

[講 演]

日本の高速鐵道建設技術

岡 和也*

On the Technology of High speed Transit Rail-way in Japan

by Oka, Kazuo

1. 序 言

近年世界의 主要國에서는 社會資本의 充實에 隨伴하여 國內의 各都市도 이것이에 呼應하여 各地方에 따른 獨自의 文化를 育成하고 더구나 經濟的인 發展을 遂行하게 되었다.

이를 為하여 各各의 都市가 보다 좋은 文化와 經濟를 圖謀하기 為해서는 各都市의 情報를 直接自己가 見聞함과 함께 人的交流를 行하는 것이 必要하게 되었다. 또한 都市의 發展과 함께 周邊地域에서 都心部로大量의 人口流入이 發生하고 이 膨脹한 人口에 對處하여 都市機能의 圓滑化를 圖謀하기 為하여 都市交通의 整備가 必要하게 되었다.

이들의 要求를 充足시키기 為해서는 安全하고 迅速하여 더구나 大量輸送에 對應할 수 있는 交通機關으로서 鐵道輸送이 가장 適合하고 특히 高速을 目的으로 한 것은 다른 交通機關의 發達과 最近의 技術革新의 進展에 隨伴하여 高速鐵道로의 期待가 높아지고 從來形式 代身에 새로운 形式의 鐵道의 研究가 進行되고 있다.

日本의 東海道 新幹線의 建設은 從來形式의 鐵道의 最終形이라고 말하여지고 있으나 今後 다시 여러가지 形式의 것이 出現할 것이라고 생각된다.

2. 鐵道의 役割

近年의 鐵道의 役割로서는 全局 各都市間을 잇는 幹線輸送과 都市內 및 都心과 近郊를 잇는 通勤輸送과의 2種類의 使命을 갖고 있다.

後者에 대해서는 大量輸送에 重點을 두고 있고 現在의 研究는 超高速의 實現을 目標로 하고 있다. 이것은 從來形式인 것의 速度는 常用時速 100km부터 200km程度까지 進展 되었으나 새로운 形式인 것의 速度는 最高時速 400km以上을 目標로 하고 있다.

아래에 都市形의 高速鐵道와 幹線形의 高速鐵道에 대하여 그概要를敍述한다.

3. 都市高速鐵道

3-1 都市高速鐵道網

都市高速鐵道는 主로 通勤, 通學에 利用되는 것으로서 路線도 都市近郊의 住宅地와 都心部를 잇는 것이 된다.

近年 都心部의 大規模 再開發에 의해 住宅地가 漸次 郊外로 퍼져 넓어지고 勤務處는 都心部에 集中되어 있으므로一般的으로 路線은 都心部를 中心으로 하는 放射線狀이 되고 一部는 이들을 있는 環狀線을 形成한다.

都市高速鐵道網은 이들 都市의 形成形態와 鐵道와의 關係를 檢討하여 學識 經驗者의 意見

* 日本 日產建設(株)/營業部長

을 들어 政府의 檢討機關에 의하여 策定된다.

이 高速鐵道는 都心의 道路交通이 自動車의 汚濫으로 交通停滯를 招來하고 또한 高架鐵道는 都心部에서 用地確保難이 있고 다시 都市의 美觀, 環境公害의 點에서 바람직하지 않기 때문에 各 都市 모두 郊外部는 高架나 路面形式으로 하고 都心部를 地下鐵道로 하는 整備가 進行되고 있다.

이 項에서는 都市 高速鐵道의 代名詞의 在存在인 地下鐵道에 對하여 이 야기를 進行한다.

3-2. 地下鐵道는 1863年에 Lond에서 產聲을 올렸으나 그後 19世紀의 後半에서 20世紀의 中間 頃에 걸쳐 世界各國에서 繢續 建設, 開業이 進行되어 現在도 더욱 新線 建設 및 概設線의 延長工事가 行해지고 있다.

日本에서는 1927年에 舟團地下鐵의 前身인 東京 地下鐵道(株)가 淺草, 上野間의 2.2km를 開業한 것이 最初이고 그後 東京部를 始作으로 大阪, 名古屋, 札幌, 橫濱, 神戶 等의 主要都市에서 建設되고 今後에도 많은 都市에서 建設이 豫定되어 있다.

가. 路線의 選定

地下鐵道의 路線은 本來 우선 都市計劃上の 觀點에서 通過地나 驛의 位置等의 厥를決定하고 다음으로 地上, 地下의 障害物의 有無나 地形, 地勢, 地質에 依據하여 選定된다. 이 結果를 보면 大多數의 路線은 主로 道路밀을 選擇하여 設置되고 있으나 一部는 曲線半徑 等의 關係로 民有地밀을 通過하는 곳이 있다.

道路 밀을 選擇하는 理由는 地下鐵驛의 出入口의 建設이 用地利用上 便利한 것과 民有地와 달라 地上의 建造物 等에 대한 措置가 必要없는 것, 또한 特殊한 部分을 除外하고 道路에 대한 占用料가 無料이던지 또한 有料라도 民有地보다 매우 低廉한 都市가 많은 것 等을 들 수 있다.

地下鐵道의 路線計劃은 上記한 바와 같이 諸條件에 依據하여 우선 平面線形이 決定된다. 여기에서 그 都市의 交通의 要所나 人們들이 集散하는 場所를 끌라 驛의 位置를 決定(約 1.

5~2.0km程度)하고 다음에 地下의 既存의 構造物을 考慮하여 縱斷線形을 決定하여 概略的인 路線圖를 만든다.

이 路線圖에 依據하여 路線通過地의 環境狀況 및 地下鐵道 建設基準 等에 의해 線形의 調整을 行하여 路線圖는 完成된다.

나. 構造物

現在 建設되고 있는 構造物을 分類하면 形狀의 으로는 ①矩形 ②圓形의 2種類에 材質의 으로는 ①鐵筋Concrete ②剛材로 大別된다.

이들 構造物은 路線의 通過位置, 그의 材質, 施工法에 의해 決定되나一般的으로는 挖鑿깊이가 15m까지의 淺層型은 開鑿工法에 의한 矩形斷面으로 鐵筋Concrete 造가 많고 이것보다 깊은 深層型이 되면 shield工法 等에 의한 圓形斷面으로 鐵筋Concrete 또는 剛材를 使用한 構造가 된다.

