

# 고속선 궤도관리 의사결정지원 시스템 개발을 위한 성공요인

## Key Success Factor For Korea high speed Track Maintenance Decision Making Support System

김종경\*                      이춘길\*\*                      우병구\*\*\*                      김남홍\*\*\*\*                      이성욱\*\*\*\*\*  
Kim, Jong-Kyong              Lee, Choon-Kil              Woo, Byoung-Koo              Kim, Nam-Hong              Lee, Sung-Uk

### ABSTRACT

In the field of maintenance of domestic high-speed railroad which has cost a great deal more than any other fields since it was opened;

1) We found out the conditions of current domestic railroad by understanding the status of track maintenance and analyzing operative processes of track maintenance. 2) The main factors in track maintenance of high-speed railroad, that is, the elements for success to help decision-support in track maintenance were derived from a research on literature about the condition of railroad R&D in these days and about the prediction of the irregular progresses of track. 3) We derived the order of priority and weights from AHP analysis which was based on the survey regarding elements for success.

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경

국내철도 109년(1899년 개통) 역사를 바탕으로 고속선은 최초 기본계획을 수립할 당시 경부축이 우리나라 인구의 71%와 GDP의 75%가 집중되고 있으며, 전국 교통량 중 여객 66%, 화물 70%를 담당하고 있으며, 경부선 철도와 고속도로는 거의 용량이 포화상태에 이르러 이로 인한 물류비가 높아 사회경제적 손실이 연간 2조 4천억원으로 추정됨에 따라 교통문제를 해결하기 위한 대안으로 고속철도 건설이 가장 적합한 대안으로 선정되어 2004년 4월 1일 개통하였다.<sup>1)</sup>

하지만 국내 철도의 수준은 선진국 대비 평균 45% 수준에 불과하며, 미래 성장가능성이 높은 무인 운전, 부상추진, 유도 및 제어기술 분야의 기술경쟁력 개선이 시급한 현실이다<sup>2)</sup>. 그 중 고속선 개통 이후 가장 많은 비용이 발생하고 있는 분야가 유지관리이다. 이에 유지관리비용을 감소시킬 수 있다면 가장 큰 수익을 발생시키게 되는 것이다. 이를 위해서는 철도분야에서 가장 많은 유지관리비용을 발생시키는 분야 중 하나인 궤도분야 유지관리(이하 '궤도관리') 업무를 최적화, 비용감소가 이루어져야 한다. 이에 본 연구에서는 현재 고속선에서 이루어지고 있는 궤도관리 업무절차와 주요업무를 파악하고,

\* 한국철도공사 철도연구개발센터, 기술연구팀 연구원, 비회원  
E-mail : Kimjk1@korail.com

TEL : (042)609-4935 FAX : (042)609-3720

\*\* 한국철도공사 철도연구개발센터 연구원, 공학박사

\*\*\* 한국철도공사 철도연구개발센터 차장

\*\*\*\* 한국철도공사 철도연구개발센터 주임

\*\*\*\*\* 한국철도공사 대전지사 시설팀장, 공학박사

\*\*\*\*\* 본 논문은 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행하고 있는 2006년도 고속철도기술개발사업(06 고속철도 III-1)의 지원으로 이루어졌습니다.

1) 건설교통부, 2006, 2003~2005년 건설교통백서. p.484.

2) Arthur D. Little Korea, 2006.03, 건설교통R&D 혁신로드맵 구축. p.72.

궤도관리 업무를 발생시키는 영향인자, 즉 궤도관리 업무를 성공적으로 달성하기 위해 파악되어야 할 요인을 도출한 후 고속선 궤도관리 실무자를 대상으로 설문조사를 실시하여 성공요인에 대한 가중치 및 우선순위를 제시하고자 한다. 본 연구는 고속선 궤도관리 의사결정지원 시스템(Korea high speed Track Maintenance Decision Making Support System 이하 'KTMSYS')개발 연구에 기초자료, 궤도관리 실무자 즉, KTMSYS의 실 사용자 니즈와 시스템개발의 목표로 활용할 수 있을 것이다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 이론적으로 제시되어 있는 요인만을 도출하였으며, 철도 선로 중 고속선에서 현재 철도공사에서 수행중인 궤도관리업무 담당자에 한하여 설문조사를 실시하여, 가중치 및 우선순위를 도출하는 것으로 한정한다.

