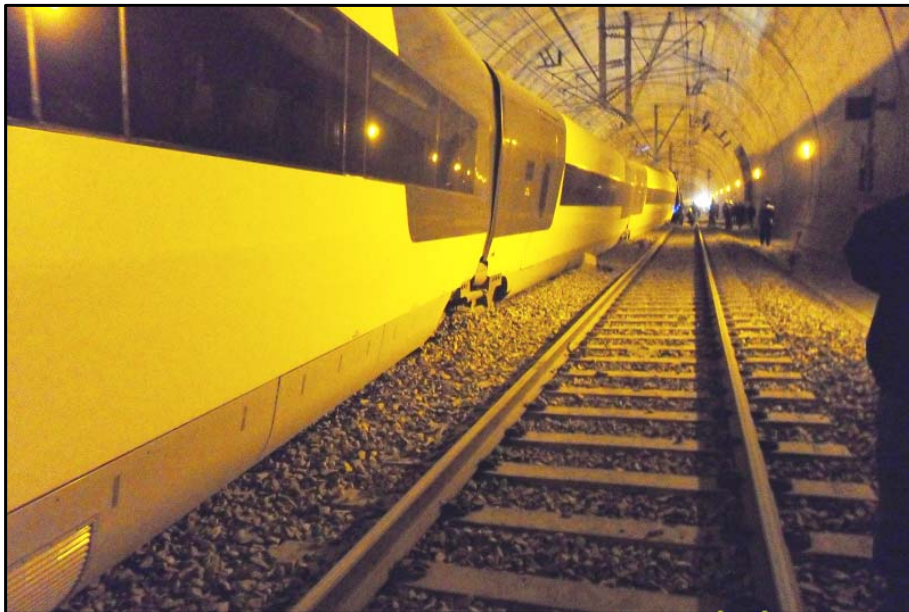


보고서 번호

ARAIB/R 11-2

경부고속선 광명역 KTX열차 탈선사고('11.2.11)
철도사고조사보고서



2011. 4. 5.



항공·철도사고조사위원회

이 조사보고서는 ‘항공·철도사고조사에 관한 법률’ 제25조에 의하여 작성되었다.

동법 제1조에 의하면 철도사고에 대한 조사의 궁극적인 목적은 독립적이고 공정한 조사를 통하여 사고원인을 정확하게 규명함으로써 철도사고의 예방과 안전 확보에 이바지하는데 있다.

또한 제30조에는 사고조사는 민·형사상 책임과 관련된 사법절차, 행정절차 또는 행정쟁송절차와 분리·수행되어야 하고,

제32조에는 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 아니하도록 규정하고 있다.

그러므로 이 조사보고서는 철도분야의 안전을 증진시킬 목적이외의 용도로 사용하여서는 아니 된다.

차 례

I. 제 목	1
II. 개요	2
1. 사고개요	2
2. 조사개요	2
III. 본문	3
1. 사실정보	3
1.1 사고경위	3
1.2 피해사항	4
1.2.1 인명피해	4
1.2.2 물적피해	4
1.3 인적사항	5
1.4 운전·관제분야	7
1.4.1 기관사 열차운전	10
1.4.2. 고속철도 관제상황	11
1.4.3 사고열차를 광명역 제3번선으로 도착시키고자 한 사유	12
1.4.4 관제사 관제업무 수행	13
1.4.5 터널진입 승인 업무처리 절차	16
1.4.6 고속선 운행선로 유지보수 절차	17
1.5 차량분야	17
1.5.1 차량제원	17
1.5.2 차량 유지보수상태	18
1.5.3 열차진단제어장치의 고장기록	19
1.5.4 사고구간 통과 시 차량의 주행거동	20
1.5.5 차륜상태	23
1.6 선로분야	25
1.6.1 선로 유지보수	25
1.6.2 선로상태	26

1.6.3 선로전환기 궤간 상태	26
1.6.4 선로전환기의 포인트 및 가동크로싱 상태	27
1.7 신호분야	30
1.7.1 선로전환기 신호시설 유지보수 상태	30
1.7.2 케이블 교체공사	30
1.7.3 제0458호 선로전환기 장애	31
1.7.4 전차선 전원	37
1.8 기타	37
1.8.1 현장정보	37
1.8.2 기상정보	37
2. 분석	38
2.1 사고열차 탈선상황	38
2.2 밀착쇄정기 콘트롤러 너트 탈락	38
2.3 신호시설 유지보수자(공사감독자)의 업무처리	40
2.4 관제사의 관제업무 수행	40
2.5 기관사의 열차 운전	41
2.6 사고열차 도착선 변경	42
2.7 선로상태	42
2.8 차량상태	42
2.9 전차선 등 기타설비	43
2.10 고속선 관제 안전관리시스템	43
2.11 종합	44
3. 결론	45
3.1 조사결과	45
3.2 사고원인	49
4. 안전권고	50
4.1 한국철도공사에 대하여	50

철도사고조사보고서

I. 한국철도공사 경부고속선 광명역 KTX열차 탈선사고(2011.2.11)

- 운영기관 : 한국철도공사
- 운행노선 : 경부고속선(상행)
- 발생장소 : 광명역(서울기점 23.012km, 경기도 광명시 일직동 소재)
- 사고열차 : 제224호 KTX-산천열차[10량 편성]
- 사고유형 : 열차탈선
- 발생일시 : 2011.2.11(금) 13:04경

Ⅱ. 개 요

1. 사고개요

2011년 2월 11일 경부고속선 부산역(10:45출발)을 출발하여 광명역(13:03 도착 예정)으로 향하던 한국철도공사 소속 제224호 KTX-산천열차(이하 ‘사고열차’라 한다.)가 광명역 진입 중 5~10호까지 6개 차량이 열차진행방향 좌측으로 탈선되었다.

이 사고로 인명피해는 발생하지 않았으나, 사고발생구간 레일, PC침목, 분기기, 및 KTX 객차 6량이 파손되었다.

2. 조사개요

항공·철도사고조사위원회(이하 ‘위원회’라 한다.)는 광명역에서 사고열차가 탈선된 사실을 인지하고 사고열차 탈선의 정확한 원인규명을 위해 항공·철도 사고조사에 관한 법률 제18조(사고조사의 개시 등)에 따라 사고조사를 개시하였다.

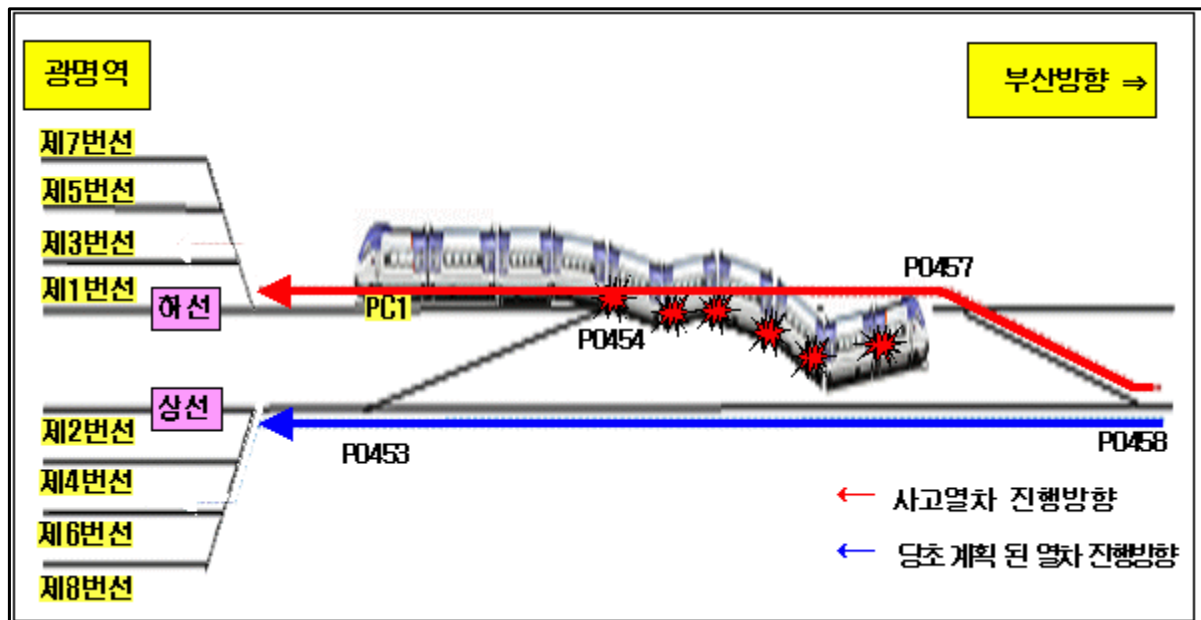
위원회는 사고열차 탈선사고에 대한 사실정보 및 분석결과를 근거로 결론을 도출하였으며, 이를 토대로 한국철도공사에 4건의 안전권고를 발행하였다.

Ⅲ. 본문

1. 사실정보

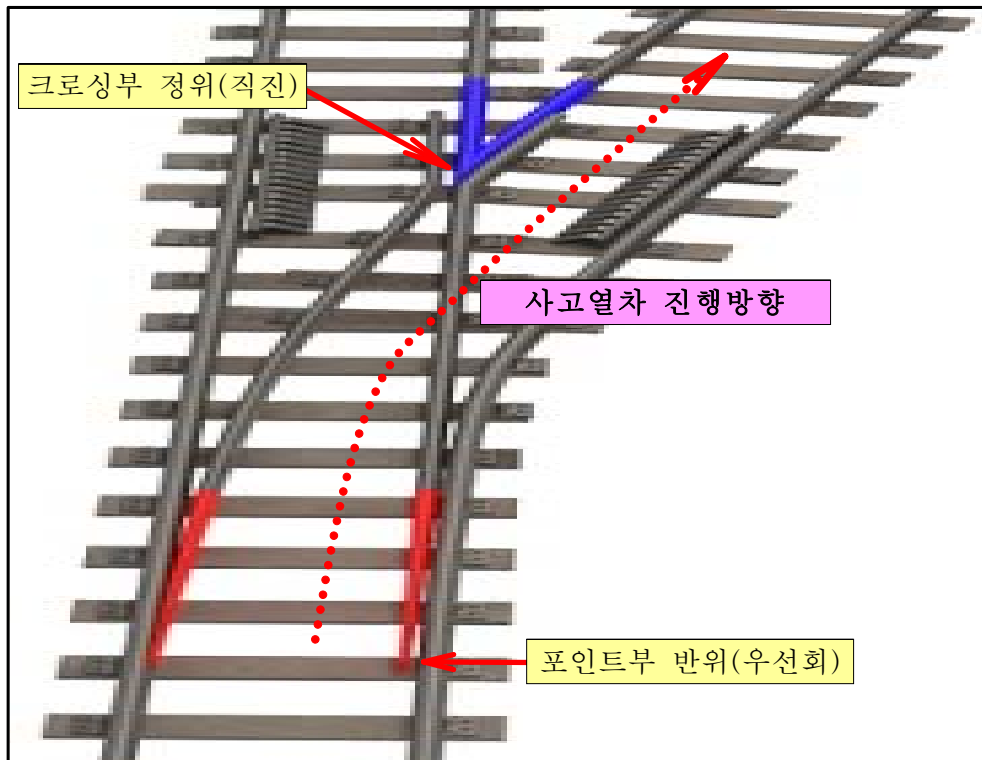
1.1 사고경위

2011년 2월 11일 13:04경, 부산역을 출발하여 광명역으로 가던 사고열차가 광명역으로 진입하던 중 제0458호 선로전환기에서 예정된 선로가 아닌 다른 선로로 진입하여 5~10호까지 6개 차량이 열차진행방향 좌측으로 [그림 1]과 같이 탈선되었다.



[그림 1] 사고발생구간 요약도

사고 당시 선로전환기 진로상태는 아래 [그림 2]와 같이, 포인트부는 반위(우선회) 방향으로, 크로싱부는 정위(직진) 방향으로 되어 있었다. 이와 같은 선로전환기 진로상태는 탈선이 발생할 수 밖에 없는 조건이었다.



[그림 2] 제0458호 선로전환기 진로상태

1.2 피해상황

1.2.1 인명피해

이 사고로 인한 인명 피해는 없었다.

1.2.2 물적피해

이 사고로 다음과 같은 물적피해가 발생되었다.

차량은 차체(프레임, 외판, 집전장치 등) 115개소, 주행장치(윤축, 현수장치, 댐퍼, 트리포드 등) 141개소, 실내장치(창문, 출입문, 점검커버, 바닥재 등) 43개소, 제동장치 및 전기장치(밸브, 견인전동기, 속도센서, 케이블 등) 68개소가 손상되었다.

선로는 레일 연장 380여m, PC 침목 450여정, 선로전환기 3틀(P0454, P0457, P0458) 및 부속품 등이 손상되었다.

신호설비는 각 선로전환기의 포인트부 및 크로싱부 밀착쇄정기, 밀착검지기, 콘트롤러, 콘덴서 등이 손상되었다.

가동크로싱의 가드레일이 사고열차의 원심력에 의한 횡압과 노즈레일의 반력에 의해 끝부분 약 3m가 절단되었다.

1.3 인적사항

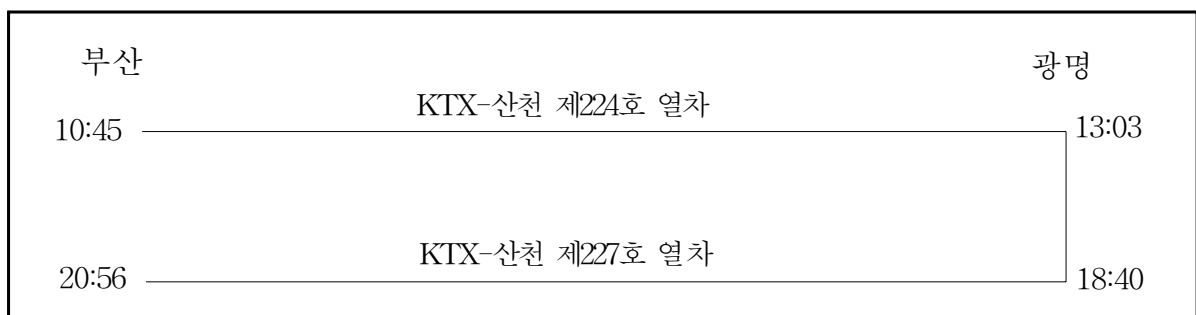
1.3.1. 사고열차 기관사

사고열차 기관사는 1985년 2월 1일 대구기관차승무사업소 부기관사로 발령 받았고, 1989년 1월 5일에는 부산기관차승무사업소에서 기관사로, 2003년 11월 20일에는 서울고속기관차승무사업소(부산분소) 기관사로, 2005년 1월 1일부터는 부산고속기관차승무사업소 기관사로 근무하고 있었고, 무사고 140만km 달성으로 2006년 09월 한국철도공사사장 표창을 받았다.

부산고속기관차승무사업소장으로부터 정기교육, 면담교육, 소속장 특별교육, 사고사례교육 및 분임반 교육 등을 이수하였다.

사고열차 승무전인 2월 11일 운전지시 전달표와 부산고속기관차승무사업소 운용과장이 시행한 운용일일교육 사항을 검토한 결과 문제점을 발견할 수 없었다.

사고열차 기관사의 사고당일 사업행로는 [그림 3]과 같다.



[그림 3] 사고열차 기관사 사업행로

1.3.2. 철도교통관제센터 관제사

사고 당시 철도교통관제센터(이하 “관제센터”라 한다.)에서 근무 중이던 관제사 A는 2000년 8월 8일 서울지방철도청 수원지역관리역 오봉역 수송원으로 발령받아 근무하였고, 2010년 9월 1일부터 관제센터 관제사로 근무하고 있었고, 안전유공으로 2003년 12월 한국철도공사 서울지역본부장 표창을 받았다.

동 관제사는 관제센터장이 월 1회 관제사를 대상으로 실시하는 운전취급규정, 철도교통관제센터규정, 열차운전시행세칙, 고속철도운전취급세칙, 콘솔운용법 및 사고사례교육 등 열차안전운행 관련 교육을 받고 있었다.

