

보고서 번호

ARAIB/R 08-03

한국철도공사 경원선 왕십리역구내 화물열차 탈선사고(07.3.19)

철도사고조사보고서



2008. 01.



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. 탈선 사고 경위	2
2. 피해 사항	3
3. 인적 정보	3
4. 열차 정보	3
5. 선로 정보	5
6. 탈선 현장 조사	7
7. 탈선 화차 정밀 조사	9
8. 화차 검수 기록 검토	11
9. 선로 유지보수 기록 검토	11
10. 속도 기록 검토	11
III. 분석	13
1. 탈선 원인 분석	13
IV. 조사 결론	15
1. 조사 결과	15
2. 탈선 원인	16
V. 안전 권고	16

철도사고조사보고서

운영기관 : 한국철도공사

운행노선 : 경원선

발생장소 : 왕십리역구내(서울특별시 성동구 행당동 소재)

사고유형 : 열차탈선

사고일시 : 2007. 3. 19(월) 11:52경

I. 개요

1. 사고 개요

2007년 3월 19일(월) 11시 52분경, 경의선 수색역을 떠나 중앙선 망우역으로 가던 제5621 화물열차가 경원선 왕십리역을 통과하던 중 탈선하였다.

2. 조사 개요

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

최초 탈선된 지점의 침목 상태 및 레일 상태와 탈선화차의 훼손된 상태를 면밀히 조사하였고, 탈선열차를 운행한 기관사의 경위서, 속도기록계 기록, 탈선화차의 제작 및 검수기록 등의 증거자료를 확보하여 검토하였다.

그리고 탈선 원인에 대한 한국철도기술연구원의 기술검토 의견과 사실조사에 대한 한국철도공사의 의견을 수렴하여 탈선 원인에 대한 개선대책을 반영한 조사 보고서를 작성하였다.

II. 사실 정보

1. 탈선 사고 경위

2007년 3월 19일(월) 11시 6분경에 경의선 수색역을 떠나 중앙선 망우역으로 가던 25량 편성의 제5621 화물열차가 11시 52분경 경원선 왕십리역구내를 약 32km/h의 속도로 통과하던 중 20량째 연결된 제849365호 벌크시멘트 화차의 후부(後部) 대차가 용산기점 10.162km 지점의 선로 좌측으로 최초 탈선되었다.

최초 탈선 지점으로부터 약 16.7m 떨어진 지점에서 21량째 연결된 제839599호 벌크시멘트 화차의 전부(前部)대차가 선로 좌측으로 탈선되었다.

탈선된 20량째의 후부대차 및 21량째의 전부대차는 열차와 같이 진행하면서 침목 및 선로전환기를 파손시켰고 21량째 화차는 두 번째 탈선 지점으로부터 약 65.3m를 더 운행한 후 20량째 화차와 분리 정차되었다.

21량째 화차와 분리된 열차는 약 26.3m를 더 운행한 후 용산기점 10.555km 지점에서 11시 52분경 최종 비상제동이 체결되어 정차하게 되었다.

비상제동은 화차 분리의 영향으로 제동관 내부의 공기압력이 제동 연결호스를 통하여 급격히 빠져나감에 따라 자동으로 체결이 되었다.

탈선 개략도는 그림 1과 같다.

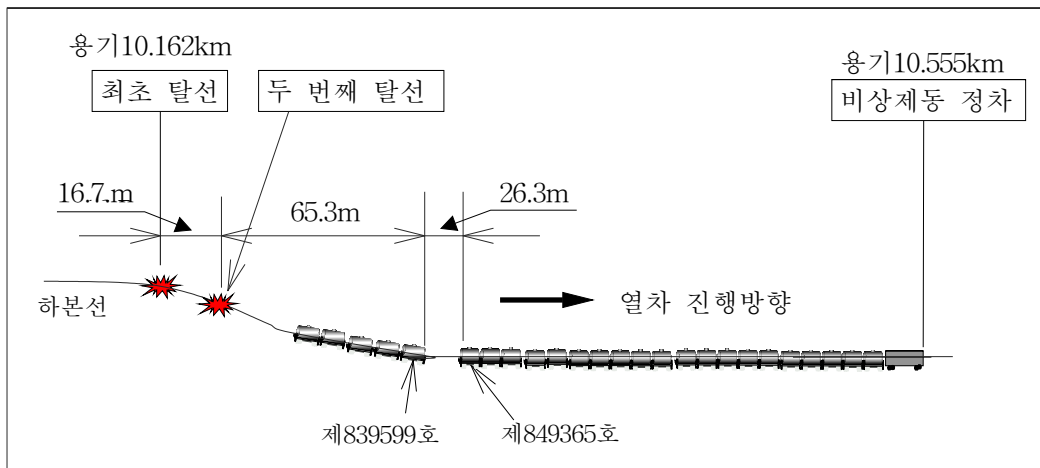


그림 1. 탈선 개략도

2. 피해 사항

2.1 인명 피해

인명 피해는 발생하지 않았다.

