

보고서 번호

ARAIB/R 07-04

한국철도공사 동해남부선 경주역구내 화물열차 탈선사고('06.9.29)

철도사고조사보고서



2007. 3.



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 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 목적 외에는 사용하여서는 아니 된다.

차 례

I. 개요	1
1. 사고개요	1
2. 조사개요	1
II. 사실정보	2
1. 탈선사고 경위	2
2. 피해사항	4
3. 승무원 및 역무원 정보	5
4. 물적정보	5
5. 검수기록	7
6. 검사 및 시험	7
III. 분석	10
1. 차륜에 금속파편 형성과정 분석	10
2. 공기제동장치 완해불량 가능성 분석	11
IV. 조사결론	12
V. 안전권고	12
1. 화물열차 출발검수 철저(철도공사)	12
VI. 부록	13

철도사고조사보고서

운영기관 : 한국철도공사
운행노선 : 동해남부선
발생장소 : 경주역구내(경북 경주시 성동동 소재)
사고유형 : 열차탈선
사고일시 : 2006. 9. 29(금) 21:10경

I. 개요

1. 사고개요

2006년 9월 29일(금) 21시 10분경, 회덕역을 떠나 장생포역으로 가던 제5203 화물열차가 경주역구내에 도착하여 화차를 입환⁽¹⁾ 취급을 하는 과정에서 탈선하였다.

2. 조사개요

항공·철도 사고조사위원회(이하 “조사위원회”)에서는 경주역구내에서 화물열차가 탈선된 사실을 확인하고, 정확한 원인규명과 사고재발방지를 위한 대책을 수립하고자 항공·철도 사고조사에 관한 법률 제18조에 의거하여 다음과 같은 내용의 조사업무를 수행하였다.

탈선장소인 경주역구내에서 탈선화차의 상태, 선로의 상태, 탈선상황 등을 조사하였고, 탈선화차의 제동장치에 대한 성능시험을 시행하여 이상 여부를 확인하였으며, 탈선사고 당시에 탈선화차의 차륜에 들러붙어 있던 금속파편을 수거하여 국가공인

(1) 입환 : 사람의 힘에 의하거나 동력차를 사용하여 차량을 이동, 분리 또는 연결하는 작업

시험기관인 한국기계연구원에 분석시험을 의뢰하였다.

또한, 조사위원회에서 조사한 사실에 대하여 관계인의 의견 청취와 탈선사고 원인에 대한 개선대책을 반영한 조사보고서를 작성하였다.

II. 사실정보

1. 탈선사고 경위

2006년 9월 29일(금) 제5203 화물열차가 운행한 선로는 그림 1과 같으며, 이 운행 구간에서의 제5203 화물열차에 대한 열차착발 시각등록내역서 및 운행내역, 기관사의 경위서 등을 참고하여 탈선사고의 경위를 다음과 같이 파악하였다.