본 연구의 방법은 1)현재 국내철도 유지관리 현황에 대한 전반적인 고찰과 철도공사의 궤도관리 업무절차와 주요업무, 궤도관리관련 국내·외 문헌조사 및 시스템 입력항목 분석을 실시하여 성공요인을 도출하고, 2) 도출된 성공요인에 대한 대분류와 소분류에 대한 설문조사를 실시하여, 3)AHP분석 방법론을 통하여 우선순위를 결정하고 4)성공요인의 활용방안과 향후 연구과제를 제시한다.

## 2. 예비적 고찰

### 2.1 국내철도 유지관리현황

#### 2.1.1 철도산업현황

전세계 교통시장은 2025년 전세계 인구가 80억명(현재 60억명)으로 증가하고 2015년에는 승객 운송 30%, 화물운송 70%로 증가하며, 2020년까지 전체 인구의 60%가 도시권(현재50%)로 증가하게 되어 철도가 담당해야 교통시장 규모 또한 408billion USD(약 408조원) 2004년 대비 36%로 증가할 것이다.<sup>3)</sup>

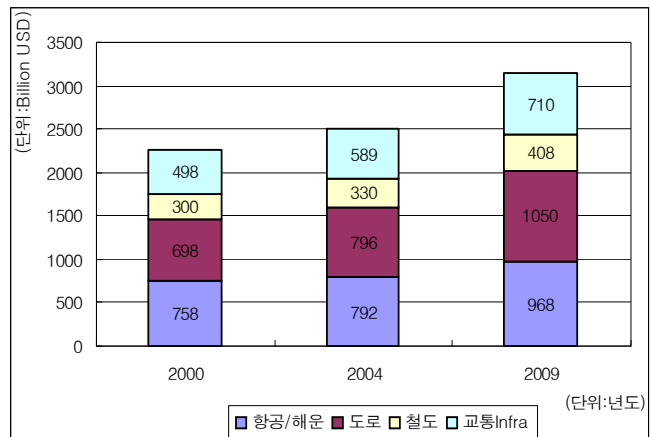


그림 1. 세계교통시장 성장전망

IMD(International Institute for Management Development) 2005년 보고서에 의하면 한국의 전체 국가 경쟁력 순위는 평가대상 60개 국가 중 29위로 나타났으며 이 순위는 한국이 세계에서 차지하는 경제규모 12위에 비하면 턱없이 낮은 수준이다. 선진 5개국(G5: 미국, 일본, 독일, 영국)과 하드웨어 관련분야 경쟁력을 비교해 보면 철도, 항공, 해운 등 하드웨어 분야는 G5 국가 평균에도 미치지 못하는 결과를 나타내고 있다. <sup>4)</sup>

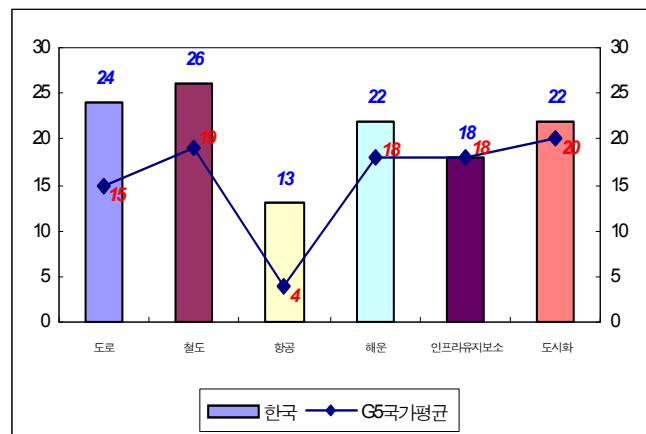


그림 2. 건설교통 하드웨어 관련 분야 비교

#### 2.1.2 국내철도 유지관리현황

현재 국내 고속철도 유지관리는 한국철도시설공단에서 위탁을 받아 한국철도공사가 수행중에 있으며, 2004년 개통이후 2006년 현재까지 유지관리비

3) 건설교통부, 2006, 건설교통혁신로드맵 보고서, p. 73.