最近에는 圓形斷面인 NATM의 研究가 進行되어 鐵道 Tunnel을 為始하여 鐵道 Tunnel에도 많이 利用되게 되었다.

더구나 深層部에서도 驛과 같은 大斷面인 Shield 發進基地 等은 開鑿工法으로 矩形型으로 建設된다.

다. 施工法

地下鐵道의 施工法은 앞에서 記述한 바와 같이 大分類의 으로는 開鑿工法과 Tunnel工法으로 나눈다.

初期에는 地下鐵이 比較的 얕은 곳에 設置되고 있었던 일도 있고 大部分이 開鑿工法으로 施工되었으나 近年이 되어 道路部의 地上 地下가 路面交通이나 地下埋設物 때문에 地下鐵의 設置場所가 깊게 되었고 地質이 나쁜 곳도 通過하게 되어 Tunnel工法의 一種인 shield工法이 수많이 採用하게 되었다.

또한 最近에는 電子工學의 發達에 따라 施工法의 研究가 進行되어 특히 NATM(New Australian Tunnelling Method)이 開發되어 建設費가 經濟的인 것도 있고 比較的 얕은 場所에서 깊은 곳까지 採用하게 되었다.

아래에 主要한 地下鐵道의 建設工法의 概要를 記述한다.

(1) 開鑿工法

開鑿工法은 地下鐵道 建設의 基本工法으로 時代의 背景은 있을지라도 世界의 地下鐵은 開鑿工法으로 建設되었다고 하여도 결코 過言은 아니다.

現在도 比較的 얇은 驛部와 같은 大斷面 構造物은 開鑿工法으로 建設되고 있다.

이 工法은 그림 (2)-3-(a)와 같이 挖鑿斷面의 兩側에 흙막이 말뚝을 打設하고 그 内側를 挖鑿하여 構造物을 만들고 構造物 完成後 土砂를 되메우기 하여 原來의 路面으로 復舊하는 工法이다. 近年 工事에 의한 振動, 騒音 等의 工事公害에 對하여 生活環境의 保護가 해쳐지게 되어 흙막이 말뚝을 無騒音, 無振動으로 施工하는 것이 義務로 되게 되었음에 附加해서 深層部나 軟弱地盤에 對應할 수 있는 各種의 흙막이 工法이 開發되어一般的으로 採用되고 있다.

아래에 開鑿工法의 生命이라고 말할 수 있는 흙막이 工法의 數種類에 대하여 說明을 行한다.

① 염지말뚝 橫矢板工法(綱 말뚝 橫矢板工法)

I型綱이나 H型鋼을 말뚝으로 하여 一定間隔으로 地中에 打設하고 挖鑿에 따라 이 鋼 말뚝 사이에 木矢板을 插入하여 背面土壓을 鋼 말뚝에 받게 하면서 挖鑿을 行하는 工法이다.

鋼 말뚝의 施工은 從來 Drop hammer等으로打入하고 있었으나 最近에는 工事公害 防止를 配慮하여 Earth auger로 地中에 구멍을 뚫고 Auger의 先端에서 Bentonite mortar을 孔中에 充填하고 그 속에 말뚝을 세워 넣는 方法이 採用되고 있다. 이 工法은 地質이 좋고 比較的掘鑿深度가 얕은 場所에 採用된다.

② 柱列式 地下連續壁工法

一般的으로 PIP라고 부르는 圓形의 Mortar의 場所打 말뚝을 빙틈없이 連續的으로 施工하여 흙막이壁을 만드는 工法이다.

施工은 上記한 ①과 똑같이 Earth auger로 地面에 구멍을 뚫고 充填材를 注入하고 그 中에 坑心材를 세워 넣는 것이나 孔中에 充填되는

것은 強度가 있는 Mortar이고 말뚝의 心材는 鐵筋이나 鋼材를 使用하여 堅固한 Mortar 말뚝의 흙막이壁을 만드는 것이다. 이 말뚝은 Mortar과 坑心材가 一體가 되어 外力에 對抗한다. 이 工法은 地質이 軟弱한 場所나 止水施工 및 建物近接 個所 等에 採用되고 있다.

③ SMW 工法

이 工法은 흙막이의 形態는 上記한 ②의 “柱列式 地下連續壁”과 같다.

다만, 크게 다른점은 SMW(soil Mixing Wall)에 써있는 바와 같이 mortar代身에 地中 現位置에서 그곳에 있는 土砂에 Cement溶液을 注入 混合하여 連續的으로 Soil Cement 말뚝의 흙막이壁을 만드는 것이다.

이 말뚝은 Soil Cement는 遮水를 目的으로 하고 外力を 抗心材가 받도록 하고 있다. 또한 이 말뚝은 通商 3連의 auger를 1element로 하고 각 element를 完全히 結合시켜 施工하는 것이다. 이 工法의 使用目的은 ②와 똑같으니 連續壁, 遮水性이 뛰어나다.

(2) Shield 工法

Shield工法의 始作은 19世紀의 初期에 London의 Thames江底를 矩形의 Shield로 道路 Tunnel을 施工한 것이 始初이고 地下鐵道에서는 19世紀의 中葉 頃에 같은 場所에서 이번에는 圓形Shield로 施工한 것이 始作이다.

이들 初期의 Shield는 地質이 나쁜 施工個所에 採用되어 왔으나 最近에는 地下가 既設의 地下鐵이나 地下街, 埋設物 等의 都市施設로 滿員이 되어 新設의 地下鐵道는 深層部에 設置할 수 밖에 없는 狀況下에서 Shield工法이 採用되고 있는 例가 많다.

이 工法의 概要是 우선 Shield機械를 搬入하는 垂直坑을 開鑿工法으로 만들고 垂直坑에서 機械를 組立하여 挖進하고 Tunnel構造物을 만드는 工法이다.

當初의 Shield機械는 前面에 아무것도 없는 Open型의 Shield였으나 最近에는 前面에 回轉板이 있는 密閉型의 Shield機械가 太半을 차지하고 있다.

