

철도사고조사보고서

한국철도공사

경부고속선 신경주역 구내

장비열차

열차탈선

2021년 12월 14일(화) 01시 55분경



2022. 10. 12.



항공·철도사고조사위원회

이 조사보고서는 『항공·철도사고조사에 관한 법률』 제2조에 따라 사고조사가 이루어졌으며, 제25조에 따라 작성되었다.

같은 법률 제1조에서 ‘철도사고 조사는 독립적이고 공정한 조사를 통하여 사고 원인을 정확하게 규명함으로써 철도사고의 예방과 안전 확보에 이바지함’을 목적으로 하고 있다.

또한, 같은 법률 제30조에 따라 ‘사고조사는 민·형사상 책임과 관련된 사법절차, 행정처분절차 또는 행정쟁송 절차와 분리·수행’되어야 하고,

제32조에서 ‘위원회에 진술·증언·자료 등의 제출 또는 답변을 한 사람은 이를 이유로 해고·전보·징계·부당한 대우 또는 그 밖에 신분이나 처우와 관련하여 불이익을 받지 아니한다.’라고 규정하고 있다.

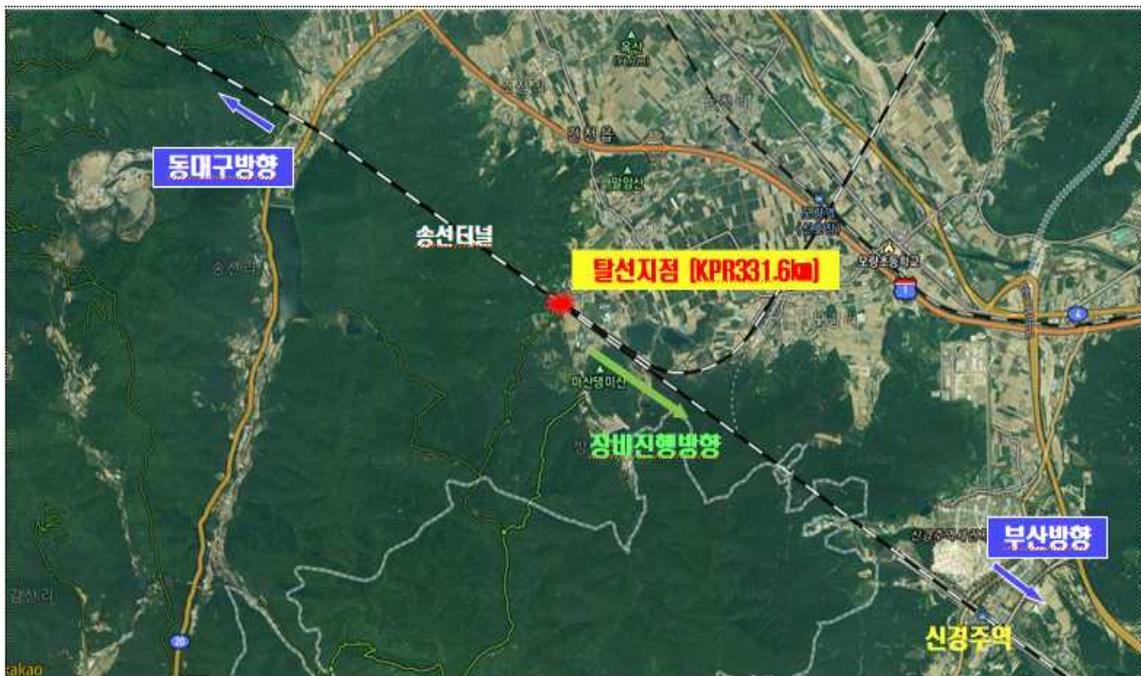
그러므로 이 조사보고서는 철도분야의 안전을 증진시킬 목적 이외의 용도로 사용되어서는 아니 된다.

차 레

제목	1
개요	2
1. 사실정보	3
1.1 사고의 경위	3
1.2. 피해사항	4
1.3 인적정보 및 업무수행사항	4
1.4 운전정보	6
1.5 선로정보	8
1.6 차량정보	11
1.7 신호 및 전기정보	16
1.8 기상 정보	19
2. 분석	20
2.1 업무수행사항	20
2.2 열차무선 녹취록 및 CCTV 영상	21
2.3 선로분석	22
2.4 차량분석	23
2.5 트롤리 유지보수 및 관리의 적정성	23
2.6 신호분석	25
2.7 종합분석	25
3. 결론	27
3.1 조사결과	27
3.2 사고원인	28
4. 안전권고	29
4.1 한국철도공사에 대하여	29

한국철도공사 경부고속선 신경주역 장비열차 탈선사고

- 운영기관 : 한국철도공사
- 운행노선 : 경부고속선
- 발생장소 : 신경주역 구내 (서울역 기점 331.600km)
- 사고열차 : 제621호 장비열차 (모터카 1량 + 트롤리 2량)
- 사고유형 : 열차탈선
- 발생일시 : 2021년 12월 14일(화) 01시 55분경



[그림1] 사고현장 약도

개요

2021년 12월 14일 01:55경 제621호 장비열차(모터카 1량+트롤리 2량, 이하 '사고열차'라 한다)가 고모 보수기지를 출발(00:37)하여 울산역으로 운행하던 중 경부고속선 신경주역에 진입(서울역 기점 331.600km)하다가 두 번째 트롤리 뒤쪽 대차가 우측으로 탈선하는 사고가 발생하였다.

이에 항공·철도사고조사위원회는 「항공·철도사고조사에 관한 법률」 제2조 및 제18조에 따라 사고조사를 실시하였다.

이번 사고의 주원인을 '사고열차의 두 번째 트롤리 뒤쪽 대차의 판스프링 4개 중 1개만을 규격이 다른 신제품으로 교체함에 따라 좌우 높이 차이와 탄성력 불균형이 발생하여 탈선된 것'으로 결정하였다.

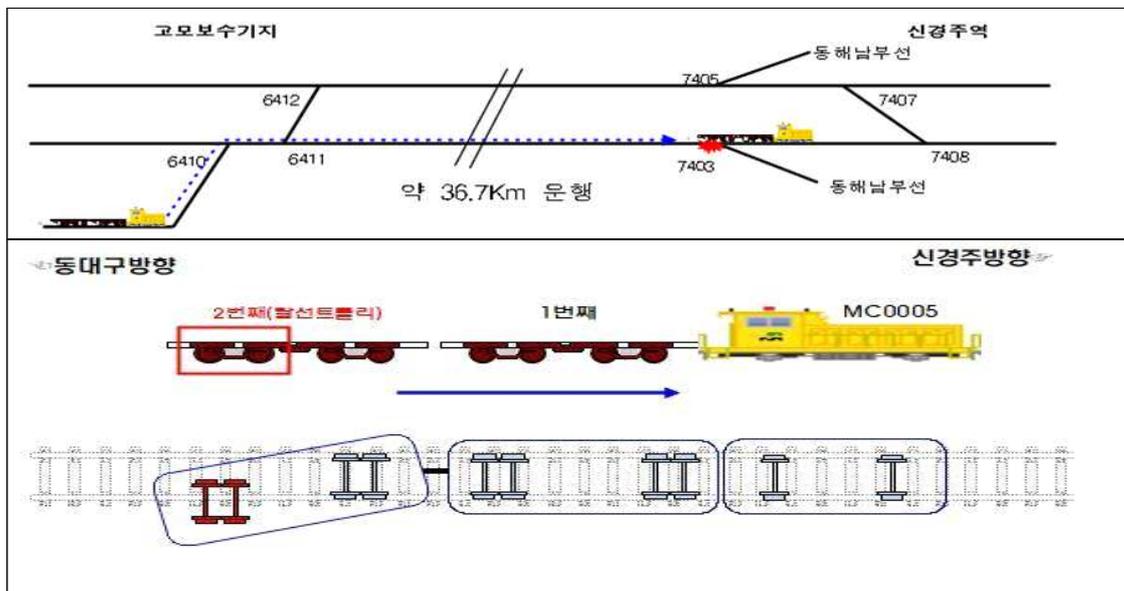
따라서 「항공·철도 사고조사에 관한 법률」 제26조에 따라 한국철도공사에 2건의 안전권고를 발행한다.