4) 건설교통부, 2006, 건설교통혁신로드맵 보고서, p. 53.

용이 사용되어 왔으며, 50년을 추정한다면 약 6.1조원이라는 고속철도 건설비용의 50%가 필요하게 된다.

표 1. 고속철도 유지관리비 현황

단위: 백만원

구분	2004년 <sup>1)</sup>	2005년 <sup>2)</sup>	2006년 <sup>3)</sup>	3년평균	50년 <sup>4)</sup>	경부고속철도1단계 사업비 <sup>5)</sup>
총액	34,932	70,211	58,680	54607	6,159,573	12,737,700
궤도부분	13,127	14,744	12,204	13,358	1,551,981	-

1), 2), 3) 철도공사 내부자료

4) 전년대비 유지관리비용이 3% 증가로 가정한 50년간 유지관리비용

5) 경부고속철도 1단계 사업비는 건설교통부, 2006, 건설교통백서, pp.490을 인용함

### 2.1.3 철도공사 고속선 궤도관리 업무절차

철도공사에서의 고속선 궤도관리 업무(이하 궤도관리업무)는 궤도구성요소인 궤도, 레일, 도상자갈, 체결장치 등에 대한 보수를 말하며, 궤도 보수의 일상작업은 사업소가 수행하며, 특수 보선장비인 멀티플타이텀퍼, 바라스트 레귤레이터 등의 장비작업은 철도공사가 수행하며, 그 외 필요로 하는 작업은 계약자가 시행한다.<sup>5)</sup>

#### 1) 궤도관리 업무절차<sup>6)</sup>

궤도관리 업무절차는 크게 검측단계와 보수단계로 나누어지고 다음 그림과 같이 정리된다.

