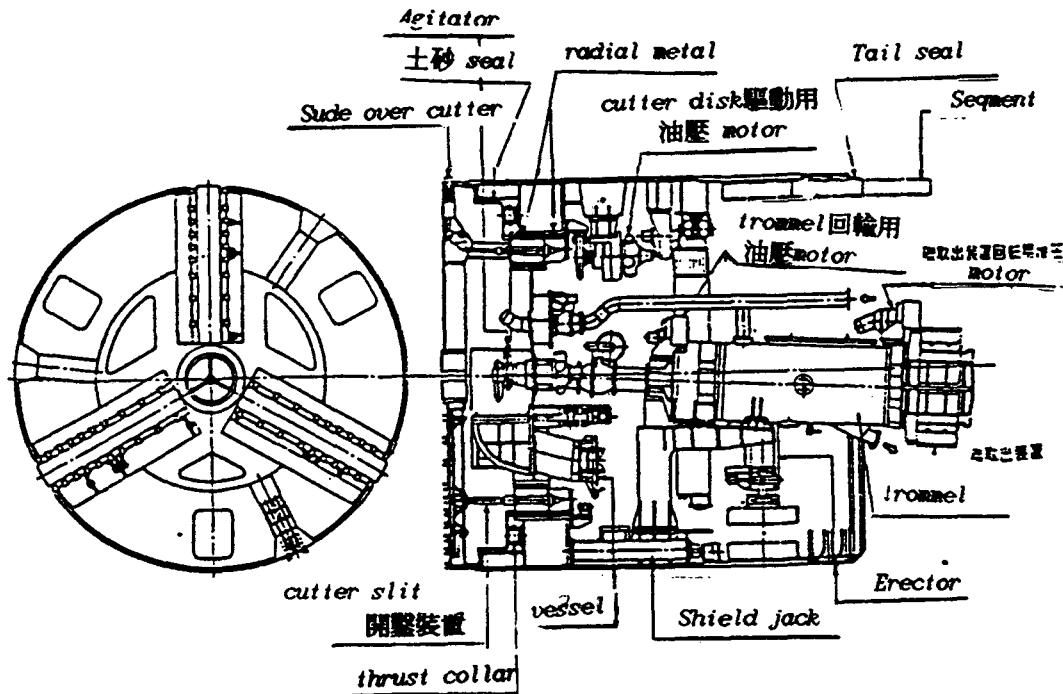


그림 - I.3.1(b)

Cutter frame Cutter用 motor Screw conveyor

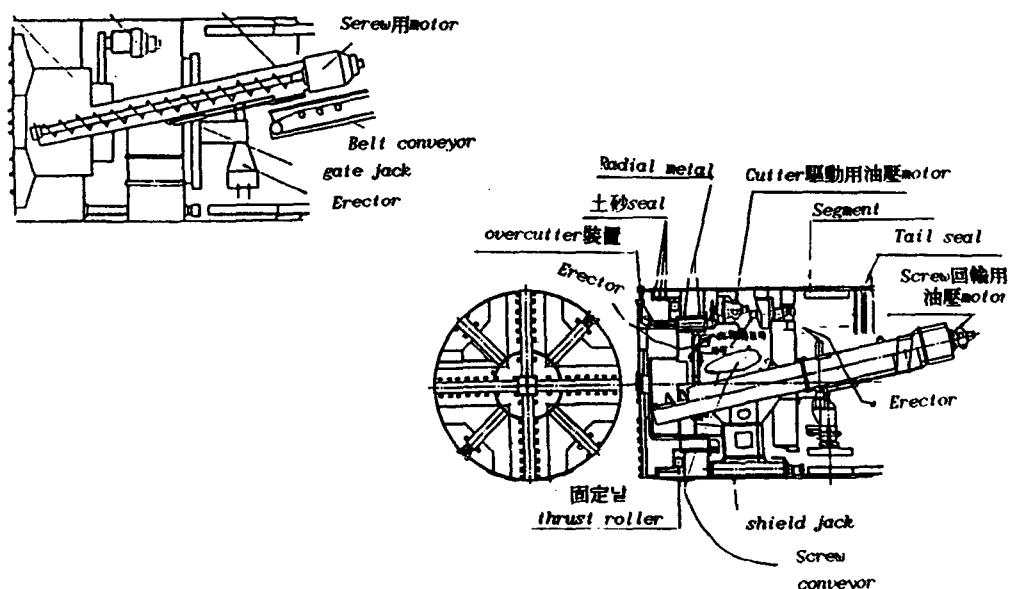
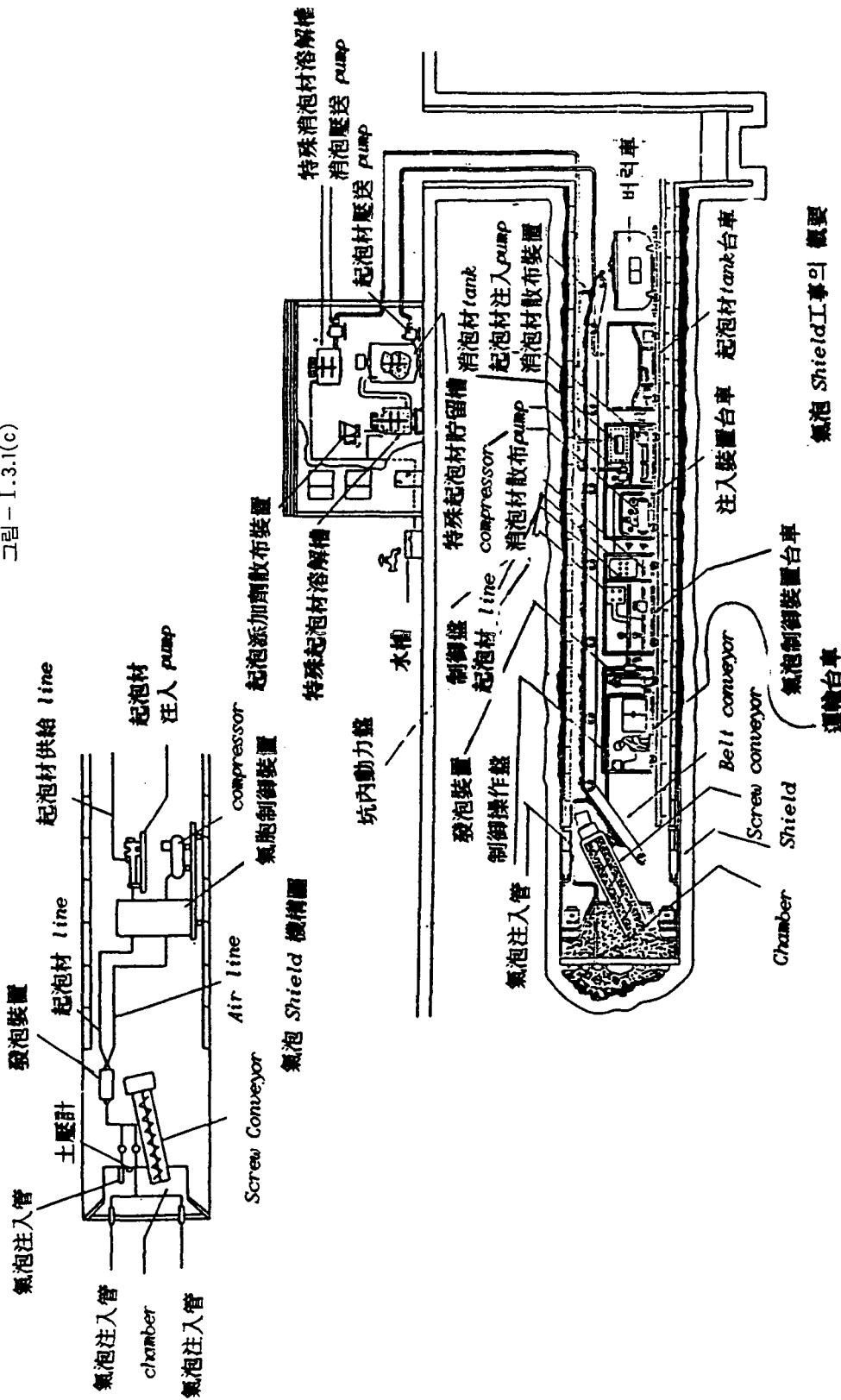


그림 - I.3.1(c)



기 때문에 chamber內 및 막장에 물, 泥水 또는 高濃度泥水를 加壓注入하여 切削土砂를 流動化시켜連續의 排土를 可能하게 함에 의해 chamber內의 土壓을 保持하여 막장의 安定을 獨特한 한다.

土壓式 Shield는 砂礫層에서의 screw conveyor閉塞, 高水位 帶水層의 湧水 防止對策, 粘性土의 機械各部에 附着固化 等의 問題가 있고 工法의 採用에 있어서는 地質 및 地下水의 調查를 充分히 行하여 切削, 排土機構를 決定하여야 할 것이다. 또한施工에 있어서는 切削土砂의 chamber內 土壓, 排土量 等의 計測管理가 重要하다.

### (3) 氣泡 Shield

氣泡 Shield는 土壓式 Shield의 一種인 泥土壓 Shield가 排出土(泥土)의 運搬, 處理問題 및 加泥設備가 大規模하게 된다는 欠點을 解決하도록 發展된 것으로 1985年부터 實用化되어 있다. 使用하는 氣泡의 有效性이 評價됨과 함께 氣泡 Shield의 機構는 泥土壓 Shield와 같으나 泥土壓 Shield가 Bentonite나 粘土 等을 加泥하는 것에 대해 이것은 特殊 氣泡材에 의해 만들어진 微細한 Shaving foam狀의 氣泡를 막장 또는 chamber內에 注入하는 것이다.(그림 - I.3.1(c))

注入된 氣泡는 切削土의 流動性과 止水性을 向上시켜 막장壓의 變動을 작게하고 더구나 Shield面板이나 chamber內에서의 切削土의 附着를 防止할 수 있기 때문에 막장의 安定을 保持하면서 Smooth한掘進이 可能하다고 말하고 있다.

또한 排出土中의 氣泡는 成分이 無害함과 함께排出時에 自然消泡나 消泡材의 使用에 의해 排出土가 氣泡 注入前의 狀態로 되돌아가기 때문에 運搬, 處理 等이 容易하다.

適用地盤은 砂礫層에서 粘性土層까지로 幅넓다.

以上 3種類의 Shield工法의 紹介를 하였으나 이의 使用에 있어서는 施工地域의 環境, 地質條件, 施工法의 持質 等을 充分히 調查하여 工法을 選擇하는 것이 緊要하다.

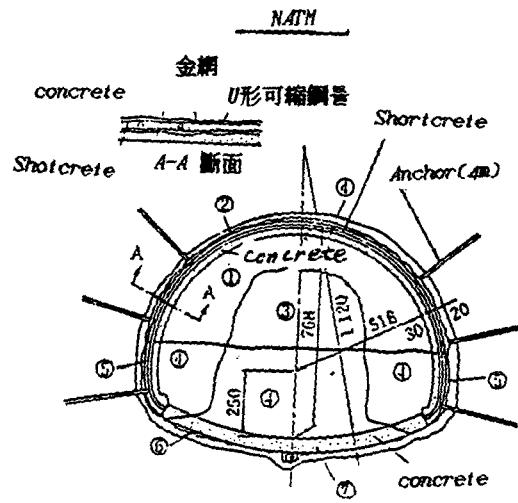
## I.3.2 NATM(New Austrian Tunneling Method)

NATM은 1963年에 Austria의 Rabcewicz 等에 의해 命名된 工法이다.

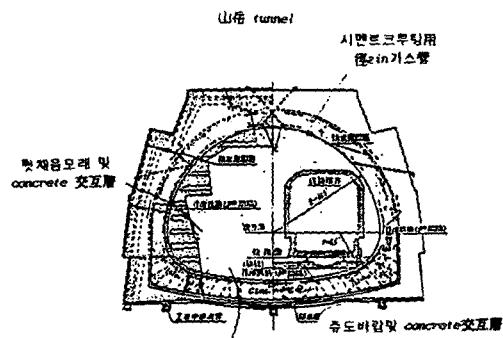
日本에서의 施工例는 1975年頃 上越新幹線의 中山 tunnel에서 採用된 것이 最初이다.

