

한·일 해저터널 전문학회 세미나

한·일 해저터널의
토목공학적 전망

이 종 출

부경대학교 건설공학부 교수

I. 서 론

세계 2차 대전 후 약 60년간 토목공학은 인류의 삶의 질을 한층 높였고, 세계 경제 발전에도 크게 기여하였으며, 생활의 변화에도 많은 영향을 끼치고 있다.

국경을 초월한 경제활동은 고속성, 대량운송, 다목적성, 안전성, 확실성, 간편성을 갖춘 수송수단을 요구하게 되었고, 이런 수송수단 구축에는 어디에나 토목공학이 그 첨병 역할을 담당해 왔다. 주로 수송로의 일부구간인 터널은 철도, 도로, 수로, 통신시설, 전력시설, 유류비축시설, 전투 요새 등에 없어서는 안되는 시설이고, 그 기술도 하루가 다르게 발전하고 있다. 터널은 자국내에서만 연결되는 터널이 있고, 영·불 유로터널(Eurotunnel)과 같이 국가 간에 연결되는 터널도 있다. 국가 간 연결은 양국 또는 다국간의 합의가 전제되어야 하며, 양국 또는 다국 간에 터널로 연결되는 경우에는 이들 국가 간에 인적·물적 유통이 쉬워지므로 공동체적 정서가 빨리 영글 수 있는 물리적 수단이 되기도 한다.

한·일 해저터널은 일본 측에서 보면 대륙 진출의 꿈을 실현하기 위하여 1940년대의 대동아전쟁때부터 거슬러 올라간다. 1940년대 대동아전쟁 당시 일본은 대동아 공영권을 부르짖으며, 일본 본토와 사할린, 러시아와 만주·부산을 연결하는 5개의 터널을 구상한 바 있다. 그로부터 60여년이 지난 지금, 2003년 2월 노무현대통령 취임축하차 방문한 일본 고이즈미 총리가 한·일 해저터널 건설의 필요성을 제기한 바 있다. 그 동안 정부에서도 교통개발연구원에 의뢰하여 2002년 6월-2003년 9월 사이 「한·일 해저터널 필요성 연구」를 수행한 바 있으나, 그 결과는 경제성이 없는 것으로 알려졌다.

이 사업은 국민적 합의하에 시행여부가 결정되어야 당연하며, 국민적 합의 여부는 정확한 전문기술의 바탕위에 판단되어야 할 것이다. 현재는 구상단계이기는 하나 토목공학적 전망을 분석해 보는 일은 의미 있는 일이며, 나중에 기술력 부족, 사전연구 부족으로 상대국에 기술적·학문적 종속으로 편승되어서는 않되므로 정부에서도 국익이 될 수 있는 올바른 대책을 준비하여야 할 것이다.

II. 추진연혁 및 유사사례

2.1 추진연혁

한·일 해저터널은 역사적으로 보면 1940년대로 거슬러 올라가나, 1945년 국제 정세의 큰 변화로 인하여 약 40년간은 중단된 상태이었다.

그 뒤 국제 정세의 변화와 경제개발, 세계 공동 번영의 필요성 등이 대두 되어 1981년 제10회 과학의 통일에 관한 국제회의에서 국제하이웨이구상이 제창되면서 다시 양국의 관심사로 대두되었다. 그 이후의 추진경과는 다음과 같다.

- 1981. 11 「제10회 과학의 통일에 관한 국제회의」(서울)에서 「국제 하이웨이 구상」이 제창됨
- 1982. 4 일본측이 이에 적극 호응키로 하고, 「국제하이웨이 건설사업단」 설립
- 1983. 5 일본, 「일한터널 연구회」 설립(상기사업단의 자문기관, 회장 佐佐保雄 北海道大學 名譽教授)
- 1986. 10 일본, 타당성조사 및 파이낸싱 연구 수행, 「일한터널조사 斜抗」의 기공(九州 東松浦 半島에서 길이 460m 시공)
- 1987. 세계은행의 국제협력융자 조인(1조2천억엔)
- 1988. 10 한국, 거제도의 지질조사 실시(육상보링 6공 300 ~ 400m)
- 1989. 1 중국, 「京丹 國際高速公路計劃 準備委員會」(북경, 위원장: 盧希齡, 중국 교통운수협회 부회장)
- 1992. 3 한국, 「한일터널 기술연구회」 설립(회장 성백전, 한국해외기술공사 회장)
- 1996. 3 건교부에 사업구상 및 연구회활동보고
「국제하이웨이 구상과 한일터널 프로젝트 추진현황」
- 1999. 1 대한토목학회일행(박경부부회장등 14명)
일본SOC 현장 견학 및 일·한연구회의 한일터널 사업설명회 참가
- 1999. 3 대통령 비서실의 요청에 의해 사업추진현황 및 활동현황 자료 보고
· 「국제하이웨이 구상과 한일터널 프로젝트 추진현황」
· 「한일터널의 경제평가」(日, 研究會)
- 2000. 5 KBS-TV 「세계는 지금 철도 르네상스」 프로그램에서 한일터널계획 기획취재
- 2000. 5. 31. 한일연구회 회장단간 간담회(동경)
 - ▷ 일본 국내입장 정리 : 경제평가와 효과, 자금조달과 상환, 중앙관청과 지방자치체(후쿠오카, 사가, 나가사키현), 중앙과 지방재계, 중앙정계와 지방정계의 입장정리 문제
 - ▷ 국제적 과제 : 경제평가와 효과, 자금조달과 상환, 한국과의 긴밀한 협력관계(관·재계·정계), 장래에는 북한·중국·러시아와의 협력체계 확립 문제
 - ▷ 기술적 과제 : 대마도해협서수도(대한해협)의 새로운 퇴적층의 조사 및 대심도, 대수압에서 시공법 연구

▷ 공동추진기구 과제 : 금후 설치할 공동기구(공동위원회)는 상호간에 본 사업의 헤드쿼트로
서 기본지침을 토의하며, 본지침이 지속적일 수 있는 위상정립 문제

- 2000. 9 김대중 대통령 모시요시로 총리에 제안1
- 2000. 10 모리총리 서울 ASEM에서 해저터널 필요성 강조
- 2002. 6 건교부 「한일 해저터널 타당성 조사」 용역시행
▷ 경제성이 없다는 내용 발표
- 2003. 2. 25. 노무현대통령 취임 한일정상회담에서 고이즈미 일본총리에게 한일해저터널 건
설의 필요성 제기
- 2003. 9. 한일해협 시도지사 교류회의, 해저터널 건설을 위한 공동연구 제안
- 2007. 1. 21. 국회의원회관 대회의실, 해저터널 연구개발 세미나
(해저터널의 파급효과 검토, 허재완 중앙대 교수)

