

보고서 번호

ARAIB/R 11-6

서울시메트로9호선 신논현역구내 전동열차 탈선(‘10.11.28)

# 철도사고 조사보고서



2011. 10. 24



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, 행정처분절차 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 이외의 용도로 사용하여서는 아니 된다.

# 차 례

제목 .....	1
개요 .....	1
<b>1. 사실정보 .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 사고경위 .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 피해사항 .....</b>	<b>3</b>
1.2.1 인적피해 .....	3
1.2.2 물적피해 .....	3
1.2.2.1 차량 피해 내용 .....	3
1.2.2.2 토목구조물 피해 내용 .....	4
1.2.2.3 신호통신시설물 피해 내용 .....	5
1.2.3 열차지연 .....	5
<b>1.3 인적사항 .....</b>	<b>5</b>
1.3.1 기관사 K○○ .....	5
1.3.2 관제과장 L○○ .....	6
1.3.3 운전관제사 J○○ .....	7
1.3.4 기지관제사 K○○ .....	7
<b>1.4 기상정보 .....</b>	<b>8</b>
<b>1.5 사고현장 정보 .....</b>	<b>8</b>
<b>1.6 관제 및 열차운영 정보 .....</b>	<b>9</b>
1.6.1 일반현황 .....	9
1.6.1.1 종합관제센터 현황 .....	9
1.6.1.2 종합관제센터 근무자 현황 .....	11
1.6.1.3 전동열차운영 현황 .....	12
1.6.2 운영현황 .....	12
1.6.3 운전관련 규정 .....	13
1.6.3.1 전동열차 운전방식 .....	13
1.6.3.2 폐색취급방식 .....	14
1.6.3.3 장애당시 관제실 대응 .....	15
1.6.4 사고발생 상황 .....	15
1.6.5 사고당시 관제사의 업무수행 .....	17
1.6.6 사고전동차 기관사의 업무수행 .....	23

1.7	선로·궤도분야 정보 .....	23
1.7.1	사고구간 선로보수 작업내용 .....	23
1.7.2	사고구간 궤간 및 레일 상태 .....	24
1.7.3	선로전환기 텅레일 상태 .....	25
1.7.4	구조물의 건축한계 .....	25
1.8	차량분야 정보 .....	26
1.8.1	사고전동차의 편성 .....	26
1.8.2	사고전동차의 제원 .....	26
1.8.3	탈선차량의 차륜상태 .....	27
1.8.4	사고전동차 정비 검사사항 .....	27
1.9	전기·신호분야 정보 .....	27
1.9.1	전자연동장치 장애관련 .....	27
1.9.1.1	전자연동장치(CBI) 기능 및 설치현황 .....	27
1.9.1.2	사평역 전자연동장치(CBI) 장애 및 조치관련 .....	28
1.9.1.3	전자연동장치(CBI) 유지보수 및 특별점검 .....	29
1.9.2	신논현역 선로전환기(B102A/B)관련 .....	30
1.9.3	신호연동도표 및 연동시험관련 .....	30
1.10	사고전동차 운행정보 기록 .....	31
1.11	선로전환기 진로변경 과정 .....	32
1.11.1	제어명령 및 궤도회로 점유상태 .....	32
1.11.2	진로변경 과정 설명 .....	33
2.	분석 .....	34
2.1	장애발생에 따른 운행가능 방법 .....	34
2.2	관제사의 운전방식 전환 적정성 .....	35
2.3	관제사의 폐색방식 운영 적정성 .....	35
2.4	관제사의 신논현역 진로변경 적정성 .....	35
2.5	종합관제실 업무수행 적정성 .....	36
2.6	기관사의 업무수행 적정성 .....	36
2.7	기타시설 적정성 .....	36
2.8	종합분석 .....	36
3.	결론 .....	37
3.1	조사결과 .....	37
3.2	사고원인 .....	39
4.	안전권고 .....	40

# 철도사고 조사보고서

## 서울시메트로9호선 신논현역구내 전동열차 탈선

- 운영기관 : 서울시메트로9호선(주)
- 운행노선 : 서울시메트로9호선 개화역 ~ 신논현역
- 발생장소 : 신논현역구내 제B102A호 선로전환기
- 사고열차 : 제E9584호 급행전동열차(전동차 4량 편성)
- 사고유형 : 전동열차 탈선
- 발생일시 : 2010. 11. 28(일) 19시 49분경

## 개 요

2010년 11월 28일(일) 19시 49분경, 서울시메트로 9호선 신논현역구내에서 제 E9584호 급행전동열차(김포공항역⇒신논현역, 이하‘사고전동차’라 한다)가 전환중인 선로전환기(B102A)를 통과하면서 선두차량의 앞 대차는 직진(정위)방향으로, 뒤 대차부터 후속차량 3량은 좌측방향으로 진행하다가 서로 다른선로에 걸쳐 차체가 비틀린 상태로 진행하던 선두차량 앞부분 우측 모서리가 터널벽체에 부딪히고 두번째차량 앞대차 차륜은 선로의 좌측으로 탈선되었다. 이 사고로 인명피해는 없었고, 차체와 대차 파손 및 신호통신 케이블 등이 손상되었다.

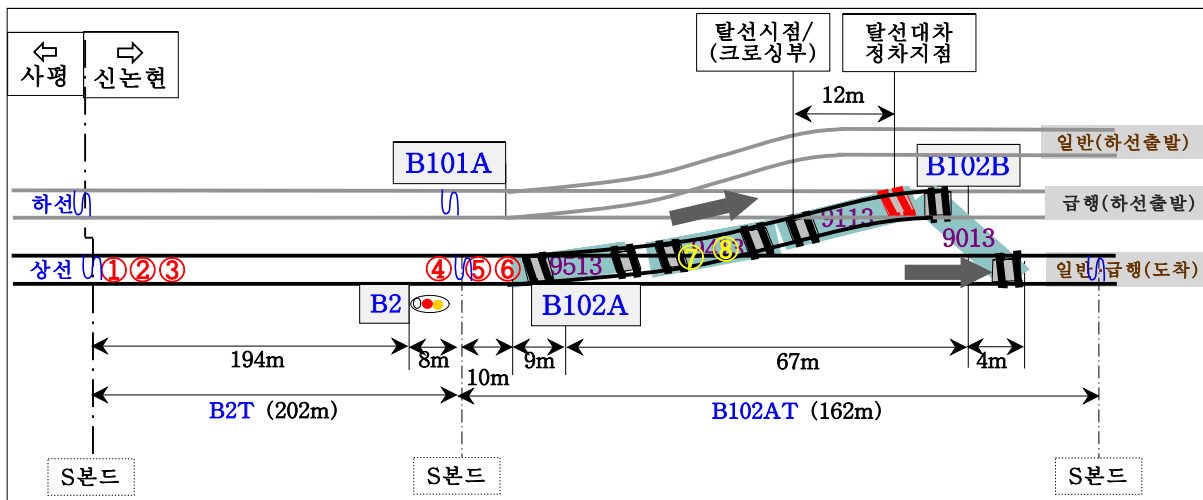
급행열차인 사고전동차를 빨리 도착시키기 위해 무리하게 진로를 변경하는 과정에서 관계가 이원화 되었고 안전장치인 블로킹을 임의로 해제하고 진로를 취급한 결과, 이 상황을 통보받지 못한 운전관제사의 지시대로 이동하던 사고전동차가 정지신호를 무시하고 전환중인 선로전환기를 진입하게 된 것이 이 사고의 직접적인 원인이다.

위원회는 사고조사 결과에 따라 서울시메트로9호선주식회사에 10건, 서울시에 1건의 안전권고를 각각 발행한다.

1. 사실정보

1.1 사고경위

2010년 11월 28일(일) 19시 49분경, 서울시메트로9호선 김포공항역을 출발하여 신논현역으로 가던 사고전동차가 신논현역 구내로 진입하면서 전환 중이던 B102A호 선로전환기를 통과하면서 선두차량의 앞대차는 직진(상선 도착승강장)방향으로, 뒷대차부터 좌측(하선 급행출발승강장)방향으로 진행되었다. 선두차량은 서로 다른선로에 걸쳐 차체가 비틀린 상태로 진행하다가 앞부분 우측 모서리가 터널벽체에 부딪히고, 두번째차량은 앞대차가 선로전환기 B102A와 B102B 사이 크로싱을 통과하면서 레일을 좌측으로 타고 넘어 탈선한 채 12m를 진행하고 정지하였다. 사고발생 상황은 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 사고발생 상황 요약도

사고당시 관제과장은 정상적인 상선 도착선에는 선행열차 도착선으로 사용하고, 사고전동차의 도착선을 하선 급행출발승강장으로 진로를 변경하도록 기지관제사에게 지시하여 제어명령에 의해 선로전환기가 전환되고 있었고, 운전 관제사로부터 선행열차에 주의하여 운행하라고 지시받은 기관사는 정지신호를 무시하고 사고전동차를 진행하여 전환 중인 선로전환기를 통과하다가 탈선사고가 발생되었으며, 이와 같은 관제운영의 이원화 상황이 사고를 유발하는 조건이 되었다.

1.2 피해사항

1.2.1 인명피해 : 인명피해는 없었다.

1.2.2 물적피해

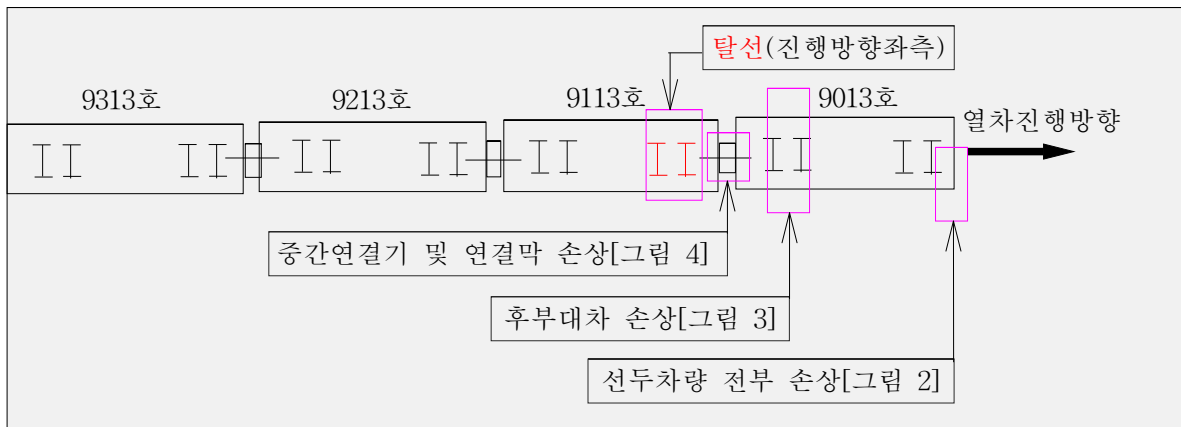
이 사고의 물적피해액은 872,482,000원으로 추산되었고, 그 내용은 [표 1]과 같다.

분 야	피해 내용	피해금액(원)
차 량	○ 전동차 9013호(TC), 9113호(M) 차체 및 대차손상 등 (4종 84항목)	572,000,000
신호통신	○ AF케이블 각종 손상 (6종 11항목) ○ 무선중계 케이블 등 손상 (4종류)	299,882,000
시 설	○ 유도(지하수유도)동판 파손	600,000
합 계	총 피해 금액	872,482,000

[표 1] 피해내역

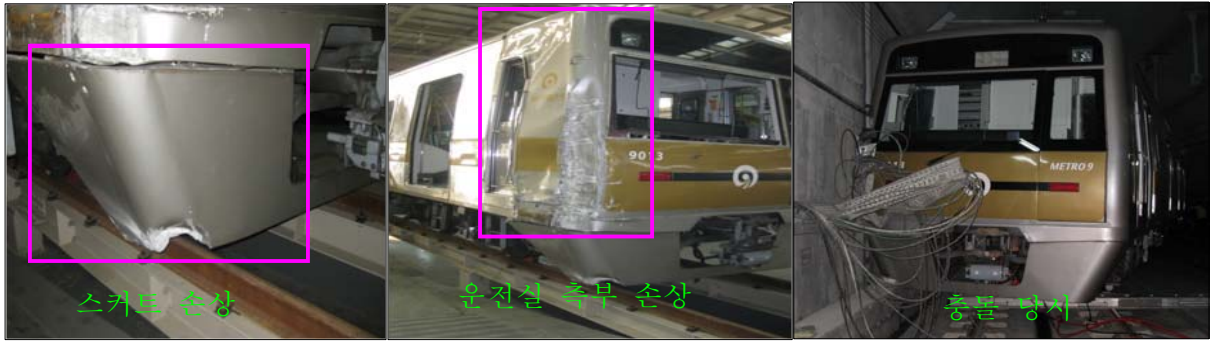
1.2.2.1 차량 피해 내용

차량의 손상은 주로 선두차량의 전부(우측) 및 후부대차, 중간연결기 및 연결막이 손상되었으며, 위치는 [그림 2]와 같다.



