

철도사고조사 중간 보고서

서울교통공사

4호선

상계역 구내

제S4933전동열차(461편성,10량), K581전동열차(23편성,10량)

열차충돌(추돌)

2020년 6월 11일(목) 10시 43분경



2021. . . .



항공·철도사고조사위원회

이 조사보고서는 「항공·철도사고조사에 관한 법률」 제2조(정의)에 의거 사고조사가 이루어졌으며, 제25조(사고조사보고서의 작성 등)에 따라 작성되었다.

같은 법률 제1조(목적)에서‘철도사고 조사는 독립적이고 공정한 조사를 통하여 사고 원인을 정확하게 규명함으로써 철도사고의 예방과 안전 확보에 이바지함’을 목적으로 하고 있다.

또한, 제30조(다른 절차와의 분리)에 따라 ‘사고조사는 민·형사상 책임과 관련된 사법절차, 행정처분 절차 또는 행정쟁송절차와 분리·수행’되어야 하고,

제32조(불이익의 금지)에서‘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 아니한다.’라고 규정하고 있다.

그러므로 이 조사보고서는 철도분야의 안전을 증진시킬 목적 이외의 용도로 사용되어서는 아니 된다.

차 레

제목	1
개요	2
1. 사실 정보	4
1.1 사고의 경위	4
1.2 피해사항	5
1.3 관계자 인적정보 및 업무수행사항	7
1.4 선로정보	13
1.5 차량정보	15
1.6 신호·전기정보	20
1.7 기상정보	23
2. 분석	24
2.1 업무수행사항 분석	24
2.2 선로분석	28
2.3 차량분석	28
2.4 신호분석	31
2.5 종합분석	32
3. 결론	34
3.1 조사결과	34
3.2 사고원인	37
4. 안전 권고	38
4.1 서울교통공사에 대하여	38

서울 4호선 상계역 구내 전동열차 충돌사고

- 운영기관 : 서울교통공사
- 운행노선 : 4호선
- 발생장소 : 상계역구내 (당고개역 기점 1Km183m 지점)
- 사고열차 : 제S4933전동열차(서울교통공사 461편성,10량)
제K4581전동열차(한국철도공사 23편성,10량)
- 사고유형 : 열차충돌(추돌)
- 발생일시 : 2020년 6월 11일(목) 10시 43분경



[그림1] 상계역 구내 열차 충돌(추돌)사고 현장

개요

서울교통공사 4호선에서 창동차량기지(이하 ‘기지’라 한다)로 입고 중인 서울교통공사 제S4933열차(461편성·10량, 이하 ‘사고열차’라 한다)의 기관사(이하 ‘사고열차 기관사’라 한다)가 전도주시 및 정지신호 확인을 소홀히 하여, 상계역 구내에 정차 중인 한국철도공사 제K4581열차(23편성·10량, ‘철도공사열차’라 한다)를 추돌하여 [그림2]와 같이 철도공사열차의 차량 3량이 탈선하여 전동차 및 승강장안전문 등 시설물 피해가 발생하였으나 인명 피해는 없었다.



[그림2] 상계역 구내 열차 충돌사고 상황도

항공·철도사고조사위원회는 「항공·철도사고조사에 관한 법률」 제2조(정의) 및 제18조(사고조사의 개시)에 따라 사고조사를 실시하였다.

1. 사실정보

1.1 사고의 경위

2020년 6월 11일 10:37경 서울교통공사 4호선 당고개역 상선에서 사고열차 기관사가 관제사에게 입고보고 후 ATC 속도코드(40Km/h)가 수신되어 선로전환기(493A호, 493B호)를 통과하던 중 ADU¹⁾에 ATC‘STOP’이 현시되며 상용만제동이 체결되어 정차하였다.

정차 후 약 1~2초 후에 40Km/h 속도코드가 수신되어 운행을 재개하여 운행시 순간 무코드가 발생하여 상용만제동이 체결되었으나, 기관사가 확인 제동을 취급하여 완해하였다.

