

보고서 번호

ARAIB/R 07-10

한국철도공사 중앙선 신녕역구내 화물열차 탈선사고('07.1.18)

철도사고조사보고서



2007. 6. 28



건설교통부

항공·철도사고조사위원회

이 조사보고서는 “항공·철도사고조사에 관한 법률” 제25조 제1항에 의하여 작성되었다.

같은 법 제1조에 의하면 철도사고 등에 대한 조사의 궁극적인 목적은 독립적이고 공정한 조사를 통하여 사고원인을 정확하게 규명함으로써 철도사고 등의 예방과 안전 확보에 이바지하는 데 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 외에는 사용하여서는 아니 된다.

차 례

I. 개요	1
1. 사고 개요	1
2. 조사 개요	1
II. 사실 정보	2
1. 사고 경위	2
2. 피해 사항	3
3. 인적 정보	3
4. 물적 정보	3
5. 탈선 현장 조사	5
6. 속도기록 검토	9
7. 파손된 윤축 조사	9
8. 차축 베어링 검수 이력	12
III. 분석	13
1. 탈선 원인	13
2. 베어링 발열 고착 원인	13
IV. 조사 결론	16
1. 조사 결과	16
2. 탈선 원인	16
V. 안전 권고	17

철도사고조사보고서

운영기관 : 한국철도공사
 사고노선 : 중앙선
 발생장소 : 신녕역구내(경북 영천시 신녕면 소재)
 사고유형 : 열차탈선
 사고일시 : 2007. 1. 18(목) 04:54경

I. 개요

1. 사고 개요

2007년 1월 18일(목) 4시 54분경, 중앙선 영주역을 떠나 경부선 신동역으로 가던 20량 편성의 제3289 화물열차가 중앙선 신녕역을 통과하던 중 17량 째 연결된 화차의 후부(後部) 대차가 탈선하였다.

2. 조사 개요

항공·철도 사고조사위원회에서는 중앙선 신녕역에서 화물열차가 탈선한 사실을 확인하고 항공·철도 사고조사에 관한 법률 제18조에 의거하여 정확한 원인규명과 사고재발방지를 위한 대책을 수립하고자 조사업무를 수행하였다.

선로 위 탈선 흔적물 조사, 파손된 대차 정밀조사, 열차 운행상황, 검수기록 등을 참조하여 조사보고서를 작성하였다.

II. 사실 정보

1. 사고 경위

2007년 1월 18일(목) 2시 15분경에 중앙선 영주역을 떠나 경부선 신동역으로 가던 20량 편성의 제3289 화물열차가 4시 53분경 중앙선 신녕역구내를 약 42km/h의 속도로 통과하던 중 17량째 연결된 제849919호 벌크시멘트 화차의 후부 대차가 청량리기점 327.872km 지점에서 선로 좌측으로 최초 탈선되었다.

탈선된 후부 대차는 열차와 같이 진행하면서 침목 및 선로전환기를 파손시켰고 차량으로부터 떨어져 나와 열차의 마지막에 연결된 화차 3량과 같이 청량리기점 328.112km 지점에서 최종 탈선 정차되었다.

열차는 3량의 화차가 분리된 상태에서 약 218m를 더 진행하다가 청량리기점 약 328.330km 지점에서 비상제동이 자동으로 체결되었다. 비상제동은 차량 분리 및 대차 파손의 영향으로 제동관 내부의 공기압력이 급격히 빠져나감에 따라 발생되었다.

열차는 비상제동이 체결된 후 약 170m를 진행하여 청량리기점 약 328.500km 지점에서 4시 54분경에 정차되었다.

탈선 개략도는 그림 1과 같다.

