

[講演]

日本の Tunnel技術

On the Tunneling technique in Japan

許 塤*
Ginn, Huh

The Tunneling Technique has been developing highly in Japan. Induced NATM pattern is applied as it-self but is an appportunity to upgrade technologes of Concernning. As a result, Nonnel system and Laser marking system is significant developed result.

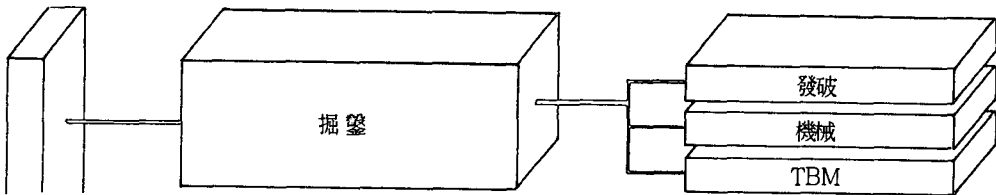
Japan-Korea Tunnel leading by international High way project is regarded hope -full for the world peace. It has described Euro-Tunnel too.

本 報文은 當學會가 主催한 8月20日 夏期 Seminar에서 發表한 內容이다.

Tunnel의 갈 方向은 이제부터라고 생각한다. 紀元前 17世紀의 Babylon 王朝는 Euphrates 江으로 隔離된 神殿과 宮殿사이를 언제나 自由롭게 往來하기 위하여 全長 約 1,000m의 水底tunnel로 連結하였다. 이것이 記錄으로 남는 最古의 Tunnel이

다. 其後 Tunnel은 多樣化되어 生活向上에 크게 貢獻. 現在도 「國土의 高度利用」의 觀點에서 注目되어 期待感은 높아질뿐. 日本은 이러한 社會的인 needs를 背景으로 安全性이나 經濟性, 社會的資本의 忠實 다시 環境保全 等 여러가지의 theme을 鮮決하면서 tunnel에 의한 快適社會를 實現하고 있다.

• Tunnel의 施工方式

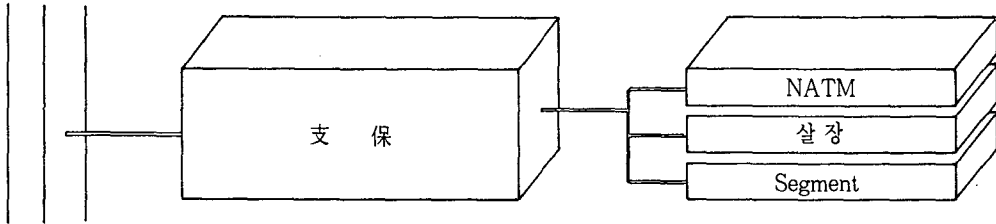


掘鑿：掘鑿方式은 地質이나 立地條件을 考慮하여 選定한다. 一般의으로 굳고 단단한 경우에는 發破工法이, 比較的 軟質인 地山이나 市街地 隣近에

서 騒音이나 振動의 規制가 있을 경우에는 機械에 의한 掘鑿이 採用된다. 또한 TBM은 比較的 距離가 긴 水路tunnel이나 道路tunnel의 先進導坑의

* 當學會 會長

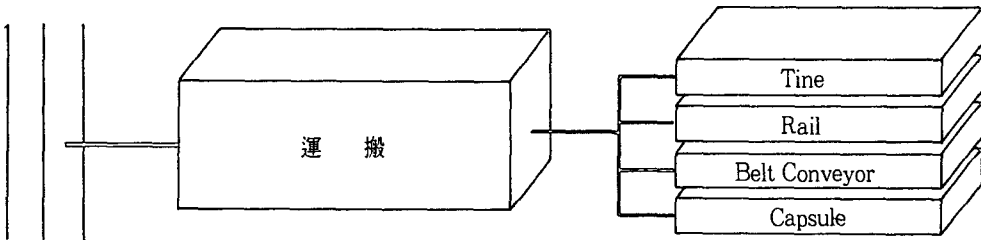
掘鑿에 採用되어 오고 있다.



支保: 支保方式은 Rock bolt와 뿔어붙임 concrete를 主 支保로 하는 NATM과 살장工法으로 大別되나 現在는 NATM이 標準工法으로 되어 있다.

質에 對應할 수 있으나 湧水가 極히 많은 경우나 斷面이 極端的으로 작은 Tunnel에서는 살장工法이 採用되고 있다. Segment는 TBM 掘鑿의 경우에 不良 地山區間에서 의 支保에 使用되고 있다.

NATM은 土砂에서 膨脹性 地山까지 幅넓은 地



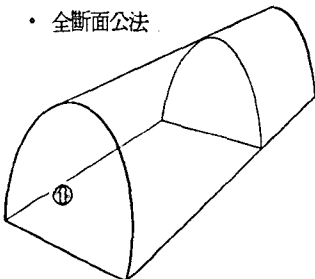
運搬: 버럭 運搬方式은 Tunnel의 大斷面과 急速施工의 推進에 의해 Tire方式이 主로 採用되고 있고, Tunnel의 斷面이 작을 경우에는 Rail方式이 使用된다. TBM 掘鑿인 경우의 버럭 運搬에는 버럭을 물과 함께 運搬하는 流體 輸送方式이 使用되는 일이 있다. Capsule 輸送은 鑛石의 搬送 등에 實

用化 되어 있으나 Tunnel施工에 있어서는 第一步를 踏기 始作했을 뿐이다.

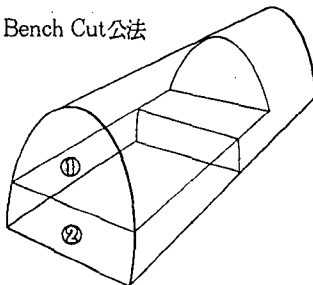
地形, 地質 그리고 目的에 따른 Best한 工法. 그것은 綿密詳細한 事前調査와 安全 確實한 最新技術에서.

