

아시아 토목대회 및 일본 도로 교량건설 현장 시찰

Civil Engineering Conference in the Asian Region, Visit to Several Road and Bridge Construction Site of Japan



글 / 張 來 燮

(Jang, Rae Seob)
 도로및공항기술사, (주)길상엔지니어링
 부회장, 한국기술사회 이사.
 E-mail:rsjang123@lycos.co.kr

After participating in the 2nd, Asian Civil Engineering Conference which is subjected by Japan, a trip of site during construction recent was done. The country is being developed to use effectively by the methods of aqua-line, truss susperion bridge, double deck bridge, etc. The Japanese engineers have a pride to do their best for the construction in the given environment. I want to notify that our civil engineers must have the responsibility to develop the technical engineering, to make the useful country and to resolve the environmental problem via the oversea experence like as.

원고 작성에 있어 고유명(지명 등) 특수공법 등에 대하여 한문자를 쓰고 ()에는 영어로 표기함을 이해 바랍니다.

1. 第2回 아시아 土木大會 (The second civil Engineering conference in the Asian Region)
2. 東京 橫斷道路建設 (Tokyo Wan Aqua-Line)
3. 本州四國連結橋 (The Honshu-Shikoku. Br)
 - 가. 明石海峡大橋 (Akashi Kaikyo. Br)
 - 나. 瀬戶大橋 (Seto Ohashi. Br)
 - 다. 多多羅大橋 (The Tataru. Br), 來島海峡大橋 (The Kurushima Kaikyo. Br)
4. 關西空港 第2基 (Kansai airport) 建設
5. 山梨 超電導浮上 列車 試驗 (The yamanashi Maglev Test)
6. 맺음말

1. 제2회 아시아 土木大會 (The Second Civil Engineering Conference in the Asian Region)

- 대한토목학회 주관하에 제2회 아시아 토목대회를(2001. 4. 15~24)일본 동경에서 개최하여 한국의 토목학회 회원 104명이 참가하고 일본건설 건설현장을 37명이(2001. 4. 19~24) 시찰한 기록을 전하고자 합니다. 제1회

아시아 토목대회는 필리핀에서 1998. 2 개최 필리핀, 일본, 미국 등이 참석하였습니다.

제2회 아시아 토목대회 참가국은 한국, 일본, 필리핀, 호주, 캐나다, 홍콩, 싱가포르, 사우디아라비아, 인도, 라오스, 대만, 태국, 베트남, 방글라데시, 미국 등 14개국으로 거의가 APEC회원국 토목학회로써 제3회 아시아 토목대회는 2004. 8 서울 코엑스에서 개최 예정이며 대회 회장은 한국 건설 연구원 홍성완 박사가 선임되었습니다.

- 제3회 아시아 토목학회 연합협의회(ACECC, Civil Engineering Coordinating Council) 회장을 전 대한토목학회장인 김광일 박사가 2001. 4. 19 ~ 2004. 4. 8까지 학회장 업무를 수행하게 되어 국제사회 관문을 토목인이 넓혀가고 있습니다.
- 동경만 횡단도로건설현장과 동경시내도 교통소통목적으로 순환 지하 고속도로공사를 월드

터널 시공하는 현장과 혼슈시고꾸연결교(日本本州四國連結橋, 明石海峽大橋, 瀬戸大橋, 多多羅大橋, 來島海峽大橋等)야마나시(山梨), 부상열차시험(Linear Motor Car), 간사이공항(關西空港) 제2차 건설현장 등을 시찰하였습니다. 시찰일정은 <표 1>과 같음.

2. 東京灣 橫斷道路建設(Tokyo Wan Aqua-Line)

-30년간 첨단 건설기술을 총동원하여 동경만 횡단도로를 건설함.

2.1 공사개요

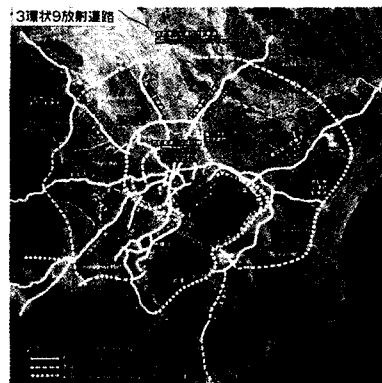
- 1) • 동경만 한복판을 가로지르는 $l = 15.1\text{km}$ 의 횡단도로(아쿠아 라인), <사진 1>
 - 일본 건설성 타당성 조사 10년
 - JH 일본도로공단의 조사 설계 10년
 - 동경만 횡단도로 주식회사 건설 10년 계 30년

• 투입공사비 : 1조 4천 400억엔(한화 15조 8천 억원, '2001. 5. 15. 자 10 \times = 1,100원)

- 2) 동경만 횡단도로 : 가와사키(川崎)쪽으로 $l = 10.7\text{km}$ 의 해저철드터널, 키사라즈(木更津)에서 $l = 4.4\text{km}$ 의 교량과 인공섬으로 구성되어 있다.