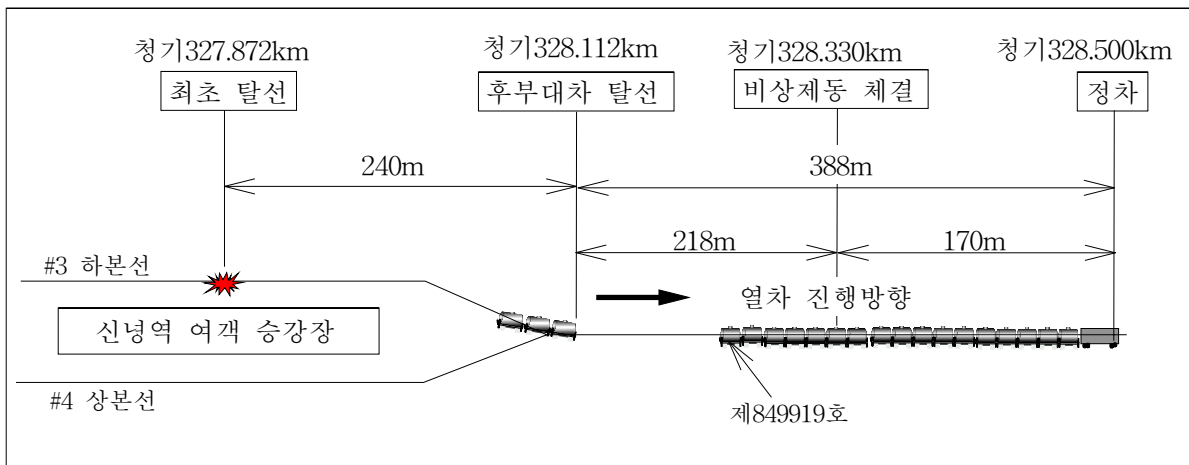


그림 1. 탈선 개략도

기관사는 열차가 신녕역구내를 통과 시에 대차가 탈선되는 상황을 감지하지 못하였고 열차가 비상제동 정차된 후에 열차의 이상을 감지하여 신녕역에 통보 조치한 사실이 확인되었다. 기관사의 운전 취급에 있어서의 특별한 문제점은 발견되지 않았다.

2. 피해 사항

2.1 인명 피해

인명피해는 발생하지 않았다.

2.2 물적 피해

탈선화차의 대차 2개, 선로전환기 2조, 침목 224정 등이 파손되어 7,500만여 원의 피해액이 발생하였다.

2.3 기타 피해

탈선된 화차를 복구하는 6시간 36분 동안 2개 여객열차의 운행이 지연되어 반환료 17만여원이 발생하였다.

3. 인적 정보

제3289 화물열차를 운전한 기관사(최○○, 39세)는 만 10년의 기관사 경력이 있으며 부기관사(김○○, 36세)는 1년 9개월의 부기관사 경력을 가지고 있었다. 기관사 및 부기관사의 인사 기록에 특이한 사항은 없었다.

4. 물적 정보

기관차(DL7567호) 1량 및 벌크시멘트화차 20량으로 편성된 화물열차의 편성 내역은 표 1과 같다.

조성 위치	차량 번호	출발역	도착역	영공	차중률(1)	차장률(2)	조성 위치	차량 번호	출발역	도착역	영공	차중률	차장률
1	848674	영주	신탄진	영차	1.7	0.9	11	839658	영주	신탄진	영차	1.7	0.9
2	949625	영주	신탄진	영차	1.7	0.9	12	849683	영주	신탄진	영차	1.7	0.9
3	849648	영주	신탄진	영차	1.7	0.9	13	848635	영주	신탄진	영차	1.7	0.9
4	949910	영주	신탄진	영차	1.7	0.9	14	849608	영주	신탄진	영차	1.7	0.9
5	839610	영주	신탄진	영차	1.7	0.9	15	949621	영주	신탄진	영차	1.7	0.9
6	839649	영주	신탄진	영차	1.7	0.9	16	949955	영주	신탄진	영차	1.7	0.9
7	848688	영주	신탄진	영차	1.7	0.9	17	849919	영주	신탄진	영차	1.7	0.9
8	949902	영주	신탄진	영차	1.7	0.9	18	848668	영주	신탄진	영차	1.7	0.9
9	949628	영주	신탄진	영차	1.7	0.9	19	848699	영주	신탄진	영차	1.7	0.9
10	839601	영주	신탄진	영차	1.7	0.9	20	839603	영주	신탄진	영차	1.7	0.9

표 1. 열차 편성 내역

제849919호 벌크시멘트 화차는 '97년 12월 31일 기준으로 약 41만 2천km를 운행하였다. 화차의 주요 제원은 표 2와 같다.

구 분	제 원
제작일자	1992. 04. 07
제작회사	(주)현대정공(현, (주)로템)
소유주	(주)현대시멘트
차량길이	13,160mm
차량폭	3,100mm
차량높이	3,850mm
자중	20ton
하중	52ton
용적	44m ³
대차	바버 대차(3)

표 2. 벌크시멘트 화차 주요 제원

- (1) 차중률 : 열차 운전상의 차량 중량의 단위로 차중환산법에 의하여 환산하여 표시한다. 화차는 43.5ton을 1로 기준
- (2) 차장률 : 차량길이의 단위로서 14m를 1량으로 하여 환산
- (3) 바버(Barber)대차 : 주강 일체형 구조로 된 2개의 사이드 프레임(Side Frame) 및 1개의 볼스터(Bolster)로 구성되고 사이드 프레임 중간의 네모진 공간에 볼스터 스프링을 설치하며 그 위에 볼스타를 장착한 대차

5. 탈선 현장 조사

탈선 사고 현장에서 화차의 탈선 상태, 파손되어 분리된 대차, 선로 위의 탈선 흔적을 관찰한 결과는 다음과 같다. 탈선 흔적 개략도는 그림 2와 같다.