1.3.3 선로전환기 유지보수자

고속선 신호설비 유지보수자(선임전기장)는 1996년 2월 2일 서울지방철도청 서울제어사무소(용산보안분소)에 보안원으로 채용되어 1999년 10월 1일 부전기장으로, 2001년 11월 15일 전기장으로 근무하였다.

2003년 11월 20일 고속선을 담당하는 오송전기사무소에 발령을 받아 같은 해 12월 9일부터 광명신호제어사업소에 배치 받아 전기원으로 근무하였고, 2004년 3월 4일 전기장으로, 2004년 4월 3일부터 선임전기장으로 사고당일까지 근무하고 있었다.

‘고속선 신호설비유지보수 전문가양성 연동장치반 및 신호제어반 교육’을 2007년 7월 30일부터 8월 31일까지 각각 2주일씩 교육을 받았으며 2010년 3월 1일부터 4월 9일까지 ‘사이버 고속철도신호연동장치’교육, 같은 해 5월 1일부터 5월 30일까지 ‘사이버 산업안전보건법(전기)’ 교육을 받았다.

2001년 9월 29일 기술경진대회 입상으로 소속장 표창을 받은 바 있고, 2008년 9월 18일 경영을 향상시킨 공적으로 한국철도공사 사장의 표창을 받았으며, 징계 사항은 없었다.

사고발생 전일인 2월 10일 집에서 휴식을 취하다 18:45경 광명신호제어사업소에 출근하여 야간근무조로 근무하였다. 동 유지보수자의 2월 근무상황은 [표 1]과 같다.

2월	1일	2일	3일	4일	5일	6일	7일	8일	9일	10일	11일
근무	휴무	주간	주간	야간	야간	비번	휴무	주간	주간	야간	야간

[표 1] 선로전환기 유지보수자 근무상황

1.4 운전 · 관제분야

사고 당일의 열차운행 및 관제업무처리 상황은 아래 [표 2]와 같다.

시 간	열차운행 및 관제업무처리 상황
01:18 ~ 04:24	광명역 제0458호 선로전환기 노후케이블 교체공사 시행 - 작업 도중 밀착쇄정기 제5번 접점편 고정 너트(규격: 7mm) 탈락
06:02	제902호 점검열차가 약 157km/h 속도로 제0458호 선로전환기 통과 중 기관사가 차내신호기에 정지신호(RRR)가 순간 현시되었음을 관제사에게 통보 - 관제사가 기관사에게 제동을 해제하고 운행할 것을 지시 - 관제사가 신호 및 차량담당 직원에게 장애를 조치토록 지시 - 동 열차는 선로전환기에서 비상제동이 체결되었으나 29km/h 이하에서 제동 해제 후 운행 계속
06:26	제7862호 KTX-산천 시운전열차가 약 166km/h 속도로 제0458호 선로전환기 통과 중 기관사가 차내신호기에 정지신호(RRR)가 순간 현시되었음을 관제사에게 통보 - 관제사가 기관사에게 제동을 해제하고 운행할 것을 지시 - 관제사가 신호 및 차량담당 직원에게 장애를 조치토록 지시 - 동 열차는 선로전환기 통과 중 비상제동이 체결되었으며 102km/h에서 제동 해제 후 운행 계속
06:30	관제센터 신호담당직원이 광명신호제어사업소 유지보수자에게 광명역에 열차진입시 장애 발생을 통보
06:52 ~ 07:05	광명신호제어사업소 유지보수자가 신호기계실에 내려가 궤도회로, 연동장치 등 분석결과 제0458호 선로전환기 불일치로 밀착검지기 장애로 파악하고 관제센터 신호담당에게도 통보 - 관제센터 신호담당직원은 유지보수자에게 현장에 이동하여 밀착검지기 수리하라고 지시 - 광명신호제어사업소 유지보수자 2명은 무전기 및 공구 휴대하고 현장으로 이동

시 간	열차운행 및 관제업무처리 상황
07:06	관제사가 제332호 KTX열차 기관사에게 제6번선 진로에 이상없으며 선로전환기 통과 중 차내신호기에 정지신호(RRR)가 현시될 수 있으므로 차내신호기 확인 및 주의운전하도록 지시 - 동 기관사는 제0458호 선로전환기에 이상없음을 관제사에게 통보
07:23	관제사가 제102호 KTX열차 기관사에게 제6번선 진로에 이상없으며 선로전환기 통과 중 차내신호기에 정지신호(RRR)가 순간 현시될 수 있으므로 차내신호기 확인 및 주의운전하도록 지시 - 관제사는 동 열차 기관사로부터 차내신호기에 정지신호(RRR)가 현시되어 정차하였다는 보고를 받고 기관사에게 진로에는 이상이 없고 접점이 나쁜 것 같으니 제동을 해제하고 운행토록 지시 - 관제사가 신호 및 차량담당 직원에게 장애를 조치토록 지시 - 동 열차는 정차하여 제동 해제 후 운행 계속
07:30	관제센터 관제사 B가 C에게 관제업무를 인계
07:30 ~ 07:33	광명신호제어사업소 유지보수자가 관제사 허가없이 선로에 들어가서 선로전환기 포인트박스 진로표시회로를 점퍼선으로 무단 직결 - 관제센터 신호담당직원은 “밀착검지기”를 직결토록 지시하였으나, 유지보수자는 밀착검지기를 직결하지 않고 “포인트박스”내 진로 표시회로를 직결 - 동 유지보수자는 그 후 장애부분이 조치되었음을 관제센터 신호담당직원에게 보고 후 선로전환기 부근에 계속 체류하면서 점검 실시
07:51	관제사가 제104호 KTX열차 기관사에게 진로에 이상없으며 선로전환기 통과 중 차내신호기에 정지신호(RRR)가 순간 현시될 수 있으므로 30km/h 속도로 진입하면 된다고 통보하고 차내신호기 확인 및 주의운전하도록 지시 - 동 열차는 선로전환기를 이상없이 통과(직진)
08:00	관제사가 제502호 KTX열차 기관사에게 진로에 이상없으며 선로전환기 통과 중 차내신호기에 정지신호(RRR)가 순간 현시될 수 있으니 차내신호기 확인 및 주의운전하도록 지시 - 동 열차는 선로전환기를 이상없이 통과(직진)
08:10	관제사가 제334호 KTX열차 기관사에게 위 주의사항 지시 - 동 열차는 선로전환기를 이상없이 통과(직진)
08:14	관제사가 제352호 KTX열차 기관사에게 위 주의사항 지시 - 동 열차는 선로전환기를 이상없이 통과(직진)
08:24	관제사가 제106호 KTX열차 기관사에게 위 주의사항 지시 - 동 열차는 선로전환기를 이상없이 통과(직진)
08:30 ~ 08:45	관제센터 신호담당직원 근무교대 - 유지보수자가 현장출동하여 가복구하고 현재 이상없으며 야간작업때 정밀점검할 예정임을 다음 신호담당직원에게 인계
08:51	관제사가 제108호 KTX열차 기관사에게 위 주의사항 지시 - 동 열차는 선로전환기를 이상없이 통과(직진)

시 간	열차운행 및 관제업무처리 상황
	- 동 열차 기관사가 일직터널 내에서 사람(작업자)을 발견하고 관제사에게 보고
08:54	관제사가 유지보수자를 무전기로 호출하여 미승인작업을 중단하고 터널 내에서 철수하라고 지시 - 그러나 동 유지보수자는 선로전환기 주변 기기에 대한 점검을 계속
09:00	관제센터 관제사 C가 관제사 D에게 관제업무를 인계
09:00	관제사가 제302호 KTX열차 기관사에게 위 주의사항 지시 - 동 열차는 선로전환기를 이상없이 통과(직진)
09:10	관제사가 제402호 KTX열차 기관사에게 위 주의사항 지시 - 동 열차는 선로전환기를 이상없이 통과(직진) - 동 열차 기관사가 일직터널 내에서 사람(작업자)을 발견하고 관제사에게 보고
09:13 ~ 09:15	관제사가 작업자를 전화로 호출하여 미승인작업을 중단하고 터널 내에서 철수하라고 재차 지시 - 이에 따라 동 작업자는 “포인트박스”내 진로표시회로 결선이 변경된 것을 그대로 두고 현장에서 철수
09:20	관제사가 제110호 KTX열차 기관사에게 위 주의사항 지시 - 동 열차는 선로전환기를 이상없이 통과(직진)
09:30	관제사가 제352호 KTX열차 기관사에게 위 주의사항 지시 - 동 열차는 선로전환기를 이상없이 통과(직진)
09:46	관제사가 제112호 KTX열차 기관사에게 위 주의사항 지시 - 동 열차는 선로전환기를 이상없이 통과(직진)
10:00	관제사가 제304호 KTX열차 기관사에게 위 주의사항 지시 - 동 열차는 선로전환기를 이상없이 통과(직진)
10:15	관제사가 제504호 KTX열차 기관사에게 위 주의사항 지시 - 동 열차는 선로전환기를 이상없이 통과(직진)
10:24	관제사가 제114호 KTX열차 기관사에게 위 주의사항 지시 - 동 열차는 선로전환기를 이상없이 통과(직진)
10:34	관제사가 제354호 KTX열차 기관사에게 위 주의사항 지시 - 동 열차는 선로전환기를 이상없이 통과(직진)
10:46	관제사가 제116호 KTX열차 기관사에게 위 주의사항 지시 - 동 열차는 선로전환기를 이상없이 통과(직진)
10:59	관제사가 제404호 KTX열차 기관사에게 위 주의사항 지시 - 동 열차는 선로전환기를 이상없이 통과(직진)
11:21	관제사가 제116호 KTX열차 기관사에게 위 주의사항 지시 - 동 열차는 선로전환기를 이상없이 통과(직진)
11:33	관제사가 제120호 KTX열차 기관사에게 위 주의사항 지시 - 동 열차는 선로전환기를 이상없이 통과(직진)
12:00	관제센터 관제사 D가 A에게 관제업무를 인계

시 간	열차운행 및 관제업무처리 상황
12:04	관제사가 제122호 KTX열차 기관사에게 위 주의사항 지시 - 동 열차는 선로전환기를 이상없이 통과(직진)
12:16	관제사가 제124호 KTX열차 기관사에게 위 주의사항 지시 - 동 열차는 선로전환기를 이상없이 통과(직진)
12:30	관제사가 제506호 KTX열차 기관사에게 위 주의사항 지시 - 동 열차는 선로전환기를 이상없이 통과(직진)
12:39	관제사가 제356호 KTX열차 기관사에게 위 주의사항 지시 - 동 열차는 선로전환기를 이상없이 통과(직진)
12:54	관제사가 제126호 KTX열차 기관사에게 위 주의사항 지시 - 동 열차는 선로전환기를 이상없이 통과(직진)
12:55	관제사가 제224호 KTX열차(사고열차: 당초 제6번선으로 도착 예정)를 제3번선으로 도착시키기 위해 진로를 변경시켰으나 제0458호 선로전환기 포인트부/크로싱부(P/F) 불일치 장애가 발생 - 관제사가 관제센터 신호담당 직원 입회하에 5회에 걸쳐 장애발생한 제0458호 선로전환기를 단독 전환시험하였으나 작동상태가 불량 - 이에따라 관제사가 사고열차 도착선을 제6번선으로 다시 변경 - 동 열차를 광명주박기지로 입출고하면 후속 운행이 지연된다는 사실을 관제사가 본사 종합관제실에 보고
13:01	관제사가 사고열차 기관사에게 제6번선으로 도착 예정이라고 통보
13:04	광명역 제6번선으로 도착하기 위해 제2번선 쪽으로 들어오던 사고열차가 선로전환기 내에서 우측의 제1번선 쪽으로 잘못 진입하던 도중 크로싱부에서 탈선

[표 2] 열차운행 및 관제업무처리 상황

1.4.1 기관사 열차운전

사고열차는 부산역을 정시(10:45) 출발하여 광명역을 향하여 운행하고 있었으며, 기관사는 13:01:24경 관제센터 관제사 A로부터 광명역 제6번선으로 진입한다고 무선전화 통보를 받았다.

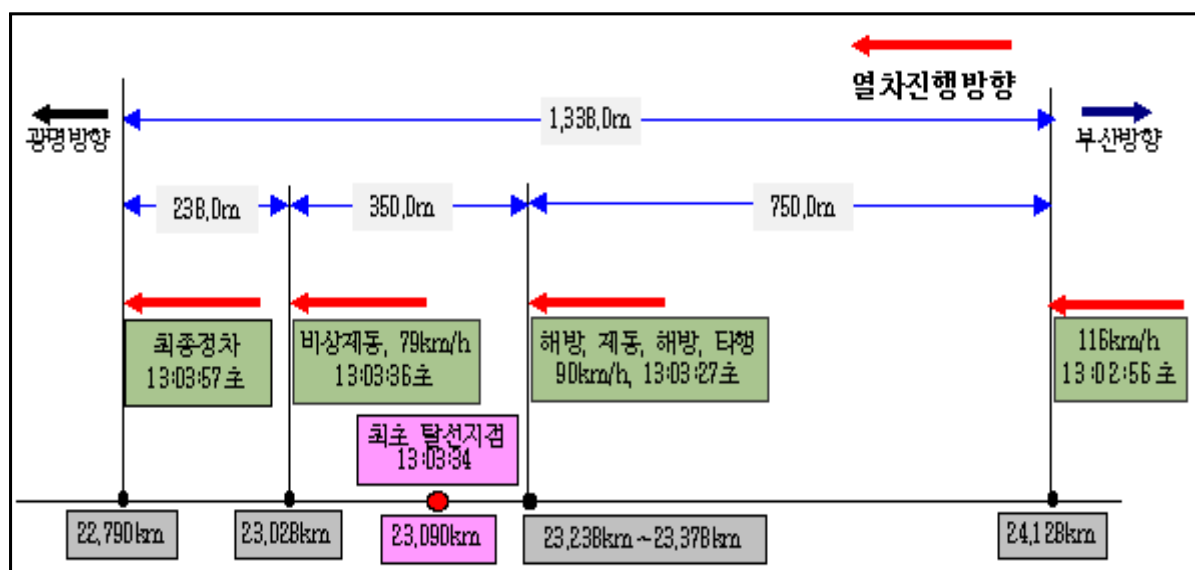
무선전화 수신 후 광명역 정차열차인 선행 제126호 KTX열차의 뒤를 따라 116km/h 속도로 운행하던 중 차내신호기에 90km/h 제한속도가 표시되어 90km/h 까지 감속하고 진행 중 10/1000 하구배에서 속도가 91km/h로 상승하여 비상제동을 취급하여 89km/h로 감속시켰다.

타력운전으로 감속 운행 중 차내신호기에 주의운전(000)이 표시되는 것을 확인하면서 약 86km/h 속도로 광명역 제0458호 선로전환기로 진입하는 순간 관제사가 예고한 제2번선(→제6번선)이 아닌 제1번선 방향으로 열차가 진입하여 관제사를 호출하였으나 통화는 하지 못하였고, 79km/h 속도에서 MMI(Man Machine Interface) 화면에 정지신호(RRR)가 표시되면서 열차에 비상제동이 체결되었다.

사고열차는 비상제동이 체결되었음에도 불구하고 관성에 의하여 계속 미끌어지면서 주행하여 서울기점 22.790km지점에서 정차되었다.

한국철도공사의 고속열차기준 운전선도의 사고구간 운전곡선과 사고열차의 실제 운전곡선을 비교한 결과 두 운전곡선은 거의 유사하였다.

사고열차 탈선상황은 [그림 4]와 같다.



[그림 4] 사고열차 탈선상황

1.4.2. 고속철도 관제상황

한국철도공사가 운영하는 열차에 대한 관제업무는 국가로부터 위탁 받아 한국철도공사가 직접 수행하고 있으며, 이를 위해 한국철도공사는 종합관제실(본사)과 관제센터(서울시 구로구)를 운영하고 있다.

종합관제실은 사고 또는 재해 등 이례사항에 대한 복구 및 수습과 임시수송계획에 대한 의사결정을 담당하고, 관제센터는 직접적인 열차운행 제어 및 작업통제 기능을 수행하며 종합관제실장의 지시를 받아 현업소속 운전취급에 대한 승인·통제·조정 등의 기능을 직접 수행하고 있다.

