

배포 일시	2022. 12. 23.(금)		
담당 부서	항공철도사고조사위원회 사무국	책임자	사무국장 장동철 (044-201-5422)
		담당자	조사팀장 박정규 (044-201-5429)
보도일시	2022년 12월 26일(월) 석간부터 보도하여 주시기 바랍니다. ※ 통신·방송·인터넷은 12. 26.(월) 09:00 이후 보도 가능		

## 경부고속선 KTX열차 궤도이탈 사고 조사결과 공표

### - 열차 바퀴가 운행 중 피로파괴로 파손된 것이 주원인 -

□ 항공철도사고조사위원회(이하 사조위)는 지난 1월 5일 경부고속선 하행선 대전~김천구미역 사이(충북 영동군 영동읍 관내)에서 발생한 한국철도공사(이하 코레일) KTX-산천 고속열차\*(이하 사고열차) 궤도이탈 사고에 대한 조사결과를 12월 26일 공표할 예정이라고 밝혔다.

\* 서울역(10:30)→부산역(13:13), 편성: 10량(동력차 2, 객차 8), 탑승자: 303명

□ 사고열차는 약 285km/h의 속도로 운행 중 서울역 기점 193km 지점에서 열차 진행방향 중간부(5번째와 6번째 차량 사이) 대차의 2번째 차축 오른쪽 바퀴(이하 사고바퀴)가 파손되어 궤도를 이탈하였고, 사고바퀴가 파손된 상태로 계속 진행하던 사고열차는 1km 정도 지난 지점에서 바퀴 파손에 따른 운행 충격으로 사고차축이 탈락되었으며, 3km 정도 지난 지점에서 제동장치 공기관 파손으로 비상제동이 체결되면서 5km 정도 지난 지점에서 최종 정지되었다.

○ 이 사고로 큰 인명피해는 발생하지 않았으나, 승객 7명이 경미한 부상을 입었고, 차량(차체, 대차, 화장실, 유리 등), 레일, 침목 및 전차선 설비 등이 파손되었으며, 215개 열차가 운행에 지장(지연 197개, 운휴 18개)을 받았다.



<사고 개요>

□ 사조위는 사고발생 즉시 사고원인 조사에 착수하였고, 차량·잔해·레일 상태를 확인하고, 운행기록·무선녹취록·CCTV 영상을 확보·분석하는 등의 조사를 진행하였다.

○ 특히, 멈춰선 사고열차 3~4km 후방 선로변에서 차량(대차)에서 탈락한 차축과 파손된 바퀴 조각 등이 발견됨에 따라 주행장치에 문제가 있었던 것으로 보고, 1월 10일 코레일에 ‘사고열차와 동일시기에 도입된 KTX 차량의 주행장치에 대한 특별점검 실시’ 를 긴급 안전권고하였으며, 철도공사는 1월 13일부터 1월 26일까지 파손된 바퀴와 동일시기에 도입된 동일 제작사 바퀴 전체(432개)를 교체하였다.

○ 또한 사고 발생의 발단은 바퀴 파손에 있었던 것으로 보고, 그 원인을 밝히기 위해 사고바퀴에 대한 외관 검사, 파단면 분석, 기계적 성질 시험(경도측정), 성분분석 등을 시행하였다.

□ 조사결과 주요 내용은 다음과 같다.

○ 사고원인은 ‘사고바퀴가 제작사양으로 정한 사용한도(마모한계)\* 도달 이전에 피로파괴\*\*로 파손된 것’ 이며,

\* 마모에 따른 최대 사용가능 지름은 850mm이나, 사고당시 지름은 869mm

\*\* 재료에 허용하중보다 작은 값이라 하더라도 반복하중이 장기간 작용하여 파괴되는 현상으로, 미세균열 등이 발생하여 점차 진행되다가 마침내 파단 (파단면에 비치 마크(Beach Mark) 등 형성)

- 기여요인은 ‘① 파손 바퀴의 정도 및 인장강도가 제작 사양인 EN 13262 규격\*의 최소 허용치보다 낮았고, 균열 시작지점에서 미세기공이 균집·분포되어 있었던 점, ② 기존 초음파검사 방식으로는 바퀴 전체 부위의 내부결함을 조기에 발견할 수 없었던 점’ 이다.

\* 유럽의 바퀴 제작 규격(코레일에서 차량 발주 시 제작 사양으로 제시)

□ 이에 사조위는 다음과 같이 4건의 안전권고를 발행하였다.