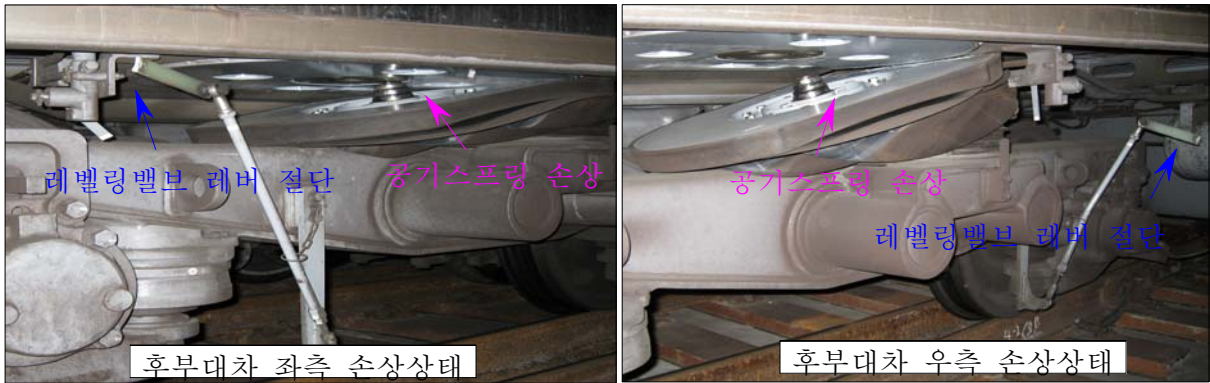
[그림 2] 사고열차 손상 위치도

[그림 3]과 같이 탈선 당시 선두차량 제9013호가 터널벽에 충돌하면서 운전실 측부와 하부의 스커트가 심하게 손상되었다.



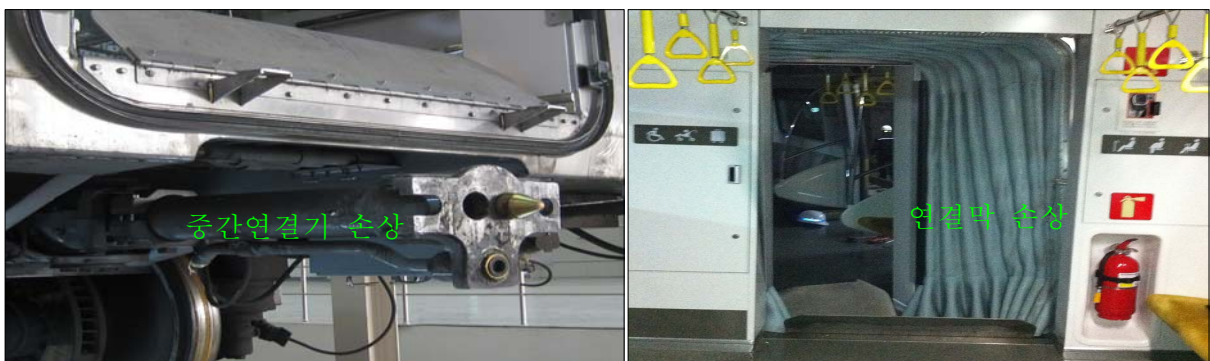
[그림 3] 선두차량 전부 손상상태

선두차량 후부대차에 [그림 4]과 같이 좌·우의 공기스프링 및 레벨링밸브 레버가 손상되었다.



[그림 4] 선두차량 후부대차 손상상태

선두차량과 두 번째 차량의 중간연결기와 연결막이 [그림 5]와 같이 손상되었다.



[그림 5] 중간연결기 및 연결막 손상상태

### 1.2.2.2 토목구조물 피해 내용

터널구조물 벽체가 사고전동차의 충돌로 인해 굽힘이 발생되었고, 유도배수관이 파손되었다.



1.2.2.3 신호통신시설물 피해내용

신호분야의 AF케이블 등 3종, 전원케이블(TFR-CV 2.5mm<sup>2</sup>×2c) 등 2종, 제어케이블(TFR-CV 2.5mm<sup>2</sup>×4c) 등 3종, 접지케이블(TFR-GV 6mm<sup>2</sup>×1c), 케이블 트레이 및 전선관 등이 손상되었고, 통신분야의 광케이블(SM-46C), 무선중계케이블(RFCL-42D), 토크백케이블(F-CVV-S 1.5mm<sup>2</sup>×2c, 직통전화 케이블(FS/JF 0.65-25P) 등이 손상되었다. 신호통신케이블 등 손상상태는 [그림 6]과 같다.



[그림 6] 신호통신케이블 손상상태

1.2.3 열차지연

동작 ~ 신논현간 5개역 구간에 3시간 43분(20:20~24:03)간 열차운행이 중지되어 총 58회 운영을 하지 못하였다.

1.3 인적사항

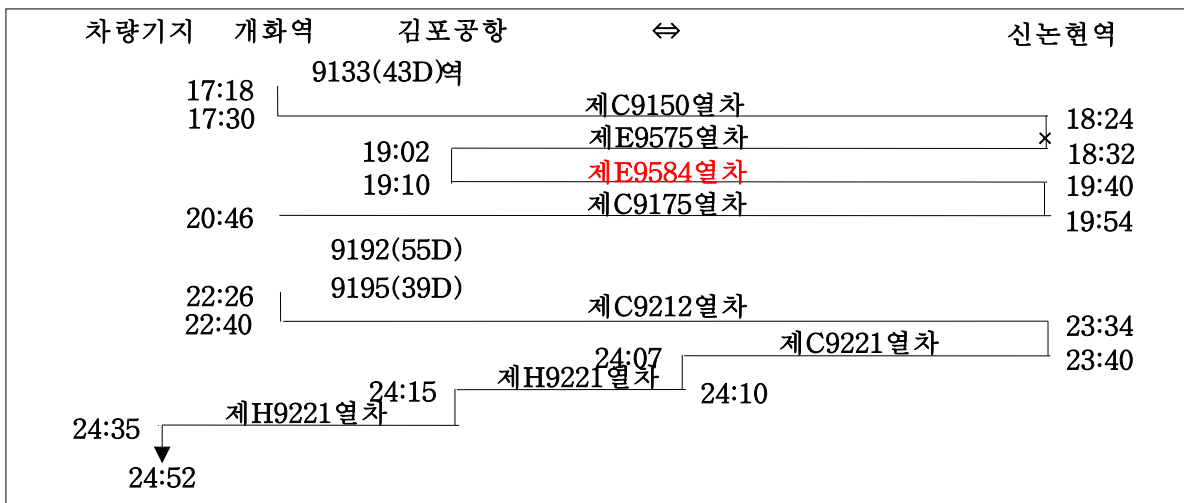
1.3.1 기관사 K○○

기관사 K○○(32세)는 2010년 4월 12일 제2종 전기차량운전면허 소지자 인턴자격으로 채용되어 2010년 4월 12일부터 4월 19일까지 6일간(49시간) 이론 교육과 같은 해 4월 20일부터 6월 20일까지 58일간(278시간)의 실기훈련을 이수하고 보안요원으로 근무 중, 같은 해 8월 16일 승무팀 기관사로 임용되어 3개월의 경력이 있다.

기관사 적성검사는 2008년 4월 14일 수검을 받아 품성은 정상, 선택주의 및 지속 주의력은 양호, 안정도는 우수, 작업태도와 속도예측 주의배분 및 거리지각 능력은 보통, ○○는 미흡으로 나타났다. 미흡한 ○○항목은 입사 후 2010년 8월 30일 교정교육이 실시되었고, 기관사 임용 3개월 신규자로서 경력 1년 미만 대상자에게 실시하는 중점관리대상자 교육을 매월 1회 담당과장이 실시하였다. 상벌사항은 없다.

기관사 근무전 행적은 사고전일 사업종료하고(2010.10.27. 21:38경) 귀가 직후 22시 30분경 취침하였고, 사고당일 7시경 기상하여 TV시청, 인터넷 등 일상생활을 하다가 출근하여 출무표에 사인하고 운용과장 ○○에게 출무점호(16:50경)를 받았다. 휴식이 부족하거나 음주 금지된 약물 복용 등 부적합한 사항은 없었다.

사고당일은 개화역에서 제C9150열차를 17시 18분경 승무를 시작하여 사고발생시까지 약 2시간 40분 동안 승무하였다. 기관사의 사업 DIA는 [그림7]과 같다.



[그림7] 기관사 사업행로표 (DIA ID : 56, 휴일)

### 1.3.2 관제과장 L○○

관제과장 L○○(42세)는 서울시메트로9호선(주)에 2007년 12월 03일 경력직으로 채용되어 운영본부 종합관제센터에 소속되어 3년을 근무하였다. 경력은 서울도시철도공사에서 1996년 4월 1일부터 2005년 4월 20일까지 약 9년 근무 중 관제사를 2003년 11월 1일부터 2005년 4월 20일까지 18개월, 대전도시철도공사에서 2005년 4월 21일부터 2007년 12월 3일까지 2년 7개월간 근무 중 관제사를 2005년 4월 21일부터 2006년 4월 19일까지 12개월 근무하였고, 철도운영기관 총 경력 14년 8월 중 관제사 경력은 5년 6개월이다.

경력직 관제사로 채용될 당시 철도안전법 제22조 및 부칙 제8조에 의해 관제 업무수행의 필요요건을 인정받아 법정 교육훈련을 면제받았다.

회사내 직무교육과 철도안전 및 안전보건교육을 월 1회 1시간씩 받았고, 관제 업무와 관련된 사고사례 및 특별교육은 2010년 1월 11일부터 이번사고 이전까지 ‘차량고장 Tc-CC간 통신고장’ 등 9 건의 교육이 받았고, 모의상황훈련과 시뮬레이터 훈련 등도 분기 1회씩 교육이 실시되었다. 상벌사항은 없다.

### 1.3.3 운전관제사 J○○

관제사 J○○(34세)은 서울시메트로9호선(주)에 2008년 8월 1일 입사하여 종합 관제센터 소속으로 주업무는 운전관제사로 근무하고 있다. 인천지하철공사에서 2005년 9월부터 2008년 7월 31일까지 2년 10개월의 역무원 경력과 9호선 입사 후 2년 4개월을 포함한 합계 철도경력은 5년 2개월이다.

관제사 자격은 9호선에 입사 후 철도안전법 시행규칙 제39조 제1항 제3호 및 제4호에 의한 적성검사를 2008년 7월 16일 수검하여 합격판정을 받았고, 훈련기관의 법정교육과정으로 2008년 8월 4일부터 동년 10월 17일까지 코레일인재개발원에서 실시한 ‘OCC제어설비 및 시스템에 대한 이해와 운영능력 배양교육’을 10주간 이수하고 현장 실무수습을 2008년 10월 20일부터 2009년 3월 12일까지 약 5개월간 이수하고 운전관제사 업무를 2년 4개월 동안 수행하였다.

그 외 직무교육을 월 1회씩, 관제업무 사고사례 교육 및 모의상황훈련을 분기 1회씩 받았다. 상벌사항은 없다.

### 1.3.4 기지관제사 K○○

관제사 K○○(29세)은 서울시메트로9호선(주)에 2008년 8월 1일 입사하여 종합 관제센터 소속으로 주업무는 전력관제사로서 기지관제사를 병행하여 수행하고 있다. 한국철도공사에서 2006년 11월 28일부터 2008년 7월 31일까지 1년 8개월의 근무경력과 9호선 입사후 2년 4개월을 포함한 합계 철도경력은 4년이다.

관제사 자격은 9호선에 입사 후 철도안전법 시행규칙 제39조 제1항 제3호 및 제4호에 의한 적성검사를 2008년 7월 16일 수검하여 합격판정을 받았고, 훈련기관의 법정교육과정으로 2008년 8월 4일부터 동년 10월 17일까지 코레일인재개발

원에서 실시한 ‘OCC제어설비 및 시스템에 대한 이해와 운영능력 배양교육’을 10주간 이수하고 현장 실무수습을 2008년 10월 20일부터 2009년 3월 12일까지 약 5개월간 실시하고 전력 및 기지관제사 업무를 2년 4개월 동안 수행하였다.

