

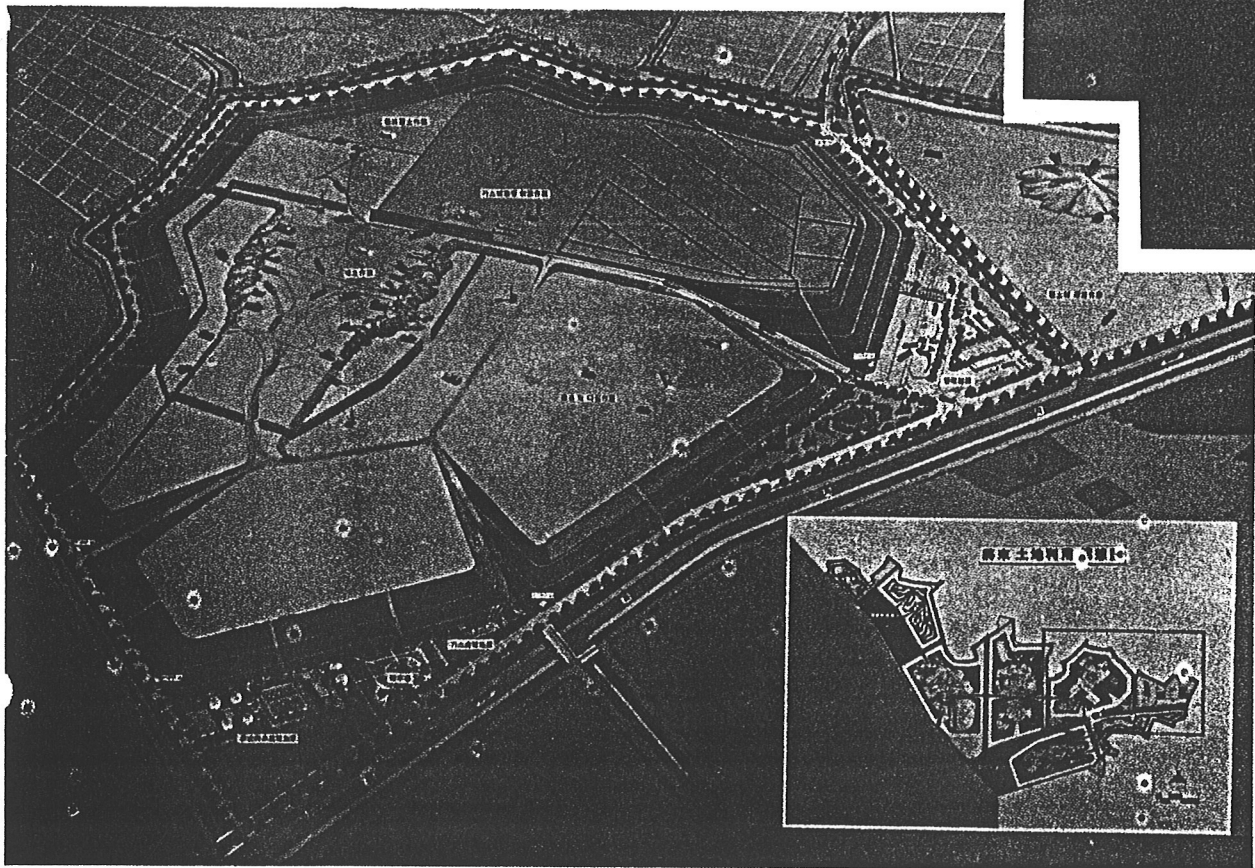
대한토목학회지

No. 111 (1/21)

JOURNAL OF THE KOREAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS

ISSN 0494-481X

Vol. 39, No. 5/통권 157/1991.10



특집- 폐기물 관리

사단법인 대한토목학회

대한토목학회지

제 39 권 제 5 호 / 통권 157/1991.10



大韓土木學會 마크

(20週年 記念事業・1972.9)

현상공모작품 중에서

가작으로 당선

도안자: 柳學永 會員

■ 목 차 ■

■ 논 단 / 경인운하의 필요성	한수은 ... (1)
■ 제 언 / 남북한 건설문화와 르네상스 운동	김동휘 ... (5)
■ 전문각엣세이 / 행복은 성적순이 아닌가?	전몽각 ... (7)
■ 기술기사 / 하구호에 의한 수자원 배발	서영제 외 ... (9)
■ 정보기사 / 한·일 해저터널계획 추진개요를 보면서	이경진 ... (17)
■ 학술강연회 / ① 조선 전후기 아치교의 건설기술 비교연구	김근섭 ... (26)
② 수원성 축성에서 본 18세기 건설기술	김동욱 ... (37)
■ 국제학술회의 / ① 하천유사문제 국제심포지움을 마치고	이상태 ... (43)
② The 11th SMIRT Conference를 다녀와서	심종성 ... (47)
③ 국제회의의 참가보고	김덕현 ... (49)
■ 본회기사 / 학회소식	학회사무국 ... (112)
토목학회 신회관 건립기금 신입자 명단 및 입금내역	... (120)

■ 특 집 · 폐기물관리

1. 폐기물 관리 현황 및 방향	...신항식... (51)	5. 도시폐기물의 매립기술	...이정전... (75)
2. 폐기물의 수송 및 중계처리	...김종오... (55)	6. 슬러지 및 분뇨처리기술	...최의소... (89)
3. 폐기물의 재활용 및 자원회수	...이동훈... (62)	7. 유해폐기물 관리	...구자공 · 유희찬... (94)
4. 소각처리	...윤계섭... (69)	8. 불량처분지의 환경정화	...배우근... (99)

■ 發行 社團法人 大韓土木學會/서울特別市 江南區 驛三洞635의 4 科學技術會館 404號/郵便番號 135-703/電話 562-9178~9 ■
 Fax 552-9366 은행지로 7516034 ■ 代替口座 010017-31-0510842 ■ 編輯人 및 發行人 鄭然世 ■ 印刷人 天豐電算 庚商泰
 ■ 登錄番號 第 마 833/1970年 7月 1日 登錄/隔月刊/非賣品 ■ 印刷 1991年 10月 25日 ■ 發行 1991年 10月 31日 ■ 通卷 157號

情報記事

韓・日海底터널計劃 推進概要를 보면서

李 慶 鎮*

《目 次》

1. 序 言
2. 推進經緯
3. 韓・日 海底터널 推進機構
4. 韓・日 海底 터널 計劃概要
4. 結 言

1. 序 言

日本에서 韓國을 거쳐 英國까지 自動車로 달리게 될 것이다. 그것은 「꿈」이지만 결코 「꿈」은 아니다.

이것은 將次 地球表面을 再編成하게 될 25個 超大型 프로젝트 中 하나로 主要國家에서 21世紀를 對備해 檢討中인 遠대한 構想이다.

이 巨大한 프로젝트中에는 이미 工事中에 있는 것도 있다. 특히 도-버 海底터널은 英國과 佛蘭西의 合作企業이 兩國政府의 許可를 얻어 오는 '93年 開通을 目標로 現在 活潑히 工事が 進行中에 있다.

國際 Highway 建設을 비롯하여 現在 構想中인 21世紀 超大型 프로젝트를 紹介하면 다음과 같다.

① 韓・日 海底 터널

다음 章에서 具體적으로 紹介코자 하다.

② 베링해협 댐건설

미국 알래스카와 소련 사이의 最短距離는 85.2km, 平均水深은 50m 以內다. 여기에 댐을 建設하여 海流의 移動을 調節하면 시베리아의 겨울 氣溫이 섭시 5~10도가 上昇하게 되어 시베리아와 알래스카에 巨大한 農耕地가 造成된다.

③ 북아메리카 水資源 計劃

로키산맥에 巨大한 貯水池를 築造하여 물 不足에 허덕이는 美國南西部에 供給하는 工事로서 알래스카와 캐나다 北西部에서 太平洋으로 流入되는 물을 로키산맥의 狹谷으로 끌어들이어 댐을 築造하는 計劃이다. 추정 事業費은 大略 1천 3백億불이다.

④ 캐나다 橫斷運河

太平洋과 五大湖間을 運河로 掘착하여 連結하여 五大號의 豊富한 물을 北部地域에 供給하고 物資輸送路로 利用하는 計劃이다.

⑤ 제2파나마 運河計劃

本 計劃은 1964年 美國의 존슨大統領의 指示로 妥當性調査가 實施되었다. 約 58km에 달하는 제2運河의 工事費은 約 2百億달러. 여러개의 比較路線中 現 파나마 運河의 北쪽 15km를 지나는 區間이 有力해 大型프로젝트 中 施工단계에 있는 도버海底 터널과 더불어 實現性이 가장 크다.

