

보고서 번호

ARAIB/ R 07-07

한국철도공사 경원선 의정부~동두천간 단전사고('06.12.27)

# 철도사고 조사보고서



2007. 6.



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. 사고개요 .....	1
2. 조사개요 .....	2
II. 사실정보 .....	3
1. 사고경위 .....	3
2. 피해사항 .....	4
3. 인적정보 .....	4
4. 물적정보 .....	5
5. 현장정보 .....	5
6. 사고전동차의 열차운행기록 .....	11
7. 사고전동차의 팬터그래프 관련 .....	12
8. 전철설비공사 시공, 인계인수, 유지보수 관련 .....	14
9. 경원선 개통대비 시설물검증 및 시운전 관련 .....	16
III. 분석 .....	18
1. 주내역구내 전철주 48호의 팬터그래프 1차탈락 원인요소 분석 .....	18
2. 단권변압기의 소손 및 내구년한 초과사용의 걱정여부 분석 .....	19
3. SCADA 기록분석 및 사고복구 대응조치의 걱정여부 분석 .....	20
IV. 조사결론 .....	22
1. 조사결과 .....	22
2. 사고원인 .....	23
V. 안전권고 .....	25
1. 한국철도시설공단에 대하여 .....	25
2. 한국철도공사에 대하여 .....	25
3. (주)로템에 대하여 .....	26
VI. 부록 .....	27

# 철도사고 조사보고서

운영기관 : 한국철도공사  
 사고노선 : 경원선  
 발생장소 : 의정부~덕정간 (경기도 의정부시)  
 사고유형 : 전기철도 단전사고 (단전구간 : 의정부SS(1)~ 동두천SSP(2))  
 사고일시 : 2006. 12. 27(수) 15:16경

## I. 개요

### 1. 사고 개요



[그림1] 경원선(의정부~소요산) 전철개통 구간

2006년 12월 27일(수) 15시 16분경 경원선에서 전동차 길들이기 시험운행 중이던 제B9579전동열차(3)(이하 “사고전동차”라 함)가 의정부역구내에 진입할 때 팬터그래프(4)가 전차선의 교차장치에 끼어 탈락되면서 지락사고(5)가 발생되어 전차선 전원공급이 중단되었다.

- (1) SS(Sub Station) : 전철 변전소
- (2) SSP(Sub Sectioning Post) : 전철 보조급전구분소
- (3) 길들이기 제B9579전동열차 : 납품하기 위해 철도선로에서 길들이기 시운전하던 사고전동차
- (4) 팬터그래프(Pantograph) : 전기동력차의 지붕에 설치되어 전차선의 전기를 공급받는 장치
- (5) 지락사고(地絡事故) : 전차선로 등의 선로에서 발생된 전기사고의 일종으로 대단히 큰 고장전류가 변전소로 유입되며 흔히 2차사고로 과급됨

사고복구를 완료하는 18시 25분까지 3시간 8분 동안 경원선의 전동열차 운행이 중단되었다.

경원선(의정부~소요산) 전철개통구간은 [그림1]과 같다.

## 2. 조사 개요

항공철도사고조사위원회(이하 “위원회”라 함)에서는 사고를 인지하고 정확한 사고원인 규명과 사고재발방지 대책을 수립하고자 “항공철도사고조사에 관한 법률” 제18조에 의거 사고조사를 실시하였다.

위원회에서는 의정부역구내 사고현장에 도착하여 사고의 상황을 파악하고 증거물 수집 및 관계인들을 면담 조사하였다.

아울러 사고당일 야간(12.27.24:00~익일새벽)에는 한국철도공사(이하 “철도공사”라 함), 한국철도시설공단(이하 “공단”이라 함)의 관계인 등이 합동으로 사고전동차가 운행한 경원선 의정부역~동두천역 구간의 전차선 이상유무 확인조사를 실시하였다.

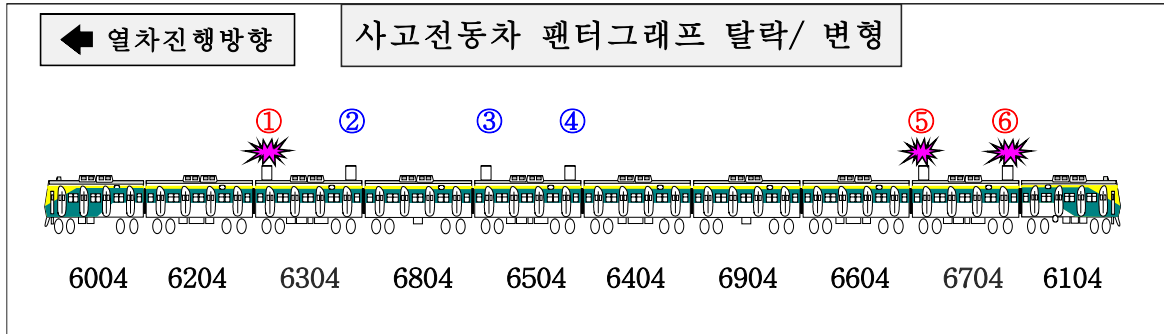
다음 날(12.28.) 오후, 사고차량이 입고된 철도공사 이문차량사업소의 차량기지에서 팬터그래프의 손상상태를 조사하였으며, 그 후 팬터그래프의 제작 및 인수검사와 단계별 시운전 시 문제는 없었는지를 조사하였다.

경원선의 전철개통과 관련된 시설물검증 및 종합 시운전에 관련된 사항과 시설물 유지보수점검과 관련하여 공단과 철도공사의 의견을 청취하였다.

전차선설비의 시공상태를 파악하고자 시공일지 및 관계인 진술조사를 실시하였고 2차사고로 소손된 단권변압기 유지보수의 적절성 및 사고복구 지연원인 등에 대하여 조사하였다.

## II. 사실 정보

### 1. 사고 경위



[그림2] 사고전동차(B9579열차) 팬터그래프 탈락/훼손

사고는 2006년 12월 15일 경원선 의정부역~소요산역 간 전철을 개통하여 영업운전한 지 12일 째인 2006년 12월 27일, (주)로템에서 제작된 차량을 철도공사에서 길들이기 시운전을 하던 중에 발생되었다.

사고전동차는 동두천역을 사고당일 14시 55분경 출발하여 주내역구내를 통과하던 중 [그림2]와 같이 팬터그래프 총 6조 중 ① ⑤ ⑥번의 습판체가 전철주 48호에 설치된 상하 건널선용 전차선 곡선당김금구(6)에 접촉되어 모양이 굴곡되거나 변형되었고, 그 중 ⑥번 1위(位) 습판체는 주내역구내에서 탈락되었다.(1차탈락)

사고전동차는 습판체가 굴곡 또는 변형된 채로 의정부역구내에 진입하던 중 전철주 24호 부근의 전차선교차장치(7)에 ⑤번 1위(位) 습판체는 탈락되고 ⑥번 2위(位) 습판체는 차량지붕에 떨어지면서 전기적 지락사고를 발생시켰다.(2차탈락 및 지락사고)

지락사고의 영향으로 의정부변전소에 설치된 경원선 상·하선의 단권변압기 2대가 소손되었으며, 예비로 확보된 단권변압기로 교체하여 사고를 복구하였다.