從來의 tunnel工法이 鋼製 支保工과 厚肉 concrete를 使用하는 것에 대해 NATM은 Rock bolt와 뽐어붙임 concrete를 主要 支保工으로 하고 있으나 이것은 system Rock bolt, 뽐어붙임 concrete의 施工에 의해 本來 地山이 가지고 있는 支持力を 適極的으로 活用한다고 하는 것이다. 또한一時覆工을 可縮構造로 함에 의해 軟弱地盤의 施工에 適用할 수 있는 것, 다시 現場에서 土壓이나 地山變位를 測定하고 그 時間的 變化를 보아 二次覆工의 打設時期를 決定하는 것 等 獨特한 것을 갖고 있다.(그림 - I.3.2(a))

그림 - I.3.2(a)



NATM工法의 施工順序(數字의 單位는 cm)



NATM의 特徵은 挖鑿後의 tunnel周圍의 地山이 本來 가지고 있는 支持能力을 最大限으로 利用하고 더구나 이것에 適應한 支保工(Rock bolt, 覆工)을 選擇하는 것에 있다.

日本에서는 近年 computer program의 開發되어 NATM의 應力解析에 FEM을 full로 活用하고 또한 이 應用解析結果를 근거로한 施工法의 技術開發을 行하고 廣範圍한 地盤에서 安全性이 確認되고相當한 施工例를 보게됨에 이르렀으나 이것에는 이工法이 다른 工法 例를 들면 tunnel工法에서의 Shield工法과 比較하여 工事費가 經濟의이라는 것도 그 原因이 되고 있다고 생각한다.

그러나 아무리 應用解析技術이 發展하여도 그 相對인 地盤은 一定한 것이 아니고 計算值와 實際值가 좀처럼 一致하지 않는다는 라고 하는 것이 現狀이다.

이 때문에 試驗掘進을 行하고 本掘進에 移行하여  
도豫想外의 地盤沈下 等 때문에 施工形態의 變更  
이나 補助工法의 併行 等 때문에 出費를 부득이 하  
게 되는 일이 있다.

이 때문에 一 種의 流行性工法이나 단지 瞥보기上  
의 經濟的이란 것에 구애되지 않고 施工場所의 周  
邊環境이나 地質調查를 充分히 行하고豫想되는 現  
象을 正確히 判斷하여 다른 施工法과 比較하여  
Total cost로서 工事費를 取하고 어떤 施工法을 採  
用하는가를 決定하는 것이 繫要하독 생각된다.

参考로 東京 周邊에서의 施工例를 그림 - I.3.2  
(b)에 表示한다.

### I.3.3 其他의 工法

地下鐵道의 施工法은 지금까지 記述한 것 外에도 沈埋, 潛函, 凍結, 出岳 tunnel, trench, 후로데자 킹 等 여러가지의 工法이 있고 施工地點의 地形, 環境, 地質 等의 諸條件에 따라 각각의 工法이 採用된다.

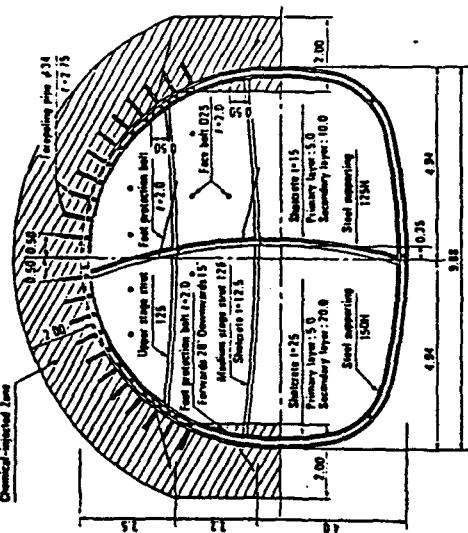
이 項에서는 이 中에서 沈埋 및 潛函의 2工法에 대하여 그 概要를 說明한다.

### (1) 沈埋工法

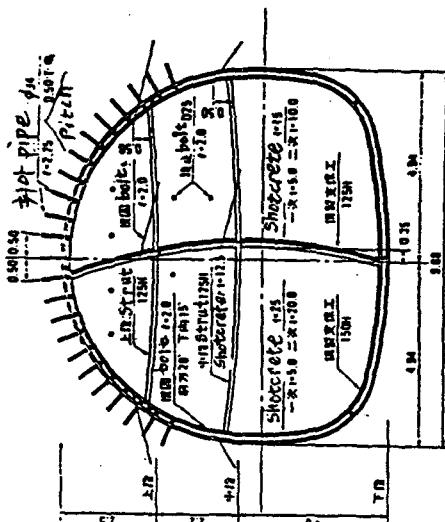
沈埋工法은 事前에 水底에 溝를 파고 陸上 等 다른 場所에서 만들어진 函體(element)를 敷設現場 까지 陸上運搬하고 이것을 먼저의 溝中에 차례로 沈下시켜 連結하고 그후 土砂를 되메우기 하여 tunnel을 完成시키는 工法이다. 그리고 이 工法은

로 막들어진 tunnel을 沈埋 tunnel이라고 부른다.

注入斷面 Inlet section

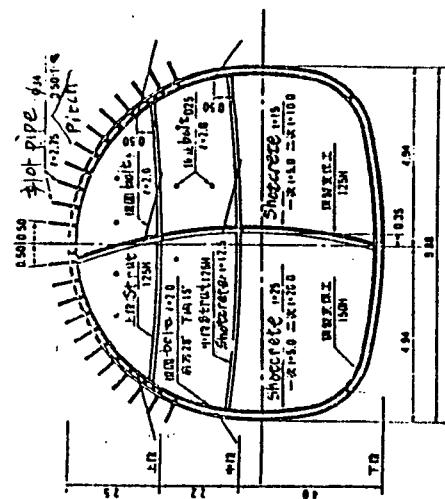


Design of supporting light fixture



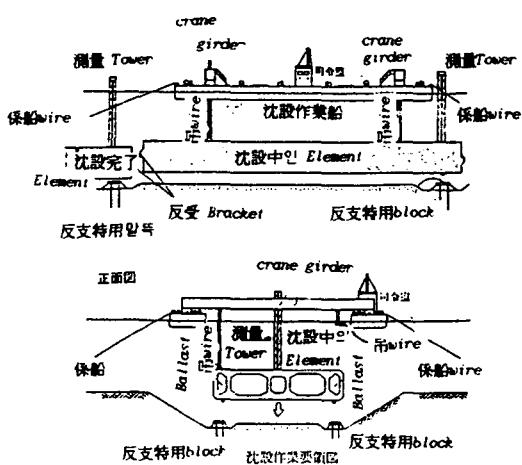
Design of supporting

注入断面 Inlet section



### Tunnel 塚工要領圖 Diagram of tunnelling procedure

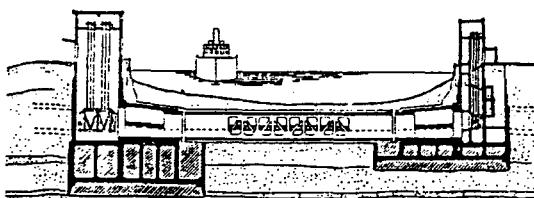
그림 - I.3.3(a)



이工法은 1894年 보스톤港에 下水幹線用 tunnel(外徑 2.6m, 延長 96m)을 完成하고 이어서 1910년 디트로이트江底 鐵道 tunnel(矩形 9.1m×17.0m, 延長 814m)이 完成되고 以後 美國, 유럽을 中心으로 下水, 鐵道, 地下鐵, 道路 等의 各種의 水底 tunnel에 使用되어 왔다.

日本에서는 1944年에 完成한 大阪의 案倍川 河底 tunnel(矩形 7.0m×14.0m, 延長 49m)이 最初이다.

그림 - I.3.3(b)



地下鐵道로서는 역시 大阪에서 1969年에 完成한 堂島川 河底 tunnel(3角形 7.8m×11.0m, 延長 72m)이 처음이고 東京에서는 都營地下鐵이 1975年頃 隅田川의에 8角形(7.0m×11.0m)의 tunnel을 延長 201m를 敷設하였다. 더구나 地下鐵道로서의沈埋 tunnel로는 1968年の 롯데 담 메트로(矩形 5.

6m×9.8m, 延長 1040m) 및 1972年的 샌프란시스코의 바트(小判型 6.6m×14.6m, 延長 5820m)가有名하다.

沈埋 tunnel의 特徵은 다음과 같다.

① Tunnel函體는 施工環境이 좋은 場所에서 만들어지기 때문에 均質이고 水密性이 있는 構築이 만들어진다.

② Shield 等에 비해 土被를 적게 設置할 수 있기 때문에 tunnel 延長이 짧아지고 經濟的이 된다.

③ Tunnel에 浮力가 作用하기 때문에 地盤支持力이 작아져서 좋고 軟弱地盤에도 適合하다.

④ 用途에 따라 tunnel 形狀을 自由로 選擇할 수 있고 또한 相當한 大斷面이라도 施工可能하다.

그러나 tunnel의 沈設이 水上, 水中作業의 關係로 水路가 좁으면 水上 交通處理 問題가 있고 또한 氣象이나 海象에 影響되기 쉽다고 하는 問題가 있다.

Tunnel의 形式은 圓形 鋼殼方式과 矩形 concrete方式으로 大別되나 이들은 沈埋工法의 發展에 따라 兩者를 組合한 形式도 使用되고 있다.

各 形式은 沈埋 tunnel의 開發 및 施工의 背景과 關係가 있으나 다음에 각각의 形式에 대하여 그概要를敍述한다.

#### [a] 圓形 鋼殼方式

이 方式은 主로 美國의 豐富한 鋼材事情을 背景으로 開發된 것이다.

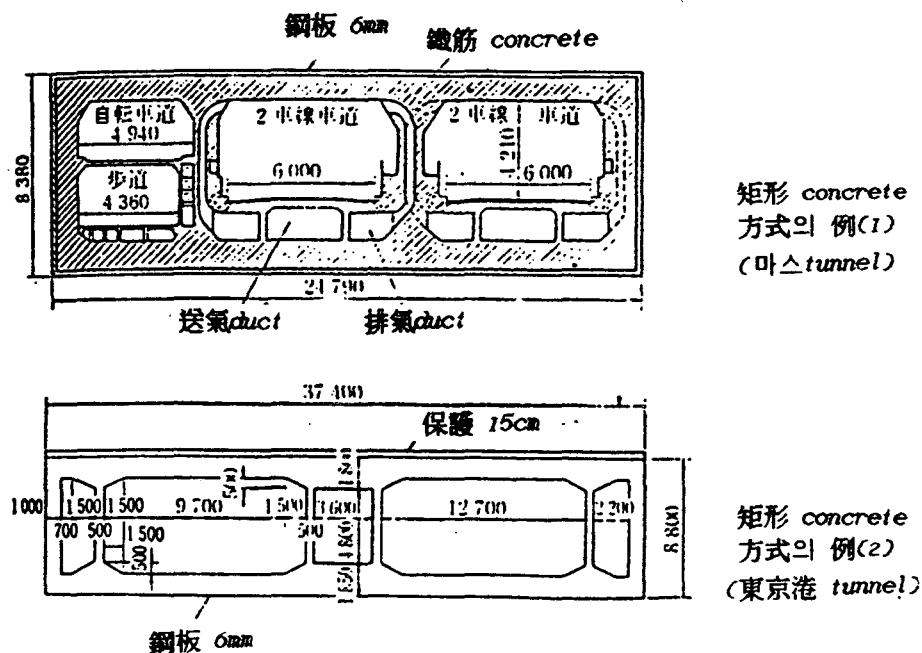
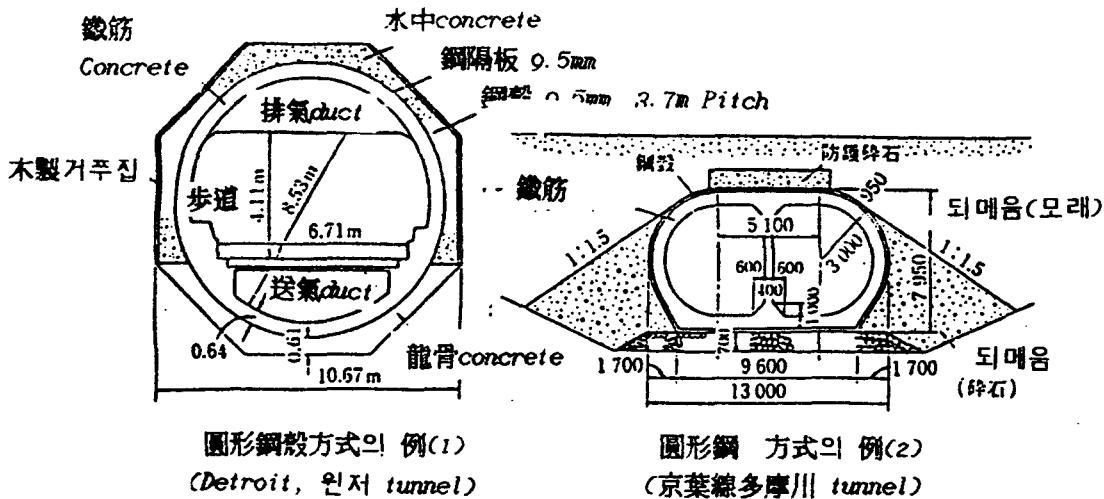
形狀이 圓形이기 때문에 力學的으로 有利하고, 基礎造成이 容易하며 鋼殼 때문에 防水性도 좋으나 한편 圓形이기 때문에 dead space가 많고 實用的으로는 直徑 10m 정도가 限度이고 現場 鎔接이 많기 때문에 變形防止나 檢查를 充分히 行할 必要가 있다.