□ 한일터널 관련 동향

- '81년 통일교에 의해 국제하이웨이 구상차원에서 제시된 이후 일본측에서는 민간중심의 연
구회 활동이 이루어져 왔으며 80년대와 90년대 초반의 연구활동이후 별도의 연구 성과물이
없으며, 이는 민간차원의 연구범위의 한계를 나타낸 것으로 판단 됨.
- 한국측의 (사)한일해저터널연구원(이사장 박경부)도 민간차원의 조직으로서 일한터널연구회의
창구로서 역할을 수행하고 있는 실정으로 국가적인 부정적인 시각에 의해 침체된 분위기에
서 최근 통일한국의 철도망 구축사업으로 여건개선을 희망하고 있음.
- 따라서 일본측 일한터널연구회에서는 민간차원의 기초연구를 토대로 터널건설의 전제조건인
정치·사회·경제적인 측면에서 타당성 확보를 위한 일련의 접근을 계속적으로 하고 있으며,
앞으로도 계속적으로 할 것으로 판단됨

2.2 유사사례

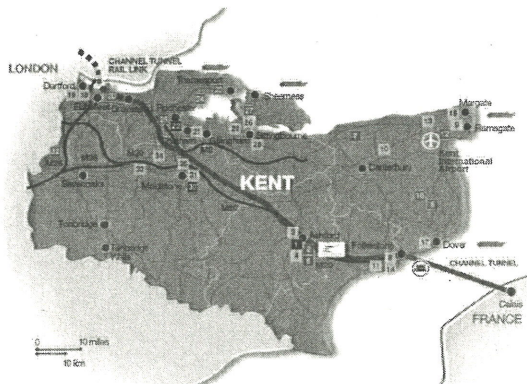
2개의 국가간을 연결하고 연장이 비교적 긴 터널로는 1994년 5월 개통한 유로터널이 한·일 해저터
널과 제일 유사성이 있다. 그래도 유로터널은 총연장이 50km로써 한·일 해저터널의 1/4도 되지 못하
면, 해저구간은 37km에 불과하다.

그렇지만 한·일 해저터널 건설을 위해서는 유로터널을 벤치마킹하는 것이 제일 타당성이 있다. 영·불 유로터널의 현황은 <표 2.1>과 같다.

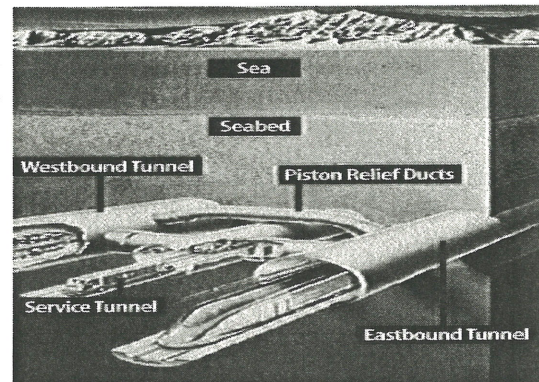
<표 2.1> 영·불 유로터널(Eurotunnel) 현황

유로터널의 개요	
건설추진	1802년 나폴레옹 시대에 최초 제안, 역사적으로 양국간 해협을 건널 수 있는 최적 수단의 모색 이래로 1975년까지 수차례 건설추진 시도 - 영국수상(대체)과 프랑스대통령(미테랑)이 터널건설 공표로 구체화 1987년 양국에서 굴착 시작하여 1994년 5월 개통
터널개요	- 터널길이: 총길이 50km, 해저구간 37km - 터널깊이: 해저밑 45m - 통과소요시간: 약 20분 (시속 135km) 3개터널 (2개의 철도터널, 1개의 보조터널)이 서로 연결 구조 - 건설비:최초 75억달러 예측대비 1994년까지 150억달러 소요
운영	- 양국의 민자 연합체인 유로터널그룹(영국측 Eurotunnel PLC, 프랑스측 Eurotunnel SA)을 설립하여 운영, 2051년까지 독점운영수익권 부여 - 과도한 건설비 차입으로 1995년 80억달러에 대한 이자지불 중단 후 채권은행들과의 구조개혁 일환으로 운영연장을 합의 2052년~2086년까지 연장운영 후 양국정부에 반환하고, 동기간 발생하는 순수익의 40%를 양국정부에 지불 1편 25량 열차로 구성되어 승객 및 화물운송서비스 제공 1편당 최대 120대의 승용차와 12대의 버스 수송가능 - 수송현황 (2005년) - 승객수송: 16.5백만명 - 차량수송: 승용차 2백 만대, 버스 77천대 - 트럭 1.3백 만대 (트럭당 평균 13톤 화물적재) - 최근 운영수지 흑자로 전환됐지만 과도한 부채로 경상수지는 적자
유로터널의 평가	
타당성 측면	- 양국간의 토목공학적 기술의 정수를 실현 - 영국과 프랑스(유럽대륙)간의 직접 연결로 인한 물류 및 시간비용 절감 - 그러나 사업타당성에 비하여 막대한 건설투자비 소요 - 민자추진으로 영국의 증권시장을 통하여 자본조달 (상장)
외교측면	역사적으로 경쟁자인 영·불간 실리의교적 Win-Win의 영불조약 체결
건설측면	- 양국간, 양국의 사업참여 당사자들간 컨소시엄 구성으로 협력 도모 - 건설초기 양국간 건설자금과 건설통제에 관한 이견으로 파행 경험 - 양국정부 관계기관들의 지나친 간섭으로 건설 지연
수요측면	터널 이용승객수: 예측수요 대비 1/3수준
운영재정 측면	- 건설비의 차입으로 인한 부채는 이자포함 15조원 - 현재 운영수지가 흑자지만 이자를 지불하기에 부족 - 부채감소를 위한 노력으로 구조조정 (서비스 축소 및 직원 감축) 2006년 자기자본의 87%에 상당하는 부채를 채권은행이 떠맡을 것을 요구하다가 채권은행의 반대로 부채탕감 계획 무산 - 이에 프랑스 법정은 유로터널회사에 대하여 6개월간 파산보전 신청

고용측면	◦개통이래 약 8,500개의 일자리 창출 - 직접고용: 2,500명 (현재는 영국 780명, 프랑스 1,480명) - 간접고용: 1,600명 - 유발고용: 4,400명
지역개발 측면	◦영국의 Kent지방과 프랑스의 Nord-Pas-de-Calais지방의 지역개발의 원천 - 2,500명의 유발고용은 프랑스의 Nord-Pas-de-Calais지방의 하이퍼마켓의 출현에 의함 - 토목건설 관련업체수 증가로 2,200개의 일자리 증가 - Calais지방의 상의는 해저터널 관련 박물관 조성 사업을 추진중 - Kent지방은 해저굴착으로 파낸 흙을 해안가에 잘 적토하여 희귀곤충 및 식물(꽃)이 있는 자연보호구역으로 매년 수십만의 관광객 유입
환경적 측면	- 전기 전동차의 운행으로 2005년 수송실적에 대하여 화석연료를 사용하는 바다위의 수송수단과 비교할 때 대기중의 일산화탄소 배출량은 20~30분의 1에 정도로 환경적으로 매우 양호 - 생태학적 편익은 영국의 전체 자동차중 1%를 감축한 것과 같은 효과



〈그림 2.1〉 유로터널 평면도



〈그림 2.2〉 유로터널 단면도

Ⅲ. 사업개요 및 노선별 특성, 사업비

3.1 노선개요

남·북 철도 연결이 현실화됨에 따라 한·중·일 3국이 인적·물적 교류 수단으로 철도 연결의 가능성은 더욱 높아졌다.

