KOREA RAIL NETWORK AUTHORITY

KR S-01030

Rev.4, 5. December 2012

신호제어설비 일반조건

2012. 12. 5

한국철도시설공단

REVIEW CHART

개정 번호	개정 일자	개정사유 및 내용(근거번호)	작성자	검토자	승인자
0	2008.11.12	철도신호설비시설지침 제정 (국토부→공단 이관, 제정) (기준팀-2757호, '08.11.12)	송광열 최진식	이시용 오준호	강창호
1	2010.02.10	철도신호설비시설지침 전면개정 (기준심사처-269호, '10.02.10)	최종관 허상영	유승위 윤한훈	김영국
2	2011.03.21	철도신호설비시설지침 일부개정 (기준심사처-847호, '11.03.21)	최종관 허상영	이현정 윤한훈	김병호
3	2011.12.01	철도신호제어설비설계지침 제정 (국토부 기준관리 체계 부합화) (설계기준처-373호, '11.12.01)	최종관 허상영	석종근 오준호	김영우
4	2012.12.5	설계기준체계 전면개정 (설계기준처-3537, '12.12.5)	허상영	석종근 오준호	김영우

목 차

1. 용어의 정의 ····· 1
2. 신호기능실 ····· 1
2.1 신호기능실 방진설비 ····· 1
2.2 계전기실 ····· 1
2.3 운전취급실 ····· 2
2.4 전원실 ····· 2
3. 신호제어설비의 구성조건 ····· 2
4. 신호제어설비 선정 시 중점 고려사항 ····· 3
4.1 일반사항 ····· 3
4.2 안전성 및 신뢰성 ····· 3
4.3 안전측 동작(Fail-safe) 원칙 ····· 3
4.4 가용성 및 유지보수성 ····· 4
4.5 호환성 및 확장성 ····· 4
4.6 경제성 ····· 4
4.7 국산화 가능성 ····· 4
5. 건축한계 ····· 5
6. 현장설비의 안전율 ····· 5
7. 기기의 사용 환경 ····· 5
8. 장금장치 ····· 6
9. 과주 보호 설비 ····· 6
10. 터널 내 시설물 ····· 6
11. 설치전 준비 ····· 6
12. 설비의 설치 ····· 7
13. 시험 ····· 7
14. 시운전 ····· 7
15. 교육훈련 ····· 7

해설 1. 신호기능실 ····· 8
1. 위치 및 구조 ····· 8
1.1 설치위치 ····· 8

1.2 구조 ····· 8
2. 계전기실 기기배치 ····· 8
3. 전원실 ····· 9
4. 부속설비 ····· 9
4.1 공기조화장치 ····· 9
4.2 환풍기 ····· 9
4.3 조명설비(건축, 전기분야 시공) ····· 9
4.4 전원 콘센트 ····· 10
4.5 통신 ····· 10
4.6 인터폰 ····· 10
4.7 접지측정용 단자 ····· 10
4.8 계전기실 출입문 ····· 10
4.9 계전기실의 창문 ····· 10
해설 2. 신호설비 배선 시 고려사항 ····· 11
1. 배선도 ····· 11
2. 결선변경 ····· 11
3. 배선조사 ····· 11
4. 장치에 영향을 주는 부분의 시공 ····· 11
5. 계전기 결선 ····· 11
6. 배선요령 ····· 12
7. 배선상의 주의 ····· 12
8. 신호배선용 단자 ····· 12
9. 단말처리 ····· 12
10. 회로의 단락사고방지 ····· 13
11. 선명찰 ····· 13
12. 케이블 접속 및 분기 ····· 13
해설 3. 신호설비 시공 시 고려사항 ····· 15
1. 공사의 시공 ····· 15
2. 공사의 기록 ····· 15
2.1 대상공사 종류 ····· 15

2.2 기록(사진 촬영 및 기록방법) ····· 15
2.3 표시 ····· 16
3. 공사도면의 제출 ····· 16
4. 공사도면의 작성 및 승인 ····· 16
5. 안전요원의 배치 ····· 17
6. 시공 후의 기능검사 ····· 17
7. 공사재료의 취급 ····· 17
8. 철거 발생품 ····· 17
9. 공사시공표 ····· 18
9.1 적용범위 ····· 18
9.2 설치장소 ····· 18
9.3 형상 및 치수 ····· 18
10. 기초 및 옹벽 ····· 18
10.1 기초 및 옹벽 ····· 18
10.2 기초 공법 ····· 18
10.3 콘크리트 공법 ····· 19
11. 신호제어설비의 위험 방지대책 ····· 19
해설 4. 기타 설비 ····· 20
1. 신호정보 분석장치 ····· 20
1.1 설치 구간 ····· 20
1.2 장치의 구성 ····· 20
2. 신호등 소등검출기 ····· 20
3. 열차번호인식기 ····· 21
4. 긴급복구용 신호기 및 클램프본드 ····· 21
4.1 긴급복구용 신호기 ····· 21
4.2 클램프본드 설치 ····· 21
5. 접지검출기 ····· 21
6. 교류전원 1계 불량검출계전기 ····· 21
6.1 설치 ····· 21
6.2 경보표시 ····· 22
6.3 시공방법 ····· 22

해설 5. 신호제어설비의 설치 및 개량 시 절체 순서 ····· 23
1. 사전 시험순서 ····· 23
1.1 신호기류 ····· 23
1.2 선로전환기 ····· 23
1.3 궤도회로 ····· 23
1.4 연동시험 ····· 23
2. 절체 시의 시험순서 ····· 23
3. 연동검사 시행 ····· 24
4. 폐색 운행선 변경 ····· 24
4.1 개요 ····· 24
4.2 시공방법 개선 ····· 24
해설 6. 신호제어 설비의 도금 및 환경오염 대책 ····· 25
1. 도장 ····· 25
2. 방청처리 ····· 26
3. 도금 ····· 26
4. 표시 ····· 26
5. 방진 및 공해대책 ····· 27
6. 환경오염에 대한 대책 ····· 27
해설 7. 신호제어설비 안전 및 신뢰성 ····· 28
1. 용어의 정의 ····· 28
2. 안전성 인증절차 ····· 31
2.1 철도안전성 ····· 31
2.2 안전요구사항 ····· 35
2.3 안전성 기술 ····· 36
2.4 안전성 검증 ····· 40
2.5 결론 ····· 43
3. 시스템 안전도 평가절차 ····· 43
3.1 시스템 안전성 평가 일반 ····· 43
3.2 안전성 평가를 위한 7단계 과정 ····· 45

RECORD HISTORY ····· 73

1. 용어의 정의

(1) 안전측선 : 정거장 또는 신호소에 열차가 진입할 대 정지위치를 지나더라도 대행 열차 또는 입환차량과 충돌사고를 방지하기 위하여 설치한 선로

(2) 구내운전 : 정거장 또는 차량기지 구내에서 입환신호에 의하여 차량을 운전하는 방식

(3) 가용성 : 어떤 기기가 규정된 시점에서 기능을 유지하고 있을 확률 또는 어떤 기간 중에 기능을 유지하는 시간의 비율

(4) 신뢰성 : 사용 기기가 주어진 조건하에서 규정된 기간동안 고장없이 기능을 발휘할 수 있는 정도를 확률적인 방법으로 표현

(5) 안전성 : 수용할 수 없는 위험으로부터의 자유로운 정도

(6) 유지보수성 : 신속한 유지보수 활동이 주어질 가능성

(7) 안전측 동작 : 예상되는 고장으로부터 장비를 안전한 상태로 유지하기 위한 설계 원리

(8) 건축한계 : 차량이 선로를 안전하게 운행할 수 있도록 궤도상에 일정한 공간을 유지시키기 위하여 설정한 한계

2. 신호기능실

2.1 신호기능실 방진설비

신호기능실(계전기실, 전원실)에는 먼지를 방지하고 제거하는 설비를 갖추어야 한다.

2.2 계전기실

(1) 계전기실은 신호제어설비 실내설비를 수용하며 향후 확장을 대비하여 충분한 면적을 확보하여야 한다.

(2) 계전기실 바닥은 이중마루(Access floor)로 한다.

(3) 케이블 인입구에는 가능한 맨홀을 설치하여야 한다.

(4) 계전기실의 창문은 외부의 침입을 방지하기 위하여 창문이 없는 구조를 원칙으로 하고 창문을 설치 시에는 방범창 및 차광막 시설을 하여야 한다. 이때 창문이 없는 경우 계전기실의 환기를 위해 환기 설비를 하여야한다.

(5) 계전기실 출입문은 장비 반입을 위하여 철제 쌍여닫이로 하여야 한다.

(6) 계전기실의 천장 높이는 다음 각 호와 같다.

① 고속철도 : 3.2m 이상

② 일반철도 : 2.8m 이상

③ 실내설비의 설치에 지장이 없는 높이

(7) 계전기실 출입문에는 출입자를 감시할 수 있는 출입자 감시 장치를 설치하여야 한다.

(8) 계전기실은 신호제어설비 보호를 위한 냉·난방기를 설치하는 것을 원칙으로 하며 설비의 사양이 항온 항습을 요구하는 경우 항온항습기를 설치한다.

2.3 운전취급실

(1) 운전취급실(Operator Room)은 역 구내의 진로설정, 선로전환기 단독전환 등의 신호취급을 위한 역 조작판(LCP)을 설치한다.

(2) 운전취급실은 가능한 역 구내가 보이는 위치에 배치하며, 계전기실에 근접하게 배치한다.

(3) 운전취급실 설비의 전원은 계전기실 무정전전원장치(UPS) 전원을 사용하며, 타 분야 설비와 공유하지 않도록 한다.

2.4 전원실

(1) 계전기실과 인접하여 배치하며 바닥은 이중마루를 설치하고, 이중마루 하부에 계전기실과 전원실과의 격벽이 있을 경우 케이블 인입구를 설치하여야 한다.

(2) 전원실의 창문은 외부의 침입을 방지하기 위하여 창문이 없는 구조를 원칙으로 하고 창문을 설치 시에는 방범창 및 차광막 시설을 하여야 한다. 이때 창문이 없는 경우 전원실의 환기를 위해 환기 설비를 하여야한다.

(3) 전원실 출입문은 장비 반입을 위하여 철제 쌍여닫이로 하여야 한다.

(4) 전원실의 천장 높이는 다음 각 호와 같다.

① 고속철도 : 3.2m 이상

② 일반철도 : 2.8m 이상

③ 실내설비의 설치에 지장이 없는 높이

(5) 전원실은 통신분야와 공용을 원칙으로 하며 축전지에서 발생되는 가스를 외부로 보내기 위한 적적한 환기시설을 하여야 한다.

(6) 가스발생이 적은 축전지의 경우 전원실에 설치할 수 있으며, 폭발 위험이 있는 축전지의 경우 별도의 축전지실에 설치토록 한다.

3. 신호제어설비의 구성조건

(1) 안전성과 신뢰성이 입증된 범용 설비로 구성해야 하며, 가용성과 유지보수성 등을 고려하여야 한다.

(2) 외부 기상조건 영향과 노선 제한 최고속도 운행시를 고려하여 신호인식에 지장을 받지 않는 신호방식을 선정하여야 한다.

(3) 궤도회로나 무선 또는 기타 장치를 통하여 열차검지가 가능하여야 한다.

(4) 실시간으로 자기진단 기능을 가져야하며, 고장발생시 고장정보를 역(Local) 및 관제실 해당 감시설비로 즉시 전송하여야 한다.

4. 신호제어설비 선정 시 중점 고려 사항

4.1 일반사항

열차속도 향상, 수송력 증대, 안전 확보 등이 신호제어설비를 통하여 이루어지므로 신설 또는 개량에 따른 신호제어설비 선정 시 최우선적으로 중점 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

(1) 신뢰성, 가용성, 유지보수성 및 안전성(RAMS: Reliability Availability Maintainability Safety) 확보를 위하여 RAMS 관리방안을 철도시스템 RAMS 명세 및 입증에 대한 국제전기표준회의 IEC 62278을 기준으로 계획하여야 한다.

(2) 신호제어설비는 고장발생시 안전측 동작(Fail-safe)의 원칙을 준수하여 적용하여야 한다.

4.2 안전성과 신뢰성

신호제어설비는 열차충돌, 탈선, 감전이나 화재 등으로 사람이나 설비에 위해가 없도록 다음 각 항과 같이 설계하여야 한다.

(1) 신호제어설비의 각 설비들은 설비별로 요구되는 안전성과 신뢰성에 대하여 분석되어야 하며 다음 각 호를 만족하여야 한다.

① 신호제어설비를 구성하는 현장교체가능 최하위단위(LRU : Line-side Replaceable Unit)별로 평균고장시간(MTBF : Mean Time Between Failure)이 제시되어야 한다. 이때 고장의 정의는 기능요구사항의 수행 실패로 정의한다.

② 설비의 일부 고장이나 기능 이상 발생 시에도 주프로그램은 정상 작동하여야 한다.

(2) 선로용량 증대와 운전속도 향상이 가능하면서도 열차운행의 안전성과 신뢰성을 보장할 수 있는 시스템.

(3) 등급별 여객열차와 화물열차 등 혼합 열차운행에 적합한 신호 시스템.

(4) 신호 설비의 고장 발생 시 안전측 동작(Fail-safe)이 가능한 시스템.

(5) 중요 설비는 다중계화 하여 여분(Redundancy) 기능을 포함하는 시스템.

4.3 안전측 동작(Fail-safe) 원칙

신호제어설비는 다음과 같이 설비하며 고장 발생 및 어떠한 경우라도 안전 측으로 동작하여야 한다.

(1) 궤도회로는 폐전로식

(2) 계전기 회로는 무여자시 기기를 쇄정하는 방식

(3) 전원과 계전기의 위치를 양단으로 하는 방식

(4) 계전기는 양선(+, -)모두를 제어하는 방식

(5) 계전기는 무여자시 전원을 차단하는 방식

(6) 기타 특수 주파수 등을 사용할 경우 역류, 미세전류, 혼선에 의한 계전기의 오동작이 방지되는 방식

4.4 가용성 및 유지보수성

(1) 신호제어설비는 다중계로 구성하여 주프로세서에서 단일고장이 발생하는 경우 예비 프로세서가 동작하여 신호제어설비를 가용한 상태로 유지시켜야 한다.

(2) 신호제어설비의 고장발생시 보수의 용이성을 위하여 가능한 무보수화(Maintenance-free), 장비의 다중화, 원격감시설비 및 결함허용 등을 도입하여야 한다.

(3) 신호제어설비별 교정유지보수를 위한 평균 수리시간(MTTR)과 연간 서비스 불능 시간을 신호제어설비 각각과 수량을 고려한 전체 시스템에 대하여 정량적으로 예측하여야 한다.

(4) 보수작업이 간단하면서도 장애 발생 시 복구 작업이 용이한 시스템

(5) 열차 운행선 에서의 시스템 절체 시 절체작업이 용이하여 단시간 내에 시스템 절체가 가능하면서도 열차운행에 지장을 최소화할 수 있는 시스템

(6) 범용화 및 표준화된 설비적용으로 보수자가 기술 습득을 용이하게 할 수 있는 시스템

4.5 호환성 및 확장성

(1) 설비의 기능을 구현하는 어떤 장치가 다른 종류의 장치에서도 호환성이 있는 설비로 검토하여야 한다.

(2) 설비의 증설 시 주(Main) 설비의 변경 없이 하부구조 변경만으로 확장이 가능하도록 하여야 한다.

4.6 경제성

(1) 신호제어설비의 안정성 및 신뢰성 확보에 적합하면서도 설비금액이 저렴하여 투자비가 적게 소요되는 시스템

(2) 유지보수 및 관리비용이 적게 소요되고 보수자재가 저렴하면서도 용이하게 구입 될 수 있는 시스템

(3) 기존선 구간 개량 시 개량범위가 적은 시스템

(4) 내구성이 우수하고 교체주기가 긴 시스템

(5) 신기술, 신제품 또는 구매조건부로 개발된 제품

4.7 국산화 가능성

(1) 외국 기술 의존도에서 탈피하여 국내 기술진에 의한 생산과 보수가 가능한 시스템

(2) 외자설비 도입 시 기술 이전이 가능한 시스템

(3) 외자재를 대체할 수 있는 제품

5. 건축한계

신호제어설비는 다음 각 항의 건축한계에 유의하여 설치하여야 한다.

(1) 건축한계는 철도건설규칙에 따른다.

(2) 곡선구간의 건축한계는 직선구간의 건축한계에 다음의 공식에 의하여 산출된 양과 캔트에 의한 차량 경사량 및 슬랙량을 더하여 확대하여야 한다. 다만, 가공전차선 및 그 현수장치를 제외한 상부에 대한 건축한계는 이에 의하지 아니한다.

① 곡선에 의한 확대량

일반적인경우 $W=\frac{50,000}{R}$ (1)

(전동차전용선인경우 $W=\frac{24,000}{R}$) (2)

여기서 W : 선로중심에서 좌우측으로의 확대량(밀리미터)

R : 곡선반경(미터)

② 캔트 및 슬랙에 따른 편기량

곡선내측편기량 $A=2.4C+S$ (3)

곡선외측편기량 $B=0.8C$ (4)

A : 곡선 내측 편기량(밀리미터)

B : 곡선 외측 편기량(밀리미터)

C : 설정캔트(밀리미터)

S : 슬랙(밀리미터)

③ 건축한계 확대 량은 다음 각 호의 구분에 따른 길이 내에서 체감하여야 한다.

가. 완화곡선의 길이가 26m 이상인 경우 : 완화곡선 전체의 길이

나. 완화곡선의 길이가 26m 미만인 경우 : 완화곡선구간 및 직선구간을 포함하여 26m 이상의 길이

다. 완화곡선이 없는 경우 : 곡선의 시·종점으로부터 직선구간으로 26m 이상의 길이

라. 복심곡선의 경우 : 26m 이상의 길이. 이 경우 체감은 곡선반경이 큰 곡선에서 행한다.

④ 부득이 건축한계 내에 시설할 경우 차량한계에 저촉되지 않도록 설계하여야 한다.

6. 현장설비의 안전율

현장설비의 안전율은 2이상으로 하고 풍압 하중의 계산에 사용하는 최대 풍속은 “철도설계기준(시스템편)”의 설계의 조건에 의한다.

7. 기기의 사용 환경

모든 신호제어설비는 별도 지정하지 않는 한 다음 각 호의 환경에서 정상 가동되어야 한다.

(1) 온도

① 계전기실 : -20℃～+60℃

② 실외 : -40℃～+70℃

③ 관제실 : 0℃～+50℃

(2) 습도

① 실내 : 10%～80%

② 실외 : 10%～99%

(3) 차량운행으로 인한 진동과 분진, 산업구간의 공해 등에 이상 없이 작동하여야 하며, 습기나 염해 등에 대하여 대비하여야 한다.

8. 잠금장치

계전기실, 신호기(표지), 진로선별등, 연동장치, 열차자동제어장치, 전기선로전환기, 보호스위치, 제어함, 기구함, 접속함 등 신호제어설비에는 잠금장치를 설치하여야 한다.

9. 과주 보호 설비

(1) 정거장에서 열차의 과주에 의해 다른 열차 또는 차량에 지장을 줄 우려가 있는 경우 과주 여유거리 내의 선로전환기와 신호기, 입환신호기 상호간에는 쇄정을 한다.

(2) 25㎞/h 초과로 구내 운전을 하는 차량의 과주에 의해 다른 열차 또는 차량에 지장을 줄 우려가 있을 때에는 입환신호기 또는 차량정지표지의 안쪽에 다음의 설비를 한다.

① 안전측선

② 50m 이상의 과주 여유거리

③ 구내 운전속도 이하로 운행할 때는 과주여유거리는 생략할 수 있다.

10. 터널 내 시설물

터널 내 신호제어설비의 시설물은 원칙적으로 기재갱에 설치하는 것을 원칙으로 하며 다만, 다음의 경우에는 터널 입구에 설치 할 수 있다.

(1) 터널의 길이가 1㎞미만인 경우

(2) 입구에서 500m 이내에 설치되는 시설물

11. 설치전 준비

장치의 설치 전에는 사전 계획을 철저히 수립하여 안전사고나 장치의 손상이 발생하지 않도록 하여야 한다.

12. 설비의 설치

설비는 견고하게 설치하여야 하며 전자보드, 콘넥터, 단자류 등이 완전하게 접속되어야 한다.

13. 시험

시험은 공장시험, 현장시험, 종합시험으로 분류하여 다음과 같다.

(1) 공장시험은 제작공장에 출장하여 승인된 규격, 기능 및 성능에 적합한지 여부를 검증하는 시험으로 시험항목, 시험방법, 시험절차, 시험기간, 시험인원, 제경비 등을 제시하여야 한다.

(2) 현장시험은 현장설치가 완료된 후에 설치 및 각종 인터페이스의 완전성을 검증하는 것으로 개별적인 정적시험과 열차주행에 따른 신호제어설비의 동작과 인터페이스를 시험하기 위한 동적시험으로 분류하며 현장시험 절차를 제시하여야 한다.

(3) 종합시험은 지상설비에 대한 동적 및 정적시험이 완료된 구간에 대하여 지상설비와 차상설비의 종합적 인터페이스 및 연결선 구간 등 주변 조건에 따른 상호 병행 운전조건, 안전설비 검지, 전차선 절연구간 판타그라프 제어 등에 대하여 종합적으로 시험하는 것으로 시험항목 및 기준에 대해 제시하여야 한다.

14. 시운전

시운전은 각종 시험이 종료된 후 사업범위 내의 모든 차량, 모든 구간에 대해 실제 열차운행 환경에서의 시험으로 선로용량, 구간별 최고 속도 등 운전시격과 관련된 데이터를 수집하고 향후 운영 계획 수립의 기반을 제공하며, 선로 및 선로변의 전체 신호시스템과 열차자동제어장치(ATC) 또는 통신기반열차제어장치(CBTC) 등의 열차 운행에 대한 기능적 통합성, 시스템간 상호작용의 완결성을 검증하기 위한 시험으로 시험항목 및 기준에 대해 제시하여야 한다.

15. 교육훈련

(1) 시스템의 유지보수를 위하여 시스템 제작자 공장에서 기술 교육훈련을 실시하여야 하며 교육훈련에 대한 목적, 교과과정, 교본, 실습자재 등에 대한 완전한 계획을 사전에 제출토록 하여야한다.