⑥ 南 아메리카 水資源開發

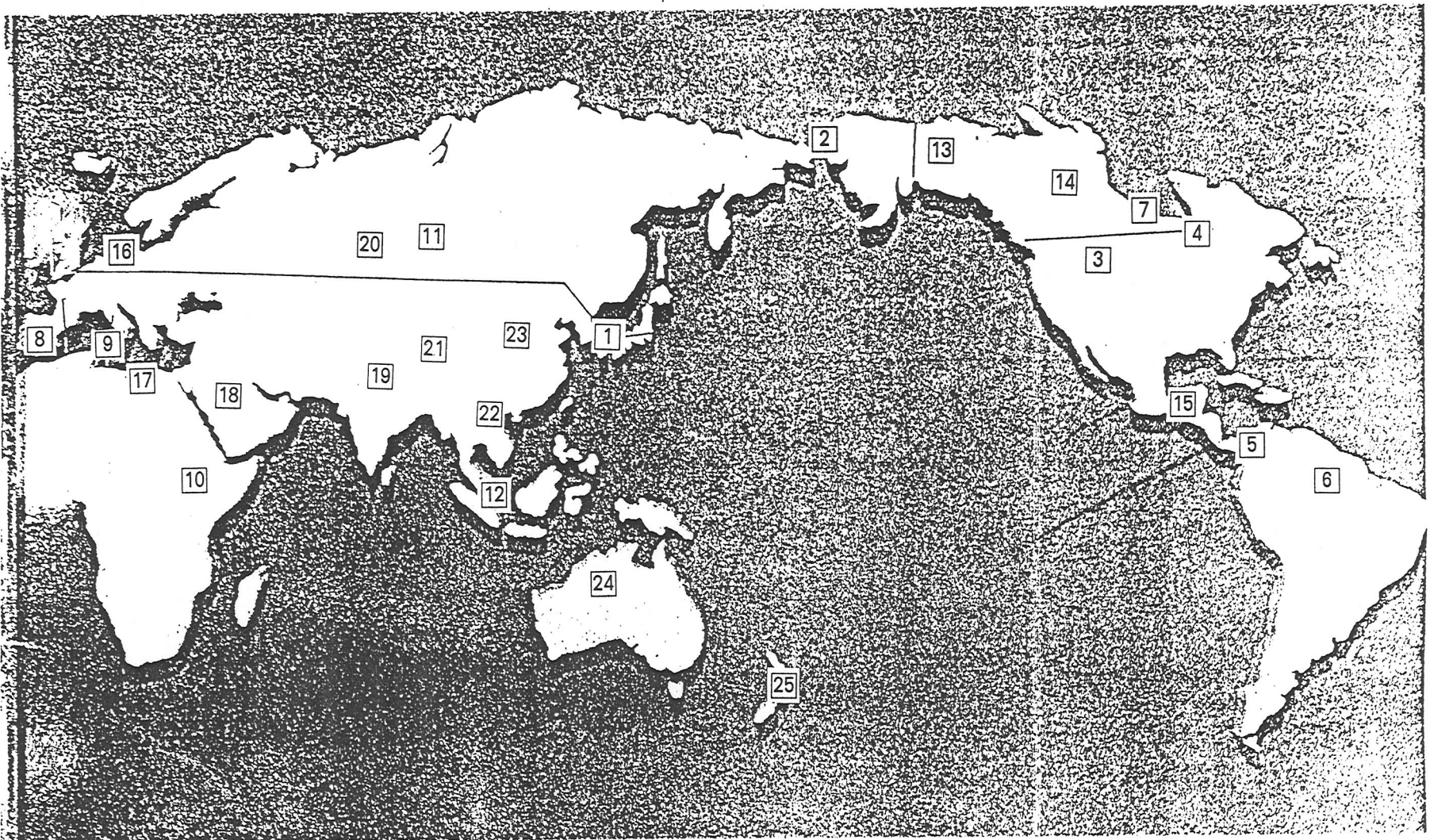
브라질의 아마존江과 파라나江에 超大型댐을 建設해 水資源確保와 함께 莫大한 電力을 生産한다.

⑦ 英・佛 도버 海底터널

本 工事は 歷史적으로 海底터널 構想이 最初로 試圖된 곳이다. 1802年 나폴레온 時代에 프랑스의 한 鑛山技士가 提案한 것이며 1870年代와 1970年에 일부區間이 着工되기까지 했다. 그러나 1870年代에는 英・佛關係의 惡化로 1970年代에는 建設費 調達問題로 各各 工事が 中斷되었다.

지난 1986年 대척-미터랑의 合議로 民間業

*正會員・本學會 專務理事



지구표면을 바꿔놓을 21세기 초대형 프로젝트(번호는 기사의 번호와 일치)

體에 依해 着工되어 今 2百年만에 完工을 눈 앞에 두고 있다. 이 도·버 海底터널을 約 51km의 鐵道 터널로 '93年 開通豫定이다.

⑧ 지브롤터 海峽터널

約 28km길이의 지브롤터 海峽 터널 역시 19世紀부터 論議가 돼온 것으로 지난 '79年 스페인의 國王 카를로스과 모로코의 國王 핫산이 海峽連絡計劃에 合議함으로써 터널建設을 위한 設計가 進行中에 있다.

⑨ 地中海 橫斷 輸送管建設

프랑스 南部 론江에서 알제리北部를 連結하는 管路工事로서 프랑스는 알제리에 물을 供給하고 알제리는 石油과 가스를 이 管路를 利用하여 輸送한다.

⑩ 아프리카 中央 湖水 開發

1932年 獨逸의 技術者 「헤르만」은 아프리카 中央에 2個의 人工湖水를 建設 不耗地를 耕作지로 만들 것을 提案했다. 풍부한 수량을 갖고 있는 자이레강을 역류시켜 콩고호로 보낸 후 이를 다시 차드호와 運河로 連結한다는 計劃이며 이렇게 되면 차드호는 現在의 카스피해만큼 커져 2百萬km²의 사하라사막이 開闢되어 아프리카 주민이 빈곤에서 벗어난다.

⑪ 시베리아의 江역류計劃

北極海로 들어가는 예니세이江, 오브江을 역류시켜 수위가 떨어지고 있는 카스피해와 아랄해로 供給한다. 이것이 完工되면 카자흐地域이 開闢돼 年 15~38%의 곡물生産이 增加한다. 추정 工事는 約 1천 5百億달러로 소련에서 야심적으로 추진하고 있다.

⑫ 쿠라운하

말레이 半島地域에 102km의 運河를 굴착하여 印度洋과 남지나해를 連結한다. 1972年 태국 政府는 한 中國系 實業人에게 調査를 許容, 具體的인 計劃이 報告됐다. 이 運河의 建設은 現在의 말라카 海峽通過보다 輸送時間을 단축시키고 이 地域의 工業化를 促進시킨다. 이 建設을 위해 태국政府는 日本 技術진에 의뢰하고 있다.

이외에도 아래와 같은 프로젝트가 추진되고 있다.

⑬ 알래스카 縱斷 가스파이프라인

⑭ 캐나다 中央平原, 開發

⑮ 태완 테팩선박 수송철도

⑯ 유틀란트반도와 코펜하겐 연결교

⑰ 메시나 海峽 橫斷橋

⑱ 티그리스江의 물을 쿠웨이트로 流入, 아라비아 반도개발

⑲ 印度의 大運河

⑳ 유라시아 Highway

㉑ 히말라야 水力發電

㉒ 베트남 메콩江댐 建設

㉓ 中國 大運河

㉔ 호주 縱斷 運河

㉕ 뉴질랜드 庫海峽터널 等이다.

2. 韓·日 海底터널 推進經緯

韓·日 海底터널 計劃은 2次 世界大戰 前부터 現在까지 3회에 걸쳐 構想發表되었다. 첫번째로 1939年 日本鐵道監督官이었던 湯本昇氏가 東亞交通社 發行 「中央亞細亞橫斷鐵道建設論」의 「世界平和의 大道」中에 韓·日터널 計劃을 소개하고 1941년부터 1年餘에 걸쳐 對馬島 海峽에 實際로 物理탐사 및 陸上 보링調書を 實施했으나 戰爭으로 中斷되었다.

두번째로 1980년에 大型建設會社의 하나인 大林組에 「New Asia Driveway構想」을 發表하였으며 本計劃은 日本國 九州의 呼子에서 壹岐島間의 水道를 橋梁으로 連結하고 對馬島 東쪽 水道는 海底터널, 그리고 大韓海峽은 海中 터널로 하여 우리나라 釜山까지를 計劃案으로 提示하였다.

세번째로 1981年 11月 서울에서 開催한 「第10回 科學의 統一에 關한 國際會議(ICUS)」에서 同會議를 主催한 文鮮明氏가 國際 Highway 構想을 提唱하였다.

그 후 日本側에서는 1982年 民間次元에서 「國際 Highway 建設 事業團」을 設立하였고 이어서 1983年 4月에 자문기관인 「國際 Highway Project 日·韓 터널 研究會」를 發足시켜 基本路線의 構想과 構想路線에 대한 政治·經濟的 影響과 地質, 氣象 및 海象 등 各分野에 걸쳐 調書와 研究를 계속하여 왔다.