한국과 중국은 철도연결에 어려움은 적으나 한국과 일본 사이는 해저터널에 의존하는 수밖에 없다. 한·일 해저터널 사업은 기본구상단계이므로 사업개요도 구체성이 미흡한 상태이며, 한일해저터널 연구회(일본측 연구회)에서 연구된 내용은 〈표 3.1〉과 같다.

〈표 3.1〉 한·일 해저터널 사업개요

區分	A노선	B노선	C노선
路線經路	唐津~이끼~對馬(下鳥)~巨濟島	唐津~이끼~對馬(下鳥)~對馬(上鳥)~巨濟島	唐津~이끼~對馬(下鳥)~對馬(下鳥)~釜山
總延長	209km	217km	231km
海底距離	145km	141km	128km
陸上部距離	64km	76km	103km
最大水深 (對馬海峽西水道)	155m	160m	220m
交通手段	新幹線, 리니어모터카, 道路·鐵道(신간선, 리니어)併用方式		
工期	15년~20년(굴삭속도 1,000m/월)		
建設費(억엔) (230km기준)	철도·도로병용 1본+서비스터널 : 101,200(1km당 440)		
	철도·도로병용 2본+서비스터널 : 200,100(1km당 870)		
인공섬	환기등을 고려해서 약20km마다 1곳 필요(약 10개소)		

주 1) 인공섬은 실제 6개정도 소요됨.

3.2 노선별 특성, 사업비

노선은 기본구상 단계이지만 3개 노선이 대상이 되고 있다. 일본측 시점은 일본 큐슈 사가현 카라츠로서 거의 확정이 되어 있는 상태이고, 우리나라에서는 연장이 짧은 거제시 일운면과 부산 사하구 가덕도 부근을 생각할 수 있다.

가덕도 부근을 생각하는 이유는 부산 신항과 연계성이 우수하기 때문이다.

노선대는 기본구상 단계이지만 각 노선 대안별 특성을 열거하면 〈표 3.2〉와 같고 터널 형식별 공사비를 비교하면 〈표 3.3〉과 같다.

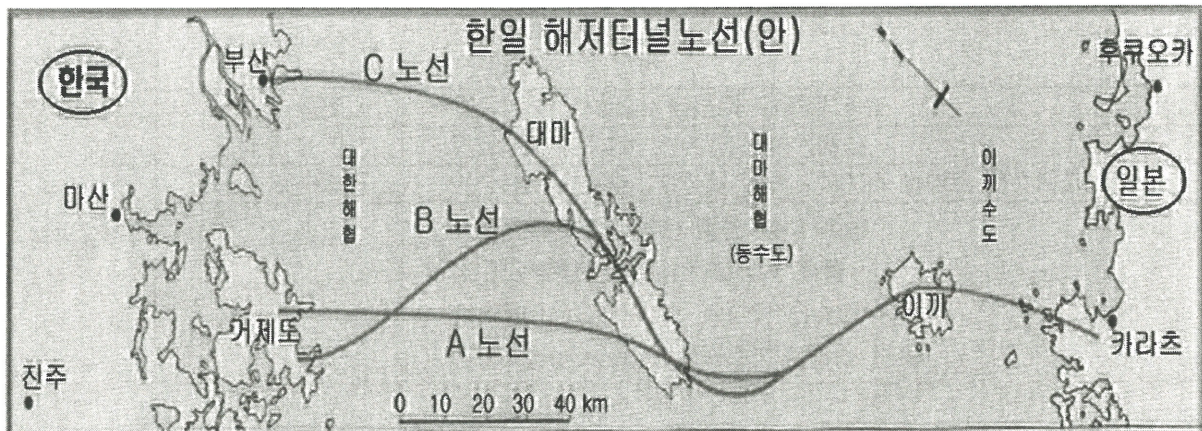
〈표 3.2〉 각 노선 대안별 특성

區分	A노선	B노선	C노선	검토의견
路線經路	唐津~이끼~對馬(下鳥)~巨濟島	唐津~이끼~對馬(下鳥)~對馬(上鳥)~巨濟島	唐津~이끼~對馬(下鳥)~對馬(上鳥)~釜山	A,B노선은 한국측 고속철도와 연결을 위해서는 거제~부산간의 추가 연결노선이 필요함
總延長	209km	217km	231km	
海底距離	이끼水道	28km	28km	교량건설방안이 검토되고 있음
	對馬海峽東水道	51km	49km	
	對馬海峽西水道	66km	49km	한국측 공사구간으로 예상됨
	小計	145km	128km	해저거리는 C노선이 13~15km정도 짧음
陸上部距離	64km	76km	103km	C안의 총연장이 긴 것은 육상부의 연장 때문임
最大水深	이끼水道	55m	55m	유로터널 수심 60m
	對馬海峽東水道	110m	110m	세이칸터널 수심 140m
	對馬海峽西水道	155m	160m	대심도, 대수압에 대한 시공법 조사연구 필요 미고결층에 대한 조사

