국토교통부 | 보도자료 | 대체불가 대한민국

보도시점 : 2026. 11. 19.(목) 14:00 이후(11. 20.(금) 조간) / 배포 : 2026. 11. 19.(목)

# 부전마산 복선전철 낙동1터널 붕괴사고 건설사고조사위원회 조사결과

- 공법 사전검증 미실시, 이상징후 대응 미흡 등을 사고 원인으로 지적
- 잔여 피난연결통로 안전확보방안 제시… 전체개통 시기 단축에 총력

□ **국토교통부**(장관 홍지선)는 **부전마산 복선전철 건설공사 붕괴사고**에 대한 **건설사고조사위원회**(위원장 오영석 수석전문위원, 이하 사조위)의 **조사 결과**를 **공개**하고, **잔여 피난연결통로의 안전 확보**와 **조속한 전체 개통**을 위한 후속 조치를 추진한다.

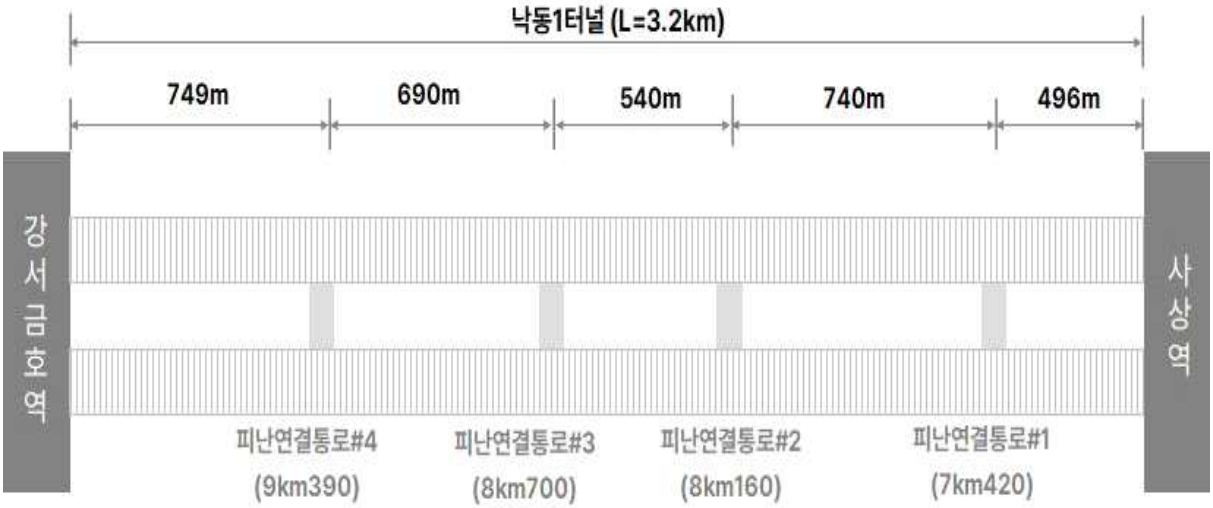
□ 이번 사조위는 **공정한 사고조사**를 위해 사업시행자, 시공사 등과 관련이 없는 **각 분야 민간 전문가 12명으로 구성**(2026.2.4)되었으며, 모든 위원은 투명하고 공정한 조사를 진행하였다.

○ 그간 **사조위**는 **조사기간**(2026. 2. 4. ~ 11. 20.) 동안 **객관적인 사고 원인 규명**을 위해 현장조사, 관계자 청문, 시추 조사, 분야별 토론 및 조사결과 검증 등 20회에 걸친 회의를 진행했으며,

○ 사고조사의 정확성·신뢰성 확보를 위해 **추가 지반조사**를 시행하고 적용한 **차수 그라우팅 공법의 주입 압력**이 기존 지반보강 개량체와 **터널 구조물 등에 미치는 영향에 대해 수치해석**을 통해 검토하였다.

○ 또한, **잔여 피난연결통로인 #1, #2**의 안전한 시공을 위한 **구조 안전성 증대 방안**으로 제시한 굴착단면 축소 등 대안에 대해 구조해석을 실시하였다.