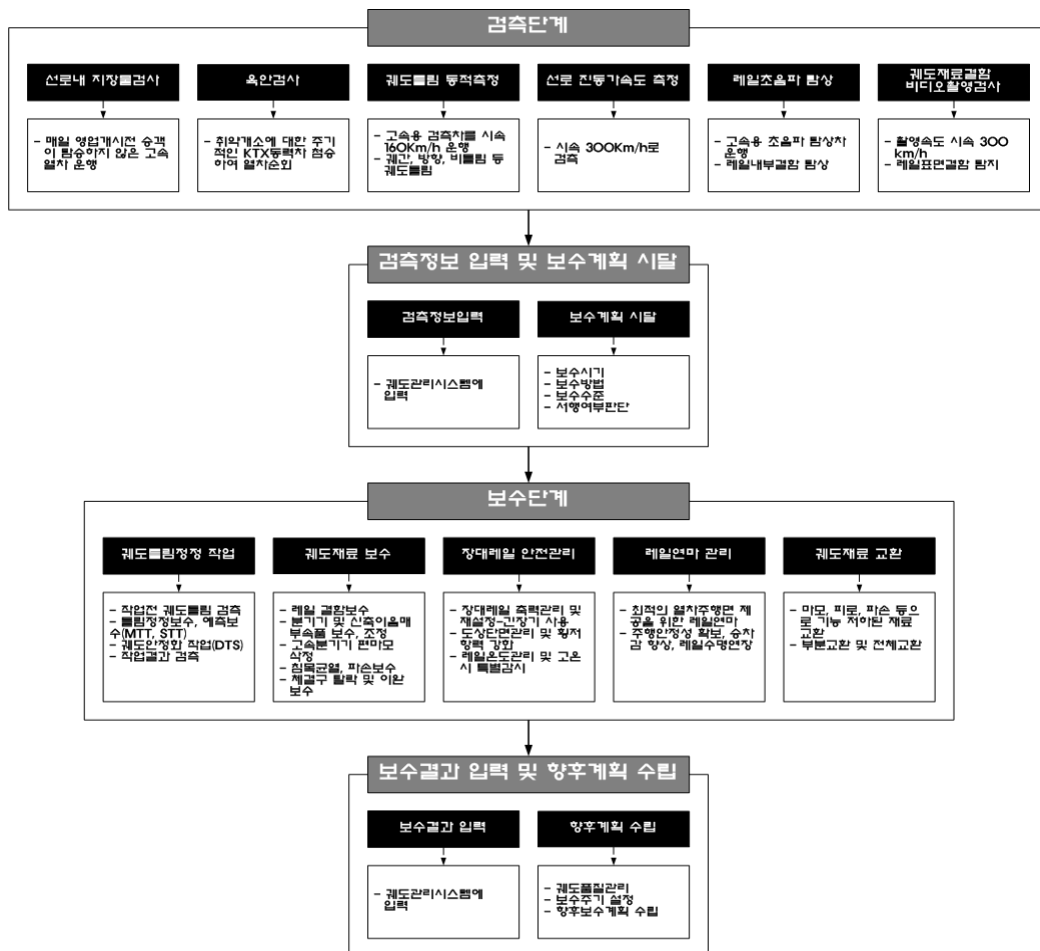


그림 3. 궤도관리 업무절차

5) 철도청, 2004, 고속철도 궤도유지관리 설명서 [ I ](유지관리일반,분기기), p.25.

6) 철도청, 2004, 고속선 시설 업무 편람, pp.12~13.

(1) 검측단계

매일 영업개시전 선로내 지장물 검사, 취약개소 주기적 육안 검사, 열차순회, 궤도틀림 동적측정, 선로 진동가속도 측정, 레일초음파 탐상, 궤도재료결함 비디오 촬영검사를 통한 검측을 실시한다.

(2) 검측정보 입력 및 보수계획시달

검측단계에서 검측된 정보를 궤도관리시스템에 입력하고, 보수시기, 보수방법, 보수수준, 서행여부를 판단하여 보수계획을 시달한다.

(3) 보수단계

시달된 보수계획에 따라 궤도틀림정정 작업, 궤도재료 보수작업, 장대레일 안전관리, 레일연마 관리, 궤도재료 교환 등의 보수작업을 실시한다.

(4) 보수결과 입력 및 향후 보수계획 수립

실시된 보수작업에 대한 보수결과를 궤도관리시스템에 입력하고 궤도품질관리, 보수주기 설정, 향후 보수계획 수립을 실시하고, 다시 검측단계로 돌아간다.

2) 고속선 궤도관리 주요업무7)

고속철도시설사무소에서는 레일표면 결함보수, 레일상태 정밀검사 및 조치, 레일연마 등 다양한 궤도관리 업무를 담당하고 있다.

(1)레일표면 결함보수

고속선 궤도관리 작업 중 제일 중요하며 상당부분을 차지하고 있는 레일상부에 발생된 자갈자국을 제거하는 레일표면 용접하는 작업을 수행한다.

(2)레일상태 정밀검사 및 조치

용접부에 대한 기하학적 틀림에 대한 검사로 용접부 평면성을 0.2mm이하로 제한해야 하는 정교함과 레일 버릇으로 인한 궤도 틀림을 1/100mm까지 정교하게 검사할 수 있는 레일직진도 검사기를 이용하여 검사하며, 레일흠 깊이 측정기로 레일상태를 파악하여 조취한다.

(3)레일연마

도상자갈 비산자국과 레일두부의 차륜접촉점이 불량한 개소에서 궤도 틀림이 급격히 발생하는 고속선 궤도의 민감성을 레일연마를 통한 궤도파괴 감소시키는 작업을 수행한다.