이례사항 발생시는 ‘종합관제실’은 사고 또는 재해 등에 대한 복구 및 수습에 대한 의사결정, ‘관제센터’는 ‘종합관제실’의 지시를 받아 처리하도록 되어 있다.

관제센터의 관제사는 고속열차를 포함한 모든 열차를 [그림 5]와 같이 열차집중제어장치(CTC⁽¹⁾)를 통해 통제하고 있으며, 「고속열차」 관제만을 위한 특별한 관리는 하고 있지 않았다.



[그림 5] 관제센터 관제실

1.4.3 사고열차를 광명역 제3번선으로 도착시키고자 한 사유

2004년 4월 1일 경부고속철도 제1단계 개통시 부터 광명역은 통과역으로 운영되고 있었으나, 2010년 11월 1일 고속철도 제2단계 개통 이후 광명역에 8개 열차(상행 4개 열차, 하행 4개 열차)가 아래 [표 3]과 같이 시·종착하게 되었다.

(1) CTC : Centralized Traffic Control

구 분	광명→부산	부산→광명	광명→부산	부산→광명
1편성	제221호 KTX열차	제224호 KTX열차	제225호 KTX열차	제228호 KTX열차
	08:00	13:03	13:30	21:15
2편성	제223호 KTX열차	제226호 KTX열차	제227호 KTX열차	제222호 KTX열차
	12:20	17:39	18:40	익일 11:09

[표 3] 광명역 시·종착 KTX열차의 편성 및 운용

사고열차인 제224호열차(부산 10:45→광명 13:03)는 광명역에 도착하였다가 27분후 제225호열차로 다시 부산역으로 운행하도록 계획되어 있었다.

광명역 도착선에서 출발선으로 입환하는 방법은 「제6번선→주박기지→운전실교체→제3번선」 이용 시 40분이상이 소요되며, 「제2번(상)선→제1번(하)선→제3번선」 이용 시 15분이 소요된다.

위와 같은 사유로 인하여 사고열차는 2010년 11월 5일 첫 운행부터 계속하여 제3번선으로 도착되었으며, 사고 당일에도 다음 운행편인 제225호 KTX열차의 출발선인 제3번선으로 도착시키려고 하였다.

1.4.4 관제사 관제업무 수행

1.4.4.1 관제사 B

관제센터 관제사 B는 2011년 2월 11일 02:00부터 07:30까지 사고구간의 관제를 담당하였으며, 전임근무자인 관제사 C가 승인번호 제140호(공사 운전명령) 및 제480호(작업개시)로 승인한 작업에 대하여 03:30경 광명신호제어사업소 선임전기장으로부터 15분 연장승인 요청이 있어 확인 결과 문제가 없는 것으로 판단되어 승인하였다.

03:29부터 광명신호제어사업소 선임전기장으로부터 합동기능시험을 위한 제0458호 선로전환기 전환을 요청받고 우측, 좌측으로 2회 전환하여 이상없음을 확인하였고 선임전기장으로부터 작업을 완료하였다는 보고를 받았다.

06:02경 점검열차인 제902호 KTX열차가 진입할 광명역 제6번선의 자동진로 정상개통을 확인하였으며, 제902호 점검열차 기관사로부터 광명역 통과 중 제0458호 선로전환기 부근에서 정지신호(RRR)가 현시된다는 통보를 받았으며, 기관사에게 안전장치를 해제한 후 정상 운전할 것을 지시하고 신호 및 차량업무 담당자에게 장애사실을 통보하였다.

06:19경 제7862호 KTX열차(KTX-산천, 길들이기) 열차 운행 시에도 진로상태 확인결과 이상이 없었으나 06:26경 동일한 선로전환기를 통과할 때 같은 상황이 발생하여 동일한 조치를 하였다.

07:12경 동지점을 통과한 제332호 KTX열차는 장애상황이 발생하지 않았으나, 07:27경 제102호 KTX열차도 똑같은 장애가 발생하여 조치하였고, 07:30에 근무 교대한 후임 관제사 C에게 근무 중에 발생한 사실을 인계하였다.

1.4.4.2 관제사 C

관제센터 관제사 C는 2011년 2월 11일 07:30부터 09:00까지 사고구간의 관제를 담당하였으며, 07:30 인계·인수시 전 근무자 관제사 B로부터 광명역 진입열차의 차내신호기에 정지신호(RRR)가 순간 현시되어 조치를 취했다는 상황을 인수 받았다.

07:49경 광명역에 진입한 제104열차부터 제334열차, 제502열차, 제106열차 등 총 4개 열차에 대하여 광명역 진입 시 차내신호기에 정지신호(RRR)가 현시될 수 있음을 통보하고 주의운전토록 지시하였으며, 열차는 이상없이 통과하였다.

08:30경 신호담당직원으로부터 신호장애가 임시 복구되었음과 이와 관련하여 추후에 제0458호 선로전환기에 대한 점검작업을 시행할 것이라는 통보를 받았다.

08:50경 후임 교대근무자인 관제사 D에게 신호장애 임시복구 및 터널내 유지보수자 무단진입 사실을 인계하였다.

1.4.4.3 관제사 D

관제센터 관제사 D는 2011년 2월 11일 09시 00분부터 12:00까지 사고구간의 관제를 담당하였으며, 08:50경 전 근무자인 관제사 C로부터 야간작업(제0458호 선로 전환기 케이블교체, 야간차단작업 승인480호) 후 열차운행 중 제0458호 선로전환기가 포함된 궤도회로(0456BT)에 열차 접근 시 정지신호(RRR) 장애발생으로 07:30경 임시복구를 완료하였으며, 야간에 다시 케이블점검작업 예정이라는 사항을 인수받고 08:55경 업무를 시작하였다.

09:00경에 제302열차가 광명역을 통과하고 09:10경 제402호 KTX열차 기관사로 부터 일직터널 내에 사람이 있다는 통보를 받고 확인 결과 선임전기장이 아직 현장에 있음을 확인하고 전화로 규정에 따라 승인을 받고 작업하여야 함을 주지시키고 주의조치와 함께 터널 밖으로 나갈 것을 재차 지시하였다.

09:20경 광명역을 운행한 제110호 KTX열차부터 11:33에 광명역을 운행한 제120호 KTX열차까지 총 12개열차를 관제하였으며, 12시경 후임 근무자인 관제사 A에게 광명역 진입열차에 정지신호(RRR)가 순간 현시되었고, 본인의 근무시간에는 이상이 없었음을 인계하였다.

1.4.4.4 관제사 A

관제센터 관제사 A는 2011년 2월 11일 12:00부터 사고가 발생하였을 때 까지 사고구간의 관제를 담당하였으며, 전 근무자 관제사 D로부터 광명역 진입열차 차내신호기에 정지신호(RRR)가 순간 현시된다는 사항과 자기의 담당 근무시간에는 이상이 없었음을 인수 받았다.

12:04경 광명역에 진입한 제122호 열차부터 제126호 열차까지 총 6개 열차에 대하여 신호장애 발생 가능성을 기관사에게 통보하고 주의운전토록 지시하였으나 장애는 발생하지 않았다.

12:56경 사고열차를 광명역 제3번선(2번선→1번선→3번선)으로 도착시키기 위해 선로를 변경시켰으나 제0458호 선로전환기 불일치 장애(2)가 발생하여 관제센터

신호업무 담당자에게 통보하고 신호업무 담당자 입회하에 5회에 걸쳐서 장애가 발생한 제0458호 선로전환기를 시험하였으나 정상작동 되지 않았다.

따라서, 매뉴얼의 절차에 따라 사고열차를 제6번선으로 진입시키면 나중에 부산으로 출발키 위해 제3번선으로 이동시 주박기지를 경유해야 하며, 이 경우 출발시간이 늦어진다는 사실을 본사 종합관제실에 통보하고 협의 후 13:01경 제6번선으로 진로를 취급하여 진로가 정상상태임을 확인하고 사고열차 기관사와 광명역에 제6번선으로 도착시킨다고 통보하였다.

13:04경 광명역으로 진입하던 사고열차를 관제센터 CMP(열차운행상황판) 화면으로 감시하던 중 제2번선으로 운행하던 동 열차가 제0456호 장내신호시설 위치를 통과한 후 갑자기 제1번선으로 진입하는 것을 보고, 그 사유를 확인하고 있던 중 사고열차의 기관사로부터 탈선하였다는 보고를 받았다.

1.4.5 터널진입 승인 업무처리 절차

「고속철도운전취급세칙」(한국철도공사 2005.5.31. 제정) 제38조(고속선 출입제한)에 의하면 고속선은 허가된 자 이외에는 출입할 수 없으며, 출입허가자는 시설사무소장이 지정하여야 하고, 관제사가 운전취급상 필요한 경우에는 그러하지 아니하다고 규정되어 있다. 또한 제39조(고속선 작업을 시행 할 경우 조치)에 철도운행안전관리자(작업책임자)는 작업을 시행할 경우 작업계획승인을 받았다 하더라도 실제 작업시행 전 반드시 관제사에게 재차 승인을 받고 작업을 시행하도록 규정되어 있다.

제41조(터널작업 시 안전조치)에 의하면 터널 내 작업을 위하여 진입 할 경우에 작업자는 관제사에게 통보하고, 터널입구에 설치된 터널경보장치를 작동위치로 전환하여야 하며, 관제사는 작업선로로 진로를 설정할 경우 작업자에게 통보하고 기관사에게 주의운전을 지시하며, 작업선로 반대방향으로 진로를 설정할 경우 터널경보장치도 동일방향으로 작동되도록 조치하여야 한다.

(2) 불일치 장애 : 선로전환기 제어정자 위치와 현장 선로전환기 위치가 일치하지 않는 상태 또는 선로전환기의 동작간과 쇄정간이 일치되지 않은 상태

1.4.6 고속선 운행선로 유지보수 절차

고속선은 열차가 고속으로 운행하기 때문에 열차와 작업자의 안전을 확보하기 위하여 엄격한 기준의 유지보수를 위한 절차가 수립되어 있으며, 「열차운행선로 지장작업업무지침」(2005.1.1, 한국철도공사) 제21조의2(고속선 운전명령 처리절차)에 의거 작업을 수행하도록 규정되어 있다.

고속선 차단작업을 위해서는 주관본부장이 작업계획서를 수송안전실장(관제팀장)에게 제출하여 승인을 요청하여야 하며, 수송안전실장(관제팀장)은 요청 받은 작업계획서를 검토하여 승인을 하고, 작업계획에 관한 승인사항 및 운전취급 등을 주관본부장 및 관계부서(종합관제실, 관제센터 및 운행관련부서 등)에 통지하도록 이 지침에 규정되어 있다.


주간작업계획 이외에 시설물의 파손·고장으로 인하여 중단된 열차운행을 재개하기 위한 작업, 열차안전운행에 위해를 주거나 줄 수 있는 장애를 제거하기 위한 작업, 고속열차 운행 중 선로진동개소를 통보받은 구간 또는 기타 열차운행을 위하여 긴급히 시행되어야 할 작업 등은 주관본부장이 관제사(작업조정관제사)에게 일일작업계획서를 작업시행일 14:00이전까지 제출하여 작업승인 요청을 하여야 하며,

관제사(작업조정관제사)는 승인 요청을 받은 일일작업계획 일정을 조정하거나 또는 계획사항에 대한 수정을 요구할 수 있으며, 승인을 할 경우 각 담당관제사와 협의하여 승인하고 그 내용을 작업등록부에 기록, 유지하여야 하며, 승인 후에 승인사항을 즉시 주관본부장에게 통보하고, 사후 수송안전실장(관제팀장)에게 이를 보고하여야 한다.

1.5 차량분야

1.5.1 차량제원

사고차량의 편성 및 주요제원은 [표 4]와 같다.

항 목	주 요 제 원									
차량 편성	PC1	ET1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	ET8	PC2
	동력차	일반실 1호객차	일반실 2호객차	특실 3호객차	일반실 4호객차	일반실 5호객차	일반실 6호객차	일반실 7호객차	일반실 8호객차	동력차
										
운행개시일	- 2010.2.12									
총 주행거리	- 161,181.7km									
최고속도	- 설계최고속도 : 330km/h - 영업최고속도 : 300km/h									
차체길이	- 편성 : 약 201m - 차량 : 동력차 22.7m, 단부객차 21.8m, 중간객차 18.7m									
차체폭	- 동력차 : 약 2,814mm - 객차 : 약 2,970mm									
제동성능	- 고속선로 300km/h에서 3,300m 이내 정지 - 기존선로 150km/h에서 1,000m 이내 정지									
차량중량	- 공차중량 : 403톤 이하 - 만차중량 : 434톤 - 축중 : 17톤 이하									
대차	- 동력대차 : 4대 - 부수대차 : 9대									
제동장치	- 전기제동 : 회생제동, 저항제동 - 기계제동 : 부수대차 디스크제동, 동력대차 담면제동									
열차진단제어장치(TDCS)	- 차량의 상태 및 작동모드 표시 및 제어기능 수행 - 견인/제동 운전상태 감시 및 안전장치와 연계, 운전 및 유지보수 지원 - 운행 중 고장정보를 무선장치를 통해 실시간으로 전송 - 중련시 후부열차 상태를 전부열차 운전실에서 확인									

[표 4] 차량 편성 및 주요제원

1.5.2 차량 유지보수상태

사고열차가 2010.2.12 도입된 이후 사고 전일까지 1년 동안 운행되는 동안 한국철도공사가 사규인 「철도차량 유지보수 지침 제3조의2(검수기준)」⁽³⁾에서 규정하는 정기검수를 정상적으로 수행한 것으로 확인되었다. 아래 [표 5]는 최근의 검수종별 정기검수 현황이다.

(3) 철도차량 유지보수 지침 : 철도차량의 정상적인 기능을 확보하고, 이를 보전하기 위해 검사, 장비 등에 관한 사항을 준수하기 위한 세부적인 유지보수항목, 유지보수방법 등을 규정하고 있다. KTX-산천의 경우 제3조의2(검수기준)에서 규정하는 정기검수의 검수종별 검수기준은 다음과 같으며, 검수가 중복되는 경우에 상위검수가 하위검수를 포함한다.

- 기본검수(ES) : 3,500km(최대), 실내설비검수/주행기어검수 : 14일 또는 20,000km(최대), 체계검수(SWT) : 50,000~55,000km, 제한검수(LI) : 4개월 또는 150,000~165,000km, 일반검수(GI) : 8개월 또는 300,000~330,000km

검수종별	가장최근검수일자	직 전 검수일자	장치구분	점검 항목
	총주행km	총주행km		
기본검수(ES)	'11.2.4	'11.1.29	기계	대차 제동장치 등 점검
	159501.3km	156551.9km	전기	유지보수 시험
			차체	승강문장치 검사
실내설비검수(CE) /주행기어검수(RGI)	'11.2.8	'11.1.12	기계	대차 제동장치 등 점검
	161181.7km	146432.9km	고장수리(전기)	유지보수 시험
			실내설비	승강문장치 검사
체계검수(SWT)	'11.1.21	'10.4.19	기계	연결기, 차축 등 점검
			견인제동(전기)	견인전동기, 지붕장치 등 육안점검
			공기조화(전기)	스택바 설비 등 점검
	151474.1km	41366.3km	고장수리(전기)	유지보수 시험
			객차전기(전기)	축전지 상태 점검
제한검수(LI)	'10.7.5	(없음)	기계주기	연결기, 동력대차 등 점검
			기계일상	연결기, 객차대차 등 점검
			견인제동(전기)	주전력변환장치 등 점검
			공기조화(전기)	공기조화장치 등 점검
	64337.4km	(없음)	공기제동(전기)	주공기압축기 등 점검
			고장수리(전기)	방송장치, 차상신호장치 등 점검
			객차전기(전기)	축전지, 객차인버터 등 점검
			차체주기	승강문 장치 점검
일반검수(GI)	'10.12.1	(없음)	기계주기	연결기, 동력대차 등 점검
			기계일상	연결기, 객차대차 등 점검
			견인제동(전기)	주전력변환장치 등 점검
			객차전기(전기)	공기조화장치 등 점검
	112101.2km	(없음)	공기조화(전기)	주공기압축기 등 점검
			공기제동(전기)	방송장치, 차상신호장치 등 점검
			고장수리(전기)	축전지, 객차인버터 등 점검
			차체주기	승강문 장치 점검

[표 5] 정기검수 현황

1.5.3 열차진단제어장치의 고장기록

1.5.3.1 열차의 고장기록

사고열차 운전실의 열차진단제어장치(4)에 저장된 사고당일의 고장기록을 검토한 결과, 부산역을 10:45:26경에 출발하여 사고발생 지점에 진입하기 전까지 발생

(4) 열차진단제어장치(TDCS : Train Diagnostic Control System) : 중앙제어장치(CCU), 단말제어장치(VCU), 무선송수신장치(RTD) 및 화면장치(DU)로 구성된다. 차량에서 주요고장(MF), 주요보완고장(MCF), 기타고장(OF), 이벤트(EM) 등이 발생하면 이를 화면에 현시함과 동시에 차상컴퓨터의 내부 메모리에 기록하고, 또한 주요고장(MF) 및 주요보완고장(MCF)의 경우는 이를 무선전송장치를 통해서 차량기지, 관제센터 등에 송신한다.