2.2 물적 피해

시설 피해는 침목 20정이 부분적으로 파손되었고 신호시설 피해는 선로전환기 침단간 1조가 파손되어 재료비 840만여원의 피해액이 발생되었으며 차량 피해는 대차 및 차체 일부가 파손되어 180만여원의 피해액이 발생되었다.

2.3 기타 피해

사고현장 복구에 4시간 24분이 소요되어 개통이 16시 16분경에 이루어졌다. 사고의 영향으로 15개 전동열차가 운행이 중지되었고 13개 전동열차가 5분에서 28분정도 운행이 지연되었다. 운행 중지 및 운행 지연에 따른 반환료는 발생되지 않았다.

3. 인적 정보

화물 열차를 운전한 기관사(박○○, 41세)는 1995년 8월 5일 채용되었고 2003년 4월 1일자로 서울기관차 승무사무소에 발령받아 약 10만km 무사고 기록을 달성하고 있었다. 기관사의 인사기록을 검토한 결과 특이한 사항은 없었다.

기관사의 열차 운행 전 행적을 확인한 결과 3월 17일(토) 23시 50분에 퇴근해서 18일(일) 하루 동안 휴식을 취한 후 열차 운행 당일인 19일(월) 6시 10분경에 출근한 것으로 파악되었다.

4. 열차 정보

사고열차의 주요 제원은 다음과 같다.

- 열차는 디젤전기기관차 1량 및 벌크시멘트화차 25량으로 연결되었고, 편성내역은 표 1과 같다.

조성 위치	차량 번호	출발역	도착역	영공	차중률(1)	차장률(2)	조성 위치	차량 번호	출발역	도착역	영공	차중률	차장률
1	839397	수색	망우	공차	0.5	0.9	14	838303	수색	도담	공차	0.5	0.9
2	490629	수색	도담	공차	0.5	0.9	15	848355	수색	도담	공차	0.5	0.9
3	490663	수색	도담	공차	0.5	0.9	16	849319	수색	도담	공차	0.5	0.9
4	839306	수색	도담	공차	0.5	0.9	17	849388	수색	도담	공차	0.5	0.9
5	839343	수색	도담	공차	0.5	0.9	18	847338	수색	도담	공차	0.5	0.9
6	839324	수색	도담	공차	0.5	0.9	19	839311	수색	도담	공차	0.5	0.9
7	839399	수색	도담	공차	0.5	0.9	20	849365	수색	도담	공차	0.5	0.9
8	849308	수색	도담	공차	0.5	0.9	21	839599	수색	도담	공차	0.5	0.9
9	848356	수색	도담	공차	0.5	0.9	22	849559	수색	도담	공차	0.5	0.9
10	847399	수색	도담	공차	0.5	0.9	23	839504	수색	도담	공차	0.5	0.9
11	491103	수색	도담	공차	0.5	0.9	24	848789	수색	도담	공차	0.5	0.9
12	849306	수색	도담	공차	0.5	0.9	25	847533	수색	도담	공차	0.5	0.9
13	848313	수색	도담	공차	0.5	0.9							

표 1. 열차 편성내역

- 열차의 총 길이는 약 336m 이다.
- 열차의 총 중량은 약 676톤으로 모든 화차는 화물을 적재하지 않은 공차(空車) 상태였다.

탈선 화차의 주요 제원은 표 2와 같다.

No	항 목	849365호 벌크시멘트화차	839599호 벌크시멘트화차
1	제작일자	1991. 07. 08	1996. 04. 22
2	제작회사	한국유조	(주)현대정공(현, (주)로템)
3	소 유 주	한일시멘트	성신양회
4	차량길이	13,160mm	13,160mm
5	차 량 폭	3,100mm	3,100mm
6	차량높이	3,850mm	3,850mm
7	자 중	20.0ton	20.0ton
8	하 중	52.0ton	52.0ton
9	용 적	44.0m³	44.0m³

표 2. 탈선 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

5. 선로 정보

열차가 탈선한 선로는 왕십리 민자역사 신축공사와 관련하여 임시로 시공된 S자형 하본선으로서 2006년 3월 22일자로 운행선을 변경하였고 민자역사의 지하 연결통로 및 승강장이 완료됨에 따라 2007년 12월 23일 원상복구되었다.

하본선 선로는 최초 설계 당시에 25호 선로전환기와 승강장 사이의 약 180m 거리에 곡선반경 400m, 캔트 50mm 및 완화곡선 길이 30m로 선로가 시공될 예정이었으나 완화곡선 30m로 연결이 불가능하여 부득이 20m로 연결하였고,

운행선 변경 후 열차 정상속도인 70km/h로 통과 시 완화곡선장의 부족으로 인한 차체의 좌우 진동이 심하다는 민원이 제기되어 2006년 5월 15일부터 40km/h로 속도제한을 하고 있었다.

