

# 철도사고조사보고서

한국철도공사

충북선 (조치원역~봉양역)

도안역~증평역간 (조치원역 기점 38.127km, 증평읍 사곡리 인근)

제3188열차 (EL8548호 + 화차 20량)

열차탈선(화물열차)

2015년 6월 21일(일) 06시 37분 경



2016. 7. 13.



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 행정쟁송절차와 분리·수행」 되어야 하고,

같은 법 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 례

제목 .....	1
개요 .....	2
1. 사실정보 .....	3
1.1 사고의 경위 .....	3
1.2 피해사항 .....	5
1.2.1 인명피해 .....	5
1.2.2 물적피해 .....	5
1.2.3 기타피해 .....	5
1.3 인적정보 및 업무수행사항 .....	6
1.3.1 사고열차 기관사 .....	6
1.3.2 사고열차 부기관사 .....	7
1.3.3 충주역 로컬관제원 .....	8
1.4 현장정보 .....	9
1.4.1 최초탈선지점과 열차분리지점 .....	9
1.4.2 베어링과 베어링케이지의 회수 .....	10
1.4.3 절손된 차축조각과 축상 앤드캡의 발견 .....	11
1.4.4 차축 저널부와 대차부품 및 제륜자 .....	11
1.5 열차와 차량정보 .....	12
1.5.1 사고열차의 조성 .....	12
1.5.2 사고차량의 화물적재상태 .....	13
1.5.3 사고차량(491102호)의 제원 .....	14
1.5.4 사고차량의 베어링 .....	15
1.5.5 사고차량의 축상 및 차륜의 상태 .....	16
1.5.6 사고차량의 정비현황 .....	19
1.6 사고열차의 운행정보기록과 CCTV영상기록 .....	21
1.6.1 사고열차의 운행정보기록 .....	21
1.6.2 CCTV영상장치 영상내용 .....	22
1.7 사고구간의 선로정보 .....	23
1.8 전차선 및 신호정보 .....	24
1.9 관리정보 .....	25
1.9.1 철도공사의 운전취급규정의 관리 .....	25
1.9.2 제천조차장역의 열차 출발검사 .....	26

1.9.3	제천차량사업소 정비실태 .....	26
1.9.4	차량정비단의 차축 베어링의 분해 검수 .....	27
1.9.5	충주역의 열차감시 .....	28
1.9.6	동력차승무원의 열차감시 .....	28
1.9.7	사고관련자의 근무형태 및 교육사항 .....	29
1.9.7.1	동력차 승무원의 교육사항 .....	29
1.9.7.2	충주역 로컬관제원의 교육사항 .....	30
1.10	날씨와 기상 .....	31
<b>2.</b>	<b>분석 .....</b>	<b>32</b>
2.1	철도공사의 규정관리 사항의 분석 .....	32
2.2	사고열차 운행정보기록과 승무원의 업무분석 .....	33
2.3	로컬관제원의 열차감시 업무분석 .....	34
2.4	사고열차 화물적재상태의 분석 .....	35
2.5	사고열차 출발검사의 분석 .....	36
2.6	차량사업소의 정비업무 분석 .....	38
2.7	차량정비단의 베어링분해업무 분석 .....	39
2.8	손상된 차축 베어링의 분석 .....	41
2.8.1	거시적 관찰 .....	41
2.8.2	재질분석 .....	42
2.8.3	파단표면 정밀분석 .....	43
2.8.4	그리스 성분 분석 .....	47
2.8.5	종합 분석결과 .....	48
2.8.5.1	거시적 관찰 결과 .....	48
2.8.5.2	기계적 성질분석 결과 .....	48
2.8.5.3	파단표면 정밀분석 결과 .....	48
2.8.5.4	그리스 성분 비교 결과 .....	48
2.8.6	손상된 차축 베어링의 분석결과 .....	49
<b>3.</b>	<b>결론 .....</b>	<b>50</b>
3.1	조사결과 .....	50
3.2	사고원인 .....	52
<b>4.</b>	<b>안전권고 .....</b>	<b>53</b>
4.1	한국철도공사에 대하여 .....	53

### 한국철도공사 충북선 도안~증평역간 화물열차 탈선사고

- 운영기관: 한국철도공사
- 운행노선: 충북선
- 발생장소: 충북선 도안~증평역 간(조치원기점 38.127km 지점).
- 사고열차: 제3188호 열차

[EL8548+화차 20량 편성, 환산 33.8량(양회 실은 차)]

- 사고유형: 열차탈선사고(화물열차)
- 발생일시: 2015년 06월 21일(일) 06시 37분경



[그림1] 사고현장 개요

## 개요

2015년 6월 21일 05시 29분경 제천조차장을 출발하여 대전조차장으로 운행 중이던 제3188호 화물열차(이하 ‘사고열차’라 한다.)가 충북선 상행선 방향 도안역과 증평역 사이에서 아홉 번째 화차(491101호, 이하 ‘사고화차’ 또는 ‘사고차량’이라 한다.)의 앞 대차 첫 번째 차축(이하 ‘1위축’이라 한다.)이 절손되어 1위축의 차륜 두개가 진행방향 좌측으로 탈선되었다.

사고화차의 1위축 차륜 두개가 진행방향 좌측으로 탈선되어 운행되면서 진행방향 좌측차륜 부 저널박스가 건널목(용강건널목)에 부설된 목재보판과 접촉하고 탈락되면서 두 번째 차축(이하 ‘2위축’이라 한다.)의 차륜 두개도 진행방향 좌측으로 탈선되었다.

저널박스가 건널목보판과 접촉 탈락되는 충격과 2위축 차륜의 탈선 영향으로 여덟 번째 차량(847431호)과 아홉 번째 사고차량(491101호)이 분리되어 조치원역 기점 38.127km에 06:37경에 자연 정차하였다.

이 사고로 인명피해는 발생하지 않았으나, 화차의 대차 부품 일부와 선로 시설의 PC침목, 코일스프링, ATS 지상자 등이 파손되는 피해가 발생하였다.

항공·철도사고조사위원회에서는 이번사고의 원인을 차축에 취부 되어 있는 베어링 외륜이 피로균열로 일부 손상된 상태에서 열차운행 중 베어링 외륜이 일시에 파손되면서 베어링 롤러가 정상위치에서 이탈되었고, 이로 인해 베어링과 차축과의 마찰로 차축이 절손되어 차륜이 탈선하였으며,

기여요인으로 차축 베어링 검수 소홀로 인하여 초기 균열을 사전에 발견하지 못하여 베어링 외륜이 파손에 이르게 한 것과 열차감시 소홀로 인하여 차축에서 발생하는 불꽃을 사전에 발견하지 못하여 차축이 절손되어 탈선에 이르게 한 것으로 결정하였다.

항공·철도사고조사위원회는 한국철도공사에 9건의 안전권고를 발행한다.

## 1. 사실정보

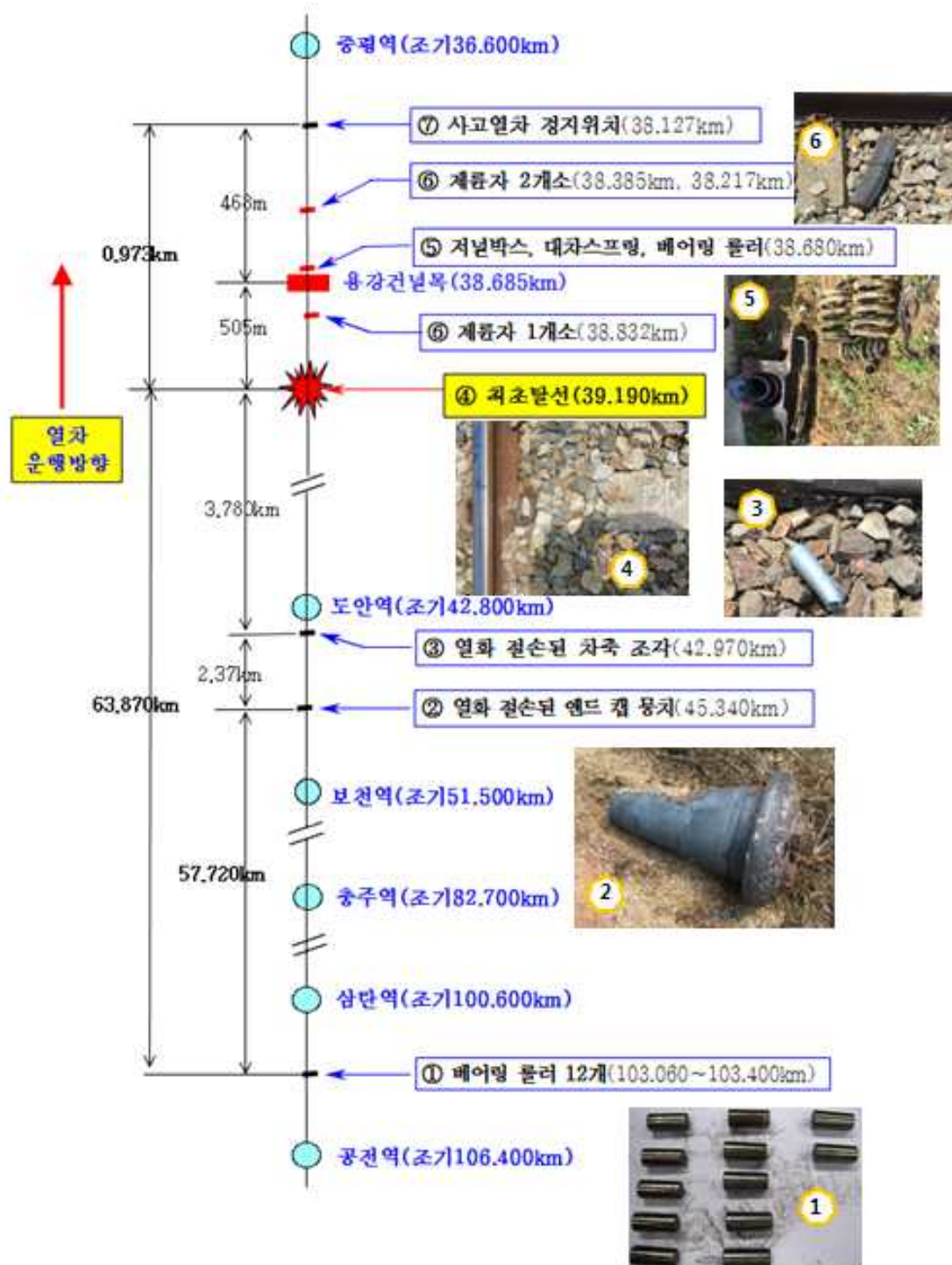
### 1.1 사고의 경위

2015년 6월 21일(일) 05시 29분경 사고열차가 중앙선 제천조차장역을 출발하여 충북선 상행선 방향(조치원역 방향)으로 운행하면서 공전역(05:41경 통과)과 삼탄역(05:46경, 통과) 사이에서 사고화차의 차축(1위축 좌측 축상)에서 베어링케이지와 베어링 롤러 일부가 탈락(조치원역 기점 103.060km~103.400km사이 선로변에서 12개 베어링 수거)되었다.

06:22경 보천역을 통과한 사고열차는 보천역과 도안역사이 조치원역 기점 45.340km지점에서 사고화차의 1위축 좌측의 축상 앤드 캡이 절손·탈락되었고, 6.15km를 더 진행하여 도안역과 증평역사이 조치원역 기점 39.190km에서 1위축이 열차 진행방향 좌측으로 탈선되었다.

탈선된 이후 약 505m 진행하면서 선로 면에 가까워진 사고화차 1위축의 좌측 축상 저널박스가 건널목보판에 접촉되면서 그 충격으로 사고화차 2위축의 차륜 두 개 모두가 열차 진행방향 좌측으로 탈선되었고, 그 충격으로 사고화차와 여덟 번째 화차와 분리되어 565m를 더 진행한 후 조치원역 기점 38.127km에 06:37경에 자연 정차하였다.

[그림2]는 사고열차가 봉양역을 통과한 이후부터 정차하기까지 사고열차의 각종 부품을 회수한 위치를 도식화한 그림이다.



[그림2] 사고열차 진행에 따른 사건 발생과 부품 회수장소



## 1.2. 피해사항

### 1.2.1 인명피해

사고열차는 시멘트 수송전용 화물열차로 인명피해는 없었다.

### 1.2.2 물적피해

#### 1.2.2.1 차량피해

이번사고로 사고화차의 1위축 절손과 공기정화기가 파손되었다.

#### 1.2.2.2 시설피해

사고화차가 탈선되어 운행되면서 선로의 PC침목 1,778정이 파손되었으며, 코일스프링 클립과 절연블럭이 각각 7,112개 파손되었고, 레일패드 3,556개, 신축 이음매장치 3개와 레일 2개가 파손되었다.

#### 1.2.2.3 신호분야

신호분야는 ATS 지상자 1조와 건널목 궤도회로 2개소가 절손되었다.

### 1.2.3 기타피해

기타 피해로는 충북선의 7개 무궁화호 열차가 7분에서 38분까지 지연이 되었으며, 화물열차 8개열차가 35분에서 5시간 28분 지연되었다.

### 1.2.4 피해액

이번 사고로 차량분야 24,600,178원, 시설분야 186,208,949원 및 신호분야 1,082,700원의 피해가 발생하여 합계 211,891,827원의 피해가 발생하였다.

### 1.3 인적정보 및 업무수행사항

#### 1.3.1 사고열차 기관사

사고열차의 기관사(40세, 남)는 1995년 4월 6일 한국철도공사(구 철도청) 마산기관차승무사업소 부기관사로 최초 임용되었으며, 2001년 7월 24일 제천기관차승무사업소 부기관사로 전근하여 2010년 12월 13일 같은 소속의 기관사로 발령 받아, 사고 일까지 철도차량 운전면허(2008년 디젤 및 2013년 전기 1종 취득)를 소지하고 운전업무에 종사하고 있었다.

사고열차 기관사는 6월 17일 16시경 전 사업을 마치고 집에서 72시간의 휴양시간을 가진 후 6월 20일 저녁에 출근하여 사업소 휴양실에서 20:00부터 취침하여 사고당일 03시경 기상(출무시각 04시 20분)후 L3188열차로 제천역에서 제천조차장역의 3번 선에 도착하였다.

제천조차장역 4번 선에서 사고열차인 제3188호 열차를 조성하여 열차의 계획된 시각보다 31분 빠른 05시 29분경에 제천조차장역을 출발하여 열차의 속도가 25km/h되는 시점에서 제동감도 시험을 시행하였으며, 봉양역을 약 40km/h의 속도로 통과한 후 도중 역 정차 없이 약 82km를 운행하였다.

사고열차의 기관사는 제천조차장역을 출발하여 사고지점까지 운전하면서 동승한 보조기관사와 열차의 후부를 확인하여 지적확인하거나 환호응답을 하지 않았다고 진술하였다.

사고열차 기관사는 조치원역 기점 39.200km부근에서 제동관압력 강하로 자연 정차되자 정차원인을 파악하기 위해 자동제동변으로 비상제동 체결 후 복귀하고 입출력장치화면을 통해 자동열차보호장치 등의 고장 없이 제동관압력이 충기가 되지 않아 역전간을 ‘S’ 위치로 하여 공기누설을 확인하고 제동관 호스파열 등 후부차량 이상을 확인하기 위하여 출장하였다.

### 1.3.2 사고열차 부기관사

부기관사(54세, 남)는 1981년 11월 10일 한국철도공사(구 철도청) 제천기관차승무사업소 기관조사로 임용되어 1989년 7월 6일 같은 사업소의 기관사로 발령받았으며, 사고 일까지 철도차량 운전면허(1989년 디젤 및 2006년 전기 1종 취득)를 소지하고 운전업무에 종사하고 있었다.

부기관사는 72시간 이상의 휴양시간을 가진 후 사고당일 04시 20분경에 출근하여 기관사와 함께 출무점호를 마치고 04시 50분경에 동력차의 출고업무를 수행하여 L3188열차로 제천역에서 제천조차장역에 도착하여 4번 선에 조성되어 있는 제3188호 열차에 동력차를 연결한 후 수송원으로부터 해결통지서를 받았다.