(6) 전차선 곡선당김금구 : 전차선의 위치를 팬터그래프의 접촉범위에서 벗어나지 않도록 잡아주는 부속품  
 (7) 전차선 교차장치 : 궤도 분기기 지점의 상부에 설치되며 전차선이 교차하여 설치된 장치

## 2. 피해 사항

### 2.1 인명 피해

인명피해는 없었다.

### 2.2 물적 피해

물적피해는 시험전동차의 팬티그래프가 3조 파손되고, 전차선시설의 곡선당김 금구가 8개 훼손, 장간애자가 1개 파손되었으며, 의정부변전소의 단권변압기(AT)<sup>(8)</sup> 2대가 절연파괴로 소손되어, 물적 피해가 약 208,726 천원이 발생되었다.

### 2.3 기타 피해

사고를 복구하는 3시간 8분 동안 경원선의 24개 전동열차의 운행이 중단 또는 지연되어 반환료가 약 2,000 천원이 발생되었다.

## 3. 인적정보

### 3.1 사고전동차(제B9579)의 기관사

사고전동차의 기관사는 철도공사 북부지사 성북승무사업소 소속으로 1993년 1월 1일 기관조사로 철도공사에 입사하여 1999년 9월 17일 기관사로 등용된 후 6년 이상 운전경력을 가지고 있다.

최근 교육은 2004년 4월 16일부터 동년 4월 29일까지 실시된 선택전문 동력차 승무원반 교육을 받았으며

2006년 11월 15일부터 12월 15일까지 경원선 의정부에서 소요산 간의 개통구간의 선로 견습 및 길들이기 시운전 전동차의 운전경력이 있다.

---

(8) 단권변압기(AT) : 전기철도 전차선에 전기를 공급하는 변압기(Auto Transformer)

### 3.2 사고전동차의 시운전차량 점검자

사고전동차의 차량점검자로 탑승했던 점검자는 (주)로템 C/S팀 소속에 근무하고 있으며, 1980년 1월 구 대우중공업에 입사하여 철도차량 제조분야에서 근무하다가 회사가 (주)로템으로 인수합병된 2000년 7월 이후 계속 근무하고 있으며

사고당시는 (주)로템 C/S팀에서 철도공사 이문차량기지에 주재 파견하여 차량의 점검요원으로 근무하고 있었다.

## 4. 물적정보

### 4.1 사고전동차 관련 일반정보

철도공사는 교류전용 전기동차를 (주)로템과 차량제작 납품계약을 하였고 (사)한국철도차량엔지니어링과 차량제작검정 용역을 계약 체결하였다.

전동차의 계약사항은 [표1]과 같고, 차량의 제원은 [표2]와 같다.

품 명	규 격	도입수량	계약일	차량납품일	비고
전기동차	철도2005-7호 중앙전용 인버터제어 (교류전용)	70 량	2005.11.18	2006.12.30	10량 편성

[표1] 전동차 계약사항

구 분	전동차량 (6004편성)의 일반제원	비 고
열차편성	10량 (Tc-M-M'-T-M'-T1-T-M-M'-Tc) <sup>(9)</sup>	
차량번호	6004-6204-6304-6804-6504-6404-6904-6604-6704-6104	
전기방식	교류 25kV 60Hz(전압범위 20kV~27.5kV)	
최고속도	110km/h (가속도 3.0km/h/s, 감속도 3.5~4.5km/h/s)	
승객정원	1,576명	
열차길이	200m(1량당 20,000mm × 10량)	
차체치수	차체길이 19,500mm, 차체폭 3,120mm, 지붕높이 3,750mm	

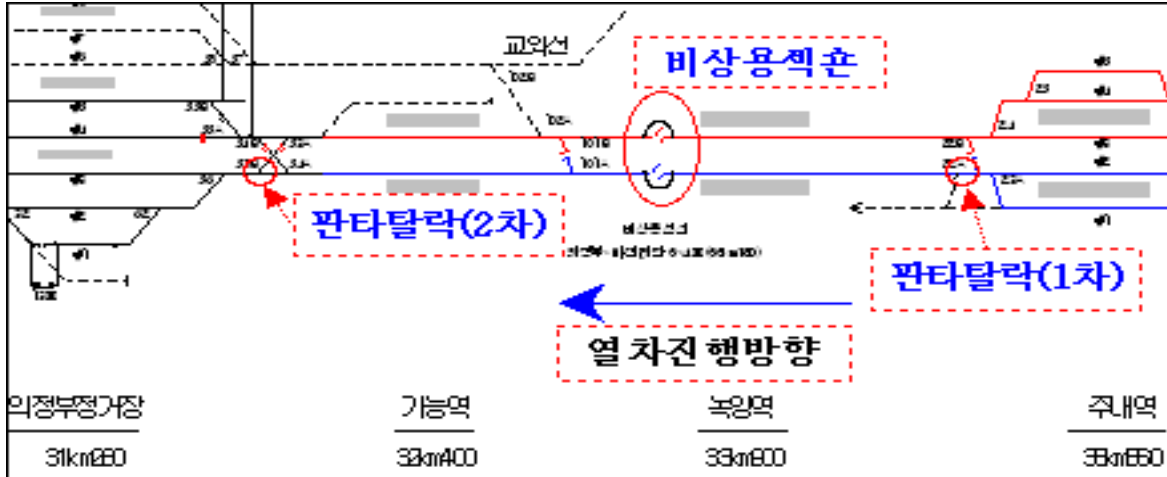
[표2] 사고전동차(6004편성)의 일반제원

(9) 열차의 편성(10량) : Tc~ 운전실이 있는 제어차량, M~견인동력이 있고 팬터그래프가 없는 차량  
M'~ 견인동력이 있고 팬터그래프가 있는 차량, T~부수차량(운전실과 견인동력이 없는 차량)



5. 현장정보

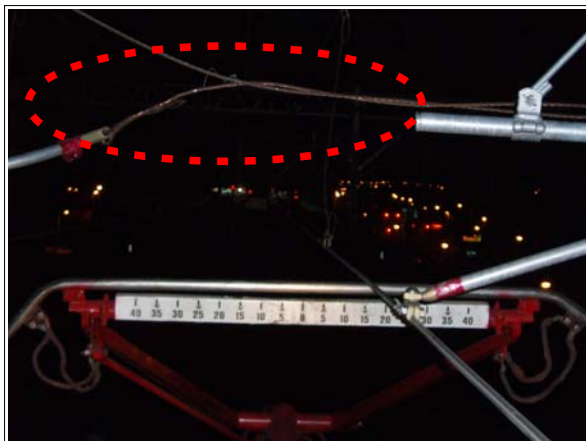
5.1 주내역구내 팬터그래프 1차 탈락 현장



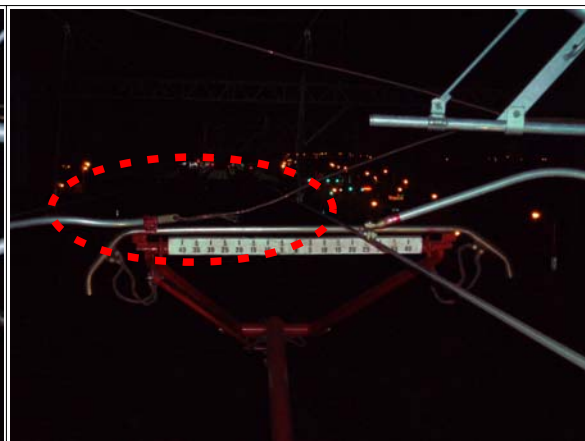
[그림3] 팬터그래프 탈락현장 약도 (1차탈락, 2차탈락)

