

숫자와 그림으로 보는 터널이야기

- 제6강 해저터널 -

김영근 | ㈜건화 지반터널부 부사장, 한국터널지하공간학회 부회장, 공학박사, 기술사

1. 한국 해저터널 건설 현황과 특징

최근 대형교통인프라 건설계획이 증가함에 따라 바다 밑을 통과하는 해저터널(Undersea Tunnel)에 대한 관심이 증가하고 있다. 특히 육지와 섬을 연결하거나 국가와 국가를 해저터널로 연결하고자 하는 계획은 단순한 꿈이 아니라 그동안 축적되어온 터널 건설기술로서 실현 가능한 프로젝트가 되고 있으며, 세상을 하나의 교통물류 네트워크로 연결하는 꿈이 현실이 되고 있다. 이러한 관점에서 본 고에서는 한국의 해저터널의 건설 방향과 미래 전망에 대하여 전반적으로 기술하고, 한국의 해저 터널 건설현황과 특징을 중심으로 소개하고자 한다.

1.1 Why - 왜 해저터널인가?

해저터널은 교량, 선박 등과는 달리 태풍, 폭우 등과 같은 악천후에도 안정적으로 국내 도서지역 및 인접 국가 간 교통 및 물류 수송체계 운용을 가능하게 하는 주요 사회기반 시설로서 활용되어 왔다. 또한 현재 세계 주요지역에서 철도와 운하해저터널 등 격리되어 있는 두 지역을 잇는 글로벌 물류통로 건설계획이 추진되고 있다. 이와 같은 사업이 본격적으로 추진될 경우 국가 간의 지리적 장벽이 허물어지고 세계 물류환경뿐만 아니라 향후 정치 외교적 역학 관

계에도 크게 영향을 미칠 것으로 전문가들은 분석하고 있다. 이러한 글로벌 물류통로 건설은 동북아를 포함한 세계 각 국가에서 계획되고 있으며, 중국과 타이완의 해저터널, 베링해를 가로지르는 러시아-알래스카 해저터널 그리고 한국과 일본을 연결하는 한일해저터널과 한국과 중국을 연결하는 한중해저터널도 구상되고 있다.

최근 들어 글로벌화 및 제4차 산업혁명의 흐름 속에 교역량, 자본이동, 인적교류의 증대가 가속화됨에 따라 역내 국가 간의 경제교류 확대에 대비한 사회문화적·물리적·제도적 교류기반의 구축이 중요해지고 있다. 이러한 시점에서 통합교통·물류체계 구축을 위한 해저터널 건설이 실현될 경우, 선진국으로의 발전과 성장에 많은 도움이 될 것이다. 현재 한국에서도 해저터널에 대한 관심이 증가하고 있으며, 특히 지자체 등을 중심으로 섬과 육지를 연결하거나, 협을 바다 밑으로 최단거리로 횡단해 교통문제를 개선하여 주민편의를 증대시키고 교통물류시스템을 개선하고자 하는 계획들이 발표되고 있다.

장거리의 해협을 통과하는 건설방법은 여러 가지 방안이 제시될 수 있지만 바다 밑을 통과하는 해저터널은 많은 장점을 가진다. [표 1]에는 각각의 평가요소에 대한 해저터널이 해상교량과 비교하여 평가된 결과이다. 표에서 보는 바와 같이 해저터널은 해상교량에 비하여 공기, 공사비, 전략

적 안보, 항해 안전성, 기후 조건, 환경영향, 시공성 및 지속적인 유지관리성을 확보하고 있음을 알 수 있다. 따라서 장거리 해협을 통과하는 방법으로는 해저터널이 가장 유리한 건설 방안이다.

[표 1] 해저터널의 장점

No	평가요소	건설공법		평가
		해저터널	해상교량	
1	공사비	○	△	공사비가 상대적으로 저렴
2	공기	○	△	공사기간 상대적으로 단축
3	전략적 안보	○	×	비상시 유사시에 안전
4	항해 안전성	○	×	항해에 영향을 주지 않음
5	기후 조건	○	×	기후에 영향을 받지 않음
6	환경 영향	○	×	환경에 미치는 영향 적음
7	시공성	○	△	시공성이 매우 우수
8	유지관리	○	△	지속적인 유지관리 매우 우수

1.2 How - 해저터널은 어떻게 만들어지는가?

바다 밑을 통과하는 해저터널을 건설하는 방법은 크게 NATM 공법, TBM 공법, 침매공법으로 구분되는데, 각각의 건설공법에 대하여 간단하게 기술하였다.

(1) NATM 공법 / TBM 공법

NATM 공법은 가장 오래된 전통적인 터널공법으로서 주로 발파(Drill and Blast)를 이용하여 굴착하며, 숏크리트와 록볼트와 같은 지보재를 이용하여 터널의 안정성을 확보하는 방법이다. 국내외적으로 적용실적이 많으며 보강공법이 발달하여 암반구간뿐만 아니라 토사구간에서도 적용할 수 있다. 대표적인 해저터널로는 세이칸 터널(연장 53.85km)이 있다.

[그림 1] 해저터널 건설공법 - NATM 공법 및 TBM 공법

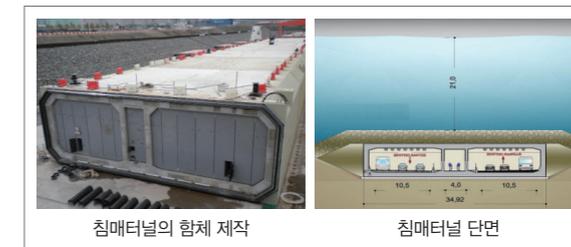


TBM(Tunnel Boring Machine) 공법은 TBM 기계장비를 이용하여 굴진하는 터널공법으로서 암반에 적용되는 그리퍼 TBM과 연약토사층에 적용되는 쉴드 TBM으로 구분된다. 기계공학의 발달과 함께 대단면의 TBM 장비가 개발되어 적용되고 있으며, NATM 공법에 비교하여 안전하다는 장점을 가지고 있어, 특히 리스크가 많은 해저터널에서의 적용성이 크다. 대표적인 해저터널로는 영불해협을 통과하는 유로 터널(연장 50.45km)이 있다.

(2) 침매공법

침매터널공법(Immersed Tunnel)은 육상에서 제작한 대형 콘크리트 구조물인 함체(침매함)를 바다 속에 가라 앉혀 물속에서 연결하여 고정시켜 터널을 건설하는 공법이다. 이 공법은 NATM 공법과 TBM 공법과 달리 지반을 직접 굴착하지 않고, 바닷속 지반위에 함체를 고정하는 방법으로 비교적 얇은 심도의 해저구간에 적합한 공법이다. 대표적인 침매터널로는 덴마크와 스웨덴을 연결하는 Oresund 터널(연장 3.5km)이 있다.