#### [b] 矩形 concrete方式

이 方式은 廣幅員의 道路 tunnel로서 主로 유럽에서 開發된 것이다.

矩形이기 때문에 쓸데없는 空間이 적고 大斷面인 構造物의 施工이 可能하다. 그러나 한편 圓形斷面에 비해 外力에 대해函體에 큰 휨 moment가 생기는 것, 基礎底面이 넓기 때문에 基礎地盤의 形成에 特殊한 研究가 必要하게 되는 것 또한 嚴重한 concrete의 品質管理 및 水密性에 대한 配慮, 防水性을 確保하기 위하여 防水層의 施工이 必要하다.

그림 - I.3.3(c)

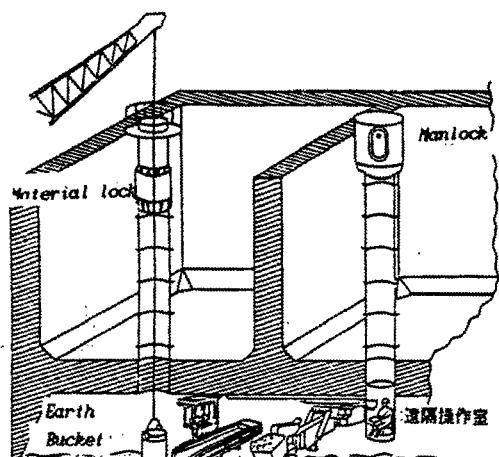


그런데 現在까지의 沈埋 tunnel의 施工例를 보면 全體의 約 70%로 壓倒的으로 道路 tunnel이 많고 地下鐵道는 約 14% 정도이다. 이 理由는 道路인 경우에는 地表面을 基準으로 한 橋梁과 tunnel과의 比較이고 水上에서의 施工制約이나 斷面構造 및 經濟性 等을 比較한 結果일 것이다.

그러나 地下鐵道인 경우에는 地下 level을 基準으로 한 工法의 比較가 되어, 이 對象은 Shield든가 Caisson이 되고 最近의 地下鐵道는 陸上部에서 比較의 깊은 位置에 있는 일도 있고 最近 機械化가 進行되어 安全度가 높은 Shield工法이 많기 때문이라고 생각된다.

### (2) Caisson工法

Caisson이란 France語에 由來되는 言語로 箱子나 바깥틀이라는 意味가 있고 鐵筋 concrete나 鋼



自動積入裝置 Caisson Shovel

遠隔操作概要圖

그림 - I.3.3(d)

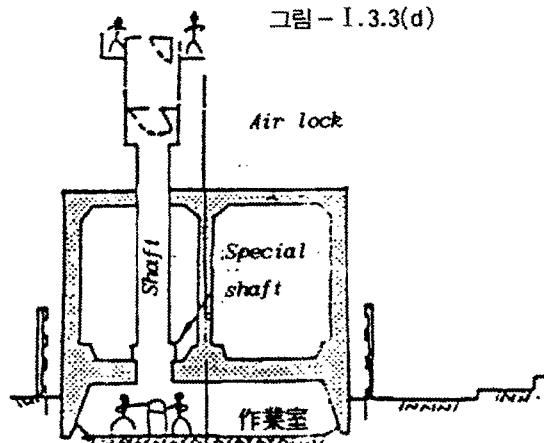


그림 - I.3.3 (d)

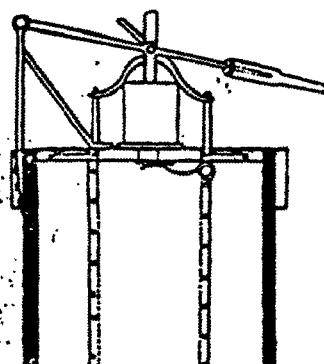
中めえ Concrete



鐵로 만든 中空의 筒을 指稱한다.

Caisson工法은 그림 - I.3.3(d)와 같이 이 Caisson의 内部 底面을 挖鑿하고 主로 Caisson의 自重에 의해 地中에 沈下시켜 所定의 位置에 構造物을 만드는 工法이다. 이때 挖鑿底面이 地下水位 以下가 되면 물이 浸入하여 施工이 困難하게 되기 때문에 Caisson에 密閉된 作業室을 만들어 그 속으로 壓縮空氣를 보내 이 空氣壓에 의해 地下水의 侵入을 防止하면서 施工을 行한다. 이 경우의 Caisson을 Pneumatic Caisson(壓氣潛函)이라고 하고一般的으로는 이 方式을 Caisson工法이라고 부르고 있다.

그림 - I.3.3(e)



Caisson工法의 歷史는 16世紀에 Spain에서 試驗 삼아 疑以 Caisson에 들어 갔었다는 얘기는 있으나 實用化된 것은 1778年 英國人 스미톤이 鐵製의 Bell(釣鍾)形의 것을 水底에 내려 空氣를 보내고 그 속에서 作業을 하는 移動式의 「다이빙 벨」(Diving Bell) 그림 - I.3.3(e)에 의해 橋梁基礎의 修理工事を 行한 것이 最初일 것이다.

Caisson을 構造物의 一部로서 使用한 것은 1840年頃 France人이 토리가가 炭坑에 使用한 것이 最初라고 말하여지고 있다. 그후 19世紀 後半이 되면 歐美의 著名한 大橋梁의 基礎에 利用되고 있다.

그 當詩의 Caisson驅體는 鐵筋 Concrete의 未發達 때문에 鐵材나 木材가 主였다.

Caisson工法은 構造物의 剛性이 높고 넓은 支持面積을 얻을 수 있으므로 從來보다 橋梁의 基礎 等에 수많이 使用되어 왔다.

日本으로의 本格的인 導入도 關東大震災(1923年)의 復舊事業에서 隅田川 橋梁의 基礎 再構築工事에 採用되고부터 이다.

地下鐵道의 採用은 1905年 파리市에서의 세느江河底 構斷工事が 最初였다.

日本에서는 1934年 大阪市營 地下鐵 梅田驛에서 軟弱地盤區域에서 國鐵近接 施工部分에 採用된 것 이 最初이다.

그후 大阪, 管古屋, 東京의 各 都市의 地下鐵 建設에서 軟弱地盤區域, 河底構斷 等에 本工法을 採用하여 좋은 結果를 얻고 있다.

東京에서는 1956年 管團地下鐵인 丸의 內線의 帝國 Hotel附近에서 採用되고 그후 수개소의 施工例가 있다.

最近에는 1985年 역시 管團地下鐵 有樂町線의辰巳驛을 施工하였으나 이것들은 어느것이나 軟弱地盤區域에서의 施工이다.

#### 이工法의 採用條件은

① 土質이 極히 軟弱하여 開鑿工法으로는 周圍의 建物에 危險이 隨伴하던지 工事 그 自體가 危險하게 될 경우

② 挖鑿이 깊고 砂質層으로서 潟水處理에 대하여 適當한 工法이 없을 경우

③ 河底 또는 海底를 構斷할 경우 等이나 이것들은 基本的인 採用條件이고 最近에는 壓氣中의 作業에 대한 勞動者 不足이나 蝙蝠이工法의 開發 및

tunnel施工法의 開發에 의해 地下鐵道로의 施工例는 減少하고 있다.

以上 其他의 工法으로서 「沈埋工法」과 「Caisson工法」의 概要를 說明하였으나 現在 이들은 지금 全盛인 「Shield工法」이나 「NATM」에 비하면 實际히 使用例는 적은 工法이다. 그러나 例를 들면 「驛」과 같은 大形構造物을 河底部나 軟弱地盤層에 設置할 경우 等 特殊條件에 따라 採用하는 것이 有利한 工法이기도 하다고 생각된다.

특히 Caisson工法은 이 工法의 最大의 欠點이 기도한 壓氣中의 作業을 最新의 computer技術에 의해 有人에서 無人으로 바꿔 高壓氣中의 作業을 容易하게 하였으나 이것은 現在 研究中인 大深度 地下鐵道의 利用에 크게 活用할 수 있는 것으로 생각된다. 이것에 대하여는 別項에서 紹介한다.

어느것이나 工法의 選擇은 周邊環境의 保全, 工事의 安全, 經濟性에 直接적으로 影響되기 때문에 施工場所의 周邊環境, 地質, 其他의 工事區域의 現況調查를 充分히 行하고 다른 工法과 比較하여 決定하는 것이 重要하다.

## II. 建設工事에 隨伴하는 沿道實害에 대하여

### 序　　言

地下鐵建設에 限하지 않고 都市部에 있어서의 建設工事는 建設 勞動人口의 減少, 勞務賃金의 高騰, 工期의 短縮, 省力化 等 때문에 使用機械의 大型화가 進行되고 또한 人力에 代替하여 많은 機械가 使用되게 된 結果, 沿道住民의 生活環境에 以前에 없었던 工事에 隨伴하는 影響이나 障害가 생기게 되었다.

특히 地下鐵道는 都心部의 道路下에 位置하는 일 이 많기 때문에 그 工事區域附近의 住民, 民家, 商店이 여러가지의 影響을 받아 많은 若情이 닥아오게 되었다.

地下鐵道建設에 隨伴하여 생기는 沿道實害(工事公害라고도 한다)는 沿道住民의 苦情을 分析하면 工事에 隨伴하는 것과 開通에 隨伴하는 것으로 나누어진다.

工事에 隨伴하는 것이 主된 것은 工事中의 驟音, 振動, 塵埃, 地盤沈下 및 地盤沈下에 따른 建物에의

影響, 井戸枯渇 等에 대하여敍述한다.

더구나 東京에 있어서는 1980年 10月에 「環境影響評價制度」가 制定되어 있고 이것은 大規模의 事業을 行할 경우에 미리 그 事業의 實施에 의해 現環境에 주는 影響을豫測·評價하여 그 結果를 住民, 自治體에 公表하고 그들의 意見을 事業에反映시켜 環境의 保全을 確保한다고 하는 것이다.

더구나 이 評價書의 內容은 東京圈의 都市高速鐵道路線에 都市計劃을 決定할 경우의 하나의 判斷材料로도 되어 있다.

## II.1 工事中의 騒音, 振動에 대하여

앞에서 記述한 沿道實害中 睡眠妨害에 關한 騒音, 振動에 關한 것이 壓倒的으로 많다.

이것은 都心部에 있어서의 路面交通 支障의 關係로부터 工事의 初期에는 工事が 夜間に 集中되고 工事의 進陟에 따라 畫夜間 施工이 되나 여기에서 夜間은 畫間보다 自動車 騒音, 거리의 시끄러움으로 말하는 暗騒音이 低下하기 때문에 두드러지게 되고 若情의 發生이 增加하는 것이라고 생각된다. 特히 大型重機나 truck 等을 使用하는 開鑿工事 初期의 훑막이工 施工時나 構築施工時의 concrete 打設時가 問題가 된다.

다음에 騒音, 振動에 關한 規制나 防止策 및 對策等에 대하여敍述한다.

### II.1.1 工事騒音 및 이의 規制

日本에서는 騒音公害를 輕減시키기 위해 1968年에 「騒音規制法」이 制定, 施行되어 工事의 騒音의 發生이 顯著하다고 생각되는 5種類의 作業을 「特定建設作業」이라고 定하고 이들의 作業에 대하여 騒音의 規制에 關한 基準(1968年 厚生, 建設省 告示)에 의거하여 規制를 行하고 있다.

또한 이 規制法 施行後, 都路府縣에서 騒音規制에 關한 條例가 定하여지고 東京部는 1969年에 「東京部 公害防止條例」를 定하고 그 중에서는 먼저의 「特定建設作業」以外에 8種類의 「指定建設作業」이 規制의 對象으로 되었다. 이들 特定 및 指定建設作業中에는 現在의 地下鐵道工事에 直接 關係가 없는 作業도 包含되어 있고 이들을 整理하여 使用되는 建設機械의 騒音豫測值와 規制基準值를 要約하면 表 - II.1.1(a)와 같이 된다.

이들 規制基準值는 大部分의 工事が

① 作業이 屋外이고 遮斷이 困難한 것.

② 工事에 의해 完成되는 것은 附近 住民의 利益에 결부될 것.