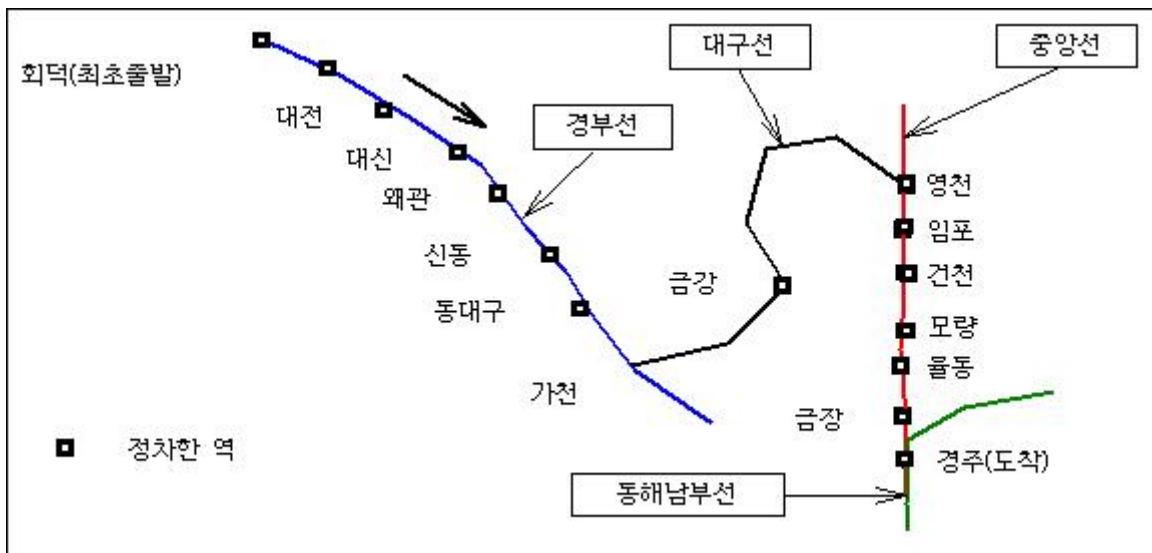


그림 1. 선로 개략도

제5203 화물열차는 표 1에 나타난 바와 같이, 최초 출발역인 회덕역을 정시보다 약 32분 늦은 14시 12분경에 출발하여 동대구역에서 승무원 교대를 하였고, 중앙선 울동역에 정차하여 1시간 24분 정도 지체한 후 20시 37분경에 울동역을 출발하였다.

기관사의 진술에 의하면, 열차가 모량역 부근을 운행하던 중 열차의 후부에서 제동 완해불량⁽²⁾ 시에 발생할 수 있는 불꽃현상을 발견하고 다음역인 울동역에 정차하여

(2) 완해불량 : 제륜자(Brake Shoe)가 차륜의 답면으로부터 분리되지 않고 붙어있는 상태

※ 답면(踏面) : 차륜이 회전할 때 레일과 닿는 부분

확인한 결과 수용제동기가 체결되어 있어 이를 완해조치하는 관계로 1시간 24분 정도 늦게 울동역을 출발하였다고 진술을 하였다.

정차역명	도착시간	출발시간	운행누적거리(km)	비고
회덕		14:12:43	0	최초출발, 32분 지연
대전	14:29:22	14:38:20		
대신	16:08:05	16:12:24		
왜관	16:41:34	16:50:53		
신동	17:02:16	17:05:16		
동대구	17:23:27	17:33:12	168.8	승무원교대, 2분 지연
금강	17:48:49	18:05:02		
영천	18:39:16	18:49:08		
임포	19:01:22	19:04:07		
건천	19:18:58	19:24:53		
모량	19:29:09	19:33:25		
울동	19:40:00	20:37:55	234.5	열차점검, 1시간 24분 지연
금장	20:50:56	20:55:55		
경주	21:02:49	23:41:57	247.2	탈선발생

표 1. 열차 운행시각

울동역으로부터 약 12km 떨어진 경주역에는 정시보다 약 1시간 34분 지연된 21시 2분경에 도착하였고, 도착 후 기관차 후부에 연결되어 있던 무개화차(3) 10량을 유조화차 18량과 분리한 후에 측선인 제 7번선에 유치시키기 위해 후진으로 이동하는 과정에서 10량째에 연결된 화차의 후부(後部)대차가 진행방향 좌측으로 탈선하였다.

탈선 진행도는 그림 2와 같다.