해결통지서를 받은 부기관사는 조성된 열차의 차량을 확인하지는 않았으며, 열차가 제천조차장역을 출발한 후 400R곡선부에서 열차의 후부를 확인하였으며, 봉양역을 떠나 공전역 진입 전, 새벽의 연무상태에서 열차후부를 확인하였으나 부기관사 쪽에서는 이상을 감지할 수 없었다고 진술하였다.

부기관사는 동력차 계기관의 제동관 압력이 강해지고 있는 상황을 기관사와 확인하고 처음에는 사소한 에러로 생각하였으나 기관사에게 역전 간을 ‘S’ 위치로 해볼 것을 권유하였으며, ‘S’ 위치에서 제동관 압력이 급격하게 감압되어 3bar되는 것을 보고 제동관 연결호스의 파열을 의심하였다.

사고열차가 자연 정차했을 때 사고열차 기관사가 열차의 후부확인을 위해 열차후부로 이동하였으며, 부기관사는 동력차에 남아 기관사의 역할을 하며 현장의 기관사로부터 탈선분리현상을 무선으로 통보받아 06:45경 증평역에 탈선사실과 기중기출동을 요구하였다.

이후 부기관사는 사고열차의 맨 후부로 이동하여 사고열차가 건널목으로부터 100m 지나서 정차한 것과 건널목보판의 굵힌 자국 및 차량 부품이 건널목부근에 떨어져 있는 것을 확인하였다.

### 1.3.3 충주역 로컬관제원

충주역 로컬관제원(55세, 남)은 1982년 9월 9일 한국철도공사(구 철도청) 공전역 역무원으로 임용되었으며, 주덕역, 동량역 및 삼탄역의 로컬관제원을 거쳐 2010년 1월 18일 충주역 로컬관제원으로 발령 받아 사고 당일까지 근무하고 있었다.

충주역 로컬관제원은 철도공사 인재개발원 영주분원에서 혼합로컬관제원 교육(2015년 12월 8일~12월 10일)을 최근에 이수하였으며, 사고전날 19시에 출근하여 21시까지 근무한 후 02시까지 휴식을 취하였고 02시부터 09시까지 근무 중이었으며, 당시 역무원 2명이 함께 근무 중이었다.

충주역 로컬관제원은 무인역인 목행역과 달천역의 조작반을 원격으로 취급하고 있으며, 당시에는 철도교통관제센터에서 CTC에 의해 열차가 제어되고 있었기 때문에 충주역 로컬관제원은 사고열차에 대한 발차통보는 따로 받지 않았으며, 조작반에서 열차의 제어상태와 운행상태를 감시 하였다.

충주역에는 열차를 감시하는 CCTV모니터가 로컬관제원 전면에 1대가 있는데 화면을 8개로 분할하여 표시하고 있으며, 로컬관제원은 사고열차가 충주역을 통과 시 CCTV를 확인하였으나 특이사항을 확인하지 못하였다고 진술하였다.

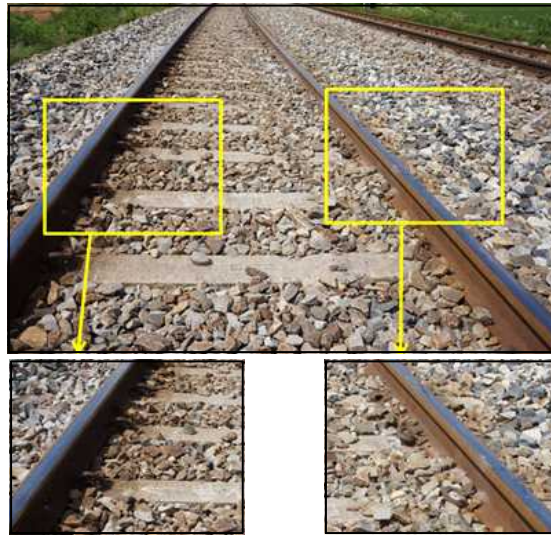
충주역은 열차감시 지정역으로 되어있고, 역 승강장 감시용 CCTV와 선로 전환기 감시용 CCTV영상을 로컬관제원이 감시하게 되어 있으나 충주역로컬관제원은 사고열차가 기관사와 부기관사가 승무하는 열차이고 관제로부터 별도의 지시도 없어 특별히 열차감시를 시행하지 않았으며, CCTV영상은 모니터가 분할되어 있어 감시할 수 없었다고 진술하였다.

충주역 로컬관제원은 제3188호 열차의 사고사실을 06:30경 열차무선을 통하여 알게 되었으며, 이후 SMS를 이용하여 관계자에게 통보하였다.

## 1.4 현장정보

### 1.4.1 최초탈선지점과 열차분리지점

사고열차의 최초 탈선흔적은 [그림3]과 같이 조치원역 기점 약 39.190km 지점에서 발견되었으며, 사고화차의 1위축의 좌우 차륜이 열차진행방향 좌측으로 떨어지면서 자갈에 끌린 흔적을 남겼다.



[그림3] 최초 탈선흔적 (조치원 기점 39.190km)

사고열차는 조치원역 기점 약 39.190km 지점에서 탈선되어 운행을 계속하였으며, [그림4]의 좌, 용강건널목의 목재보판에 차축저널부가 부딪혀 그 충격으로 두 번째 차축의 좌우 차륜도 열차 진행방향 좌측으로 탈선되어 [그림4]의 우와 같이 분리되어 조치원역 기점 38.127km에 정차하였다.




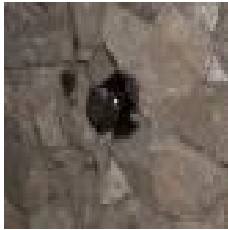
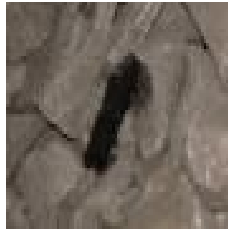






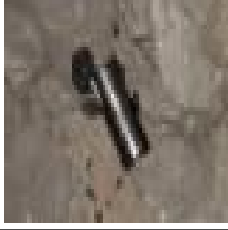

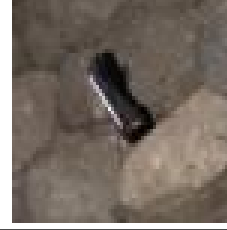
[그림4] 조치원 기점 38.685km의 건널목 보판(좌)과 탈선 분리된 화차(우)

## 1.4.2 베어링 롤러와 베어링케이지의 회수

사고열차가 공전역(05:41)과 삼탄역(05:46)사이를 운행하면서 사고화차 차축(1위축 좌측 축상)에서 베어링케이지와 베어링 롤러(조치원역 기점 103k060m~103k400m사이 선로변에서 12개 베어링 수거)가 탈락된 것을 [그림5]와 같이 회수하였고 베어링 롤러와 베어링케이지 발견위치는 [그림6]과 같다.



[그림5] 조치원역 기점103k060m~103k400m사이 선로변에서 수거한 12개 베어링

			
103.060km	103.065km	103.070km	103.080km
			
103.110km	103.130km	103.150km	103.300km
			
103.300~400km			

[그림6] 로울러 베어링과 베어링케이지 발견위치



### 1.4.3 절손된 차축조각과 축상 앤드캡의 발견

사고화차의 1위축 좌측 축상에서 열화와 마찰로 절손된 앤드 캡 뭉치가 사고열차 정차지점으로부터 7.213km후방의 선로변에서 발견되었고 차축조각을 정차지점으로부터 4.843km후방의 선로변에서 [그림7]과 같이 수거하였다.



[그림7] 앤드캡 뭉치(7.213km 후방)와 차축 조각(정차지점으로부터 4.843km 후방)

### 1.4.4 차축 저널부와 대차부품 및 제륵자

사고차량에서 탈락된 저널박스과 베어링 롤러, 대차스프링 및 제륵자 등의 부품이 [그림8]과 같이 최초 탈선위치(39.190km)에서부터 사고열차 최종 정차위치(38.127km) 사이에서 발견되었다.



[그림8] 사고차량의 저널부와 대차부품 및 제륵자의 발견위치

## 1.5 열차와 차량정보

## 1.5.1 사고열차의 조성

사고열차는 [표1]과 같이 전기기관차(EL8548호)와 벌크화차 20량으로 조성(환산 33.8량)되어 있었으며, 벌크차 20량 중 제한속도 90km/h 12량, 120km/h 8량으로 구성되어 있었고, 부강까지 운송되는 시멘트를 적재하고 있었고, 사고화차(491102호)는 전부로부터 9번째 화차이며, 차중률<sup>1)</sup>은 1.6~1.7, 차장률<sup>2)</sup>은 0.9이었다.

No	차량번호	편성번호	차종	영공	작업선	종목	소유주	연결역	해방역	도착역	송화인	권수	환산	장
	3188		화물 운행중											
	제천조 ~ 대전조				+00:22									
	849421호 90KM													
	증평 ~													
	8584		1282 화물용전기			본무	연결	제천조	대전조				0.0	1.60
1	849421		TB 벌크차	영	C01	벌크양회	성신양회	제천조	부강	부강	성신양회		1.70	0.90
2	848847		TB 벌크차	영	C01	벌크양회	성신양회	제천조	부강	부강	성신양회		1.70	0.90
3	490884		TB 벌크차	영	C01	벌크양회	성신양회	제천조	부강	부강	성신양회		1.70	0.90
4	490845		TB 벌크차	영	C01	벌크양회	성신양회	제천조	부강	부강	성신양회		1.70	0.90
5	490905		TB 벌크차	영	C01	벌크양회	성신양회	제천조	부강	부강	성신양회		1.70	0.90
6	847410		TB 벌크차	영	C01	벌크양회	성신양회	제천조	부강	부강	성신양회		1.70	0.90
7	849069		TB 벌크차	영	C01	벌크양회	성신양회	제천조	부강	부강	성신양회		1.70	0.90
8	847431		TB 벌크차	영	C01	벌크양회	성신양회	제천조	부강	부강	성신양회		1.70	0.90
9	491102		TB 벌크차	영	C01	벌크양회	성신양회	제천조	부강	부강	성신양회		1.70	0.90
10	847569		TB 벌크차	영	C01	벌크양회	성신양회	제천조	부강	부강	성신양회		1.60	0.90
11	491080		TB 벌크차	영	C01	벌크양회	성신양회	제천조	부강	부강	성신양회		1.70	0.90
12	490883		TB 벌크차	영	C01	벌크양회	성신양회	제천조	부강	부강	성신양회		1.70	0.90
13	839642		TB 벌크차	영	C01	벌크양회	성신양회	제천조	부강	부강	성신양회		1.70	0.90
14	849984		TB 벌크차	영	C01	벌크양회	성신양회	제천조	부강	부강	성신양회		1.70	0.90
15	849668		TB 벌크차	영	C01	벌크양회	성신양회	제천조	부강	부강	성신양회		1.70	0.90
16	839619		TB 벌크차	영	C01	벌크양회	성신양회	제천조	부강	부강	성신양회		1.70	0.90
17	490906		TB 벌크차	영	C01	벌크양회	성신양회	제천조	부강	부강	성신양회		1.70	0.90
18	849309		TB 벌크차	영	C01	벌크양회	성신양회	제천조	부강	부강	성신양회		1.70	0.90
19	848746		TB 벌크차	영	C01	벌크양회	성신양회	제천조	부강	부강	성신양회		1.60	0.90
20	490911		TB 벌크차	영	C01	벌크양회	성신양회	제천조	부강	부강	성신양회		1.70	0.90
원차 : 20 환산 : 33.8 장 : 19.6														

[표1] XROIS상의 사고열차의 조성현황

1) 차중률 : 차량 1량의 총 중량(자체중량+적재중량)을 표기한 것으로, 기관차는 30톤, 동차 및 객차는 40톤, 화차는 43.5ton을 1로 기준으로 함.

2) 차장률 : 차량의 길이에 대한 비율로 14m를 1로 표기



### 1.5.2 사고열차 및 사고화차의 화물 적재상태

2015년 6월 25일 대전조차장역 계중기로 사고열차 잔류화차 6량에 대한 검량 결과는 [표2]와 같이 3량은 부족, 1톤 미만 초과 2량, 1톤 이상(2.9톤) 초과 1량의 측정결과가 나왔다.

화차계중기 검량부 (2015.6.25)

대전조차장역

검량 일자	검역	차역	화차번호	화물운송회사 원형	번호	물명	계수	검량용량	화차 자중	화물 중량	실중량 (운임중량)	부족 중량	초과 중량	비고
6/25	조각	대전	491114	524	52011	선로		73.200	22.300	51.000	52.100	-1		
6/25	조각	대전	491114	524	52012	선로		74.160	22.100	52.060	52.060		0.06	
6/25	조각	대전	491114	524	52013	선로		72.440	19.900	52.540	52.540		0.04	
6/25	조각	대전	491114	524	52014	선로		71.340	20.000	51.340	51.340		-0.66	
6/25	조각	대전	491114	524	52015	선로		71.140	20.000	51.140	51.140		-0.86	
6/25	조각	대전	491114	524	52016	선로		74.320	20.000	54.320	54.320		2.92	2.92
6/27	도량	대전	491102	524	52017	선로		75.060	22.100	52.960	52.960		0.96	0.96

[표2] 사고열차 잔류차량 검량표

사고화차를 대전조차장역 계중기로 검량한 결과, [표3]처럼 적재중량이 52,960kg으로 검량되었다.

화차검량표

대전조차장역

No. 203 15. 6. 27

화차번호	491102
영/공	
총중량	10.06 75360kg
자중분수	22100kg
하중분수	52960kg

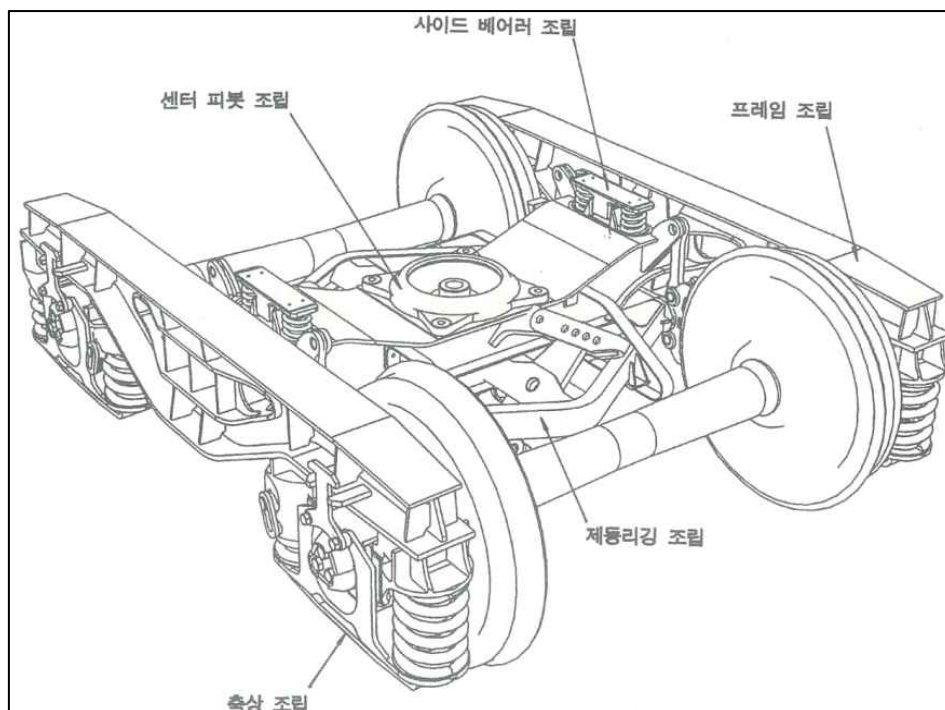
[표3] 사고화차(491102호)의 검량표

## 1.5.3 사고화차(491102호)의 제원

사고화차는 2004. 2월 9일 태양중공업에서 제작된 한국철도공사 소유의 벌크차이며, 내용연수는 30년, 자중 22.1톤, 하중 52톤, 환산(영) 1.7량, 제한속도 120km/h이며 대차의 형식은 [그림9]와 같이 용접대차이고 제동형식 KRF-3형식이며, 제동방식은 양압식으로 사고화차의 제원은 [표4]와 같다.