• Tunnel의 掘鑿方式(一般的으로 下圖에 表示하는 順으로 掘鑿하고 있다)

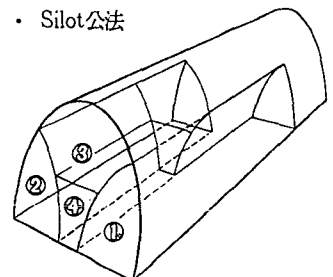
• 全斷面公法



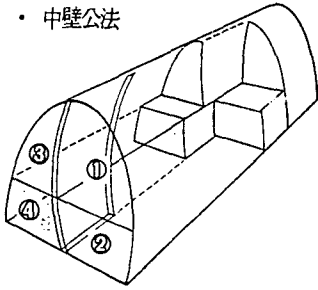
• Bench Cut公法



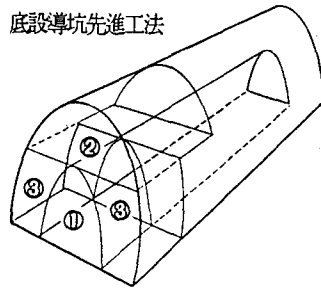
• Silot公法



• 中壁公法



• 底設導坑先進工法



보다 훌륭한 Tunnel은 보다 高度한 技術에서.

1) 神岡 岩盤實驗施設

이 施設은 地下 利用技術의 改善, 開發을 위한 岩盤實驗施設을 岐阜縣의 神岡鑛山內에 開設하였다. 이 實驗施設에서는 龜裂性 岩盤의 評價, 鮮析 方法을 確立하고 Energy 貯藏施設을 始作으로 한 새로운 地下利用 Project로의 應用을 目標로 하고 있다.

2) NONEL System

NONEL은 새로운 Type의 非電氣式 起爆法이고 從來의 電氣雷管을 使用하는 경우에 비해 非電氣式이기 때문에 安全하고 取扱도 簡單하다. 神岡 岩盤試驗場에서 ANFO(硝安油劑爆藥)와 組合하여 使用試驗을 行하였다.

3) Tunnel 막장 Marking System

이 System은 Tunnel의 掘鑿形狀을 Laser光線을 使用하여 直接 막장에 照射하여 Marking하는 것으로서 作業者가 막장에 가까이 가는 일 없이 安全性의 向上, 作業의 效率化를 圖謀할 수가 있다.

複雜하고 困難한 地質條件을 克服하고, 깊어지고 넓어짐이 繼續되는 Tunnel 技術. 確固하게 支持하고 確實히 掘進하기 위하여 日本에서는 高度하고 多様な 技術, System의 開發과 應用에 써름하고 있다.

4) Rotary 뽀어붙임 System

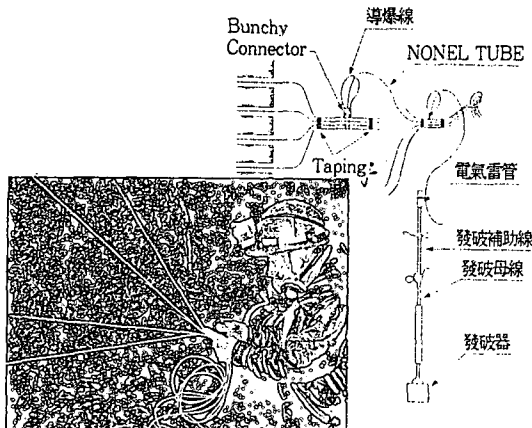
Rotary 뽀어붙임機는 壓縮空氣를 使用하지 않고 遠心力을 利用하여 Concrete를 投射 壓着시키는 뽀어붙임機이다. 이것을 使用함에 의하여 發生 粉塵量을 抑制하고 良好한 作業環境을 保持할 수가 있다.

5) Vinylon Fiber補強 뽀어붙임 Concrete

Vinylon fiber(VFRC)로 補強한 Concrete를 使用함에 의하여 高強度로 靱性이 優秀한 뽀어붙임 Concrete를 施工할 수가 있다.

6) 急速 버럭搬出 System

Container運搬車가 分離되는 車輛(Kiruna combi)을 使用하여 掘鑿한 버럭을 Container에 積載한채로 일단 坑內에 假置해 두고 掘鑿作業의 效率化를 圖謀한다. 關越Tunnel(Ⅱ期線)工事에서



는 이 System에 의해 大幅的인 工期의 短縮이 實現되었다.

7) Road Header S-300

Road Header S-300은 軟岩에서 普通岩(一軸 壓縮強度 1,300kgf/cm²까지)에 이르는 廣範圍한 岩盤을 對象으로한 世界 最大級의 自由斷面 Tunnel掘鑿機이다.

8) New PLS工法

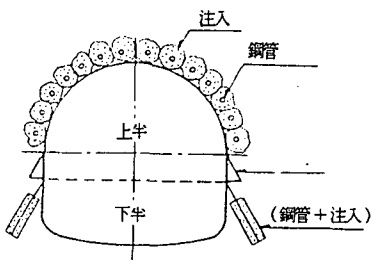
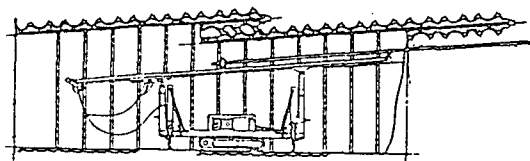
막장 前方에 Slit切削을 行하면서 Concrete를 即時 充填하고 事前に Concrete Shell을 形成하고 나서 Tunnel을 掘鑿하여 가는 새로운 Tunnel 構築工法이다.