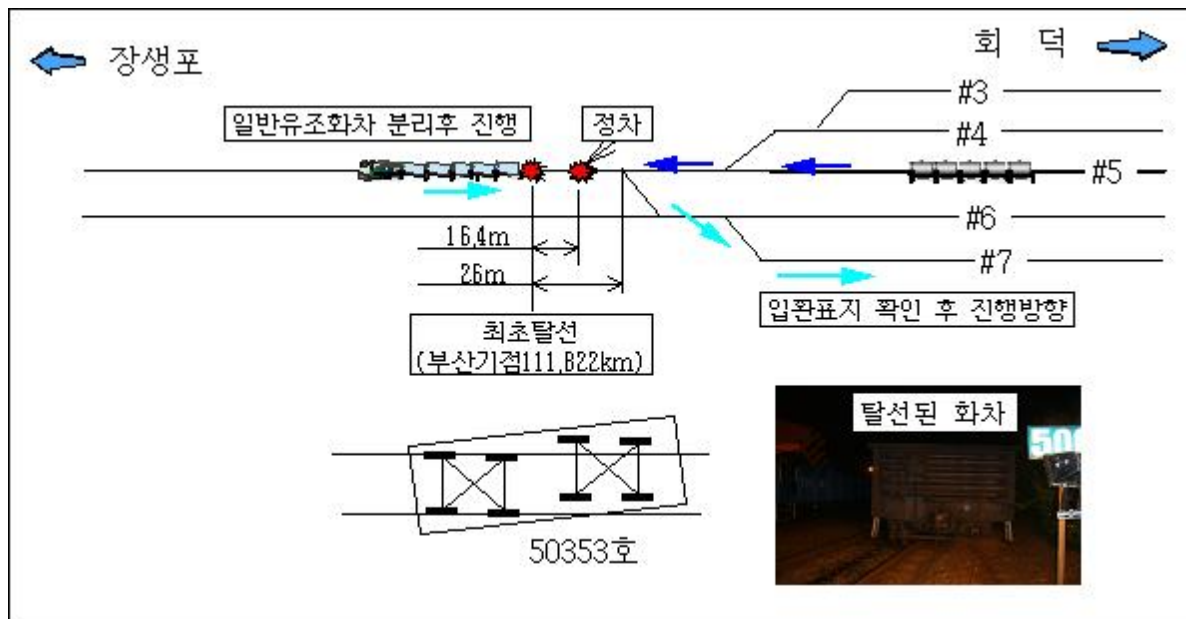


그림 2. 탈선 진행도

(3) 무개화차(無蓋貨車): 적재함에 뚜껑이 없는 차량

당시에 탈선한 후부대차의 4개 차륜 답면에 그림 3과 같이 불규칙하게 적층된 금속파편이 최대 크기 두께 25mm, 폭 50mm, 길이 620mm 정도로 차륜의 동일한 위치에 각각 들러붙어 있었던 것으로 볼 때, 이 금속파편으로 인해 차륜이 궤도를 원활히 회전하지 못하고 차륜 플랜지(Flange)가 레일을 타고 올라 탈선한 것으로 보여진다.



그림 3. 차륜에 들러붙은 금속파편

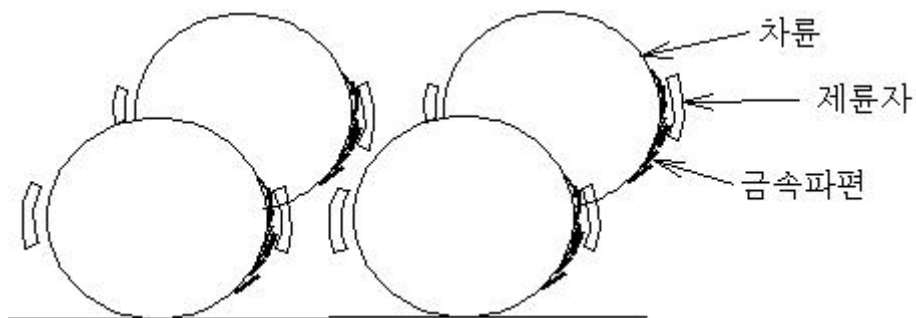


그림 4. 금속파편 부착 개요도

2. 피해사항

2.1 인명피해

인명피해는 발생하지 않았다.

2.2 물적피해

탈선화차 외에 시설 및 전기의 피해는 발생하지 않았다.

2.3 기타 피해

탈선된 화차를 복구하는 1시간 27분 동안 3개 여객열차(무궁화호열차 2개, 새마을호열차 1개)의 운행이 지연되었다.

3. 승무원 및 역무원 정보

회덕역에서 경주역까지의 제5203 화물열차에 탑승한 승무원은 모두 4명으로 회덕역에서 동대구역간을 운전한 기관사는 2개월의 기관사 경력, 동대구에서 교대하여 경주역까지 운전한 기관사는 1년 7개월의 기관사 경력을 가지고 있으며, 두 기관사 모두 인사기록상 특이한 사항은 없었다.

동대구에서 경주역까지 운전한 기관사의 경위서에 의하면, 모량역 부근을 통과하던 중 열차의 후부에서 불꽃이 발생하여 울동역에 정차한 후 확인해 보니, 10량째 연결된 화차의 수용제동기가 체결되어 있어 이를 완해조치하고 출발하여 경주역까지 운행하였다고 언급하였고, 기관사와의 면담에서 이를 재차 확인하였다.

제5203 화물열차의 회덕역 최초 출발검수(4)는 역무원 2명이 담당하였는데, 1명은 34세로 5년 2개월의 수송담당역무원의 경력이 있고, 나머지 1명은 30세의 계약직 수송담당역무원으로 1년 6개월의 경력을 가지고 있었다.