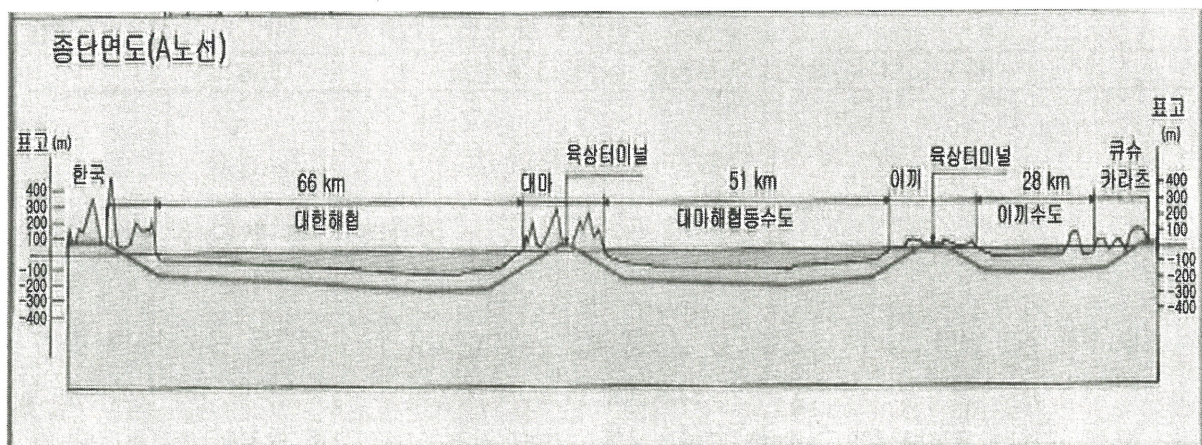
〈표 3.3〉 터널 형식별 공사비 비교

구분	수송수단	터널형식	연장 (km)	단위 공사비	공사비
유로터널	고속철도 + 일반 철도(카트레인)	· 단선철도 터널 2본 - 1본 직경 7.6m · 서비스 터널 1본 - 직경 4.8m	50.45	3억불 (2,850억원)	150억불 (14.3조원)
한일해저 터널	고속철도+일반철도	· 고속철도+일반철도 터널1본 - 터널직경 9.5m · 서비스터널 1본	230	2.5억불 (2,390억원)	580억불 (55.1조원)
		유로터널과 동일	230	3억불 (2,850억원)	690억불 (65.6조원)
	고속철도+자동차(도로)	· 고속철도+도로터널1본 - 터널직경 14.0m · 서비스터널 1본	230	426억엔 (3,661억원)	9.9조엔 ¹⁾ (84.2조원)
		· 고속철도+도로터널2본 - 1본 터널직경 14.0m · 서비스터널 1본	230	783억엔 (7,650억원)	18조엔 ²⁾ (153조원)

주 1) 9.9조 : 18조의 55%. 2) 18조엔 : 日韓トンネル研究會 資料. 3) 환율 1\$=950won, 100¥=850won.



〈그림 3.1〉 노선도



〈그림 3.2〉 단면도

IV. 기술적 과제 및 요약

4.1 기술적 과제

한·일 해저터널 건설이 현실화되면 전세계적으로 유사 이래 최대의 토목공사가 되는 것이며, 해저에서 40분~2시간 30분 정도 주행하게 되므로 이에 따른 해결해야 할 과제들도 많다. 여기에는 토목공학, 기계, 전기, 전자, 통신, 안전 등 공학분야 뿐만 아니라 외교, 국방, 의학 분야까지 연구해야 할 과제들이 많다. 여러 분야의 과제를 모두 제시하기는 어렵고, 토목공학분야와 안전분야에 대한 내용을 나열하면 <표 4.1>과 같다.

〈표 4.1〉 토목공학·안전분야 해결해야 할 과제들

분야	세부분야	해결해야 할 과제
토목공학	방수	· 대심도, 높은 수압하에서 절리를 뚫고 나오는 누수 방수
	굴착토사 처리	· 약 73,000,000m ³ (고속철도+일반철도+서비스터널)의 굴착토 처리(터널내에서의 운반)
	인공섬 축조	· 수심 150 ~ 220m 깊이의 인공섬 축조
	공사중 환기	· 연장 20 ~ 30km 긴연장의 환기처리
	공사중 용수처리	· 연장 20 ~ 30km 밖으로 100 ~ 200m 높이로 용수처리
	지반문제	· 壹岐水道の 해저에는 많은 용수 예상 · 대마도 부근이 제일 문제점이 적음 · 東水道에는 단층존재, 중요한 요소가 됨 · 대한해협(西水道)에 퇴적층(미고결층 분포)
안전공학	도로주행	· 자동차 배기가스 처리 · 터널내 휴게시설 설치 · 1시간 이상 계속 단조로운 주행시 운전자 주의력 저하
	터널내 화재	· 터널내 화재 발생시 대처기술(차량 및 사람대피, 유로터널의 경우 화재 발생후 이용객 감소)
	터널내 누수	· 터널내 다량누수 발생시 대처기술(감지기술포함)

4.2 타사업과의 연계 추진 필요성

한·일 해저터널은 굴착량이 약 73,000,000m³(고속철도2, 일반철도2, 서비스 터널 1의 경우)되는 대규모 토목공사이며, 한국측에는 약 30,000,000m³가 운반된다.

이 굴착토사를 어떻게 활용하는냐 또는 버리느냐는 사업의 성패에 크게 영향을 미치고 한·일 양국의 자국의 연계개발이 필요하다.

굴착토사의 갯문입구까지 운반은 굴착을 하기 위한 필수공정이고, 갯문을 지나면 어디에 운반되어 활용 또는 버려지는냐에 따라 공사비에 막대한 영향을 미치게 된다. 가장 좋은 방법은 운반을 최소화 하여 굴착토사를 활용하여 또 다른 매립을 하면 일석이조의 효과를 얻을 수 있다.

이 경우 굴착토사를 활용하기 제일 좋은 곳이 부산이라 판단된다. 부산은 태생적 한계가 있어서 산업용지가 절대적으로 부족하고, 신공항이 필요한 실정이다.

따라서 굴착토를 활용하여 신공항을 건설한다든지 해안을 매립하여 부족한 산업용지를 건설한다든지 듀바이와 같은 비즈니스 센터를 건설할 수 있다. 이렇게 되면 공사비를 획기적으로 절감할 수 있는 방안이 된다고 생각된다. 또한 이 터널은 TSR, TCR과 연계되어야 하므로 부산을 거쳐 갈 수밖에 없고, Asian Highway와도 연계되어야 하므로 역시 부산은 경유할 수밖에 없다. 부산을 거쳐 가면 영도가 해저터널의 시점이 되며, KTX 부산역의 지하화 계획과 연계가 편리하다.

만일 부산 가덕도 부근을 매립하는데 활용되어 신공항이 건설될 수 있다면, 그 곳에는 육·해·공로의 국제적 결절점이 될 것이며, 동북아의 육·해·공로의 관문이 되어 우리나라 발전에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

4.3 요약

연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 한·일 해저터널은 국민적 합의하에 추진되어야 하며, 단기적 경기부양정책이나 남·북 화해 분위기에 편승되어서도 안되고, 향후 100년 이상을 내다보고 국익이 되는지를 판단하여 추진되어야 한다.

둘째, 현재 3개의 대안노선을 생각할 수 있으며, 일본측 시점은 카라츠로 논란의 여지는 없으나, 한국측 시점은 지역의 발전보다는 국가적 발전계획의 틀 위에서 평가되어야 하며 TSR, TCR과의 연계성, 타교통수단과의 연계성, 사업비, 대규모 굴착토사의 활용성, 환경성 등이 중요한 요소로 고려되어야 한다. 이 경우 한국측 시점은 부산 영도가 제일 타당성이 있고, KTX 부산역 지하화 계획과도 연계 효과가 커진다.

