

틸팅열차 안전운행을 위한 비상시 응급조치 방안 연구

A study of emergency first aid measures for TTX safe driving

장재승†
Jae-Seung Jang

김명수*
Myeong-Su Kim

정도원**
Do-Won Jung

김혜미***
Hye-Mi Kim

ABSTRACT

In order to prepare for the commercialization of Korean tilting train, this study was made on the pre-analysis of risk factors that can happen during operation, and emergency measures for safe operation of tilting train.

The purpose of the study of emergency measures is to help to make tilting train run safely by making counteraction procedures for unusual situations such as train breakdown or accidents during the operation of a tilting train so that the engineer can quickly take care of each situation.

Based on the items of emergency measures for EMU operated by Korean Railroad(or Korail), possible breakdown items during operation were selected and prioritized considering the occurring frequency and emergency level of each breakdown. In addition to these items, by adding items to represent tilting train's typical functions such as tilting function error, tilting storage battery's electric pressure drop, etc, a total of 62 emergency items were finally selected and measures for each item was made.

1. 서 론

한국형 틸팅열차 상용화에 대비하여 운행시 발생할 수 있는 위험요소를 사전 분석하고 틸팅열차 안전운행을 위한 비상시 응급조치 방안에 대해 연구하였다.

비상시 응급조치 방안 연구를 통해 틸팅차량 운행 중 차량고장이나 사고발생 등 이례상황 발생시 기관사가 신속히 상황에 대처할 수 있도록 각 상황별 대응 절차를 작성하여 틸팅열차가 안전하게 운행될 수 있도록 지원하는 것을 목적으로 한다.

철도공사에서 운영중인 간선형 전기동차(EMU 150km/h)의 비상시 응급조치 항목을 토대로 차량 운행 중 발생 가능한 고장 항목을 선정 하고 각 고장별 발생빈도/응급성 등을 고려하여 우선순위를 두어 분류하였다. 여기에 틸팅기능 오류, 틸팅축전지 전압강하 등 틸팅열차 고유의 기능을 나타내는 항목을 추가하여 총 64개의 응급조치 항목을 최종 선정하고 각 항목별 조치 요령을 작성 하였다.

2. 본 론

2.1 응급조치 방안마련 필요성

운행장에는 철도사고에 해당되지는 않지만 철도사고로 발전될 잠재적 가능성이 높고 열차운행이 지연되는 경우를 말하는 것으로 차량탈선, 차량화재, 선로/급전/신호장애, 차량고장 등을 포함한다.

† 코레일 연구원 기술연구팀 Tel : 042-615-4721

* 코레일 연구원 기술연구팀 팀장 Tel : 042-615-4696

** 코레일 연구원 기술연구팀 차장 Tel : 042-615-4704

*** 코레일 연구원 기술연구팀 Tel : 042-615-4723

2009년~2010년 1/4분기 기간에 발생한 철도공사의 운행장애를 분석한 결과 취급부주의 및 차량고장에 의해 열차운행에 지장을 초래한 운행장애 건수가 전체 발생건수의 50%이상을 차지하고 있는 것을 확인할 수 있다.

차량부품의 결함에 의한 차량고장 발생이 열차지연의 직접적인 원인이지만 차량고장 최초의 인지자인 기관사가 즉시 고장발생 상황을 알리고, 차량고장에 맞는 적절한 조치를 취한다면 차량고장발생에 따른 2차적인 피해(지연운행) 발생을 사전에 예방할 수 있을 것이라 판단된다.