이 密閉型 Shield機械에는 挖鑿에 흙을 媒介

로 하는 土壓式과 물을 媒介로 하는 泥水式이 있고 機械의 選擇은 Tunnel의 크기나 地質 其他의 施工條件에 따라 使用하는 것이 區分된다.

兩者를 比較하면 設備費는 높아지나 施工의 安定性에서 判斷하면 泥水式인 편이 좋다고 생각된다. 더우기 最近에는 이들 Shield外에 氣泡式 Shield나 ECL Shield가 使用되게 되었다. 또한 Shield機械의 發達에 따라 操作技術도 向上되어 마치 “두더쥐”와 같이 縱橫傾斜로 自由롭게 Tunnel을 만드는 것도 꿈이 아니게 되었다.

(3) NATM

NATM은 前記한 바와 같이 近年 開發된 Tunnel 掘鑿工法이고 해마다 施工量이 많아지고 있다. 이 工法의 概要是 設計思想은 本來 地山이 가지고 있는 自立力を 利用하는 것에 의해 比較的 簡單한 支保工을 使用하여 掘鑿을 行하는 것이다. 但, 이 地山의 自立力を 最大限으로 活用하기 위해서는 掘鑿에 의해 地山을弛緩시키지 않는 것이고 이를 위해서는 掘鑿方法을 慎重하게 檢討하고 施工에 있어서는 掘鑿의 進步에 맞춘 迅速한 Rock bolt나 鋼材에 의한 支保部材를 捕入하고 더우기 掘鑿地山에 mortar를 뿐어붙여 地山의 一體化를 圖謀하는 것이 繫要한다.

以上에 說明한 것이 地下鐵道 Tunnel의 主要 施工法이나 以外에 主要한 것으로서 沈埋工法, 潛函工法, 山岳Tunnel工法 等이 있고 施工計劃時에는 事前調査를 充分히 行하여 施工地點의 地形, 地質, 環境 等의 諸條件에 따른 工法을 採用하는 것이 必要하다.

더우기 以外에 都市型의 高速鐵道로서 “Monorail”이나 “Trimcar”가 있다. 이들의 營業延長은 地下鐵에 미치지 않더라도 建設費나 簡易性이 地下鐵에 비해 有利한 것도 있고 施工條件만 갖춰지면 都市內 交通機關으로서 建設해야 할 것이라고 생각된다. 特히 “Trimcar”는 “新都市 交通”으로서 地方都市의 短距離交通을 擔當하고 있다.

4. 新幹線

幹線型의 高速鐵道는 日本國內 各都市間의 旅客輸送을 主目的으로 하여 建設되는 것으로 日本에서는 新幹線이 그 代表的인 高速鐵道이다.

그런데 從來부터 日本에 있어서 東海道本線은 國民經濟, 文化活動의 中心을 이루고 있고 1889年の 傳統 以來 輸送需要는 東西日本各地의 經濟의 發展에 呼應하여 日本의 經濟力의 進展과 함께 增大하여 第2次大戰後 飛躍의 依되어 輸送力を 넘었기 때문에 1964年에 5年の 歲月을 거쳐 東海都 新幹線이 開業되었다.

이 時期는 東京 Olympic開催時期에 該當되고 新幹線의 開通은 高速鐵道의 高速性 나아가서는 便利性을 實證하게 되었다.

日本에서는 新幹線이 開通되고 나서 별써 30년이 經過되었고 新幹線 建設技術에 관한 課題는 보다 좋은 安全性의 確保, 高速化와 이 것에 隨伴하는 環境保全對策에 向へ져 있다.

이 項에서는 建設技術의 hard한 面보다 어느쪽인가 하면 新幹線建設에 隨伴하는 社會, 經濟로의 影響 等 soft한 面에 대하여 敘述한다.

4-1 全國 新幹線 鐵道網

全國 新幹線의 成功을 契機로 日本의 4個의 섬을 있는 高速輸送體系의 形成을 위하여 1970年に 全國 新幹線 鐵道整備法이 制定되어 太平洋沿岸 從 貫線과 日本海沿岸 從 貫線 外에 助骨狀橫斷線이나 首都圈 通勤線 等을 包含하는 新幹線網의 整備가 進行되고 있다. 이것에 의하여 全國의 大都市(縣廳 所在地), 中都市, 新產業都市, 工業整備 特別地域을 有하고 東京, 大阪을 中心으로 하여 1日의 行動範圍가 될 것의 可能性이 생각된다.

4-2 路線 選定

路線의 選定은 驛部와 驛中間部로 大別된다. 將來의 投資效果가 期待되는 路線을 어떻게 잘 建設하는가는 新幹線의 建設 投資額이 巨額이기 때문에 路線選定의 優劣에 影響되는 바가

크다.

路線選定의 基本은 우선 理想的인 驛의 配置를 行하고 이것을 잇는 中間部를 線路의 2大要素인 平面曲線과 縱斷勾配를 組合하여 比較 ROUTE를 만들고 建設(工事費, 工期), 運轉, 營業, 保守, 公害 等의 見地에서 檢討하여 最良案을 決定하는 것이다. 아래에 驛의 配置 및 驛中間部 選定의 概要를 記述한다.

가. 驛의 配置

驛의 配置는 利用客의 便利, 運轉上의 諸條件의 確保, 地域社會에 주는 影響 等에 對하여 檢討하고 綜合的 觀點에서 決定하나 이들의 基本事項은 다음과 같다.

- ① 各地域의 現狀과 將來의 開發動向
 - 人口, 商工業 活動, 觀光資源 및 開發 等의 將來活動, 驛周邊의 發展性
 - 地域開發效果가 있다.
 - 發展을 위한 背後地가 있다.
 - 驛設置에 의해 新로운 旅客需要가 보인다.
- ② 新幹線의 高速性을 充分히 發揮할 수 있다.
 - 各驛 停車 “고마다(메아리)”의 表定速度 130km/h를 確保한다.
 - 驛間距離는 過大, 過少로 하지 않는 다(平均驛間距離 約 30km)
 - 規格 Dia를 짐다.
- ③ 在來線, 道路交通과의 有機的 連帶
 - 新幹線으로의 access
 - 現在의 優等列車 停車驛의 考慮
- ④ 異常時에 Dia의 混亂을 빨리 回復할 수 있을 것.