※ 주요고장(MF : Main Fault) : 고장발생 시 차량 운행이 불가능한 고장

※ 주요보완고장(MCF : Main Complementary Fault) : 고장발생 시 차량 운행은 가능하나 진행방향으로 운행 완료 후 기지 입고하여 유지보수를 하여야 할 고장

된 고장은 모두 2건이다. 고장내용은 열차 운행에 영향을 미치지 않은 신호장치의 일시적인 통신결함이었던 것으로 확인되었다.

1.5.3.2 차량기지로 전송된 고장정보

열차진단제어장치에 저장되는 고장정보는 무선전송장치를 통해서 실시간으로 차량기지에 전송된다. 사고당일에 고양차량기지에서 열차로부터 전송받은 고장정보를 확인한 결과 주요고장(MF) 및 주요보완고장(MCF)이 없었다.

1.5.4 사고구간 통과 시 차량의 주행거동

1.5.4.1 차량 주행상황

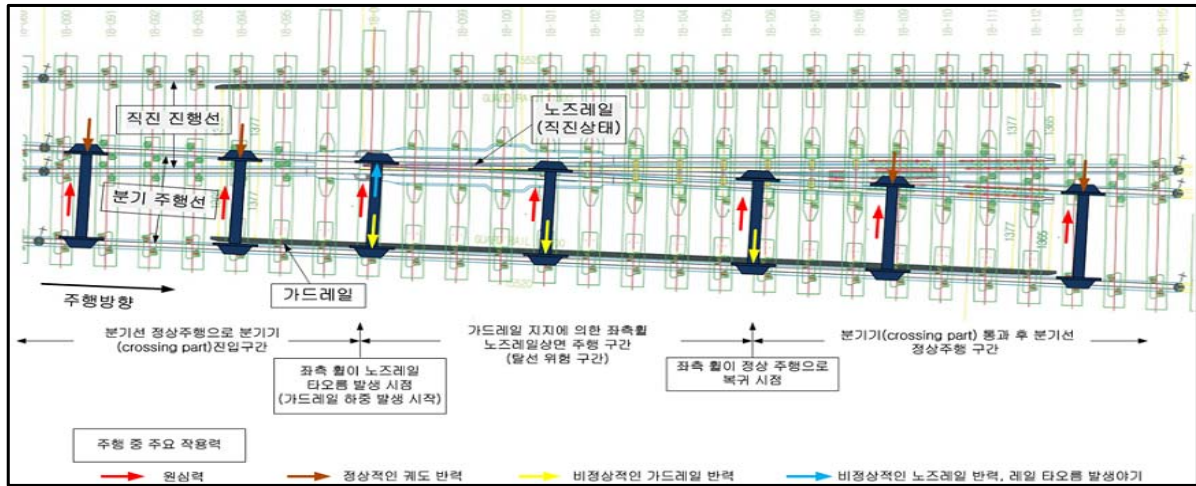
차량이 제0458호 선로전환기의 포인트부를 진입한 후 가동크로싱을 통과하면서 선두의 4량은 탈선되지 않았으나, 나머지 차량 6량은 진행방향 좌측으로 탈선되었다.

1.5.4.1.1 가동크로싱에서 선두 4량 통과 과정

선두 4량의 가동크로싱 통과 과정은, 차량이 가동크로싱의 노즈레일 전까지는 분기기 곡률에 의한 원심력과 좌측레일의 지지반력으로 횡방향 힘의 평형을 이루면서 정상적으로 주행하였다.

좌측차륜이 직진선 방향으로 조정되어 있는 노즈레일에 막혀 접촉되면서 반력을 받았으나, 이때는 이미 우측차륜이 가드레일에 의해 분기선 방향으로 안내되고 있었고 가드레일의 지지력에 의해 좌측차륜이 노즈레일을 타고오르는 상태가 되었다.

선두 4량 차량의 가동크로싱 통과 개략도는 아래 [그림 6]과 같다.



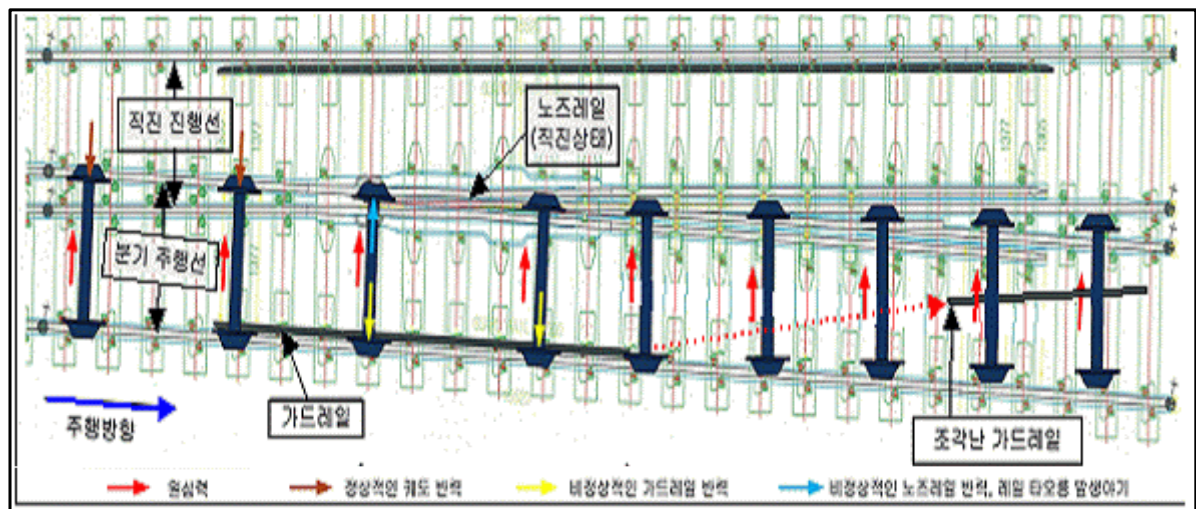
[그림 6] 선두 4량 차륜의 가동크로싱 통과 개략도

1.5.4.1.2 가동크로싱에서 나머지 6량 탈선 과정

5~10호까지 6개 차량이 가동크로싱을 통과하면서 탈선되는 과정은, 1~4호 차량의 연속 통과로 증가된 노즈레일 반력으로 인하여 가드레일의 파괴가 시작되었고 5호차 전부대차가 통과할 때 마침내 절단된 것으로 추정된다.

가드레일이 절단됨으로써 원심력을 지지할 수 있는 힘이 감소되어 5호차를 포함한 나머지 6량이 연속적으로 진행방향 좌측으로 이탈되었다.

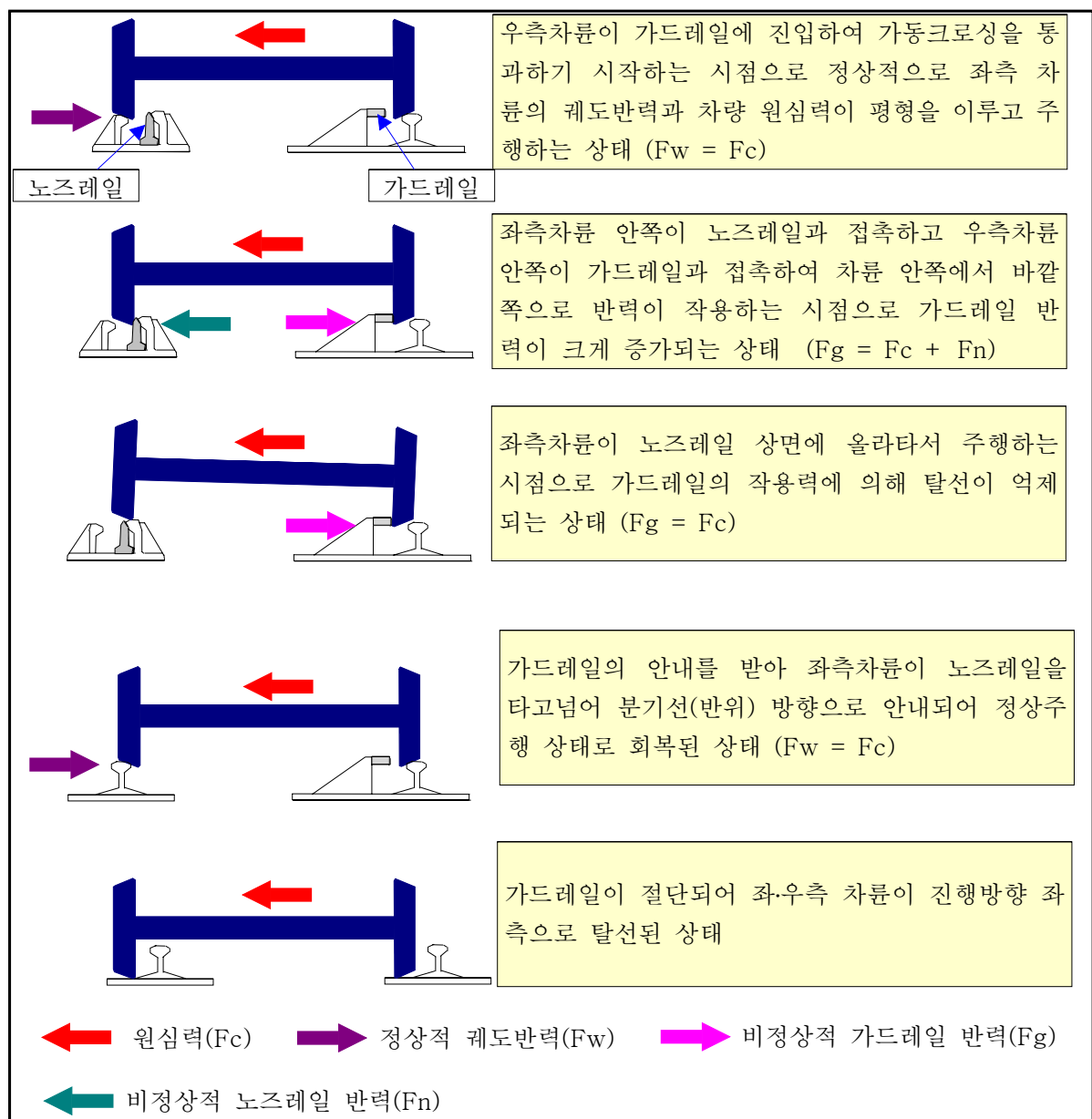
5호차 전부대차의 가동크로싱 탈선 개략도는 아래 [그림 7]과 같다.



[그림 7] 5호차 전부대차의 가동크로싱 탈선 개략도

1.5.4.2 차륜/레일의 작용력 관점에서의 주행 과정 분석

사고열차가 가동크로싱 통과 시 좌측차륜과 노즈레일 간 충돌에 의한 반력 및 원심력에 의한 횡압이 가드레일을 좌측으로 끌어 당기는 힘으로 작용되었으며, 차륜의 지속적인 통과로 인하여 가드레일이 허용횡압 75kN을 견디지 못하고 절단되면서 탈선으로 이어졌다. 아래 [그림 8]은 이 과정에서의 차륜/레일 작용력을 개념적으로 도식한 그림이다.



[그림 8] 가동크로싱 주행 과정 중 발생하는 차륜/레일 작용력 개념도

1.5.4.3 반위(우선회) 주행 시의 가드레일 작용력

선두 4량의 차륜이 가동크로싱을 80km/h의 속도로 통과할 때의 좌측차륜과 노즈레일간 충격에 의한 반력(F_n), 차량의 원심력(F_c), 가드레일의 반력(F_g) 등의 작용력을 계산한 결과, 아래 [표 6]과 같이 가드레일 반력이 최대값 108.72kN, 평균값 75.43kN으로 산출되어, 가드레일 허용횡압 75kN을 초과함으로써 가드레일이 절단되었던 것으로 판단된다. 가드레일의 허용횡압 75kN은 설계기준에 적합하였다.

구 분	노즈레일 반력	차량 원심력	가드레일 반력
최대값(kN)	101.67	7.05	108.72
최소값(kN)	33.17	4.60	37.77
평균값(kN)	69.05	6.38	75.43

[표 6] 가동크로싱에서 가드레일의 작용력 계산 결과(80km/h 속도)

1.5.4.4 차륜이 노즈레일을 타고오를 수 있는 속도

선두 4량의 좌측차륜이 노즈레일을 타고오를 수 있는 속도를 계산한 결과, 평균속도가 77.24km/h이고, 최고속도는 77.71km/h, 최소속도는 75.70km/h 이다.

따라서, 실제 주행속도 약 80km/h은 이들 값보다 크므로 타고오름이 가능하였던 것으로 판단된다.

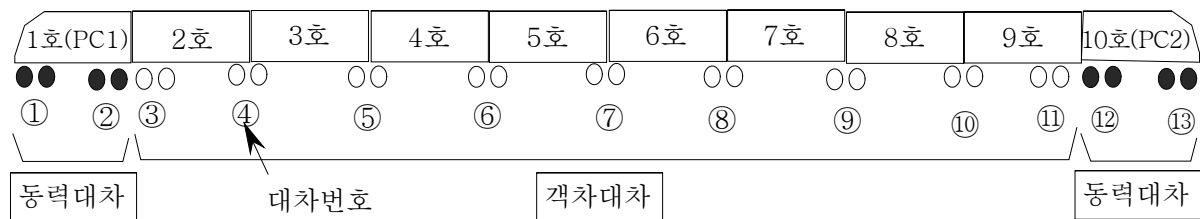
1.5.5 차륜상태

사고열차 차륜의 각 부분 치수를 측정한 결과 아래 [표 7]과 같이 차륜관리기준 이내인 것으로 확인되었다.

측정항목	기준값(삭정 불필요)	차륜측정결과			
		PC1 동력차		2~9번째 차량	PC2 동력차
차륜직경	850.00~920.00mm	최소	899.19	902.30	884.80
		최대	904.67	914.79	900.70
내면간거리	1,352.00~1,358.00mm	최소	1354.70	1353.60	1353.70
		최대	1355.40	1355.40	1355.40
활동면간거리	1,410.00~1,421.00mm	최소	1417.40	1416.60	1416.80
		최대	1419.00	1418.30	1418.20
플랜지높이	36.00mm 이내	최소	28.92	29.40	29.00
		최대	29.70	30.50	30.20
플랜지두께	28.00~32.50mm	최소	31.10	31.10	31.30
		최대	31.80	31.80	32.00

[표 7] 사고열차 차륜 치수 측정결과

사고열차의 차륜 위치도는 아래 [그림 9]와 같다.



[그림 9] 차륜 위치도

차륜의 표면상태를 조사한 결과, 탈선되지 않은 1호차 전부대차부터 4호차 전 부대차까지의 5개 대차 차륜 표면상태를 확인한 결과 아래 [그림 10]과 같이 열차 진행방향의 좌측차륜은 공통적으로 플랜지 상부에 대각선 방향으로 긁힌 흔적이 있었고, 우측차륜은 플랜지 측부에 원주방향으로 긁힌 흔적들이 있었다.