(터널 9.4km, 교량 4.4km, 양측접속도로 0.9km, 바람탑 0.1km, 인공섬 0.3km)

- 3) 해저터널은 연약 해저 지반 및 지진다발지역이라는 엄격한 조건하에서 시공, 환경보전과

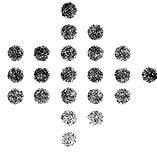


<사진 1> 東京灣橫斷道路

<표 1> 시찰일정

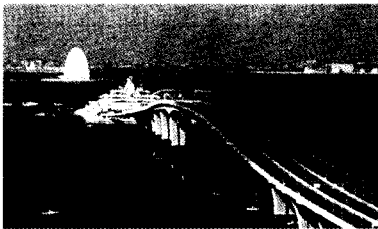
2001년 4월 18 ~ 24일(6박7일)

일 자	주 요 일 정	안 내 자	교 통 편
2001. 4월 18일(수)	인천공항 KE701 → 나리타공항 제2회 아시아 토목학회 특강참석	동경호텔, 일본토목학회	KAL, BUS
4월 19일(목)	동경만횡단도로견학 → 서신숙(西新宿)철드터널 견학	일본토목학회, 수도고속도로 공단소장, 동경만횡단도로(주)	BUS
4월 20일(금)	야마나시(山梨) Linear Motor Car 견학, 후지산관광	일본토목학회	BUS
4월 21일(토)	나고야(名古屋) KISO RIVER BRIDGE → 고베(神戸) 아카시대교(明石大橋) 견학	일본도로공단 중부지사, 일본토목학회	BUS
4월 22일(일)	고베 → 나라(奈良) → 東大寺(사슴공원) → 오사카성(大阪)도시시설시찰	일본토목학회	BUS
4월 23일(월)	오사카(大阪) → 오카야마(岡山) 세토대교, 래도대교견학 → 신오사카	일본토목학회 세토대교 현장	신간센고속열차, BUS
4월 24일(화)	간사이공항(關西空港)견학 → 인천공항	간사이공항 건설사무소	BUS, KAL726

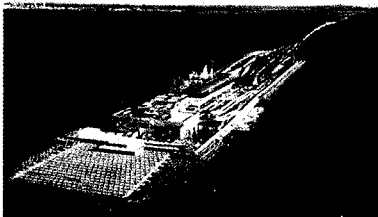


복잡한 선박의 교통을 고려해가며 공사를 진행했다.

- 4) 아쿠아 라인이 개통되면서 가와사키에서(川崎) 키사라즈(木更津)를 가려면 동경만을 빙돌아서 약 100km 소요됨. 30km/hr 속도시 3분의 1로 단축됨. 동경만 연안부 와 그 주변도시를 잇는 새로운 도시권 형성 효과 발휘. 동경만 전체의 조화로운 발전 촉진 기대, 동경만 아쿠아 라인으로 키사라즈(木更津) 인공섬을 “갯반디”로 가와사키 인공섬은 바람의 탑으로 명명됨.<사진2, 3>



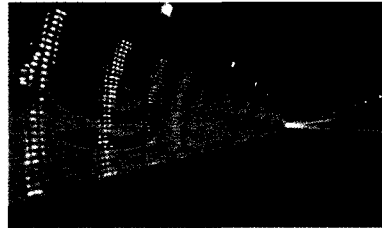
<사진 2> 東京灣橫斷道路構造物



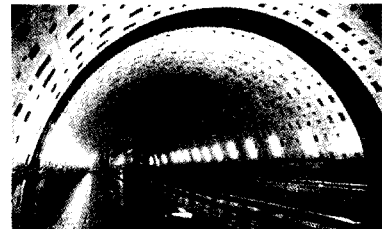
<사진 3> 海의 人工섬

2.2 시공경위

- 1) 당초 설계상 동경만 아쿠아 라인은 양안측을 교량, 중앙부를 침매터널로하는 구조로 추진돼다가 항해선박의 안전확보를 위해, 가와사키측을 침단 터널시공법인 쉴드터널로 구조를 변경했다.(1986년 사업인가 직후 설계 변경)

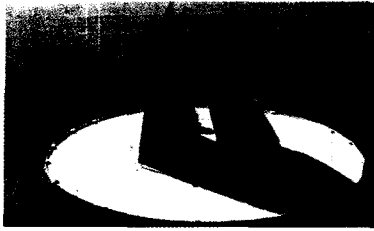


<사진 4> 터널부 (Tunnel Section)



<사진 5> 쉴드 시공 (Flexible Segment)

- 2) 매우 짧은 기간에 타당성조사 및 시공검토를 끝내고 1988년 5월에 착공, 동경만 횡단도로 건설에 관한 특별 조치법을 바탕으로('87. 10. 설립)민간 건설업계의 첨단 기술을 영입민자 투자방식 채택인 동경만 횡단도로 주식회사가 주축이 되었다.
- 3) 전체 공정을 구조물로 보면 인공섬 축조는 1988년 6월부터 지반 개량 착수, 1989년 9월에 가와사키 인공섬(川崎) 「바람의 탑」의 자켓 설치를 시작했다. 키사라즈(木更津)인공 섬은(갯반디) 1992년 성토 실시하여 1993년 3월 강케이슨과 성토를 완료했다.
- 4) 가와사키 인공섬의 내부축조 중상부시공을 1996년 7월 시작하고 1997년 2월에 환기탑 <사진 6> 세우기를 실시했다. 1997년 12월에 “갯반디”의 사석 성토를 완료하고, 1997년 4월에 휴식 시설 건물의 콘크리트 공사를



(사진 6) 風の塔(Kazenotou)

완료했다.

