

# 국내 철도신호 점검주기의 산출공식 연구

## Production study of domestic railroad signal checking cycle

이남형\*      이수환\*\*      김종선\*\*\*      김형철\*\*\*\*      이기찬\*\*\*\*\*  
Lee, Nam-Hyung   Lee, Soo-Hwan   Kim, Joung-Sun   Kim, Hyung-Chul   Lee, Gi-Chun

---

### ABSTRACT

Wave and following checking cycle arbor in the mountains form that examine various theories that decide checking cycle and data and application possibility that can acquire actually were presented. If see in standpoint that breakdown detects singularity availability before change happening, problem is advanced how action of device may do ordinary times supervision (monitoring) or checking cycle. In checking cycle decision, situation of latency breakdown that can not know that cause breakdown before device that is using examines can exist. Example such as car examination, faur and equitable spirit health examination, security device etc.. can be fatal the time. Therefore, study and examined arbor in the mountains room of family proper checking cycle.

---

### 1. 서 론

점검주기를 결정하는 여러 가지 이론들을 검토하고 실제로 획득할 수 있는 자료와 적용 가능성을 검토해 본 결과 다음과 같은 점검주기 산정식이 제시되었다. 고장이 발생하여 교체하기 전에 이상여부를 검출한다는 입장에서 보면, 장치의 동작을 상시 감시(모니터링)한다던가 점검주기를 어떻게 할 것인가 하는 문제가 제기된다.

점검주기 결정에 있어, 사용 중인 장치가 검사를 하기 전까지 고장을 일으킬지 알 수 없는 잠재고장의 경우도 존재할 수 있다. 자동차 검사, 정기 건강진단, 보안장치(비상벨, 비상문, 소화기, 엘리베이터나 병원의 정전대비 비상발전기)등과 같은 예는 그 시기가 치명적일 수 있다. 따라서 가정 적정한 점검주기의 산정방식을 연구 검토하였다.

### 2. 본 문

#### 2.1 개 요

보수 가능한 장치나 시스템은 보수성을 빼고는 신뢰성의 문제를 논할 수 없다. 보수성을 충분히 고려하지 않아 연간 수리비가 장치비의 10배까지 되는 예는 보수성 설계의 중요성을 말해주고 있다. 실제로 보수조작과 보수성 설계는 전혀 무관하지 않고, 보수가 용이한 설계가 부수적 효과(비용과 시간을 포함)를 높이는데 기여하고 있다. 보수방식은 고장이 발생해서 수리를 하는 사후보수(CM : Corrective Maintenance), 고장 전에 점검보수를 하는 예방보수(PM : Preventive Maintenance)로 구별한다. 또, 보수는 비 계획보수와 계획보수로도 나누어 설명할 수 있다.

---

- \*      경봉기술주식회사 부장, 비회원
- \*\*     경봉기술주식회사 차장, 정회원
- \*\*\*    경봉기술주식회사 차장, 비회원
- \*\*\*\*   한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원
- \*\*\*\*\* 한국철도공사 부장, 정회원

비계획 보수에 있어서는 고장의 원인을 탐색하지 않고, 우선교체만으로 동작수행을 도모하는 보수로 「1차 보수」라고도 한다. 예를 들어 비행 중에 세부적 작업을 할 수 없기 때문에, 기지로 돌아가 고장 개소를 수리 복구하는 경우이다.

일반적으로 1차보수의 수리시간은 2차보수의 수리시간보다 짧고, Down time의 80%는 고장개소를 찾는데 소모된다는 통계가 있으며, 가용성(Availability)의 향상(down time의 단축)을 위해 플러그 인 타입에 의해 1차보수의 효과를 얻고 있다. 보수방식에는 앞에서 기술한 사후보수와 예방보수라는 교체 방침에 관한 문제에 더하여 예방보수의 점검주기 선택, 교체에 따른 재고 수, 보수요원의 수 등이 검토된다. 이에 따라 총비용을 최소화할 것인가, 가용성을 증대할 것인가 등의 방침을 결정하게 된다. 결정을 위한 정보로는 예를 들어 고장시간의 분포, Down time의 분포, 보수 요원수와 기능, 보수시설의 정보, 교체나 고장에 따르는 손해비용의 견적 등과 같은 것이 필요하다.