표 1. 한국철도공사 고장장애 발생 현황(분기별)

| 구 분 | 분기별 | 2009 | | | | 2010 | |
|----------------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 1/4분기 | 2/4분기 | 3/4분기 | 4/4분기 | 1/4분기 | |
| 합 계 | | 70 | 62 | 88 | 83 | 71 | |
| 위험사건 | | | | 1 | | 1 | |
| 소 계 | | 70 | 62 | 87 | 83 | 70 | |
| 지 연 운 행 | 차 량 탈 선 | | 2 | 2 | | | |
| | 차 량 파 손 | 1 | | 1 | | | |
| | 차 량 화 재 | | | | | | |
| | 열 차 분 리 | | | | 2 | | |
| | 차 량 구 름 | | | | | | |
| | 규 정 위 반 | | 1 | 5 | 5 | 2 | |
| | 선 로 장 애 | 4 | 3 | 2 | 2 | 6 | |
| | 급 전 장 애 | 3 | 3 | 3 | 8 | 4 | |
| | 신 호 장 애 | 9 | 6 | 3 | 6 | 7 | |
| | 차 량 고 장 | 36 | 31 | 49 | 38 | 38 | |
| 열 차 방 해 | 1 | | 2 | 1 | | | |
| 기 타 | 16 | 16 | 20 | 21 | 13 | | |
| 합 계 | | 70 | 62 | 88 | 83 | 71 | |
| 원 인 별 | 취급부주의 | | 11 | 6 | 17 | 10 | 11 |
| | 시설/장비 결함 | 차 량 | 35 | 34 | 51 | 42 | 37 |
| | | 시 설 | | 2 | | 1 | |
| | | 전철·신호 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 |
| | | 기 타 | | 1 | | 1 | 1 |
| | 외적요인 | | 15 | 9 | 13 | 18 | 11 |
| 기타요인 | | 3 | 3 | 2 | 5 | 4 | |

표 2. 고장장애 발생 원인별 비교(2009년, 2010년 1/4분기)



2.2 응급조치 항목선정

틸팅열차 비상시 응급조치 매뉴얼 작성을 위한 고장항목 선정을 위해 틸팅열차와 같은 EMU형식으로 현재 철도공사에서 도입하여 운영중인 누리로 간선형전기동차(150km/h)의 응급조치매뉴얼을 토대로 고장항목을 1차 선정하고, 2007년 4월부터 2010년 현재까지 틸팅열차 시험운행 중 발생된 고장목록과 틸팅기능, 틸팅액츄에이터 장치, 틸팅 제어용 축전지 등 틸팅장치에서 발생할 수 있는 고장항목을 추가하여 64개의 응급조치 항목을 선정 완료하였다.

틸팅열차 시험운전 중 발생한 고장은 총 82건으로 틸팅기능 고장이 18건으로 전체의 14%를 차지하며, 그 밖에 ATS 통신 소프트웨어 충돌(14건), TMS 메인 통신 고장(14건), 등 다양한 고장이 발생했다.

이 중 틸팅기능 관련 고장을 세부적으로 살펴보면 “틸팅기능 일반오류, 틸팅배터리 충전 고장, 곡선부 통과중 틸팅 Fail” 등의 고장이 발생하였으며 이런 고장 데이터는 향후 틸팅열차 도입 후 운행 중 언제 든지 발생 가능한 고장이기 때문에 응급조치 항목에 포함하였다.

표 3. 틸팅열차 고장개소별 고장발생 현황

| 고장개소 | 횟수 | 고장개소 | 횟수 | |
|------|--------|-------|-------|---|
| ATS | 14 | 제동장치 | 2 | |
| 틸팅기능 | 18 | 공기압축기 | 1 | |
| TMS | 14 | 차축브러쉬 | 1 | |
| 전기장치 | C/I | 5 | Door | 9 |
| | MCB | 4 | 무전기 | 3 |
| | SIV | 3 | 배터리 | 1 |
| | 속도검출기 | 1 | 기타장치 | 1 |
| | 활주제어장치 | 1 | 창문 | 1 |
| | 비상호출장치 | 1 | Cable | 1 |
| | | | 방송장치 | 2 |
| 합계 | | | 82 | |