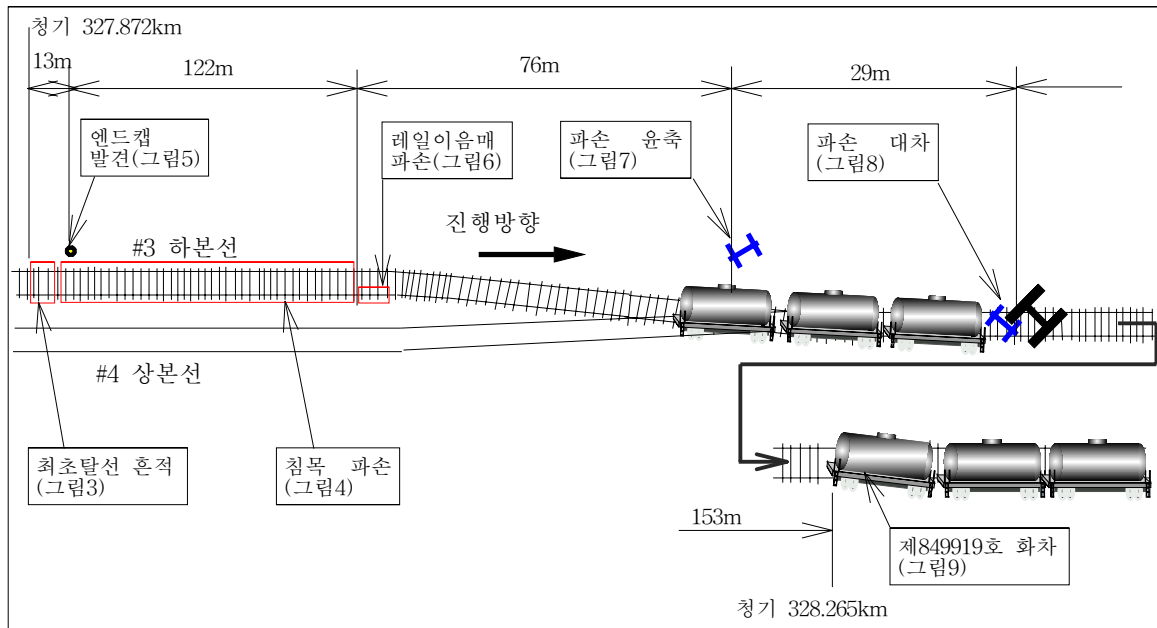


그림 2. 탈선 흔적 개략도

그림 3과 같이 윤축(輪軸)이 선로의 좌측으로 떨어지면서 레일 클립(Clip) 및 침목을 손상시킨 최초의 탈선 흔적이 발견되었다.



그림 3. 최초 탈선 흔적

선로 왼쪽으로 탈선된 대차는 그림 4와 같이 선로 위를 굴러가면서 침목을 파손시켰다.