사고열차 기관사는 약 70~80m 전방에서 철도공사열차가 상계역을 출발하는 것을 확인한 후, 운전실 햇빛 가리개를 내리고 의자에 앉아 스트레칭을 하는 등의 행동으로 전도주시와 ADU 신호 현시상태를 확인을 하지 않았다.

이때 상계역을 출발하던 철도공사열차는 입고열차의 정차로 인해 무코드가 발생하여 상계역을 벗어나지 못하고 상계역 구내에 다시 정차하고 있는 상황이 되었다.

이후 사고열차가 철도공사열차에 접근함으로 인해 ATC 무코드가 발생하였으나 ATC 차상장치는 열차를 정차시키지 않고 15Km/h모드를 활성화시켜 사고열차의 진행을 허용하였다.

그러나 사고열차 기관사는 이러한 상황을 인식하지 못하였으며 스트레칭을 마치고 전방을 확인했을 때는 이미 약 10m 정도로 근접해 있었으므로, 제동을 취급하였으나 제동거리 부족으로 철도공사열차를 추돌하여, 철도공사열차의 3호차(전방 대차), 6호차(전방 대차), 7호차(후방 대차)가 탈선하였다.

1) ADU : ATC 지시속도와 실제속도 등을 기관사에게 알려주는 장치

1.2 피해 상황

1.2.1 인명 피해

이 사고로 인명 피해는 없었다.

1.2.2 물적 피해

1.2.2.1 시설 피해

승강장안전문 분야에서 승강장안전문설비의 하선 가동문(3-4, 8-4), 연단석 등이 파손되는 피해가 발생되었다.

1.2.2.2 차량 피해

철도공사열차는 대차탈선(3량) 및 연결기, 배장기, 운전실 출입문 등이 파손되었으며, 사고열차는 맨 앞 차량(이하 ‘사고차량’이라 한다)의 밀착연결기, 운전실 유리, 점퍼 커플러, 차체 외판, 우수관 등이 파손되는 피해가 발생되었다. 충돌 및 탈선사고 발생에 따른 차량의 피해 상황은 [그림3]과 같다.

1.2.2.3 기타 피해

영업분야에서는 교통카드 반환 등 영업 손실이 있었다.

1.2.2.4 피해액

이번 사고로 인해 [표1]과 같이 약 320백만원의 피해가 발생 되었다.

(단위 : 원)

구분	소 계	차량분야	승강장안전문 분야	영업분야
합 계	319,940,600	301,435,700	18,000,000	504,900
서울교통공사	106,504,900	88,000,000	18,000,000	504,900
한국철도공사	213,435,700	213,435,700	-	-

[표1] 분야별 피해 금액



[그림3] 사고열차의 피해 상황

1.3 관계자 인적정보 및 업무수행사항

1.3.1 기관사

사고열차 기관사는 당고개역 상선에서 입고하기 위해(10:37경) 제1종합관제센터 관제사에게 “신호·진로 좋다”고 입고 보고를 하였고, 관제사로부터 “신호·진로 확인되면 입고하라”는 지시를 받은 후 40Km/h 속도코드가 수신되어 사고열차를 출발시켰다.

사고열차가 출발하여 선로전환기(493A호, 493B호)를 통과하던 중 ATC ‘STOP’이 표시되며 상용만제동이 체결되어 정차하였으나, 약 1~2초 후에 다시 40Km/h 속도코드가 수신되어 운행을 하였으며 이후에도 순간 무코드가 발생하였으나 확인제동을 취급하여 제동을 완해시킨 후 운행을 계속하였다.

사고열차 기관사는 철도공사열차가 약 70~80m 전방에서 상계역을 출발하는 것을 확인한 후, 운전실로 들어오는 직사광선을 차단하기 위해 [그림4]와 같이 햇빛 가리개를 아래로 끝까지 내렸다.

햇빛 가리개를 내린 사고열차 기관사는 두 팔을 위로 올리고 고개를 아래로 숙이는 자세로 스트레칭을 실시하여 전방주시와 ADU를 확인할 수 없는 상태로 운행하였다.