- 5) 교량부는 1989년 10월 하부공착수 1991년 7월 첫 교각 설치 완료됐다.

교량상부공 1993년 9월~1994년 10월 완료.
교량포장공사(1994년 12월~1995년 7월)

- 6) 터널 굴착은 최초의 쉘드머신이 '94년 8월 가동시작 '96년 8월 2년만에 굴착을 완료했다. 1997년 4월 터널 관통식(1일 13.7m 굴착) 1997년 5월에는 모두 4개 터널이 관통됐다. <사진 4, 5> 동경만 아쿠아 라인의 특징점은 100년의 내구성을 자랑한다.

2.3 시공방법

- 1) 해양구조물로서는 특단의 설계다. 수압이 높은 대심도 해저터널내의 완벽한 누수 방지설계, 방청 설계가 그것이다. 예를 들면 세계 최초로 해수와 접하는 교각의 해면 아래 2m에서 해면 위 3m사이에는 두께 1mm의 티탄을 감아 붙여 압착시공했다. 도장의 변색이 없는 것은 물론 수명이 반영구적이다.
- 2) 부도(浮揚) 설치부분의 연약지반처리는 하네다 공항의 고도제한 때문에 높이 50m 이상의 항타기를 세울 수가 없어 특별사항을 설계했던 부분도 특이함.

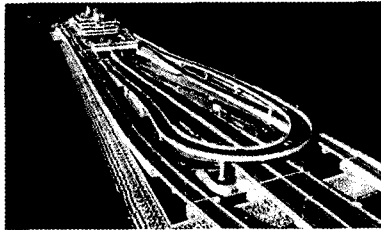
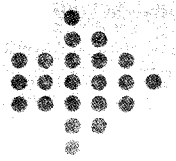
- 3) 쉘드터널을 바다 속으로 유도하기 위해 미리 해저에서 성토작업을 벌이기도 했다. 특히 바다 속에서 쉽게 뜰 수 있는 터널구조물의 안정에 필요한 강도 무게를 지닌 성토를 위해 특수혼합처리 성토를 개발하기도 했다. 바다 속에서는 성토 다짐작업을 할 수 없기 때문이다.

- 4) 연약지반 처리공법 : 이번 공사의 최대 난제, 동경만 횡단도로 주식회사는 초연약 자연지반을 강화하기 위해 시멘트 밀크를 지반에 혼합하는 심층혼합처리를 실시 했다. 쉘드머신으로 굴삭할 수 있을 정도의 유연성을 지닌 저항도의 혼합처리공법으로 해저 또는 하저터널 시공의 새장을 열었다는 평가를 내리고 있다.

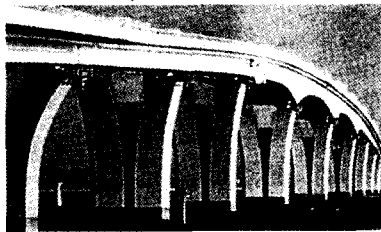
- 5) 입갱의 축조를 위해 강케이슨을 기초말뚝 위에 설치한 다음 수중 불분리성 콘크리트로 말뚝과 케이슨을 일체화 시키기도 했다.

- 6) 가와사키 인공섬<사진 7, 8> 깊이 114m, 두께 2.8m, 직경 98m에 이르는 세계 최대 규모의 지중연속벽을 바다 속에 축조하고 이곳에 깊이 70m의 굴을 뚫어 건설됐다. 바다 속에 건설한 인류 최대의 굴이다.

- 7) 가와사키 인공섬은 공사도중에 해저 터널안으로 물이 새나와 한때 시공사 관계자들이 초긴장하기도 했다. 지반개량공사와 동시에 다양한 계측기기로 리얼타임계측을 실시하면서 시공을 해나가는 도중, '93년 11월 이상 용수를 발견한 것. 결국 수심 16m 깊이까지 해수를 되돌려 수압의 균형을 맞춘 다음, 약액을 주입, 지반을 강화하는 공사를



〈사진 7〉 海의 人工섬(Umihotaru)



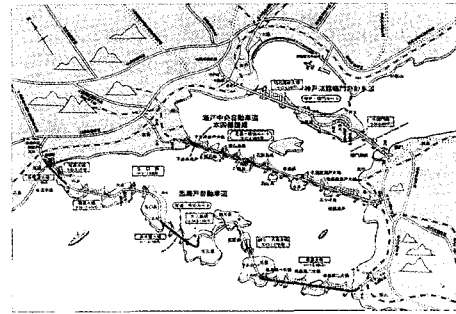
〈사진 8〉 橋部(Bridge Section)

다시 했다.