셋째, 인류역사 이래 최대의 토목공사로서 약 30,000,000m³의 엄청난 토석(한국측)이 발생되므로 이 토석을 활용한 연계사업(대규모 해상 산업단지, 해상 국제 비즈니스 센터, 해상 국제공항건설 등)과 연계 개발하여 사업비 절감은 물론 사업의 시너지 효과를 더 높여야 한다.

넷째, 국민적 합의가 이루어졌다 하더라도 기술적으로 해결해야 할 과제도 많으며, 이 과제들이 단시일내 불가능하므로 이 분야의 연구개발에 정부의 투자가 시급하다.

V. 참고문헌

1. 한·일 해저터널건설의 영향과 향후대책(최치국, 부산발전연구원)
2. 한·일 해저터널 건설 추진동향과 부산시 대응방향(부산발전연구원)
3. 日韓トンネル研究會, 日韓トンネル Catalog
4. 대한교통학회 한일해저터널 연토회 자료(2003. 11. 6)
5. (사)대한토목학회, 제2회 터널시공기술향상 대토론회 논문집(2002. 8. 30)
6. 일한터널시보(한국어판)(No. 49, 2003. 8. 1)
7. 부산일보, "한일해저터널 일본측 카라츠 조사사갱 시굴 현장을 가다"(2007. 6. 6)
8. 日韓トンネル研究會 Homepage
9. Eurotunnel Homepage

日韓海底トンネル専門学会セミナー

日韓海底トンネルの
土木工学的展望

イ・ジョンチュル

釜慶大学校 建設工学部 教授

I. 緒 論

第二次世界大戦後、約60年間、土木工学は人類の生活の質を一段と高め、世界経済の発展にも大きく寄与し、生活の変化にも多くの影響を与えている。

国境を超越した経済活動は高速性、大量運送、多目的性、安全性、確実性、便利性をもつ輸送手段を要求するようになり、このような輸送手段の構築には常に土木工学がその尖兵の役割を担当してきた。主に輸送路の一部区間であるトンネルは鉄道、道路、水路、通信施設、電力施設、石油備蓄施設、戦闘要塞などにはなくてはならない施設で、その技術も日ごとに発展している。トンネルは自国内でのみ繋がるトンネルがあり、英仏ユーロトンネル (Eurotunnel) のような国家間に繋がるトンネルもある。国家間の連結は両国、もしくは多国間の合意が前提されなければならない、両国もしくは多国間にトンネルで連結される場合には、これら国家間の人的、物的流通が容易になるので共同体的情緒が早く実る物理的手段になったりもする。

日韓海底トンネルは日本側から見ると大陸進出の夢を実現するために1940年代の大東亜戦争の時に遡る。1940年代大東亜戦争当時、日本は大東亜共栄圏を叫び、日本本土とサハリン、ロシアと満州、釜山を繋ぐ5つのトンネルを構想したことがある。それから60余年が過ぎた今、2003年2月盧武鉉大統領の就任祝賀で訪問した日本の小泉総理が日韓海底トンネル建設の必要性を提起したことがある。その間、政府でも交通開発研究院に依頼し2002年6月～2003年9月の間「日韓海底トンネルの必要性研究」を遂行したことがあるが、その結果は経済性がないとされた。

この事業は国民的合意の下で施工可否が決定されるのが当然で、国民的合意の可否は正確な専門技術の土台の上で判断されなければならないものだ。現在は構想段階ではあるが、土木工学的展望を分析することは意味のあることで、あとで技術力不足、事前研究不足により相手国の技術的、学問的に従属し便乗するようになってはだめなのであって、政府でも国益となりうる正しい対策を準備しなければならない。

II. 推進沿革および類似事例

2.1 推進沿革

日韓海底トンネルは歴史的にみると1940年代に遡るが、1945年国際情勢の大きな変化によって約40年間は中断された状態だった。

その後、国際情勢の変化と経済開発、世界共同繁栄の必要性などが台頭し、1981年第10回科学の統一に関する国際会議で国際ハイウェイ構想が提唱され、再び両国の関心事に台頭した。それ以降の推進経過は次の通りだ。

- 1981.11 「第10回科学の統一に関する国際会議」(ソウル)で「国際ハイウェイ構想」が提唱された
- 1982.4 日本側がこれに積極的に呼応し、「国際ハイウェイ建設事業団」が設立
- 1983.5 日本「日韓トンネル研究会」設立(上記事業団の諮問機関、会長 佐々保雄 北海道大学名誉教授)

- 1986.10 日本、妥当性調査およびファイナンス研究遂行「日韓トンネル調査斜坑」の起工（九州東松浦半島で長さ460m施工）
- 1987. 世界銀行の国際協力融資調印（1兆2千億円）
- 1988.10 韓国、巨済島の地質調査実施（陸上ボーリング6箇所300～400m）
- 1989.1 中国「京丹国際高速公路計画準備委員会」（北京、委員長 盧希齡、中国港通運輸協会副会長）
- 1992.3 韓国「韓日トンネル技術研究会」設立（会長 成百詮、韓国海外技術公社会長）
- 1996.3 建設交通部に事業構想および研究会活動報告
「国際ハイウェイ構想と日韓トンネルプロジェクト推進現況」
- 1999.1 大韓土木学会一行（朴慶夫副会長等14名）
日本SOC現場見学および日韓研究会の日韓トンネル事業説明会参加
- 1999.3 大統領秘書室の要請により事業推進現況および活動現況資料報告
「国際ハイウェイ構想と日韓トンネルプロジェクト推進現況」
「日韓トンネルの経済評価」（日本、研究会）
- 2000.5 KBS-TV「世界は今鉄道ルネッサンス」プログラムで日韓トンネル計画の企画取材
- 2005.31 日韓研究会会長団間の懇談会（東京）
 - 日本の国内の立場整理：経済評価と資金調達と返済、中央官庁と地方自治体（福岡、佐賀、長崎県）、中央と地方財界、中央政界と地方政界の立場整理問題
 - 国際的課題：経済評価と効果、資金調達と返済、韓国との緊密な協力関係（官、財界、政界）、将来には北朝鮮、中国ロシアとの強力体系確立問題
 - 技術的課題：対馬海峡西水道（大韓海峡）の新しい堆積層の調査および大深度、大水圧で施工法研究
 - 共同推進機構の課題：今後設置する共同機構（共同委員会）は相互間に本事業のヘッドクォーターとして基本指針を討議し、本指針が持続できる位相定立の問題
- 2000.9 金大中大統領、森喜朗総理に提案1
- 2000.10 森総理ソウルASEMで海底トンネルの必要性強調
- 2002.6 建設交通部「日韓海底トンネルの妥当性調査」を発注する
 - 経済性がないという内容発表
- 2003.2.25 盧武鉉大統領就任の日韓頂上会談で小泉日本総理に日韓海底トンネル建設の必要性提起
- 2003.9 日韓海峡市道知事の交流会議、海底トンネル建設のための共同研究提案
- 2007.1.21 国会議員会館大会議室、海底トンネル研究開発セミナー
(海底トンネルの波及効果検討、ホジェワン中央大教授)

