

## 한중일 해저터널 건설공사에 대한 소고

- 깊은심도 해저터널의 굴착기술과 CM·VE 적용 -

안명석<sup>1)</sup> · 김가현<sup>2)</sup>

### 1. 해저터널의 개요

운송수단별로 해저터널을 분류하면 도로전용터널(이스턴하버터널), 철도전용터널(유로터널, 세이칸터널), 도로·철도 병용터널(외레순 터널)의 3가지로 분류할 수 있다. 하지만 이를 자세히 들여다보면 해저거리 10km 미만에서는 도로터널 및 도로·철도 병용터널로 구성되어 있고, 유로터널과 세이칸터널처럼 초장대 터널의 경우에는 철도전용터널로 구성되어 있다. 국내외의 해저터널 현황을 정리하면 표 1과 같다.

표 1. 국내외 해저터널의 개요

터널명	국가	총길이 (km)	해저통과 길이	공사기간	공사비	굴착방식	수송방식
세이칸 터널	일본	53	23	1964~88	\$70억	NATM	철도전용
동경만 터널 (아쿠아라인)	일본	15.1	9.5	1985~97	15조원	셸드 TBM	도로전용
외레순 터널	덴-스	16	4.05	1995~2000	\$150억	침매공법	철도/도로
유로터널	영-프	50.45	38	1987~94	30억DKK	셸드 TBM	철도전용
이스턴하버 터널	홍콩	2.2	1.9	1986~89	HKD22억	침매공법	철도/도로
웨스턴하버 터널	홍콩	2	1.36	1993~97	HKD57억	침매공법	도로전용
보스포러스 터널	터키	14.6	5.4	건설중	\$10억	침매공법	도로전용
부산~거제간 연결도로	한국	8.2	3.6	건설중	2조원	침매공법	도로전용

### 2. 동북아의 특수성과 전략적 의의<sup>1)</sup>

#### 2.1 동북아 경제권의 위상과 특수성

동북아 경제권의 통합과 국간 자유무역협정(FTA)이 확산되고 있는 추세이다. 동북아 경제권의 통합과 국가간 자유무역협정 체결 등으로 역내 국가의 경제력이 확대되면서 한국·중국·일본을 중심으로 한 동북아시아 지역은 유럽 및 북미와 함께 세계 3대 경제권의 하나로 부상하고 있다. 중국의 경제성장으로 동북아 정치질서는 미·일 주도에서 중·미·일·러가 각축하는 형태로 전개되고 있으며, 향후 정치·군사·경제적으로 중국의 역할이 더욱 커질

1) 동서대학교 에너지생명공학부, 겸임교수

2) 경남정보대학 토목과 명예교수

것으로 예상된다. 특히 북한으로 인한 동북아 정치군사적 질서의 불안정성은 중국의 역할을 더욱 확대시키고, 그에 따라 동북아의 새로운 정치질서가 출현할 것으로 예상되고 있다. 현재 세계주요 국가의 인구를 살펴보면 중국이 13.3억명, 일본이 1.3억명, 한국이 5천만명으로 동북아시아 지역의 인구 규모는 약 15억명 수준으로 전 세계 인구의 25%를 차지하고 있는 것으로 파악되고 있다. GDP의 경우 한·중·일 3개국이 전 세계 GDP의 약 22%를 점유하여 동북아시아 경제권의 중요성이 더욱 부각되고 있다. 한편 골드만삭스가 주요 국가의 경제를 전망한 결과에 따르면 2030년에 한국은 전 세계 GDP의 3.1%, 중국은 18.3%, 일본은 7.9%를 차지하여 동북아 3개국이 전 세계 GDP의 29.3%를 차지할 것으로 전망하고 있다.

2050년에는 전 세계 GDP중 한국이 차지하는 비율은 2.2%, 일본은 4.0%로 줄어드는 반면 중국은 24.1%로 증가하여 동북아 3개국이 전 세계에서 차지하는 비중은 30.4% 정도가 될 것으로 예측되고 있다. 주요 국가의 GDP예측치를 표 2에 나타내었다.

표 2. 주요 국가의 GDP 예측

년도	Brazil	Russia	India	China	US	Japan	Germany	Korea	World
2000	707	406	498	1,113	9,817	4,746	1,875	459	25,762
2005	512	550	675	1,753	12,361	4,797	2,265	750	32,256
2010	739	876	1,042	3,109	14,025	4,985	2,490	1,015	38,461
2015	1,062	1,274	1,583	4,957	15,625	5,264	2,686	1,333	45,815
2020	1,500	1,791	2,354	7,357	17,347	5,657	2,842	1,684	54,793
2025	1,926	2,312	3,528	10,571	19,381	6,032	2,933	2,094	65,904
2030	2,513	3,071	5,431	14,704	22,016	6,296	3,037	2,503	80,159
2035	3,333	3,747	8,529	19,971	25,180	6,374	3,269	2,834	97,992
2040	4,389	4,441	13,237	26,690	28,775	6,543	3,543	3,229	120,720
2045	5,685	5,080	19,886	34,810	32,713	6,823	3,807	3,656	148,649
2050	7,270	5,732	28,936	44,074	37,161	7,230	4,057	4,176	182,710

## 2.2 한일 해저터널의 전략적 의의

한·일 관계의 특수성은 분쟁과 갈등, 상호 불신과 긴장관계로써 역사 정치적 측면에서는 복잡하며 미묘한 관계에 있다. 동북아의 지리적 특수성으로는 교류와 협력에 있어서도 한계와 문제점이 있으며, 동북아 3국이 실질적으로 각각의 섬으로 존재하는 형국이므로 인적, 물적 교류에 있어서의 단절성(항만과 공항시설을 통한 제한적인 이동)이 있다.

