

# 철도 신호제어 시스템의 AHP 기법 적용을 통한 성능평가 대상설비 항목 개선 및 안전성 확보에 관한 연구

황 선 우\* · 김 주 욱\* · 김 영 민\*\* · 김 형 철\*\*\* · 이 수 환\*\*\*\*

\*한국철도기술연구원 북방철도연구센터 · \*\*아주대학교 시스템공학과 ·

\*\*\*한국철도기술연구원 전철전력연구팀 · \*\*\*\*(주)에이알텍

## On the Improvement of Facility to Performance Evaluation and Security of Safety through the Application of AHP Method in Railroad Signal Control System

Sunwoo Hwang\* · Joouk Kim\* · Youngmin Kim\*\* · Hyungchul Kim\*\*\* · Soohwan Lee\*\*\*\*

\*Korea Railroad Research Institute · \*\*Ajou University ·

\*\*\*Korea Railroad Research Institute · \*\*\*\*AR Tech Co., Ltd.

### Abstract

The railroad facilities are intended for long-term operation as the initial acquisition costs necessary for infrastructure construction are high. Therefore, regular maintenance of railroad facilities is essential, and furthermore, system reliability through systematic performance evaluation is required. In this study, the signal control system of railroad electrical equipment was selected as the subject of research and the performance evaluation target facility selection study was conducted using AHP. The results of the study can contribute to the reliability of the signal control system as well as to the reliability of the railroad system, which is a higher system.

**Keywords :** Railroad, Railroad Maintenance, Railroad Performance Evaluation, AHP, Signal Control System

## 1. 서론

철도 시설물은 인프라 구축에 필요한 초기 획득비용이 높은 만큼 장기간 운용을 목적으로 한다. 따라서, 철도 시설물의 정기적인 유지보수가 필수적이며, 체계적인 성능평가를 통한 시스템의 신뢰성 및 안정성 확보가 필요하다. 기존의 철도 시설물 성능평가는 TBM(Time Based Maintenance)에서 CBM(Condition Based Maintenance)으로 변화되는 추세이며, 과학적인 기법을 적용한 가중치 도출 절차가 요구되는 시점이다. 또한, 철도 시스템의 신뢰성을 확보하기 위한 목적으로 철도 시스템 성능평가 기

준 개선 및 보완 연구가 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 AHP를 활용한 신호제어 시스템의 기존 대상설비 검토 및 추가 대상설비 선정 연구를 수행하였다.

### 1.1 연구배경 및 필요성

강현일 등은 전철전력 분야 유지보수 최적화를 위하여, 도시철도 8개 운영기관을 대상으로 유지보수 관련 요구사항 설문조사 실시하였다[1]. 그 결과로 변압기의 경우, 온도 상태 점검, 교류 및 직류 차단기의 경우, 차단전류 점검 등이 우선적으로 점검되어야 한다는 결과를 도출하였다.

†본 연구는 한국철도기술연구원 주요사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

†Corresponding Author : Joouk Kim, Northern Railroad Research Division, 176, Cheoldobangmulgwan-ro, Uiwang-si, Gyeonggi-do, Korea, E-mail: jookim@krii.re.kr

Youngmin Kim, Dept. of Systems Engineering, Ajou University, 206, World cup-ro, Yeongtong-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do, Korea E-mail: pretty0m@ajou.ac.kr

Received: January 8, 2021; Revision: January 8, 2021; Accepted: March 15, 2021

김현민 등은 유지보수 예산 60%가 인건비로 사용되는 문제점을 인식하여, 정보화, 자동화를 통한 유지보수 개선의 필요성을 제시하였다[2]. 또한, 프랑스, 영국 등의 유지보수 운영 사례 비교하였으며, 유지보수 운영 기관의 효율성 향상을 위한 연구를 수행하였다. 박현준 등은 유지보수 수행 시, 노선별 가중치를 반영하지 못한다는 점을 인식하여, 체계적인 데이터 구축을 통한 과학적인 점검주기 도출 필요성을 제시하였으며, 체계적인 데이터 베이스를 구축하기 위해서는 노후도 분석/기록, 점검업무 사후 조치사항 등의 데이터를 포함해야 한다는 점을 강조하였다[3]. 또한, 정보통신기술을 도입하여, 시설물 정밀진단 자동화에 대한 필요성을 도출하였다. 오윤식 등은 해외 철도 구조개혁 역사를 참고하여, 장기적인 관점에서 지속 가능한 철도 산업 정책 마련에 관한 연구를 수행하였다[4]. 또한, 철도 투자 사업별 규모, 유지보수 비용 증감 추이, 유지보수 비용대비 선로 사용비율 등을 분석하였다. 결과로 해외사례와의 단순 비교보다는 국가별 교통 시스템과 철도산업구조, 안전과 환경 등 전체적인 시스템을 분석하여, 효율적인 유지보수 절차를 마련해야 한다는 점을 강조하였다.