[그림 2] 해저터널 건설공법 - 침매공법



1.3 Which - 한국의 해저터널 건설사례는 무엇이 있는가?

(1) 운영 중인 해저터널

1932년 국내 최초로 만들어진 통영 해저터널은 길이 461m, 너비 5m, 높이 3.5m로 양쪽 바다를 막고 바다 밑을 파서 운하 폭을 넓힌 콘크리트 터널을 건설한 바 있으며, 현재는 인도용으로 사용 중이다. 실제적인 교통인프라 목적의 해저터널은 2003년에 거가대교 도로에 건설된 해저터널이다. 거제 부산간을 연결하는 거가대교 8.2km 구간

중 3.7km구간은 침매공법으로 만들어진 해저터널로서 현재 운영 중이다. 또한 2017년에 인천~김포고속도로구간에 해저터널이 개통되었다. 인천북항 해저터널은 연장은 5.6km, 최저 해저심도는 59m이며, 주거지 및 환경에 영향을 주지 않기 위해 터널방식으로 건설되었다.

[그림 3] 한국의 운영 중인 해저터널



국내에서 운영 중인 또 다른 해저터널은 보령 해저터널이다. 본 해저터널은 보령시 대천항에서 태안군 영목항까지 연결하는 도로구간(연장 14.1km)으로 해저터널구간은 연장 6.9km의 상하행 분리터널로 NATM 공법으로 건설되었다. 지난 2019년에 관통되었으며, 국내 최장 해저터널로서 대천에서 영목항까지 걸리는 시간이 기존 90분에서 10분으로 단축되었다.

[그림 4] 보령 해저터널(2024년 현재 운영중, NATM 공법/도로)



(2) 계획 중인 해저터널

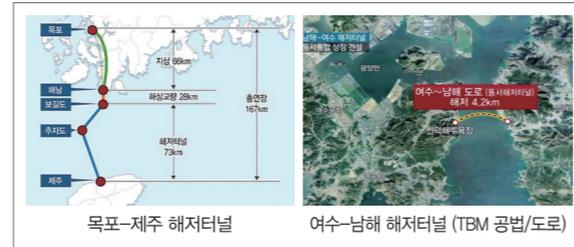
국내에 계획 중인 대표적인 해저터널은 지자체를 중심으로 추진되고 있는 목포~제주 해저터널과 여수~남해 해저터널이 있다. 목포~제주 해저터널 사업은 호남고속철도를 제주까지 연장하자는 것인데, 목포~완도~보길도~추자도까지는 교량으로 연결하고 추자도에서 제주까지는 해저터널(연장 73km)로 연결한다는 구상이다. 본 해저터널에 대한 타당성조사용역을 수행하여 비용편익 분석이

0.894로 경제성을 확인한 바 있다. 고속철도가 서울에서 제주까지 이어질 경우 기상과 상관없이 이동체계가 안정돼 관광객과 물류 수송에 도움이 되며, 또한 제주를 찾는 국내·외 관광수요가 남해안쪽에 영향을 미쳐 관광산업도 더욱 확대될 것이다.

(3) 시공 예정인 해저터널

여수~남해 해저터널 사업은 여수시 상암동~경남 남해군 서면 서상리 국도 77호선에 해저터널 5.93km를 잇는 등 총 사업비 6,312억 원을 들여 7.3km구간에 4차로를 신설하는 계획이다. 터널이 개통되면 현재 두 도시 간 차로 80분 걸리는 거리가 5분으로 줄어든다는 것이다. 현재 본 사업은 턱키 경쟁설계를 거쳐 시공사가 선정되었으며, 시공을 준비하고 있다.

[그림 5] 한국의 계획 중인 해저터널



1.4 What - 한국 해저터널 건설의 특징

지금까지 해저터널의 건설공법과 한국에 운영 중이거나 시공 중 또는 계획 중인 해저터널의 현황을 살펴보았다. 이로부터 한국해저터널 건설의 특징을 정리하면 다음과 같다.

(1) 지금까지 해저터널프로젝트 시공 및 적용사례 적음

해저터널은 높은 기술적 난이도와 과도한 공사비 부담 그리고 시공 중 리스크 문제로 인하여 해저터널에 대한 적용 사례가 매우 적다. 특히 도로 및 철도 등의 교통인프라용 해저터널은 단면이 크고 연장이 길어 사업비가 증가하게 되어, 각각의 해저터널 사업계획에 대한 면밀한 기술 검토가 수행되고 있다.

(2) 세계적 수준의 국내 터널기술로 해저터널 건설기술 확보

국내에 산악지형이 많은 지형적 특성으로 터널공사가 많기 때문에 다양한 기술노하우가 축적되었다. 육상구간 및 하저구간에서의 터널건설 기술이 세계적 수준까지 도달하여 기술적 리스크가 큰 해저터널에 필요한 터널건설기술은 확보되었다. 특히, 국내외 해저 터널설계 및 시공경험을 바탕으로 초대해 해저터널건설은 충분히 가능하다.

(3) 계획 중인 해저터널프로젝트에 대한 총체적 대안 마련 지자체를 중심으로 여러 가지 해저터널프로젝트 계획이 수립되어 왔지만, 해저터널사업에 대한 비용편익 분석 결과 경제성이 미흡한 것으로 평가되는 경우가 많았다. 따라서 경제성 확보를 위한 전략적 검토 및 대안이 요구되며, 산학연 중심으로 스마트 교통물류시스템 및 관광 산업과의 연계 전략 등을 수립하여야 한다.

(4) 장기적·전략적 해저터널프로젝트 건설계획 수립

해저터널프로젝트는 해상교량에 비하여 안정성, 시공성 및 유지관리성 측면에서 유리하며, 특히 환경 영향 및 전략적 안전성을 확보할 수 있다. 따라서 섬과 육지를 연결하고, 해협을 통과하고, 국가 간을 연결하는 초고속 교통물류 시스템의 기술적 해결책이므로 해저터널프로젝트가 계획되어야 하며, 장기적이고 전략적인 측면에서 체계적인 마스터플랜이 수립되어야 한다.

2. 해저터널의 주요 건설기술과 특징

최근 국가와 국가, 육지와 섬을 연결하고자 하는 노력은 바다 밑을 통과하는 해저터널(Undersea Tunnel)의 기술 발전과 함께 그 실현 가능성이 커지고 있다. 이러한 이슈를 배경으로 해저터널을 안전하고 빠르게 굴착하는지에 대한 기술적 관심이 증가하고 있으며, 이미 오래전부터 터널 엔지니어를 중심으로 해저터널에 대한 연구와 기

술개발이 상당한 수준으로 발전해오고 있다. 이러한 관점에서 해저터널의 주요 건설기술과 특징을 중심으로 기술하고자 한다.

2.1 해저터널 건설에서의 중점 고려사항

터널은 지하 또는 지중을 통과하는 지하구조물로서 교량과 같은 토목구조물과는 다른 특징을 가지고 있다. 이는 자연적으로 만들어진 지하(Underground)를 굴착하기 때문에 상대적으로 잘 모르거나(Unknown) 불확실한(Uncertain) 지질 및 지반조건을 만날 수 있게 되고, 이로 인한 리스크가 매우 크다는 사실이다. 이를 공학적으로는 지질 또는 지반 리스크(Geo-Risk)라 하며 터널공사는 이와 같은 리스크를 얼마나 잘 관리하고 컨트롤 하는지가 중요한 특징이라 할 수 있다.