탈선 사고가 발생한 선로에 대해서 궤간⁽³⁾ 및 수평⁽⁴⁾을 실측한 값은 그림 2와 같고 측정값 중 캔트값이 50mm인 우곡선 일부분에서 수평값이 허용한도(본선 7mm, 측선9mm)를 약간 벗어나는 것으로 측정되었다.

(3) 궤간(Gauge) : 궤도에 있어 한 레일과 마주보는 레일과의 거리를 말하며 궤간은 레일 두부면으로부터 아래 쪽 16 mm(고속철도, 도시철도 14 mm)점에서 상대편 레일 두부의 동일점까지의 내측간 최단 거리를 말한다.

(4) 수평 : 레일의 직각방향에 있어서의 좌우 레일면의 고저차

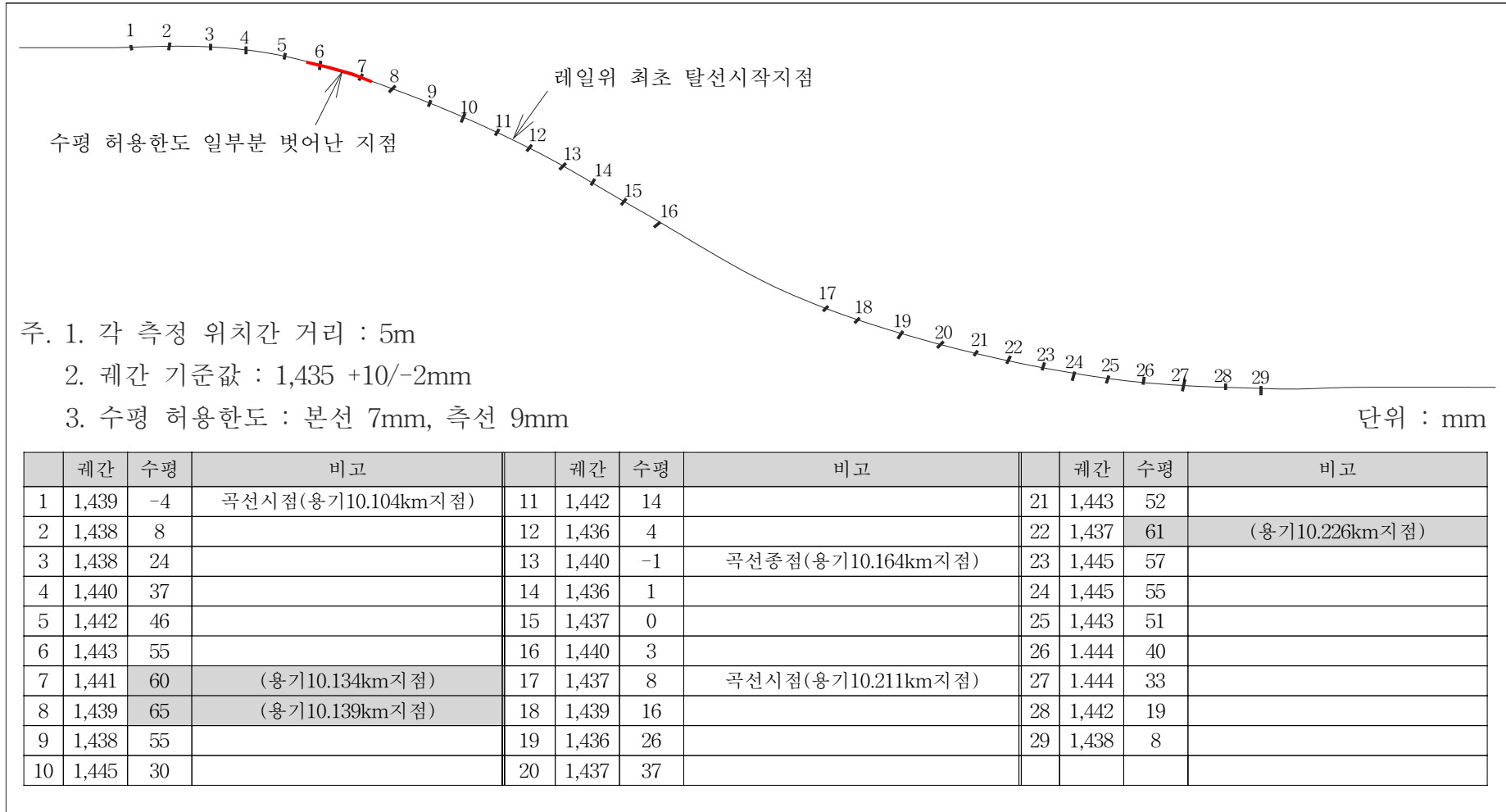


그림 2. 탈선 선로 측정도

6. 탈선 현장 조사

그림 3에 나타낸 바와 같이 선로상의 탈선 흔적 및 탈선 위치, 차량의 파손 상태, 열차의 탈선 위치 및 정차 위치 등을 조사하였다.

