

보고서 번호

ARAIB/R 11-5

한국철도공사 호남선 익산역구내 화물열차 탈선('10.9.14.)

# 철도 사고 조사 보고서



2011. 7. 21.



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 사법 절차, 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 목적 이외의 용도로 사용하여서는 아니 된다.

# 차 례

제목 .....	1
개요 .....	1
<b>1. 사실정보 .....</b>	<b>2</b>
1.1 사고경위 .....	2
1.2 탈선현장 .....	2
1.3 피해사항 .....	6
1.3.1 인명피해 .....	6
1.3.2 물적피해 .....	6
1.3.3 피해시설 복구 .....	6
1.4 인적사항 .....	6
1.4.1 기관사 인적정보 .....	6
1.4.2 기타 관계인 인적정보 .....	6
1.5 운전·관제분야 .....	7
1.5.1 기관사 운전취급 .....	7
1.5.2 관제사 관제취급 .....	7
1.5.3 열차조성 .....	7
1.5.4 사고발생 전·후의 통과열차 현황 .....	8
1.5.5 열차 운행정보기록 .....	9
1.5.6 전자연동장치 작동기록 .....	10
1.6 차량분야 .....	10
1.6.1 차량제원 .....	10
1.6.2 사고차량 유지보수상태 .....	11
1.6.3 사고차량 손상상태 .....	12
1.6.3.1 탈선대차 .....	12
1.6.3.2 차축스프링 .....	14
1.6.3.3. 기타부품 손상상태 .....	15
1.6.4 연결기 정적상태 회전저항력 .....	15
1.6.5 현차 재현시험 .....	18

1.7 선로분야 .....	20
1.7.1 선로정보 .....	20
1.7.2 선로전환기 유지보수상태 .....	20
1.7.3 선로전환기 포인트부 상태 .....	21
1.8 신호분야 .....	25
1.8.1 신호시설 유지보수상태 .....	25
1.9 기타 .....	25
1.9.1 기상정보 .....	25
<b>2. 분석 .....</b>	<b>26</b>
2.1 운전취급 적정성 .....	26
2.2 차량상태 적정성 .....	26
2.3 궤도상태 적정성 .....	27
2.4 신호취급 적정성 .....	27
2.5 종합분석 .....	27
<b>3. 결론 .....</b>	<b>28</b>
3.1 조사결과 .....	28
3.2 사고원인 .....	29
<b>4. 안전권고 .....</b>	<b>30</b>
4.1 한국철도공사에 대하여 .....	30

## 호남선 익산역구내 한국철도공사 화물열차 탈선

- 운영기관 : 한국철도공사
- 운행노선 : 호남선
- 발생장소 : 익산역구내
- 사고열차 : 제3068호 화물열차(기관차 1량과 화차 16량 편성)
- 사고유형 : 열차탈선
- 사고일시 : 2010. 9. 14(화) 10:37경

## 개 요

2010년 9월 14일(화) 오전 10시 37분경, 한국철도공사 제3068호 화물열차(이하 “사고열차”라 한다)가 호남선 익산역구내를 통과하던 중 제P52B호 선로전환기에서 9번째 연결된 제970206호 컨테이너 화차(이하 “사고차량”이라 한다)가 탈선하였다. 이 사고로 인명피해는 발생되지 않았으나, 텅레일 등의 선로시설과 공기호스, 연결기, 대차 등의 차량부품이 손상되었다.

항공·철도사고조사위원회(이하 “위원회”라 한다)는 사고차량이 제P52B호 선로 전환기 텅레일 진입 시 차륜플랜지와 텅레일의 접촉각 부족과 텅레일의 표면에 윤활유가 도포되어 있지 않음으로 인한 마찰계수 증가, 그리고 연결기 회전저항으로 인한 횡압이 부가된 것이 이 사고의 추정원인이라고 결정한다.

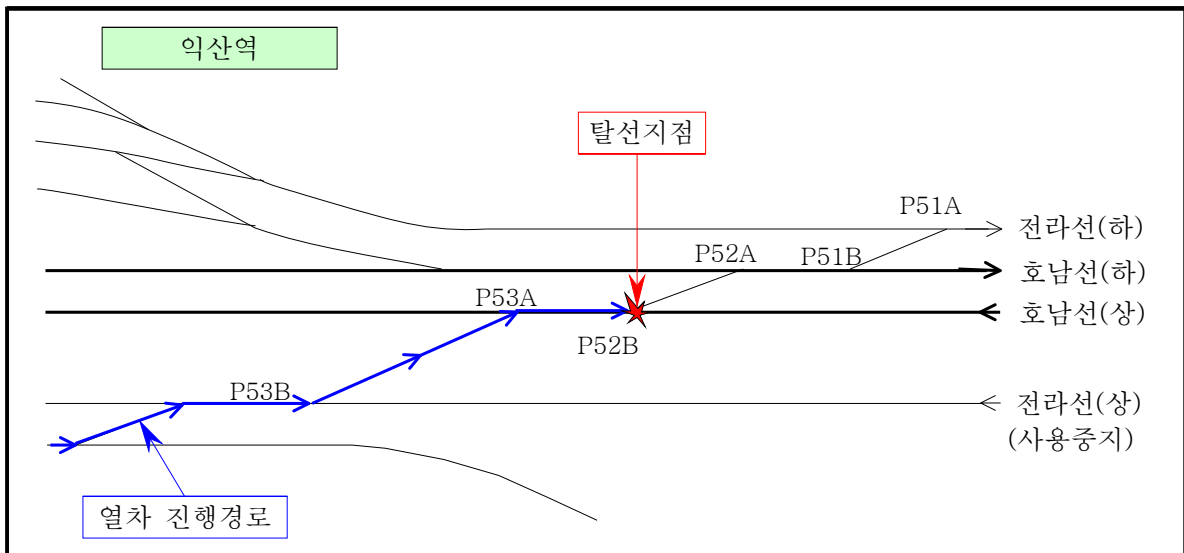
위원회는 사고조사 결과에 따라 한국철도공사에 3건의 안전권고를 발행한다.

## 1. 사실정보

### 1.1 사고경위

2010년 9월 14일(화) 오전 10시 37분경에 사고열차(부산진04:00→동익산10:07)가 익산역에 도착하여 입환작업을 마친 후 전라선(하행) 동익산역 방향으로 이동하던 중, 익산역구내의 제P52B호 선로전환기 포인트부 텅레일위에서 9량째 연결된 제970206호 컨테이너 화차의 전부(前部)대차가 진행방향 우측으로 탈선하였다.

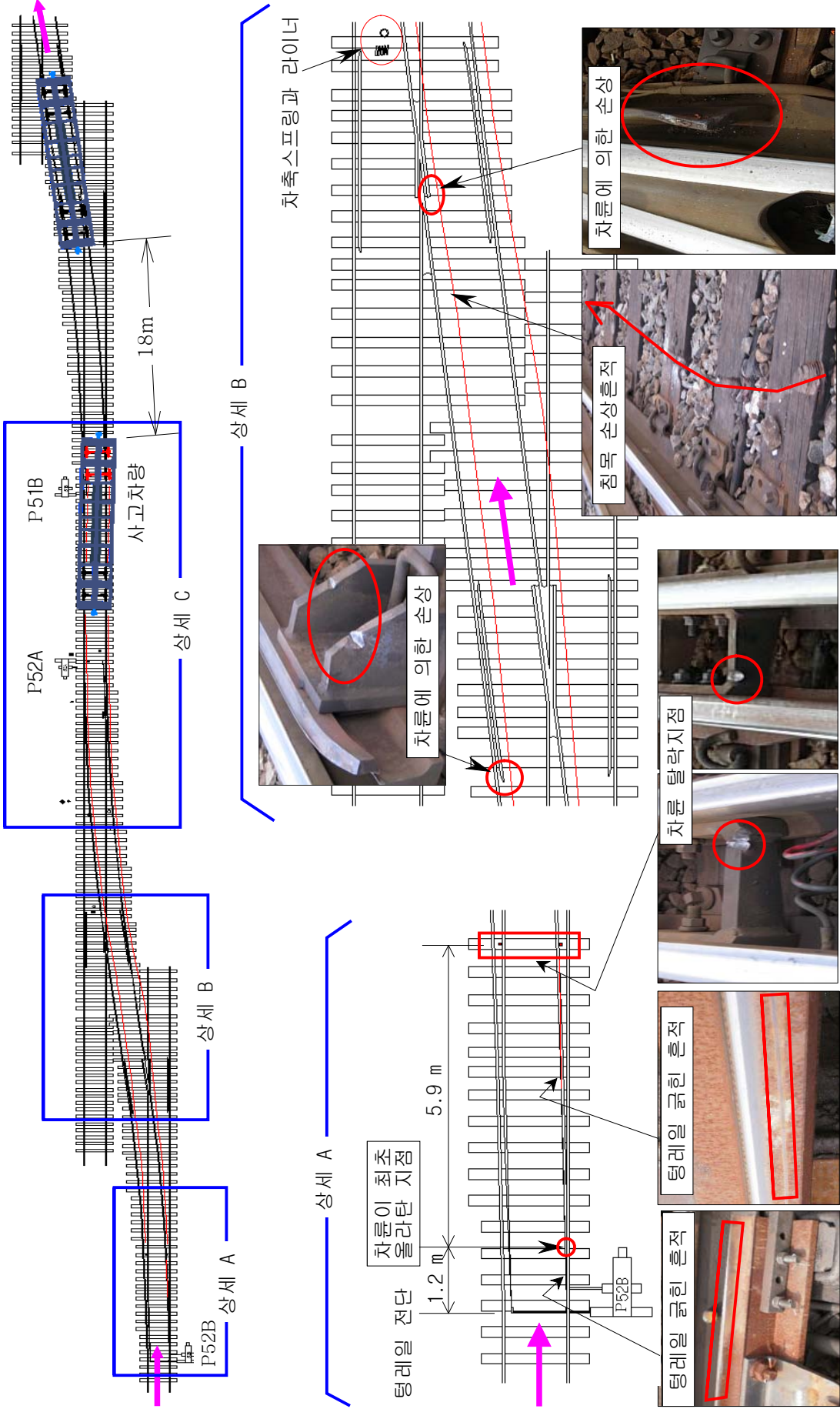
사고발생 지점은 [그림 1]과 같다.