신호설비는 열차운행의 안전보장이나 안전수송에 있어서 중요한 역할을 수행하고 있으나 일단, 장애가 발생하면 열차운행에 영향이 크기 때문에 장애를 미연에 방지하는 것이 절대적으로 요구되고 있다. 장애발생을 방지하기 위한 대책이 필요한 설비, 혹은 대책에 의하여 효과를 얻을 수 있는 설비를 선택하여 차후 장애방지를 위하여 장애사례의 분석을 하고 있으며 이는 보수 업무와 관련된다.

## 2.2 장애사례를 이용한 점검주기 분석

점검주기의 도출은 여러 방법을 통하여 도출이 가능하나 현재 국내 및 국외에서 적용하고 있는 방법에서 장애사례를 분석하여 점검주기를 분석하는 방안을 검토하였다.

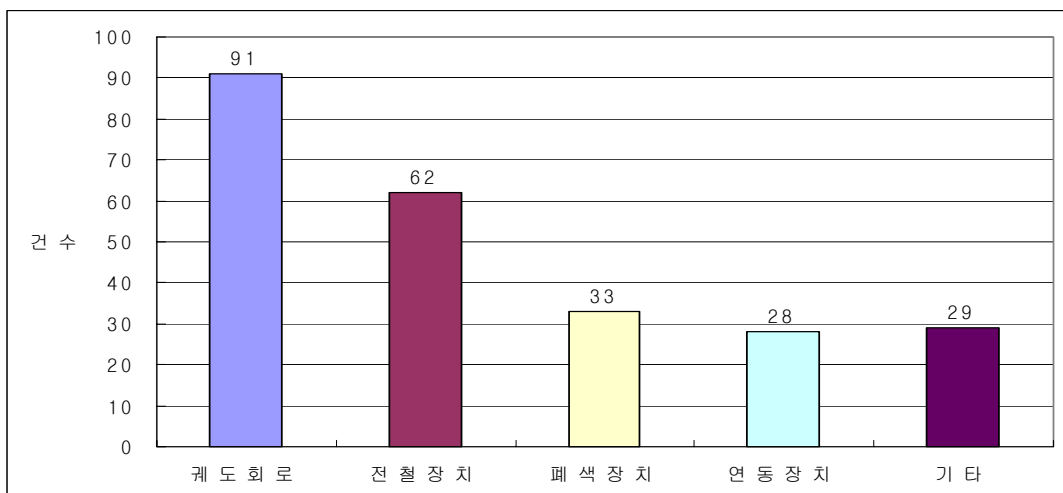
### (1) 국외의 장애분석을 통한 점검주기 분석

신호설비는 열차운행의 안전 확보나 안전수송에 있어서 중요한 역할을 수행하고 있으나 일단, 장애가 발생하면 열차운행에 영향이 크기 때문에 장애를 미연에 방지하는 것이 절대적으로 요구되고 있다. 장애발생을 방지하기 위한 대책이 필요한 설비, 혹은 대책에 의하여 효과를 얻을 수 있는 설비를 선택하여 차후 장애방지를 위하여 장애사례의 분석을 하고 있다.

#### 가) 일본철도

일본철도의 장애사례의 분석은 철도 총연의 「철도안전 data base」 및 「주요사고사례」나 「사고·장애」의 내용을 이용하고, 장애가 많은 설비종별을 정리함과 동시에 상태감시 시스템 등으로 대책 가능한 설비를 정리하고 있다.

「철도안전 data base」의 장애사례 중 장치고장 등에 기인하는 사례를 선별하여 설비마다 정리하여 그래프를 <그림 3-2-1>에 작성하였다. 건수는 전 분야에서 355건이며, 그중 신호관계의 사례는 243건이 있었다.