사고가 발생되자 공단(수도권지역본부) 관계자 및 전차선 시공사에게 연락이 취해졌다. 공단관계자와 전차선시공사 현장대리인은 사고지점을 찾기 위해 전차선 순회 점검 중 주내~녹양 간에서 팬터그래프를 수거했다는 무전연락을 듣고 주내현장으로 달려가 전철주 48호의 상하 건널선 곡선당김금구가 변형된 것을 발견했다.(15:45경)

전차선 시공사 (주)한진전설은 곡선당김금구가 위로 올라가도록 [그림4]와 같이 지지선을 철선으로 묶어 임시 조치하였다.(16:40경)



[그림4] 상하건널선 곡선당김금구 임시조치



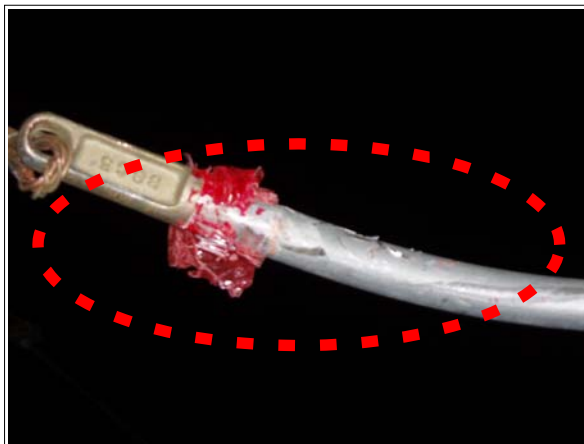
[그림5] 곡선당김금구와 팬터 접촉

위원회에서는 팬터그래프 습판체의 1차 탈락장소인 주내역구내를 조사하기로 하고 공단 및 철도공사, 시공사 관계인 등을 입회하게 하고 사고당일 열차가 다니지 않는 야간시간대를 이용하여 현장조사를 실시하였다.

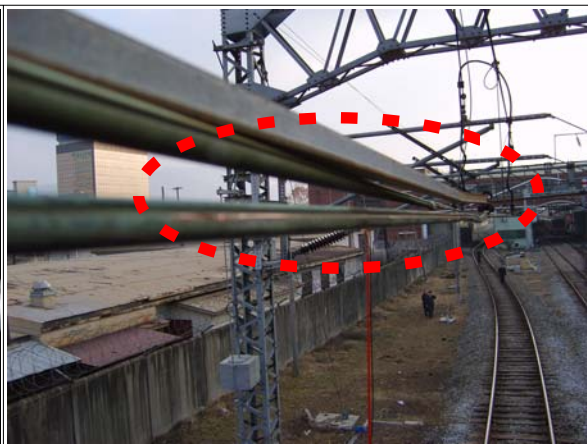
조사장비인 전기모터카를 동원하여 전철주 48호의 상·하 건널선 곡선당김금구의 지지선을 임시로 묶었던 철선을 풀어보니 곡선당김금구는 [그림5]와 같이 아래로 늘어져 팬터그래프와 접촉되는 상태로 관찰되었다.

곡선당김금구의 표면은 팬터그래프와 접촉당시 충격으로 발생된 흠집이 [그림6]과 같이 발견되었다.

전차선 높이와 간격을 측정한 결과 상본선의 전차선 높이는 5,270mm, 편위는 (좌)150mm이며, 상·하 건널선용 곡선당김금구의 지지점 간격은 상본선 전차선을 기준으로 650mm, 상본선 전차선과 건널선 전차선 간의 간격은 1,460mm로 측정되었다.



[그림6] 곡선당김금구 접촉 흔적



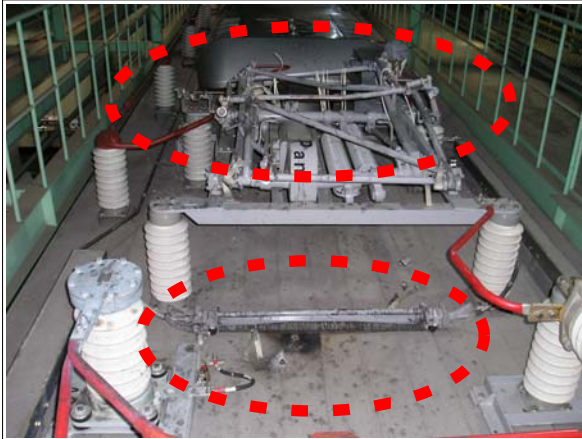
[그림7] 의정부구내 전차선교차장치

### 5.2. 의정부역구내 팬터그래프 2차 탈락/ 지락사고

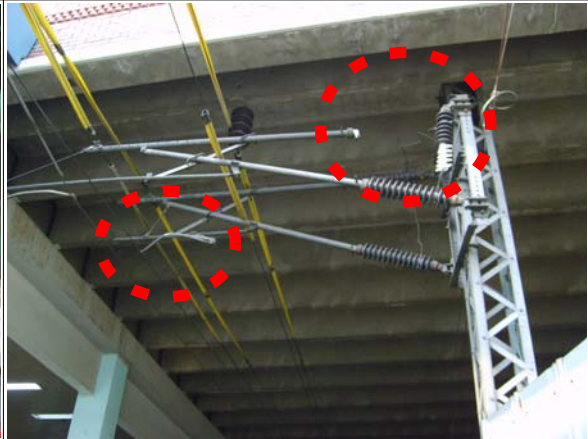
사고전동차의 팬터그래프가 주내역구내에서 곡선당김금구와 접촉되어 변형 훼손된 채로 의정부역구내로 진입하여 전철주 24호 부근을 통과할 때 [그림2]의 ⑤번 1위(位) 습판체가 전차선교차장치 [그림7]의 틈새에 끼이면서 탈락되어 전철주 23호 부근에 떨어졌다.(15:16경)

같은 차량의 ⑥번 2위(位) 습판체가 [그림8]과 같이 차량지붕에 떨어져 25kV 특고압 전차선과 전기적 지락사고를 발생시켜 전차선 전원공급이 중단되었다.

사고전동차는 타력에 의해 계속 진행되었고, 6704호 차량의 팬터그래프 후레임은 상승된 채로 전철주 20-2호의 가동브라켓을 타격하여 [그림9]와 같이 장간애자와 곡선당김금구를 파손시킨 것으로 관찰되었다.



[그림8] 6704호 차량지붕 아크흔적 및 ⑥번 습판체 탈락



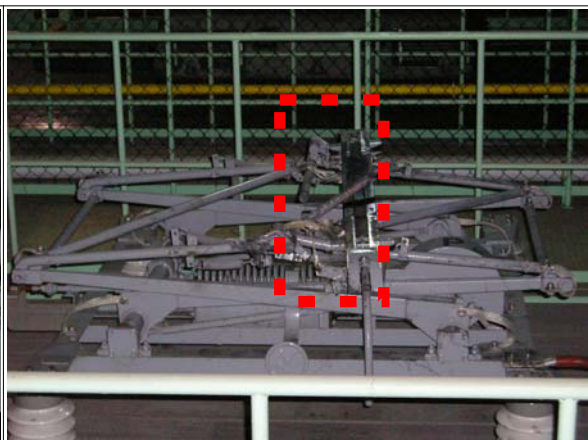
[그림9] 전철주20-2호 가동부라켓 파손

### 5.3 사고전동차의 팬터그래프 습판체 손상/ 변형상태

위원회는 2006년 12월 28일 사고전동차가 입고된 이문차량사업소에서 관계인(철도공사, 공단 등)을 입회시키고 차량상태를 확인하였다.