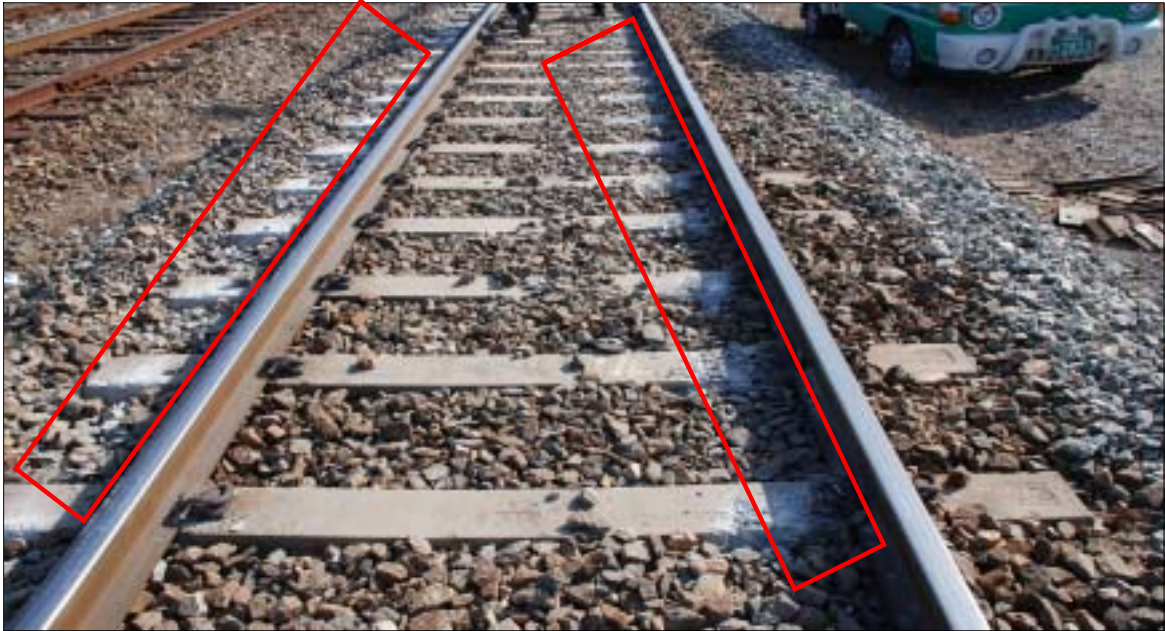


그림 4. 침목 파손 흔적

선로의 왼쪽에서 그림 5와 같이 차축(車軸) 끝부분이 팽이처럼 각인 형태로 베어링 엔드 캡(End Cap)과 같이 발견되었다. 엔드 캡은 취부 볼트 3개 중 2개가 탈락되었으나 볼트가 빠져나간 암나사의 나사산은 손상이 없었다.



그림 5. 엔드 캡 멍치

그림 6과 같이 탈선된 대차가 지나가면서 레일 이음매 부품을 파손시켰다.

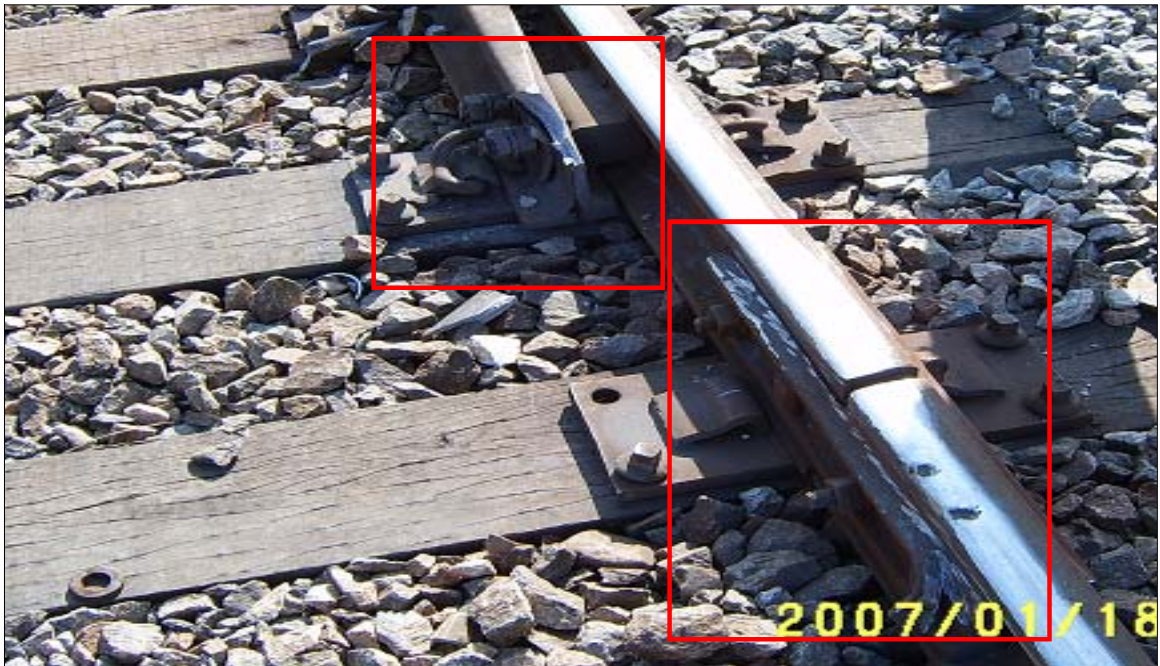


그림 6. 파손된 레일 이음매 부품

그림 7과 같이 제849919호 화차 후부 대차의 뒤쪽 윤축이 대차로부터 분리되면서 선로의 왼쪽으로 떨어져 나왔다.



그림 7. 대차로부터 분리된 뒤쪽 윤축

그림 8과 같이 제849919호 화차 후부 대차의 앞쪽 윤축과 대차 프레임이 파손된 상태로 열차 최후부에 연결되었던 화차 3량과 같이 발견되었다.