**< 붕괴 당시 낙동1터널 피난연결통로 위치도 >**

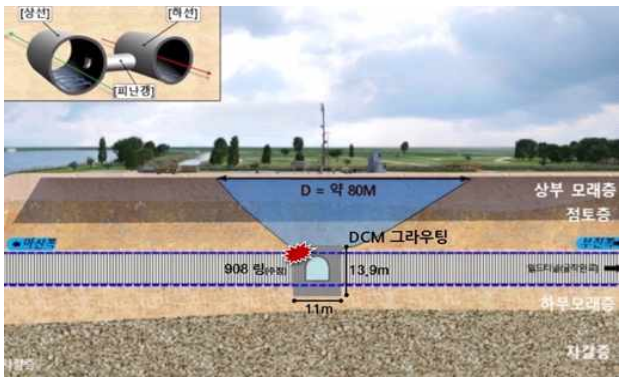



* 피난연결통로 #3 및 #4 시공 완료 (#3은 붕괴 사고 후 2026.1월 복구 공사 완료)
피난연결통로 #1 및 #2 미착공 상태

## [사고 원인 등]

**참고** **사고 발생 위치**




□ **사조위**는 **사고조사 결과**, **사전검증**(시험시공) 없이 실시한 **차수 그라우팅 공법의** 부적정성과 **과도한 주입압력**에 따른 **지반변위 및 구조물 파손**을 **주요 사고원인**으로 지목하였다.

* 차수 그라우팅: 지반에 시멘트 등의 재료를 주입하여 지하수의 유입을 차단하는 공법으로, 이 현장에서는 지상에서 CGS 공법, 터널 내부에서 SGR 공법을 적용

○ **시공사**는 기존 **지반보강 개량체**(DCM)의 **차수성능 보완이 필요**한 상황에서 **차수 그라우팅 공법**(CGS)을 선정하였으나,

- **시방서에서 규정**하고 있는 **지중 구조물**(DCM 개량체, 본선 터널 구조물 등)에 대한 **영향 검토 미실시**, **주입압력·주입량 등을 설정**하기 위한 **시험시공 미실시** 등 **사전검증이 미흡**하였으며,

- **그 결과, 차수 그라우팅**(CGS) **공법**으로 주입된 **그라우트**가 **기존 DCM 개량체를 파손**하고, **본선 터널 세그먼트에 균열을 야기**하는 등 **부적절한 공법 선정 및 시공 관리가 미흡했**다고 판단하였다.

○ 특히, **사조위**는 **과도한 그라우팅 주입압력**이 본선터널 건설 전에 실시한 **피난연결통로 #3의 지반보강 개량체의 손상과 본선 터널에 미치는 영향**을 분석하였으며,

- 본선 터널 측벽부에 가해질 수 있는 **3가지 하중 시나리오*** **모두**에서 한계값에 도달하는 것으로 나타나 **과도한 주입압력**이 **붕괴의 결정적 원인**이라고 밝혔다.

* ①터널 외경 측벽부 지반에 균등한 추가하중을 적용, ②폭 1m 규모의 편측 집중하중 적용, ③ 폭 1m 규모의 편측 집중하중을 2곳에서 동시 적용

○ 아울러, **사조위**는 **시공 과정**에서 발생한 **이상징후**에 대한 **미흡한 대응**도 **붕괴의 원인**으로 지적하였다.

- 시공사는 **2020년 3월 1일 피난연결통로 #3 굴착**을 시작하였으며, **굴착 직후 누수에 대한 추가 그라우팅**을 적용하며 **3월 8일** 본선 터널 **세그먼트의 균열 및 접합부 누수** 등 **이상징후를 확인**하였다.

- 이후 **누수를 막기 위해** 지상 및 터널 내부에서 **차수 그라우팅(CGS, SGR)***을 추가로 실시하였으나, 오히려 **누수·토사 유출 및 세그먼트 균열이 확대**되었다.

* 지상에서 CGS 공법 및 SGR 공법, 터널 안쪽에서 세그먼트 배면으로 SGR 공법

- **이러한 상황**에서도 **허용 주입압력의 최대 20배**에 달하는 **압력***으로 **그라우팅을 반복 실시**함에 따라 **지반 교란이 가속화**되고 **구조물의 변형·손상이 누적**되어 **결국 붕괴**에 이르게 되었다.