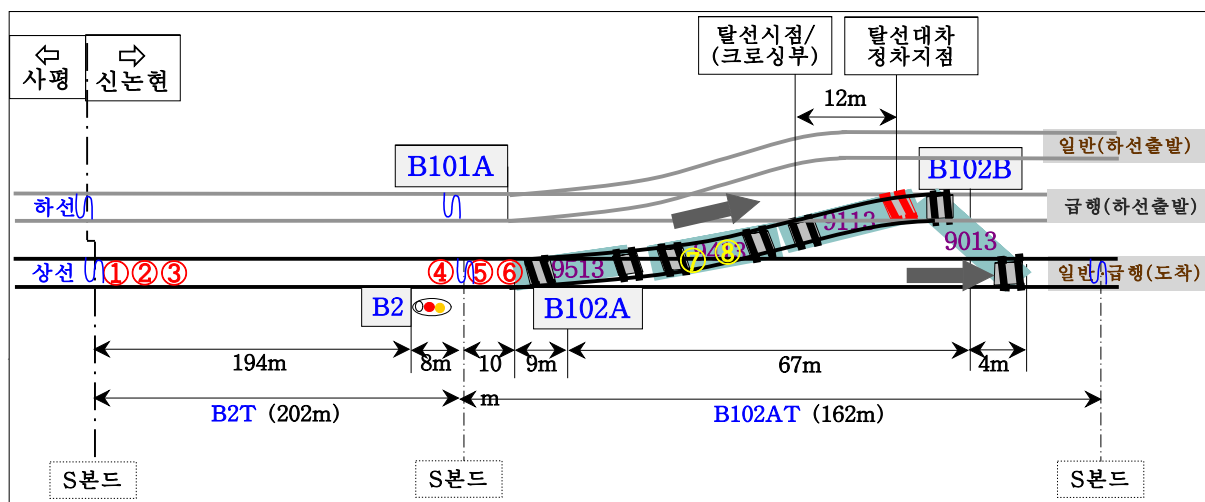
그 외 직무교육을 월 1회씩, 관제업무 사고사례 교육 및 모의상황훈련을 분기 1회씩 받았다. 전력/기지관제사로서 2009년 2월 1일부터 운전관제업무도 병행하여 수행하였다. 상벌사항은 없다.

### 1.4 기상 정보

기상청 기록에 의하면, 사고당시 서울지역은 최저 -5.2℃, 최고 2.0℃, 평균 -1.3℃이며, 눈과 싸락 눈이 내린 일기상황이었으며, 일강수량은 1.0mm로 기록되었다. 이번 사고와 기상상태는 관련성이 없다.

### 1.5 사고현장 정보

신논현역구내 탈선현장은 개화기지 기점에서 상행선로 약 27km000부근에 위치한다. 사고전동차는 선두차량(제9013호) 전부대차가 제B102A호 선로전환기의 직진방향으로 진행하고 후부대차부터 그 후속차량(제9113호, 제9413호, 제9513호)은 좌측선로로 진행하다가 두 번째차량 앞대차가 하선의 크로싱부에서 탈선하여 12m를 진행하였다. 사고전동차는 [그림 8] 및 [그림 9]와 같이 최종 정차되었다.



[그림 8] 신논현역구내 탈선현장 상황



[그림 9] 탈선현장 상태

## 1.6 관제 및 열차운영 정보

### 1.6.1 일반 현황

#### 1.6.1.1 종합관제센터 현황

서울시메트로 9호선의 종합관제센터(서울시 강서구 개화동 소재)는 열차종합제어장치(TTC, Total Traffic Control)가 설치되어 관제사가 이 장치를 통해 모든 열차운행을 제어·통제하고 있다. [그림 10]은 종합관제센터의 배치 전경이다.



[그림 10] 서울시메트로9호선 종합관제센터

또한, 열차자동제어장치(ATC, Automatic Train Control)<sup>1)</sup>가 설치되어 열차의 자동운전(Semi-Auto)을 시스템적으로 가능하게 하며, 각 역의 신호보안장치들과 전차연동장치(CBI, Computer Based Interlocking)를 통해 상호 인터페이스를 하고 있다.

1) 열차자동제어장치(ATC, Automatic Train Control) : 지상궤도의 불가변 정보(선로전환기 정보, 신호기, 구배, 제한속도, 정차역, 비콘정보 등)와 가변정보(선로전환기 정보, 신호상태, 임시속도제한사항, 제한명령 등)의 연속적인 데이터를 차상에 있는 SACEM 장치에 전송한다. 차상장치는 이러한 데이터를 전송받아 정차 위치와 안전제동 곡선 등을 계산하고 지상궤도로 다시 전송하는 역할을 한다.





1.6.1.2 종합관제센터 근무자 현황

종합관제센터 업무담당자는 종합관제센터장, 파트장(과장), 운전관제사, 신호통신관제사, 전력관제사, 설비관제사, 기지관제사로 구분하고 있으며, 운전관제를 중심으로 각 분야별 업무가 진행되도록 규정하고 있다.(서울9호선운영(주) 사규 제17호, 종합관제운영규정)

관제과장은 열차운행 감시 및 각종 제어명령, 각 관제의 관리감독업무를 담당하며, 선임관제사와 운전관제사는 운전 관제업무를, 신호통신관제사는 신호통신설비 관제업무를, 전력관제사는 전력설비 관제업무를, 설비관제사는 기계설비 관제업무를, 기지관제사는 차량기지 관제업무를 각각 구분하여 담당하고 있으며, 종합관제실에 근무하고 있는 각각의 관제사는 철도안전법 제39조(관제업무 수행의 필요 요건 등)규정에서 정한 운전관제업무 수행에 필요한 자격요건을 갖추고 있다.

근무체계는 6조 3교대 체계로서 24시간 근무자가 투입되고 있다. 오전 근무조(06:00~15:00) 및 오후 근무조(14:00~23:00)는 7명이 근무하도록 편성되고, 야간근무조(22:00~07:00)는 5명의 인원이 투입된다.

종합관제센터의 시간별 관제사의 근무인원은 [표 2]와 같다.

구분	오전근무조 06:00-15:00	오후근무조 14:00-023:00	야간근무조 22:00-07:00	예비	휴무
관제 과장	1	1	1	1	2
선임관제	1	1	1	통상 2명 (토/일 제외)	2
운전관제	1	1	-		
신호통신관제	1	1	1		2
전력관제	1	1	1		2
설비관제	1	1	1		2
기지관제	1	1	-		-
합계	7명	7명	5명		3명

[표 2] 종합관제센터 시간별 관제사 근무인원 (24시간 근무, 1일 3교대)

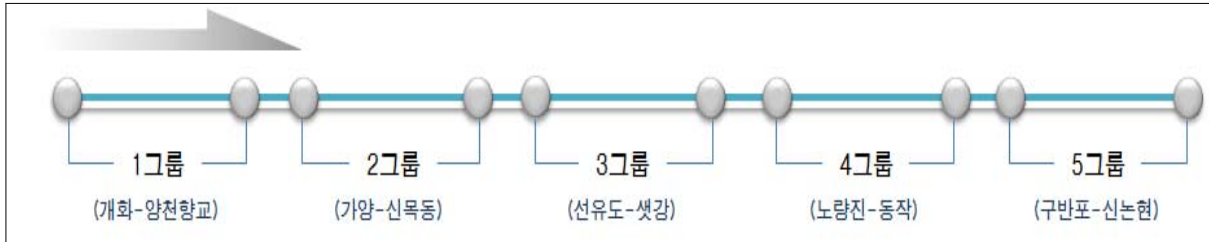
사고 당시는 오후근무조(14:00~23:00)로 7명이 교번표에 의해 근무하고 있었으며, 기지관제사는 평소 전력관제 또는 기지관제 업무를 담당하였고, 사고 당시에는 기지관제 업무를 담당하던 중 관제과장의 지시로 운전관제 보조업무를 수행하였다.





1.6.2 운영 현황

서울시메트로9호선은 25개역 중 24개역이 영업 중에 있으며, 4~5개 역을 하나의 그룹역 별로 평균 11명이 근무(그룹장, 고객안전원 등) 중이며, 역당 배치된 고객안전원 2~3명은 평소에 안전관리 및 서비스 업무를 수행하면서 신호, 전기, 기계설비 및 AFC장비 등의 이례사항이나 장애 발생 시 초동조치를 수행하며, 승차권 발매업무는 각역의 편의점에 외주로 실시하고 있다. 그룹역 구성은 [그림 13]과 같다.



[그림 13] 서울시메트로9호선 그룹역 구성 현황

서울시메트로9호선(주)는 2005년 5월 16일 서울시와 “실시협약”에 따라 서울시도시철도 9호선에 대한 관리운영권을 부여받았고, 2007년 6월 29일 서울9호선 운영(주)와 “관리운영위탁계약”을 체결하여 관리 및 운영에 필요한 서비스를 제공받고 있다.

1.6.3. 운전관련규정

1.6.3.1 전동열차의 운전방식

전동열차의 운전방식을 변경할 경우에는 관제사가 기관사에게 승인하도록 운전취급규정 제32조에 규정하고 있으며, 기관사가 운전선택모드를 전환할 수 있는 조건은 비콘이 설치된 위치 즉 ① 차량기지의 본선 출고지점에 설치된 정지열차초기화비콘<sup>4)</sup> 또는 ②각역 승강장에 설치된 정밀정차비콘<sup>5)</sup> 위치에 전동열차의 ATP/ATO 비콘안테나와 일치된 상태에서 운전실의 운전선택모드를 전환하여야 하므로 열차가 정지된 정지할때만 가능하다. 운전선택모드의 종류는 다음과 같다.

1) 완전자동운전(FA모드) : 운전선택모드는 완전자동(Full-Auto)모드이며 기관사 조작 없이 운전하는 방식으로 현재 사용하지 않고 있다..

4) 정지열차초기화비콘(STIB-DL) : 차량기지에서 본선으로 출발하는 지점에 설치(약9m)되며 기관사는 본선으로 진입하기전 이곳에서 전동열차의 운전모드 선택 및 초기화를 진행한다.

5) 정밀정차비콘(PSBd-DL): 높은 정밀정차도가 요구되는 승강장에 설치되며 약 70Cm의 비콘으로서 열차가 비콘을 통과할 때 차상의 ATP/ATO 비콘 안테나에 의해 수신된다.

2) 자동운전(AUTO모드) : 운전선택모드를 자동(Semi-Auto)모드로 ATP감시 하에 ATO에 의해 기관사가 출발명령을 수행하면 자동으로 열차운행이 실행되는 운전방식으로 본선 운전의 기본모드이다

3) 수동운전(MCS모드) : 운전선택모드를 수동(MCS)모드로 선택하며 ATP감시하에 차내신호기에 따라 기관사가 직접 운전하여 가속, 운행속도 조절, 제동 및 역에서의 정위치 정차 등 열차의 전반적인 제어를 담당한다.

4) 기지운전(YARD모드) : 운전선택모드를 YARD모드로 선택하여 운전하며, 기관사가 ATP감시 하에 수동 운전하는 것으로 속도 25km/h이하로 제한된다. 다음 각호에 해당하는 경우에 야드운전을 하여야 한다.

① 차량기지구내에서 차량입환을 할 때 또는 차내신호를 수신할 수 없는 운전취급역 구내에서 입환 운전할 때

② ATC 비설비 구간을 운전할 때 ③ 기타 사유로 관제사의 지시에 의할 때

5) 비상운전(FMC모드) : 운전선택모드를 FMC(Free Manual Control)모드로 선택하여 운전하며, 다음의 각 호에 해당하는 경우에는 비상운전을 실시한다. 관제사는 상황에 따라 다음 각 호에 해당하는 경우에는 기관사에게 비상운전 지시 및 승인할 수 있다.

① ATC 고장시 ② 무신호 운전시 ③ 되돌이 운전시 ④ 밀기운전시

⑤ 정위치 정차에 실패시 ⑥ 앞 열차와 합병시 ⑦ 전령법 시행시

### 1.6.3.2 폐색취급방식

본선 전구간에 자동열차제어장치(ATC)에 의한 차내신호식을 상용폐색방식으로 시행하는 것으로 운전취급규정 제84조에 규정되어 있다. 차내신호식은 지상설비(궤도회로, 신호기, 선로전환기 등)와 차상설비가 정보를 송수신하여 연산제어를 통한 속도 및 출발·정지 등을 자동적으로 수행되는 거리연산제어방식(Distance to go)이다. 상용폐색방식의 문제가 있을 때 대용폐색방식을 시행하며, 복선운전의 경우 지령식과 통신식, 그리고 단선운전시의 지도통신식이 있다.

1) 지령식 (운전취급규정 제91조 ~ 제96조) : 지령식은 차내신호기(ATC)고장 또는 다른 사유로 상용폐색방식을 시행할 수 없을 때 궤도회로에 이상이 없고 열차무선전화가 가능하며 종합열차제어장치(TTC)표시만으로 열차의 점유상태를 확인할 수 있을 경우 관제사와 기관사간에 시행하는 것으로서, 관제사는 지령식 시행구간을 폐색경계 표지까지로 하고, 시행구간에 열차가 없음을 확인한 다음 기관사에게 열차무선전화로 출발지시를 하고 운행상태를 계속 감시하여야 한다. 기관사는

관제사로부터 지령식 시행을 지시받았을 때는 그 내용을 확인하고 출발지시를 받은 후 열차를 출발하여야 한다. 관제실장은 별지 제3호 「지령식시행기록부」에 명령번호, 구간 등을 기록하여야 한다.

2) 통신식 (운전취급규정 제97조 ~ 제102조) : 통신식은 복선운전구간에서 신호보안장치 고장 또는 열차무선전화 고장 등으로 지령식을 시행할 수 없을 때 관제사의 지시에 의하여 폐색구간 양단의 고객안전원이 시행한다. 관제사는 통신식을 시행하려는 구간 등 요지를 통보하고, 배치된 고객안전원은 폐색구간에 열차가 없는 것을 확인하고 당해 열차에 대하여 폐색수속 및 운전명령서를 교부하고 열차의 출발을 지시하여야 한다.