③ 建造物은 그 場所에서 만들지 않으면 意味가 없을 것.

④ 騒音에 의한 工事區域의 環境惡化는 一時의 일 것.

등등을 加味하고 實行하도록 큰 것의 規制에 멈추고 있다.

#### (1) 騒音 防止對策

##### a) 騒音防止의 方法

騒音防止對策을 생각할 경우에 우선 工事區域의 環境, 特質 等을 踏고 使用機械의 騒音의 量을 把握하고 이어서 減音量의 目標值를 設定하는 것이 對策上의 基本이다.

對策의 方法은 다음의 順序로 行하는 것이 效果의이다.

###### 가. 騒音energy의 低減對策

工事用 機械를 改造할 경우와 代替工法에 의해 使用機械를 變更할 경우

###### 나. 騒音을 大氣中에 擴散하는 自己의 對策

機械의 cover, 床板을 두꺼운 것으로 하거나 排氣口에 騒音器를 裝置하거나 할 경우

###### 다. 擴散 後의 對策

簡易防音壁이나 防音Sheet에 의해 對象으로 하는 方向의 騒音을 遮斷하는 方法으로 指向性이 強한 音에는 效果의이다.(그림 - II.1.1(a))

###### 라. 時間的 對策

施工時間을 調整하는 方法

###### 마. 受音側의 對策

對象의 沿道建物을 防音構造로 改造하는 方法이나 一時期 住民을 다른 場所로 避難시키는 方法

###### b) 防止對策

地下鐵道工事 等 土木工事의 騒音은 音源에서의 騒音level이 매우 높은 것, 많은 機械의 原動力이 內燃機關에 의하고 있기 때문에 engine音이 主體가 되어 低周波數가 支配的으로 되어 있는 것이다.

建設工事에 있어서 騒音防止對策의 第一은 極力 騒音의 發生源에서 處理해야 하고 이를 위해서는 使用機械의 騒音을 低減하는 것이다.

이것을 目的으로 하여 建設省은 1983年에 建設機械에 대하여 「低騒音型, 低振動型 建設機械 指定要

領」이 内部 通達되어 있다. 現在 大部分의 機械는 이 指定을 받은 것을 使用하고 있고 이것은 前記한 (a)의 나.項에 該當하는 것이다.

沿道의 家屋에 近接하여 施工할 경우에 住民으로부터의 要望을 받아 一定期間 가까운 Hotel 等에宿泊시키는 것도 行하고 있다.

表 - II.1.1(a) 建設機械騒音豫測結果 一覽表

(單位 : dB(A))

工 法	工 類	主 作 業	主建設器械	敷地境界上の騒音 LEVEL	勸告基準等	
					騒音規制法	都公害防止條例
開 整	步 道 切 削	切 削	Concrete cutter	80 <sup>+1</sup>	80 80 80 80 — — — — — —	80 80 80 80 — — — — — —
		切 削, 挖 鑿	Concrete cutter	80 <sup>+1</sup>		
			Back hoe(0.3~0.4m)	79 <sup>+1</sup>		
	高 台 이 説 置	杭 打	Earth Auger	73		80
			Crawler crane	78		
	路 面 覆 工	鋪 裝・破 碎 掘鑿, Beam 假說	Breaker	80 <sup>+1</sup>	85	—
			Compressor	84	85	—
			Truck crane	78		—
			Back hoe(0.6~0.7m)	79 <sup>+1</sup>		80
			Concrete 壓碎機	70		80
	掘 鑿	掘 鑿 支 保 工	Truck crane	78		—
			土砂 港揚機	76 <sup>+2</sup>		—
	構 築	Concrete 打 設	Concrete pump車	79 <sup>+1</sup>		80
	埋 設 物 復 舊 工	埋 說 物 復 舊	Truck crane	78		—
	되 메 우 기	支 保 工 撤 去 多 程	Truck crane	78		—
			振動 compacter	77		80
	路面 覆工 撤去	路面 覆工 撤去	Truck crane	78		—
	道 路 復 舊	鋪 裝 多 程	Bull dozer	79 <sup>+1</sup>		80
			Tire Roller	76 <sup>+1</sup>		80
			Asphalt Finisher	80		80
Shield	發 進		Truck crane	78		—
開 整	掘 進		土砂 港揚機	76 <sup>+2</sup>		—
區 間	構 築	Concrete 打 設	Concrete pump 車	79 <sup>+1</sup>		80

(注) 1. #1은 「低騒音型・低振動型建設機械指定要領」(1983年 10月 1日施行, 1984年 8月 30日一部改定, 同適用 1989年 1月 1日改定)에 義擧하여 指定된 建設機械를 使用한 경우(低騒音型建設機械의 騒音判定基準 值를 使用하였다)

#2은 營團測定值

2. Under pinning 工法은 開整工法의 一環이므로 上記表의 高台이 説置부터 道路復舊까지 主建設機械는 같은 것을 使用한다.

出典: 「建設工事에 隨伴하는 騒音・振動對策 Hand Book」((社) 日本建設機械化協會)

## II.1.2 工事振動 및 그의 규제

建設工事에 隨伴하는 振動의 問題는 驚音에 비해 사람에게 주는 影響이 比較的 적다고 하는 일도 있고 法의 規制는 驚音보다 약간 늦어 1976年에 「振動規制法」을 制定施行되었다.

그러나 驚音의 項에서 記述한 「東京都 公害防止條例」에는 振動規制에 관한 條項도 包含되어 있고 法의 制定前에는 이 條項에 따르고 있었던 것이다.

振動規制法에서는 4種類의 作業을 「特定建設作

業」이라고 定하고, 都條例에서는 6種類의 作業을 對象으로 하고 있다. 이들 規制對象作業中 地下鐵道工事에 使用되는 建設機械의 振動豫測值와 規制基準值를 要約하면 表 - II.1.1(b)와 같아 된다.

工事用 機械의 振動은 現在 使用中인 機械의 大部分이 規制值內에 들어가 있고 이 때문에 現時點에서는 「低振動 建設機械」의 指定을 받은 機械는 없다.

그러나 振動을 傳達하는 것은 大部分의 경우 地

表 - II.1.1(b) 建設機械騒音豫測結果 一覽表

(單位 : dB(A))

工法	工類	主作業	主建設器械	勸告基準等	
				騒音規制法	都公害防止條例
開整	步道切削	切削, 挖鑿	Back hoe	65	70
	高막이設置	杭打	Earth Auger	53	
			Carth Auger	53 <sup>+1</sup>	
	路面復工	鋪裝·破碎 掘鑿, Beam假設	Breaker	68	75
			Compressor	60	
			Truck crane	50 <sup>+2</sup>	
			Back hoe	65	
			Concrete 壓碎機	51	
	開整	掘鑿支保工	Truck crane	50 <sup>+2</sup>	-
	構築	Concrete 打設	Concrete pump 車	46 <sup>+2</sup>	-
	埋設物復舊	埋設物復舊	Truck crane	50 <sup>+2</sup>	-
	되매우기	支保工撤去	Truck crane	50 <sup>+2</sup>	-
	路面覆工撤去	路面覆工撤去	Truck crane	50 <sup>+2</sup>	-
	道路復舊	鋪裝 다짐	Bull dozer	66 <sup>+3</sup>	70
			Asphalt Finisher	54	70
Shield	發進		Truck crane	50 <sup>+2</sup>	-
開整區間	構築	Concrete 打設	Concrete pump 車	46 <sup>+2</sup>	

(注) 1. #1은 crawler crane의 振動은 Earth Auger와 同程度로 하였다.

#2는 營團測定值

#3은 「建設作業振動防振技術 Manual」(環境廳大氣保全局特殊公害課編集)에서 구하였다.

2. Under pinning 工法은 開整工法의 一環이므로 上記表의 高막이設置에서 道路復舊까지 主建設器械와 같은 것을 使用한다.

出典 : 「建設工事에 隨伴하는 驚音·振動對策 Hand Book」((社) 日本建設機械化協會)

盤이고 이 때문에 地質에 따라 振動이 두드러지거나 意外의 곳까지 影響되는 것을 알게 되었다.

이 때문에 環境廳을 中心으로 關係省廳에 의해 建設機械의 振動防止對策의 Manual作成이 進行되고 있다는 것이다.

振動防止對策으로서는 振動이 적은 工法(杭打에 있어서 Earth Auger의 使用)이나 極力 低振動型의 建設機械를 採用하는 것이나 作業時間의 調整을 行하는 等으로 對處하고 있다. 將來的(一部는 實施 끝냄)으로는 重機의 caterpillar를 鋼製에서 硬質고무系로 바꾸는 일이나 compressor 等의 定置式인 機械는 底部에 防振材를 設置하여 絶緣하는 方法等이 생각된다.

騒音, 振動을 받는 側인 人間은 각각 한사람 한사람이 얼굴이 다른것처럼 騒音, 振動에 대한 받는 方法이 다른 것이다.

따라서 基準值를 지켜 相對에 強制하는 것이 아니라 相對의 立場에 서서 對話中에서 서로 協調하고 最善을 다하는 것이 工事を 圓滑하게 進行시키는 方法의 하나라고 생각된다.

## II.2 地盤沈下

地盤沈下는 家屋被害, 埋設物支障, 道路陷沒 等 여러가지의 後遺症에 결부 되는 것에 留意하여 沈下를 最小限으로 멈추도록 정성들여 工事を 行하도록 하는 마음가짐이 있어야 할 것이다.

### II.2.1 開鑿工事에서 地盤沈下의 原因과 그 對策

開鑿工事에 흙막이面 内側의 흙을 剥離하여 除去할 時에 흙막이面 外側이 地盤沈下는 原因의 主된 것은 다음의 것을 들 수 있다.

- ① 地下水의 低下에 의한 粘性土의 壓密沈下
  - ② 흙막이面에서의 淚水에 의한 흙막이背面 土砂의 流出
  - ③ 흙막이工의 휨에 의한 것.
  - ④ 흙막이支保工의 彈性變形에 의해 흙막이面의 内側으로의 移動
  - ⑤ 되메우기의 不良
- 이들의 原因을 보고 생각나는 것은 tunnel의 建設工法에 대하여 說明한 各種의 흙막이工法에 관한 記述일 것이다.
- ①, ②의 地下水의 움직임이 原因이 되는 것의 對策은 止水性이 있는 흙막이工을 採用하는 것이고

柱列式 連續壁工法, SMW法이나 地下連續壁工法等이 있다.

③에 대하여는 剛度가 큰 흙막이工의 施工에 의해 防止할 수 있고, 土壓의 크기에도 의하나 地下連續壁工法이 最適일 것이다.

④에 대하여는 흙막이支保工, 特히 Strut를 插入 時에 必要量의 preload가 미치게 하는 것, 插入時期를 늦게하지 않는 일에 의해 防止할 수 있으므로 施工管理를 充分히 行하는 일이 必要하다.

⑤는 路面沈下가 周邊의沈下를 불러 일으키는 일이 있으므로 되메우기材의 品質管理, 되메우기 轉壓 等의 施工管理가 必要하다.

### II.2.2 Shield工事에 있어서의 地盤沈下와 그의 對策

Shield工事에 의해 생기는 地盤沈下는 tunnel의 施工法, 斷面의 크기, 單線·複線의 달림, 地質 및 地下水의 量 等에 의해相當한 差가 있고一般的으로는 여러가지의 原因이 겹쳐 생기는 것이라고 생각된다.

現在의 Shield는 그 大部分이 機械化 Shield이고 Computer技術의 發達과 함께 新技術開發이 進行되어 密閉式工法인 土壓式이나 泥水式 Shield가 넓게 使用되게 되었다.

그 結果 以前보다 地盤沈下의 發生程度, 沈下量 等은相當히 減少하고 있다. 그러나 아무리 事前調查가 進步되었다고 하더라도 地質이라는 舉動的으로 未知의 特質을 相對로 하고 있기 때문에 理論적으로는 地盤沈下의 影響은 적다고 하여도 유감스럽게 現狀에는 좀처럼 zero로는 되지 않는 것이다.

地盤沈下의 主된 原因을 들면 洪積層에서는

- ① Tailvoid의 發生에 의한 地山의 弛緩
- ② Segment의 變位

沖積層에서는 上記한 2點에 추가해

- ③ 막장에서의 地山의 流動 및 끌어들임

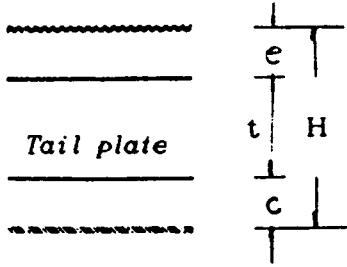
④ Shield 推進에 의한 地山의 攪亂 等이라고 推定된다.

