

Channel Tunnel－設計와 施工

A brief review for design and implementation of The Channel Tunnel

片 度 權*
T. K. Pyun

1. 序 論

지난 5월 6일 英佛海峽을 貫通하는 海底터널이 着工以來 8年 동안에 걸친 大役事 끝에 歷史的 開通이 되었다.

이로써 London과 Paris, Brussels간을 高速電鐵 Eurostar가 3時間帶로 運行이 되고 삼나라인 英國과 유럽대륙 사이에 全天候 陸路連結이 可能해진 것이다. 高速道路를 利用하는 乘用車 旅行者가 Terminal에 到着하면 기다리고 있는 Shuttle 列車에 그대로 올라타고 車안에 앉은채로 賣票所와 保安檢索을 通過하여 Double Deck로 된 特殊 Lorry에 실리면 Shuttle 列車는 時速 140~160 km의 速度로 터널을 通過하여 30分 以內에 건너편 Terminal에 到着하게 된다.

貨物트럭이나 버스 등 大型自動車는 別途의 Lorry에 실리고 乘客은 따로 客車에 타고 같다.

英·佛 兩國의 國營鐵道網의 旅客 및 貨物 列車는 그대로 連繫運行되고 Shuttle 列車와 함께 하루에 500회의 列車가 터널을 來往하게 된다.

總 延長이 51km로 Dover 海底面을 貫通하는 이

海底터널－Channel Tunnel 혹은 Eurotunnel은 鐵道專用 터널로서 世界에서 가장 規模가 큰 民間資本으로 建設된 公共施設物이다. 政治的인 背景으로 볼 때 大膽한 決단이고 技術的인 側面에서는 매우 挑戰的인 것으로 評價되고 있는 이 事業은 可히 今世紀 最大의 土木工事라고 할만한 방대한 Project이다.

바다 밑 터널 못지 않게 地下에 建設된 Terminal 및 附帶施設物은 周邊環境에 미치는 影響뿐만 아니라 Channel Tunnel을 이용하는 旅行者에게 깊은 印象을 심어 주고 機能的으로 最大의 便益을 提供해 주는 最尖端 施設을 갖추고 있다.

이 글은 Channel Tunnel 工事に Project Management 팀으로 直接參與한 Bechtel의 Keith Bernard 副社長과 그의 여러 사람들이 擔當部分別로 作成한 報告書를 參考로 하여 우리의 관심사가 될만한 Tunnel의 設計, 施工 및 輸送 System 分野에서 몇가지 重要事項을 간추려서 概略的으로 소개코저 하는 것이다.

* (株)准信設計公園副社長

2. The Channel Tunnel

가) 事業背景

지금의 Channel Tunnel의 誕生은 1985年度 英國과 佛蘭西 兩國政府의 事業參加 公募에 많은 建設會社와 銀行이 形成한 여러개의 콘소시움이 提案書를 提出하면서 부터 시작하였다.

그러나 이 보다 훨씬 앞서 유럽大陸과 英國 섬나라를 陸路로 連結하려는 첫 構想은 200年前 Napoleon 時節까지 거슬러 올라간다.

그 당시 佛蘭西의 鑛山 技術者 Albert Mathieu-Favier가 野心的인 提案書를 提出하고 있다. 그 후 1876年 이래 英國議會에서 이 問題가 37회나 舉論되었지만 항상 國防上의 憂慮때문에 實現되지 못하였다.

그러다가 最近에 와서 英國이 EC 會員國이 되어 유럽 單一市場이 形成되고 交通需要가 增大하면서 이 問題가 다시 대두되기 始作하였다.

그것은 지난 1970~1982년 사이에 英佛海峽을 往來하는 交通量이 從前보다 2倍로 늘어나고 英國 交易量의 60%가 유럽大陸國家들과 이루어지고 있다는 事實로 부터 基因하고 있다.

Dover 海峽을 陸路로 連結(Fixed Link)하여 全天候運行이 可能한 高速鐵道를 建設하면 現在의 航空交通과 充分히 競爭할 수 있다는 結論에 到達하게 된 것이다.

그리하여 英國과 佛蘭西 政府는 Dover 海峽을 連結하는 Fixed Link 建設과 運營에 關한 政治的인 合意를 보고 各自 特別法人 Channel Tunnel Act(CTA)와 Declaration d'utilite Public(DUP)를 制定하여 1986年 2월에 Canterbury에서 協定書에 調印하였다.

이 協定書의 내용에 따라 터널事業은 政府의 어떠한 도움이나 보증없이 순수 民間資本參與로 建設하여 55年間 運營權을 주고 投資한 만큼의 혜택을

받을 수 있게 料金決定을 包含한 理由스러운 商業 活動을 할 수 있도록 法的인 保障을 하였다. 다만, 政治的인 理由로 이 事業이 中途에서 取消될 때 限해서 政府가 보상키로 하였다.

이렇게 하여 1986年 3月 始作된 Channel Tunnel은 工事に 參與한 會社 또는 關聯機關의 數, 技術 및 購買調達의 多樣性, 銀行資本의 投資額, 所要工期, 國際間的 協力, 鐵道와 道路의 混合交通의 輸送體系, 其外 間接的으로 미친 外部의 影響 等の 面에서 實로 類例가 없는 大事業이 되었다.

나) 事業關聯機構

1985年 當時에 兩國政府가 받은 Proposal에는 다음과 같은 4가지의 連結方案이 提示되었다.

- 1) 두 개의 單線鐵道 專用터널로 連結
- 2) 橋梁 및 道路터널을 併用하여 連結
- 3) 道路 및 鐵道の 混用터널로 連結
- 4) 道路全用橋梁으로 連結

이 가운데서 1案인 지금의 鐵道터널이 採擇된 것이다.