<한국철도공사> 3건(①은 사고 관련, ②·③은 운영상 미흡사항 개선 관련)

- ① 고속열차 바퀴의 발주, 제작, 검사, 유지관리 등 생애주기 전 단계의 품질 및 안전성 확보 방안을 마련하여 시행할 것. 특히, 바퀴 전체 부위의 내부결함을 조기에 발견할 수 있도록 초음파검사 방식 및 주기 등을 개선\*할 것

\* ‘22.5월부터 개선방안 마련·시행 중이나, 실효성 확보를 위해 추가 개선 검토 필요

- ② 고속열차 대차 헌팅\* 발생 시 조치사항 및 바퀴의 삭정(성형을 위한 깎기)·초음파탐상 등의 정비·검사 주기를 준수토록 매뉴얼 등에 대한 교육 및 관리를 강화할 것

\* 일정 수준 이상의 대차 좌우진동(발생 시 보고하여 점검 등 조치 필요)

- ③ 광명역 제어 담당 권역(서울역 기점 33~45km, 왕복 24km 구간)에서 대차 헌팅이 빈번하게 발생하고 있는 사유를 검토하고, 필요시 개선 등의 조치를 취할 것

\* 2021년 경부고속선 상·하행 전체구간(왕복 796.4km)에서 발생한 대차헌팅 총 4,791회 중 288회(6%)가 광명역 제어 담당 권역에서 발생(출처: 코레일)

<국토교통부> 1건(고속열차 바퀴 형식승인 이후 사후관리 관련)

① 「철도안전법」 제31조(형식승인 등의 사후관리)에 따라 고속열차 바퀴에 대한 안전성 및 품질 확보 여부를 확인·점검할 것

□ 이번 조사결과는 외부전문가 자문, 관계인 의견청취, 위원회 심의·의결(12.22) 등의 절차를 거쳐 확정되었으며, 자세한 내용이 수록된 조사보고서는 사조위 누리집(<http://araib.molit.go.kr>)에서 확인할 수 있다.

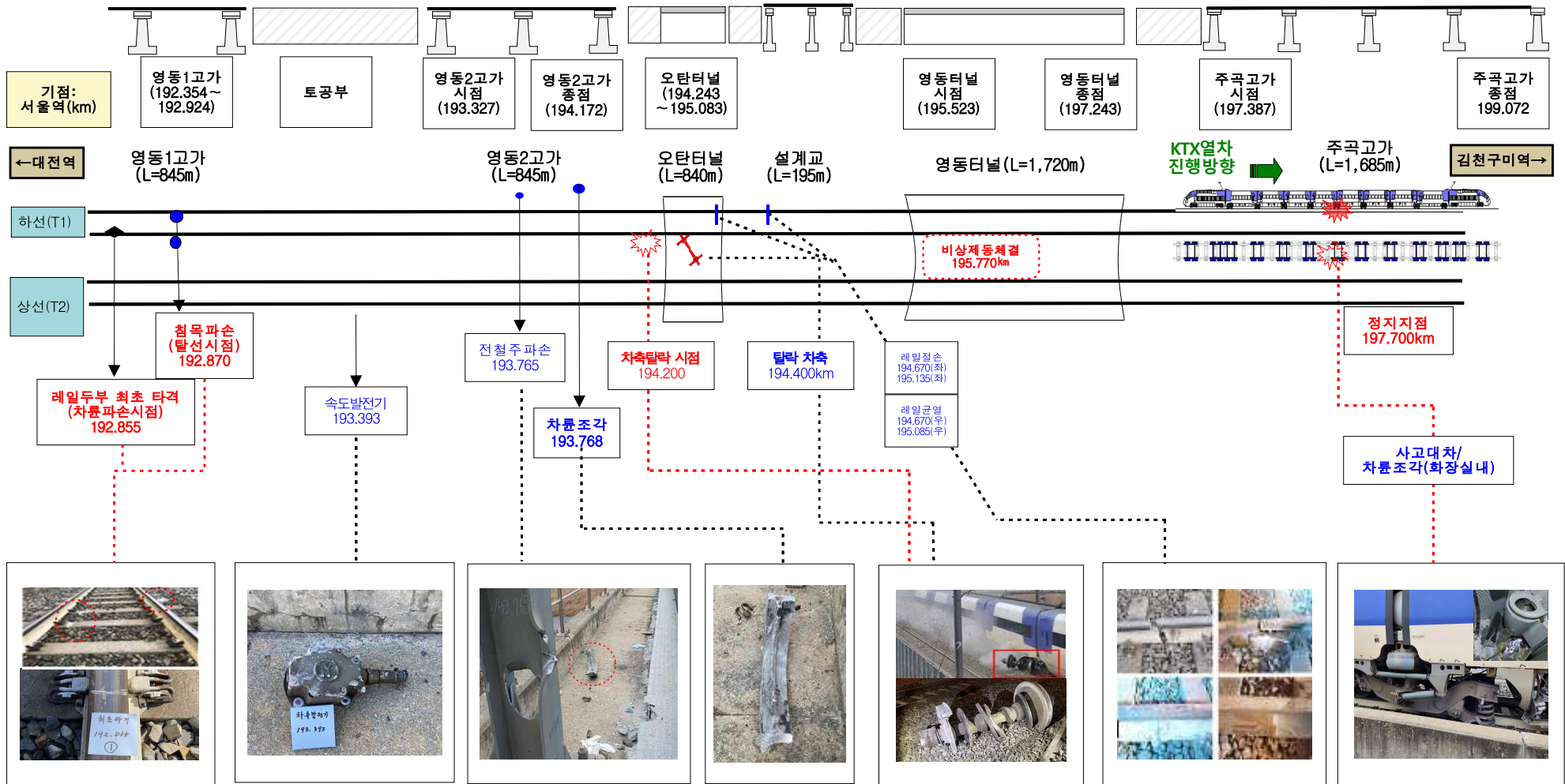
□ 사조위 관계자는 “바로 관계기관에 조사보고서를 송부하여 안전권고 이행결과 또는 계획을 제출토록 하는 한편, 정기적으로 안전권고 이행 상황 점검 및 독려 등을 통해 유사 사고가 재발되지 않도록 최선을 다할 계획이다” 라고 밝혔다.