표 4. 틸팅열차 응급조치항목(고장계통별)

| 번호 | 구분 | 갯수 | 번호 | 구분 | 갯수 |
|----|---------|----|----|---------|----|
| 1 | 급전계통 고장 | 13 | 5 | 운전관련 고장 | 11 |
| 2 | 제동관련 고장 | 8 | 6 | 객실설비 고장 | 13 |
| 3 | 기계장치 고장 | 9 | 7 | 틸팅관련 고장 | 3 |
| 4 | 전기장치 고장 | 7 | 합계 | | 64 |

표 5. 틸팅열차 비상시 응급조치 항목

| 구분 | 항 목 | 구분 | 항 목 |
|----|-----------------|----|-------------------------|
| 1 | 고장발생시 기본적인 조치사항 | 31 | 교류 과전류 발생시 조치(ACOCR 동작) |
| 2 | 판토그래프 파손 등 고장시 | 32 | 주변환장치(C/I) 고장시 |
| 3 | 판토그래프 상승 불능시 | 33 | 보조전원장치(SIV) 고장시 |
| 4 | MCB 투입 불능시의 조치 | 34 | 주변압기 냉각장치 고장시 |
| | | 35 | 주변압기 과열시 |

| | | | |
|----|--|----|-------------------------------|
| 5 | 전체 Pan 상승 불능시 조치(중련운전시) | 36 | 배터리 가압 불능시 |
| 6 | 1편성 Pan 상승 불능시 조치(중련운전시) | 37 | 축전지 전압 강하시 조치 |
| 7 | 전체 MCB 투입 불능시 조치(중련운전시) | 38 | 역행 불능시 |
| 8 | EPanDS 또는 ECGS 취급 후 스위치 복귀 불능시 조치 | 39 | 구원 운전시 (디젤기관차로 구원) |
| 9 | 피뢰기 동작시 조치 | 40 | 구원 운전시 (틸팅열차로 구원) |
| 10 | EGS 동작시 조치 | 41 | 연장급전 방법 |
| 11 | 회생제동 사용중 단전이 되었을 경우 | 42 | ATP/ATS 고장시 조치 |
| 12 | MCB ON, OFF등 소등 및 역행 제동시 Power등 소등시 조치 | 43 | 기적이 계속 울릴 때 조치 |
| 13 | 장시간 정전시 조치 | 44 | 모니터 고장시 조치 |
| 14 | 비상제동 완해 불능시 | 45 | 활주방지장치 고장현시가 계속될 때 조치 |
| 15 | 제동완해 불능시 | 46 | ZVR 동작 불량시(5km/h 이하에서 무여자) 조치 |
| 16 | 주공기 압력 상승 불능시 | 47 | DSD(운전자 경계장치) 작동 불량시 조치 |
| 17 | CqRS(강제완해스위치) 고장시 취급 요령 | 48 | 발차지시등(DILp) 점등 불능시 조치 |
| 18 | 제동제어 유니트(T, M) 제동 불능시 조치 | 49 | 객실 비상부저(EBZ) 동작시 조치 |
| 19 | BOU 함내 누설시 조치(전공변환밸브 포함) | 50 | 전체 객실 등구류 소등시 조치 |
| 20 | BOU 함내 보안제동 밸브 누설시 조치 | 51 | 전체 객실 냉난방 불능시 조치 |
| 21 | MR(주공기) 압력 9.0kg/cm ² 이상 상승시 조치 | 52 | 출입문 고장시 조치 |
| 22 | CM(공기압축기) 인버터 고장시 조치 | 53 | 스텝장치 고장시 응급조치 |
| 23 | CM(공기압축기) 역회전시 조치(EOCR 동작) | 54 | 오물이나 소변이 배출되지 않는 경우 |
| 24 | CMG 고착시 조치 | 55 | 변기에 오물이 넘치는 경우 |
| 25 | 제습기 누설시 조치 | 56 | 오물처리장치 진공형성이 되지 않는 경우 |
| 26 | CR(제어공기통) 공기 누설시 조치 | 57 | 오물탱크 만수위 경고 및 정지시 조치 |
| 27 | AR(보조공기통) 공기 누설시 조치 | 58 | 오물탱크 저수위 경고시 조치 |
| 28 | 공기스프링 누설시 조치 | 59 | 실내 급수관이 파열된 경우 조치 |
| 29 | 축상 베어링 과열시 조치 | 60 | 오물처리장치 배전반에서 공기 누설시 조치 |
| 30 | 감속기 과열시 조치 | 61 | 세면기등 출수가 되지 않는 경우 조치 |
| | | 62 | 틸팅기능 일반 오류시 조치 요령 |
| | | 63 | 틸팅 제어용 축전지 전압강하시 조치 |
| | | 64 | 곡선부 통과중 틸팅 Fail시 조치 요령 |