<그림 1> 설비 장애건수

신호설비와 관련된 사례에 대하여 원인이 된 설비의 건수를 정리한 그래프를 <그림 1>로 작성하였다. <그림 1>에서는 궤도회로와 전철장치에서 전체의 60%를 점하고 있으며, 궤도회로와 전철장치의 건수가 많은 것은 선로주위에 기기가 설치되어 사용 환경이 취약하고 타 분야와의 경계부분에 있으며, 다중화나 열화경향의 검지가 어려운 점 등이 이유로서 생각된다. 또 연동장치는 기능의 복잡성, 폐색장치에 대해서는 역간을 연결하는 회선의 취약함과 장치구성의 복잡성 등에서 고장건수가 비교적 많이 되어 있다고 생각된다.

나) 프랑스

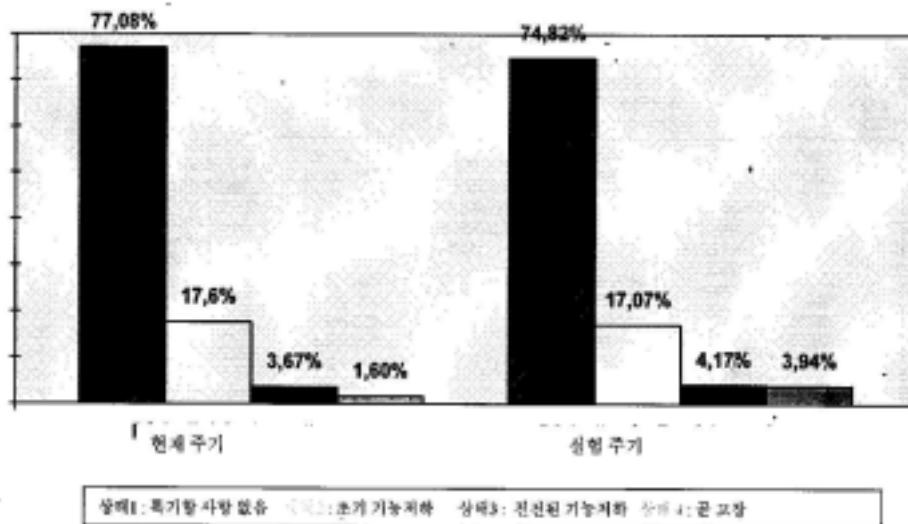
신호설비의 예방유지보수 정책은 최적의 비용 조건으로 각 노선의 운행과 가용성을 충족하고 높은 수준의 안전을 유지시키는데 그 목적이 있다고 말할 수 있다. 예방유지보수의 검사는 노선의 중요성에 따라 다르며 이런 유지보수 체계를 구축하기 위해서 사고장애를 체계적으로 분석하여 최적의 점검 및 개량주기를 선정하는 것이 무엇보다 중요하다고 할 수 있다. 프랑스 유지보수에서 철도의 사고 및 장애가 발생한 순간과 신호요원의 도착시간의 평균시간은 55분이고 신호장애를 찾는 평균시간은 대략 1시간 40분 정도로 나타나고 있다. 프랑스 철도청은 원격감시 시스템 및 신호소의 재진프로그램 등을 준비하며 빠른 장애확인 진단과 사고 및 장애 조사의 용이성과 복원시간을 개선하고 있다.