나. 路線 選定

路線의 選定은 上記한 驛配置를 念頭에 두고 技術的, 經營的, 環境面에서 最良의 것을 選擇할 必要가 있다.

그 基本事項은 다음과 같다.

- ① 驛의 配置와의 關係
- ② 高速性
 - 平面線形, 縱斷線形
 - 新幹線으로서의 機能→將來의

Speed up.

③ 技術面, 經營面, 經濟性

- Route別에 의한 工事費, 施工性, 支援協議 等의 檢討
- 構造物의 選擇(高架橋, Tunnel) - 騷音, 振動

④ 環境面

- 社會環境
- 自然環境
- 生活環境

4-3. 新幹線과 在來線과의 比較

新幹線과 在來線과의 比較를 建設基準 및 特性에 대하여 敘述한다.

① 建設基準

建設基準 및 其他에 대하여 新幹線과 在來線을 比較한 것을 玆 4-(8)-①에 表示한다. 또 한 建築·車輛限界에 대하여는 그림 4-(3)-①에 表示한다.

② 新幹線의 特性

②-1 新幹線의 全般的 特性

新幹線과 在來線과의 全般的인 特性을 比較한 것을 玆 4-(3)-②에 表示한다.

②-2 新幹線의 技術的 特性

各國의 新幹線은 各各 技術的인 特性을 가지고 있으나 日本의 新幹線은 當然히 日本의 地域社會에 있어서의 社會的, 自然的 條件에 알맞도록 만들어졌기 때문에 다음과 같은 特徵을 가지고 있다.

(a) 大量 高速 輸送機關인 것

現在까지 建設된 新幹線은 人口稠密地帶를 通過하고 있기 때문에 1日 平均의 利用客은 1991年 時點에서 約 75만名이고 年間 2.7億名의 사람들이 新幹線을 利用하고 있는 것이 된다.

日本의 新幹線은 座席定員으로 1개 列車 1,300名으로 하고 있고 1時間에 片道로 11個의 列車를 運行하고 있으나 沿線 各都市에서의 新幹線 停車의 큰 要望을 充足시키기 위해 東海道 新幹線 만으로 約 20種類의 列車를 運行하고 있다.

이들의 安全과 더우기 効果的으로 運行하기

위하여 Computer-aided Traffic control system (COMTRAC)이 開發되어 實行되고 있다.

(b) 動力 分散方式인 것

日本 人口의 大部分은 地質年代의 으로 矮은 沖積層에서 살고 있으나 新幹線은 이들 人口密集地帶를 通過하기 때문에 이 比較的 軟弱한 地盤上을 달리게 된다. 이때문에 軸의 무게를 가볍게 하는 것이 必要하고 더우기 高速을 얻기 위하여 動力 分散方式을 使用하고 있다.

이것은 勾配區間을 上下할 時의 登坂力이나 Brake力의 點에서 有利하고 이 有利한 것을 利用하여 北陸 新幹線이나 山形 新幹線에서는

各各 35/1000, 38/1000의 勾配가 使用되고 있다. 또한 動力分散方式은 列車의 加減速性能이 優秀하고 이 때문에 高速化의 本來의 目的인 出發地에서 目的地까지의 到達時間은 短縮할 수 있는 것이다.

표 ②-(b)는 新幹線, TGV, ICE의 表定速度를 表示하고 있다. 新幹線은 表定速度와 最高速度의 比가 다른 2가지에 비해 크므로 今後最高速度를 높이는 것에 의해 効果的으로 表定速度를 上昇시키는 것이 可能하다.

表 ②-(b) 高速鐵道의 最高速度와 表定速度

鐵道名 項 目	日 本 東北新幹線	프 랑 스 TGV大西洋線	독 일 ICE
區間 및 延長 (km)	盛岡~仙台 171.1	Paris Mont~Le Mans 201.6	Hannover~Gottingen 99.4
到達時間 (分)	48	54	32
表定速度 (km / h)	214	224	186
營業最高速度 (km / h)	240	300	250
表定速度 ÷ 營業最高速度 (%)	89.2	74.7	74.4

*Source : Railway Gazette International, September 1991

(c) 環境對策이 進步되어 있는 것

新幹線은 앞에서敍述한 바와 같이 沿線 各都市의 要望도 있고 人口密集地帶를 通過하는 route를 취하고 있으나 이것은 新幹線의 便利함과는 驛으로 沿線 住民에게 騒音·振動 등의 交通公害를 줄 수 있기 때문에 環境對策에 特히 注意를 하고 있다.

東海道·山陽 新幹線에서의 運營經驗에 依據하여 다시 1978年에 完成한 도찌기縣 小山市에 있는 綜合試驗線에서 徹底하게 이 技術을 開發하고 이들의 成果를 東北·上越新幹線에 適用하고 있다.

日本에서 나라에서 定한 新幹線의 騒音基準은 地域別로 定해져 있고 軌道의 中心으로부터 25m 떨어진 地點에서 主로 住居地域에서 70dB(A)以下, 商工業地域에서는 75dB(A) 以下로 되어 있고 列車 speed와 比較하여相當히

嚴格하게 規制되어 있다.

騒音의 表示에 대하여는 Europe에서는 等價騒音 level方式을 採用하고 日本은 Peak level方式을 採用하고 있으므로 各國의 高速鐵道의 騒音基準值를 直接 數値로 比較할 수 없으나 列車回數 等을 假定하여 等價騒音 level로 比較하면 表 ②-(c)와 같아 된다.

表 ②-(c) 各國의 騒音基準
(等價騒音 level 24時間相當值)

프 랑 스	獨 逸	日 本
60dB(A) ~ 70dB(A)	60.5dB(A) ~ 72.5dB(A)	東海道新幹線 51~56dB(A) 東北新幹線 45~50dB(A)

騒音의 發生源은 250km/h 以上的 高速城에서는 크기順으로 車體空氣音, Pantograph와 架線間의

集電系音, 車輛과 rail間의 轉動音이고 日本의 嚴格한 環境基準을 지켜가면서 300km/h의 營業運傳을 行하기 위하여 車輛 先頭部 및 車體表面의 平滑化, Pantograph의 設置, 軸重을 更 옥더 輕減 等의 改良을 加해 驚音의 發生을 抑制하면서 Speed up을 進行하고 있다.