2.2 국내철도연구현황

2.2.1 철도연구현황

국내 철도기술 분야별 수준8)을 살펴보면 2001, 2002년 조사에 따르면 선진국 대비 기술수준이 40~50%내외에 불과하다는 인식이었으나, 2005년에는 60~70%내외로 지속적인 상승을 해왔으나, 전반적으로, 환경, 시험인증, 물류에서는 선진국과 격차가 적은 반면에 시스템 엔지니어링, 궤도, 토목, 차량, 전기 등의 분야는 미진한 것으로 파악된다.

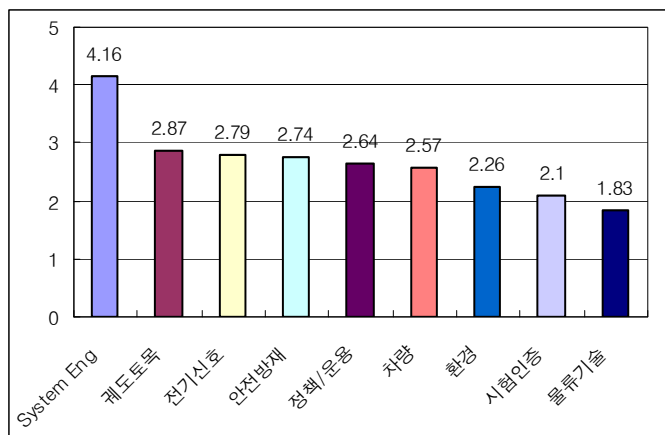


그림 4. 국내 철도기술 분야별 수준

이에 건설교통부에서는 R&D 투자규모를 지난 수년간 대폭 확대하여 2006년에는 2,620억 원에 이르고 있으며 이는 1999년과 절대금액으로 비교할 때 11배가 넘는 규모로 투자확대

7) 이석무, 2005.03, 고속철도 선로유지관리 업무소개, 철도시설 No.95, 2005.03, pp.9~10.

8) 건설교통부, 2006. 철도기술중장기기본계획(2006~2010), p.42.

의지를 잘보여 주고 있는 것이 사실이다. 이 중 철도분야에서도 2004년 61억원에서 2006년 689억원으로 10배이상 증가하였으며, 2007년 현재 미래철도기술개발사업 543억원, 미래도시철도기술개발사업 378억원의 예산을 편성하고 있다.<sup>9)</sup>

고속철도관련 연구는 건설교통부 철도관련 연구 중 2004년 27개 중 8개 과제, 2005년 34개 중 8개 과제, 2006년 32개 중 7개과제가 연구되었으며, 연구중에 있다.

