

광명 신안산선 터널 붕괴사고 조사결과

- 설계 오류, 시공 및 감리 시 부적정 등… 사업단계 곳곳 부실
- 주체별 과실에 따른 영업정지 처분, 형사고발·수사협조 등 엄정 조치 예정

□ 국토교통부(장관 김윤덕)는 작년 4월 11일 경기도 광명시 일직동에서 발생한 신안산선 5-2공구 2아치터널 붕괴사고* 관련, 건설사고조사위원회(위원장 대구대학교 손무락 교수, 이하 사조위)의 사고조사 결과와 재발방지 방안 등을 발표하였다.

* '25.4.11(금) 15:10경 광명시 일직동 양지사거리 인근 지하에서 공사 중이던 신안산선 5-2공구 2아치터널(L=51.25m) 붕괴 및 상부도로인 오리로 함몰(1명 사망, 1명 부상)

※ 2아치터널: 중앙터널을 뚫어 중앙기둥을 설치한 후, 좌·우로 폭을 넓혀 뚫는 터널

- 이번 사조위는 공정한 사고조사를 위해 해당 사업과 이해관계가 없는 산·학·연 전문가 12명으로 구성('25.4.17.)되었다. 과학적이고 면밀한 원인 규명을 위해 △전체회의(27회), △현장조사(6회), △관계자 청문(4회), △품질시험(중앙기둥부 상부거더) 등 입체적 조사를 진행하였으며,
- 조사 결과의 신뢰성 확보를 위해 외부 전문기관과 함께 사고구간에 대한 시추조사 및 지반조사를 실시하여 보다 정확한 지반상태를 파악하고, 2아치터널 시공 과정 등을 고려한 정밀 구조해석을 실시하였다.

□ 사조위의 조사 결과 이번 사고는 복합적 원인으로 인해 발생한 것으로 나타났다. 먼저, 설계 시 하중 계산오류로 인해 2아치터널의 핵심부재인 중앙기둥의 구조적 안정성이 부족한 상태에서, 사고구간 지반 내 단층대 미인지·안전관리계획 미준수 등 부적정한 시공관리로 인해 중앙기둥 및 터널이 붕괴에 이른 것으로 판단하였다.

○ (붕괴원인) 2아치터널의 중앙기둥($0.4 \times 1.2\text{m}$ 단면) 설계 시, 실제로는 3m 간격으로 설치되는 기둥을 간격없이 이어지는 것처럼 잘못 계산하였다. 이로 인해, 중앙기둥에 가해지는 하중을 2.5배 작게 계산하여 중앙기둥의 버티는 힘이 부족한 결과를 초래하였다.

- 또한, 설계(지반조사) 및 시공(터널굴착) 과정에서 사고구간 내 단층대를 파악하지 못하였다. 특히, 터널굴착 중에 지반분야 기술인이 1m마다 막장*을 직접 관찰해야 하나 일부작업에서 이를 사진 관찰로 대체하였고, 시공사가 자체 수립한 안전관리계획상 실무경력 5년 이상 고급기술자가 막장을 관찰했어야 함에도 불구하고 자격 미달인 기술인이 관찰한 것으로 드러났다. 사고구간의 단층대는 지반강도를 저하시키는 동시에, 중앙기둥에 과도한 추가 하중으로 작용하였다.

* '막장'이란 터널 굴착면의 끝부분을 지칭하며, 시공 중 막장관찰을 통해 설계 시 예측한 지반과 실제 지반 상태를 비교하고, 필요시 추가조사·설계변경 등의 현장대응 필요

○ (단계별 책임) 설계·시공·감리 단계별 터널 붕괴사고에 영향을 끼친 부실 및 부적정을 확인하였다.

- (설계 및 설계감리) 설계사는 중앙기둥 설계과정에서 기둥에 작용하는 하중을 작게 적용(2.5배 과소설계)하고, 기둥의 길이를 짧게 고려(실제: 4.72m, 설계: 0.335m)하는 등 설계오류를 범했다. 한편, 설계감리(설계 단계 건설사업관리)가 진행되었으나, 감리업무 중 설계오류 사항을 걸러 내지 못했다.