4-4 新幹線의 效果

앞에서 記述한바와 같이 東海道 新幹線은 1964年에 開業했으나 이 時期는 東京 Olympic 開催期의 日本의 高速經濟成長의 時期에 該當되고 이것을 背景으로 하여 東·西 日本을 잇는 飛躍의 輸送의 伸張을 나타냈다. 이것의 밀거름이 된 것은 從來의 東海道 本線의 2倍의 Speed에 의한 時間短縮의 效果와 그 高度한 安全性의 評價이고 이 實績은 國民의 高速鐵道로의 要求를 背景으로 하고 以後의 山陽, 東北, 上越 新幹線 建設의 牵引力이 되었던 것이다.

現在의 新幹線의 營業 km數는 東海道·山陽에서 1,197.6km, 東北에서 535.3km, 上越에서 303.6km이고 이 合計는 2,036.5km이다. 또한 이들의 利用者는 開業以來 23億名으로서 이것은 年間 1.9億名이 利用한 것이 된다.

이와같이 新幹線은 大量, 高速의 都市間의 輸送機關으로서의 鐵道의 特性을 크게 發揮하여 新幹線의 公共的 社會的 價值를 높이고 國民經濟 속에서 큰 使命을 다하고 있다고 말할 수 있다. 아래에 新幹線의 效果에 대하여 記述한다.

① 直接效果

(a) 高速性과 時間 短縮效果

表定速度를 新幹線과 從來線과를 比較하면 前者は 180km/h, 後者は 70~90km/h이고 300~700km정도를 移動함에는 新幹線이 斷沿 有利하다.

이 高速運傳에 의한 有利함은 時間節減 便益으로 생각하면概說 新幹線에서 年間 4,500億엔으로 올라가는 것에서도 엿볼 수 있다. 또한 實生活面에서는 1日의 行動半徑이 넓어지고 당일치기 往復 소용의 範圍가 擴大되고 이것은 東北·上越 新幹線에서 利用客이 2~3割 增加되어 있는 것으로 實證되고 있다.

(b) 大量性·頻繁性

新幹線의 1列車當의 定員은 1,300~1,400名이고 이것은 Jumbo 旅客機 Boeing 747SR의 約 2.8倍에相當한다. 이 旅客을 東海道·山陽 新幹線에서는 1日 190往復의 運行을 行하여 49萬名을 運搬하고 있고 이것이 Golden Week가 되면 1日 100萬名으로 올라간다. 그러나 Frequency가 높기 때문에 待機時間이 적으나 이것은 運轉管理 System(COMTRAC)에 의한 運行管理 結果라고 생각된다.

(c) 安全性·安定性

新幹線은 다른 交通機關과의 交叉를 피해 全線 立體交叉로 하고 있다. 또한 人間의 注意力에 依存하는 것을 極力避하는 것으로 安全性을 確保하고 있으나 이것에는 上記한 運轉管理 System을 採用하고 있다. 이 成果에 의해 1964年的 開業以來 旅客의 死亡者는 1名도 나오고 있지 않다.

또한 安定性에 대하여는 同一條件下에서의 運休率(次航率)이 航空機와 比較하여 極端의 으로 적고 新幹線이 安定된 輸送 Service를 提供하고 있는 것을 엿볼 수 있다.

(d) 省 Energy

新幹線의 輸送인 km當의 億エネルギー 消費量은 乘用車나 航空機의 約 1/5로 버스와 같은 정도이고 極히 經濟的이라고 말할 수 있다.

② 經濟的·社會的 效果(開發效果)

(a) 經濟的 效果

가. 新幹線의 建設에 의한 經濟波及效果

新幹線을 建設함에 의해 沿線 各都市의 都市計劃事業이 자극되어 驛周邊開發, 區劃整備, 都市再開發 等의 諸工事が 생기고 이것에 隨伴하여 資材, 勞動力, 開發·調查 等에 隨伴하는 支出이 생기고 모든 部分의 生產이 誘發되는 것이다.

나. 新幹線의 共用에 의한 經濟波及效果

新幹線의 共用에 의해 便利性이 向上되어 工業·商業用地 等의 企業立地가 增加되고 또한 觀光事業, 레크레이션 活動이 活潑化되고 이것이 商業의 振興, 業務活動의 活潑化, 廣域化, 效率化로 連結되어 가는 것이다.

(b) 社會的 效果

新幹線의 開通에 위해 時間距離가 短縮되고 이

것에 隨伴하여 行動圈域이 擴大된다. 이것은 地域間의 交流頻度와 交流範圍가 擴大되게 되고 交流의 結節點이 디는 驛을 中心으로 한 地域의 活性化를 促進하고 新로운 都市形成의 방아쇠가 되는 것이다. 또한 新로운 都市形成은 周邊 都市機能을 充實化 시켜 力的인 都市 만들기를 促進하여 其他 地方으로의 人口定住에 寄與하게 되는 것이다.

5. 맷는말

以上 都市型의 高速鐵道로서의 地下鐵과 幹線型의 高速鐵道인 新幹線에 대하여 이들의 概要를 記述하였으나 地下鐵의 建設, 運營에 대하여는 各國에서相當한 Knowhow를 가지고 있고 이제부터는 어떻게 하여 居住性 더구나 便利性이 있는 鐵道를 만드는가라는 Soft面의 充實을 圖謀할 곳까지 와있다.

한편 新幹線(日本에서 말하는 新幹線)은 日本

에서는 이미 30년을 經緯하고 있으나 東海道 新幹線에서의 經驗을 以後의 新幹線에 살려 安全性, 環境性에 뒷받침된 Speed Up의 研究에 重點이 두어지고 있다. 그러나 新幹線型 鐵道에 있어서 Speed Up에는 限度가 있고 時速 330km가 일단의 限度라고 생각되고 있고 實用速度로서는 250~300km 정도로 보인다. 이 以上的 Speed는 超高速鐵道라고 말하고 世界各國에서 各種의 超高速鐵道의 研究가 進行되고 있다.