(2) 교육훈련 계획에는 장치별 하드웨어(H/W)와 소프트웨어(S/W)로 분류하여 각각의 인원과 교육기간, 제경비 등에 대하여 제시토록 하여야 한다.

해설 1. 신호기능실

1. 위치 및 구조

1.1 설치위치

(1) 신호기능실(계전기실, 전원실(축전지실 포함)은 신호취급소와 동일 건물 내로 하고 불가피할 경우에는 인접한 곳에 둔다.

(2) 계전기실은 원칙적으로 다음 장소는 피한다.

① 수해우려 개소

② 열차 또는 차량의 과주에 의해 피해를 받을 우려가 있는 개소

1.2 구조

(1) 신호기능실의 바닥은 이중마루(Access Floor)로 한다.(건축분야 시공) 재질은 정전기 방지형으로 하고, 지지대는 접지설비를 하여야 한다. 계전기실 바닥의 케이블은 케이블 트레이를 이용하여 미려하게 시공한다. 부득이한 경우에는 별도의 케이블 포설공간을 확보하여야 한다.

(2) 신호케이블의 인입구에는 가급적 맨홀(건축분야 시공)을 설치하고, 층수를 달리하는 경우에는 케이블 인입을 위하여 수직 덕트(1m×1m)를 설치하여야 하며, 케이블을 행거로 고정시킬 수 있는 구조로 한다.

(3) 케이블을 노출하여 시공할 경우 쥐 피해 등 방지 대책을 강구하여야 한다.

2. 계전기실 기기배치

(1) 보수가 용이하고 작업상 지장이 없을 것.

(2) 기기의 기능에 영향을 주지 않을 것.

① 절연을 고려할 것.

② 상, 하층 또는 인접실 등에 신호기기에 유도의 지장을 줄 설비가 없을 것.

(3) 건물구조 및 조명, 공기조화설비 등과의 관계를 고려할 것.

(4) 개량계획이 있는 경우에는 그 개량계획에 적합하도록 배려할 것.

(5) 계전기실의 기기배치는 시공성, 확장성, 유지보수성 등을 고려하여 배치하여야 하며, 케이블 인입구 앞에서 1열에 분선반랙 설치를 기준으로 하여 궤도랙, 계전기랙, 폐색랙, 전자연동장치랙, LDTS, TLDS 등을 설치한다.

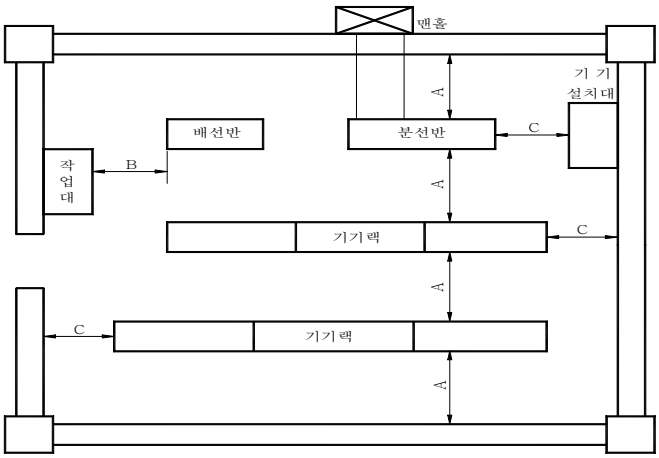


그림 1. 신호계전기실 기기 배치

주1) A표시는 점검 또는 작업성을 고려하여 1,500㎜를 표준으로 한다.

주2) B표시는 계기류를 휴대하고 통행할 정도를 감안하여 1,000㎜를 표준으로 한다.

주3) C표시는 1,000㎜를 표준으로 하되 실내 공간 및 기기 배치 관계로 인한 부득이한 경우는 750㎜로 할 수 있다.

주4) 계전기실의 높이(이중마루(Access Floor) 상면에서 천장까지)는 일반 건물 높이에 따를 수 있으나 특수한 설비가 설치되는 경우 3.2m 이상인 경우도 있음

3. 전원실

전원실은 건물의 효율성을 위하여 신호·통신 분야의 전원설비는 동일한 장소에 설치되도록 하여야 하며 부득이한 경우는 별도 설치할 수 있다.

4. 부속설비

4.1 공기조화장치

(1) 온도범위 : 24±6℃

(2) 상대습도 범위 : 55±15%

(3) CTC 및 연동장치 계전기실 : 냉·난방설비 또는 항온항습기(장치의 요구사항 시)

(4) 전원실 : 냉방설비

4.2 환풍기

냉난방 설비가 설치되지 않은 신호기능실에는 환풍기(먼지가 침입하지 않는 구조)또는 자동으로 작동하는 환기창을 설치하여야 한다.(건축분야 시공)

4.3 조명설비(건축, 전기분야 시공)

(1) 전등의 배열은 조명이 가려지지 않도록 배치하고 표시반이 잘 보이도록 반사 등을 고려하여야 한다.

(2) 도면판독에 지장이 없도록 충분한 조도로 한다.

4.4 전원 콘센트

계전기실, 전원실, 축전지실의 콘센트는 벽면 매입형으로 설치한다.

4.5 통신

계전기실에는 전화설비를 한다.

4.6 인터폰

계전기실 및 유지보수사무실과 운전취급실 간에는 인터폰을 설치한다.

4.7 접지측정용 단자

계전기실은 접지저항 측정이 용이하도록 접지측정용 전극을 매설하고 그림과 같이 인출단자를 설치하여야 한다.

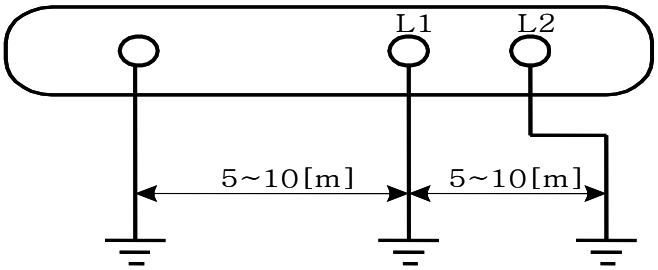


그림 2. 접지측정용 단자

4.8 계전기실 출입문

계전기실의 출입문은 기기반입이 용이하도록 쌍여닫이 문(1.8m×2.1m)으로 시공한다. (건축분야시공)

4.9 계전기실의 창문

외부의 침입을 방지하기 위하여 창문이 없는 구조를 원칙으로 하고 창문을 설치 시에는 방범창 및 차광막 시설을 하여야 한다. 이때 창문이 없는 경우 계전기실의 환기를 위해 환기 설비를 하여야한다.(건축분야시공)

해설 2. 신호설비 배선 시 고려사항

1. 배선도

결선도, 배선도, 절체배선도, 전원계통도, 가설스위치 삽입도 등의 작성은 다음과 같이 한다.

(1) 배선에 있어서는 다음 도면을 수급인이 작성하여 감독자의 승인을 받아 시행하여야 한다.

① 계전기, 회로제어기 등의 접점번호, 회선명 및 분기 등을 명기한 결선도

② 케이블의 접속, 회로명, 단자번호, 케이블의 종류, 회선 등을 명기한 현장배선도

③ 배선의 신설 및 철거 등을 명시한 절체배선도

④ 기타

(2) 승인을 받은 도면은 감독자에게 제출하여야 하고 감독자는 공사도면 승인대장을 비치하여야 한다.

2. 결선변경

결선변경은 시행부서장의 승인을 득한 후 시행하여야 한다. 다만, 열차안전 운행 상 시급을 요하거나 경미한 결선변경에 한하여 감독자의 승인 하에 우선 시행할 수 있다.

3. 배선조사

(1) 배선변경을 하고자 할 때의 기설 배선의 조사는 배선도에 의하지 않고 배선의 단말에서 확인하여야 한다.

(2) 배선을 조사할 때에는 해당 케이블 및 주위의 케이블에 무리한 힘을 주지 않고 묶음띠를 풀어 세심하게 다루어야 한다.

(3) 수급인의 기술책임자는 기존 설비의 회로도를 조사하고 그 결과를 감독자에게 보고하여야 한다.

4. 장치에 영향을 주는 부분의 시공

(1) 장치에 지장을 줄 우려가 있는 운행선의 조사 또는 공사를 시행할 때에는 관계처와 협의하여 장치를 일시 사용중지 하여야 한다.

(2) 작업을 시작하거나 종료하였을 때에는 관계자에게 통보하여야 한다.

5. 계전기 결선

(1) 계전기의 결선에 있어서는 회로의 부하를 균등히 하기 위하여 단위회로를 구성하되 회로별로 1.6A를 초과하지 않도록 배치한다.

(2) 매 회로에는 2A이하의 퓨즈를 설치하여야 하며, 계전기 상호간의 결선은 난연성 케이블을 사용하여야 한다.

6. 배선요령

(1) 배선할 때에는 도면책임자를 지정하여 다음사항을 주의하여 시공하여야 한다.

① 배선은 승인된 도면에 의하여 손으로 짚어 확인하고 접점 및 단자에 케이블을 접속하여야 한다.

② 도면책임자는 배선공에게 배선지시를 한 다음 매 작업마다 배선공의 작업완료 되었음을 알리는 복창에 따라 도면에 배선완료의 표시를 하여야 한다.

(2) 운용중인 설비의 배선작업을 할 때에는 관계 회로 기능의 양부를 확인하여야 한다.

(3) 배선 및 배선종료 후는 작업 장소 및 배선변경개소의 단자 설치상태, 배선상태 등을 점검하여야 한다.

(4) 어떠한 경우에도 계전기의 접점에 임시 점퍼 선을 설치하여서는 안 되며 필요한 때에는 시험대를 사용하여야 한다.

(5) 사용 중인 장치의 배선을 점검할 때는 점검기기로 인하여 부정동작이 되지 않도록 하여야 한다.

7. 배선상의 주의

배선에 있어서는 케이블의 비틀림, 절연피복의 손상 등에 주의하고 오 접속이 없도록 묶음 띠(Homing)를 하여야 하며 접지선과 함께 수용해서는 안 된다.

8. 신호배선용 단자

(1) 신호배선용 단자는 용도에 적합한 접속단자를 사용하여야 한다.

(2) 기구함과 신호용 케이블의 배선에는 압착단자를 사용하여야 한다. 다만, 터미널블록 단자, 통신 단자를 사용하는 경우는 예외로 한다.

(3) 배선단자는 케이블 두께에 알맞은 굵기의 단자를 사용하여야 한다.

(4) 기구함 및 접속함에 사용하는 접속단자는 내부에 설치되는 회선의 수용능력, 기기의 배치 등을 감안하여 터미널블록 또는 5단자를 사용한다.

9. 단말처리

(1) 압착단자 및 삽입형 압착단자에 적합한 소정규격의 공구를 사용 완전하게 압착하여야 한다.

(2) 전선을 잭 (Jack)판 등에 납땜하여 접속할 때에는 그 부분을 투명비닐 튜브로 씌워야 한다.

(3) 납땜하여 단말처리 하는 경우 인접단자에 접촉우려가 없도록 하여야 한다.

10. 회로의 단락사고방지

(1) 전선부스러기 등으로 인한 단락을 방지하기 위하여 계전기 단자부, 배선반, 도체 노출부 등에서 작업하여서는 안 되며 필요한 때에는 적절한 안전조치를 한 후 작업하여야 한다.

(2) 작업 시에는 납땜 부스러기나 동선 부스러기의 유무를 확인하여야 한다.

(3) 인두 사용 시 케이블의 단말 또는 인접 케이블의 피복이 용해되어 혼촉되지 않도록 하여야 한다.

11. 선명찰

접선단자 및 삽입접속단자의 접속전선에는 회로명 또는 상대배선 지점을 기입한 선명찰을 붙인다.

12. 케이블 접속 및 분기

(1) 케이블 접속 및 분기는 단자에서 시행하여야 한다.

(2) 각 단자 등에 접속 및 분기되는 와셔 및 연결동판은 아래 그림에 따른다.

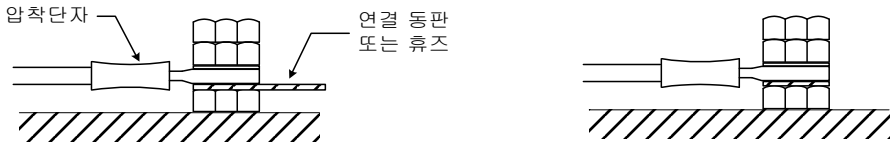


그림 3. 1회선 설치

그림 4. 2회선 이상 설치

그림 5. 압착터미널 취부 후 모습

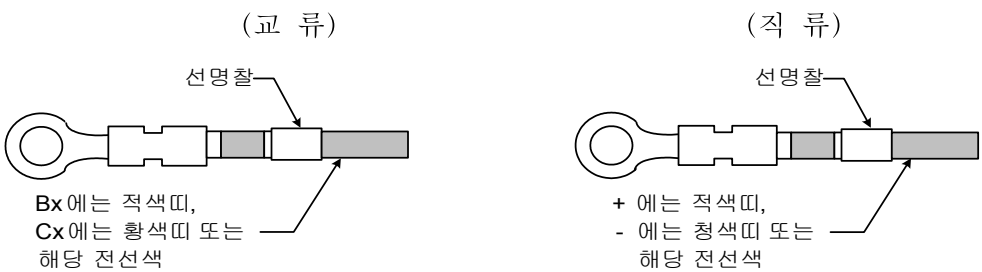


그림 6. 전원선 표시방법

(3) 연결동판

전원단자에서 2선 이상 병렬로 인출하여야 할 경우에는 1.0㎜×13㎜ (두께×폭) 동판 이상을 부하전류에 적합하게 설치하여야 한다.

(4) 배선방호 및 정리

① 케이블의 수용파이프, 케이블랙, 기타 기기에 인입하기 위한 곳에는 케이블에 무리한 힘을 가하지 않도록 하여야 하며 필요에 따라 연질비닐판 등으로 방호한다.

② 배선변경 중 케이블은 작업에 따른 지장 및 기타 위험이 없도록 순서대로 묶어서 정리하여야 하며 필요에 따라 방호판을 설비한다.

해설 3. 신호설비 시공 시 고려사항

1. 공사의 시공

(1) 공사의 시공은 그 시설목적에 부합되도록 시공하여야 하며 열차운전에 영향을 미치는 설비에 대하여 감독자(감리원 포함. 이하 감독자"라 한다.)는 시공단계마다 확인하여야 한다.

(2) 공사 시공 시에는 열차운전 역구내 유효장 및 건축한계에 지장이 없도록 하여야 한다.

(3) 궤도, 전기, 건축 등 다른 분야의 관련공사 및 중복 시공되는 공사에 대하여는 상호 협의한 후 시행하여야 한다.

(4) 신호기 기초 및 케이블 매설 등으로 발생하는 흙이 도상의 자갈에 혼입되지 않도록 하여야 한다.

(5) 공사에 사용되는 모든 수급인 부담재료는 별도 지시가 없는 외에는 다음에 의한다.

(6) KS용품 및 KS C IEC용품

(7) 철도규격용품과 본 표준 및 표준도에 의하여야 하고 사용 전 감독자의 검사에 합격하여야 한다.

2. 공사의 기록

공사 준공 후 검사가 곤란한 다음 공사는 공사시공 상황을 확인할 수 있는 사진, 동영상 등으로 필요한 기록을 작성(시공 전·중·후로 구분하여 동일위치에서 동일 방향으로 촬영)하여 감독자에게 제출하여야 한다.

2.1 대상공사 종류

(1) 콘크리트기초(0.4㎥ 이상) 및 땅파기

(2) 전주건식(근가설치 및 접지시공)

(3) 매설되는 모든 시설물

(4) 전선로의 방호물(트로프식, 파이프식, 행거식 등)

(5) 가설치 및 철거공사

(6) 기타 필요하다고 인정되는 것

2.2 기록(사진 촬영 및 기록방법)

(1) 케이블 매설 : 시공 장소 및 깊이를 기점측으로부터 직선인 개소는 500m마다로 하고 500m 미만인 때는 1개소로 한다.

(2) 콘크리트 기초 및 옹벽 : 시공 장소, 깊이 및 구조

(3) 케이블 가설방호물 : 시공 장소 및 가설상태

(4) 기타 가설물 : 시공 장소 및 가설방법

주) 시공 장소는 역간은 시공위치(㎞)를, 역구내에서는 역명을 흑판에 명시하여 사진을 촬영하여야 한다.

(5) 제출시기 : 사진기록 및 기록표는 준공검사전(기성부분 포함)까지 정리하여 감독자에게 제출하여야 한다.

2.3 표시

콘크리트주는 매설기준선을 건식하기 전에 흑색 페인트로 표기하여 시공하여야 한다.

3. 공사도면의 제출

(1) 공사의 준공과 동시에 수급인은 다음 도면을 제출하여야 한다. 다만, 준공전이라도 감독자가 필요하다고 인정할 때에는 공사도면과 기록을 제출하여야 한다.

① 결선도 및 배선도

② 기기설치 및 케이블 설치명세도

③ 궤도회로도 (각종 점퍼, 절연위치, 본드수량, 궤도회로 극성 표시)

④ 궤도회로 특성표

⑤ 케이블 절연저항 측정표

⑥ 신호기 위치도

⑦ 신호제어설비 평면도

⑧ 관구도

⑨ 신호현시 계통도

⑩ 접지저항 측정표 및 접지시공도

⑪ 케이블 절연저항, ATS시험 측정표

⑫ 연동검사 결과표

⑬ ATP관련 패킷, 발리스 수신레벨 및 텔레그램 측정표

⑭ 기타 기기의 측정 데이터 등

(2) 제출도면의 부수는 5부로 하고 원도와 도면이 저장된 CD-ROM을 포함하여야 한다.

4. 공사도면의 작성 및 승인

(1) 공사도면은 연동도표에 의하여 수급인이 작성하여야 하며 제출한 각종 도면은 다음과 같이 한다.

① 연동도표는 공단 연동도표 작성 및 승인 절차서에 따라 작성 하고 승인된 연동도표에 의하여 시행한다.

② 결선도는 시행부서장이 승인한다. 다만, 시행부서가 다른 경우에는 시행부서장이 운용부서장과 협의 후 시행부서장이 승인한다.

③ 전원계통도, 분선반도, 접속함 배선도, 건널목안전설비 배선도, 기기배치도 등의 도면은 시행부서장이 검토하여 승인한다.

④ 기타 따로 정한 경우에는 그 기준에 의한다.

(2) 수급인의 작성 도면은 행정소요 일을 감안하여 감독자에게 제출하여야 한다.

5. 안전요원의 배치

공사시공 시 사고방지를 위하여 수급인은 안전요원을 배치하여 열차방호를 하여야한다.

6. 시공 후의 기능검사

(1) 시공 후에는 작업의 대소에 관계없이 장치의 기능을 확인하여야 하고 다른 장치의 기능에 영향을 미칠 작업을 완료한 경우에는 관계자 입회하에 장치의 기능검사를 시행하여 이상 유무와 기능의 적부를 확인하여야 한다.

(2) 기능검사 완료 후 감독자는 수급인과 같이 열차에 의한 기능의 적부까지를 확인하여야 한다.

7. 공사재료의 취급

(1) 공사에 사용되는 모든 재료는 운반도중 손상되지 않도록 취급하고 시공 전에 기능을 시험하여 감독자의 확인을 받아야 한다.

(2) 공사용 재료는 보관을 철저히 하여 습기 또는 고열 등에 의하여 변질되거나 기능을 저해할 우려가 없도록 하고 특히 케이블의 단말은 습기가 들어가지 않도록 방호하여야 한다.

(3) 을종 품 또는 재사용 품에 대하여는 원형을 유지하도록 보수하여 사용하고 다음 사항에 대하여 유의하여야 한다.

① 철제류 제품(기구함, 신호기구류 등)에 대하여는 낡은 녹을 벗겨내고 녹막이페인트 1회, 지정 페인트를 2회 이상 도장

② 기기 외함의 손상 또는 일부 부속품 손상부의 교체 수리

③ 선로전환기 등의 가동기계류의 분해청소 및 주유

④ 단자 및 기기 등의 접속부분 녹 제거

8. 철거 발생품

(1) 공사에서 철거 발생된 재료 중 재용가능품은 재용 하는데 지장이 없도록 하고 품명, 규격, 수량을 명기한 표찰을 부착하여 지정된 장소에 반납하여야 한다.

(2) 철거되는 기초는 지면아래 10㎝ 이상까지 깨고 특히, 선로변이나 경사면 등에서는 기초면이 드러나지 않도록 충분히 깨야 한다.

(3) 콘크리트부스러기, 트로프 등은 폐기물관리법에 의해 폐기처리토록 하여야 한다.

(4) 철거발생품 중 재사용을 제외한 철거품은 공단(해당본부 등)에 반납하여 일괄처리 할 수 있도록 한다.

9. 공사시공표

공사시공의 책임 한계와 이력을 확실히 하기 위하여 공사 시공표를 설비한다.

9.1 적용범위

적용공사는 연동장치와 CTC장치의 신설 및 개량하는 경우에 한한다.

9.2 설치장소

신호계전기실내의 출입문 부근으로 한다.

9.3 형상 및 치수

동판 가로 50㎝, 세로 35㎝, 두께 0.8㎝로 양각하고 내용은 다음과 같이한다.

공 사 건 명	○ ○ 역	○○연동장치 신설공사
사 용 개 시	서 기	○○○○년 ○○월 ○○일
시 공 감 독	○ ○ 본 부	○○사무소 ○ ○ ○
시 공	○ ○ 주식회사	대 표 ○ ○ ○

10. 기초 및 옹벽

10.1 기초 및 옹벽

(1) 조립식 맨홀을 제외한 기초 및 옹벽은 콘크리트조로 한다.

(2) 각종 기초의 치수는 표준도면에 의한다.

(3) 기초콘크리트의 기초 터파기는 표준도면에 의한다.

10.2 기초공법

(1) 기초 및 옹벽의 구덩이는 소정의 깊이로 파고 저면을 평평하게 해서 잡석으로 시공할 경우 잡석을 똑바로 세우고 자갈로 틈새를 채워 충분히 굳히면서 소정의 두께로 마무리 한다.

(2) 구덩이를 굴착하는 경우 토질에 따른 안전도에 유의하여 소정의 깊이로 파내려 간다.

(3) 기초볼트 또는 피어 등의 설치는 부착력을 감소할 요인을 없애고 간격 및 높이를 정확히 수직이 되도록 시공하고 기초볼트는 부식을 방지할 수 있는 용융아연도금제 또는 스텐레스제를 사용한다.