해저터널은 바다 밑을 통과하기 때문에 해수에 의한 상당한 수압이 작용하게 되고, 시공 중 또는 운영 중에 이러한 고수압 조건을 견딜 수 있도록 설계 및 시공이 이루어져야 한다. 또한 지각운동에 의해 발생한 대규모 단층파쇄대(Fault zone)와 같은 열악한 지질조건에서 안전하게 굴착할 수 있는 다양한 시공기술과 공사 중 대규모 출수 등과 같은 비상시를 대비한 다양한 대응기술도 요구되고 있다. 특히 지진이 발생할 가능성이 있는 지역에서는 지진에 견딜 수 있는 튼튼한 터널 구조물을 만들 수 있도록 내진기술도 반드시 필요한 기술이다.

[표 2]에 해저터널 건설시 요구되는 주요 고려항목과 각각의 항목에 대한 평가내용을 간략하게 정리하였으며, 노선계획, 지반특성, 터널계획, 공법 검토와 시공성, 안전성, 환경영향 그리고 공사비, 공기 및 유지관리 등을 포함하고 있다. 표에서 제시한 고려항목은 계획하고자 하는 해저터널의 특징에 따라 항목을 추가할 수 있으며, 항목별로 가중치를 부과할 수 있도록 하여 최적의 해저터널을 건설할 수 있다.

[표 2] 해저터널 건설에서의 중점 고려사항

No	주요 고려항목	평가(예)			평가
		대안 1	대안 2	대안 3	
1	노선 계획	○	×	△	지형특성을 반영한 최적 노선을 검토
2	지반 특성	○	×	△	지질 및 지반특성을 조사/반영
3	터널 계획	○	△	×	터널공법별로 장단점 상세분석
4	공법 검토	○	△	×	굴착방법 및 공법에 대한 기술검토
5	시공성	○	△	×	현장여건을 고려한 시공성 검토
6	안전성	○	○	×	공사중 및 운영중 안전요소 고려
7	환경 영향	○	○	×	굴착에 의한 환경영향 평가
8	공사비	×	△	○	대안별로 실현 가능한 공사비 검토
9	공기	×	△	○	대안별로 시행 가능한 공기 검토
10	유지관리	○	×	△	운영중 유지관리의 편의성 검토

2.2 해저터널의 건설 프로세스

바다 밑을 통과하는 해저터널을 건설하는 프로세스는 크게 지반조사단계, 설계단계, 시공단계로 구분되며, 각각의 프로세스에서의 주요 기술에 대하여 간단하게 기술하였다.

(1) 지반조사 기술

지반조사는 가장 기본적이며 중요한 과정으로 해저 터널 통과구간과 주변지역에 대한 지질 및 지반특성을 공학적으로 파악하는 절차이다. 하지만 해양에서의 지반조사는 많은 제약과 한계가 있으며, 상대적으로 엄청난 비용이 소요된다는 점이다.

[그림 6] 해저터널에서의 조사기술

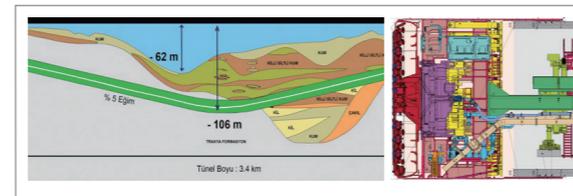


(2) 설계 기술

지반조사 결과를 바탕으로 터널을 설계하는 과정이다. 이 때는 해당 지질 및 지반에 적합한 터널공법 선정과 적합한

굴착장비 선정이 가장 중요한 설계항목이다. 특히, 고수압 조건에 굴진이 가능하고 복합 지반과 단층파쇄대 구간에서의 대응이 가능한 굴진방법과 굴착장비 검토가 종합적으로 수행되어야 한다. 해저터널의 설계기술은 지질 및 지반특성에 대한 공학적 분석능력과 터널링에 대한 다양한 경험, 기계장비에 대한 전문성 등이 요구된다. [그림 7]에는 고수압 구간에서의 TBM 설계기술의 예이다.

[그림 7] 해저터널에서의 설계기술



(3) 시공 기술

지반 조사 및 터널 설계내용을 바탕으로 해저터널을 시공하는 과정이다. 현장 및 주변여건을 반영한 시공계획과 분야별 시공을 위한 전문업체 선정, 공사에 필요한 인원과 자재 등에 대한 계획을 종합적으로 수립하고 시행한다. 장대화되는 해저터널 특성상 적절한 공기관리가 필수적이며 굴착장비의 굴진관리가 가장 중요하다. 해저터널은 공사 중 안전성 확보도 중요한 이슈이므로 고수압 조건, 대규모 단층대 조건, 열악한 지반조건에 대한 대응방안이 요구되며, 특히 해수가 대규모로 유입되는 출수에 대한 비상대책이 반드시 수립되어 비상시 안전을 최대한 확보할 수 있어야 한다.

[그림 8] 해저터널 시공기술

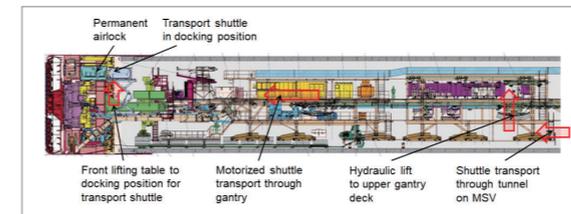


2.3 해저터널 건설에서의 핵심기술

(1) 고수압 조건에서의 굴진기술

해저터널은 수심과 암토피(Rock cover)에 의해 수압이 결정되며, 일반적으로 최소 암토피 50m 이상을 확보해야 한다. 최근 들어 해저터널이 장대화되고, 깊은 수심에 시공되기 때문에 상당한 정도의 수압이 작용하게 된다. 따라서 수심이 깊을수록, 최대수압이 10bar를 초과할 경우 별도의 터널 굴진비 개선 및 차수보강이 추가적으로 요구되므로 이에 대한 기술적 대책을 수립해야 한다. [그림 9]에는 고수압을 고려한 TBM 장비의 예가 나타나 있다.

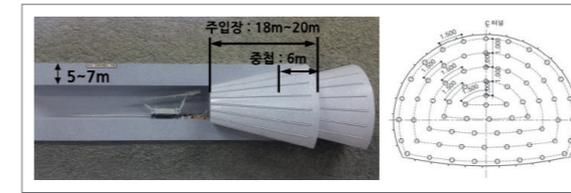
[그림 9] 고수압에서의 굴진 기술



(2) 해저구간에서의 차수 및 보강기술

해저 암반을 굴착할 때 파쇄대와 같은 연약 암반층이 출현하거나 지하수 또는 해수가 굴착공간으로 유입될 경우에는 심각한 상황을 초래할 수 있다. 따라서 이러한 고수압의 위험구간에 적용될 차수 및 보강 기술이 요구된다. 차수를 위한 그라우팅은 터널 주위에 충분한 범위에서 실시될 수 있도록 침투성이 커야하며, 해저 아래의 큰 수압에 저항해야 한다. 또한 연약한 지반에 대한 보강재 역할을 하므로 충분한 강도를 가져야 하며 경화시간이 적당해야 한다.