이 案은 英國의 5個 建設會社(Balfour Beatty, Costain, Tarmac, Taylor Woodrow, Wimpey) 및 2個의 銀行(National Westminster Bank, Midland Bank)이 함께 形成한 Channel Tunnel Group(CTG)과 佛蘭西의 5個 建設會社(Bouygues, Dumez, SAE, SGE, Spie Batignolles) 및 3個의 銀行(Banque Naitonal de Paris, Banque Indosuez, Banque de Credit Lyonnais)이 함께 形成한 Francemanche(FM)가 共同으로 提出한 案이다.

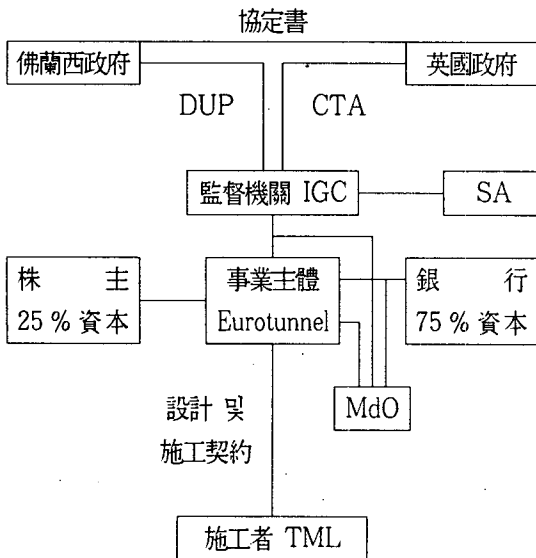
이 提案採擇의 條件은 工事に 所要되는 資金을 包含하여 事業全體에 對한 設計, 施工 및 試運轉을 包含하는 一括都給을 말도록 하는 것이었다.

그리하여 CTG와 FM은 나중에 하나의 콘소시움이 되어 Transmanche Link(TML)라는 이름

으로 이 事業의 施工者가 되었다.

Channel Tunnel 事業과 關聯하여 組織된 機構들은 다음과 같다.

- Transmanche Link(TML)
英國과 佛蘭西의 10個 建設會社가 共同으로 Consortium을 形成한 施工業體로써 設計, 施工, 試運轉을 包含하는 一括都給으로 契約
- Eurotunnel(ET)
TML이 提供한 Seed Money를 株式으로 引受하고 個人株主와 銀行이 共同으로 出資하여 만든 Channel Tunnel의 事業主體(所有者)兼 將次 運營을 擔當할 會社
- Inter Government Commission(IGC)
英國 및 佛蘭西 政府에서 파견한 代理人으로 構成된 이 事業遂行의 監督機關
- Treaty
1986年 2月 英·佛政府間에 調印된 協定書, 兩國間의 政治的인 基本立場과 Channel Tunnel의 管轄權, 國境線, IGC 및 SA의 設立條件 等を 明示하고 있다.
- The Maitre d'Oeuvre(MdO)
獨立된 技術諮問會社로 銀行, IGC, 事業主體



者에 대해서 事業과 關聯되는 모든 事項에 대해서 諮問役割

- Safety Authority(SA)

兩國政府의 安全關聯, 機關으로 부터 파견된 사람으로 構成하여 設計, 施工, 運轉에 關聯되는 安全問題에 대하여 IGC에 諮問

이와 같은 機構들의 相關關係는 다음 表와 같다. 이 이외의 MdO를 支援하는 Atkins, Setec, Bechtel 등의 Engineering Consultant가 諮問役割을 하였다.

3. Tunnel의 設計와 施工

가) 契約內容 및 TML의 組織

- 總工事費 : 契約當初 48億 파운드
 最終金額 72億 파운드
- 工期 : 契約當初 1986년 5월 ~ 1993년 6월
 實際開通 1986년 5월 ~ 1994년 5월
契約은 다음과 같이 基本的으로 3가지 形態로 分類하여 危險負擔을 分擔하였다.
- Tarket Works

이 工事의 主工種인 터널掘鑿과 라이닝 세그먼트 工事는 實際發生費用으로 精算하되, 豫定費用의 目標을 定해 놓고 實費와 差異가 發生할 때 그 差額만큼 事業主와 施工者가 利益과 損害를 配分기로 하였다.

豫定值의 目標은 設計變更으로 調整할 수 있고 全體工事의 約 5%가 여기에 該當하였다.

- Lum sum Works

Terminal 全體工事와 Tunnel의 機電設備, 軌道, 信號 Catenary, 空調施設, 給配水 設備 等の 費用은 一定額으로 固定하였다.

事業主의 必要에 依한 變更은 設計變更으로 調整할 수 있고 全體工事의 約 40%가 이에 該當하였다.

- Cost+Fee Works

特殊하게 製作되는 Shuttle 車輛, 機關車, Wagon 其他購買 調達物品에 대해서는 實費로 精算하고 一定比率의 Fee를 費用으로 支拂키로 하였다. 全體工事費의 約 10%이다.