▣ 日韓トンネル関連動向

- ♣ 81年統一教会によって国際ハイウェイ構想レベルで提示されて以降、日本側では民間中心の研究会の活動がなされた。80年代と90年代初めの研究活動以降は他の成果はなく、これは民間レベルの研究範囲の限界を表したものと判断される

- ◆ 韓国側の社団法人韓日海底トンネル研究院（理事長 朴慶夫）も民間レベルの組織として日韓トンネル研究会の窓口としての役割を遂行している実状で、国家的な否定的視線によって沈滞した雰囲気から、最近統一韓国の鉄道網の構築事業で状況改善を望んでいる。
- ◆ したがって日本側の日韓トンネル研究会では民間レベルの基礎研究を土台にトンネル建設の前提条件である政治、社会、経済的な側面で妥当性の確保のための一連の接近を続けており、今後も継続的に行うと判断される

2.2 類似事例

2つの国家間を繋ぐ延長が比較的長いトンネルとしては、1994年5月に開通したユーロトンネルが日韓海底トンネルと最も類似性がある。しかし、ユーロトンネルは総延長が50kmで日韓海底トンネルの1/4にもならず、海底区間は37kmに過ぎない。

しかし、日韓海底トンネル建設のためにはユーロトンネルをベンチマーキングすることが一番妥当性がある。英仏ユーロトンネルの現況は〈表2.1〉のようだ。

〈表2.1〉英仏ユーロトンネル（Eurotunnel）現況

ユーロトンネルの概要	
建設推進	・ 1802 年ナポレオン時代に最初に提案。歴史的に両国間の海峡を渡ることができる最適手段の模索以来 1975 年まで何度も建設推進を試図 ・ イギリス首相（サッチャー）とフランス大統領（ミッテラン）がトンネル建設公表で具体化 ・ 1987 年両国で掘削が始まり 1994 年 5 月開通
トンネル概要	・ トンネルの長さ：総長 50 km、海底区間 37 km - トンネルの深さ：海底下 45 m ・ 通過所要時間：約 20 分（時速 135 km） ・ 3 つのトンネル（2 つの鉄道トンネル、1 つの補助トンネル）がお互い連結の構造 ・ 建設費：最初 75 億ドルの予測準備、1994 年まで 150 億ドル所要
運営	・ 両国の民資連合体であるユーロトンネルグループ（イギリス側 Eurotunnel PLC、フランス側 Eurotunnel SA）を設立し運営、2051 年まで独占運営収益権付与 ・ 過度の建設費の借入で 1995 年 80 億ドルに対する利子支払い中断後、債権銀行の構造改革の一環で運営延長を合意 ・ 2052 年～2086 年まで延長運営後、両国政府に返還し、同期間に発生する純収益の 40 %を両国政府に支払う ・ 1 便 25 両の列車で構成され、乗客および貨物運送サービスの提供 ・ 1 便あたり最大 120 台の乗用車と 12 台のバス輸送可能 ・ 輸送現況（2005 年） - 乗客輸送：16.5 百万人 - 車両輸送：乗用車 2 百万台、バス 77 千台 トラック 1.3 百万台（トラックあたり平均 13 トンの貨物積載） ・ 最近運営収支が黒字に転換されたが、過大な負債で経常収支は赤字

ユーロトンネルの評価	
妥当性側面	・両国間の土木工学的技術の精粋を実現 ・イギリスとフランス（ユーロ大陸）間の直接連結による物流および時間費用節減 ・しかし、事業妥当性に比べて莫大な建設投資費所要 ・民資推進でイギリスの証券市場を通し資本調達（上場）
外交側面	・歴史的に競争者である英仏間の実益外交的 Win-Win の英仏条約締結
建設側面	・両国間、両国の事業参与当事者間のコンソーシアム構成で協力図る ・建設初期、両国間の建設資金と建設統制に関する異見で跛行経験 ・両国政府関係機関の行き過ぎた干渉で建設遅延
需要側面	・トンネル利用乗客数：予測需要に対し 1/3 レベル
運営財政側面	・建設費の借入れによる負債は利子を含め 15 兆ウォン ・現在運営収支が黒字だが、利子を支払うのには不足 ・負債減少のための努力で構造調整（サービス縮小および職員減らし ・2006 年の自己資本の 87% に相当する負債を債権銀行が引き受けることを要求したが、債権銀行の反対で負債の棒引き計画霧散 - これに、フランスの法廷はユーロトンネル会社に対し 6 ヶ月間破産保全申請
雇用側面	・開通以来約 8500 の職を創出 - ー直接雇用：2500 名（現在はイギリス 780 名、フランス 1480 名） - ー間接雇用：1600 名 - ー誘発雇用：4400 名
地域開発側面	・イギリスの Kent 地方とフランスの Nord-Pas-de_Calais 地方の地域開発の源泉 - ー2500 名の誘発雇用はフランスの Nord-Pas-de_Calais 地方のハイパーマーケットの出現による - ー土木建設関連業者数の増加で 2200 個の職が増加 - ーKent 地方の海底掘削で掘り出した土を海岸にうまく積土し貴重な昆虫および植物（花）がある自然保護区域に毎年、数十万の観光客が流入
環境的側面	・電気電動車の運行で 2005 年輸送実績に対し火石原料を使用する海上の輸送手段と比べると大気中の一酸化炭素排出量は 20-30 分の 1 程度で環境的に非常に良好 ・生態学的便益はイギリス全体の自動車中 1% を減らしたのと同じ効果

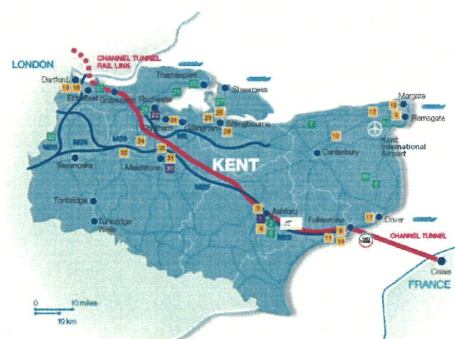


図 2.1 ユーロトンネル平面図

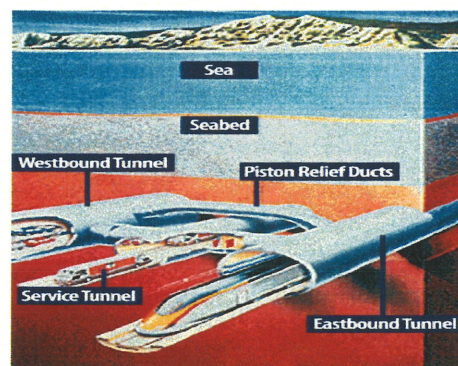


図 2.2 ユーロトンネル断面図

III. 事業概要および路線別特性、事業費

3.1 路線概要

南北鉄道連結が現実化するに従い、韓中日3国が人的、物的交流手段として鉄道連結の可能性はさらに高まった。

韓国と中国は鉄道連結に困難は少ないが、韓国と日本の間は海底トンネルに依存するしかない。日韓海底トンネル事業は基本構想段階なので事業概要も具体性が十分ではない状態で、日韓トンネル研究会（日本側研究会）で研究された内容は図3.1の通りだ。