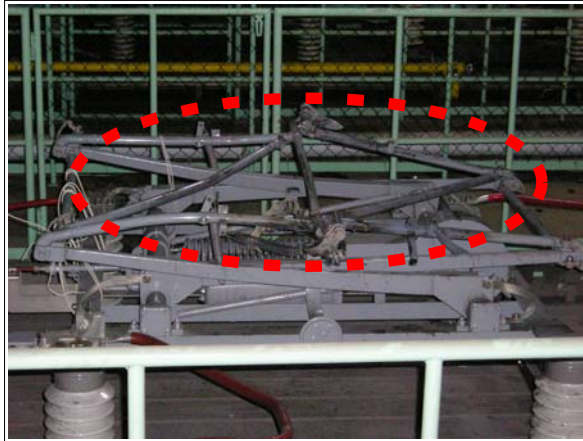


[그림10] ①번 1위 습판체 우측벨로우즈 상방향 굴곡(측면그림)



[그림11] ⑤번 1위 습판체 탈락상태 (의정부구내 탈락)

사고전동차의 팬터그래프는 6304호, 6504호, 6704호의 각 차량에 2조씩 설치되어 있으며, 각 팬터그래프에는 습관체가 2개씩 병행으로 설치되어 있다.



[그림12] ⑥ 번 팬터그래프 탈락  
1위: 주내역구내, 2위: 차량지붕



[그림13] ⑥번 1위 습관체  
주내역구내 탈락상태

사고전동차의 팬터그래프가 탈락·변형·파손된 상태는 [표3]과 같으며, 사고전동차의 ①번 1위는 [그림10]과 같이 벨로우즈가 상방향으로 굴곡되었고, ⑤번 팬터그래프는 [그림11]과 같으며, ⑥번 팬터그래프는 [그림12]와 같다.

차량 번호	팬터그래프 습관체	탈락, 변형, 파손상태	발견장소	
6304호	①	1위(位)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1위(位) 벨로우즈 상방향으로 굴곡</li> <li>■ 2위(位) 벨로우즈 탄성력 약화</li> </ul>	주내역구내 [그림10]
		2위(位)	이상 없음	
	②	1위(位)	이상 없음	
		2위(位)	이상 없음	
6504호	③	1위(位)	이상 없음	
		2위(位)	이상 없음	
	④	1위(位)	이상 없음	
		2위(位)	이상 없음	
6704호	⑤	1위(位)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 습관체탈락</li> <li>■ 우측 프로텍터 상방향으로 변형</li> <li>■ 균형장치 링크부 좌측으로 절손</li> </ul>	의정부역구내 [그림11]
		2위(位)	■ 상부 후레임이 아크로 절손됨	
	⑥	1위(位)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 습관체탈락</li> <li>■ 1, 2위(位) 지지애자 파손</li> </ul>	주내역구내 [그림12]
		2위(位)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 습관체탈락/ 전기적 지락(地絡)</li> <li>■ 차량지붕 아크흔적 4개소(Ø15~30mm)</li> </ul>	

[표 3] 사고전동차 팬터그래프의 탈락, 변형, 파손상태

5.4 선행전동차의 팬터그래프 접촉 손상

사고전동차 보다 주내역구내를 선행한 2대의 전동열차에서 팬터그래프의 손상이 발견되어 운행 후 구로차량사업소에서 정비 교환되었고 내용은 [표4]와 같다.

열차번호 (행선지)	주내역 통과시간	선행 시간	차량번호 (팬터그래프 위치)	팬터그래프 탈락, 변형내용
K 175 전동열차 (소요산⇒인천)	14:36경	35분	1753호 차량 (팬터 3조중 2번)	우측 벨로우즈 탈락
			1759호 차량 (팬터 3조중 3번)	우측 프로텍터 굴곡
K 181 전동열차 (동두천⇒인천)	14:59경	12분	5710호 차량 (팬터 6조중 5번)	우측 벨로우즈 탈락

[표 4] 선행 전동열차의 팬터그래프 손상, 변형내용

5.5 소손(燒損)된 단권변압기 교체

의정부 전철변전소는 경원선의 전차선 전원을 공급하며, 사고가 발생할 경우 동안구분소(SP)와 그 중간지점인 덕정보조구분소(SSP)에서 사고구간을 구분하도록 설비가 되어 있다.

15시 16분경, 의정부변전소 근무자는 차단기가 동작되어 사고발생을 인지하였고 차단기는 수회 반복 동작되어 전기관제실 근무자와 사고에 대한 업무연락을 취하였다.

15시 20분경, 고장점표정반(Locator)이 0.0km로 표시된 것을 보고 변전소내 기기를 육안 점검하였으나 이상있는 점은 발견되지 않았다.

근무자는 전기관제실의 판단 지시로 상·하선의 단권변압기를 선로에서 분리하고 예비용 단권변압기를 선로에 연결하였다(17:27~17:38)

18시 18분경, 전기관제실의 원격조작으로 예비용 단권변압기에 전기가 가압된 것을 확인하였고 경원선의 사고는 복구되었다.

6 사고전동차의 열차운행기록

사고전동차(제B9579열차)는 동두천역을 14시 55분경 출발하여 의정부역 장내 신호기까지는 평균속도 약42km/h로 정차하지 않고 운행하였다.

15시 11분경, 기관사는 주내역구내를 통과할 때 팬터그래프 습판체가 1차 탈락한 것을 인지하지 못하고 통과하여 의정부역 장내신호기 앞에서 신호대기를 위하여 제동으로 정차하였다.(15:14:13)

15시 15분경, '3번선(상선승강장) 주의신호'를 확인하고 출발하여 약 1분 후 속도 37km/h로 전철주 24호의 건널선을 통과할 때 사고전동차의 MCB(주차단기)가 차단되었고 차량은 타력에 의해 계속 진행되었다. (15:16:10)

6초 후, 기관사는 MCB가 차단된 이유를 모르고 재투입하였으나 10초 후 다시 차단되었고 차량은 계속 진행되었으며, 무전기에서 “시운전기 뒤에 판타 이상이 예요..정차...”라는 다급한 소리를 반복하여 듣고 차량제동을 걸어 승강장 2/3 지점에서 멈춰 섰다.

사고전동차의 운행기록장치의 해독결과는 [표 5]와 같다.

발생시간		운행위치 km	기관사의 운전취급 (발착)						비 고
관 제 실 기준시간	차량운행 기록시간		속도 (km/h)	ATS 동작	제동 취급	제동 완해	MCB 차단	MCB 투입	
14:55 경	14:54:06	23.759	2						*동두천 최초출발
15:11 경	15:10:23	41.876							*주내역구내 1차탈락
15:14:13	15:12:57	44.602	42		●				
15:14:51	15:13:35	44.863	0						*의정부 장외정차
15:15:07	15:13:51	44.863	0			●			
15:15:10	15:13:54	44.864	1						*의정부 장외출발
15:16:10	15:14:54	45.427	37				●		*의정부 2차탈락,지락
15:16:16	15:15:00	45.489	36					●	*기관사 재투입
15:16:26	15:15:10	45.590	36				●		
15:16:32	15:15:16	45.644	35		●				
15:16:44	15:15:28	45.716	0						*승강장 2/3 최종정차

[표 5] 사고전동차 운행기록 (동두천역 ⇒ 의정부역, '06.12.27)

7. 사고전동차 팬터그래프 성능관련

7.1 팬터그래프 제작시험

사고와 관련된 팬터그래프의 제작과정과 인수과정의 팬터그래프 검사과정을 다음과 같이 조사하였다.