日本에서는 超電導 磁氣 上式 鐵道(Liner motor)의 研究가 1962年 부터 進行되고 있고 最高速度의 目標는 550km/h, 營業時의 最高速度는 500km/h를 目標로 하고 있으나 지금까지의 實驗에서는 無人으로 517km/h, 有人으로 400km/h(1987年)를 記錄하고 있다. 그러나 이것은 私見이나 너무 Speed 競爭에만 精神을 빼앗기지 말고 安全性과 環境保全對策에 力點을 두어 사랑받는 鐵道를 만드는 것도 重要하다고 생각된다.

表 世界主要都市의 地下鐵概要

都 市 名	企 業 體 明	地下鐵 開通年	營業 km ()는 地下	路線數 線	年間運輸 人 員 百萬名	最短運轉 間 隔 分
London	London 地下鐵	1863	394.0 (169.0)	11	751	2 : 30
New York	New York 市運 輸公社	1867	398.0 (246.0)	26	995	2 : 00
Chicago	Chicago 輸送公社	1892	157.0 (18.0)	6	135	3 : 30
Paris	Paris運輸自治公社	1900	199.0 (175.0)	15	1,199	1 : 35
Berlin	Berlin 運輸公社	1902	112.5 (103.5)	9	574	2 : 30
Madrid	Madrid 地下鐵會社	1919	112.6 (106.0)	10	401	2 : 00
東 京	宮園地下鐵	1927	162.2 (135.7)	8	2,159	1 : 50
大 阪	大阪市交通局	1933	105.8 (93.3)	7	1,001	2 : 00

都 市 名	企 業 體 明	地 下 鐵 開 通 年	營 業 km ()는 地 下	路 線 數 線	年 間 運 輸 人 員 百 万 名	最 短 運 轉 間 隔 分
Moscow	Moscow 地下鐵道	1935	239.0 (184.0)	9	2,521	1 : 25
Stockholm	Stockholm 圈運輸會社	1950	108.0 (62.0)	3	255	2 : 00
Mexico city	大量運輸公社	1969	158.0 (95.1)	9	1,444	2 : 00
San Francisco	San Francisco港灣高速鐵道公社	1972	115.0 (31.0)	4	73	4 : 00
Seoul	Seoul地下鐵公社	1974	118.0 (94.5)	4	1,241	3 : 00
Washinton	Washinton首都圈運數公社	1976	130.0 (52.8)	5	147	3 : 00

* 資料出處 「Jane Kame's Urban Transport Systems 1993-4」에 의함. 日本에 대하여는 '93. 3現在.

* 揭出都市는 营業 Km 100km 以上의 都市로 하고 順位는 開通年度가 빠른 順으로 하였다.