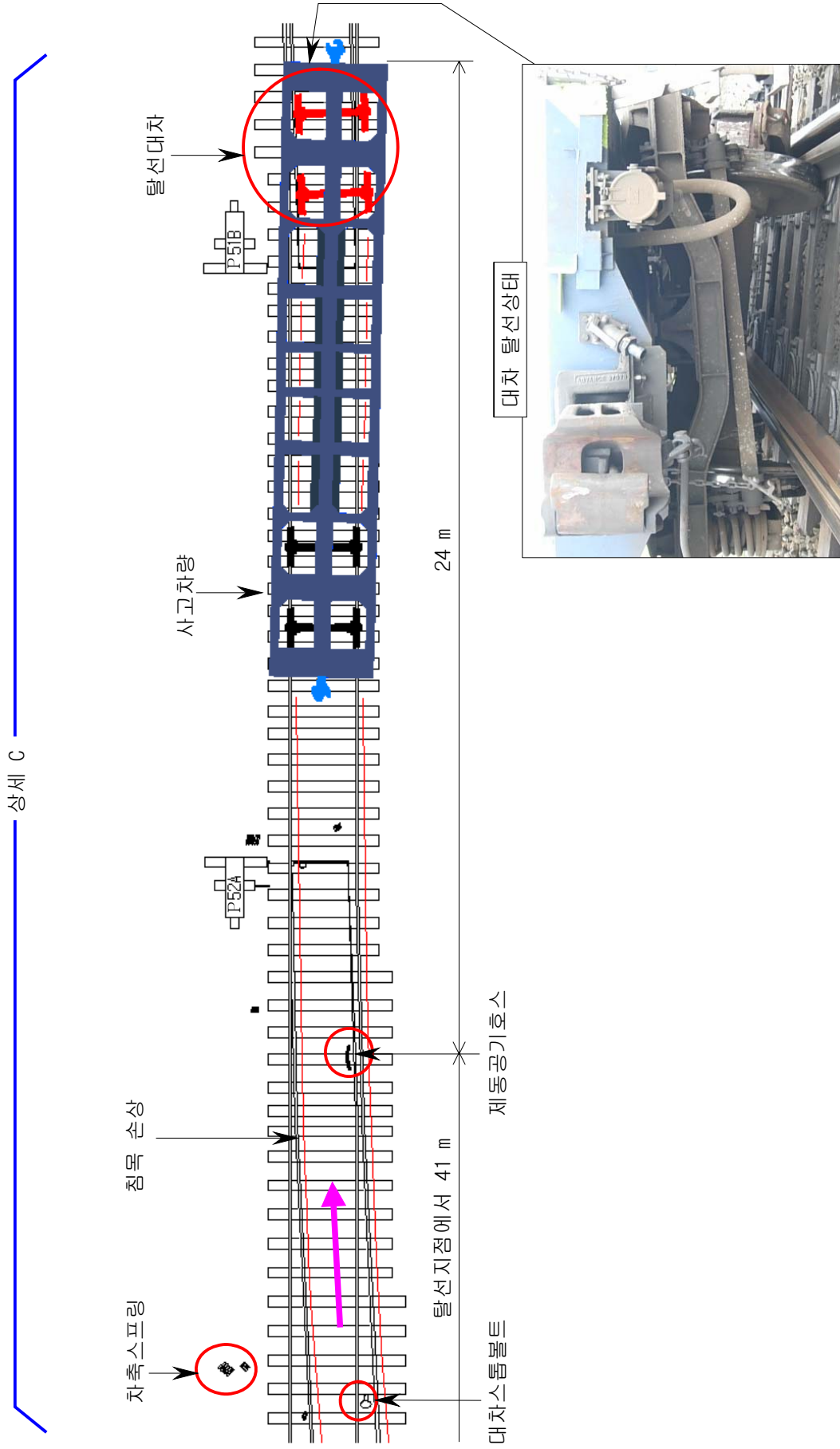


[그림 1] 사고발생 지점 개략도

### 1.2 탈선현장

사고구간 선로에서 탈선에 영향을 줄 만한 장애물이 발견되지 않았고, 최초 탈선흔적, 사고열차의 탈선정차된 형태와 손상부품의 산재 위치, 침목 손상상태 등을 조사한 결과는 다음과 같다. [그림 2]는 탈선현장 상황도이다.





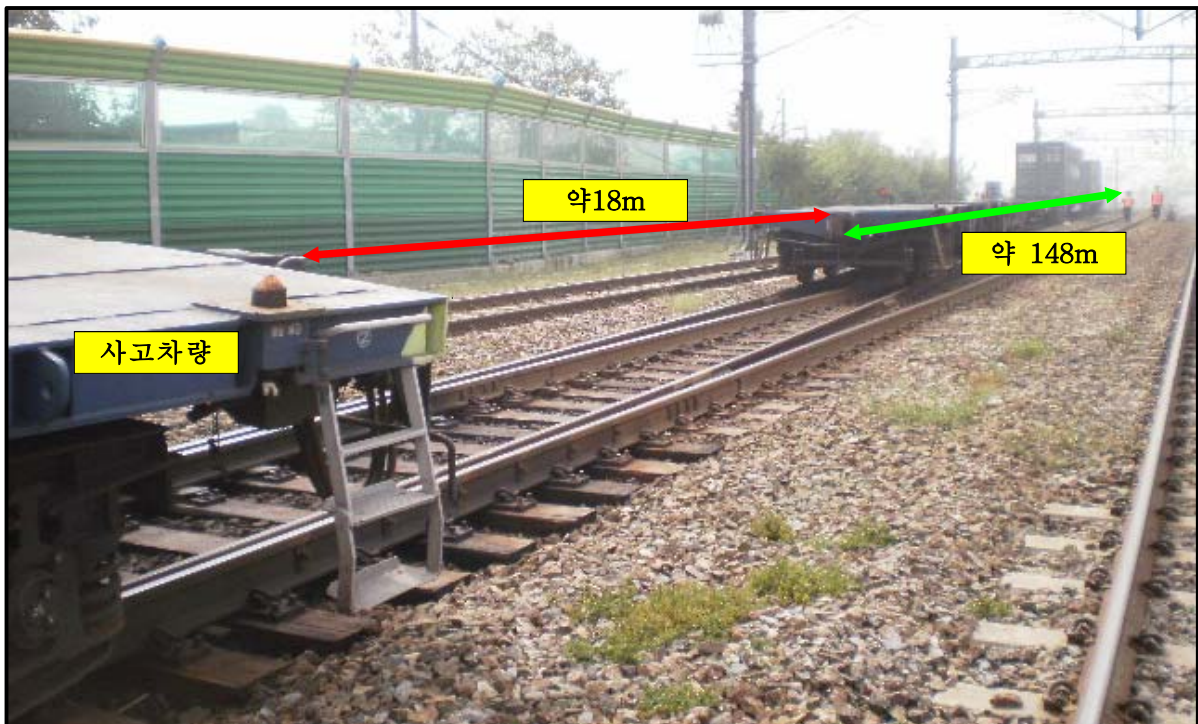
[그림 2] 사고현장 상황도(2/2)



최초의 탈선흔적은 제P52B호 선로전환기 포인트부에서 발견되었다. 차륜플랜지가 이 포인트부 우측 텅레일의 윗부분 모서리에 접촉하면서 진행하다가 침단부 약 1.2m 지점에서 올라타 약 5.9m 텅레일위를 주행한 흔적과 차륜플랜지가 침목 위에 떨어지면서 손상시킨 흔적이 있었다.

사고차량은 탈선 후 계속 이동하면서 침목과 레일을 손상시켰고, 제P52A호 선로전환기의 크로싱을 통과하면서 탈선의 충격으로 차량부품들이 선로위에 집중적으로 탈락되었다. 선로에서 발견된 차량부품은 대부분 탈선대차에서 분리된 것이며 분실된 부품은 없었다. 탈선대차에서 떨어져 나온 부품 이외에 사고차량 전부(前部)의 제동공기호스와 너클핀이 분리·파손된 상태로 제P52A호 선로전환기 침단부와 크로싱부에서 각각 발견되었다.

사고열차는 탈선지점으로부터 약 83m 이동하였고 [그림 3]과 같이 사고차량은 앞차량과 약 18m 분리된 상태로 제P51B호 선로전환기 침단부에서 정차되었다.



[그림 3] 사고차량 분리상태

### 1.3 피해사항

#### 1.3.1 인명피해

이 사고로 인명피해는 발생되지 않았다.

#### 1.3.2 물적피해

이 사고로 텅레일, 레일 체결장치 등의 선로시설과 공기호스, 연결기, 대차 등의 차량부품이 손상되어 총 20,524,468원의 물적피해가 발생하였다.

#### 1.3.3 피해시설 복구

사고현장 복구에는 총 1시간 50분이 소요되어 9월 14일(화) 12시 30분경 정상 개통되었다.

### 1.4 인적사항

#### 1.4.1 기관사 인적정보

기관사(정○○, 51세)는 1984년 12월 3일 대전기관차사무소에 부기관사로 입사하였으며, 사고일까지 약 26년 9개월 동안 근무하였다.

기관사의 출근 전 행적을 확인한 결과, 승무에 영향을 줄 만한 특별한 사항은 없었고, 또한 출근하여 실시한 승무 전 교육에서 특별한 문제점이 없었다.

#### 1.4.2 기타 관계인 인적정보

부기관사를 포함하여 익산역의 차량검수원, 역무과장, 역무원 등의 직원에 대해서는 탈선사고와 직접적인 연관성이 없어 조사하지 않았다.

## 1.5 운전·관제분야

### 1.5.1 기관사 운전취급

21량으로 구성된 사고열차가 9월 14일 오전 4시에 부산진역을 출발하여 오전 10시 21분에 익산역에 도착한 후, 기관사가 기관차 바로 뒤에 연결된 화차 5량을 해방시키고 나머지 16량의 화차를 그대로 연결하여 오전 10시 34분에 전라선(하행) 동익산역을 향해 재차 출발하였다.

기관사가 열차 제한속도 25km/h 이내인 익산역구내의 S자형 건널선을 지나 전라선에 진입하여 약 21km/h의 속도로 운행하던 중 9량째 연결된 사고차량이 제P52B호 선로전환기의 침단부 텅레일위에서 진행방향 우측으로 탈선되었다.

기관사는 사고구간을 가감간(加減桿) 1단 또는 2단으로 취급하여 운전하였고, 사고구간을 통과하면서 제동관 공기압력이 급속히 감소되어 비상제동이 체결되자 차량간 연결된 제동호스가 파열된 것으로 판단하여 부기관사를 열차후부로 보내 차량상태를 확인하도록 조치하였으며, 부기관사로부터 열차의 탈선사실을 통보받은 것으로 확인되었다.