다음에 이들의 地盤沈下에 대한 防止對策에 대하여 記述한다.

- ①의 Tailvoid의 處理對策은

a) Tailvoid의 縮小化

Shield工事에 있어서 Tailvoid의 發生은 不可避하고 그의 量(높이=H)은



### Segment

$$H = c + t + e$$

c : Tail clearance

t : Tail plate의 두께

e : Shield 推進時 Skin Plate 背面의 地山의 移動에 의한 것.

c는 Shield 및 Segment의 製作精度 및 組立精度上의 問題이고 有效한 真圓保持裝置에 의해 組立精度를 向上함에 의해 減少할 수 있다.

t는 特殊鋼(高張力鋼 等)의 使用에 의해 縮小하는 것이 可能하고 通常 70mm 정도의 것을 1/2정도로 한例가 있다.

e는 地山과 skin plate間의 摩擦을 避開하는 것이고 最近의 密閉性 Shield에서는 그다지 問題가 되지 않고 있다.

#### b) 뒷채움注入의 效果的 施工

Tail 離脫 後의 Segment의 周圍에는 Tailvoid 가 存在하고 이것에 接하는 地山은 時間과 함께 이 Void를 隅位 地盤沈下의 原因이 된다.

이 傾向은 自立性이 弱한 軟弱地質에서 特히 顯著하다.

뒷채움注入은 다만 地山과 segment의 間隙을 填우는 것 뿐만 아니라 周邊地山의 弛緩이나 泥水를 防止하는 것에 의해 地盤沈下의豫防이 되고 더구나 segment ring의 早期安定에 도움이 되는 것이다.

뒷채움注入의 施工에 있어서는 다음의 點에 留意하는 것이 必要하다.

가. Shield 推進에 並行하여 即時 注入한다.

나. 注入材의 早期 硬化를 圖謀함과 함께 硬化할 때까지 加壓注入을 行한다.

다. 注入材는 硬化 後의 體積變化가 적고 地山과

同等以上の 強度가 있을 것.

라. 2次 注入을 行하여 注入材가 均等히 充滿하도록 한다.

가.에 대하여는 Tail部에 注入裝置를 設置한 Shield 機械가 開發되어 좋은 成績을 올리고 有りて 今後 이 方式이 增加한다고 생각된다.

나., 다.에 대하여는 加壓注入은 Tail seal의 機能이 問題가 있었으나 이 改良이 이루어져 高壓注入이 可能하게 되었다. 또한 注入材料는 mortar가 主要材料이나 地質, 地下水 等에 의해 硬化時間, 使用量이 變化하기 때문에 試驗에 의해 配合을 決定하는 것이 要望된다. 注入材의 特秀한 例로서는 發泡 urethane이나 藥液을 注入한 일이 있다.

#### ② Segment의 變位 防止對策으로서는

a) segment piece의 大型化나 이음個所의 減少 및 이음剛性의 向上에 의해 Tunneling으로서의 軟剛性을 높인다.

b) 適切한 真圓 保持裝置의 使用

c) 뒷채움注入材의 早期 더구나 完全한 充填 等이 必要하다.

#### ③ 막장의 流動 및 불리들임 防止對策으로서는

a) 막장의 開放時間을 極力 적게 한다.

b) 막장面으로의 pre-load를 作用시켜 地山의 弛緩이 없을 것. 等을 들 수 있으나, 最近에는 土壓式 Shield 等, 密閉式工法이 一般化되어 있고 이 問題는 減少하고 있다.

그러나 萬一의 事態에 對比해 Shield機械에 土壓計, 地山崩壞 深查裝置, 藥液注入裝置 等을 設置하고 있다.

#### ④ Shield 推進에 의한 地山의 攪亂防止對策

이 現狀은 Shield推進, 蛇行修正이나 曲線部에서의 余掘 等에 의해 생기는 것으로 이것의 防止는 좀처럼 困難하나 氣泡 Shield機械나 急曲線 施工用의 機械의 開發에 의해 防止를 圖謀하고 있다.

#### II.2.3 建物 防護對策

앞에서敍述한 바와 같이 地下鐵道 建設工事에 의한 地盤沈下는 흙막이工法 및 Shield機械의 技術開發에 의해 従來에 비해 적어졌다고는 하나 좀처럼 zero는 되지 않는다.

이 때문에 地盤沈下 影響에 의해 沿道의 建物에 被害發生의 憂慮가 있다고 判斷될 경우에는 建物에 依하나 事前에 建物 防護對策을 行하는 것이 必

要하고 경우에 따라서는 有利한 策略이 되는 것에留意하여야 할 것이다.

建物의 防護對策이 必要한가 아닌가를 判斷하는 check point는

① 工事에 의한 建物의 變狀豫測 — 地質, 施工法에 의한 過去의 data

② 變狀의 許容值 — 構造上, 變能上, 基礎의 許容沈下量

③ 建物의 規模, 補修의 難易度 — 建物種類, 位置關係

等이고 이들의 check point를 綜合的으로 判斷하면一般的으로는 工事 影響範圍內에 있는 3~4層以上의 鐵筋 concrete構造의 建物은 基礎構造의 다음에도 있으나 일단 防護對象으로 list up하여 檢討할 경우가 많다.

더구나 影響範圍는一般的으로는 挖鑿底面에서  $\theta = 45^\circ + \frac{1}{2}\phi$  ( $\phi$ 는 흙의 内部摩擦角)의 影響線으로 둘러싸인 範圍로 判定하고 있다.

建物防護의 方法은

① Under pinning方式(直接的 方法)

② Curtain wall方式(間接的 方法)

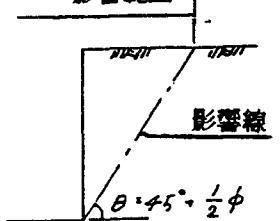
③ 前者の 折 方式

④ Arch crown方式(間接的 方法)

等이 있다.

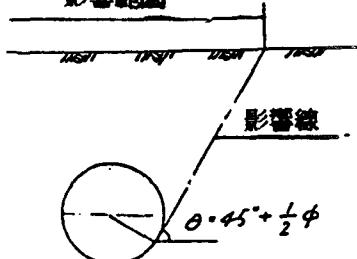
## 開鑿工法

### 影響範圍



Shield 工法

### 影響範圍



①의 under pinning方式은 建物의 基礎部分의 地盤을 影響線 以下까지 注入에 의해 固結하는 方式이다. ②의 curtain wall方式은 影響의 發生源과 建物의 基礎地盤을 curtain wall狀의 固結域으로 分離하는 方式이다.

더구나 Shield部에 있어서는 tunnel 上부의 攪亂된 部分을 arch狀으로 固結하는 弛緩의 波及을 遮斷하는 方式인 ④를 利用한다. ③의 折 案은 ①, ②의 方式을 單純히 組合시키는 것이 大部分이다.

防護工法은 通常 cement溶液이나 藥液의 注入에 의해 地盤을 強化하여 基礎의 一部로 하는 것이거나, 地盤의 弛緩을 遮斷하여 建物의 安全을 確保하는 것이다. 그렇기 때문에 防護方式의 採用에는 地下鐵과 建物과의 位置關係, 地質, 地下水 및 建物의 使用目的, 基礎構造 等을 調査하여 注入材, 注入位置, 範圍를 決定하는 것이 基本이다.

더구나 現狀에서는 建物의 沈下에 대한 明確한 基準이 없기 때문에 建物의 構造, 用途, 重要度, 補修의 難易度 等에 대하여 case by case로 慎重히 判斷하여 防護對策을 行함과 함께 施工에 隨伴하는 變狀測定을 行하는 것이 必要하다.

## II.3 建物 및 井戸實害의 處理에 대하여

一般的으로 沿道住民으로부터의 工事 實害處理나 其他的 苦情處理 等의 沿道對策은 工事發注者에 代身하여 工事請負者를 窓口로 하여 對應하고 있다.

그러나 工事實害의 處理方法은 發注者에 따라 다르고 ① 調查作業을 包含하여 發注者が 處理하는 경우와 ② 請負者が 處理를 行하고 그후 發注者が 請負者에 대하여 處理費를 補填하는 方法이 있다. 鐵道 및 道路公團 關係는 ①이 많고, 營團 地下鐵은 ②의 方法을 採用하고 있다. 以下에 建物 및 井戸의 實害處理에 대하여 ②의 方法에 의해 說明을 行한다.

### II.3.1 建物 實害의 處理

#### (1) 建物 事前調查

工事에 앞서 工事區域內의 建物에 대한 現況을 調査하는 것이 必要하다. 이것은 建物의 被害에 대하여 沿道住民으로부터의 申請이 있을 경우 이것이 從來부터의 것인가, 工事에 의한 것인가를 判斷하는 基礎가 되는 것인가 때문에 慎重히 調査를 行하

는 것이必要하다.

建物調査의範圍는原則적으로開鑿工事의경우는흙막이面의內側으로부터洪積地盤의경우에는20m,忠積地盤에서는40m,또한Shield工事의경우에는原則적으로tunnel外側으로부터20m의建물을對象으로하고있다.

그러나地質,地勢,建物等의狀態에따라서는掘鑿影響範圍內의建물을調查하여두는것이安全하다.

important한것은이들의調查資料는最終적으로는余分의出費를防止하는것이된다는것을考慮하여調查하지않으면안된다.

#### \* 建物調査의內容

建物調査의主된內容은建物마다基礎,軸部(기둥,문지방),開口部(房門等의建具),마루,內外壁,지붕,물받이챙,外構(大門,베란다等)等이며이들의調查個所에 대하여傾斜,文의여닫이의狀態,龜裂,훔침等의現狀을詳細하게記錄해서갖고있고主人과함께確認해두는것이必要하다.

#### (2) 建物 實害의處理

工事의進陟에따라沿道의建物에實害가發生할경우가있으나이들의建物은一般的으로木造2層建物以下의家屋에많은것같다.

實害發生의主된原因是地盤沈下로특히不等沈下에의한土間concrete의龜裂,建具의不整,內外壁의龜裂等이壓倒的으로많다.또한工事振動에의해지붕기와의부스러짐이나落下가생기는일이있다.

#### a) 應急措置

工事中의實害發生에대하여被害者로부터補修要望이나왔을경우에는請負者は재빨리그原因을調查하여工事에의한것이면곧妥當한範圍내에서應急措置를講究하는것이緊要하다.또한考朽家屋等에서損壞의憂慮가있을경우에는補強이나防護措置를講究하여被害을最小限으로멈추게하는일이necessary하다.

#### b) 原狀回復

被害建物의原狀回復은工事完成後(通常3個月에서6個月後)地盤의安定을기다려最終調查를행하고請負者は補償費를算定한다.

한편發注者は評價機關에依賴하여別途로補償費를查定을行하고請負者와協議한후補償費를

決定한다.

被害者와의補償交涉은이補償費를가지고請負者が行하고請求者에 의해金錢補償또는施工補償을行하는것으로被害者와의實害處理는完了한다.그후發注者は請負者が支拂한補償費를補填하여全部를完了한다.

#### II.3.2 井戶 實害의處理

##### (1) 井戶 事前調查

井戶에 대하여도建物과똑같이現況을調查하나,沿道住民으로부터의處置要望에對應하기위한基礎資料가되므로慎重히行할必要가있다.

##### a) 井戶調査의範圍

井戶調査의範圍는原則적으로開鑿工事의경우는흙막이面의內側에서200m로하고Shield工事의경우는tunnel의外側에서20m의井戶를對象으로하고있다.

그러나地下水의흐름은不明한일이많으므로地質,地勢,河川等의現況에의해調查範圍를檢討하여야할것이라고생각된다.

##### b) 井戶調査의內容

井戶調査의主된內容은設置時期,用途,設備·構造,取水現況(使用量,井戶의깊이,水深,水位),運轉水位,水質(家庭用은食料의適否,營業用은用途別의調查),水道等의敷設現況및그의給水能力 등을所有者立會下에調查하고必要에따라寫眞撮影하여두는것이necessary하다.

##### (2) 井戶 實害의處理

現在都市部및그의周邊에있어서의生活用水는거의가公營의水道水를利用하고있다.

그러나特別한職業의例를들면斗부,麵類의製造業,養魚業,Cleaning業等은營業用으로井戶水를使用하고있는곳이많고,또한從來부터의井戶水를飲料水나雜用水로使用하고있는경우가있다.

萬一工事의影響으로이들의井戶water에흐름이나물의量이줄거나斷水가생기면이生活權,營業權을侵害하게되므로實害發生의可能性이있는것에는事前에代替措置를講究하거나其外에대하여는그때에對備하여給水設備를計劃해두는것이實害의減少에所用되게된다.