(4) 불필요한 콘크리트기초의 제거는 지표면 아래 10㎝까지 제거하는 것으로 한다.

(5) 되메우기는 기초에 충격을 주지 않도록 토사의 1층 두께 300㎜마다 충분히 다져야 하며 현장의 지면정리 등 뒷정리를 하여야 한다.

10.3 콘크리트공법

콘크리트용 재료는 다음에 의하는 외에 골재(세조골재 (細粗骨材), 잡석)는 하천 것을 사용한다.

(1) 모래는 콘크리트의 노출부분이 조잡하게 되지 않는 것을 사용하고 물은 담수로서 먼지나 흙 등이 혼입되어 있지 않는 것을 사용한다.

주) 담수란 유, 산, 염류, 유기물을 포함하고 있지 않는 것을 말하며 시멘트는 풍화한 것은 사용하여서는 안 된다.

(2) 콘크리트배합

① 특히 지정한 경우 외에는 시멘트 1, 모래 3, 자갈 6의 용적비로 한다.

② 물(W), 시멘트(C)의 중량비(W/C)는 63%를 표준으로 한다.

11. 신호제어설비의 위험 방지대책

특별고압선, 전차전류 또는 낙뢰로 인하여 유도장애를 받을 우려가 있는 신호제어 회로에는 위험방지대책을 강구하여야 한다.

(1) 계전기회로는 직류양선제어로 하고 공통 선을 두어서는 안 된다.

(2) 신호제어설비는 방해전류를 고려하여 시공한다.

해설 4. 기타 설비

1. 신호정보분석장치

1.1 설치 구간

(1) ABS용 신호정보분석장치 : 자동폐색구간

(2) 건널목용 신호정보분석장치 : 건널목안전설비 설치 구간

(3) 궤도회로 기능감시장치 : AF궤도회로 설치 구간 또는 고전압임펄스 궤도회로설치 구간

1.2 장치의 구성

신호정보분석장치는 현장 신호제어설비의 동작상태를 검지하여 이를 보수자에게 제공하는 것으로 검지장치와 분석 장치로 구성한다.

(1) 분석장치의 설치

① ABS용 : 운전취급실 또는 유지보수사무실 (유지보수사무실 포함)

② 궤도회로장치용 : 유지보수사무실

(2) 검지장치의 설치

① ABS용 : 현장 자동폐색제어유니트함

② 건널목용 : 현장 건널목 제어유니트함

③ 궤도회로장치용 : 신호계전기실

주1) 현장에 설치되는 검지장치는 열차의 진동, 선로주변의 온도, 습도 등에 영향을 받지 않도록 설치한다.

주2) 기존 제어유니트에 부착되는 검지장치는 본 장치에 영향을 미치지 않도록 사전에 계전기접점의 예비유무, 설치공간의 적정유무, 동작전원의 안정 등을 검토하여야 한다.

2. 신호등 소등검출기

(1) 신호등은 소등검출기를 설치하고, LED 등의 소등율이 30% 이상이면 소등검지를 하여야 한다.

① 출발 및 장내, 엄호신호기

② 자동폐색신호기

(2) 신호기 및 건널목의 등은 소등 확인이 용이하도록 소등검지 설비를 한다.

① 신호기 소등 검지 설비위치

가. CTC 구간은 사령실 및 역 조작판에 설비한다.

나. 신호원격제어구간 및 기타구간

신호제어계전기를 신호계전기실에 집중하고 있을 때는 전 신호기를 집중 1개로 하고, 신호제어계전기가 분산되어 있을 때는 한쪽 구내별로(남・북 등) 1개로 한다.

② 경보기

소등검지 설비를 설치한 개소에는 경보 및 확인버튼을 설치하여야 하며, 정전 또는 정전압방호용 경보회로와 공용할 수 있다.

3. 열차번호인식기

열차번호인식기는 열차번호표시장치, 열차번호입력장치, 열차번호처리장치로 구성한다.

(1) 한 선구에서 둘 이상의 선구의 분기 지점을 운행 중인 열차가 정해진 행선지와 다른 방향으로 진입할 우려가 있을 때 양역에 설치한다.

(2) 열차번호는 양 역에 동일하게 표시되어야 하며 열차가 분기지점에 접근하였을 때 이를 확인할 수 있어야 한다.

4. 긴급복구용 신호기 및 클램프본드

4.1 긴급복구용 신호기

사고발생이나 천재지변 등으로 신호기를 긴급 복구하여야 할 경우 비상복구용 신호기를 설치할 수 있다.

4.2 클램프본드 설치

사고발생이나 레일절손으로 레일본드를 긴급히 설치하여야 할 경우 또는 레일본드를 임시 설치하여야 할 경우에는 클램프본드를 설치할 수 있다.

5. 접지검출기

(1) 다음 설비의 접지를 검출하기 위하여 접지검출기를 설치할 수 있다.

① 교류전원은 각 선조 트랜스별

② 직류전원은 각 전원별

③ 기타 필요한 개소

(2) 경보장치는 신호전구 단심검출기 회로와 공용한다.

(3) 접지검출기의 접지는 제3종 접지로 하고 신호배전반의 랙 접지와 공용할 수 있다.

6. 교류전원 1계 불량검출계전기

6.1 설치

고압전원선이 2회선이 있는 구간의 선조트랜스 설치장소에는 각 선조트랜스의 2차 전원전압을 검지하는 1계 불량검출 계전기를 설치할 수 있다.

6.2 경보표시

조작판 또는 경보가 필요한 개소에 설치한다.

6.3 시공방법

① 검출계전기는 폐색신호기의 경우는 신호전원 절체기의 부근에 구내의 경우는 전원실의 배전반 또는 그 부근에 설치한다.

② 검출계전기의 회로

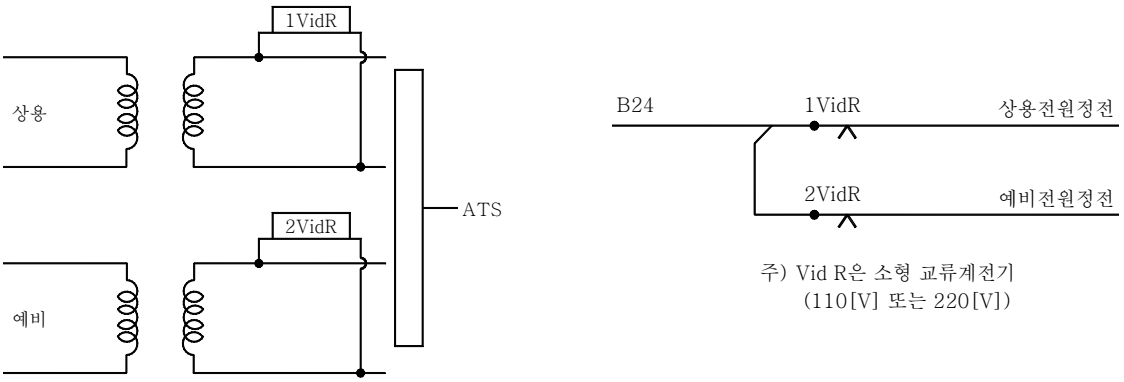


그림 7. 교류전원 1계 불량 검출회로

해설 5. 신호제어설비의 설치 및 개량 시 절체 순서

1. 사전 시험순서

1.1 신호기류

(2) 기존 신호기 등을 배선 변경하는 경우는 미리 신설 배선으로 절체하여 전압 및 투시 조정을 하여야 한다.

(3) 신설인 경우에는 조정 완료 후 소등한 후 ×표 등을 사용 개시 전까지 부착한다.

1.2 선로전환기

(1) 밀착 및 쇄정조정이 가능한 개소는 사전에 시행한다.

(2) 현장에 설치되지 않은 것이라도 단독취급버튼에 의해 조작하여 전환 및 표시회로 시험을 행한다.

(3) 전기쇄정기 등은 조정시험을 한다.

1.3 궤도회로 : 먼저 가절체하여 조정하여야 한다.

1.4 연동시험 : 연동시험은 모의시험장치를 사용하여 사전에 시행한다.

2. 절체 시의 시험순서

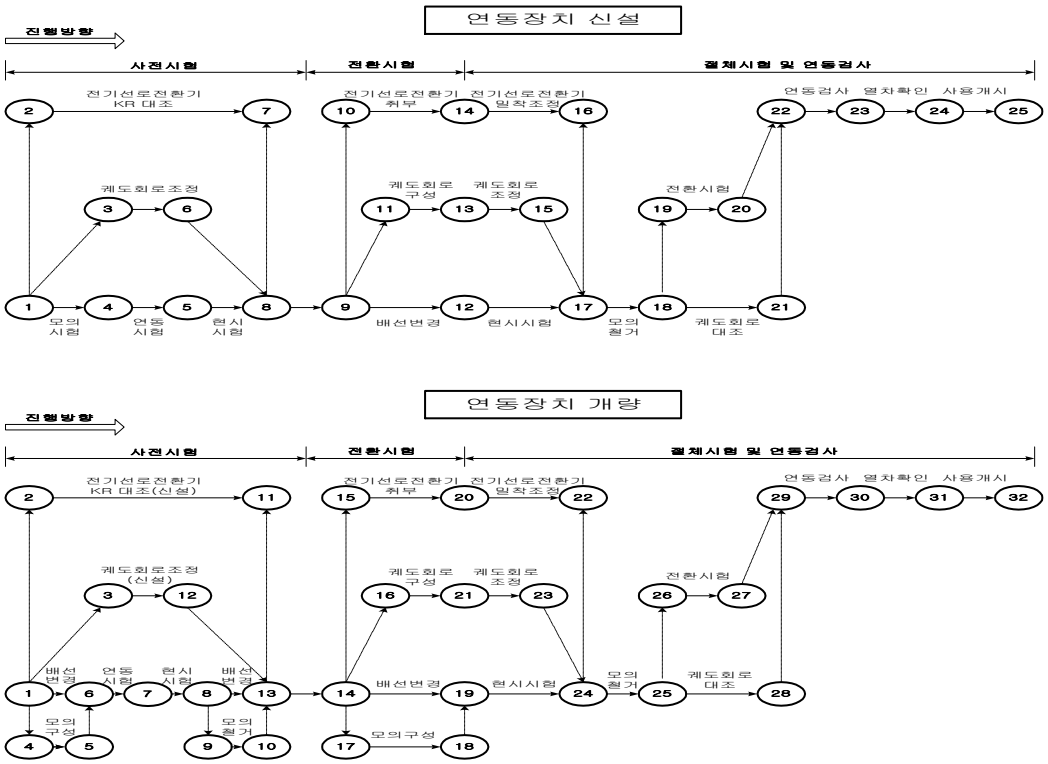


그림 8. 절체 시의 시험순서도

(1) 절체스위치 또는 플러그 잭 등으로 옥내배선을 절체

(2) 위 시험과 병행하여 현장의 신호기, 궤도회로 및 선로전환기를 절체

(3) 모의시험장치의 접속 확인

궤도회로, 선로전환기는 모의시험장치 접속 및 대조 확인을 한다.

(4) 연동시험

실내에서 모의시험장치에 의하여 시행한다.

(5) 현시시험

연동시험 직후에 신호기에 연결하여 각 진로마다의 현시상태를 확인한다.

(6) 궤도회로 및 선로전환기 조정

위 시험과 병행하여 전압 및 쇄정 등의 조정을 한다.

(7) 궤도회로 단락시험 및 선로전환기 전환시험

(8) 설비의 총 점검 및 현장상태를 확인

3. 연동검사 시행

연동검사는 공단의 "연동검사 시행" 절차서에 따라 연동검사를 시행하여야 한다.

4. 폐색 운행선 변경

4.1 개요

기존 단선 철도를 복선철도로 개량하는 설계에 있어서 반폭 시공하여 임시로 단선운행선 변경 후 기존 단선과 중첩되는 노반 부분을 시공 완료하여 복선 개통함에 따라 임시단선 운행선 변경에 따른 폐색설비의 시공 방법을 개선하여 매몰비용 및 차단시간 단축 등을 하기 위함

4.2 시공방법 개선

임시 단선 운행선 변경에 따른 신호제어설비 시공시 복선설비에 재사용 할 수 있도록 단선 운행선 변경구간 신호설비 시공방법 개선 표준모델 그림과 같이 반폭 시공이 완료된 노반에 복선 폐색제어유니트를 설치한 후 궤도회로와 통신 라인은 복선용 폐색신호설비를 이용하여 단선 자동폐색장치에 제어정보를 제공, 사용하고 복선 개통 시 단선 제어유니트를 철거하여 복선자동폐색을 개통 하는 방법을 사용하면 매몰비용과 차단시간 단축 등의 효과가 있다.

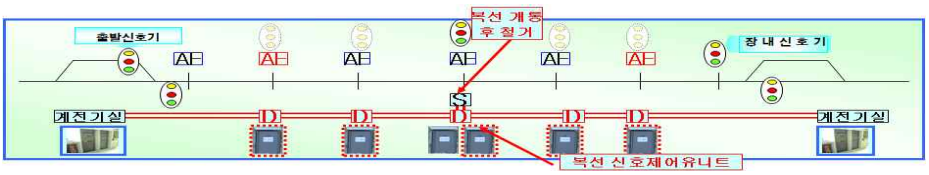


그림 9. 임시 단선 개통 시 폐색제어유니트 설치도

해설 6. 신호제어 설비의 도금 및 환경오염 대책

1. 도장

철판, 파이프류의 보존을 위해 필요시 도장하여야 한다.

(1) 도료

설비환경에 적합한 종류를 사용하는 것으로 하고 에나멜페인트로서 KS규격품을 사용하여야 하며, 내산성, 내염수성, 내알카리성, 내유성이 필요한 경우에는 에폭시제 도료를 사용한다.

(2) 본체의 도장(철제 제품의 경우에 한함)

본체 부분의 바탕을 청소한 후 녹, 기타의 부착물을 제거한 후 녹막이 페인트로 1회 도장을 하여야 한다. 다만, 에나멜페인트 칠에 있어서는 1회 도장을 한 후 바닥 만들기를 하고 소정의 색상으로 2회 도장하여야 한다.

① 백색 : 신호기주, 신호기구 후면, 조작판 내부, 기구함 및 접속함 내부, 입환신호기(입환표지 포함)내부, 지상자.

② 군청색 : 계전기랙, 계전기함 외부, 케이블랙

③ 진회색 : 기구함 및 접속함 외부(스텐레스제의 경우에는 도장 제외)

④ 은분 : 지상자 제어계전기함. 궤도송신기함

⑤ 건널목 경보기주 : 200㎜ 간격의 황색과 흑색의 엇갈림으로 도장하여야 한다.

⑥ 이설 또는 수리를 한 부분으로서 페인트가 벗겨진 곳 또는 일부 부식한 부분은 충분히 닦은 후 그 부분은 녹막이 페인트로 1회 도장한 후 소정의 색상으로 2회 도장하여야 한다.

(3) 다음의 각 기기에는 도장한 후 번호 및 부호를 백색 에나멜페인트로 표준도의 제표용 자체에 의하여 표기하여야 한다.

① 기 구 함 ---------- 제 1호 자체 (궤도회로명은 제4호 자체)

② 접 속 함 ---------- 제 1호 자체 (특2호는 제2호 자체)

③ 전철제어함 ---------- 제 2호 자체

④ 전기쇄정기 ---------- 제 2호 자체

⑤ 신호기구 ---------- 제 3호 자체

⑥ 계전기랙 ---------- 제 5호 자체

⑦ 조작판 ---------- 종 7㎜ 횡 4㎜

⑧ 열차체류표시판 ---------- 종 7㎜ 횡 4㎜

⑨ 계전기 수용기구함 ---------- 제 1호 자체

⑩ 전원장치 수용기구함 ---------- 제 1호 자체

⑪ 궤도송신기, ATS제어함, 케이블헷드 -- 제 4호 자체

(4) 기기의 동작부분 및 기기명판에는 도장하여서는 안 된다.

(5) 도장작업의 주의

① 계통이 다른 도료를 혼합하여서는 안 된다.

② 도장을 수회 반복할 경우는 매회 충분히 건조한 후에 칠한다.

③ 인화의 위험성에 유의해서 도장한다.

2. 방청처리

도장에 앞서 녹, 오물 등은 쇠 솔 등으로 깨끗이 청소하고 구조가 복잡한 부분은 이에 적응하는 공구를 사용하여 도장하여야 한다.

3. 도금

도금은 특히 지정된 것 이외에는 용융아연도금으로 한다.

4. 표시

(1) 각종 시설물에 표시하는 경우는 1. 도장 (3)항에 따르고 기호는 접속함 (J), 기구함 R (축전지 수용함은 B), 선로전환기의 정위 (N), 반위 (R)등으로 표시한다.

(2) 접속함 및 축전지 수용함의 번호 표시는 기점 및 종점 쪽으로부터 역구내 중심 쪽으로 다음과 같이 번호를 표시한다.

(3) 접속함은 기점 쪽은 J210, J220, J230...순으로, 종점 쪽은 J510, J520, J530.. 순으로 표시한다.

(4) 축전지 수용함은 기점 쪽은 B210, B220, B230...순으로, 종점 쪽은 B510, B520, B530... 순으로 하고 아래에는 해당 궤도회로 명을 표시한다.

(5) 건널목안전설비 축전지 수용함은 B1, B2...순으로 표시한다.

(6) 폐색장치용 제어함은 주체설비를 기준으로 상 1, 하 1등으로 한다.

(7) 선로전환기 쇄정간 덮개에 표시하는 정, 반위 표시는 그림과 같이 텅레일이 기본레일에 붙는 쪽을 기준으로 정위방향을 N, 반위방향을 R로 표기하고 명칭(본체와 모타)은 기점 쪽 21, 22, 23...순으로, 종점 쪽 51, 52. 53...순으로 표시한다.

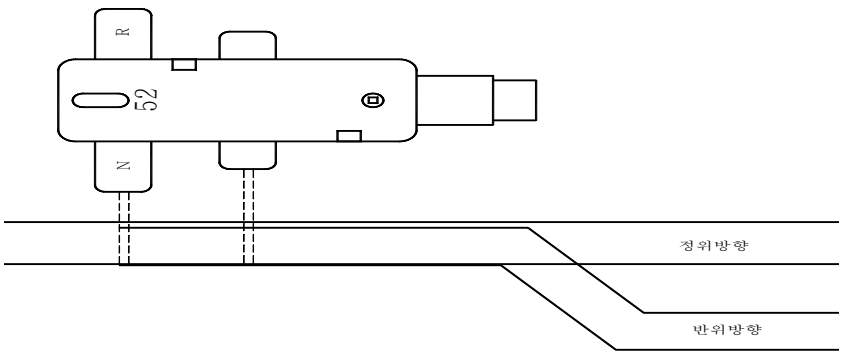


그림 10. NS형 선로전환기 표시 방법

5. 방진 및 공해대책

(1) 열차 진동이 큰 고가, 교량 등에는 기기를 가능한 한 설치하는 것을 피하고 부득이 설치할 경우는 설치환경에 따른 방진대책을 하여야 한다.

(2) 공해지구 등의 설비는 단자의 부식, 녹의 방지 및 단자함의 절연열화(絶緣劣化) 방지 등을 위해 방청제를 도포하는 등 대책을 강구하여야 한다.

(3) 볼트 너트에는 너트의 풀림을 방지하기 위한 방지액 또는 스프링와셔 등을 사용하여야 하고 열차 운행선상의 시설물 등에는 너트풀림방지장치 설치를 고려하여야 한다.

① 전철주 빔 및 홈지붕 등에 첨장 하는 신호기 취부부품 및 점검대

② 교량, 터널측 벽에 직접 설치하는 신호기 취부 부품, 사다리 및 케이블 지지물

③ 임피던스본드 도선 및 중성판과 2차 측 단자

④ 기타 너트이완에 의해 열차운전에 지장을 줄 우려가 있는 장소

6. 환경오염에 대한 대책

해안의 염분, 도시 또는 공장지대의 매연 등 환경오염지역의 신호제어설비는 적절한 보호대책을 시행한다.

표 1. 환경오염대책 적용지역 구분

중오염지구	계절풍 등의 강풍으로 바닷물이나 파도에 의한 해염이 직접 시설물에 가해지는 지역으로 해안선에서 300m 이내로서 오염보호 대책이 필요한 지역
경오염지구	설비의 중요도가 높은 곳으로 선택적으로 내손보호 대책이 필요로 하는 지역으로 계절풍 등으로 해염이 설비에 부착할 우려가 있는 해안선으로부터 3㎞ 이내 지역

표 2. 시설보호 대책

구 분 시설별	중 오손지구	경 오손지구	비 고
1. 계전기 및 카드류 2. 기구함 및 신호기기	- 모든 계전기 및 전자소자가 포함된 제품류는 실내에 설비하도록 한다. - 외함은 자주 물로 닦는다. - 철물은 아연도금 또는 방염용 페인트를 사용한다. - 스텐레스 제품을 사용한다.	- 옥외 기구함에 설비하는 것을 가급적 피한다.	