다) 스페인

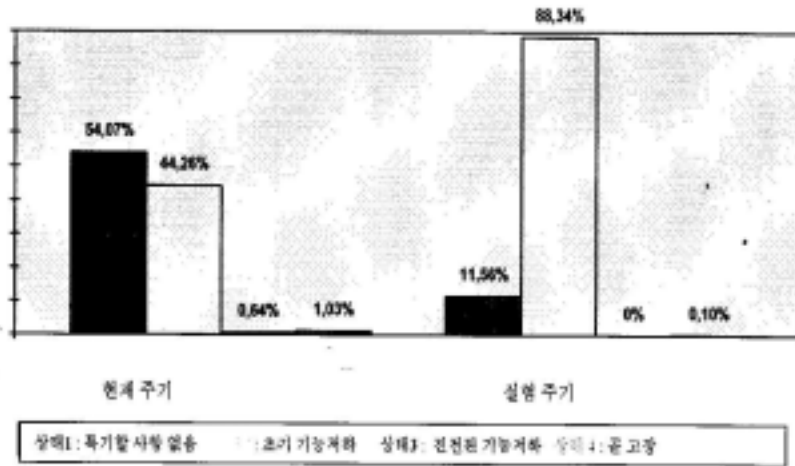
사고 및 장애분석을 통한 최적화 방법의 목적은 예방 유지보수 분석의 결과로 유지보수 구성에 관한 제안이 가용성 비율과 정해진 불가성용의 평균 시간에 달하는지를 점검하는데 있다.

라) 포르투갈

유지보수 최적화를 위한 실험을 7개의 구역에서 여러해 동안 실험을 지속하였다. 목적은 사전 연구에서 결정된 기능저하 법칙의 적용 원리를 검증하고 유지보수의 새로운 주기를 가능하게 하는 것이다. 아래의 그림은 시험주기와 현행주기를 시험 기간 동안 발생한 장애사례이다.



<그림 2> VCC 제어기



<그림 3> UM71의 궤도회로

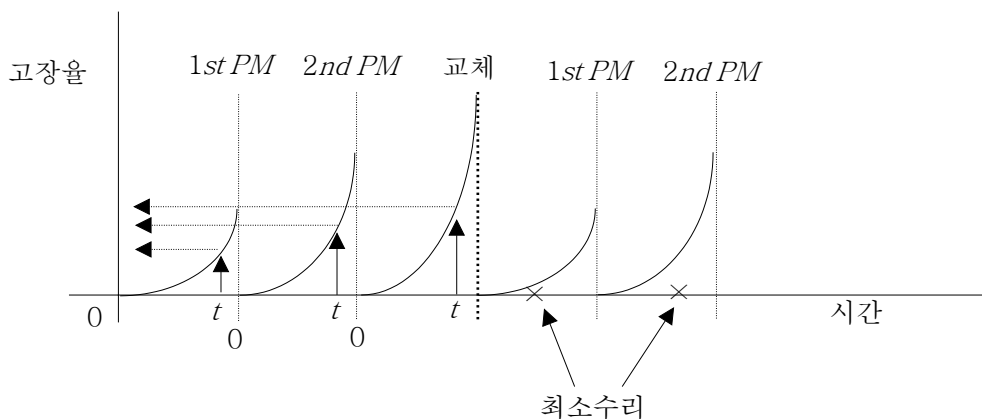
포르투갈 철도의 신호 유지보수의 최적화에 대한 실험은 사고 및 장애와 장비의 기능저하 상태 변동에 대한 분석결과를 통해 설비의 유지보수 주기를 조정하는데 있으며, 결국 이상의 최적화 연구에서 보듯 최적의 점검 및 개량주기를 산정함에 있어서 사고·장애의 분석은 주요한 하나의 요소임을 알 수 있다.

(2) 국내의 장애분석을 통한 점검주기 분석

데이터 값의 도출에 있어서 제작사 측에서 제공해주는 수치로 점검주기를 산출하기도 하지만 시설물의 연도별 장애빈도수의 통계적 수치를 조사하여 산식에 도입한다면 좀 더 현실성 있는 이론적 검사주기가 도출될 것으로 사료된다.