本 基本路線은 우리나라의 慶南 巨濟와 日本國의 對馬島, 壹岐島를 經由 九州의 西北部의 佐賀縣 鎮四町을 連結하는 總延長은 約 250 km이다.

3. 韓・日 터널 日本側 推進機構

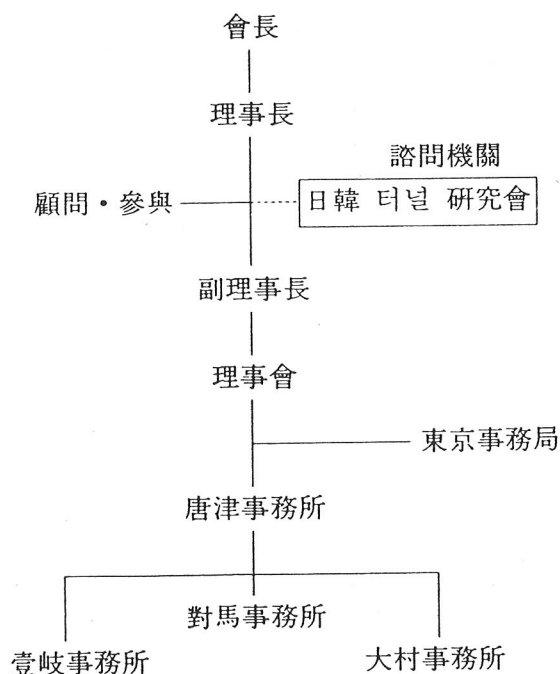
日本側에는 韓・日 터널 建設을 推進하기 爲하여 前述한 바와 같이 「國際 Highway 建設事業團」과 日・韓 터널 研究會」 그리고 「亞細亞技術協力會 日・韓 터널 委員會」가 設立되어 있으며 各 機關別 任務와 機構表는 아래와 같다.

가. 國際 Highway建設事業團

1) 基本任務

- ① 國際 Highway의 建設에 관한 調査 및 研究發展
- ② 國際 Highway의 建設, 施工 및 管理
- ③ 國際 Highway의 建設에 관한 國內外 宣傳, 啓蒙活動
- ④ 機關紙의 發行
- ⑤ 各種 出版物의 發行
- ⑥ 기타 國際 Highway Project에 必要한 事業

2) 機構



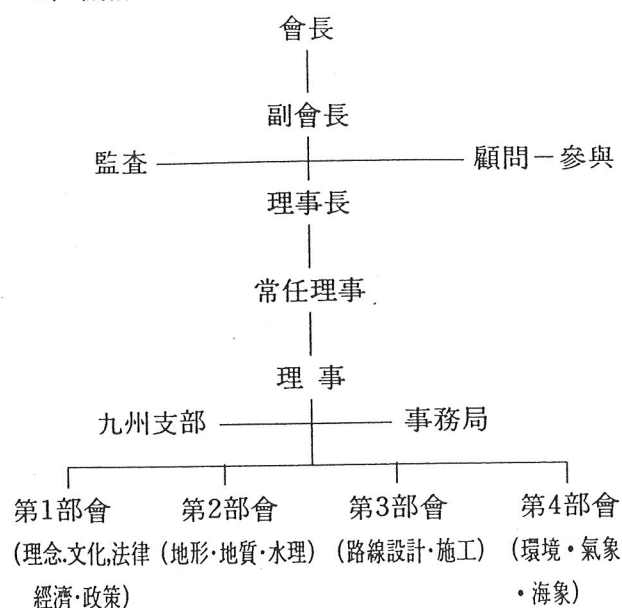
나. 日・韓 터널 研究會

1) 基本任務

- ① 國際 Highway構想의 一還인 日韓터널 計劃에 관한 調査・研究의 受託・委託

- ② 韓・日 터널 計劃에 관한 情報資料의 收集
- ③ 講演會・研究會등의 開催 및 國際交流
- ④ 刊行書의 出版, 廣告, PR 등 諸事業

2) 機構



3) 研究課題

日・韓 터널 研究會에서 現在까지 推進하고 있는 研究課題는 다음과 같다.

- ① 韓・日 터널 建設에 있어서의 經濟波及 豫測
- ② 아세아 Highway의 社會經濟效果의 研究
- ③ 沈埋 터널의 研究
- ④ 壹岐－呼子間の 橋梁計劃
- ⑤ 海底 터널 施工法에 관한 研究
- ⑥ 道路터널의 計劃에 관한 研究
- ⑦ 超長大 터널의 放火設備의 研究
- ⑧ 터널의 走體計劃
- ⑨ 터널 人工島의 計劃
- ⑩ 터널 施工을 위한 注入工法의 研究
- ⑪ 터널 建設에 따른 環境영향에 관한 基礎研究
- ⑫ 터널 關聯 地域開發 整備計劃
- ⑬ 氣象衛星 NOAA 熱赤外畫像에 의한 海況變動의 研究
- ⑭ 對馬島海峽潮位 表示시스템의 開發

4) 基本 推進計劃

韓・日 터널計劃

年度	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
計劃名	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年
理 念 設 定										
經 濟 性 研 究										
政 策 決 定										
陸上地形·地質調査			概 査				精 査			
海底地形·地質調査			概 査				精 査			
抗 內 地 質										
水 文					陸 上		坑 內			
路 線 · 計 劃										
設 計 · 工 法										
工 事 · 施 工										
環 境 調 査						工事調査				

第3部會에서 研究檢討한 路線計劃案 및 工法을 比較한 內容을 簡略하게 說明하겠다.

그러나 韓・日 터널 事業規模는 世界에서 그 類例를 찾아 볼 수 없는 大規模 事業인데 反하여 必要한 자료수집에 매우 어려운 실정에 있다. 特히 公海인 韓國과 日本의 國境을 넘어야 하는 問題 등이 있어 研究檢討結果가 아직 未備한 部分이 많이 있다는 點을 理解하여야 하겠다.

가. 韓・日海底터널 路線計劃

(1) 線形 設定時 基本考慮事項

㉠ 路線選定

路線選定の 前提條件에는 地質上의 留意事項으로 陸上部와 海底部로 區分하여 綿密히 檢討하여 選定하였다.

다. 亞細亞 技術協力會 日・韓 터널 委員會

[基本事業計劃]

- 1) 韓・日터널의 地形, 地質, 環境을 調査하여 路線, 設計, 施工의 研究
- 2) 韓・日 터널의 各調査研究資料를 收集, 整理, 保存하여 韓國 등 아세아 諸國 및 日本國內關係協力團體機關에 提示
- 3) 韓・日 터널을 日本國內外 널리 宣傳啓蒙

4. 韓・日 海底터널 計劃概要

1982年 2月에 日・韓調査事業委員會를 構成하고 1983年 3月에 日・韓 터널 研究會로 그 명칭을 개칭하여 지금까지 100余億엔(540余億圓)의 資金을 投資하여 調査, 研究한 結果를 日本側에서 제시한 資料를 中心으로 하여 概略的으로 소개하고자 한다. 國際 Highway Project 日・韓 터널 研究會 機構表에서 보는 바와 같이 4個部會로 나누어져 있으며, 이 中 路線設計 및 施工에 關한 事項을 擔當하고 있는

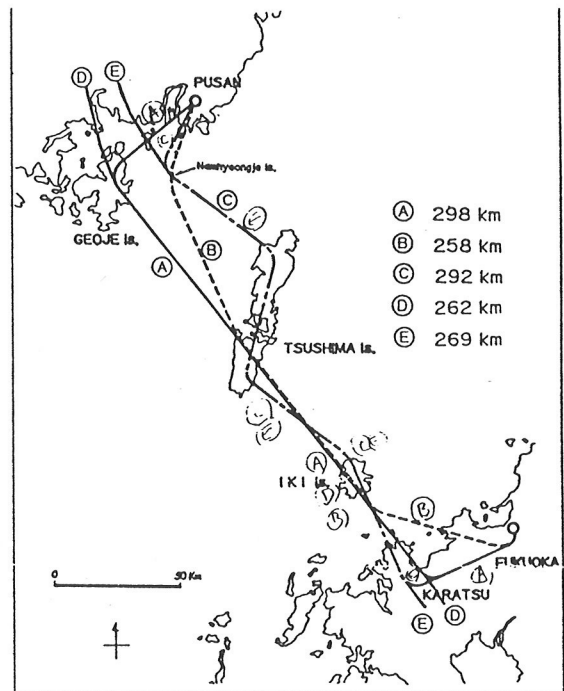


그림 1. 韓・日터널路線案

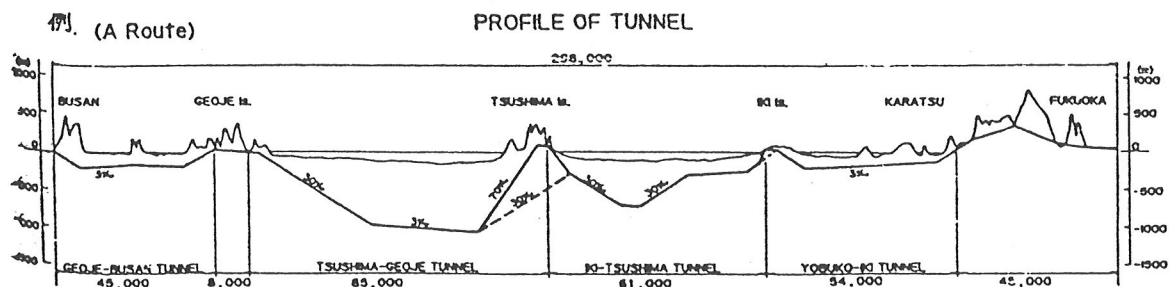


그림 2. 터널 종단도

④ 縱斷線形の 設定

① 末固結層으로부터 100m以上 떨어질 것

② 3彈性波速度程度 1,900m/sec 程度의 固結~末固結으로부터 500m이상 떨어질 것

④ 縱斷勾配는 各方式別로 다음値를 最大로 計劃함.