6.1 선로 상태

선로의 상태를 조사한 결과는 다음과 같다.

- 용산기점 10.157km지점의 열차 진행방향 좌측 레일 표면에서 차륜 플랜지가 레일을 올라탄 최초의 탈선 흔적이 발견되었다. 차륜 플랜지가 레일을 올라탄 상태로 약 5m 진행하다가 레일 좌측으로 떨어지면서 스프링 클립에 타격을 가하였다.
- 두 번째 탈선 흔적은 최초 탈선 지점으로부터 약 16.7m 떨어진 지점에서 발견되었다. 차륜이 선로 좌측으로 떨어지면서 침목 및 스프링 클립에 타격을 가하였다.
- 탈선 대차는 두 번째 탈선 지점으로부터 약 65.3m를 더 운행하면서 침목 및 29호 선로전환기를 파손시켰고 20량째 화차와 21량째 화차가 분리되면서 비상제동이 체결되어 정차하게 되었다.
- 탈선 지점 부근의 선로를 조사한 결과 탈선에 영향을 미쳤을만한 어떠한 증거물도 발견하지 못하였다.

6.2 차량 상태

탈선된 화차의 상태를 현장에서 조사한 결과는 다음과 같다.

- 20량째 탈선 화차의 상태는 그림 3에 나타낸 바와 같이 탈선되지 않은 전부 대차 좌측 차륜 2개의 플랜지 부분이 어떤 장애물에 의해 폭7mm×길이 140mm×깊이 10mm의 크기로 손상을 입었다. 그리고 탈선된 후부대차의 센터 핀(Center Pin)이 굴곡되었다.
- 21량째 탈선 화차의 상태는 탈선된 전부대차의 센터 플레이트(Center Plate)가 굴곡되었다.