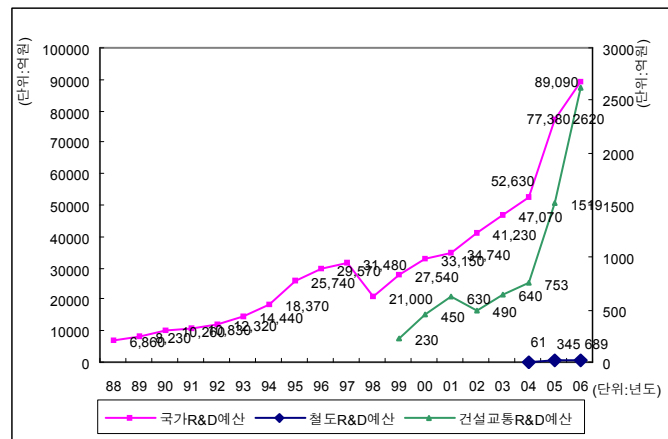


그림 5. 국가R&D 예산 및 철도R&D 예산 추이

### 2.2.2 고속선 궤도관리 관련 국내·외문헌조사

Miwa(2000)의 연구<sup>10)</sup>에서는 궤도검측 이력데이터에 대한 수치분석을 실시하여 궤도틀림, 열화·복원 모델을 개발하였고, 최적의 MTT(Multiple Tie Tamper) 작업주기를 결정하기 위한 수치프로그램을 제안하였다. 김대상(2006)의 연구<sup>11)</sup>에서는 궤도틀림의 원인 중 하나를 뜯침목으로 하여 이에 대한 정량적으로 평가할 수 있는 방법에 대하여 연구를 수행하였으며, 향후과제로 뜯침목 발생을 저감시킬 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다고 제안하고 있다. 이지하(2004)의 연구<sup>12)</sup>에서는 궤도관리 체계, 작업현황 분석 과 효율화를 위하여 국내·외 궤도관리 시스템 기능을 분석하였고, 궤도관리 현장자료 분석을 통한 작업단위 모듈화, 궤도 파괴량의 진행 예측기법 등을 정립하고 궤도유지관리 의사결정지원 시스템 개념설계를 실시하였다. 이회업(2004)의 연구에서는 이지하 연구의 후속연구로서 궤도관리 시스템 상세설계하기 위하여, 국외의 궤도유지관리 시스템 상세 분석을 실시하였고, 궤도틀림 진전 예측 모듈을 개발하였으며, 궤도검측자료 분석, 궤도 보수작업 계획 최적화 모듈을 개발하였으며, 궤도관리 S/W의 시제품을 개발하였다.

### 2.3 소결

이에 본 연구에서는 기존의 연구를 바탕으로 고속선 궤도관리 의사결정지원 시스템 개발을 위하여 필수적으로 관리되어야 할 요인을 찾아 이에 대한 실제 궤도관리업무 수행자들의 생각하는 우선순위를 AHP분석법으로 결정하겠다.

## 3. 성공요인 도출

### 3.1. 성공요인

본 절에서는 국내외 궤도관리시스템이 보유하고 있는 관리요인을 분석하여 고속선 궤도관리 의사결정지원시스템 개발시 필수적으로 관리되어야 할 요인을 도출할 것이다.

#### 3.1.1 기존의 관리요인

기존 시스템에서 입력되고 있는 항목을 정리하면 다음 표와 같다.

9) 건설교통부, 2007, 2007회계연도 예산개요

10) M. Miwa, 2000, Modeling the Transition Process of Railway Track Irregularity and Its Application to the Optimal Decision-Making for Multiple Tie Tamper Operations, Railway Engineering.

11) 김대상, 2006.11, 자갈궤도 뜯침목 간이 평가 방법, 한국철도학회 추계학술발표대회, p.2.

12) 이지하, 2004.07, 궤도 유지관리 의사결정 지원시스템 개발, p.1.

표 2. 기존 시스템의 입력항목

시스템명칭	대분류	중분류
Ecotrack <sup>13)</sup>	선형 및 운영	곡선, 하중, 구배, 속력
	궤도구조물	노반, 도상, 침목, 레일, 구조물, 분기기
	궤도검측	작업, 검측
	육안조사 및 기타 검측	전반적 상태, 도상 상태, 체결구 상태, 침목상태, 레일 파손, 레일 마모, 파상마모
	작업기록	작업기록, 속도제한, 지점 유지관리
	지도자료	지도망, 경계, 지도 절점
궤도유지관리시스템 <sup>14)</sup>	선로일반데이터	곡선, 구배, 하중, 운행속도
	궤도 구조 데이터	구조물, 궤도구조
	궤도 구성품 데이터	레일, 체결구, 침목, 도상
	검측데이터	궤도 검측 데이터, 기타 검측 데이터
선로시설유지관리시스템 <sup>15)</sup>		궤도구간, 레일, 침목, 체결구, 분기기, 노반, 도상, 곡선, 구배
Ramsys <sup>16)</sup>	궤도선형검측	줄맞춤, 면맞춤, 트위스트, 평면, 궤간, 품질지수, 틀림개수, 사용자의 특정 매개변수
	검사와 측정	일반상태, 도상자갈 상태, 체결구 상태, 침목상태, 초음파에 의한 레일손상 상태, 표면결함, 레일마모, 파형, 차륜과 레일의 인터페이스 동역학, 가속도와 승차감, 축상, 보기대차, 차대플레이, 차륜단면, 표면결함 모니터링, 비디오 모니터링, 다른 시스템 모니터링
	선형 계획 및 열차운영	곡선 및 완화곡선, 하중, 열차속도, 구배
	상하부 구조물	노반, 도상자갈, 침목, 레일, 구조물, 텅레일부 및 크로스부
	보수이력	보수작업, 교환, 속도제한 이력, 국부보수 이력