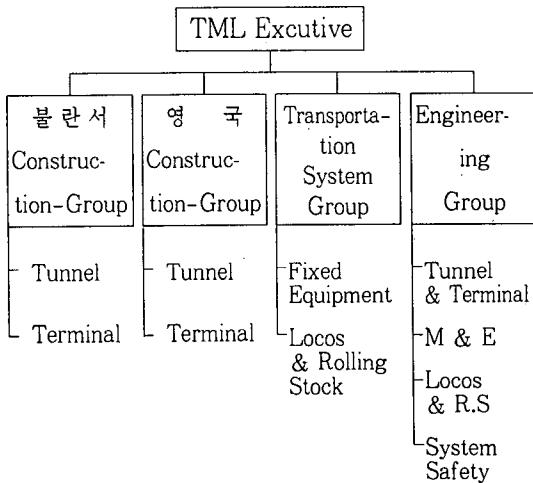
英佛合作인 TML Consortium의 本部 事務室은 英國의 Sutton 市에 두었다. Folkestone과 Calais에 各 建設事務所를 두고 現場管理를 便하도록 하였다. 그리고 또 Sangatte와 Shakespeare

Cliff에는 坑口現場이 있고 Coquelles와 Cheriton에는 Terminal現場 그리고 Isle of Grain에는 Segment 製作現場이 各各 있다.

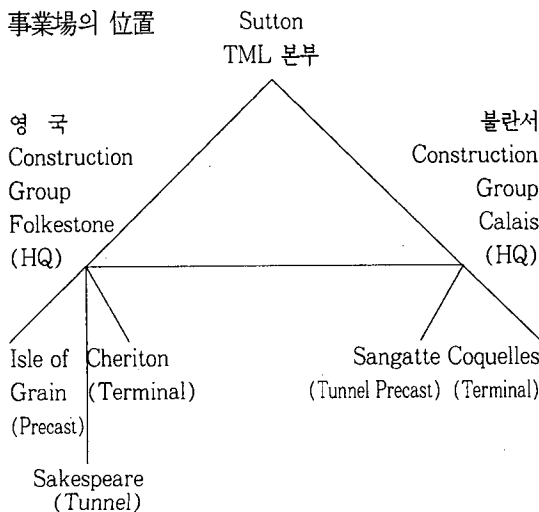
Sutton市 本部 事務室에는 한 사람의 Engineering Director의 指揮監督을 받는 設計팀과 豫算, 機電設備의 프로그램, 鐵道車輛 등을 擔當하는 Transportation System Group(TSG)이 組織되어 있다.

TML의 組織과 各 事業場의 位置는 앞의 表와 같다.

組 織



事業場의 位置



나) 設計 概要

이 事業은 英國 Folkestone市 Cheriton Terminal과 佛蘭西의 Calais市 附近에 있는 Coquelles Terminal 사이를 鐵道터널로 連結하는 工事이다.

터널의 길이는 51km이고 이중에서 38km가 海底下에 있다.

터널은 2개의 本線과 한 個의 補助터널로 構成되며 其他 施設概要는 다음과 같다.

- 本線터널(Running Tunnel)

直徑이 各 7.6m인 두개의 單線軌道 터널이 30m 사이로 나란히 가고 있다.

大斷面 掘鑿에 의한 施工上의 危險을 排除하고 運營上의 安全性을 考慮하여 두개의 單線터널로 한 것이다.

本線터널에는 架空線, 電力供給, 配水溝, 步道 등의 施設이 있고 主空氣調節通路의 役割을 하도록 하였다.

- 補助터널(Service Tunnel)

直徑이 4.8m인 하나의 補助터널로 두 本線 사이에 位置하여 非常時 待避通路로 利用된다. 여기엔 給排水 펌프, 空氣단터, 消火設備, 通信 信號裝置의 機械室이 있고 建設期間中에는 Pilot Tunnel로써 本線掘鑿에 先行하여 地質調査 등에 利用되었다.

本線과 補助터널間에는 每 375m 間隔으로 直徑 3.3m의 連結通路가 있고 各 通路는 放水門을 設置하였다.

— 空氣調節 通路

延長이 긴 터널에서 高速으로 달리는 列車에 의하여 發生되는 空氣壓의 差異와 低抗을 줄이기 위하여 두 本線터널을 250m 間隔으로 2m 直徑의 Pressure relief Duct로 連結하였다.

各 닥터에는 한쪽 터널에서 火災가 났을 때 다른 쪽으로 煤煙이 傳達되지 못하도록 特殊 Damper 施設을 하였다.

— 건능線(Crossovers)

列車運行과 補修上의 必要에 따를 수 있도록 4個所에 건능線을 設置하였다. 2個는 兩쪽 Terminal 가까이 있고 나머지 두 개는 터널 內部에 距離가 3等分 되는 地點에 設置하여 必要時에 한쪽 線에서 다른쪽 線으로 列車가 時速 60km로 移行할 수 있도록 하였다.

이렇나 地下건능施設은 그 規模가 방대하고 복잡한 構造로 되어 있으나 火災時에는 모두 安全하도록 防護施設을 하였다.

— 펌프場(Pumping Station)

터널 縱斷上 낮은 부위 3군데와 兩쪽 Portal 入口 2개소에 巨大한 펌프場 施設을 하였다. 浸透된 바닷물을 모아서 퍼내고 防火用水 等に 對備한 것이다. 또 혹시 있을 지도 모르는 化學物質 事故時 이를 洗滌하는 用水를 供給하는 役割도 할 것이다.

— 地質調査

TML은 海底터널 通過路線對에 沿하여 石油 深查機械를 動員하여 海底面 800m 깊이의 地層構造까지 實際보링으로 調査하였다.

이는 터널의 安全性을 圖謀하기 위하여 그 前에 振動探査法으로 調査한 資料를 確認補完하기 위한 手段이었다.