1. 사실 정보

1.1 사고의 경위

2021년 12월 14일 01:55분경 사고열차가 고모 보수기지에서 정비를 마치고 출발(00:37)하여 울산역으로 운행하던 중 경부고속선 신경주역에 진입(서울역 기점 331.600km)하다가 두 번째 트롤리가 탈선하는 사고가 발생하였다.

사고열차는 두 번째 트롤리 후부 대차의 축상 판스프링 4개 중 1개를 신형으로 교체한 후 운행하였고, [그림2]에 보듯이 7403호 고속분기기를 통과 중 두 번째 트롤리 뒤쪽 대차가 열차 진행방향 우측으로 탈선 후 약 200m 진행하다가 정차하였다.



[그림2] 사고열차 탈선 상황

사고열차는 약 33km/h의 속도로 운행하고 있었으며, 제동장치가 있는 10톤 트롤리 2량 중에서 모터카와 첫 번째 트롤리 사이의 제동관 공기호스는 연결되어 있었으나, 첫 번째와 두 번째 트롤리 사이에는 제동관 공기호스가 설치되어 있지 않아 관통제동¹⁾이 되지 않는 상태로 운행하였다.

1)열차로 조성한 전차량에 공기를 관통시켜 공기가 빠지면 자동으로 제동이 작용하는 기능

1.2. 피해 사항

1.2.1 인명피해

이번 사고로 인한 인명피해는 없었다.

1.2.2 물적 피해

이번 사고로 선로의 침목 체결장치가 일부 파손되어 265,000원의 물적 피해가 발생하였고 5개 열차가 운행 지연(21분~40분 지연)되었다.

1.3 인적정보 및 업무수행사항

1.3.1 사고열차 운전원

사고열차의 운전원 ○○○(46세, 남, 이하 ‘운전원’이라 한다)은 2005년 3월 21일 한국철도공사 부산시설관리사무소에 시설관리원으로 입사하여 2019년 6월 24일부터 신경주시설사업소 시설관리장으로 근무 중이었으며, 2008년 8월 철도장비 운전면허를 취득하였고, 운전이 허락된 인증구간은 경부고속선 부산~오송, 일반선 부산~신탄진, 부전~마산 구간이었다.

운전원은 12월 11일에 주간근무, 12월 12일 및 13일에는 야간근무를 하였고 약물 등을 복용한 사실이 없으며, 사고열차를 운행하기 전에 실시한 작업원적합성검사에서 ‘적합’ 판정을 받은 것으로 확인되었다.

운전원이 트롤리 탈선사고에 관하여 진술한 내용은 다음과 같다.

“사고 당일 고모 보수기지에서 모터카(MC0005)에 정비가 완료된 트롤리 2량이 연결된 차량을 인계받아, 검수고 2번 선에서 제동시험을 시행하여 동승자가 제동상태를 확인하였다. 동승자는 운전실에 승차하여 관제와 운행협

의, 진행방향 진로 확인, 후방 트롤리 상태 확인 등 운행안전협의담당자²⁾ 역할을 하였다.

제동시험을 할 때 모터카와 첫 번째 트롤리는 제동관 공기호스가 관통되어 있었으며, 첫 번째 트롤리와 두 번째 트롤리는 제동관 공기호스가 설치되어 있지 않아 관통제동이 되지 않는 상태였으나, 적재물이 없고 제한속도 30 km/h 이하의 저속 운행을 할 것이므로 두 번째 트롤리의 제동관 공기호스 관통은 큰 문제가 되지 않을 것으로 생각하였다.

또한, 출고할 때 정비가 완료된 차량(트롤리)이므로 주의하라는 사항 등을 정비담당자로부터 듣지 못하였다. 모터카에는 ATS(Automatic Train Stop)와 속도기록계가 설치되어 있었으나 고속선(ATC 구간, Automatic Train Control)이라 ATS는 작동하지 않았으며 30km/h 이하의 속도로 시계운전(視界運轉)을 하였다.

사고열차를 운전하여 신경주역 전방의 7401 절대표지 앞에 정차하여 관제원의 승인을 받고 약 1km를 주행하다가 사고가 발생하여 정차하였다. 정차하기 전 속도가 조금씩 하강하는 것을 느껴 속도를 올렸는데도 속도가 상승하지 않아, 육안으로 후부를 확인하니 트롤리가 탈선되어 끌려오는 것을 확인하고 상용제동(常用制動)으로 열차를 정차시켰다.

트롤리가 탈선되어 끌려온 시간은 약 30초 정도로 생각되며, 약 200m가량 끌린 것을 확인하였다. 정차 후 트롤리 탈선 현장을 확인하였을 때 두 번째 트롤리의 후부 대차가 진행 방향 우측으로 이탈하여 반 정도 넘어와 있는 상태였다.

트롤리 탈선상태를 확인하고 휴대폰으로 고속관제와 담당 부서에 사고 발생 사실을 보고하였으며, 트롤리 탈선 이전에 소음이나 진동은 느끼지 못하였다.”라고 진술하였다.

2) 한국철도공사 직원으로 지역본부장이 발급한 “운행안전협의담당자증”을 소지하며 철도운행안전관리자의 업무를 수행하는 자를 말한다.

1.4 운전정보

1.4.1 사고열차 운행기록



[그림4] 사고열차 운행기록

[그림4]에서 보듯이 사고열차는 01:55:33경 33km/h에서 감속되기 시작하여 30초가 지난 01:56:03경 최종 정차한 것으로 확인되었다.

1.4.2 열차무선 녹취록

신경주역 로컬관제원(이하 ‘관제원’이라 한다)과 운전원 간 무전기 녹취록을 시간대별로 정리한 결과는 다음과 같다.

[표1]에 보듯이 01:51경 운전원이 관제원을 호출하여 “차단 621호는 7401 외방에 대기하고 있습니다.”라고 통보하자, 관제원이 “예, 확인했습니다. 잠시만요.”라고 응답하였다.

01:53경 관제원이 “차단 621열차는 7401 통과, 7413 경유 7436까지 01시 53분, 시계운전 승인번호 166호 신경주 관제 ○○○ 이상!”이라고 시계운전 승인을 통보하자, 운전원은 “차단 621은 승인 166호로 7401 통과, 7413 통과, 7436까지 시계운전 지시받았습니다. 01시 53분, 수보자 ○○○ 발차합니다.”라고 응답하였다.

탈선 이후 운전원은 휴대폰으로 관제원에게 탈선 상황을 통보하여 녹취기록을 확인할 수 없었다.

시 간	신경주역 로컬관제원	621호 장비열차 운전원
01:51:07		신경주 관제! 차단 621호는 7401 외방에 대기하고 있습니다.
	예. 확인했습니다. 잠시만요.	
01:53:00	차단 621열차는 7401 통과, 7413 경유 7436까지 01시 53분, 시계운전 승인번호 166호 신경주 관제 ○○○ 이상!	
		차단 621은 승인 166호로 7401 통과, 7413 통과, 7436까지 시계운전 지시받았습니다. 01시 53분, 수보자 ○○○ 발차합니다.
	예. 발차하십시오. 관제 이상!	
		※ 운전원이 휴대폰으로 관제원에게 탈선 상황을 통보하여 녹취기록이 없음.

[표1] 열차무선 녹취록

1.4.3 CCTV 영상 기록

[그림5] ①에서 보듯이 사고열차 운행 구간에 설치된 CCTV 녹화 영상을 확인한 결과 01:33경(사고발생 22분전) 사고열차가 당리고가 시점(서울역 기점 321.604km)에서 정상 운행 중이었다.

[그림5] ②에서 보듯이 01:35경(사고발생 20분전) 사고열차가 당리터널 시점(서울역 기점 322.034km)에서 좌우로 미세하게 흔들리며 운행하는 것을 확인하였고, [그림5] ③에서 보듯이 01:48경(사고발생 7분전) 사고열차가 송선터널 시점(서울역 기점 329.119km)에서 좌우로 흔들리며 운행하였다.

[그림5] ④에서 보듯이 01:55경 사고열차는 송선터널 종점(서울역 기점 331.139km)에서 후미등이 점등되지 않은 상태에서 좌우로 흔들리며 탈선하였다.