구 분	제 원	구 분	제 원
차량길이	13,160 mm	자중	22.1 ton
차량폭	3,100mm	하중	52.0 ton
차량높이	3,850 mm	대차종류	용접대차
고정축거	1,800 mm	연결기종류	AAR E형 자동연결기
속도	120km/h	제동방식	양압식

[표4] 사고화차의 주요 제원



[그림9] 용접대차의 구조

#### 1.5.4 사고차량의 베어링

사고화차에는 TIMKEN사(미국)와 SKF사(스웨덴)의 RCT NFL<sup>3)</sup> 베어링이 혼합 취부 되어 있었으며, 사고화차의 절손된 차축에는 SKF사의 베어링이 취부 되어 있었다. 이 베어링은 2014년 10월 21일 중정비2(GI-2)시 취부 되었고, 사고 당일까지 32,133km를 주행하였다.

사고화차의 절손차축의 윤축번호는 11111105596이며, 좌측베어링은 2009년 3월 제작되었고, 우측베어링은 2006년 1월 제작되었다. 차축 베어링의 구조는 [그림10]과 같다.



[그림10] RCT형 NFL 베어링 구조

3) RCT NFL : Rotate end Cap and Tapered roller bearing No Field Lubrication의 약자로서, 정상 운행 중이면 장기간 그리스의 재급유가 필요하지 않은 그리스 윤활방식의 테이퍼 롤러 베어링

## 1.5.5 사고차량의 축상 및 차륜의 상태

사고화차의 손상된 부분을 제외하고 1위축과 2위축의 차륜과 플랜지 내측거리를 측정한 결과는 [표5]와 같았으며, 팔호 안은 철도공사 객화차 유지보수기준치이다.

단위 : mm

차축 위치	차륜 위치	플랜지 내측거리 (기준1,351~1353)	차륜직경 (기준860~776)	플랜지		비 고
				높 이 (기준25~35)	두 겹 (기준34~23)	
1위 축	왼쪽	1,353	794	25~28	32	차축 절손
	오른쪽		794	25~27	31~32	
2위 축	왼쪽	1,353	794~792	25~26	31	
	오른쪽		794~792	25~26	30	

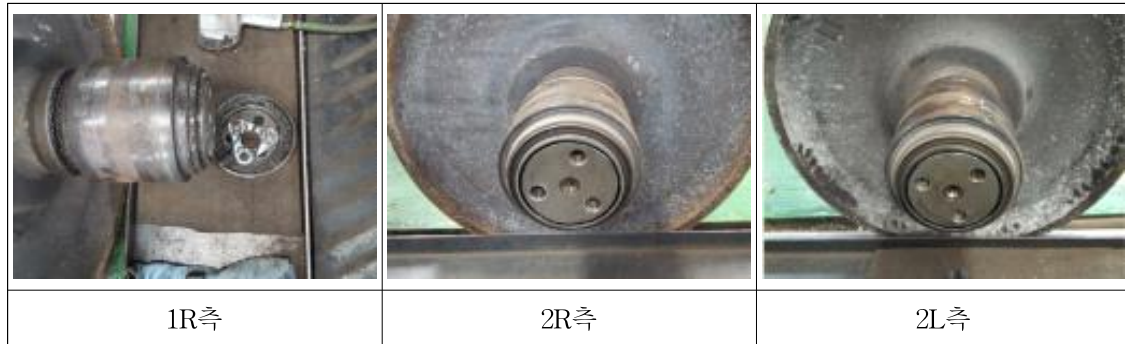
[표5] 사고화차의 차륜치수 측정결과

[그림11]과 같이 사고화차의 1위축과 2위축의 축상 저널박스 내부 어댑터(로드부) 상태는 양호하였으며, 1위축 절손차축 맞은편 차축 베어링 조립체(1R)는 그리스가 다량 누유 되어 있었고, 2위축 좌측(2L)의 백킹 링 측에 그리스가 소량 누유 된 상태가 보였다.



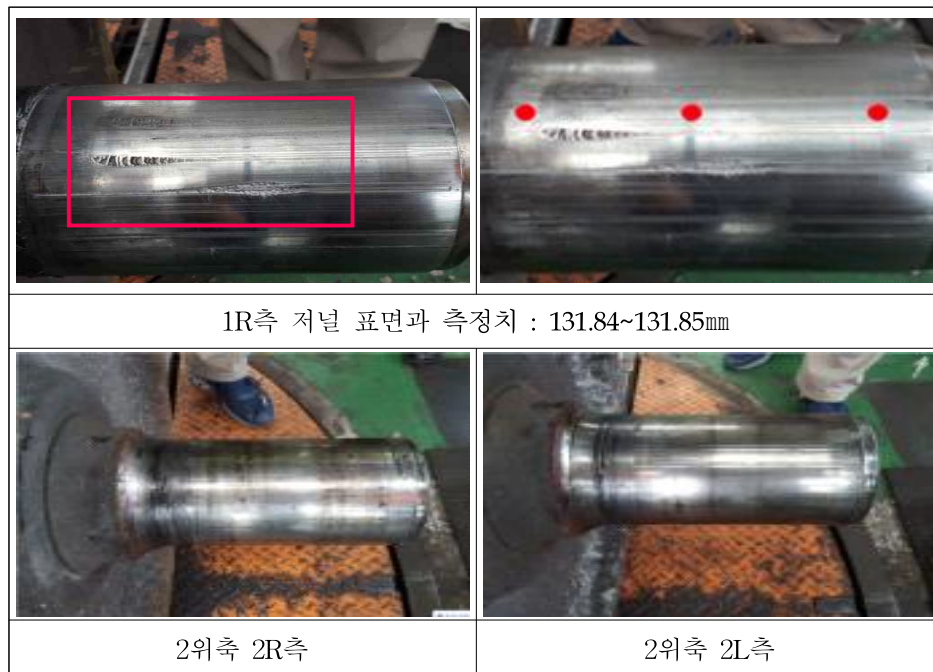
[그림11] 사고화차 차축의 베어링 조립체

차축에서 앤드 캡을 제거하고 축상을 확인 결과 [그림12]에서 보여 지듯이 1위축 우측(1R) 축상은 그리스가 누유 된 상태를 보이고 있었으며, 2위축 우측과 좌측 축상 모두 누유흔적이 보이지 않았다.



[그림12] 사고화차의 1, 2위축 축상의 상태

[그림13]과 같이 사고차량의 1위축 절손된 차축 맞은편 저널 표면에서 전체적으로 굽힌 자국과 일부 표면에 밀림(굽힘) 흔적이 있었으며, 2위축의 우측과 좌측의 저널 상태는 표면이 양호하였고, 저널 직경 측정결과는 131.84~131.85mm이었으며, 철도공사 객화차 유지보수기준치는 131.839~131.864mm이다.



[그림13] 사고화차의 대차의 저널부



[그림14]는 사고차량 1위측 맞은편 1R 및 2위측 2R/2L측 베어링 조립체를 분해한 상태를 보여주고 있으며, 그리스 및 외관 상태가 양호하였다.



[그림14] 분해된 1R 및 2R/2L측 축상 베어링 조립체

[표6]은 1R 및 2R/2L 축상 베어링의 내륜 및 유간 측정결과이다.

(단위 : mm)

구분	1R		2R		2L		기준
	#1	#2	#1	#2	#1	#2	
내 륜	131.90	131.82	131.79	131.78	131.79	131.78	131.750~131.801
유 간	0.20	0.23	0.57	0.58	0.58	0.57	0.501~0.660

[표6] 1R 및 2R/2L 베어링의 내륜 및 유간 측정결과

현장(공전역~삼탄역 사이 대덕터널)에서 수거한 베어링 롤러 12개중 4개가 [그림15]와 같이 외형상 마모 및 파손상태를 보였다.



[그림15] 수거된 베어링과 베어링케이지의 상태

### 1.5.6 사고차량의 정비현황

사고화차는 2004년 2월 9일 도입되어 사고발생 일까지 약 11년 4개월이 경과되었으며, 351,369km를 주행하였고, KOVIS 차호별 경과일 및 경과거리를 조회한 결과 [표7]과 같이 검수종별 검수회기 지연은 없었다.

편성/차호	검종	총 주행거리	검수기준	회기일	회기율(%)	검수기준주행KM	경과주행KM	주행율(%)	기준검수명	기준검수일	기준검수소속
491102	LI-6	351,369.0	365	243	66.6	40,000.0	32,002.9	80.0	GI-2	2014-10-21	대전철도차량정비단
491102	GI-1	351,369.0	730	243	33.3	80,000.0	32,002.9	40.0	GI-2	2014-10-21	대전철도차량정비단
491102	GI-2	351,369.0	1460	243	16.6	160,000.0	32,002.9	20.0	GI-2	2014-10-21	대전철도차량정비단

[표7] KOVIS 차호별 경과일 및 경과거리 조회

사고화차는 [표8]과 같이 2014년 10월 21일 철도공사 대전철도차량 정비단에서 중정비2(GI-2)를 실시하였고 2015년 6월17일 제천조차장 차량사업소에 1,600km마다 시행하는 기본검수를 실시하였다.

구 분	기본검수(1,600km)	중정비 2(48개월/160,000km)
일자/소속	2015. 6. 17 제천조차장차량사업소	2014. 10. 21 대전철도차량정비단

[표8] 사고차량의 기본검수와 중정비 시행일자

사고차량은 철도공사 객화차유지보수기준 제18조에 따라 주행장치 대차각부 분해세척, 청소 후 액체 침투탐상, 베어링 롤러 분해세척 후 각 부품의 상태 확인 및 차륜삭정 등을 시행하는 중정비2(GI-2)를 2014년 10월 21일 실시하였으며, 이후 사고전날까지 241일, 34,577.1km를 주행하였다.

사고화차(491102호)의 사고차축(A9909D0682)에 대하여 초음파탐상을 4회, 베어링 검수를 2회 실시한 윤축작업 리스트를 [표9]와 같이 XROIS를 통하여 확인하였다.

차량번호	차량내역	대차번호	대차번호	윤축번호	윤축번호	기준윤축번호	차륜삭정 의뢰건수	초음파탐상 건수	대경삭정 건수	차륜압입 건수	베어링검수 건수
							3	14	0	0	6
491102	조차 시멘트용 벌크차	1	1111128980	1	1111105596	A9909D0682	1	4	0	0	2
491102	조차 시멘트용 벌크차	2	1111128980	2	1111111951	A03058F737	1	3	0	0	1
491102	조차 시멘트용 벌크차	2	1111128983	3	1111108672	A02018T826	0	5	0	0	1
491102	조차 시멘트용 벌크차		1111128983	4	1111098724	A0005D0648	1	2	0	0	2

[표9] 사고화차 윤축작업 리스트

한국철도공사 XROIS기록의 사고차축 초음파 탐상의 결과는 [표10]과 같이 정상으로 기록되어 있었다.

플랜트	플랜트명	작업장명	축종류	검사일자	작업시각	윤축	위수	기준윤축번호	탐상설비번호	탐상설비내역
5300	대전철도차량정비단	[설비]차륜조	RCT-D	2014-10-14	오후 7:01:36	1111105596	1	A9909D0682	90006763	초음파탐상기
검사번호	좌측결과	우측결과	감쇠도(B1)	감쇠도(B2)	감쇠도(B3)	감도	주파수	등급	제작사	제작연도
0136	Y	Y	0	0	0	30.00	3.00	PN	KSS	99.09

[표10] 사고차축의 초음파탐상 결과

한국철도공사 XROIS로 확인한 사고차축의 베어링 분해검수 결과에서 [표11]과 같이 사고에 기인된 베어링의 고유번호는 0903002533을 확인하여 2009년 3월 SKF사에서 제작된 것을 확인하였으며 분해검수결과도 양호하였다.

작업장명	작업일자	차량번호	윤축	위수	일련번호	베어링(좌)	베어링(우)	베어링고유번호(좌)
[설비]차륜조	2014-10-16	491102	1111105596	1	A9909D0682	D14100249	D14090393	0903002533

베어링고유번호(우)	축방향유간(좌)	축방향유간(우)	내경(좌)	내경(우)	압입톤수(좌)	압입톤수(우)
060136306	0.55	0.54	131.78	131.78	11	11

[표11] 사고차축의 베어링의 분해검수 결과

사고차량의 베어링 조립 시 사용한 그리스는 [표12]와 같이 Mobil Arapen RB 320이었다

오더 PM10 100003856809 [491102]조차 시멘트용 벌크차 계획 -G1-2

시스템상태 TECO PCNF CSER GMC0 MANC PRC SETC

헤더데이터

작업

구성품목

원가

오브젝트

추가 데이터

위치

계획

제어

확장

품...	구성요소	내역	LT	소요량	UM
0030	1021758	에나멜페인트:포인트 KS M 5701 2종2급 회색 E-80680 알키드			28 L
0220	1021986	그리스:그리스 베어링용(NFL) 20galEXXON ARAPEN RB-3		0.048	CAN
0230	1008984	적화차용윤축베어링:베어링오일샬 2244-30610 TIMKEN_K1511			4 EA

[표12] 베어링 조립 시 사용한 그리스

중정비시 사고차량의 차륜삭정결과는 [표13]과 같이 직경(L/R) 796mm, 후랜지 두께 33mm(L/R), 후랜지 높이 25mm(L/R)로 기록되어 있었다.

작업일자	기준윤축번호	윤축	삭정(후)직경(L)	삭정(후)후랜지두께(L)	삭정(후)후랜지높이(L)
2014-10-15	A9909D0682	1111105596	796.000	33.000	25.000
K	M	O	Q	R	
삭정(후)직경(R)	삭정(후)후랜지두께(R)	삭정(후)후랜지높이(R)	표면거칠기(L)	표면거칠기(R)	
796.000	33.000	25.000	2.700	2.800	

[표13] 사고차량의 차륜삭정결과



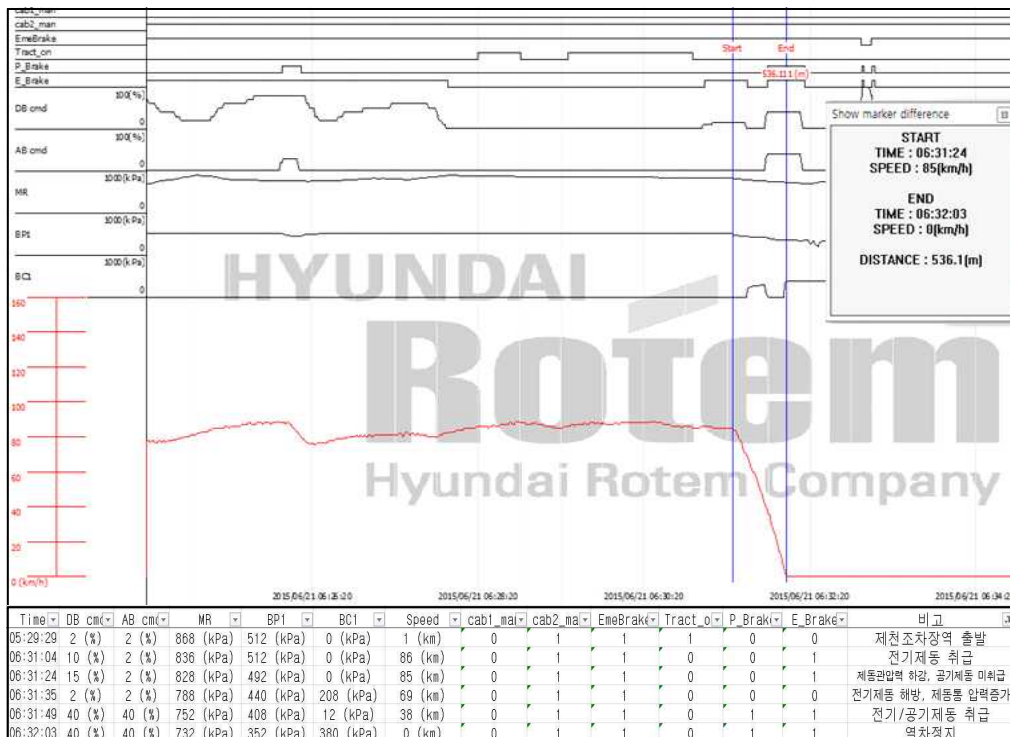
## 1.6 사고열차의 운행정보기록과 CCTV영상기록

### 1.6.1 사고열차의 운행정보기록

사고열차는 제천조차장을 출발(05:29:29)하여 탈선 후 정차(06:32:03) 할 때까지 운전최고속도는 89km/h였으며, 사고지점까지 운행하면서 도중 정차내용은 기록되지 않았다.