① 磁氣浮上式 70%

② 自動車道方式 30%

④ 平均曲線半徑은 10,000m를 標準으로 함

(2) 比較路線의 設定

比較路線으로 다음 5個路線을 檢討하였다.

A路線 全長 298.6km

B路線 全長 258.0km 起點 福岡~終點 釜山

C路線 全長 292.4km

D路線 全長 262.3km 起點 佐賀~終點 馬山

E路線 全長 269.0km

① A路線

本 路線은 日本 佐賀縣 呼子町을 起點으로 壹岐島 및 對馬島를 經由하여 우리나라의 巨濟島를 連結하는 路線으로 比較的 直線이며 터널內는 圓滑한 走行性을 갖는 路線이다.

施工上의 問題点으로는 우리나라의 釜山附近에서부터 對馬島海峽의 海底에 연해 있는 大斷層(YangSan:斷層)을 橫斷해야 하

므로 工事施行에 어려움이 있을 危險性이 있다. 그리고 이 路線은 計劃 5個路線中 가장 그 延長이 길다.

② B路線

A路線의 施工上 難點으로 되어있는 大斷層 貫通을 避하고 計劃路線長의 短縮을 시도하였으나 海底部 터널 長이 5個路線中 가장 길다. 또한 福岡(糸島半島)-壹岐를 바로 연결 하는 것으로 되었으나 A路線과 같이 陸地部를 連結하는, 다음 表 1B의 수치와 같이 全長 269.8km 海底部 175.2km 이다.

③ C路線

本路線은 A路線의 大斷層을 避하고 海底部를 最短距離로 連結하도록 計劃한 路線이다. 그리고 人工島築造도 可能的 避하도록 했다.

또한 對馬島를 縱斷하는 路線을 擇하여 對馬島地表를 走行하는 것도 可能하게 했다.

④ D路線

이 路線은 A路線의 起・終點을 各各 福岡에서 佐賀로 釜山을 馬山으로 變更한 路線이다. 中間의 線形은 A路線과 같다.

⑤ E路線

本 路線역시 C路線의 起・終點을 變更하여 起點을 佐賀, 終點을 馬山으로 한 路線이다.

表-1. 路線別延長 및 海底部의 距離

單位: km

	A路線		B路線		C路線		D路線		E路線	
	區間長	海底部	區間長	海底部	區間長	海底部	區間長	海底部	區間長	海底部
福岡-壹岐	90.0	28.8	(90.0) 78.2	(28.8) 37.7	94.0	22.3				
佐賀-壹岐							61.7	28.8	61.3	22.3
壹岐島內	9.0		(9.2) 9.2		16.8	2.5	9.0		16.8	2.5
壹岐-對馬	56.5	56.5	(56.5) 56.5	(56.5) 56.6	46.2	46.2	56.5	56.5	46.2	46.2
壹岐島內	15.8		(16.6) 16.6		60.2	3.2	15.8		60.2	3.2
對馬-韓國 (沿岸의 島)	66.4	66.4	(66.4) 66.4	(66.4) 66.4	41.8	41.8	66.4	66.4	41.8	41.8
韓國島內 -釜山	60.9	20.5	(31.1) 31.1	(23.6) 23.6	33.4	21.9	52.9	7.6	42.7	25.6
合 計	298.6	172.2	(269.8) 258.0	(175.2) 184.2	292.4	137.9	262.3	159.3	269.0	141.16

나. 施工計劃概要

現在 일본에서 施工 經驗이 있는 터널 工法으로 代表的인 것은 山岳터널工法, Shield 工法, 沈設工法의 3種類를 들 수 있다. 그러나 한 • 일 海底 터널 計劃은 前述한 바와 같이 世界的인 稀有的 大事業으로 多角的인 檢討가 必要하다.

그래서 일·한 터널 研究會에서는 노선선정 문제, 交通수요예측, 터널構造, 橋梁, 道路換氣, 防災設備, 有料道路制 리-니아카, 山岳工法, Shield工法, 沈設 工法 以外 沈埋工法, 水中터널 工法, 注入工法, 立坑計劃 등을 研究檢討해 왔다.

그러나 아직까지 研究檢討해야 할 事項이 많 이 있고 또한 路線, 工法, 斷面 構造 등이 未確定된 단계에서 現在까지 研究檢討한 計劃案 中 代表的인 6個案을 比較하였다.

1) 道路터널計劃

同計劃案은 道路터널 委員會에서 提示한 案으로서 그 特徵은 于先 自動車走行 가능한 터널을 目標로 하고 추가하여 리-니아 모터를 併用하는 것을 提案했다(Linear Motor car).

또한 主要工法으로는 泥水 Shield工法(shield tunnel)을 擇하고 工期短縮과 換氣를 위해 每18km마다 1基의 人工島를 建設하는 것으로 한 点이다.

이 案은 첫째로 路線은 最短海峽幅 最淺部 등을 考慮하였고 對馬島에 있어서는 上島 中央附近 부터 巨濟島를 向하도록 되어 있다. 縱斷勾配는 最急勾配와 換氣量底減을 考慮하여 2%로 했다.

換氣는 Jet fan, 集塵設備, 冷却設備, 附着式인 縱流換氣方式으로 最大換氣區間長 18km 最大換氣量 $670.1\text{m}^3/\text{sec}$ 이다.

計劃 交通量은 2000年 時點에서 3万台, 大型車混入率은 15%로 推定하였다.

施工法은 大韓海峽에 對한 海上Boring, 音波深查 등의 結果로부터 未固結軟弱層이 깊게 堆積되어 있음이 분명하여 겹으므로 水壓 등을 考慮하여 가능한한 淺部를 通過하도록 하여 平均土被가 40m程度에서 外徑 14m의 大斷面 泥水 Shield工法을 檢討하였다. 斷面은 2層의 構造로 上層은 2車線道路, 下層은 리

니아카 및 避難坑, 諸附屬設備 空間으로 두었다. 이와같은 터널을 2個로 並列시킨 斷面이다. 이 計劃案의 課題 및 問題点으로는 總 18兆円(100兆원)의 工事費, 自動車, 走行時의 安全性, 快適性, -255m深度에서의 Shield工法의 可能性, 特히 機械의 耐高水壓, 耐久性이나 Segment의 Shield工, 接合構造 등이 큰 課題이고 또한 換氣冷却, 集塵 system, 自動車燃料의 推移, 더욱 換氣의 初期吹出風速이나 Piston效果, Linear car의 走行時 風壓 등이 基本的인 檢討課題로 대두되고 있다. 施工方法上 가장 큰 영향을 주는 海底地質 Data가 絶대로 不足하고 特히 未固結層의 地質, 土質工學的 性狀의 解明을 기다리고 있다.

2) 第3部全長案

이 案은 青函(青森-函立)터널의 實績을 檢討하여 海底部土被를 100m程度로 하고 이에 따라 計劃高를 높혀 水壓을 青函 터널 水準으로 함과 동시에 路線은 壹岐부터 巨濟島까지 거의 一直線의 最短 距離를 取하여 對馬, 壹岐兩島에 地上設置를 可能케 하고 있다.

施工法은 泥水 Shield 工法을 主體로 하면서 從來의 注入掘削의 山岳터널도 可能的 區間에서는 取하는 것으로 했다. 斷面に 있어서는 立體의 關係로부터 리-니아 Car로 한정하는 경우에는 複線用 本坑 1本 또는 單線本坑 2本을 생각할 수 있으나 大口徑으로 할 경우에는 道路와의 併用斷面도 可能할 것이다. 결국 어느 경우에도 Multi-Fase Shield 工法의 선택도 可能할 것으로 생각된다.

이러한 경우에는 表-2에 표시한 斷面形象으로 될 것이다.