[그림 10] 차륜 플랜지 긁힌 흔적

탈선된 5호차 전부대차부터 10호차 후부대차까지의 8개 대차 차륜 표면상태를 확인한 결과 아래 [그림 11]과 같이 공통적으로 차륜의 답면과 플랜지에 탈선 당시에 레일, 침목, 자갈 등과 접촉하면서 발생한 크고 작은 손상 흔적들이 있었다.



[그림 11] 차륜 답면 및 플랜지 손상 흔적

1.6 선로분야

1.6.1 선로 유지보수

사고발생구간의 선로 유지보수는 「선로정비지침」(2008.11.21, 한국철도시설공단)에 의거 한국철도공사의 외주업체에서 시행하고 있으며 궤도검측은 월 1회 궤도검측차로 실시하였고, 광명시설사업소에서는 궤도검측 결과에 따라 보수를 하고 있었다.

분기기, 레일 및 코일 이상유무, 체결구 체결 상태 등에 대한 점검내용을 검토한 결과 선로는 양호한 상태였음이 확인되었다.

사고발생 전에 실시된 사고발생구간에 대한 선로점검 내용은 [표 8]과 같다.

점검일시	위 치	점검방법	점검자	선로점검결과	조치사항
2010.12.8. 01:02~04:20	상, 하선 서울기점 21km~24km	도보	2명	분기기 및 레일 점검 이상없음	없음
2011.2.5. 01:16~04:00	상, 하선 서울기점 21km~23km	도보	2명	분기기, 코일 및 레일상태 양호	없음

[표 8] 사고발생구간 선로점검 내용

1.6.2 선로상태

사고발생구간의 선로는 자갈도상의 복선궤도이었고, 침목은 PC침목이었으며, 자갈도상 다지기상태, PC침목상태, 레일상태 등은 양호하였다.

사고발생 전(2010.11.11) 사고발생구간에 대한 궤도검측 결과는 [표 9]와 같다.

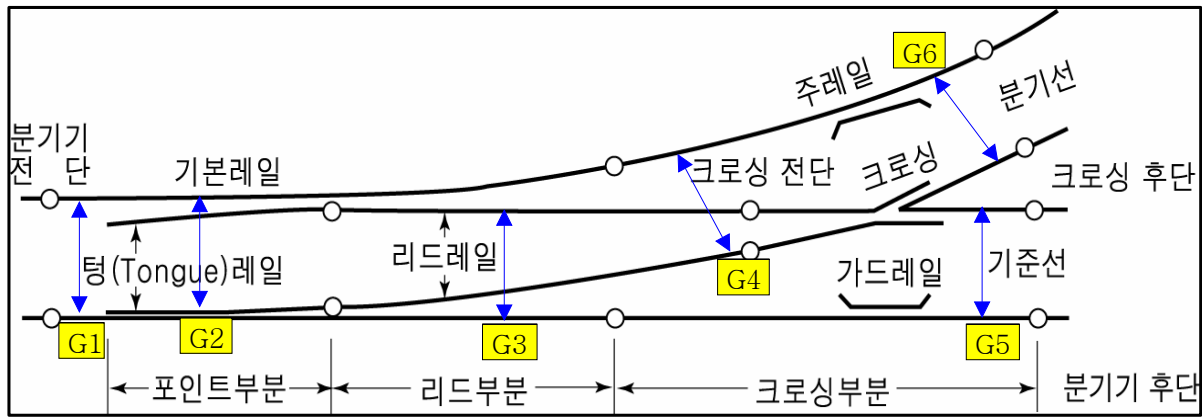
검측일	검측 구간 (km, 서울기점)	틀림지점 (km, 서울기점)	거리 (m)	점검결과	보수 허용한도	비 고
2010.12.22	T1(하선) 20.433~67.036	22.798	1	우측레일이 좌측레일보다 8mm 높음	13mm이하	진행감시
	T2(상선) 20.541~66.885	23.168	1	좌측레일이 우측레일보다 8mm 높음	13mm이하	진행감시
		23.170	2	우측레일 방향이 9mm 틀림	7mm이하	'10.12.30 보수완료
2011.1.19	T1(하선) 20.483~67.337	틀림 발생 개소 없음				
	T2(상선) 32.547~67.106	틀림 발생 개소 없음				

[표 9] 사고발생구간 궤도검측 결과

사고발생구간 궤도검측 결과를 확인한 결과, 사고발생 전인 2011년 1월 19일 상·하선 궤도에는 보수 대상 개소가 없었고, 사고발생 전까지 KTX열차가 이상 없이 운행되었던 점으로 볼 때, 사고발생구간의 궤도는 이번 탈선사고와 관련된 문제점이 없었다.

1.6.3 선로전환기 궤간 상태

제0458호 선로전환기 궤간은 [그림 12]와 같은 위치를 사고발생 전인 2010년 11월 11일 측정하였고, 그 결과는 [표 10]과 같다.



[그림 12] 제0458호 선로전환기 궤간 측정 위치

측 정 위 치	수 치(mm)			비 고
	설 계치	보수허용한계	측 정 값	
G1	1,435	+6, -5	1,434	
G2			1,433	
G3			1,435	
G4			1,435	
G5			1,435	
G6			1,435	

[표 10] 제0458호 선로전환기 궤간 측정 결과

[표 10]의 제0458호 선로전환기 궤간 측정 결과와 같이 궤간 측정값은 한국철도시설공단 「선로정비지침」(제147조 선형관리기준)의 보수허용한계 이내인 것으로 확인되었다.

사고 직후 복구과정에서 선로전환기(P0458, P0457, P0454), 크로싱 레일, 상행선 레일, 하행선 레일 등이 모두 교체되었다.

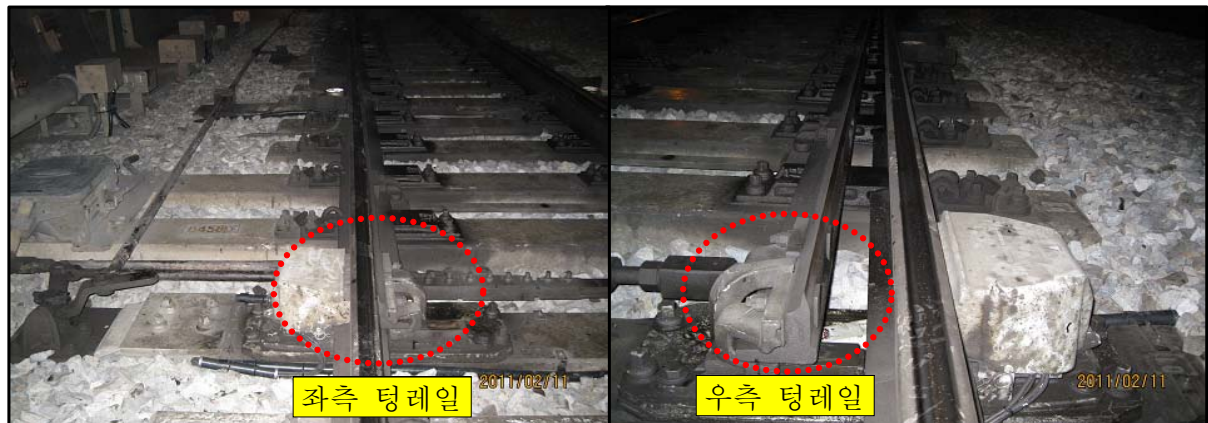
1.6.4 선로전환기의 포인트 및 가동크로싱 상태

사고발생지점 제0458호 선로전환기 텅레일 및 가동크로싱은 광명시설사업소에서 연1회 정기정밀점검을 실시하고 있었고, 사고발생 전 정밀점검 결과는 [표 11]과 같이 허용범위 이내였다.

점 검 항 목	수 치(mm)				비 고
	기준치	허용범위	점 검 값		
			좌	우	
포인트 개폐간격 (가동크로싱 분기)	115	0, +3	115	116	
개방된 텅레일의 보호 값	1,375	0, +3	1,377	1,377	
텅레일의 직각 틀림	0	25	2	3	
텅레일과 기본레일의 밀착상태	0	1.5	0.7	0.4	
가동크로싱 보호 값	1,377	-2, +2	1,377	1,377	
가드레일의 높이	13	-2, +5	15	15	
텅레일과 기본레일 사이의 수직마모	0	0, +4	0	0	
기본레일 측면 마모	양호	자 이용	양호	양호	
텅레일의 측면 마모	양호	자 이용	양호	양호	
텅레일의 이빠짐	양호	자 이용	양호	양호	

[표 11] 제0458호 선로전환기 정밀점검 결과

제0458호 선로전환기의 좌·우 텡레일[그림 13] 및 가동크로싱[그림 14]은 사고 열차 탈선 시 충격에 의해 손상되었다.

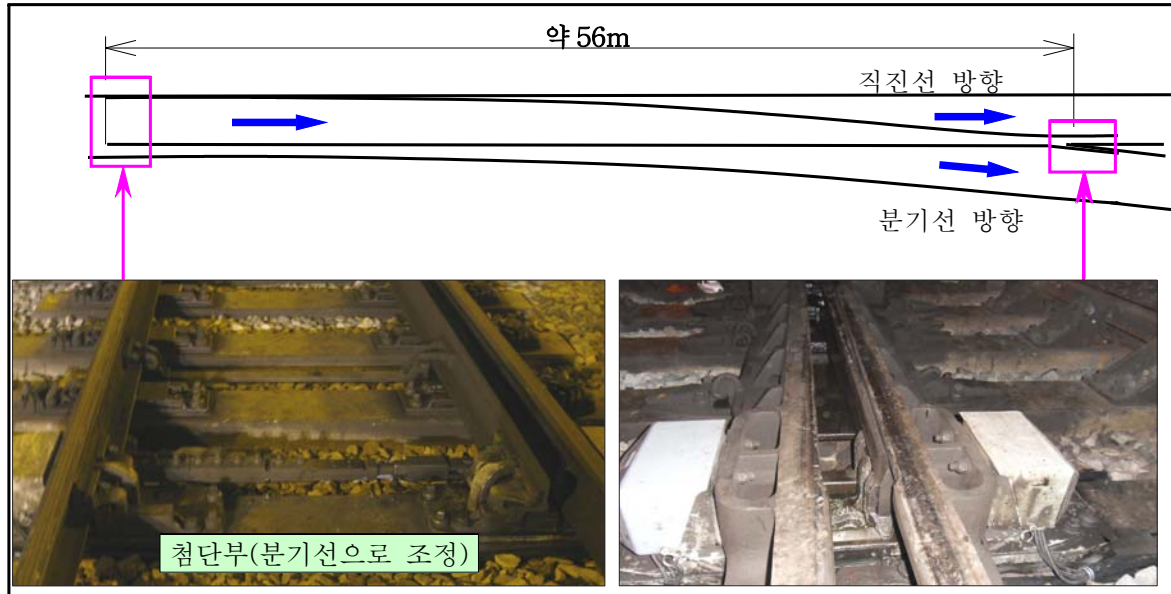


[그림 13] 제0458호 선로전환기 좌·우 텡레일 손상 상태



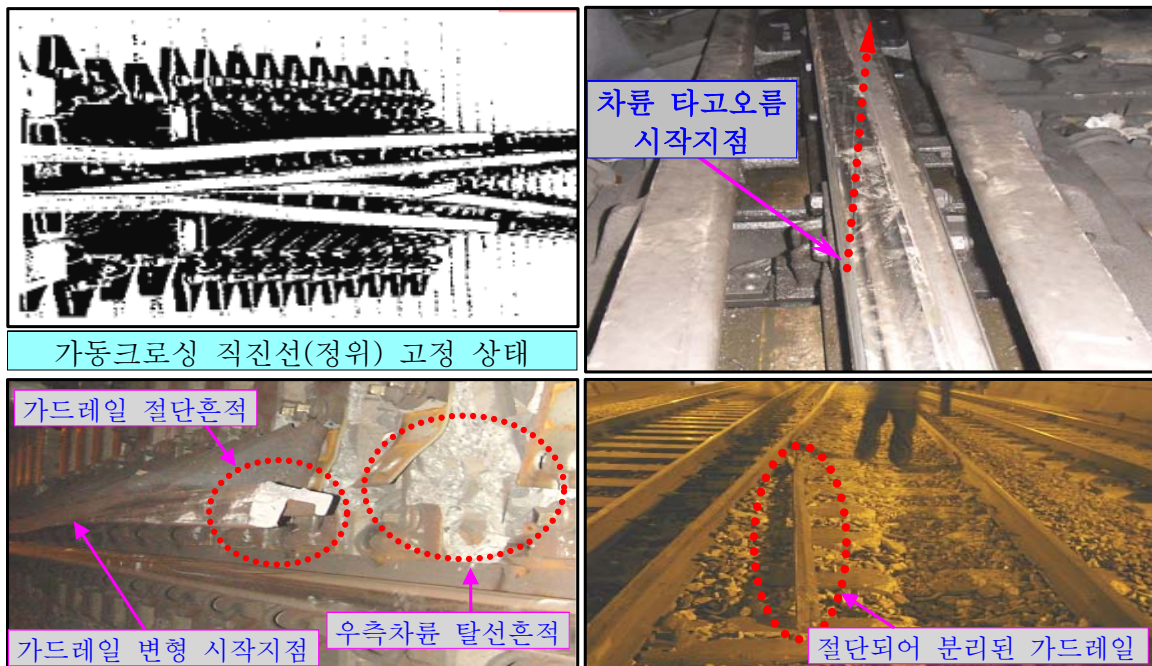
[그림 14] 제0458호 가동크로싱 손상 상태

[그림 15]에 나타난 바와 같이 선로전환기 포인트는 반위(우회선) 방향으로, 가동크로싱 노즈레일은 정위(직진) 방향으로 각각 조정되어 있었다.



[그림 15] 분기기 진행방향 불일치 상태

선로위에서의 최초 탈선흔적은 [그림 16]과 같이 가동크로싱에서 발견되었다. 가동크로싱의 노즈레일 측면과 상면에 차륜과의 접촉으로 인한 긁힘 흔적이 있었다.



[그림 16] 선로전환기 가동크로싱부 최초 탈선 흔적

1.7 신호분야

1.7.1 선로전환기의 신호시설 유지보수 상태

한국철도공사는 「신호제어설비유지보수지침」(개정, 2010.11.01) [별표2]에 의거 고속선 선로전환장치의 유지보수 검사를 월별검사, 반년검사, 연간검사로 구분하여 실시하고 있다.

최근에 실시된 유지보수 검사는 2011년 01월 17일 23:00 ~ 익일(18일) 05:00까지 외주업체 직원 5명이 실시한 월별검사였다. 한국철도공사 유지보수 기록에는 선로전환기 P0458 밀착쇄정기의 밀착간격이 (좌)0.5, (우)0.5로 기록되었고, F0458 밀착쇄정기의 밀착간격이 (좌)0.6, (우)0.8로 기록되어 각각 기준치(1mm 이내) 이내였다.

그 외 선로전환기 관련 12개 항목에 대한 기능검사결과 이상이 없었다.

1.7.2 케이블 교체공사

한국철도공사 오송고속철도전기사무소는 경부선 고속분기기의 노후개소 케이블, 전선관 및 히팅장치 덮개 등의 보수공사를 발주하여 ‘철도신호공사적격심사세부기준’에 의거 (합)○○전기공사를 공사업체로 선정하고 [표 12]와 같이 시행하였다.

<공사개요>

- 인가번호 : 오전기 제2010-24호(‘10.12.20)
- 공 사 명 : 경부고속선 노후 고속분기기 보수 기타공사
- 공사위치 : 경부고속선 광명, 화성, 신탄진, 영동, 김천, 철곡IEC, 둔포IEC
- 공사기간 : 2010. 12. 24 ~ 2011. 04. 12
- 공사업체 : (합) ○○○○전기공사
- 감 독 자 : 광명신호제어사업소장
천안아산신호제어사업소장
김천구미신호제어사업소장
- 공사종류 : 케이블 교체 (각종) 28,607.4m 등 4종

[표 12] 보수공사 발주내용

광명역 제0458호 선로전환기 제어케이블 교체작업(2월 11일 01:18~04:24, 승인 번호 제480호)은 관제사로부터 승인되었다.