- (시공 및 시공감리) 시공사 및 시공감리(시공단계 건설사업관리)는 착공 전에 설계도서를 검토하였으나, 설계오류를 확인하지 못했다. 또한, '24년 9월 시공사는 중앙터널 폭을 확대하는 설계변경을 하였으나, 이 때에도 설계오류를 확인하지 못한 채 중앙기둥의 제원, 철근량 등을 동일하게 유지하였다.

▶ 시공사는 안전관리계획에 따른 ①막장관찰 계획·기준을 미준수하였고, ②2아치터널 종점부 막장관찰 결과, 종점부 암반등급이 설계 암반선에

비해 불량(설계: 연암, 막장관찰: 연암~풍화암)했으나 **암판정을 미 실시** 하였으며, ③매일 공종별로 실시해야 하는 **자체안전점검***(’25.4.1~11, CCTV 확인결과 점검 없음) 및 터널에 대한 **정기안전점검****(착공 후 ’25.4.11.까지 2아치터널에 대해 점검 없음)을 **미 실시한 것으로** 나타났다.

* (자체안전점검) 공종별 전반적 시공상태 관찰 후 사고 및 위험 가능성을 조사

** (정기안전점검) 품질·시공상태 등의 적정성, 공사장주변 안전조치의 적정성 등 점검

- ▶ 시공사는 **중앙기둥에 대한 균열관리대장 미작성 등 균열관리를 실시** 하지 않았으며, 중앙기둥을 **부직포로 감싸면서 콘크리트 균열·변형 등 중앙기둥 파괴의 전조증상을 확인하지 못한 것으로** 드러났다.
- ▶ 설계도서에 제시된 터널 시공 순서*를 변경하면서, 시공사는 시공감리 단장의 승인만 받은 채 **구조적 안전성을 확인하지 않은 것으로** 나타났다.

* 설계도서: 터널굴착 → 강지보 설치 → 슛크리트 타설 → 강관 보강 그라우팅

실제시공: 터널굴착 → 강관 보강 그라우팅 → 강지보 설치 → 슛크리트 타설

- ▶ 설계도서상 중앙터널의 좌·우측 터널 굴착 시 좌·우측 터널의 **깊이 차이**를 20m 이내로 유지하면서 시공하도록 했으나, 실제 시공 시 최대 36m까지 차이가 발생한 것으로 나타났다. 이에 대해 시공감리는 품질 및 안전상 문제를 판단하여 발주자(사업시행자)에게 **실정보고**를 했어야 하나 **이행되지 않았다**.

□ 국토교통부 서울지방국토관리청은 사조위 조사과정에서 드러난 부실 및 부적정 사항과 관계 법령 준수여부 확인을 위해 국토안전관리원, 한국도로공사, 민간전문가 등과 함께 **특별점검**을 실시(’26.2월)하였다.

- 특별점검 결과, 「건설기술 진흥법」 관련 △막장면 관찰자의 기술인 자격 미흡, 암질변화에 따른 암판정 미 실시 등 **안전관리계획 미 준수**, △정기안전점검 일부 미 실시, △2아치터널 지보공의 시공순서 변경 후 **구조적 안전성 확인 미 실시 등 위반사항을 적발**하였다.

- 또한, 「건설산업기본법」에 따라 건설공사 일부를 하도급 받은 종합건설업자가 전문건설업자에게 다시 하도급할 경우, 발주자의 서면 승낙을 받아야 하나, 강관 보강 그라우팅 공사에서 발주자의 서면 승낙 없는 불법 재하도급이 이루어진 것을 확인하였다.

- 서울지방국토관리청은 각 법령 위반사항에 대해 고발 절차를 신속히 진행하고, 벌점·과태료 등 행정처분도 병행 추진할 계획이다.