박상구 등은 경부고속철도 완전 개통후 철도 선진화 추세에 맞지 않게, 철도 시설물 유지보수 분야는 답보상태에 있다는 점을 시사하였다[5]. 이러한 점을 개선하기 위하여, 국가차원에서 철도 시설물 이력관리 등의 정보를 포괄하는 데이터 베이스 구축 필요성을 제시하였다. 대상설비 선정에는 구축비용, 열차운행 영향, 타설비 영향, 고장빈도 등의 항목을 고려하여 선정하였으며, 성능평가를 위한 기본적인 항목을 마련하였다. 나경민 등은 성능평가 수행 시, 성능평가지수를 산정하는데 복잡하고, 상당한 시간이 소요된다는 점을 인식하여, 성능평가지수 분석 프로그램 개발 연구를 수행하였다[6]. 해당 결과는 차후 성능평가를 수행하는 데 있어서, 복잡하고, 상당한 시간이 소요되는 가중치 계산, 노선별 파라미터 산정 등의 절차를 효율적으로 개선할 수 있는 기틀을 마련하였다. 강고운 등은 기존 성능평가 절차에서 데이터 수집 및 분석 활동에 소요되는 시간이 과다하다는 문제를 인식하여, VR(Virtual

Reality)을 활용한 성능평가 시뮬레이션 구현에 관한 연구를 수행하였다[7].

철도 인프라의 안전성을 확보하기 위한 목적으로, 김태현 등은 사용특성 및 제품특성 반영/요구사항의 기술적 관련사항 분석을 통한 철도 안전정보 시스템 구축 및 운영 아키텍처 개발 연구를 수행하였다[8]. 최권희 등은 개인적 위험도 범주를 여객 위험도(일반 여행객, 여객 승무원), 공중사상 위험도(철도 주변)로 분류 및 안전고장 비율 SFF(Safe Failure Fraction), 진단유효범위 DC(Diagnostic Coverage) 분석을 통한 철도 안전 설비의 정량적 위험평가 연구를 수행한 바 있다 [9]. 이렇듯, 현 시점에도 다양한 관점과 시각에서 철도 인프라의 안전성 확보를 위한 연구가 수행되고 있으며, 따라서, 본 연구는 철도 노후화 비율 감소 목적으로 체계적이고 과학적인 분석을 통한 대상설비 선정으로 유지보수 활동 개선 및 철도 시설물의 안전성 확보 연구를 수행하였다.

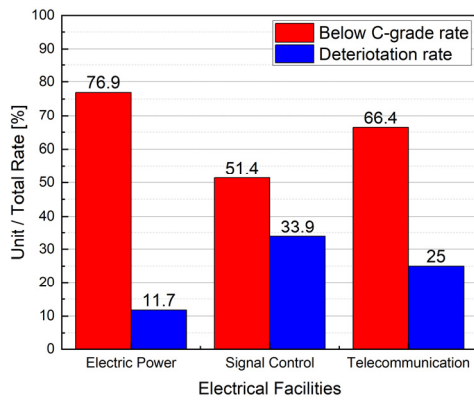
## 1.2 철도 시설 노후화 현황

<Table 1>은 철도 노후화에 대비하기 위하여, 국토교통부에서 제시한 제1차 철도시설 유지관리 기본계획 [2021년-2025년]의 내용을 반영한 성능평가 등급 및 사용연수 경과 현황을 도시한다[9]. 여기서, C등급의 경우, ‘안전에는 지장이 없으나, 간단한 보수, 보강 필요’한 단계로 유지보수 측면에서 비교적 중요한 부분을 차지한다. 노후화 비율의 경우, 사용연한 30년을 기준으로, 내구연한이 경과된 시설물의 비율을 말한다. 2020년 1월을 기준으로 C등급 이하 비율의 경우, 전철전력 76.9%, 신호제어, 51.4%, 정보통신 66.4%를 나타냈으며, 노후화 비율의 경우, 전철전력 11.7%, 신호제어 33.9%, 정보통신 25%를 나타냈다.

