

서울경제. 2018. 11. 13(목)

한국과 일본 중국을 연결하는 해저터널 건설의 기술적 타당성에 대한 과학자들의 논의가 본격화된다. 한중일 3국을 연결하는 해저터널을 건설하려면 경제성이 있고 3개국 국민의 여론적 지지도 받아야 하지만 기술적으로 건설 가능한지도 중요하다. 국토해양부 산하 해저시설을 차폐기술연구단과 'UN이 정한 지구의 해 한국위원회'는 14일 서울 동부금융센터에서 '해저터널 국제 심포지엄'을 개최, 한중일 해저터널 건설

이 기술적으로 가능한지, 필요로 하는 요소 기술은 무엇인지 등을 논의한다. 해저터널 건설 경험이 있는 노르웨이·일본 등의 과학자·기술자들과 한중일 해저터널의 기술적 타당성을 논의하고 국내 연구성과를 살펴볼 수 있는 자리다. 해저시설을 차폐기술연구단에는 한국지질자원연구원을 주관기관으로 한국건설기술연구원 한국철도기술연구원 SK건설 등 4개 기관이 참여하고 있다.

내일 '한·중·일 해저터널' 국제심포... 기술논의 본격화

해저 지층구조 조사 '최적노선' 찾아야

◇한중일 해저터널이란=한국을 중심으로 중국과 일본이 해저터널로 연결되면 기차나 승용차로 바다를 건너 다른 국가로 이동할 수 있게 된다. 과학자들은 직접 차량이 달리는 도로 형태보다는 영국과 프랑스를 연결한 유로터널처럼 기차가 달리도록 하고 차량은 기차에 실어 수송하는 형태가 적합한 것으로 보고 있다.

한중 터널의 경우 경기 평택~중국 웨이하이(374km), 인천~웨이하이(362km), 충남 태안~웨이하이(320km) 등의 노선이 논의되고 있다. 한중 해저터널에 관한 연구를 진행해온 경기개발원의 조응래 부원장은 발표자료를 통해 "서해의 경우 최대 수심이 80m에 불과, 최대 수심이 220m나 되는 한일 해저터널보다 건설하기 용이하고 여객 수요도 한국인의 중국 방문은 2020년 492만명, 2030년 648만명, 중국인의 한국 방문은 2020년 299만명, 2030년 456만명에 이를 것"으로 전망했다.

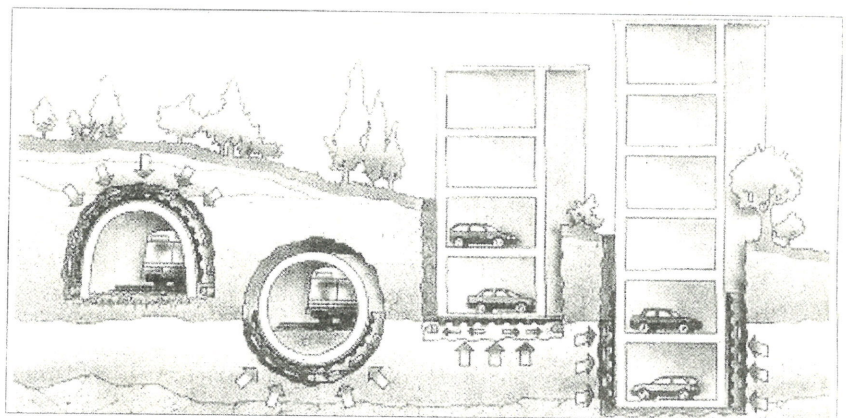
한일 해저터널(약 230km)은 부산 또는 거제도에서 대만해협 중간의 인공섬을 거쳐 일본 쓰시마섬~하카다를 연결하는 노선. 양국 국경을 기준으로 한국 구간은 약 30km 안팎이고 대부분이 일본 노선이다. 수심이 깊은 지역의 경우 수압을 견디는 구조와 경사로를 통해 육지와와의 높이를 맞추는 설계가 필요하다.

◇어떤 기술이 필요한가=해저시설물 차폐기술연구단은 지난 2005년부터 2010년까지 5년간 95억원을 투자해 요소기술을 연구하고 해저지반 조사, 해저터널 방·배수 설계, 바닷물 유입이 우려되는 지반층 보강(그라우팅) 기술 등을 개발해왔다.