### 1.6.3.3 장애발생 당시 관제실 대응

「종합관제운영규정」과 「운전관제업무내규」 및 열차운행을 위한 「운전취급규정」 등을 각각 제정하여 운영 중에 있으나, 장애발생시 해당 구간에 대한 폐색방식 적용과 열차 운전방법 전환 및 관제센터 직원간, 관제사와 기관사간 규정에 의한 적절한 업무수행이 전혀 이루어지지 않았으며, 이는 장애발생에 따른 대응 매뉴얼이 미흡한 상태에서 교육훈련도 부족한 것으로 조사되었고, 특히 관제시스템에는 선로전환기 블로킹설정 기능이 확보되어 안전장치가 마련되어 있었으나 운용 중 시스템의 이해부족으로 잘못 판단하였고, 이를 운용할 절차규정이 마련되어 있지 않아 관제사가 임의로 설정 및 해정하는 실정이었다.

### 1.6.4 사고발생 상황

2010년 11월 28일(일) 18시 58분경, 서울시메트로9호선 사평역 전자연동장치(CBI, Computer Based Interlocking)<sup>6)</sup>의 장애가 발생되어 「신반포/고속터미널 경계~사평/신논현 경계」 구간(이하 “장애구간”이라 한다)은 현장신호설비와 차상 및 관제센터 간 정보교환이 이루어지지 않아 전동열차는 자동운전이, 관제센터는 감시 및 제어가 불가능한 상황이었다.

이때, 관제센터는 장애구간을 진입하는 상선 제9580호와 하선 제9577호

6) 전자연동장치(CBI, Computer Based Interlocking)는 선로가 분기되는 역이나 건널선 등에서 안전한 열차운행을 확보하기 위해 신호기, 선로전환기, 궤도회로 등 장치를 상호 연동시키는 시스템으로서, N계 및 R계로 나뉜 2중 장치가 1식으로 구성되어 어느 하나의 장치가 정상적일 때 시스템 기능에는 이상이 없도록 구성되어 있다.

급행열차 기관사로부터 차내신호 속도코드 현시가 안된다는 보고를 받았고, 별도의 폐색방식 변경절차를 없이 FMC(비상운전)모드로 전환하여 이동하라고 각각 기관사에게 지시하였다.

관제사는 19시 02분경 본선 운행하고 있는 모든 열차 기관사에게 사평역 CBI장애로 진로취급이 되지않으니 관제에서 통제하는대로 이동하라고 지시하였고, 이후 ATC시스템이 정상동작중인 구간인 동작역, 구반포, 신반포 등에서 운행되는 상·하선 열차도 FMC모드로 전환하고 지상신호의 정지현시(적색) 상태를 무시하고 운행하도록 각 열차마다 지시하였다.

급행열차인 사고전동차가 김포공항역을 출발하여(19시 10분경) 가양역 구간을 운행할 때(19:15경), 기관사(이하 ‘기관사’라 한다)는 관제사로부터 사평역 장애로 인한 열차 지장 내용을 통보받고 계속 운행하여 동작역에 도착하여(19:37경) 여객취급을 완료한 상태에서 출발신호 정지 현시로 약 3분 정도 대기하던 중, 관제사로부터 전방신호는 정지이나 선로 전환기 상태 확인하고 FMC모드로 고속터미널역까지 이동하라는 지시를 받고 운전방식을 자동에서 FMC모드로 전환하고 출발(19:40경)하였다.

사고전동차 기관사는 신반포역(19:42경, 약48~53km/h)을 지나 장애구간인 고속터미널역 승강장에는 약 9분 지연 도착하여(19:45경), 승객들의 승·하차를 확인하고 관제사의 출발지시를 받지 않고 사평역으로 출발하였다.

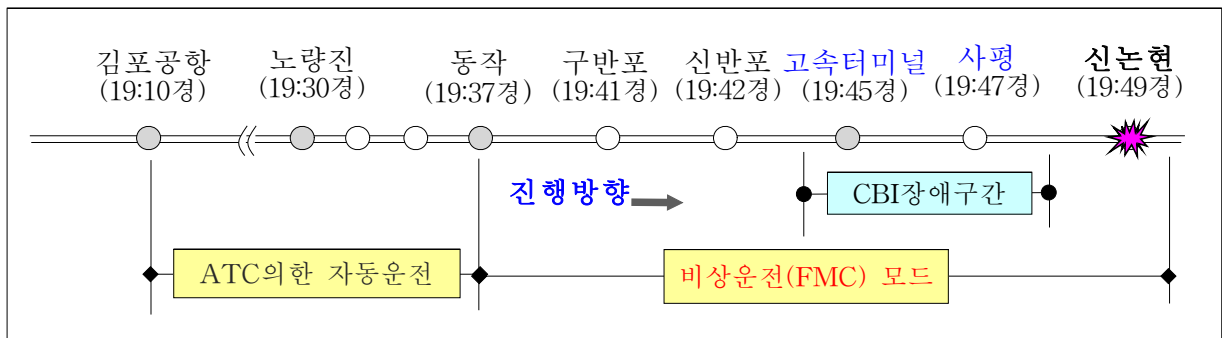
한편, 관제사는 고속터미널과 사평역 승강장에 정차하는 모든 열차 기관사에게는 관제에 위치를 통보할 것을, 기관사에게는 고속터미널에 대기할 것을 지시하였으나 기관사 응답은 없는 상태였다. 관제사는 사고전동차가 사평역 부분선(진입진출표지: 정지, 속도 약15~30km/h)을 운행하고 있을 때(19:47경), 사고전동차가 고속터미널역에 정차하고 있는 것으로 예상하고 출발하도록 지시하였으나, 기관사는 이미 사평역을 통과하고 있다고 보고하였으며, 이때 관제사는 기관사에게 선행열차 주의하여 진행하라고만 지시하였다. 기관사는 선행열차(C9164)가 확인되어 감속(29⇒7km/h)하면서 일정거리를 유지하여 진행하였다.

관제과장은 상선 도착승강장에는 선행열차(C9164)의 도착선으로 사용되고 있으므로 사고전동차의 도착선으로 하선 급행출발승강장을 사용하기 위하여 진로 변경(B2⇒B4)

하도록 기지관제사에게 지시하였고, 기지관제사는 사고전동차가 B2T궤도회로를 점유하고 있으나 B2진로개통표지의 정지 현시에 의해 그 외방에서 사고전동차가 정지할 것으로 판단하고 B102A 선로전환기의 블로킹을 해정한 후 진로변경 제어명령을 실행하였고, 선로전환기는 동작하게 되었다.

한편, 관제과장으로부터 도착선 변경에 대한 지시를 받지 못한 운전관제사는 사평역에서 신논현역으로 운행하는 사고전동차에 대하여 선행열차 주의하여 운행하라고만 지시하였을 뿐 다른 통제는 없었으며, 기관사도 도착선 변경에 대해 통보받지 못한 상황에서 신논현역구내에 진입하였을 때, 선행열차(C9164)가 신논현역 도착승강장에서 회차선(Y선) 방향으로 나가는 것을 확인하고 약 29km/h까지 속도를 상승시켰고, 전환중이던 선로전환기에 진입하게 되었다.

따라서, 전환중인 선로전환기를 사고전동차가 통과하면서 선두차량의 앞대차는 직진방향(도착승강장)으로, 뒷대차부터 후속차량은 좌측선로(급행 출발승강장)로 진입하면서, 선두차량의 앞뒤대차가 서로 다른 선로에 걸쳐 진행되면서 앞쪽 우측 모서리가 터널벽체에 부딪히고, 두번째 차량 앞대차는 하선의 크로싱부를 통과하면서 선로 좌측으로 탈선된 채 약 12m를 진행하다가 정차하였다. 사고전동차의 운행구간은 [그림14]와 같다



[그림 14] 사고전동차의 운행구간

1.6.5 사고당시 관제사의 업무수행

18시 58분경, 종합관제센터 표시화면에 사평역 CBI장애로 인해 장애구간의 열차운행상태 감시 및 제어가 불가능하였으며, 이때 관제센터는 장애구간을 진입하는 상선 제9580호와 하선 제9577호 급행열차 기관사로부터 차내신호 속도코드

현시가 안된다는 보고를 받았고, 별도의 폐색방식 변경절차를 없이 FMC(비상운전)모드로 전환하여 이동하라고 각각 기관사에게 지시하였다.

관제과장은 선임관제사에게 하선을 중심으로, 상선을 중심으로 운전관제사에게, 본선의 진로설정 등 운전관제 보조업무를 기지관제사에게 각각 분리하여 담당업무를 수행하도록 조치하였고, 관제사와 기관사 간의 통제수단은 열차무선전화를 이용하였다.

19시 02분경, 관제사는 열차무선전화로 본선 운행하고 있는 모든 열차 기관사에게 사평역CBI장애로 진로취급이 되지않으니 관제에서 통제하는 대로 이동하라고 통보하고, 관제 승인기록부(번호529호)에는 신반포(922)에서 신논현(925) 간의 전동열차 FMC운행을 승인한 것으로 기록하였으나, 이 구간에 대한 폐색방식 변경절차는 별도로 수행하지 않았다.

19시 04분경, 관제사는 동작역 상행 승강장에 정차하던 제9158호 전동열차 기관사에게 출발신호 정지 현시하고 있으나 선로전환기 개통방향 양호하니 FMC모드로 전환하고 구반포까지 운행하라고 지시한 것을 비롯하여, ATC시스템이 정상적인 동작, 구반포, 신반포역 구간 등을 운행하는 열차도 지상신호에 정지(적색)가 현시되었음에도 전동차 운전모드를 FMC모드로 전환하여 이동하도록 그때 마다 각 열차 기관사에게 지시하였다.

19시 09분경(19:09:42~47), 관제과장은 FMC모드 운행시의 안전확보를 위해 신논현역구내 선로전환기(B101A/B) 블로킹<sup>7)</sup>을 설정하도록 기지관제사에게 지시하여 선로전환기가 임의로 전환되는 것을 사전에 차단하였다.

19시 39분경, 운전관제사는 급행열차인 사고전동차가 동작역에서 출발신호가 계속 정지 현시로 열차지연이 되자 동 폐색구간을 선행열차(C9164)가 운행중임에도 불구하고, 운전방식을 FMC모드로 전환하고 출발신호기 정지를 무시한 채 선로전환기 확인하고 고속터미널역까지 이동하라고 기관사에게 지시하였다.

7) 선로전환기 블로킹 : 선로전환기의 임의 전환을 방지하기 위하여 안전조치로 설정되며 해제할 때까지 전환할 수 없다. 블로킹을 설정하는 경우는 원격으로 정상신호진로제어 불능 시, 신호기 외방에 수신호자 부재시 입환진로 개념으로 열차이동이 필요한 경우, 선로작업등 유지보수 업무상 선로이용을 제한할 필요가 있을때에 블로킹을 설정한다.

사고전동차의 동작역 출발시 상황은 [그림 15]와 같다.



[그림 15] 사고전동차의 동작역 출발시 상황 (전자연동 표시화면)

19시 43분경, 운전관제사가 열차무선전화로 사고전동차 위치를 고속터미널역 장내 밖에 있는 것으로 확인하고 선행열차(C9164)가 고속터미널역을 나가는대로 진입하도록 지시하였고, 이어서 선임관제사는 모든 기관사에게 고속터미널역과 사평역 승강장에 정차한 열차는 관제에 위치 통보하라고 지시하였으며, 19시 45분경, 운전관제사는 사고전동차를 고속터미널역에 대기하라고 지시하였다.

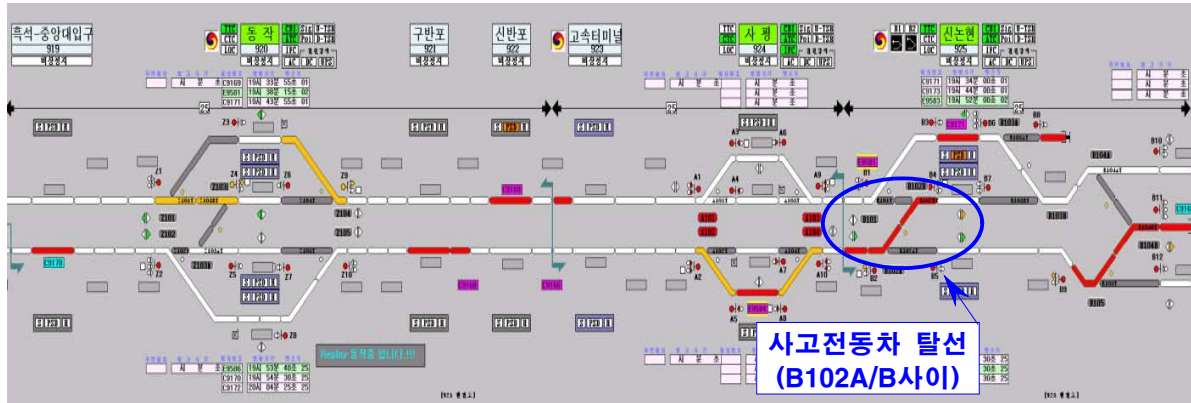
19시 47분경, 운전관제사는 사고전동차가 고속터미널역 승강장에 대기하고 있을 것으로 예상하고 사고열차 출발하라고 지시했을 때 기관사로부터 사평역 통과 중이라고 예상과 다른 보고를 받고도 임의로 열차를 이동한 잘못을 지적하거나 폐색구간이 어디라고 명확히 지정하지도 않고 선행열차에 주의하면서 이동하라고만 하였다.