2.3 응급조치 매뉴얼 구성

틸팅열차 운행 중 차량고장 발생 등 이례상황 발생시 응급조치 매뉴얼을 통해 기관사가 신속하고 안전한 조치를 유도하여 운행 안전성을 확보하기 위한 매뉴얼 작성 목적에 맞게 이례상황 발생으로 당황하고 있는 기관사가 응급조치 고장항목을 쉽게 찾아볼 수 있도록 급전/제동/기계/전기/객실설비/틸팅관련 고장 등으로 고장계통별로 구분하여 구성하고, 취급시 각별히 주의를 요하는 사항은 강조하여 표시하였다.

기본 구성은 문서 첫 머리에 해당 고장명을 기입하고 하단에 상세한 응급조치 요령을 기술하였다. 그리고 조치 순서별 관련 사진을 첨부하여 기관사가 응급조치 매뉴얼을 참고하여 신속하게 조치 가능하도록 나타내었다.

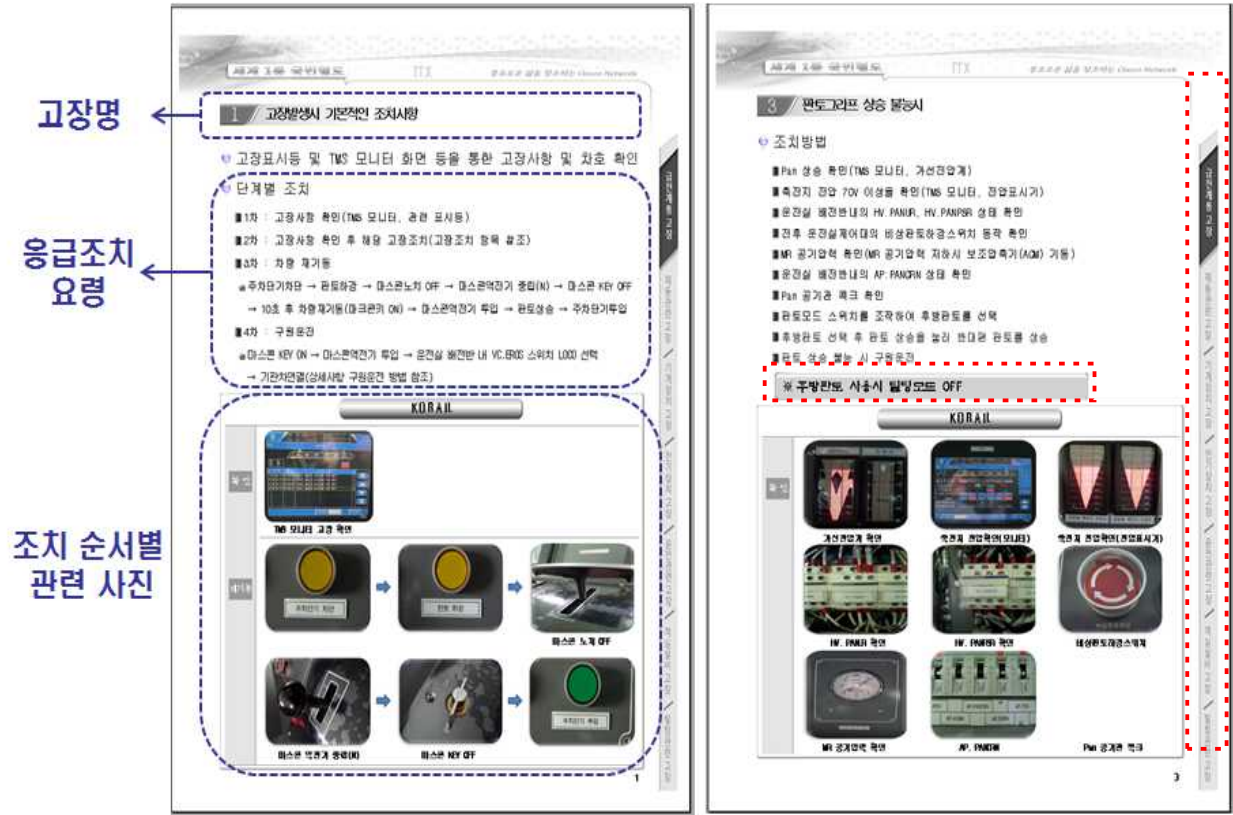


그림 1. 틸팅열차 비상시 응급조치 매뉴얼 구성

2.3.1 응급조치 매뉴얼 예시

완성된 틸팅열차 비상시 응급조치 매뉴얼의 이해를 돕기 위해 각 고장계통별로 대표적인 조치사항을 첨부한다.



14 비상제동 원리 불능시

☞ 조치방법

- TMS모니터 작동입력 확인
- 운전실 비전반 내의 AP,BCN 확인(OFF 후 ON 취급)
- 주공기 압력계 확인(7kg/cm 이상)
- HCR, LACR 릴레이 동작상태 확인
- 전·후 운전실 내 비상제동 스위치 동작상태 확인
- 비상제동 차단 스위치 취급

※ 비상제동차단 SW 취급 전 반드시 **중앙관제실** 및 **차장에게** 통보

- 비상제동 원리 불능시 중앙관제실에 상황보고 후 구원요청

62 탈팅가능 일반 오류시 조치 요령