① 사고열차 당리고가 시점(01:33:53)



② 사고열차 당리터널 시점(01:35:04)



③ 사고열차 송선터널 시점(01:48:24)



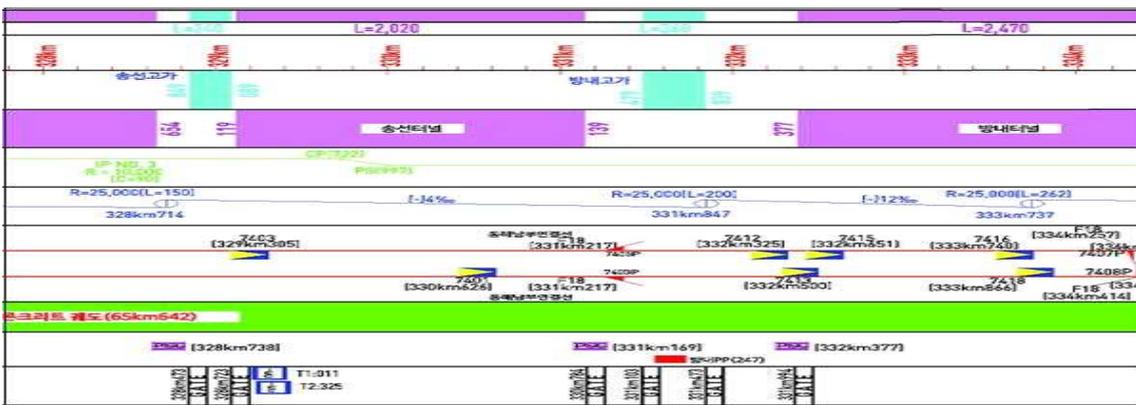
④ 사고열차 송선터널 종점(01:55:33)

[그림5] CCTV 녹화영상 화면

1.5 선로정보

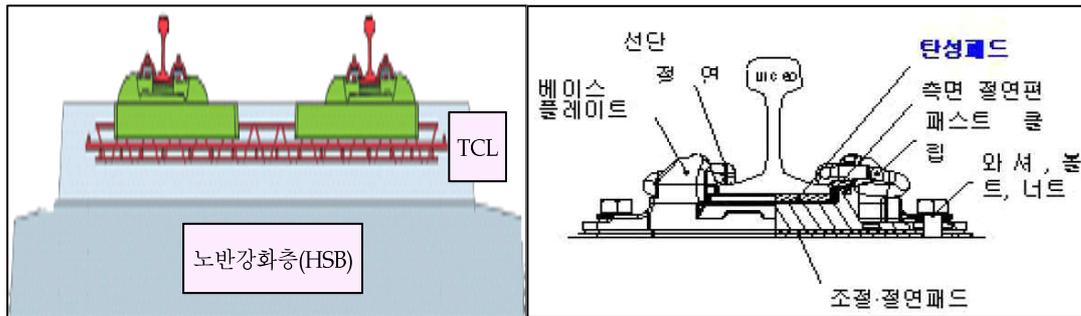
1.5.1 사고현장의 선로

사고현장은 경부고속선 동대구역에서 신경주역 사이의 동해남부선 연결선 부근으로 평면 선형은 [그림6]과 같이 직선이며, 선로의 기울기는 내리막 4% 구간이었다.



[그림6] 현장 선형 약도

사고 구간의 궤도 구조는 [그림7]과 같이 60kg 장대레일에 철근 콘크리트 침목으로 구성되어 있으며, 침목 하부는 철근으로 일체화되어 있고, 베이스 플레이트를 추가하여 침목에 고정한 형식으로 레일 하부에 레일패드를 설치한 단일 탄성체 구조였다.



[그림7] 궤도 구조 현황

1.5.2 사고 구간 선로 유지보수 현황

국가철도공단 「선로유지관리지침」 제170조(궤도검측차점검)에 따르면 고속철도는 월 1회 궤도검측차에 의한 점검을 시행하도록 규정되어 있으며, 사고 구간의 경우 사고발생(2022.12.14) 27일 이전인 2021년 11월 17일에 점검을 시행한 것으로 확인되었다.

궤도검측차에 의한 점검 항목은 궤도의 선형상태(궤간, 수평, 줄맞춤, 면맞춤, 뒤틀림 등)이며, 사고 구간의 경우 궤도검측차에 의한 점검 결과 유지보수가 필요한 불량개소는 없는 것으로 확인되었다.

국가철도공단 「선로유지관리지침」 제200조(일상 순회점검)에 따르면 고속철도는 10주마다 1회 이상 도보 순회 점검을 시행하도록 규정되어 있으며, 사고구간의 경우 점검 주기를 초과하거나 점검 결과 조치가 필요한 개소는 없었던 것으로 확인되었다.

1.5.3 궤도 정비 현황

사고지점 부근의 7403호 분기기는 콘크리트 침목에 부설된 고속분기기로서 고속철도 분기기에 대한 점검은 「선로유지관리지침」 제171조(인력점검), 제178조(궤도재료점검의 종류), 제181조(분기기점검)에 따라 일반점검은 월 1회 이상, 정밀점검은 연 1회 이상 점검하도록 규정되어 있었다.

분기기 구간 궤도 정비는 「선로유지관리지침」 제7조(궤도틀림의 관리기준)에서 기준을 정하고 있으며, 궤간, 수평, 줄맞춤, 면맞춤, 뒤틀림의 정비기준과 검측결과는 [표2]와 같다.

사고 구간의 7403호 분기기는 사고 발생 이전 2021년 12월 11일에 일반점검, 2021년 9월 19일에 정밀점검을 시행하였다.

7403호 분기기에 대한 검측결과, 궤간 -2.7~+3.7mm, 수평 -1.7~+2.5mm, 줄맞춤 -5.3~+6.1mm, 면맞춤 -2.0~+2.5mm, 뒤틀림 -2.0~+2.5mm로서 모두 정비기준에서 정한 기준치 내에 있었으며, 분기기(포인트부, 리드부, 코로싱부 마모 및 균열) 상태, 분기기 침목 상태, 도상 보충상태, 분기기 상태 등도 양호한 것으로 확인되었다.

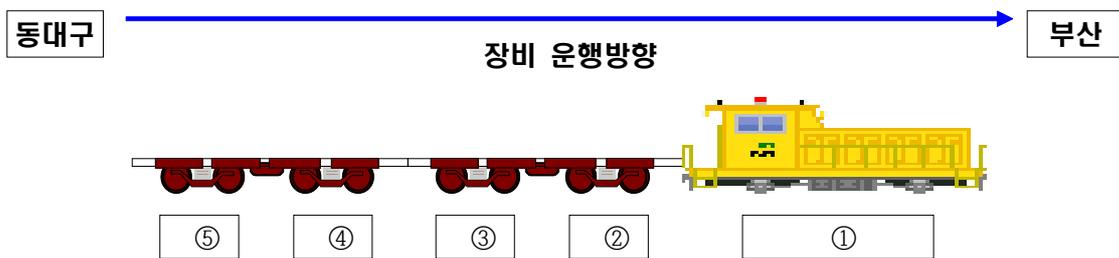
구분	궤간	수평	줄맞춤	면맞춤	뒤틀림
기준치	+10mm -5mm	±9mm	±8mm	±10mm	±6mm
7403호 분기기 검측 결과	-2.7~+3.7mm	-1.7~+2.5mm	-5.3~+6.1mm	-2.0~+2.5mm	-2.0~+2.5mm

[표2] 궤도 정비기준 및 검측결과

1.6 차량 정보

1.6.1 사고열차 조성

사고열차는 [그림8]과 같이 견인용 모터카 1량에 트롤리(10톤) 2량을 연결하여 정비 후 경부고속선 고모보수기지에서 출발하여 울산역으로 이동하던 중이었다.



연번	장비구분		차량번호	비고
①	모터카		MC0005	
②	#1 트롤리	대차	TR11643001	
③		대차	TR11643002	
④	#2 트롤리	대차	TR11643003	
⑤		대차	TR11643004	

[그림8] 사고열차 조성

1.6.2 사고열차 주요 제원

사고열차는 ○○산업에서 2000년에 제작된 모터카에 2011년 제작된 트롤리(10톤, 2량)를 연결 조성하였으며, 모터카 및 트롤리의 주요 제원은 [표3], [표4]와 같다.