사고열차는 [그림16]에서 보면 06:31:24경 운행속도 85km/h에서 공기제동을 off한 상태에서 제동관 압력이 512kPa에서 492kPa로 다운되었으며, 06:31:35경 운전속도 69km/h의 전기제동 off상태에서 제동관 압력이 444kPa에서 440kPa로 4kPa 감되면서 제동통 압력이 0에서 208kPa 증가하였다.

06:31:49경 운전속도 38km/h에서 전기제동과 공기제동이 인가되었고 제동관압력이 416kPa에서 408kPa로 감압되었으며, 06:32:03경 전기제동 및 공기제동이 on 상태에서 열차가 정지하여 운전속도가 0km/h이 되었고 제동관 압력 하강시점부터 열차가 정지할 때까지 이동거리는 536.1m이었다.



[그림16] 사고열차 동력차의 운행정보기록

## 1.6.2 CCTV영상내용

사고열차가 출발한 제천조차장역에서 도안역까지 각역에 설치되어 있는 CCTV영상을 [그림17]과 같이 확인한 결과 사고열차가 삼탄역 51호 선로전환기 통과 중 전부에서 9번째 화차 축상에서 연기가 발생하고 있었다.

이후 충주역과 충주역의 원격제어역인 달천역 51호 선로전환기와 승강장 통로 감시카메라 영상에서 사고열차의 전부로부터 9번째 화차 앞 대차 1위 축 좌측 축상에서 발생하는 화염을 확인 하였다.

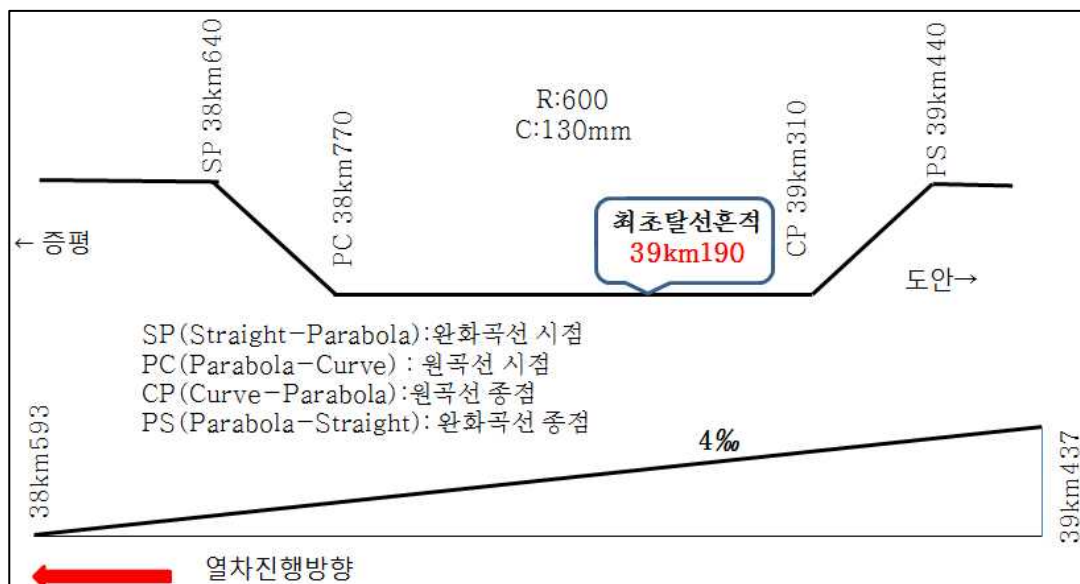


[그림17] CCTV영상 재현으로 확인된 사고화차 축소상태

## 1.7 사고구간의 선로정보

사고가 발생한 충북선은 총연장 129.2km이며 1928년에 조치원역~충주역 간, 1958년 5월에는 전 구간이 단선으로 개통되었다. 그 후 수송 수요 증가에 따라 1975년 10월에 충북선 전 구간에 대하여 복선공사를 실시하여 1980년 10월에 완공하였다.

사고개소의 선형은 사고열차 진행방향으로 우곡선 R:600(연장 800m)이었고 설정캔트는 130mm이었으며 선로기울기는 하 기울기 4‰이었다.



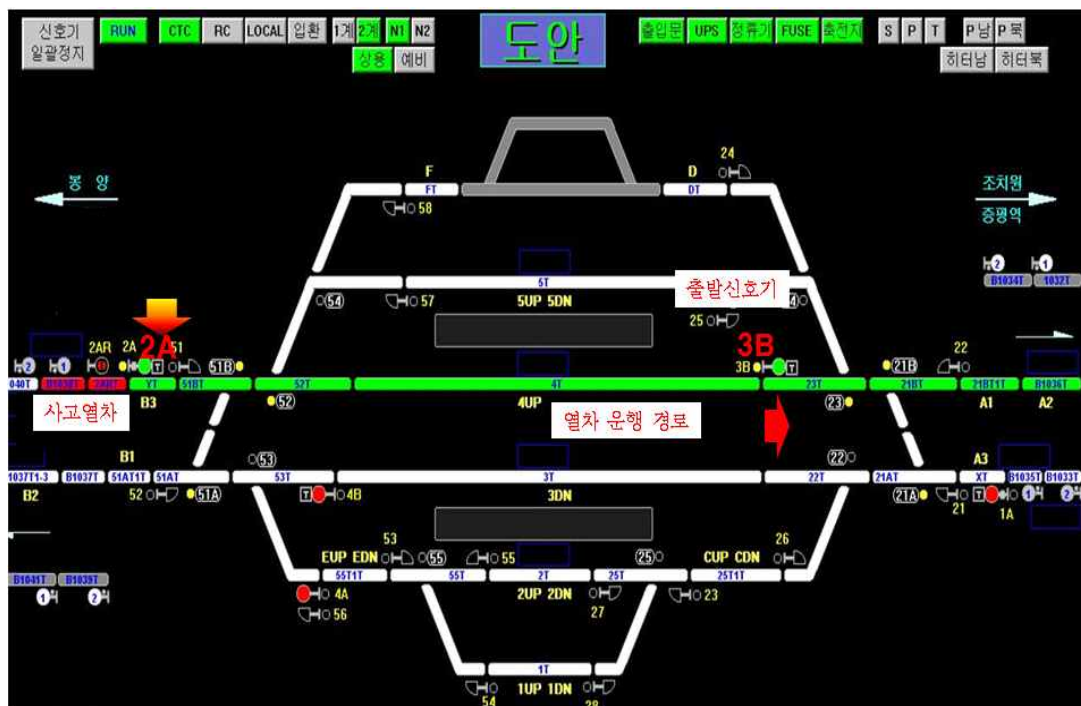
[그림18] 탈선개소 선형개략도

궤도의 구성은 50kg N레일에 PC침목, 코일스프링크립, 도상자갈로 구성되어 있으며 장대레일로 부설되어 있다.

궤도검측차 운행은 분기별 1회 시행하고 있었으며 2015년 3월 6일과 2015년 5월 22일 검측한 것을 확인하였으며 탈선개소를 포함한 구간인 조치원역 기점 38.160~39.200km에서는 유지보수가 필요한 개소가 없었으며, 사고구간의 도보순회는 사고발생 전 2015년 6월 12일과 6월 15일에 시행한 것으로 확인되었으며, 증평~도안역 사이 순회점검 결과 특이사항은 없었다.

## 1.8 전차선 및 신호정보

사고열차의 탈선 및 분리와 관련하여 전차선 이상과 급전 계통 차단기 등 보호 장치의 동작은 없었으며, 사고 직전 통과한 도안역의 신호제어 및 열차 진로 설정정보(전자연동장치의 프로그램 처리 기록 정보)를 활용하여 사고 당시의 상황을 재현한 결과 [그림19]와 같이 재현되었다.



[그림19] 사고열차의 운행 경로 진로

[그림19]에서 적색 표시는 사고 열차가 해당 구간의 궤도를 점유하면서 정거장으로 진입하고 있는 상태이고, 녹색 부분은 열차가 없는 상태로 신호기의 지시에 의해 열차를 운행할 수 있도록 장내신호기 안쪽(내방)으로 진입 조건을 제시하였고, 신호기를 포함한 신호장치의 이상은 없었다.

## 1.9 관리정보

### 1.9.1 운전취급규정의 관리

한국철도공사 자체 규정인 『운전취급규정』(제2014호-17호, 2014. 1. 29. 전 부개정, 이하 "운전취급규정"이라 한다) 제37조제1항제3호 라목에 따르면 [표 14]와 같이 열차감시대상역으로 지정한 경우에는 역장이 승강장의 적당한 위치에서 장내신호기 진입 시부터 맨 바깥쪽 선로전환기 진출 시까지 열차감시를 하도록 규정하고 있다.

선 명	열차감시대상역(25개역)	대상열차
경부선 호남선 전라선 중앙선 영동선 태백선 동해남부선 경전선 <b>충북선</b> 경북선 장항선 경원선 경인선 대구선 경춘선	천안, 대전, 동대구 서대전, 익산, 광주송정 전주, 남원, 순천 원주, 제천, 영주 도계, 동해 태백 경주, 태화강 마산, 진주 <b>충주</b> - 대전부 의정부 부평 영천 가평	-전동열차 및 고속열차를 제외한 동력차 1인 승무 열차

[표14] 『운전취급규정』 제37조제1항제3호 라목의 열차감시대상역

그러나, 한국철도공사는 2014. 2.19. “운전관계규정 제·개정 시행관련 잠정지시<sup>4)</sup>”로 『운전취급규정』 제37조제1항제3호 라목의 개정사항을 별도 지시까지 시행을 유예하였다.

#### 4) 운전관계규정 제·개정 시행관련 잠정지시(열차계획처-1291, ‘14. 2. 19)

##### 제목 운전관계규정 제·개정 시행관련 잠정지시

1. 열차계획처-784(‘14.1.29)호 및 여객수송처-860(‘14.2.17)호 관련입니다.  
2. 운전관계규정 제 개정 사항중 일부내용을 다음과 같이 개정하여 잠정지시하  
각 소속장은 개정사항에 대한 교육을 시행하시어 운행안전 확보에 만전을 기하여 주시기  
바랍니다.

- 마 래 -

##### 가. 운전취급규정

- 제6조 및 제87조의 내용 중 분기역을 분계역으로 개정

- 제37조제1항제3호 라목 개정사항 시행유예(별도 지시까지)

- 제233조 및 별표23에 ‘정거장표지’ 신설

##### 나. 운전보안장치취급내규

- 제22조제3호의 승무사업소 보수기록부 운용폐지 내용 사규반영

붙임 운전취급규정 및 운전보안장치취급내규 일부개정 신규대비표 1부. 끝.

또한, 사고 이후인 2015.10.21.에는 열차감시대상역에 대한 역장의 출장 열차감시 규정인 『운전취급규정』 제37조제1항제3호 라목을 삭제하고, 역장의 출장감시가 아닌 운전취급실에서 설치된 영상설비를 활용한 열차감시사항을 제37조의2로 신설하였다.

### 1.9.2 제천조차장역의 열차 출발검사

제천조차장역의 역무원A는 도담역에서 제3248호 화물열차가 제천조차장역 4번 선에 도착하여 제3188호 열차(사고열차)로 운행되는 조성임을 알고서 연결상태, 공기호스 연결, 코크 개방 및 화차의 좌·우측 검사를 시행하였다

역무원A는 역무원B로부터 조성된 차량의 동력차 연결과 관통상태를 통보 받고 열차후부의 측등스위치를 켜고 공기압력계로 압력(5kg/cm<sup>2</sup>)을 확인하였으며, 사고열차 기관사와 무전기로 교신하며 총 4회의 제동시험을 시행하면서 차량의 특별한 사항을 발견하지 못했으며 열차출발까지 확인하였으나 별다른 이상은 없었다고 진술하였다.

역무원B는 제3188호 화물열차 동력차가 상선군에 도착하자 입환전호로 유도하여 인상선으로 인상한 뒤 4번 선의 조성되어 있는 제3188호 열차에 연결하고 제동관호스를 연결하고 앵글스위치를 열어 관통을 시킨 후 역무원A에게 연결완료 되었음을 무선으로 통보하였다.

역무원A와 B는 제천조차장역 입환취급매뉴얼의 출발검사 요령에 의한 2인이 각 차량 좌, 우측 상태 점검 후 제동시험 시행, 열차출발 시 운전상태 확인하는 출발검사를 시행하지 않았다고 진술하였다.

### 1.9.3 제천차량사업소의 정비실태

사고차량에 대하여 사고발생 이전, 최근 2회의 기본검수<sup>5)</sup> 내역은 [표15]와 같이 2015. 6.14.과 6.17.에 실시한 내용이 XROIS에 기록되어 있었으며, 그

5) '기본검수'란 차량의 주요부분에 대한 상태확인 및 기능 검사와 소모품을 보충하는 검수를 말한다.



내용은 객화차유지보수기준 제15조(기본검수)에 따라 축상발열, 윤활유 누유 여부 및 차륜상태 등을 점검하였고, 사고차량은 기본검수 후 사고발생 전일까지 563km 주행하였다.

차종 600 화차		입고일 2015.06.14 ~ 2015.06.21											
순번	소속명	순	오더번호	순	차량번호	차종	입고일자	입고시각	열번	입고시주행거리	생성자	소속코드	작업장코드
1	제천조차장차량사업소	1	100004004829	1	491102	벌크차	2015.06.14	09:34:28	3183	349,941.6	CG001463	2430000	A001
2		2	100004007032	1	491102	벌크차	2015.06.17	16:26:18	3103	350,533.6	CG001463	2430000	A005

[표15] 사고발생 이전 실시한 최근 2회 기본검수 내역

제천차량사업소 도담역 주재 차량관리원 A와 B는 2015. 6.17. 도담역에 도착한 제3103열차(수색⇒도담, 공차 27량)를 기본검수 기준에 따라 주행 및 제동장치에 이상 유무를 점검하였으며, 사고화차(491102호)의 주행부 축상에 그리스 누유여부를 확인하였으나 이상이 없어 기본검수를 종료하였다.

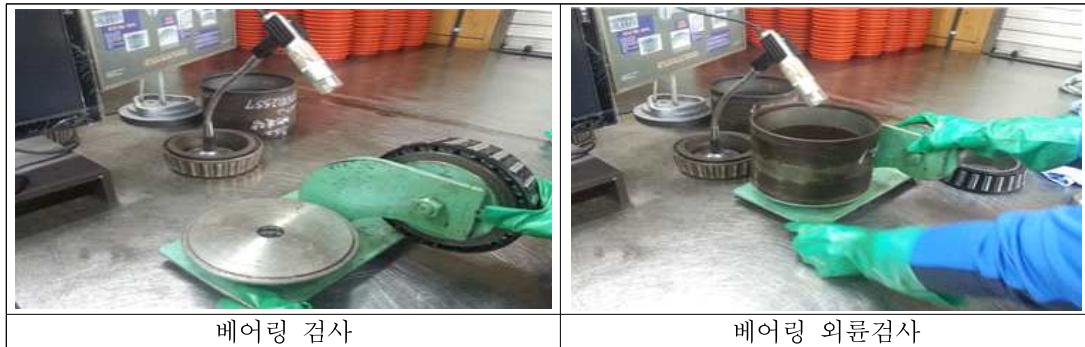
제천차량사업소 도담역 주재 차량관리팀장은 사고화차가 도착한 2015. 6. 17.에는 도담역구내 순회 및 검수선 점검 등을 하였고, 2015. 6.21. 사고발생 수보 후 검수담당자로부터 사고화차 주행장치 축상에 그리스 누유 등의 이상 없음을 확인했다고 진술하였다.