※ 더구나 이 公法은 *New PLS工法 研究會에서 開發中인 技術이다.

(*) (社)日本 建設 機械化 協會, 建設 機械化 研究所, (株)大林組, 五洋建設(株), 東急 建設 (株), 日本 國土開發(株), 하자마, (株)三井 三池 製作所.

9) Loading jet·Forepiling 工法

Loading jet 專用 Machine에 의해 鑿孔을 行한 후 Rod의 先端에서 硬化材를 高壓噴射하여 Rod를 所定の 速度로 回轉시키면서 引拔하는 것에 의해 円柱狀의 改良體를 造成하는 새로운 Type의



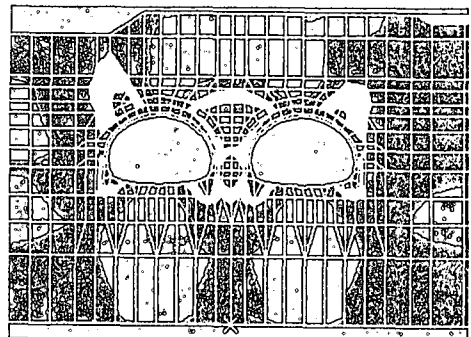
Tunnel 先受 工法이다.

10) 트레비 Tube 工法

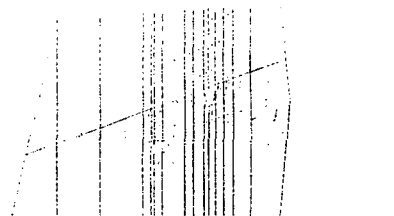
注入孔에 配置한 鋼管을 鑿孔 打設한후 이 鋼管을 Grout pipe로 使用하여 約 30kgf/cm²의 壓力으로 注入을 行하고 鋼管과 注入에 의한 改良體가 一體로 된 長孔 先受工法이다.

11) Super Computer를 使用한 數值 解析 System

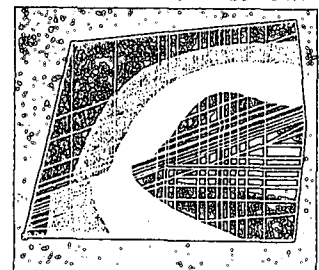
近年의 數值 解析技術, Hard ware의 發展에 隨伴하여 空洞 安定解析이나 浸透流解析 等の 여러가지의 數值解析을 行하고 여러分野의 Needs에 對應하고 있다.



(二次元空洞安定解析)

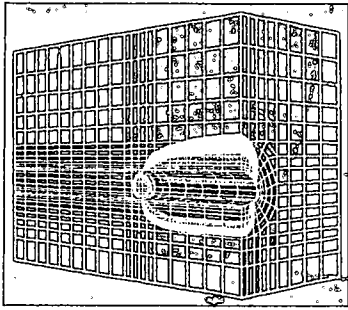


(二次元浸透流解析)



12) 三次元 空洞 安定解析

EWS를 사용하여 解析의 Modeling, Post處理

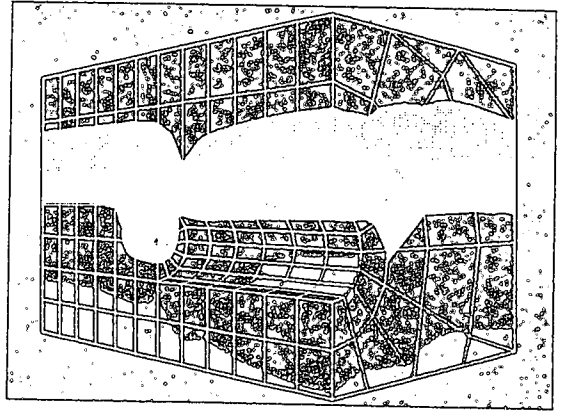


日韓 Tunnel (Japan-Korea Tunnel)

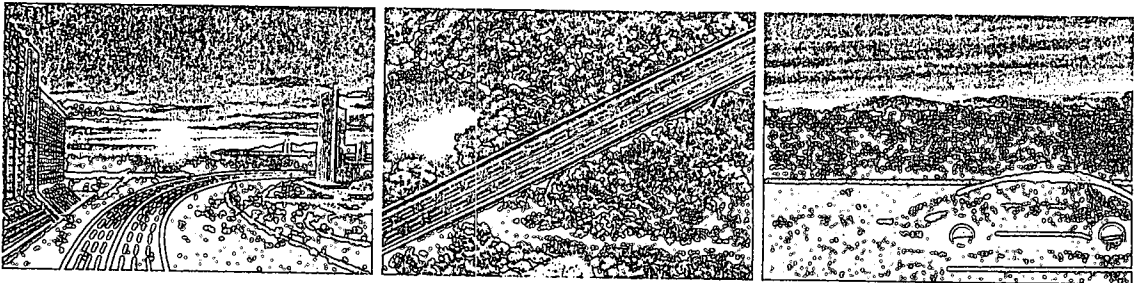
國際 Highway Project, 日韓 Tunnel 研究會
日本과 大陸을 陸續으로, 그리고 世界를 하나로.
세계는 지금 Borderless의 時代를 向해 가고 있다고 말하고 있다. 그러나 정말로 그렇게 되기 위해서는 넘지 않으면 안될 Hurdle은 아직도 큰것 같다. 南北問題나 民族問題, 資源의 浪費, 環境汚染, 不況, 貧困, 失業者... 이제부터 紹介하는 國際Highway·日韓Tunnel Project는 이러한 問題를 解決하기 위한 하나의 提案이다.

全世界를 하나로 잇는 國際 Highway 構想
4大陸을 高速交通 System으로 Network化
國際 Highway Project란 Eurasia大陸의 東西를 高速 交通 System으로 잇고 다시 이것을

를 行함에 의하여 三次元 空洞 安定解析이 可能하게 되었다.