### 3.1.2 KTMSYS 개발을 위한 성공요인

앞의 기존 시스템 입력항목 중 고속선 궤도관리에 성공요인은 국내 고속선 궤도관리업무 종사자가 관리하고 있으며, 판단할 수 있는 요인으로 정리하면 다음 그림과 같다.



그림 6. 고속선 궤도관리 의사결정 지원시스템 성공요인(안)

## 3.2 설문조사

### 3.2.1 설문조사실시

앞 절에서 도출된 성공요인(안)에 대하여 고속선 궤도관리 실무전문가들을 대상으로 각 분류별 쌍대 비교 형식의 설문을 실시하여 총 51명으로부터 설문결과를 수집하였다. 수집된 자료에서 결과값에 대한 일관성을 측정하였으며, 일관성 있는 자료를 바탕으로 다음과 같은 가중치를 도출하였다.

13) 이지하, 앞의 서, pp.66~70.

14) 이희업, 2004.12, 궤도 유지관리 의사결정 지원시스템 개발, pp.99~124.

15) 이희업, 앞의 서, p.127.

16) Mermec社, 2006, Ramsys Overview.

### 3.2.2 가중치 및 우선순위 결정

설문조사된 결과에서 다음 표와 같이 성공요인 가중치와 우선순위가 도출되었다. 대분류 항목에서는 선형조건, 보수작업, 궤도구성품, 노반, 운행조건 순으로 제시되었으며, 소분류 항목에서는 곡선, 속도, 구배, 도상자갈보수, 접속부 순으로 성공요인이 제시되었다.

표 3 성공요인 가중치 및 우선순위

대분류			소분류			
항목	가중치	순위	항목	실제가중치	소분류가중치	순위
궤도구성품	0.202	III	레일	0.040	0.200	11
			도상	0.044	0.218	10
			체결구	0.019	0.096	18
			분기기	0.058	0.288	8
			침목	0.028	0.139	16
			방진매트	0.012	0.059	19
노반	0.192	IV	토노반	0.027	0.142	17
			교량	0.064	0.332	7
			접속부	0.070	0.365	5
			터널	0.031	0.161	14
선형조건	0.235	I	곡선	0.125	0.125	1
			직선	0.030	0.126	15
			구배	0.081	0.344	3
운행조건	0.139	V	속도	0.104	0.752	2
			통과톤수	0.035	0.248	13
보수작업	0.231	II	탐핑	0.044	0.192	9
			레일보수	0.070	0.303	6
			도상자갈	0.079	0.343	4
			침목교환	0.037	0.162	12