#### 1.9.4 차량정비단의 차축 베어링 분해검수 실태

사고차량에 사용된 차축베어링은 RCT NFL 베어링(SKF社, 2009. 3. 제작, 그리스 급유 없이 약 8년(80만km)까지 사용가능)으로 분해검수하기 전까지 중간 급유가 필요 없는 로울러 베어링으로, 중정비(GI-2, 매 48개월, 2014. 10. 21. 실시)시 베어링을 분해검수하고 있었으며, 사고발생 전일까지 241일, 34,577.1km 주행하였다.

철도공사 차량정비단에서는 중정비(GI-2)시 베어링의 분해검수 시 세척 → 내륜의 청소 → 검사 → 외륜의 검사 → 소음검사 → 각부의 측정 → 표기, 기록 → 조립 → 그리스 주입 → 오일 썰 조립 후 차축에 압입하는 분해검수 과정으로 중정비를 시행하고 있었다.

[그림20]처럼 차축 베어링을 분해 세척하여 외륜 등의 상태를 디지털 확대경으로 검사하고 있었으며, 디지털 영상현미경으로 필링(미세 박리), 브리넬링(표면변형), 스폴링(피로성 박리), 외륜 치수검사 시 베어링 작업장 내 적절한 조명과 청결유지, 기기 및 공구의 비치 등 베어링 작업장에 대한 관리 기준을 별도로 정하지 않고 정비직원의 경험으로 관리하고 있었다.



[그림20] 차량정비단의 베어링 분해검사 장면

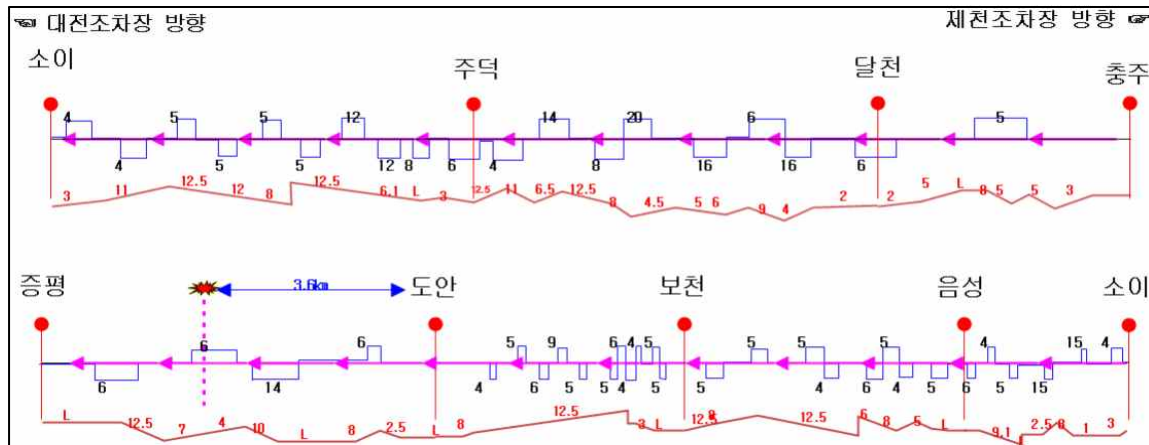
#### 1.9.5 충주역의 열차감시

『운전취급규정』 제37조제1항제3호 라목에 충북선 충주역이 열차감시 대상역으로 지정되어 있었으나 2014. 2.19. “운전관계규정 제·개정 시행관련 잠정지시”로 별도지시 있을 때까지 시행이 유예되어 있었던 관계로 충주역 로컬관제원은 열차감시를 시행하지 않았으며, 사고열차가 로컬제어역 및 충주역 통과 시 CCTV영상을 감시하지 않았다.

#### 1.9.6 동력차 승무원의 열차감시

『운전취급규정』 제37조에 의하면 기관사는 열차가 정거장을 출발 또는 통과할 경우에는 때때로 뒤를 감시하도록 규정하고 있으며, 사고열차가 운행하면서 최초로 불꽃을 보이기 시작한 충주역부터 최초 탈선지점까지 약 43.510km를 운행하였으며, 좌·우의 곡선개소는 [그림21]과 같이 기관사측(진행방향 좌) 27구간, 부기관사측(진행방향 우) 21개 구간이었다.





[그림21] 충주역부터 사고지점까지의 좌우곡선 및 상하구배 현황

그럼에도 사고열차의 기관사는 열차후부감시를 하지 않았으며, 부기관사는 최초 제천조차장~봉양역간 두무곡 건널목 곡선(R=400m) 지점에서 열차 후부를 확인하였고, 사고발생 전 도안~증평역 사이 절연구간 지점(R=600m)에서 열차 후부를 확인하였다고 진술하였다.

## 1.9.7 사고관련자의 근무형태 및 교육사항

### 1.9.7.1 기관사의 근무편성과 교육사항

사고열차 기관사는 근무편성표 [표16]과 같이 2015년 6월17일 사업을 마치고 3일간의 휴식을 가졌으며, 최근 3개월간(2015년 4월에서 6월까지)의 교육실적은 [표17]과 같다.

일	월	화	수	목	금	토
	S 1	42556 L6403 9999 42W42 3284 3174 ~ 4 42425 3126 3133 S 6				
		기 07:55 18:37 기 12:30 01:29			기 06:40 17:49	
S 7	1 11:57 42418 3192 3199 42W45 3255 3281 ~ 10 42561 6401 6402 S 12 S 13	2 15:10 42W45 3255 3281 ~ 10 42561 6401 6402 S 12 S 13		1 9:01 42561 6401 6402 S 12 S 13		
	기 09:35 23:36 기 22:30 14:56	기 07:14 17:15		기 07:14 17:15		
42W27 3130 3139 42554 L6404 9999 ~ 16 42W62 6421 6424 S 18 S 19 20	2 12:00 42W27 3130 3139 42554 L6404 9999 ~ 16 42W62 6421 6424 S 18 S 19 20	2 10:17 42554 L6404 9999 ~ 16 42W62 6421 6424 S 18 S 19 20	1 10:15 42W62 6421 6424 S 18 S 19 20			
기 09:18 01:07 기 22:43 10:00	기 05:35 16:50		기 05:35 16:50			
42K15 3188 1709 X 22 42W34 3286 3187 S 24 S 25 42556 L6403 9999 42W42 3284 3174	1 12:00 42K15 3188 1709 X 22 42W34 3286 3187 S 24 S 25 42556 L6403 9999 42W42 3284 3174	1 8:42 42W34 3286 3187 S 24 S 25 42556 L6403 9999 42W42 3284 3174	2 10:29 42556 L6403 9999 42W42 3284 3174			
기 04:20 17:44 기 04:40 14:22	기 07:55 18:37 기 12:30 01:29		기 07:55 18:37 기 12:30 01:29			
~ 28 42425 3126 3133 S 30	1 9:39 42425 3126 3133 S 30					
	기 06:40 17:49					

[표16] 충주역부터 사고지점까지의 좌우곡선 및 상하구배 현황

교 육 일	교 육 내 용	비 고
4.1~4.8	제3025열차 완해불량, 열차 운행 중 후부감시철저	게시38호
4.10~5.1	축상발열과 완해불량 차이점	상황실교육
4.20~4.27	여객열차 제동시험 철저	게시46호
5.4~5.12	화물열차 완해불량, 역간 1회이상 후부감시 철저	게시53호
5.12~5.14	열차 운행 중 완해불량사례교육	직무교육
5.19~5.26	열차사고 근절위한 안전관리 강화	게시57호
6.16~6.23	열차탈선관련 열차운행 중 후부감시 철저	게시72호

[표17] 사고기관사의 최근 3개월간의 교육실적

## 1.9.7.2 충주역 로컬관제원의 근무편성과 교육사항

충주역로컬관제원은 철도공사 3조2교대 근무체계에 의하여 근무하고 있었으며, 최근 3개월간의 교육실적은 [표18]과 같다.

직무능력향상교육	
4.27	운전규정 제81조~제85조 차량의 유치
5.26	외부요인 급전장애 예방을 위한 교육
6.25	열차운행선로지장작업 업무세칙 중 운행안전협의를 주의사항
6.29	운전규정 제37조 열차감시 요령 및 대상역
운전취급담당자교육	
4.7	비상대응 및 운전취급관련 규정
5.6	비상대응 및 운전취급관련 규정
6.5	비상대응 및 운전취급관련 규정
안전교육	
4.6	충북본부 안전사보 37호
4.8	2015년 1~3월 산업안전보건 지도활동 결과
4.25	봄철 강풍 발생대비 시설물 안전관리 철저
5.12	철도안전관리체계 설명 자료
5.21	충북본부 안전사보 38호
5.24	화물열차 출발감사 강화
6.5	선로전환기 장애발생 시 조치요령 및 능력 배양
6.10	화재예방 요령 및 화재발생 후 조치요령
6.11	열차화재 사고예방 우수사례
6.24	2015년 재난대응 안전한국훈련 결과
7.5	책임사고예방 및 무재해 사업장 구현을 위한 교육
사고사례교육	
4.25	공중교통사상사고(2015.2.23.)임시새마을열차 조사처리 및 예방대책
5.1	철도안전사상사고(직원) 조사처리 결과
5.6	화재예방을 위한 선로변 안전관리 강화 지시
5.6	화물열차 제동원해불량 사례전파 및 안전관리 강화 재 지시
5.8	관리장애(1/29 수색역) 조사처리 및 예방대책
5.19	각종 교육자 교육시 관리감독 엄정 지시(선로전환기 할출 사례)
5.20	해외철도(독일,멕시코) 사고사례 전파 및 안전관리 철저
6.1	관리장애(5/9 오봉역) 비가선구간 전기기관차 진입
6.11	직원 감전사례 전파 및 안전관리 강화
7.2	해외(일본) 열차내 방화 사고사례
7.5	찾아가는 산업안전보건 교육
7.5	화재예방 및 대응 요령

비고

[표18] 충주역로컬관제원의 최근 3개월간의 교육실적

### 1.10 날씨와 기상

2015년도 6월 21일 06:00현재 기상청 기상실황에 의하면 충주지방의 날씨는 기온이 16.7℃, 시정은 4.4km, 습도는 92%였다.

## 2. 분석(Analysis)

### 2.1 안전관리체계 사항의 분석

『철도안전법』 제7조에 따르면 철도운영자등은 철도운영을 하거나 철도시설을 관리하려는 경우에는 인력, 시설, 차량, 장비, 운영절차, 교육훈련 및 대상대응계획 등 철도 및 철도시설의 안전관리에 관한 유기적인 체계(이하 “안전관리체계”라 한다)를 갖추어 국토교통부장관의 승인을 받아야 하며, 승인 받은 안전관리체계를 변경하려는 경우에는 국토교통부장관의 변경승인을 받도록 규정하고 있다.

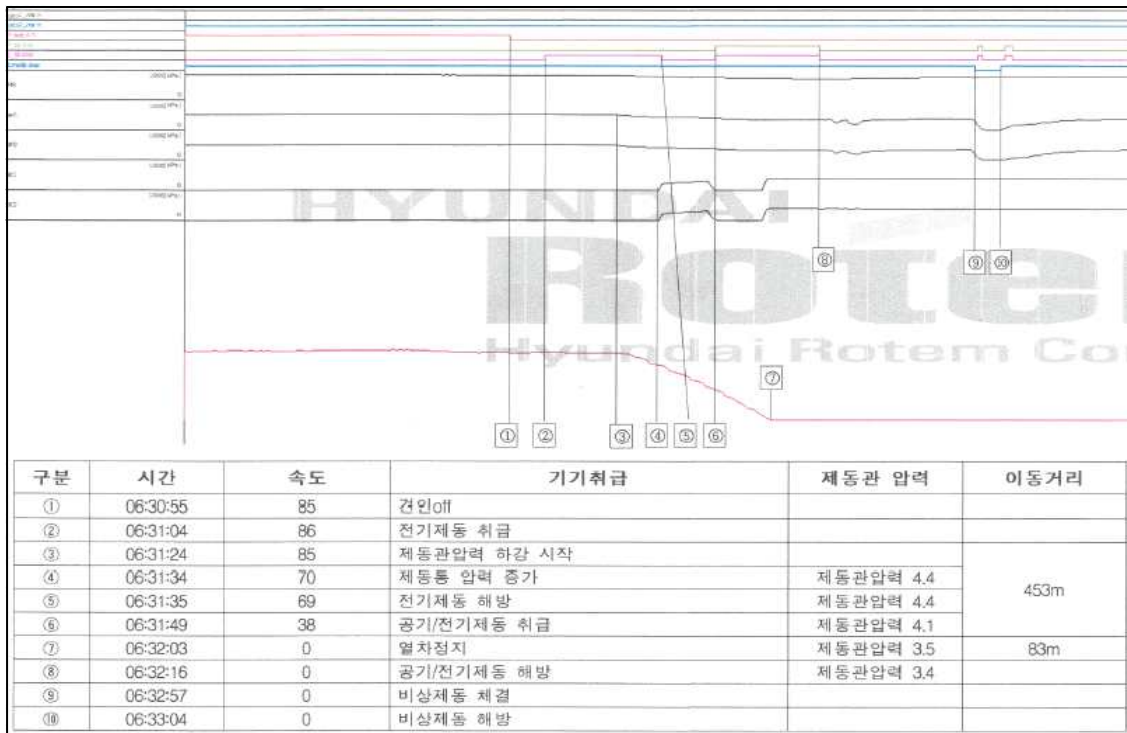
그런데도, 한국철도공사는 사고 이후인 2015.10.21. 『운전취급규정』 제37조 제1항제3호 라목에 따른 열차감시대상역에 대한 역장의 출장 열차감시규정을 삭제하면서 『철도안전법』 제7조제3항에 의한 국토교통부와 안전관리체계 변경승인을 위한 협의를 시행하지 않았다.

### 2.2 사고열차 운행정보기록과 승무원의 업무분석

사고열차의 운행정보기록에 의하면 기관사는 제천조차장역을 발차하여 사고지점까지 최고속도 89km/h로 운전하여 운전제한속도는 초과하지 않았다.

[그림22]의 ①과 같이 기관사는 조치원역 기점 39.190km 부근(최초탈선지점)을 운전하면서 06:31:04경 열차속도 86km/h에서 가상구배에 의한 속도증가를 제어하기 위하여 전기제동 취급으로 운전속도를 제어한 취급은 기준운전 취급을 위배하지는 않은 것으로 확인되었다.

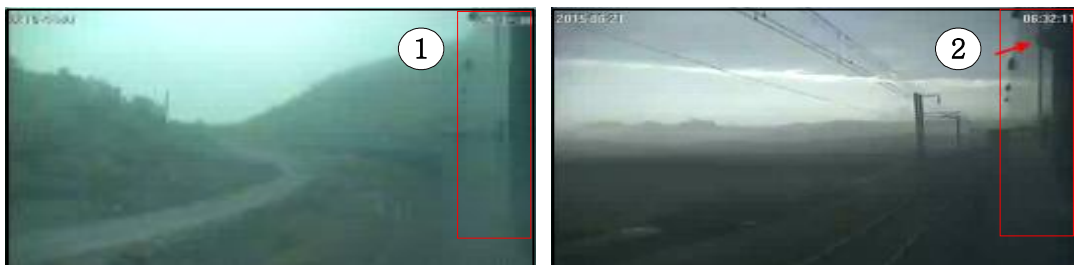
[그림22]의 ③에서 ⑦처럼 06:31:24경부터 06:32:03까지 약 39초간 기관사의 제동 취급 없이 제동관 압력이 강하하고 제동통 압력이 증가되어 열차에 제동이 체결된 상황은 최초의 탈선지점에서 차륜이 궤도를 이탈하여 운행되어 오다가 용강건널목(조치원기점 38.285km)에서 차축저널부의 탈락 충격으로 열차가 분리되어 제동관 호스 파열로 공기제동이 체결된 것으로 분석되었다.