Africa大陸이나 南北 America大陸에까지 延長하여 世界중을 하나의 交通體系로 網羅하려고 하는 壯大한 構想이다. 그 第1次案으로서 東京-서울-北京을 잇는 東Asia Highway가 提案되어 있다. 이러한 國際 Highway의 實現에 의하여 世界속의 나라와 나라를 잇는 人, 物, 情報의 흐름이 圓滑하게 되고 諸地域의 均衡있는 經濟發展이 行해지고 가지각색의 經濟格差를 없앨수 있게 된다. 또한 技術의 平準化도 促進되어 世界各國이 함께 繁榮하는 길을 여는것이 可能하게 된다. 이 構想은 反目과 鬭爭을 反復하는 國益中心主義에 終止符를 찍고 人類愛라는 높은 次元에서 萬民이 平等하게 自由와 平和와 幸福을 享受할 수 있는 理想世界의 實現을 目的으로 하고 있는 것이다.

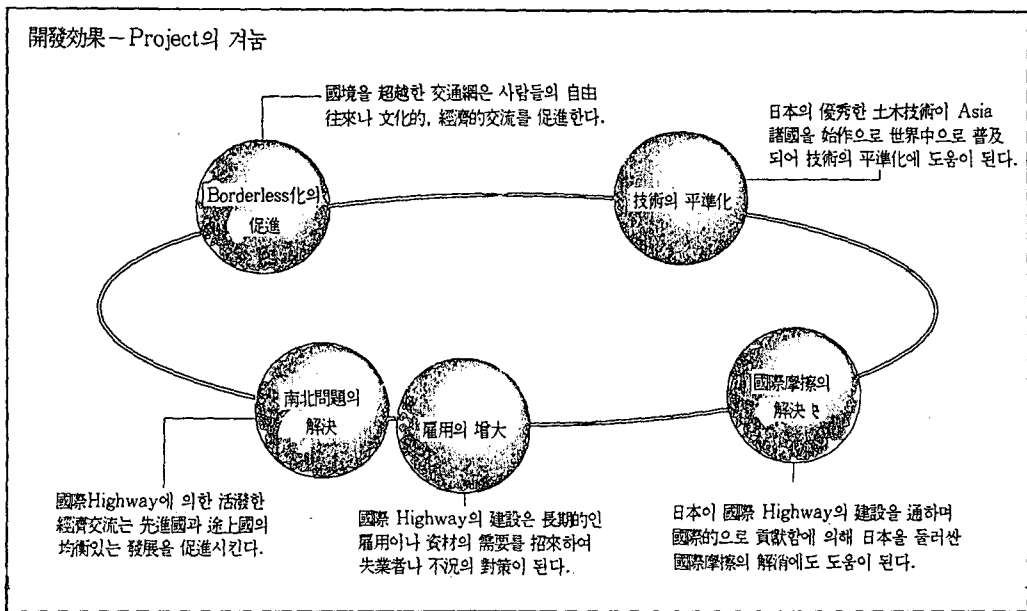


東京에서 韓半島, 中國, 東南 Asia를 거쳐 中近東, Europe 그리고 London으로

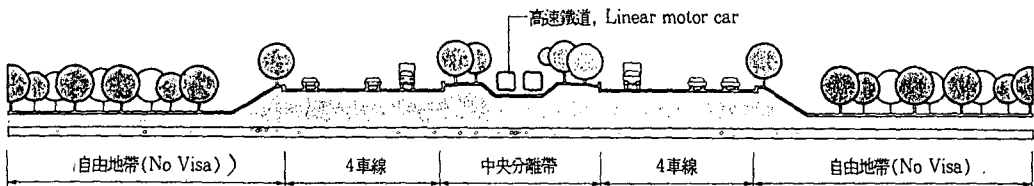
이것은 세계平和를 實現하기 위한 構體案이다.

國際 Highway는 다만 高速道路뿐만이 아니라 超高速鐵道나 Linear motor car, 高速 物流 System, 通信 Network 등을 併設하고 다시 空港이나 港灣을 隣接시킨 綜合的인 交通 System을 目標로 하고 있다. 21世紀를 目前에 둔 오늘, 世界는 새로운 國際秩序를 確立할 必要性이 臨迫해 있다. 本 構想은 Borderless한 世界의 實現을 위하여 큰 役割을 다하고 또한 全世界的인 Network를 만드는 것은, 莫大한 經濟的 浪費와 資源의 損失을 避하는 것도 될것이다. 다시 새로운 視點에서의 土地利用計劃을 推進하는 것도 可能하게 된다.

基本構想으로는 國際 Highway의 兩側의 幅 1 km를 自由地帶로 하고 이곳을 國境을 超越한 地域으로 한다. 여기에는 國籍에 關係없이 누구나 No Visa로 들어갈 수가 있고 人種이나 民族을 超越한 自由로운 交流가 可能하게 된다. 이를 위하여 Highway의 沿線에는 國際會議場이나 Hotel, 娛樂施設 등이 建設된다. 또한 이 自由地帶에는 環境保全을 위한 Green Belt도 實施된다. 國際 Highway에 의하여 世界의 닿는곳에 1日以內로 往復할 수 있게되면 그만큼 世界平和의 實現은 빨라진다고 할 수 있을 것이다.