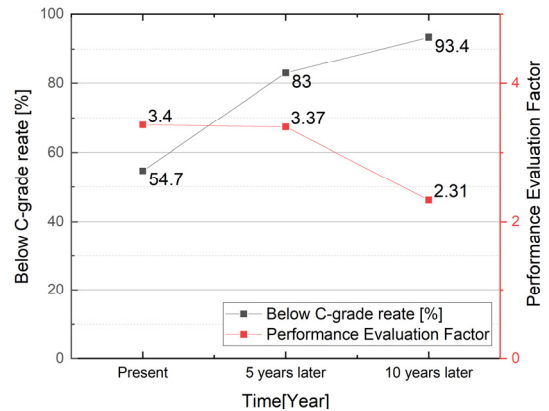
[Figure 1] (a)는 <Table 1>의 결과를 나타내며, (b)는 전체 철도 시설물을 대상으로 5년, 10년후의 C등급 이하 비율과 성능평가지수 예측 결과를 나타낸다. 현재, 전체 철도 시설물의 C등급 이하 비율은 54.7%, 성능평가지수는 3.4를

<Table 1> Performance evaluation grade and status of service life progress[10]

구 분	'17	'20	Below C-grade			Deterioration		
			Total	Part	Rate	Total	Part	Rate
Average	3.29	3.40	111,858	61,156	54.7%	89,052	23,502	26.4%
Structure	4.03	4.10	4,265	936	21.9%	4,265	1,582	37.1%
Road facility	3.60	3.82	6,227	1,863	29.9%	9,697	1,314	13.6%
Building	3.59	3.64	5,654	1,595	28.2%	5,654	1,367	24.2%
Electric power	2.76	2.99	26,929	20,695	76.9%	10,111	1,185	11.7%
Signal control	2.78	2.87	63,911	32,830	51.4%	36,304	12,295	33.9%
Telecommunication	2.79	2.96	4,872	3,237	66.4%	23,021	5,759	25.0%



(a) Below C-grade, Deterioration ratio



(b) Factor and ratio prediction

[Figure 1] Performance Evaluation Index and Ratios of Class C and Below Forecasting and Detailed Status[10]

나타내며, 5년 후의 경우, C등급 이하 비율 83%, 성능평가지수 3.37, 10년 후의 경우, C등급 이하 비율 93.4%, 성능평가지수 2.31이 될 것을 예측했다. 결과로 보았을 때, 10년 후 철도 설비는 인적, 재산적 피해를 초래할 수 있다.

### 1.3 AHP 활용의 적합성 판단

김형철 등은 기존 전기철도 시설물의 상태평가를 위한, 기준 평가방법 등의 부족함을 문제로 제기하여, 유지관리 개선 연구를 수행하였으며[11], 전철전력 분야에서 시설물 자체의 중요도와 열차운행에 미치는 영향도를 정량적으로 분석하여, 성능평가에 필요한 대상설비 선정 연구[12]과, 안전성, 내구성, 사용성 등을 고려한 대상설비의 평가항목 마련 연구[13]를 수행하였다. 김유호 등은 철도 전기설비 중 신호제어 시스템의 대상설비 선정 연구를 수행하였다[14]. 철도 시설 노후화 감소를 목적으로 최근 2016년부터 수행된 선행 연구를 조사해 본 결과[11 - 14],

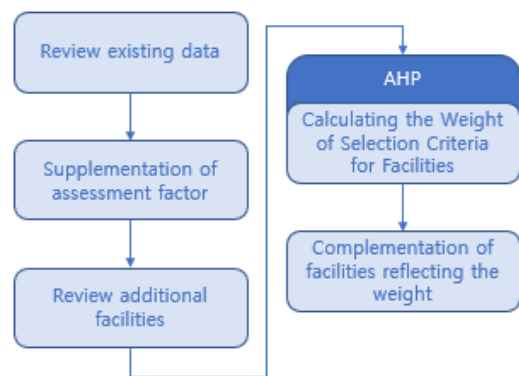
따라서, 본 연구에서는 다기준 의사결정 문제 해결을 위해 쓰이는 대표적인 기법으로, 다양한 유형의 의사결정 문제에 활용되어지고 있는 AHP(Analytic Hierarchy Process) 분석을 통하여 신호제어 시스템의 대상설비 개선을 수행하였고, 선정된 대상설비에 해당하는 평가항목 보완 연구를 수행하였다. AHP 분석은 전문가들의 의견을 바탕으로, 정량적인 가중치 근거가 결과로 도출되기 때문에, 초기 항목 재검토 및 개선 연구에 적합하다.

따라서, 본 논문에서는 대기존 대상설비 재검토 및 개선에 AHP 기법을 채택하였다.