— 本線터널의 諸元

英國쪽 陸地터널	9.3km
佛蘭西쪽 陸地터널	3.3km
海底部分 터널	37.9km
最小曲線半徑	4,200m
最小縱曲線半徑	15,000m
最急勾配	11%
設計速度(通過列車)	200km/h
營業速度(Shuttle列車)	160km/h
本線터널 直徑	7.6m
補助터널 直徑	4.8m

다) 施工概況

터널의 掘鑿은 英國 Shakespeare Cliff와 佛蘭西의 Sangatte 海岸 Portal 坑口에서 各各 內陸과 바다쪽 兩方向으로 向하여 各 6臺의 TBM에 依하여 同時에 始作되었다. 38km 海底部에서 22km를 英國會社가 擔當하였고, 나머지를 佛蘭西側이 맡아서 中間에서 만나게 되었다.

터널은 水面下 130m 또는 海底面에서 25~45m 사이에 있는 白色 泥灰質岩層을 따라 掘鑿되었다. 掘鑿士는 콘베이어 벨트로 실려나와 英國쪽에서는 Shakespeare 岩壁밑에 커다란 플랫폼을 造成하는데 使用하고 佛蘭西쪽은 掘鑿士를 泥土狀態로 하여 펌프로 퍼내서 Fond Pignon Dam에 저장시켰다.

터널은 Precast Concrete 판을 만들어서 라이닝 하였고, 몇군데 地質이 나쁜 場所에는 Cast Iron 板으로 라이닝하였다.

라이닝판 뒷면에는 徹底한 漏水防止 그라우팅으로 漏氣가 없는 터널로 만들었다.

터널의 掘鑿은 設計의 어려움 보다는 施工上의 問題가 더 많았다.

여러가지 地質調査를 했지만 實際地盤과는 많이 않는 곳이 많았다.

英國側 工區에서는 當初 豫想했던 것 이상으로 湧水가 많았고 佛蘭西製 TBM은 湧水地質에 맞도록 特殊製作되었으나 큰 效果를 얻을 수가 없었다.

設計와 施工의 一括責任이 있는 TML은 豫定된 工期를 지키기 위해서는 土木工事を 우선 먼저 始作하고 輸送 System에 關한 詳細한 設計는 나중에 뒤 따르도록 하는 措處가 必要했다. 그리기 위해서는 既存의 設計基準을 適用하고 過去의 經驗에 依據하는 일이 많았다.

實際로 Channel Tunnel에서 여러가지 新技術開發도 있었지만 多様な 既存技術의 應用이 더 많았다.

이러한 TML의 初期努力에 副應하기 위하여 IGC, SA, MdO, TA 等の 關聯機關도 施工上에 蹉跌이 없도록 自體支援體制를 強化하였으나 實際로는 새로운 問題點과 特殊工法の 適用 등 거의 豫見할 수 없었던 일이 빈번이 일어났다.

設計變更 事項이 생기면 모든 關聯者가 合議될 때까지 몇번이고 論議를 하도록 契約上에 明示되어 있었으므로 工事의 進척은 처음부터 豫定대로는 되지 못하였다.

이와 같은 初期段階의 어려움 때문에 1988年度에 와서는 이 工事が 相當히 遲延될 것이라는 憂慮가 나오기 始作하였다.

그러다가 1990~1991年度에 와서 여러가지 사정이 조금씩 나아지고 이러한 遲延을 挽回하는 TML의 努力으로 터널 掘鑿 生産性이 크게 增大하였다.

그리하여 1990年末에 補助터널이 當初 計劃했던 대로 貫通을 보게 되자 關係者들이 크게 고무되었다. 이 事業의 建設은 計劃段階에서 부터 相當한 어려움이 豫想했던 것은 事實이다.

事業主, 施工者, 銀行 그외 모든 關係者들이 各其 自己分野에서 最善을 다 하였으나 일은 그다지 순조롭게 進行되지 못하고 복잡한 設計問題, 購買 調達, 輸送 System의 設定問題 등이 끊임없이 惹

起되었다.

라) 安全設備

이 事業에 있어서 가장 重要한 問題가 乘客에 대한 安全對策이었다.

한 시간에 30個의 列車가 通過하고 最大 1,000名의 乘客이 同時에 터널내부에 같히게 될 可能性에 對備하여 온갖 安全施設을 마련하였다.

그 중에서 火災事故에 對備한 重要對策을 보면 다음과 같다.

- 모든 氣電設備室의 出入門은 特殊耐火材로 製作하고 煤煙感知 裝置와 消火設備를 갖추었다.
- Shuttle 列車의 모든 門은 어떠한 火災에도 30分間 耐火할 수 있도록 製作되고 紫外線 및 煤煙感知裝置를 하였다.
- 8臺의 消防專用 列車가 常時 出動待機하도록 하고 있다.
- 每 Shuttle 列車는 2臺의 기관차를 앞뒤로 붙여서 運行하며 만일의 경우 1臺가 故障이나 다른 기관차가 끌도록 하였다.
- 터널坑口 兩쪽에 巨大한 換風機 施設을 하여 터널內部에 신선한 空氣를 供給하거나 煤煙을 뽑아낼 수 있도록 하였다.
- 運送司令室과 機關士 그리고 補修要員間에 通話할 수 있는 通信施設과 터널內部에 5,000個의 Speaker 裝置를 하였다.
- 터널內部에 列車運行에 의하여 發生되는 溫度의 上昇을 25°C以下로 維持하기 위하여 두 個의 巨大한 冷却水 循環 Pipe가 地上에 있는 冷却 Plant와 連結되어 있다.

4. 輸送體系

Channel Tunnel의 成功與否는 輸送 System의

效率性に 달려 있다고 해도 過言이 아니다. 軌道, 車輛, 電力供給, 信號, 通信 및 制御 등이 하나의 有機的인 System으로 運營이 되어야 한다.