역내 자원의 효율적 배분과 인적 교류에도 큰 제약요인이 있으므로 동북아 자원차원의 통합 교통망과 복합 물류체제의 구축이 필요하다. 한·일 해저터널은 동북아3국의 지리적 단절성을 극복하고 근접성을 확보하며 한·일 간은 물론 북·일 관계에 있어서도 획기적 개선을 이룰 수 있으며 중국, 러시아 나아가서는 유럽대륙과의 교통망과 물류체제의 획기적인 변화를 일으키는 요인이 될 수 있다.

한·일 해저터널 건설이 구체화될 경우 남·북한의 둘러싼 주변의 정세의 변화를 초래하며 중국과 러시아의 TCR(중국횡단철도), TSR(시베이라횡단철도)의 연계와 관련된 경제적 이해관계→한반도 종단철도의 북한 통과를 위한 정치적 압력→북한의 경제적 이득과 함께 개

방이 촉진될 수 있다. 북한의 TKR 통과에 따르는 막대한 규모의 통해 수수료 수입과 경제적 파급효과→북한 경제의 발전과 부흥을 앞당김→남북통일 비용을 절감할 수 있으며, 단순히 당사국인 한국과 일본의 정치, 경제, 사회적 교류 및 협력 차원에서 거치는 것이 아니라, 북한을 동북아 협력체제 속에 포용하는 계기됨→한민족의 염원인 한반도의 통일을 위한 실천적 논의와 그 실현을 앞당길 수 있는 계기가 될 수 있다. 그러므로 향후 동북아 차원의 정치·경제 공동체 논의에 있어서 기폭제 역할을 할 것이며, 궁극적으로는 유라시아 차원의 경제 협력 및 공동체 형성에도 기여함→아시아와 유럽을 아우르는 인류문명의 발전에 있어서 획기적인 계기가 된다. 그러나 일본경제에 한국경제가 종속 될 수 있는 중요한 계기를 제공 할 수도 있으므로 우리나라의 입장에서는 수용여부를 신중히 고려하여야 한다.

### 2.3 한중 해저터널의 전략적 의의

그동안 동북아지역의 통합운송망은 주로 한일 해저터널 건설을 통한 북한, 중국(TCR) 및 러시아(TSR)를 연결하는 철도운송망 중심으로 논의되었으나, 북한의 불확실성 및 한·중간 주요 인구 밀집지역의 직결을 위해 한중 해저터널을 건설하여 한국에서 직접 중국으로 연결하는 방안에 대한 논의가 이루어지고 있다. 동북아 지역의 통합운송망 개념도를 그림1에 나타내었다.

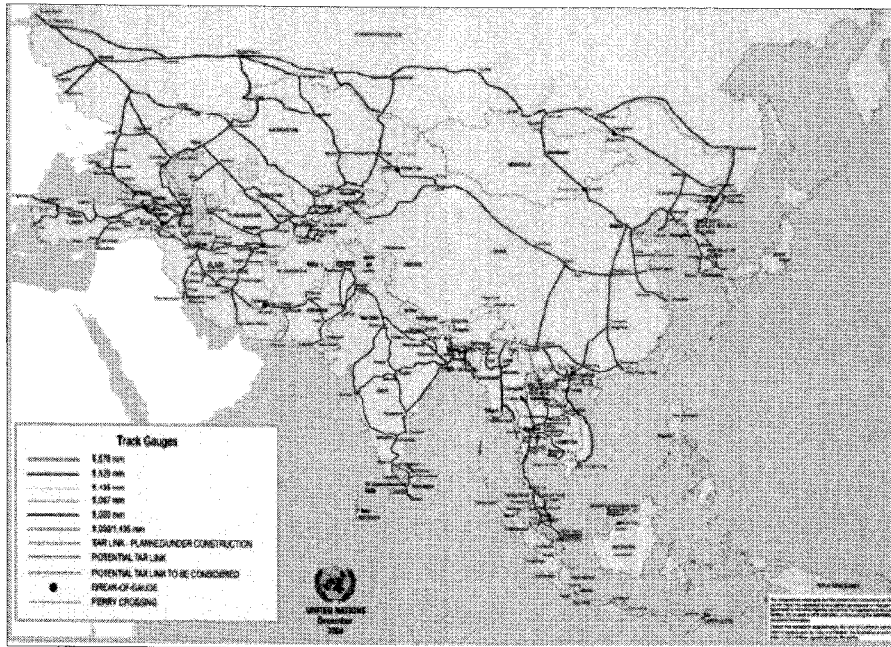


그림 1. 동북아 지역의 통합운송망 개념도

중국의 경우 베이징~상하이간 1,303km의 고속철도 노선중 베이징~톈진 구간 117km는 2008년 8월에 개통되어 현재 시속 350km 속도로 운영 중에 있으며 톈진~상하이 구간은 2013년 완공예정으로 추진 중에 있다. 그림 2에 한중 해저터널의 개념도를 나타내었다.