- 8) 인공섬 갯반디에는(키사라즈 木更津) 직경 22m의 초대형 강널판셀식 초안이 적용됐다. 셀을 타설한 후 하루에 1만 2천m³의 쇄석을 투입, 안정시켰다.
- 9) 헤저터널을 뚫어낸 쉘터널은 직경 14m짜리, 전체길이 9.1km의 터널 2개 모두 8기의

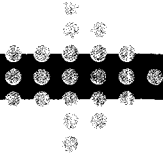
머신으로 굴삭했다. 세그먼트 조립 및 굴진 작업을 완전하게 자동화한 결과 정밀시공이 가능했다. 정위치에서의 도킹이 요구되는 자중 접합 공사도 총 4곳에서 최대 1.1mm의 오차밖에 나오지 않을 정도로 정밀시공을 실현했다.

3. 本州四國連結橋(The Honshu-shikoku Bridge)



- 3.1 明石海峡大橋(The Akashi Kaikyo Br)〈사진 11〉
- 도로명 : 神戸淡路鳴門自動車道 $l = 89.0\text{km}$
(The Kobe-Awaji-Naruto Express Way)

도로명	교량명	교량개요(m)			교량형식	공사기간	비고
		총연장	중앙경간장	차로수			
神戸淡路鳴門自動車道	明石海峡大橋 The Akashi Kaikyo Br	3910	1991	6	트러스懸垂橋 Truss Suspension Br(세계최대장)	1988. 4~ 1988. 4. 5	主塔高300m
"	大鳴門橋 The Ohnaruto Br	1629	876	4 (계획6)	"	1976. 7~ 1985. 6. 8	主塔高144m 道路橋
瀬戸中央自動車道 (瀬戸大橋)	下津井瀬戸大橋 The Shimotsui-seto Br	1446.6	940	4	트러스懸垂橋 Truss Suspension Br	1978.10.10~ 1988. 4.10	主塔高148.9m 上部道路橋 下部鐵道橋(복선)
"	櫃石島橋 및 岩黒島橋 The Hitsuishijima Br	790	420	4	트레스 斜張橋 Cable-Styled(세계최대장)	1975 1977 준공 1981	쌍둥이교 道路鐵道橋(복선)
"	寫島橋 The Yoshima Br	876.75	245	4	3경간 연속트러스교 3-span Continu Truss	1981 준공	"
"	寫島高架橋 The Yoshima Viaduct	주차장진입 램프고가	-	2	-	1977 준공 1981	-



현 장 시 질

도로명	교량명	교량개요(m)			교량형식	공사기간	비고
		총연장	중앙경간장	차로수			
瀬戸中央自動車道(瀬戸大橋)	南北備讃瀬戸大橋 The kita and Minami Br	北1610.7 南 172.3	990 1,100	4	트러스懸垂橋 Truss Suspension Br	1997준공	형하고 65m 3경간 연속트 러스 현수교 道路鐵道橋
·	番州高架橋 The Bannosu Viaduct	南備讃瀬戸橋에서 섬측으로 架設된 高架橋					-
西瀬戸自動車道	新尾道大橋 The Shin-Onomichi Br	546	215	4	강5경간 사장교 Cable-Styled	1999준공	道路橋 형하고50m
·	因島大橋 The Innoshima Br	1270	770	4	트러스懸垂橋 Truss Suspension Br	1975. 7~ 1983. 12	형하고50m 主塔高135.8m
·	生口橋 The Ikuchi Br	790	490	4	3경간연속사장교 3-span Continuous Cable-Styled	1986. 5~ 1991. 12	鋼箱 主塔高122.75m
·	多多羅大橋 The Tatars Br	1,480	890	4	3경간연속사장교 3-span Continuous Cable-Styled(세계최대장)	1990. 8~ 1999. 5	PSC.Steel Box Girder 사장 主塔高220m
·	大三島橋 The Ohmishima Br	328	아치 경간 297	4	강아치 Arch Br	1975. 12~ 1979. 12	-
·	佰方大島大橋 The Hakata Br	백방교 325 대도대교 840	145 560	4 4	3경간연속강행교 트러스懸垂橋 Truss Suspension Br	1981. 3~ 1988. 1	主塔高93.96m
·	來島海峽大橋 The Kurushima Kaikyo Br	제1대교 960 제2대교 1,515 제3대교 1,570	600 1020 1030	4 4 4	3경간 연속트러스 현수교(3개) Truss Suspension Br	1988. 5~ 1999. 5	明石海峽大橋 主塔에 使用한 크레인 사용 主塔架設時 制振(AMD)

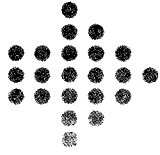
明石海峽大橋區間 $l = 44.4\text{km}$ (明石大橋)

大鳴門橋關連區間 $l = 44.6\text{km}$ (大鳴門橋)

- 위치 : 고베시(神戸市)와 시코쿠섬(Shikoku Island)에 위치한 明門市間에 明石海峽大橋와 大鳴門橋로써 道路 鐵道橋로 計劃하여 現在는 道路橋로 1988. 4월 着工, 1998. 4. 5 개통함.
- 교량개요 : 총연장 3,910m, 중앙경간장 1991m (가설당시 1990m), 6차로, 트러스현수교(Truss Suspension Br), 중앙경간장이 세계 최장 현수교이며 특수조명장치(1,092개), 계절별,

요일별, 기념일별로 교량에 설치하여 아름다운 야경의 극치는 일품이다.

