

## [신기술과 동북아협력의 미래] ② 해중 철도로 새로운 교통망 구축을 꿈꾸다

발제 | 서승일 한국철도기술연구원 수석연구원

정리 | 양연정 태재 아카데미 연구원

### □ 대륙 연결을 위한 경제적이고 안전한 육상 교통수단 ‘해중터널’

- 해중철도는 부력에 의해서 지지되는 해중터널을 열차가 통과하는 철도 시스템
- 육상 교통수단에 의한 대륙 연결 수요 측면에서 필요
  - 항공기나 배에 비해 기후조건·자연조건의 영향 적음
  - 동북아 광역경제권 활성화를 위한 한·중·일 철도 운행 수요 존재
- 해저터널에 비해 경제성과 안전성 측면에서 우수
  - 건설비가 저렴 (도로: 26%, 철도: 28% 수준)
  - 건설 수심에 제한이 없으며 내진 성능이 우수
- 수심이 깊고 장거리일수록 Tension Leg형이 일반적
  - 해수면에서의 파도나 바람의 영향이 급격하게 감소하는 장점 보유
  - 육상에서 제작한 후에 해상에서 연결해 건설비용과 기간이 상당히 감소

### □ 노르웨이를 선두로 하여 세계 각국에서 해중터널 설계 및 건설 계획 제안

- 노르웨이(Hogs Fjord, Sogne Fjord), 이탈리아(Messina Strait Crossing), 중국(Qiandao호), 일본(Funka Bay Crossing, Daikokujima), 대서양(대서양 횡단 터널)에 설계 및 건설 계획 제안
  - 노르웨이의 경우 피오르드 지형에 해중철도가 적합해 활발한 연구 진행 중
- 해외 해중터널 건설 가능지역으로는 유럽과 북미 뉴질랜드 예상(국제터널협회)

### □ 국내에서는 침매터널이 운영 중이며 한중터널, 한일터널 노선 제안

- 해저터널과 해중터널의 중간 형태인 침매터널이 가덕~거제 구간(3.7km)에서 운영
- (경기연구원 제안) 한중해저터널 노선 4안
  - 웅진~웨이하이, 인천~웨이하이, 화성~웨이하이, 평택~웨이하이 구간
- (부산연구원 제안) 한일해저터널 노선 2안

- 부산~후쿠오카, 가덕~후쿠오카 구간
- 지진에 취약한 지역이라 현실적으로 해중터널이 더 적합
- 한중 해중철도 수요의 경우 여객은 증가, 화물은 감소할 것으로 예상
  - 여객 수요 예측: 2,694만 명(2025년) → 4,300만 명(2035년)

#### □ 국내에 독자적인 해중 고속철도 설계 보유 및 기술 로드맵 수립

- 독자적인 ‘파이프라인형 해중 고속철도 설계’ 보유
  - 강도 증가, 침수 시 부력 유지, 생존 공간 확보를 위해 구획 분리
  - 승객 대피를 위한 중간 고정식 구조물, 피난 통로, 인공섬 설계
  - 탈선 방지를 위한 가드레일 설계
  - 축소 모형으로 수조시험 실시
- 해중고속철도 기술 로드맵 수립
  - (2010~2020) 개념설계, 축소모형건설
  - (2020~2030) Test bed 건설
  - (2030~2040) 상용노선 건설

## COMMENTARY

#### □ 경제성과 안정성에도 불구하고 실용화는 지연

- 오랜 공사 시간 소요
  - 모든 시공이 기계화·자동화된 TBM 공법 적용 시에도 1km 터널 공사에 1.5개월 소요
- 장거리 공사의 버력(굴착 또는 암석의 발파로 생긴 토사나 암석 부스러기) 처리 문제
- 연약한 지반에서의 붕괴 및 누수 위험
- 사용 실적의 미비
- 비상 상황에 대한 안전성 검증 미비
- 물속을 운행하는 열차에 대한 이용자의 불안감
- 한일 터널과 같은 경우에는 정치적 상황과도 많이 연관

#### □ 향후 계획 이행을 통해 시공 기술 발전과 실용화 이루어야

- 해중시공을 위한 로봇팔 개발 계획
- IoT를 활용한 센서 네트워크 기술 적용 계획
  - 사전에 위험 요인을 감지하는 안전 모니터링 구현

- 축소모형을 이용한 시공 및 안전 모니터링 구현
  - 100m~200m 단거리 운행을 통한 시범 운영 제안
  - 시험 평가 후 물자 이송용으로 활용 가능

#### □ 기술 발전을 위한 투자 확대와 실용화를 위한 공감대 형성이 중요

- 해중 철도의 필요성 인식과 이에 따른 투자 확대로 기술적 어려움 극복 필요
  - 해외에서는 현재 선진국을 중심으로 해중 터널 관련 기술을 확보 중
  - 국내에서는 2010년~2012년 이후 지원이 거의 이루어지지 않고 있음
  - 향후 국내에서도 국가 차원의 R&D 지원을 통해 관련 기술 확보 시급함
- 안정성 입증과 이용자 경험 축적으로 긍정적 공감대 형성 필요
  - Test bed 건설과 축소모형 시험을 통한 안정성 입증
  - 투명 디스플레이 모니터 적용, 1인승 모형 운영 등을 통한 긍정적 경험 축적

#### □ 해중 터널 건설과 운영이 환경에 미칠 영향에 대한 평가도 필요

- 해상 풍력 발전 등 친환경을 위한 인프라도 주변 수산자원에 영향을 미침
- 해중 터널 건설과 운영의 소음, 진동 등이 해양 환경에 미칠 영향에 대한 평가도 필요

#### □ 해중 터널과 하이퍼루프의 연결 기술 협력을 통한 국가 간 협력 수준 증진 가능

- 기존 철도와 하이퍼루프의 연결을 위한 호환성 문제 존재
- 하지만 기술 연구를 통해 충분히 연결 가능
- 신기술에는 여러 위험 요소도 있지만 동시에 한국이 선두에 설 수 있는 가능성도 존재
- 시작 단계의 신기술을 통해 국가 간 협력 도모와 협력 수준 증진시키는 효과 기대

### 서승일 수석연구원

서승일 박사는 서울대학교에서 조선해양공학 박사 학위를 받은 후 한진중공업 연구개발부장을 지냈다. 이후 한국철도학회 연구회장으로 활동하며 과학기술연합대학원대학교에서 교통시스템공학 교수로 재직 중이다. 현재 한국철도기술연구원에서 차세대철도차량본부장과 신 교통연구본부장을 역임하고 있으며, 세계 최초로 무가선 산악트램 주행추진·궤도시스템을 개발해 2020년 KRRI(한국철도기술연구원) 최우수연구자상을 수상했다.