해설 7. 신호제어 설비 안전 및 신뢰성

1. 용어의 정의

(1) 사고(Accident)
피해를 가져오는 불의의 경우나 그에 대한 연속적인 상황

(2) 합리적으로 가능한 낮게(ALARP : As Low As Reasonably Practicable)

(3) 허가(Authorization)
시스템, 제품, 기타 변화를 철도에 도입하는 것을 구체적 적용 제약 안에서 공식 허가하는 것

(4) 상업적 규격(COTS : Commercial-Off-The-Shelf)
시장의 필요에 의해 정의되고 상업적 사용자의 목적에 부합됨을 말함

(5) 데이터 보고 분석과 교정조치 시스템(DRACAS(Data Reporting Analysis and Corrective Action System)
고장과 기타 사건이 철저히 분석되고, 모든 필요한 교정조치(특히 안전에 영향을 미칠 경우)가 파악 및 수행되도록 확인하는 폐회로 시스템

(6) 인증(Endorse)
문서, 개별 장비 등이 목적에 적합함을 승인하는 것

(7) 엔지니어링 안전관리(ESM : Engineering Safety Management)
시스템, 제품, 기타 변화가 안전하도록 만들고 그것이 안전함을 입증하는 활동

(8) 엔지니어링 안전관리(ESM) System
ESM에 대한 체계적이고 문서화된 접근법

(9) 오류(Error)
계획된 설계에서 이탈하여 불의의 시스템 작동이나 고장을 일으킬 수 있는 상황

(10) ETA(Event Tree Analysis)
선택된 최초 경우가 발생한 후에 일어날 수 있는 중간 및 최종 결과들을 예증하는 방법(귀납적 방법)

(11) 고장(Failure)
시스템, 제품, 기타 변화의 지정된 수행에서의 이탈, 고장은 결함이나 에러(오류)의 결과

(12) 결함(Fault)
에러를 일으킬 수 있는 시스템, 제품, 기타 변화의 결점

(13) 결함구조 분석(FTA : Fault Tree Analysis)
특정 결과를 유도하는 여러 상황의 논리적 조합을 표현하는 방법(연역적 방법)

(14) 고장모드 효과 분석(FMEA : Failure Mode Effects Analysis)
어떤 부품의 알려진 모든 고장모드나 시스템의 특징이 상호적인 것으로 고려되고 바람직하지 않은 결과가 관철될 때 위험요소를 확인하는 과정

(15) 고장모드 효과 및 치명도 분석(FMECA : Failure Mode Effects and Criticality Analysis)

FMEA에서 그 효과의 치명도까지도 평가하는 FMEA의 확대를 말함

(16) 그룹(Group)

철도 운영에 관여된 사람들의 집단

(17) 위험요소(Hazard)

사고를 유발할 수 있는 조건, 피해의 잠재적 원인

(18) 위험요소일지(Hazard Log)

시스템, 제품, 기타 변화의 안전분석 중에 파악된 자세한 위험요소나 잠재적 사고를 기록하고, 발생된 손실 안전 기록을 기재한 문서

(19) 위험요소 분석(HAZAN : Hazard Analysis)

(20) 위험요소 정립(HAZID : Hazard Identification)

(21) 위험요소 운영 가능성(HAZOP : Hazard Operability)

설계의도에서 벗어난 모든 이탈과 안전이나 운영가능성에 미치는 바람직하지 않은 효과를 파악하기 위하여 지시어(guide words)를 이용하여 수행하는 연구

(22) 통합관리시스템(IMS : Integrated Management System)

(23) 우발적 사건(Incident)

비계획적이고 비통제적인 경우로서, 하나의 사고를 상이한 상황에서 가져올 수 있는 것

(24) 기본시설 시스템 검토위원단(ISRP : Infrastructure System Review Panel)

(25) 프로젝트 관리자(PM : Project Manager)

프로젝트를 전체적으로 관할하는 자로서 프로젝트 주기동안 발생되는 안전(프로젝트 안전관리자의 업무수행)에 대해서도 책임이 있음

(26) 프로젝트 안전관리자(PSM : Project Safety Manager)

프로젝트 안전에 책임이 있으며, 모든 안전관련 문서기록 작성을 담당

(27) 신뢰도(Reliability)

어떤 품목이 주어진 시간동안 주어진 조건 하에서 요구되는 기능을 수행할 수 있는 확률

(28) 리스크(Risk)

피해 발생 가능성과 그 피해의 심각성의 조합

(29) 리스크 분석(Risk Analysis)

주어진 시설 활동에 의해 발생되는 역효과의 가능성과 범위를 확인하는 구조적 과정

(30) 안전(Safety)

수용할 수 없는 리스크가 없는 상황

(31) 안전승인(Safety Approval)

철도 안전 당국이 승인하는 과정

(32) 안전평가(Safety Assessment)

시스템, 제품, 기타 철도장비에 대한 변화가 그 안전요건에 부합하는 지와 안전요건이 적합한지 판단하는 분석과정

(33) 안전검사(Safety Audit)

프로젝트가 안전계획에 따라 수행되고 있음을 확인하고 확신하는 활동, 또한 안전계획의 적정성도 확인

(34) 안전당국(Safety Authority)

안전관련 시스템, 제품, 기타 장비의 변화가 안전하고, 서비스에 적합하고, 모든 법적 규제적 요건에 적합함을 증명하는 것을 담당하는 기구

(35) 안전대책기술서(Safety Case)

시스템, 제품, 기타 철도장비에 대한 변화가 안전요건에 부합하고 그 안전요건이 적합함을 확인하기 위한 증거, 주장, 가정의 공식적인 기술서

(36) 안전증명서(Safety Certificate)

시스템, 제품, 기타 사용 변화를 허가하는 증명서이다.

(37) 안전제어(Safety Control)

유해한 결함(hazardous faults)을 밝혀낼 수 있는 품질관리

(38) Safety Engineering

안전요건 성취를 확실하게 하는 기술적 방법들의 적용과정

(39) 안전주기(Safety Lifecycle)

안전관련 시스템을 위한 시스템 주기와 연관되어 수행되는 일련의 추가적인 ESM 활동들

(40) 안전계획(Safety Plan)

수행되고 있는 업무의 안전을 확인하기 위해 수행해야 할 활동과 사람들의 담당 책임을 상세화한 문서

(41) 안전관련(Safety-related)

어떤 품목의 특징이나 성능이 사고에 일조하거나 사고를 방지할 수 있는 잠재성이 있을 때, 이 품목은 안전에 관련됨

(42) 안전요구사양(Safety Requirements Specification)

제품, 시스템, 철도장비 변화가 안전한 것으로 판단되기 위해 충족해야 할 요건들을 규정한 것

(43) 안전보장그룹(신호) : SAG(S) : Safety Assurance Group(Signalling)

(44) 시스템 무결성 등급(SIL : Systematic Integrity Level)

2. 안전성 인증절차

2.1 철도안전성

2.1.1 안전성

(1) 사람에게 상해를 주지 않는 것

(2) 받아들일 수 없는 리스크로부터 해방(IEC)

(3) 인간의 사상 또는 기재에 손실 혹은 손상을 입히는 것과 같은 상태가 없는 것 (JIS)

2.1.2 신뢰성과 안전성

(1) 신뢰성

아이템이 주어진 조건하에서 규정의 기간 중에 요구된 기능을 완수할 수 있는 성질

(2) 안전성

장치가 고장이 발생하여도 위험측으로 천이(遷移) 되지 않는 것

(3) 신뢰성과 안전성의 관계

① 신뢰성을 향상시키는 것으로 위험 측 고장 확률을 작게 함.

② 신뢰성을 희생하더라도 안전성을 확보하는 경우가 있음.

2.1.3 안전성 요구수준

(1) 사망사고율(자발행위와 재해로 분류)

① 교통사고와 자연사를 제외하고, 자발행위에 의한 사망률은 피재보다 2단계 정도 높음.

② 흡연처럼 사람은 자기의 즐거움을 위해서는 상당히 큰 위험을 무릅쓰고 있지만, 교통사고 등의 재해는 리스크가 높다고 중요시 됨.

표 3. 자발행위와 재해에 의한 사고율

자발행위($\times 10^{-5}/h$)		재난($\times 10^{-7}/h$)	
흡연	500	교통사고	500
자동차운전	17	홍수	7
모터사이클	2,000	지진	7
축구	4	토네이도	22
		비행기추락	1
		원자력발전	1
		낙뢰	7
		자연사	125,000

(2) FAFR에 의한 정의

① 일정의 업무와 행위에 직접 노출되고 있는 10^8시간당 사고사를 만날 확율 FAFR (Fatality Accident Frequency Rate)를 정의

② FAFR 평가기준

표 4. 철도 50㎞/h, 자동차 30㎞/h, 항공기 500㎞/h

수송기관	철도	자동차	항공기
FAFR	0.12 (1)	42 (365)	127 (1,104)
사망/인키로	$1.0\times10^{-11}/h$ (1)	$1.5\times10^{-8}/h$ (1,500)	$3.0\times10^{-9}/h$ (300)

(3) 안전성 요구수준

사망을 동반하는 위험율은(1 시스템당 10~100만년에 1회)가 사회적인 기준에서 보아 타당한 값.

표 5. 사망을 동반하는 위험율

구 분	허용된 위험율
미국	자발행위 :10^{-5}/년인 재해피해 :10^{-7}/년인
영국	프로세스 제어 :10^{-5}/년 시스템 (90% 혹은 99%의 신뢰도 달성)
오스트리아	화학공업 FAFR : 3.5 시스템 내의 개개의 위험도 : 0.35
	무인화 수송시스템 :$10^{-12}/h$ 인간관여 시스템 :$10^{-9}/h$
원자로	주변의 방사능 확산 :10^{-6}/년/로 (노심용융사고 :10^{-5} × 격납용기 : 10^{-5})
NASA 항공기 제어용 컴퓨터	위험측 고장율 :$10^{-5}/10h$
점보기	이착륙회수 : 150만회

① 신호장치의 고장율과 안전측 고장율

신호장치의 고장율(실적치)과 ME화 신호장치의 고장율(기대치)

표 6. 신호장치의 실적치와 기대치

구분	안전측 고장율(h)	위험측 고장율(h)
연동장치	4.6×10^{-5}	6.4×10^{-9}
신호릴레이	1.5×10^{-8}	1.4×10^{-10}
Micro Electronic System	$10^{-5}\sim10^{-6}$	10^{-10}

2.1.4 위험도의 수용가능 단계

(1) 철도 엔지니어는 절대적인 안전성 추구

① 철도안전성 단계 다른 교통수단의 안전성보다 높게 설정

② 철도의 안전성은 영업전략에서 아주 중요한 요소

③ 도로 교통사고와 단순 철도사고의 경우에 일반대중의 안전성 단계를 예측 가능

④ 새로운 시스템에 대해서는 기존의 것보다 높은 안전성 기준

(2) 절대적 안전성은 불가능함에도 불구하고 절대적인 안전성을 위해서 완전히 정체된 철도는 더 이상 생각할 수 없음.

2.1.5 안전성 무 결성 요구수준(Safety Integrity)

요구된 안전성 무결성 단계는 위험사상이 발생하는 빈도와 사상의 연쇄조합

- 안전성은 시스템의 정확한 작동에 전적으로 의존
- 위험은 궁극적으로 위험요소로 인도할 수 있는 다양한 사상의 확률적 조합으로부터 유추된 확률로 표시

(1) 철도에서 고려해야 할 연쇄(Sequence)

① 인간생명의 손실

② 사람에게 상해 혹은 발병

③ 환경오염

④ 재산의 손실 혹은 손상

(2) 생명과 관련하여 고려되어야 할 사항

① 4단계 : 열차의 충・추돌과 탈선의 방지

② 3단계 : 열차의 무결성과 특성의 규명

③ 2단계 : 열차운행관리

④ 1단계 : 여객정보

⑤ 0단계 : 철도운영

(3) 철도의 안전성 검토

위험요소의 단계 결정에서, 모든 사상과 연쇄반응은 허용 가능한 안전성 단계 결정할 때 고려됨.

① 시스템의 안전성은 신뢰성의 비용으로 향상되는 경우가 많음.

② 신호시스템의 안전성 단계 향상이 안전 측 고장운용으로 신뢰성을 낮추는 것이 될 수 있음. 도로에 운용되고 있는 여러 가지 교통수단은 비 안전하지만, 이것에 의해서 철도 승객이 더 큰 위험에 노출되어 있다. 라는 것에 대해 논쟁이 될 수 있음.

표 7. 안전 무 결성 요구수준

단계	안전성에 요구되는 무 결성 단계	가혹도	사람 혹은 기기에 대한 결과	서비스에 대한 결과
4	매우 높음	Catastrophic	다수 사망, 기기의 매우 큰 손실	주요시스템 상실
3	높음	Critical	사망 및 부상 기기의 중대손실	주요시스템 상실
2	중간	Marginal	부상 및 기기에 대한 중대손실	심한 시스템 손상
1	낮음	Insignificant	사소한 손상	사소한 시스템 손상
0	안전성과 관련되지 않음	negligible	손상 없음	사소한 고장

2.1.6 철도운영자에 의해서 제안된 안전 무 결성 수준

(1) 안전하게 이동할 수 있도록 하는 것

(2) 운전정리 및 열차제어를 위한 것만 해당

(3) ATP 시스템에 의해서 강화된 안전성

(4) 기관사에 의해서 강화된 안전성, ATP는 단순히 이중화 기능

(5) 자동열차운전만 해당 NA : Not Applicable

표 8. 철도의 안전 무 결성 요구수준

기능	DB	BR	NMBS	SNCF	SBB	FS	LUL	OeBB	NS
연동장치	4	4	4	4	4	4	4	4	4
선로전환기	4	4	4	4	4	4	4	4	4
열차검지	4	4	4	4	4	4	4	4	4
열차제동시스템	2	2	4	4	2	4	4	2	4
자동폐색	4	4	4	4	4	4	4	4	4
건널목제어	4	4	4	4	4	4	NA	4	4
건널목 감시	4	4	2	NA	4	2/4	NA	4	NA
철도직원보호	2/4	2	2	4	3	4	4	4	4
제어반	4	2	4	4	3	4	NA	4	NA
모니터(1)	4	NA	4	4	3	4	NA	4	4
모니터(2)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
원격제어(1)	4	4	4	4	3	4	4	4	NA
원격제어(2)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ATP(3)	4	4	4	NA	NA	4	4	NA	4
ATP(4)	NA	NA	NA	3	2	NA	NA	2	NA
ATP(5)	NA	NA	NA	2	NA	NA	NA	2	NA
ATO(5)	NA	2	NA	NA	NA	NA	2	4	NA
열차표시	2	2	2	2	2	2	2	2	2
자동진로설정	2	2	NA	NA	2	2	2	2	2

표 9. 안전 무결도 단계

Safety Integrity Level	운용에 요구되는 실패확률(/h)	가혹조건에서 운용되는 조건에서 실패확률(/h)
4	$< 10^{-7}$	$< 10^{-10}$
3	$> 10^{-7}$ to $< 10^{-6}$	$> 10^{-10}$ to $< 0.3x10^{-8}$
2	$> 10^{-6}$ to $< 10^{-5}$	$> 0.3x10^{-8}$ to $< 10^{-7}$
1	$> 10^{-5}$ to $< 10^{-4}$	$> 10^{-7}$ to $< 0.3x10^{-5}$

2.2 안전요구사항

2.2.1 일반사항

(1) 법률적 관계 : 민법적인 책임과 형법적인 책임으로 분류되어 있음

(2) 민사적 책임 : 철도운영회사에서 책임

(3) 형사적 책임 : 철도운영회사를 대표하는 사람에게 적용

(4) 책임한계

정부와 철도운용회사에 의해서 떠맡는 책임의 한계는 관련된 국가의 법률에 의함

예) 영국 : 신호에 대한 기본적인 사항은 운수성에서 요구사항이라는 책자를 발간

독일 : 독일철도는 안전규정을 정의하는 책임

기타국가 : 민법과 형법으로 나누어서 적용

2.2.2 철도와 정부 간의 책임성

(1) 각 국별로 철도회사와 정부간의 책임을 규명함

(2) 작업장에서 보건과 안전법령을 형사법으로 규정

(3) 철도회사는 시운전에 앞서서 운수성의 승인을 얻어야 함

(4) 안전에 관련된 장치는 사용에 앞서 이에 관련된 모든 수단과 대응책을 수용함

2.2.3 철도와 공급자간의 책임성

(1) 철도운용자가 모든 안전성의 증명, 시험 및 시운전에 대한 책임을 갖고 있음

(2) 공급자는 관계가 있는 모든 안전요구사항을 만족하는 것을 확인할 수 있는 형태로의 안전성 을 문서증명에 의해서 보여야 함

(3) 공급자가 관련규격에 따라 인증을 받은 것을 인정

(4) 일부의 장치와 시스템의 개발에 대한 요구사항은 규정과 법에 의해서 정의

(5) 철도사업자는 감사와 기타 적절한 방법에 의해서 안전성 증명을 입증함

2.2.4 안전규격 및 규칙

각국은 철도내부 지침, 국가 규격 및 국제규격을 이용하여, 안전에 관련된 제품의 정의와 이에 관련된 안전성 입증체계를 세워 시행 중에 있음.

① 독일 : VDE 0831과 MU8004를 제정하여 사용
② 프랑스 : NF 71011, 71012 및 71013을 제정하여 사용
③ 이태리 : IS402의 기술표준을 제정
④ 영국 : IEC 61508을 기준으로 RIA23 규격을 제정
⑤ 일본 : 열차보안시스템의 안전성 기술지침(안)제정
⑥ 유럽 : EN 50126, 50128, EN50129를 제정
⑦ 국제 : IEC 61508 안전에 관련된 전기, 전자 및 프로그래밍 전자제품에 관련된 요구사항

2.3 안전성 기술

2.3.1 안전성의 실제적인 고려사항

철도신호시스템의 안전성 요구사항은 탈선방지와 충돌방지 2개의 기본적인 요구사항. 이 요구사항의 실현은 사람 혹은 장치에 의해서 실현

(1) 신호원리에 의해서 안전성이 확보되는 정상적인 상태
(2) 고장상태에서 안전성이 확보되어야 하는 고장상태
(3) 고신뢰성 : 모든 고장은 최소화
(4) 원인유발의 최소화 : 보통시스템이 안전시스템과 연관을 최소화
(5) 안전측 동작 : 바이탈 시스템과 장치의 설계는 어떠한 고장도 안전 상태로 되는 조건

2.3.2 안전측 동작

신호엔지니어는 안전측 동작(Fail safe)을 표준으로 채택

(1) 안전성이 요구되는 신호시스템에서 부품 혹은 시스템의 고장모드를 인지
(2) 설계는 고장이 위험측 고장이 되지 않도록 설계
(3) 설계, 설치 및 유지보수가 포함된 모든 것에 대해서 분명한 것과 불분명한 것을 표시
(4) 위험측 고장의 발생을 최대한 낮추는 특별한 장치를 만들도록 하고 있음
(5) 이 원칙의 확장으로, 위험측 고장을 제거할 수 없는 장치는 그것의 정상적인 작동을 시작하기 전에 정확하게 작동하는지를 증명

2.3.3 여러 가지 표준에 의해서 고장율과 그 연쇄 분석에 의함.

(1) 모든 것이 하드웨어 기술을 통하여 MTBWSF(Mean Time Between Wrong Side Failure)를 계산에 적용
(2) 소프트웨어의 안전도 계산은 확실성과 같은 정도로 계산하는 것은 불가능
(3) IEC 61508에 의해서 소프트웨어에 대한 무결도를 정의
(4) 전체시스템의 안전도는 하부 시스템이 안전성이 기여하는 것을 포함하여 계산

2.3.4 시스템 라이프사이클

시스템의 안전성은 시스템의 라이프사이클 동안에 취한 것에 따라서 결정

(1) 사양명시 단계에서 정확한 정의

(2) 설치 및 공급단계에서 확실한 준비와 검사

(3) 품질관리

(4) 시험과 시운전 단계에서 장치의 모든 운용환경의 고려

(5) 분명한 품질관리기술을 반드시 채용

(6) 장치의 운전과 유지보수가 정확하게 명시되고 제어

(7) 요구사양에 따라 설계와 시험단계에서 운용에 필요한 것을 반드시 고려

(8) 분명한 절차, 교육 및 지원도구가 명시

2.3.5 실제 적용기술(예)

(1) 바이탈과 논바이탈의 구분

안전과 직접적으로 관련이 없는 시스템 요소는 안전과 관련이 있는 것과 분리

① 안전과 관련된 시스템 관련된 제약조건에서 해방

② 논바이탈 기능에 대해서 복잡한 기술의 활용가능

(2) 고장에 대한 안전성

① 안전상태는 가장 엄격하게 사용되어서 무전원상태를 이용

가. 선천적인 안전측 동작

나. 복합구성 안전측 동작

다. 반응에 의한 안전측 동작

② 선천적인 안전 측 동작 시스템에서, 하나의 요소 혹은 부품이 위험 측 상태로 고장이 발생하지 않는 중력, 연속 전원공급 혹은 동적동작회로, 전기적 절연, 견고한 장치 선천적인 특성 혹은 설계에 의존.

가. 원리가 간단하여서 외관검사와 실질적인 시험에 의해서 확신할 수 있음.

나. 기타 부가적인 것 없이, 안전을 위해서 비 조건에 의지하고 있음.

③ 장치 혹은 기타 요소가 안전한 방향인 일정한 방향으로 고장이 나는 특성이 없음

가. 상태가 위험한 상태로 되기 위해서 2개의 독립적인 고장이 발생.

나. 2개의 시스템이 동시에 고장이 발생하여서는 안 됨.

④ 복합구성과 동일

가. 요소의 고장모드가 고장검지와 시스템 정지 혹은 차단을 보장하지 않음.

나. 검지와 대응 동작의 반응 시간은 오 출력이 짧게 유지되도록 충분히 빨라야 함.

(3) 다양성(Diversity)

서로 다른 절차를 통하여 하나 이상의 방어 시스템을 구비하여 안전시스템을 구성한 방법이 실패하는 경우에도 시스템은 안전

(4) 단순성(Simplicity)

일반적으로 간단한 설계일수록, 보다 안전하며, 보다 쉽게 그것의 안전성을 분석하고, 시범을 보일 수 있음.

(5) 신뢰성(Reliability)

시스템이 안전측 작동으로 설계되었다 할지라도 고장빈도를 최소화.

① 높은 고장율은 위험측 고장 잠재위험도 증가.

② 고장은 인간의 의존도가 높아지고, 따라서 사고위험의 증가.

(6) 가시성(Visibility)

안전성을 확보하기 위해서 사용되는 기술은 근거, 적용 및 상호호환성이 검토, 증명되는 방법으로 구성되는 원칙.

① 간단하게 하거나 혹은 너무 쉽게 이해와 검증이 되도록 지나치게 간략화하지 않도록 함.

② 불확실 혹은 숨겨진 방법으로 기술을 활용하지 않도록 함.

(7) 바이탈 규정

① 안전에 관련된 전자시스템의 안전성 단계는 적어도 기존의 안전과 관련된 시스템의 안전성 단계와 동일.

② 정형화, 상세한 안전성 절차는 라이프사이클의 모든 단계에서 수행되어야 함.

③ 시스템 동작조건이 정의되고, 시스템은 명시된 범위에서 안전하게 작동되도록 반드시 설계가 되어야 함.

④ 하나의 고장이 불안전한 조건이 되어서는 안 되며, 시스템 고장은 즉시 안전한 상태로 전환되어야 함.

⑤ 위험 측 고장을 발생시키지는 않지만 다른 장치와 결합하여 고장을 일으킬 수 있는 것은 MTBFWS을 만족하여야 함.

(8) 전체 철도시스템의 안전성

열차의 정지는 더 이상의 장치의 고장에 대해서 안전 측 작동이라는 것을 수용하기가 힘이 들음.