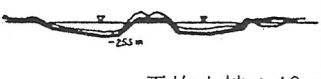
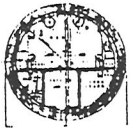
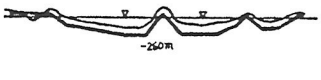
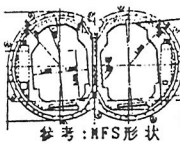
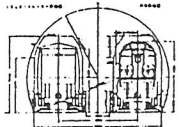
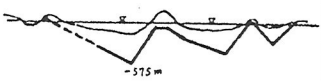
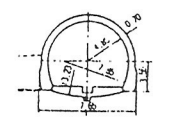
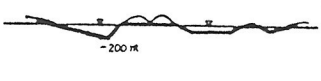
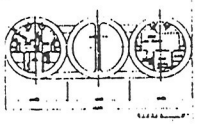
同案에 對한 課題 및 問題点으로는 1)案과 같이 2百餘m 深度에서 泥水 Shield工法의 可能性 또는 同深度에서 注入, 掘削工法의 可能性 特히 土質에 對한 工學的 性狀이 不分明한 상태에서 더욱 工法 決定이 어렵다.

또한 山岳工法의 경우는 各各 同時注入工法 등에 의한 掘進速度의 飛躍의 向上이 큰 課題가 될 것이다.

3) 特團案

同案은 第一最初로 提案된 것으로 全區間을 山岳工法으로 施工하는 것으로 當初의 音波

表-2. 韓日 터널 計劃案 概略比較檢討資料

1) 計劃案	2) 施工法	3) 平面圖	4) 縱斷圖	5) 橫斷面圖	6) 主體	7) 曲線半徑 8) 最急勾配	9) 西水道幅 10) 最大水深	11) 人工島	12) 驛	13) 工期 14) 工費
가. 道路터널 計劃	Shield	全長: 201km 	韓國 對馬 壹岐 九州  平均土被: 40m		道路(4) + Linear(2)	6km 20%	66km -165m	約18km每 計5基	兩島共 地上IC + 地上驛	15年 1兆円
나. 第3部 會長案	山岳工法	全長: 193km 	 平均土被: 110m	 參考: NFS 形狀	Linear(2) 또는 Linear道路 併用도可	6km 20%	68km -158m	要	對馬 地上驛 壹岐 地上驛	- -
다. 特團案	山岳工法	全長: 234km 	 平均土被: 500m		Linear(2)	10km 70%	66km -165m	-	對馬 地上驛 壹岐 地上驛	- -
라. 第2部會 提示案	山岳工法	全長: 204km 	 平均土被: 250m		新幹線(2)	5km 20%	74km -190m	要	對馬 地上驛 壹岐 地上驛	- -
마. 沈埋터널 計劃	沈埋터널 工法	全長: 220km 	 函體上皮覆: 3m		Linear(2)	- -	49km -205m	-	對馬 地上驛 壹岐 地上驛	12~15年 -
바. 沈設(水中) 터널 計劃	沈設(水中) 터널工法	-	-		道路(4) + Linear(2). 또는 Linear(2)	- 5%	- -150m	約18km每 1基	對馬 地上驛 壹岐 地上驛	15年 660億円 /km

注) 1) 施工法: 海底釜區間에 쓰이는 主要施工法
2) 全長: 各案-에 主計劃區間의 概略全長

5) 橫斷面圖: 標準의 橫斷面圖例
6) () 內數字는 道路車線數 또는 線路數

7) 曲線半徑: 最小曲線半徑
10) 各路線通過地點最大水深(大韓海峽)

深査의 結果로부터 對馬海峽에는 數百m以上の 未固結軟弱層이 깊게 存在하는 것으로 推定하여 最深 計劃高를 -1,000m 程度하였다. 同案으로는 Linear 및 Linear Car, Guardtrain(가드레인) 對象走體로 하여 斷面은 거의 青函程度, 最急勾配는 70%이나 對馬, 壹岐 兩島에서 地上에 나오지 않고 深度 -50m程度에 地下驛을 設置하는 것으로 하였다. 問題点으로는 -1,000m程度の 深度에서 掘削實積은 鑛山 等에는 있으나 公共 永久構造物로서 建設 및 利用할 때를 고려하면 工事前에 地熱, 水壓을 포함하여 地質性狀의 解明이 매우 어렵고 施工中의 資材, 作業員의 輸送問題, 施工性, 運用中에서의 消費 Energy의 손실量의 增大 등에 많은 難關이 있다.

4) 第2部會提示案

同案의 特徵은 問題의 海底土質에 대해 南쪽으로 갈수록 新初期堆積層의 두께가 얇아진다는 推定下에 路線을 對馬島 下島西方으로 우회하는 路線으로 擇하여 未固結堆積層 通過區間을 最小한으로 한, 大部分을 山岳工法으로 施工하려고 하는 것이다. 또한 對象走體로서는 新幹線을 고려하여 最急勾配를 20%, 對馬島에서는 地下驛을 계획하였으나 섬 내의 路線 2~3km 우회하여 延長을 하면 地上驛도 可能하다.

課題 및 問題点으로는 海底 數百m의 大深度에 注入固結技術의 適用性, 山岳工法에서의 掘進速度, 數百m에 걸쳐 外洋人工島 立坑의 施工技術, 더욱이 最小한으로 數km以上이 될 것으로 사료되는 未固結堆積層通過區間에 深度 -300~-500m Level에서 施工은 어떻게 할 것인가이다.

또한 同案은 最急勾配 20%의 區間長이 約 100km으로 全長의 約 절반을 차지한다는 点이다.

따라서 縱斷線形에서는 問題点이 클 것으로 생각된다.

5) 沈埋 터널 計劃

特徵으로 路線은 各 海峽最短部를 選定하고 있다. 工法으로는 從來의 準설되메우기에 의한 施工은 水深 30m보다 얇은 곳이고 水深 30m~50m에는 函體를 海底面上에 設置하여

被覆盛土하는 施工法이다. 따라서 海底 土質의 影響은 다른 工法에 比하여 全혀 無關한 利點이 있다.

問題点으로는 1億m³이 되는 埋立土量을 採取, 外洋으로 運搬, 投棄工法, 函體의 連速의 인 製作 運搬 및 100m以上(大韓海峽에서는 200m)의 깊은 水深에서 沈設, 接合作業이다.

6) 沈設(水中) 터널 計劃

同案으로는 水深 100m以上이나되고 大水深下에서 沈埋터널의 基礎施工을 簡略化하여 各函體 自體에 作用하는 水壓을 輕減하기 때문에 基礎를 杭基礎와 이것에 Prefab의으로 投入하는 Jacket로 되는 것으로 하고 極力 海上作業을 輕減, 簡略化하는 것을 꾀하고 있다.

결국 函體가 海底面上의 Jacket에 支持한 狀態로 露出하고 있어 水中 橋梁이라고 할 수 있는 構造 形式이다.

問題点으로는 (5)案과 같이 函體의 連續의 製作, 外洋으로의 運送 沈設 接合作業의 安全性, 또한 大水深에서 基礎杭의 施工, 그리고 精度 等이다. 또한 同種의 構造物에 對해 平常時, 航行, 般舶, 潛水함 等の 沈沒, 衝突에 對한 安定性이 論議되고 있다. 이의 對策, 또는 安定性의 確認이 要求된다.

5. 結 言

일·한 터널 연구회에서 約 10年間 調査, 研究檢討하였으나 路線의 確定, 斷面構造의 決定 및 施工方法 等에 대하여는 아직도 많은 問題点과 課題가 남아 있다. 海底地質性狀을 先頭로 各種 自然條件의 많은 部分이 不明하고 現在 世界에서 本 事業計劃을 適用시킬만한 規模의 施工技術의 事例가 全혀 없는 段階에서 各안에 대한 是非를 判斷하기에는 不可能하다고 본다. 또한 同計劃이 國際的으로 經濟, 政治, 法律 및 地域開發 計劃과 密接한 關係가 있는 点도 問題点이다. 그러나 오늘날 世界情勢는 東西和解와 소련 東歐國家들이 民主化로 開放과 함께 E.C 北美등의 經濟 勃興化 等 激變의 時期를 맞이하고 있다. 우리나라가 位置하는 東北아시아 地域에서도 長期的으로 볼 때 經濟大國인 日本과 中國 (50쪽에 계속)

필자는 30번의 적층후판(Thick Laminates) 분과에서 적층후판의 진동해석에 대해서 발표했다. 이 분과에는 Hahn, Pagano, Vinson, whitney 등 거물급 인사들이 대거 참여하여 재미있게 최신과제에 대한 발표와 토론이 진행되었다.

아리조나의 회의는 지진 및 인공지능 계통에 관하여 미국립 과학재단으로부터의 지원으로 연구를 수행중인 미국내 주요 교수들과 주요 연구기관 요원들의 모임으로 그동안의 연구결과 및 진행상황, 장래의 연구방향 등에 대해서 매우 흥미로운 토의가 있었다. 회의 자체가 국비지원의 초청으로 이루어졌고 총 참가인원은 필자포함 35명이었으며 미국인이 아닌사람은 필자 혼자였는데 주최측이 요구한 “토목 및 건축공학에서의 복합재료구조(Composite Structures in Civil and Architectural Engineering)”란 제목의 강연을 했다. 복합재료 구조의 장점과 지진발생시의 복합재료 구조의 유리한 점,

가격이 저렴할 수 있다는 사실, 기본원리, 수식 해석시의 주의사항 등에 대해서 간략히 이야기했는데 의외로 반응이 기대보다 좋았다.