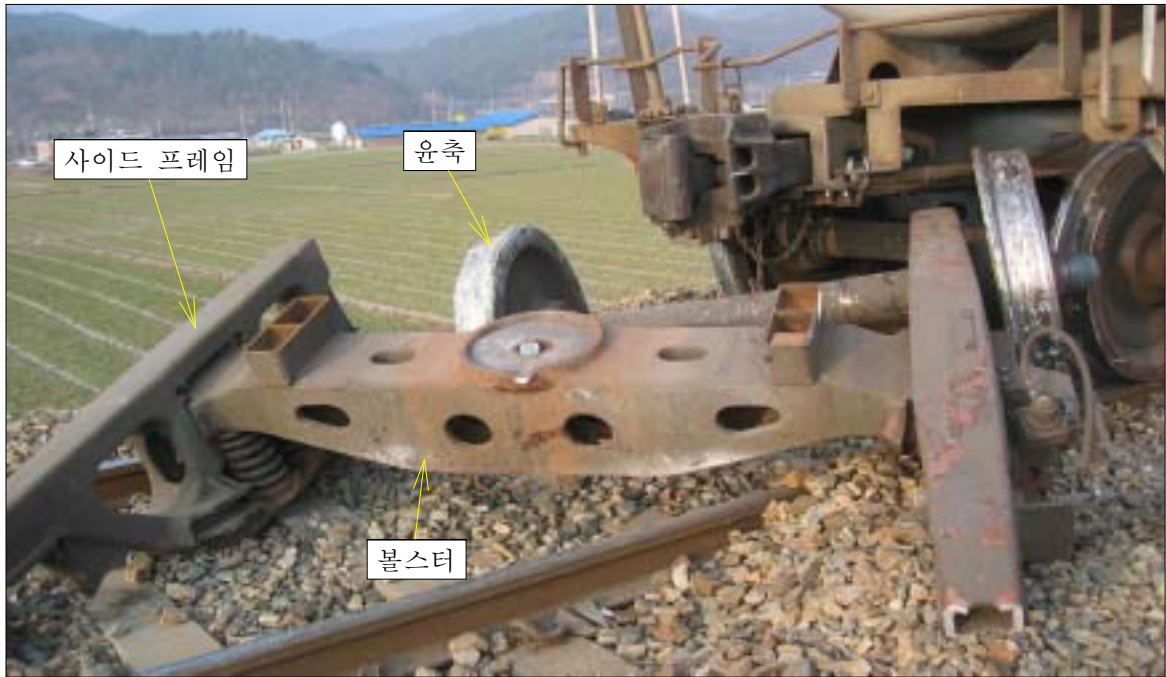


그림 8. 파손된 앞쪽 윤축 및 대차 프레임

화물열차는 17량 째에 연결된 제849919호 화차의 후부 대차가 분리되어 떨어져 나간 상태에서 약 153m를 더 진행한 후 그림 9와 같이 선로의 왼쪽으로 이탈된 상태로 정차되었다.



그림 9. 제849919호 화차 정차 상태

파손된 대차로부터 떨어져 나온 스프링, 제륜자 등의 부품들은 선로 위 여기저기에 흩어져서 발견되었다.

6. 속도기록 검토

제3289 화물열차의 속도기록을 검토한 결과 표 3에 나타난 바와 같이 열차가 신녕역 구내에 진입하기 전 약 545m 전방에서 상용제동을 취급하여 43km/h의 속도로 감속한 후 추가의 제동 취급없이 신녕역구내를 통과하였고, 신녕역구내를 벗어난 지점인 청량리 기점 328.330km 지점에서 열차가 자동으로 비상제동이 체결되었다.

순	속도(km/h)	키로정(km, 청량리기점)	거리(m)		제 동	비 고
			간격	누적		
1	64	327.075	0	0	상용제동 취급	
2	43	327.170	95	95	상용제동 완해	
3	42	327.620	450	545		신녕역
4	42	328.330	710	1,255	비상제동 체결	자동으로 체결됨
5	0	328.500	170	1,425	비상제동 정차	

표 3. 속도기록

7. 파손된 윤축 조사

철도공사 대전 차량관리단에서 파손된 대차의 윤축 상태를 정밀 조사한 결과는 다음과 같다.

4개 차륜의 치수를 측정한 결과 표 4와 같이 기준값을 만족하였다.

측정 항목	기준값(mm)	차륜 번호			
		# 1	# 2	# 3	# 4
플랜지 내측거리	1352 +4/-3	1353		1353	
타이어 두께	65 +0/-39	51	51	55	55
플랜지 높이	25 +10/-0	26	26	26	26
플랜지 두께	34 +0/-11	31	32	32	31

표 4. 차륜 치수 측정값

차축(車軸) 왼쪽 끝부분이 그림 10과 같이 절손되었다. 절손된 차축 끝부분은 베어링 엔드 캡과 함께 선로에서 발견되었다.