[그림22] 운행기록정보에 의한 기관사의 운전취급

사고열차의 기관사는 운전 중 열차후부를 확인하지 않았다고 진술하였고 사고차량의 차축에서 화염이 나타난 충주역에서 사고지점까지의 운전구간의 곡선부(27개소에서 확인가능)에서 열차의 후부를 감시하지 않아 『운전취급규정』 제37조에 의한 열차감시업무를 소홀히 한 것으로 분석되었다.

사고열차 부기관사는 열차의 후부를 확인하고 기관사와 환호응답을 시행했다고 진술하였으나 동력차의 CCTV영상을 확인 분석한 결과 [그림23]의 ①과 같이 후부확인 모습이 확인되지 않았으며, 정차지점에서만 ②와 같이 열차후부를 확인하는 모습이 확인되었다.



[그림23] 동력차의 CCTV영상으로 확인한 열차후부확인 영상

부기관사는 충주역에서 사고지점까지의 운전구간의 곡선 부 21개소에서 열차의 후부를 확인할 수 있었으나 이를 생략하여 한국철도공사 운전취급세칙 제5조(부기관사의 의무)를 소홀히 한 것으로 분석되었다.

### 2.3 로컬관제원의 열차감시 업무분석

충주역 로컬관제원의 임명사항과 교육훈련사항에서 운전취급업무를 수행하는 로컬관제원의 자격을 갖추고 근무하고 있었으며, 운전취급업무를 위한 특별한 공간을 부여하여 인접역인 달천역과 목행역의 로컬제어 및 감시업무를 병행 수행하고 있었다.

당시 충주역 운전취급자 제어탁자의 전면에는 [그림24]와 같이 우측으로부터 달천역, 충주역, 목행역 및 동량역의 CCTV화면이 구비하고 있었으며, 중앙의 충주역 감시화면은 8개 화면으로 분할하여 진출입 선로전환기, 승강장과 승객이동 통로를 감시하고 있었다.



[그림24] 충주역 운전취급자 제어탁 전면의 CCTV모니터 배치상태

사고당일 충주역 로컬관제원은 사고열차 통과 시 CCTV를 통하여 특이사항을 확인하지 못하였다고 진술하였으나 충주역과 달천역 CCTV영상기록을 분석한 결과 [그림25]와 같이 사고화차 대차의 측상에서 화염분출이 확인되어 로컬관제원은 화면감시를 하지 않은 것으로 확인되었다.



[그림25] 충주역 CCTV영상에서 확인된 사고화차의 화염

충주역 로컬관제원은 『운전취급규정』 제37조의 정거장(驛)에서 열차감시를 시행하여야하나 한국철도공사 내부의 “운전관계규정 시행관련 잠정지시”를 이유로 열차감시를 하지 않았다.

#### 2.4 사고열차 화물적재상태의 분석

사고화차의 적재상태 확인을 위하여 2015년 6월 27일 대전조차장역 계중기로 검량을 실시한 결과 [표19]와 같이 실 중량이 960kg을 초과하여 적재되어 있었으나, 철도화물운송편람<sup>6)</sup>의 화물 적재한도(하중 52톤)는 제한톤수가 55톤은 초과하지 않아 사고화차의 적재상태는 철도화물운송편람 제2장 제2절 11호에 의하면 과적상태는 아닌 것으로 확인되었다.

철도공사 시스템(XROIS) 적재량이 일률적(52톤)으로 기록된 것은 시멘트 공장에서는 벌크화차에 컴퓨터시스템에 의하여 정해진 중량을 적재하고 기록하고 있었고, 실제 차량에서 중량의 오차가 발생한 이유는 벌크차량 탱크

6) 철도화물운송편람(화물영업 전반을 규정한 실무지침서) 제2장 제2절 11호(화물수송)

11-6-3. 표기하중이 상향조정된 다음화차는 제한톤수 이하로 수송하여야 하며

표기하중톤수의 10%미만을 초과한 경우에는 발견 역에서 50km미만인 경우에만 차량사업소장의 검사를 받아 주의운전을 할 수 있다.

차 종	화차번호	표기하중톤수	제한톤수
무개화차	580000호대(581806~584231)	53	55톤 이하
벌크조차	490000호대(490201~490514)	52	55톤 이하
	940000호대(949151~949980)	52	55톤 이하

11-6-4. 적재중량이 화차표기하중톤수의 10%이상을 초과할 때에는 초과부분을 다른 화차에 옮겨 싣거나 하화하여야 한다. 이 경우의 비용은 송화인의 부담으로 한다.

내부에 쌓인 슬러지와 스케일에 의한 중량차이로 확인되었다.

화차검량표

대전조차장역

Nov. 2013	15. 8. 27
화차번호	91102
영/공	
총중량	75069kg
자중톤수	22100kg
하중톤수	52969kg

[표19] 사고차량 검량표

## 2.5 사고열차 출발검사의 분석

사고열차 동력차에 설치된 차량연결장치 확인용 CCTV영상기록을 확인한 결과 [그림26]과 같이 05:16:47경 출발검사를 시행하는 역무원이 동력차 연결 후 그 모습이 보이지 않다가 05:28:05경 다른 역무원이 같은 우측에서 올라와 차량상태를 둘러봤고, 다른 움직임이 보이지 않고 대기하다 05:29:15경 사고열차가 출발한 사항은 출발검사가 형식적으로 이루어지거나 실시하지 않은 것으로 분석되었다.





[그림26] 운행기록정보에 의한 기관사의 운전취급

철도공사 제천조차장역에서 열차의 출발검사를 담당하고 있는 역무원들의 사고열차에 대한 출발검사내용을 사고열차동력차의 CCTV영상으로 확인한 결과 열차출발 시 2인이 동시에 차량상태를 확인하는 제천조차장역 입환취급 매뉴얼<sup>7)</sup>의 출발검사 시행요령을 따르지 않고 있었다.

7) 출발검사 시행요령(제천조차장역 입환취급 매뉴얼, 제천조차장역-348호, 2012. 2)

- 출발검사는 2인 1조로 시행한다.
- 2인이 동시에 각 차량의 좌, 우측 상태를 점검하고, 최 후부차 도착 시 후부표시등을 설치하고, 제동관 관통상태 및 압력을 확인한다. ☞차량상태: 연결상태, 수제동기, 차체 및 차내설비 등
- 최 후부차 직원이 제동관 충기 확인 후 제동전호를 시행하면 릴레이식으로 전호 시행
- 제동 시 각 차량의 제동 체결상태를 확인하며 이동
- 완해전호를 시행하면 나머지 직원은 완해전호 후 각 차량의 제동완해상태를 확인하며 이동
- 제동 및 완해시험을 3회 이상 시행 후 각 장치별 이상이 없으면 제동시험완료 전호를 시행
- 열차 출발 시 운전상태를 확인한다. ☞최 전부에서 직원 2인이 열차 좌우에서 출발상태를 확인

## 2.6 차량사업소의 정비업무 분석

사고열차 조성의 기본검수작업 경위를 조사한 결과 차량관리원(A와 B)는 2015년 6월 17일 제3103호 열차(수색⇒도담, 공차 27량)를 기본검수 기준에 따라 주행 및 제동장치를 점검하였고, 사고화차(491102호) 주행부 축상에서 그리스 누유가 없었다고 진술하였으나,

분석실 분석결과에 따르면 이번 사고가 베어링 외륜 내부에서 이미 피로 균열이 나타났고, 주행으로 균열부위가 점점 확대되어 그리스가 누유 되면서 베어링이 파손된 점을 감안할 때 기본검수 시 세심한 주의와 관심을 기울이지 않은 것으로 판단하였다.

차량사업소의 기본검수업무 수행시 화차 기본검수 매뉴얼(세부절차, 유의사항 등) 없이 철도차량 기본검수 매뉴얼(철도공사, 2010년 발간)을 준용하여 검수를 시행하고 있었으며, 화차 기본검수를 위한 직무교육 교안(교육자료) 없이 경험과 사고사례 위주의 구두교육이 이루어지고 있는 것이 조사되었다.

기본검수업무 시 축상발열, 윤활유 누유여부 및 차륜상태 확인검수를 육안 검수에 의존하고 있었고, 축상발열 여부는 1차 축수검수, 이상이 있는 경우 디지털 온도계에 의한 검사를 시행하고 있었다.

디지털온도계는 총 3대를 보유하고 있으나, 관리책임자가 지정되어 있지 않고, 내용연수(2005. 10. 13 취득, 내용연수 6년)가 약 4년 경과되었고, 3대 모두 온도측정 시 각기 다르게(29℃, 33℃, 26℃)가 측정되었으며, 신뢰도 측정 실적 없이 사용자의 경험에 의존하고 있는 것이 조사되었다.

디지털온도계로 온도측정 결과를 기록 관리하지 않고 있었으며, 도담차량팀은 축상누유, 오일씰 누유 등에 의한 불량차만 수리하여 수송차 유치대장에 기록 관리하고 있는 것이 조사되었다.

- 차량간 연결상태 및 제동완해 상태(베어링 회전) 재 확인

※ 공기제동 시험 시 작용의 적정여부

- 제동시험 시행

- 제동체결(피스톤 행정, 제륜자 밀착) 및 완해 상태 확인

☞ 1분 이내 완해되지 않을 경우는 수회 반복 후 제동컷트 조치

## 2.7 차량정비단의 베어링분해업무 분석

사고차량의 베어링 분해 검수작업 경위를 조사한 바 설비부 차량관리팀장과 선임차량관리장은 중정비2(GI-2) 입창차량에 대하여 화차부(대차조)로부터 주행장치 중 윤축을 선입·선출에 따라 분해작업 하였다.

사고화차 윤축(A9909D0682)은 입창화차 50169호(검사번호136호)의 윤축을 화차부(대차조)로부터 2014년 10월 14일 인수받아 윤축 각부와 차축탐상을 시행하였고 윤축의 좌측 베어링(D14100249)은 입창차 763386호의 베어링을 2014년 10월 15일 분해검수 후 사용하였다.

사고화차 우측 베어링(D14090393)은 입창화차 20490호의 베어링을 2014년 9월 24일 분해 검수한 것을 2014년 10월 16일 사고화차 1위축에 압입하여 화차부(대차조)에 인계하였다.

설비부 차량관리원A는 사고화차 1위축을 2014년 10월 14일 인수, 초음파 탐상을 실시하여 상태가 양호(탐상등급 PN)하여 다음공정으로 인계하였으며, 설비부 차량관리원B, C, D 및 E는 2014년 9월 19일 화차부로부터 인계받은 20490호 베어링을 2014년 9월 24일 한국철도공사 정비지침서 및 작업표준 매뉴얼에 따라 원형정비 후 베어링 번호 D14090393를 신규로 부여하였다.

2014년 10월 8일 화차부에서 인계받은 763386호의 베어링은 2014년 10월 15일 원형정비 후 베어링 번호 D14100249를 신규로 부여해 놓은 것을 2014년 10월 15일 차축탐상 및 차륜 답면 삭정이 완료된 윤축(A9909D0682)에 2014년 10월 16일 베어링을 압입한 뒤 화차부에 인계한 것으로 조사되었다.

차량정비단 베어링 분해검수부서는 베어링 분해검수 시 베어링 불량내역을 필링, 충격, 부식, 치수 등으로 구분하여 “베어링 불량 내역 일지”에 기록하고 있으나, 불량 베어링 데이터(필링, 충격, 부식, 치수 등) 분석을 통한 베어링 불량률과 수명관리는 시행하지 않고 있었다.

베어링 불량판정 및 폐기에 관한 지침(기준)은 제작사에서 제공한 정비지침서와 유지보수매뉴얼을 활용하고 있었으나, 좀더 상세한 불량판정기준이 필요한 것으로 조사되었다.

화차 차축 베어링의 교환주기가 설정되어 있지 않아 분해검수를 통해 불량량을 확인할 때까지 사용하고 있으며, 차축 베어링의 최초취부일, 분해검수일 등 사용이력이 관리되지 않았고, 베어링 사용 년 수 경과정도에 따라 검수방법 및 절차를 차별화 하지 않고 있었다.

베어링 분해검수 시 마다 KOVIS상 관리번호를 새롭게 생성함으로써 이전 분해검수 이전 이력(횟수)을 알 수 없고 베어링 사용 년 수에 관계없이 베어링 분해검수가 일관되게 이루어지고 있는 것이 확인되었다.

차량제작사의 정비지침서에 의하면 “먼지 중의 모래는 일반 열처리된 강(鋼)의 정도보다 높아 베어링에 들어갔을 경우 급속한 마모를 일으켜 베어링 검수 시 청결유지에 주의할 것”을 요구하고 있으므로 차축베어링 분해검수 작업장 환경에 세부지침이 필요한 것으로 조사되었다.

사고화차 엔드캡 조임 토크를 확인한 바 사고화차의 엔드 캡을 수거하여 볼트 취부 상태를 확인한 결과 완해의 흔적은 발견하지 못했으며, 사고 후 사고화차에 취부 되어 있던 다른 차축의 엔드캡의 볼트 체결력을 확인한 결과 기준치 이내에 있음이 [그림23]과 같이 확인할 수 있었다.



[그림27] 볼트 체결토크 확인 (기준치: 19.4~20.7kgf.m, 측정치: 20.52kgf.m)

## 2.8 손상된 차축 베어링의 분석

### 2.8.1 육안 관찰

손상된 차축베어링 외륜의 파단면 관찰을 위하여 워터젯 가공으로 절단 후 육안관찰을 진행하였다. 관찰결과 [그림28]과 같이 파단면에서 피로균열에 의한 비치마크(beach mark<sup>8)</sup>와 외부의 충격에 의해 손상된 부분이 관찰되었다. 차축베어링 외륜 내부에 박리현상(flaking)<sup>9)</sup>은 발견되지 않았다.



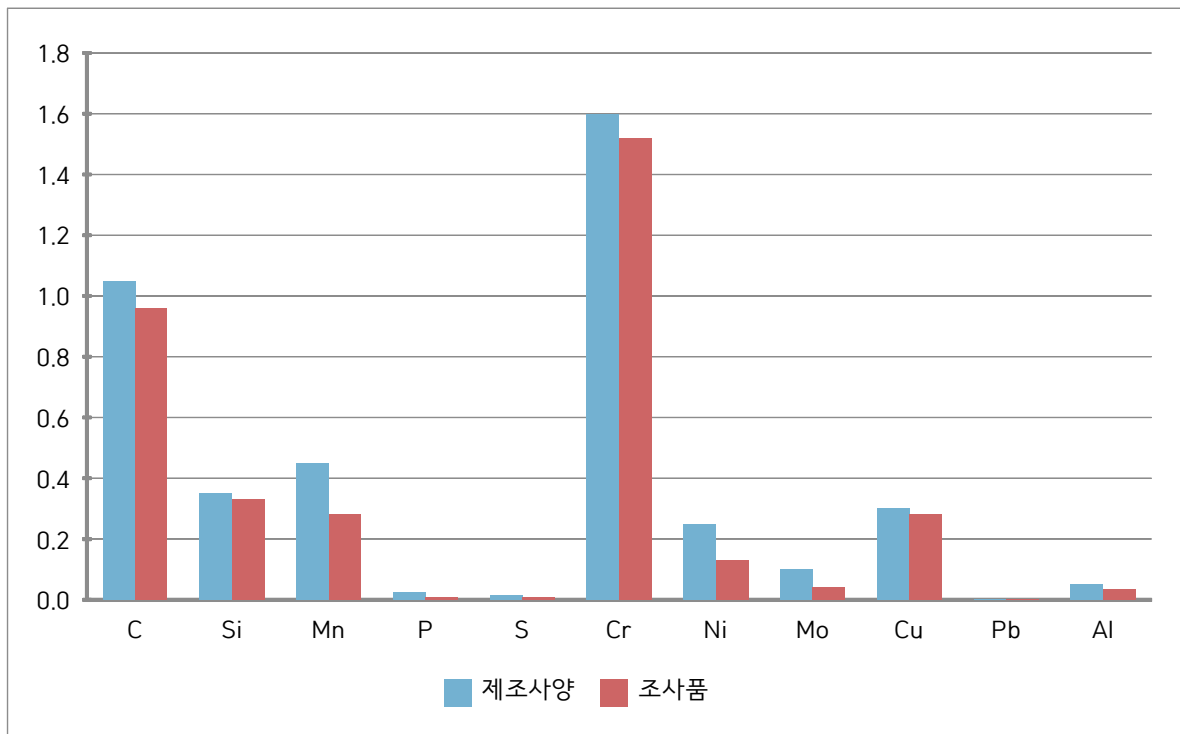
[그림28] 차축베어링 외륜 파단면의 파단 상태

8) 비치마크(beach mark) : 피로균열이 전파되어 나타나는 피로파면 특유의 원형 또는 곡선형의 파단 진행 형상

9) 박리현상(flaking) : 베어링이 하중을 받고 가동시 내륜, 외륜의 전동면이 구름피로에 의해 비늘모양으로 떨어지는 현상

## 2.8.2 재질분석

손상된 차축베어링 외륜에 대한 재질을 분석하기 위하여 GDS(Glow Discharge Spectrometer) 장비를 이용하여 성분 분석을 진행하였다. 분석결과 [표20]과 같이 탄소(C) 0.96%, 실리콘(Si) 0.33%, 망간(Mn) 0.28%, 인(P) 0.010%, 황(S) 0.010%, 크롬(Cr) 1.52%, 니켈(Ni) 0.13%, 몰리브덴(Mo) 0.04%, 구리(Cu) 0.28%, 납(Pb) 0.001%, 알루미늄(Al) 0.034% 가 검출되었으며 제조사 측에서 제시한 성분표와 비교하였을 때 이상이 없는 것으로 확인되었다.