복합재료에 대한 일반적인 편견은 대체로

㉞. 플라스틱과 혼동하여, 열에 약하다고 생각하거나

㉟. 성능은 우수하나 가격이 높다.

㊱. 이론이 어렵다 등으로 요약되는데 4000°F 이상에서의 고온을 견디는 소재는 고분자가 원료로 되어있는 C/C 복합재료이며, 우수한 설계에 의해서 가격이 저렴한 구조물이 제작될 수 있으며, 기본원리를 이해하면 이론은 어렵지 않다는 등의 내용을 강조해서 많은 호응을 받았다. 특히 과학재단의 참석자들이, 영국의 Elsevier Science Publisher Ltd. 에서 금년내 출판예정인 본인의 저서 “Composite Structures for Civil and Architectural Engineers”의 원고를 참석자들에게 열람 시키면서 선전(?)해 주어서 매우 감사하게 생각한다.

(25쪽에서 계속)

그리고 소련의 일부를 포함하는 經濟圈의 形成이 台頭될 可能性이 높아지고 있다.

특히 日本은 地域的으로 不利한 高립을 脫皮하고자 日本列島에서 大陸을 通하여 歐洲에 이르는 이른바 國際 Highway Project를 提唱하고 1次關門이 되는 韓・日터널에 대하여 前述한 바와 같이 事業團, 研究會등을 設立하여 過去10余間에 걸쳐 國際的인 調査 研究를 實施해 왔다.

이와 關聯하여 우리나라 巨濟島에서 假想路線에 따라 1次地質調査도 實施된 바도 있으

며 日本側은 中國의 丹東—北京間의 Highway 基礎調査를 支援하였다. 소련側도 國際 Highway가 自國을 經由하도록 要請하고 있는 實情이다.

그러므로 日本側에서 本 터널 研究를 계속 推進하고 있고 21世紀에 이루어질 超大型 事業으로 볼 때 우리나라에서도 이러한 日本側의 움직임과 그동안 이론 그들의 調査, 研究成果와 活動을 注視하여 積極的으로 技術的인 情報入手와 協力 등 必要한 對策이 講究되어야 할 것이다.

韓日海底トンネル計画の推進概要をみて

李慶鎮：大韓土木学会正会員・専務理事

1. 序 論

日本から韓国を経てイギリスまで自動車で走ようになる。それは夢ではあるが、決して単なる夢だけではない。将来の地球表面を再編成する25個の超大型プロジェクトのひとつとして、主な国々が21世紀に備えて検討中の遠大な構想である。

この巨大プロジェクトの中には、すでに工事中のものもある。特にドーバー海底トンネルは、イギリスとフランスの合作企業が両国政府の許可のもと、1993年の開通を目標に現在活発に工事が進行している。

国際ハイウェイの建設を始めとする、現在構想中の21世紀の超大型プロジェクトを紹介すると次のようになる。

①韓日海底トンネル

次の章で具体的に紹介する。

②ベーリング海峡ダム建設

アメリカのアラスカとソ連の間の最短距離は85.2km、平均水深は50m内外である。そこにダムを建設し、海流の移動を調節すれば、シベリアの冬の気温が摂氏5～10℃上昇し、シベリアとアラスカに巨大な農耕地が造成される。

③北アメリカ水資源計画

ロッキー山脈に巨大な貯水池を築造し、水不足にあえぐ米国南西部に供給する工事である。アラスカとカナダ北西部から太平洋に流入する水をロッキー山脈の峡谷でせき止めるダムを築造する計画で、推定事業費はおおよそ1,300億ドルである。

④カナダ横断運河

太平洋と五大湖の間に運河を掘削して結び、五大湖の豊かな水を北部地域に供給し、物流輸送路として利用する計画である。

⑤第2パナマ運河計画

本計画は1964年米国のジョンソン大統領の指示で妥当性調査が実施された。約58Kmに達する第2運河の工事費は約2百億ドルである。いくつかの比較ルート中で現パナマ運河の北側15Kmを通るものが有力で、大型プロジェクトの中でも施工段階にあるドーバー海底トンネルと共に実現性が最も高い。（訳注：現パナマ運河の西側15Kmを走るルートが有力）

⑥南アメリカ水資源開発

ブラジルのアマゾン川とパラナ川に超大型ダムを建設し、水資源を確保するとともに莫大な電力を生産する。

⑦英仏ドーバー海底トンネル

本工事は歴史的にみても海底トンネル構想として初めてのものである。1802年、ナポ

レオンの時代にフランスのある鉱山技師が提案したもので、1870年代と1970年代に一部の区間が着工するに至った。しかし、1870年代には英仏関係の悪化で、1970年代には建設費の調達問題でそれぞれ工事が中断された。去る1986年にサッチャー、ミッテランの合議で民間団体により着工され、おおよそ2百年ぶりの完工が目前に控えている。このドーバー海底トンネルは約51Kmの鉄道トンネルとして1993年の開通予定である。

⑧ジブラルタル海峡トンネル

長さ約28Kmのジブラルタル海峡トンネルはやはり19世紀から論議されてきたが、去る1979年スペインの国王カルロスとモロッコの国王ハッサンが海峡連絡計画に合議しトンネル建設のための設計が進行中である。

⑨地中海横断輸送管建設

フランス南部のロン川とアルジェリア北部を連結するパイプライン工事で、フランスはアルジェリアに水を供給し、アルジェリアは石油とガスをそのパイプラインを利用して輸送する。

⑩アフリカ中央湖水開発

1932年ドイツの技術者ヘルマンはアフリカ中央に2つの人工湖水を建設し、不毛地を耕作地にすることを提案した。豊富な水量を持つザイル川を逆流させてコンゴ湖に送り、それを再びチャド湖と運河で連結する計画で、そうなればチャド湖は現在のカスピ海ほどの大きさになり、2百万Km²のサハラ砂漠が灌漑され、アフリカの住民は貧困から脱することができる。

⑪シベリアの河川逆流計画

北極海に流れ込むエニセイ川、オビ川を逆流させ、水位が下がっているカスピ海とアラ海に供給する。これが完成すればカザフ地域が灌漑され、年15～38%の穀物生産が増加する。推定工事費は約1千5百億ドルでソ連では精力的に推進している。

⑫クラ運河

マレー半島地域に102Kmの運河を掘削しインド洋と南シナ海を連結する。1972年にタイ国政府はある中国系の実業家に調査を許可し、具体的な計画が報告された。この運河の建設は現在のマラッカ海峡通過よりも輸送時間を短縮し、この地域の工業化を促進させる。この建設をタイ政府は日本の技術陣に依頼してきている。

以上のほかにも次のようなプロジェクトが進められている。

⑬アラスカ縦断ガスパイプライン

⑭カナダ中央平原の開発

⑮

⑯ユトランド半島とコペンハーゲン連結橋

⑰メッシナ海峡横断橋

⑱チグリス川の水をクウェートに流入、アラビア半島の開発

⑲インドの大運河

⑳ユーラシアハイウェイ

㉑ヒマラヤ水力発電

㉒ベトナムのメコン川ダム建設

㉓中国大運河

㉔オーストラリア横断運河

㉕ニュージーランドのクック海峡トンネル

２．韓日海底トンネルの推進経緯

韓日海底トンネル計画は、第２次世界大戦前から現在に至るまで３回に亘って構想が発表された。最初が１９３９年、日本鉄道監督官であった湯本昇氏が東亜交通社発行の「中央亜細亜横断鉄道建設論」の「世界平和の大道」の中で韓日トンネル計画を紹介し、１９４１年から１年余りの間、対馬海峡で実際に物理探査を行ない、陸上ボーリング調査を実施したが戦争で中断した。

２番目は１９８０年に大手建設会社のひとつである大林組が「ニューアジアドライブウェイ構想」を発表したもの。この計画では日本の九州の呼子から壱岐に至る水道を橋梁で連結し、対馬海峡東水道は海底トンネルで、大韓海峡は海中トンネルで我が国の釜山までを計画案に提示した。

３番目が１９８１年１１月、ソウルで開催された「第１０回科学の統一に関する国際会議（ICUS）」にて、同会議を主催する文鮮明氏が提唱した国際ハイウェイ構想である。

その後、日本側では１９８２年に民間次元で「国際ハイウェイ建設事業団」を設立し、続いて１９８３年４月に諮問機関「国際ハイウェイプロジェクト・日韓トンネル研究会」を発足させ、基本ルートの構想と構想ルートについての政治・経済的な影響、地質、気象・海象など、各分野にの調査と研究を継続してきた。