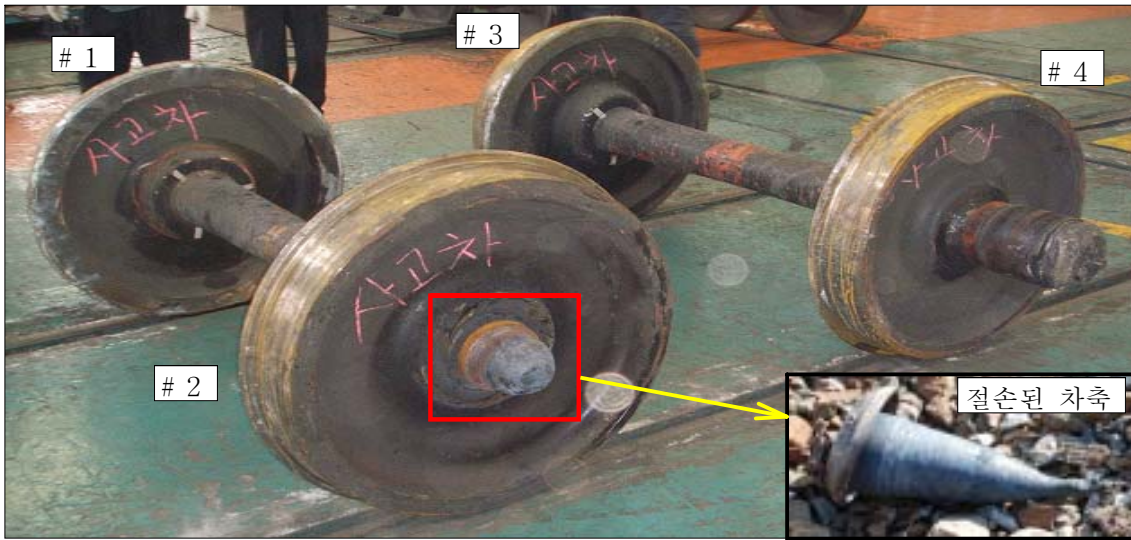


그림 10. 탈선 대차 윤축

파손된 부분을 제외한 나머지 3개의 차축 베어링을 분해하여 관찰한 결과 #3 및 #4 베어링은 이상이 없었다. 그러나 절손된 차축의 반대쪽 #1 베어링내부는 그림 11과 같이 그리스가 심하게 변색이 되었고 오일 씬(Oil seal)은 차축과의 접촉부분이 경화(硬化)되어 굳어져 있었으며 홈이 많이 마모되었다.



그림 11. #1 베어링 내부

분해하여 관찰한 그림 11의 베어링은 NFL형(4) 저어널 테이퍼 롤러 베어링 으로 모두 일본 Koyo사 제품으로 표 5와 같이 제품 번호(Serial no.) 및 제조 일자가 베어링의 측부 단면에 각인되어 있었다.

구 분	베어링 위치			
	# 1	# 2	# 3	# 4
제품 번호	4-439 4-440	파손분실로 확인불가	2-896 2-897	11-1395 11-1396
제조 일자	92년 3월		90년 2월	91년 11월

표 5. 베어링 제품 번호 및 제조 일자

그림 12는 파손된 베어링과 동종의 베어링 형상이다.



그림 12. NFL 베어링

(4) NFL은 No Field Lubrication의 약자로서, 정상 운행 중 장기간 재 급유가 필요하지 않는 그리스 윤활 방식을 말하며, 급유 간격은 80만km 운행 또는 8년 운행 시기에 재 급유가 필요하다.

8. 차축(車軸) 베어링 검수 이력

차축 베어링은 차륜을 교환할 때 또는 정기검수 시에 상태를 점검하여 발열, 그리스 누유, 기타 이상이 발견될 때 분해 정비를 실시한다.

탈선 시에 파손된 베어링의 가장 최근 분해 정비는 2000년 8월 8일(2년 정기검수) 철도공사 수도권차량관리단에서 차륜을 교환하면서 실시하였고 그 때 오일 씬을 교환하여 2006년 12월 31일까지 6년 5개월(주행 203,510km)을 운행하였다.

가장 최근에 실시한 검수 종별 검수 이력은 표 6과 같다.

검수 종별	검수 일자	검수 소속	비 고
2년 검수	2004. 09. 02	수도권 차량관리단	베어링 이상음 발생, 축방향 유간, 누유상태 양호
1년 검수	2005. 10. 12	영주 차량사업소	축상발열, 윤활유 누유여부 및 윤축 각부상태 양호
6개월 검수	2006. 08. 21	대전 조차장	축상발열, 윤활유 누유여부 및 윤축 각부상태 양호
일상 검수	2007. 01. 17	영주 차량사업소	축상발열, 윤활유 누유여부 및 윤축 각부상태 양호

표 6. 제849919호 화차 검수 이력

Ⅲ. 분석

1. 탈선 원인

대차가 탈선된 원인은 차축 베어링이 발열 고착되어 차축이 절손되었고 균형을 잃은 대차가 파손 분리되면서 발생된 것으로 판단된다. 차축의 절손은 그림 13과 같이 진행된 것으로 추정한다.