관제과장은 계획된 도착승강장에는 다른 열차가 점유하고 있어서 승객을 빨리 하차시키기 위하여 사고전동차의 도착선을 하선 급행출발승강장으로 변경하도록 기지관제사에게 지시하였고, 기지관제사는 제102A호 선로전환기의 블로킹설정 상태를 해제하였고(19:48:58~19:49:04) 하선 급행출발승강장을 출발하여 사평역구간으로 빠져나가는 제E9581호 급행열차를 기다렸다가 35초 지나서(19:49:39) 진로변경 제어명령을 실행하였고(19:49:41), 선로전환기는 반위전환이 시작되었다.

이때 관제과장으로부터 도착선 변경에 대한 지시를 받지 못한 운전관제사는 사평역



에서 신논현역으로 운행하는 사고전동차에 대하여 선행열차 주의하며 운행하라는 지시만 있었을뿐 다른 통제는 하지 아니하였고, 정지신호를 무시하고 진행하던 사고전동차는 전환중이던 선로전환기상에 진입하게 되었다.



[그림 16] 사고전동차 신논현구내 탈선상태

시각	송화자	수화자	통화내용
18:58		9580 급행	FMC운행 (고속터미널역 진입 ⇒ 사평)
19:03		9577 급행	FMC운행 (고속터미널 진입 ⇒ 동작)
19:02	선임관제	전체 기관사	지금 본선운행중인 전열차에게 알려드립니다. 현재시평역 CBI장애로 진로취급이 되지 않고 있습니다. 확인해 주시기 바랍니다. 관제 통제대로 이동하시기 바랍니다.
19:04		9158 일반	FMC운행 (동작 상본선 ⇒ 구반포까지)
19:07		9163 일반	FMC운행 (신논현 ⇒ 사평)
19:09:42	기지관제	관제취급	선로전환기 B102A/B 블록킹설정 제어명령
19:09:47	기지관제	관제취급	선로전환기 B102A/B 블록킹설정 완료
19:13		9580 급행	사평역 외방 정차 중
19:15:00	선임관제	전체 기관사	전 열차에 알립니다. 사평역 신호장애로 동작에서 신논현간 상하선 열차운행이 지장을 받고 있습니다. 조운치 예정시각은 아직 확실하지 않습니다. 바쁘신분은 타고통수단 이용할수 있도록 안내좀 해주세요
19:17		9165 일반	FMC운행 (사평역 무정차 통과)
19:17		9580 급행	신논현 승객하차하고 Y회차선 진입중
19:17		9165 일반	FMC운행 (사평역 ⇒ 신반포까지) 신반포에서 정상모드로 전환하고 구반포로 출발
19:18		9165 일반	FMC (신논현하부분선 ⇒ 고속터미널) 사평역 무정차 통과 안내방송
19:18		9160 일반	FMC (동작 ⇒ 구반포까지)
19:19		9158 일반	신호상태 정비 선로전환기 부분선 진로확인 진행
19:23		9579 급행	FMC (신논현 하부분선 ⇒ 고속터미널)
19:23		9165 일반	FMC (고속터미널 하선 ⇒ 신반포) 운전모드 RM ROS 가능
19:24		9158 일반	FMC (사평 ⇒ 신논현) 신논현 진로는 하부분선으로 변경 참고



시각	송화자	수화자	통 화 내 용
19:25		9582 급행	FMC (동작 ⇒ 고속터미널 )
19:28		9579 급행	고속터미널 정차중, 계속 대기하라고 지시
19:29		9162 일반	FMC ( 동작역 ⇒ 구반포)
19:31		9167 일반	FMC ( 신논현 ⇒ 사평역 하선)
19:32		9582 급행	FMC (사평역 상선 승강장 통과)
19:32		9164 일반	FMC (동작역 상부본선 ⇒ 구반포 까지)
19:34		9582 급행	FMC (사평역 ⇒신논현) 승객승하차하고 회차선 진로 확인하고 진행
19:35		9162 일반	고속터미널 승객취급하고 바로 이동
19:39:17	사고전동차 기관사	운전관제	관제 동작에 9584 전방신호 정지나 있는데 FMC로 진행합니다
19:39:41	운전관제	사고전동차 기관사	네 잠시 기다리세요. 9584 FMC로 진행합니다. 전방신호 정지이고요 선호전환기 상태확인하고 FMC로 고속터미널까지 이동하세요
19:39:51	사고전동차 기관사	운전관제	네 확인했습니다
19:40		9169 일반	FMC (신논현 ⇒ 사평역 하부본선 진행 )
19:41:06	운전관제	본선전체 기관사	전 열차에 알려드립니다. 신반포에서 신논현간 선로전환기 전환되지 않고 있습니다. 사평역 부본선 진로 확인하고 신반포 ⇒ 신논현까지 FMC로 운행해 주기 바랍니다. 2회 실시
19:41		9167 일반	신반포역에서 신호확인했고 자동모드로 출발
19:42		9581 급행	FMC (신논현 Y선) 신논현 Y선에서 급행열차로 변경하여 이동
19:43:34	운전관제	사고전동차 기관사	9584열차 위치확인좀 할게요
19:43:40	사고전동차 기관사	운전관제	(기관사) 예 9584열차 고속터미널 정차역 뒤 에 있습니다 선행열차 앞에 보입니다
19:43:49	운전관제	9164,9584 기관사	예 9164열차 빨리 출발하시구요 9584열차 선행 열차 출발하는거 보고 고속터미널역 진입하세요
19:44:00	사고전동차 기관사	운전관제	예 확인했습니다
19:44:38	선임관제	본선전체 기관사	사평역 연동장치 장애로 열차 위치확인이 관 제에서 안됩니다. 고속터미널, 사평 승강장에 정차한 열차는 관제에 위치통보를 주세요
19:45:33	운전관제	사고전동차 기관사	9584열차 고속터미널 대기하세요
19:46		9169 일반	FMC (고속터미널 ⇒ 신반포) 신반포에서 운전모드 정상으로 영업하라 지시
19:46		9581 급행	FMC (신논현 ⇒ 고속터미널) 신논현 Y선에서 급행열차로 변경하여 이동
19:46:12	선임관제	전체 기관사	본선 운행중인 열차에 관제에서 다시 한번 알려드립니다. 사 평역 신호장애로 동작역에서 신논현간 정상신호로 운행이 불 가합니다. 특히 고속터미널 사평역 승강장에 정차하는 열차는 관제 통보주시고 PSD고객안전원이 수동취급합니다. 승강장에 서 확인 철저히 안전 운행하시기 바랍니다. 참고로 통과하는 급행열차는 차측 방송으로 통과열차라고 방송을 해주세요
19:46:37	기관사	선임관제	관제, 상하선모두 FMC운전합니다

시각	송화자	수화자	통 화 내 용
19:46:41	선임관제	기관사	상하선 모두 FMC 운전합니다
19:47:22	운전관제	사고전동차 기관사	9584열차 출발해 주세요
19:47:36	사고전동차 기관사	운전관제	예, 9584열차 지금 사평역 지금 통과하고 있습니다
19:47:42	운전관제	사고전동차 기관사	예, 선행열차 주의하면서 이동하세요
19:47:46	사고전동차 기관사	운전관제	예, 선행열차 확인했고 주의하면서 이동하겠습니다
19:48:56			사고전동차 신논현역 구내진입(B2T궤도점유)
19:48:58	기지관제	관제취급	선로전환기 B102A/B 블록킹해정 제어명령 * 관제과장은 기지관제에게 지시
19:49:04	기지관제	관제취급	선로전환기 B102A/B 블록킹해정 완료
19:49:39	기지관제	관제취급	진로설정(B2→B4) 제어명령 (B102A/B 선로전환기 전환명령)
19:49:41	기지관제	관제취급	B102A/B 선로전환기 반위전환 시작
19:49:42			사고전동차 신논현역 구내진입(B102AT 궤도점유)
19:49:47	기지관제	관제취급	B102A/B 선로전환기 반위전환 및 쇄정완료
19:49:48			사고전동차 신논현역 구내진입(B102BT 궤도점유)
19:49		9168 일반	FMC (구반포 ⇒ 신반포)
19:49		9169 일반	기관사 : ATO(신반포 ⇒ 구반포) 출발하는지? 관제사 : FMC로 이동하라고 지시
19:49:59	운전관제	사고전동차 기관사	9584열차 신논현 들어가고 있는거예요?
19:50:35 ~51:29	선임관제	사고전동차 기관사	9584열차 위치 어디입니까? 5회 호출
19:52	선임관제	9581 급행	관제사 : 9581 현재 위치 어디입니까? 기관사 : 고속터미널에 정차하고 있습니다
19:52:08	사고전동차 기관사	종합관제	9584열차 지금 탈선했습니다. 9584열차 탈선했습니다 지금
19:52:20	선임관제	사고전동차 기관사	정차하셨죠 현재위치
19:52:23	사고전동차 기관사	선임관제	예 신논현 바로 앞에서 정차했습니다.
19:52:29	선임관제	사고전동차 기관사	예 알겠습니다 정차하세요.
19:52	선임관제	9166 일반 9168 일반 9170 일반	9166 고속터미널 영업종료, 9168 고속터미널 도착하면 영업종료, 9170 영업종료
19:59	선임관제	사고전동차 기관사	램프열어서 고객 하차 조치하세요

[표5] 관제취급 및 무선녹취 기록 ※ 적색표기 사고전동차 위치, 청색표기 관제취급

### 1.6.6 사고전동차 기관사의 업무수행

기관사는 19시 10분경 상용운전모드인 자동운전(AUTO)모드로 김포공항역을 출발하여 운행하던 중 관제실에서 열차무선 All Call로 ‘사평역 신호장애로 열차운행이 지장받고 있다’는 내용을 통보 받고 운행을 계속하였다.

동작역에 도착(19시 37분경)하여 승객취급을 완료하고 정지현시중인 출발신호를 약 3분 정도 대기하던, 관제사로부터 출발신호는 정지가 나있는데 선로전환기 상태확인하고 FMC로 고속터미널까지 이동하라는 지시를 받고 전동차 운전방식을 자동운전에서 FMC모드로 전환하고 출발신호 정지(적색) 상태에서 19시 40분경 출발하였다.

통과역인 구반포역과 신반포역을 약 48~53km/h 속도로 계속 운행하여 고속터미널역 진입하기전 육안으로 선행열차(C9164)가 확인되어 그 뒤를 따라 약 9분 지연되어 승강장에 도착(19:45경)하여 승객의 승·하차를 확인하고, 관제사의 지시가 없는 상태에서 사평역으로 임의 출발하였다.

19시 47분경 사평역 부분선(진입A2:정지, 진출A7:정지) 통과 중(약15~30km/h), 운전관제사는 기관사가 고속터미널역에 대기 중인 것으로 예상하고 사고전동차를 출발하라고 열차무선전화로 지시하자 기관사는 사평역 통과 중이라고 보고하였고, 운전관제사는 다른 지적은 하지 않고 선행열차 주의하면서 이동하라고 지시하였다.

기관사는 선행열차(C9164)와 일정거리 유지를 위해 저속(약7km/h)으로 운전하면서 신논현역구내로 진입 중 선행열차가 신논현역 도착승강장을 출발하여 회차선(Y선)으로 나가는 것이 확인되어 진로개통표지에 정지가 현시되었음에도 불구하고 승강장 방향으로 속도를 상승하여(29km/h) 전환 중인 선로전환기에 진입하였다.

## 1.7 선로·궤도분야 정보

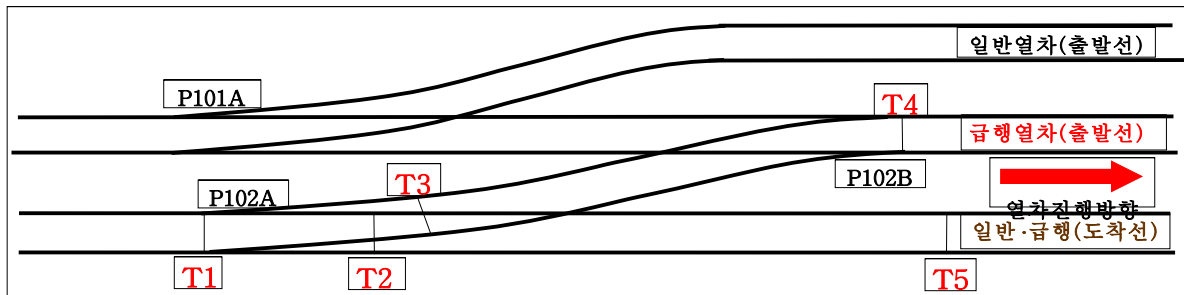
사고구간의 구조는 콘크리트 터널구조물 공간으로서 콘크리트 도상의 PC침목에 표준궤간으로 복선궤도로 부설되었고, 진행방향으로 우측통행을 하고 있다.