本基本ルートは我が国の慶尚南道の巨済島と日本国の対馬、壱岐を経由し、九州の西北部の佐賀県鎮西町を連結する総延長約２５０Kmである。

３．韓日トンネルの日本側の推進機構

日本側では韓日トンネル建設を推進するために前述のような「国際ハイウェイ建設事業団と日韓トンネル研究会」そして「亜細亜技術協力会・日韓トンネル委員会」が設立されている。各機関別の任務と機構は次のとおりである。

３－１ 国際ハイウェイ建設事業団

３-1-1 基本任務

- ①国際ハイウェイの建設に関する調査および研究発展
- ②国際ハイウェイの建設、施工、管理
- ③国際ハイウェイの建設に関する国内外の宣伝、啓蒙活動
- ④機関紙の発行
- ⑤各種出版物の発行
- ⑥その他国際ハイウェイプロジェクトに必要な事業

３-1-2 機構

図省略（国際ハイウェイ建設事業団組織図）

３－２ 日韓トンネル研究会

３-2-1 基本任務

- ①国際ハイウェイ構想の一環である日韓トンネル計画に関する調査・研究の受託・委託
- ②韓日トンネル計画に関する情報資料の収集

- ③講演会・研究会などの開催および国際交流
- ④刊行書の出版、広告、PRなど諸事業

3-2-2 機構

図省略（日韓トンネル研究会組織図）

3-2-3 研究課題

日韓トンネル研究会で現在まで推進している研究課題はつぎのとおり

- ①日韓トンネル建設における経済波及予測
- ②アジアハイウェイの社会経済効果の研究
- ③沈埋トンネルの研究
- ④壱岐～呼子間の橋梁計画
- ⑤日韓海底トンネルの施工法の研究
- ⑥道路トンネル計画に関する研究
- ⑦超長大トンネル防火設備の研究
- ⑧トンネルの走体計画
- ⑨トンネルの人工島計画
- ⑩トンネル施工法のための注工法の研究
- ⑪トンネル建設に伴う環境影響に関する基礎研究
- ⑫トンネル関連地域開発整備計画
- ⑬気象衛星ノア熱赤外画像による海況変動の研究
- ⑭対馬海峡潮位表示システムの開発

3-2-4 基本推進計画

図省略（韓日トンネル計画図）

3-3 亜細亜技術協力会・日韓トンネル委員会

（基本事業計画）

- ①韓日トンネルの地形、地質、環境を調査し、路線、設計、施工の研究をする。
- ②韓日トンネルの各調査研究資料を収集、整理、保存し、韓国などアジア諸国および日本国内の関係協力団体機関に提示する。
- ③韓日トンネルを日本国内外に広く宣伝啓蒙する。

4. 韓日海底トンネル計画の概要

1982年2月に日韓調査事業委員会を構成し1983年3月に日韓トンネル研究会と改称し、これまで100億円(540余億ウォン)余りの資金を投資して調査・研究した結果を、日本側で提示した資料を中心にして概略的に紹介してみよう。国際ハイウェイプロジェクト・日韓トンネル研究会の機構表のとおり4つの部会に分けられている。そのうちで路線・設計および施工に関する事業を担当している第3部会で研究検討した路線計画案および工法を比較した内容を簡略に説明しよう。

しかしながら韓日トンネルの事業規模は世界でも類を見ない大規模事業でありながら必

要な資料収集が非常に困難な実情がある。特に公海である韓国と日本の国境を越えねばならない問題等があり、研究検討結果がまだ不備な部分が多くある点を理解しなければならない。

4-1 韓日海底トンネルの路線計画

4-1-1 線形設定時の基本考慮事項

4-1-1-1 ルート設定

ルート設定の前提条件には地質上の留意事項として陸上部と海底部に分けて綿密に検討して選定した。

図-2 省略 (トンネル縦断図)

4-1-1-2 縦断線形の設定

- ①未固結層から 100m 以上下がること
- ②弾性波速度 1,900m/sec 程度の固結～未固結層から500m以上下がること

4-1-1-2 縦断勾配は各方式別に次の値を最大として計画すること

- ①磁気浮上式 70%
- ②自動車道方式30%

4-1-1-3 平均曲率半径は10,000m を標準にする

4-1-2 比較ルートの設定

比較ルートとして次の5ルートを検討した。

- Aルート 全長298.6Km
- Bルート 全長258.0Km 起点は福岡～終点は釜山
- Cルート 全長292.4Km
- Dルート 全長262.3Km 起点は佐賀～終点は馬山
- Eルート 全長269.0Km 起点は佐賀～終点は馬山

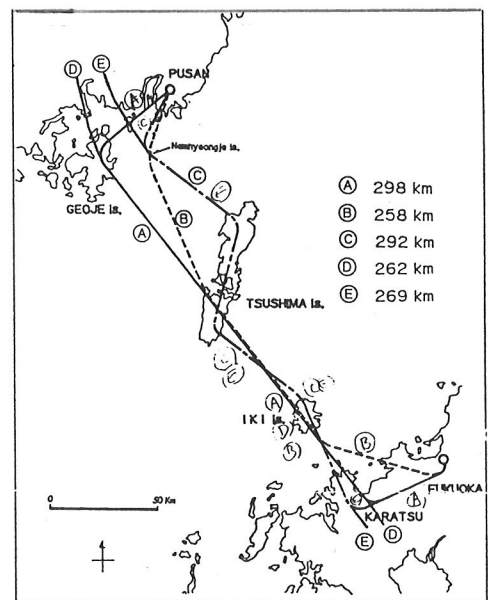


그림 1. 韓・日터널路線案

① Aルート

本ルートは日本の佐賀県呼子町を起点に、壱岐と対馬を経由して我が国の巨済島を連結するルートで、比較的直線でありトンネル内は円滑な走行性をもつルートである。施工上の問題点としては我が国の釜山付近から対馬海峡の海底に続いている大断層 (YangSang:断層) を横断せねばならず、工事施行が困難であるという危険性がある。またこのルートは計画5路線中で最も延長が長い。

② Bルート

Aルートの施工上の難点になっている大断層の貫通を避け、計画路線長の短縮を図ったものであるが、海底部トンネル長が5ルート中で最も長い。また福岡 (糸島半島) ～壱岐を直接結ぶことになっているが、Aルートのように陸地部を連結すると次表1Bの数字のように全長269.8Km 海底部175.2Km となる。

③ Cルート

本ルートはAルートの大断層を避け、海底部を最短距離で連結するように計画した路線

である。さらに人工島築造も可能な限り避けるようにした。
また対馬を縦断する路線をとり対馬の地表を走行することも可能にした。

④ Dルート

このルートはAルートの起・終点を各々福岡から佐賀に、釜山から馬山に変更したルートである。中間の線形はAルートと同じである。

⑤ Eルート

本ルートはやはりCルートの起・終点を変更し、起点を佐賀、終点を馬山にしたルートである。

表－1 省略（路線別の延長および海底部の距離）

4－2 施工計画の概要

現在、日本で施工経験のあるトンネル工法の代表的なものとしては山岳トンネル工法、シールド工法、沈設工法の3種類が挙げられる。しかし韓日海底トンネル計画は前述のように世界的にみても稀有な大事業であり多角的な検討が必要である。そこで日韓トンネル研究会では、路線の選定問題、交通需要予測、トンネルの構造、橋梁、道路換気、防災設備、有料道路制、リニアモーターカー、山岳工法、シールド工法、沈設工法以外にも沈埋工法、水中トンネル工法、注入工法、立坑計画などを研究検討してきた。

しかしいまだに研究検討せねばならない事項が多く、路線、工法、断面構造などが未確定な段階で現在まで研究検討した計画案の中で、代表的な6個の案を比較しよう。

①道路トンネル計画

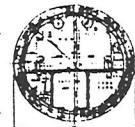
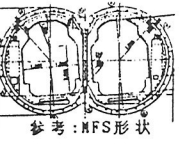
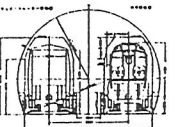
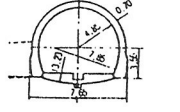
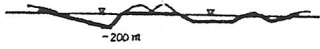
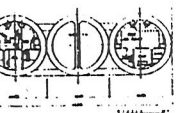
同計画案は道路トンネル委員会で提示したものである。その特徴はまず自動車走行が可能なトンネルを目標にして、併せてリニアモーターカーを併用することを提案した点にある。また、主要な工法として泥水シールド工法を採用し工期を短縮し、換気のために18Km毎に1基の人工島を建設することにした点にある。

この案はまず路線は最短の海峡幅と最浅部などを考慮して、対馬においては上島の中央付近から巨済島に向かうようになっている。縦断勾配は最急勾配と換気量の低減を考慮して2%にした。

換気はジェットファン、集塵設備、冷却設備付きの縦流換気方式で、最大換気区間長は18Km、最大換気量は $670.1\text{m}^3/\text{sec}$ である。計画交通量は2000年時点で3万台、大型車の混入率は15%と推定した。