- 교량의 과학관 견학시 질문 및 시공현황 : 설계 지구 곡률 반경을 고려하여 19cm 허용토록 설계하고 신축에 따라 1.3m 높아지며 교량이 늘어나는 길이는 1.2m 중간부분에서 조절된다. 1998. 4. 5 완공후 1995. 1월 고베 지진시 1m 늘어났다. 그 사유는 해협변동이지 교량변동은 아니다. 지진발생후 안전 진단 기간은 1개월 소용되고 개통후 3년동안 유지 관리상 특별한 문제가 없었다한다. 현재 교통



량은 1일 왕복 26,000대(6차로) 통행료가(유료) 고가인 바 통행을 일본국민이 회피하는 경향이라고 설명하고 총 건설비는 6,080억엔에 이르고 아카시해협이 가장 깊은 곳은 110m에 이를 뿐아니라 조류의 속도도 너무 빨라서 여간 어려운 공정이 짐작할 수 있다.

본 해협이 태풍의 통로로서 교량건설 최악 조건임을 알 듯 하다. 혼슈, 아와지, 시코쿠를 연결하는 국도 네트워크상의 연결고리 역할을 하는 이 교량은 서부 일본산업, 경제, 문화교류 등의 매우 중요한 역할을 한다.

주탑기초의 해저수심은 60m 교량의 하중 120,000톤을 지중에 전달하여 지지하며, 케이슨 시공시에는 그랩형 버켓 준설기로 굴착 원격 조정

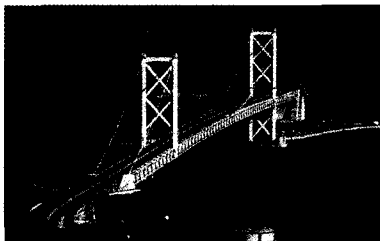
차량 시스템을 이용한 다양한 첨단 장비들이 투입 시공되었다. 이는 해협이라는 환경상 파고가 심하고 수심이 깊어서, 파랑에 의해 대규모의 장비가 흔들릴 정도였다.

케이슨은 사전에 지상공장에서 제작하고, 시공지점까지 선박으로 운반한 후 침수시키고 콘크리트를 되메우는 공정으로 진행되었으며 원통형의 케이슨은 방향성을 가지지 않으므로 이 해협의 강한 조류와 물살에도 더욱 안전하

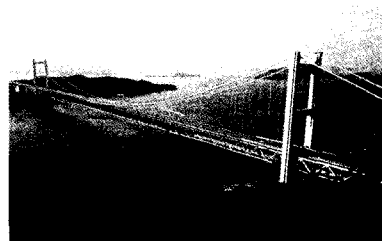
고 손쉽게 견딜 수 있었다.

3.2 瀬戸大橋(The Seto Ohashi Br)〈사진 10, 12〉

- 도로명 : 瀬戸中央自動車道 (The Seto-chuo Express Way)
- 위치 : 혼슈와 시코쿠섬(Shikoku Island)을 잇는 연락교는 오카야마현의 고지마를 기점으로, 가가와현의 사카테까지 세토내해 위에 있는 5개의 섬을 징검다리 모양으로 교량연장 9.4km군으로 형성되었다.
- 교량개요 : 시모쯔이세도(下津井瀬戸大橋), 트리스현수교 $l = 1446.6(230+940+276.6)$, 주탑높이 148.9m, 히쯔이시지마(櫃石道)와 이와꾸로시마(岩黒島橋), 쌍둥이 사장교(185+420+185), 세계최대의 사장교, 요시마교(寫道橋) $l = 876.75m$ 트리스교, 기타비잔 세도(北備讃瀬戸, Kita Bisan-seto Br) $l = 1610.7m$, 현수교 중앙경간장 990m, 미나미비잔세도(南備讃瀬戸, Minami Bisan-Seto Br) $l = 1723m$, 현수교 중앙경간장 $l = 1,100m$ (세계 현수교중 10위), 철도와 도로의 병행교로서는 세계의 으뜸을 자랑한다. 미나미비찬세도 교주탑 높이 195m(탑 내부에 엘리베이터 설치)



〈사진 9〉 因島大橋(The Innoshima Bridg)



〈사진 10〉 下津井瀬戸大橋(The Shimotsui-Seto Bridge)

3.3 多多羅大橋 (The Tatara Br),

來島海峽大橋 (The Kurushima Kaikyo Br)

- 도로명 : 西瀬戸自動車道
(The Nish-Seto Express Way)
- 위치 : 혼슈의 오노미치시와 시코쿠의 이마바리간 9개 섬을 연결하는 교량 10개중 多多羅大橋와 來島海峽大橋에 대해 설명하고자 한다.<사진 9>
- 교량개요 : 多多羅大橋 : $l = 1,480\text{m}$ (270 + 890 + 320) 3경간 연속사장교로써 주탑높이 220m의 제원으로 구성된다. 1996년 프랑스 노르망디 교량보다 스패이 34m 더 길게 세계최장 스패의 사장교로 설계되었으며, 당초 현수교로 계획되었다가 경제성 및 공기단축을 위하여 사장교로 설계 변경되었다.