구 분	내 용	비 고
장비명	MC0005	
제작사	○○산업	
제작년도	2000년	
중 량	25톤	
크 기(L×W×H)	8,500mm×2,800mm×3,950mm	
최고속도	80km/h	
케 간	1,435mm	
엔진형식	현대D8AX	
엔진출력	410hp/2,000rpm	
고정축거	4.5m	
대차형식	단축대차	
차륜직경	860mm	
컨버터	TDCN-22-1803A	
크레인	수산 SK-319	
제어전압	DC 24V	
제동장치	차륜담면 공기제동 및 수용제동	

[표3] 모터카 제원

구 분	내 용	비 고	
장비명	10톤 트롤리		
장비번호	TR11643004	사고 장비	
10톤 트롤리 구성	구 성	상관(1대) + 트롤리(2대)	
	트롤리(2대) 번호	TR11643003 + TR11643004	
제작년도	2011년		
중 량	상 관	약 2톤	
	트롤리	약 1.1톤	
	합 계	약 4.2톤	
적재중량	상관기준	10톤	트롤리 2대
	트롤리	5톤	
크 기(L×W×H)	상 관	6,000mm×2,400mm×215mm	
	트롤리	1,500mm×1,976mm×570mm	
	10톤 트롤리	6,000mm×2,400mm×750mm	
케 간	1,435mm		
대차간거리	4.5m		
고정축거	800mm	트롤리	
대차형식	보기대차		
차륜직경	450mm		
제동장치	차축디스크 공기제동		

[표4] 트롤리 제원

1.6.3 견인 모터카와 트롤리 연결

사고열차는 견인용 모터카 1량과 트롤리(10톤) 2량이 연결되어 있었으며, [그림9]와 같이 제동장치가 있는 트롤리 2량 중에서 모터카와 첫 번째 트롤

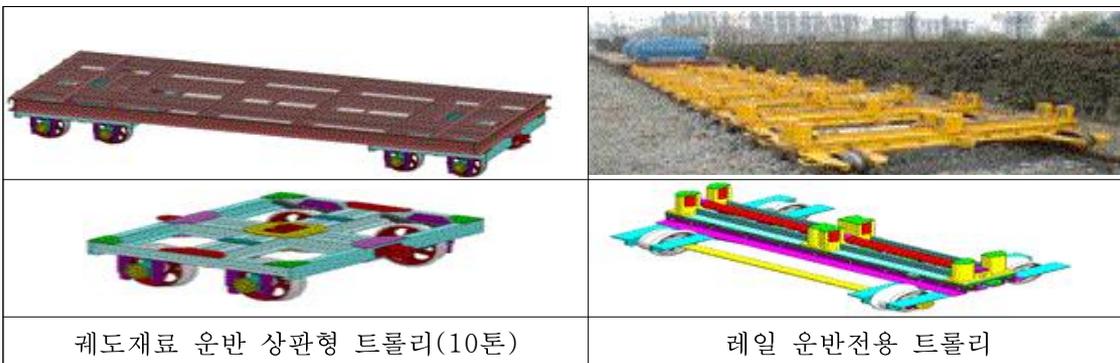
리 제동관 공기호스는 연결되어 있었으나, 첫 번째와 두 번째 트롤리 사이에는 제동관 공기호스가 설치되어 있지 않았다.



[그림9] 모터카와 트롤리 제동관 공기호스 연결상태

1.6.4 트롤리 보유 현황

한국철도공사에서는 레일, 침목, 부속품 등 궤도재료 및 소형 기계 기구를 운반하기 위하여 [그림10]과 같이 장비열차에 연결된 궤도재료 운반용 상판형 10톤 트롤리 330대를 보유하고 있었다.



[그림10] 궤도재료 운반용 트롤리

1.6.5 사고열차 검수 현황

사고열차에 대한 검수는 한국철도공사 「보선장비 관리기준」 제29조(검수 종별 검수기준) 및 한국철도공사 「트롤리 유지보수 및 안전관리 지침」 제4조(검수 및 관리)에 따라 실시하며, 모터카 및 트롤리에 대해 최근 실시한 검수 이력은 다음 [표5], [표6]과 같다.

	12개월 검수	2년 검수
	2021.12.09. 경주고속시설사업소	2020.03.17. 경주고속시설사업소

[표5] 모터카(MC0005) 검수 이력

	설비번호	제작년도	2년 검수	
			점검일자	점검결과
	TR11643003 (차량번호: TR15101007)	2011년	2021.12.10. 경주고속시설사업소	양호
TR11643004 (TR15101008) (탈선대차)	2011년	2021.12.10. 경주고속시설사업소	양호	

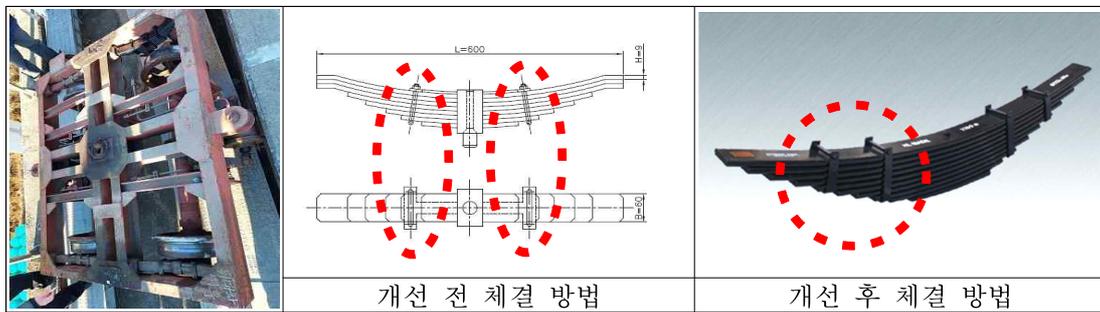
[표6] 트롤리 검수 이력

2년 검수시(2021.12.10.) 측정된 사고 트롤리의 차륜치수는 플랜지 높이 25mm, 플랜지 두께 34.5mm, 차륜내면간거리는 1356mm로 기준치 이내에 있는 것으로 확인되었다.

1.6.6 트롤리 판스프링 개선 현황

한국철도공사에서 보유하고 있는 궤도재료 운반용 상판형 10톤 트롤리 330대 중 규격이 달라진 신형 판스프링으로 교체(2013.3.4.~2021.10.1.)한 트롤리는 166대로 조사되었으며, 이 중 165대는 대차별 판스프링(4개) 전체를 신형으로 교체하였으나, 사고열차의 트롤리는 일부(1개)만 교체한 것으로 조사되었다.

한국철도공사는 선로유지보수에 필요한 공기구 및 재료 운반용으로 사용하고 있는 트롤리(10톤)의 판스프링이 파손되는 사례가 자주 발생하여, 「10톤형 트롤리 운축 겹판스프링 개선(안)」(시설장비사무소 기술부-4855호, 2012. 8.22.)’을 마련하여 2012년 10월 고장이 발생한 트롤리를 개선된 판스프링으로 교체하였고 2013년 1월부터 확대 시행하였다. 트롤리 강판의 두께를 변경(9mm→11mm)하여 스프링의 강도를 보강하고, [그림11]과 같이 스프링의 U볼트 체결 방법을 개선(종방향 고정→횡방향 고정)한 것으로 확인되었다.



[그림11] 트롤리 판스프링 체결

판스프링의 파손에 따른 트롤리 판스프링의 개선을 위한 강판의 두께 변경 및 체결 방법 개선 등의 주요 내용은 다음 [표7]과 같다.

구분	개선 제품	기존 제품	비고
강판 두께	11mm	9mm	22% 보강
표준적재 하중	14ton 이하	12ton 이하	17% 보강
U볼트 체결	횡 방향 고정	종 방향 고정	
고정판 용접	V커팅 후 온돌래용접	맞대기용접	
센터핀 설치	하중 반대 방향 용접 이음	하중 방향 용접 이음	
비교 사진			

[표7] 트롤리 판스프링 개선

1.6.7 트롤리 탈선상태

사고열차는 경부고속선 고모보수기지에서 정비 후 출발하여 울산역으로 운행 중이었으며, 신경주역 진입 중 2번째 트롤리 후부 대차가 [그림12]와 같이 진행 방향 우측으로 탈선하였다.