### 1.5.2 관제사 관제취급

익산역의 관제취급은 상시로컬로 역무과장이 수행하고 있었다.

### 1.5.3 열차조성

익산역에서 재조성된 사고열차의 조성내역은 [표 1]과 같다.

구성위치	차량번호	차종	소유주	출발역	도착역	영공	차중률(1)	차장률(2)
1	76127	컨테이너화차	삼익물류	부산진	동익산	영차	0.7	1.0
2	76150	컨테이너화차	삼익물류	부산진	동익산	영차	0.7	1.0
3	763120	컨테이너화차	동부익스프레스	부산진	동익산	영차	0.6	1.1
4	976865	컨테이너화차	삼익물류	부산진	동익산	영차	0.8	1.4
5	763228	컨테이너화차	동부	부산진	동익산	영차	0.6	1.1
6	976068	컨테이너화차	삼익물류	부산진	동익산	공차	0.5	1.4
7	71142	컨테이너화차	청용	부산진	동익산	공차	0.5	1.1
8	70788	컨테이너화차	청용	부산진	동익산	공차	0.5	1.0
9	970206	컨테이너화차	대한통운	부산진	동익산	공차	0.5	1.0
10	974119	컨테이너화차	인터지스	부산진	동익산	공차	0.5	1.4
11	76043	컨테이너화차	청용	부산진	동익산	공차	0.5	1.0
12	70195	컨테이너화차	청용	부산진	동익산	공차	0.4	1.0
13	76171	컨테이너화차	청용	부산진	동익산	공차	0.5	1.1
14	976636	컨테이너화차	현대상선	부산진	동익산	공차	0.5	1.4
15	70433	컨테이너화차	청용	부산진	동익산	공차	0.4	1.0
16	70585	컨테이너화차	청용	부산진	동익산	공차	0.5	1.0

[표 1] 사고열차 조성내역

1.5.4 사고발생 전·후의 통과열차 현황

사고발생 전후에 제P52B호 선로전환기를 통과한 열차의 수는 [표 2]와 같다.

구분	통과일자	통과횟수	비고
사고발생 전	9.12	38	
	9.13	62	
	9.14	15(4)	( )는 텅레일 교체 후 통과한 화물열차 수
	계 115(4)		
사고발생 후	9.14	43	
	9.15	14	
	계 57		

[표 2] 사고발생 당시 제P52B호 선로전환기 통과열차 수

(1) 차중률 : 열차 운전상의 차량 중량의 단위로 차중환산법에 의하여 환산하여 표시한다. 기관차는 30톤, 동차 및 객차는 40톤, 화차는 43.5ton을 1로 기준한다.

(2) 차장률 : 차량길이의 단위로서 14m를 1량으로 환산

제P52B호 선로전환기 포인트부의 우측 텅레일을 9월 14일 05:30경 교체한 후에 사고열차가 진행한 방향과 동일한 방향으로 우측 텅레일을 통과한 열차는 사고 열차를 제외하고 총 4개 열차이며, 통과열차 현황은 [표 3]과 같다.

열차번호	조성량수	익산역 통과시각	영(공)차	출발역	도착역
6415	-	06:04	단행기관차	익산	동산
3155	-	07:32	단행기관차	천안	태금
3081	10	08:33	4(6)	오봉	광양항
3271	20	09:15	20(0)	익산	적량

[표 3] 텅레일 교체 후 사고직전까지 통과열차 현황

### 1.5.5 열차 운행정보기록

사고열차의 운행정보기록을 확인한 결과 사고열차가 익산역을 10:34:52에 출발하여 운행하던 중 10:37:26경 약 21km/h 속도의 타행상태에서 9량째 연결된 사고차량의 전부대차가 제P52B호 선로전환기의 침단부 텅레일위에서 진행방향 우측으로 탈선되었고, 10:37:31경 약 21km/h 속도의 역행상태에서 사고차량이 8량째 차량과 분리되면서 차량간 제동공기호스가 탈락되었다.

사고열차는 10:37:42경 탈선지점으로부터 약 83m 이동한 후 정차되었다.

[표 4]는 사고열차의 운행시간대별 운전취급내용이다.

운행시각	운전취급내용	속도	이동거리	비고
10:34:52	익산역 출발	-	-	
10:35:01	가감간 2단	3km/h	8m	
10:35:33	타행	18km/h	120m	
10:35:47	가감간 1단	18km/h	186m	
10:36:41	가감간 2단	20km/h	446m	
10:37:17	타행	22km/h	641m	
<b>10:37:24</b>	<b>타행</b>	<b>21km/h</b>	<b>693m</b>	<b>탈선</b>
10:37:28	가감간 1단	21km/h	713m	
10:37:31	가감간 1단	21km/h	734m	열차분리, 공기호스탈락
10:37:32	가감간 2단	21km/h	739m	
10:37:35	상용제동, 타행	20km/h	752m	
10:37:36	비상제동	20km/h	758m	
10:37:42	열차정지	-	776m	

[표 4] 사고열차의 운행시간대별 운전취급내용

1.5.6 전자연동장치 작동기록

전자연동장치 작동기록을 확인한 결과 탈선이 발생하기 1분 11초 전인 10:36:13경에 제P52B호 선로전환기가 정상적으로 전환 및 쇄정이 되었고, 사고 전에 신호장애는 없었다.

1.6 차량분야

1.6.1 차량제원

사고차량 주요제원은 [표 5]와 같다.

구 분	제 원
제작일자	1997.11.19
제작회사	현대정공(주)
소유주	대한통운(주)
차량길이	13,410mm
차량폭	2,332mm
차량높이	1,065mm
자중	18.5ton
하중	50.0ton
대차종류	용접대차
연결기종류	밀착식 연결기

[표 5] 사고차량 주요제원

### 1.6.2 사고차량 유지보수상태

사고차량은 한국철도공사의 사규인 「철도차량유지보수지침<sup>(3)</sup>」에서 규정하는 정기검수를 정상적으로 실시하고 있었다. [표 6]은 최근의 정기검수 현황이다.

(3) 철도차량유지보수지침(개정2010.2.22) : 철도차량의 정상적인 기능을 확보하고, 이를 보전하기 위한 검사, 정비 등에 관한 사항을 준수하기 위한 세부적인 유지보수항목, 유지보수방법 등을 규정하고 있다. 화차의 경우 제3조의2(검수기준)에서 규정하는 검수종별 검수기준은 다음과 같으며, 검수기준은 주행거리를 우선하여 적용하고 회기한도일 도달시는 주행거리가 미달되어도 지정된 검수를 실시하여야 한다.

- 출발검수:사업시 실시, 일상검수:일일사업후 실시, 6개월검수:12개월 회기 또는 40,000km 주행거리 도달시 실시, 1년검수:24개월 회기 또는 80,000km 주행거리 도달시 실시, 2년검수:48개월 회기 또는 160,000km 주행거리 도달시 실시, 특종검수:충돌, 탈선, 추돌, 화재 등 사고가 발생하였을 때, 개량, 개조, 재생 등을 시행할 때, 기타 필요하다고 인정하였을 때 실시하는 검수

검수종별		검수일자	검수사업장
출발검수	최근	2010.9.14	부산진차량사업소
	직전	2010.9.12	가야차량사업소
일상검수	최근	2010.9.10	순천차량사업소
	직전	2010.9.1	익산차량사업소
6개월검수	최근	2010.8.5	고려차량
	직전	2009.12.17	고려차량
1년검수	최근	2009.2.11	부산철도차량정비단
	직전	2006.8.24	부산철도차량정비단
2년검수	최근	2010.1.8	고려차량
	직전	2007.11.19	부산철도차량정비단

[표 6] 사고차량 정기검수 실시현황

연결완충장치(4)의 경우 연결기의 원활한 회전력을 확보하기 위해서 연결기, 테일핀 및 요크의 조립상태가 원형으로 유지되어야 하고 습동부의 윤활상태가 양호하여야 한다. 또한, 이들 부품을 받쳐주는 요크가이드 및 샹크가이드의 조립 높이 및 마모판 마모상태가 항상 기준 이내이어야 한다.

2년검수에서 연결기, 테일핀, 완충장치, 샹크가이드, 요크가이드 등의 부품을 차량에서 완전 분해 및 재조립하여 원형상태를 확보하고 있으나, 1년검수 및 그 이하의 검수에서는 이들 부품의 상태를 부분적으로만 확인함으로써 연결기의 원활한 회전력 확보에 문제가 있을 수 있다.

### 1.6.3 사고차량 손상상태

#### 1.6.3.1 탈선대차

탈선대차의 손상상태는 다음과 같다.