##### a) 應急措置

工事施工에隨伴하여井戶被害의申請이있을경

우에는 直時 工事와의 因果關係井戸回復의 可能性等에 대하여 調査하고 對應에 대하여 檢討를 行한다.

調査에 있어서는 季節, 日氣 等에 의해 水量이 變化하고 또한 가까이에 다른 工事が 있을 경우에는 그 影響도 考慮되므로 注意할 必要가 있다.

井戸實害가 工事에 의한 것일 경우 工事完成後에 復水하는 일이 있으므로 原則의으로는 復水를 기다리는 것을 願한다. 그러나 生活 및 營業에 支障을 미칠 憂慮가 있을 경우에는 假說水道, 水道로 바꿔침, 井戸를 더 과거나 井戸의 新設 等의 代替設備에 의해 應急措置를 講究하는 일이 必要하다.

#### b) 機能回復

被害井戸는 工事完了後 地下水의 復水를 기다려 調査를 行한다. 이 復水時期는 通常 工事完了後 3~6個月이라고 생각하고 있다.

調查한 結果 機能回復이 必要한 井戸는 既存 井戸의 깊이를 더 과거나 하는 等의 改造나 代替設備를 新設로 하기 위한 補償費를 請負者가 算出하고 發注者の 査定金額과 對照, 合意하여 補償費를 決定한다. 請負者は 이 金額으로 相對側과 交渉하여 金錢 또는 施工補償을 行하는 것으로 機能回復을 行한다.

後日, 發注者は 이 金額을 請負者에게 補填하고 井戸의 實害處理는 完了한다.

以上 建物 및 井戸의 實害處理에 대하여 記述하였으나 被害가 생기면 補償하면 된다고 하는 것이 아니라 被害가 생기지 않도록 慎重하게 施工하는 것은 勿論, 事前に 防護措置를 講究하고 被害가 생겼을 경우에는 相對의 入場이 되어 對應하는 것이 必要하다.

하여튼간에 工事が 잘 進行되는가 어떤가의 太半은 沿道住民의 協力에 있다는 것을 마음에 새겨둬야 할 것이다.

### III. 建設工事의 行方

#### 序　　言

都市의 發展은 그 나라의 政治, 經濟, 地域性 等 多樣한 要素에 의해 일이 이루어지고, 지금보다 크

게 될 것이라는 것은 알고 있어도 實際로 어느 때, 어떤 様相과 形態로 될 것인지를 끝까지 본다는 것은 좀처럼 어려운 問題라고 생각된다.

그러나 우리들 技術者は 都市의 보다 좋은 發展에 寄與하도록 近未來의 都市의 形態를 想像하면서 都市設計를 建設하기 위한 新技術의 研究·開發에 努力하고 있는 것이다.

그런데 지금 日本의 大都市는 人口의 集中化로 인해 各 곳에서 그 弊害가 나오고 있고 都市機能의 地方分散策과 並行하여 都市施設의 機能向上이 要求되고 있다. 그중에서도 都市 高速電鐵網의 整備는 近隣都市와의 連結이라는 觀點에서도 時急을 要하고 있다.

그러나 現狀에서의 增強에는 設備의으로 限度가 있고 地下라도 通常의 位置에서의 建設은 限界에 와있는 것이다.

이런中에서 지금 日本에서 研究開發을 서두르고 있는 것에 大深度 地下鐵道의 建設이 있다.

이 項에서는 大深度 地下鐵道의 例를 들어 建設工事의 今後에 대하여 私見도 섞어 敘述하기로 한다.

#### III.1 大深度 地下鐵道의 構想

大深度 地下鐵道의 構想은 앞에서도 記述한 바와 같이 都市圈에서의 交通施設이 거의 飽和狀態에 있고 土地利用도 限界에 가까우며 더구나 用地確保難도 加重되어 新線의 建設을 顯著히 困難하게 하고 있으므로 既設線의 밑이나 利用價值가 적은 地下의 深層部에 鐵道를 敷設하려고 하는 것에 생긴 것이다.

#### III.2 大深度 地下鐵道의 建設工法

現在 東京圈에서의 最深部의 地下鐵道는 驛을 包含하여 거의 地下 40m에 達하고 있고 이들의 實績으로부터 地下 50m 以上的 深層部에 地下鐵道를 建設하는 것은 이미 可能하다고 생각된다. 그러나 長大驛間 또는 深層의 地下鐵은 아직 例가 없는 일로서 施工이 이미 可能하다고 하는 것과 可能하다고 하는 것은 대단히 다른 것이다.

그렇기 때문에 建設에 있어서는 工事中の 安全確保와 보다 經濟的이고 效率의인 設計·施工技術의 確立이 必要하기 때문에 各界의 學識 經驗者에 의

한 研究會를 說置하여 檢討를 行하고 있는 것이다.

이들의 檢討는 建設工法, 運行, 防災 等 多方面에 걸쳐있으나 이 中 建設工法에 대하여 敘述하기로 한다.

### III.2.1 說置條件 및 施工法

大深度 地下鐵道의 建設工法을 檢討할 경우 鐵道의 位置選定을 決定할 必要가 있기 때문에 說置條件을 다음과 같이 設定하고 있다.

a. Tunnel 土被 沖積層 : 80m, 洪積層 : 50m

b. 驛間距離 6km

i) 說置位置는 土質의으로는 砂礫層 및 硬質粘土層이고 더구나 高水壓下의 施工이 된다.

이러한 設置條件에서의 tunnel의 施工法은 Shield工法이 有利하다고 생각되기 때문에 이 工法을 根本으로 하여 技術開發의 必要性을 包含하여 各部分의 施工法에 대하여 記述한다.

그림 - III.2.1(a), (b)는 大深度 地下鐵道의 image이나 이것에 의하면 驛部는 3聯 Shield工法으로 垂直坑 間에 만들어져 驛間은 複線 Shield工法에 의해 建設을 想定하고 있다. 以下에 垂直坑, 驛部, 驛間의 施工法에 대하여 그 概要를 記述한다.

#### (1) 垂直坑의 施工法

垂直坑은 基本의으로는 開鑿工法으로 施工된다. 다만 大depth 地下鐵道의 垂直坑은 積層의 경우 100m 前後로 대단히 깊어지기 때문에 흙막이로의 큰 強度와 剛性, 다시 高水壓下에서의 止水性과 施工의 信賴性이 要求된다.

이 要求를 滿足시키는 工法은 現在 實用化 되어 있는 工法으로서 ① 地下連續壁工法과 ② Pneumatic Caisson工法의 2工法으로 되어 있다.

①의 地下 連續壁工法은 現在도 深度 100m, 壁 두께 2.6m, 垂直精度 1/1000의 實績이 있다.

大depth로의 適用은 可能하나 掘鑿時에 被壓水에 의한 膨脹對策으로서 매우 긴 根入이 必要하게 된다.

이 對策으로서 藥液注入 等에 의한 地盤改良이 있으나 施工費가 膨大하게 되는 것과 施工效果가 疑問이라는 것도 있어서 水中掘鑿, 水中 concrete施工이 有利하다고 생각되기 때문에 今後 이 方法의 改善 및 新開發을 行하는 것이 必要하다. 現在의 實用機는 그림 - III.2.1(c)가 있다.

②의 Pneumatic Caisson工法은 本體 構築을 흙

막이에 兼用학 위한 工期, 工費 함께 有利하다.

現在의 掘鑿實績은 49m 정도이나 高壓氣內 作業의 無人化掘鑿(遠隔操作에 의한 掘鑿)이 實用化되고, 다시 機械의 整備點檢을 위하여 高壓氣內로 人間이 들어갈 경우, 氣壓이 4kg/cm<sup>2</sup> 以上에서는 人體에 危險하기 때문에 Helium混合 gas를 吸入하는 深海潛水技術의 應用에 의해 地下水位下 100m 以上的 施工도 可能하게 되어있다.(그림 - III.2.1(d)) 그러나 垂直坑은 더 깊은 것도 생각되기 때문에 高氣壓內에서의 보다 높은 安全性, 施工性의 研究開發을 行하고 있다. 더구나 이 工法은 ①에 비해 作業 space를 상당히 잡기 때문에 都心部의 道路下에서의 施工이 困難하기 때문에 全體的인 小型化에 대해서도 檢討할 必要가 있다.

#### (2) 驛部 tunnel의 施工法

驛部 tunnel의 施工은 通常의 開鑿工法이나 掘鑿깊이와의 關係로부터 水平方向으로 掘進하는 tunnel工法이 가장 좋은 工法이라고 생각된다.

Tunnel工法에는 앞에서 敘述한 바와 같이 山岳工法, Shield工法, NATM 等 各種이 있으나 大depth 地下鐵道를 考慮할 경우 硬質地盤이고 더구나 高水壓下에서의 施工에는 泥水式이나 泥土式의 密閉型 Shield機가 適合하다고 생각된다.

驛을 Shield工法으로 施工한 例는 상당히 있으나 이것들은 그림 - III.2.1(e)와 같이 2本의 單線 Shield를 先行하여 그 사이를 Roof Shield工法으로 施工하여 一體化한 것이다.

今回의 施工條件을 基本으로 Shield機에 대하여 檢討한 結果 Shield機의 耐久性向上 및 Tail Seal, Segment의 이음의 止水性向上이 必要하고 그 檢討를 行하고 있다.

Shield構造는 여러가지의 構造에 대하여 檢討하였으나 그림 - III.2.1(f)의 3聯 Shield의 實用化的 檢討가 進行되고 있다. 또한 現在는 普通部의 施工이나 그림 - III.2.1(g)와 같이 驛 사이는 複線斷面 Shield로 施工하고 驛이 되면 垂直坑으로 그兩側에 Side Home用의 Shield機를 裝置하여 施工하는 工法이 營團에서 實用化되어 근래 着工豫定이고 그 實績은 深層部 施工對應機의 開發에 所用되는 것으로 期待되고 있다.