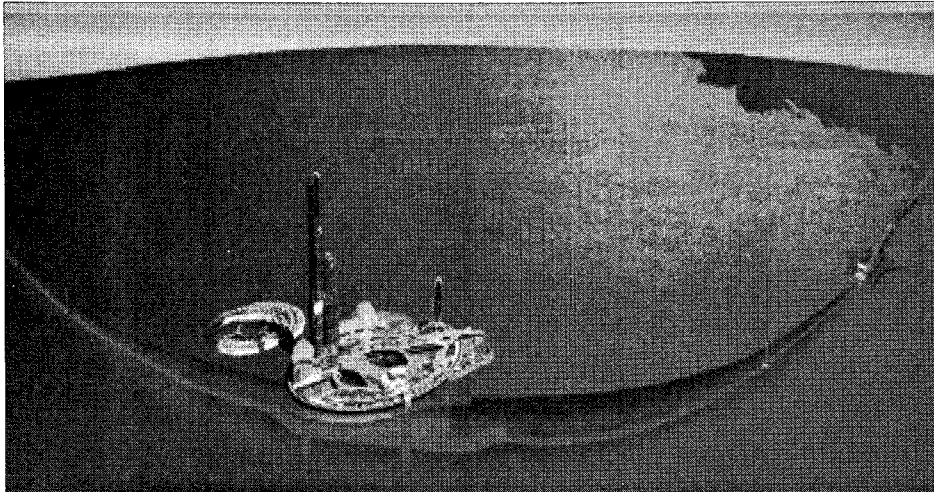


그림 2. 한중 해저터널 개념도

해저터널은 기존의 육상, 해상 및 항공 교통수단의 한계성을 극복하기 위한 수단으로, 해저에 터널을 건설하여 자동차 또는 기차로 터널을 통과하여 대륙간 또는 국가간, 연속간을 연결하는 교통시설이다. 장기적으로 한중 해저터널이 연결되고, 한일해저터널 부산~하카다 구간이 연결되면 동북아 지역은 고속철도망으로 연결이 가능해진다. 그림 3에 동북아 고속철도망 연결 기본 구상도를 나타내었다. 지상국간 시속 400km, 터널구간(330km 기준) 시속 200km로 고속철도 운행시 서울↔웨이하이 구간이 434km로 1시간 57분, 서울↔베이징이 1,366km로 4시간 26분, 서울↔상하이가 1,800km로 5시간 31분이 소요되어 비행기를 이용할 때 소요되는 시간(공항까지의 접근시간 및 대기시간, 비행시간)과 비용을 고려할 때 경쟁력을 가질 수 있을 것으로 판단된다.

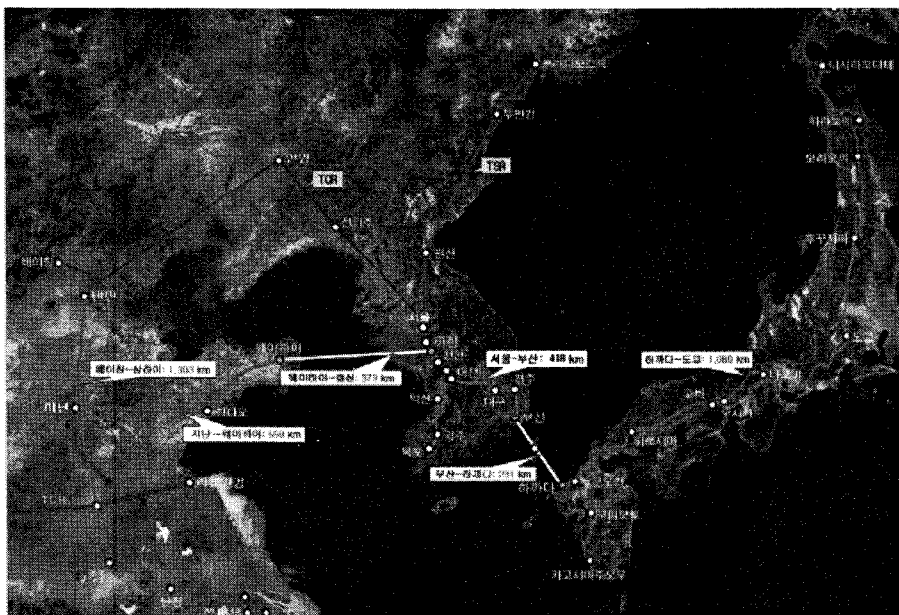


그림 3. 동북아 고속철도망 연결 기본구상도

한국과 중국을 직접 연결하는 방안으로는 가장 거리가 짧은 산둥성 웨이하이시에 있는 룡청시를 연결지점으로 가정하여 4개 대안이 검토 가능하며 그림 4에 나타내었다.