[그림12] 트롤리 탈선 상황

1.7 신호 및 전기정보

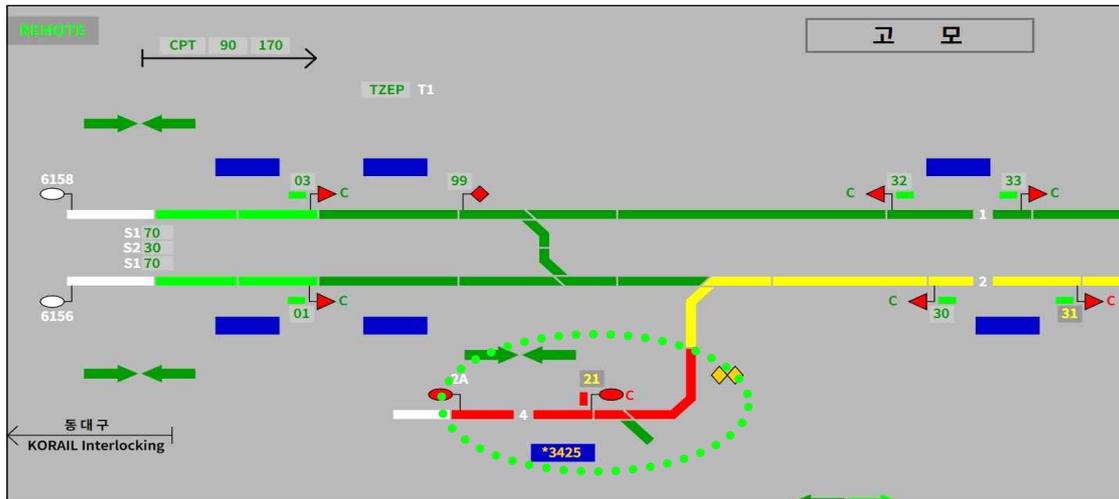
1.7.1 신호정보

사고 구간의 신호설비는 [표8]에서 보듯이 전자연동장치, 하이드로스타 선로전환기, AF(UM71C) 무절연궤도회로, 열차제어는 ATC(TVM430) 설비로 구성되어 있었다.

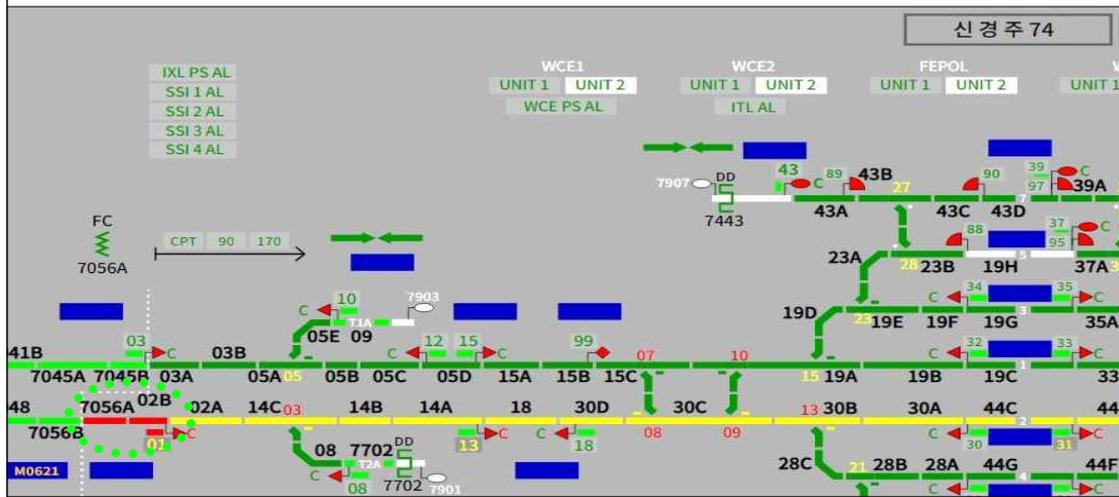
구분	궤도회로	선로전환기	전자연동	ATC장치
설비방식	UM71C	하이드로스타	SSI	TVM430
설치연도	2010	2010	2010	2010
내구연한	10년	10년	10년	10년
제 작 사	LS산전	VAEE	ALSTOM	LS산전

[표8] 사고구간 신호설비 현황

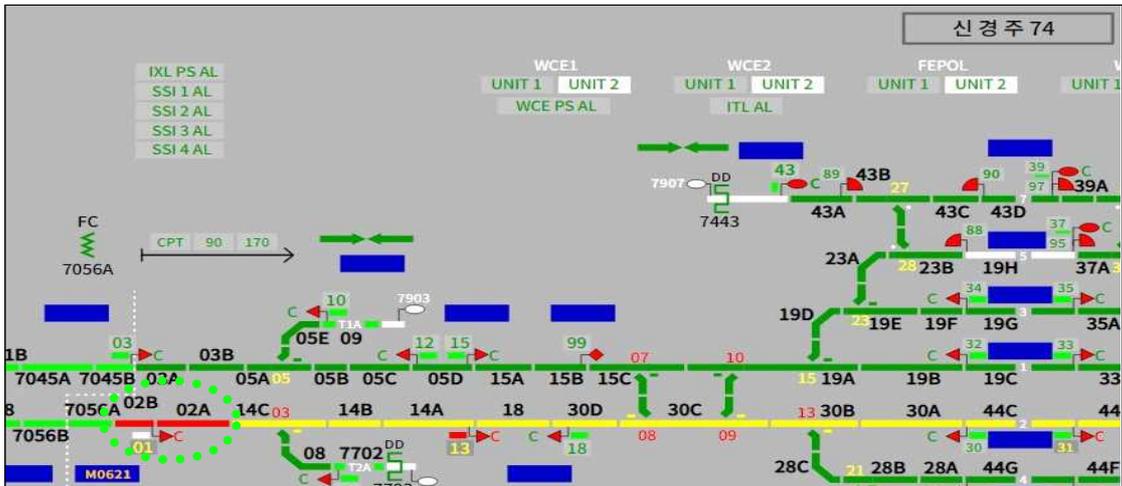
[그림13] ①~⑥에서 보듯이 신경주역의 사고 당일 전기설비기술지원시스템의 00:38:34~01:55:55초까지 기록에는 사고열차가 고모역을 출발하여 탈선 후 정차할 때까지 진로는 양호한 상태인 것으로 확인되었다.