신규 제작되는 전동차의 본체는 (주)로템에서 제작하고 팬터그래프는 유진기공산업(주)에서 제작되어 (사)한국철도차량엔지니어링에서 제작검정을 담당하였다.

(사)한국철도차량엔지니어링에서 2006년 9월 29일 실시된 팬터그래프에 대한 ‘부품 제작검사기록서’에는 팬터그래프의 외관검사 등 시험 항목 중 [표6]과 같이 압상력 시험결과 이상이 없는 것으로 기록되었다.

차량 번호	팬터그래프		압상력시험 결과									비고 (사고내용)
			최소작용높이(530mm)			표준작용높이(1000mm)			최대작용높이(1380mm)			
	위치	Serial No.	상승 4.5kgf 이상	하강 7.5kgf 이하	차이	상승 4.5kgf 이상	하강 7.5kgf 이하	차이	상승 4.5kgf 이상	하강 7.5kgf 이하	차이	
6304호	1위	06-618	5.6	6.3	0.7	5.8	6.4	0.6	5.7	6.3	0.6	벨로우즈 굴곡
	2위	06-616	5.5	6.1	0.6	5.6	6.1	0.5	5.6	6.1	0.5	
6504호	1위	06-615	5.5	6.2	0.6	5.4	6.0	0.6	5.4	6.0	0.6	
	2위	06-614	5.5	6.2	0.7	5.7	6.4	0.7	5.6	6.3	0.7	
6704호	1위	06-617	5.5	6.1	0.6	5.6	6.2	0.6	5.6	6.1	0.5	습관체이탈 (의정부)
	2위	06-619	5.5	6.1	0.6	5.7	6.2	0.5	5.6	6.2	0.6	습관체이탈 (주내역)

[표6] 팬터그래프 제작시 압상력 시험기록

또한, 한국철도공사 북부지사는 2006년 12월 11일 실시된 인수검사 시 ‘팬터그래프의 압상력 측정 및 상승·하강시간 측정’을 하여 [표7]과 같이 이상이 없는 것으로 기록되었다.

차량번호	팬터그래프		검사결과			비고
	위치	Serial No.	압상력추정 [kg/cm <sup>2</sup> ]	상승시간 [초]	하강시간 [초]	
6304호	1위	06-618	6.1	13.4	5.1	
	2위	06-616	6.0	12.6	4.8	
6504호	1위	06-615	6.1	13.2	5.6	
	2위	06-614	6.0	13.1	4.9	
6704호	1위	06-617	6.0	13.9	5.4	
	2위	06-619	6.0	12.6	4.7	

[표 7] 팬터그래프의 압상력 상승·하강시간 측정(인수검사 시)

### 7.2 전기동차 납품을 위한 시운전

전기동차의 납품 절차는 출고검사, 예비주행시험, 본선시운전이 있었다.

전기동차의 출고검사는 철도공사 수도권북부지사 3명이 차량제작사인 (주)로템 창원 공장에서, (사)한국철도차량엔지니어링, (주)로템 등이 입회한 상태에서 3일간('06.12.6~12.8) 실시하여 팬터그래프와 관련된 지적사항은 없었다.

예비주행시험은 “도시철도차량의 성능시험에 관한 기준” 제10조에 의거 차량제작사의 책임으로 1,000km 이상 시험운행 하도록 규정되어 있어, (주)로템의 2명은 3일간 (2006.12.8~12.10) 이문기지-의정부-동인천-의정부-성북-이문기지 간의 거리 1,000km를 시운전하여 팬터그래프는 이상이 없었다.

본선 시운전은 완성차시험에 합격된 전기동차를 운용편성 기준으로 100km 이상 본선을 왕복 주행하도록 「계약수행계획서」에 명시되어 2006년 12월 16일 성북역-동두천-성북-동인천-청량리-덕소-청량리-성북역 간 414km를 시운전하여 팬터그래프의 상태는 이상이 없는 것으로 기록되었다.

### 7.3 사고전동차의 길들이기 시운전 및 사고발생

길들이기 시운전은 철도공사의 「교류전용전동차 길들이기 시운전 임시열차 운명협조(철도공사 광역수송팀-1382호, '06.12.19)」에 의해 시행되었다.



사고전동차는 2006년 12월 23일부터 12월 26일까지 성북-동두천-청량리-덕소-동두천-성북역을 4일간 반복하여 시운전을 마치고 5일째 시운전 중이었다.

사고당시 시운전차량의 차량점검자인 (주)로템의 C/S팀 사원은 맨 뒤 차량(6104호)에 탑승하여 주내역구내를 통과할 때 팬터그래프가 설치된 앞 차량(6704호) 지붕에서 둔탁한 소리와 함께 시커먼 물체가 밖으로 떨어지는 것을 목격하였으나, 차량이상이 있을 것이라는 생각은 하지 않았다.(1차탈락)

계속해서 의정부역구내에 진입할 때 섬광이 튀면서 승강장의 승객들이 놀라는 모습을 보고 실내방송 마이크를 이용하여 기관사에게 차량운행중지를 요청하였다고 진술하였다.(2차탈락 및 지락사고)

### 8. 경원선 전철설비 시공, 인계인수, 유지보수 관련

#### 8.1 전철설비 공사관련

전철설비 공사는 (주)한진전설 등 4개사에서 공동도급 계약하여 전철시공을 담당하였고, 공단(수도권지역본부)은 사업시행 및 감독업무를 담당하였고, 2001년 공사가 착수되어 2007년 12월 31일 총 공사가 준공될 예정이었으며, 공단은 경원선의 전철 개통일을 2006년 12월 15일로 정하고 공사를 진행하였다.

전철설비의 시공된 주요내용은 [표8]과 같다.

구 분		내 용	비 고
시 공 사		(주)한진전설 등 4개사 공동도급	(주)한진전설, 삼원전기, 우리종합건설, (주)신영전기
사업기간		2001.11.20(제1차)~2007.12.31(제6차)	1년 연장
전차선 설비	전차선	Cu 110mm <sup>2</sup> × 24.7km	신설
	조가선	Cdcu 70mm <sup>2</sup> × 24.7km	신설
변전설비	의정부SS	MTr 33MVA × 2대 (1985년) AT 5,000kVA × 4대 (1985년) AT 3,000kVA × 2대 (1974년, 예비용)	기존설비 (1985년 설치)
	동두천SP	AT 5,000kVA × 2대	신설
	덕정SSP	AT 5,000kVA × 2대	신설

[표8] 경원선 의정부~동두천간 전철설비 공사내용

노반, 궤도공정의 후속으로 진행된 전차선 공사는 '06년 10월경 전차선 가선을 시작하여 이번 사고와 관련된 주내역구내 전철주 48호의 전차선 시공·조정은 영업 시운전 기간(2006.11.16~12.14)에도 진행되었다.

주내역구내 전철주 48호의 전차선 시공은 [표9]와 같이 작업이 진행되었다.