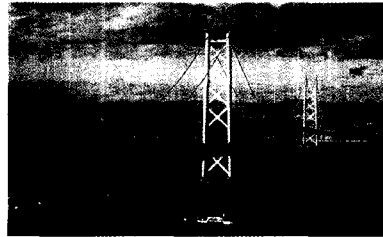
來島海峽大橋 :

제1대교 $l = 960\text{m}$ (50+140+600+170)

제2대교 $l = 1,515\text{m}$ (250+1,20+245)

제3대교 $l = 1,570\text{m}$ (160+1,030+280)

교량 3개 모두 3경간 연속트러스 현수교로 건설교량 상부 양측에 보도와 오토바이 전용로를 설치하였다.



(사진 11) 明石海峽大橋(The akashi Kaikyo Bridge)

4. 關西空港(Kansai airport)

4.1 간사이공항 제2기 공사착공과제

약 540억탈을 매립하여 2007년 개항예정의 B 활주로 제2기의 사업착공에 있어서 해역, 연안 지역 등의 환경영향 문제, 공항도 예정지의 지반침하 등 해소해야 할 문제에 대하여 다양한 각도의 대응책을 다음과 같이 살펴 보기로 한다.

1) 환경문제의 착수방법

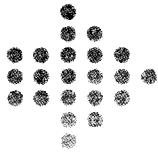
■ 환경평가

- 영향의 예측 · 조사 · 평가
- 환경보전대책

우선, 환경조사 및 환경예측의 방법을 지사에게 통지합니다. 그후, 현지조사와 기존 자료 등에 의한 생활환경 · 자연환경의 현황

<표 2> 동북아시아 지역 주요 국제공항현황

공 항 명	국가명	지반침하(20년간)	활주로	개 항	공 사 비	비 고
인천국제 공항	한 국	2.5cm	3,750m×2	2001. 3. 29	1단계 : 45억불(5조6천억원 국고 40%, 자체 60%)	항공이착륙 동서방향 안개 17.5일/년, 바람남북 98%
간사이 공항	일 본	150cm	3,500m×1	1단계 : 1994. 9 2단계 : 2007.	1단계 : 135억불	활주로 2개 1단계 1개
체 랑콕 공항	홍 콩	10cm	3,800m×1	1998. 7	90억불	-
콜라롬푸 공항	말레이시아	-	4,000m×2	1998. 6	-	-



을 파악. 「환경의 현황」, 「영향의 예측과 평가」 등 조사결과를 모아서 환경영향평가 기준서를 지사에게 제출합니다. 준비서는 1개월간 회람합니다. 그 뒤 주민 설명회를 개최합니다. 뒤이어 관계 시·청장과 관계 주민의 의견 등을 바탕으로한 환경보전 의 견서를 지사가 작성합니다. 이에 대한 견해 를 평가결과 등과 함께 모은 환경영향평가 서를 지사에게 제출합니다. 이 평가서는 1 개월간 회람됩니다.

■ 용지 조성 공사중의 환경 감시

- 대기질·수질 등 측정
- 수질 감시 결과를 공개

공사가 주변지역에 미치는 영향을 파악해 서 필요한 대책을 세우기 위한 환경감시를 실시합니다. 이산화질소, 이산화황 등을 상 시관측하는 「대기질 상시 감시권」을 3지역, 오염물질량(SS)을 감시하는 「오염감시점」 이 13지점, 화학적 산소 요구량(COD), 전 질소(T-N), 전린(T-P)의 정기관측과 동 식물 프랑크톤, 물고기의 알, 새끼 물고기 등의 해역생물을 정기관측하는 「수질·해 역생물 감시점」이 7지점에 이르는 충분한 환경관측을 실시하고 있습니다.

■ 항공기 소음

- 연안지역 측정거점 설치
- WECPLN 환경 기준 적용

항공기 소음의 감시는 24시간 감시체계 를 하는 상시관측국 11국, 연 4회 7일간의 정기관측을 20지점에서, 항공기의 이착륙 시각과 방향의 파악을 활주로의 가장자리

에서 실시합니다. 또한 환경센터에서는 상 시관측국의 데이터를 전화회선으로 모아서 WECPLN산출의 데이터처리를 실시합니 다. 「WECPLN」이란, 항공기 소음에 대한 환경기준, 한 장소에 있어서의 하루 동안의 항공기 소음의 정도를 나타내는 단위로써, 항공기 한 대에 대한 소음 레벨만이 아니라 항공기의 비행시간대와 항공기 숫자도 고 려한 것입니다.