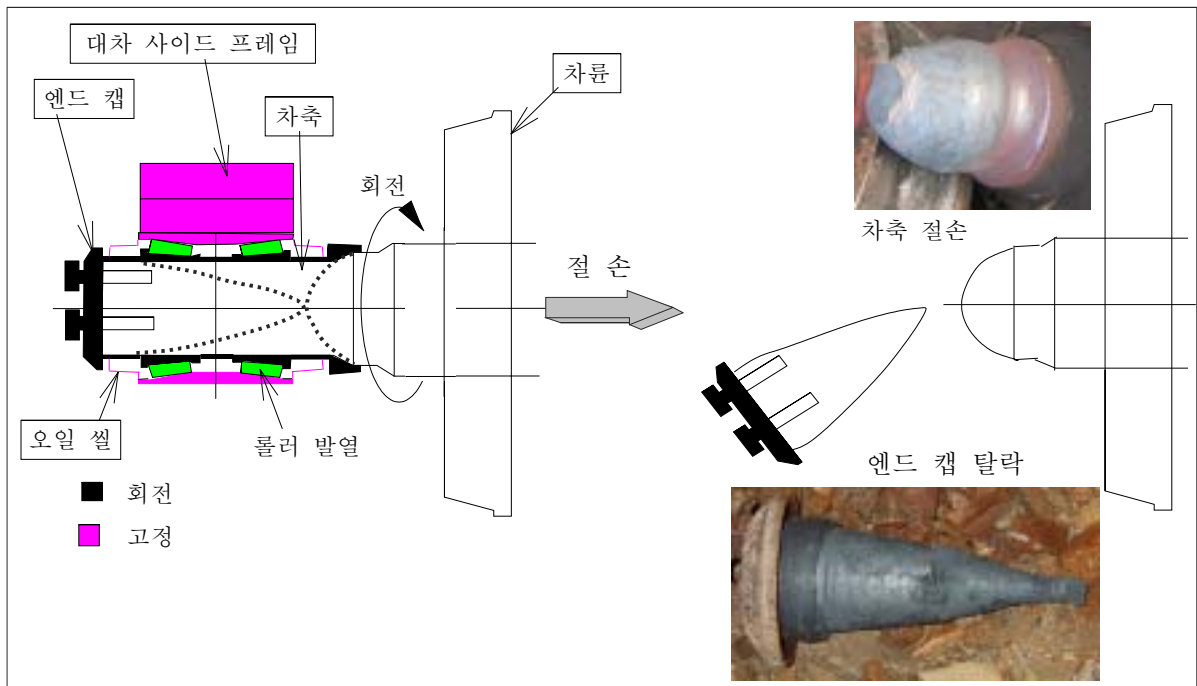


그림 13. 베어링 발열 및 차축 절손 진행도

2. 베어링 발열 고착 원인

베어링의 발열 고착 가능한 원인을 분석한 결과는 다음과 같다.

2.1 베어링 조립 불량 가능성

베어링 조립 상태가 불량한 경우는 조립 후 운행 초기에 베어링 발열 장애가 발생한다. 파손된 베어링은 2000년 8월 8일 2년 정기검수 시에 분해 정비를 한 후 현재까지 약 6년 5개월을 이상없이 운행된 점으로 볼 때 조립 불량 가능성은 없다.

2.2 장기사용에 따른 그리스 변질로 유막 파괴 가능성

파손된 베어링은 중간 급유가 필요없는 NFL(No Field Lubrication)타입으로서 분해 정비 주기가 80만킬로미터 또는 8년으로서 차기 분해 정비를 약 1년 7개월 남겨둔 상태였다.

2.3 엔드 캡(End Cap) 취부 볼트 이완 또는 탈락에 의한 가능성

엔드 캡 취부 볼트가 이완되거나 탈락이 되면 씰 마모 링(Seal Wear Ring)을 지지하지 못하여 베어링이 축방향으로 유간(遊間)이 발생할 가능성이 있다.

선로상에서 엔드 캡 뭉치를 발견했을 때 취부 볼트 세 개 중 두 개가 탈락된 상태였으나 한 개의 볼트가 차축에 견고히 체결되어 있었던 걸로 봐서 씰 마모 링이 축방향으로 밀려나지는 않았던 것으로 보여진다.

2.4 오일 씰(Oil Seal)⁽⁵⁾ 마모 또는 손상에 따른 그리스 누유 및 이물질 유입

절손된 차축의 베어링이 전소(全燒)되어 발열 원인을 명확히 규명할 수는 없었지만, 오일 씰이 경화 및 마모되어 그리스가 누유되었고 그리스 부족으로 베어링이 발열되어 차축이 절손된 것으로 추정한다. 추정 근거는 다음과 같다.