[그림4] 햇빛 가리개가 끝까지 내려진 상태의 시야

이때 철도공사열차는 입고열차의 입고지연으로 인해 무코드가 발생하여 상

계역 구내를 벗어나지 못하고 다시 정차해 있는 상황이었다.

사고열차 기관사가 스트레칭을 마치고 고개를 들었을 때는 이미 철도공사 열차와 간격이 약 10m 정도로 가까워져 있었으므로, 제동을 취급하였으나 제동거리 부족으로 철도공사열차를 충돌하였다.

사고열차 기관사가 사고발생 이전 열차운행 중에 전도주시에 집중하지 못한 또 다른 사유가 있는지를 확인하기 위해 기관사 본인의 동의를 얻어 소속에서 제출받은 [표2]의 개인 이동전화 통화내역을 확인하였다.

SK Telecom												
통 화 내 역												
일시 : 2020/06/12 11:29:51												
NO	구분	통화 발신일시	SMS 수신시간	통화시간	상대전화번호	사용량 (KB/MB/일)	통사료요금	발신요금	수신요금	발신내용	비고	네트워크 유형
1	국내통화 통화	2020/06/11 10:44:55		00:28		28.0	50.40	50.40	0.00	SKT 고객간 음성 무제한		HD voice 음성(HD)
소계						28.0(0/0)	50.40	50.40	0.00			
합계						28.0(0/0)	50.40	50.40	0.00			

[표2] 사고열차 기관사 개인 이동전화 통화 내역

제출된 통화기록을 확인한 결과 사고발생 이전에 통화한 기록은 없었으며, 사고발생 후(10:44:55) 기관사 본인의 소속 팀장에게 사고와 관련된 내용으로 통화한 사실을 확인하였다.

1.3.2 관제센터 관계자(관제부장, 관제사)

관제부장과 관제 A탁, 관제 B탁 근무 관제사들도 모두 관제사 자격을 취득하여 적법하게 관제업무를 수행하고 있었으며, 사고발생일 이전의 행적은 근무 주기가 4조 2교대 형태로서 야근-비번-휴무일 후 출근하였으며, 코로나로 인해 외출을 하지 않고 집에서 휴양관리를 취하여 관제업무수행에 지장을 줄 만한 사유는 없었다.

사고 당일 4호선 구간의 열차운행을 정리·통제한 관제부장 등 관제사들의 진술을 종합하면 다음과 같다.

사고 당시의 열차운행 현황은 최고 혼잡시간대가 지난 약간 복잡한 시간대였고 창동·노원·상계·당고개 구간은 본선열차와 입·출고열차가 혼용하는 선로로서 입고열차가 입고하는 과정에서 상선 열차가 밀집되어 있었다.

사고열차가 당고개역을 출발하여 선로전환기를 지난 시점에서는 당고개역~상계역간 거리가 1.2Km 이며 하선은 서행 30Km/h 구간이고 철도공사열차는 이미 상계역 하선에 도착해 있었고, 후속 사고열차는 서행구간을 지나야 하기 때문에 열차 간격은 충분히 유지될 것으로 판단하였다.

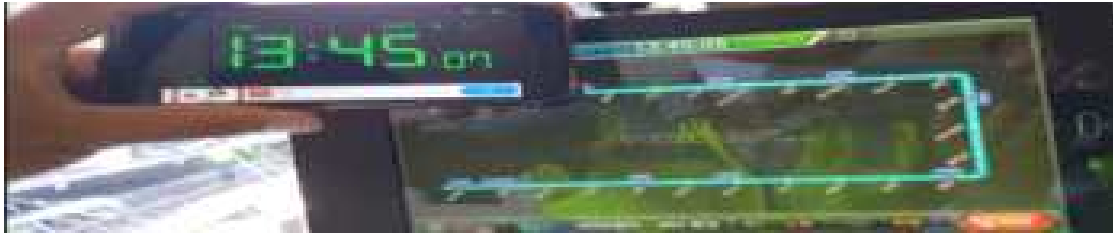
당고개역 상·하선 착발 시행 중에 상계역 승강장구내에는 철도공사열차가 정차한 상태에서 입고열차인 사고열차가 뒤 따라가는 상황이었으므로, 만약 상계역 승강장에 정차해 있던 철도공사열차가 출발을 못할 경우라도 후속 사고열차는 ATC에 의해 당연히 정차할 것으로 판단하였다.