역무원의 경위서에 의하면, 제5203 화물열차의 출발검수 시에 화차의 제동 상태, 수용제동기 상태 등을 이상없이 확인하였다고 언급하였으나, 별도의 진술에서는 평소에 화차를 취급할 때 수용제동기를 사용하지 않는다고 진술하였다.

4. 물적정보

4.1 열차정보

(4) 출발검수 : 동력차(기관차)를 연결한 후 조성된 차량의 작용 및 기능과, 열차 출발시 운전상태 등을 확인하는 검수로서, 제동장치에 대해서는 1)각 차량간의 연결상태 및 제동관 압력적정 여부 2)수용제동기 취급지장여부 3)공기제동 시험시 작용의 적정여부 등을 점검하도록 규정하고 있다.

제5203 화물열차의 주요 제원은 다음과 같다.

- 편성 : 기관차 1량, 무개화차 10량 및 유조화차 18량으로 편성
- 열차 길이 : 약 377m
- 열차 중량 : 약 771ton(공차 상태)
- 열차 목적지 : 기관차 및 유조화차 18량은 회덕에서 출발하여 장생포역까지 운행하고, 무개화차 18량은 중간역인 경주역에서 다른 기관차에 연결



그림 5. 무개화차 및 유조화차

화차의 주요 제원은 표 2와 같다.

	무개화차	유조화차
제작일자	2000. 03. 16	1994. 12. 16
제작회사	(주)로템	(주)한진
소유주	한국철도공사	(주)SK
차량길이	13,950mm	12,000mm
차량폭	2,887mm	2,651mm
자중	21.2ton	23.7ton
하중	53.8ton	49.0ton
대차	용접대차	주강대차
제동 제어밸브	KRF-3형 ⁽⁵⁾	K2 ⁽⁶⁾
제동방식	양압식 ⁽⁷⁾	편압식
제륜자	주철제륜자 ⁽⁸⁾	주철제륜자

표 2. 화차 주요 제원

- (5) KRF-3 제어밸브 : 고무막판식 공기압 제어구조의 밸브로 민감한 제동력을 얻을 수 있도록 개발되었고, 120km/h의 속도에 적합하며, 하중변동이 적은 화차에 적용되는 제어밸브
- (6) K2 제어밸브 : 급속 슬라이딩 공기압 제어구조의 밸브로서, 90km/h의 속도에 적합한 기존 화차의 제어밸브
- (7) 양압식 : 하나의 차륜을 두개의 제륜자로 제동 체결하는 제동방식
- (8) 주철제륜자(Cast iron brake shoe) : 탄소, 규소, 망간, 인, 황 등의 성분을 포함한 일체형으로 주조한 제륜자, 제륜자란 열차 제동을 위해 차륜의 담면에 접촉시켜 양자간의 마찰력을 이용하여 열차를 정지시키는 부품

4.2 선로정보

회덕역에서 경주역까지 설치된 레일의 현황은 장대레일이 448개(348.9km), 장척·정척·단척레일이 113개(37.8km)가 설치되어 있고, 경두레일⁽⁹⁾은 1,809개(176.8km)가 설치되어 있다.

2006년 7월 이후 레일 교환 실적은 9월 24일까지 10회에 걸쳐, 탈선열차의 운행구간 약 247km 중 2.95km를 교환하였다.

5. 검수기록

탈선화차(50353호)의 가장 최근에 실시한 검수종별(2Y, 1Y, 6M, 일상검수)에 따른 검수기록을 확인한 결과, 2006년 8월 1일 실시한 1년검수(1Y)에서 제동장치 부품인 응하중밸브⁽¹⁰⁾를 교환한 기록이 있으나 교환 사유 등 상세한 내용은 확인할 수 없었고, 2006년 9월 27일에 실시한 사업검수는 마찬가지로 전산상에 검수 일자가 등록이 되어 있으나 검수기록을 남기지 않는 관계로 상세한 내용은 확인할 수 없었다.

6. 검사 및 시험

6.1 공기제동장치 시험

6.1.1 차량 공기제동시험

탈선화차를 유치시켜 놓은 경주역구내 정비장에서 탈선화차의 제동장치 성능에 대해서 이상 유무를 확인하기 위한 시험을 7회 반복 실시한 결과, 화차를 최초에 제작할 때의 성능시험 기준을 만족하는 것으로 확인되었다.

(9) 경두(硬頭)레일 : 마모를 줄이기 위해 레일 두부를 열처리하여 견고하게 만든 레일로, 곡선부 외측에 사용한다.