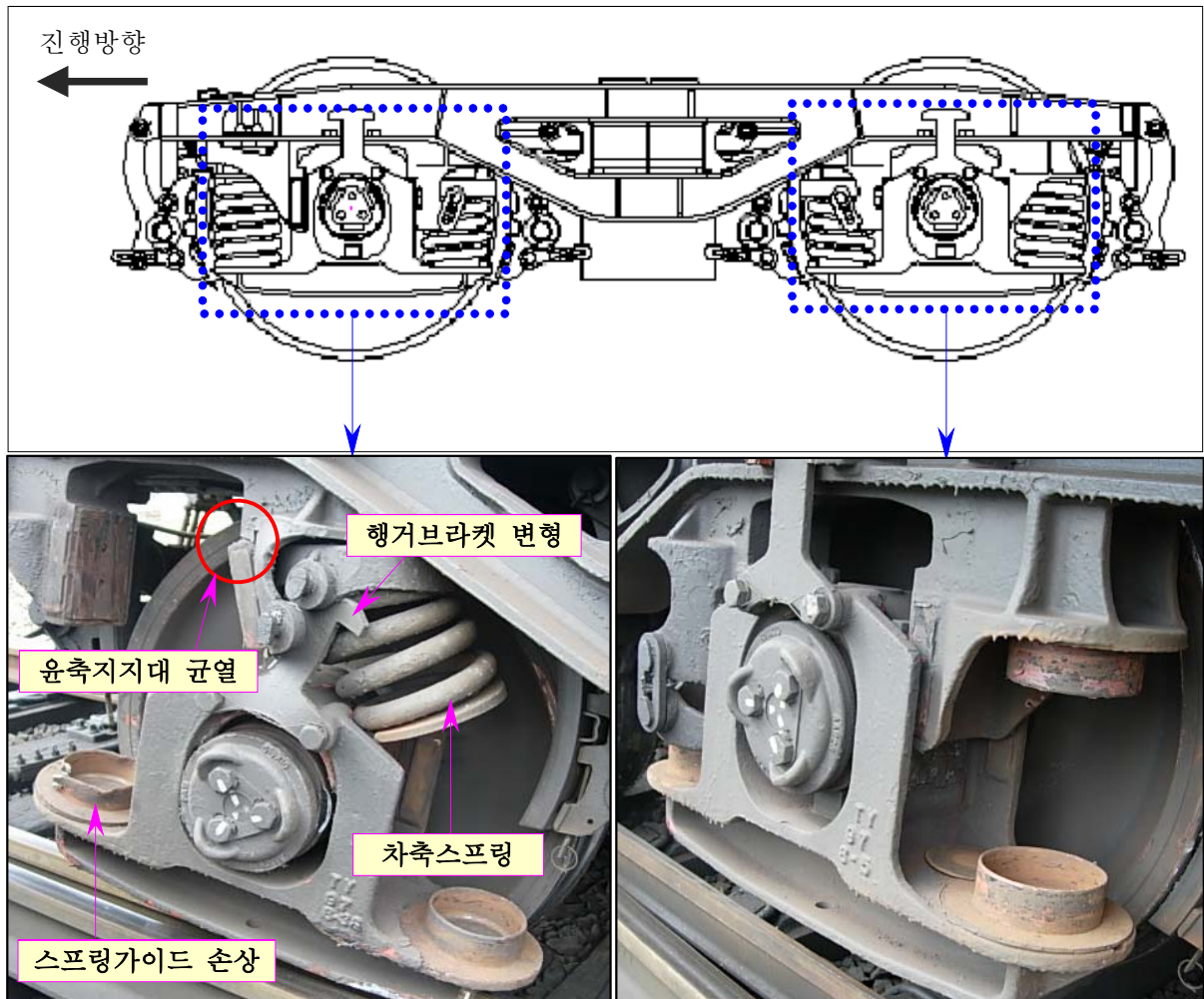
(4) 연결완충장치 : 연결기는 열차를 구성하는데 있어서 객, 화차 상호간 또는 기관차를 연결하는데 필요하며, 견인 또는 추진할 때 속도의 변화에 따른 충격을 완화하는 완충장치를 포함한다. 화차에는 AAR “E”형 연결기, 테일핀, 리테이너조립체, 요크 및 최대사용 압축력 220톤의 고무완충기, 스트라이커, 샹크가이드, 요크가이드, 해방레버 등의 부품으로 구성되어 있다.



[그림 4]와 같이 전부(前部)차축 좌측에 조립되어 있는 축상조립체(Axle box ass'y)의 스프링가이드와 행거브라켓이 각각 손상되고 변형되었으며, 윤축지지대가 균열되어 있었다. 그리고 차축스프링 일부가 대차프레임과 축상조립체 사이에 고착되어 있었고, 후부(後部)차축 좌측의 차축스프링은 모두 탈락되었다.

차축베어링을 분해하여 윤활유의 누유와 변색여부, 차축 저어널부 이상유무 등을 확인한 결과 이상이 없었고, 차륜이 차축으로부터 이탈된 현상도 없었다.

탈선대차에서 분리된 차축스프링, 푸쉬로드, 서스펜션링크, 스톱블록 등의 부품은 모두 선로위에서 발견되었다.



[그림 4] 탈선대차 손상상태

탈선차륜의 손상상태를 확인한 결과 담면 및 플랜지에 침목 및 레일과 접촉으로 인해 발생한 손상흔적들이 있었으나 차륜 자체의 결함 또는 제동장치의 결함으로 인한 박리, 균열, 편마모, 찰상 등은 없었고, 차륜 각 부분의 치수를 측정한 결과 [표 7]과 같이 유지보수기준 이내인 것으로 확인되었다.

차륜위치	차륜직경	내측거리	플랜지두께	플랜지높이
	860~780mm	1,354+2/-0mm	34~23mm	25~35mm
전부 좌측	840	1,354	30.3	26.1
전부 우측	840		29.5	26.2
후부 좌측	838	1,354	30.0	25.9
후부 우측	838		29.5	25.9

[표 7] 차륜치수 측정값

1.6.3.2 차축스프링

탈선대차 차축의 내·외측 스프링은 손상되지 않았고, 외측스프링에 대해서 스프링상수(5)를 측정한 결과 [표 8]과 같이 설계기준값 이내로 확인되었다.

차축스프링 위치	하중(kgf)	변위(mm)	스프링상수(kgf/mm) (설계기준:42.35±10%)
전부차축 우측 앞	1711.65	37.9	45.16
전부차축 우측 뒤	1711.65	38.0	45.04
전부차축 좌측 앞	1711.65	38.0	45.04
전부차축 좌측 뒤	1711.65	38.6	44.34
후부차축 우측 앞	1711.65	37.1	46.14
후부차축 우측 뒤	1711.65	38.1	44.93
후부차축 좌측 앞	1711.65	37.8	45.28
후부차축 좌측 뒤	1711.65	38.0	45.04

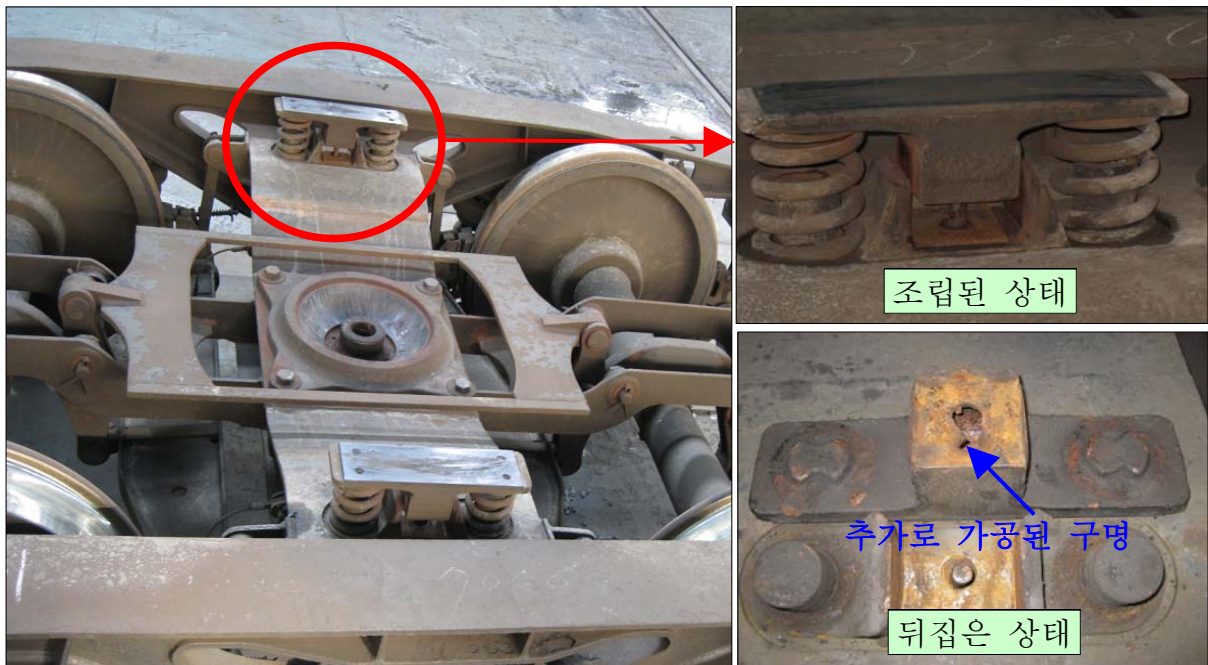
[표 8] 스프링상수 측정값

(5) 스프링상수 : 가해지는 힘(응력)을 변형량으로 나눈 값을 의미한다.

1.6.3.3 기타부품 손상상태

사고차량 전부의 제동공기호스와 너클핀 이외에 손상된 차량부품은 없었다.

탈선대차의 상태를 확인하는 과정에서 대차프레임에 설치되는 사이드베어링(6)에 [그림 5]와 같이 원래의 구멍 이외에 추가로 구멍이 가공된 것이 발견되었으나, 사이드베어링이 원래의 구멍에 설치되어 있었고, 차체와의 접촉부 마모상태, 높이 치수, 차체의 사이드베어링과 접촉부의 상태 등에 별다른 이상이 없었다.



[그림 5] 사이드베어링 설치상태

1.6.4 연결기 정적(靜的) 회전저항력 및 표면상태

[그림 6]과 같은 유압실린더, 로드셀, 디지털 인디케이트 등의 장비를 사용하여 사고차량 전부(前部)와 8량째 차량 후부(後部)의 연결기에 대해 정적 회전저항력을 측정한 결과 [표 9]와 같이 사고차량의 전부 연결기는 회전저항력이 30kgf 미만인 반면 8량째 차량 후부 연결기는 70~313kgf으로 측정되었다. 특히, 8량째 차량 후부 연결기의 우방향 측정값이 상대적으로 높은 것으로 확인되었다.

(6) 사이드베어링 : 차체와 대차프레임 사이에 설치되어 고속주행 시의 사행동을 감쇄시키며 수직 마찰력에 의한 차체의 롤링을 적절히 완화시키는 역할을 한다.



[그림 6] 회전저항력 측정장비

차량구분	회전저항력	
	좌방향	우방향
사고차량	30kgf 미만	30kgf 미만
8량째 차량	70~100kgf	124~313kgf

※ 측정방향 : 우방향은 연결기가 설치된 차량을 바라보고 오른쪽에서 왼쪽으로 측정.  
좌방향은 이와 반대

[표 9] 회전저항력 측정결과

연결기 및 테일핀을 차량에서 분해하여 표면상태를 확인한 결과 [그림 7]과 같이 사고차량의 연결기와 테일핀은 표면상태가 비교적 깨끗하고 윤활유의 도포상태가 양호하였다.