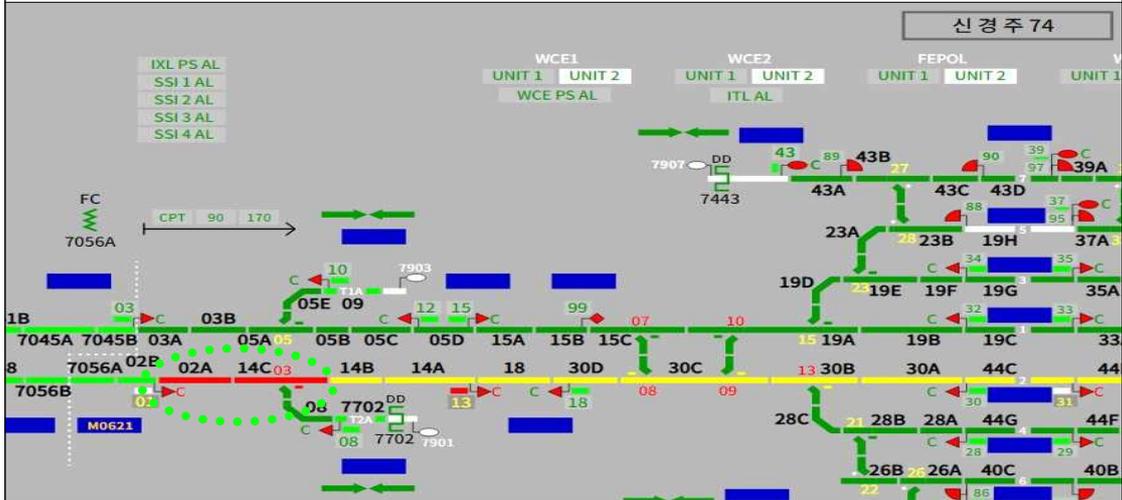
① 00:38:34초 사고열차 고모역 출발



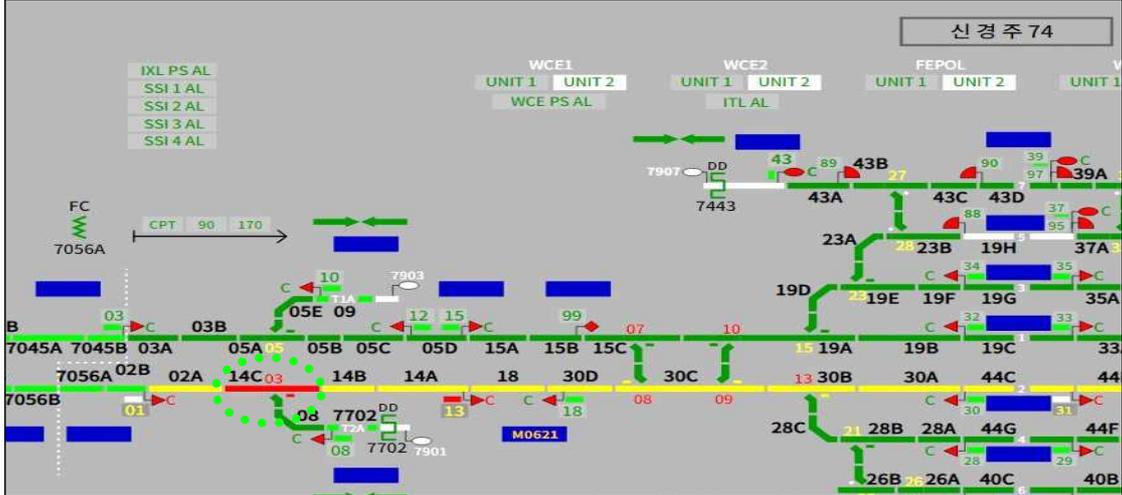
② 01:48:44초 7056A/02BT 궤도회로 동시 점유



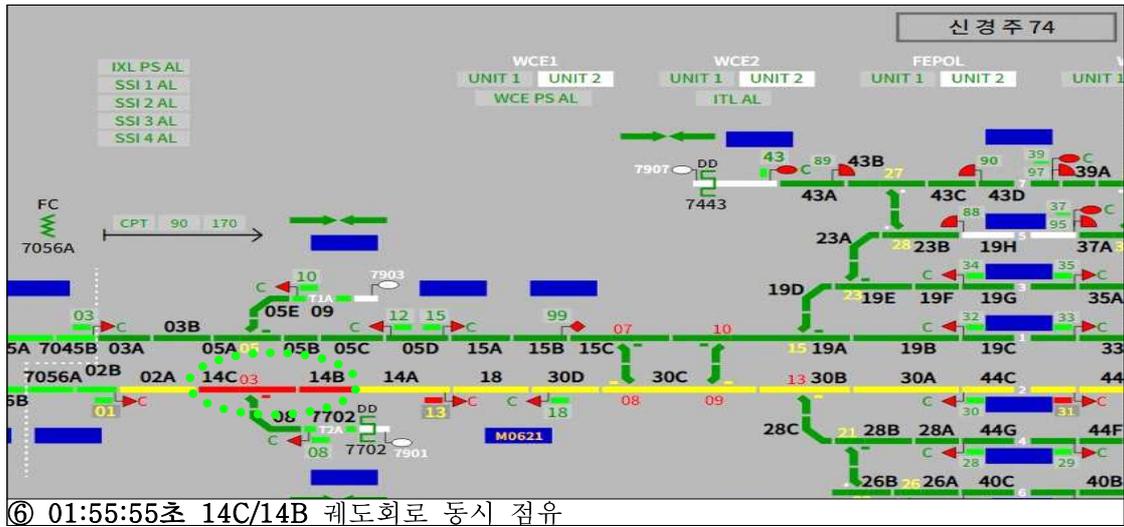
③ 01:54:26초 02B/02AT 궤도회로 동시 점유



④ 01:55:22초 02A/14C 궤도회로 동시 점유



⑤ 01:55:29초 14C 궤도회로 점유(02A 복귀) 탈선 추정시간(01:55:33초)



[그림13] 전기설비기술지원시스템 화면기록 정보

1.7.2 전차선 정보

사고 구간은 고속선 복선 전철 구간으로 사용전압은 AC25,000V이며, 급전 방식은 단권변압기 방식으로 설치·운영되고 있었으며, 사고와 관련된 이벤트 기록은 없는 것으로 확인되었다.

1.8 기상 정보

기상청 자료에 따르면 2021년 12월 14일 경주지역 날씨는 평균기온 1.0℃, 최저기온 -5.5℃, 최고기온 8.9℃였으며, 최대 순간 풍속은 11.7m/s, 평균 풍속은 2.4m/s, 평균 습도는 62.1%이었다.

2. 분석

2.1 업무수행사항

2.1.1 운전원

운전원은 관제원의 승인을 받고 [표9]의 한국철도공사 「고속철도운전세칙」 제3조(정의)에 따른 ‘시계운전’으로 운행하였다.

고속철도운전취급세칙 제3조(정의)

시계운전: 시계운전이란 관제사의 지시를 받아 위치가 확인되지 아니한 다른 열차, 표지 또는 장애물 앞에 정차할 수 있도록 앞 선로 상태를 직접 확인하면서 시속 30키로 이하로 운전하는 것을 말한다.

[표9] 시계운전

운전원은 [표10]의 「고속철도운전세칙」 제59조(폐색경계표지)에 따라 ‘절대 표지’ 앞에 정차하여, 관제원의 승인을 받고 절대표지 내로 진행하여 관련 규정을 준수한 것으로 분석되었다.

고속철도 운전취급세칙 59조(폐색경계표지)

1. 절대표지

- 가. 설치장소: 폐색구간의 경계를 나타내는 지점에 설치하는 것으로서, 정거장 진입·진출하기 전 및 정거장과 정거장 사이 건널선이 있는 폐색구간을 방호하는 지점에 설치나. 황색삼각형 침단이 가리키는 선로의 폐색경계
- 다. 운전취급 : 차내신호에 정지예고신호 또는 정지신호가 현시되면 KTX기장은 표지 바깥쪽에 일단 정차한 후 백색등 점등을 확인하고 시속 30킬로미터 이하로 운전. 다만, 백색등이 점등되지 아니할 경우에는 관제사의 승인을 받은 후 진입

[표10] 절대표지

「고속철도운전세칙」 제59조(폐색경계표지)에 따르면 고속선의 시계운전은 시속 30km/h 이하의 속도로 운행하도록 제한하고 있으나 운전원은 33km/h 속도로 운행하였다. 다만 [표11]의 한국철도공사 「열차운행선로지장작업 업무세

칙」 제67조(장비 운전속도)에 정한 속도(40km/h) 이하로는 운행한 것으로 조사 되었다.

「열차운행선로 지장작업 업무세칙」
 제67조 (장비 운전속도) ① 장비별 최고속도는 별표 8과 같다.
 ② 운전형태 등에 따른 제한속도는 다음과 같다.
 3. 제동장치가 있는 모터카트롤리(10톤)의 견인 운전속도는 시속 50킬로미터 이하로 하고, 제동장치가 없는 모터카트롤리를 연결하고 운전할 경우 다음 각목과 같다.
 다. 모터카트롤리(10톤)의 경우 시속 40킬로미터 이하

[표11] 열차운행선로 지장작업 업무세칙

한국철도공사 「보선장비 안전작업 매뉴얼」에 따르면 [표12]와 같이 장비 운전원(모터카)은 관통제동상태를 확인하도록 작업안전수칙에 명시되어있으나, 관통제동이 되지 않는 상태임에도 출발한 것으로 조사되었다.

「보선장비 안전작업 매뉴얼」
 7. 작업안전수칙
 나. 장비운전원(모터카)
 4) 제동기능과 연결기 및 관통제동상태를 확인한다.