[그림 10] 해저구간에서의 차수 기술



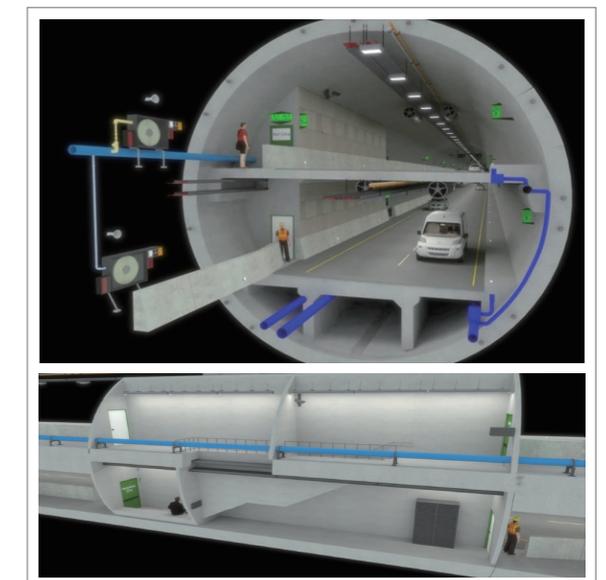
이러한 제반사항 등을 만족시킬 수 있도록 해저지반 및 현장상황에 맞는 그라우팅 재료 및 시공방법이 요구된다. [그림 10]에는 해저터널에서의 차수 그라우팅 기술을 적용

한 사례가 예가 나타나 있다.

(3) 해저터널에서의 방재 및 유지관리기술

해저터널 건설이 준공된 후 터널내부와 지상에 이를 관리하고 감시할 수 있는 각종 시스템이 운영된다. 즉 배수설비, 환기설비, 전기설비, 조명설비, 수송설비, 계측설비 및 방재설비가 터널 내에 설치되고 이와 관련된 지상의 운영 시스템이 구축된다. 이 중에서 환기설비, 방재설비 및 계측설비는 터널의 안전성과 인명사고 등의 대형사고를 방지할 수 있는 중요한 설비이다. 해저 터널은 일반적으로 장대화 터널이며, 지상으로 통하는 공간이 입·출구부 외에는 존재하지 않는다. 따라서 터널 내에서 발생하는 화재를 예방하고 감지할 수 있는 조기 경보장치 및 방재 시스템 구축이 필요하며, 터널 내의 대피공간을 확보해야 한다. 또한 운행되는 차량에서 배출되는 배기가스의 농도를 측정하여 유입량을 조절할 수 있는 자동 유입량 산출 시스템의 구축이 필요하다. 그리고 터널의 안정성을 점검하기 위하여 해저터널 변형상태를 실시간으로 계측할 수 있는 모니터링 시스템이 필요하다. [그림 11]은 해저터널에서의 방재기능과 설비를 적용한 사례이다.

[그림 11] 해저터널에서의 방재 기술



2.4 해저터널 건설기술의 특징과 과제

해저터널의 건설기술은 육상에서 터널과는 매우 다른 새로운 개념의 건설기술이라 할 수 있다. 특히, 시공 시 지반 상태에 따라 매우 높은 수압이 작용할 수 있어, 안전하고 경제적인 설계 및 시공기술이 필요하다. 실제로 국내외에서 도서와 대륙을 연결하기 위한 대형 프로젝트들이 진행되고 있으므로 이와 관련된 기술을 종합적으로 검토하고 우수 기술이 요구된다. 해저터널에 대한 주요 기술을 정리하면 다음과 같다.

(1) 고수압에 대응 가능한 고난도 굴진기술

해저터널은 장대화되고 있으며, 상대적으로 수심이 깊은 구간을 통과하게 된다. 상당한 정도의 수압이 작용하게 되고, 고수압에 대응 가능한 터널 굴진기술이 요구된다. 지금까지 고수압에 대응하기 위한 여러 가지 기술들이 개발되어왔지만, 10bar 이상에서의 굴진경험은 제한적이기 때문에 보다 차별화된 특수한 기술들이 구축되어 해저터널에 적용 가능하도록 하여야 할 것이다.

(2) 고기능 방재성능을 고려한 방재 안전기술

비상사태 발생 시 필요한 비상탈출구 등이 요구되나, 해저 구간이라는 특성으로 인하여 지상으로 통하는 공간이 입·출구부 외에는 존재하지 않는다. 따라서 해저터널 운영 중에 발생할 수 있는 화재 등과 같은 사고에 대응할 수 있도록 고기능 방재성능을 구축한 안전기술이 요구된다.

(3) 멀티 복합기능을 고려한 초대단면 시공기술

해저터널은 메가 프로젝트로서 한 번의 시공으로 다양한 목적을 달성할 수 있도록 복합기능을 가진 초대단면화가 요구되고 있다. 현재 시공 가능한 복층 구조(Double deck) 기술을 포함하여 향후 초대단면 특성을 고려한 3층 구조(Trippl Deck) 기술도 요구되고 있다. 또한 현재의 15m급 TBM 장비기술이 향후 20m급의 TBM 장비가 개발되고 적용되도록 해야 한다.

(4) 초장대 터널건설에 요구되는 급속 굴진터널

해저터널 시공 시 공기 등을 만족하기 위해 더욱 빠르게 굴착해야 한다. 해저터널은 육상 터널과는 달리 인공성을 만들지 않는 경우 별도의 작업구(수직구 등)를 만들 수 없기 때문에 급속 굴진기술은 해저터널에서 반드시 요구되는 기술이다. 굴진속도는 지질 및 암반 상태와 굴착장비의 성능에 좌우되므로 해저 암반에 적합한 장비 개발과 운영 기술이 필요하다.

3. 한국의 해저터널 건설 계획과 전망

최근 들어 우리나라에서 보다 빠른 교통물류시스템이 구축되어야 한다는 요구가 증가하고 있다. 이와 같은 새로운 교통물류시스템의 일환으로 국가 간 연결이나 국가 내 내륙과 섬을 연결하여 하나의 교통네트워크(Trans Networking)를 구축하고자 노력은 계속되고 있다. 우리나라도 미래지향적인 교통인프라 구축에 대한 기획과 검토가 진행되어 왔으며, 그 중심에 해저터널(Undersea Tunnel)을 건설하고자 하는 다양한 계획과 구상이 만들어지고 있다. 이러한 관점에서 우리나라의 해저터널 건설계획과 전망을 중심으로 기술하고자 한다.