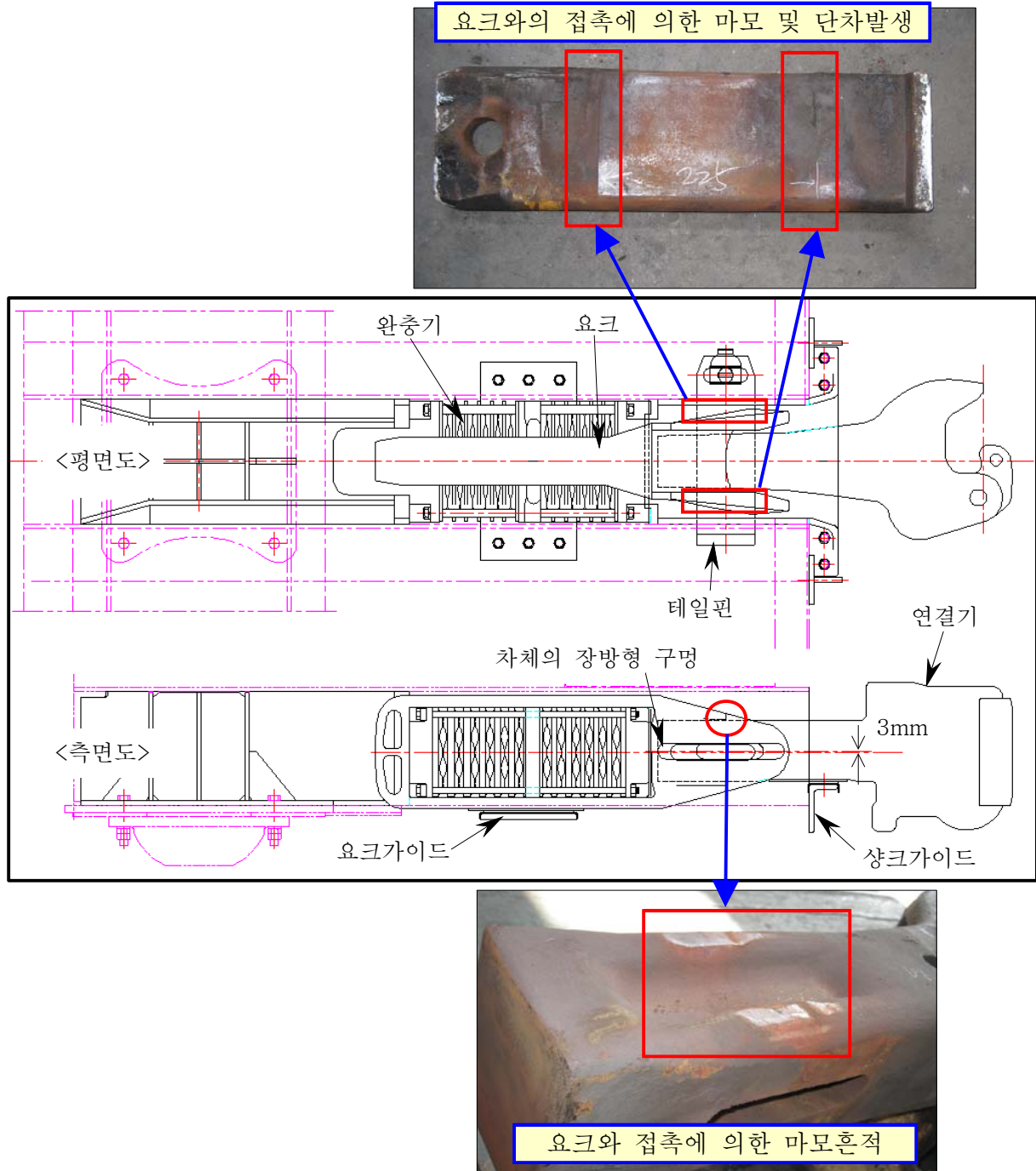


[그림 7] 사고차량 연결기 및 테일핀 상태

반면에, 8량째 차량 후부의 연결기와 테일핀은 [그림 8]과 같이 표면에 전반적으로 윤활유의 도포량이 적고 먼지와 녹이 발생되어 있었으며, 연결기의 상부와 테일핀의 표면에 요크와의 접촉에 따른 편마모가 발생되어 있었다.



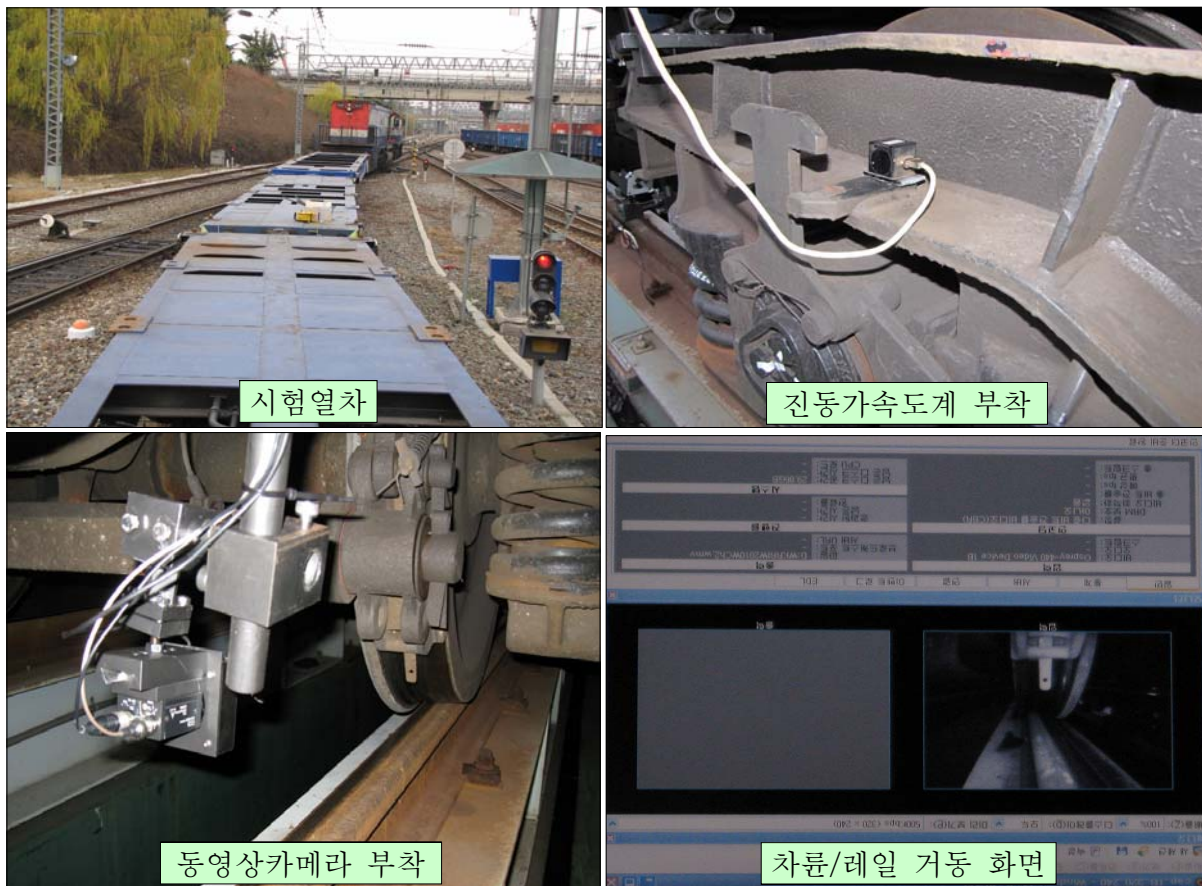
연결기 및 테일핀 표면의 이러한 부식과 편마모는 습동부의 윤활유 부족 이외에 연결기를 지지하는 상크가이드와 완충기를 지지하는 요크가이드의 조립치수 불량 또는 마모판 과다마모 등의 요인에 의해 발생되었을 가능성이 있고, 이로 인해 연결기의 회전운동이 원활치 못하게 된 것으로 판단한다.



[그림 8] 8량짜 차량 후부 연결기 및 테일핀 조립상태

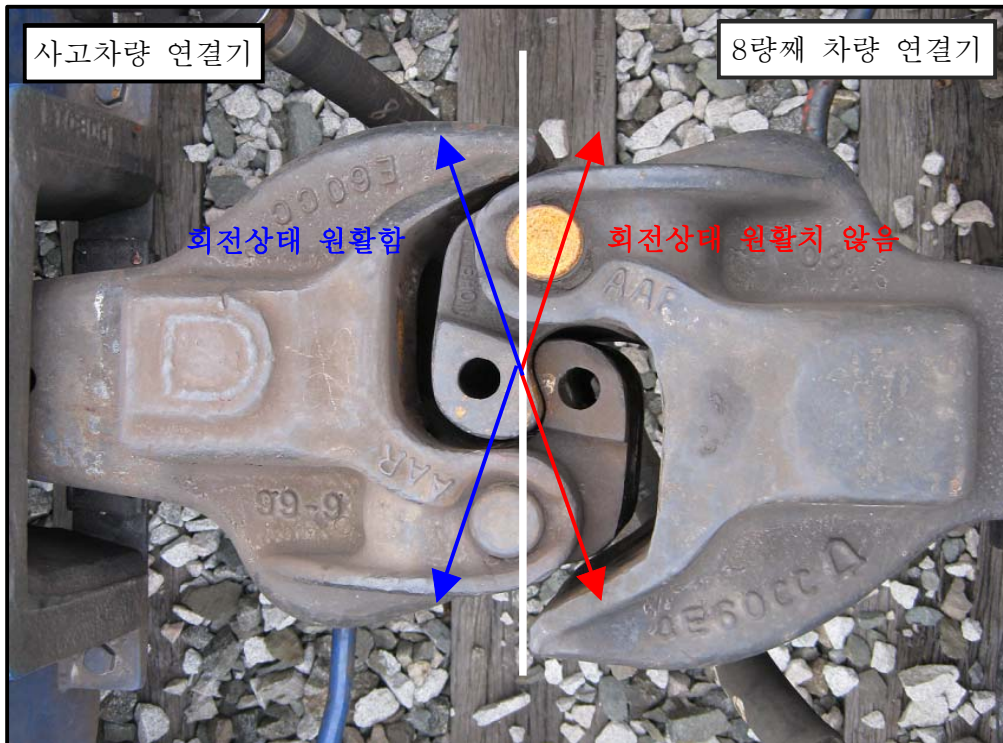
1.6.5 연결기 동적(動的) 회전저항력 및 차륜/레일 거동상태

사고당시와 같은 조건으로 시험열차를 구성하여 사고차량과 8량째 차량간의 연결기 동적 회전저항력과 차륜과 레일간의 거동상태를 관찰하고 대차 진동가속도를 측정하기 위해 사고당시의 속도로 사고구간 통과시험을 하였다. [그림 9]은 시험 관련 사진이다.



[그림 9] 시험관련 사진

시험결과 사고차량과 8량째 차량을 연결하는 연결기의 회전상태는 [그림 10]에 나타난 바와 같이 사고차량 전부의 연결기가 곡선부에서 회전상태가 원활한 반면에 8량째 차량 후부의 연결기는 회전저항으로 인해 회전상태가 원활하지 않았다.