(10) 응하중밸브(Variable load valve) : 화차의 하중에 따른 제동력을 조절하기 위해 차체와 대차사이에 설치되어 하중을 감지하는 밸브



그림 6. 제동시험 중인 탈선화차

6.1.2 부품검사

철도공사 대전차량관리단에서 그림 7과 같이 제동장치의 주요 기능품인 제동통(11) 및 제륜자 자동간격 조정기(12)를 분해하여 내부 부품의 이상 유무를 확인한 결과 이상이 발견되지 않았고, 자동간격 조정기는 전용시험기를 이용하여 작동상태를 확인한 결과 또한 이상이 없었다.



그림 7. 부품 검사 및 시험

- (11) 제동통(Brake cylinder) : 압축공기에 의해 제륜자(Brake shoe)에 제동력을 전달하고, 압축공기가 배기되면 복귀스프링(Return spring)에 의해 제동을 완해(Release)하는 기능을 가지는 원통형의 실린더
- (12) 제륜자 자동간격 조정기(Brake shoe automatic adjuster) : 차륜과 제륜자의 간격을 자동으로 일정하게 유지시켜 주는 기계적인 장치

6.2 금속파편 분석시험

탈선사고 당시에 탈선된 대차에 남아 있던 제륵자 및 차륵에 들러붙어 있던 금속파편에 대해서 국가공인시험기관에 분석을 의뢰하여 분석한 결과를 다음과 같이 요약한다.

- 제륵자는 금속조직을 관찰한 결과, 마찰면에서 조직이 부분적으로 열화되었지만 사고와는 관련성이 없는 것으로 분석되었다.
- 금속파편은 그림 8과 같이 금속이 한층 씩 차례로 적층되면서 생성되었는데, 이는 심한 마찰에 의해 각 층이 형성되었으며, 계속된 마찰로 인해 열이 발생하여 소재를 변화시킨 것으로 추정하고, 조직은 탄소강(레일 또는 차륵)이 변형된 것임을 나타낸다.

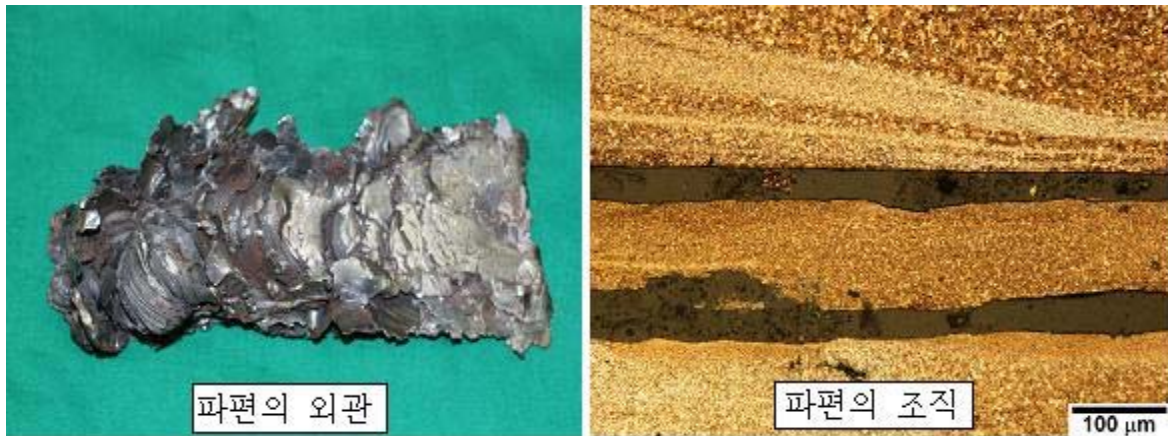


그림 8. 금속 파편

- 금속파편의 화학성분을 분석한 결과는 표 3과 같다. 탄소 성분은 레일의 탄소성분 기준값과 가깝게 분석이 되었으나, 나머지 성분들은 어디로부터 유래(由來)되었는지 알 수 없었다.