① 승객에 발생하는 부수적인 위험과 혼란을 포함하는 열차정지 영향

② 운전시격이 짧거나 혹은 대규모 수송이 관련되었을 때 열차운행의 심각한 중단, 가용성의 수준, 미리 발생되지 않도록 하는 고장허용이 안전성 측면에서 검토.

(9) 검증기술

가. 강제사항이 아니라면 함께 수행되어야 함.

나. 평가목적으로 요구되었을 때는 강제규정.

다. 부품이 명시되어 있지 않을 때 각각의 문서에 의해서 보충되어야 함.

라. 안전회로에 대해서 사용된 초과된 값의 결정.

표 10. 하드웨어 검증 절차

번호	하드웨어에 대한 방법 혹은 절차	M	HR	R
1	FMECA(Failure Mode, Effect and Criticality Analysis)	○		
2	FTA(Fault Tree Analysis)		○	
3	공통고장모드분석(Common Mode Failure Analysis)	○		
4	설계와 인증에 대한 분리된 팀	○		
5	완전시험	○		
6	기능시험	○		
7	내부기능 시험(White Box 시험)		○	
8	자유시험①	○	○	
9	모의시험			○
10	사양에 대한 정적 일치성	○		
11	사양과의 동적 일치성		○	
12	MTBWSF 계산(위험측 고장)②	○	○	
13	고장의 ORE 카탈로그③		○	
14	내부위험도 계산을 위한 테이블④			○
15	실제/프로토 타입에 대한 사용전의 현장시험		○	
16	EN29001품질관리 요구사항	○		
17	문서화를 위한 사전규칙	○		

M : 강제규정 (Mandatory), HR : 적극권장(Highly Recommended),

R : 권장(Recommended useful technique)

표 11. 소프트웨어 검증기술

번호	소프트웨어에 대한 방법 혹은 절차	M	HR	R
1	소프트웨어 에러 영향분석	○		
2	정적 소프트웨어 분석		○	
3	정적 소프트웨어 분석		○	
4	제 3자에 의한 코드검사		○	
5	수학적 증명을 갖는 정형화 사양		○	
6	검증된 컴파일러		○	
7	고급언어		○	
8	목표하드웨어에 검증된 기계어	○		
9	설계와 검증에 대한 각기 다른 팀	○		
10	프로그램의 분기를 통한 전체시험	○		
11	내부기능시험		○	
12	기능시험	○		
13	사양과의 정적일치	○		
14	사양과의 동적시험		○	
15	방어적 프로그램			○
16	구조화 프로그램밍 규칙	○		
17	실제/프로토타입에 대한 사용전의 현장시험		○	
18	국제규격에 의한 품질관리 요구사항	○		
19	문서화를 위한 사전규칙	○		

표 12. 시스템 검증기술

번호	시스템에 대한 방법 혹은 절차	M	HR	R
1	해저드분석검토	○		
2	FTA(Fault Tree Analysis)		○	
3	설계 및 확인에 대한 각기 다른 팀		○	
4	기능적 시험		○	
5	모의시험		○	
6	사양과의 정적일치		○	
7	MTBWSF 계산		○	
8	실제/프로토타입에 대한 사용전 현장시험	○		
9	규격에 의한 품질관리 요구사항	○		
10	문서화를 위한 사전규칙	○		

2.4 안전성 검증

2.4.1 안전성 검증방법

(1) 문서화 작업

① 절차의 정의

② 안전성을 입증할 수 있는 문서화한 것을 포함.

(2) 안전성 입증

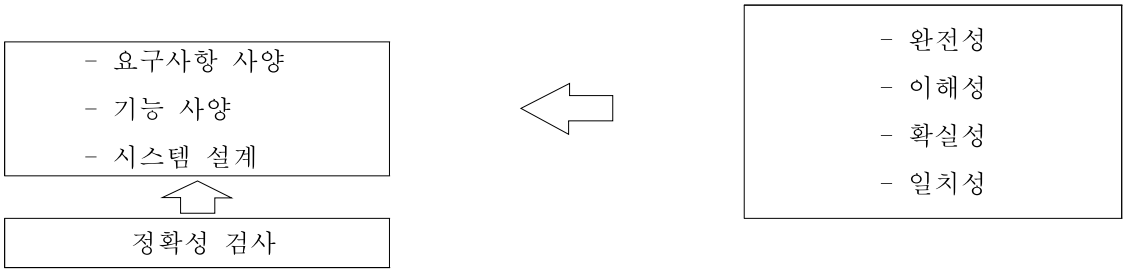
① 안전성과 관련하여 사양의 정확함을 확인(검증).

② 구현된 기능이 정확하게 명시된 것과 일치하는가를 확인(검증확인).

③ 운용과 유지보수가 안전요구사항과 일치하는 가를 확인.

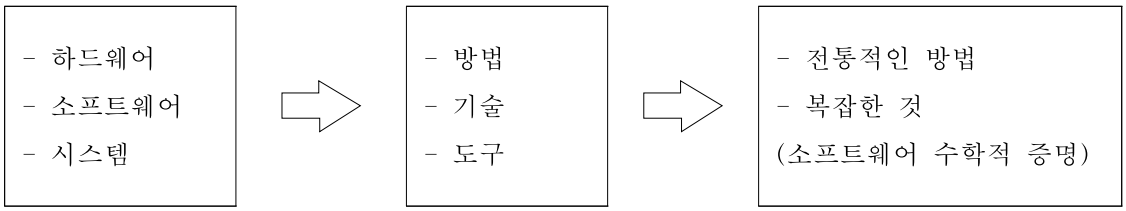
2.4.2 안전에 관련된 사양의 정확성

요구사항과 안전원칙에 만족하는 가에 대한 기능적 사양을 평가한다.



2.4.3 정의된 사양에 해당하는 구현된 기능

검증확인 절차는 라이프사이클 동안에 설계, 구현, 설치 및 시험에 사용



2.4.4 안전요구사항에 관련된 운용과 유지보수

운용과 유지보수 동안에 안전성 요구사양과 시스템의 일치성 검사.

시스템이 상용으로 사용함으로 매우 중요한 단계

- 유지보수
- 수리
- 재시공
- 시스템 변경

⇨

- 적절한 구분
- 정확한 요구사양

2.4.5 안전성을 증명하기 위한 절차

안전에 관련된 시스템은 위험도에 견딜 수 있는 수준에 관련된 안전도 무결성 단계의 정확한 정의가 필요.

- 시스템 전력
- 프로젝트 조직
- 프로젝트 단계
- 품질인증 및 평가

⇦

품질에 영향을 미치는 작업
- 책임과 관계를 정의

⇧

목록화

(1) 초기활동

시스템, 소프트웨어 및 하드웨어의 안전기능은 각자의 라이프사이클 동안에 적절한 방법과 평가활동의 선정과 함께 결정.

- 시스템의 무결성 단계
- 시스템 구조의 선정
- 하드웨어 및 소프트웨어
- 이중화
- 고장허용 및 고장회피(Avoidance)

⇨

안전성과 품질계획
- 시스템
- 하드웨어
- 소프트웨어

⇧

소프트웨어와 하드웨어에 대한 무결성 수준은 시스템 안전성 무결성 단계에서 결정

(2) 요구사양

철도사업자에 의해서 제공되는 시스템 요구사항은 계획의 입력으로 사용되며, 하드웨어와 소프트웨어의 요구사양으로 사용.

소프트웨어 및 하드웨어 요구사양

- 기능 - 가용성 - 신뢰성 - 유지보수성 - 안전성 - 보안성 - 비용

⇔

불완전, 모호, 모순되는 요구사항을 피하기 위해 계약자에 의해서 검토

(3) 검증(Verification)

각각의 시스템 개발단계의 생산품이 검증 팀에 의해서 준비된 확인 계획에 따라서 정확성, 완결성, 일치성이 각 단계의 요구사항과 일치하는 가를 확인.

① 시험과 검토에 대한 사양이 포함

② 품질활동 계획사항을 확인

③ 품질체계의 효율성을 결정하기 위한 품질감사

(4) 검증확인(Validation)

완성된 시스템이 검증확인자에 의해서 만들어진 검증확인 계획에 따라 생성된 요구사항과 일치하는 가를 검증확인.

(5) 평가(Assessment)

안전성 계획이 수행된 것에 따라서 안전성 계획의 검토와 기록의 감사는 개발팀으로부터 독립 팀에 의해서 수행.

(6) 문서화(Documentation)

문서들은 발행에 앞서 승인된 사람에 의해 적정성에 대해서 검토와 승인이 이루어짐.

① 기능적인 사양

② 위험요소 분석보고서

③ 시스템의 기술적 명세서

④ 회로도를 포함한 상세 시스템 문서

⑤ 시스템 인수 시험 사양

⑥ 운용 및 유지보수를 위한 매뉴얼

2.5 결론

2.5.1 철도사업자

감사와 기타 품질인증시험센터 등의 적절한 방법에 의해서 안전증명을 인증한다.

2.5.2 공급자

안전성 증명은 계약자에 의해서 수행한다.

2.5.3 ISA(Independent Safety Assessment)

안전성의 평가는 개발팀으로 독립된 팀에 의해서 수행한다.

3. 시스템 안전도 평가절차

안전을 확보하기 위해서는 위험을 규명해야 하고, 그 위험을 제어를 해야 한다. 그러한 위험을 제어한 증거를 나타내는 것이 안전종합대책 기술서(Safety Case)이다. 시스템의 안전성을 보증하는 문서가 필요한 경우, PSA(Probabilistic Safety Analysis)에 의한 결과를 하는 것이 최선으로 되어 있지만, 상세한 확률적 평가와 리스크 평가는 상당한 인력과 비용이 들기 때문에 현실적인 대처방법으로서는 수치와 부분을 간략화 하는 방법이 많이 사용된다. 이 방법은 앞에서 언급한 것과 같이 각종의 해저드 도출기법과 분석기법을 사용하여 위험원을 도출하고, 그 위험원의 발생원인과 사고결과를 분석하여 위험도를 분류하여 이것에 따라서 을 순번에 적용시켜, 위험도의 형태, 감소 책의 효과를 검토하여 안전대책을 수립하여 위험원이 안전하게 제어된다는 것을 보여준다.

3.1 시스템 안전성 평가 일반

대부분의 철도 변경은 사람들에게 피해를 줄 수 있는 잠재적인 위험을 수반한다. 철도시스템의 변경에서 유발되는 위험은 사소한 것부터 완전히 수용 불가능한 상태까지 다양하다. 비록 비용을 들이면 대개 위험은 감소될 수 있다.

위험 평가는 안전의 확인과 위험 감소를 밀접히 연관시킨다. 시스템의 위험원은 정확한 위험의 평가가 진행되기 전에 규명되어져야 한다. 안전 평가는 시스템 또는 설비의 수명동안 위험 감소의 실시와 이것에 대한 결과를 제공한다.

다음 사항을 위해 단일적이고 구조적인 체제를 보여준다.

- 위험원의 규명
- 위험 평가
- 위험원의 제어

3.1.1 위험원 규명

(1) 위험원을 규명하는 것은 안전확보 활동의 기초이다. 만일 위험원을 규명하지 않을 경우 이에 관련한 위험을 제거하거나 감소시킬 수 있는 정확한 조치를 취할 수 없게 된다. 하지만, 안전성의 이점들을 도입하는 것과 같은 보편적인 조치를 취할 수는 있다.

(2) 정상적인 운영 시에 발생할 수 있는 사고가 아닌, 설치, 트랙 시험, 위탁, 보수, 응급, 중지 및 폐지와 같은 다른 경우에도 발생할 수 있는 사고를 고려해야 한다. 변경 사항이 영향을 끼칠 사람들을 고려하고 그들이 오류를 범하지 않도록 도와주는 설계를 해야 한다.

(3) 위험원을 규명할 때, 이 변경 사항이 철도의 안전 및 관계된 것들에 미칠 수 있는 영향을 고려해야 한다.

(4) 통제할 필요가 없을 정도로 발생할 가능성이 없다고 판단되는 잠재적 위험원을 규명해야 한다. 이런 유형의 위험원을 간과해서는 안 된다; 발생하지 않을 거라는 확신에 대한 근거도 함께 기록해야 한다.

3.1.2 위험도 평가

(1) 위험 평가에는 법적 책임이 따른다.

(2) 위험도 평가는 사고가 발생할 가능성과 그로 인한 손해를 평가하는 것이다. 양쪽 요인 모두를 참작해야 한다. 또한 해당 조직은 누가 영향 받을 지를 고려해야 한다.

(3) 일부 변경 사항은 장기적으로 특별히 철도를 더 안전하게 하기 위해, 즉 위험을 감소시키기 위해 실시된다. 이로 인한 기타 위험이 발생할 경우, 이 또한 평가해야 한다.

3.1.3 위험원의 제어

(1) 만일 위험이 광범위하게 수용 가능한 지역에서 발생한다면, 명백히 합당하게 실행 가능한 평가 방법만을 고려하면 된다. 이를 위해서는 준수해야 하는 법적 책임이 존재한다. 다음과 같은 사항을 모색한다.

- 위험원 제거 및 이들의 가능성 감소 방법
- 발생의 경우, 위험원의 영향을 포함시키는 방법
- 사고발생 시 피해를 감소시킬 수 있는 임시적인 평가 방법

(2) 변경에서 오는 위험원 및 철도에서 이미 발견되었던 위험원 모두 통제 가능한 방법을 모색해야 한다. 비록 변경 사항이 철도의 안전성을 더 높이기 위해 설계되지만 이보다 더 안전하게 만들 수 있는 방법이 존재한다는 것을 명심해야 한다.

(3) 차후의 항목들에서는 위험원 규명, 위험 평가 및 위험 감소에 대한 7단계 과정이 기술된다.

3.2 안전성 평가를 위한 7단계 과정

3.2.1 7단계 평가방법소개

(1) 과정의 개요

① 그림에서 묘사되는 7단계 과정은 안전성 확보의 일반적 이다.

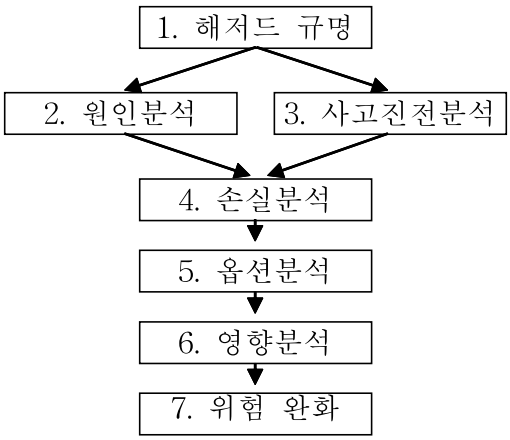


그림 21. 위험도 평가단계 업무흐름

② 이 7단계 과정은 이 안전종합대책기술서(Safety Case) 방법에서 권장되어 지는 방법이며, 경우에 따라서 효과적으로 수정된 여러 가지 방법들을 사용할 수 있다.

③ 7단계의 분석은 위험원의 규명을 시작으로 하여, 그 위험원을 발생시키는 원인분석과 그 위험원으로부터 기인된 사고의 영향을 분석하는 단계와 그 위험원을 제어하는 방법을 제시하고, 그 위험원이 제어되고 있다는 것을 보여주는 단계로 구성되어있다.

④ 원인분석은 위험원을 발생시킬 수 있는 원인을 규명하는 것으로서 시스템 전 생애주기에 걸친 분석을 통하여 위험원을 발생시킬 수 있는 원인을 찾아내어, 발생 가능성을 평가하는 근본적인 원인적 요인을 수립하는 것을 의미한다. 결과 분석은 위험원으로부터 발생되고 각 위험원에 의해 야기되는 사고 가능성을 추정함으로서 중간 상태 및 최종 결과를 정립하는 것을 의미한다. 원인 및 결과 분석은 병행하게 된다. 각 위험원의 결과는 손실의 범위와 관련이 있다(인적 피해, 환경적 손실 또는 상업적 손해). 손실 분석은 위험 감소를 위한 선택수단을 고려하기 전에 안전 손실(인적 피해)의 비중을 평가하여야 한다.

⑤ 위험 감소와 제어는 각 위험원을 위한 잠재적 위험 감소대책의 범위의 일치가 되어야 한다. 선택수단 분석은 이런 대책들의 결과와 이들의 실행 비용의 평가를 고려하여 결정한다. 영향 분석은 위험 감소라는 점에 있어서 각각의 위험 감소 대책의 실행과 관련한 순위들의 평가와 관련 있다. 이는 대책의 결과를 고려해서 전 단계를 수정함으로서 가능하다. ALARP(As Low As Reasonably Practicable) 입증 및 준수는 위험 감소 대책이 실행되고 잔여 위험의 수용을 합리화하는 것과 관련이 있다. 이는 철도 운영자에 의해 부과되는 ALARP 원칙 및 안전 목표에 요구되는 대책을 선택함으로써 구현된다.

(2) 적용의 범위

① 위험 관련한 결정을 하게 될 경우, 보편적으로 다음의 두개 사항을 행해야 한다.

가. 위험원과 위험이 무엇인지 결정해야 하는 근거를 수립한다. 이는 대개 기술적이고 객관적인 과정이어야 한다.

나. 결정기준을 사실에 적용시키고 수립한다. 이는 항시 가치기준에 기반을 두기 때문에 주관적인 요소를 지니고 있다.

② 7단계 과정은 안전성 적용시키기 위한 초기 단계에 적용될 수 있으며, 위험이 ALARP까지 감소되었다는 주장을 입증하기 위한 특정 발표한 결정 기준으로 적용시킬 수 있다. 이 단계는 각각의 상황에 따라서 7단계를 변경시킬 수 있다. 만일 모든 판단의 마지막으로 기술적 판단에 직면한다면, 효과적인 실행을 위하여 7단계 과정에서의 일부 단계를 대체시킬 수 있다. 기본적으로 좋은 실행방법은 반복할 필요가 없는 이미 수행된 분석의 결과를 구체화시킨다.

③ 모든 7단계 과정을 사용하여서, 수행하는 것이 효과적인 실행방법이 존재하지 않는 곳에서 기술적으로 커다란 진척이 없어도, 좋은 실행방법을 이용했다는 것을 보여줄 필요가 있다.

④ 가치기준을 근거로 한 범주로 이동하게 된다면, 근거를 수립하는 과정은 문제점의 점차적으로 작은 부분이 될 것이고 결정 범위를 정립하는 것이 큰 부분을 차지할 것이다. 적절한 결정에 도달하기 위해 관계자들과 상담할 수 있는 중요한 부가적 활동을 통해 7단계 과정을 보조할 필요가 있다.

⑤ 효과적인 실행부분, 7단계 과정 및 관계자들의 상담 절차는 각기 다른 결정에서 행해지는 것을 그림에서 보여준다. 각 부분에서는 각 활동의 관련 중요성에 대해 7단계의 폭으로서 대략적인 암시를 나타내고 있다.

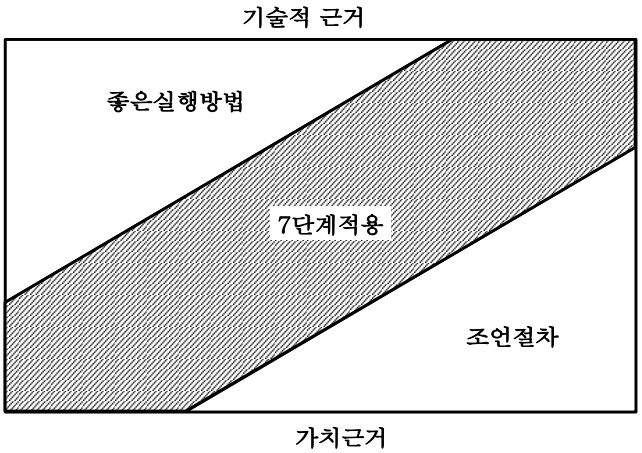


그림 22. 여러 가지 위험 결정에 대한 접근방법

(3) 정성 및 정량적인 분석

① 7단계 과정에서는 해당 업무와 관련한 모든 위험의 종류에 대한 통일된 체재를 보여준다. 이 체재 내에서 분석은 각기 다른 깊이에서 행해진다. 정성적인 안전 평가는 소규모의 위험에, 정량적인 안전 평가는 대규모의 위험에 적합하다. 또한 혼합 접근 방법의 적용도 가능하다.

② 정성 및 정량적 접근 방법에서는 위험을 과소평가하지 않을 정도로 이 방법들이 신중하다는 추정을 적용시킬 수 있다.

③ 정성적 위험 평가는 주로 해당 전문가의 판단 및 과거의 경력에 의존하게 된다. 여기서는 관련된 위험도와 상당히 주관적 방법으로 언급한다. 일부의 정량적 평가를 겸비해서, 양적 평가크기로 사용된다. 이 평가의 장점은 다음과 같다.

- 상세한 수량화, 자료 수집 또는 분석 작업이 필요하지 않다.
- 비교적 간단하다.
- 정량적 위험 평가보다는 비용이 적게 든다.

단점은 다음과 같다.

- 가정들은 철저한 문서화가 되어야 한다.
- 막대한 피해와 결부되는 낮은 빈도의 사고뿐만 아니라 높은 빈도의 저 손실 사고에서 발생하는 위험을 포함하여 주요 위험의 평가에 대한 유일한 기반으로는 부적합하다.

④ 정량적 위험 평가에서는 엄격한 분석 과정을 필요로 한다. 정성적인 위험 평가와 같이 동일한 기본 방침을 기초로 하여, 정량적 위험 평가는 보통 객관적이고 유효한 자료(입력자료와 관련한 불확실성에 대한 명확한 대책, 위험을 초래하는 주요 요인들 간의 의존도에 대한 명확한 대책)를 이용해 모형화를 사용한다.

장점은 다음과 같다.

- 정성적인 안전 평가보다 더 정확하다.
- 숨겨진 가설들을 규명하는 데 도움이 된다.
- 잠재 원인 및 위험원의 결과에 대한 이해에 도움이 된다.

단점은 다음과 같다:

- 복잡하다.
- 전문성을 요한다.
- 대량의 객관적인 데이터가 요구된다.
- 구조적인 고장의 확률을 수량화시키기가 어렵다.
- 정성적인 안전 평가보다 더 비싸다.
- 중요한 평가 자료가 필요하다.