3.1 한국의 해저터널계획에서의 주요 고려사항

현재 우리나라는 제4차 산업혁명의 시대적 흐름과 함께 기존의 교통물류시스템을 개선하고 새로운 방식의 미래 교통 중단기 중점 정책에 대한 고민을 구체화하고 있다. 특히 무인화 및 초고속 교통수단 체계의 디지털 인프라 시대가 도래함에 따라 4차 산업혁명의 후발주자인 우리나라는 새로운 미래 교통시스템을 준비해 국가 성장 동력을 창출해야 한다. 이러한 관점에서 해저터널(Undersea Tunnel)은 초고속 교통물류시스템 구축에 가장 적합한 수단으로 고려될 수 있다. 특히 기후 및 안보상황 등에 영향을 받지 않는 지하를 가장 빠르게 통과하고, 지역과 지역 및 국가와 국가를 연결할 수 있는 특징을 가지고 있기 때문에

제4차 산업시대의 무인화 및 초고속 교통물류를 실현할 수 있을 것이다. 따라서 미래 신교통 물류시스템에서 요구되는 해저터널의 건설기술 개발과 추진방향 및 전략을 국가적으로 마련해야 한다. 이를 바탕으로 국내 및 국제간의 다양한 해저터널이 계획 및 건설될 필요가 있다.

현재 한국에서 구상중이거나 계획 중인 해저터널을 [표 3]에 정리하였다. 국내에서는 목포~제주 해저터널과 여수~남해 해저터널이 있으며, 국가 간에는 한일해저터널과 한중해저터널이 있다. 해저터널사업은 해저구간을 터널로 통과하기 때문에 기술적 문제 등이 있지만, 현재의 국내 터널기술 수준으로는 충분히 설계 및 시공이 가능할 것으로 판단된다. 하지만 상당한 건설비용이 소요되므로 경제성뿐만 아니라 지역 및 국가경제에 미치는 영향과 해저터널 건설시 정치경제적 기대효과 등을 국가 정책사업으로서 면밀히 검토해야 한다.

[표 3] 현재 계획중인 한국 해저터널의 주요 특징

구분	해저터널	용도	주체	추정 공사비	건설 특징
국내	목포-제주 해저터널	철도	전라남도	약 15조	TBM 터널 + 해상교량
	여수-남해 해저터널	도로	경상남도	약 0.63조	TBM 또는 NATM 터널
국제	한일 해저터널	철도	부산광역시	약 90~130조	TBM 터널
	한중 해저터널	철도	충청남도	약 80조~140조	TBM 터널 + 인공섬

3.2 국내 해저터널의 건설 계획과 과제

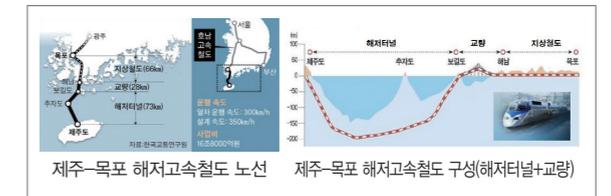
현재 국내에서 구상중인 해저터널의 주요 건설계획과 특징을 기술 및 경제성 그리고 경제적 파급효과, 향후 기대효과 등을 중심으로 간단하게 기술하였다.

(1) 목포~제주 해저터널 (철도)

목포~제주 해저터널은 전남 목포와 제주도를 고속철도 전용으로 해저터널로 연결하려는 구상이다. 현재 계획 중인 노선은 보길도에서 추자도, 화도를 거쳐 제주도 본섬으로 이어지는 경로로, 해저터널 구간은 보길도~제주도 구간

71km이며, 이외에도 지상철도 66km, 해상교량 28km로 계획되었다. 목포~제주 해저터널은 한국교통연구원서 B/C 분석을 실시하여 경제성 분석한 바 있으며, 건설비용은 약 15조 원 이상으로 추정하였다. 또한 서울에서 제주까지 지상으로 3시간 이내 소요, 44조 원의 생산유발 효과, 6조 원의 임금유발 효과, 34만 명의 고용창출 효과 등의 경제적 효과를 예상했고, 제주도를 국제자유도시로 육성하는 데 기여할 것으로 평가되었다.

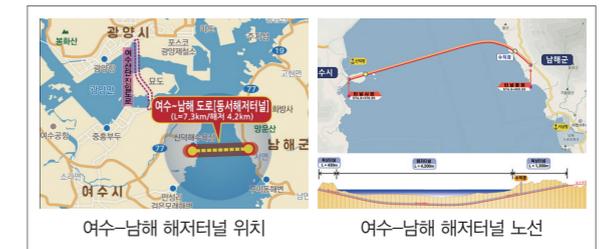
[그림 12] 목포-제주 해저터널 건설 계획



(2) 여수~남해 해저터널 (도로)

여수~남해 해저터널은 여주시 상암동과 남해군 서면리를 해저터널로 연결하는 사업으로 총 사업비 6,312억 원을 들여 4차로 도로 7.3km와 접속도로 1.37km를 신설하는 계획이다. 해저터널은 4.2km이며, 남해방향 2차로와 여수방향 2차로로 각각 건설하는 병설터널로 검토되고 있다.

[그림 13] 여수-남해 해저터널 건설 계획



현재 여수에서 남해를 육지로 가려면 거리가 80km에 이르고 시간은 80분 정도 걸린다. 하지만 터널이 개통되면 거리는 10km, 시간은 10분 이내로 단축되기 때문에 여주시와 남해군이 30분대 공동생활권이 가능해진다. 또한 전남 동부권의 연간 관광객 4,000만 명과 경남 서부권의 연간 관광객 3,000만 명이 연결되어 관광 시너지 효과를 기대할 수 있을 것이다.

(3) 국내 해저터널계획의 과제

① 경제성 확보방안 수립

현재 국내에서 추진 중인 해저터널사업은 예비타당성 조사결과 경제성이 부족한 것으로 분석되기 때문에 경제성을 확보할 수 있는 사업계획과 공사비를 절감할 수 있는 기술적 해결방안을 수립해야 한다.

② 지자체간 원만한 합의

해저터널은 두 지역을 연결하는 교통물류이므로 기존의 교통시스템과의 연계성 및 기존의 지역 경제의 상권의 변화 등에 대한 면밀한 검토를 수행하여 두 지역을 포함하는 지자체 및 주민들의 합의가 필요하다.

③ 국가 정책적 지원

국토의 균형발전을 위한 국토·국지도 발전계획을 수립하고 낙후된 지역경제를 활성화하기 위한 국가차원의 정책수립과 예산 반영이 무엇보다 중요하다.

[그림 14] 국내 해저터널 건설계획에서의 해결과제



3.3 국제간 해저터널 계획과 과제

(1) 한일 해저터널

한일 해저터널은 일본 쓰시마섬과 이키섬을 경유해 너비 최소 128km의 대한해협을 지하해저터널로 관통하여 한국과 일본을 육로로 연결하는 해저터널구상이다. 길이가 200km가 넘는 한일 해저터널구상이 실현되면 일 2만여 명의 사람과 화물이 육로로 오갈 수 있을 것으로 예상된다. 한일 해저터널은 부산광역시 부분에서 시작해서 대한해협의 4개 섬을 거쳐 후쿠오카시의 산요 신칸센 철도까지 연결한다는 구상이며, 일본 규슈 사가현 가라쓰시를 지나 세 가지 경로가 제안된 바 있다. 이 경로 중 하나는 부산광역시에서, 나머지 둘은 거제시에서 시작해 쓰시마섬과

이키섬을 지난다. 대한해협을 관통하는 세 가지 경로의 총 연장은 209~231km이다.