### 1.4 논문 구성 및 흐름

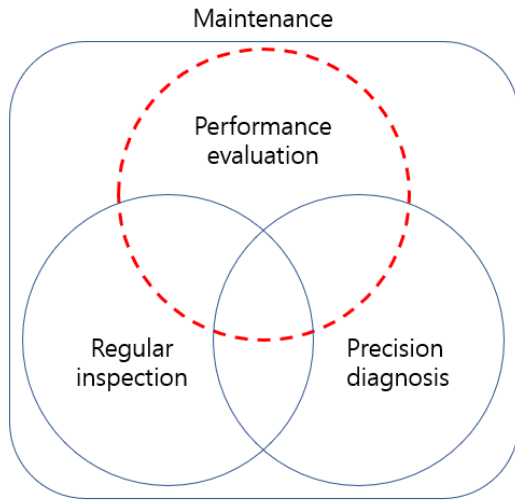
본 논문은 1장 선행연구 조사를 통하여, 연구배경 및

필요성을 분석하였고, 철도 시설물의 노후화 현황과 예측 결과를 분석하였다. 기존 선행연구와의 비교 결과로, 과학적인 기법을 통한 대상설비 항목 도출을 인식하여 AHP 활용의 적합성을 판단하였다. 2장에서는 성능평가 수행 절차와 수행 결과에 따른 시설물 유지관리 필요성을 기술하였으며, 기존 대상설비 자료 검토 및 추가 항목을 도출하였다. 또한, AHP를 활용하여, 대상설비 선정 기준의 가중치를 산정하였다. 3장에서는 가중치 계산을 통한 추가 대상설비 항목 도출과 그에 따른 평가항목을 기술하였으며, 마지막, 4장에서는 요약 및 결론을 기술하였다. 본 연구에서는 먼저, 기존 대상설비와 평가항목 검토를 수행하였으며, 기존 항목들에 대한 성능평가항목을 보완하였다. 다음, 성능평가가 필요한 추가 대상설비 항목을 분석하였고, 대상설비 기준의 가중치 산정 절차에 AHP를 활용하였다. 마지막으로, 산정된 가중치를 반영한 총 7종의 대상설비 항목을 도출하여, 그에 해당하는 평가항목을 보완하였다. [Figure 2]는 본 연구의 흐름을 다이어그램으로 묘사한 개략도를 도시한다.



[Figure 2] Research schematic diagram

철도 인프라 운영에 있어서, 지속적인 안정성을 확보하기 위한 방안으로는 [Figure 3]과 같은 다이어그램으로 묘사되는 유지보수 활동이 필요하다. 유지보수 활동에는 정기점검, 정밀진단, 성능평가 활동이 포함된다. [Figure 3]에서 볼 수 있는 것과 같이, 유지보수 활동의 정기점검, 정밀진단, 성능평가 활동은 어느 활동이 중요하다고 비교될 수 없을 만큼, 각각 해당 범위에서 중요한 역할을 수행한다. 본 연구의 연구 수행 범위는 유지보수 활동 중 성능평가 활동의 기존 대상설비 검토 및 추가 대상설비 선정에 해당한다.



[Figure 3] Configuring maintenance activities

정, 절연저항, 강도측정, 마모측정, 부식검사, 균열측정, 누유검사로 구성되어있으며, 정기점검은 육안점검, 해체 점검, 접속상태, 작동상태, 부속장치 점검, 절연저항점검, 정류기 및 축전기 전압측정, S/W점검 등으로 구성되어있다. 또한, 성능평가, 정기점검, 두 활동은 상호 보완적인 관계를 가지고 있으며, 철도 시설 인프라 유지보수 활동에서 중요한 요소로 작용한다. [Figure 2]는 철도 신호제어 시스템에서의 성능평가, 정기점검을 비교한 내용을 도시한다[15].

<Table 2>는 성능평가지수에 따른 유지관리 계획을 도시한다. 각각의 성능평가지수에 따라서, “A(우수) - 결함, 손실이 없고 내구성능 저하 가능성 낮음”, “B(양호) - 경미한 결함이 있는 상태로 진행여부를 지속 관찰”, “C(보통) - 안전에는 지장이 없으나, 간단한 보수, 보강 필요”, “D(미흡) - 성능이 기준에 미치지 못해 긴급한 보수, 보강 필요”, “E(불량) - 심각한 결함이 있어 즉각 사용중단하고 보강, 개축 필요”를 의미한다. [Figure 5]는 철도 시설의 성능평가 절차를 도시한다. 순서는 성능평가 대상 선정, 자료분석, 성능목표 설정, 성능평가 시행, 유지관리 전략제안, 종합결론 순으로 수행된다. 여기서, 성능평가 실행 항목은 개별시설 평가(개소 평가), 결과분석(노선별 평가), 종합평가(전체평가)를 포함한다. 성능평가란, 철도시설의 안전과 기능을 유지하기 위하여, 요구되는 철도시설의 안전성, 내구성, 사용성 등의 성능을 종합적으로 평가하는 것으로, 정기점검, 정밀진단과 함께 유지보수 활동에 포함된다.