성분 구분 (%)	차륵 기준값	제륵자 기준값	레일 기준값	금속파편		비 고
				한국기계연구원	두산인프라코어	
탄소(C)	0.67 이하	3.2~3.6	0.68~0.80	0.795	0.70	
규소(Si)	0.15 이상	1.5~2.0	0.15~0.58	0.211	0.25	
망간(Mn)	0.60~0.90	0.4~0.8	0.70~1.20	0.818	0.70	
인(P)	0.045 이하	0.15 이하	0.025 이하	0.013	0.012	
황(S)	0.045 이하	0.12 이하	0.025 이하	0.015	0.016	

표 3. 화학성분 분석

Ⅲ. 분석

1. 차륜에 금속파편 형성과정 분석

탈선차륜의 답면에서 떼어낸 금속파편을 국가공인시험기관에 분석을 의뢰하여 금속파편이 차륜, 제륜자, 레일 중에서 어느 부분으로부터 유래되었는지를 알고자 하였으나, 분석결과로는 확실하게 그 유래를 밝혀낼 수가 없었다.

차륜에 찰상이 발생하면 제륜자 또는 차륜의 금속이 찰상부분 바로 뒷부분에 용착되는 것이 일반적인 현상이나, 화학성분 분석결과 탄소성분이 레일의 탄소성분과 가까운 것으로 분석된 것을 볼 때, 금속파편의 일부는 레일로부터 마모되어 적층이 된 것으로 추정한다.

탈선화차의 차륜 답면에 금속파편이 형성된 원인은, 최초에 수용제동기(13)가 체결된 상태에서 운행되면서 차륜 답면 및 제륜자가 고온 발열되어 차륜 답면에 제륜자 금속파편이 용착되었고, 이로 인해 차륜의 회전이 원활하지 못해 차륜의 미끄러짐이 간헐적으로 반복되면서 차륜, 제륜자 및 레일의 표면이 마모 용착된 것으로 추정한다.

수용제동기 체결로 인해 금속파편이 형성된 것으로 추정하는 근거는, 울동역에서 차량상태를 확인할 때 수용제동기가 체결되어 있었음을 기관사가 진술하였고, 탈선화차의 후부(後部)대차 4개 차륜에서 금속파편이 발견된 점으로 미루어 볼 때 최초의 완해불량은 후부대차 4개 차륜에만 수용제동력을 전달하는 수용제동기의 체결로 발생하였을 가능성이 많다.

수용제동기의 체결 시점에 대해서는, 당시 회덕역에 근무했던 역무원이 수용제동기를 취급하지 않았음이 진술됨에 따라 수용제동기가 언제 어디서 체결되었는지는 알 수가 없었다.

(13) 수용제동기(Hand brake) : 공기제동장치와는 별개의 제동장치로, 차량의 이동을 방지하기 위해 수동으로 핸들을 감아서 차륜에 제륜자를 압착시켜 차량을 움직이지 못하게 하는 장치이며, 화차의 후부(後部)대차 4개 차륜에 제동 체결함

2. 공기제동장치 완해불량 가능성 분석

정상적인 제동작용이 이루어지면 차륜 답면에 비정상적으로 금속파편이 부착될 가능성은 전혀 없고, 제동력이 과하게 작용하거나 완해불량이 발생하면 찰상이 생기고 차륜의 회전이 원활하지 못해 차륜의 미끄러짐이 지속적으로 반복되면서 차륜에 금속파편이 누적 부착될 수 있다.

공기제동장치 완해불량 요인을 찾기 위해 탈선화차 제동장치에 대해서 정차 상태에서 성능시험을 실시하여 제동 제어밸브(KRF-3), 제동통, 자동간격 조정기 등의 상태를 검사하였으나 이상을 발견하지 못하였다.

무개화차 후부에 설치된 수용제동기 핸들과 체인은 그림 9와 같다.