공사업체 작업자 10명은 광명신호제어사업소 선임전기장으로부터 작업 전 현장 안전교육을 받고 제0458호 선로전환기의 각종 제어함의 케이블 교체 작업을 실시하였다. 개인별 작업임무를 부여하여 동시에 여러장소에서 작업이 실시되었고, 포인트부의 각 제어함(밀착쇄정기×2, 밀착검지기×6, PB⁽⁵⁾×1, DB⁽⁶⁾×1, MJ81⁽⁷⁾×1) 작업이 03:00경 완료되고, 동일한 방법으로 크로싱부(밀착쇄정기×2, 밀착검지기×2, PB×1, DB×1, MJ81×1) 작업이 03:20경 완료되었다.

광명신호제어사업소 선임전기장 등 2명은 각각 여러 장소에서 실시되는 공사업체 작업자들의 작업상태를 감독하였고, 케이블 교체작업을 마친 후 전압측정을 실시하여 이상이 없는 것을 확인하고, 관제사 B와 선로전환기 전환시험을 2회 실시하여 전압강하가 없어 이상없는 것을 확인하고, 작업자들이 선로변으로 이동한 것을 확인하고, 관제사 B에게 보호스위치(ZEP0472) 해제를 통보한 후 04:24경 현장에서 철수하였다.

1.7.3 제0458호 선로전환기 장애

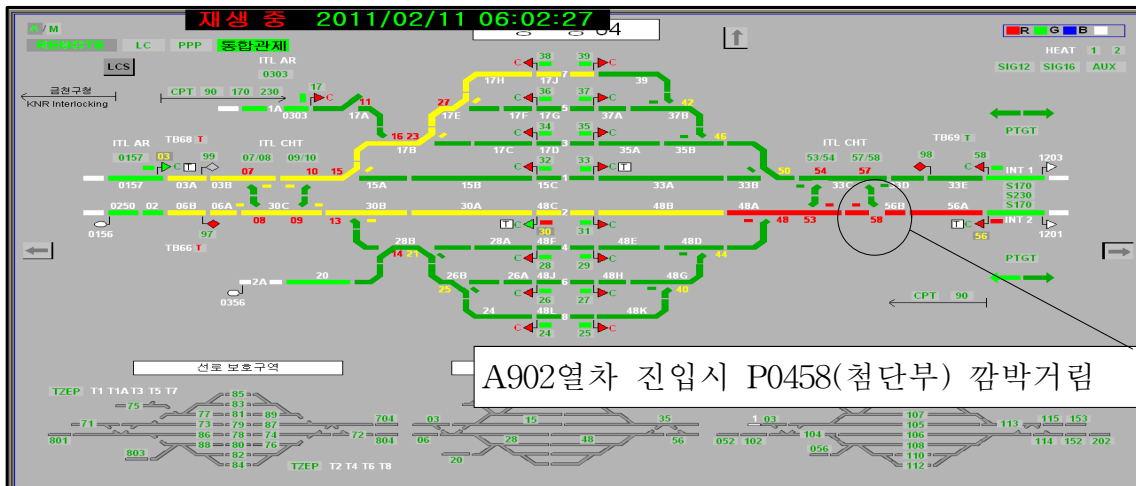
1.7.3.1 관제센터 표시화면의 순간 불일치 상황 현시

06:02경 A902열차가 광명역 장내신호시설 통과 후 관제센터 표시화면상 제0458호 선로전환기에 「순간 불일치」 장애가 약 5초 동안 [그림 17]과 같이 나타났고, 06:26경 A7862열차 통과 후에도 「순간 불일치」 장애가 약 4초 동안 나타났다. 07:11경 A332열차 통과후에는 아무런 장애가 없었다가 07:23경 A0102호 열차 통과 후 「순간 불일치」 장애가 다시 약 2초 동안 나타났다.

(5) PB(Point Box) : 선로전환기 박스

(6) DB(Detecter Box) : 밀착검지기 박스

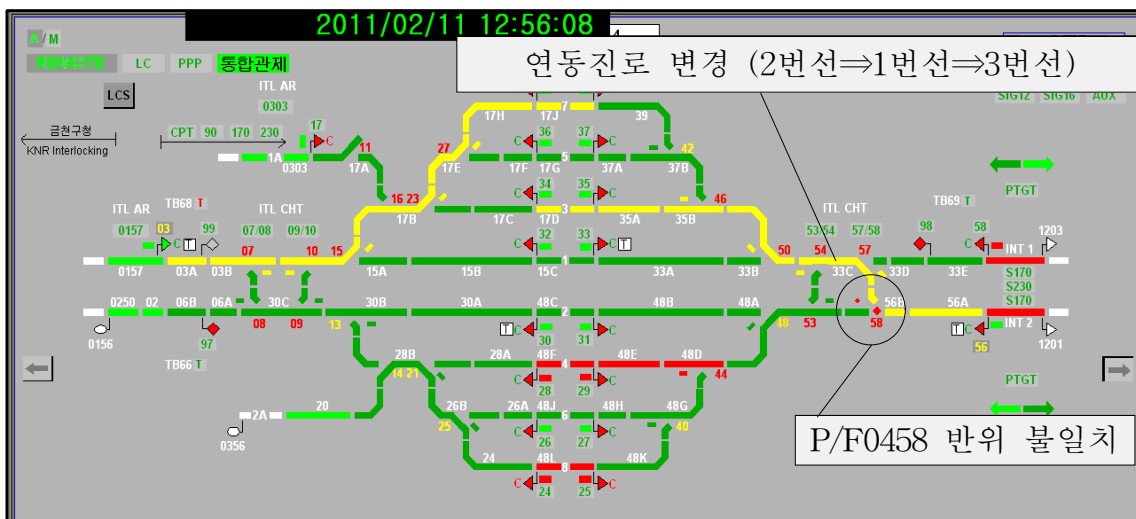
(7) MJ81 : 고속선용 선로전환기



[그림 17] A902열차 진입시 제0458호 선로전환기 「순간 불일치」 발생

1.7.3.2 관제센터 표시화면의 사고발생 상황현시

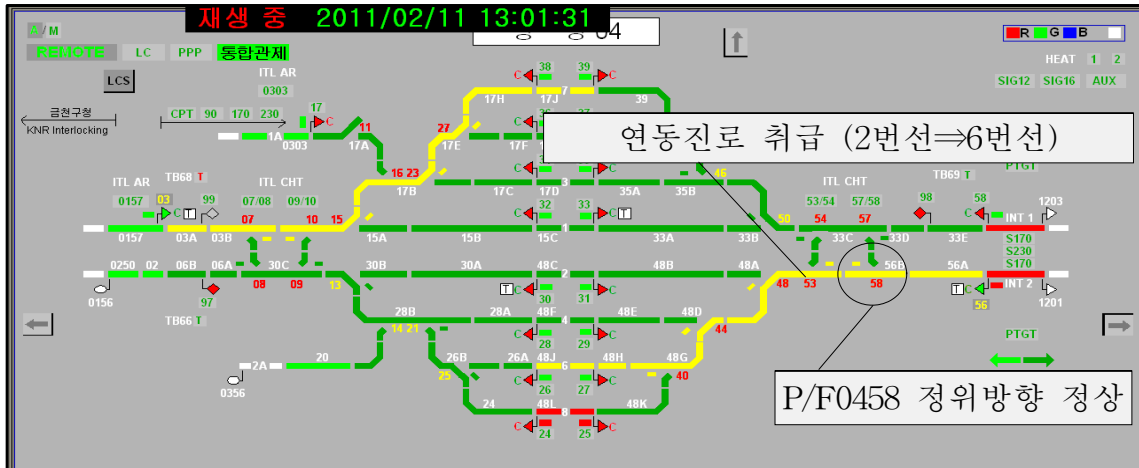
12:56경, 관제사 A는 사고열차의 광명역 도착선 진로를 제2선⇒제1선⇒제3선 방향(노란색부분)으로 연동 취급 중, 제0458호 선로전환기의 「불일치」가 [그림 18]과 같이 발생되어 연동취급을 취소하였다.



[그림 18] 관제사 연동진로 변경시 불일치 발생(12:56)

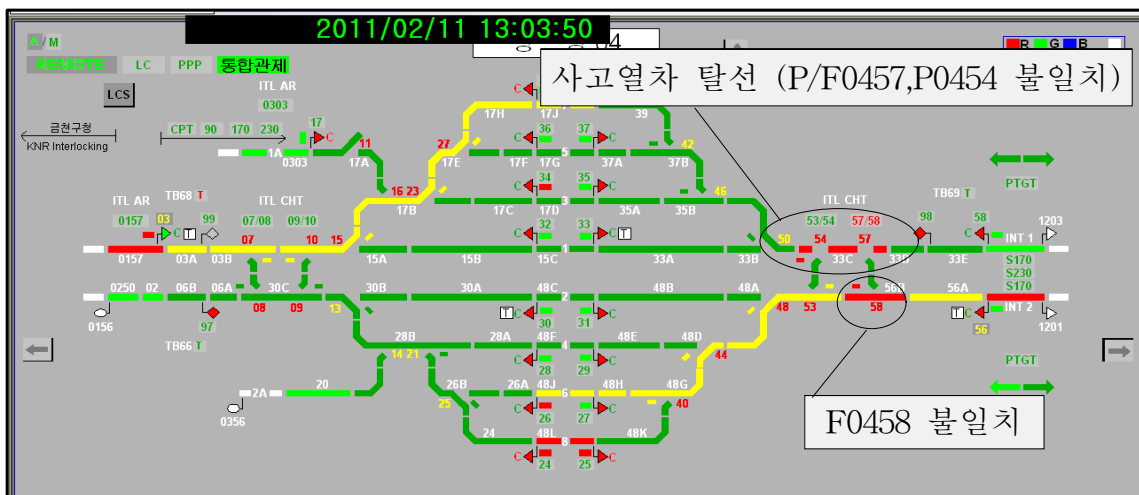
12:57경, 관제사 A는 불일치가 발생된 제0458호 선로전환기 단독으로 전환시행을 실시하였으나 불일치가 발생되었다. 이를 5회 반복하여 전환시행을 하였으나 동일한 상황이 계속되었다.

13:01경, 관제사 A는 제3번선 방향으로의 진로설정이 불가능하다고 판단하여 [그림 19]와 같이 제2번선 ⇒ 제6번선 방향으로 진로를 변경하였고, 이때 진로구성 상태는 정상이었다.



[그림 19] 제2번선⇒제6번선 진로변경(13:01)

13:03경, 제2번선으로 주행하던 사고열차가 제0458호 선로전환기를 통과하면서 [그림 20]과 같이 탈선상황이 표시되었다.



[그림 20] 사고열차 탈선 상태(13:03경)

1.7.3.3 제0458호 선로전환기 PB 결선

관제센터 신호담당직원은 관제사 B로부터 “A902호(점검열차)가 06:02경 광명역 진입시 차내신호가 사라진다.”는 통보를 받고, 신호 문제인지를 관제센터 감시표

시반(MMI)에서 확인한 결과 이상 없었으나 계속 모니터링 중 관제사로부터 두 번째 열차인 A7862호(06:26경)도 똑같은 현상이 나타난다는 통보를 받고 06:30경 광명신호제어사업소 선임전기장에게 장애발생을 통보하였다.

신호장애를 통보받은 선임전기장 등 2명은 광명신호계전기실로 이동하여 궤도 회로와 연동장치 유지보수자용 단말기로 확인 결과, 실내장치에는 이상이 없었고 제0458호 선로전환기의 불일치 장애임을 확인하였다. 또한 열차가 진입할 때 장애현상이 나타났다가 열차가 지나간 후 정상상태로 회복되는 것을 볼 때 당일 새벽시간(01:18~04:24)에 실시된 제어케이블 교체작업 개소와 관련이 있을 것이라고 판단하였으며, 관제센터 신호담당직원에게도 이 내용을 보고하였다.

07:05경 관제센터 신호담당직원은 광명신호제어사업소 선임전기장에게 “실내문제가 아니면 「밀착검지기」 조건을 현장에 이동하여 직결하라”고 하였고, 이에 따라 선임전기장 등 2명은 무전기 및 공구류를 휴대하고 현장으로 갔다.

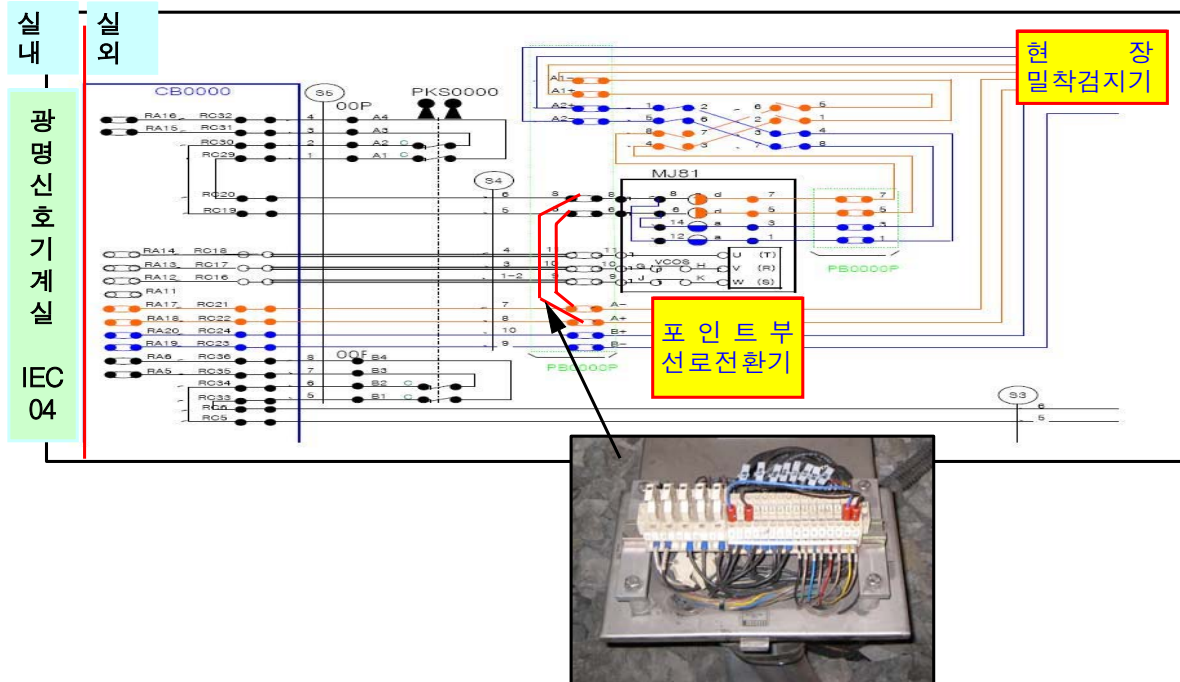
07:20경 선임전기장 등 2명이 현장에 도착하여 제0458F 선로전환기(크로싱부) 입·출력단자 전압을 측정하였는데, 마침 A102열차(07:24)가 통과하여 전압변동을 측정한 결과 이상이 없음을 확인하고, 07:30경 제0458호 선로전환기 포인트부로 이동하여 [그림 21]과 같이 포인트박스내의 단자 8번(+)과 A⁺, 6번(-)과 A⁻를 각각 점퍼선으로 직결하였다.

밀착검지기의 직결조치에 관련된 사항은 「한국철도표준규격」(KRS SG 0030-10, 밀착검지기), 「철도신호설비 보수 매뉴얼」(Ⅲ-1 선로전환기) 및 「철도설계편람」(제4장 선로전환기장치)에 그 기술적 내용이 있으며, 한국철도공사는 「밀착검지기 장애예방을 위한 개선」(2007.07.20) 문서로 직결조치에 관련된 사항을 지시한 바 있다.

선임전기장은 관제센터 신호담당직원으로부터 「밀착검지기 직결」을 지시 받았으나, 밀착검지기 6개 중 정확한 장애 개소를 알 수 없어 밀착검지기 대신 포인트박스내 진로표시회로를 직결시킨 것으로 진술하였다.

07:30경 선임전기장이 관제센터 신호담당직원에게 “조치는 되었으니 열차 지장은 없으나 전압변동(20~0V)이 심하여 계속 점검하겠다.”하고 제0458호 선로전환기

포인트부의 선로변 DB, 케이블선명찰, 케이블 피복상태, 단자 접속상태, 전선관~박스의 접속상태 등을 점검하였다.