2) 지반침하의 대응

■ 해저의 지반

- 수심 약 18~20m의 해역
- 조성공사중에 지반개량

제2기 공항도 예정지의 해역은 수심 18 ~20m, 해저에는 두께 약 20~26m의 유 연한 충적점토질이 있고, 그 아래에는 400m 이상의 홍적층이 축적되어 있습니다. 이 점토층은 매립토의 무게에 의해 침하합 니다. 그러나, 비교적 약한 충적층은 지반 개량을 함으로써, 제방 등의 안정을 유지 하면서 조성공사중에 침하를 완료시킵니다. 홍적점토층의 침하는 용지조정 후에도 계 속되지만 공항시설의 건설과 운용에 지장 이 없도록 침하량을 예측, 침하를 내다본 매립을 합니다.

■ 침하의 대책

- 침하의 메카니즘을 풀다
- 샌드 드랜 공법

해저의 점토층은 여러 형태의 입자가 모 여서 만들어지므로, 틈이 많고, 그 안에는

물(간격수)이 차 있습니다. 매립에 의한 압력이 더해질수록 틈새에 차있던 물이 빠져서 압축됩니다. 이렇게 해서 일어나는 점토 지반의 침하현상을 압밀침하라고 하고, 물이 빠져서 입자가 모임으로써 점토층은 굳어져 강도가 증가됩니다. 충전층의 침하대책은 이 성질을 이용해서 지반을 개량합니다. 샌드 드랜 공법에 의해, 점토중에 모래막대가 형성되어 물이 지나는 길을 만들게 되므로 2~3년에 압밀을 끝낼 수 있습니다.

■ 침하계측

- 보다 정확하게 침하를 파악
- 공사중에도, 완성후에도 계측
각 지층에 따라서 침하상황이 다릅니다. 층별 침하계측에 의해 각층의 침하량을 계측해서 공사를 추진합니다. 또 완성후에도 계측을 계속합니다.

■ 지질조사

- 공항건설전의 지질조사
- 토질 샘플러 사용
매립전에 해저지반의 지질조사를 시행하는 것이 기본적으로 중요하다. 토질 샘플러를 사용해서, 대심도의 지질시료의 성질을 잘 보존하여 빠르게 재취합니다.

3) 조성공사의 실태

■ 제2기 용지 조성 공사의 개요

- 제2기 조성공사의 목표
- 호안·매립시공 순서
관서 국제 공항은 현재 3,500m의 활주로 1선으로 운용, 21세기초에는 처리능력의

한계에 올 것을 예상하고 있습니다. 제2기 사업으로 4,000m의 평행 B활주로와 연간 이착륙 23만회에 대응하는 공항시설의 정비가 절실히 되었습니다. 제2기 용지 조성 공사는, 제1기 공사를 능가하는 규모로 거의 같은 공사기간이 될 것으로 봅니다. 급속 시공이기 때문에 야간에도 공사를 속행합니다. 제1기 공사의 실적을 발판으로 최신의 계측 시스템과 정보처리를 활용하여 효율적이고 확실한 시공을 실시합니다. 또, 철저한 항공운행의 안전대책과 환경보전을 위해 노력합니다.

■ 샌드 드랜 선박

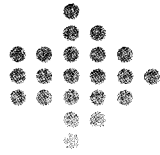
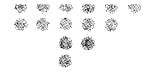
침수성이 나쁘고 지지력이 부족하여, 장기간에 걸쳐 침하현상을 보이는 약한 점성토 지반을 개량하는 샌드 드랜공법을 행하는 작업 선박, 이들 샌드 드랜 선박으로 약 130만개의 모래말뚝을 만듭니다.

■ 토운선

토사를 전문으로 운반하는 작업선으로, 푸셔 버지 타입, 제2기 용지 조성 공사에서는 2억5천만톤의 토사를 옮길 예정입니다.

■ 환경사 석적 호안

- 높은 파도로부터 시설을 보호
- 해조·어패류 생식의 장
호안은 매립할 때의 외벽이 되고 공사완료후에는 공항도 시설을 태풍 등으로 발생하는 높은 파도로부터 보호하는 역할을 합니다. 또, 제2기 공항도의 9할은 환경을 고려해서 환경사 석적 호안을 채용, 환경사 석적 호안은 해조, 어패류의 생식의 장으로



공항도 해역의 자연보호에도 기대를 모으고 있습니다.