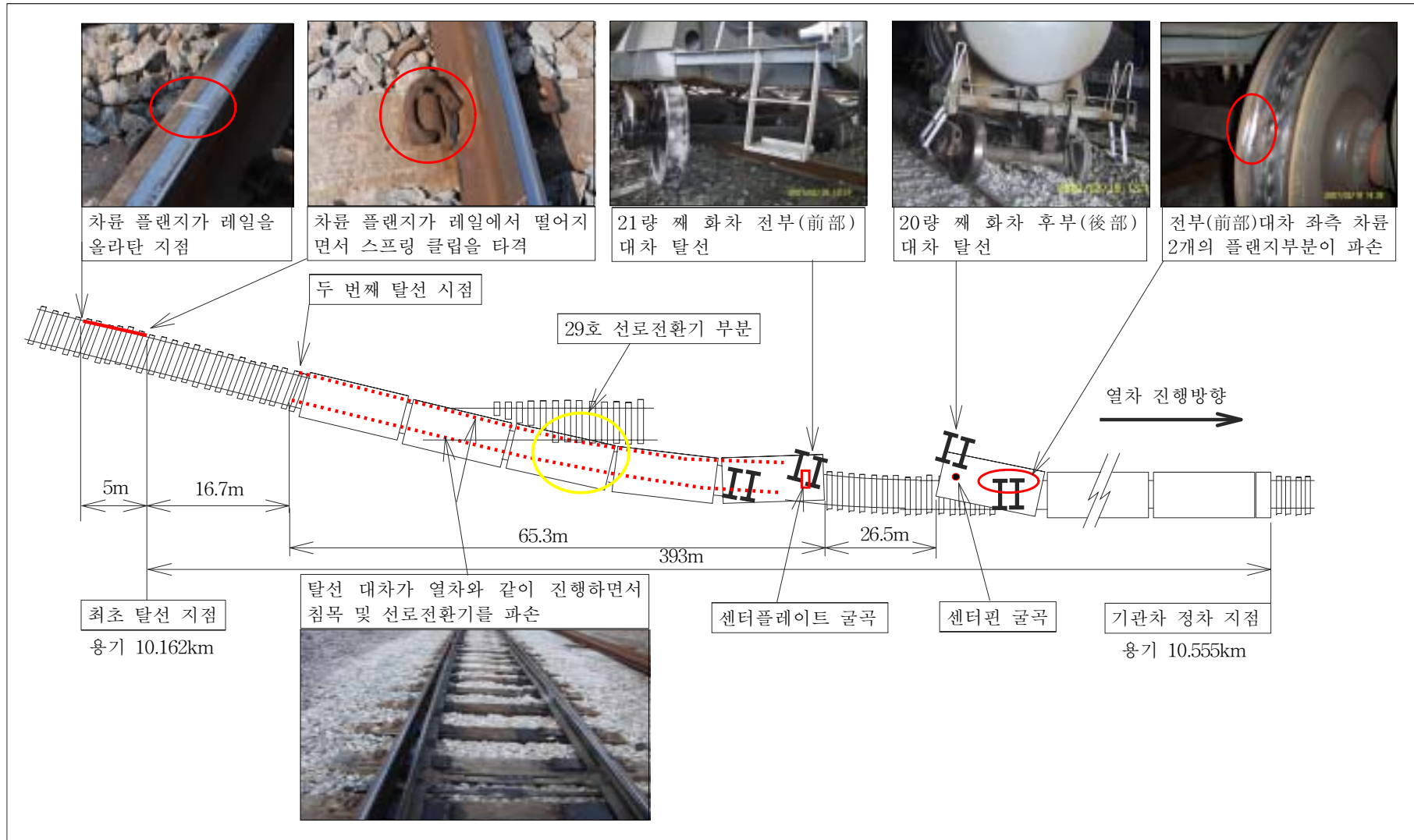


그림 3. 탈선 현장도

7. 탈선 화차 정밀 조사

탈선된 화차를 한국철도공사 서울차량관리단에 입고시켜 각 부분의 파손 상태를 정밀 조사하였다.

20량째 연결되었던 제849365호 화차의 상태를 조사한 결과는 다음과 같다.

- 탈선 현장에서 조사된 바와 같이 탈선되지 않은 전부대차 좌측 차륜 2개의 플랜지 부분이 어떤 장애물에 의해 손상을 입었다. 플랜지 손상 상태는 그림 4와 같다.

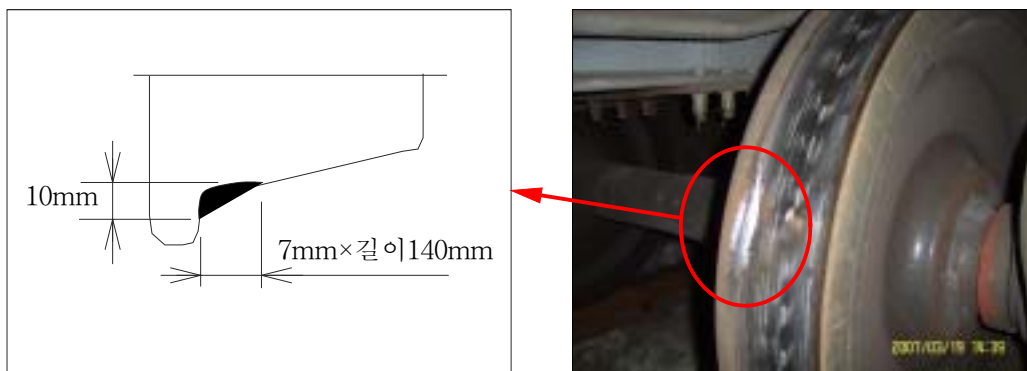


그림 4. 플랜지 손상 상태

- 전부대차의 좌·우측 스너머(5) 스프링 각 1개가 그림 5와 같이 상부의 모서리가 파손되어 탈락되었다.



그림 5. 스너머 스프링 상부 모서리 탈락 상태

(5) 스너머(Snubber) 스프링 : 볼스터 스프링 및 후렉션 스프링과 함께 사용되며 선로의 충격 및 진동을 흡수하여 주행 안전성 및 운행 성능 향상 목적으로 사용

- 대차 차륜의 각 부분을 측정한 결과 표 3과 같이 검수정비 기준값을 만족하는 것으로 확인되었다.

단위 : mm

구 분	1위		2위		3위		4위		기준값
	1	2	3	4	5	6	7	8	
내측거리	1351		1352		1351		1351		1349~1356
후렌지높이	26	25	25	25	25.5	25.5	25.5	25.5	25~35
후렌지두께	33	34	31	33	34	34	33	32	34~23
차륜직경	859	860	859	860	859	859	859	860	768~860

표 3. 전부대차 차륜 측정값

- 또한, 대차 각 부분의 스프링 상태를 측정한 결과 검수정비 기준값을 만족하는 것으로 확인되었다. 스프링 위치도는 그림 6과 같고, 스프링을 대차에서 분해한 후 측정된 값은 표 4와 같다.