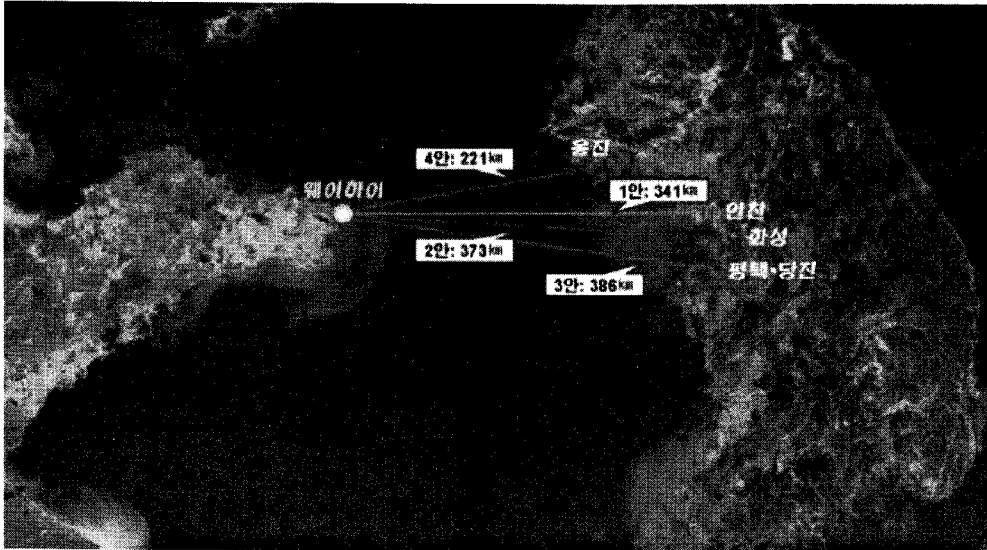


그림 4. 한중 해저터널 노선대안

1안(인천~웨이하이)의 경우 노선연장이 341km로 영종도에서 중국으로 연결되어 항공, 철도를 동시에 연계시킬 수 있는 대안이다. 인천공항철도를 이용할 경우는 내륙 인입선로의 추가건설은 필요 없으나, 인천공항철도 구간 및 서울시 구간에서 고속철도의 운행속도가 줄어드는 문제가 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해서 영종도에서 광명역을 직결하는 고속철도 노선을 신설하게 되면 전국에서 인천국제공항의 접근성을 증가시킬 수 있으며, 향후 광명역에서 수도권 광역급행철도와의 환승을 통해 서울로의 접근도 고속으로 이루어질 수 있을 것이며

2안(화성~웨이하이)의 경우 노선연장이 373km로 인구나 경제 비중을 고려할 때 한국 전체의 접근성 측면에서 양호하며, 경부고속철도 혹은 호남고속철도 강남선(수서~평택)과 연결 운영하게 되면 인입선 공사비를 절감할 수 있는 대안이다. 또한 화성 유니버설 스튜디오 등 관광지가 개발되면 중국 주요지역과 세계적인 테마파크의 직결이 가능하다.

3안(평택·당진~웨이하이)의 경우 노선연장이 386km로 타노선에 비해서는 약간 길지만, 서해안 개발과 함께 추진된다면 접근성, 발전성 측면에서 바람직하다고 볼 수 있다. 그러나 서울에서의 우회거리가 늘어나며, 기존 경부고속철도와의 연결을 위해 60km 정도의 철도 신설이 필요하고

4안(웅진~웨이하이)의 경우 해상통과 구간이 207km로 가장 짧아 공사비가 저렴할 것으로 판단되나, 북한과 중국을 연결하는 대안을 추진하기 위해서는 남북한간 통일에 준하는 관계 개선이 이루어져야 하기 때문에 불확실한 측면이 있으며, 부산 등 남부지역에서 이용시 통행거리가 길어지는 단점이 있다. 또한 기존의 경부고속철도와의 연결을 위해서 90km 철도 신설이 필요하다. 한중 해저터널 노선 대안을 표 3에 나타내었다.

표 3. 한중 해저터널 노선대안

구분	1안	2안	3안	4안
경로	인천~웨이하이	화성~웨이하이	평택·당진~웨이하이	웅진~웨이하이
총 길이	341km	373km	386km	221km
최대수심	72m	72m	72m	72m
육상통과거리	9km	42.46km	37.92km	13.8km
해상통과거리	332km	330.54km	348.08km	207.2km
환기구 인공섬 개소	5개	5개	5개	4개
정거장 인공섬 개소	1개	1개	1개	