해저터널은 육상터널과 달리 엄청난 바닷물의 수압을 견디는 구조가 필요하기 때문에 최적의 노선을 찾아내야 한다. 이를 위해 탄성파 탐사를 통해 해저 암반의 지층구조를 정밀하게 확인해야 한다. 건설 단계에서는 실제 크기의 터널을 뚫기 전에 수평으로 지층을 시추하는 '선진 천공기술' 개발이 필요하다. 일본의 경우 세이칸 해저터널을 뚫으면서 수평으로 지층을 250m까지 시추할 수 있는 선진 천공기술을 확보했지만 우리나라의 기술수준은 현재 30m 안팎에 불과하다.

방·배수 설계기술은 터널의 암반 벽과 터널 외벽 사이에 발생하는 바닷물 유입을 효과적으로 빼낸다. 배수가 이뤄지지 않으면 암반으로부터 전달되는 압력이 터널의 외벽에 그대로 가해지기 때문이다.

그라우팅 기술은 암반의 미세한 틈으로 바닷물이 유입되는 것을 막기 위해 이 틈으로 미세한 시멘트 형태의 보강재를 주입, 지반구조를 강화시켜준다. 이 기술의 핵심은 최적의 압력으로 보강재를 주입하는 하는 것으로 주



수평으로 지층 시추하는
고도의 선진천공술 확보를
해수유입 막는 지반 보강술
방·배수 설계기술도 필요

입압력이 높을 경우 암반의 틈을 더욱 벌리게 되고 압력이 낮을 경우 보강제로서의 역할을 다하지 못하게 된다.

◇국내 해저터널 현황=현재 국내에는 해저터널이 건설된 사례가 없다. 유일하게 건설된 것은 부산과 거제도를 연결하는 거가대교 노선의 3.7km 구간이 침매터널 방식이다. 침매터널은 터널형태로 제작된 180m 길이의 콘크리트 구조물들을 바다 밑에 가라앉힌 뒤 연결해 전체 터널을 완공하는 방식이다.

완전한 해저터널로 현재 건설이 논의되고 있는 것은 인천~김포 고속도로 중 일부 구간(약 300m). 당초 지난해 착공 예정이었으나 최근 글로벌 금융위기 여파로 내년 3월 이후로 착공시기가 미뤄진 것으로 알려졌다.

충남 보령~안면도 노선의 경우 교량과 해저터널을 혼합하는 형태로 입찰서가 공고됐으나 변동 가능성도 있다고 한다. 이 노선에 해저터널 건설을 추진하는 것은 안면도 앞바다가 선박이 항해하는 주항로이고 인근에 고려청자 수장지역이 있기 때문이다.

신희순 한국지질자원연구원 해저시설물 차폐기술연구단 단장은 "해저터널 건설 기술은 교량이나 침매터널보



위사진 ▶▶▶ 바닷 배수관을 이용한 배수처리 개념도. 터널 바닥에 설치된 요철 형태의 배수관을 이용해 최적의 배수가 이뤄지도록 바닷 배수관이 설계됐다.

아래사진 ▶▶▶ 침매터널 방식으로 건설된 거가대교. 약 180m 길이의 터널형 콘크리트 구조물을 바다에 침수시킨 뒤 연결해 바닷속 터널을 건설했다.

다 어장·환경에 미치는 피해가 적다"며 "국내 건설사들도 해저터널 건설 경험을 쌓아 해외시장 진출에 큰 도움을 받을 수 있다"고 말했다.

/대덕=강재윤기자 hama9806@sed.co.kr

ソウル経済 2008.11.13 (木)

韓国と日本・中国を結ぶ海底トンネル建設の技術的妥当性について科学者らの議論が本格的になった。韓中日の3カ国を結ぶ海底トンネルを建設するためには、経済性があることと3カ国の国民の世論支持も得なければならないが、技術的に建設可能かも重要なことである。国土海洋部の傘下の海底施設物遮蔽技術研究団と「国連が決めた地球の年韓国委員会」は14日ソウルの東部金融センターで「海底トンネル国際シンポジウム」を開催、韓中日の海底トンネル建設が技術的に可能か、必要とする要素、技術は何かなどを議論する。海底トンネル建設の経験があるノルウェーや日本などの科学者・技術者らと韓中日海底トンネルの技術的妥当性を論議し、国内の研究成果を調べることでできる場である。海底施設物遮蔽技術研究団には、韓国技術支援研究院を所轄機関として韓国建設技術研究院、韓国鉄道技術研究院、SK建設など4か所の機関が参加している。