## 2. AHP를 활용한 성능평가 수행

### 2.1 철도 시설물의 성능평가

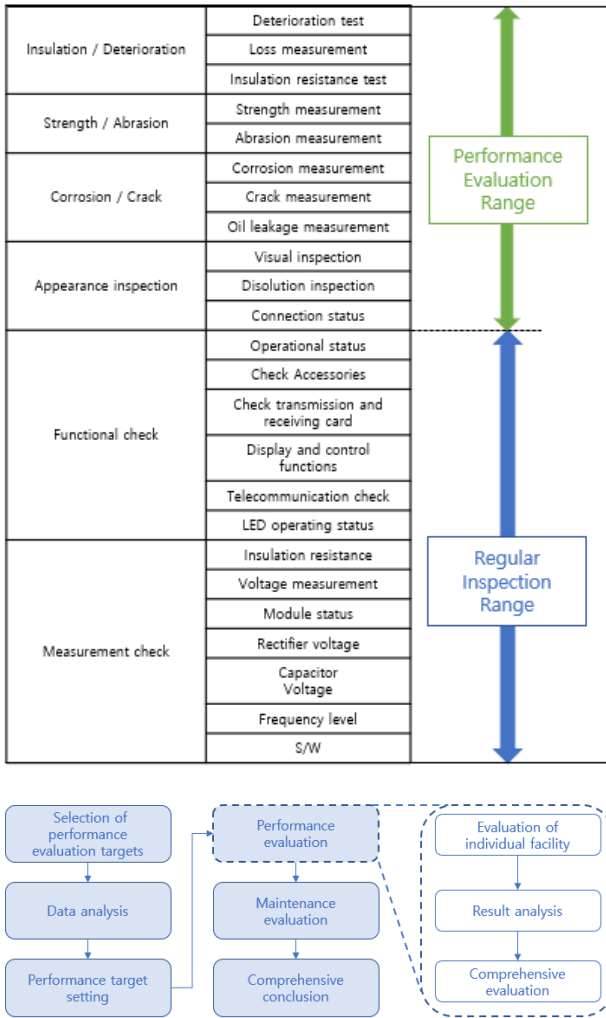
유지보수 활동 중 성능평가 항목에는 열화시험, 손실측

### 2.2 기존 내역 검토 및 추가 항목 선정

신규 철도 신호제어 시스템의 대상설비 선정 절차에 앞서, 기존에 선정된 대상설비와 평가항목에 대하여, 타당성 검토를 수행하였다. 선로전환기장치 중 선로형 구동모터의 기존 성능평가 항목에는 마모측정만 하계끔 되어있었

<Table 2> Maintenance Planning for Performance Evaluation Index[15]

Performance evaluation index [E]	Performance evaluation grade	Maintenance Plan
4.5 ≤ E ≤ 5.0	A (Excellent condition)	No defects or losses, low possibility of deterioration
3.5 ≤ E ≤ 4.5	B (Good condition)	Continuous monitoring of progress with minor defects
2.5 ≤ E ≤ 3.5	C (Normal condition)	Secure but simple repair and reinforcement required
1.5 ≤ E ≤ 2.5	D (Insufficient condition)	Performance is not up to standard, requiring urgent repair and reinforcement
1.0 ≤ E ≤ 1.5	E (Defect condition)	Due to serious defects, immediately discontinue use and need reinforcement and renovation



[Figure 5] Performance evaluation procedure

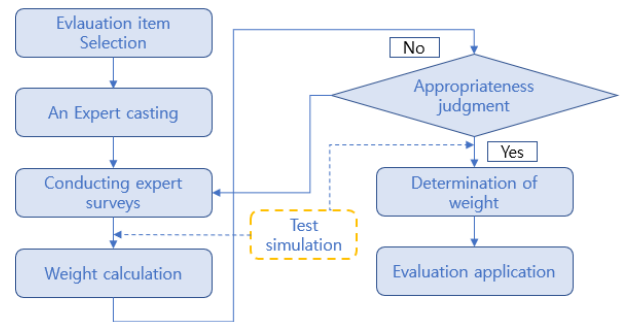
으나, 강도측정에 대한 필요성을 인식하여, 성능평가 항목에 강도측정 항목을 추가했다. 나머지 성능평가 대상설비와 평가항목에 대해서는 기존 내용이 타당하다고 검토되었다. 또한, 안전운영, 기술동향 등을 고려하여, 추가적으로 성능평가가 수행되어야 할 대상설비에 대한 검토도 수행되었다. <Table 3>은 이에 대한 결과를 도시한다.

<Table 3> Motor Performance Evaluation factor

Evaluation factor	Motor
Deterioration test	N/A[N/A: Not Applicable]
Loss measurement	N/A
Insulation resistance test	N/A
Strength measurement	Add
Abrasion measurement	Exist
Corrosion measurement	N/A
Crack measurement	N/A
Oil leakage measurement	N/A