### 1.7.1. 사고구간 선로보수 작업내용

사고발생구간 선로 도보순회점검은 서울시메트로9호선(주)의 선로점검내규 제9조(도보순회점검)에 의거 14일에 1회씩 실시하였으며, 선로상태, 분기기, 도상·침목·배수상태 및 시설물 점검기록을 확인한 결과 특이사항은 없었다.

1.7.2 사고구간 궤간 및 레일 상태

사고지점의 궤간 및 레일마모 측정은 [그림 17]와 같은 위치에 [그림 18]과 같이 측정하였다. 측정 결과는 [표 6]과 같다.



[그림 17] 사고지점 궤간 및 레일마모 측정



[그림 18] 레일마모 측정 장면

측정위치	궤간(1,435mm) (허용값 : +10, -4)	텅레일 마모량 (허용값 : 직마모 13mm, 편마모 15mm)		비고
		좌	우	
T1	1,442	직마모 : 0.58	직마모 : 0.51	
		편마모 : 1.03	편마모 : 0.55	
T2	1,436	-	-	
T3	1,443	-	-	
T4	1,440	직마모 : 0.83	직마모 : 0.71	
		편마모 : 0.31	편마모 : 0.75	
T5	1,437	직마모 : 0.1	직마모 : 0.3	
		편마모 : 0.56	편마모 : 0.72	

[표 6] 사고지점 궤간 및 레일마모 측정결과

사고지점의 궤간 및 레일마모 측정값은 선로정비규정의 허용값 이내였다.

1.7.3 사고지점 선로전환기 텅레일 상태

선로전환기 텅레일 마모량은 [그림 19]과 같이 측정되었고, 결과는 [표 7]과 같다.



[그림 19] B102B 텅레일 마모량 측정(좌, 우)

P102A 텅레일높이(125mm) (허용값 : -12)		P102B 텅레일높이(125mm) (허용값 : -12)		비 고
좌	우	좌	우	
125	122	123	125	

[표 7] 텅레일 마모량 측정결과

사고지점 선로전환기 텅레일 마모량은 선로정비규정 허용값 이내였다.

1.7.4 사고지점 구조물의 건축한계

사고지점의 구조물 건축한계는 다음 [표 8]과 같다.

구 분	건축한계(mm)	측정결과(mm)	비 고
벽 체	1,950	2,160	
천 정	6,450	6,600	

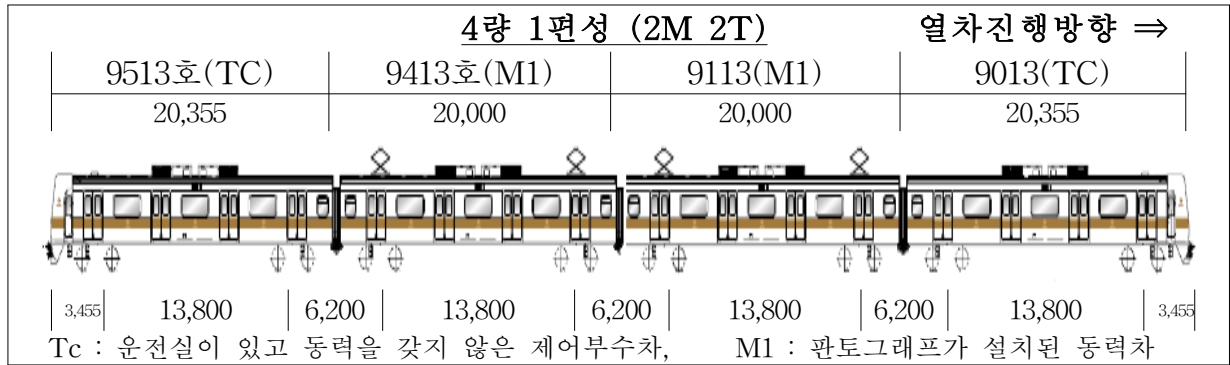
[표 8] 사고지점 구조물의 건축한계 측정 결과

사고지점 구조물의 건축한계는 철도건설규칙의 건축한계 이내였다.

1.8 차량분야 정보

1.8.1 사고전동차의 편성

전동열차는 4량(2M2T)으로 편성되어 운행되고 있으며, 향후 교통량을 감안하여 6량 편성이 가능하도록 되었다. 사고전동차 편성은 [그림 20]와 같다.



[그림 20] 사고전동차의 편성

1.8.2 사고전동차의 제원

사고전동차의 제작은 (주)현대로템에서 2008년 제작되어 2009년 9월 24부터 영업운전을 개시하였다. 전동차의 주요 일반제원은 [표 9]와 같다.

구 분	제 원				
차량편성 (차량번호)	Tc - M1 - M1 - Tc (9513) (9413) (9113) (9013)				
전동차형식	통근형 직류 전동차				
가선공칭전압	DC 1,500V (전압 변동범위 : DC 1,000V ~ DC1,800V)				
속도제어방식	가변전압 가변주파수 방식의 인버터 제어				
제동방식	회생제동 병용 아날로그 전기지령식 공기제동방식				
성능최고속도	100km/h	최고운행속도	80km/h		
가속도	3.0km/h/s 이상 (조건 : 정지 → 35km/h)				
감속도	- 상용 : 3.5km/h/s 이상 (조건 : 80km/h/s → 정지) - 비상 : 4.5km/h/s 이상 (조건 : 80km/h/s → 정지)				
차량사양	연결면간 거리	Tc : 20,355mm, M1 : 20,000mm			
	차체길이	Tc : 19,925mm, M1 : 19,500mm			
	차체폭	3,120mm	차체높이	3,600mm	
	대차중심간 거리	13,800mm			
	최대승객정원	Tc	145명(좌석 45명, 입석 100명)		
		M1	158명(좌석 54명, 입석 104명)		
차중	Tc	33.8 ton			
	M1	35.2 ton			

[표 9] 사고전동차의 주요일반제원

1.8.3 탈선차량의 차륜상태

사고발생 직후 선두차량과 두 번째 차량의 차륜에 대해서 상태를 관찰한 결과 탈선 당시 침목 및 레일의 마찰에 의한 굽힌 흔적 외 다른 이상은 없었다.

1.8.4 사고전동차 정비 검사사항

사고전동차의 출고 시에 운전실 각 지시계기의 상태, 고장표시장치 화면을 통한 차량상태, 제동 체결상태, 방송장치 동작상태 등의 출발전 시험<sup>8)</sup>을 실시한 결과 이상이 없었던 것으로 확인되었다. 선두차량과 두 번째 차량의 정기검사<sup>9)</sup> 이력을 확인한 결과는 [표 10]과 같다.

구분	실시일자	주요 검사내용	검사결과
6일검사	2010.11.27	옥상기기, 운전실기기, 객실기기 및 상하 기기의 상태점검	특이사항 없음
3월검사	2010.10.28	옥상기기, 운전실기기, 객실기기 및 상하 기기의 상태점검	특이사항 없음

[표 10] 차량 정기검사 이력

1.9. 전기·신호분야 정보

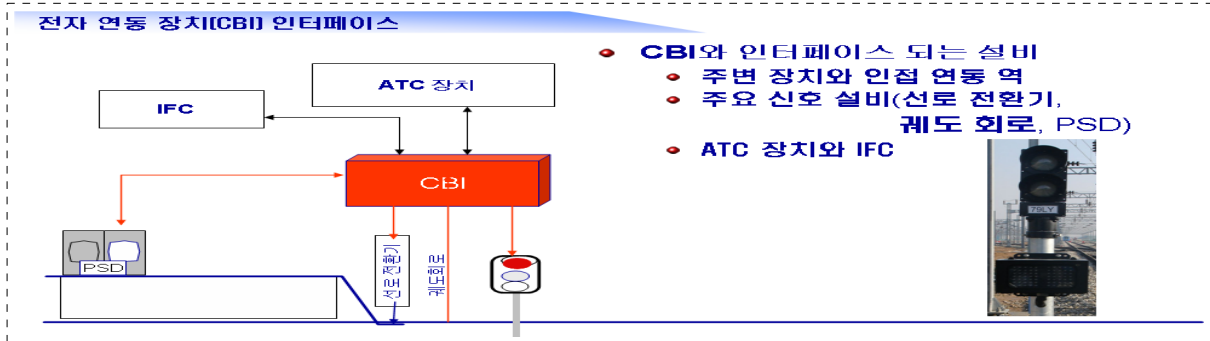
1.9.1 전자연동장치(CBI) 장애 관련

1.9.1.1 전자연동장치(CBI) 기능 및 설치현황

9호선의 전자연동장치(CBI, Computer Based Interlocking)는 신호기, 선로전환기, 궤도회로 및 스크린도어 등 현장설비와 열차자동제어장치(ATC) 등을 상호 연동시키는 시스템으로서 주변장비들과 상호 인터페이스를 통해 안전한 열차운행을 확보하고 있으며, 주변설비와 인터페이스는 [그림 21]과 같다.

8) 출발전시험(Pre-Departure Test) : 차량의 출고 전에 실시하는 시험으로 ATC 동작상태, 출입문에 대한 동작상태, 종합제어관리장치(TCMS)의 통신상태, 상용제동 및 비상제동 동작상태 등을 확인한다.  
 9) 차량정기검사 : 차량이 소정의 검사주기에 도달하였을 때 각 부분을 검사하고 기능을 확인하는 검사를 말한다. 정기검사 종류는 6일검사, 3월검사, 4년검사 및 8년검사가 있다. 6일검사 및 3월검사 내용은 다음과 같다.  
 가) 6일검사(6D) : 단위장치의 외관검사, 기능점검 및 조정을 시행하고 불량품, 소모품 등을 교환하는 검사를 말한다.  
 나) 3월검사(3M) : 장치 내·외부 단위기기의 외관, 기능 및 동작상태를 검사하고 불량품, 소모품의 교환, 조정, 국부적인 분해검사, 기기 청소 등을 시행하는 검사를 말한다.

차량기지 및 연동역사 10개소에 13식의 전자연동장치가 설치되어 있고, 하나의 전자연동장치에는 N계 및 R계의 2중계로 구성되어 어느 한쪽의 장치가 정상이면 기능에는 이상이 없도록 구성되어 있다.



[그림 21] 전자연동장치의 주변 인터페이스 설비

1.9.1.2 사평역 전자연동장치(CBI) 장애 및 조치관련

사고당일 13시 18분경 사평역 N계(Nomal)의 최초 장애가 발생되었으나 R계(Reserve)로 절체되어 시스템 문제는 없었으며, 14시 43분경 R계의 장애가 발생되어 N계로 절체되어 시스템 사용되면서 R계의 보드를 교체(17:18) 점검하였다.

18시 58분경 N계의 장애재발로 시스템이 DOWN되었고, 56분간(18:58경~19:54) 계속되다가 19시 54분경부터 약 14분간 N계의 복구로 시스템이 일시 복구되었다.

시간	사평역 CBI 2중계 상태 및 조치사항			CBI In Service	비고
	N계	조치 내용	R계		
13:18	장애	N계 장애 최초발생	OK	R계	
14:38	OK	← 절체양호	OK	N계	
14:43~15:17	OK	→ 절체불량(2회)	장애	N계	
17:18	OK	R계 보드교체	장애	N계	
18:58~19:34	장애	2중계 All 장애	장애	DOWN	사평CBI장애
19:35	장애	R계 보드 원상교체	장애	DOWN	
19:54	OK	N계 임시복구	장애	N계	탈선(19:49)
20:08	장애	Alstom점검 (21:25)	장애	DOWN	
23:12	OK	R계/ AOVD보드 <sup>10)</sup> 교체 N계/ EVPD보드 <sup>11)</sup> 교체	OK	완전복구	

[표 11] 사평역 전자연동장치 장애 조치내용

10) AOVD보드 : CBI R계 전원절체와 관계있는 보드

11) EVPD보드 : CBI N계 Vital 전원허가와 관계있는 보드



20시 08분경, N계의 장애 재발로 시스템이 다시 DOWN되어 전체 보드를 개별로 하나씩 교체하여 23시 12분경 완전 복구되었으며 그 후 장애는 발생되지 않았다. 장애 조치내용은 [표11]과 같다.

교체된 보드의 정밀진단 결과, R계는 전원절체와 관계있는 AOVD보드가, N계는 Vital 전원허가와 관계있는 EVPD보드의 콘덴서 결함으로 밝혀졌으며, 이 콘덴서는 전자연동장치의 바이탈 검증장치가 데이터를 수신하여 특정 주파수를 아날로그 필터를 통해 바이탈 전원(Vital Power)을 실행시키는 기능이었으나 콘덴서 결함으로 장애가 발생되었고, 이 불량 제품은 하자보수에 의해 제작사 측에서 보상 처리되었다. 하자보수 기간은 개통 후 3년으로 2012년 7월 23일까지이다.