道路와 鐵道旅行者의 混合交通을 하나의 Shuttle System으로 解決하는 일은 얼른 보기 보다는 相當히 複雑한 課題였다. Channel Tunnel에서 特殊하게 解決해야 할 輸送 System上的 問題點은 다음과 같았다.

- 여러 個의 Platform에서 時間의 遲滯없이 乘用車와 貨物車를 同時에 싣고 내려야 한다.
- 通過列車(例 TGV)는 無障礙 交行해야 한다.
- Shuttle Train은 旅客과 貨物의 圓滑한 소통을 위하여 긴 列車와 大規模의 복층(Double-Deck) Wagon이 使用되어야 한다.
- 큰 Wagon을 受容하기 위해서는 터널의 斷面이 커지기 때문에 工事費를 줄이기 위해서는 積載貨物의 限度(Clearance)를 最小가 되게 해야 한다.
- 터널斷面과 列車의 斷面比率이 높아 空氣抵抗이 크고 터널에서 긴 列車를 주어진 勾配上에서 速度의 減少없이 運行하기 위해서는 強力한 索引力을 가진 機關車가 必要하다.
- 이러한 條件에서 높은 에너지 消耗을 줄이기 위해서는 터널內部에 Piston Relief Duct를 設置해야 한다.
- 料金徵收, 稅關, 出入國 手續 等の System이 有機的으로 連繫되어야 한다.
- 旅客과 貨物이 30分 동안 中間交又가 전혀 없는 긴 터널을 지나게 되므로 火災와 煤煙으로 부터 絶對 安全해야 한다. 그러기 위해서는 Shuttle 列車는 火災感知裝置 및 30分間 견딜 수 있는 방호장치가 每車輛마다 設置되어야 한다.
- 機關車 바로 뒤 車輛은 運轉者를 自動車에 태

운채로 싣는 車輛輸送 Lorry이며 여기에는 固定된 特殊火災豫防 System이 裝置되어야 한다.

- 有蓋輸送車는 高速鐵道에서 UIC가 規定한 最大 軸荷重이 넘지 않도록 積載되어야 한다.
- 터널內部에 固定된 防火施設이 되어 있다 하더라도 貨物輸送列車는 別途의 移動用消防裝置를 싣고 다녀야 할 必要가 있다.

이러한 問題解決을 위하여 많은 論難이 있었다. 이와 같은 特殊한 輸送體系를 위한 設計의 어려움은 터널 自體의 設計에 比하여 當初에는 過小評價되었다. 따라서 처음부터 設計가 不振하였고 더욱이 安全關聯 機關이나 發注者와의 活潑한 代案提示나 論議없이 遂行되었다.

5. System Engineering

터널의 基本設計에 있어서 System Engineering의 遂行은 여러 專門用役社에 外注한 Sub-System에 依據한 바가 컸다.

그렇게 하므로서 TML은 比較的 小規模의 人員만으로 System Engineering을 遂行할 수 있었지만 強力한 現場 經驗者가 參與하지 않았기 때문에 設計者와 施工者間에 어떤 論難이 생길 때 短時間內에 結論이 나오지 아니했다.

또 契約上 Lum Sum Works 部分에 對해서는 固定額 範圍內에서 機械와 電氣設備을 完了해야 한다는 強迫觀念 때문에 Sub-System의 相互間에 効果的인 解法 찾기가 쉽지 아니했다. 各 Sub-System의 微細한 部分의 費用을 줄이기 위한 設計를 하느라고 購買에 必要한 貴重한 時間을 消費하였다.

結果的으로 이러한 費用은 設置費用으로 轉嫁되었다.

터널掘鑿의 遲延과 함께 車輛製作도 設計와 組立

段階에서 深刻할 程度로 遲延되었다. 이러한 遲延은 全體的인 System Engineering의 복합성에 기인하고 있다. 예를 들면 Tunnel內부의 空氣低抗 減少策으로 當初設計대로 250m 間隔으로 2m 直徑의 Duct를 設置하였으나 Shuttle 列車가 160 km/h로 相互交行할 때 充分치 못하다는 것을 뒤늦게 알게 되었다.

그래서 空氣低抗 Simulation 試驗이 실물크기 模型으로 列車形態別로 行하여졌다. 이 試驗의 結果 特定한 條件下에서 Kinematic Envelope 現象이 發生하 수 있다는 것을 알았다.

또 160km/h로 交行하는 列車가 Air Jet를 發生시켜서 貨物列車를 損傷시킬 만한 힘이 作用한다는 사실도 알았다.

이러한 사실을 알고 Duct의 間隔이나 크기를 變更하기에는 이미 너무 늦어 있었거나 過多費用이 所要되기 때문에 다른 解決方法을 찾아야 했다.

그리하여 事業, 關聯者들의 많은 論難끝에 두 가지 解決方案이 提示되었다.

첫째 解決方案은 別添 그림 4에서 보는 바와 같이 각 Piston Relief Duct 入口에 壓力調節 Deflector를 設置하고 列車의 速度를 140km/h로 制限하는 것이다. 이 措置는 列車의 Tunnel 通過時間이 當初計劃보다 다소 늘어나는 短點이 있었다.

두 번째 解決方案은 각 Duct에 Restrictor를 設置하는 것으로 같은 效果를 얻었으나 Energy 消耗가 상당히 증가하였고, 통과시간도 30초 이상 늘어났다. 이 施設은 設置費가 低廉하여 施工者에게는 有利하였으나 契約條件과는 一致하지 아니했다.