### 2.3 대상설비 가중치 선정 절차

[Figure 6]은 성능평가 대상설비 가중치 선정에 있어서 적정성을 판단하기 위한 절차를 나타낸다[13]. 첫 번째로 초기 대상설비항목 또는 평가항목들을 나열한다. 두 번째로, 각각의 해당분야 전문가를 섭외한다. 세 번째로, 섭외된 전문가를 통하여 신호제어 시스템을 구성하는 초기 대상설비항목 및 평가항목들에 대한 적정성 판단을 실시한다. 초기 항목들에 대한 적정성이 판단되었으면, 네 번째로, 각각의 대상설비 및 평가항목들에 대하여 가중치를 산정한다. 다섯 번째로 대상설비 및 평가항목에 대한 가중치 적정성을 판단하여, 전문가 설문문의 합의를 이끌어 내지 못하면 세 번째부터 다시 반복 절차를 거친다. 여섯 번째로 수식 계산을 통한 각 항목별 가중치를 확정짓고, 마지막으로, 이를 등급화, 문서화하여, 성능평가 메뉴얼에 대상설비 및 평가항목 선정 결과를 반영한다.



[Figure 6] Weight calculation procedure[13]

본 연구에서는 기존의 대상설비 가중치 평가절차의 가중치 선정, 가중치 확정 항목 선정 이전에 고장률 및 영향도 시뮬레이션 결과를 참고하도록 제한한다. 시뮬레이션 결과를 가중치로 바로 사용될 수 있지만, 위험 및 안전에 대한 불확실성으로 현재 기술로는 어려움이 따른다. 따라서, 가중치 선정 시, 참고 데이터로 사용되기를 권장한다. 고장률 테스트 시뮬레이션은 FTA(Falt Tree Analysis)를 활용한 Isograph Reliability등의 Tool이 활용될 수 있다.

### 2.4 대상설비 선정 기준을 반영한 AHP 수행

<Table 4>는 AHP 설문지를 나타낸다. 본 연구에서는 기존에 수행되었던 대상설비의 타당성 검토와, 효율적인 평가방법 및 항목에 대한 검증을 수행하였다. 대상설비에 선정 및 타당성에 대한 검토 설문은 최하위 파트 수준에서 구축비용, 열차운행영향, 타설비영향, 고장빈도수, 원격감시여부, 기술동향 항목에 쌍대비교 방식으로 수행되었다.

<Table 4> AHP questionnaire

Factor	Relative importance	Factor
Implementation cost	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨	Train operating effect
	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨	Other facility impact
	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨	Technology Trends
	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨	Failure frequency
	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨	Remote monitoring status
Train operating effect	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨	Other facility impact
	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨	Technology Trends
	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨	Failure frequency
	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨	Remote monitoring status
Other facility impact	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨	Technology Trends
	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨	Failure frequency
	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨	Remote monitoring status
Technology trends	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨	Failure frequency
	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨	Remote monitoring status
Failure frequency	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨	Remote monitoring status

<Table 5> Calculating the Weight of Selection Criteria for Facilities

Factor	Weight	Weight total	Consistency scale	Rank
Implementation cost	0.102	0.622	6.069	4
Train operating effect	0.379	2.356	6.211	1
Other facility impact	0.249	1.546	6.213	2
Failure frequency	0.160	0.986	6.149	3
Remote monitoring status	0.065	0.395	6.033	5
Technology trends	0.043	0.263	6.064	6

<Table 6> Random Index table

n	2	3	4	5	6	7
RI	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32

유지보수 활동은 새로운 설비를 구축하는 비용보다 경제적인 장점을 가져야 하기에, 유지보수 활동에 필요한 인건비 및 대가기준 산출 고려가 중요하게 작용한다. 따라서, 활동 주기, 측정비용 등의 요소를 중점으로 고려하였다. 또한, 성능평가/정밀진단 활동 이전에 수행되는 정기점검 활동 결과를 바탕으로 수행될 수 있도록, 업무 중복성 요소를 고려하였다. 추가로, 발전하는 정보통신 기술의 동향을 파악하여, 업무 간소화를 위한 효율성을 고려하였다. 해당 과정은 비대면 서면 방식으로 전문가 의견을 청취하였으며, 각 분야 산, 학, 연 업계 전문가 7명의 협업으로 이루어졌다. 각각의 분야 전문가에게는 기존에 수행되었던 대상설비 및 평가항목의 전체 데이터를 제공하였다. <Table 4>와 같이, 대상설비 선정 기준 6개 항목을 대상으로 하여, 1에서 9까지 중요도를 척도로 삼아 쌍대비교

를 수행한 결과, 구축비용 가중치 0.102, 열차운행영향 가중치 0.379, 타설비영향 가중치 0.249, 고장빈도수 가중치 0.160, 원격감시여부 가중치 0.065, 기술동향 가중치 0.043을 도출했다. 해당 결과를 <Table 5>와 같이 도시하였다. AHP를수행하여 산정된 항목 점수와 도출된 가중치의 행렬 연산을 통하여, 가중치 합계를 도출하였다. 도출된 가중치 합계를 다시 가중치로 나눠서 일관성 척도 평균  $\lambda$ 를 구하였다. 일관성 척도 평균  $\lambda$ 는 6.123을 나타냈고,  $\lambda$ 와 항목 개수 6의 산술 조합으로 일관성 지수 CI (Consistency Index)를 산출하였으며, CI는 0.025로 도출되었다. <Table 6>은 무작위 지수 RI(Random Index) 척도를 도시하며, 본 수행 과정의 기준 항목은 6개 이므로, CI를 RI 6개 항목 기준 값인 1.24로 나누어 일관성 비율 CR(Consistency Ratio)를 구하였다. 본 연구의 AHP 수

행 결과로 도출된 CR은 0.020으로 비교 척도 0.1 이하의 값으로 일관성 비교 검증 기준을 만족한다.