□ 사조위는 유사사고 예방을 위한 재발방지대책으로 △설계·시공 중 지반조사 강화, △중앙기둥 안전관리를 위한 기준·절차 강화 등을 제안하였다.

- 먼저, 터널 공사 시 지반조사를 강화한다. 설계 시 시추조사를 보다 촘촘히(현행: 100m → 개선: 50m 이내)하여 지반상태를 정확히 파악할 계획이다. 또한, 터널 시공 시 막장면 관찰자의 자격을 상향(현행: 지반공학·지질 관련분야 전공자 → 개선: 토질·지질분야 중급기술자)하고, 막장면 관찰 결과는 고급기술자 이상인 관리자가 확인하도록 의무화(규정 신설)하여 현장 대응력을 강화할 계획이다.

※ 「지반조사 설계기준(KDS)」, 「터널공사 표준시방서(KCS)」 개정

- 중앙기둥에 대한 설계 및 시공단계의 기준·절차도 강화한다. 설계단계 터널 안정성 해석 시 다중 아치 터널의 중앙기둥에 대해 굴착단계를 고려한 3차원 해석을 의무화(현행: 2차원 또는 3차원 선택)한다.

- 시공단계에서 다중 아치 터널의 중앙기둥에 대한 균열조사는 정기조사(일반 콘크리트구조물 대상 실시)와 함께 추가조사를 실시하도록 보완하고, 콘크리트 변형률계 등을 통해 계측관리를 의무화한다. 또한, 터널공사 중 총 3회 실시하고 있는 「건설기술 진흥법」상 정기안전점검의 경우 터널의 구조, 주변 지반여건 등을 고려하도록 기준을 강화할 계획이다.

※ 「터널 설계기준(KDS)」, 「터널공사 표준시방서(KCS)」, 「건설기술 진흥법」상 지침 개정

□ 사조위 손무락 위원장은 “사고조사 결과를 정리하여 4월 중 국토교통부에 최종보고서*를 제출할 예정”이라며, “터널공사 등의 안전강화를 위해 사조위가 제안한 내용에 대한 제도개선이 조속히 이뤄지길 바란다”고 밝혔다.

* 국토교통부 누리집(www.molit.go.kr), 건설공사 안전관리 종합정보망(www.csi.go.kr)을 통해 공개 예정

□ 국토교통부는 사조위 조사결과를 관계부처, 지방정부 등에 통보하여 사고 사례 전파, 현장 안전관리 강화 등 유사사고 재발방지를 추진할 계획이다.

○ 또한, 설계 과실, 시공 및 감리 부실 등에 따라 설계사·건설사·감리사에 대한 영업정지 처분 등을 추진하는 한편, 업무상 과실치사상, 산업안전 법령 의무위반 등 형사처벌 사항에 대한 엄정 조치를 위해 경찰, 노동부 등 수사기관에 조사결과 일체를 공유하는 등 적극 협조할 계획이다.

국토교통부 (사고조사)	기술안전정책관 건설안전과	책임자	과 장	박동주 (044-201-3573)
		담당자	팀 장	김용수 (044-201-3552)
		담당자	사무관	정진현 (044-201-4593)
국토교통부 (특별점검)	서울지방국토관리청 건설안전국	책임자	국 장	권성근 (02-2110-6870)
		담당자	과 장	권영일 (02-2110-6890)
국토안전관리원 (사고조사)	광명 신안산선 건설사고조사위원회	사무국	실 장	백광섭 (055-771-1781)
			부 장	허준규 (055-771-1786)