사고당일 추돌을 당한 열차와 사고열차의 운행간격이 가까워진 것을 확인하지 못한 것은 통제구간인 당고개역 구간뿐만 아니라 사당역 구간까지 광범위하게 감시 통제하고 있었으므로 입고열차인 사고열차에 대해서만 집중할 수 없었다.

1.3.3 기록정보

1.3.3.1 사고열차의 운행기록

사고열차(461편성)의 시간이 [그림5]와 같이 표준시간 대비 1초 늦어 보정하였다.

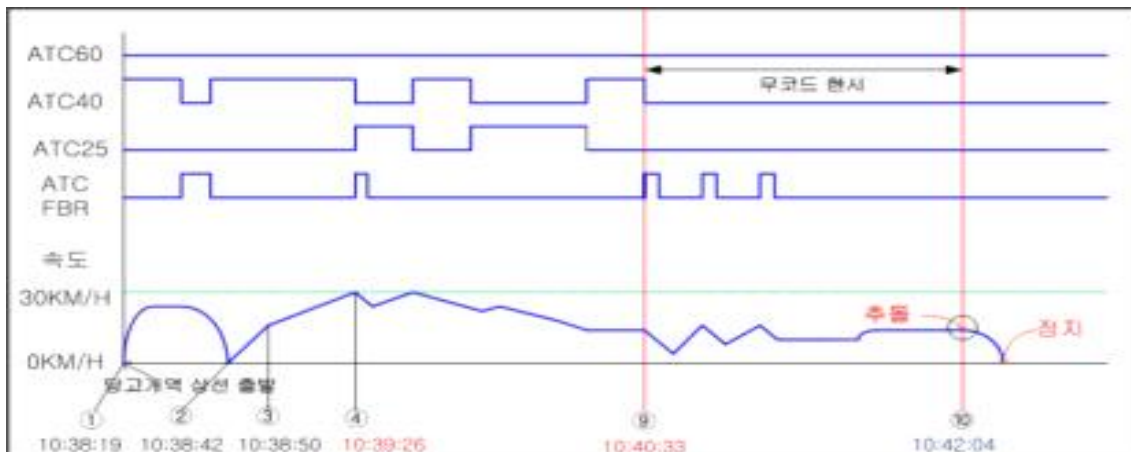


[그림5] 표준시간 대비

사고열차의 속도코드 변화와 열차운행기록은 [표3], [그림6]과 같다.

번호	시간	속도코드	주행속도	운행기록	비고
①	10:38:19	40	약 25Km/h이하	당고개역 출발	
②	10:38:42	무코드	0	무코드에 의한 정차	
③	10:38:50	40	약 25Km/h이하	40Km/h코드 수신하여 진행	
④	10:39:26	무코드	"	순간 무코드 발생	기관사 확인제동
⑤	10:39:27	25	15Km/h 이하	15Km/h 이하로 속도 조절 운행	
⑥	10:39:39	25,40	"		
⑦	10:39:50	40,25	"		
⑧	10:40:19	24,40	"		
⑨	10:40:33	무코드	"	무코드 발생, 15Km/h모드 활성화	자동활성화
⑩	10:42:04	15Km/h 모드	"	제동취급 하였으나 추돌	추돌

[표3] 속도코드 변화



[그림6] 열차운행기록

[그림6의] 열차운행기록을 살펴보면 ① (10:38:19) 당고개역 상선에서 하선으로 선로전환기를 지나 출발 후 ② (10:38:42) ATC 무코드에 의해 정

차하였고 ③ (10:38:50) 열차가 정차한 후 정상적인 속도코드(40Km/h)를 수신하여 하선 당고개역 방향으로 운행하였다.