* 지반의 파괴·변형을 고려한 한계 주입압은 450kPa이나, 실제 주입압은 9,000kPa

○ **사조위**는 **이상징후 발생** 이후 적용한 **차수 조치**에도 **개선 효과가 나타나지 않았다면**, **공사를 중지**하고 **원인 분석**을 통해 **적절한 대응방안을 마련**했어야 한다고 지적하였다.

□ 한편, **사조위**는 **미착공 상태**인 **잔여 피난연결통로 #1, #2**의 **안전한 시공방안**을 검토하였다.

○ **사조위**는 **잔여 피난연결통로 #1, #2**의 **내경을 축소**(3.6m → 2.0m)하고, **시험시공**을 통해 **차수 효과를 검증**한 후 **본 시공**을 실시하되, 설치된 **감지공**을 통해 **지하수 유출량**이 **허용치 이내임을 확인**한 후 **굴착**하는 방안을 제시하였다.

- **방재 안전성 검토** 결과, **내경을 2.0m로 축소**하더라도 기존 설계와 **동등 이상의 방재 안전성이 확보**되며, **구조해석** 결과 **구조적 안전성도 향상**되어 보다 **안전한 굴착이 가능**할 것으로 판단하였다.

## [재발방지방안]

□ **사조위**는 **관련 기준·절차 미이행**을 **이번 사고의 주된 원인**으로 지목하고, **재발방지**를 위해 **기준·절차의 이행력 확보 및 안전관리체계 강화 등**을 제안하였다.

○ **주요 개선사항**으로는 △**제도적 측면**에서 **민자철도 사업**에 대한 **공공의 안전관리 감독체계 강화**, △**설계 및 구조안전 측면**에서 손상된 터널 구조물의 **후속 굴착 시 구조안전성 검토** 강화, △**시공 및 안전관리 측면**에서 그라우팅 공법의 **사전검증** 및 **주요 위험공정**에 대한 **감리의 관리·감독 강화** 등이다.

□ 이와 관련, 국토교통부는 **민자철도 사업**에 대한 **공공의 관리·감독 강화**를 위해 **철도공단의 업무범위**를 **확대***하는 **「철도공단법」 개정**을 추진 중이며,

* (現) 민자철도 사업에 대한 관리·감독업무의 지원 → (改) 민자철도 사업에 대한 관리·감독

○ 아울러, **해외 사례 및 현장 사례 등**을 검토하여 **후속 굴착**에 대한 **절차를 구체화**하기 위해 **관련 시방서*를 개정**할 예정이다.

* KCS 27 40 10(터널 세그먼트 라이닝 공사)

○ 또한, **민자철도 사업**의 그라우팅 공법 **사전검증**, 주요 **시공조건 관리**, 설계변경 시 **구조안전성 검토** 및 **위험징후 대응** 등 **감리업무의 이행 실태**에 대한 **특별점검**을 실시할 계획이다.

## [향후 조치계획]

□ 국토교통부는 **사조위 조사결과**를 **관계부처, 지자체 등에 통보**하는 한편, **각 행정청**은 **소관 법령**에 따라 **필요한 조치**를 할 예정이다.

□ 한편, **국토교통부와 사업시행자**는 **조속한 전체 개통**을 위해 그간 중단되었던 잔여 공정인 **피난연결통로 #1, #2 시공**을 위해 **상호 협력**하기로 하였다.

○ **사업시행자**는 **잔여 공정의 안전성 확보**를 위하여 **사조위와의 기술적 협의를 위한 소통**을 국토교통부에 요청하였으며, 이에 따라 **사조위와 사업시행자 간 소통간담회**를 **6차례 진행**하였다.

○ **이러한 협의**를 통해 **사업시행자**는 **잔여 공정의 설계 및 시공 추진에 의지를 표명**하였으며, **이 과정**에서 **국토교통부 및 사조위 위원 등**의 **기술검토, 자문 등을 요청**하였다.

- 이에 **국토교통부**는 **지난 17일** 국가철도공단, 사조위 참여 위원, 사업시행자 추천 전문가 등으로 구성된 **자문협의체를 구성**하였으며, 향후 **사업시행자의 설계·시공 과정**에서 **안전한 사업 추진을 지원**한다.