1.9.1.3 전자연동장치(CBI) 유지보수 및 특별점검

전자연동장치의 유지보수점검은 신호설비보수규정 시행내규(2009.03.24시행) 제6조 및 별표2에 의거 ASCV전원측정 및 큐비클내부온도측정 등 2개 항목을 월별점검으로, ASCV Hot Standby 동작점검을 분기별 검사로, 그리고 연동검사를 2년 1회주기로 시행하도록 되어있으나, 실제 월별검사 시에는 ASCV전원측정 항목을 AOVD보드전압 측정 등 6개 항목으로 세분하여 검사를 실시하였으며, 2010년 11월 22일 J○○등 2명이 ASCV전원 측정(표준치220V, 측정치219.7V) 등 7개 항목에 대한 월별검사 결과 이상이 없었으며, 동년 8월 30일 실시된 ASCV Hot Standby동작점검 시(분기검사) ‘양호’하였으며, 유지보수 시에는 문제점이 발견되지 않았다.

사고 이후인 2010년 12월 18일부터 12월 24일까지 재발방지를 위한 9호선 전체 전자연동장치에 대한 특별점검을 실시하여 특이한 문제점은 없었으며, 특별점검은 [표 12]와 같이 시행되었다.

시행일	특별점검 및 개선 내용	비고
'10.12.18 ~ 12.24	전자연동장치 전수 특별점검 (보드 및 동작점검)	사전점검 장애방지
'11. 1.17	전자연동장치 SDM분석기 개선 S/W 업데이트(8.3.1로)	고장분석 및 복구시간 단축
'11. 4. 8	N계와 R계 자동절체시간 변경(24시 ⇒ 02시)	열차운행 시간대 불안전 요소 제거
'11. 4. 1 ~ 계속	TM32분석기 분석데이터 조정 V1.4.2 ⇒ V1.4.3	효율적이고장분석

[표 12] 전자연동장치 특별점검 개선내용

1.9.2 신논현역 B102A/B호 선로전환기 관련

신논현역구내 B102A/B호 선로전환기의 사양은 [표 13]와 같다.

품명	규격	동작전원	정부하 전환시간	용도
전기전철기	NS-AM형	-전환: AC105/220V -제어: DC 24V	210kg에서 7초 이하	Point동정 130~230mm

[표 13] 선로전환기102A/B 사양

선로전환기 유지보수사항으로 최근 월별검사는 2010년 11월 7일 K○○의 2명이 실시한 1M검사에서 ‘B102A/B선로전환기’의 모터전압, 표시전압, 제어전압 등이 측정되었고, 최근 3M검사는 2010년 10월 31일 J○○의 2명이 실시한 회로제어기·제어계전기 동작상태, 내부배선 및 단자상태, 마그네트 클러치 점검 등 검사에서 ‘양호’로 기록되었다.

최근 주별검사는 2010년 11월 14일 K○○의 2명이 선로전환기 동작상태, 밀착 및 췌정상태, 외함 및 수동부분 잠금상태, 상판급유상태, 각종 볼트너트 조임및 힐핀 상태 등 검사결과 ‘양호’하였으며 주 1회 간격(11/7, 10/31 10/24 등)으로 검사를 실시한 것으로 기록되었다. 선로전환기 기능에는 문제점은 없었다.

1.9.3 신호연동도표 및 연동시험 관련

신호연동도표는 역구내 각 신호보안장치(신호기, 선로전환기, 궤도회로)를 일정한 절차에 의해 상호 연쇄적인 작동을 나타내는 도표로서 진로설정, 선로전환기 췌정, 신호제어 진로·구분췌정, 접근·보류췌정에 관한 내용이 체계적으로 포함된다.

신논현역구내 연동도표에 의한 현장 연동시험이 2008년 5월 29일 시공사 및 감리사 합동으로 실시되었고, 시험결과 연동도표와 일치되어 이상이 없는 것으로 기록되었다

사고당시 관제사가 신논현역구내 「B2 ⇒ B4」 진로변경 제어명령에 의해 해당 선로전환기(B102A)가 「정위 ⇒ 반위」로 작동된 매카니즘은 연동도표 및 신호시스템의 정상적인 작동에 의한 것이었다.

1.10 사고전동차 운행정보 기록

사고전동차가 운행한 주요 위치의 운행정보기록 발췌결과는 [표 14]와 같다.

계획시간	실적시간	역 위치	속도 (km/h)	운전취급 사항	비 고
19:10:00	19:10:35	김포공항역		E9584열차 출발	운전모드 AUTO
19:33:40	19:37:29	동작역		동작 승강장 도착	
	19:40:25	동작역		운전모드 전환	AUTO ⇒ FMC
19:33:40	19:40:33	동작역		동작 승강장 출발	
19:34:50	19:42:05	구반포역	48	구반포 통과	
19:35:35	19:42:55	신반포역	53	신반포 통과	
19:36:45	19:45:08	고속터미널역		고속터미널 도착	CBI장애구간
19:37:15	19:45:55	고속터미널역		고속터미널 출발	CBI장애구간
19:38:40	19:48:05	사평역	26	사평역부분선 통과	CBI장애구간
	19:48:56	신논현역구내	29	신논현구내 진입	B2T궤도점유시작
	19:48:57 ~49:19	신논현역구내	28⇒07	속도하강 (22초간)	B2T궤도점유(계속)
	19:49:19 ~49:41	신논현역구내	07⇒24	속도상승 (22초간)	B2T궤도점유(계속)
	19:49:41	신논현역구내	24	B2(진로개통표지)통과	B2 정지상태
	19:49:42	신논현역구내	26		B102AT궤도점유
	19:49:48	신논현역구내	29		B102BT궤도점유
	19:49:50	신논현역구내	28	비상제동(EB)취급	
	19:49:52	신논현역구내	25	EPANDS 취급	판타하강, 2량째 탈선
	19:49:53	신논현역구내	17		
	19:49:55	신논현역구내	9		
	19:49:56	신논현역구내	2		
	19:49:56	신논현역구내	0	사고전동차 정지	
19:40:30	22:00:40	신논현역 도착			

[표 14] 사고전동차 속도기록계 기록

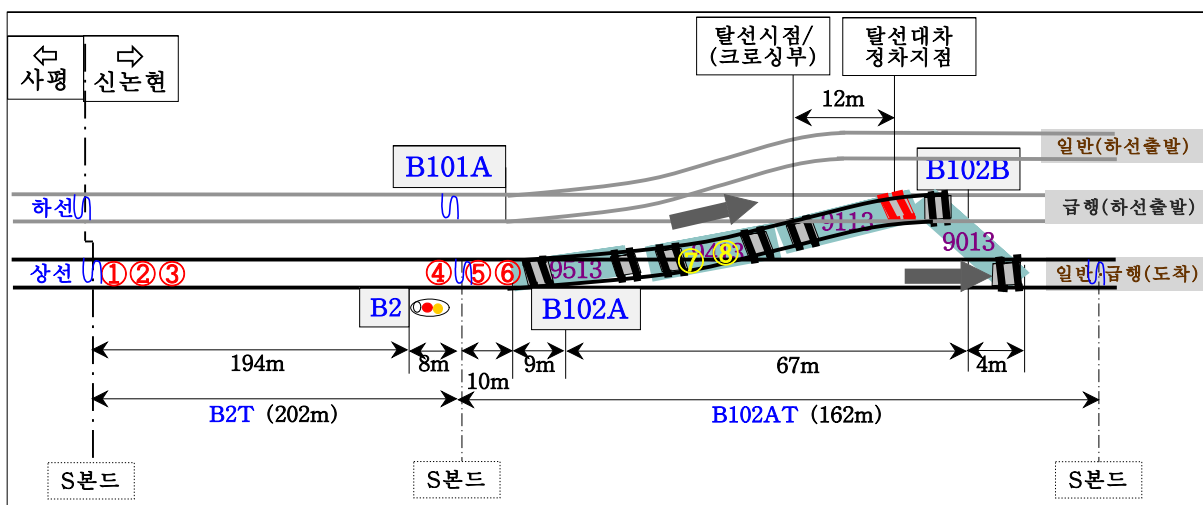
1.11. 선로전환기 진로변경 과정

1.11.1 제어명령 및 궤도회로 점유상태

종합관제실 TCC(Total Control Computer)기록에 나타난 관제사의 제어명령 및 선로전환기 동작과 사고전동차의 궤도회로 점유상태는 [그림 22] 및 [그림 23]과 같다.

시간 구분	19	시 19	19
	09	분 48	49
	40	초 45	55
관제사 제어명령, 선로전환기 동작	◎ (19:09:42) 선로전환기 B102A/B 블로킹설정 제어명령		②(19:48:58) 선로전환기B102A/B 블로킹해정제어명령
	◎ (19:09:47) 선로전환기 B102A/B 블로킹설정 완료		③(19:49:04) 선로전환기 B102A/B 블로킹해정 완료
궤도회로 점유			①(19:48:56) (29km/h) 신논현구내(B2T궤도)점유
			(19:49:42) (26km/h) ⑥ B102AT궤도회로 점유
			(19:49:39) 진로설정(B2→B4)제어 명령(B102A/B선로전환기) ④
			(19:49:41)B102A/B⑤ 반위전환 시작
			(19:49:47)B102A/B⑦ 반위전환 및 쇄정완료
			(19:49:48) (29km/h)⑧ B102BT궤도회로 점유

[그림 22] 선로전환기 제어명령 및 궤도회로 점유상태(TCC기록)



[그림 23] 사고전동차 신논현구내 탈선상황

## 1.11.2 진로변경 과정 설명

## 1) 블로킹 설정(19:09:42~19:09:47)

종합관제센터는 대응폐색(지령식)을 시행하면서 선로전환기(B102A/B)의 블로킹을 설정하였다.

## 2) 블로킹 해제(19:48:58~19:49:04)

관제사가 진로변경을 위하여 선로전환기(B102A/B) 블로킹해제를 실행하여 6초 경과하여 해제가 완료(19:49:04)되었다. 이때 사고전동차는 신논현역 CBI구간(B2T 궤도회로)에 진입하여(19:48:56) [그림23] ① ② ③의 위치에서 진행하였다.

## 3) 진로변경 조작 (19:49:39)

관제사가 진로변경(B2⇒B4)제어명령을 실행한 때는 블로킹해제가 완료되고 약 35초 경과된 시점(19:49:39)에 실행되었다. 이때 사고전동차는 B2(진로개통표지)~S본드(B2T~B102AT경계)사이에 진행되었고, [그림23] ④ ⑤ ⑥의 순서로 진행하였다.

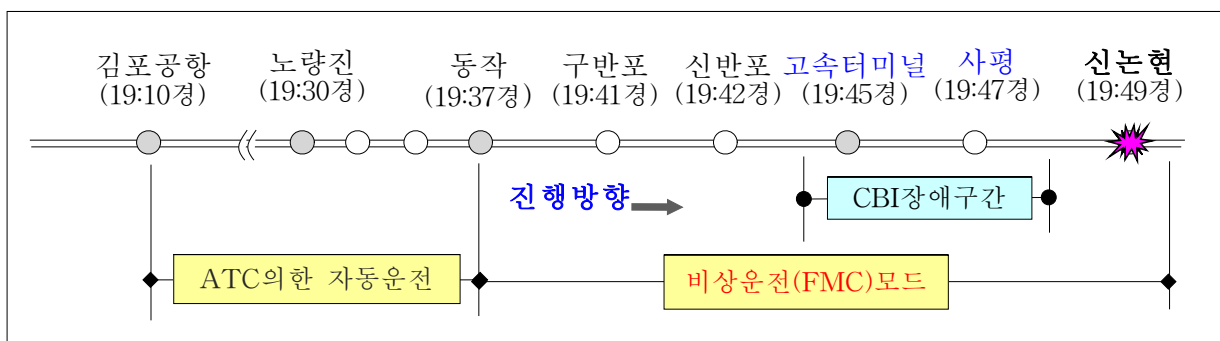
## 2 분석

### 2.1 장애발생에 따른 운행가능 방법

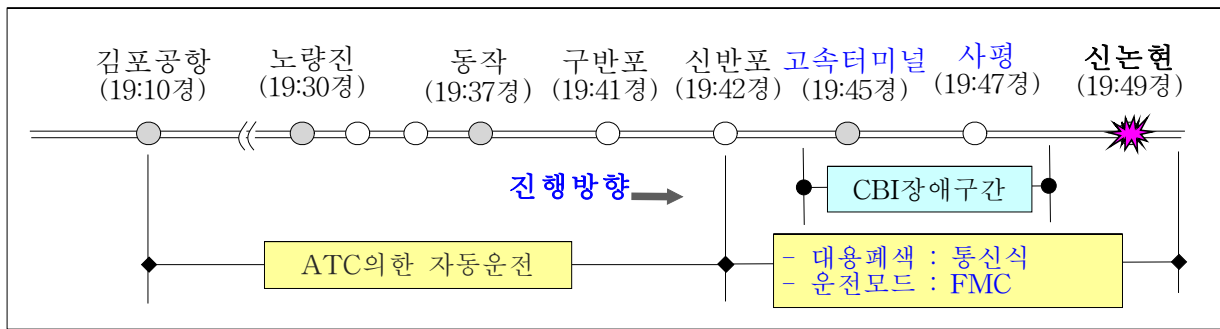
신반포/고속터미널역 경계 ~ 사평역/신논현역 경계간 전자연동장치 장애는 차상에 현장 신호정보가 전달되지 않아 상용인 자동운전모드로 운행이 불가능하고, 또한 종합관제실도 열차 점유 및 신호기 상태를 알 수 없어 정상적인 관제업무 수행이 불가능한 상황이다.