[그림 15] 한일 해저터널 건설 계획



(2) 한중 해저터널

한중 해저터널은 중국 산둥반도와 충남 태안반도를 323km 해저터널로 연결하려는 구상이다. 한중 해저터널은 총 4개 노선으로 인천/화성/평택·당진/웅진~웨이하이로 총 연장은 207~332km로 계획되고, 중간에 환기구 및 정거장 역할을 하는 인공섬을 설치하도록 구상되었다. 한중 해저터널은 국토 균형발전과 서해안 스마트 하이웨이 포함 명실상부한 환황해권 시대 창출, 국제 해양관광거점이 조성, 항만개발을 통한 최서단 영토주권 강화, 한중 교통물류 네트워크 등을 구축하고 동북아 경제통합을 촉진하여 최소 275조 원 이상의 생산 유발과 100조 원 이상의 부가가치 유발효과 등 경제적 파급효과가 검토되었다.

[그림 16] 한중 해저터널 건설 계획



(3) 국제간 해저터널 계획에서의 과제

① 메가 프로젝트의 막대한 건설비용에 대한 확보방안

국가를 연결하는 해저터널은 연장이 수십~수백km로 공사비가 수백 조에 이른다. 따라서 초대형 메가 프로젝트의 건설에 필요한 비용이 가장 중요하고도 핵심적인 이슈사항이므로 보다 구체적이고 장기적인 재원마

련과 자금 조달계획을 수립해야 한다.

② 국가적 정책사업으로서 국민적 컨센서스 형성

국가 간 연결 해저터널은 오랜 역사적 배경과 국제정치적 관계에 있어 매우 민감한 이슈이기 때문에, 이를 실현하기 위해서는 국민적 이해와 설득 그리고 지속적인 소통을 통한 국민적 컨센서스가 필요하다.

③ 글로벌 사업으로서 국가간 협의와 동의 절차

국가 간 연결 해저터널은 양국의 교통물류체계뿐만 아니라 법적 제도적 문제를 해결해야 건설이 가능하기 때문에 기술적 논의뿐만 아니라 다양한 분야에서의 협의와 동의 절차가 필요하다. 특히 국회 등 정치적인 합의도 필요하다.

[그림 17] 국제간의 해저터널 건설계획에서의 해결과제



3.4 우리나라 해저터널 건설계획의 과제와 전망

현재 우리나라는 지역 간을 연결하거나 국가 간을 연결하는 다양한 해저터널이 검토되고 있다. 이는 보다 빠르게 그리고 보다 안전하게 교통물류시스템을 확보함으로써 지역 간의 연결을 강화하여 지역 경제발전과 관광산업의 활성화에 기여할 뿐만 아니라 국가 간 물류네트워크를 발전시켜 글로벌 트랜스 체계와 글로벌 통합시스템 구축에 기반을 마련하고자 하는 것이다.

이러한 배경을 바탕으로 우리나라 해저터널의 건설계획의 주요 현황과 특징을 살펴보았으며, 앞으로의 전망과 과제를 정리하면 다음과 같다.

(1) 지자체 중심의 지역 균형발전을 고려한 메가 프로젝트 추진

목포~제주 해저터널 및 여수~남해 해저터널 계획에서 보는 바와 같이 해저터널사업을 통한 지역경제의 발전과

관광사업의 활성화 그리고 지역 균형발전을 도모하기 위하여 메가 프로젝트를 추진하고 있다. 하지만 이러한 메가 프로젝트는 엄청난 재정과 건설비가 요구되므로 지자체에서 감당하기 어려운 현실적인 여건을 감안하여 국가정책적인 지원방안을 마련해야 한다.

(2) 고비용을 고려한 신교통 물류시스템에 대한 국가 정책 수립

제4차 산업혁명시대에 자동화, 무인화 및 초고속화와 같은 새로운 교통물류시스템을 구축하기 위하여 기존 교통물류 체계에 대한 혁신적인 변화와 정책이 요구되고 있다. 이러한 해결방안으로써 해저터널사업은 단순한 사업비와 경제성 측면을 벗어나 보다 광범위한 일자리 창출과 탄소중립 정책 그리고 미래교통시스템이라는 국가의 정책방향에 맞도록 적극적으로 추진되어야 할 것이다.

(3) 국가 교통물류시스템에 대한 글로벌 마스터플랜 확보

포스트 코로나 시대 이후 글로벌 교통물류시스템의 중요성이 강조되고 있다. 중국 및 일본과 같은 인접국가간의 연결성과 관계성을 확보하기 위한 글로벌 교통물류정책 방향을 정립하고 해저터널 건설을 포함한 글로벌 교통물류시스템에 대한 마스터플랜을 구체화하여 글로벌 통합과 변화에 대응해야 한다.

(4) 국가 랜드마크 상징성을 반영하는 초대형 메가프로젝트 추진

우리나라 교통물류를 상징할 수 있는 초대형 국가프로젝트를 구축함으로써 선진국으로서의 국위선양과 이미지를 제고해야 한다. 또한 제4차 산업혁명의 혁신기술이 결합된 미래지향적 해저터널을 건설하여 글로벌 터널시장을 선도하고 발전시키는데 기여해야 할 것이다.

4. 글로벌 해저터널 건설사업의 전망과 과제

최근 전 세계적으로 제4차 산업혁명과 함께 보다 빠르고 안전한 건설교통물류시스템이 요구되고 있다. 이는 기존의 교통물류시스템으로는 급격하게 변화하는 새로운 상황에 적응할 수 없기 때문이다. 이러한 이유로 새로운 글로벌 교통망을 구상하는 노력은 계속되고 있다.

특히 선진국을 중심으로 하이퍼루프(Hyper loop)를 이용한 미래의 교통인프라시스템에 대한 연구와 개발이 꾸준히 진행되어 왔으며, 그 중심에 대심도 초장대터널(Deep super long tunnel)을 건설하고자 하는 다양한 계획이 검토되고 있다. 이러한 관점에서 글로벌 해저터널 건설사업의 전망과 과제를 중심으로 기술하고자 한다.

4.1 글로벌 교통인프라 구축과 해저터널 건설사업

미국, 독일 등과 같은 선진국을 중심으로 기존의 교통시스템을 개선하고 새로운 방식의 미래 물류시스템에 대한 연구개발과 투자에 대한 계획을 구체화하고 있다. 특히 자동화 및 무인화와 같은 스마트 기술에 적응해야 하는 스마트 디지털 인프라 시대가 도래함에 따라 국가적으로 글로벌 시장을 선도하기 위한 새로운 미래 교통물류시스템을 보다 적극적으로 준비하고 있다.

이러한 배경에서 바다 밑을 통과하는 해저터널(Undersea Tunnel)은 스마트 기술과 새로운 터널 기술을 결합하여 미래 교통물류 공간 구축에 가장 적합한 수단으로 고려될 수 있다. 특히 해저터널은 자연 환경에 미치는 영향을 최소화할 수 있는 친환경 공간일 뿐만 아니라 테러나 전쟁을 대비할 수 있는 가장 안전한 공간으로서 장점을 가지고 있기 때문이다. 또한 제4차 산업시대의 자동화 및 무인화기반의 초고속 교통물류를 실현할 수 있는 핵심적인 인프라로 미래 초고속 교통물류시스템에서 요구되는 해저터널의 기술 개발과 혁신적인 투자 전략을 수립해야 한다.