本學會發刊書籍

ANFO 爆劑新發破學, 東亞出版社

岩石 力學, 機電研究社

新火藥發破學, 機電研究社

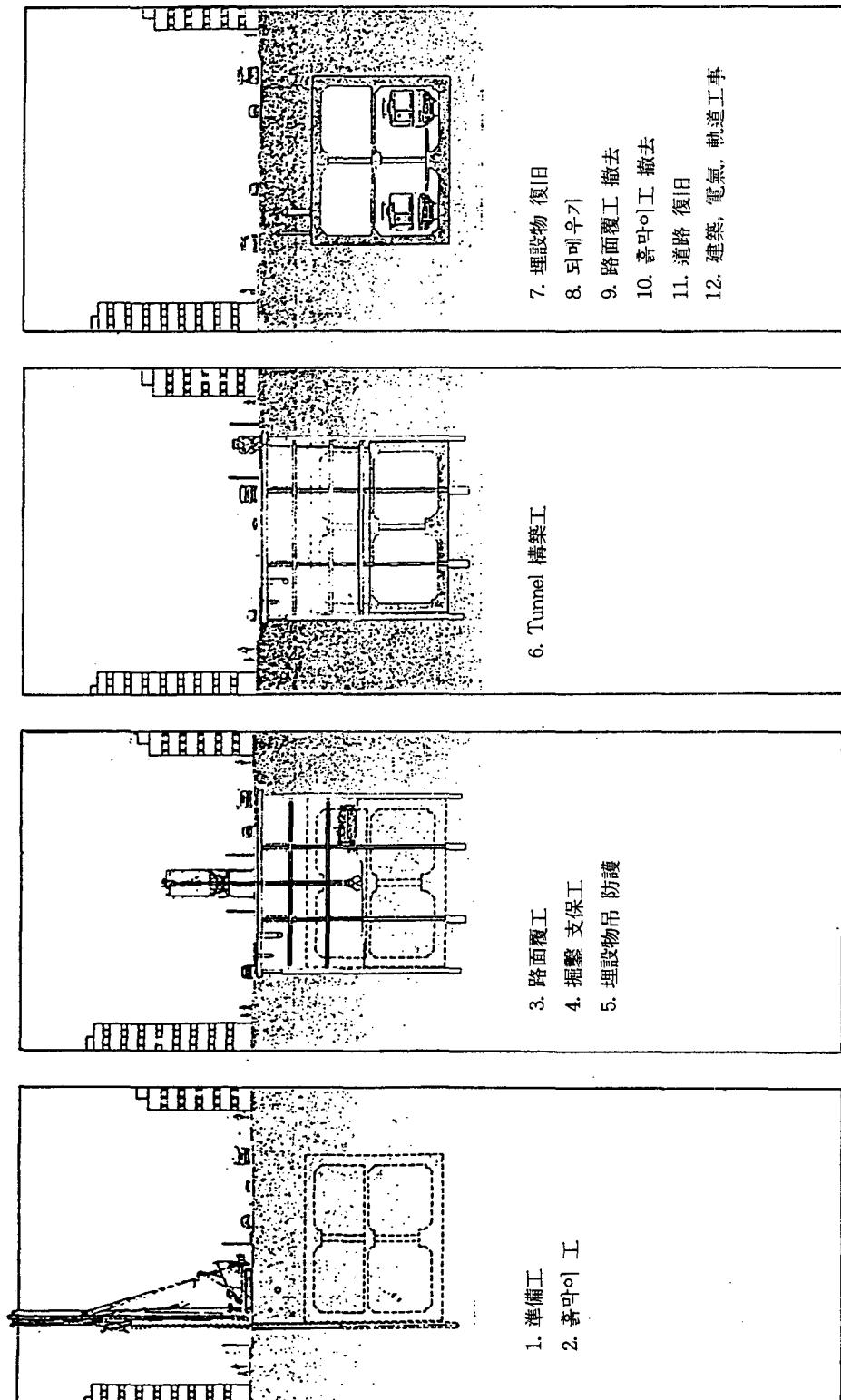
岩石 力學解說 同上

新火藥發破學解說, 寶晋齊

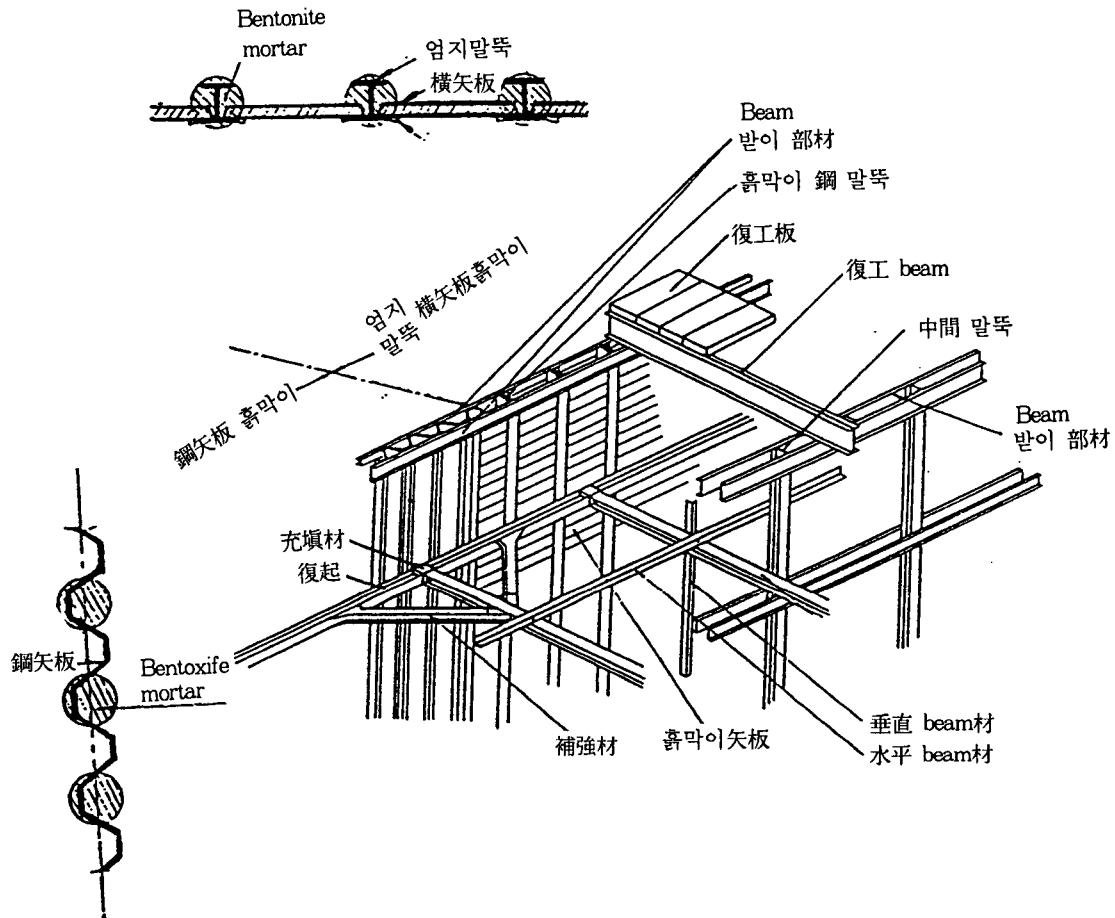
智山許墳博上回甲紀念集

서울地下鐵工事 3,4號線發破工法. (非賣品)

開鑿工法의 順序



임지말뚝 橫矢板工法 鋼矢板工法



Bentonite mortar 1m ² 에 사용하는 양(重量)kg				
Cement	Bentonite *200 mesh)	Fly ash 또는 semi Flyash	모 래	율
30	110	275	856	480

그림 (a)-①

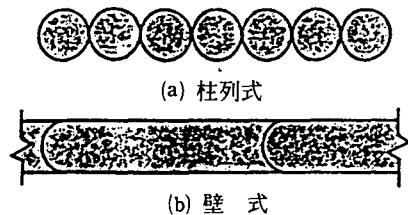


圖-1.2.3(a) 連続地中壁工法

施工順序

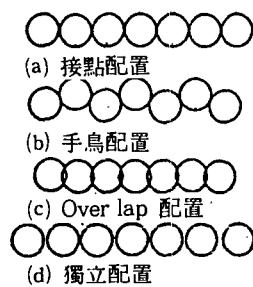
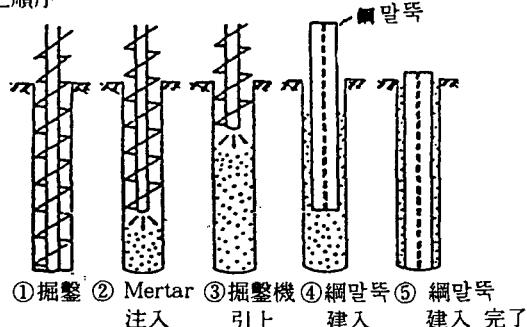