[그림 21] 제0458호 선로전환기 PB 진로표시회로 결선변경 상태

08:54경 선임전기장 등 2명은 관제사 C로부터 무전기를 통하여 터널내 미승인 작업이므로 철수하라는 지시를 받았으나 현장에서 계속 점검하였다. 09:13경 크로싱부(F0458)의 PB 케이블 접속상태를 점검할 때 관제사 D로부터 현장에서 철수하라는 2차 독촉전화를 받은 후, 제0458호 선로전환기 PB에서 진로표시회로를 직결시킨 것을 그대로 두고 현장에서 철수한 것으로 조사되었다.

「신호제어설비 유지보수지침」(2010.11.01, 한국철도공사) 제17조(금지사항)에 「‘사용 중인 계전기, 회로제어기, 전자카드 등의 접점과 부품에 코드선이나 기타의 방법으로 접속하여 회로를 구성하는 일’과 ‘책임자의 승인 없이 장치의 변경(결선변경을 포함한다)을 하는 일’은 어떠한 경우라도 금지하여야 한다.」라고 규정되어 있으나 이 규정이 지켜지지 않았다.

「고속철도운전취급세칙」(2010.10.22, 한국철도공사) 제38조(고속선 출입제한)에는 위험지역 내로 접근할 경우에는 관제사 승인을 받아야 되고, 제41조(터널작업시 안전조치)에는 터널 내 작업을 위하여 진입하는 경우에는 관제사에게 통보

하여야 하며, 제69조(신호보안장치의 고장 또는 장애가 발생한 경우의 조치)에 유지 보수자는 관제사의 승인을 받은 후 보수작업을 해야 하고 그 보수작업 완료후 관제사와 합동기능시험을 실시하도록 규정되어 있으나, 이들 규정이 지켜지지 않았다.

PB 진로표시회로의 결선이 임의로 변경된 구체적 내용을 모른 채, 관제사가 사고열차의 진로를 제2번선에서 제3번선 쪽으로 구성시켰을 때 선로전환기는 반위(우선회)측으로 전환되었으나 관제센터의 표시화면에는 「불일치」가 나타나 진로 구성이 되지 않았고, 다시 진로를 정위(직진)방향으로 구성시켰을 때 표시화면에는 「정상」으로 나타났지만 선로전환기의 포인트부는 반위(우선회)로, 크로싱부는 정위(직진)로 위치하는 비정상상태가 되었다.

1.7.3.4 밀착쇄정기(컨트롤러) 너트

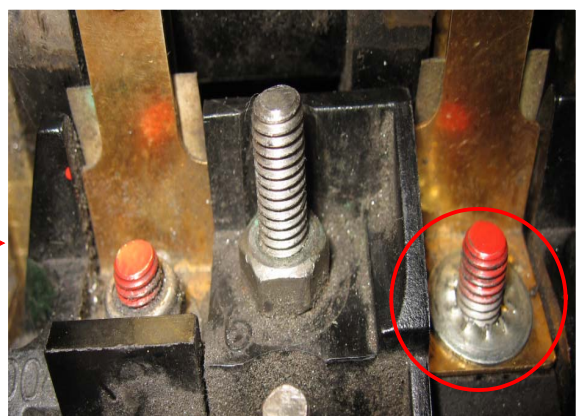
사고 당일 광명역을 06:02경 통과한 A902열차(점검열차)와 06:26경 통과한 A7862열차 및 07:23경 통과한 A102열차가 제0458호 선로전환기를 통과할 때 순간 불일치가 발생되었다가 열차가 통과한 후 복구되는 장애는 밀착쇄정기의 5번 접점편 고정용 너트(규격: 7mm)가 탈락되어 5번 접점이 열차 통과 시 그 진동에 의해 임의로 접촉/비접촉 상태를 반복함에 따라 발생되었다.

사고발생 후 장애원인을 찾기 위하여 제0458호 선로전환기 밀착쇄정기 컨트롤러 단자 연결상태를 점검하던 중 제5번 접점편 고정너트가 없는 것이 발견되었다.

없어진 너트는 그 주변에서 발견되지 않았다. 너트가 없어진 밀착쇄정기는 [그림 22] 및 [그림 23]과 같다.



[그림 22] 제0458호 밀착쇄정기 현장상태



[그림 23] 5번접점 너트탈락(우측) 상태

이 밀착쇄정기는 사고당일 새벽시간(01:18~04:24)에 노후케이블 교체작업이 실시된 개소였다. 밀착쇄정기에는 안쪽 가운데 단자와 바깥쪽 세 개의 단자에 케이블이 접속되는데, 탈락된 너트(케이블 접속용 너트와 동일한 규격)는 케이블이 접속되지는 않지만 작업자가 [여러 개의 너트를 공구로 풀고 ⇒ 노후케이블을 단자에서 빼냄 ⇒ 새 케이블을 단자에 삽입 ⇒ 너트 채움] 순서로 작업하는 과정에서 모든 너트의 크기가 동일하여 부주의로 쉽게 풀릴 수 있는 구조이다.

1.7.4 전차선 전원

이번 탈선사고 구간의 전차선에는 안산전철변전소(안산S/S)에서 교류 단상 25kV를 급전하고 있었다. 사고당시 전차선 전기는 이상없이 공급되고 있었다.

1.8 기타

1.8.1 현장정보

사고가 발생한 장소는 광명역으로부터 남쪽으로 약 790m 떨어진 일직터널내로서, 행정구역상으로는 경기도 광명시 일직동에 속한다.

일직터널내에는 경부고속선 상행선 및 하행선 2개의 선로가 부설되어 있고, 양선로 바깥쪽으로 유지보수용 통행로가 설치되어 있으며, 터널내이기 때문에 항상 조명등이 켜져 있었다.

과거 이 구간에서 발생한 철도사고는 없었다.

1.8.2 기상정보(경기도 광명시 지역)

사고당시 날씨는 대체로 맑고, 기온은 1.8℃이었다.

2. 분석

이 KTX열차 탈선사고의 원인을 규명하기 위해 사고열차 탈선상황, 시설 유지 관리 상태, 관계자 업무처리, 각종 작동기록 및 관련규정 등을 집중분석하였다.

2.1 사고열차 탈선상황

사고열차는 116km/h 속도로 광명역에 접근 중 차내신호기에 90km/h 예고표시가 표출되어 기관사는 상용제동을 취급하여 90km/h까지 감속하면서 타력으로 운행하고 있었다.

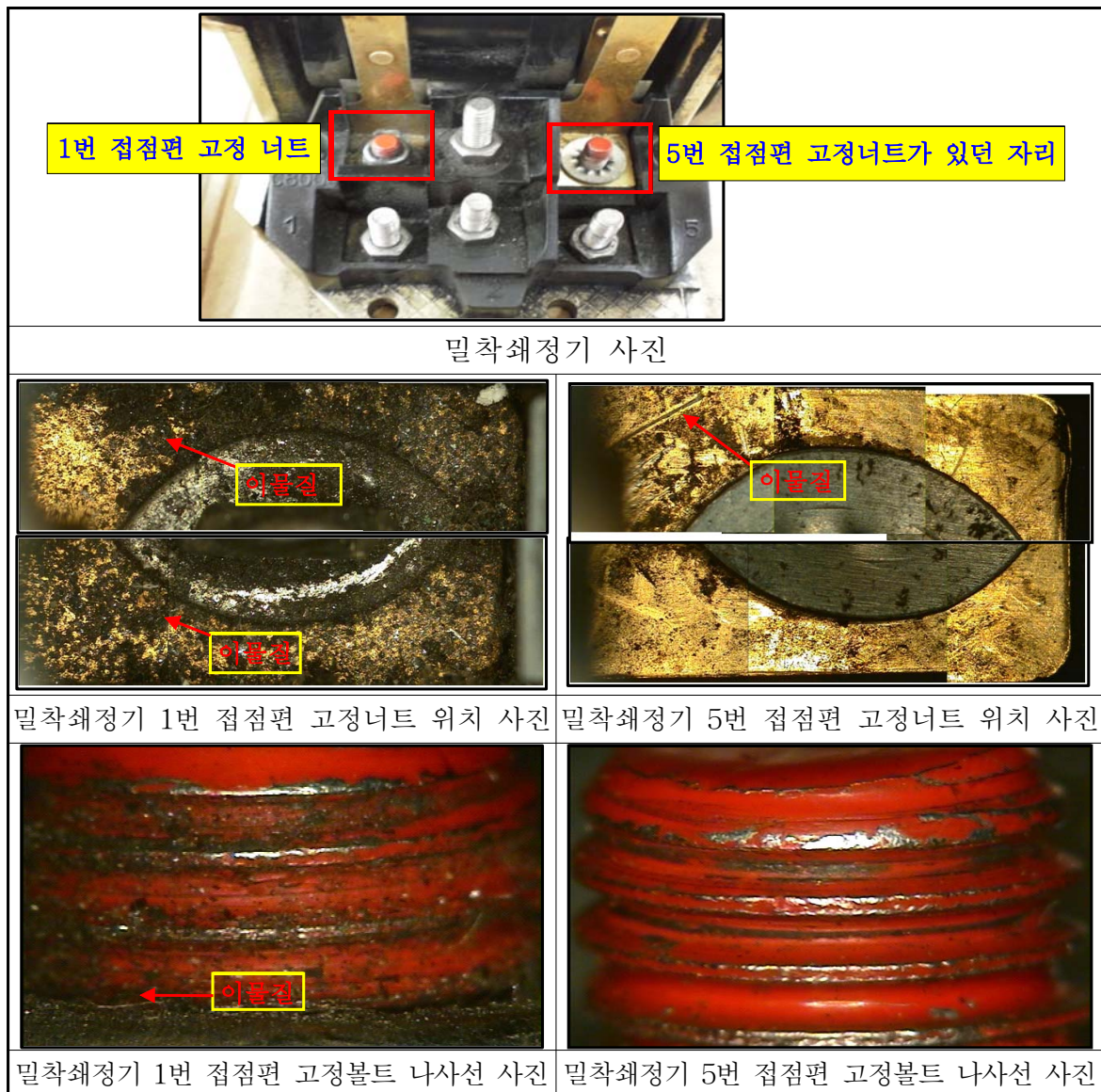
제0458호 선로전환기 포인트부를 86km/h 속도로 통과 중 관제사가 예고한 정위(직진) 방향으로 진입하지 않고, 반위(우선회) 방향으로 진입하였다.

이후 계속 진행하여 제0458호 선로전환기 크로싱부를 약 82km/h 속도로 통과 중 최전부차량의 우측차륜은 가드레일의 지지를 받아 건널선의 기본레일을 따라 계속 진행하였고, 좌측차륜은 가동노즈 분기기를 타고 넘어 건널선으로 진행하던 중 차내신호기에 정지신호(RRR)가 현시되었고, 2초 후 자동으로 비상제동이 체결되어 감속되면서 선두차량 4량은 가동노즈 분기기를 타고 넘어 계속 건널선으로 진행하였으나, 5번째 차량 전부대차부터는 원심력에 의한 횡압과 좌측차륜과 노즈레일 간 충돌에 의한 반력을 견디지 못하여 가드레일을 절단시키면서 좌측으로 탈선(13:03:34경)되었고, 그 상태에서 23초간을 더 주행하다 정차한 것으로 분석되었다.

2.2 밀착쇄정기 콘트롤러 너트 탈락

제0458호 선로전환기 밀착쇄정기 콘트롤러 제5번 접점편 고정너트가 없어진 데 대하여 사고당일 새벽(01:18~04:24) 밀착쇄정기 케이블을 직접 교체했던 공사업체 작업자는 “케이블 교체 작업할 때 밀착쇄정기 콘트롤러 5번 접점에 너트가 있었는지 없었는지 인지하지 못하였고 5번 접점은 케이블과 직접 연결되지 않는 접점이며, 자신은 그 너트를 풀지 않았다.”고 주장하였다.

그러나, 케이블 교체작업 후 첫 열차가 통과 할 때부터 제0458호 선로전환기쪽의 불일치장애가 발생되었고 그 이전엔 장애가 없었으며, 이 너트가 없는 상태에서 현장 진동시험을 실시한 결과 장애당시와 동일한 전압변동(불일치)이 발생되었고, [그림 24]와 같이 너트가 끼워져 있던 볼트와 그 주변 부위에 대한 전자현미경 관찰, 이물질 분포상태 및 성분조사 등 정밀분석을 한 결과 동 너트는 케이블 교체작업 시점에 없어진 것으로 판단되었다.



[그림 24] 밀착쇄정기 정밀 분석

2.3 신호시설 유지보수자(공사감독자)의 업무처리

광명신호제어사업소 신호시설 유지보수자인 선임전기장 등 2명이 케이블교체공사 감독시 공사업체 소속 10명의 작업자가 케이블 교체작업을 실시할 때 주변환경이 어두워(조도 약 5 Lux) 작업자 개인의 행동을 동시에 관찰하기는 다소 어려운 상황이었지만 밀착채정기 콘트롤러 너트가 탈락된 것을 인지하지 못한 것은 공사감독업무가 제대로 수행되지 못하였기 때문인 것으로 판단된다.

또한, 그 이후 관제사 승인없이 터널내 장애발생 장소로 진입하였고, 관련규정에 의거 어떠한 경우라도 책임자 승인없이 신호설비 결선변경을 할 수 없는 데도 불구하고 포인트박스 진로표시회로를 점퍼선으로 직결시켜 정위(직진)쪽으로 진로구성시는 진로표시가 발생된 장애와 관계없이 「정상」으로 표출되고 반위(우선회)쪽으로 진로구성시는 무조건 불일치 표시가 되는 상태로 만들었는 바, 이는 자신만의 판단으로 관제사가 제0458호 선로전환기를 반위쪽으로는 진로구성을 하지 않을 것으로 잘못 예측한 결과이며, 이런 임시조치 내용 및 그에 따른 부작용을 관제사에게 정확하게 통보하지도 않았다.

이는 동 유지보수자의 감독하에 사고당일 새벽에 시행된 케이블 교체공사 개소에서 장애가 발생된 점, 고속열차를 지연시키지 않으려는 기술자로서의 의욕과 책임감, 그리고 신호장애 지속은 고속열차 지연과 승객의 요금환불로 이어지게 되고 자신의 소속기관이 안전성적 평가 시 불이익을 받는다는 심리적 부담, 또한 야간근무(케이블 교체공사 감독 등)로 장시간 업무수행에 따른 피로감 등이 작용되어 안전 관련 규정과 절차가 제대로 이행되지 않았기 때문인 것으로 분석되었다.

2.4 관제사의 관제업무 수행

관제센터 관제사들의 운전취급사항, 광명역의 신호연동장치 캡처화면, 관제실 이벤트기록, 속도기록계 기록 및 무선전화 녹취기록을 분석한 결과, 관제사가 운전명령에 의하여 케이블 교체작업을 통제하고, 선로전환기에 장애가 발생하였을 때 규정대로 본사 종합관제실에 보고하였으며, 기관사에게 선로전환기 통과시 오류신호 발생 가능성을 예고하고, 장애 발생 사실을 해당분야 직원에게 전파하고,

터널 내 진입승인이 안된 유지보수자에게 즉시 이탈토록 조치한 내용 등은 적절하였다.

그러나, 06:02 ~ 07:24 사이 3대의 열차가 차내신호기 정지신호(RRR)에 의하여 비상제동이 체결되어 정지되었음에도 불구하고 이를 단순한 장애로 간주하고 「상행선 운행중지→고장개소 확인 및 복구→안전성 시험」 등 적절한 조치를 취하지 않았다.

12:55경 사고열차가 광명역에 도착하기 직전 선로전환기 불일치장애가 발견되고 이후 5회에 걸친 선로전환기 단독전환시험 결과 「선로전환기 작동불량」이 확인되었는데도 불구하고 사고열차의 광명역 진입을 중지시키거나 초저속으로 운행토록 하는 등 적절한 안전조치를 취하지 아니하고 「작동불량」상태인 선로전환기를 사고열차가 빠른 속도로 지나가도록 한 것으로 판단된다.