□ 국토교통부는 **지난 8월 발표**한 **부전~마산 복선전철의 부분개통**(마산~사상금호, 사상~부전)을 **내년 4월 목표**로 **차질 없이 추진**하고 있으며,

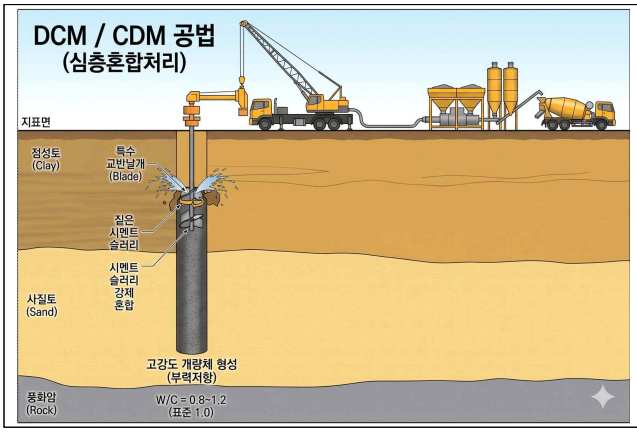
○ 아울러, **사업시행자와 긴밀히 협력**하여 **잔여 공정을 안전하고 신속하게 추진**함으로써 **전체 개통 시기**를 **최대한 앞당길 수 있도록 최선의 노력**을 다할 계획이다.

| 담당 부서 | 철도국<br>철도투자개발과 | 책임자 | 과 장 | 이중기 (044-201-3988) |
|---|---|---|---|---|
| | | 담당자 | 서기관 | 홍철 (044-201-4133) |
| | | | 주무관 | 박재원 (044-201-3960) |

대한민국 정책브리핑
대체불가 대한민국
OPEN 출처표시 공공누리 공공저작물 자유이용허락
미래를 짓다 모두를 잇다 MOVE TOMORROW

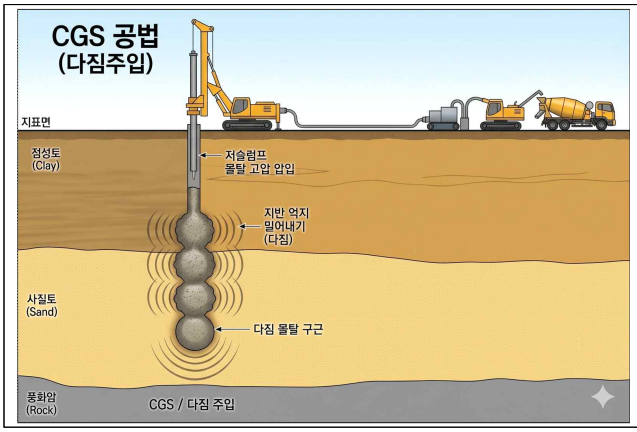
**참 고** **연약지반 개량 공법**

## □ DCM(Deep Cement Mixing) 공법 (심층 시멘트 혼합처리공법)



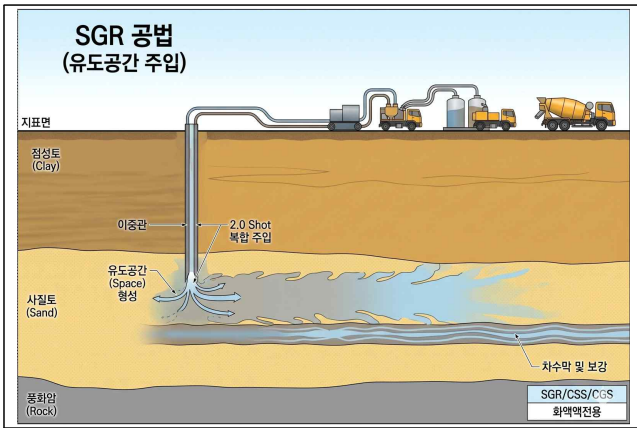

▷ 원지반과 시멘트계 고화재를 교반·혼합하여 지반강도를 높이는 공법

## □ CGS(Compaction Grouting System) 공법 (압밀주입공법)




▷ 저유동성 모르타르를 지중에 압입해 주변 지반을 밀어내고 다짐으로써 보강하는 공법

## □ SGR(Space Grouting Rocket) 공법 (공간유도 그라우팅 공법)




▷ 특수 주입장치로 유도공간을 형성하고 그라우트재를 주입하여 지반 차수 및 보강을 하는 공법

* 위 그림은 생성형 인공지능(AI)을 활용하여 제작된 예시임