가) 제철분야의 정비주기 산정방식 검토

현재와 같은 고비용 저 성장의 국내 경영환경과 날로 치열해져 가는 대외 경쟁관계에서 경쟁력을 지속적으로 유지하기 위해서는 최소의 비용으로 최고의 가동율을 유지할 수 있도록 설비에 대한 가치를 최대한으로 높여 가는 것이 경쟁력의 관건이라 할 수 있다. 특히 K제철소의 경우 최근 몇 년간 정비비 실적과 제조원가에서 정비비가 차지하는 원가요소점유율이 계속 상승하고 있어 과잉 정비활동이라는 우려의 목소리가 나오고 있는 실정이며 정비비용을 절감할 수 있는 계획수리주기(정비주기)에 대한 검토의 필요성이 제기되고 있다. 따라서 정비주기의 설정에는 정비활동에 적합한 정비정책을 적용하여 여러 고장 유형의 고장실적을 분석하고 각각의 고장발생까지의 고장발생분포를 고려하여 정비비용을 최소화 하는 최적 정비주기를 도출하여야 한다.

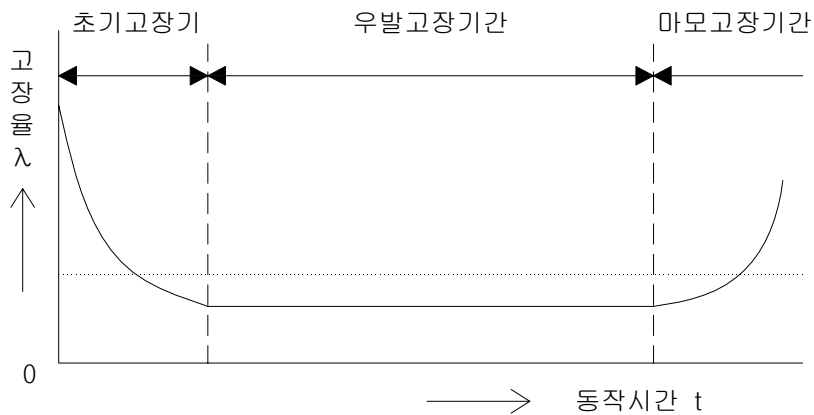


<그림 4> 불완전 예방정비가 있는 교체정책에서의 설비 고장율

나) 국내 석유 및 정유분야의 신뢰도 분석 기술검토

국내에서는 모 기업이 1990년대 말 RCM(Reliability Centered Maintenance)기법을 도입하면서 30여 년간의 설비 정비 경험을 Data Base화하여 동종 및 유사설비 고장이력을 반영 가능하도록 하였다. 분석결과와 이행성을 중점 반영한 결과 점검 항목, 주체, 주기, 이행 및 경향 관리가 가능하게 되었고 정기 보수 항목 및 주기를 결정하는 기준을 제공하였다.

신뢰도 자료에는 크게 고유 신뢰도 자료(Plant Specific Reliability Data)와 일반 신뢰도 자료(Generic Reliability Data)로 나눌 수 있다. 고유신뢰도 자료는 특정 공장에 대해 보수 및 고장이력을 수집하고 분석함으로써 얻어지는 자료이다. 정략적 위험 평가에는 고유신뢰도 자료를 사용하는 것이 보통이며, 고유신뢰도 자료를 얻기 위해서는 많은 기간 동안 설비들에 대한 보수 및 고장이력을 수집하고 분석하는 노력이 필요하다. 전형적인 육조형 고장유형은 아래 그림과 같으며 대부분의 기계장치들이 이러한 고장유형을 갖는다.



<그림 5> 육조형 곡선

제품의 초기고장이 제조나 조작, 공정관리의 결함에 의해 증가 고장율이 있는 육조곡선으로서 초소형 전자부품이 이러한 유형을 보인다.

2.3 점검주기의 산출 이론의 검토

점검주기를 결정하는 여러 가지 이론들을 검토하고 실제로 획득할 수 있는 자료와 적용 가능성을 검토해 본 결과 다음과 같은 점검주기 산정식이 제시되었다.