## 2.4 영국과 프랑스의 해저터널

유럽통합의 차원에서 범유럽 교통 네트워크 형성을 위해 추진된 유로터널은 영국의 Folkestone과 프랑스의 Calais를 연결하는 터널로서 1988년 본격적인 터널공사에 착수하여 1994년 5월 6일 개통되었다. 소요재원은 약 1,30억 프랑(약 16조원)으로 순수한 민간재원(주 시공모+은행융자)만을 활용하여 건설되었으며, 착공시점부터 65년 뒤인 2052년에 양국 정부에게 소유권을 넘겨주게 된다. 총연장은 50.45km로서 이중 38km가 도버해협을 통과하는 해저터널이고 나머지는 육지의 터미널에 연결하기 위한 지하터널이다. 유로터널은 바다 밑 25~75m 깊이에 건설되었으며 평균적인 깊이는 45m인데, 하나의 단일터널이 아닌 3개의 터널로 구성되어 있다. 이 중 2개는 직경7.6m의 철도전용 단선터널이며, 그 중간에 철도전용 터널의 유지보수와 터널내 고장 및 사고시 승객의 비상탈출을 위한 직경 4.8m의 서비스터널로 구성되어 있다. 주터널과 서비스터널 사이에는 375m간격으로 연결통로가 설치되어 있다.

영국과 프랑스간 해저터널 건설계획은 약 200여년 전부터 구상되었는데, 도버해협 바다 밑의 지반조사만도 100년이 넘도록 수행되었으며 30년간 100개 이상의 시추공에 의한 지반 조사를 통해 이루어졌다. 유로터널에는 자동차, 버스, 트럭 등을 운반하는 차량수송전용 열차인 르셔틀(Le Shuttle)과 여객용 고속열차인 유로스타(Eurostar)가 운행되고 있다. 유로스타의 육상구간 운행속도는 300km/시이며, 해저터널구간 운행속도가 160km/시 수준이다. 이용객은 2003년 630만명에서 2007년에는 830만명으로 연평균 8%이상의 증가율을 나타내었다.

오늘날의 EU 구성국인 27개 국가들은 오랜 역사적 상호갈등과 정치적 대립 관계에 있었다.(민족, 문화, 이념 그리고 경제적 발전단계의 차이에 의해 수많은 우여곡절을 겪음) 그러나 오늘날 유럽은 세계에서 가장 먼저 정치·경제적 통합관계를 이룩하고 명실상부한 지역 공동체로 부상하였으며 특히, 유럽의 섬나라인 영국과 대륙국가인 프랑스는 '100년 전쟁'에서 보듯 심각한 대립관계와 경쟁의식에 의한 뿌리 깊은 애증관계에 있었으나 양국은 1994년에 역사적인 영·불 터널을 개통시켜 도버해협을 해저터널로 연결시켜 1993년의 EU 통합에 있어서 주도적인 역할을 수행하여 유럽에서의 지리적인 단절성을 극복하고, 상호신뢰를 바탕으로 한 선린우호 관계를 구축함으로써 유럽의 정치·경제적 통합관계의 형성에 기여하였다.

오늘날 한국과 일본의 해저터널 건설논의에 있어서 시사하는 바가 매우 크지만 신중한 접근과 심도 있는 연구와 깊이 있는 토론이 필요하다.

## 2.5 일본의 세이칸 해저터널

일본은 1930년대에 세계 최초로 간몬 해저터널을 완성한 이후, 세이칸 해저터널(연장 23.3km), 동경만 해저터널(연장 15.1km, 해저터널 9.5km, 교량 5.6km)등의 건설을 통하여 해저지반 조사, 설계, 시공 및 유지관리 등에 관한 핵심기술을 오래 전부터 축적해 오고 있다. 세이칸 터널은 일본 혼슈의 아오모리현과 홋카이도를 연결하는 터널로서 1964년 3월 착공하여 1988년 3월에 개통되었다.

사업주체는 일본철도건설공단으로 국가가 건설하였으며, 운영은 일본국철(JR)에서 담당하였다. 공사비는 6,890억엔이 소요되었다. 지진에 대비하여 철저하게 시공함으로써 건물이나 다리보다 안전성이 높으며, 지진 발생 시 터널 주변의 암석과 흙이 충격을 흡수하도록 설계되어 있다.

## 2.6 중국의 샤먼이스트 해저터널

중국이 자체적으로 설계한 최초 해저터널은 Xiamen East 해저 도로터널로서 2005년 5월 건설이 시작되어 2010년에 완공될 예정이다. 이 터널은 아모이섬 서쪽의 산악로와 접하며 동쪽 5개 선착장에서부터 내륙의 상안구까지 연결되고 또한 상안터널과 접해 있다.

터널의 길이는 8.7km이며, 이중 바다를 건너는 해저구간은 약 6.05km로 최대 수심은 약 70m, 설계속도는 80km/시의 편도 3차로의 도로터널이다. 차량주행을 위한 본선 터널간의 이격거리는 약 52m이며, 본선 터널과 서비스 터널과의 이격거리는 약 22m로 설계되어 있다. 총 건설비용은 약 32.5억 위안으로 예상된다.

## 3. 해저터널의 건설기술에 대한 과제

### 3.1 한중일 해저터널의 기술적 문제와 해결과제

#### ① 한일 해저터널의 기술적 문제와 해결과제

한·일 해저터널 건설이 현실화되면 전세계적으로 유사 이래 최대의 토목공사가 되는 것이며, 해저에서 40분~2시간 30분정도 주행하게 되므로 이에 따른 해결해야할 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 아래의 표 4와 같다.