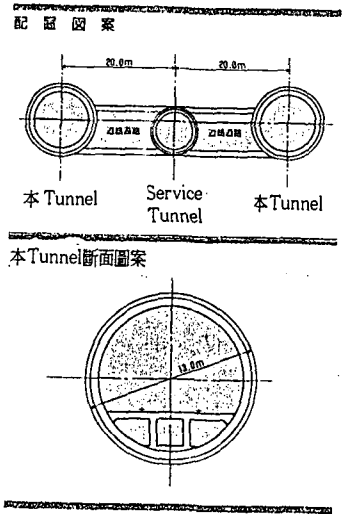
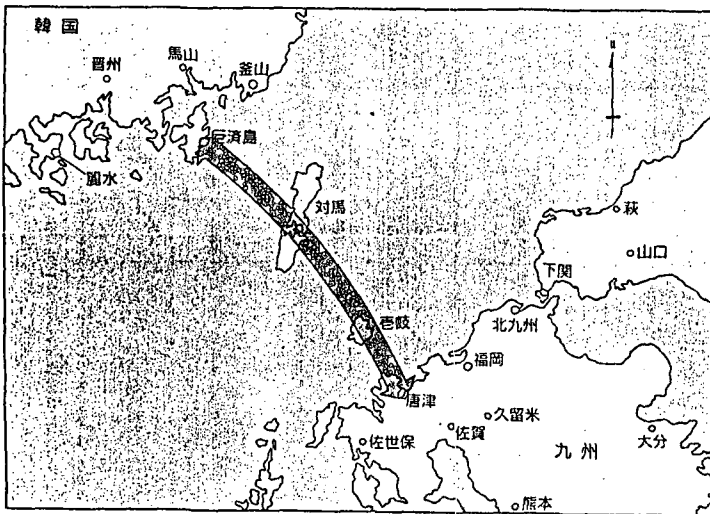
國際 Highway의 基本構想



國際 Highway의 構想中에서 日本이나 韓國, 中國 等 Asia의 나라와 나라를 잇는것이 東Asia

Highway 計劃이다. 이 3國이 自由交流의 길로 잇게되면 서로의 不足分을 補合하여 큰 經濟的 相乘

九州-釜山을 잇는 日韓 Tunnel



效果가 생기게 된다. 이 影響은 Asia 全域에 波及되어 Asia 發展의 큰 索引力이 될 것이다. 이러한 自由往來가 實現된 結果 文化나 經濟 等의 交流가 頻繁하게 되고 國家間의 經濟隔差나 Ideologie의 對立은 解消되는 方向으로 갈 것이다. 將來는 Asia共同體의 形成으로 發展하는 것도 생각된다.

人類의 새로운 挑戰-世界 最長의 海底 Tunnel
 日韓 Tunnel은 國際 Highway project中에서도 가장 難工事가 豫想되는 部分으로 九州 北部에서 壹岐, 對馬를 거쳐 韓國의 釜山으로 이르는 235km의 Route를 海底 Tunnel이나 橋梁으로 잇는 計劃이다. 이것은 總延長이 青函 Tunnel이나 Euro Tunnel에 實로 4倍나 되는 歷史的인 Project이다. 이 Tunnel은 日本에게 있어서 大陸으로의 重要한 玄關口가 될 것이다.

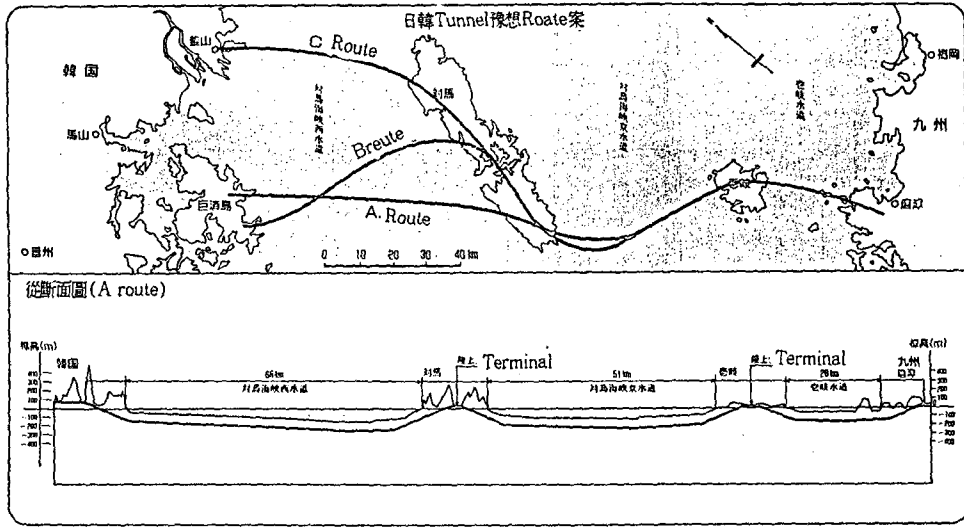
또한 東松浦 半島와 壹岐의 사이는 Tunnel이 아

니라 橋梁으로 잇는 構想도 있다.

日韓 Tunnel이 實現되면 Asia 共同體의 形成을 促進시켜 強固한 經濟圈, 文化圈을 만들어내는 다리가 될 것이다. 多幸히 日本에는 青函 Tunnel이나 四連絡橋를 完成한 훌륭한 技術力이 있다. 現在도 이미 青函 Tunnel 等에 同伴해은 많은 技術者가 日韓 Tunnel 計劃에 參加하여 調査活動이 착착 進行되고 있다. 人類의 限없는 Challenge(挑戰) 精神은 말할 것도 없는 壯大한 事業에 挑戰하려고 하고 있는 것이다.