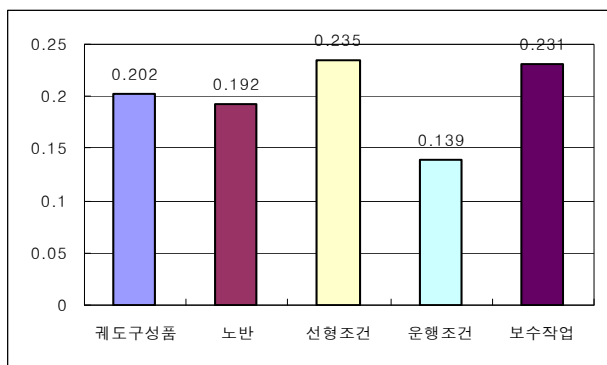


그림 7. 성공요인 대분류 가중치

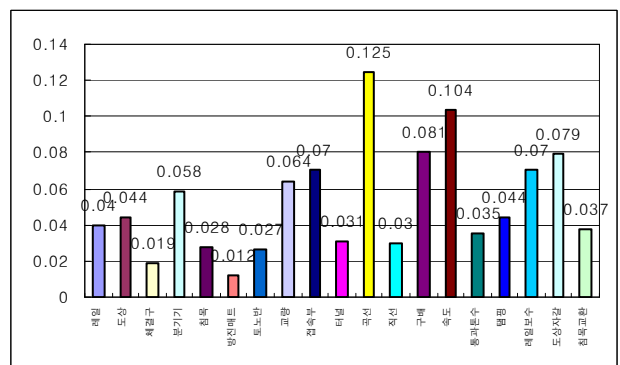


그림 8. 성공요인 소분류 가중치

## 4. 결론

본 연구는 철도분야에서 가장 많은 유지관리비용을 발생시키고 있는 분야 중 하나인 궤도관리 업무를 최적화 및 비용감소를 이루기 위하여 시작된 고속선 궤도관리 의사결정지원 시스템 개발 연구사업을 기초로 연구를 수행하였다. 이에 본 연구는 1)현재 국내 고속선에서 이루어지고 있는 궤도관리 업무절차와 주요업무를 파악, 국내·외 문헌조사와 시스템을 분석하였으며, 2)이를 바탕으로 궤도관리 업무에서 반드시 고려되어야 할 영향인자 즉, 고속선 의사결정지원 시스템 개발 연구를 성공적으로 달성

하기 위한 요인을 도출하였다. 3)고속선 궤도관리 의사결정지원시스템이 개발되면 실제 수요자인 철도공사 궤도관리 전문가들에게 설문조사를 실시하였으며, 4)성공요인의 가중치와 우선순위를 도출하였다.

도출된 성공요인의 가중치와 우선순위는 철도공사의 궤도관리 전문가에 한정하여 설문조사가 실시되어 기존 연구자와 현재 시스템 개발자의 의견이 포함되지 않았지만, 고속선 궤도관리 의사결정지원 시스템 개발시 실제 수요자의 니즈로 반영될 것이며, 이를 바탕으로 고속선 궤도관리 의사결정지원 시스템 개발의 목표, 기초자료로 활용될 것이며, 도출된 성공요인의 우선순위별 더욱 세부적인 요소기술에 대한 연구가 이루어지게 될 것이다.

## 참고문헌

1. 건설교통부(2006), “건설교통R&D 혁신로드맵 보고서”
2. 건설교통부(2006). “철도기술중장기기본계획(2006~2010)”
3. 건설교통부(2006), “2003~2005년 건설교통백서”
4. 건설교통부(2007). “2007회계연도 예산개요”
5. 김대상(2006), “자갈궤도 뜯침목 간이 평가 방법”, 한국철도학회 추계학술발표대회.
6. 이석무(2005), 고속철도 선로유지관리 업무소개, 철도시설 No.95, 2005.03.
7. 이지하(2004), “궤도 유지관리 의사결정 지원시스템 개발”, 한국철도기술연구원.
8. 이희업(2004), “궤도 유지관리 의사결정 지원시스템 개발”, 한국철도기술연구원.
9. 철도청 시설본부(2004), “고속선 시설 업무 편람”
10. 철도청 시설본부(2004), “고속철도 유지관리 업무, 제1편 유지관리 일반”
11. 한국철도공사 오송시설관리사무소(2006), “고속철도 선로 유지관리”.
11. Arthur D. Little Korea(2006), “건설교통R&D 혁신로드맵 구축“.
12. MerMec社(2006), Ramsys Overview.
13. M. Miwa, 2000, Modeling the Transition Process of Railway Track Irregularity and Its Application to the Optimal Decision-Making for Multiple Tie Tamper Operations, Railway Engineering.