圖-1.2.3(b) 밀뚝配列例

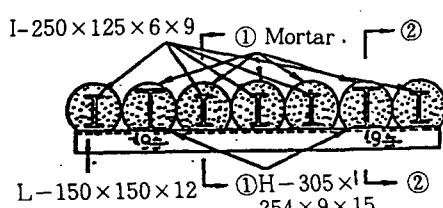
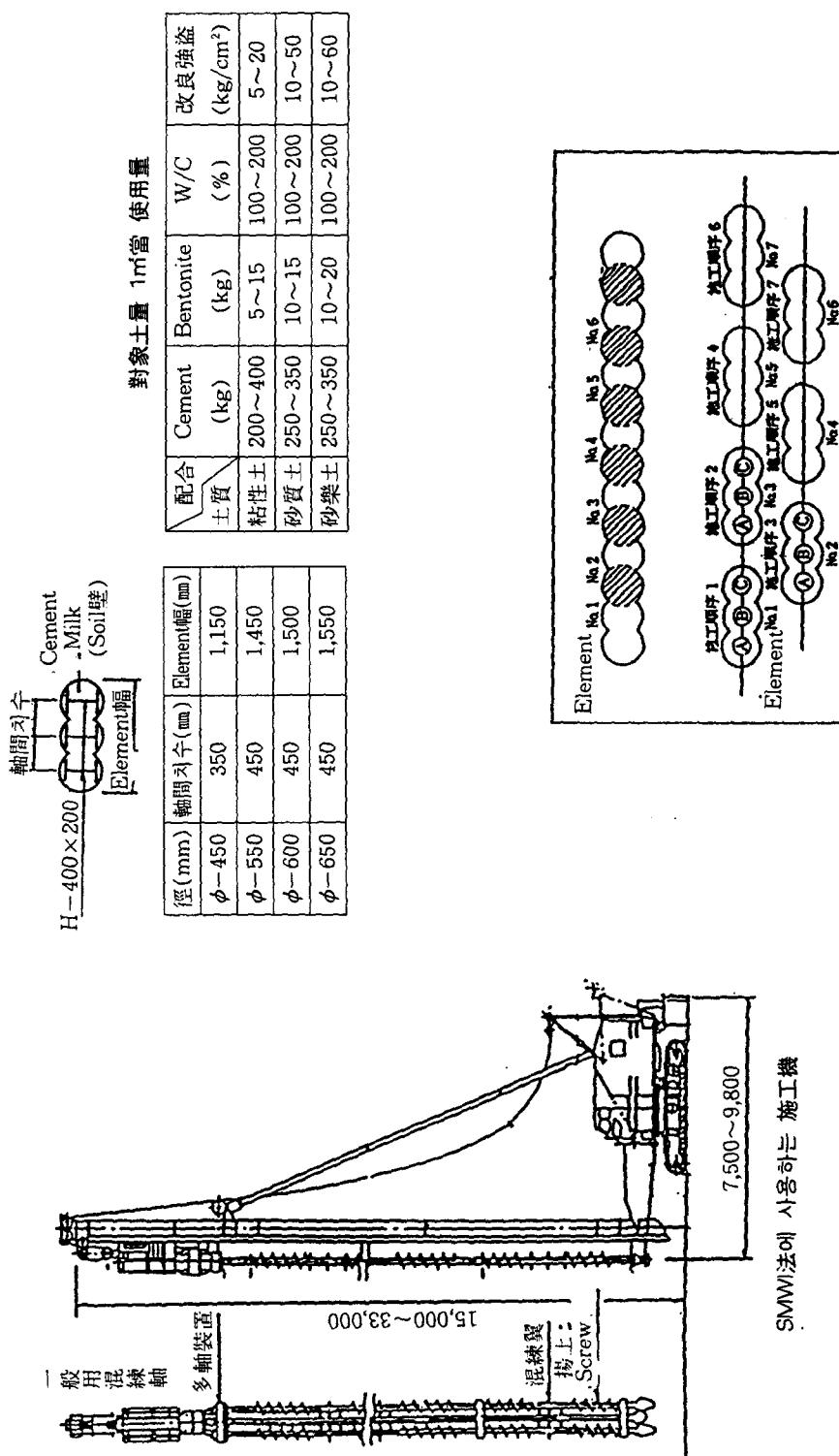


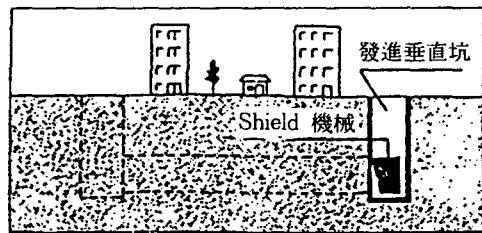
그림 (a) - ②

Mortar 配合表						設計基準強度 σ_{ck} (kg/ $^{\circ}\text{C m}^2$)
Mortar 1m ³ 에 사용하는 量(重量)kg						
Cement	Flyash	減水劑	濃和劑	モ ラ	률	
520	210	1.3	5	671	478	210

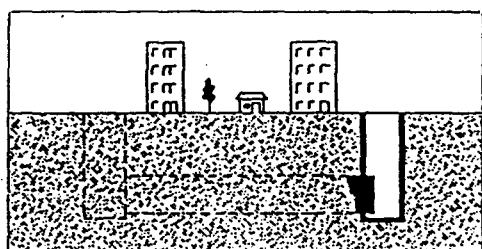


그림(a)-3

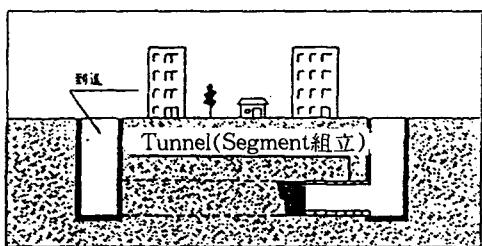
Shield工法의 順序



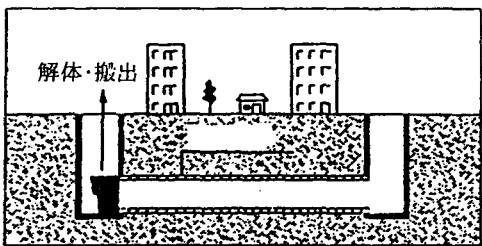
- 1) 垂直坑築造(Shield을 搬入하여 出發시키는 地)
- 2) Shield 機械搬入·組立



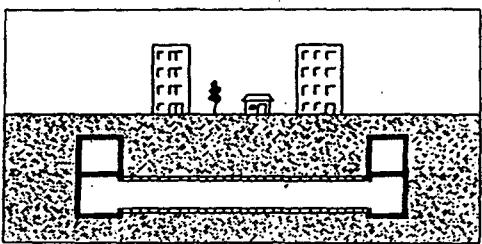
- 3) Shield 機械發進



- 4) Shield 機械掘進(掘鑿·Segment組立)



- 5) Shield 機械到達
- 6) Shield 機械解體·搬出



- 7) Tunnel 完成

그림 (2)-3-(b)

그림 4-(1) 全國幹線鐵道網