그래서 단 한가지 解決方法은 터널을 通過하는 車輛의 形態를 制限하는 수 밖에 없었다. 이와 같은 契約上의 論爭이 너무 길어 時間을 消費했기 때문에 더 복잡한 Deflector를 設計해서 開通前에 試運轉해 본다는 것은 不可能하였다. 그래서 Restrictor를 우선 Piston Relief Duct에 設置하

고 나중 開通後에 Deflector를 代置키로 하였다.

이와 같이 Channel Tunnel 事業에 있어서 當面 하였던 모든 問題와 事例를 다 일일이 舉論하기는 간단치 않다. 다만, 이 事業이 當初豫定보다 工事費가 거의 倍로 늘어났고, 一年余 時間이 遲延되었던 것으로 이 事業의 복잡성을 짐작할 만하다. 우리가 이 事業으로 부터 얻을 수 있는 教訓은 다음과 같은 것으로 要約할 수가 있을 것이다.

- 가) Channel Tunnel과 같이 방대한 Project를 事전에 對應할 만한 嚴密한 System Engineering이 未洽했다.
- 나) 각 Sub System이 다른 Syb System에 미치는 影響을 미리 理解하고 統制하는 一貫된 設計가 維持됐어야 했다.
- 다) Owner로 부터 設計機能을 分離한 것이 方針決定 遲延의 要因이 되었다.
- 라) 技術과 安全性的의 問題가 지나치게 겹쳐져서 狀況이 더욱 복잡하게 되었다.
- 마) 사소한 Sub System의 設計變更 등으로 時間을 浪費하였다.

Channel 터널 建設期間中 TML과 Owner間에 끊임없는 論爭이 계속되고 結果的으로 時間이 遲延되기는 했지만 關聯者 모두 이 事業을 早期에 完工해야 한다는 것이 懸案의 課題였기 때문에 一旦 開通은 되었다.

그러나 아직도 輸送體系의 問題가 完成된 것은 아니다.

더욱이 營業이 시작되면 果然 수지가 맞는 運營이 될 것인가 하는 것은 더욱 苦痛스러운 부담으로 남아있다.

乘客이 自動車를 탄채 기차에 실려서 바다밑 밀폐된 空間을 통해서 旅行을 할려고 할 것인가?

테러, 화재, 폭발, 지진 등 예기치 못한 사태가 發生하면 닫힌 空間속의 高速列車는 統制不能의 狀態가 될 것이라는 指摘도 있다.

이러한 狀況에서 果然 當初의 計算대로 營業成果

가 있을런지 現在로선 아무도 모른다.

그러나 한 가지 분명한 것은 Channel Tunnel이 갖는 規模와 歷史的인 背景으로 볼 때 古수에 걸쳐서 가장 偉大한 土木事業의 하나라는 事實에는 틀

림이 없다. 이는 곧 21世紀의 유럽에 있어서 하나의 共同體를 묶어주는 절대 불가결의 연결선이 될 것임에 틀림없다.