④ (10:39:26) 상계역에 정차되어있는 선행 철도공사열차로 인해 사고열차에 무코드가 발생하여 상용만제동이 체결되었으나, 기관사 확인 제동 및 완해조치로 운행 중 앞에 정차되어 있는 철도공사열차에 접근으로 인해 ⑨ (10:40:33) 무코드가 발생하였으나 15Km/h모드가 자동으로 활성화되어 15Km/h 이하의 속도로 앞에 정차해 있는 철도공사열차 쪽으로 계속 운행되었다.

⑩ (10:42:04) 기관사가 정차해 있는 열차를 발견하고 제동을 취급하였으나 제동거리 부족으로 철도공사열차를 충돌하여 그 충격으로 3량이 탈선한 것으로 분석되었다.

1.4 선로정보

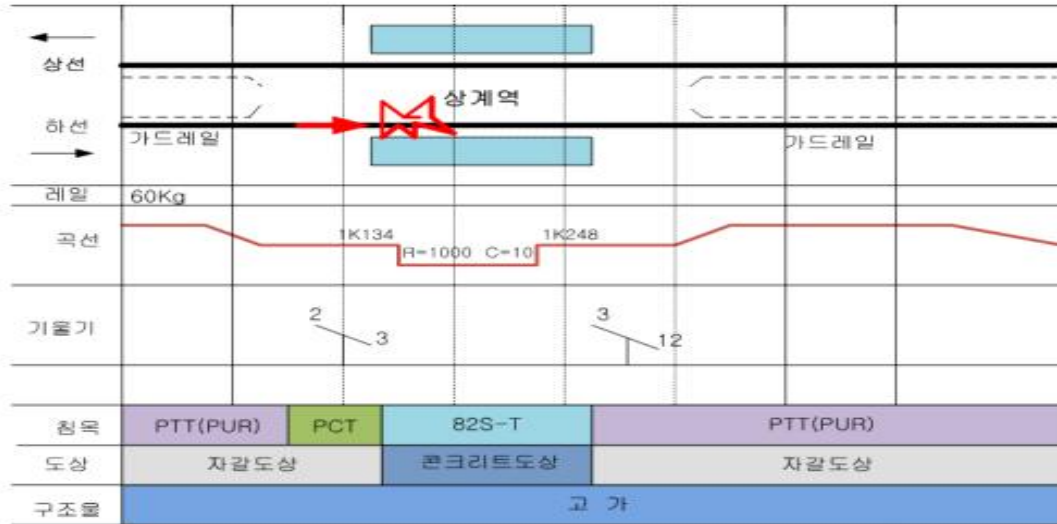
1.4.1 사고현장 정보

사고 현장은 [그림8]과 같이 상계역 구내로 진입하는 구간으로서 충돌지점(당고개역 기점 1.183km)은 곡선반경(R)은 1,000m이고, 선로의 기울기는 없는 구간이었다.

사고 구간의 선로선형은 열차 진행방향 우곡선으로 곡선반경(R) 1,000m, 길이 114m이었고, 슬랙²⁾을 설치하지 않은 곡선으로서 설정 캔트³⁾는 10mm이었으며, 선로는 콘크리트 도상 궤도 구조로서 60kg 레일이 설치되어 있었다.

2) 슬랙(Slack) : 차량이 곡선부를 원활하게 통과하도록 하기 위하여 바깥쪽 레일을 기준으로 궤간을 안쪽으로 확대하는 것

3) 캔트(Cant) : 차량이 곡선부를 원활하게 통과하도록 하기 위하여 안쪽레일을 기준으로 바깥쪽 레일을 높게 부설하는 것



[그림8] 탈선현장의 선형약도

1.5 차량 정보

1.5.1 사고열차의 조성

사고열차는 1993년 10월 (주)로템(구, 현대정공)에서 직류(1,500V) 및 교류(25 kV, 60Hz) 구간을 운행할 수 있는 직·교류 겸용으로 제작되었으며, 열차의 전체 길이(10량/편성)는 약 200m이며 사고열차의 조성은 [표6]과 같다. 사고열차는 10량 1편성으로 당고개역에서 상계역 방향으로 운행 중이었다.