참고 1

사고발생 현황

□ 사고장소 : 경기도 광명시 일직동 양지사거리 인근



□ 사고발생 후 항공사진

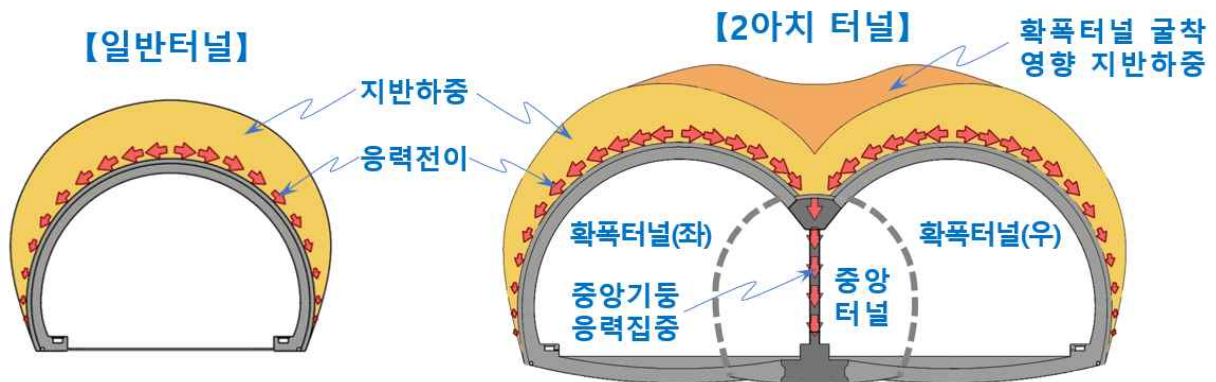


참고 2

20아치터널 개요

□ 20아치터널의 구조적 특징

- **(일반터널)** 위에서 누르는 힘(지반하중)을 원형 천장 구조(아치)가 분산하여 지지(응력전이)하므로, 기둥없이도 지탱 가능
- **(2아치터널)** 좌·우 확폭터널 굴착 과정에서 중앙기둥에 응력이 집중되므로, 하중 예측에 대한 보다 정밀한 정확도 필요



□ 20아치터널 시공 절차 (신안산선 시공 현황 개요)

상행 하행 상반 하반 중앙터널 51.25m	· 중앙터널 상반 및 하반 굴착 · 철근·콘크리트 중앙기둥 설치
상행 하행 상반 하반 중앙터널 11.1m	· 하행 확폭터널(우측) 상반 굴착 · 하행 확폭터널(우측) 하반 굴착
상행 하행 상반 하반 중앙터널 11.1m	· 상행 확폭터널(좌측) 상반 굴착 ⇒ 상반 굴착 11.1m 남기고 봉고

참고 3

신안산선 복선전철 민간투자사업 개요

□ 신안산선 (전체 사업)

- (사업구간) 안산 ~ 광명 ~ 여의도(송산차량기지 ~ 시흥시청 ~ 광명 포함)
- (사업규모) 총 연장 44.9km, 정거장 19개소, 차량기지 1개소
※ 한양대 ~ 여의도 30.9km / 시흥시청 ~ 광명 10.1km / 송산차량기지 ~ 원시 3.9km
- (총사업비) 3조 3,465억원('13.12월 불변가) / (공사기간) '20. 4. ~ '26. 12.
- (사업시행자) 넥스트레인(주) [위험분담형(BTO-rs)]

□ 신안산선 5-2공구 (터널 붕괴사고)

- (사업구간) 경기도 광명시 일직동 인근
- (사업규모) 연장 4.27km, 정거장 1개소, 환기구 3개소, 작업구 1개소
※ 5-2공구 A노선 2.338km(신안산선 구간), 5-2공구 B노선 1.933km(월판선 구간)
- (총사업비) 3,392억원('13.12월 불변가) / (공사기간) '20. 4. ~ '26. 12.
- (설계사) (주)제일엔지니어링종합건축사사무소(PM), (주)단우기술단(터널분야)
- (설계감리) (주)대한콘설탄트(51%), (주)동일기술공사(49%)
- (시공사) (주)포스코이앤씨(65.6%), (주)서희건설(34.4%)
- (시공감리) (주)동명기술공단종합건축사사무소(40%), (주)삼보기술단(30%), (주)서현(30%)