図3.1 日韓海底トンネル事業概要

区分	A 路線	B 路線	C 路線
路線経路	唐津～壱岐～ 對馬(下鳥)～巨濟島	唐津～壱岐 ～對馬(下鳥)～對馬(上鳥)～ 巨濟島	唐津～壱岐 ～對馬(下鳥)～對馬(下鳥) ～釜山
総延長	209 km	217 km	231 km
海底距離	145 km	141 km	128 km
陸上部距離	64 km	76 km	103 km
最大水深 (對馬海峡西水道)	155m	160m	220m
交通手段	新幹線, リニアモーターカー, 道路・鐵道(新幹線, リニア)併用方式		
工期	15年～20年(掘削速度 1,000m/月)		
建設費(億円) (230 km基準)	鐵道道路併用 1本+サービストンネル : 101,200(1 kmあたり 440) 鐵道道路併用 2本+サービストンネル : 200,100(1 kmあたり 870)		
人工島	換気等を考慮して約 20 kmごとに1箇所必要(約 10 箇所)		

注：人工島は実際6つ程度所用される

3.2 路線別特性、事業費

路線は基本構想段階だが、3つの路線が対象になっている。日本側の始点は九州の佐賀県唐津でほぼ確定している段階で、韓国では延長が短い巨濟市一雲面と釜山沙下區加徳島付近が考えられる。

加徳島付近が考えられる理由は、釜山新港と連携性が優秀なためだ。

路線は基本構想段階だが、各路線の代案別特性を列举すると表3.2の通りで、トンネル形式別工事費を比較すると表3.3の通りだ。

表3.2 各路線の代案別特性

区分	A 路線	B 路線	C 路線	検討意見
路線経路	唐津～壱岐 ～對馬(下鳥)～巨	唐津～壱岐 ～對馬(下鳥)～對	唐津～壱岐 ～對馬(下鳥)～對	A, B 路線は韓国側的高速鐵道と連結のためには巨濟～

		済島	馬(上島)～巨済島	馬(上島)～釜山	釜山間の追加連結路線が必要
	總延長	209 km	217 km	231 km	
海底距離	壱岐水道	28 km	28 km	28 km	橋梁建設方案が検討されている
	對馬海峡東水道	51 km	49 km	51 km	
	對馬海峡西水道	66 km	64 km	49 km	韓国側の工事区間と予想される
	小計	145 km	141 km	128 km	海底距離は C 路線が 13 ～ 15 km 程度短い
	陸上部距離	64 km	76 km	103 km	C 案の総延長が長いのは陸上部の延長のせいだ
最大水深	いり水道	55m	55m	55m	ユーロトンネル水深 60m
	對馬海峡東水道	110m	110m	110m	青函トンネル水深 140m
	對馬海峡西水道	155m	160m	220m	対馬、大水压に対する施工法の調査研究必要 未固結総に対する調査

表 3.3 トンネル形式別工事費比較

区分	輸送手段	トンネル形式	延長 (km)	単位 工事費	工事費
ユーロトンネル	高速鉄道 + 一般鉄道 (カートレイン)	. 単線鉄道トンネル 2 本 - 1 本直径 7.6m . サービストンネル 1 本 - 直径 4.8m	50.45	3 億ドル (2,850 億ウォン)	150 億ドル (14.3 兆ウォン)
日韓海底トンネル	高速鉄道+一般鉄道	. 高速鉄道 + 一般鉄道 トンネル 1 本 - トンネル直径 9.5m . サービストンネル 1 本 ユーロトンネルと同じ	230	2.5 億ドル (2,390 億ウォン)	580 億ドル (55.1 兆ウォン)
			230	3 億ドル (2,850 億ウォン)	690 億ドル (65.6 兆ウォン)
	高速鉄道+自動車(道路)	. 高速鉄道+道路トンネル 1 本 - トンネル直径 14.0m . サービストンネル 1 本	230	426 億円 (3,661 億ウォン)	9.9 兆円 ¹⁾ (84.2 兆ウォン)
		. 高速鉄道+道路トンネル	230	783 億円	1 兆円 ²⁾

		ル 2 本 -1 本トンネル 直径 14.0m .サービストンネル 1 本	(7, 650 億ㄲ)	(153 兆ㄲ)
--	--	--	-------------	----------