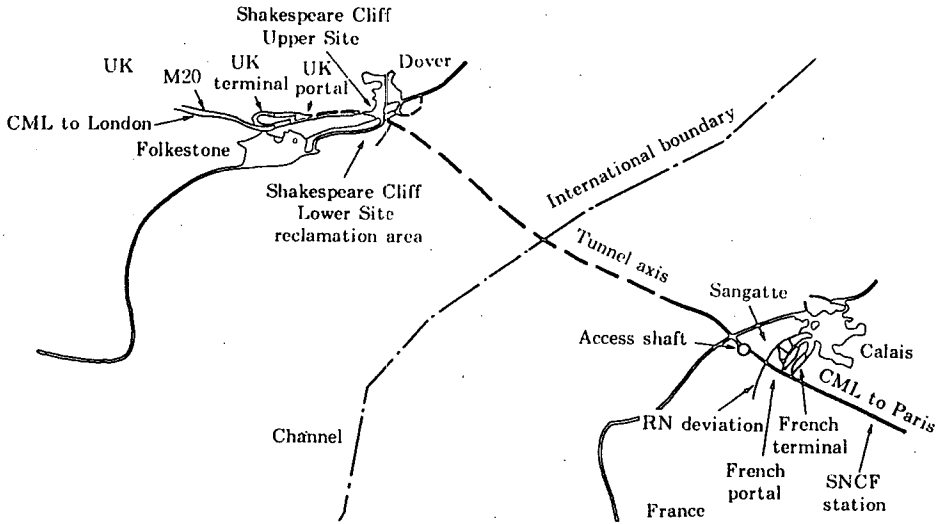


그림 1. Tunnel route

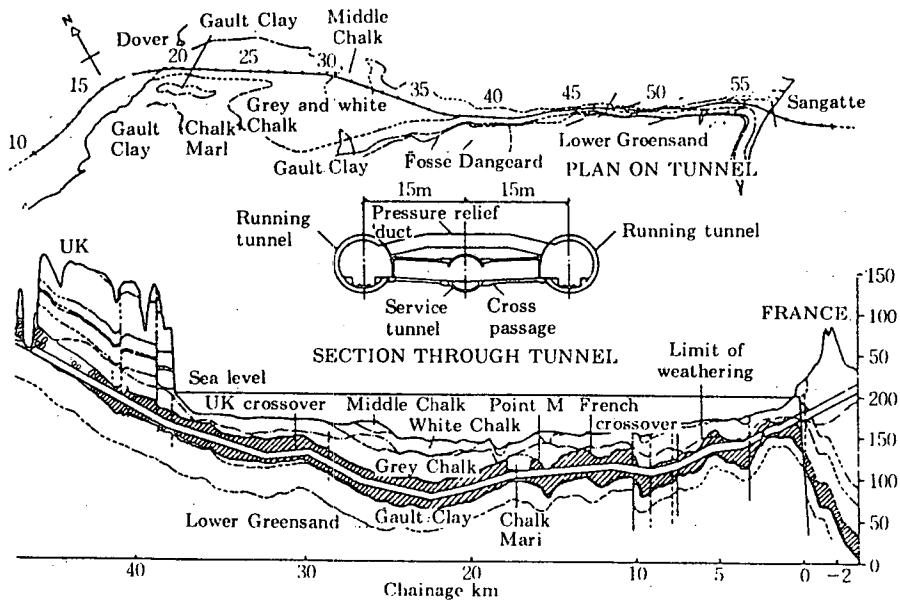


그림 2. Layout and Geological section

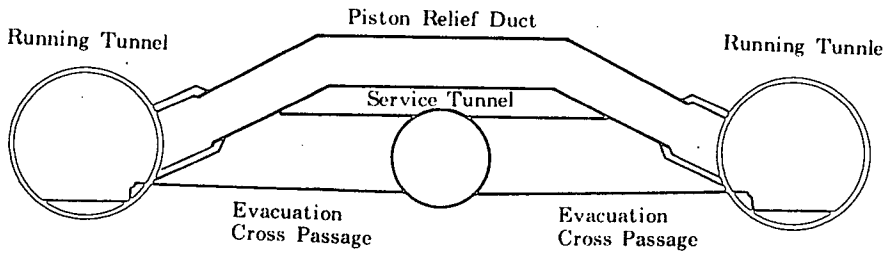
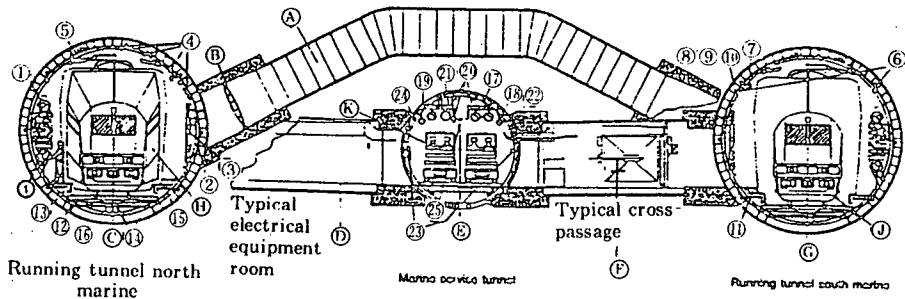


그림 3. Cross section



Running tunnel north Marine

- A Piston relief duct at 250m intervals
- B Piston relief damper
- C Running tunnel north marine
- D Typical cross-passage with bulkhead door
- E Marine service tunnel

- F Typical technical room
- G Running tunnel south marine
- H Euroshuttle
- J British Rail train
- K Service tunnel transport system

Running tunnels

- 1 Cooling water pipes flow and return
- 2 Firemain 100NB(125 m each side of cross-passage)
- 3 Catenary tensioning weight(2 No. every 1.2km)
- 4 Tensioning weight pulleys every 1.2km
- 5 dCatenary equipment(every 27m)
- 6 Leaky feeder
- 7 Main lighting
- 8 2 × 20 kV cables
- 9 1 × 3.3kV cable
- 10 Low-voltage cables
- 11 Signalling cables
- 12 Phase 1 track concrete and drainage
- 13 Walkway concrete
- 14 Phase 2 trackbase concrete
- 15 Precast walkway units
- 16 Track blocks

Service tunnel

- 17 Drainage pipes 400NB 3 off +1(future)
- 18 Firemain
- 19 Firemain 250NB(future)
- 20 20kV/3.3kV and other supply cables
- 21 Leaky feeders
- 22 Control and communication cables
- 23 Main lighting push buttons(both sides)
- 24 Loudspeakers(both sides)
- 25 Main lighting