표 4. 토목공학분야와 안전분야에서 해결해야 할 과제들

분야	세부분야	해결해야 할 과제
토목공학	방수	· 대심도, 높은 수압하에서 절리를 뚫고 나오는 누수 방수
	굴착토사 처리	· 약 73,000,000m <sup>3</sup> (고속철도+일반철도+서비스터널)의 굴착토사 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의 해저에는 많은 용수 예방 · 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)

상기에서와 같이 지반 문제 중 대한해협의 미고결층 분포에 대한 안전성을 위해 민관학의 터널안전기술관련 공동연구회를 구성하여 정밀 지질구조 조사 및 검토 등이 심도 있게 장기적으로 치밀하게 연구·토론 되어야 할 것이다. 특히 지진대의 단층, 퇴적층의 지반 개량을 위해 실트공법 검토, 발파·암반공학 전문가들에 의한 한국형 NATM 공법 개발로 절리누수대책, 용수처리 등의 난공사 대책방안, 필요시 일부 구간 침매터널공법 검토 등이 필요할 것이다.

또한 터널내 화재시 대처기술개발 예를 든다면 대구지하철 사례를 참고하여 경고, 대피, 방화벽, 제연시설 보완과 상하행 연결 터널 및 사갱설치 등에 대한 연구, 보완 대책을 마련하여야겠다.



표 5. 터널 형식별 공사비 비교

구분	수송수단	터널형식	연장(Km)	단위 공사비	공사비
유로터널	고속철도 + 일반철도 (카트레인)	· 단선철도 터널 2본 - 1본 직경 7.6m · · 서비스 터널 1본 - 직경 4.8m	50.45	3억불 (2,850억원)	150억불 (14.3조원)
		· 고속철도+일반철도 터널 1본 - 터널직경 9.5m · 서비스터널 1본			
한일해저터널	고속철도 + 일반철도	· 고속철도+일반철도 터널 1본 - 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 (84.2조원)
		· 고속철도+도로터널2 본 - 1본 터널직경 14.0m · 서비스터널 1본	230	783억엔 (7,650억원)	18조엔 (153조원)

② 한중 해저터널의 기술적 문제와 해결과제

한·중 해저터널 건설이 현실화되면 역사의 큰 획을 긋는 대형 토목공사가 될 것이다. 한·일 해저터널에 비해 수심이 비교적 얇고 지질 상황도 부분적으로 나은 편이다. 그렇지만 토목공학 및 안전분야에 대한 문제점을 해결해야 되는 과제를 안고 있다. 대체로 앞에서 열거한 한·일 해저터널에서의 기술적 과제와 해결과제가 비슷하지만 초장대 해저터널을 위해 인공섬 설치의 필요성이 대두되고 있으며 공사비 부담에서도 일본과 달리 전액 부담을 중국측에서 고려하고 있다. 그 근거로는 한중 해저터널의 완공 후 한중 생산유발액을 계산했을 때 한국 116조, 중국 150조, 일본 8조 정도로써 중국이 월등히 유리하므로 약 120조에 달하는 공사비는 중국이 전액 부담하는 특단의 정치적 고려가 필요할 것으로 생각된다.

3.2 한중일 해저터널의 지형 및 지질 특성과 굴착공법

노선을 결정하는 가장 중요한 요소는 해당 지역의 지질이다. 수심이 깊으면 수압이 높아지기 때문에 수심이 얇을수록 터널 굴착에는 유리하다. 한중 해저터널이 지나가게 될 황해의 해저 지질환경에 있어서 제일 깊은 곳의 수심이 80m 수준이며 현재의 기술로는 터널굴착에도 별 무리가 없는 것으로 파악된다. 2안(화성~웨이하이)의 해저지형은 최대수심 76m로 양호한 지형이다. 한일해저터널의 최대수심은 150~220m이며, 영국과 프랑스 사이에 개통된 해저터널인 유로터널의 경우 터널 상부의 최대수심이 55m이고, 일본 세이칸 해저터널의 경우 40m이다.

해저터널의 시공의 경우 해저구간 지반조사의 한계성으로 인하여 불확실성이 증대하는데, 고수압하에서의 시공중 안정성 확보방안이 필요하다. 해저터널의 공법에는 쉴드 TBM공법(Shield Tunnel Boring Machine), 침매터널공법, NATM(New Austrian Tunnelling Method) 터널공법 등이 있다.

셸드 TBM공법은 전단면 기계화 시공법이라고 하는데 터널외형단면보다 약간 큰 단면을 가진 셸드라는 튼튼한 강재의 통(skin plate) 또는 테를 지반중에 밀어 넣고 진행시켜 그 선단부 지반의 붕괴를 막으며 굴착하고 셸드 후방부에 굴착단면을 지보하는 라이닝을 설치하는데 이러한 작업을 반복하면서 터널을 뚫고 나아가는 굴착공법이다. 셸드터널공법은 동경만 해저도로터널, 스웨덴 해저철도 터널건설에서 사용하였다. 최근에는 연약한 지반뿐만 아니라 경암에서도 굴착할 수 있는 셸드TBM을 사용하고 있는 추세이다. Shield TBM의 단면개념도를 그림 5에 나타내었다.