施工法は大韓海峡での海上ボーリング、音波探査などの結果から未固結軟弱層が深く堆積していることが明白になったので、水圧などを考慮して可能な限り浅部を通過するようにし、平均土被りが40m程度で、外径14mの大断面泥水シールド工法を検討した。断面は2層構造で、上層は2車線道路、下層はリニアモーターカーおよび避難坑、諸付属設備の空間を設けた。このようなトンネルを2本並列させた断面である。この計画案の課題および問題点は総額18兆(100兆ウォン)の工事費、自動車走行時の安全性・快適性、-255m深度でのシールド工法の可能性、特に機械の耐高水圧性、耐久性やセグメントのシール工、接合構造などが大きな課題であり、また換気冷却、集塵システム、自動車燃料の推移、さらには換気の初期吹出風速やピストン効果、リニアモーターカー走行時の風圧などが基本的な検討課題になっている。施工法に最も大きな影響を与える海底地質データが絶対的に不足しており、特に未固結層の地質・土質工学的性状の解明が待たれる。

表-2. 韓日 터널 計劃案 概略比較檢討資料

1) 計劃案	2) 施工法	3) 平面圖	4) 縱斷圖	5) 橫斷面圖	6) 主體	7) 曲線半徑 8) 最急勾配	9) 西水道幅 10) 最大水深	11) 人工島	12) 驛	13) 工期 14) 工費
가. 道路터널 計劃	Shield	全長: 201km 	韓國 對馬 壹岐 九州  平均土被: 40m		道路(4) + Linear(2)	6km 20%	66km -165m	約18km每 計5基	兩島共 地上IC + 地上驛	15年 1兆円
나. 第3部 會長案	山岳工法	全長: 193km 	 平均土被: 110m	 參考: MFS 形狀	Linear(2) 또는 Linear道路 併用도可	6km 20%	68km -158m	要	對馬 地上驛 壹岐 地上驛	- -
다. 特團案	山岳工法	全長: 234km 	 平均土被: 500m		Linear(2)	10km 70%	66km -165m	-	對馬 地上驛 壹岐 地上驛	- -
라. 第2部會 提示案	山岳工法	全長: 204km 	 平均土被: 250m		新幹線(2)	5km 20%	74km -190m	要	對馬 地上驛 壹岐 地上驛	- -
마. 沈埋터널 計劃	沈埋터널 工法	全長: 220km 	 函體上皮覆: 3m		Linear(2)	- -	49km -205m	-	對馬 地上驛 壹岐 地上驛	12~15年 -
바. 沈設(水中) 터널 計劃	沈設(水中) 터널工法	-	-		道路(4)+ Linear(2). 또는 Linear(2)	- 5%	- -150m	約18km每 1基	對馬 地上驛 壹岐 地上驛	15年 660億円 /km

注) 1) 施工法: 海底釜區間에 쓰이는 主要施工法
2) 全長: 各부-트 主計劃區間의 概略全長

5) 橫斷面圖: 標準의 橫斷面圖例
6) () 內數字는 道路車線數 또는 線路數

7) 曲線半徑: 最小曲線半徑
10) 各路線通過地點最大水深(大韓海峽)

②第3部会長案

この案は青函トンネル（青森～函館）の実績を検討し海底部土被りを100m程度として、それによって計画高を上げることで水圧を青函トンネル並の水準にするとともに、ルートは壱岐から巨済島までほとんど一直線の最短距離をとり、対馬、壱岐の両島では地上（駅の）設置を可能にしている。

施工法は泥水シールド工法を主体としながら従来の注入掘削の山岳トンネル（工法）も可能な区間では採用するようにした。断面については立体（※訳注：走体の誤訳）の関係上、リニアモーターカーに限定した場合には複線用本坑を1本または単線用本坑2本が考えられるが、大口径にした場合には道路との併用断面も可能であろう。結局いずれの場合でもマルチフェースシールド工法の選択も可能であると考えられる。その場合には表-2に示した断面の形状になるであろう。

同案の課題および問題点としては、A案と同様に200m余りの深度での泥水シールド工法の可能性、または同深度における注入、掘削工法の可能性、特に土質の工学的性状が不明瞭な状況で工法の決定が困難であることだ。また山岳工法の場合は多孔同時注入工法などによる掘進速度の飛躍的向上が大きな課題になるだろう。

③持田案

同案は一番最初に提案されたもので、全区間を山岳工法で施工することになっている。当初の音波探査の結果から、対馬海峡には数百m以上の未固結軟弱層が厚く存在しているものと推定されることから最深計画高を-1,000m程度とした。同案はリニアおよびリニアカートレインを対象走体とし、断面はほぼ青函トンネル程度、最急勾配は70%であるが対馬、壱岐の両島では地上に出ずに深さ50m程度に地下駅を設けることとした。問題点としては-1,000m程度の深度での掘削実績は鉱山などにはあるが、公共の永久構造物として建設、利用されることを考慮すると、工事前に地熱、水圧を含めて地質形状の解明が非常に困難であること、施工中の資材、作業員の輸送問題、施工性、運用中の消費エネルギーの損失量の増大などの多くの問題がある。

④第2部会提示案

同案の特徴は問題の海底土質について、南に行くほど新期堆積層の厚みが薄いという推定のもとに、路線を対馬の下島西方に迂回する路線を選び、未固結堆積層を通過する区間を最小限にし、大部分を山岳工法で施工しようとするものである。また、対象走体としては新幹線を考慮して最急勾配を20%、対馬では地下駅を計画しているが、島内のルートを2～3Km迂回し延長すれば地上駅も可能である。

課題および問題点としては海底数百mの大深度での注入固結技術の適用性、山岳工法の掘進速度、数百mにおよぶ外洋人工島立坑の施工技術、さらには最小限でも数Km以上になると思われる未固結堆積層通過区間に深度-300～500mレベルでの施工をどのようにするかである。

また同案は最急勾配20%の区間長が約100Kmで全長の約半分を占めていることである。したがって縦断線形では問題点が大きいと考えられる。

⑤沈埋トンネル計画

特徴として、ルートは各海峡の最短部を選択している。工法は従来の浚渫、埋戻しによる施工は水深30mより浅いところで、水深30～50mでは函体を海底面上に設置し被覆盛土する施工法である。従って海底の土質の影響は他の工法に比べて全く無関係であるという利点がある。

問題点としては1億m³に達する埋立土量を採取し、外洋まで運搬・投棄する工法、函体の連続的な製作と運搬および100m以上（大韓海峡では200m）の水深での沈設、接合作業である。

⑥沈設（水中）トンネル計画

同案は水深100m以上になる大水深下での沈埋トンネルの基礎施工を簡略化し、各函体自体に作用する軽減するため、基礎を杭基礎とそれにプレハブ的に投入するジャケットからなるものとし、極力、海上作業を軽減、簡略化することを狙っている。結局、函体が海底面上のジャケットに支持された状態で露出しており水中橋梁ともいえる構造形式である。

問題点としては⑤案と同様に函体の連続的な製作、外洋に運搬、沈設、接合する作業の安全性、また大水深での基礎杭の施工、そして精度等である。また同種の構造物については常々、航行船舶・潜水艦などの沈没、衝突に対する安全性が議論されている。これらの対策や安全性の確認が要求される。

5 . 結 論

日韓トンネル研究会で約10年に亘って調査研究・検討してきたが、路線の確定、断面構造の決定や施工法などについては、まだ多くの問題点と課題が残されている。海底地質の性状をはじめとして、各種の自然条件の多くの部分が不明である。また現在、世界でも本事業計画に匹敵する規模の施工技術の事例が全くない段階で、各案に対する是非を判断するのは不可能であると思われる。また同計画が国際的に経済、政治、法律および地域開発計画と密接な関係をもつことも問題点である。

しかしながら今日、世界情勢は東西和解とソ連・東欧国家の民主化による解放とともにE・C、北アメリカの経済ブロック化などの激変の時期を迎えている。我が国が位置する東北アジア地域も長期的に見ると、経済大国である日本と、中国、そしてソ連の一部を包含する経済圏の形成が台頭する可能性が高まっている。

特に日本は地域的に不利な孤立状態を脱皮しようと、日本列島から大陸を通り欧州に至る、いわゆる国際ハイウェイを提唱し、第一次関門である韓日トンネルについて前述のように事業団、研究会などを設立し、過去10余年間に亘って国際的な調査研究を実施してきた。

これと関連して我が国の巨済島ではルート案に沿って第1次地質調査も実施されたこともある。また日本側は中国の丹東—北京間のハイウェイの基礎調査を支援した。ソ連側も国際ハイウェイが自国を経由するように要請しているのが実情である。

それゆえ、日本側で本トンネル研究を継続して推進しており、この計画が21世紀に完成する超大型事業であるとみると、我が国でもこのような日本側の動きと、この間なされてきた調査研究成果と活動に注目し、積極的に技術的情報を入手し協力するなどの必要な対策が講じられなければならないのである。

以 上

（訳責：事務局）