[그림 10] 차량간 연결기 회전상태 설명

사고차량 전부대차의 차륜과 레일간 거동상태에 특이한 사항은 발견되지 않았고, 전부대차의 진동가속도는 [표 10]과 같이 「철도차량 안전기준에 관한 지침」에서 규정하는 기준인 1.13g 이내인 것으로 확인되었다.

구분	운행방향	속도(km/h)	진동가속도 최대값(g) <sup>(7)</sup>	
			좌우	상하
1	하행(익산→동익산)	20	0.32	0.35
2	상행(동익산→익산)	20	0.33	0.26
3	하행(익산→동익산)	10	0.15	0.18
4	상행(동익산→익산)	10	1.12	0.33

[표 10] 진동가속도 측정값

(7) 진동가속도 : 진동가속도란 물체가 하중에 의해 떨림이 발생할 때 발생하는 물체의 떨림정도를 가속도로 표현한 것을 의미하며, g는 중력가속도로서 「철도차량 안전기준에 관한 지침 (2010.9.17개정)」의 “철도차량의 탈선계수 측정 및 산정 세부기준”에서 대차프레임의 횡가속도 한계값을 12-Mb/5로 규정하고 있다. 여기에서 주행장치 중량 Mb값 4.6톤을 적용하면 횡가속도 허용값은 11.08 m/s<sup>2</sup>이며 이를 중력가속도 g로 환산하면 1.13g가 된다.

1.7 선로분야

1.7.1 선로정보

사고구간의 선로에 설치된 제P52A호 및 제P52B호 선로전환기는 8번 편개분기기로서 분기각 7.09°의 고정크로싱, 곡선반경 153m의 리드레일, 가드레일 등으로 구성되어 있으며, 캔트 설정이 곤란한 구조적인 취약성으로 인해 25km/h 이내로 속도 제한을 하고 있다.

1984년 호남선 복선화에 따른 개량사업으로 사고구간의 선로가 S자형 건넘선으로 형성되었으며, 현장 여건상 제P52A호 및 제P52B호 선로전환기를 8번 편개분기기를 적용할 수 밖에 없었던 것으로 확인되었다.

1.7.2 선로전환기 유지보수상태

선로점검지침(8)의 규정에 따라 유지보수업무가 정상적으로 수행되었다. 2010년 이후 사고구간 선로전환기의 유지보수 내용은 [표 11]과 같다.

순	일자	유지보수 내용	비고
1	2010.1.4	제P51A호 줄맞춤 및 면맞춤	
2	2010.5.3	제P51A호 침목교환 및 면맞춤	
3	2010.7.14	제P51A호 및 제P51B호 줄맞춤 및 면맞춤	
4	2010.9.2	제P51B호 기본레일 및 텅레일 교환	
5	2010.9.14	제P52B호 텅레일(우측) 및 리드레일(25m) 교환	탈선사고전
6	2010.9.15	제P52A호 텅레일 교환	탈선사고후
7	2010.9.17	제P52B호 기본레일 교환	탈선사고후

[표 11] 사고구간 선로전환기 유지보수 내용

위의 [표 11]에 나타난 바와 같이 탈선사고가 발생하기 전인 2010.9.14 새벽시간(01:30~05:30)에 제P52B호 선로전환기 포인트부의 우측 텅레일과 리드레일이 교환되었다.

(8) 선로점검지침 : 열차안전운행 확보를 위해 선로의 상태를 정확히 조사 파악하여 선로관리 및 보수합리화를 위한 지침으로 한국철도시설공단이 2008.11.21 제정



팅레일이 교환된 후에 선로점검지침의 규정에 따라 선로전환기 각 부분의 치수를 측정하였고, 그 결과 [표 12]와 같이 포인트부 일부 치수가 정비기준을 벗어나는 것으로 확인되었다. 그러나 이 부분이 탈선지점과는 떨어져 있어 차량의 탈선에 영향은 미치지 않은 것으로 판단된다.

단위 : mm

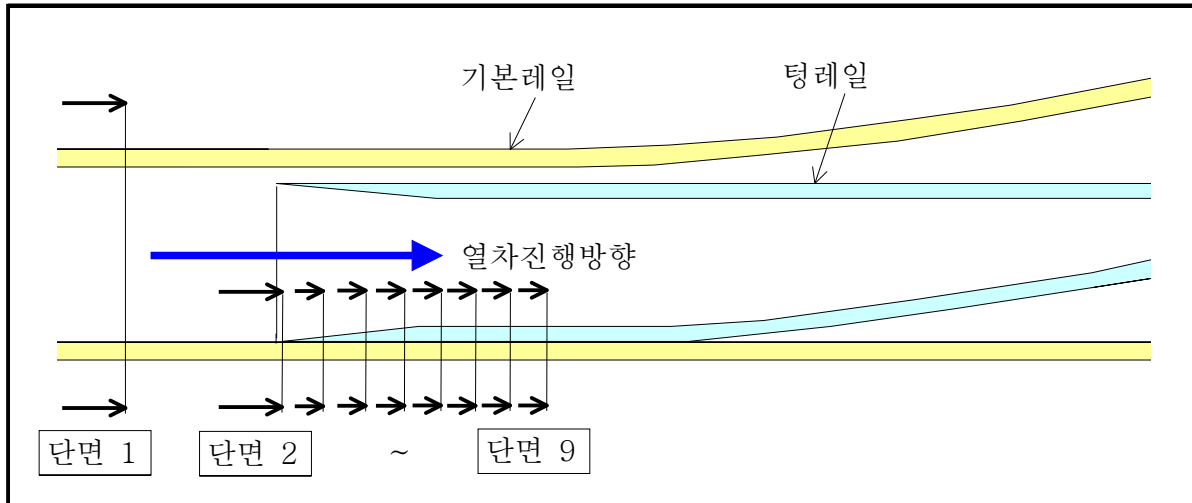
위치	궤간		수평		면맞춤		줄맞춤		백계이지		
	기준	실측	기준	실측	기준	실측	기준	실측	기준	실측	
포인트부	이음매	1,435(+3/-2)	1,443	±7	2					-	-
	침단	1,449(+3/-2)	1,450	±7	3	±7	-1	±7	5	-	-
	힐이음매(직선)	1,445(+3/-2)	1,440	±7	2					-	-
	힐이음매(곡선)	1,445(+3/-2)	1,440	±7	2					-	-
리드부	곡선1/4	1,445(+10/-2)	1,443	-				±7	-3	-	-
	직선1/2	1,435(+10/-2)	1,443	±7	3	±7	-3	±7	-3	-	-
	곡선1/2	1,445(+10/-2)	1,443	±7	3	±7	-3	±7	-3	-	-
	곡선3/4	1,445(+10/-2)	1,442					±7	-3	-	-
크로스부	전단(직선)	1,435(+3/-2)	1,435	±7	4					-	-
	전단(곡선)	1,435(+3/-2)	1,435	±7	4					-	-
	노스와 가드레일(직선)	-	-	-						1,393±3	1,390
	노스와 가드레일(곡선)	-	-	-						1,393±3	1,390
	노스부(직선)			±7	-3	±7	0	±7	0		
	노스부(곡선)			±7	-3	±7	0	±7	0		
	후단	1,435(+3/-2)	1,436	±7	-2					-	-

[표 12] 제P52B호 선로전환기 각 부분 측정값

선로정비지침, 선로점검지침, 보선작업지침 등의 규정에는 텅레일의 교환작업 후 텅레일과 기본레일의 밀착도 관리에 대해서 명확하게 정해진 것이 없고 각 부분의 궤간이 기준값 이내에서 틈새가 발생되지 않도록 조정작업만 시행하고 있었다. 그리고 텅레일 표면의 윤활유 도포에 대해서도 정해진 것이 없었다.

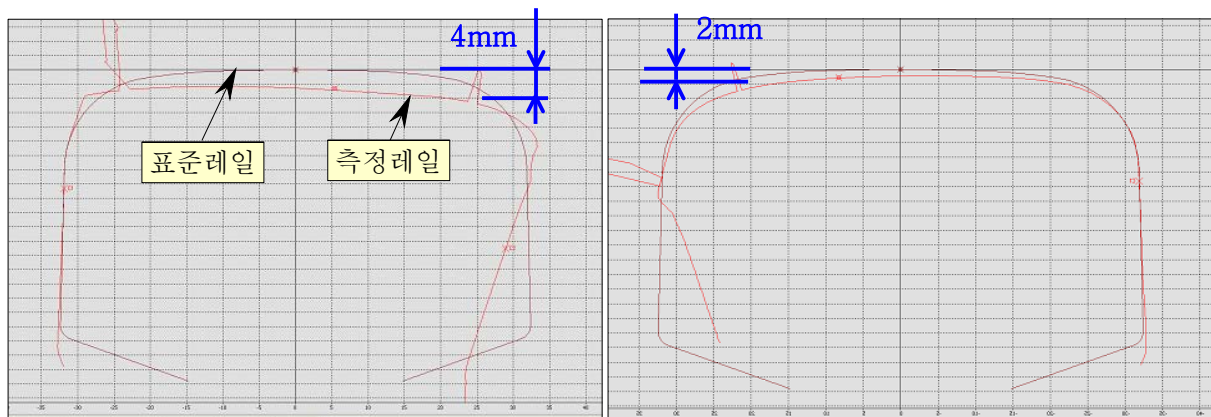
### 1.7.3 선로전환기 포인트부 상태

사고발생 직후에 위 [표 12]의 제P52B호 선로전환기 각 부분 측정 이외에 포인트부 상태를 조사한 결과는 다음과 같다. [그림 11]은 포인트부 레일단면 위치이다.



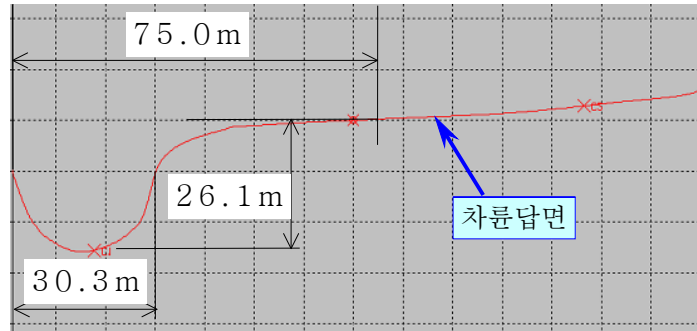
[그림 11] 포인트부 레일단면 위치도

위 [그림 11]에서 단면 1의 텅레일 앞부분의 기본레일 마모상태는 [그림 12]와 같이 좌측레일이 4mm, 우측레일이 2mm로 측정되어 선로정비지침의 레일두부(頭部) 최대마모한계(13mm) 이내였으나 마모형태는 약간 차이가 있는 것으로 확인되었다.