정기 점검주기를  $T_0$ , 검사시간을  $T_c$ 라고 하면, 어떤 장치의 실제 가동시간  $T_0 - T_c$  사이에 평균 신뢰도  $\overline{R}(T)$ 를 최대로 하는 방침의 보수정책을 세우기 위한 점검주기  $T_0$ 는 (단,  $T_c$ 는 일정하다고 할 때)

$$\begin{aligned} \overline{R}(T_0) &= \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0-T_c} e^{-\lambda t} dt \\ &= \frac{1}{\lambda T_0} [1 - e^{-\lambda(T_0-T_c)}] \end{aligned}$$

평균 신뢰도를 최대로 하는  $\overline{R}(T_0)_{\max}$ 을 구하여, 지수의 2차 항까지 취하면,

$$T_0 = \sqrt{\frac{2T_c}{\lambda} + T_c^2} \approx \sqrt{\frac{2T_c}{\lambda}}$$

로 나타낼 수 있다.  $T_c$ 가 길어지면 주기  $T_0$ 가 커지고,  $\lambda$ 가 큰 장치는 주기  $T_0$ 가 짧아질 수밖에 없다.

$T_c$ 는 검사가 끝난 뒤에 그 기기는 정상 상태로 돌아온다는 가정하의 식으로 결국 점검시간과 교체, 또는 보수시간을 포함하고 있다.

비용을 최소화하는 방침의 보수정책을 검토하면, 랜덤하게 고장을 발생시키는 장치의 경우 점검할 때까지 고장을 발견하기 위한 감시점검 비용이 1회당  $C_j$ , Down Time당 손해가  $C_l$ 이라고 할 때, 비용을 최소로 하는 점검주기  $T_0$ 와 기대 Down Time을 구하면,

기대 Down Time  $D$ 는,

$$\begin{aligned} D &= \int_0^{T_0} f(t) dt \\ &= \int_0^{T_0} f(t) \lambda e^{-\lambda t} dt \\ &= T_0 - \frac{1}{\lambda} (1 - e^{-\lambda T_0}) \end{aligned}$$

점검에 따르는 시간당 비용은  $\frac{C_j + C_l}{T_0}$  가 된다.

이것을  $T_0$ 로 미분해서 0로 놓고,  $T_0$ 를 구하여 지수항을 2차까지 고려하면,

$$D = \frac{\lambda T_0^2}{2} \text{가 된다.}$$

$$\text{따라서 } T_0 = \sqrt{\frac{2C_j}{\lambda C_l}} \text{이 된다.}$$

### 3. 결 론

점검주기 산정방식을 검토하기 위해 국내의 제철, 화학 분야 등에서 검토되어진 방법과 국내 철도공사에서 추진되어진 점검주기의 산정방법을 검토하였다. 또한 해외 점검주기의 산정 및 이에 따른 적용 방법의 고찰 등을 검토하였으며, 이를 통하여 점검주기는 장애율에 따른 장비 또는 설비의 신뢰도 확보가 장비의 점검주기와 밀접한 관계가 있음을 확인할 수 있었다.

여러 가지 산정방안의 검토를 통하여 결론 도출의 최적방안을 제시함이 타당하나 현재 연구, 조사된 유사항목을 검토하여 본 점검주기의 산정방식 도출의 접근 방법으로 활용하였다. 먼저, 철도공사에서 추진된 보수점검주기 용역에선 점검주기 산정방식의 계산적 산출 방식을 일부 응용 및 활용하여 접목할 수 있었다. 이 점검주기의 산정방식은 보다 많은 연구 및 검토가 이루어져야 할 것이다.

### 참고문헌

1. Niveaux de maintenance, Edition du xx-xx-1999, SNCF
2. Maintenance Signalisation des lignes LGV 3 et 4 de la SNCB, SNCB
3. 철도의전기기술(보수조직의 변천), 2003.3 VOL.14 No.3, 일본철도전기기술협회
4. 철도의전기기술(현장장치의 고장대책), 2000.9 VOL.11 No.9, 일본철도전기기술협회
5. 철도의전기기술(신호설비사고 Data의 분석과 평가), 2005.7 VOL.16 No.7, 일본철도전기기술협회
6. 여러 고장유형을 갖는 설비의 고장을 추정 및 최적 정비주기 산출, 2006, 포항공과대학/포항제철소