### 3. 추가 대상설비 항목 도출

AHP 분석결과 대상설비 선정 기준인 구축비용, 열차운행영향, 타설비영향, 고장빈도수, 원격감시여부, 기술동향 중에서 1. 열차운행영향, 2. 타설비영향, 3. 고장빈도수, 4. 구축비용, 5. 원격감시여부, 6. 기술동향 순으로 중요도가 결정되었다. 추가적으로, 21가지 대상설비 선정한 다음 대상설비 가중치 산정을 수행했다. 수행 결과, 열차집중 제어장치 관제설비 서버, 전원 장치의 경우, 무정전 전원장치 PCB, 배전반 트랜스, 축전지 전선로 설비의 경우, 신호용 600V용 전원 케이블, 신호용 PEF 통신 케이블, 신호용 광케이블 항목에 대한 성능평가가 필요하다는 결과가 도출되었다. 선정된 대상설비에 대하여, 성능평가에 필요한 평가항목에 대한 검토가 수행되었으며, 각각 열차집중 제어장치 관제설비 서버의 경우 - 열화시험, 무정전 전원장치 PCB - 열화시험, 배전반 트랜스 - 절연저항, 축전지 - 절연저항, 신호용 600V 전원 케이블 - 절연저항, 신호용 PEF 통신 케이블 - 절연저항, 신호용 광케이블 - 손실측정 성능평가가 수행되어야 한다는 결과를 도출하였다. <Table 5>는 대상설비 선정 기준을 고려하여 추가적으로, 성능평가가 필요한 대상설비를 도출한 결과를 나타낸다. 따라서, 철도 전기설비의 신호제어 시스템 대상설비는 총 64항목이며, 그 중 성능평가가 필요한 대상설비는 본 연구의 결과 값 7항목을 더하여, 43항목으로 선정되었다. 해당 연구 결과는 철도 인프라 운영 및 유지보수 활동에 있어서 보다 나은 안전성 확보에 기여될 수 있다.

<Table 7> Added facility

Facility	Additional information
Control facility server	Deterioration test
PCB	Deterioration test
Switch board	Insulation resistance test
Storage battery	Insulation resistance test
Power cable	Insulation resistance test
Telecommunication cable	Insulation resistance test
Optical cable	Loss measurement

### 4. 결론

본 연구에서는 철도 인프라의 노후화가 진행됨에 따라

서, 효율적이고 과학적인 기법을 활용한 유지보수(성능평가) 활동의 필요성을 인식하였다. 따라서, 철도 시설물 중 신호제어 시스템을 연구 대상으로 선정하여, 성능평가 활동의 기존 대상설비 검토 및 추가 선정에 대한 연구를 수행하였다. 결론 도출 방법은 AHP 기법을 활용하였으며, 대상설비 선정 기준은 구축비용, 열차운행영향, 타설비영향, 고장빈도수, 원격감시여부, 기술동향 항목을 고려하였다.

먼저, 기존 선정된 대상설비에 대한 평가항목 검토를 수행하였으며, 선로전환기장치 중 선로형 구동모터의 기존 성능평가 항목에는 마모측정만 하के금 되어있었으나, 강도측정에 대한 필요성은 인식하여, 성능평가 항목에 강도측정 항목을 추가했다. 기존 대상설비 목록을 바탕으로 추가 필요성이 있는 대상설비 목록을 검토했다. 수행 결과, 열차집중 제어장치 관제설비 서버, 전원 장치의 경우, 무정전 전원장치 PCB, 배전반 트랜스, 축전지 전선로 설비의 경우, 신호용 600V용 전원 케이블, 신호용 PEF 통신 케이블, 신호용 광케이블 항목에 대한 성능평가가 필요하다는 결과가 도출되었다.