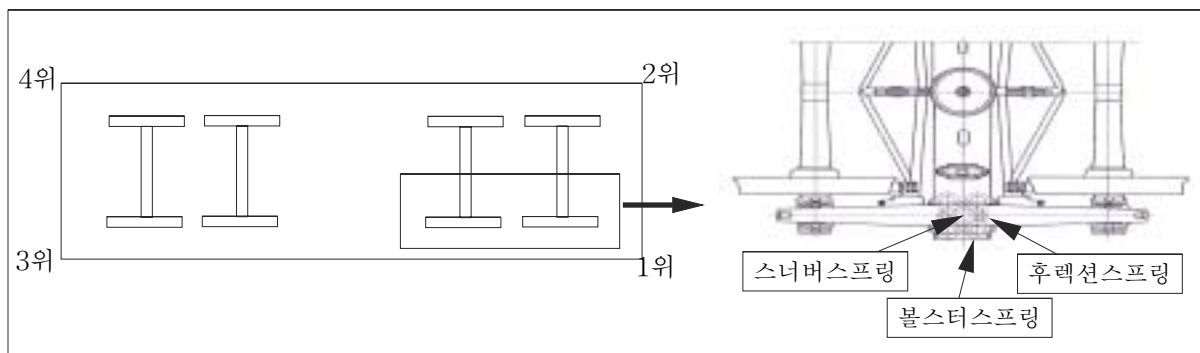


그림 6. 대차 스프링 위치도

단위 : mm

구 분				1위	2위	3위	4위	기준값	비 고
스너버 스프링 높이				260	261	258	260	261.5 +0/-4	1&2위 모서리 파손
후렉션 스프링 높이	전			282	284	284	282	285.8~277	
	후			283	283	284	282		
볼스터 스프링 높이	전	좌	내	256	262	260	259	261.9~254	
			외	264	263	262	261		260.4~253
		우	내	258	260	260	259		
			외	264	263	260	262		
	후	좌	내	260	258	258	261		
			외	260	262	260	260		
		우	내	260	259	260	260		
			외	263	260	263	262		

표 4. 대차 각 부 스프링 측정값

21량째 연결되었던 제839599호 화차의 상태를 조사한 결과 후부(後部)대차의 센터 플레이트(Center Plate)가 굴곡된 것 이외에 손상된 부분은 없었다. 그리고 대차 차륜의 각 부분을 측정한 결과 표 5와 같이 검수정비 기준값을 만족하는 것으로 확인되었다.

단위 : mm

구 분	1위		2위		3위		4위		기준값
차 륜	1	2	3	4	5	6	7	8	
내측거리	1351		1351		1351		1352		1349~1356
후렌지높이	25	25	25	25	25	25	25	25	25~35
후렌지두께	34	34	34	34	34	34	34	34	34~23
차륜직경	860	860	860	860	860	860	860	860	768~860

표 5. 후부대차 차륜 측정값

8. 화차 검수 기록 검토

제849365호 탈선 화차에 대해 가장 최근에 실시한 검수 종별(2Y, 1Y, 6M) 검수 기록을 확인한 결과 별다른 이상은 발견되지 않았다.

9. 선로 유지보수 기록 검토

탈선 사고 발생 전인 2007년 2월 20일부터 3월 16일까지의 선로 순회점검 기록을 확인한 결과 별다른 이상은 발견되지 않았다.

10. 열차 속도 기록 검토

기관차 운전실의 속도기록장치에 저장된 속도기록을 확인한 결과 사고열차는 탈선 선로를 규정 속도인 40km/h 이하로 운행 하였고 급제동이나 급가속 등의 운전 취급을 하지 않은 것으로 확인되었다.

그림 7에서 보는바와 같이 화차가 탈선 시점에서의 열차 운행 속도는 32km/h 였고 화차가 분리된 직후 비상제동 체결이 되어 약20m 더 운행한 후 정차되었다.