현재 시공 중이거나 계획 중인 글로벌 해저터널 건설사업을 [표 4]에 정리하였다.

[표 4] 시공 또는 계획 중인 글로벌 해저터널 건설사업

구분	국가	해저터널	상태	터널 공법
1	중국-홍콩-마카오	HZMB Tunnel	준공 및 운영중	IMT(침매공법)
2	독일-덴마크	Fehmarnbelt Fixed Link	시공중	IMT(침매공법)
3	터키	Eurasia Tunnel	준공 및 운영중	TBM 공법
4	호주	Harbor Undersea Tunnel	시공중	TBM 공법
5	중국	Jiaozhou bay Sunsea Tunnel	준공 및 운영중	NATM 공법
6	중국	Xiannan Undersea Tunnel	시공중	NATM 공법
7	중국	Bohai Undersea Tunnel	계획중/타당성 조사	TBM 공법
8	미국	San Francisco BART Tunnel	준공 및 운영중	IMT(침매공법)
9	말레이시아	Penang Undersea Tunnel	계획중/타당성 조사	TBM 공법
10	노르웨이	Ryfylle Undersea Tunnel	준공 및 운영중	NATM 공법
11	노르웨이	Ryfast Undersea Tunnel	준공 및 운영중	NATM 공법
12	일본	2nd Seikan Undersea Tunnel	계획중/타당성 조사	TBM 공법
13	핀란드	Helsinki-Tallinn Undersea Tunnel	계획중/타당성 조사	TBM 공법
14	베트남	Cua Luc Undersea Tunnel	계획중/타당성 조사	TBM 공법

4.2 글로벌 해저터널 건설사업 추진 현황과 특징 분석

현재 세계적으로 시공 중이거나 운영 중인 해저터널의 주요 특징을 기술성 및 경제성 그리고 경제적 파급효과 및 향후 기대효과 등을 중심으로 간단하게 기술하였다.

(1) 독일~덴마크 연결 해저터널 - Fehmarnbelt Fixed Link

독일과 덴마크를 연결하는 Fehmarnbelt Fixed Link 해저터널은 약 7.9조가 투입된 사업으로 2014년부터 2020년까지 독일 솔리스비히-홀슈타인주의 Fehmarn섬과 덴마크 Lolland섬 사이의 발탁해, 즉 Fehmarn Belt 해저로 연결하는 세계 최장 수준의 침매 해저터널이다.

독일의 함부르크와 덴마크의 코펜하겐을 직선거리로 연결하여, 유탄트, 뤼넨과 스토어벨트를 통한 현재의 경로보

다 약 160km 단축하였다. 두 도시 간 이동시간 약 1시간 절감, 기존 페리를 통한 수송비용 절감 등 연간 5,000만 유로 정도 경제적 효과를 나타내고 있다. 또한 유럽과 스칸디나비아 반도까지 연결하는 유로의 기간사업 중 하나로 철새와 자연 환경을 최대한 보존하는 등 환경보호에도 기여하고 있다. 덴마크 교통국이 주관으로서 비용부담을 하고, 유로에서 일정부분 보조해주는 형식으로 고속도로와 철도를 합친 침매터널이다. 세계 최장인 약 18km의 총연장으로 보유하고 있으며, 시속 110km로 달릴 경우 10분 정도 소요된다. 주관사는 덴마크의 컨설팅 엔지니어 회사인 Ramboll group이다.

[그림 18] 독일~덴마크 연결 해저터널 Fehmarnbelt Fixed Link



(2) 홍콩~마카오 연결 해저터널 - HZMB

HZMB는 홍콩~주하이~마카오를 잇는 총 길이 55km의 해상교량과 해저터널이다. 세계 최장 해상대교로서 강주아오 대교라 불리며 홍콩 정부와 마카오 정부, 중국 중앙 정부, 광둥성 정부의 합동 사업으로 추진되었으며, 총 건설비가 890억 홍콩 달러가 소요되었다. HZMB는 6차로의 자동차 전용도로이며, 홍콩 국제공항과 홍콩섬 센트럴 간을 연결하는 북란터우 고속도로와 직결된다. 대형 선박들이 다닐 수 있도록 일부 구간은 해저터널로 만들어졌으며, 해저터널은 6.7km로 세계에서 가장 긴 해저 침매터널이다. HZMB 개통의 가장 큰 의미는 중국 경제의 핵심인 주장삼각주 지역의 상호 접근성이 매우 향상된 점이다. 특히, 강주아오 대교로 광둥성 9개 도시와 홍콩, 마카오가 한 생활권으로 형성되었으며, 홍콩과 마카오·주하이 사이의 차량 이동 시간은 3시간 30분에서 30분으로 대폭 단축되었다.

[그림 19] 홍콩~마카오를 연결하는 HZMB



(3) 글로벌 해저터널 건설사업의 주요 특성 분석

- ① 초대형화**
현재 전 세계적으로 추진 중인 해저터널 건설은 수십조의 건설공사비가 소요되는 초대형 사업이 주를 이루고 있다. 이는 해저터널의 연장이 길어지고 터널 단면이 커져서 발생하는 것뿐만 아니라 다양한 목적을 가진 다목적용의 해저터널을 구축하기 때문이다.
- ② 초장대화**
해저터널 건설사업이 글로벌 경제성장과 함께 국가 간을 연결하는 물류시스템 구축의 일환으로 초장대화되는 특징을 보여주고 있다. 이는 단순한 연결의 의미를 넘어 미래 교통물류시스템으로서의 기능을 수행하고 있다.
- ③ 초복합화**
최근의 해저터널 건설사업은 하나의 교통수단이 운행되는 단순한 도로나 철도용 교통수단이 아닌 철도와 도로가 복합적으로 운행될 수 있는 멀티 기능을 가지는 초복합화의 특징을 나타내고 있다. 이는 단순한 교통기능을 넘어 대규모 교통물류시스템으로서의 역할을 수행하고 있다.

[그림 20] 글로벌 해저터널 건설사업의 주요 특징

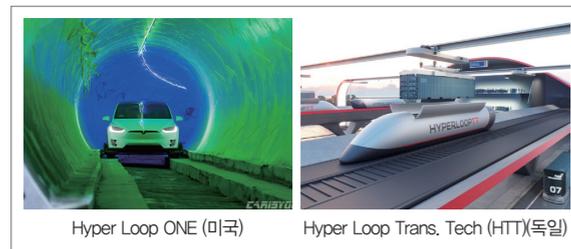


4.3 글로벌 해저터널의 미래 기술

(1) 하이퍼 루프 지하교통수송시스템

하이퍼 루프는 큰 튜브 속 공기를 감압해 내부를 약 1,225km/h 가까운 속도로 사람이나 화물이 들어간 캡슐을 이동시키는 차세대 교통 시스템이다. 튜브 바닥에는 자기장이 흐르도록 설계하고 차량 뒤쪽에 설치된 팬과 압축기를 이용해 터널 속 공기를 빨아 밑으로 내보낸다. 이때 차량이 공중에 뜨게 되며 자기장을 통해 추진력을 얻고 공기 분사로 마찰력을 최소화한다. 지하를 이용한 하이퍼 루프에서 반드시 요구되는 시스템이 바로 지하터널이다. 현재 하이퍼 루프 기술은 하이퍼루프원(Hyper Loop One)과 하이퍼루프 트랜스포테이션 테크놀로지(HTT) 등의 기업이 선도하고 있다. 특히 하이퍼루프원은 가장 실용화에 근접한 기술을 보유하고 있으며, 최근 하이퍼 루프 추진체 시험을 성공적으로 마쳤다.