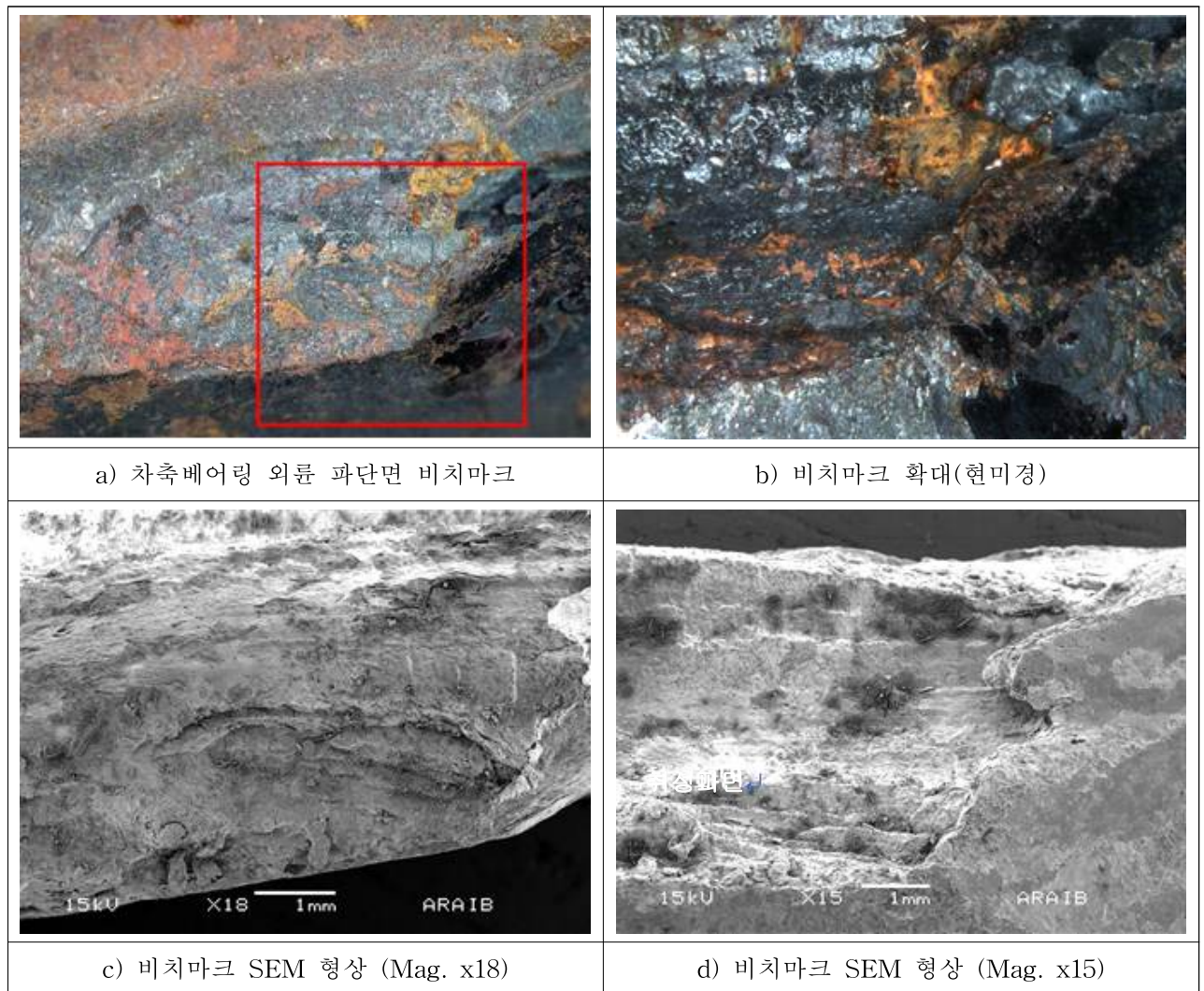
분석 원소[%]	C	Si	Mn	P	S	Cr
제조 사양	0.93 ~ 1.05	0.15 ~ 0.35	0.25 ~ 0.45	0.025 max	0.015 max	1.35 ~ 1.6
조사품	0.96	0.33	0.28	0.010	0.010	1.52
분석 원소[%]	Ni	Mo	Cu	Pb	Al	
제조 사양	0.25 max	0.1 max	0.3 max	0.002 max	0.05 max	
조사품	0.13	0.04	0.28	0.001	0.034	

[표20] 손상된 차축베어링 외륜에 대한 재질 분석 결과



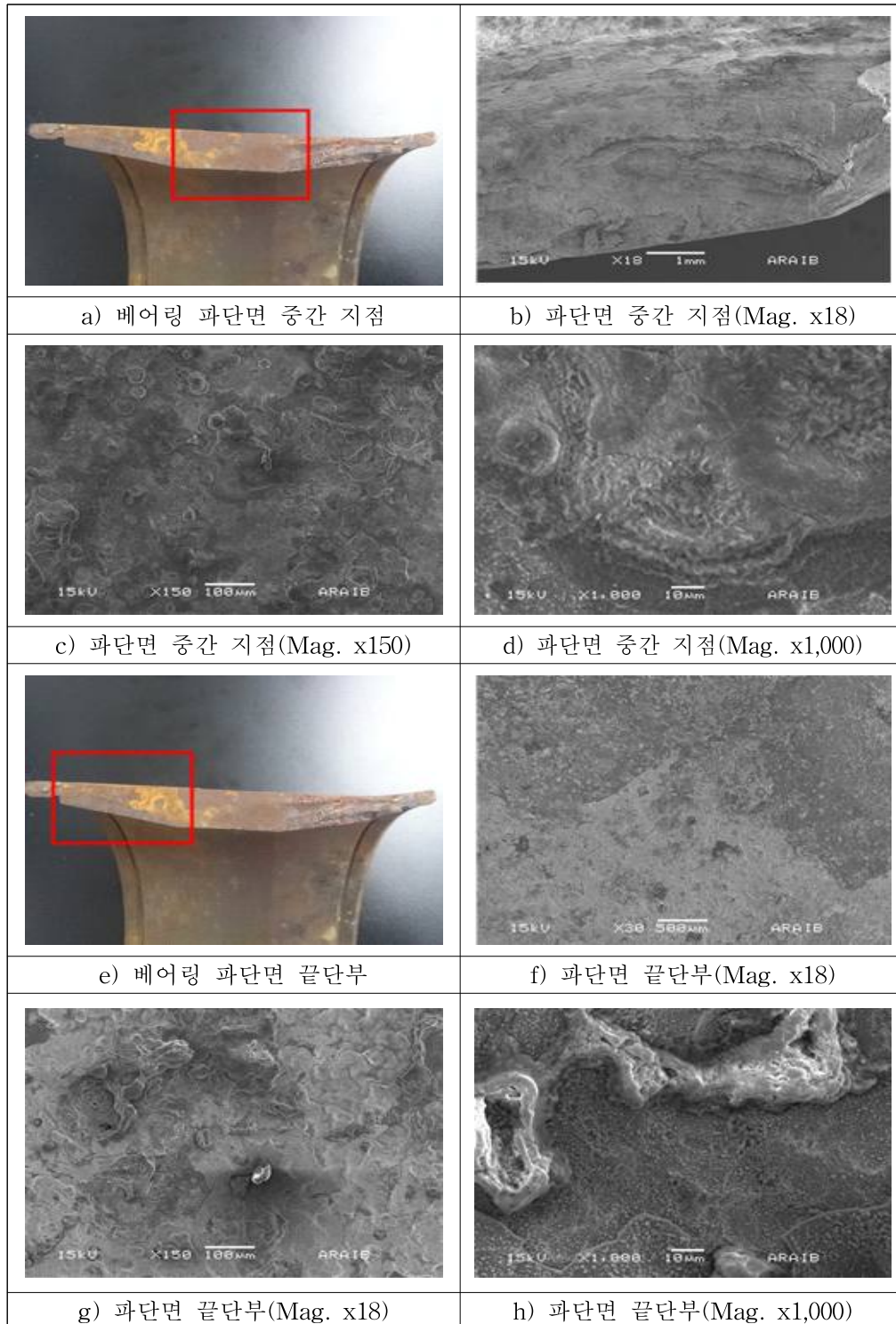
### 2.8.3 파단표면 정밀분석

손상된 차축베어링 외륜의 파단면을 정밀분석하기 위하여 주사 전자 현미경(SEM) 장비를 이용하여 분석을 진행하였다. 분석결과 [그림30]과 같이 파단면에서는 피로균열로 인한 비치마크(beach mark)와 2차 충격에 의해 손상된 부위가 관찰되었다.



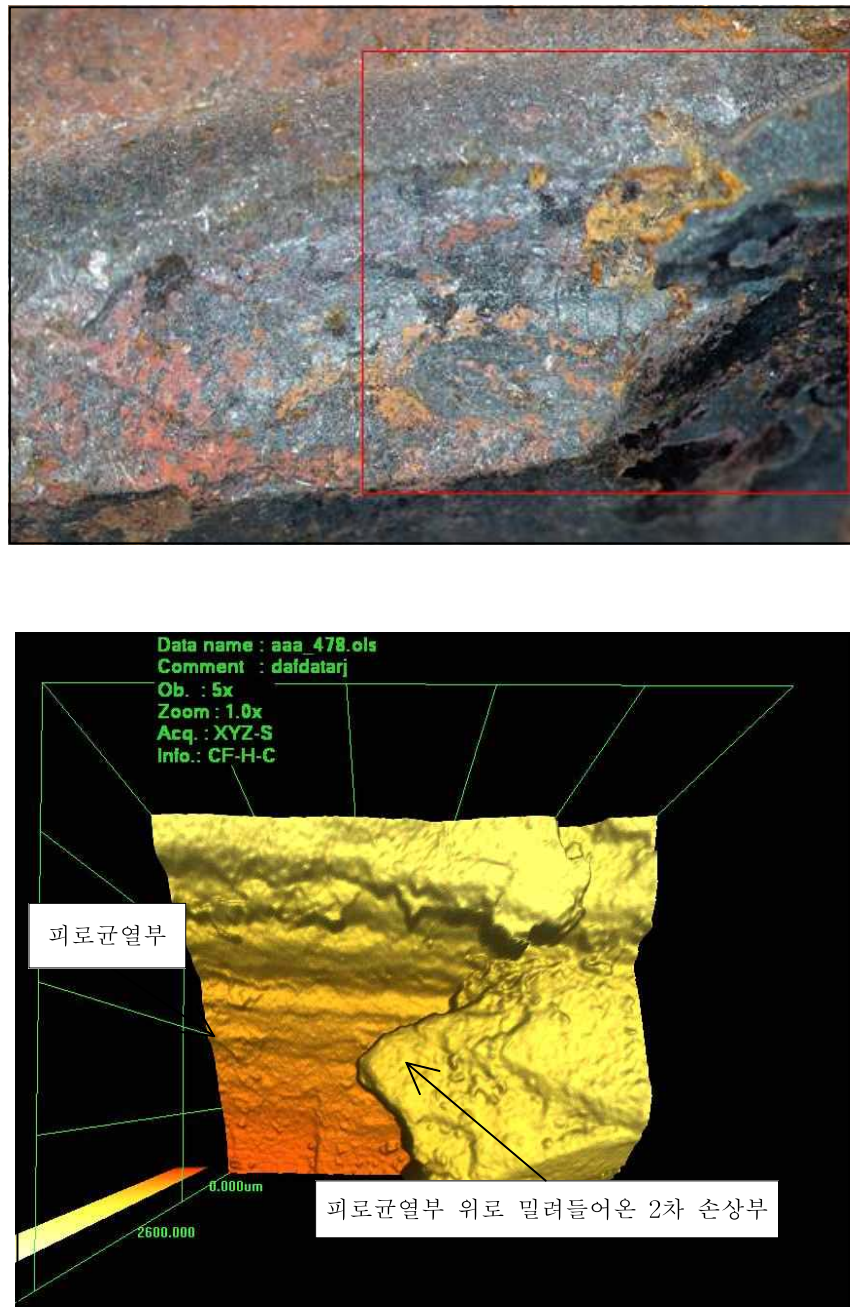
[그림30] 차축베어링의 파단면 SEM 형상 관찰

차축베어링 파단면의 중간 및 끝단부 지점에 대한 SEM 정밀 분석 결과 [그림31]과 같이 용융 및 마모로 인하여 손상된 조직이 확인되었다.



[그림31] 차축베어링 파단면 중간 및 끝단부 지점 SEM 형상 관찰

파단면에 손상된 부위를 레이저현미경(Laser Scanning Microscope)을 이용하여 표면 스캔을 하고, 3D 이미지로 렌더링하여 관찰을 진행하였다. 관찰 결과 [그림32]와 같이 2차 충격에 의해 손상된 부위가 피로균열로 인한 비치마크 조직위로 밀려들어온 것으로 나타났다. 이는 피로균열이 먼저 진행되고 이후에 2차 충격에 의하여 손상이 발생했다는 것을 의미한다.



[그림32] 차축베어링 파단면 손상부에 대한 3D 렌더링 이미지 관찰 결과



정상상태에서 베어링 롤러는 [그림34]의 a)와 같은 방향으로 베어링 내륜과 외륜 사이에서 구르지만 2차 충격이 가해진 부분의 변형된 형상을 관찰한 결과 [그림34]의 b)와 같이 베어링 롤러가 기울어진 각도에서 베어링 외륜의 안쪽에서 충격을 가한 형상을 관찰할 수 있었다.



a) 롤러의 정상 구름 방향



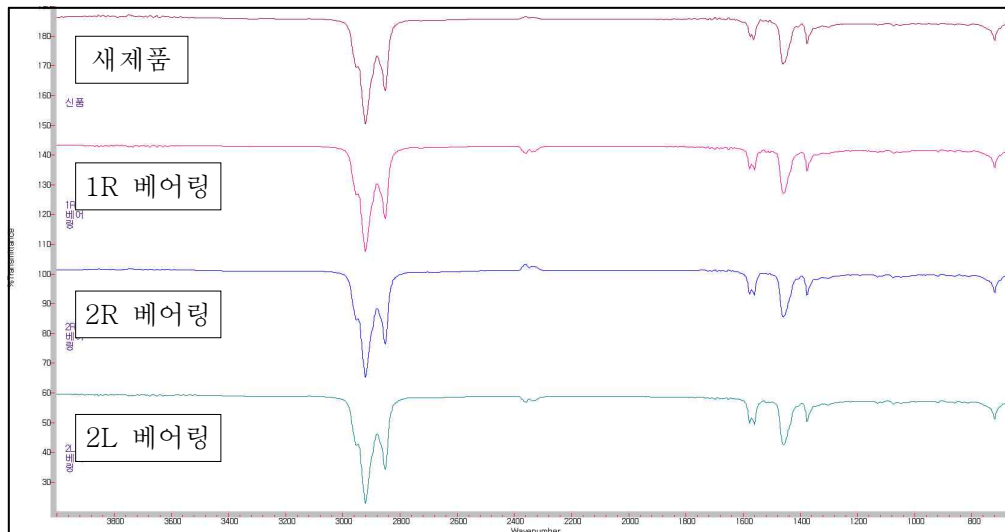
b) 롤러가 외륜 안쪽 면을 타격한 방향

[그림34] 2차 충격 부분의 형상

## 2.8.4 그리스 성분분석

사고 당시에 파손된 베어링 이외에 차량에 남아 있는 베어링에서 그리스를 채취하여 분석함으로써 사고화차의 차축에 베어링을 장착할 당시 또는 운행중에 이물질이 유입되었는지 여부를 간접적으로 확인하였다.