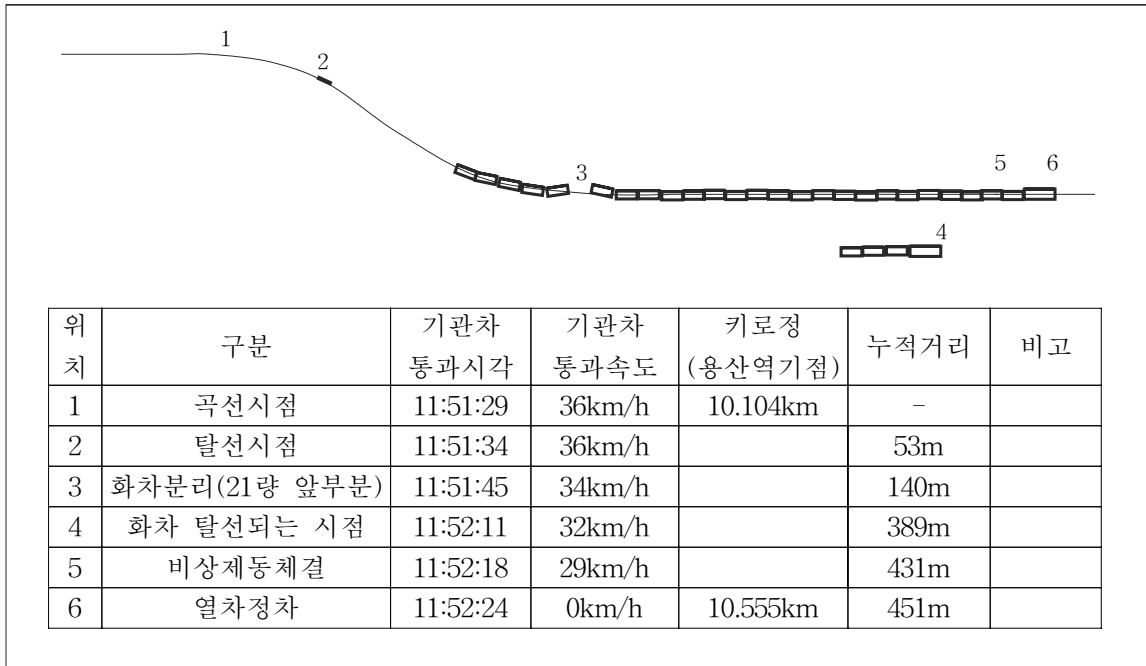


그림 7. 열차 운행속도 측정 위치도

Ⅲ. 분석

1. 탈선 원인 분석

1.1 운전취급의 적절성 검토

열차의 속도기록을 확인한 결과 사고열차는 탈선 선로를 규정 속도인 40km/h 이하로 운행을 하였고 탈선 선로를 운행 중에 급제동이나 급가속 등의 운전 취급을 하지 않은 것으로 확인되었다.

1.2 차량결함에 의한 영향 검토

최초 탈선된 제849365호 화차를 정밀 조사한 결과 대차 각 부분의 치수는 기준 한도 이내인 것으로 확인이 되었다. 그리고 후부(後部)대차의 센터 핀(Center Pin)이 굴곡 변형된 것은 탈선 시의 충격에 의한 것으로 판단된다. 그러나 탈선되지 않은 전부(前部)대차 좌측 차륜 2개의 플랜지 부분 손상과 스너머 스프링 상부 모서리 파손은 열차가 운행 중 선로위 어떤 장애물에 의한 충격으로 인해 파손된 것으로 보여지나 탈선 현장에서는 어떠한 장애물도 발견할 수 없었다.

1.3 선로에 의한 영향 검토

열차가 탈선한 선로는 최초 시공 당시에 지형적인 조건으로 인해 직선과 원곡선을 잇는 완화곡선 길이를 기준인 30m보다 짧은 20m로 시공하였다. 이로 인해 규정 속도인 70km/h로 열차 운행 시 좌우 진동이 심하다는 민원이 발생되어 속도를 40km/h로 제한하여 운행하고 있었다.

탈선 사고가 발생한 선로에 대해서 궤간(6) 및 수평(7)을 실측한 값은 그림 2와 같고 측정값 중 원곡선 캔트값이 50mm인 우곡선 일부분에서 수평값이 허용한도(본선7mm, 측선9mm)를 약간 벗어나는 것으로 측정되었다.

(6) 궤간(Gauge) : 궤도에 있어 한 레일과 마주보는 레일과의 거리를 말하며 궤간은 레일 두부면으로부터 아래 쪽 16 mm(고속철도, 도시철도 14 mm)점에서 상대편 레일 두부의 동일점까지의 내측간 최단 거리를 말한다.

(7) 수평 : 레일의 직각방향에 있어서의 좌우 레일면의 고저차

1.4 종합 분석

이상의 결과를 종합해 볼 때, 금번 탈선의 원인은 완화곡선 길이가 규정된 30m보다 짧은 20m로 시공됨에 따라 열차 운행 시 직선으로 진행하려는 차륜에 의해 급격한 곡률의 변화에 따른 횡압이 증가되었고, 곡선이 연속으로 이어진 S자 반향곡선(8) 선로상에서 일부 차륜 및 선로상태 불량에 따른 차량의 진동과 횡방향 요동의 증가로 양쪽 윤중(9)이 변화되는 상태에서 20량째의 화차 후부(後部)대차가 곡선 외측으로 ‘튀어오름 탈선(10)’ 되면서 짧은 시간에 궤도를 이탈한 것으로 추정된다.

21량째의 화차 전부대차가 탈선한 것은 20량째 화차의 후부대차가 탈선됨에 따라 끌려가면서 곡선 외측으로 ‘타고오름 탈선(11)’한 것으로 추정된다.