#### (3) 驛間 tunnel의 施工法

驛間 tunnel의 施工法도 密閉型 Shield機에 의한

그림-III.2.1(a) 大深度地下鐵의 Image

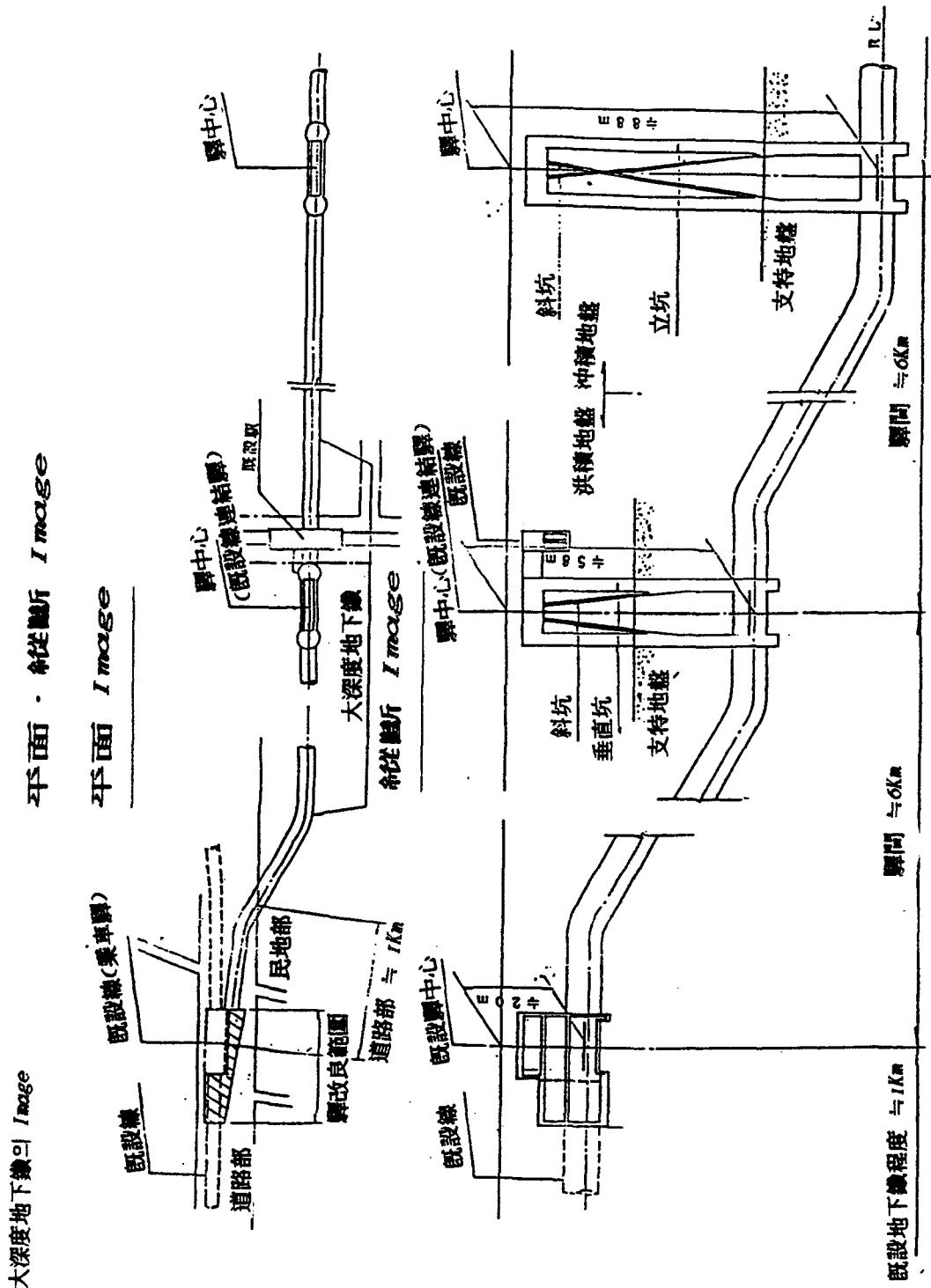


그림 - III.2.1(b) 大深度地下鐵驛 Image

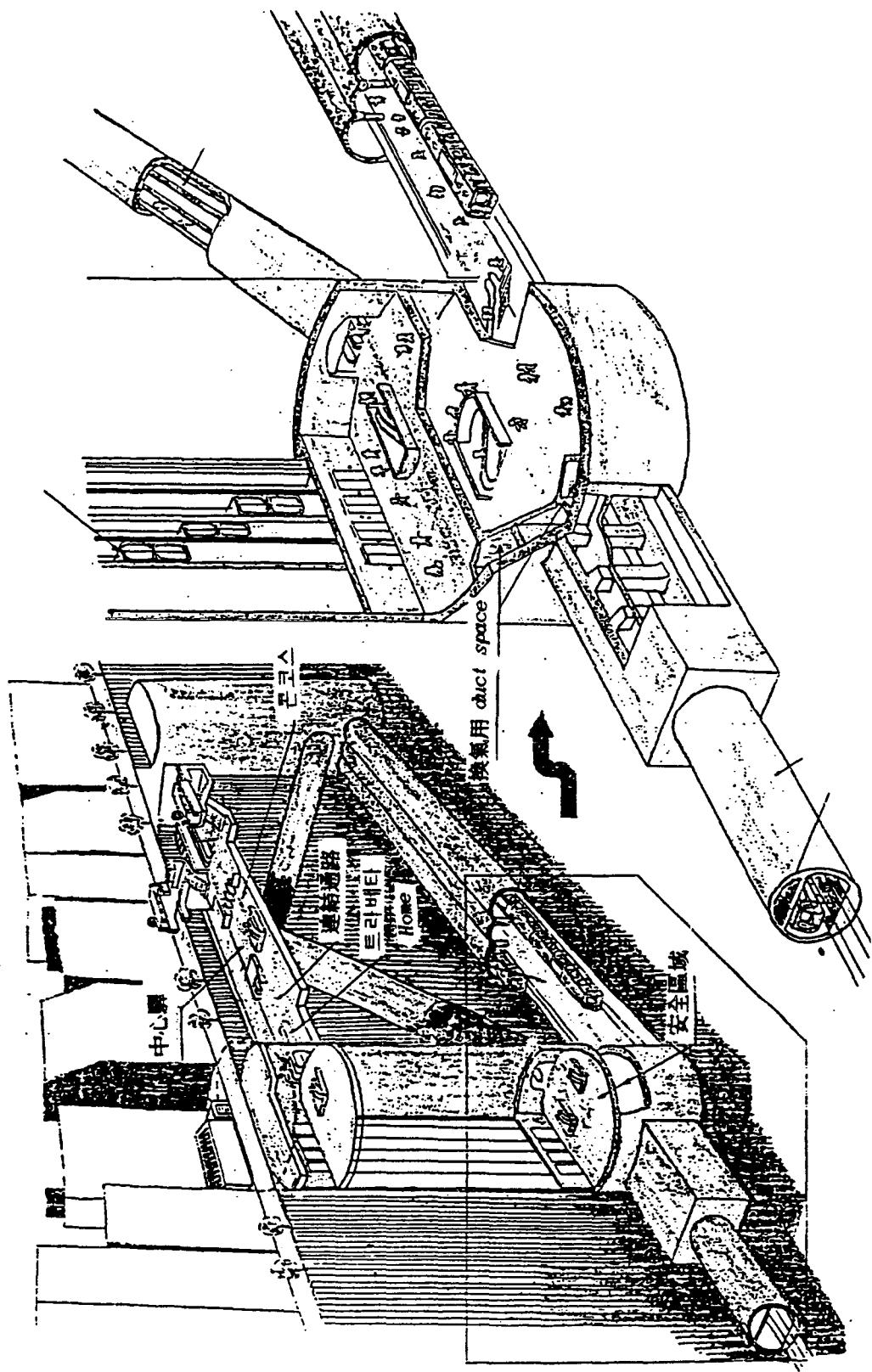


그림 - III.2.1(c)

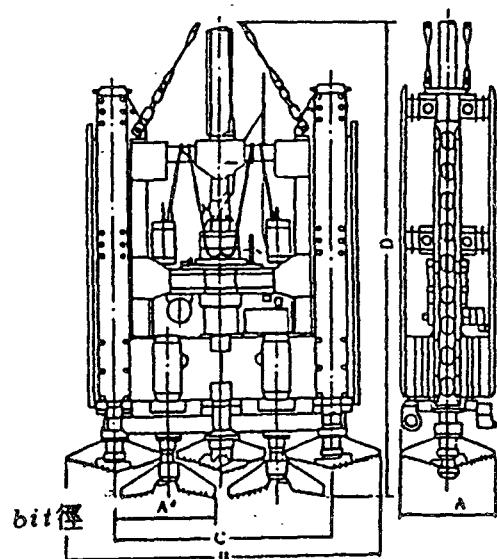
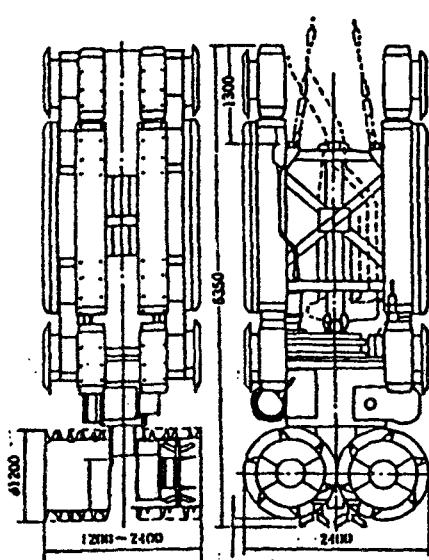
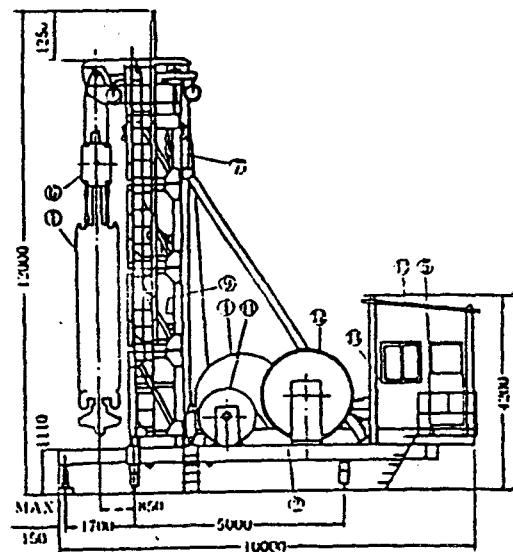
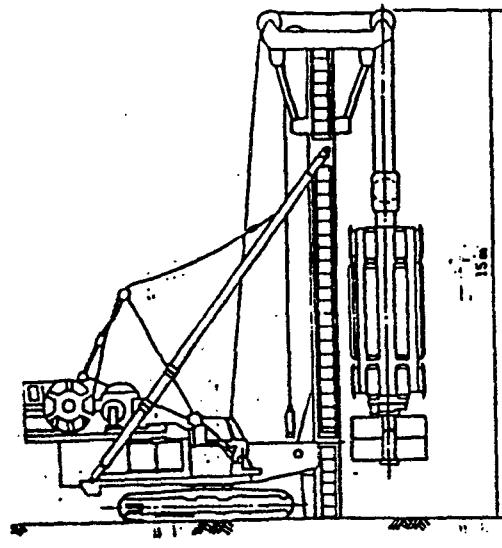


그림 - III.2.1(d) 大深度 Pneumatic Caisson工法의  
概念

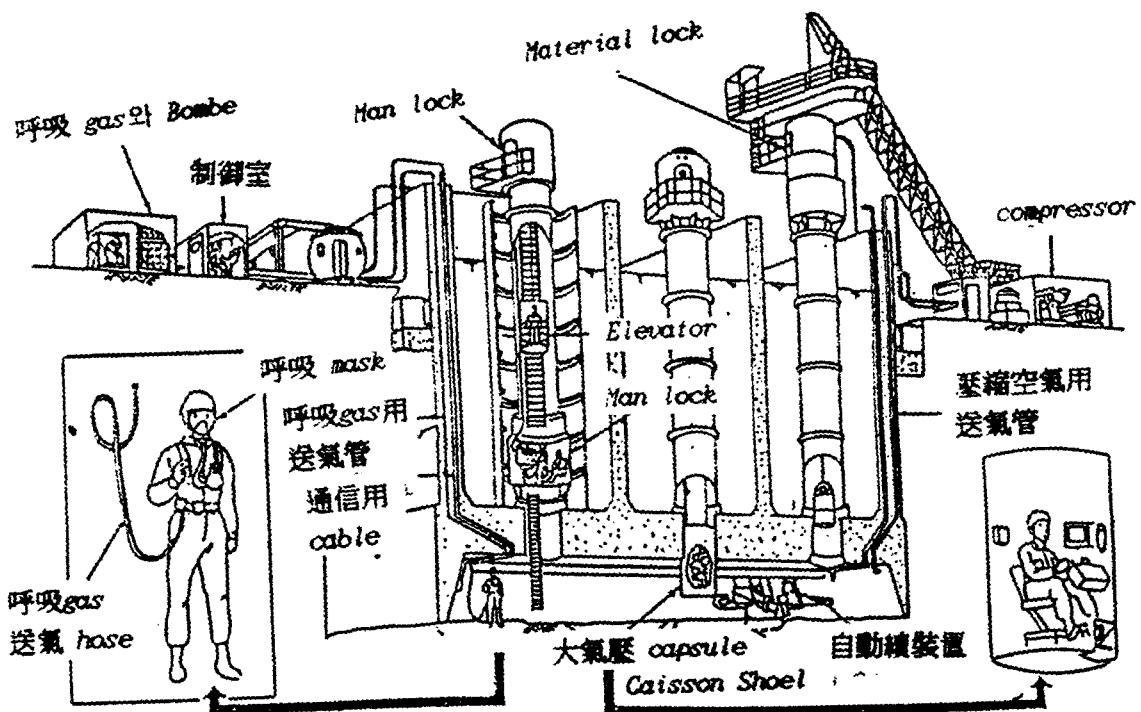


그림 - III.2.1(e)

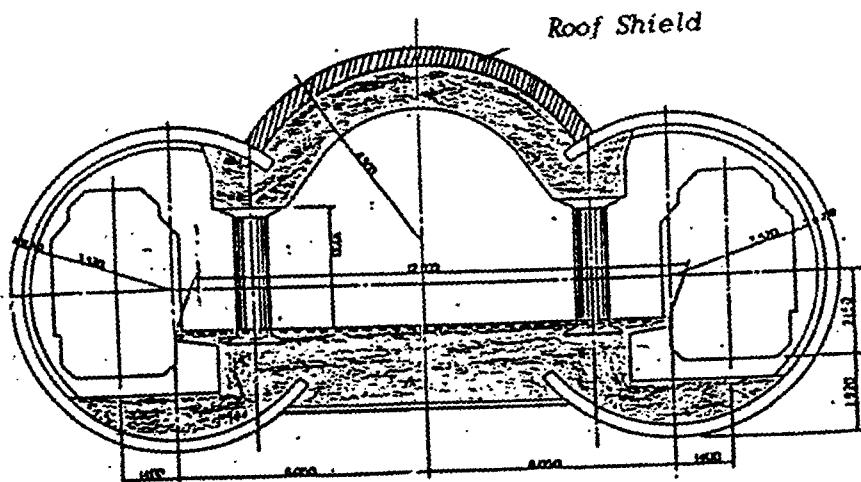


그림 - III.2.1(f)