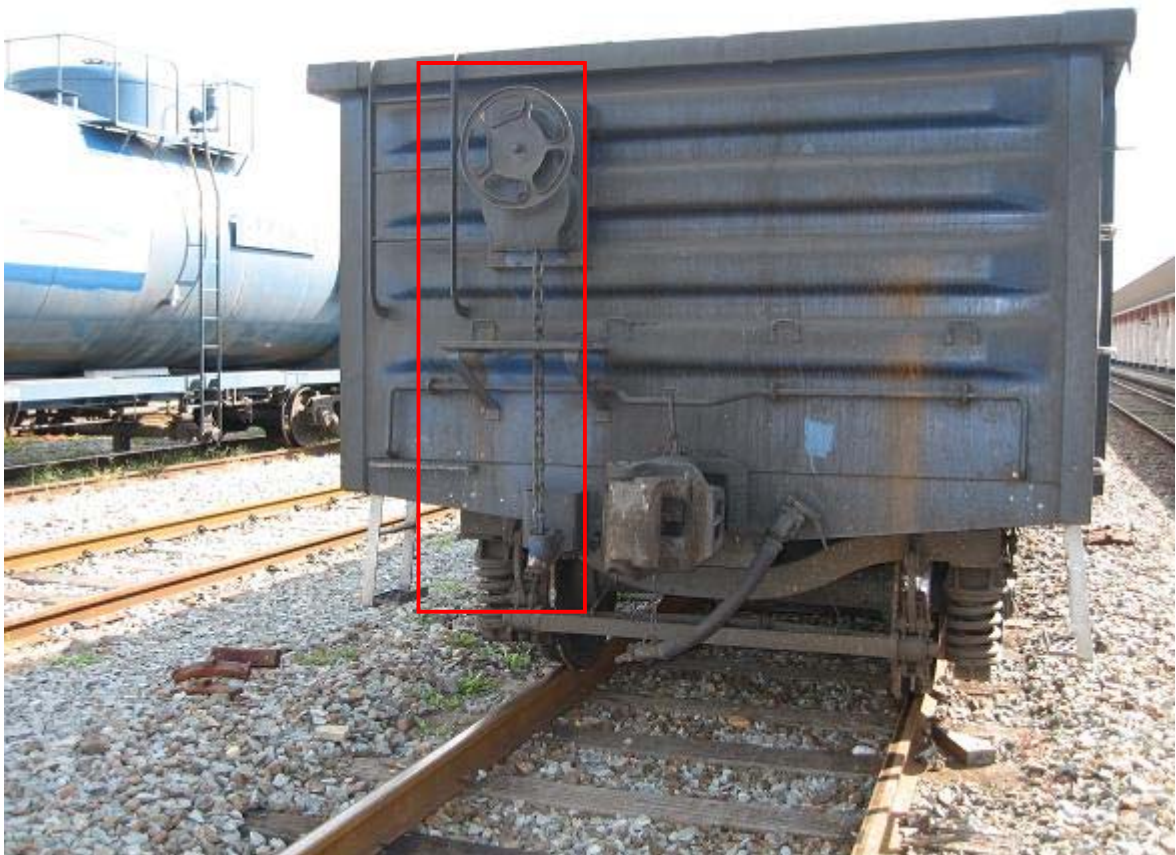


그림 9. 무개화차 수용제동기 핸들

IV. 조사결론

2006년 9월 29일 경주역에서 발생한, 제5203 화물열차의 탈선은 무개화차 분리를 위해 측선으로 후진하여 이동하는 과정에서 열차의 마지막에 연결되어 있던 무개화차 후부(後部)대차가 차륜 4개에 들러붙은 금속파편으로 인해 차륜이 궤도를 원활히 회전하지 못하여 탈선된 것으로 판단한다.

탈선화차의 차륜 답면에 금속파편이 형성된 원인은, 최초에 수용제동기가 체결된 상태에서 운행되면서 차륜 답면 및 제륜자가 고온 발열되어 차륜 답면에 제륜자 금속파편이 용착되었고, 이로 인해 차륜의 회전이 원활하지 못해 차륜의 미끄러짐이 간헐적으로 반복되면서 차륜, 제륜자 및 레일의 표면이 마모 용착된 것으로 추정한다.

V. 안전권고

한국철도공사에 대하여 다음과 같이 권고한다.

1. 열차 출발 전 및 운행 중 제동장치 상태, 차륜 상태 등에 대한 확인을 철저히 할 수 있는 책임검수 방안을 검토·시행할 것

VI. 부록

붙임 자료

1. 역무원 및 승무원 경위서
2. 제동시험 성적서
3. 금속과편 분석시험결과
4. 관계인 의견청취

이 붙임의 내용은

사고조사 과정에서 관계인들로부터 청취한 진술 및 개인정보 등이 포함되어 있어,

“항공·철도사고조사에 관한 법률” 제28조(정보의 공개금지) 및 같은 법 시행령 제8조(공개할 수 있는 정보의 범위)에 의하여 본 보고서(인쇄본)에 첨부하지 않았습니다.

자세한 사항은 항공·철도사고조사위원회로 문의하여 주시기 바랍니다.



항공·철도사고조사위원회

TEL : 02-6096-1043, FAX : 02-6096-1042