상계											당고개
차 호	4961	4861	4761	4661	4561	4461	4361	4261	4161	4061	10량
차 종	Tc2	M	M	T1	T2	M	T1	M	M	Tc1	5M5T
중 량	33.1톤	41.2톤	41.2톤	26.5톤	32.0톤	41.2톤	26.5톤	41.2톤	41.2톤	33.1톤	공차

[표6] 사고열차의 조성현황

1.5.4. ATC 차상신호장치

1.5.4.1 정지 및 진행 모드

서울교통공사 4호선 당고개역~남태령역(31.7km) 및 한국철도공사 과천선 남태령역~금정역(14.4km) 구간을 운행하는 서울교통공사 4호선 전체 운행 전동차(47편성)에는 ATC 차상신호장치가 설치되어 있고, 한국철도공사 지상구간인 금정역~오이도역까지 운행하는 직·교류 겸용 전동차(21편성)에는 ATC가 추가된 ATC/ATS 차상신호장치가 설치되어 있다.

4호선 상계역은 ATC 운행구간이며, 당초 ‘정지 및 진행모드’ 기능은 무코드 발생을 인지한 기관사의 제동 또는 ATC에 의한 제동으로 열차가 정지된 후 자동적으로 15km/h모드가 활성화되어 정지한 열차가 제한속도 이하로 계속 운행이 가능하였다.

1.6 신호 및 전기정보

1.6.1 신호정보

사고구간의 신호설비는 [표13]과 같이 당고개역은 DB형 전자연동장치, 상계역은 PLC형 연동장치⁴⁾, 복선 차상신호, 궤도회로는 분기부 PF방식, 그 외 AF방식, ATC 장치로 구성되어 있다.

설비구분	연동장치	선로전환기	폐색방식	궤도회로	열차제어
사용방식	DB전자연동 2013년 PLC 2008년	NS-AM형 2015년	자동폐색 차상신호 1985년	분기부·기지 PF 그외 AF, 2003~2007년	ATC 장치 1985년

[표13] 사고구간 신호설비 구성

4) PLC(programmable logic controller)연동장치 : 선로전환기가 설치되지 않은 역에 ATC장치 제어를 위해 설치한 연동장치

1.6.2 전차선 정보

사고구간은 복선 전철구간으로 DC 1,500V 방식으로 설치·운영되고 있었으며, 사고와 관련된 이벤트 기록은 없는 것으로 확인되었다.

1.7 기상 정보

사고당일 서울의 평균기온은 25℃ 습도는 87% 새벽의 강수량은 5mm였으나, 사고 발생 시간대에는 비가 내리지 않았으며 열차의 충돌사고에 영향을 끼치지 않았다.

2. 분석

관계인 의견청취결과를 반영하여 분석내용을 확정할 것이다.

3. 결론

분석 결과 등을 종합 반영하여 결론을 정리할 것이다.

4. 사고원인 및 안전권고

이 사고와 관련된 사고원인 및 안전권고는 아직 확정되지 않았다.

5. 향후계획

- 관계인 의견청취 결과 검토 : 2021. 7월
- 위원회 심의 및 공포 : 2021. 7월

※ 이 보고서는 중간보고서 이므로 우리 위원회 최종보고서 공포 시 그 내용이 달라질 수 있습니다.

이 보고서는 사고조사 과정에서 관계인들로부터 청취한 진술 및 개인정보 등이 포함되어 있어,

『항공·철도사고조사에 관한 법률』 제28조(정보의 공개금지) 및 같은 법 시행령 제8조(공개를 금지할 수 있는 정보의 범위)에 의하여 이 보고서(인쇄본)에 개인정보는 공개하지 않았으며,

국민 여러분의 이해를 돕기 위해 전문 철도 용어를 쉽게 풀어서 쓴 점을 양해하여 주시기 바랍니다.

자세한 사항은 항공·철도사고조사위원회로 문의하여 주시기 바랍니다.



항공·철도사고조사위원회

<http://www.araib.go.kr>

전화: 044-201-5443

E-mail: mrlee56@korea.kr