구 분	가선 작업	조정 작업 (높이, 편위)
상본선 전차선	10.11 전차선,조가선 신설	10.30 상선 전차선, 조가선 조정 11.25 전차선 조가선 편위 조정 12.13 상본선 전차선 높이 조정
상하 건널선 (남쪽)	11.03 전차선,조가선 신설	11.05 전차선, 조가선 조정 11.25 전차선, 조가선 편위 조정 12.11 건널선 조정 작업

[표9 ] 주내역구내 전철주 48호 전차선 시공내용 (시공기록 발췌)

## 8.2 전차선설비 유지보수 및 시설물 인계인수 관련

건교부지침 “전철전력설비 보수지침” 제5조(10)의 규정에 의하면 공사구간에 대하여 매일 열차순회검사와 주2회 이상 도보순회를 실시하도록 규정하고 있으며, 철도공사의 “전철전력설비보수규정”에서도 내용은 같다.

철도공사 북부지사(의정부전기사업소) 소속 최○○등 2명이 경원선 전철개통일('06.12.15) 열차순회점검을 실시한 것을 시작으로 사고당일까지 근무자들은 매일 1회 열차순회점검을 실시한 것으로 기록되었으나 공사개소에 대한 도보순회점검은 실시하지 않았다.

한편, “철도건설사업시행지침” 제37조(11)는 시설물의 인계인수에 대한 내용을 규정하고 있고, 공단과 철도공사 양기관의 “협정서” 제25조(12)는 가인계인수 및 유지보수에 대한 협정이 있으나 시설물의 인계인수 또는 가인계인수가 이루어지지 않았다.

- (10) 건교부지침 748호('04.12.30)전철전력설비 보수지침 제5조 : 1.순회검사/ 설비의 운전 및 사용상태에서 단전없이 시각·후각·청각 등을 이용하여 외부적인 이상유무를 전반적으로 검사하는 “도보순회”를 주1회 이상(단, 공사개소는 주2회)“열차순회”를 일1회 하도록 규정하고 있다.
- (11) 철도건설사업시행지침(고시'05.12.31) 제37조(시설물 완공 및 인수인계) 공단이사장은 개통 예정일 전까지 철도시설을 완공한 후 철도운영에 필요한 운영자산을 공사사장이 사용할 수 있도록 인수인계하여야한다. 다만, 열차운영에 지장이 없는 범위내에서 일부시설물에 한해 완공 및 인수인계 일정을 상호 조정할 수 있다.
- (12) 전기분야 시공절체 및 인계인수 시행절차에 관한 협정서 제25조(가인계인수 및 유지보수) ④ 가인계인수 된 설비의 유지보수업무는 시행부서의 장이 주관하는 가인계인수 점검 및 지적사항 조치가 완료된 시점을 기준으로 사무소장이 시행함을 원칙으로 한다. 다만, 점검결과 조치사항 완료전이라도 사용중인 시설물에 대하여는 전기분야 보수지침에 의거 사무소장이 순회점검을 시행한다.

### 8.3 단권변압기 유지보수 점검 관련

이번 사고로 소손된 경원선 상·하선 단권변압기는 1985년 설치되어 철도공사 서울지사(서울변전사업소)에서 유지보수를 담당하고 있으며 “전철전력설비보수규정” 제4조(검수기준)는 매년 1회 진단검사를 실시하도록 규정되어 2006년 7월 2일 실시된 절연저항측정 등 진단검사 결과는 이상 없었던 것으로 기록되었다.

또한, 보수규정에서는 변압기 대체주기를 15년으로 규정되어 하선측 단권변압기는 2005년 9월 25일 정밀분해 점검을, 상선측 단권변압기는 2004년 10월 25일 절연유여과를 각각 실시하여 수명을 연장하여 사용하다가 소손(燒損)되었다.

## 9. 경원선 개통대비 시설물검증 및 영업시운전 관련

### 9.1 합동점검 실시(6개월전, 3개월전)

공단은 “철도건설사업시행지침” 제24조(합동점검)에 의한 개통 6개월 전 합동점검을 실시하였다.

개통일(영업개시일)이 2006년 12월 15일로 결정되고 지침 제33조(개통점검 시행 등)에 의한 3개월전 개통점검을 공단 23명, 공사 16명이 4일간 실시하고 다음 단계인 시설물검증시험을 진행하였다.

### 9.2 시설물 검증시험 및 영업시운전 실시

공단은 건교부지침 “철도종합시험운행시행지침”에 의거 종합시험운행 시행계획을 2006년 10월경 수립하여 시설물검증시험은 11일간(2006.11.5~11.15), 영업시운전은 29일간(2006.11.16~12.14) 시행하는 것으로 계획을 수립했다.

시설물검증시험은 궤도, 송변전, 전차선, 열차제어, 차량연계 등 분야별로 총 17개 시험항목을 시행하고 다음 단계인 영업시운전을 하였다.

또한, 추가 시설물검증시험(2006.12.11)을 실시하여 전차선로 사용구간을 확정하고 철도공사와 공단 내부에 통보하였다.

영업시운전은 공단의 요청으로 철도공사는 시험전동차량을 투입하여 의정부역에서 소요산역 간을 일일 30회 왕복 29일간 시운전하였다.

영업시운전 기간인 개통 2일전까지 주내역구내 등 일부구간의 전차선 시공·조정 작업이 계속되었다.

공단은 영업시운전 결과 전차선로 사용 가능하다는 내용을 관계처에 통보하였고 철도공사는 의정부에서 소요산간의 전철을 2006년 12월 15일 00:01부터 영업개시 하였다.

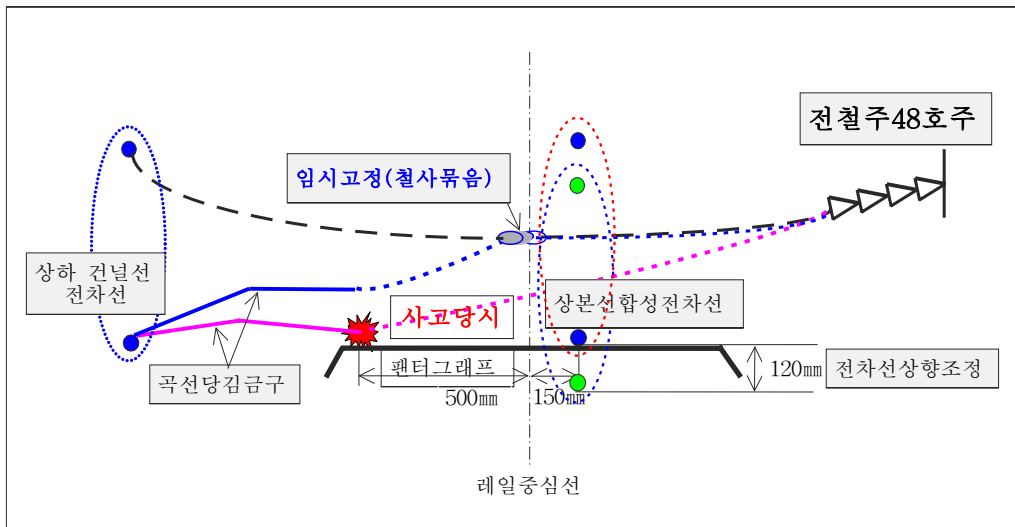
### Ⅲ. 분석

#### 1. 주내역구내 전철주 48호주의 팬터그래프 탈락 원인요소 분석

이번 사고의 원인요소를 찾아내기 위하여 사고전동차의 팬터그래프에 문제가 있었는지, 주내역구내 48호 건널선 곡선당김금구의 시설은 적정한지에 대하여 사실조사 결과를 토대로 원인요소를 분석하였다.