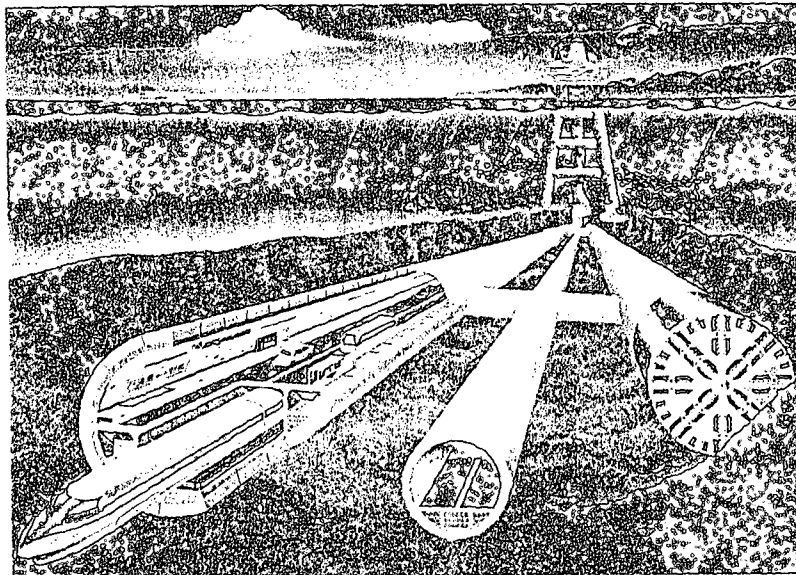
21世紀의 Asia에 있어서 極히 重要한 Infra로 된다.

日韓 Tunnel이 實現되면 人, 物, 情報의 國際交流가 活潑해지고 技術이나 産業의 平準化가 行해져서 Asia地域의 均衡있는 發展에 寄與할 수가 있다. 特히 東Asia는 人的資源, 物的資源이 多樣하

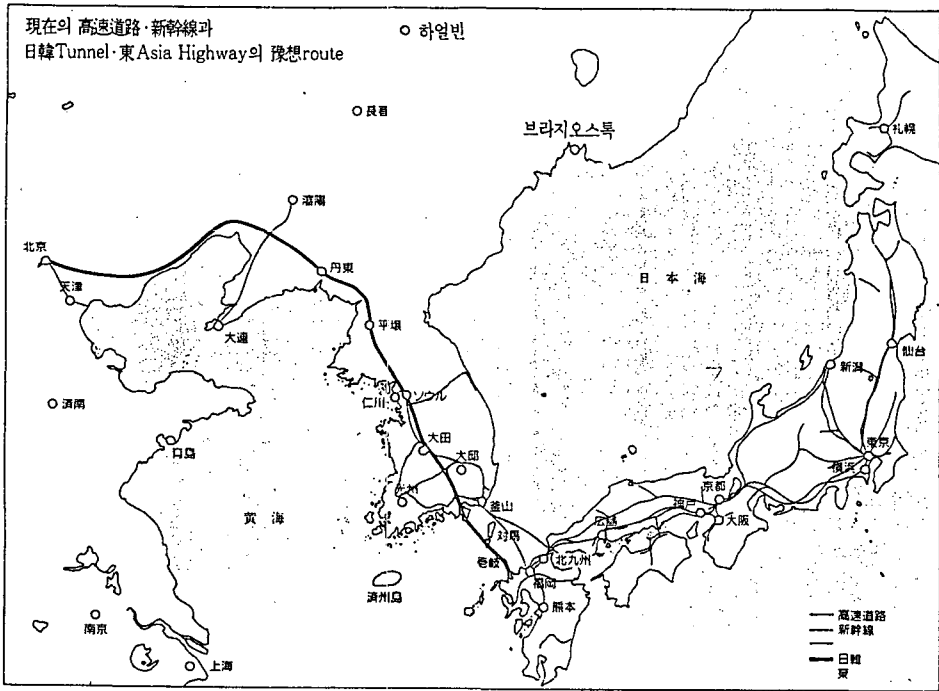


고 더구나 豊富하며 交通機關을 充實하게 함에 의 해 強力한 經濟圈을 만들수가 있다. 이때 日韓이 工業國으로서 中核的인 役割을 갖게 된다. 다시 完成까지의 過程에서 長期的으로 雇用이나 資材의 需要가 생기므로 關聯地域에 莫大한 經濟效果를 招來하여 景氣의 安定化나 經濟摩擦의 解消에도 連結된

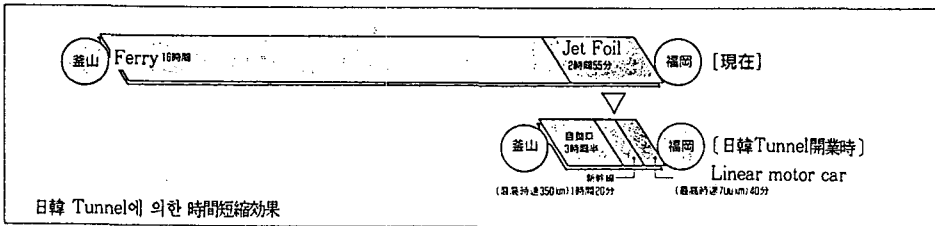
다. 오늘날 日本의 國際的인 貢獻度를 여러가지로 묻고 있으나 이 Project를 推進하는 것은 日本이 世界에 대하여 歷史的인 貢獻을 다하고 또한 世界平和를 向한 Leadership을 發揮할 수 있는 最良의 方法이라고 말할 수 있을 것이다.