선정된 대상설비에 대하여, 성능평가에 필요한 평가항목에 대한 검토가 수행되었으며, 각각 열차집중 제어장치 관제설비 서버의 경우 - 열화시험, 무정전 전원장치 PCB - 열화시험, 배전반 트랜스 - 절연저항, 축전지 - 절연저항, 신호용 600V 전원 케이블 - 절연저항, 신호용 PEF 통신 케이블 - 절연저항, 신호용 광케이블 - 손실측정 성능평가가 수행되어야 한다는 결과를 도출하였다. 철도 시설물 노후화 증가하고 있는 시점에서, 과학적인 기법을 활용한 대상설비 기준을 마련한다는 점에서 의미를 가진다. 또한, 본 연구 수행 결과는 기존의 대상설비를 검토하고, 유지보수 활동 중 성능평가 대상설비 항목을 확장하여, 철도 시설물 운영 안전성 확보에 기여될 수 있다.

### 5. References

[1] G. U. Kang, I. S. Jung, J. Y. Kim, M. B. Seo(2020), "Preliminary study on the simulation for urban railway facility performance assessment." Korea Academy Industrial Cooperation Society, 21(3): 190-198.

[2] H. C. Kim, J. Y. Park(2017), "The selection of important electric facilities for railway performance analysis." Conference on the Korean Institute of Electrical Engineers, 19-20.

[3] H. C. Kim, S. K. Kim(2017), "A study on electric

- power performance evaluation item of electric railway.” Conference on the Korean Institute of Electrical Engineers, 21–22.
- [4] H. C. Kim, S. K. Shin, H. S. Jung, J. Y. Park, W. S. Oh(2016), “A study on condition assessment of electric railway research facility.” Conference on the Korean Institute of Electrical Engineers, 320–321.
- [5] H. J. Kang, Y. S. Kim, J. S. Sim, H. G. Im, K. S. Ryu, G. S. Lee(2010), “Maintenance optimization of the railway power facility.” Conference on the Korean Society For Railway, 530–535.
- [6] H. J. Park, Y. Park, H. S. Jung, H. C. Kim(2011), “A comparative study on the railway electricity maintenance management.” Conference on the Korean Society For Railway, 1202–1207.
- [7] H. M. Kim, Y. H. Kim(2010), “Analysis of railway infrastructure maintenance system.” Conference on the Korean Society For Railway, 1523–1528.
- [8] K. H. Choi, Y. H. Kim, J. W. Lee, J. H. Song, K. Y. Song(2011), “Technical review on the QRA of railway safety facilities.” Journal of Korea Safety Management & Science, 13(3):1–8.
- [9] K. M. Na, H. S. Jung, S. K. Shin, H. C. Kim(2020), “Performance evaluation analysis program for electric railway facilities.” The Korean Society For Railway, 23(6):542–550.
- [10] Korea Railroad Research Institute(2017), Study on the condition evaluation technique and standard preparation of railway electric facilities.
- [11] Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2020), The 1st railroad facility maintenance basic plan[2021–2025].
- [12] S. G. Park, S. T. Song, C. M. Jeong(2013), “Analysis of the status of the railway facility maintenance and its implications.” Conference on the Korean Society For Railway, 383–389.
- [13] T. H. Kim, J. C. Lee(2007), “On an approach to developing the operational architecture for a railway safety information system.” Journal of Korea Safety Management & Science, 9(6):9–17.
- [14] Y. H. Kim, S. H. Lee, J. Y. Park, Y. J. Kim, A. R. Jung, H. C. Kim(2017), “A study on the selection of the condition assessment for the railway signal facility.” Conference on the Korean Society For Railway, 1139–1144.
- [15] Y. S. Oh, B. K. Kim(2011), “The study on the efficiency of conventional railway infrastructure maintenance on current status.” Conference on the Korean Society For Railway, 2205–2216.

## 저자 소개



### 황 선 우

현 한국철도기술연구원 북방철도연구센터 연구원

관심분야: 시스템엔지니어링, 철도시스템 안전성 및 신뢰성 분석, MBSE

주 소: 경기도 의왕시 철도박물관로 176  
철도기술연구원



### 김 주 욱

현 한국철도기술연구원 북방철도연구센터 선임 연구원

관심분야: 철도 시스템엔지니어링, 철도시스템 안전성 및 신뢰성

주 소: 경기도 의왕시 철도박물관로 176  
철도기술연구원



### 김 영 민

현 아주대학교 시스템공학과 교수

관심분야: 첨단 교통시스템 및 스마트시티, 자율주행 안전시스템 구축, 스마트물류체계 구축

주 소: 경기도 수원시 영통구 원천동 산5번지  
아주대학교 성호관 243호



### 김 형 철

현 한국철도기술연구원 전철전력연구팀 책임 연구원

관심분야: 급전시스템 해석

주 소: 경기도 의왕시 철도박물관로 176  
철도기술연구원





**이 수 환**

현 Asia Railway Technology Co., Ltd. 엔지니어링 사업부 전무, 철도신호기술사  
관심분야: 철도시스템 신호 및 제어  
주 소: 서울특별시 금천구 벚꽃로 298 대림  
포스트타워 6차 (우)08510