⑤ 정성적인 안전 평가는 대부분의 위험원평가에 적당하다. 하지만 대형 또는 재난의 결과로 이끌 수 있는 위험원은 정량적 안전 평가를 필요로 하게 된다. 정량적 접근법은 불충분한 경험을 지닌 새로운 시스템에 실험적, 정성적인 접근법을 지원하기 위해서 사용된다.

⑥ 정량적 위험 평가는 그 것에 대한 정성적인 평가보다 더 비용이 많이 들고, 목적달성이 확실시 될 때에만 적용될 수 있다.

(4) 반복 및 사전 위험원 분석

① 안전성 분석은 반복적으로 수행된다. 설계 과정의 안전성 분석은 변경 사항을 고려해서 반복해야 하고, 그 외에도 세부사항을 포함할 수 있도록 확대되어야 한다. 위험원이 규명되는 대로, 위험원을 피하고, 위험도를 감소시키기 위해서 설계에 반영될 수 있도록 변형하여야 한다. 시스템의 상위개념이 기술이 되는 순간부터 이러한 과정이 수행되어야 한다.

② 초기위험원 분석은 프로젝트의 범위 평가 및 변경 사항에 의해 발생하는 위험의 경계를 결정하기 위해 프로젝트의 초기에 수행된다.

③ 사전 위험원 분석은 다음 사항을 결정하기 위해 시도되는 최초로 검토된 위험원 분석 및 안전 평가를 한다.

가. 변경사항에 의해 발생하는 위험의 범위 및 한계, 따라서 안전성 확보 관리활동이 적용되는 한계를 정할 수 있다.

나. 최초 설계 작업동안에 제거되거나 통제될 수 있는 잠재적 위험원의 목록.

④ 프로젝트 시작 시에 설계 세부사항은 항시 거의 제한되어져 있다. 따라서 사전 위험원 분석(특히 안전성확보관리활동의 적용 깊이)의 결과는 세부사항이 준비되는 대로 완전한 분석 및 위험 평가를 수행함에 의해 뒷받침되고 재평가되어야 한다.

⑤ 사전 위험원 분석은 어떤 중요한 설계 작업이 시작되기 전에 수행되어져야 한다. 이에는 시스템 기능, 제작, 사람들과의 상호작용 및 타 시스템에 대한 자세한 설명이 요구된다.

⑥ 사전 위험원 분석동안 수행된 위험 평가 작업은 이 위험의 정도 및 가능성에 대한 최초 평가로 설명이 되어있는 확인된 위험원으로 구성되어야 한다. 이상적으로 사전 안전 요인 분석은 최초 안전 요건 수립의 과정을 지원하고 따라서 각 규명된 위험원의 가능성에 대한 목표를 제공해야 한다.

⑦ 사전 위험원 분석의 결과는 어느 곳에 정량적 분석이 더 요구되는 지를 결정하는 데 사용되어야 한다.

- 사전 위험 분석의 결과 및 결정은 보고서에 문서화되어야 한다.

(5) 과거 자료의 사용

① 안전성 평가는 항시 과거부터 미래까지 추정한 일부 형태에 의존하게 된다. 과거 자료는 많은 단계에서 사용되지만 주의가 필요하다. 이에 대한 이유는 다음과 같다.

가. 불충분한 정보를 이용하여, 과거 자료들이 해당 상황, 특히 매우 큰 또는 극심한 사고 및 기존 사건들을 둘러싼 환경에 관련되었는지를 결정하는 데 사용될 수 있다.

나. 한 사건에서 발생하는 부수적 영향은 확실하게 결정되기 힘들다 (예를 들어 화재, 탈선 또는 피해 물질에의 노출).

② 과거 자료의 부적합한 사용은 분석에 피해를 주고 위험 평가의 정확성을 상당히 감소시킨다.

③ 고려 대상 중에 있는 특정 상황과 관련하여 피해에 대한 정확한 예상하는 데 과거 자료가 평가에서 적용될 때에는 사용한다는 것에 대한 명확한 논점이 드러나야 한다.

(6) 절차의 문서화

① 보통 위험 평가 연구의 결과는 위험 평가 보고서에 기록되어야한다. 따라서 검토 및 승인 시에 참고가 될 수 있다.

② 위험 평가 결과가 검토 및 승인되면 즉시 기술된 위험원 목록에 통합시켜야 한다.

(7) 업무의 구분

① 7단계 과정에서는 위험을 제어하고 법적 의무사항의 준수를 증명하기 위한 전반적인 체재를 제공한다. 7단계의 적용방법으로는 과정의 각기 다른 부분들이 다른 조직들에 의해 수행되는 경우이다.

② 철도의 모든 변경사항은 새로운 시스템의 도입 또는 기존의 것을 변경하는 것으로 간주될 수 있다.

③ 전체 과정을 행할 시 다음의 양쪽 모두에 전문성이 요구된다.

가. 시스템의 기능 및 설계

나. 시스템이 운영될 수 있는 철도 환경

④ 보통 전자의 전문성은 시스템 공급업자에 의해 제공되고 후자의 전문성은 기본 시설 관리자, 기관사 또는 역 운영자인 철도 운영자에 의해 제공된다. 표에서는 단계를 지나 책임의 전형적인 구분을 보여준다.

⑤ 수행된 분석의 결과로서 철도 운영자는 일반적인 시스템의 일반적 적용을 위한 허용할 수 있는 위험원률, 즉, 법적, 규정된 억제 및 공동의 안전 목표에 일률적인 위험의 발생에 대한 최대 수용 가능한 비율을 정의하게 된다.

표 19. 업무의 구분

단계	철도 운영자의 활동	시스템 공급업의 활동
위험원 규명	초기의 위험원 목록의 제공	위험원 목록의 확정 및 확대
원인 분석	분석 검토	분석 실행
결과 분석	분석 실행	분석 검토
피해 분석	초기 모형화 데이터의 제공	분석 실행
옵션 분석	분석 검토	분석 실행
영향 분석	초기 모형화 데이터의 제공	분석 실행
ALARP 및 준수의 증명	수용가능한/허용가능한 위험원률의 유도	수용 가능한/허용 가능한 위험원률의 완성 입증 ALARP 입증

⑥ 양쪽 모두는 철도의 안전을 위한 안전 조정자인 철도 권한자에 의해 설정된 전반적인 안전 목표 및 범주 내에서 작업을 진행한다.

(8) 반복되는 평가를 단일화를 위한 심각도 측정자의 활용

① 유사한 시스템의 적용에 대한 위험 평가를 연속적으로 수행해야 한다면, 가능성-심각성 정도가 동일한 업무의 반복을 막을 수 있을 것이다. 이표는 철도 운영자 또는 철도 권위자에 의해 제공된 정보로부터 철도 운영자 또는 시스템 공급업자에 의해 제작된다.

② 가능성-심각성 정도는 다음과 같은 일반적인 형식을 지닌다.

표 20. 가능성-심각성 정도 형식의 예

가능성	사고정도			
	극소	경미한	위험한	극심한
자주				
가능한				
때때로				
적은				
불가능한				
있을 수 없는				

③ 위험의 두 요소인 빈도수(또는 확률) 및 결과(또는 정도)는 차후에 표의 행과 광범위한 순서 또는 중요도의 등급으로 분할된다. 이 표 안의 각 칸은 위험의 광범위한 범위를 나타낸다. 상기의 예는 비어있지만 실제 표에서는 위험 인정 등급이 각 칸에 기재된다.

④ 모든 철도 적용에 적합한 단일의 일반용 표를 작성하는 것은 불가능하다. 표는 해당 상황에 적합하게 확률, 정도 및 위험 인정 등급을 포함하여 작성되어야 한다. 또한, 이 표는 다음과 같은 사항에 결부되어야 한다.

가. 사용된 확률, 정도 및 위험 인정 등급의 정의

나. 위험 인정 등급이 어떻게 ALARP 삼각형의 허용 불가능한, 허용 가능한 또는 광범위하게 수용 가능한 범주 및 철도당국에 의해 정립된 전반적인 안전 목표와 관련이 있는지에 대한 설명

다. 표의 기반이 된 가정; 시스템, 위험원, 환경, 사용용도 및 실행 중인 시스템의 수에 관련

라. 표의 사용 안내

⑤ 세 가지 등급(허용 불가능한, 허용 가능한, 광범위하게 수용 가능한)을 적용시키는 것은 보편적인 방법이다. 한 등급의 첨가, 즉, 허용 가능한 등급을 두 급으로 분할하여 한 쪽은 허용 불가능한 쪽의 끝으로, 다른 하나는 광범위하게 수용 가능한 쪽의 끝으로 분할하는 방법도 유용하다. 이 표를 이용하기 전에 다음과 같은 모든 사항을 충족시켜야 한다.

가. 만일 해당 시스템의 모든 위험원들이 허용 가능하게 평가된다면, 명확한 가정을 사용하면서 이 시스템에 의해 영향을 받은 모든 사람들에게 발생한 총 위험은 허용 가능한 범위로 떨어지게 되고 철도 당국에 의해 수립된 전반적인 위험 목표와 일치해야한다.

나. 시스템의 모든 위험원들이 광범위하게 수용 가능한 상태로 평가된다면, 명확한 가정을 사용하면서 이 시스템에 의해 영향을 받은 모든 사람들에게 발생한 총 위험은 광범위하게 수용 가능한 범위로 떨어지게 된다.

다. 표는 위험이 ALARP하게 감소되었다는 것을 정당화시키는 데 보조로 사용될 수 있다. 안내서는 ALARP가 전체 시스템에서 발생하는 총 위험에 관련한 것에 대한 최종 판단에 초점을 두어야 한다. 특히, 다음 사항을 고려해야 한다.

라. 위험원을 거쳐 위험을 분할하여 선택된 표에 대해 각 위험원을 평가함으로써 광범위하게 수용 가능하거나 허용 가능하게 고려되는 각 위험원으로 유도될 수 있다. 반면에 총 시스템 위험은 더 높은 등급에 머물게 된다.

마. 총 위험은 합리적으로 가능할 정도까지 감소되어야 한다. 따라서, 만일 총 위험이 허용 가능한 범위 내에 있지만 하나의 특정 위험원으로부터는 광범위하게 수용 가능한 등급이 되고, 이 위험원으로부터 발생한 위험은 더 감소되어야 한다.

⑥ 표를 이용할 때, 각 위험원에 부여된 확률 및 정도 등급의 정당성을 입증해야 한다.

⑦ 표를 사용하여 차후에 발생 가능한 문제점을 방지하기 위해서는, 이 표를 이용하여 안전 증명의 인증을 위해 안전 권한자의 인증을 요청할 시 모든 기준을 충족시키는 합당한 표를 제출하여야 한다.

(9) 위험 평가 및 광범위한 결정 수립

① 위험 평가는 법적 안전 의무 사항의 준수를 입증하는 데 초점을 두며, 이것은 사람들에게 끼치는 위해 측면에서 기술된다. 이런 의무 사항은 수행해야 되는 것에 대한 선택권에 제한을 두게 된다. 7단계 과정은 해당 의무 사항과 일치하지 않는 것들을 삭제하는 데 도움이 된다. 이 7단계 과정은 비안전 손실(환경적, 상업적 손실) 제어를 돕기 위해 확대될 수 있지만 여기서는 이에 대해 다루지 않는다.

② 더 광범위한 결정 수립에 있어서, 여러 가지 분야에서 이익을 획득할 수 있는 기회뿐만 아니라 환경적, 상업적 피해와 같은 비안전 손실을 고려하는 것이 합리적이다. 기술적 배경은 이런 결정 수립에 있어서 각 요소들의 판단을 위한 기반으로 작용하게 된다.

3.2.2 7단계 평가 상세 과정 - 단계별

(1) 제1단계: 위험원 규명

① 도입

가. 위험원을 규명하기 전에, 해당 시스템의 범위 및 주위 상황과의 상호작용을 이해해야 한다. 위험 규명을 시행할 때에 항시 아직 확인되지 않고 위험원에 잠재할 수 있는 상호 작용에 대해 주의를 기울여야 한다.

나. 위험원의 규명은 위험 평가절차에서 기본이 된다. 구조적이고 포괄적인 위험원의 규명은 위험 평가 절차에 심하게 지장을 줄 수 있다. 최악의 경우에는 안전에 대한 오해 및 그릇된 확신을 불러일으킬 수 있다.

다. 위험원을 규명할 때, 안정적 상태의 운영 방식에 국한되어서는 안되지만 보수 및 업그레이드를 포함한 설비가 철도에 장치된 시점으로부터 최종퇴역 시까지 시스템 수명동안의 모든 면을 고려해야 한다.

라. 위험원의 구조적 규명은 경험적으로 또는 창의적으로 수행되어야 한다.

② 경험적 위험원의 규명

가. 경험적 위험원의 규명은 잠재적인 위험원을 규명하기 위해 지식 및 과거의 경험에 크게 의존하게 된다. 때로는 이 방법은 일상적인 업무에 충분하겠지만 새롭고 변형된 업무에는 보편적으로 더 독자적인 형태의 위험원 규명이 요구된다. 경험적 위험원 규명 방법에는 다음과 같은 사항이 포함된다.

- 점검목록
- 체계적인 실습

다음의 더 엄격한 경험적 방법도 다음을 위해 사용될 수 있다:

- 설비 및 시스템을 위한 고장 모드 및 영향성 분석(FMEA)
- 인간-기계간의 영역에 대한 임무 분석

나. 후자의 방법들은 위험한 상황으로 유도할 수 있는 특정 부품의 고장 또는 인간의 실수를 규명한다. 하지만 이 방법들은 인간의 행동 및 가능한 실수를 포함한 부품 및 보조 시스템의 고장 형식에 대한 상세한 지식을 요한다.

③ 독창적인 위험원의 규명

가. 독창적인 위험원의 규명 방법에는 상상력이 풍부하고 창의력 있는 사고를 유도하기 위한 체계적인 방법이 필요하다. 이런 방법은 여러 층의 각 개인의 다르고 상보적인 배경을 없애기 위해 팀을 바탕으로 한 접근법을 채택하는 것이 바람직하다. 여기에는 다음과 같은 사항이 포함된다.

- 브레인스톰(brainstorming)
- 위험원과 운영 (HAZOP)

나. 모든 주요한 위험원이 확인됨에 따라 발생된 확신으로 경험에 의한 방법과 독창적인 방법을 서로 보완하게 된다.

④ 비고

가. 한번 규명된 위험원은 순서화해서 기술되어야 한다. 위험원의 기록은 대개 위험원 목록에 보관된다.

나. 각 위험원은 대개 여러 원인과 연관된다. 만일 다수의 위험원을 규명했다면 분리해서 규명되지 않은 각각의 위험원의 여러 원인을 확인해야 한다.

다. 가장 중요한 위험원에 대한 위험 평가 노력에 집중하기 위해서는 위험원들은 차등화 되어야 한다. 위험 평가의 다음 단계에서는 최고 순위의 위험원으로 시작해서 우선 순위에 따라 적용시켜야 한다. 각 위험원의 상대적인 등급을 설정하여 향후 분석에서 얼마나 폭넓게 그리고 얼마나 깊이 있게 분석할 것인가에 사용하여야 할 것이다. 여기서 간단한 표가 작성되어야 한다.

(2) 제2단계: 원인 분석

① 도입

가. 한번 위험원을 규명하고 순위를 정하면 다음을 위하여 각 위험원의 발생에 원인이 되는 요인들을 결정하게 된다.

- 각 위험원의 발생 확률에 대한 정확한 평가를 가능하게 하기 위해
- 각 위험원의 확률을 감소시키기 위한 대책을 마련하기 위해

나. 원인 분석은 시스템이나 설비에 대한 해당 지식이 요구된다. 원인 분석은 보편적으로 설계 자료를 계층적 구조로 나타내어 시스템이 어떻게 더 미세한 부분을 가지고 수행한다.

다. 원인 분석이 완료되기 전에 이에 대한 분석가는 설계 자료의 전체 세트를 아래와 같이 검토해야 하며, 목록은 더 첨가시킬 수 있다.

- 시스템의 도면
- 부품 목록
- 운영 및 보수 설명서

분석 절차에 있어서 고려해야 할 주요 요인은 다음과 같다.

- 일반적 고장 원인의 규명 및 모형화
- 일부 에러 및 고장의 상호의존사항
- 정확하고 논리적인 관계

라. 대부분의 원인 분석 방법에서는 위험원으로 유도하는 에러 및 고장에 대한 도표가 적용된다. 이것은 위험원의 원인들 간의 관계를 이해하고 서로 전달하는 데 도움이 되기 때문에 권장되어진다.

마. 원인 분석은 정성적 또는 정량적으로 수행할 수 있다.

② 정성적 분석

정성적인 원인 분석은 위험원의 확률에 의해 만들어지는 실제적이고 주관적인 평가를 가능케 하는 데 충분한 깊이까지 행해져야 한다. 이를 위해서 기본 시스템 부품 고장의 상세한 수준까지 파악할 필요는 없다.

③ 정량적 분석

가. 위험원의 정량적 원인 분석은 모든 기본 원인 요소들이 규명될 때까지, 또는 더 진행시키기 위한 신뢰성 있는 데이터가 부족해질 때까지 지속해야 한다. 근본적인 원인 요소들은 기초 부품 고장 및 인간의 실수를 포함한다.

나. 원인 모델을 정확히 수량화시키는 데에는 기본적인 원인 요소들의 발생의 빈도수 또는 가능성에 대한 객관적인 평가가 요구된다. 그런 다음 여기에 위험원의 발생 가능성을 평가하는 확률계산법 규칙에 따라서 수행한다. 여기서의 주요 안건은 다음과 같다.

- 신뢰성 있고 정확한 데이터의 확보
- 데이터의 불확실성에 대한 적합한 조치
- 민감도 분석
- 여러 가지 원인 요소들이 일관성 있는 결과를 산출하는 데 적합하게 결합되는 지의 확인(예를 들어 두 횟수가 정해진 시간동안 산출해내는 결과가 중복되지 않는 지 확인)

다. 데이터의 불확실성에 대한 대처의 심도는 평가받는 위험원의 성질에 따라 달라진다. 예를 들어, 잠재적 중요한 결과를 가져오는 위험원을 고려한다. 원인 요소의 발생으로 위험원의 실제화의 높은 확률에 기여하는 지를 확인한다. 원인 요소의 발생주기 평가의 불확실성은 관련 위험원이 결정하는 발생 주기에 있어서 불확실한 결과를 낳게 된다.

라. 정량적 분석은 불확실성의 비중을 최소화시키는 데 목표를 두어야 한다. 모든 불확실성의 본질 및 의미에 대해서는 신중하게 문서화되어야 한다.

마. 원인 요소의 발생 주기가 확실한 시간 간격을 두고 발생하는 것으로 규명되고, 위험원이 발생하는 주기를 쉽게 평가하고 분산시킬 수 있는 정확한 예측을 위해서는 통계적인 모의실험 기술이 필요하다.

바. 정량적 원인 분석 기술은 일반적으로 형식적인 수학적 기초에 기반을 두고 있고 컴퓨터에 바탕을 둔 수단에 의해 보완된다. 하지만, 이들은 전체시간에 걸쳐서 원인 요소의 빈도를 다 결할 수는 없다.

사. 원인모델은 일반적으로 보통 각 계열의 전문가에 의해서 생성되기 때문에 이 모델들은 결합 및 교정에 있어서의 확실성을 높이기 위해 상호 검토를 필요로 한다.

아. 만일 특정 위험원이 자주 발생하는 경우와 신뢰성 있는 통계가 발생 확률에 입각해서 유효하다면, 구체화된 정량적 원인 분석은 필요하지 않겠지만 위험원의 원인을 결정하고 잠재적 위험원 방지방법을 규명하는 데에는 도움이 될 것이다.

④ 비고

결함 수형도 분석과 FMEA는 원인 요소를 행하는 데 사용되는 수단이다.

(3) 세 번째 단계 : 결과 분석

① 도입

가. 위험원의 발생으로 이끄는 요인을 결정하는 데 취지를 둔 원인 분석과는 다르게, 결과 분석은 각 위험원의 가능한 영향을 결정하는 데 관련이 있다. 결과 분석의 결과에는 다음과 같이 위험원의 실제화에 따른 각 사건의 발생 가능성을 평가가 제시된다.

- 위험원에 따른 발생 가능한 손실의 정확한 평가를 지원한다.
- 위험원을 위한 제어 방법을 규명하는 데 도움을 준다.

나. 원인 분석과 같이 결과 분석은 주로 시스템의 환경에 대한 해당 지식을 요구하는 경험적인 방법이다. 이는 일반적으로 모든 잠재적 결과(사건과 사고)가 결정될 때까지 하부에서 상부로 전달되는 방식으로 각 위험원에 적용되어야 한다. 이는 여러 다른 중간 단계와 결과를 동일하게 한다. 여기서의 주요 핵심은 다음과 같다.

- 위험원의 대한 정확한 이해력의 증진
- 위험원의 단계적 확대에 있어서의 기존 물리적, 절차상의, 환경적 장애의 결정

다. 대부분의 결과 분석 방법에서는 원인과 영향성의 계열에 대해 도표식 표시법이 적용된다.

라. 결과 분석은 정성적이나 정량적으로 행해질 수 있다.

② 정성적 분석

가. 정성적 결과 분석에서는 사건이나 사고 발생의 가능성에서 정해지는 실제적이고 주관적인 평가를 가능케 하기 위해 충분한 선까지 수행한다. 하나의 일반적인 규칙으로서, 이 분석은 위험원으로부터 발생하는 모든 잠재하는 사건 및 사고가 확인될 때까지 지속되어야 한다.

나. 위험원의 확대의 방지책의 규명은 때로는 각 사건이 어떻게 발생하는 지에 대한 이해만을 돕는 데 사용된다는 것을 명심해야한다. 각 사건의 발생 가능성을 평가하는데 각각의 방치책의 성공확률을 수치화 하는 것이 반드시 필요하지는 않다. 오히려, 혹은 결과 모형화에서 얻어지는 이해를 근거로 해서 각 사건의 가능성에 대한 간단한 기존의 평가를 할 수도 있다.

③ 정량적 분석

가. 결과 분석 방법은 보통 논리적인 수지 구조의 형태로 분석의 결과를 보여준다. 이런 수지구조는 예상되는 사건 및 사고의 발생빈도에 대한 평가를 하기 위한 방법으로 사용된다. 사건 순서도 분석(ETA : Event Tree Analysis) 및 원인결과도표(Cause Consequence Diagram)는 이런 방법에 속한다.