탈선 시 소손된 베어링과 같이 2000년 8월 8일 2년 정기검수 시에 분해 정비를 실시한 반대쪽 차축 베어링을 분해 점검한 결과 그림 11과 같이 베어링 내부에 수분 및 이물질이 침투되어 그리스가 변색이 되었고 오일 씰의 회전 마찰부분이 경화(硬化) 및 마모되었다. 오일 씰의 상태로 봐서 오일 씰의 경화 및 마모는 일시적인 어떤 충격에 의한 것보다는 장시간에 걸쳐 진행이 된 것으로 보여진다.

(5) 오일 씰(Oil Seal) : 오일 씰은 두 가지의 중요한 기능을 수행한다. 가) 베어링 내부에 일정량의 그리스를 보존하여 베어링의 내구수명 동안 적절한 윤활작용을 제공하는 것. 나) 베어링 내로 물이나 다른 이물질의 침투를 방지하는 것.

경화 및 마모된 오일 씰은 그림 14와 같은 접촉식 일체형으로 고무 부분이 씰 마모 링과의 직접 접촉 마찰로 인해 열 발생이 쉬운 구조로 되어있고 또한 고무 부분이 외부에 노출되어 있어 마모 및 이물질에 의한 손상 가능성이 크다.

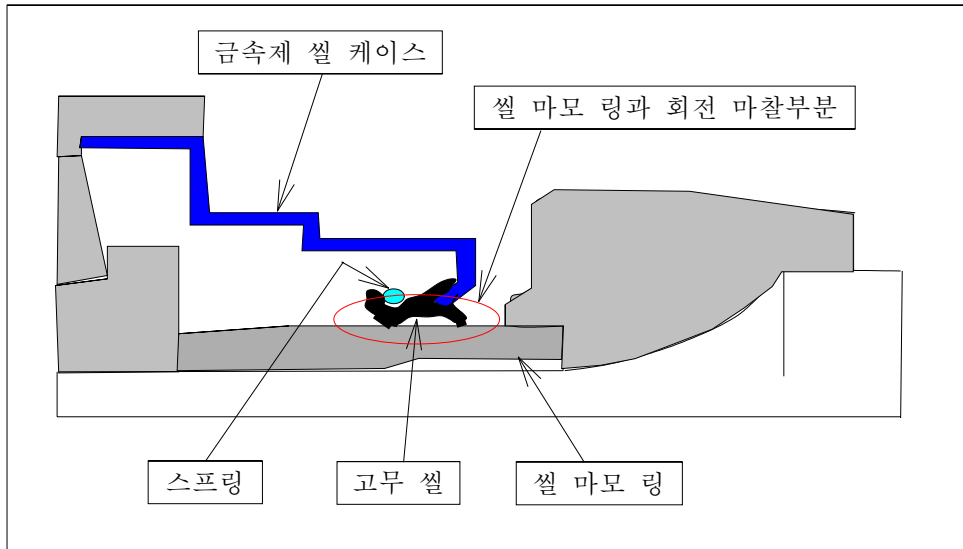


그림 14. 접촉식 오일 씰 취부도

IV. 조사 결론

1. 조사 결과

- 1.1 제3289 화물열차가 1월 18일 4시 53분경 중앙선 신녕역구내를 약 42km/h의 속도로 통과하던 중 청량리기점 327.872km지점에서 선로의 좌측으로 최초 탈선되었고 약 628m를 더 진행한 후 청량리기점 328.500km지점에서 최종 정차되었다.
- 1.2 탈선 사고 당시 기관사 운전 취급 경위를 조사한 결과 운전 취급에 있어서의 문제점은 없었다.
- 1.3 선로 위의 탈선 흔적을 조사한 결과 선로 좌측에서 차축(車軸) 끝부분이 팽이 처럼 각인 형태로 베어링 엔드 캡(End Cap)과 같이 발견되었다.
- 1.4 철도공사 대전차량관리단에서 절손된 차축의 반대쪽 차축 베어링을 분해 조사한 결과 베어링 내부에 수분 및 이물질이 침투되어 그리스가 변색이 되었고 오일 씰의 회전 마찰부분이 경화(硬化) 및 마모된 상태로 발견되었다.

2. 탈선 원인

제3289 화물열차의 탈선 원인은 차축 베어링이 발열 고착되어 차축이 절손되었고 균형을 잃은 대차가 파손 분리되면서 발생한 것으로 판단한다.

베어링이 발열 고착된 원인은 오일 씰(Oil Seal)이 경화 및 마모되어 그리스가 누유되었고 그리스 부족으로 인해 베어링이 발열되어 차축이 절손된 것으로 추정한다.

V. 안전 권고

한국철도공사에 대하여 다음과 같이 권고한다.

1. 차축 베어링 오일 씰(Oil Seal)을 비접촉식으로 개선할 것.
2. 일상 검수를 포함한 정기검수 시에 차축 베어링 점검 및 정비를 철저히 할 것.
3. 베어링에 대한 샘플링 검사를 실시하여 분해정비주기 단축, 점검방법 개선 등을 검토할 것.