注：1)9.9兆：18兆の55%、2)18兆円：日韓トンネル研究会資料、3)為替1\$=950won、100₩=850won

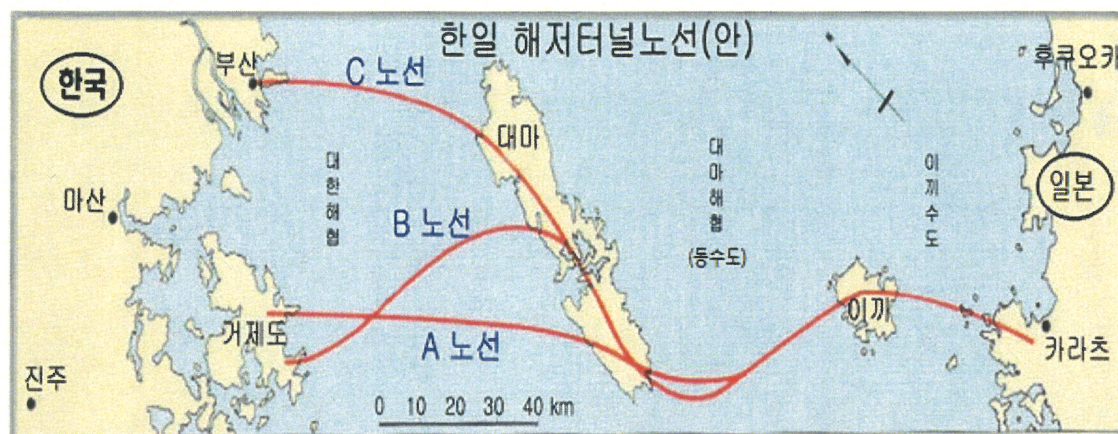


図 3.1 路線図

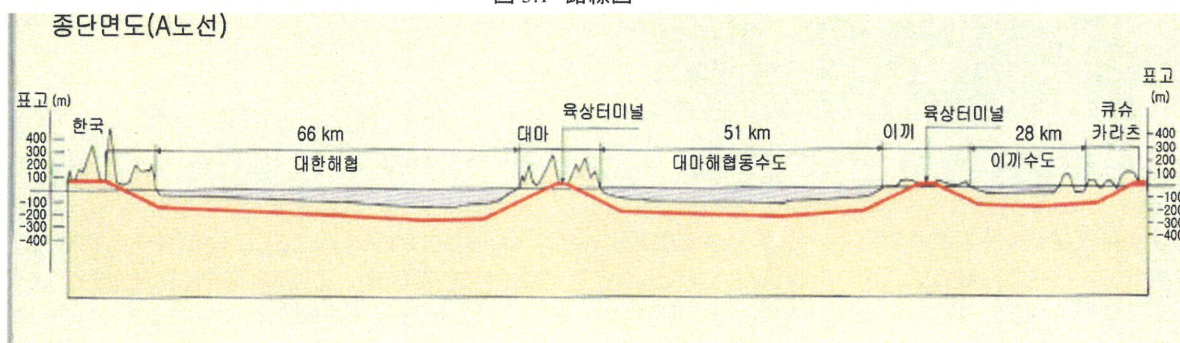


図 3.2 断面図

IV. 技術的課題および要約

4.1 技術的課題

日韓海底トンネル建設が現実化すれば、全世界的に有史以来最大の土木工事になり、海底で40分～2時間30分ほど走行することになり、これにより解決しなければならない課題も多い。そこには土木工学、機械、電気、電子、通信、安全等の工学分野だけでなく外交、国防、医学分野まで研究しなければならない課題が多い。多くの分野の課題を全て提示するのは難しく、土木工学分野と安全分野に対する内容を羅列すると表4.1の通りだ。

表4.1 土木工学、安全分野の解決しなければならない課題

分野	細部分野	解決しなければならない課題
土木工学	防水	.大深度、高い水圧下で節理を通して出てくる漏水の防水
	掘削土砂処理	.約 73,000,000m ³ (高速鉄道+一般鉄道+サービストンネル)の掘削土処理(トンネル内での運搬)
	人工島の築造	.水深 150～220m の深さの人工島築造

	工事中の換気	.延長 20～30km の長い延長の換気処理
	工事中の湧き水処理	.延長 20～30km 外に 100～200m の高さで湧き水処理
	地盤問題	. 壹岐水道の海底には多くの湧き水が予想 . 対馬付近が最も問題点が少ない . 東水道には断層が存在、重要な要素になる . 大韓海峡（西水道）に堆積層（未固結層分布）
	道路走行	. 自動車の排気ガス処理 . トンネル内の休憩施設設置 . 1 時間以上続けて単調な走行をすると運転者の注意力低下
安全工学	トンネル内の火災	. トンネル内火災発生時の対処技術（車両および人の退避、ユーロトンネルの場合火災発生後、利用客減少）
	トンネル内の漏水	. トンネル内大量漏水発生時の対処技術（感知技術含む）

4.2 他事業との関係推進の必要性

日韓海底トンネルは掘削量が約 73,000,000 m³(高速鉄道 2、一般鉄道 2、サービストンネル 1 の場合)になる大規模土木工事で、韓国側には約 30,000,000 m³が運搬される。

この掘削土砂をどのように活用するのか、もしくは捨てるのかは事業の成否に大きく影響を与え、日韓両国の自国の関係開発が必要だ。

掘削土砂の坑門入り口までの運搬は掘削をするための必須工程で、坑口を過ぎるとどこに運搬され活用または捨てられるのかによって工事費に莫大な影響を与えるようになる。最も良い方法は運搬を最小化し、掘削土砂を活用し、また別に埋め立てを行えば一石二鳥の効果を得ることができる。

この場合、掘削土砂を活用し新空港を建設するとか、海岸を埋め立てし不足な産業用地を建設するとか、ドバイのようなビジネスセンターを建設することができる。このようにすれば、工事費を画期的に節減することができる方案になると思われる。また、このトンネルは TSR、TCR と関係されなければならないので釜山を経る行くしかなく、Asian Highway と関係されなければならないので、やはり釜山は経由するしかない。釜山を経る行くなら、影島が海底トンネルの始点になり、KTX 釜山駅の地下化計画と関係が便利である。

もし、釜山の加徳島付近を埋め立てするのに活用され新空港が建設されるなら、そこには陸、海、空路の国際的結節点になり、東北アジアの陸、海、空路の関門になり韓国の発展に大きく寄与すると判断される。

4.3 要 約

研究結果を要約すると以下のとおりだ。

第一に、日韓海底トンネルは国民的合意の下で推進されなければならない、短期的な景気浮揚政策や、南北の和解の雰囲気に乗じてはならず、今後 100 年以上を見通して国益となるかどうかを判断し推進されなければならない。

第二に、現在 3 つの代案路線を考えることができ、日本側の始点は唐津で議論の余地はないが、韓国側の始点は地域の発展よりは国家的発展計画の枠のうえで評価されなければならない。TSR, TCR との関係性、他交通手段との関係性、事業費、大規模掘削土砂の活用性、環境性などが重要な要素で考慮されなければならない。この場合、韓国側の始点は釜山の影島が最も妥当性があり、KTX 釜山駅の地下化計画とも関係効果が大きくなる。

第三に、人類歴史以来最大の土木工事で約 30,000,000 m³ の非常に多い土石(韓国側)が発生するので、この土石を活用する関係事業(大規模海上産業団地、海上国際ビジネスセンター、海上国際空港建設等)と関係開発し、事業費の節減はもちろん事業のシナジー効果をさらに高めなければならない。

第四に、国民的合意がなされたとしても、技術的に解決しなければならない課題も多く、この課題が短日のうちに不可能なので、この分野の研究開発に政府の投資が急がれる。

V. 参考文献

1. 日韓海底トンネル建設の影響と今後の対策(チェ・チグク、釜山発展研究院)
2. 日韓海底トンネル建設の推進動向と釜山市の対応方向(釜山発展研究院)
3. 日韓トンネル研究會, 日韓トンネル Catalog
4. 大韓交通学会日韓海底トンネル研討会資料(2003. 11. 6)
5. (社)大韓土木学会、第 2 回トンネル施行技術向上大討論会論文集(2002. 8. 30)
6. 日韓トンネル時報(韓国語版)(No. 49, 2003. 8. 1)
7. 釜山日報, "日韓海底トンネルの日本側唐津調査斜坑の試掘現場に行く"(2007. 6. 6)
8. 日韓トンネル研究會 Homepage
9. Eurotunnel Homepage