明日「韓・中・日海底トンネル」国際シンポ…技術論議の本格化

海底の地層構造調査「最適路線」探せ

◇韓中日海底トンネルとは＝韓国を中心として中国と日本が海底トンネルで結ばれば、鉄道や乗用車で海を渡り他国へ移動できる。科学者ら直接車両が走る道路形態よりはイギリスとフランスを結ぶユーロトンネルのように鉄道が走るようにし、車両は鉄道に載せて輸送する形態が適していると見ている。

韓中トンネルの場合、京畿平澤～中国のウェイハイ（威海）（374 km）仁川～ウェイハイ（362 km）忠南泰安～ウェイハイ（320 km）などの路線が論議されている。韓中海底トンネルの研究を進めてきた京畿開発院のチョウ副院長は発表資料で「黄海の場合、最大水深が80mに過ぎない。最大水深が220mにもなる韓日海底トンネルより建設しやすいし、旅客需要も韓国人の中国訪問は2020年492万名、2030年648万名、中国人の韓国訪問は2020年299万名、2030年456万名に至る」と見ている。

韓日海底トンネル（230 km）は釜山または巨済島から大韓海峡中間の人工島を経て日本の対馬～博多を結ぶ路線である。両国の国境を基準として韓国の区間は30 km内外であり、殆どが日本の路線である。水深が深い地域の場合、水压を耐える構造と傾斜路を通して陸地との高さを合わせる設計が必要である。

◇どんな技術が必要か＝海底施設物遮蔽技術団は去る2005年から2010年まで5年間95億ウォンを投資して要素技術を研究し、海底地盤調査、海底トンネルの防水・排水設計、海水流入が憂慮される地盤補強（グラウティング）技術などを開発してきた。

海底トンネルは、陸上トンネルと異なって莫大な海水圧に耐える構造が必要なため最適の路線を見出さなければならない。このため弾性波探査を通して、海底岩盤の地層構造を精密に確認しなければならない。建設段階では実際の大きさのトンネルを掘る前に水平に地層を試錐する「先進穿孔技術」の開発が必要である。日本の場合、青函トンネルを掘りことで水平に地層を250mまで試錐できる先進穿孔技術を確保したが、我が国の技術水準

は現在 30m 内外に過ぎない。

防水・排水の設計技術は、トンネルの岩盤壁とトンネルの外壁の間に発生する海水流入を効果的に抜き出す。排水が成されなければ岩盤から伝達される圧力がトンネルの外壁にそのまま加わるためである。

グラウティング技術は、岩盤の微細な隙間への海水流入を防ぐため、この隙間へ微細なセメント形態の補強材を注入し地盤構造を強化させるものだ。この技術の核心は最適の圧力で補強材を注入することで、注入圧が高い場合、岩盤の隙間が更に出来、圧力が低い場合、補強材としての役割を果たす事ができなくなる。

◇国内の海底トンネルの現況＝現在国内には海底トンネルが建設された事例がない。唯一、建設されたのは、釜山と巨済島を連結する巨加大橋路線の 3.7 km 区間の沈埋トンネル方式である。沈埋トンネルはトンネルの形態に制作された長さ 180m のコンクリート構造物らを海底に沈めて連結し、トンネル全体を完工する方式である。

完全な海底トンネルとして現在建設が論議されているのは、仁川～金浦高速道路の一部区間(約 300 m)。そもそも先月着工予定だったが、最近グローバル金融危機の余波のため、来年 3 月以降に着工時期が延びることになった。

忠南保寧～安眠島路線の場合、橋梁と海底トンネルを混在させる形態で入札書が公告されたが変わる可能性もある。この路線に海底トンネルを建設するのは安眠島の近海は船舶が航海する主な航路であり、周りに高麗青磁の水葬地域があるためである。

シン・ヒスン 韓国地質資源研究院の海底施設物遮蔽技術研究団団長は「海底トンネルの建設技術は、橋梁や沈埋トンネルより魚場の環境に与える被害が少ない」と言い、「国内の建設会社も海底トンネル建設の経験を積むことで海外市場の進出に大きな助けとなる」と語った。

<中央の大文字>

水平に地層を試錐する高度な先進穿孔技術確保を
海水流入を防ぐ地盤補強術
防水・排水の設計技術も必要

<写真上>

底の排水板を利用した排水処理概念図

トンネルの底に設置された凹凸形態の排水板を利用して、最適の排水機になるように底の排水板が設計された。

<写真下>

沈埋トンネル方式で建設された巨加大橋

約 180m 長さのトンネル型コンクリート構造物を海に沈水させた後、連結して海中のトンネルを建設した。