- 사고열차는 약 285km/h의 속도로 운행 중 서울역 기점 192.855km 지점에서 사고차륜이 파손되어 탈선하였고, 사고차륜이 파손된 상태로 계속 진행하던 사고열차는 서울역 기점 194.200km 지점에서 차륜 파손에 따른 운행 충격으로 사고차축이 탈락되었으며, 서울역 기점 195.770km 지점에서 제동장치 공기관 파손으로 비상제동이 체결되면서 서울역 기점 197.700km 지점에서 최종 정지됨
- 기장 A(사고열차 기장)는 사고열차가 정지되자 사고상황을 관제사에게 보고한 후 기술지원을 받는 등 「고속철도 운전 취급세칙」 및 '차량고장 시 기술지원 절차'에 따라 적절하게 업무를 수행함
- 관제사는 기장 B(사고 발생 2시간 16분 전에 사고열차와 동일편성을 운행한 기장)로부터 '7번 대차헌팅 1차 검지'를 보고 받은 후 관제업무일지에 기록하였으나, 본사 관제운영실 관제사에게 통보하지 않아 공사의 관제업무 매뉴얼인 「철도 교통 관제절차」의 '고속열차 대차헌팅 발생 시 조치사항'을 준수하지 않음
- 차량사령은 고속열차의 대차헌팅 1회 발생 시에는 관제사로부터 통보를 받지 않았는데, 이는 「철도교통 관제절차」의 '고속열차 대차헌팅 발생 시 조치사항'이 제대로 이행되지 못한 원인 중 하나임
- 사고 발생 2시간 16분 전(09:35경) 서울역 기점 39km 지점에서 발생 된 사고 열차와 동일편성의 '7번 대차헌팅' 고장메시지는 이후 사고 시(11:51경)까지 추가 발생 되지 않아 사고열차 7번 대차의 사전 이상 징후로 보기는 어려운 것으로 분석됨. 다만, 광명역 제어 담당 구역(서울역 기점 33~45km, 왕복 24km 구간)에서 빈번하게 대차헌팅이 발생하고 있으므로 사유를 검토하여 필요시 개선 등의 조치가 이뤄져야 할 것으로 판단됨
- 공사가 사고열차 발주 당시 제시한 차륜의 제작사양에 따르면 EN 13262 규격을 적용하고, 차륜의 직경은 신조 시 920mm, 마모시 850mm로 하며, 비파괴검사를 시행하여 내부결함 없음이 확인된 것을 사용하도록 되어 있었음
- 사고열차(차륜 포함)는 국토교통부 「철도차량 제작검사 시행지침」에 따라 검사 기관인 (사)한국철도차량엔지니어링에서 제작검사를 시행하여 '합격' 판정을 받은 것으로 확인됨