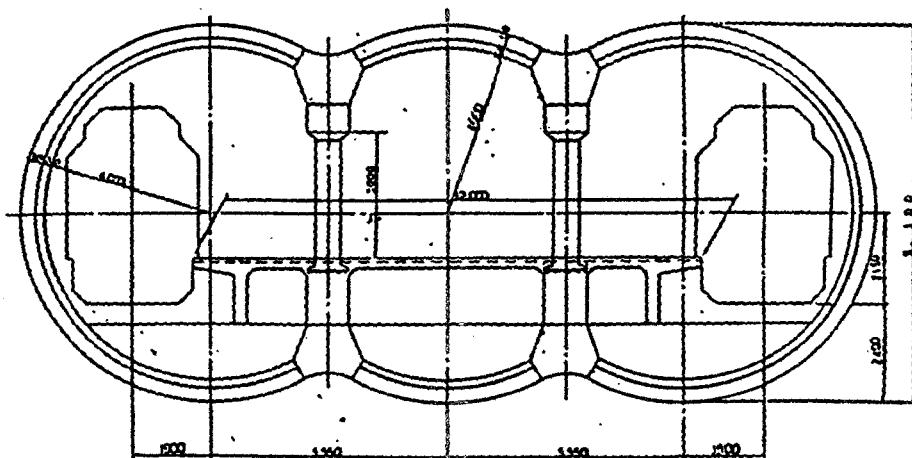
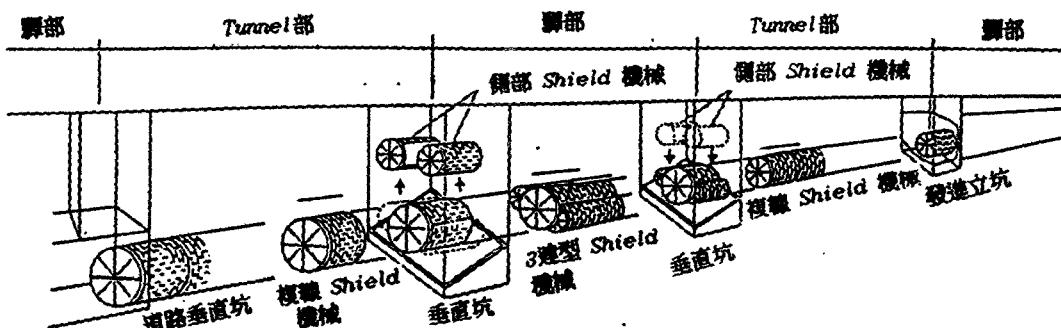


그림 - III.2.1(g)

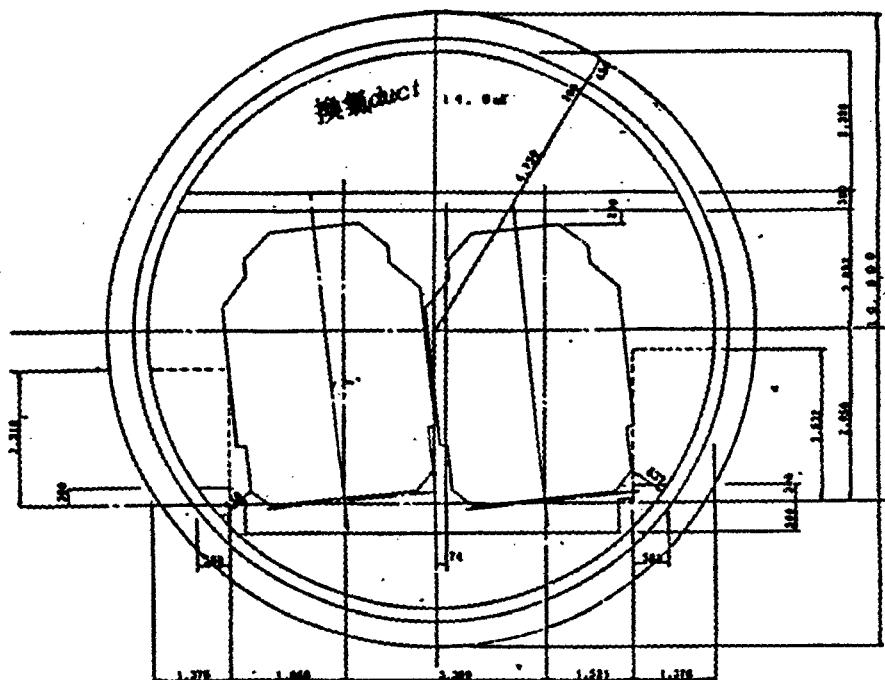
### 泥水式 3聯型 Shield 工法施工順序



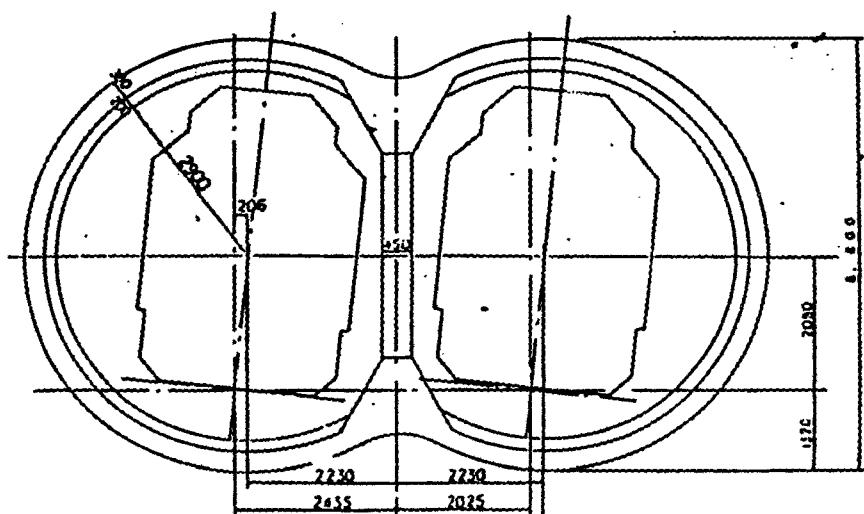
3형제 shield機械에서 館部Shield機械을 떼어내고 複雜 shield機械로  
改造成한다. 複雜 shield機械에 館部 shield機械을 裝置하여 3형제  
shield機械로 改造成한다.

그림 - III.2.1(h)

圆形 shield



2連 shield



總面積 = 430m<sup>2</sup>

施工이妥當하다고 생각된다.

形狀의으로는 그림-III.2.1(h)와 같이圓形이나2聯의 것이 생각되고強度의 및施工性은 거의 같으나運行 system을包含한綜合評價로서는圓形이有利하다고 생각된다.

大深度地下鐵道는驛間이約6km로길기때문에Shield機의長距離掘進對策이必要하고그것들은Shield機의耐久性,Cutter bit의摩耗對策檢討이다.

施工의으로는Cutter bit를交換해도Shield의中間接合이必要하게된다고생각되고이때의補助工法으로서는그때의狀況에도의하나凍結工法이有利하다고생각된다.더구나Cutter bit의交換時에도똑같은補助工法은necessary하다.

또한高水壓對策으로서Tail seal,segment이음의止水性向上이不可缺하고다시이들의研究가necessary하다.

大深度地下鐵道의tunnel은驛Shield가約210m,驛間Shield가約6km로서더구나中間接

合을考慮하면Shield機가멋대로많아져서극히不經濟가되므로(2)에서說明한着脫式의Shield機의開發利用이有效하다고생각된다.

以上東京에서의地下鐵道의各種建設工法,沿道實害等에대하여敘述하였으나이것들은전혀digest의이며一般常識의範圍內의것은아니었는가라고지금回想하고있다.그러나조금이라도知識이增加하였다고생각해준다면多幸이라고생각한다.

建設工法도時代와함께進步하고地下鐵道初創期頃에비하면천양지차가난다.지금부터의施工法의研究開發方向은安全施工을前提로하면서,보다Robot化,보다無公害화가基調로되어가는것이라고생각된다.

또한地下鐵工事에限하지않고公共工事는모두에게쓸모있는것을만든다는것이나이反面이들工事에의해괴로움을받는사람도있다는것을잊지말고그사람의立場이되어對應하는것도重要하다.

## [研修]

### 智山92-2次 日本建設現場研修調査團名單

No.	業體名	姓名	電話番號	住所
1	大韓火藥技術學會	許 填 會長	553-1204	Seoul江南區驛三洞 700-32(九穆B/D)
2	(株)國際基礎建設	金仁培 社長	554-9775	Seoul瑞草區瑞草洞1357-19
3	Seoul地下鐵7-2工區監理團 錦湖ENG(株)	李珉雨 團長	948-0575	Seoul江南區浦二洞 232-3(相和B/D)
4	大邱地下鐵1-4工區現場/信和建設(株)	尹善憲 所長	719-4521	Seoul麻浦區麻浦洞34-1
5	Seoul高速道路現場/信和建設(株)	房宙台 所長	0343-55-8640	Seoul麻浦區麻浦洞34-1
6	一山宅地現場/京南企業(株)	金光浩 所長	0344-972-2240	Seoul永登浦區汝矣島洞34-3
7	盆唐宅地現場 2-2工區/京南企業(株)	金逢吉 所長	0342-758-7410	Seoul永登浦區汝矣島洞34-3
8	京南企業(株)/工務部	李權熙 次長	768-4643	Seoul永登浦區汝矣島洞34-3
9	京南企業(株)衿井-舍堂電鐵現場	金圭林 課長	0343-56-1704	Seoul永登浦區汝矣島洞34-3
10	大邱地下鐵現場/(株)漢陽	裴種宇 課長	7218-555	Seoul中區貞洞1-17
11	(株)漢陽/電力構(第6工區)	李在光 課長	492-8568	Seoul中區貞洞1-17
12	三中ENG(株)	許鍾幹事	553-1204	Seoul江南區驛三洞 700-32(九穆B/D)

◦ 手苦해 주신人士  
帝都高速 交通營團建設本部  
岡 和也 副部長  
梁川 彰玉 外務課長  
(株)日本技術士會  
保坂 彬夫 専務  
谷島 操 常務  
東京都下水道局西部建設事務所  
工事第2課 泉源三

新明智 Tunnel作業  
寺崎正明 工事課長(三井建設)  
着都高速道路公團 第3建設部  
東京港連結道路工事事務所  
鯨井裕嗣 所長  
台場共同溝工事事務所  
淡島 雅男 工事課長  
上信越自動車道遠入川橋工事  
平野 寛 所長

- 3月 23日(月) Seoul 金浦空港 09:30 → 成田空港 11:30 都内觀光 \* 都内H泊
- 3月 24日(火)  
→ 大井埠頭地區沈埋 Caisson現場 → 東京港Tunnel → 13號地船의 科學館 食 →  
13號地共同溝 → 有明埠頭・台場側Cable架設現場 ...
- 10: 0~20: 0 「多摩川沈埋Caisson」見學 ※ 食・船의 科學館  
13: 15~ 都・臨海副都心의 13號地共同溝見學  
\* 鋼矢板, S・M・W(Soil Mixed Wall), 連統地中壁崩壊防止工  
15: 15~ 東京港連絡橋(※ 主塔高 120m의 Double deck 吊橋Main Cable 架設中)  
\* 都内H泊
- 3月 25日(水) 都内 → 開越高速道・上信越線NATM Tunnel現場見學 → 伊香保溫泉
- 10: 30~15: 0 道路公團佐久工事(上信越自動車道) 硬岩NATM Tunnel高橋脚現場
- 26日(木) 伊香保H → 50號・122號線 → 日光・明智平Drive in 食 → 現場 → 川治  
13: 0~15: 0 日光・新明知平Tunnel硬岩NATM現場見學  
\* 明知平Drive in(三井建設) \* 三治溫泉泊
- 27日(金) 川治溫泉 → 日鹽道路 → 那須鹽原(東電・蛇尾川地下發) → 都内  
10: 0~12: 0 蛇尾川地下發電所見學 → 東北高速道 → 都内 18時 \* 都内H泊
- ※ 變更日程
- 28日(土) 都内Hotel → JR市谷驛前・營團現場 → 車内(晝食)  
17號線志村坂下 → JR浮間船凌驛付近下水處理場見學 → 都内Hotel  
9: 30~11: 30 帝都高速度營團・市谷工事所, 市谷現場PIP杭崩壊防止工
- 13: 30~15: 30 東京都・新河岸東下水處理現場Shield工事  
Shield φ 7.1m의 垂直坑 處理場의 連統地中壁崩壊防止工見學 \* 都内H泊
- 29日(日) 都内Hotel → 成田空港(9: 30 KAL → 全浦空港 11: 30) 以上