完成豫想圖(高速道路와 Linear motor car의 併用案)



Asia 共同體와 實現을 向하여

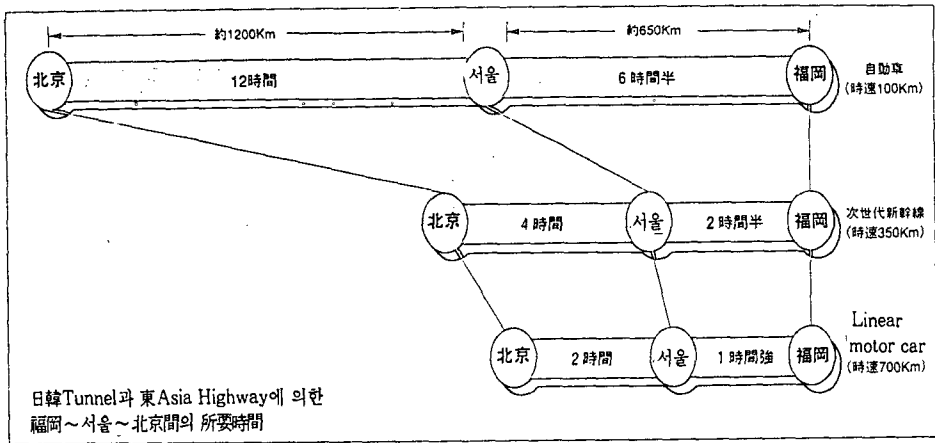


日韓 Tunnel로 日本과 大陸이 陸續으로

現在 福岡에서 釜山까지의 航路는 Ferry에 의하여 約 3時間으로 있고 있다. 日韓 Tunnel이 完成되면 이곳을 自動車가 通過함에 의하여 兩都市間은 約 3時間半에, 次世代의 新幹線(時速 350km)이면 1時間20分 程度로, Linear motor car이면 40分 程度로 短縮된다. 所要時間의 短縮效果뿐만이 아니라 Tunnel에 의하여 日氣에 左右되지 않는 安全하고 確實한 交通網이 形成되므로 船舶이나 航空機와는 다른 輸送 Service의 提供이 可能하다. 現在 日

本, 韓國間的 觀光客의 大幅의인 伸張과 함께 貨物 輸送에도 增加의 傾向이 있고 大量으로 더구나 安全한 交通手段을 얻을 수 있으므로 日韓 Tunnel의 有効利用이 期待되고 있다.

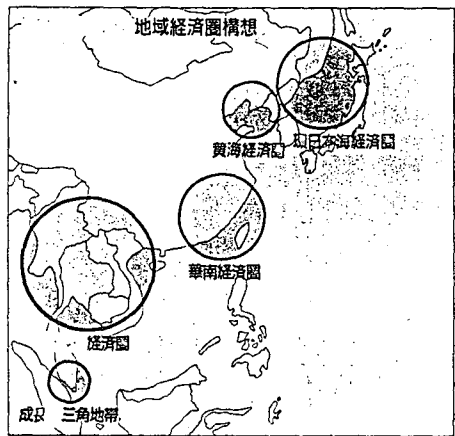
또한 將來 日韓 Tunnel이 東Asia Highway에 連結되어 北京까지 延長되면 福岡~北京間은 新幹線으로 約 6時間半에 Linear motor car이면 約 3時間半으로까지 短縮되게 된다.



21世紀의 새로운 交通 System 만들기

日韓 Tunnel은 Asia經濟圈의 大動脈

近年 環日本海 經濟圈이나 環黃海 經濟圈 등이 話題로 되어 있다. 政治的인 壁에 의하여 遮斷되어 있던 나라들에 새로운 時代의 흐름에 의해 交流의 길이 열려져 왔다. 이 地域은 資源이나 人材의 면에서 膨大한 潛在力을 갖고 있고, 큰 可能性을 秘藏하고 있다. 오는 21世紀는 東Asia의 時代 또는 極東의 時代라고도 말하여지고 있다. 日韓 Tunnel은 이들의 地域을 密接하게 連結하여 새로운 經濟圈을 成長시키는 大動脈이 될 것이다. 統合 EC나 北美에 匹敵하는 Asia共同體의 實現도 꿈은 아니다.



오늘 產學研의 主人이 몇이나 됩니까?

강한 責任感을 가진 者가 眞正한 主人이요, 無責任하게 傍觀하는 者는 손님이외다.

產學研맨(MAN)은 모두가 產學研 主人인데 얼마나 되느냐고 묻는다면 이상할 것이외다.

그러나 오늘 產學研에 主人다운 主人이 얼마나 있는지 알 수 없습니다.

잘되고 못되는 것이 나에게 달렸다는 강한 責任感을 가진 者가 眞正한 主人이요 無責任하게 傍觀하는 者는 손님이외다.

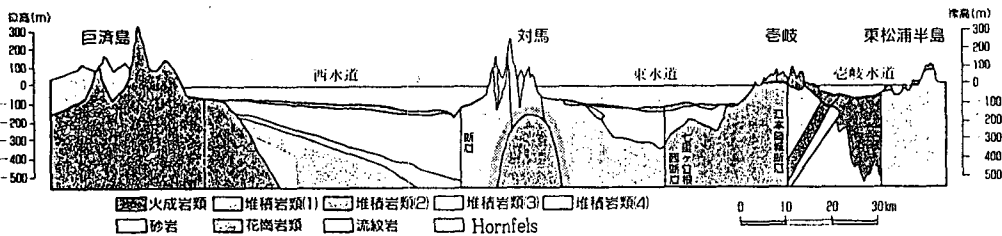
周邊을 돌아보아 眞正한 主人이 없다싶으면 빨리 나부터 참 主人이 되도록 노력합시다.

國際Highway, 日韓 Tunnel Project의 발걸음
 國際Highway 構想이 처음으로 提唱된 것은
 1981年의 11月이다. 이 提唱을 받고 다음해인
 1982年의 4月에는 日本에서 「國際Highway 建設
 事業團」이 設立되어 九州의 北部나 壹岐, 對馬에서
 地質調査를 開始하였다. 다시 翌年의 1983年 5月
 에는 많은 專門家나 有識者가 모여 「日韓tunnel
 研究會」가 發足되고 調査結果에 의거하여 Route
 의 選定이나 施工法의 檢討 等을 行하게 되었다.
 當研究會에는 青函tunnel의 經驗者도 多數 參加하
 고 있다. 調査活動은 地表踏査나 陸海의 Boring調査,
 海洋 音波探査나 Dredging, 環境調査 等 多岐
 에 걸쳐 있다. 또한 1986年 10月부터는 佐賀縣에서
 調査 斜坑의 掘鑿이 開始되었다. 같은 1986年
 에는 韓國에서 「國際 Hingway 研究會」가 設立되
 었고 巨濟島에서 Boring調査 等을 始作하였다.