[표12] 보선작업 안전작업 매뉴얼

2.2 열차무선 녹취록 및 CCTV 영상

열차무선 녹취록(01:51~01:53)을 분석한 결과 운전원은 7401 절대표지 외방에 정차 후 관제원의 시계운전 승인을 통보받고 진행한 것으로 조사되었다.

또한, 운행 구간에 설치된 CCTV 녹화영상을 확인한 결과 사고열차는 01:33경(사고발생 22분전) 당리고가 시점(서울역 기점 321.604km)에서는 정상 운행하였고, 01:35경(사고발생 20분전) 당리터널 시점(서울역 기점 322.034km)에서는 좌우로 미세하게 흔들리며 운행한 것으로 조사되었다.

01:48경(사고발생 7분전) 송선터널 시점(서울역 기점 329.119km)에서는 좌

우로 흔들리며 운행하였고, 01:55경 송선터널 끝 지점(서울역 기점 331.139km)에서 좌우로 흔들리며 운행하다가 후미등이 점등되지 않은 상태에서 탈선한 것으로 조사되었다.

2.3 선로 분석

2.3.1 선로 유지관리의 적정성

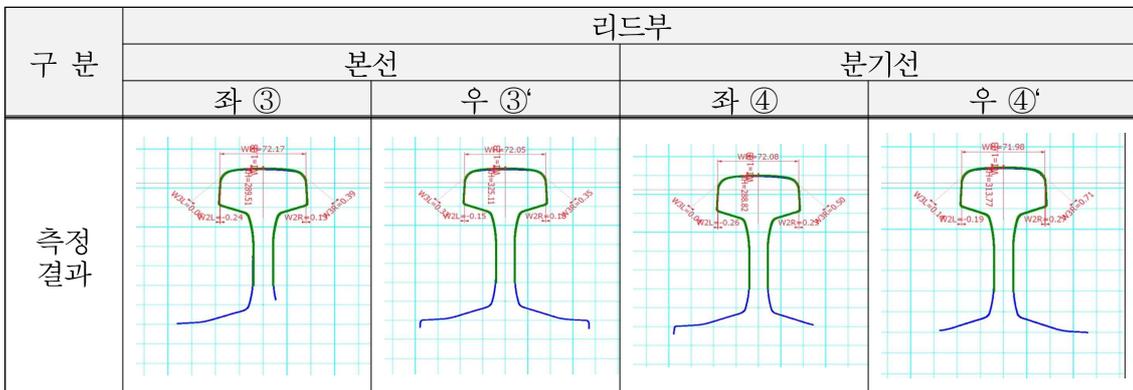
국가철도공단 「선로유지관리지침」 제170조에 따라 시행한 궤도검측차 점검결과 궤도틀림이 기준을 초과한 개소는 없었으며, 도보 순회점검 및 고속 분기기에 대한 점검결과 정비 기준치 이내인 것으로 조사되었다.

2.3.2 궤도 정비의 적정성

사고지점 부근의 7403호 고속분기기에 대한 레일 직마모를 측정한 결과는 0.7~1.23mm로 「선로유지관리지침」 제17조(레일교환 기준)에서 정한 직마모 기준(13mm)을 [표13], [그림14]와 같이 만족한 것으로 조사되었다.

구 분	포인트부				리드부				비고
	본선		분기선		본선		분기선		
	좌 ①	우 ①'	좌 ②	우 ②'	좌 ③	우 ③'	좌 ④	우 ④'	
직마모(mm)	0.70	0.99	1.18	0.87	1.08	1.23	1.00	1.03	

[표13] 분기기 레일 단면 측정



[그림14] 분기기 레일 리드부 단면 형상

2.4 차량(모터카) 분석

사고 열차(모터카)의 정비 이력을 조사한 결과 한국철도공사 「보선장비관리기준」에 따라 적정하게 실시하였으며, 정비 주기 초과 등은 발견되지 않았다.

2.5 트롤리 유지보수 및 관리의 적정성

2.5.1 모터카와 트롤리 연결상태

사고열차는 견인용 모터카 1량과 트롤리 2량이 연결되어 있었으며, 연결된 트롤리 2량 중에서 모터카와 첫 번째 트롤리는 제동관 호스가 연결되어 있었으나, 첫 번째와 두 번째 트롤리 사이의 제동관 공기호스는 설치되어 있지 않았다.

검수 담당자는 [표14]의 한국철도공사 「트롤리 유지보수 및 안전관리 지침」 제4조(트롤리 검수 및 관리)에 따라 트롤리를 2년 검수할 때, 공기호스의 상태 및 제동기능을 검수하고 확인하는 사항을 준수하지 않은 것으로 분석되었다.

<p>「트롤리 유지보수 및 안전관리 지침」 제4조(트롤리 검수 및 관리), [별표1, 트롤리 검수항목, 10톤 트롤리]</p> <p>2. 12개월 검수(LI-12)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 12개월간 운용하였을 때, 사용전·후 검수 부분과 아래 항목에 지정한 부분을 검수하고 확인하여야 한다. ○ 공기 및 제동계통 <ul style="list-style-type: none"> 가) 커플링 공기호스의 상태 점검 다) 제동기능 확인 <p>3. 2년 검수(GI-2))</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 공기 및 제동계통 <ul style="list-style-type: none"> - 2년간 운용하였을 때, 12개월 검수 이하 하위 검수 부분과 아래 항목을 검수 가) 옹하중변, 중계변, 양입식 제동통 기능검사, 필요 시 분해 검수

[표14] 트롤리 유지보수 및 안전관리 지침

2.5.2 트롤리 대차

사고열차 탈선 트롤리의 대차 높이를 측정한 결과 전부 대차의 1위 차축과 2위 차축의 높이 차이는 최대 2mm이나, 후부 대차의 1위 차축과 2위 차축의 높이는 [표15], [그림15]와 같이 최대 56mm의 차이가 있었다. 그 결과 탈선 트롤리 후부 대차의 전·후 높이 차이(56mm)로 인하여 운행 시에 상·하 및 좌·우 유동이 발생한 것으로 분석되었다.

<트롤리 후부대차(탈선)>

(단위: mm)

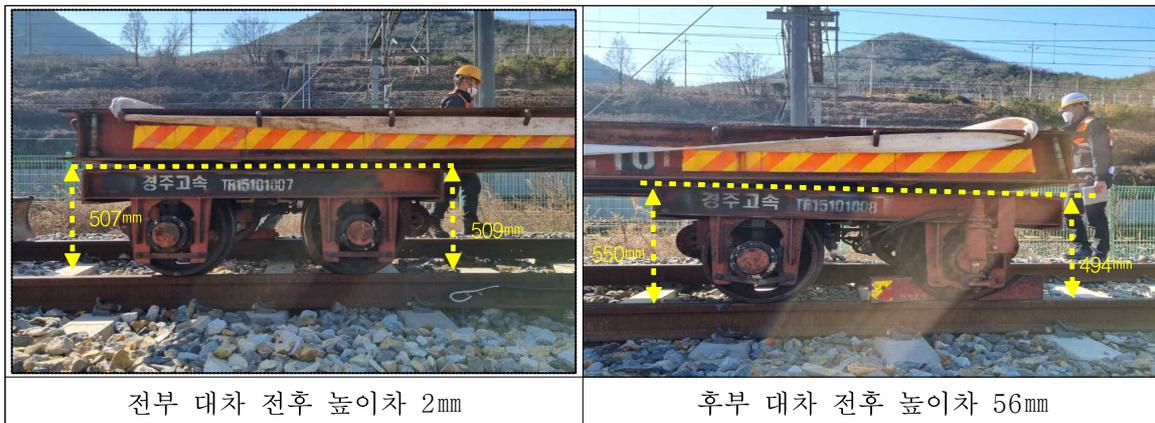
탈선 대차 높이 측정(레일상부~대차상면)						비 고
1위L	2위L	차이	1위R	2위R	차이	
550	494	56	548	495	53	최대 56mm 차이

<트롤리 전부대차>

(단위: mm)

전부 대차(미탈선) 높이 측정(레일상부~대차상면)						비 고
1위L	2위L	차이	1위R	2위R	차이	
509	509	-	509	507	2	최대 2mm 차이

[표15] 트롤리 대차 높이



[그림15] 트롤리 대차 높이 비교

2.5.3 트롤리 판스프링

사고열차 탈선 트롤리의 후부 대차에 설치된 판스프링의 상태를 조사한 결과, [그림16]과 같이 차륜 상부에 설치된 기존 판스프링 4개 중에서 3개는

높이가 72mm이며, 정비 후 교체된 1개의 판스프링은 높이가 88mm로 16mm의 차이가 있어 대차의 불균형이 커진 것으로 조사되었다.