또한, 관제센터의 전기운용부 신호담당직원은 신호설비의 장애·복구에 대한 통제업무를 담당하면서 신호보수자의 터널 내 미승인 진입 사실에 대하여 인지하고 있으면서도 담당 관제사에게 그 내용을 통보하지 않았다.

2.5 기관사의 열차 운전

고속철도운전취급세칙(제정 2010.05.31. 개정 2010.09.07)에 의거, 고속선로를 운전하는 열차 또는 차량은 ATC기능을 확보하고 차내신호기 현시조건에 따라 운전 하도록 되어 있다.

이번 사고의 경우 기관사는 차내신호기에 정상적인 신호현시가 이루어진 상태에서 사고열차를 운전하였으며, 제0458호 선로전환기를 통과하면서 관제사가 예고한 제6번선이 아닌 제1번선쪽으로 진입하는 것을 인지하였으나 다음편 제225호 열차의 지연방지를 위해 제1번선을 경유하여 제3번선으로 도착시키는 것으로 생각(*실제 2010.11.5부터 제224호 열차 운행시 이와 동일하게 제3번선으로 도착하고 있었음)하면서 그 사실을 확인하기 위해 관제사와 통화를 시도하였으나 통화량이 많아 직접통화가 이루어지지 않았다.

2.6 사고열차 도착선 변경

이번 사고가 발생한 제224호 열차(부산→광명 13:03)가 광명역에 도착한 후 제225호 열차(광명 13:30→부산)로 출발하기까지 남은 시간은 27분이었다.

따라서, 제224호 열차를 광명역 제3번선으로 도착시킨 후 그 자리에서 출발시킬 경우 승객이 하차하는 시간과 기관사가 운전실을 바꾸는 시간, 청소시간 등을 포함하여 약 15분이 소요되어 지연없이 열차운용이 가능하기 때문에 출발선인 제3번선으로 진로를 변경한 조치에는 문제점이 없는 것으로 판단된다.

2.7 선로상태

선로유지보수 기록을 분석한 결과 사고발생구간의 상행선 궤도는 정기적으로 유지보수 작업이 수행되었고, 자갈도상 다지기, PC침목, 레일, 체결구, 분기기 등의 상태도 양호하였으며, 궤간을 측정한 결과 선로정비지침의 한계값 이내였고, 사고발생 전까지 다른 KTX열차가 이상 없이 운행되고 있었다.

제0458호 선로전환기 텅레일 및 노즈레일 훼손과 가드레일 절단은 사고당시 충격에 의해 발생한 것이었다.

따라서 선로는 사고열차의 탈선에 영향을 미치지 아니한 것으로 판단되었다.

2.8 차량상태

사고열차의 운행정보기록과 고장기록을 검토한 결과 특이한 문제가 발견되지 않았고, 차량의 상태를 조사한 결과, 탈선으로 인한 손상 이외에 주행장치, 차륜, 제동장치, 급전장치, 주전력변환장치 등 주요 장치에 이상이 없었다.

따라서 차량은 사고열차의 탈선에 영향을 미치지 아니한 것으로 판단되었다.

2.9 전차선 등 기타 설비

사고발생구간의 전차선, 지상신호설비, 터널내 조명장치, 기관사/관제사간 무선 통신, 선로 비상전화기 등에서는 이상이 발견되지 않았다.

2.10 고속선 관제 안전관리시스템

한국철도공사가 고속선에 대한 안전관리를 위하여 각종 규정과 절차를 수립하였으나, 실제 현장에서는 이들 규정과 절차가 제대로 지켜지지 않고 있었다. 그 원인으로는 철도종사자들의 규정이행에 대한 인식부족, 철도안전에 대한 불감증, 서로 다른 직종 종사자간 협조부족 등에 기인하는 것으로 파악되었으며,

그 결과 사고 당일 유지보수자가 관제사의 사전승인을 받지 아니하고 선로에 진입하고, 사전에 승인받지 않은 신호설비 변경 작업을 유지보수자가 임의로 실시하고, 또한 그 무단작업 내용과 그에 따라 예상되는 부작용을 미리 관제사에게 알려주지 않은 것으로 분석되었다.

본사에 위치한 종합관제실에 많은 인력과 장비가 배치되어 하루 24시간 관제업무 등에 대한 총괄통제업무를 수행하고 있으나 각 본부에서 파견된 유지보수사령들은 광명역에서 발생한 선로전환기 장애내용을 알고 있으면서도 그 내용을 같은 종합관제실에 있는 관제사에게 통보하지 않았다.

관제센터의 경우 계획부, 관제부 및 전기운용부가 대등한 자격으로 편제되어 관제부는 열차운행에 대한 관제를, 전기운용부는 전기, 신호 등의 유지보수에 대한 업무를 각각 수행하고 있었다. 주간에는 센터장에게 보고하여 업무를 처리하고 있지만 야간 및 공휴일에는 센터장의 직무대행자가 지정되어 있지 않아 지휘감독체계에 공백이 있었다.

관제센터 관제사의 업무수행에 대한 감독체계가 미흡하여, 선로운영상 비정상상태가 발생했는데도 관제센터의 관제부장 또는 선임관제사 중 누구도 해당 관제사의 잘못된 대응을 즉각 시정해 주지 않았다.

2.11 종합

위의 내용을 종합하면 이 탈선사고는, 공사업체 작업자의 부주의로 인한 밀착 쇄정기 너트 탈락, 케이블 교체작업에 대한 감독 미흡, 신호설비 유지보수자의 안전규정 불이행과 진로표시회로 무단 결선, 신호설비 변경내용을 정확하게 관제사에게 통보하지 않음, 관제사의 선로전환기 장애사항에 대한 대응 미흡, 관제업무에 대한 감독 미흡, 철도종사자들의 철도안전에 대한 불감증, 서로 다른 직종 종사자간 협조부족, 한국철도공사 안전관리시스템의 미흡 등이 복합적으로 작용하여 발생된 것으로 분석되었다.

3. 결론

위원회는 이 사고에 대한 사실정보 및 분석결과를 근거로 다음과 같은 결론을 도출하였다.

3.1 조사결과

3.1.1 사고열차는 제0458호 선로전환기 크로싱부 통과 중 최전부차량의 우측차륜은 가드레일의 지지를 받아 건널선의 기본레일을 따라 계속 진행하였고, 좌측차륜은 가동노즈 분기기를 타고 넘어 건널선으로 진행하였으며, 불연속 정보전달장치인 루프케이블을 통과하던 중 차내신호기에 정지신호(RRR)가 현시되었고, 2초 후 자동으로 비상제동이 체결되어 감속되면서 선두차량 4량은 가동노즈 분기기를 타고 넘어 계속 건널선으로 진행하였으나, 5번째 차량 전부대차부터는 좌측차륜과 노즈레일간 충돌 및 원심력에 의한 횡압을 견디지 못한 가드레일이 절단되면서 좌측으로 탈선되었다.

3.1.2 사고열차는 광명역이 종착역이었고, 이후 광명역에서 출발하는 제225호 KTX열차(광명 13:30→부산 15:45)에 사용하기 위해 제3번선으로 도착시킬 계획이었으나, 선로전환기 「불일치」가 생겨 제6번선으로 도착선이 변경되었다.

3.1.3 사고당일 06:02~07:24 사이 3대의 KTX열차가 광명역 제0458호 선로전환기를 통과할 때 「순간 불일치」 장애가 발생되었는데, 이는 밀착쇄정기 콘트롤러의 5번 접점편 고정용 너트(규격: 7mm)가 탈락되어 열차가 통과할 때 마다 그 진동에 의해 접점이 접촉/비접촉을 반복함에 따라 발생되었다.

3.1.4 사고당일 새벽에 진행된 케이블 교체작업 직후부터 선로전환기에서 장애가 발생되었고 그 이전엔 장애가 없었으며, 이 너트가 없는 상태에서 현장 진동시험을 실시한 결과 장애당시와 동일한 현상이 발생되었고, 너트가 끼워져 있던 볼트와 그 주변 부위에 대한 전자현미경 관찰, 이물질 분포상태 및 성분조사 등 정밀분석을 한 결과를 종합해 보면 동 너트는 케이블 교체작업시점에 없어진 것으로 판단되었다.

- 3.1.5 광명신호제어사업소 선임전기장 등 2명이 케이블교체공사를 감독하면서도 밀착채정기 콘트롤러 너트가 탈락되어 없어진 것을 인지하지 못한 것은 공사에 대한 감독이 제대로 이루어지지 못하였기 때문인 것으로 판단되었다.
- 3.1.6 광명신호제어사업소 선임전기장은 「밀착검지기」를 직결하라는 관제센터 신호담당직원의 지시를 받고 관제사 승인없이 터널내 장애발생 장소로 무단 진입하였다.
- 3.1.7 광명신호제어사업소 선임전기장은 어떠한 경우라도 책임자 승인없이 신호설비 결선변경을 할 수 없는 데도 불구하고 임의로 포인트박스 「진로표시회로」를 점퍼선으로 직결시켰으며, 그 내용을 관제사에게 정확하게 통보하지 않았다. 이는 신호설비 유지보수지침 및 고속철도운전취급세칙에 위배되는 것이다.
- 3.1.8 제0458호 선로전환기 불일치 장애를 해결하기 위해 광명역 신호시설 유지보수자가 임의로 선로전환기 진로표시회로를 점퍼선으로 직결시킨 결과, 관제사가 선로전환기 진로를 반위(우선회)에서 정위(직진)로 변경시켰을 때, 관제센터 표시화면에 진로가 정상인 것으로 표시되고 실제 선로전환기의 크로싱부도 정위(직진)로 바뀌었으나 포인트부는 바뀌지 않고 계속 반위(우선회)위치로 잘못 유지되고 있었다.
- 3.1.9 관제센터 관제사가 운전명령에 의하여 케이블 교체작업을 통제하고, 선로전환기에 장애가 발생하였을 때 규정대로 본사 종합관제실에 보고하였으며, 기관사에게 선로전환기 통과시 오류신호 발생 가능성을 예고하고, 장애 발생 사실을 해당분야 직원에게 전파하고, 터널 내 진입승인이 안된 유지보수자에게 즉시 이탈토록 조치한 내용 등은 적절하였다.
- 3.1.10 관제센터 관제사는 06:02 ~ 07:24 사이 3대의 열차가 차내신호기 정지신호(RRR)에 의하여 비상제동이 체결되었음에도 불구하고 이를 단순한 장애로 간주하고 「상행선 운행중지→고장개소 확인 및 복구→안전성 시험」등 적절한 조치를 취하지 않았다.

- 3.1.11 관제센터 관제사는 사고열차가 광명역에 도착하기 직전 선로전환기 불일치 장애가 발견되고 이후 5회에 걸친 선로전환기 단독전환시험 결과 「선로전환기 작동불량」이 확인되었는데도 불구하고 사고열차의 광명역 진입을 중지시키거나 초저속으로 운행토록 하는 등 적절한 안전조치를 취하지 아니하고 「작동불량」 상태인 선로전환기를 사고열차가 빠른 속도로 지나가도록 하였다.
- 3.1.12 관제센터의 신호담당직원은 신호설비에 대한 통제업무를 담당하면서 신호 보수자의 터널 내 미승인 진입 사실에 대하여 인지하고 있으면서도 담당 관제사에게 그 내용을 통보하지 않았다.
- 3.1.13 사고열차는 자동열차제어장치(ATC)에 의하여 운전하도록 되어 있었고, 차내신호기에 정상적인 신호현시가 이루어진 상태에서 운행되고 있었다.
- 3.1.14 관제사가 지연없는 열차운영을 위해 광명역의 부산행 열차 출발선인 제3번 선으로 사고열차의 진로를 변경한 조치에는 문제점이 없었다.
- 3.1.15 사고발생구간의 상행선 궤도는 유지보수 작업이 적절히 수행되었고, 자갈 도상 다지기, PC침목, 레일, 체결구, 분기기 등의 상태도 양호하였으며, 궤간이 선로정비지침의 한계값 이내였고, 사고발생 전까지 다른 KTX열차가 이상 없이 운행되고 있었다.
- 3.1.16 제0458호 선로전환기 텅레일 및 노즈레일 훼손과 가드레일 절단은 사고당시 충격에 의한 것이었다.
- 3.1.17 사고열차의 운행정보기록과 고장기록을 검토한 결과 차량에 특이한 문제가 발견되지 않았고, 탈선으로 인한 손상 이외에 주행장치, 차륜, 제동장치, 급전장치, 주전력변환장치 등 차량에 이상이 없었다.
- 3.1.18 사고발생구간의 전차선, 지상신호설비, 터널내 조명장치, 기관사/관제사 간 무선통신, 선로 비상전화기 등에서는 이상이 발견되지 않았다.

- 3.1.19 철도종사자들의 규정이행에 대한 인식부족, 철도안전에 대한 불감증, 서로 다른 직종 종사자간 협조부족 등으로 인하여 고속선에 대한 안전관리를 위해 수립된 규정과 절차가 제대로 지켜지지 않고 있었다.
- 3.1.20 관제센터에 대등한 자격으로 설치되어 있는 부서(계획부, 관제부 및 전기운용부)들이 주간에는 센터장에게 보고하여 업무를 처리하고 있지만 야간 및 공휴일에는 센터장의 직무대행자가 지정되어 있지 않아 지휘감독체계에 공백이 있었다.
- 3.1.21 관제센터 관제사의 업무수행에 대한 감독체계가 미흡하여, 선로운영상 비정상상태가 발생했는데도 관제센터의 관제부장 또는 선임관제사 중 누구도 해당 관제사의 잘못된 대응을 즉각 시정해 주지 않았다.

3.2 사고원인

2011년 2월 11일 경부고속선 광명역에서 발생한 KTX열차 탈선사고의 원인은 다음과 같다.

사고 당일 새벽에 진행된 일직터널내 밀착쇄정기 케이블교체공사 이후 콘트롤러 제5번 접점편 고정 너트(규격: 7mm)가 없어져 선로전환기 불일치 장애가 발생되었고,

이 선로전환기 불일치 장애를 해결하기 위해 광명역 신호시설 유지보수자가 임의로 선로전환기 진로표시회로를 점퍼선으로 직결시킨 것이 이 사고의 직접적인 원인이다.

이 사고의 기여요인은, ①공사업체 작업자의 부주의로 인한 밀착쇄정기 너트 탈락, ②케이블 교체작업에 대한 감독 미흡, ③신호설비 유지보수자의 안전규정 불이행과 진로표시회로 무단 직결, ④신호설비 변경 내용이 관제사에게 정확하게 통보되지 않음, ⑤관제사의 선로전환기 장애사항에 대한 대응 미흡, ⑥관제업무에 대한 감독 미흡, ⑦철도종사자들의 철도안전에 대한 불감증, ⑧서로 다른 직종 종사자간 협조부족, ⑨한국철도공사 안전관리시스템의 미흡 이다.

4. 안전권고

항공·철도사고조사위원회는 2011.2.11 경부고속선 광명역에서 발생한 KTX 열차 탈선사고에 대한 조사결과에 의거 다음과 같이 안전권고를 발행한다.

4.1 한국철도공사에 대하여

1. 신호설비에 대한 공사 시행시 공사업체 작업자에게 신호설비의 중요성을 주지시키고 작업내용에 대한 감독을 철저히 할 것.
2. 신호설비에 대한 무단 접근 및 변경을 방지할 수 있는 대책을 강구할 것.
3. 철도종사자들의 철도안전에 대한 불감증을 개선하고 서로 다른 직종 종사자간 협조를 증진시킬 수 있는 방안을 강구할 것.
4. 관제업무 및 신호설비업무에 대한 안전관리시스템을 전반적으로 개선하여;
가. 철도안전에 관한 규정을 모든 종사자들이 철저히 숙지 및 이행토록 하고,
나. 신호설비 변경시 그 내용이 신속히 관제사에게 통보되도록 하고,
다. 관제사의 관제업무 수행에 대한 감시·감독을 강화하고,
라. 관제사로 하여금 KTX가 고속으로 운행되는 열차임을 감안하여 아무리 사소한게 생각되는 비정상상태라도 철도안전을 최우선으로 하여 신중히 판단 후 조치토록 할 것.
마. 관제센터장이 없는 야간 및 공휴일에 지휘감독체계에 공백이 없도록 할 것.