우선, 사고전동차의 팬터그래프 자체의 문제는 없었던 것으로 조사되어 사고원인에서 제외하였다.

주내역구내 전철주 48호 상분선 전차선 시공상태는 높이 5,270mm, 편위(좌) 150mm로 측정되어 규정치(13)에서 벗어나지 않게 시공되었다.



[그림14] 주내역구내 전철주 48호 전차선시공 설명도

건널선용 곡선당김금구는 [그림14]와 같이 상분선전차선의 설치높이를 기준으로 상하간격이 팬터그래프에 접촉될 수 있는 상태로 현장조사 시 관찰되었다.

(13) 전차선 높이 : 레일면상 5,000~5,400mm, 전차선 편위 : 레일중심선에서 좌우200mm이내

건널선용 곡선당김금구의 시공상태를 시공과정에서 살펴보면, 개통 2일전인 2006년 12월 13일 상본선의 전차선 높이를 약120mm 상향조정하면서 상하 건널선의 기존 설정된 높이와 상본선 전차선의 간격이 좁아지게 되었고, 이런 상태를 미처 확인하지 못하고 당일 야간작업이 마무리된 상태에서 전철을 개통시킨 것으로 보이며

사고직전 주내역구내를 선행하여 통과한 2대의 전동열차의 습관체에도 사고전동차의 접촉흔적과 동일한 위치에서 접촉·변형이 있었으나 2차사고로 연결되지는 않았다.

이러한 시공상태를 바탕으로 하여 선행열차의 접촉 및 사고발생의 사실정보 등을 종합하여 볼 때, 건널선 곡선당김금구는 상본선의 전차선과 충분한 간격이 유지되지 못하게 시공되었다가 사고가 발생한 것으로 추정된다.

다른 한편으로 시공된 후 충분한 시운전기간이나 별도의 검사가 있었다면 결함사항을 미리 발견할 수 있었을 것으로 판단된다.

## 2. 단권변압기의 소손 및 내구년한 초과사용의 적정여부 분석

전기관제실의 Event기록에는 의정부역구내에서 사고전동차의 팬터그래프 지락사고 시 변전소에 평상시 운전전류(100~150A)의 수십 배에 해당되는 4,260A의 고장전류가 유입된 것으로 기록되었고, 단권변압기가 소손된 주된 원인이었다.

소손된 상하선 단권변압기는 용량 5,000kVA로 1985년 설치되어 2004년, 2005년, 각각 정밀분해점검을 통해 내구년한(15년) 보다 6년을 초과하여 사용 중 소손되었다.

절연유여과와 분해점검 등으로 수명연장 등 유지보수를 위해 노력하였지만, 장기간 사용한 변압기가 코일의 경년변화로 인한 절연성 및 각 부위의 체부력이 떨어지는 상태까지 상향조정하는 것은 불가능했던 것으로 추정된다.

사고당시 교체된 상·하선 단권변압기의 절연저항 측정결과는 [표10]과 같으며 절연불량 상태로 변압기의 내부코일이 손상된 것으로 판정되었다.

구 분	경원하선 33AT	경원상선 34AT	비 고
절연저항(MΩ)	0 MΩ	0 MΩ	기준 약100MΩ이상
수소가스(ppm)	875 ppm	5,371 ppm	
상태 판정	절연불량	절연불량	내부코일 손상

[표10] 손상된 단권변압기 절연측정 결과

### 3. SCADA(14)기록분석 및 사고복구 대응조치의 적정여부 분석

이 사고는 전동차량분야와 전차선분야, 전철변전소가 관련된 사고로 사고현장은 주내역구내, 의정부역구내, 의정부 변전소 등이 관련된 내용이다.

사고당시 철도교통관제센터의 전기관제실에 의해 사고복구를 위해 의정부SS 및 동두천SP, 덕정SSP의 변전기기 원격조작을 실시한 SCADA Event 기록을 다음과 같이 분석 요약한다.

사고당일 15:16경, 전기관제실에 고장경보음이 나면서 경원선 의정부SS 하선과 상선(15)의 차단기가 트립(16)되고 사고전류는 4,260A로 기록되었다.

사고구간의 하선과 상선측의 차단기를 조작하여 급·단전을 시험하는 중 상선측이 트립되었고, 상선 단권변압기가 이때 소손된 것으로 추정된다.(15:17:24)

의정부SS에서 덕정SSP까지 상선측을 시험급전 하였으나 상·하선에 동시 트립되어 상선측의 장애로 판단하고 하선 측은 투입하였다.(15:18:11)

다시, 구간시험을 위해 약 16분간 차단기를 조작할 때 하선 측의 차단기가 트립되었고, 하선 단권변압기가 이때 소손된 것으로 추정된다.(15:35:44)

(14) SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition System) : 집중원격감시장치

(15) 경원선 전차선로의 하선방향은 33F, 상선방향은 34F, 하선 단권변압기는 33AT, 상선 단권변압기는 34AT로 표기하고 있다.

(16) 트립(Trip) : 차단기가 자동으로 Off되는 상태로 선로에 장애가 있을 경우 즉시 동작됨.

16시 14분경 의정부구내, 16시 40분경 주내역구내의 가복구가 완료된 것을 확인하고 의정부구내의 전차선 가압을 위해 비상용 섹션(17)을 분리하도록 지시하여 작업완료 후 상·하선의 전원을 공급하였으나 실패하였다.(17:04경)

이에 따라 의정부변전소를 점검하기 위하여 변전소 근무자 이○○에게 상·하선 단권변압기를 분리하도록 지시하여 작업이 완료됨을 확인하고(17:38경)

분리된 비상용섹션을 다시 원상하도록 현장에 지시하여 원상된 것을 확인한 후(17:53~18:17), 전차선에 정상적으로 전원을 공급하였다.(18:18:25)

이와 같이 변전소에서 단권변압기가 소손된 이례적인 사고에 대한 내용과약이 지연되었고, 이는 평소 경험하지 못한 변압기 소손에 대한 판단 및 조치하는데 다소의 시간이 소요되어 사고복구가 지연된 것으로 분석한다.

---

(17) 비상용섹션 : 의정부~마전리간 설치된 비상용 선로구분장치



## IV. 조사결론

### 1. 조사결과

- 1.1 사고전동차가 차량제작사에서 신규 제작되어 전동차 길들이기 시운전 중에 팬터그래프의 탈락 및 지락사고가 발생하여 팬터그래프의 제작과정과 인수검사 및 여러 단계의 시운전과정을 조사하였고, 그 결과 팬터그래프의 문제는 발견되지 않았다.
- 1.2 사고가 발생한 주내역구내 상하 건널선용 곡선당김금구는 상본선 전차선과의 상하 간격이 충분하지 못해 팬터그래프의 통과시 접촉·충격으로 사고가 발생되었으며, 이는 전철주 48호의 시공·조정 작업을 개통 2일 전 야간차단 작업으로 진행하면서 상본선 전차선의 높이를 상향조정할 때 상하 건널선의 이격거리가 좁아진 것을 확인하지 못하고 전철개통하여 사고당일까지 이른 것으로 추정된다.
- 1.3 전철개통 2일전까지 주내역구내 전차선 시공·조정 작업이 진행되어 개통대비 시설물검증시험 및 영업시운전 등의 합동점검이 실효를 거두지 못하였다.
- 1.4 철도공사는 경원선 전철개통 이후 영업운업을 하는 경원선의 시설물에 대하여 전철전력설비보수지침에 의한 공사구간의 도보순회점검을 적극적으로 실시하였다면 주내역구내의 곡선당김금구의 결함사항이 발견되어 사고방지에 기여할 수도 있었을 것이다.
- 1.5 전기사고의 대응과 조치하는 전기관제실은 사고가 동시 다발적이며 변압기가 소손되는 이례적인 사고에 대하여 조치경험 부족으로 내용파악이 지연되고 결과적으로 복구가 다소 지연되었다.
- 1.6 경원선 전철개통 구간에 대하여 공단과 철도공사는 운행선 건설공사에 해당되는 가인계인수를 시행하지 않아 개통구간의 시설물 유지보수를 책임있게 시행할 수 있는 조치를 다하지 못했다.