☞ 현 상

- 운행중 TMS모니터에 "탈팅일반오류" 현시

☞ 조치방법

- 구간제어기 중량 'H' 위치로 취급
- 탈팅 스위치 ON/OFF 2-3회 반복 작동
- 탈팅가능 복귀시 계속 운전

☞ 탈팅가능 복귀 불능시

- 중앙관제실에 상황보고 후 인근역 경차 후 차량 자기동 실시(고장조치행복 1번 참조)
- 차량 자기동 후 계속하여 일반오류 현시 될 경우 탈팅기능 OFF 후 계속 운전

3. 결론

틸팅열차 비상시 응급조치 방안 연구의 결과물인 응급조치 매뉴얼은 틸팅열차 운행시 차량고장이나 사고발생 등 이례상황 발생시 기관사가 신속히 상황에 대처하여 틸팅열차가 안전하게 운행될 수 있도록 지원하기 위해 만들어 졌다. 향후 응급조치 매뉴얼의 효율성을 높이기 위해 틸팅차량 TMS 모니터와 연계하여 차량 고장 발생시 모니터에 즉각 조치요령이 현시 되도록 시스템을 구현할 계획이다. 이를 통해 틸팅열차 도입시 신조차량 도입에 따른 기관사 교육 및 차량 운전실에 배치함으로써 운행 안정성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 국가 R&D "틸팅열차 운행을 위한 운영관리 방안연구" 2차년도 연차보고서 p156-168. 한국철도공사
2. 코레일 간선형 전기동차(32량) 응급조치요령, 2009
3. 코레일 틸팅열차 응급조치매뉴얼, 2010
4. 신종현, 김시근. 철도비상사고 대비 비상대응 시나리오 설정 및 기관사 행동요령 도출방안, 철도학회 논문지
5. 한국철도공사, 2010년 1/4분기 철도사고(장애) 분석 및 예방대책