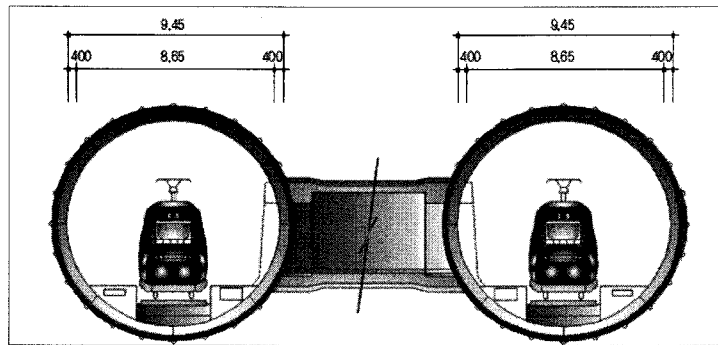


그림 5. Shield TBM 단면 개념도

침매터널 공법은 미리 해저에 트렌치(trench)를 굴착해 놓고 육상 등의 다른 장소에서 적당한 길이로 분할하여 만든 터널구조체(침매함)을 물에 띄워 현지까지 끌고 가서 트렌치에 가라 앉혀 이들 침매함을 연결시킨 후 다시 묻어서 터널을 완성시키는 공법이다. 현재 국내에서는 부산 거가대교 현장에서 세계 최대규모의 침매 터널을 시공 중에 있다. 침매터널 단면개념도를 그림 6에 나타내었다.

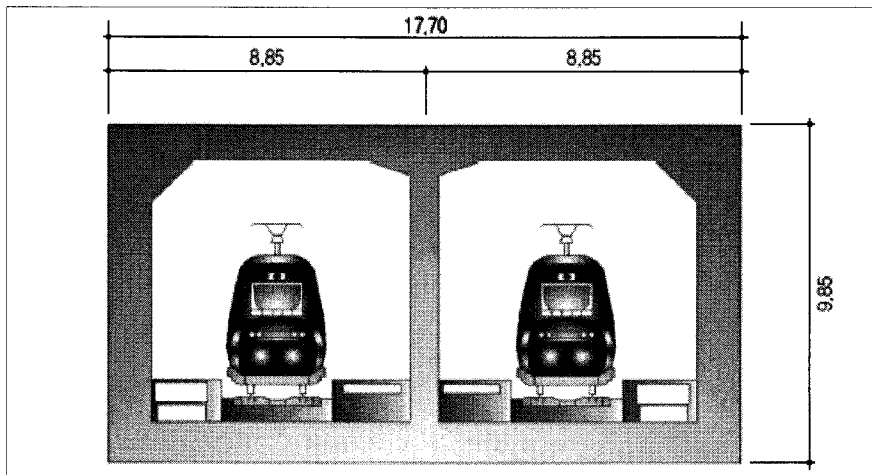


그림 6. 침매터널 단면개념도

NATM 공법은 천공과 발파를 반복하여 지반을 굴착하는 공법으로 록볼트와 슛크리트를 중요지보부재로 하여 암반의 강도약화를 최대한 억제하며, 암반이 원래 가지고 있는 지지력

을 적극적으로 활용하면서 현장계측 및 관리를 바탕으로 터널을 굴진하는 공법이다. NATM 공법은 노르웨이의 해저터널 건설시 널리 사용되고 있는 공법으로 깊은 바다에서 유리하다. NATM공법의 핵심공정은 발파굴착 기술이다. 우리나라의 경우 육상 도로터널에서 가장 많이 사용하였고 기술 노하우는 세계 제일이다.

### 3.3 한중일 해저터널의 기술·정치·경제적 문제의 해소

2003년 12월 일본과 아세안의 수뇌가 동경에 함께 모여 특별회의를 개최, 「동아시아공동체 구축」을 통과한 도쿄선언을 채택하였다. 오랫동안 입으로는 말했어도 현실적인 움직임이 없었던 공동체 구상이 이 선언에 의하여 실현을 향해서 커다란 발걸음을 내딛었습니다. 2004년 4월에는 「유엔 아시아 태평양 경제사회 위원회」 제60회 총회가 상하이에서 개최되었습니다. 중심테마의 하나는 아시아·하이웨이(동아시아고속도로)계획이었습니다. 주요 루트의 최종확정 등이 논해지고 본격적인 건설을 향해서 움직여 나갈 것이 결정되었다. 하나의 공동체를 쌓기에는 도로가 불가결하다. 실크로드에 상징되어 있듯이, 도로는 이문화(異文化)교류에 의해 공동체를 세계에 넓혔습니다. 근년에는 환일본 해경경제권이나 황해경제권 등이 화제가 되어 있습니다. 국경을 넘어서 공동체를 목표로 한다. 이것이 21세기의 조류다 라고 말해도 좋고 EU나 북미에 필적하는 동아시아공동체 실현도 꿈이 아닐 것이다.