5. 山梨超電道 浮上列車試驗 (The Yamanashi Maglev Test)



〈사진 12〉 4월 23일 Seto Ohashi 교량앞에서 (앞줄 좌측 2번 필자)

5.1 초전도 부상열차 시험역사

(History of Linear Motor Car Maglev)

- 1962. 모타카 추진부상식 철도의 연구개발 지시
- 1972. 초전도자기 부상식 추진시험 부상 주행 성공(ML100)
- 1979. 시속 517km 기록
- 1980. 유인형차량 주행 시험개시
- 1987. 2량 편성 시속 400.8km 유인주행 달성
- 1993. 야마나시(山梨), 초전도 부상열차 주행시험개시(MLU002N)
- 1995. 시속 411km, 유인 주행 성공(MLU002N)
- 1999. 5량 편성 시속 552km, 유인주행성공 (MLX01)기네스북에 기록
- 향후 4년 주행 시험후 영업시기 결정, 주행 시험 계속 중임

5.2 야마나시(山梨) 초전도 부상열차 시험 현황

5.3 야마나시(山梨) 초전도 부상열차 시험선 주 시험항목

- 안전, 쾌적한 시속 500km 고속안정 주행을 확인
- 초전도 자석차량의 지상 설비, 기기의 신뢰성 확인
- 환경 보전의 확인
- 경제성의 추구, 건설, 운영의 파악

5.4 현장 설명후 질문사항

- 전기비는 신간선보다 많이 든다.
- 차량의 적재하중이 크고 작을 때 속도개념 : 중량클 때 속도저하된다. 부력 제한한다.
- 낙뢰(번개)지진 : 벽체내 피뢰침 설치 낙뢰 심할시 터널내에서 대피한다.(터널 80%) 부상높이 10cm(독일 1cm) 좌우유격 4cm

구 분	전 체	시험구간	건 설 기 술 기 준
총 연 장 Length (km)	42.8	18.4	최고속도 : 550km/hr
터널구간 Tunnel (km)	34.6(80%)	16.0	최소곡선반경 : 8,000m
개착구간 Open-air (km)	8.2	2.4	최급구배 : 40 ‰ (4%)
시험센터 Control Center	1개소	1개소	궤도중심간격 : 5.8m
변 전 소 Substation	2개소	1개소	부상높이 : 약10cm (500km/hr)
차량기지 Train depot	1개소	1개소	차량 : 길이 28~21.6m, 폭 2.9m(차체부), 3.32m(대차부), 높이 3.28mm, 단면 8.9m ² , 차량 중량 30~20t, 터널단면 74m ²

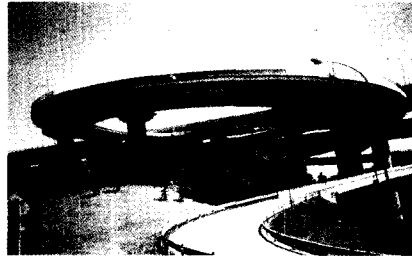
- 교량에 사용하는 재료는 고망강 금속 배합한 철물사용

6. 맺음말

- 제2회 아시아 토목대회를 동경에서 개최하여 한국의 토목기술자 104명 세미나에 참가 기술자로서 국위선양을 하고 제3회 아시아 토목학회 연합 협의회 회장을 한국 김광일(전 토목학회장)박사가 2001. 4. 19~2004. 4. 8까지 회장직을 수행하며 제3회 아시아 토목대회도 2004. 8 서울 코엑스에서 개최토록 되었습니다.
- 동경만 횡단도로건설을 계획부터 개통까지 30년간 첨단 건설기술을 총동원하여 건설함은 토목의 대역사입니다. 건설과정 기념관을 건설함은 본 받을 만한 일입니다.
- 혼슈시교꾸(本州四國) 연결교량가설로 일본 전국이 4개의 섬으로 형성된 땅을 하나로 연속화로 인하여 경제·사회·문화측 면에서 발달근간을 마련하고 세계 최장의 사장교와 현수교를 일본에서 가설하였으며 교량가설 현장마다 교량 전시관을 축조, 건설과정을 기념관에 보관 견학자들에게 보여주고 있었다.



〈사진 13〉 4월 24일 간사이공항 제2건설 모형도앞 필자



〈사진 14〉 南北備讃瀬戸大橋 進入하는 寫島高架橋

- 일본 토목기술자들은 설계능력과 직업을 대하는 그들의 철학이 우리와 너무나 달라서 새삼 놀라곤 하였다. 자신의 직업에 대한 자부심, 인내와 철학을 가진 일본기술자들의 자세를 우리는 배워야 한다고 생각하고,
- 일본의 좁은 국토를 효율적으로 사용하는 일본의 공간 활용성을 우리나라도 산악이 많고 국토가 좁다고는 하지만 사면이 바다인 일본도 유사한 면이 있으며 특히 교량을 더블데크로 설계하여 상하행선을 서로 다른 차선으로 활용하거나 철도와 고속도로가 상하로 운행하는 세계 최초의 복합형 교량을 설계하였고,형 하공간을 휴게소로 활용하였으며 건물과 건물 사이에 고가도로를 설계하고 동경시내의 순환 고속도로망이 지하로 시공중에 있었으며 구조물을 설계하면서 조형적인 측면 뿐만 아니라 조경공간도 충분히 확보하였다는 점이 그저 부러울 뿐이다. 서울도 교통체증 해결책으로 도시고가 및 지하(환·남북)도시고속도로 건설이 가능하다는 것을 필자는 느끼고 우리도 정부가 빠른 시일내 착수함이 바람직하다고 생각합니다.

(원고 접수일 2001. 7. 16)