[그림 21] 하이퍼 루프 지하교통수송시스템



(2) 국내 초고속 하이퍼 튜브 HTX

국내에서는 1,200km/h로 달리는 철도인 하이퍼튜브(HTX: Hyper Tube eXpress)를 한국철도기술연구원 신교통혁신 연구소에서 개발하고 있다. HTX는 미국의 하이퍼루프의 차량의 방식과 다른 전자기유도반발식이며, 캡슐차량 하부에 장착된 초전도 전자석과 튜브 바닥에 설치한 도체 대향판 또는 전자기 코일의 전자기 유도작용에 의해 반발력이 발생하여 차량을 부상시키는 원리다. 향후 HTX 개발을 통해 초고속 육상 신교통을 실용화해 대한민국 어디서나 출퇴근할 수 있는 1시간 생활권 도시형 국가로 만들고, 신성장 동력으로 자리매김할 수 있도록 기술개발을 적극적으로 추진하고 있다.

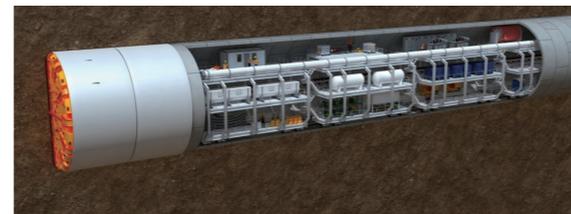
[그림 22] 국내 하이퍼 튜브 HTX



(3) 글로벌 해저터널의 기술적 과제

① 더 빠르게 - 초고속 굴진

초장대 해저터널을 적정 공기 내에 건설하기 위해서는 기존의 터널 굴진속도에 비하여 수십 배 더 빠르게 굴착할 수 있는 초고속 굴진기술이 개발되어야 한다.



더 빠르게 - 초고속 굴진

② 더 크게 - 초대형 터널

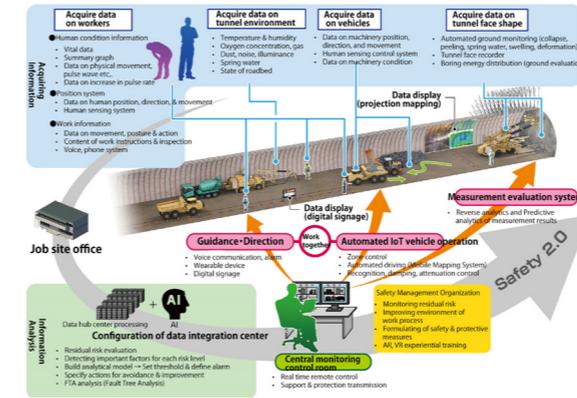
해저터널공사는 터널장비와 기술 한계로 인해 수행 가능한 터널 단면의 크기의 제한을 받게 된다. 따라서 해저 터널을 효율적으로 건설하기 위해서는 기존의 터널 단면크기에 비하여 수십 배 더 크게 굴착할 수 있는 초대형 터널 굴착기술이 개발되어야 한다.



더 크게 - 초대형 단면

③ 더 안전하게 - 스마트 기술

해저터널공사는 바다 밑을 통과하기 때문에 상당한 리스크를 수반하게 된다. 해저 터널을 안전하게 건설하기 위해서는 최신의 스마트 건설기술을 적극적으로 개발하고 적용하여야 한다.



더 안전하게 - 스마트 기술

4.4 글로벌 해저터널의 전망과 미래

앞서 글로벌 해저터널 건설사업의 주요 현황과 특징을 살펴보았으며, 앞으로의 전망과 과제를 정리하면 다음과 같다.

(1) 하나로(The One) Global Trans - 초국가 연결 교통물류시스템

유럽의 독일과 덴마크를 연결하는 Fehmarnhelt 해저터널, 홍콩~마카오를 연결하는 해저터널 HZMB 건설사례와 같이 최근 국가 간 해저터널을 연결하여 운송 및 수송거리를 획기적으로 단축시키는 등 교통물류시스템이 구축되고 있다. 해저터널의 막대한 건설비용에도 불구하고 이를 이용한 교통물류시스템을 통하여 경제적 교역을 활성화하고, 정치·문화적 소통을 강화하고 있다. 해저터널 건설사업은 새로운 교통물류시스템의 혁신사업이 되고 있다.

(2) 더 빠른(The Faster) Hyper Trans - 초고속 미래 교통물류시스템

미국의 하이퍼루프원(Hyper Loop One)과 독일의 하이퍼루프 트랜스포테이션 테크놀로지(HTT) 및 국내의 하이퍼 튜브(HTX)의 사례와 같이 세계적으로 하이퍼 루프 기술을 적용한 초고속교통물류에 대한 관심과 투자가 활발히 진행되고 있다. 보다 빠른 초고속화의 미래 신교통물류시스템을 구축하기 위한 것으로, 특히 지하공간을 이용하는 하이퍼 루프는 해저터널을 이용한 초고속 미래교통물류시스템의 중심이다.

(3) 더 큰(The Larger) Mega Trans - 초대형 인프라 교통물류시스템

홍콩-마카오를 연결하는 HZMB 해저터널, 일본의 본토와 홋카이도를 연결하는 제2의 Seikan 해저터널 그리고 중국의 보하이 해협을 통과하는 Bohai 해저터널의 건설사례와 같이 글로벌 해저터널 건설사업은 막대한 건설비용이 투자되는 메가 프로젝트이다. 초장대 및 초대형 터널뿐만 아니라 복합기능을 가지고 있기 때문이다. 해저터널 건설사업은 국가사업으로 추진되는 초대형 인프라 교통물류시스템의 랜드마크가 되고 있다.

(4) 더 깊은(The Deeper) Under Trans - 대심도 지하 교통물류시스템

목포와 제주를 연결하는 해저터널과 부산과 일본 규슈를 연결하는 한일 해저터널, 한국 서해안과 중국 웨이하이를 연결하는 한중 해저터널 사례와 같이 안전하고 튼튼한 해저터널을 구축하기 위해서는 대심도 구간에 건설해야 한다. 이는 대심도 구간으로 갈수록 임반이 양호하고 균질해져 터널 굴착이 용이하기 때문이다. 해저터널 건설사업은 대심도 지하공간에 구축되는 대심도 지하 교통물류시스템의 주춧돌이라 할 수 있다.