- 사고차륜은 사고 발생 전까지 총 5차례의 삭정이 이뤄졌는데, 마지막 삭정 후 직경은 874.8mm이었으며, 사고발생 당시 직경은 869mm로서 사용한도(마모한계)인 850mm에 도달하지 않아 차륜의 사용 직경은 문제가 없었던 것으로 조사됨. 다만, 차륜의 삭정은 정해진 주기(300,000~400,000km)에 따라 시행되고 있지는 않았음
- 사고차륜은 총 4차례 초음파탐상검사가 시행되었는데, 그 결과 이상이 없었던 것으로 조사됨. 특히, 사고 발생 전 마지막 검사(2021.5.11.) 시에 이상이 발견되지 않았으며, 사고 발생 시 검사주기는 도래하지 않은 상태인 것으로 조사됨. 다만, 2차와 3차는 내부 정비기준에 따른 검사주기(45만km)를 초과하여 시행한 것으로 확인됨
- 차륜의 내부결함을 찾아내기 위해 초음파검사를 시행하고 있으나, 기존 검사 방식 및 주기로는 차륜의 웹부 등을 포함한 전체 부위의 내부결함을 조기에 발견하기는 어려웠으며, 사고 발생 이후 차륜의 웹부까지도 내부결함을 찾아 낼 수 있도록 초음파탐상 방식을 개선하여 '22.4월 시범운영 후 '22.5월부터 일반정비(GI:30만km) 이상 시 시행하고 있으나, 효율적이고 실질적인 사고 예방을 위해서는 마모한도에 근접하였거나 결함이 의심되는 차륜을 선정하여 검사하는 등의 추가적인 개선 검토가 필요한 것으로 분석됨
- 차량제작사의 「차륜 강도해석검토서」에 따르면, 신조.마모 차륜의 피로하중은 EN 13979-1 규격인 허용응력 180MPa 이하를 만족하였고, 신조차륜 대비 마모 차륜은 안전여유(안전율)가 줄어드는 것을 알 수 있었으나, 응력을 가장 크게 받는 부분은 웹부가 아닌 허브부 임을 확인할 수 있었음
- 사고차륜 시험분석 결과, 림부 마모한계 지점의 경도 및 강도(경도값을 인장강도로 환산한 값)가 EN 13262 규격보다 낮았고, 동일 로트에서 제작된 다른 차륜에 비해서도 상대적으로 낮은 것으로 조사됨. 또한, 사고차륜은 균열 시작지점을 포함한 림/웹 연결부 파손 부위에 미세 균집기공이 있는 상태에서 반복하중 등의 영향으로 피로균열이 시작되어 진행되다가 최종 파괴된 것으로 분석됨
- 사고구간의 선로와 레일은 국가철도공단의 「선로유지관리지침」에 따라 고저.수평.방향.궤간.마모 등이 기준치 이내로 적정하게 관리되고 있었음
- 사고열차가 영동 IEC(신호연동기계실)를 통과하여 정차할 때까지 신호와 진로에는 이상이 없었음

# 참고2

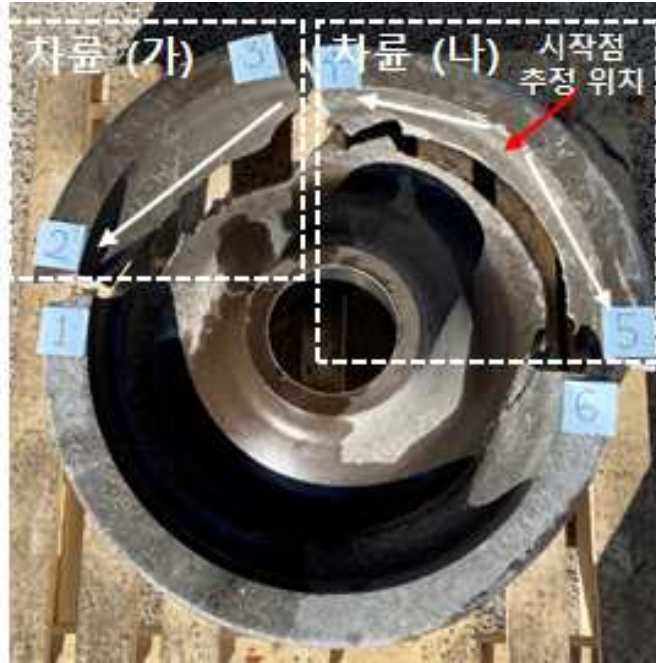
## 사고열차 사고 발생 현황도



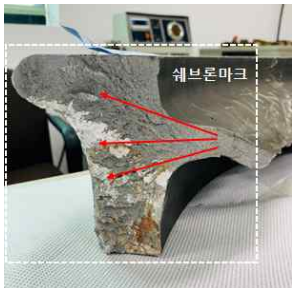


**참고3**

**사고차륜 파단면 분석 사진**



(a) 파단 진행 양상



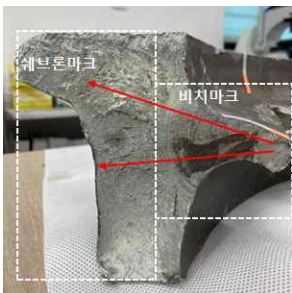
(b) 2번 파단면



(c) 차륜조각(가)



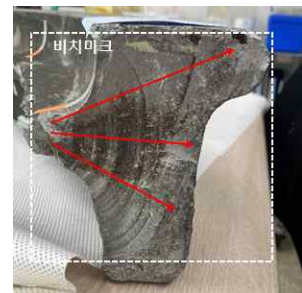
(d) 3번 파단면



(e) 4번 파단면



(f) 차륜조각(나)



(g) 5번 파단면