- 1.7 사고당일 차량의 점검자로 탑승한 차량제작사 직원은 주내역구내를 운행할 때 차량지붕에서 습관체가 1차 탈락되는 것을 인지하였으나, 이를 간과하지 않았다면 2차적인 사고를 방지할 수 있었다는 아쉬운 점으로 지적된다.
- 1.8 사고전동차가 주내역구내를 통과하기 직전에 선행한 2대의 전동열차에서 사고전동차와 동일한 위치인 습관체 우측 벨로우즈에서 접촉·변형이 있었으나 경미하여 2차사고로 이어지지 않았다.

## 2. 사고 원인

### [직접원인]

#### 2.1 주내역구내 전철주 48호 상하 건널선용 곡선당김금구의 시공상태

상하건널선 곡선당김금구는 시공·조정이 완료된 상태에서 상본선의 전차선을 상향조정하면서 건널선 곡선당김금구와 상본선전차선의 간격이 충분하지 못한 것을 확인하지 못하고 제한된 야간차단작업을 마무리한 상태에서 개통하였고

시공직후 시설물이 안정화되기까지 전차선시설의 자체중량과 전동열차가 통과할 때의 진동 및 팬터그래프의 전차선 습동 시 전선의 상하좌우 불규칙한 운동 등 복합적인 작용에 의해 건널선의 곡선당김금구와 상본선 전차선의 간격이 좁아져 팬터그래프와 접촉하게 된 것으로 추정한다.

#### 2.2 개통대비 시설물검증 및 시운전 이후 실시된 전차선의 시공·조정

주내역구내의 전차선 시공·조정작업은 시설물검증 및 시운전기간이 사실상 종료된 이후에도 계속 실시되어, 결함사항을 발견하여야 하는 시설물 검증 및 영업시운전의 제 기능이 제대로 발휘되지 못하였다.

### 2.3 사고전동차의 차량운행점검자의 이상징후를 간과한 부분

시운전 전동차에 탑승한 시운전 차량운행 점검자는 주내역구내를 운행하면서 습관체가 1차 탈락될 때 차량지붕에서 나타난 이상 징후를 목격할 것을 간과하지만 않았다면 사고를 방지할 수 있었을 것이다.

### 2.4 개통 후 공사개소의 유지보수 점검의 일부 공백상태

전철전력보수지침 제5조에 의한 공사개소의 주2회 이상 실시하는 도보순회점검이 적극적으로 실시되었다면 주내역구내 곡선당김금구의 간격이 충분하지 못한 결합 사항이 사전 발견되어 사고를 방지할 가능성도 배제할 수 없다.

## [복구지연 원인]

### 2.5 사고의 내용파악 지연 및 적절한 대응의 문제

사고현장이 주내역구내, 의정부역구내, 의정부전철변전소 등의 여러 장소에 관련되었고, 2차사고 등 연쇄적으로 확산되어 단권변압기가 소손되었다.

사고에 대응 조치하는 전기관제실은 복구를 위한 노력은 다하였지만, 단권변압기가 소손된 내용을 파악하는데 다소의 시간이 소요되었고, 결과적으로 이례적인 전기 사고에 대한 초기대응의 실패로 사고복구가 지연되었다.

## V. 안전 권고

### 1. 한국철도시설공단에 대하여 다음과 같은 사항을 권고한다.

- 1.1 이번 사고사례를 공사현장의 전체 관계자에게 사고방지를 위한 교육을 권고
- 1.2 향후의 전철개통은 전차선 공사의 시공·조정이 완료된 것을 확인한 후 시설물검증시험 및 영업시운전을 시행하여 시설물의 안전을 충분히 확보할 것을 권고
- 1.3 경원선 등 전기철도 개통구간에 대한 시설물의 인계인수 또는 가인계인수는 관련규정(18)에 따라 즉시 시행하여 운영기관의 시설물유지보수 책임한계가 명확해질 수 있도록 권고
- 1.4 철도운행선에서 야간차단작업으로 제한된 시간에 시공·조정한 전차선은 주간시간을 이용하여 시설물의 상태를 확인하고 검증하는 방안을 권고

### 2. 한국철도공사에 대하여 다음과 같은 사항을 권고한다.

- 2.1 전동차기관사 및 전기관제실의 근무자에게 본 사고 등과 같은 이례사항 발생 시 조치하는 능력이 배양되도록 교육을 권고
- 2.2 사고가 발생한 경원선 등 전철개통 후 잔여공사가 진행되는 철도운행구간은 “전철전력설비보수지침” 제5조에 의한 도보순회 점검을 적극적으로 실시하여 전철시설물의 안전을 확보하도록 권고
- 2.3 전철변전소의 내구년한이 경과된 노후변압기 등 문제점에 대한 대책수립을 권고

---

(18) 인계인수 관련규정 : “철도건설사업 시행지침” 제37조 및 “전기분야 시공절체 및 인계인수 시행절차에 관한 협정서”

2.4 전기동차가 운행 중 팬터그래프의 탈락, 변형 등의 고장발생 시 기관사가 인지하여 조치할 수 있는 시스템적인 기능을 전동차에 확보하는 방안을 차량제작사의 기술협력 또는 기술용역 등을 활용하여 대책마련을 권고

3. (주)로템에 대하여 다음과 같은 사항을 권고한다.

3.1 시운전 차량의 운행점검자가 안전책임과 의무를 소홀히 하여 사고로 발전될 수 있는 부분에 대하여 대책수립 및 교육을 강화할 것을 권고

## VI. 부록

- 붙임자료 1. 초동조사 현장 확인서
- 붙임자료 2. 차량상태 현차확인서
- 붙임자료 3. 기관사 경위서 및 인적사항
- 붙임자료 4. 문답서 및 경위서
- 붙임자료 5. 사실확인서
- 붙임자료 6. 문답서
- 붙임자료 7. 전차선공사 관련(계약, 시공일지, 야간작업운명, 품질검사기록)
- 붙임자료 8. 경위서
- 붙임자료 9. 경위서
- 붙임자료 10. 경위서 및 변압기점검기록
- 붙임자료 11. 의정부변전소 변전기기 피해내역
- 붙임자료 12. 선행전동차 팬터그래프 조치내용
- 붙임자료 13. 전기관제실 EVENT기록 요약
- 붙임자료 14. 한국철도시설공단 공문
- 붙임자료 15. 한국철도공사 공문
- 붙임자료 16. (주)로템 공문
- 붙임자료 17. 건교부 지침 등에 대한 유권해석

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)-6096-1047, FAX : (02)-6096-1042