나. 결과 수지도의 수치화는 위험원의 확대 방지책의 성공 확률의 객관적인 평가를 필요로 한다(방지책의 세기 평가이다). 객관적인 데이터를 얻어낼 수 없는 곳에서의 평가는 전문가의 의견에 바탕을 둔 과거의 데이터, 특정의 원인 분석 결과에 기반을 두고 있다. 여기서의 주요 핵심사항은 다음과 같다.

- 확산방지 대책의 영향을 평가하기 위한 신뢰성 있고 객관적인 데이터 출처 획득
- 데이터 출처의 불확실성에 대한 적합한 대처
- 확산방지대책의 영향에 관한 민감도 분석

다. 데이터 출처의 불확실성에 대한 취급의 정도는 평가되는 위험원의 특성에 따라 차이가 있다. 예를 들어, 잠재적인 주요 결과(대형 사건이나 사고)를 수반하는 높은 발생 주기의 위험원을 고려한다. 확산방지 대책의 강도의 평가에 있어서의 불확실성은 대형사건 발생의 가능성에서의 불확실성을 유발할 수도 있다. 이런 경우에는 대책의 강도에 대한 더 상세한 분석의 근거가 마련되어야 한다.

라. 위험원의 확대에 대한 방지책에 대한 민감도 분석은 사건 발생의 가능성에서의 최대 효과로 이런 방지책을 결정하는 데 사용될 수 있다. 이런 장애의 영향의 평가와 관련된 불확실성은 가능한 한 경감되어야 한다. 모든 불확실성의 본질 및 의미에 대해서는 신중하게 문서화되어야 한다.

마. 장애 영향성의 발생 주기가 확실한 시간 간격을 두고 발생하는 것으로 규명된다면, 반대 사건의 발생 주기를 쉽게 평가하고 분산시킬 수 있는 정확한 예측을 위해서는 통계적인 모의실험 기술의 사용이 필요하다.

바. 위의 요건을 충족시키기 위해서는 정량적 결과 분석 방법은 일반적으로 형식적인 수학 개념에 기반을 두고 있고 컴퓨터를 바탕으로 한 수단으로 보완될 수 있다. 이런 방법의 일반적인 단점은 주시해야 한다.

- 방지대책이 시스템 생애주기 동안에 일정한 곳에서 적용된다면, 일시적인 데이터를 변경하는 것이 불가능하다.
- 방지대책 간의 상호연관관계를 명시하는 것이 대개 불가능하다.

사. 결과모델은 각 분야 전문가에 의해서 생성되기 때문에 완벽성과 정확성에 신뢰를 높이기 위해서 검토를 해야 한다.

④ 비고

결과 분석에 있어서 결과의 모든 범위를 고려하는 것은 중요하다. 고장이 'Right Side Failure'이라고 지칭되어 이것이 사고로 진전되지 않을 거라고 가정하지 않는다. 보통 'Right Side Failure'조차 위험을 증가시키는 작업에 대한 임시적 방법, 혹은 대안으로 사용 된다.

(4) 제4단계: 손실 분석

① 도입

가. 손실 분석은 결과 분석을 통해서 확인된 모든 사건 및 사고와 관련한 안전 손실에 대한 체계적 조사로 이루어진다.

나. 손실 분석은 위험 감소 방법을 고려하기 전에, 고려대상의 위험원에 관련된 손실 분석을 포함하며, 마지막 단계에서 대책고려를 한다.

다. 시스템과 관련한 손실은 시스템의 모든 위험원들을 위해 합산되어야 한다. 여러 단체의 사람들(예: 승객 및 선로 작업자)이 겪는 안전 손실은 각 단체에 대해 따로 합산되어야 한다.

라. 손실 분석은 정성적 또는 정량적으로 수행될 수 있다.

② 정성적 분석

안전손실은 연간의 잠재등가재난(Potential Equivalent Fatalities)에 의해 평가된다. 다시 말해서 모든 안전 손실은 동등한 연간의 재난 수치로 전환되어야 한다. 현존 방식은 다음과 같다.

- 1 치명상 = 10 중상
- 1 중상 = 20 경상

예를 들어, 하나의 중상이 위험원으로부터 발생이(1년 이상) 평가된다면 이것은 0.1 잠재적 등가재난(Potential Equivalent Fatalities)과 동일하게 된다.

③ 정량적 분석

가. 안전 손실을 금전적 가치로 전환하기 위해서는 치명상에 의한 위험 감소를 합당하게 실행 가능할 정도로 만드는데 소요되는 표시법이 필요하다. 이런 수치는 재난 예방 가치(VPF : Value of Preventing a Fatality)로서 일컬어진다. VPF는 ALARP 결정만을 지원하기 위해 쓰여지는 변수이다. 이것은 치명상에서 수반되는 상업적 손실의 평가가 아니기 때문에 보험 처리와 같은 목적으로는 사용될 수 없다.

나. 연간 총 잠재등가재난(Potential Equivalent Fatalities)은 결정 수립 목적으로 연간의 금전적 손실을 산출하기 위해 VPF로 곱해진다.

다. VPF는 대개 철도 운영자들에 의해 수립된다. '위험 감소, 사람 보호'에서 10억원(1998년 기준)보다 약간 적은 수준이 일부 경우에 사용될 수 있다고 제안한다. 하지만 더 큰 위험이 수반되는 경우에는 높은 수치가 사용되어야 한다. 대형 철도 사고의 위험이 이 범주에 속함으로 철도 관련 결정 수립에 사용되는 VPF는 종종 크다.

라. 모든 사례연구는 사회에서 일반적으로 받아들이는 가치를 대강 반영하고 있다는 것을 알아야한다. 많은 대중이 어떤 위험원에 대해 우려한다면 이것을 의사결정에 고려해야 한다. 그럼으로써 주의사실을 정당화 할 수 있다.

(5) 제5단계: 선택수단(Options) 분석

① 선택수단 분석에서는 손실 분석동안에 결정되는 손실을 감소하기 위한 대책이 결정된다. 이런 선택수단은 대개 다음과 같이 분리된다.

- 위험원 발생률을 감소시키기 위한 선택수단
- 한 번 발생한 위험원의 사고를 제지하기 위한 선택수단

② 각 대책은 그 것의 적용과 관련된 비용이 평가되고 기록되어져야 한다. 대책의 실행과 직접 관련한 비용만이 계산되어져야 한다. 대책에 의해 가능한 이득의 영향이 포함되어서는 안 된다. (이에 대해서는 다음 단계에서 논의된다.)

③ ALARP 원칙 준수를 입증에 있어서 모든 주요 잠재 위험감소 대책을 도출하고, 고려되었는지가 요구된다. 따라서 광범위한 대책 분석이 수행되지 않는다면 위험이 ALARP까지 감소되었다는 점을 입증할 수 없다. 따라서 대책 분석에서는 다음과 같은 최선의 방법으로 행해진다.

가. 위험원 규명에 사용했던 것과 유사한 방법인 경험적이고 독자적인 절차(예: 점검 목록 및 브레인스톰을 각각 사용)를 이용하면서, 위험원 규명 과정에서 잠재적 대책이 확인될 수도 있다는 점을 알아야 한다.

나. 원인 및 결과 분석의 결과를 통하여서 잠재적 대책 규명을 하도록 한다.

(6) 제6단계 : 영향 분석

① 영향 분석에서는 손실에 대한 대책 분석에서 규명된 각 대책의 가능한 영향이 결정된다.

② 영향 분석은 기존 단계를 다시 점검한 다음 대책의 효과를 제시한다. 규명된 각 대책을 위해서는 다음 절차를 채택하여야 한다.

가. 위험원의 발생이나 확대에 대한 대책의 영향을 결정한다.

나. 검토된 원인 또는 결과 분석을 바탕으로, 대책 실행의 가정을 실행시키는 데서 오는 손실을 결정하는 데 관련한 위험원의 손실 분석을 재점검한다.

다. 대책이 실행되었을 때와 실행이 되지 않았을 때 안전 손실의 차이점을 계산한다. 이것이 변경사항에 대한 안전 가치가 된다.

③ 일부 경우에 대책이 다른 철도 시스템의 위험원을 완화시키는 잠재력을 지니기도 한다.

④ 이런 경우에는 이 대책의 결과로 다른 시스템과 관련한 손실을 감소시킴으로서 변경사항의 안전 가치를 증대시킬 수 있다.

⑤ 안전 가치는 손실 분석을 위한 동일한 방법으로 각 피해 인원수에 대해 개별적으로 정해져야 한다.

⑥ 하나 이상의 위험 감소 옵션이 확인될 시 이 대책들간에 의존도가 적절하게 지켜지고 있는 지를 주의를 갖고 확인해야 한다.

⑦ 만일 기존 단계들이 정성적으로 수행되었다면 이 대책들은 정성적으로 다시 검토되어야 한다. 만일 이들이 정량적인 방법으로 수행되었다면, 이들은 정량적으로 다시 검토되어야 한다.

⑧ 정량적 분석이 적용되었을 시, 원인 또는 결과 모델과 관련한 적합한 분석을 통해서 민감도 변수가 각각의 옵션을 위해 유도되게 된다. 이는 손실 감소를 위한 가장 효과적인 수단을 결정하는 데 도움이 된다.

(7) 제7단계: ALARP 및 준수의 입증

ALARP 원칙의 준수를 입증하는 것은 다음의 두 가지 사실을 입증하는 것과 관련이 있다.

- 전반적인 위험이 용인 가능한 범위에 있다는 사실. 즉, 용인 가능성의 상한선 아래
- 위험이 ALARP까지 감소되었다는 사실

이 단계는 이 사실들을 각각 입증하기 위해 두 가지 단계로 분리될 수 있다.

① 용인 가능성의 상한선에 대한 준수성 입증

가. 용인 가능성의 상한선은 철도 당국에 의해 제공된 철도를 위해 규정된다. 보통 관련 그룹의 사람들이 겪는 각 개인의 위험에 의해 규정된다.

나. 용인 가능성의 상한선은 관련그룹 사람들을 위해 정립된다. 예를 들어 철도운용자의 철도안전대책기술서에서는 철도종사원, 승객, 공공 그룹에 대한 세 단체를 위한 상한선이 정해진다.

다. 이 단계를 완료한다고 해서 위험을 ALARP까지 감소시켰다는 사실을 충분히 입증하는 것이 아니라는 것을 염두에 둔다. 이를 위해서는 다음 단계를 계속 수행해야 한다.

② 준수성의 입증(정성적)

가. 용인 가능성의 상한선에 준수하는 지를 위해 수정된 시스템이 그 전 상태에서보다 위험이 확실히 줄었다는 점을 보여주는 계산 순서에 바탕을 두고 정성적 논점이 정해지게 된다. 여기서 다음 사항이 주어진다.

- 위험이 변경 전보다 용인 가능성의 상한선 아래로 감소되었다.
- 용인 가능성의 상한선이 안전의 개선보다 더 큰 요인에 의해 감소되지 않았다.
- 철도 시스템간에 안전 목표에 대한 중대한 조정이 이루어지지 않았다.

위의 모든 조건이 충족된다는 정당화가 이루어져야 한다.

나. 일반적으로, 이 형태의 정성적 논점은 철도 당국으로부터 제공된 안전성능 및 정보를 이용하여 공급업체에 의해 정해질 수 있다.

다. 대안으로 가능성-심각성 정도가 이의 적용을 위해 구성되었다면, 용인 가능성의 상한선의 준수성에 대한 정성적 논점은 다음 사항을 입증함으로써 정해지게 된다.

라. 각 위험원의 위험이 용인 가능하거나 광범위하게 수용할 수 있는 범주로 감소하게 되었다.

마. 상호검사용 표와 관련된 지침을 준수했다.

바. 상호검사용 표와 관련한 가정을 질문서의 적용에 사용해왔다.

③ 준수성의 입증(정량적)

가. 용인 가능성의 상한선에 준수하는 것을 입증하기 위한 정량적 접근법에는 다음의 세 단계가 요구된다.

- 철도 시스템간에 용인가능성의 상한선 할당하기
- 해당 시스템에 대한용인 가능한 위험원율 유도하기
- 실제 시스템 위험원율이 유도된 상한선 하에 있다는 점을 입증하기

나. 세 번째 단계는 정량적 원인분석의 결과와의 직접적 비교에 의해 수행된다. 만일 철도당국이 시스템에 대한용인 가능한 위험률을 이미 규정했다면, 앞의 두 단계는 생략 가능하다. 그렇지 않다면 다음과 같이 행해질 수 있다.

다. 한계선을 배분하기 위해서는 그 시스템에 대한 정상적으로 각기 다른 철도 시스템으로부터 비롯되는 안전 위험도의 기여에 대한 현존 모델을 적용하게 된다. 대개 다음과 같이 과거의 데이터와 관련지어 최초의 배분을 평가하게 된다.

- 안전손실에서 간 위험의 얼마만큼의 부분이 이 시스템에 기인하는가를 평가한다.
- 이 부분을 허용가능성의 상한선에 곱한다.

라. 만일 허용 가능성의 상한선이 여러 그룹 부류를 위해 정립된다면, 이 계산법은 각 그룹 부류에 대해 행해져야 한다.

마. 최초의 배분은 안전 개선을 위한 전략적 목적을 충족시키기 위해 조정되어야 한다.

바. 시스템에 대한 허용 가능한 위험원률이 정해지고, 각 그룹의 노출된 사람들이 상한선 하에서 시스템에서 비롯되는 각각의 위험을 경험하게 된다. 이런 경우를 확실하게 하기 위해서 각 단체를 위해 다음을 수행해야 한다.

- 모든 위험원이 이들의 허용 가능한 위험원 등급에서 발생했다면, 해당 단체에서 일어날 수 있는 치명상의 통계적 평균 수치(F)를 첨가시킨다.
- 위험에 직면한 이 그룹 내의 인원수(n)를 평가한다.
- 위험에 직면한 사람이 겪는 개인 위험을 평가하고 이것이 할당된 허용 가능성의 상한선 하에 있는 지를 입증한다.

④ ALARP의 입증

가. 위험이 ALARP까지 감소되었다는 것을 보여주기 위해, 비정상적 인 대책이 존재하지 않다는 것을 제시해야 한다.

나. 정성적 입증은 모든 거부된 대책이 부적절하게 적용된 것에 대한 대책분석의 결과를 검토하는 전문가 단체의 통합된 의견에 의존하게 된다. 판단의 이유들은 명확하게 문서화되어야 한다.

다. 만일 정량적 접근법이 따르게 된다면, 영향 분석에는 각 옵션에서 비롯되는 안전 개선을 위한 철도 당국이 제공하는 VPF를 사용해서 산출된 금전적 가치인 안전 가치를 계산한다. 대책사양 분석에서는 대책실행의 순비용이 산출되어야 한다. 만일 안전 가치가 해당 비용보다 훨씬 낮을 경우에는 대책이 합당하게 실행될 수 없는 관계로 거부되게 된다.

라. 이런 결론은 두 가치간의 차이점이 양쪽 모두의 모든 불확실성보다 더 클 경우에만 확실히 도출될 수 있다는 점은 감안한다.

3.2.3 안전성 인증체계 : 안전성의 시작부터 완료까지의 안전성 관리

(1) 지침

안전성을 구축하기 가장 쉬울 때 시작해야 한다. 하지만 프로젝트 초기에는 설계 정보가 불충분하다. 따라서 프로젝트 동안에 설계가 더 구체화됨에 따라 위험원 분석 및 위험 평가를 반복해야 한다.

(2) 배경

① 처음부터 안전성을 구축하는 것이 후에 기존의 장치를 개량하는 것보다 항상 더 효과적이다. 형태의 결정과 시스템의 구조결정을 프로젝트의 초기 단계에서 채택되기 시작하고, 따라서 안전 분석은 초기에 시작됨으로써 안전에 대한 고려는 초기 결정들에 영향을 준다.

② 프로젝트의 초기에는 구체화된 위험원 분석이나 위험 평가를 수행하기에는 정보가 불충분하며, 분석은 대개 사전에 규명된 위험원으로 국한되어 있다. 이것은 각 위험원이 고려되어지는 것을 확인하기 위하여 각 위험요소를 통제하기 위한 접근법에 대한 초기 토의의 보조로 사용한다.

③ 범위에 대한 결정으로 시스템의 기능성 및 설계가 채택함으로서 위험원의 규명을 개선시키고 원인 및 결과를 분석하고 궁극적으로는 위험을 감소시키는 것이 가능하다.

④ 분석에 대한 중복적인 접근법이 채택되고 이 분석은 규정과 설계로서 이 둘 사이의 일률적인 상호 작용으로 인하여 단계별로 개선되고 확장되게 된다.

⑤ 기타 안전성확보관리 활동들도 이런 부분에서 수행될 필요가 있다. 이 절에서는 7단계를 기준으로 하여 무엇이 언제 행해져야 하는 지에 대한 방법이 제공된다. 이것을 추진하는 사람은 프로젝트의 시작과 후기 단계의 계획에 관여하는 프로젝트 기획하는 사람에 해당한다.

(3) 프로젝트 수명 주기

① 안전성확보관리활동 활동을 계획하기 위해 해당 프로젝트의 수명 주기를 정의하는 것이 필요하다. (즉, 단계별로의 분리)

② 여러 가지 수명 주기는 각기 프로젝트에 적합하게 변경되어야 한다. 진행되고 있는 종류의 과업에 해당하는 것에 적합한 수명 주기를 도입한다.

③ 다음 항목의 지침을 이용하기 위해서 다음의 일반적 수명 주기를 위해 수명 주기에 관련시킬 필요가 있다.

표 21. 시스템의 라이프사이클(Lifecycle)

단계	라이프사이클	설 명
1	개념정의 및 실현가능성	시스템이나 설비에 대한 요건 규정의 설립을 진행하는 모든 활동
2	요건정의	요건 규정의 설립
3	설계	시스템 및 설비를 위한 설계 기본 틀을 결정하는 모든 활동
4	적용	철도에 어떤 변경 사항을 도입하기 전 설계 실제화에 관여하는 모든 활동
5	설치 및 인도	정상적 운행 시작까지 계속되는 철도에 변경 사항을 도입하는 모든 활동 예를 공공 설비의 공사, 신호의 위탁 및 설치, 차량의 선로 테스트
6	운용 및 유지보수	동 시스템이나 설비의 정상적인 운영에 관련하는 모든 활동
7	폐기	철도에서 시스템이나 설비의 제거에 관여하는 모든 활동 예를 들어 공공 설비의 손상, 선로주변 케이블 작업의 안전화 혹은 제거

④ 예제로서 표에서는 일반적 수명주기와 CENELEC 규정 EN 50126에서 제시된 수명 주기와의 관계를 나타내었다.

표 22. 일반적 수명 주기와 EN 50126에서 제시된 수명 주기와의 관계

제안된 수명 주기	일반적 수명 주기
개념 구상	개념 구상 및 가능성
시스템 규정 및 적용 조건	요건 규정
위험 분석	
시스템 요건	
시스템 요건의 분배	설계
설계 및 실행	
제조	실행
설치	설치 및 인도
시스템 유효화	
시스템 승인	
운영 및 보수	운영 및 보수
변경 및 개장	
업무이행 감독하기	
해제 및 폐기	해제 및 폐기

이 관계는 더 복잡할 수 있다. 예를 들면.

- 중간에 미완성된 안전대책기술서에 대한 제출물이 있을 수도 있다.
- 신호 계획의 단계적 도입으로 실행 활동 사이에 다양한 설치 및 이양 부분이 발생할 수도 있다.
- 새로운 시스템이 구 시스템과 병행해서 운영되는 기간이 있을 수 있다.

(4) 부분별 활동

프로젝트 수명 주기를 일반적 수명 주기와 관련시켜 정립하면서 각 부분에 적합한 최소의 안전성확보관리 활동에 대한 지침을 위해 표를 사용할 수 있다. 수명 주기동안 위험원 일지의 업데이트와 같은 모든 문서를 보존할 필요가 있다. 또한 독립적이며 전문적인 검토에 대한 지침에서는 표에서 제시하는 것보다 더 많은 안전 감사 및 평가를 제안한다. 그리고 하나 이상의 안전 사례 제출물을 제시하는 것이 요구될 수 있다.

표 23. 일반적 수명주기에서 각 부분을 위한 최소 안전성 확보관리 활동

일반적 수명 주기	주요한 안전성확보관리활동	비 고
개념구상 및 가능성	사전 위험원 규명	위험도 평가 및 위험 감소
	위험원 일지 마련	구성 관리, 문서화 및 기록
	사전 안전성 계획	안전 계획 수립 및 적합한 실무
요구사양 정립	위험원 분석(위험원 규명의 재검토)	위험도 평가 및 위험 감소
	위험도 평가	위험도 평가 및 위험 감소
	안전 요구사양 수립	안전성 요구사양
	전체 안전 계획	안전 계획 수립 및 적합한 실무
설계	위험도 평가	위험도 평가 및 위험 감소
	안전 감사	독립적 전문 검토
실행	위험도 평가	위험도 평가 및 위험감소
	안전 대책 기술서	안전 증거 및 변경사항의 권한
설치 및 인도	안전도 평가	독립적 전문 검토
	안전 승인	안전 증거 및 변경 사항의 권한
	안전 책임 양도	안전 책임
운영 및 보수	위험원 목록 및 안전대책기술서 갱신	구성 관리, 문서화 및 기록
해제 및 폐기	위험원목록 및 안전대책기술서 갱신	구성 관리, 문서화 및 기록

(5) 변경에 대한 반응 및 새로운 정보

① 구성관리 계획은 기초를 형성하고 이 기초의 변경사항을 평가, 허가 및 추정하기 위한 절차를 제공한다. 이 절차는 변경 사항이 승인되고 위험원일지를 포함한 필요 변경 사항이 안전성확보관리활동 문서에 기록되고 있는 지를 확인하며 제안된 변경 사항의 안전에 대한 영향성을 평가해야 한다.

② 구성 관리 계획에서는 교정 작업을 규정하면서 기초부분에서 발견된 결함을 평가하기 위한 절차를 제공한다. 이 절차에서는 결함이 위험원을 포함한 안전성확보관리활동 문서를 개정시킬 필요가 있는 지에 대한 평가를 포함한다. 만일 필요하다면 개정본이 제작된다. 이런 절차에서는 데이터기록 및 교정작업 시스템의 사용이 필요하다.