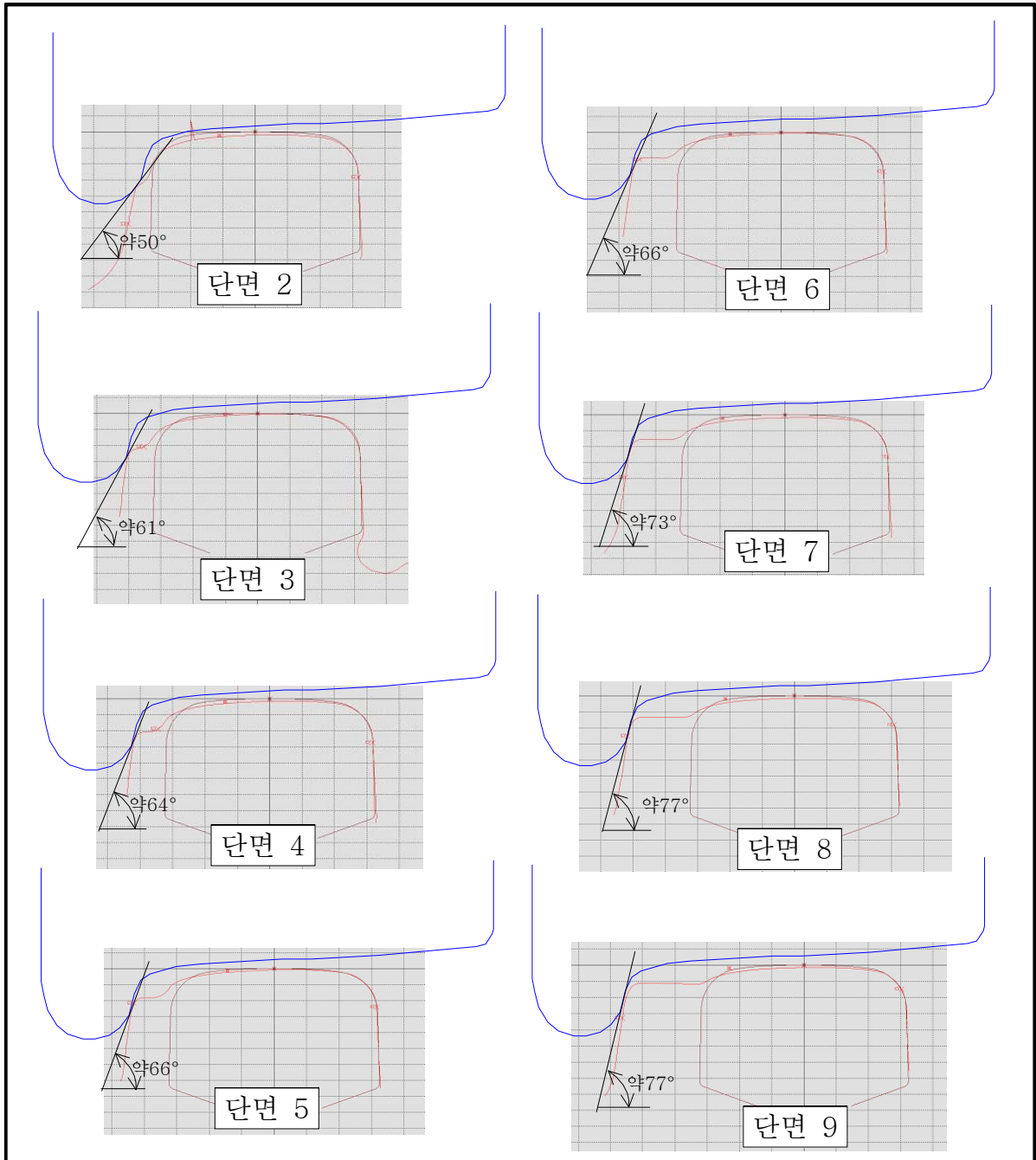


[그림 12] 제P52B호 선로전환기 포인트부 기본레일 마모상태(단면 1)

아래 [그림 13]은 탈선차륜의 단면형상으로서 이 차륜이 제P52B호 포인트부에 진입하여 주행할 때 텅레일 및 기본레일과의 접촉되는 단면형상을 30cm 간격으로 구분하여 [그림 14]와 같이 나타내었다.



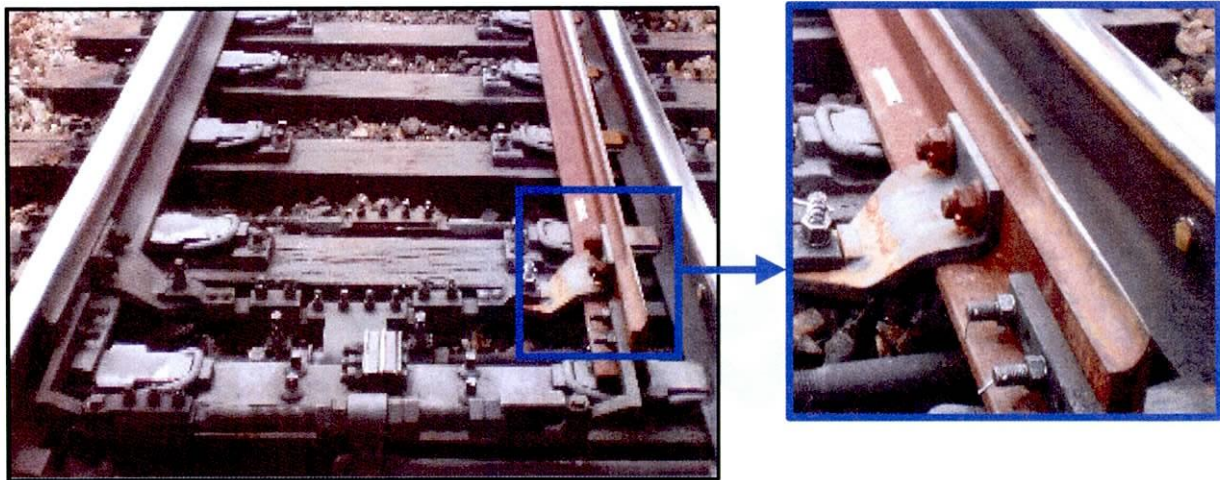
[그림 13] 탈선차륜 단면형상



[그림 14] 포인트부 차륜/팅레일/기본레일 접촉상태

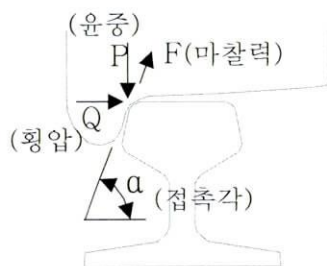
위 [그림 14]에서 나타낸 바와 같이 차륜플랜지가 텅레일과 접촉하면서 주행할 때의 접촉각은 약 50°~77° 인 것을 알 수 있다. 차륜플랜지가 텅레일과 최초로 접촉(단면 2)할 때의 접촉각이 약 50°로서 다른 부분보다 접촉각이 작아 상대적으로 탈선계수한계치(9)가 낮다. 이것은 탈선안전도가 낮은 것을 의미하며, 이 부분에서 차륜의 윤증감소(10) 또는 횡압이 증가되면 차륜이 텅레일을 타고오를 가능성이 큰 것을 알 수 있다.

사고발생 직후에 제P52B호 선로전환기 우측 텅레일의 표면상태를 확인한 결과 [그림 15]와 같이 차륜과 접촉되는 부분에 윤활유가 도포되어 있지 않았다.



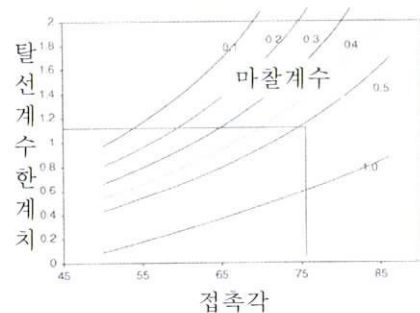
[그림 15] 제P52B호 선로전환기 텅레일 표면상태

(9) 탈선계수 한계치 : 플랜지 타오르기 탈선의 척도로 가장 일반적으로 사용되는 것이 탈선계수 (횡압Q/윤증P)이며, 탈선이 발생하는 한계치로 정의되는 것이 Nadal의 탈선계수 한계치이다. 아래 그림에서 알 수 있듯이 마찰계수가 작을수록, 그리고 차륜플랜지와 레일의 접촉각이 클수록 탈선계수 한계치는 높아져서 탈선안전도가 증가한다.



$$\bullet \text{탈선계수} \left( \frac{Q}{P} \right) = \frac{\tan\alpha \mp \mu}{1 \pm \mu \tan\alpha}$$

(타오르기 탈선은 분자-, 분모+)



(10) 윤증감소 : 차량의 진동이나 중심의 편기, 궤도 및 차량의 평면성 틀림, 곡선에서의 캔트 및 원심력, 풍압 등에 의해 차륜이 부상함으로써 윤증이 작아지는 것을 말한다. 일반적으로 차축스프링의 상하 스프링상수가 크거나 차량중량이 적어질수록 궤도면이 비틀린 곳에서 윤증감소를 일으키기 쉽다. 이때 윤증감소치(ΔP)에 대한 정적인 윤증(P)의 비를 윤증감소율 (ΔP/P)이라 하며, 이 값이 허용한도를 초과하면 탈선의 위험이 있다.



## 1.8 신호분야

### 1.8.1 신호시설 유지보수상태

신호시설 유지보수업무는 정상적으로 수행되고 있었으며, 사고당시 전자연동장치 신호이벤트를 분석한 결과 사고열차가 제P52B호 선로전환기를 통과하기 전 정상적으로 신호현시 및 진로가 구성되었다.

## 1.9 기타

### 1.9.1 기상정보

탈선사고 당일의 기상은 최저기온 20.2℃, 최고기온 28.5℃, 상대습도 78.9%의 구름이 많이 낀 날씨였다.

## 2. 분석

### 2.1 운전취급 적정성

기관사가 사고구간을 허용 제한속도(25km/h) 이내에서 운전하였으나, 탈선 후 약 83m를 더 주행하는 동안 차량의 진동을 감지하지 못해 즉시 정차하지 않은 것은 운전취급상의 문제점이라고 할 수 있다.