운전방식은 AUTO모드로 운행이 불가능하기 때문에 FMC로 운행해야 하며, 운전방식 전환은 승강장에 설치된 정밀정차비콘 위치에서 기관사의 조작에 의해 정차중에만 가능하기 때문에 급행열차는 동작역과 신논현역에서, 일반열차는 신반포역과 신논현역에서 가능하고 급행/일반열차 구분운행을 위하여 고속터미널역에서 선행 일반열차를 대피시키고 급행열차를 우선 운행하여야 하나 장애발생으로 불가능하기 때문에 급행/일반열차 구분없이 일반열차로 운행할 수밖에 없다면 모든 전동열차 운전방식의 전환은 신반포역과 신논현역에서 가능하다.

폐색방식은 상용폐색방식이 불가능하기 때문에 대용폐색방식으로 운용하여야 하며, 대용폐색방식중 열차점유 상태를 확인할 수 없기 때문에 통신식을 사용하여 폐색구간 양단에 고객안전원을 배치하고 관제사의 지시에 의해 열차를 운행하여야 하고, 구간은 신반포역부터 신논현역까지로 설정하여야 하며, 이때 지정한 폐색구간에는 1개열차만 운행할 수 있다.



[그림 24] 사고전동차 운행상황



[그림 25] 장애상황에 적합한 운행방식

### 2.2 관제사의 운전방식 전환 적정성

사평역CBI 장애상황에서 전동차를 운행하기 위하여는 신반포역 승강장에서 FMC운전모드로 전환하여야 하나, 동작역에서부터 FMC운전모드로 전환하여 신호의 정지현시는 무시하고 선행열차에만 주의하여 무리하게 운행하도록 조치한 것은 적절하지 못하였다.

### 2.3 관제사의 폐색방식 운영 적정성

운전취급규정의 절차에 따라 장애구간이 포함된 신반포 ~ 신논현역 구간은 상용폐색방식을 대응폐색방식(통신식)으로 변경하여 고객안전원을 폐색구간 양단에 각각 배치하고 폐색취급을 실시하여야 하나, 폐색방식 변경절차와 폐색구간을 명확히하지 않은 채 관제사가 각 열차의 기관사에게 지시하는 방식으로 신호현시는 무시하고 무리한 열차운행을 강행한 것은 규정과 절차에도 없는 임의 방법으로서 폐색운영이 적절치 못하였다.

### 2.4 관제사의 신논현역 진로변경 적정성

관제센터는 장애발생 초기 신논현역의 선로전환기의 임의 전환을 방지하기 위하여 블로킹을 설정하여 적절한 안전조치를 취하였으나, FMC운전모드에서는 시스템적인 안전성이 확보되지 못한 상황에서 급행열차의 소통만을 위한 선로전환기의 블로킹을 해제하고 진로를 변경시킨 것은 적절치 못하였다.

## 2.5 종합관제실 업무수행 적정성

관제업무를 총괄하고 있는 관제과장은 장애발생에 따른 폐색방식 변경과 그에 따른 구간설정 및 운전방식 전환위치 등에 대하여 적절한 판단으로 대응하지 못하였으며, 특히 신논현역 진로변경을 시행할 때 운전관제사와 기지관제사를 적절히 통제하여야 함에도 불구하고 기지관제사에게는 진로변경을, 운전관제사에게는 상행선 지령업무를 수행하도록 각각 업무를 분리하여 관제업무가 이원화되는 상황을 초래케 하였으며, 이 내용을 운전관제사 및 기관사에게 통보하지도 않았다. 이는 관제업무 전반에 걸쳐 규정이 무시되고 있으며, 시스템에 대한 이해가 부족한 상황에서 장애에 대응하는 매뉴얼과 적절한 교육훈련도 시행되지 않는 등 문제점이 많은 것으로 분석되었다.

## 2.6 기관사의 업무수행 적정성

기관사는 관제사로부터 고속터미널역까지만 운행토록 지시받았으나, 이를 무시하고 출발지시도 받지 않고 사평역까지 임의로 운행하는 잘못을 하였으며, 신논현역은 관제사의 지시에 의해 선행열차를 주의하면서 운행하였으나, 신호시스템이 정상적인 구간인 신논현역구내 진로개통표지(B2)의 정지현시에 의해 우선 정지하고 관제사의 지시를 받아야 했으나 그리 하지 못하였다.

## 2.7 기타시설 적정성

차량과 사고구간의 선로 및 장애구간을 제외한 신호시설에 문제점은 없었다.

## 2.8 종합분석

규정무시와 시스템 이해 부족에 따른 운전방식 전환과 폐색방식 운영에 대하여 상황에 맞게 적절히 대응하지 못하였고, 장애상황에 대한 대응 매뉴얼 미흡 및 교육훈련 부족, 안전에 대한 기본원칙이 무시된 채 열차운행 지연해소를 우선 시하는 업무처리 자세 등이 종합적으로 작용하여 사고가 발생된 것으로 분석되었다.



### 3. 결론

#### 3.1. 조사결과

- 3.1.1 사고당일 18시 58분경, 사평역 전자연동장치의 장애로 인해 이 구간(신반포/고속터미널 경계~사평/신논현 경계)에는 ATC시스템에 의한 열차자동운전 및 자동폐색 기능이 중단된 상황이었다.
- 3.1.2 종합관제센터에서는 관제과장의 지시에 의해 기지관제사가 사고전동차의 신논현역 도착선 진로변경을 실행하여 B102A 선로전환기가 전환하고 있었고, 기관사는 운전관제사의 운행통제에 따라 선행열차에만 주의하면서 B2(진로개통표지) 정지현시를 무시하고 진행하여 전환중인 선로전환기에서 선두차량 앞대차는 직진방향으로, 뒷대차부터는 좌측방향으로 진행하여, 선두차량 앞뒤대차가 서로 다른선로로 진행하면서 차체가 비틀려 전면 우측 모서리가 터널벽면에 부딪혀 파손되고, 두 번째 차량 앞대차는 크로싱부를 통과할 때 좌측으로 탈선되어 12m를 진행하고 정차하였다.
- 3.1.3 장애구간은 운전취급규정에 의거 대용폐색방식인 통신식 폐색방식을 절차에 따라 폐색구간을 명확히 설정하여 고객안전원을 배치하여 안전하게 폐색취급하여야 함에도 불구하고 임의로 각 열차를 통제하였다.
- 3.1.4 장애구간이 아닌 동작역, 구반포, 신반포, 신논현 등 구간을 FMC운전모드로 열차를 운행하면서 선행열차에만 주의하고 정지신호는 무시하는 비정상적인 열차운행을 하므로서 ATP/ATO시스템 보호를 받지 못하는 결과를 초래하였으며, 이는 관제운영에서 9호선 열차제어시스템에 관한 충분한 이해없이 열차소통을 강행하면서 안전은 도외시 하는데서 기인되었다.
- 3.1.5 이 장애상황에서는 급행열차와 일반열차 운행을 강행하기보다는 안전을 위한 판단 및 적절한 조치를 취하여야함에도 불구하고 급행열차인 사고전동차의 진로변경과정에서도 안전한지 여부를 확인하지 않고 무리하게 실행하여 사고를 유발하였다.

- 3.1.6 선로전환기의 안전성을 확보하기 위해 블로킹설정은 적절히 실행하였으나, 진로변경을 강행하면서 블로킹 해제, 진로변경 실행, 사고전동차 운행통제 등 단계별 확인 및 안전조치가 일관성이 없이 허술하였으며, 블로킹 설정 및 해정에 관한 절차규정도 없었다.
- 3.1.7 관제과장은 운전관제사에게는 상행선 열차통제업무를, 기지관제사에게는 원격조작업무를 분담하도록 각각 지시하면서 정보소통은 단절되어 진로변경 내용이 운전관제사 및 기관사에게 전달되지 않고 관제업무는 이원화되었다.
- 3.1.8 기관사는 장애구간이 아닌 신논현역구내에 진입하면서 B2(진로개통표지)의 정지현시에도 불구하고 그 외방에서 일단정지를 실시하지 아니하고 사고전동차의 운행을 계속하였다.
- 3.1.9 운전취급자가 취급과오를 방지하기 위한 지적확인 환호응답 시행이 미흡하였으며, 관제사 등 지적확인 환호응답 요령 및 대상기준이 미흡하였다.
- 3.1.10 장애상황에 대응하는 매뉴얼은 미흡하였으며, 총체적인 교육훈련도 적절히 시행되지 않았다.
- 3.1.11 관제업무의 이례상황에 대한 안전조치 및 처리수준이 미흡하였다.
- 3.1.12 사평역 전자연동장치 장애는 R계의 전원절체와 관계있는 AOVD보드가, N계의 EVPD보드 콘덴서 결함으로 인해 Vital 전원의 실행기능이 수행되지 못하였으며, 불량보드는 제작사의 하자보수로 처리되었고 이후 동종의 장애나 하자는 발견되지 않았다.
- 3.1.13. 차량과 사고구간의 선로시설에 문제점은 없었다.

### 3.2. 사고 원인

2010년 11월 28일 서울시메트로9호선 신논현역에서 발생한 전동열차 탈선사고의 원인은 다음과 같다.

사고당일 18시 58분경 사평역 전자연동장치의 장애발생으로 종합관제센터에서는 ATC시스템에 의한 이 구간의 열차자동운전 및 자동폐색 기능이 정지된 상황에서

급행열차인 사고전동차를 빨리 도착시키기 위해 무리하게 진로를 변경하는 과정에서 관제가 이원화 되었고 안전장치인 블로킹을 임의로 해제하고 진로를 취급한 결과, 이 상황을 통보받지 못한 운전관제사의 지시대로 이동하던 사고전동차가 정지신호를 무시하고 전환중인 선로전환기를 진입하게 된 것이 이 사고의 직접적인 원인이다.

이 사고의 기여요인은, ① 규정에 의한 적절한 폐색방식 변경 및 그 적용구간 미설정, ② 전동차 운전방식 전환의 부적절, ③ 급행/일반열차의 구분을 강행, ④ 블로킹 설정 및 해정에 대한 절차규정 부재, ⑤ 관제정보 공유 및 소통 부재, ⑥ 시스템에 대한 이해부족, ⑦ 장애대응 매뉴얼 미흡 및 교육훈련 미실시, ⑧ 안전보다도 영업 우선시하는 업무태도 등이다.

#### 4. 안전권고

항공·철도사고조사위원회는 2010년 11월 28일 신논현역에서 발생한 전동열차 탈선사고에 대한 조사결과에 따라 다음과 같이 안전권고를 발행한다.

##### □ 서울시메트로9호선주식회사에 대하여

###### 1. 종합관제실 관제업무 수행과 관련하여

- 가. 장애발생시 관련규정 절차에 따라 반드시 상황에 맞는 폐색방식 및 그 적용 구간을 설정하고,
- 나. 9호선의 관제 및 신호시스템에서 보호되는 상황에 맞는 전동차 운전방식으로 운영하고.
- 다. 장애상황에서는 급행열차를 우선 소통하는 무리한 진로변경을 지양하고
- 라. 관제센터의 책임자는 관제명령 체계가 이원화되지 않도록 정보공유를 철저히 할 것

###### 2. 철도운영업무의 시스템을 전반적으로 개선하여

- 가. 관련규정을 모든 종사자들이 쉽게 정확히 이해할 수 있도록 내용을 정비하고 숙지 및 철저히 이행토록 하고,
- 나. 선로전환기 블로킹 설정 및 해정에 관한 절차규정을 마련,
- 다. 장애대응 매뉴얼 제정 및 교육훈련을 실시하며,
- 라. 9호선 열차운행시스템에 대한 전반적인 이해를 증진시키도록 지속적인 교육시행,
- 마. 안전보다 영업을 우선시하는 업무태도를 개선하도록 할것.
- 바. 전자연동장치의 장애가 최소화되도록 유지보수검사 기준을 강화할 것.

##### □ 서울시에 대하여

사회기반시설에 대한 민간투자법 제45조 제1항 및 동법시행령 제35조 근거하여

- 1. 서울시메트로9호선의 관제업무 전반에 대한 진단을 실시하여 업무의 전문성있는 조직으로 강화하고 종사원들의 자질을 향상시킬 수 있는 방안을 강구할 것.