그리스의 화학구조를 분석하기 위해 전용 분석장비(FT-IR(Fourier Transform Infrared Spectrometer), ICP(Inductively Coupled Plasma, 화학성분 분석장비))로 분석한 결과 [표21]과 같이 이물질의 유입은 발견되지 않았고 새 제품과 유사한 성분임이 밝혀졌다.



측정원소	Pb	Ag	Al	B	Ba	Ca	Cd
새 제품	0.0150	-	-	-	-	-	-
1R	-	-	-	-	-	-	-
2R	0.0240	-	-	-	-	-	0.0001
2L	0.0128	-	-	-	-	0.0001	-
측정원소	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Mo	Na
새 제품	-	-	0.0238	0.0001	-	0.0012	0.0001
1R	-	-	0.0124	0.0001	-	0.0008	0.0001
2R	-	-	0.0267	0.0001	-	-	0.0001
2L	-	-	0.0189	0.0001	-	0.0011	-
측정원소	Ni	P	Si	Sn	Ti	V	Zn
새 제품	-	0.0001	0.0015	-	-	-	-
1R	-	-	0.0012	-	-	-	-
2R	-	0.0001	0.0034	-	-	-	-
2L	-	-	0.0023	-	-	-	-

[표21] 손상된 베어링과 같은 차량에 사용된 그리스와 새 제품에 대한 성분 분석 결과

## 2.8.5 분석결과의 종합

### 2.8.5.1 육안 관찰결과

1) 차축베어링 외륜의 파단면에서 피로균열로 인한 비치마크(beach mark)와 2차 충격에 의해 손상된 부분이 관찰되었다.

2) 차축 표면에서 손상이 관찰되며 손상 진행 방향이 서로 정반대인 부위가 관찰되었다. 차축 둘레로 발생한 회전방향의 흠집은 베어링 폭의 길이와 일치하는 것으로 확인되었다.

### 2.8.5.2 기계적 성질분석 결과

1) 차축베어링 외륜에 대한 성분 분석 결과 탄소(C) 0.96%, 실리콘(Si) 0.33%, 망간(Mn) 0.28%, 인(P) 0.010%, 황(S) 0.010%, 크롬(Cr) 1.52%, 니켈(Ni) 0.13%, 몰리브덴(Mo) 0.04%, 구리(Cu) 0.28%, 납(Pb) 0.001%, 알루미늄(Al) 0.034%가 검출되었으며 제조 사양과 비교하였을 때 이상이 없는 것으로 확인되었다.

### 2.8.5.3 파단표면 정밀분석 결과

2차 충격에 의해 손상된 부위 부근에서 피로균열로 인한 비치마크(beach mark) 형상이 관찰되었으며 2차 충격에 의해 손상된 부위가 비치마크 위로 진행된 것으로 보아 피로균열이 먼저 진행되고 이후에 2차 충격에 의한 손상이 발생한 것으로 확인되었다. 또한 2차 충격에 의한 손상의 형태로 볼 때 2차 충격을 가한 물체는 베어링 롤러의 형상과 유사하다는 것이 밝혀졌다.

### 2.8.5.4 그리스 성분 비교결과

1) 손상된 차축베어링과 같은 차량에 사용된 그리스와 그리스 새 제품에 함유된 원소 성분 함량을 비교한 결과 큰 차이가 없는 것으로 확인되었다.

2) 손상된 차축베어링과 같은 차량에 사용된 그리스와 그리스 새 제품에 대한 FT-IR Spectrum 비교 결과 동일한 물질인 것으로 확인되었다.



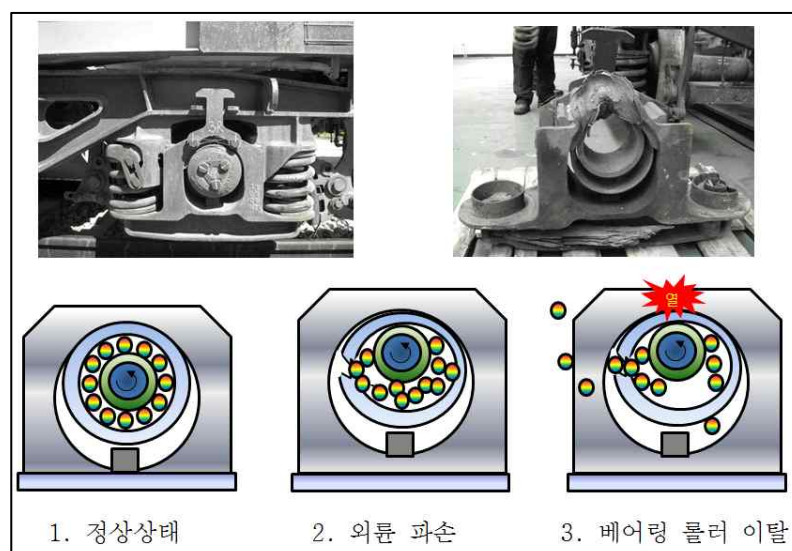
## 2.8.6 손상된 차축 베어링의 분석결과

사고발생 후, 사고화차 베어링의 각 부품이 발열 및 탈락으로 없어져 베어링의 발열원인을 명확하게 규명하기가 현실적으로 힘든 상황에서 사고화차 베어링이 발열에 이르게 되는 여러 가지 가능성 있는 요인들을 분석하였다.

베어링 발열에 기여하는 요인들 중 차축 검수불량, 화물의 과적이나 편적, 베어링의 그리스 누유 및 외부 이물질 유입 등에 의한 영향을 분석한 결과, 베어링 발열에 기여하지는 않은 것으로 분석되었으나,

베어링 외륜의 파단면에서 피로균열을 의미하는 비치마크가 발견되었고, 이 비치마크 위로 베어링 롤러로 추정되는 물체가 2차 충격을 가한 손상흔이 발견된 사실 및 베어링 롤러가 그리스가 탄화되지 않은 상태로 사고열차 정차지점으로부터 63.87km 후방에서 발견된 사실로부터,

베어링 외륜이 피로균열에 의해 파손되었고, 이로 인해 베어링 롤러가 베어링내의 정상위치로부터 [그림35]와 같이 이탈되었으며, 이로 인해 베어링이 과열되어 차축이 절손되어 사고화차가 진행방향 좌측으로 탈선된 것으로 판단된다.



[그림35] 베어링 롤러 이탈과정

### 3. 결론

#### 3.1 조사결과

- 3.1.1 한국철도공사는 열차안전운행과 직접적인 관련이 있는 『운전취급규정』 등을 개정할 경우에는 반드시 『철도안전법』 제7조에 따른 ‘철도안전관리체계’ 변경승인을 국토교통부장관에게 받아야 하나 이를 이행하지 아니하였다.
- 3.1.2 사고열차의 기관사와 부기관사의 자격, 교육 등 관리적 부적격 사항이 없었고, 기관사가 사고열차를 운행하면서 운전제한속도를 초과하지는 않았지만 기관사와 부기관사가 열차의 후부 감시를 소홀히 하여 사고를 미연에 방지하지 못하였다.
- 3.1.3 충주역 로컬관제원은 운전취급 제어탁자에서 CCTV로 통과열차의 열차 감시를 시행할 수 있었음에도 철도공사 내부의 운전관계규정 시행관련 잠정지시를 이유로 출장 열차감시와 CCTV영상 확인 및 통과열차의 열차감시를 생략하여 사고를 미연에 방지하지 못하였다.
- 3.1.4 사고화차의 검량을 실시한 결과 철도화물운송편람 제2장 제2절 11호의 과적상태는 아니었으며, 적재 화물이 양회로서 과적이나 편적한 상태는 아니었다.
- 3.1.5 철도공사의 열차 출발검사가 역무원에 의하여 시행되고 있었으며, 그 시행절차를 규정에 포함하지 않고 역 자체의 입환취급매뉴얼에 의하여 열차의 출발검사를 시행하고 있는 것으로 조사되었다.
- 3.1.6 제천조차장역에서는 열차의 출발검사를 역 자체 입환취급 매뉴얼에 의하여 시행하면서 2인이 동시에 차량상태를 확인해야 하는 절차를 이행하지 않는 등 출발검사가 형식적으로 이루어지거나 실시하지 않은 것으로 분석되었다.

- 3.1.7 베어링 외륜 내부에서 이미 피로균열이 나타났고, 주행으로 균열부위가 점점 확대되어 그리스가 누유 되면서 베어링이 파손된 점을 감안할 때 기본검수 시 세심한 주의와 관심을 기울이지 않은 것으로 판단하였다.
- 3.1.7 기본검수업무 시 축상발열, 윤활유 누유여부 및 차륜상태 확인검수를 육안검수에 의존하고 있었고, 축상발열 여부는 1차 측수검수, 이상이 있는 경우 디지털 온도계에 의한 검사를 시행하고 있었다.
- 3.1.8 사고화차의 손상 된 부분을 제외하고 사고화차의 차륜 및 플랜지 내측 거리를 측정한 모든 측정값은 철도공사 객화차 유지보수기준치에 적합한 것으로 확인되었다.
- 3.1.9 베어링 분해검수부서는 베어링 분해검수 시 베어링 불량내역을 필링, 충격, 부식, 치수 등으로 구분하여 “베어링 불량 내역 일지”에 기록하고 있으나, 불량 베어링 데이터(필링, 충격, 부식, 치수 등) 분석을 통한 베어링 불량률과 수명관리를 시행하지 않고 있었다.
- 3.1.10 화차 차축 베어링의 교환주기가 설정되어 있지 않아 분해검수를 통해 불량을 확인할 때까지 영구적으로 사용하고 있어 차축 베어링의 최초 취부일, 분해검수일 등 사용이력을 관리하고 베어링 사용 년 수 경과정도에 따라 검수방법 및 절차를 차별화 하지 않고 있었다.
- 3.1.11 차량제작사의 정비지침서에 의하면 “먼지 중의 모래는 일반 열처리된 강(鋼)의 경도보다 높아 베어링에 들어갔을 경우 급속한 마모를 일으켜 베어링 검수 시 청결유지에 주의할 것”을 요구하고 있었으나 차축 베어링 분해검수 작업장 환경관리와 품질향상을 소홀히 하고 있었다.
- 3.1.12 손상된 차축 베어링의 분석에서 피로균열에 의한 비치마크 위로 2차 충격에 의한 손상면이 밀려들어 온 것이 확인 되었다. 또한 2차 손상면의 형상으로부터 베어링 롤러가 충격을 가했을 것이라고 추정하였으며, 피로균열의 원인 및 최초 발생된 시점은 확인할 수 없었다.
- 3.1.13 베어링 그리스에 이물질 유입여부, 그리스의 화학구조, 그리스에 수분 유입여부를 분석한 결과, 그리스에는 특별한 이상이 없었다.

### 3.2 사고원인

항공·철도사고조사위원회는 충북선 도안~증평역 사이에서 발생한 화물열차 탈선사고의 원인을

차축에 취부 되어 있는 베어링 외륜이 피로균열로 일부 손상된 상태에서 열차운행 중 베어링 외륜이 일시에 파손되면서 베어링 물러가 정상위치에서 이탈되었고, 이로 인해 베어링과 차축과의 마찰로 차축이 절손되어 차륜이 탈선하였으며,

기여요인으로 차축 베어링 검수 소홀로 인하여 초기 균열을 사전에 발견하지 못하여 베어링 외륜이 파손에 이르게 한 것과 열차감시 소홀로 인하여 차축에서 발생하는 불꽃을 사전에 발견하지 못하여 차축이 절손되어 탈선에 이르게 한 것으로 결정하였다.

## 4. 안전권고

항공·철도사고조사위원회는 『항공·철도사고조사에 관한 법률』 제26조에 따라 2015. 6.21. 충북선 도안역~증평역 사이에서 발생한 화물열차 탈선사고에 대하여 다음과 같이 권고한다.

### 4.1 한국철도공사에 대하여

4.1.1 『운전취급규정』 등 열차안전운행과 밀접한 관련이 있는 규정 등을 제·개정할 경우에는 『철도안전법』 제7조에 따라 국토교통부장관에게 ‘안전관리체계’ 변경승인을 득하는 등 제반규정을 철저히 준수할 것.

4.1.2 기관사와 부기관사가 운행 중인 열차의 후부감시를 소홀히 하여 차축 발열 등을 사전에 발견하지 못한 점을 감안하여 기관사 등에 대한 열차후부 감시방법, 시기 등에 대한 주기적인 교육을 시행할 것

4.1.3 열차감시대상 지정역에 대하여 역장의 출장 열차감시 업무를 생략함으로써, 차축 발열 등을 사전에 발견하지 못한 점을 감안하여 열차감시 지정역에 대하여 역장이 출장하여 열차감시를 시행하도록 하고, 피제어역에 대하여는 CCTV가 설치되어 있는 운전취급실 등에서 열차감시를 시행하도록 하는 등 관련 규정을 개정할 것

4.1.4 열차 출발검사를 담당하는 역무원의 전문성과 기술력 확보방안 마련과 출발검사가 실질적으로 이행될 수 있도록 교육 및 관리감독을 철저히 시행할 것

4.1.5 베어링 외륜 내부에서 피로균열이 발생되어 베어링 외륜이 파손된 점을 감안하여 다음사항에 대한 이행여부를 확인할 것.

4.1.5.1 불량 베어링 데이터(필링, 충격, 부식, 치수 등) 분석을 통한 베어링 불량률과 수명관리

4.1.5.2 화차 차축 베어링의 교환주기를 설정하고 차축 베어링의 최초취부일, 분해검수일 등 사용이력 관리

4.1.5.3 베어링 사용 년 수 경과정도에 따라 검수방법 및 절차 차별화.

4.1.5.4 베어링 분해검수 시 정밀한 점검을 위한 설비를 보완하고 차축베어링에 대한 분해검수요령개선, 환경개선 및 작업방법의 표준화 시행

4.1.6 기본검수업무 시 화차 기본검수 매뉴얼을 작업장에 비치하여 활용토록 하고, 정비지침서 및 유지보수 매뉴얼에 의한 현차실무교육과 사례교육을 병행하여 실효성 있는 교육을 시행할 것



철도사고조사 과정에서 관계인들로부터 청취한 진술 및  
개인정보 등이 수집되었으나,

「항공·철도사고조사에 관한 법률」 제28조(정보의 공개  
금지) 및 동법 시행령 제8조(공개를 금지할 수 있는 정보  
의 범위)에 의하여 본보고서(인쇄본)에 개인정보는 공개  
하지 않았으며,

국민여러분의 이해를 돕기 위해 본 보고서에 사용된  
용어를 쉽게 풀어서 쓴 점을 양해하여 주시기 바랍니다.

자세한 사항은 항공·철도사고조사위원회로 문의하여  
주시면 친절하게 안내하여 드리겠습니다.



항공·철도사고조사위원회

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

전화: 044-201-5427

E-mail: sajio0131@korea.kr