[그림16] 트롤리 판스프링 높이 비교

또한, 탈선 트롤리의 후부 대차에 설치된 판스프링 4개 중에서 1개의 판스프링 고정핀이 절손된 것이 확인되어 2년 검수가 미흡하였던 것으로 조사되었다.

따라서 판스프링 교체 시에는 대차의 불균형이 발생하지 않도록 조치할 것을 관련 지침, 매뉴얼 등에 정할 필요가 있으며, 교체 이후에는 교체 전·후의 주행 안정성 분석 및 이력 관리를 통해 교체 시기 등을 관리해야 할 것으로 분석되었다.

2.6 신호 분석

사고열차가 고모역을 출발하여 탈선으로 신경주역에 정차할 때까지 진로에는 이상이 없었던 것으로 분석되었다.

2.7 종합 분석

사고열차는 정비를 마치고 2021년 12월 14일 경부고속선 고모 보수기지를 출발(00:37)하여 울산역으로 운행하던 중, 01:55경 신경주역 7403호 고속분기

기 통과 중 두 번째 트롤리 뒤쪽 대차가 우측으로 탈선하였다.

운전원은 시계운전 제한속도(30km/h)를 3km/h 초과한 속도로 운행하였으나, 한국철도공사 「열차운행선로지장작업 업무세칙」 제67조(장비 운전속도)에 정한 속도(40km/h) 이하로는 운행한 것으로 확인되었다.

검수 담당자는 트롤리 2년 검수를 할 때 한국철도공사 「트롤리 유지보수 및 안전관리지침」 제4조(트롤리 검수 및 관리)에 따라 검수를 시행하여야 하나 준수하지 않은 것으로 분석되었다.

운전원은 전차량 관통제동이 작용하지 않는 상태로 고속선을 운행하여, 한국철도공사 「보선장비 안전작업 매뉴얼」 (7. 작업안전수칙)을 준수하지 않은 것으로 분석되었다.

사고열차는 트롤리 후부대차 판스프링 파손에 따라 판스프링 4개 중 1개만 규격이 다른 신형으로 교체하여 탄성력 및 높이 차이에 의하여 상하 및 좌우 유동이 복합적으로 발생하였고, 운행에 따른 주행 진동이 커지면서 사고지점의 7403 고속분기기를 통과할 때 트롤리 차륜이 튀어 오르면서 탈선한 것으로 분석되었다.

트롤리 판스프링 교체 시에는 대차의 불균형이 발생하지 않도록 조치할 것을 관련 지침, 매뉴얼 등에 정할 필요가 있으며, 교체 이후에는 교체 전·후의 주행 안정성 분석 및 이력 관리를 통해 교체 시기 등을 관리해야 할 것으로 분석되었다.

3. 결론

3.1 조사결과

3.1.1 운전원은 고속선(ATC구간)에서 관제원의 승인을 받고 한국철도공사 「고속철도 운전세칙」을 준수하며 시계운전으로 운행한 것으로 조사되었다.

3.1.2 운전원은 사고지점에 이르러 시계운전 제한속도(30km/h)를 약 3km/h 초과 운행하였으나, 한국철도공사 「열차운행선로지장작업업무세칙」에서 정한 장비운전 제한속도(40km/h)는 초과하지 않은 것으로 조사되었다.

3.1.3 검수 담당자는 트롤리 2년 검수를 할 때 한국철도공사 「트롤리 유지보수 및 안전관리 지침」 제4조(트롤리 검수 및 관리)에 따라 검수를 시행하여야 하나 준수하지 않은 것으로 분석되었다.

3.1.4 운전원은 고모 보수기지에서 사고차량을 출고할 때 관통제동이 되지 않는 상태임에도 출발하여, 한국철도공사 「보선장비 안전작업 매뉴얼」(7. 작업안전수칙)을 준수하지 않은 것으로 조사되었다.

3.1.5 열차무선 녹취록에 따르면 운전원은 7401 절대표지 외방에 정차 후 관제원의 시계운전 승인을 통보받고 진행한 것으로 조사되었다.

3.1.6 CCTV 녹화영상에 따르면 사고열차는 01:48경 송선터널 시점(서울역 기점 329.119km)에서 좌우로 흔들리며 운행하였고, 01:55경 송선터널 끝 지점(서울역 기점 331.139km)에서 좌우로 흔들리며 운행하다가 후미등이 점등되지 않은 상태에서 탈선한 것으로 조사되었다.

3.1.7 궤도검측차 점검결과 궤도틀림이 기준을 초과한 개소는 없었으며, 도보 순회점검 및 고속분기기에 대한 점검결과 정비 기준치 이내인 것으로

조사되었다.

3.1.8 사고 구간 고속분기기에 대한 레일 단면 측정 결과 국가철도공단 「선로유지관리지침」에서 정한 마모 기준 이내인 것으로 조사되었다.

3.1.9 탈선된 트롤리는 기존 판스프링 4개 중 1개만 규격이 다른 신형으로 교체되었으며, 기존 판스프링의 높이 차이와 탄성력 차이로 후부 대차의 불균형이 발생한 것으로 조사되었다.

3.1.10 탈선 트롤리는 상하 및 좌우 진동이 복합적으로 발생하여 7403 분기 통과 시 트롤리 차륜이 튀어 오르면서 탈선한 것으로 조사되었다.

3.1.11 트롤리 판스프링 교체 후에 교체 전·후의 주행 안정성 분석 및 이력 관리가 되지 않은 것으로 조사되었다.

3.1.12 사고열차가 고모역을 출발하여 탈선으로 신경주역에 정차할 때까지 진로에는 이상이 없었던 것으로 조사되었다.

3.2 사고 원인

이번 사고의 주원인을 ‘사고열차의 두 번째 트롤리 뒤쪽 대차의 판스프링 4개 중 1개만을 규격이 다른 신품으로 교체함에 따라 좌우 높이 차이와 탄성력 불균형이 발생하여 탈선된 것’으로 결정하였다.

4. 안전권고

항공·철도사고조사위원회는 「항공·철도사고조사에 관한 법률」 제26조에 따라 2021년 12월 14일 한국철도공사 경부고속선 신경주역 구내에서 발생한 장비열차 탈선사고에 대하여 다음과 같이 권고한다.

4.1 한국철도공사에 대하여

4.1.1 트롤리 등 특수차량의 판스프링 등을 교체시는 대차 불균형이 발생하지 않도록 정비하고, 교체 이후에는 불균형 여부를 재차 확인토록 관련 매뉴얼이나 지침 등에 정하여 유지관리를 철저히 할 것

4.1.2 트롤리 검수 담당자가 공기호스 탈락 및 제동계통 이상 유무를 철저히 검수토록 하는 한편, 운전원이 시계운전 제한속도를 준수하고 제동기능을 반드시 확보한 상태에서 운행토록 관련 규정에 대한 교육을 철저히 시행할 것

이 보고서는 사고조사 과정에서 관계인들로부터 청취한 진술 및 개인정보 등이 포함되어 있어,

『항공·철도사고조사에 관한 법률』 제28조(정보의 공개금지) 및 같은 법 시행령 제8조(공개할 수 있는 정보의 범위)에 의하여 이 보고서(인쇄본)에 개인정보는 공개하지 않았으며,

국민 여러분의 이해를 돕기 위해 전문 철도용어를 쉽게 풀어서 쓴 점을 양해하여 주시기 바랍니다.

자세한 사항은 항공·철도사고조사위원회로 문의하여 주시기 바랍니다.



항공·철도사고조사위원회

<http://www.araib.go.kr>

전화: 044-201-5430

E-mail: lym240my@korea.kr