그림 4. Fixed equipment layout

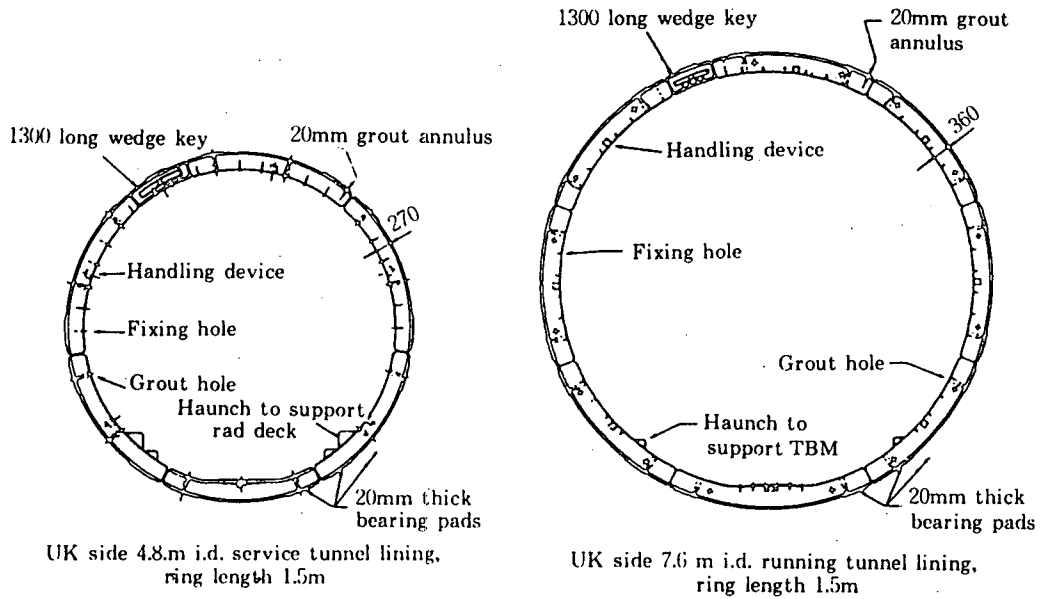


그림 5. Tunnel lining

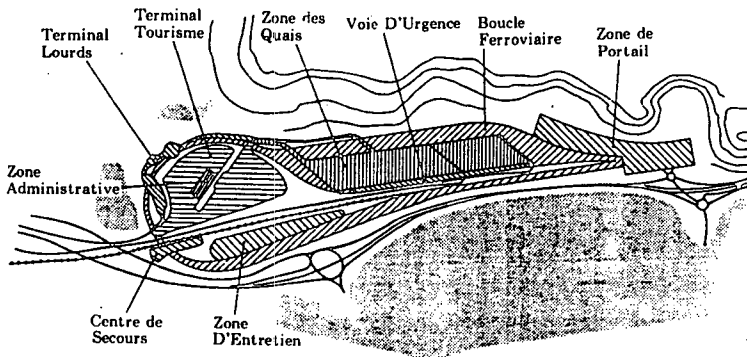


그림 6. Folkstone terminal layout

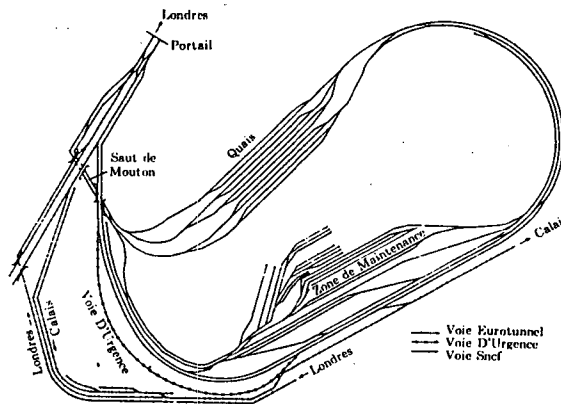


그림 7. Coquelles terminal layout

그림 7. Coquelles terminal layout

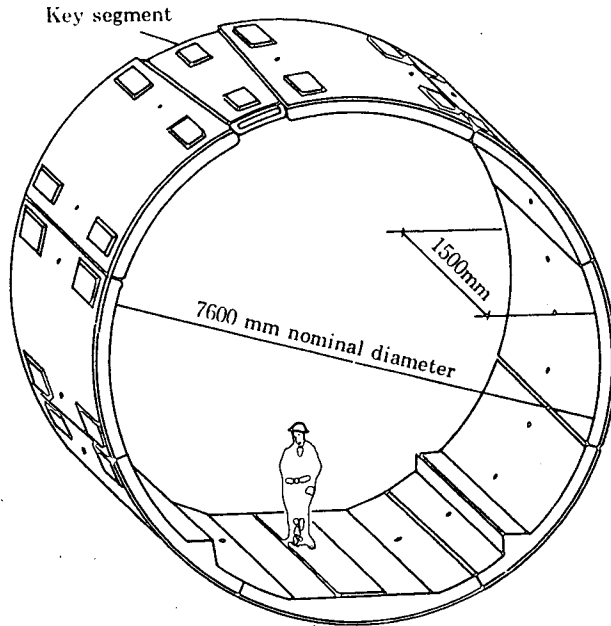


그림 8. Typical precast concrete

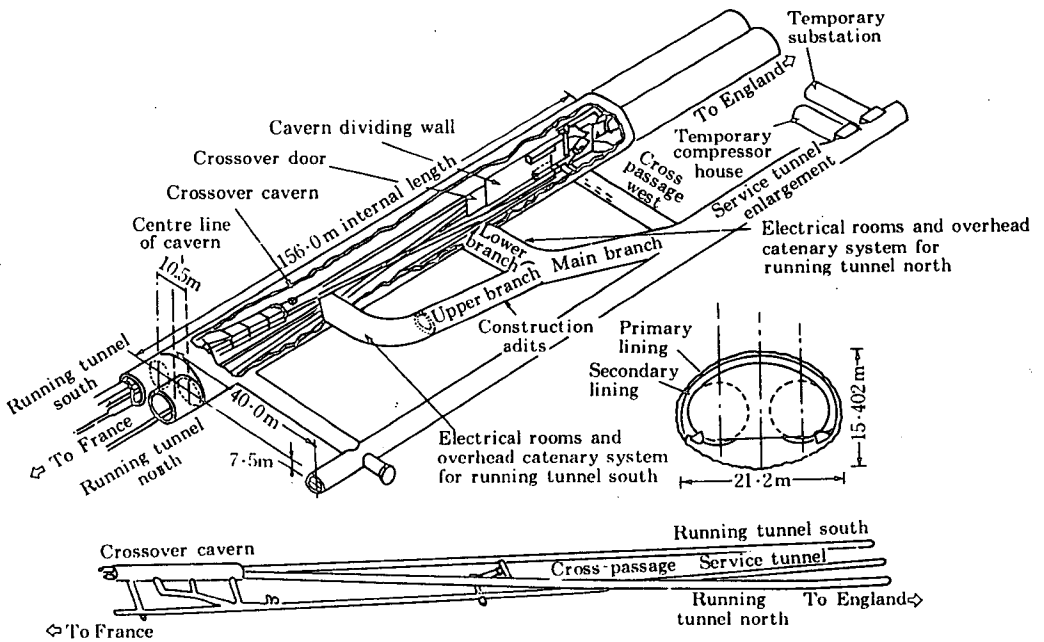


그림 9. UK under sea crossover