그러나 이러한 공동체 형성을 원활하게 이루려면 일본의 제국주의 침략 정책을 포기하고 융화 정책을 택해야 한다.(예를 들면 동해를 일본해로 표기, 야사구니 신사문제, 위안부 문제 등) 그리고 한일해저 터널의 가장 큰 혜택은 일본→한국→중국의 순으로 예상되므로 직접 당사자인 한국과 일본의 공사비 부담은 국제적 관례를 넘어서 특단의 정치적 판단이 있어야 된다. 예를 든다면 총공사비의 70~80%를 일본에서 부담하고, 20~30%를 한국에서 부담하는 등의 결단이 필요하다. (한국의 경우 북한 경제활성화 및 통일 비용을 상당수 한국이 부담하고 있음) 한일터널·동아시아 하이웨이의 예상루트를 그림 7에 나타내었다.

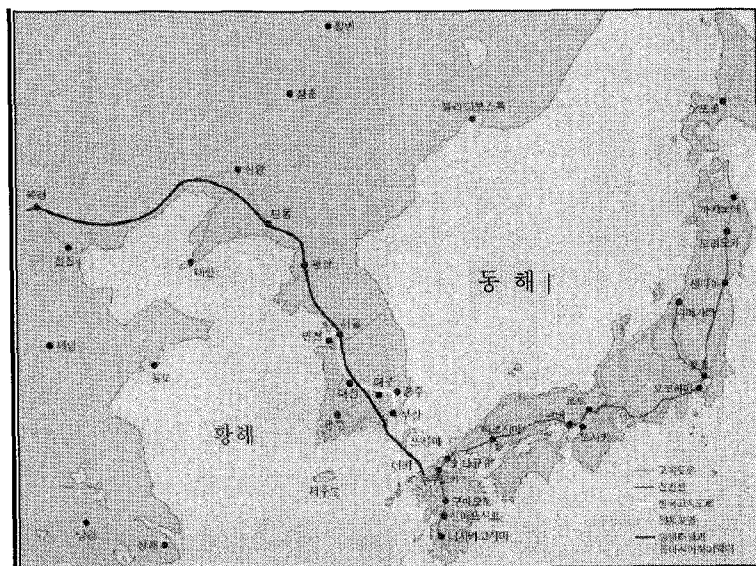


그림 7. 한일터널·동아시아하이웨이의 예상루트

#### 4. 설계·시공·유지 관리측면에서의 CM과 VE 적용

우리나라의 굴착(발파)기술은 국토해양부에서 2007.1부터 적용하고 있는 “도로공사 노천발파 설계·시공지침”이 제정되는 등 각종 굴착공법 선택 및 설계 기술과 시공기술이 세계적 수준이다. 그러므로 충분한 시공경력과 설계 및 감리 제도의 활용, 특히 건설사업관리(CM) 제도를 적극 활용한 CM for Fee방식의 고급 건설(발파)사업관리 제도를 실용화하고 Function Analysis Worksheet·Technical FAST Diagram·Job Plan(매트릭스 평가) 등의 VE를 활용하고 활성화할 때 보다 안전하고 경제적인 공사가 가능할 것이므로 시험, 조사 단계에서부터 시공, 계측 및 사후관리에까지 CM과 VE를 적극 적용·활용할 때 한일·한중 등 한중일 해저터널 굴착공사에서의 발파기술의 역할은 더욱 돋보일 것으로 생각된다.

#### 5. 결론

우리나라는 곧 개통예정인 총 길이 8.2km의 부산-거제간 연결도로 중 해저통과구간 3.6km(공사비 약 2조원)에 대해 침매공법의 굴착방식으로는 세계에서 가장 긴 도로전용 해저터널 공사가 건설 중이다. 연장 230km, 55.1조~153조원의 공사비가 예상되는 한일 해저터널이 구상중이고, 이어서 연장 341km, 120조원의 공사비가 예상되는 한중 해저터널이 구상되고 있다.

이러한 시대적 흐름에 부응하고 대비하기 위하여 여러 굴착공법 중 NATM공법 채택이 유력시되고 본 공법 채택시 발파굴착공법이 핵심사항이므로 이에 대비한 기술적·관리적 준비가 차분히 진행되어야 할 것이다.

또한 연관된 기술의 이해와 응용·협력이 필수적 사항이므로 관련된 지질·지반·암반공학적인 검토와 연구, 품질·환경·방재관리 등 계획단계와 시공시, 시공후 유리관리를 위해 CM기법과 VE기법에 대해서도 실용적인 연구와 적용을 위해 부단한 노력과 준비가 필요할 것이다.

#### 참고문헌

1. 부산광역시 2007.10.31 “부산의 변영과 안전복지 방향” -한·일해저터널과 위성방재통신망 구축을 위주로 - /안전복지포럼 주제발표 pp.5~27
2. 경기개발연구원 2009.10.8 “동북아 경제협력의 연결로 한중 해저터널 국제세미나”주제 발표 pp.26~31, 70~71
3. MIDAS Technical Lecture, 2009.10.9 “도심지 도심도 터널 건설기술” 기술강좌 pp.26~30
4. Module-II Semina, 2009.9.13 CVS를 위한 가치창조 경영, SAVE International Approved pp.73~75
5. 한국기술사회, 2002.9.9 “CM이론, Project Management 통합교재” pp.10~11