(6) 안전성 인증 흐름도

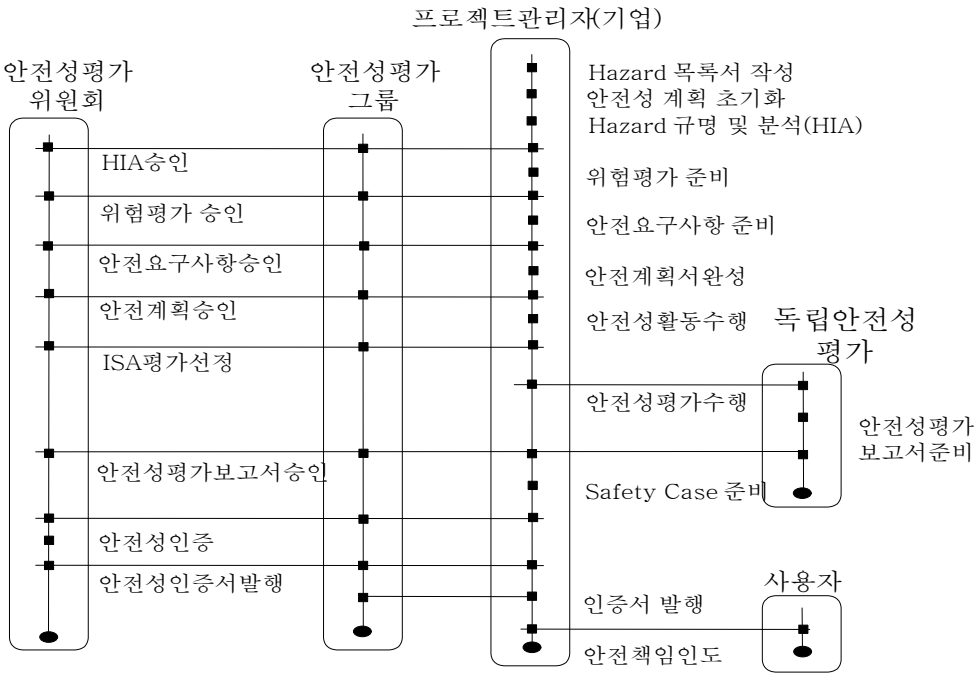


그림 23. 안전성 인증절차 흐름도

① 안전성 Life-Cycle은 프로젝트에 의한 사전안전계획의 준비로 시작된다. 사전 안전계획은 대개 보증을 위해 변경 사항을 승인하는 최종적인 책임자 및 조직인 안전기관에게 전달된다.

② 그런 다음 프로젝트는 위험원 목록에 기록한다. 위험원 목록은 사고와 위험원 및 안전문서의 세부 사항을 기록하는 데 사용되고, 프로젝트에 의한 안전 관리의 근거 제출에도 사용한다.

③ 위험원 목록은 효과적인 안전성확보관리활동의 핵심이며 처음에 기입할 사항이 적더라도 초기에 작성한다. 그런 후 위험원 확인 및 분석, 그리고 위험도 평가를 실행한다.

④ 위험도 평가에 기초해서 안전성 요구사양을 마련한다. 이 요건들은 대개 안전기관에 의해 승인된다.

⑤ 안전성 요구사양이 결정되면 안전계획을 마련하고 보증을 위해 안전 당국에게 제출한다. 그 후 안전 계획에 의해 규명된 안전 활동을 실행한다. 다양한 경우에 독립적인 안전성 감사 및 평가가 위임되기도 한다. 대개 적합한 접근법이 채택되는지를 확인하기 위해 프로젝트의 초기 단계에, 그리고 안전 증명에 대한 근거 제공을 위해 이 프로젝트의 후기 단계에서 위임되기도 한다. 개발이 완수될 때(즉, 안전성확보관리활동 사업 활동이 끝날 때), 안전 증명이 준비된다. 안전 증명에 대한 인증은 안전 승인이 주어지기 전에 요구된다.

⑥ 안전 승인 후, 시스템에 대한 안전 책임은 사용자, 예를 들어 기간시설 관리자에게 양도될 수 있다. 작업 진행 중부터 종결까지 위임 해제 및 폐지를 포함한 안전 관리 책임은 지속되지만 이 사항은 본 책의 적용 범위에 해당되지 않는다.

⑦ 기술된 안전성확보관리활동 절차는 아래에 기재된 특정 주요 안전 제출 자료를 필요로 하게 된다.

⑧ 사전안전대책에는 안전성확보관리활동 사업 활동이 어떻게 유도된 다음 안전 요건을 충족시키는 지에 대해 요약한다. 이것은 더 상세한 안전 대책으로 발전하는 데, 여기서 위험이 제어되는지 확인을 위해 진행되는 모든 안전성확보관리활동 사업 활동이 기술되고 채택된 접근법의 타당성을 보여준다.

⑨ 위험원 목록은 프로젝트에 대한 안전성 분석 동안에 확인되는 모든 위험 요인 및 잠재적 사고의 세부 사항을 기록하고 이 프로젝트로 인해 생기는 모든 안전 문서를 기록한다.

⑩ 위험도평가서는 확인된 위험 요인을 기록하고 그 위험 요인으로 인한 위험도를 측정한다.

⑪ 안전요건규정은 시스템 또는 설비가 안전한 지 확인하기 위한 필요한 요건들을 규명한다.

⑫ 독립 안전 검사자 및 평가자는 그들이 작업 완수하는 대로 안전감사서 및 안전성평가서를 각각 기록해야 한다.

⑬ 안전대책기술서는 프로젝트에 의해 개발된 시스템 또는 설비에 대한 안전성을 위한 증거들을 제시하고 그 프로젝트를 통해 기록된 안전 기록에 대해 기술한다.

⑭ 안전승인은 안전 사례 및 타 안전 준비 자료들에 대한 승인에 기초해 안전 권한자에 의해 승인된다. 안전 증명서는 증명서의 조건에 준하는 시스템 또는 설비에 대한 안전 권한자의 승인 기록을 남기기 위해 발급된다.

표 24. 안전 활동에 따른 산출문서

활동	준비 자료
위험원 일지 생성 및 유지보수	위험원 일지
사전 안전 계획의 생성	사전 안전 계획
위험 요인 규명 및 분석	위험도 평가 리포트
위험도 평가	위험도 평가 리포트
안전 요구사양의 수립	안전성 요구사양 규정
안전성 계획	안전성 계획
독립적인 안전 감사 및 평가	독립적 안전 감사 또는 평가 리포트
안전성 증명의 생성	안전성 증명
안전성 승인	안전성 인증서
안전 책임의 양도	

3.2.4 인증조직의 구성 및 역할

(1) 행정절차

① 안전인증절차

안전성을 입증하기 위해서는 그림에서 나타난 절차에 에 따라서 수행을 한다. 프로젝트관리자, 시스템 검토위원회 및 안전성검토 그룹간의 행정절차를 그림에서 나타낸다.

프로젝트관리자는 관련된 문서를 준비를 하여, 시스템 평가 사무국이나, 안전검토 그룹에 송부를 하여 안전성인증처리를 한다.

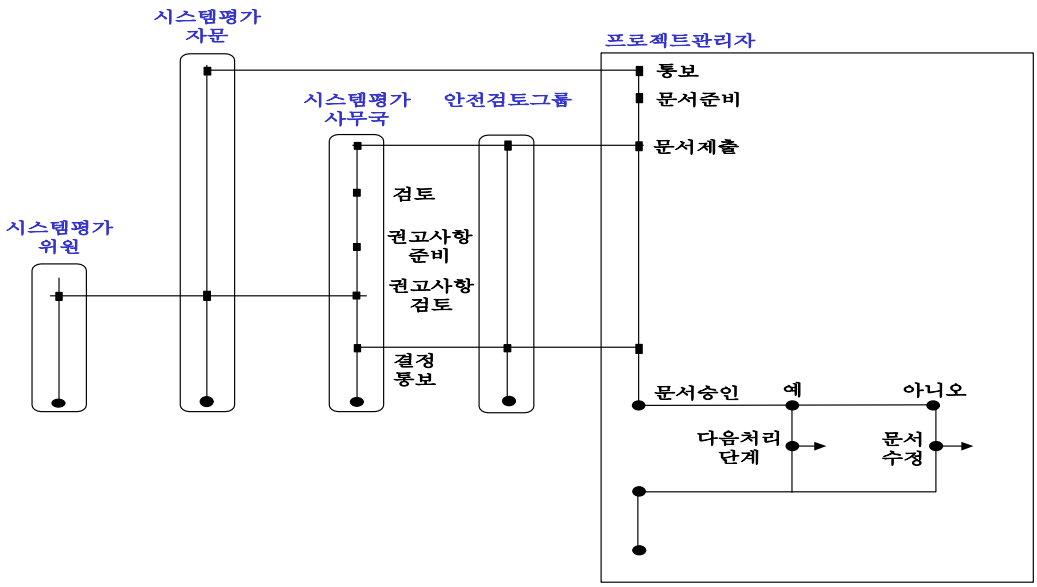


그림 24. 안전성 생성주기(프로젝트 실행의 개념)

② 각 그룹별 역할

프로젝트관리자는 안전에 관련된 모든 사항을 수행하며, 안전에 관련된 사항을 시스템검토위원회의 승인을 받는다. 시스템 검토위원회는 철도의 안전에 관련된 모든 사항을 담당하여 처리한다. 시스템 검토위원회에서 위임된 사항을 안전검토 그룹에서 취급한다. 독립안전성 검토위원회는 프로젝트관리자가 안전계획에 따라 안전 활동을 제대로 수행하였는지를 확인한다.

(2) 시스템 검토위원회

① 시스템 검토위원회의 역할과 책임

시스템검토위원회는 안전과 관련하여 개념구상과 개발 단계에서부터 적용, 유지보수, 폐기/처리까지의 과정에서 안전에 영향을 미칠 수 있는 장비와 시스템의 생애에 걸쳐 공식 안전평가를 하며, 지도한다. 프로젝트의 안전기록을 검토함으로써 프로젝트의 안전관리를 감독한다.

시스템 위원회가 검토할 문서는 안전계획과 안전대책기술서가 포함되며, 안전평가 일정, 위험원 분석기록, 위험평가기록, 안전요건명세, 안전평가보고서, 안전감사 보고서 등을 검토한다. 시스템위원회의 주요 수행내용은 다음과 같다.

가. 안전대책기술서의 검토

나. 위원회에 승인한 제출물에 서명

다. 안전과 관계있는 문서의 존재에 표시하고 공인

라. 합리적 근거에 의해 부적절, 부정확, 부적합하다고 생각되는 제출물 거부

마. 안전을 위한 제도를 권고하고, 그것의 승인을 위해 관련조직(해당될 때)에게 제공

바. 시스템, 장비, 부속품, 서비스 수준 협의, 운영과정에 대한 형식승인.

사. 검토안 제출 조직에게 권고내용을 공식 기록한 증명서를 발급, 그리고 의뢰인(Sponsor)에게 형식승인을 공식 기록한 증명서를 발급.

② 시스템 검토위원회 구성

가. 시스템검토위원회의 위원들은 다음과 같이 구성된다.

- 의장
- 관련분야 책임자/전문가

나. 의장 및 관련분야 책임자/전문가는 다음의 자격 요건을 지녀야 한다.

- 시스템이나 설비에 관련한 분야에 최소 5년 동안 안전 감사관나 안전 기술자로서 근무한 경력
- 절차 보증의 경력
- 외부 안전 표준 및 절차에 익숙한 정도
- 철도공사 운영 내에서의 법적 안전 규정 기초와의 친밀한 정도

③ 시스템 검토위원회 운용

가. 시스템검토위원회 의장은 시스템, 과정, 절차적 문제를 담당해야 하며, 각 의사일정 안건에 대하여 알맞은 정족수를 확보하는 일을 담당해야 한다. 모든 규칙과 관련된 쟁점을 포함하지 않는 안건에 대해서는, 관련분야의 전문가들만이 정족수를 이루도록 요구된다.

나. 의장과 전문가들은 자신들의 담당 분야에 대한 특정 정족수 요건을 규정할 책임이 있다. 의장과 관련 전문가가 포함된다.

다. 시스템검토위원회 위원들 외에, 의장이나 전문가들은 특정 문제에 따라 조언을 할 전문가를 추가로 요구할 수 있다.

(3) 안전검토그룹

① 안전검토그룹의 역할과 책임

안전검토그룹은 지역사무소에 발생되는 안전에 관련된 업무에 대해서 시스템 검토위원회가 이양을 한 범위에 대해서 안전업무를 수행한다.

지역사무소에서 수행하는 모든 프로젝트에서 안전에 영향을 미치거나, 잠재적으로 영향을 미칠 수 있는 것에 대해서 검토한다.

안전검토 그룹이 검토할 문서는 안전계획과 안전대책기술서가 포함되며, 안전평가일정, 위험원 분석기록, 위험평가기록, 안전요건명세, 안전평가보고서, 안전감사 보고서 등을 검토한다.

안전검토그룹의 주요내용은 다음과 같다.

- 제출물의 검토
- 제출물의 서명 및 승인
- 안전과 관계있는 문서의 존재에 표시하고 공인
- 합리적 근거에 의해 부적절, 부정확, 부적합하다고 생각되는 제출물 거부를 행위를 수행하며 업무분야는 다음과 같다.
- 차량한계 및 궤간의 변경
- 궤도의 지지형태 변경
- 새로운 열차 정지패턴의 도입
- 새로운 역사도입
- 신호시야에 영향을 미칠 때 등을 수행한다.

② 안전검토그룹구성

안전검토그룹의 위원들은 의장과 관련분야 책임자/전문가로 구성되며, 다음과 같다.

- 운영관리자
- 시설계약(도급) 관리자
- 궤도엔지니어

- 신호, 통신 엔지니어
- 전자 및 시설 엔지니어
- 구조 엔지니어
- 건축 감리자
- 안전 및 표준 관리자

의장 및 관련분야 책임자/전문가는 다음의 자격 요건을 지녀야 한다.

- 시스템이나 설비에 관련한 분야에 최소 5년 동안 안전 감사관나 안전 기술자로서 근무한 경력
- 절차 보증의 경력
- 외부 안전 표준 및 절차에 익숙한 정도
- 철도공사 운영 내에서의 법적 안전 규정 기초와의 친밀한 정도

③ 안전검토그룹 운용

가. 안전검토그룹 의장은 시스템, 과정, 절차적 문제를 담당해야 하며, 각 의사일정 안건에 대하여 알맞은 정족수를 확보하는 일을 담당해야 한다. 모든 규칙과 관련된 쟁점을 포함하지 않는 안건에 대해서는, 관련분야의 전문가들만이 정족수를 이루도록 요구된다.

나. 의장과 전문가들은 자신들의 담당 분야에 대한 특정 정족수 요건을 규정할 책임이 있다. 의장과 관련 전문가가 포함된다.

다. 안전검토그룹 위원들 외에, 의장이나 전문가들은 특정 문제에 따라 조언을 할 전문가를 추가로 요구할 수 있다.

(4) 독립적 안전성 검토위원회

① 독립적 안전성 검토위원회 역할

가. 독립적 안전성 검토위원회는 안전감사와 안전평가를 수행한다. 안전 감사에서는 사용되고 있는 안전성확보관리활동 절차에 초점을 두고 이들이 적합하고 잘 수행되는지를 확인한다. 안전 평가에서는 프로젝트의 제품에 초점을 맞추어 개발되고 있는 시스템과 관련되어 있는 위험도가 적당한 수준까지 감소되었는지를 확인한다.

나. 안전 감사는 프로젝트의 안전성확보관리활동이 적합하고 안전 계획에 준하여 실행되고 있는 지 확인하기 위한 목적으로 행해진다. 만일 안전 계획이 없다면, 안전 감사가 실행되기 전에 이를 설정해야 한다. 안전 계획에 준하는 프로젝트의 범위에 대한 결정, 안전 계획의 적합성에 대한 결정, 이 계획에 따른 작업의 권장 또는 이의 개선을 권고한다.

- 기존 감사 이래로 행해진 작업(처음 감사일 경우는 지금까지 행해진 모든 작업)
- 다음 단계를 위한 계획
- 기존 감사의 권장

다. 안전성 평가는 개발되고 있는 시스템에 관련한 위험이 적절한 수준으로 감소되었는지의 여부를 결정하는 과정이다. 시스템 안전성 요구사양을 중심으로 하여 평가자는 안전 요구사양의 규정이 위험도를 통제하는 데 충분한 지를 평가하기 위해 이를 검토하고 이 시스템이 안전성 요구사양 규정을 충족시키는 지의 여부를 검토한다.

② 독립적 안전성 검토위원회 구성

가. 시스템검토위원회의 위원들은 다음과 같이 구성된다.

- 관련분야 책임자/전문가

나. 의장 및 관련분야 책임자/전문가는 다음의 자격 요건을 지녀야 한다.

- 시스템이나 설비에 관련한 분야에 최소 5년 동안 안전 감사관나 안전 기술자로서 근무한 경력
- 절차 보증의 경력
- 외부 안전 표준 및 절차에 익숙한 정도
- 철도공사 운영 내에서의 법적 안전 규정 기초와의 친밀한 정도
- 안전성 관리교육

③ 독립적 안전성 검토위원회 운용

가. 독립안전성 검토위원회는 시스템, 과정, 절차적 문제를 담당해야 하며, 각 의사일정 안건에 대하여 알맞은 정족수를 확보하는 일을 담당해야 한다. 모든 규칙과 관련된 쟁점을 포함하지 않는 안건에 대해서는, 관련분야의 전문가들만이 정족수를 이루도록 요구된다.

나. 의장과 전문가들은 자신들의 담당 분야에 대한 특정 정족수 요건을 규정할 책임이 있다. 최소 정족수는 ○○명으로, 의장과 관련 전문가가 포함된다.

다. 독립적 안전성 검토위원들 외에, 의장이나 전문가들은 특정 문제에 따라 조언을 할 전문가를 추가로 요구할 수 있다.

3.2.5 문서관리

(1) 구성 관리

프로젝트가 생성하는 산출물들과 이들 간의 관계에 대한 기록을 유지하여야 한다. 이것이 사양관리라 한다. 사양관리는 다음과 같이 정리해야 한다.

① 각 산출물의 생성번호를 각자의 고유번호로 식별

② 각 생성번호에 대한 이력과 과정을 기록

③ 각 생성번호에 대한 것을 기록

④ 산출물간의 관계를 기록

위의 항목에 대하여 의문사항이 존재한다면, 모든 위험을 취급하였다고 확신할 수 없다.

(2) 문서화 및 기록

① 안전계획대로 수행되고 있다는 것을 증명할 수 있도록 기록을 유지하여야 한다. 이 기록들은 설계 행위, 분석, 시험, 검토 및 회의의 결과를 포함할 수 있다. 확인된 모든 가능한 위험원을 기록한 위험원 목록을 가지고 있어야 하고, 위험원들을 제거하기 위한 또는 가능성을 줄이고 심각성을 수용 가능한 수준으로 낮추기 위한 모든 행위들을 기술하여야 한다.

② 유지하여야 하는 기록의 양과 종류는 위험도의 범위에 따라 결정된다.

③ 기록은 사고를 조사하고 추가적인 변경을 수행하는데 더 이상 전혀 필요가 없다는 것을 확신할 때까지 유지하여야 한다. 때로는 철도로부터 변경사항이 제거될 때까지 기록을 유지하여야 하는 경우도 있다.

(3) 문서관리일반

① 확실한 안전 증명은 훌륭한 관리에 있다. 시스템의 어떤 품목은 정확하게 식별되어야 하고 이들에 대한 변경은 안전 실행을 위하여 평가되어야 하며 감시되고 기록이 유지되어야 한다. 그 품목에 대한 다른 버전에 있다면 그 정보도 제공하여야 하며 다른 품목과의 관계 그리고 어떻게 개발되고 변경되어 왔는지에 대한 이력을 제공하여야 한다.

② 관리를 통하여 기록되고 유지되는 품목의 구성을 어떻게 구분하는지를 기술한다. 안전 관련 시스템 품목과 문서에 왜 구성 관리가 적용되어져야 하는지 그리고 어떻게 감시하는지를 설명한다.

③ 안전 관련 활동의 기록을 유지하는 주요한 이유는 다음과 같다.

가. 다른 사람에게 위험도를 수용할만한 수준으로 낮추었다는 것을 보여주기 위하여

나. 향후 변경 작업을 수행할 사람에게 결정 사항들이 왜 정해졌는지를 설명하기 위하여, 즉, 이미 수행한 일을 다시 반복 작업하지 않게 하기 위하여

다. 다른 사람에게 안전 책임을 이전하는 것을 돕기 위하여

④ 프로젝트 관리자는 안전성확보관리 활동이 수행되었다는 것을 증명하고 이 활동들의 결과를 기록하기 위하여 안전성확보관리활동 활동의 적정 기록(안전기록)을 유지할 책임이 있다.

⑤ 모든 안전 기록과 문서에 대한 기록일지 그리고 모든 확인된 위험원 및 잠재적인 사고에 대한 기록은 유지되어야 한다. 이 일지를 위험원 기록일지라고 한다. 표는 각각의 장을 해당분야 담당자들이 참조해야 할 목록을 나타내고 있다.

표 25. 각 장에 해당하는 자

No	각 장의 제목	참고 대상자
1	도입	모두
2	안전 책임	관리자 능숙도를 평가 받은 자
3	안전 문화	지시자 관리자
4	능숙도 및 훈련	관리자 능숙도를 평가 받은 자
5	공급업자를 통한 책임 이행	관리자 프로젝트 매니저
6	커뮤니케이션 및 조화	관리자 프로젝트 매니저 엔지니어
7	변경사항의 정의	프로젝트 매니저 위험 평가 진행자 또는 검토자
8	위험원의 규명, 위험도 평가 및 감소	위험 평가 수행자 또는 검토자
9	안전성 요구사양	안전성 요구사양 작성자 및 검토자
10	안전성의 근거 및 변경의 권한	안전 증명 작성자 및 검토자
11	시작부터 완료까지의 안전성확보관리활동	프로젝트 계획 관련자
12	안전 계획 및 효과적인 실행	안전 계획 작성 및 검토자 안전 검사자 및 측정인
13	구성 관리, 문서 및 기록	프로젝트 매니저 엔지니어
14	독립적 전문가의 검토	프로젝트 매니저 안전 검사자 및 측정인

RECORD HISTORY

Rev.4('12.12.5) 철도설계기준 철도설계지침, 철도설계편람으로 나누어져 있는 기준 체계를 국제적인 방법인 항목별(코드별)체계로 개정하여 사용자가 손쉽게 이용하는데 목적을 둠.