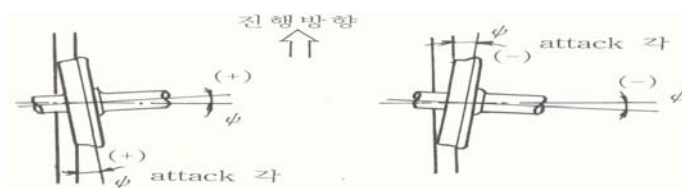
### 2.2 차량상태 적정성

탈선대차로부터 떨어져 나온 부품들은 모두 탈선의 충격에 의한 것으로서 탈선 전에 대차에 정상적으로 설치되어 있었고, 차축스프링의 스프링상수, 차축베어링 상태, 윤축조립상태, 차륜상태, 대차프레임의 진동가속도 등이 모두 정상이었던 것으로 볼 때 대차의 이상으로 인한 탈선 가능성은 없다.

사고차량을 견인하는 8량째 차량 후부의 연결기와 테일핀을 차량에서 분리하여 상태를 확인한 결과 표면에 먼지와 녹과 편마모가 발생되어 있었다. 이는 습동부의 윤활유 부족 이외에 연결기를 지지하는 상크라이드와 완충기를 지지하는 요크가이드의 조립치수 불량 또는 마모판 과다마모 등의 요인에 의해 발생되었고 이로 인해 연결기의 회전상태가 다소 원활하지 못하였던 것으로 판단한다.

연결기 회전저항이 차륜의 횡압 증가에 기여하는 비중은 비록 크지 않지만, 사고 차량이 제P52B호 선로전환기 텅레일 곡선부에 진입할 때 직진방향으로 향할려고 하는 힘에 의해 차륜의 공격각(1)이 커져 횡압이 증가되는 상태에서 이 연결기 회전저항에 의한 횡압이 부가되어 타오르기 탈선에 기여하게 된 것으로 판단한다.

(1) 공격각(Attack angle) : 차륜과 레일이 이루는 각도를 말하며, 아래 왼쪽 그림과 같이 공격각이 +일 경우는 타오르기 탈선이, -일 경우는 미끄러져 오르기 탈선이 발생할 가능성이 크다.



궤도와 차륜의 공격각(attack angle)

### 2.3 궤도상대 적정성

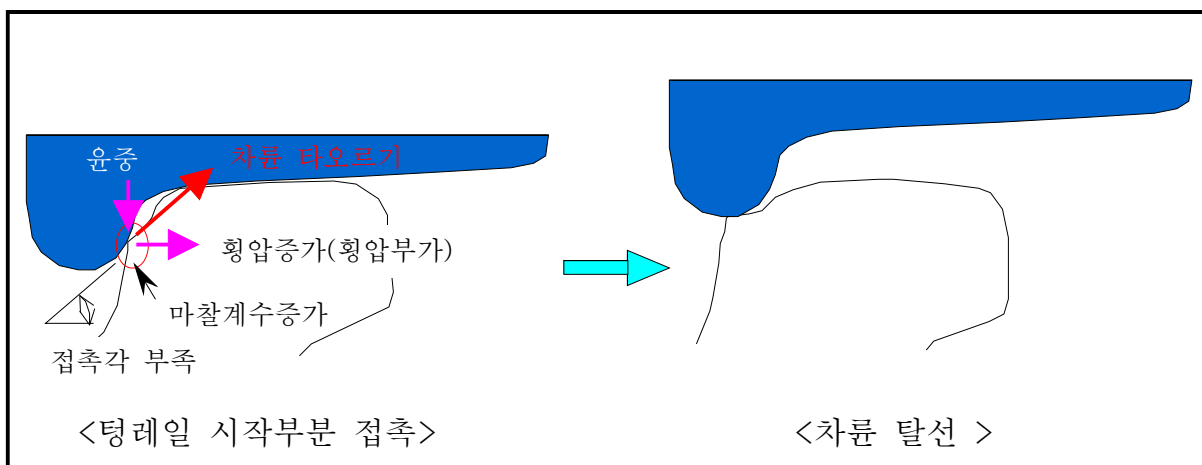
탈선사고 직전에 교체된 제P52B호 선로전환기 텅레일이 기본레일과의 밀착도가 충분히 안정화되지 않은 상태에서 사고열차가 주행하게 되었고, 사고차량의 차륜플랜지가 텅레일과 최초로 접촉할 때 접촉각이 부족하고 텅레일의 표면에 윤활유가 도포되어 있지 않아 마찰계수가 높아짐으로 인해 차륜이 텅레일을 타고올라 탈선하게 된 것으로 판단한다.

### 2.4 신호취급 적정성

신호시설 및 신호취급은 정상적이었다.

### 2.5 종합분석

사고차량이 제P52B호 선로전환기 텅레일 진입 시 [그림 16]에 나타낸 바와 같이 차륜플랜지와 텅레일의 접촉각 부족과 텅레일의 표면에 윤활유가 도포되어 있지 않음으로 인한 마찰계수 증가로 차륜플랜지가 텅레일을 쉽게 타고올 수 있는 조건(Nadal의 탈선계수한계치 이하)이 되었고, 여기에 곡선부에서 발생하는 횡압에 연결기 회전저항으로 인한 횡압이 부가되어 차륜이 타오르기 탈선하게 된 것으로 분석되었다.



[그림 16] 차륜플랜지 탈선 설명도

### 3. 결론

#### 3.1 조사결과

- 3.1.1 이 사고로 인명피해는 발생되지 않았고, 텅레일, 레일 체결장치 등의 선로시설과 공기호스, 연결기, 대차 등의 차량부품이 손상되어 총 20,524,468원의 물적 피해가 발생하였다.
- 3.1.2 최초의 탈선흔적은 제P52B호 선로전환기 포인트부에서 발견되었고, 탈선에 영향을 줄 만한 장애물은 선로에서 발견되지 않았다.
- 3.1.3 기관사가 사고구간을 허용 제한속도(25km/h) 이내에서 운전하였으나, 탈선에 따른 차량의 진동을 즉시 감지하지 못하고 약 83m를 더 주행하였다.
- 3.1.4 탈선대차의 차축스프링 스프링상수, 차축베어링상태, 윤축조립상태, 차륜상태, 대차프레임의 진동가속도 등이 모두 정상으로서 대차의 이상으로 인한 탈선 가능성은 없었다.
- 3.1.5 차량의 2년검수 시에 연결기, 테일핀, 완충장치, 샹크가이드, 요크가이드 등의 연결완충장치 부품을 차량에서 완전 분해 및 재조립하여 원형상태를 확보하고 있으나, 1년검수 및 그 이하의 검수에서는 이들 부품의 상태를 부분적으로만 검수하고 있었다.
- 3.1.6 사고차량을 견인하는 8량째 차량 후부의 연결기와 테일핀의 표면에 발생된 먼지와 녹과 편마모는 습동부의 윤활유 부족 이외에 연결기를 지지하는 샹크가이드와 완충기를 지지하는 요크가이드의 조립치수 불량 또는 마모판 과다마모 등의 요인에 의해 발생된 것이며, 이로 인해 연결기의 회전상태가 다소 원활하지 못하였다.
- 3.1.7 연결기 회전저항이 차륜의 횡압 증가에 기여하는 비중은 비록 크지 않지만, 사고차량이 제P52B호 선로전환기 텅레일 곡선부에 진입할 때 직진방향으로 향하려고 하는 힘에 의해 차륜의 공격각이 커져 횡압이 증가되는 상태에서



이 연결기 회전저항에 의한 횡압이 부가되어 타오르기 탈선에 기여하게 된 것으로 판단한다.

3.1.8 사고발생 당일의 새벽시간(01:30~05:30)에 제P52B호 선로전환기 침단부의 우측 텅레일과 리드레일이 교환되었고, 선로점검지침의 규정에 따라 선로전환기 각 부분의 치수를 측정한 결과 포인트부 일부 치수가 정비기준을 벗어났으나 탈선지점과 떨어져 있어 차량의 탈선에 영향을 미치지 않았다.

3.1.9 텅레일이 교환된 후에 텅레일의 표면에 윤활유가 도포되어 있지 않았다.

3.1.10 선로정비지침, 선로점검지침, 보선작업지침 등의 규정에는 텅레일의 교환작업 후 텅레일과 기본레일의 밀착도 관리에 대해서 명확하게 정해진 것이 없고 각 부분의 궤간이 기준값 이내에서 틈새가 발생되지 않도록 조정작업만 시행하고 있었다. 그리고 텅레일 표면의 윤활유 도포에 대해서도 정해진 것이 없었다.

3.1.11 탈선사고 직전에 교체된 제P52B호 선로전환기 텅레일이 기본레일과의 밀착도가 충분히 안정화되지 않은 상태에서 사고열차가 주행하게 되었고, 사고차량의 차륜플랜지가 텅레일과 최초로 접촉할 때 접촉각이 부족하고 텅레일의 표면에 윤활유가 도포되어 있지 않아 마찰계수가 높아졌다.

3.1.12 신호시설 및 신호취급은 정상적이었다.

## 3.2 사고원인

항공·철도사고조사위원회는 이 사고의 원인에 대하여 다음과 같이 결정한다.

사고차량이 제P52B호 선로전환기 텅레일 진입 시 차륜플랜지와 텅레일의 접촉각 부족과 텅레일의 표면에 윤활유가 도포되어 있지 않음으로 인한 마찰계수 증가, 그리고 연결기 회전저항으로 인한 횡압이 부가된 것이 이 사고의 추정원인이다.

#### 4. 안전권고

항공·철도사고조사위원회는 2010년 9월 14일 경부선 익산역구내에서 발생한 한국철도공사 화물열차 탈선사고에 대한 조사결과에 의거 다음과 같이 안전권고를 발행한다.

##### 4.1 한국철도공사에 대하여

1. 선로전환기상에서 차륜이 안전하게 주행할 수 있도록 기본레일과 텅레일간 접촉부위의 형상에 대한 기술검토를 수행하고 그 결과에 따라 적절한 유지관리기준을 마련할 것.
2. 텅레일 교환 후 텅레일과 차륜간의 마찰계수를 줄이기 위한 윤활유 도포에 대한 기술검토를 수행하고 그 결과에 따라 적절한 유지관리기준을 마련할 것.
3. 화차 연결기의 회전이 항상 원활하도록 화차 정기검수 시에 연결기, 테일핀 및 요크의 조립상태, 습동부 윤활상태, 요크가이드 및 샹크가이드의 조립높이 및 마모판 마모상태 등을 점검하고 정비할 수 있도록 유지보수기준을 보완할 것.