이러한 調査의 成果에 의해 日韓海峽의 地質狀況
 이 차츰차츰 明白하게 되어 왔다. 이것에 의하면
 巨濟島는 白堊紀層의 堆積岩類로, 對馬는 第3紀層
 으로 되어있고 어느것이나 모두 花崗岩의 貫入을
 받고 있다. 壹岐는 玄武岩類를 主로하는 火成岩類
 가 分布되어 있고 基盤岩은 第3紀層으로 되어 있
 다. 또한 對馬海峽의 西水道와 東水道의 海底에는
 모두 斷層이 있고 軟質의 砂層이 두껍게 堆積되어
 있다. 이 區間이 難工事가 豫想되는 곳이다.

한편 東Asia Highway의 實現을 向해서도
 1988年 7月에 中國의 首腦와의 會談이 行해지고
 그 第1段階로서 北京에서 丹東(北韓과의 國境都市
 의 거리)까지를 잇는 中國 Highway를 計劃하게
 되었다. 다음해인 1989年 4月에는 北京에 「京丹
 國際高速公路計劃 準備委員會」가 發足되어 여러가
 지의 調査活動을 行하고 있다.

日韓海峽의 地質概要



世界的 海峽連結 Project World Big Project

EUROPE

1) Euro tunnel

日本の 技術力이나 資本도 參加하여 建設이 進行
 되고 있는 Euro tunnel은 1988年 2月에 本坑의
 掘鑿이 開始되어 1991年의 6月에는 貫通하였다는
 Speed工事였다. 1993年의 完成을 目標로 하여 現
 在 最終的인 施工이 行하여지고 있고 完成되면
 France國鐵의 超特急 TGV(時速 300km)에 의하
 여 London~Paris間을 3時間에 走破하게 된다.

2) Bosphorus橋

Asia와 Europe을 갈라놓은 Bosphorus海峽에는
 1973年에 全長 1,560m, 6車線의 吊橋가 架設되
 었다. 그러나 그후 交通量의 增大에 의해 새로운
 다리의 必要性에 쫓겨 1988년에는 第2Bosphorus
 橋가 完成되었다. 이 工事에는 日本人의 技術者도
 參加 하였다. 또한 이 近處의 골든혼橋는 日獨의
 企業體에 의해 施工이 進行되고 있다.

3) Scandinavian Link

Balt海에서 北海로의 出口에 位置하는 Den
 mark의 諸島를 잇고, Denmark와 Sweden과 獨

逸을連結하는 壯大한 計劃이 Scandinavian Link 이다. 이 計劃은 3個의 큰 海峽連絡路로 되어 있다. 즉 國際海峽인 오레손海峽과 웨마른海峽 그리고 Denmark領內의 스토레海峽이다. 이中 스토레海峽 連絡路는 1987年에 着工하고 있다.

4) Gibraltar 連絡

1979年에 Spain과 Morocco의 兩國王이 Gibraltar 連絡計劃에 合意하고 調査가 始作되었다. 이 海峽은 幅이 最小部分에서 15km로 比較的 좁은 것에 비해 水深이 最大 900m로서 매우 큰 것이 特徵이다. 이 問題를 克服하기 위하여 海底tunnel 案 등이 나와있고 現在 檢討가 繼續되고 있다.

JAPAN

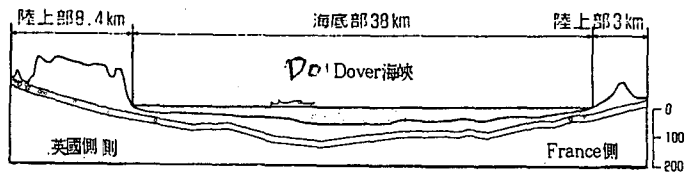
1) 東京灣 橫斷道路

東京灣 橫斷道路는 全長 15km中 川崎側의 10km가 海底tunnel, 木更津側의 5km가 橋梁이 된다. Tunnel 區間은 直徑 14m라는 世界最大의 Slshield machine이 前例가 없는 軟弱地盤을 掘鑿

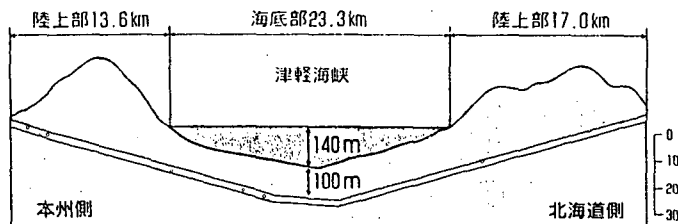
한다는 것으로 世界中의 技術者의 關心을 集中시키고 있다. 1996年에는 開通할 豫定이고 東京灣 環狀道路의 中心에 位置하게 된다.

2) 青函tunnel과 本四連絡橋

1988年 青函tunnel과 本四連絡橋라는 2個의 巨 大事業이 完成되었다. 이 偉業은 日本의 技術力의 優秀性을 世界에 나타내고 또한 世界의 土木事業에 큰 影響을 주었다. 青函tunnel은 本坑의 掘鑿만으로 14年, 調査期間을 넣으면 全體적으로 40年의 歲月을 消費한 참으로 世紀의 大事業이라고 말할 수 있다. 또한 本四連絡橋는 다리의 展覽會라고 말할 수 있을 정도의 여러가지 形式의 다리가 全長 6 km以上에 걸쳐 一個로 連結되어 있다.



Euro tunnel



青函Tunnel