-
- (8) 반향곡선(反向曲線) : 곡선의 방향이 서로 다른 두개의 인접한 곡선을 말하며 곡선의 방향이 급변하여 차량의 원활한 운행을 기하기 어려우므로 양 곡선사이에는 상당 길이의 직선을 삽입하여야 한다.
 - (9) 윤중(輪重, wheel load) : 차륜에 의하여 궤도에 가해지는 수직의 힘을 말하며, 정지시의 압력 (축중의 1/2 크기)외에 주행시에는 곡선 통과시의 전향 횡압 및 불균형 원심력이나 차량동요의 관성력 등에 의하여 좌우의 윤중차가 생긴다.
 - (10) 튀어오름 탈선(Jumping-up derailment) : 탈선의 한 종류로서 단시간에 충격적인 횡압이 작용하거나 충격적인 윤하중 감소가 있는 경우에 대차의 스프링하 질량이 궤간 외측으로 향하여 레일을 충격한 때에 차륜 플랜지각(Flange angle)을 통하여 차륜이 뛰어올라 탈선
 - (11) 타고오름 탈선(Wheel climbing derailment) : 탈선의 한 종류로서 차륜 공격각(Attack angle)이 플러스의 상태로 발생하는데 차륜이 차륜/레일간의 마찰에 의해 미끄러져 떨어지지 않고 레일을 타고 올라가 탈선

IV 조사 결론

1. 조사 결과

- 1.1 제5621 화물열차가 2007년 3월 19일(월) 11시 52분경 경원선 왕십리역구내를 약 32km/h의 속도로 통과하던 중 20량째 연결된 제849365호 벌크시멘트 화차의 후부(後部)대차가 용산기점 10.162km 지점의 선로 좌측으로 최초 탈선되었고 최초 탈선 지점으로부터 약 16.7m 떨어진 지점에서 21량째 연결된 제839599호 벌크시멘트 화차의 전부(前部)대차가 선로 좌측으로 탈선되었다.
- 1.2 열차가 탈선한 선로는 최초 시공 당시에 지형적인 조건으로 인해 직선과 원곡선을 잇는 완화곡선 길이를 기준인 30m보다 짧은 20m로 시공하였고 규정속도인 70km/h로 열차 운행 시 좌우 진동이 심하다는 민원이 발생되어 속도를 40km/h로 제한하여 운행하고 있었다.
- 1.3 탈선 사고가 발생한 선로에 대해서 궤간 및 수평을 측정한 결과 첫 번째 우곡선 일부분에서 수평값이 허용한도를 벗어나는 것으로 측정되었다.
- 1.4 최초 탈선된 제849365호 화차의 전부(前部)대차 좌측 차륜 2개의 플랜지 부분이 운행 중에 어떤 장애물에 의해 심하게 손상을 입었으나 사고 현장에서 차륜에 손상을 입힌 어떠한 장애물도 발견하지 못하였다.
- 1.5 탈선 차량을 정밀 조사한 결과 탈선 시의 충격에 의한 것으로 보여지는 센터 핀 굴곡 및 스너버 스프링 파손 이외 대차 각 부분의 치수는 기준한도 이내인 것으로 확인되었다.
- 1.6 속도기록을 확인한 결과 사고열차는 탈선 선로를 규정 속도인 40km/h 이하로 운행을 하였고 급제동이나 급가속 등의 운전 취급을 하지 않은 것으로 확인되었다.

2. 탈선 원인

2007년 3월 19일 경원선 왕십리역 구내에서 발생한 제5621 화물열차의 탈선 사고 원인은 탈선의 원인은 완화곡선 길이가 규정된 30m보다 짧은 20m로 시공됨에 따라 열차 운행 시 직선으로 진행하려는 차륜에 의한 횡압이 증가되었고, 곡선이 연속으로 이어진 S자 반향곡선에서 일부 차륜 및 선로상태 불량에 따른 차량의 진동과 횡방향 요동의 증가로 양쪽 윤증이 변화되는 상태에서 20량째의 화차 후부(後部) 대차가 곡선 외측으로 ‘튀어오름 탈선’ 되면서 짧은 시간에 궤도를 이탈한 것으로 추정된다.

V 안전 권고

한국철도공사에 대하여 다음과 같이 권고한다.

1. 건설교통부 고시 ‘철도사고등의 보고에 관한 지침’ 제6조에 의거 사고복구 전 사고원인과 관계되는 증거물 보존을 철저히 할 것.
2. 임시로 시공된 선로, 반향곡선이 포함된 선로 등 열차 운행에 취약한 선로에 대한 유지보수를 강화할 것.

한국철도시설공단에 대하여 다음과 같이 권고한다.

1. 임시로 시공되는 선로도 ‘철도건설 규칙’ 등 관련 규정어케 맞게 시공하고 개통 전 안전성 확보를 위한 검증 방안을 강구하여 시행할 것.