

궤도 유지관리 의사결정 지원 시스템 개발

Decision-making support system for track maintenance

이지하*
Lee, Jee-Ha

임남형*
Rim, Nam-Hyoung

양신추**
Yang, Shin-Chu

ABSTRACT

The process of determining whether, when, where and how to intervene, of deciding on optimum allocation of resources and minimizing the cost is a very complex problem: different track sections tend to behave differently under the effects of loading; decision-making processes for maintenance work are closely interrelated technically and economically; decision-making for maintenance plans is based on a large quantity of technical and economic information, extensive knowledge and above all experience. For that reason, It is considered very important to develop objective and computer-aided decision-making support system for track maintenance plan. On this paper, we reviewed ECOTRACK system and present the plan of develop decision-making support system for track maintenance appropriate to local condition.

1. 서론

궤도는 열차의 통과에 의해 조금이지만 미소한 영구변형을 일으키고 시간이 지날수록 이러한 변형이 누적되어 주행노면에 틀림을 일으킨다. 특히 궤도는 고속으로 주행함에 따라 작용하는 과대한 열차하중에 의해 간단한 구조로 이루어져 일반구조물에 비해 재료의 열화에 따른 부재의 교환 등을 비교적 빈번히 수행해야하는 지속적인 보수를 전제로 한 특수한 구조물이다.

궤도는 시설비와 유지보수 비용이 상당히 커서 철도시설유지관리에 소요되는 비용의 큰 부분을 차지하고 있다. 이러한 비용의 절감은 전반적인 철도시설의 유지관리 효율성에 큰 영향을 준다. 따라서 최소의 비용으로 사용기간 동안 적절한 궤도의 품질을 유지하는 것이 궤도의 유지관리 담당자에게는 가장 중요한 업무가 된다.

궤도 유지보수 작업을 계획하기 위한 의사결정 과정은 기술적, 경제적으로 매우 밀접한 상호관계를 맺고 있다. 또한 이의 결정은 방대한 양의 기술적, 경제적 정보와 폭넓은 지식, 그리고 많은 경험이 필요하다. 따라서 언제, 어디서, 어떻게 작업할 것인지를 결정하고, 최소의 비용으로 최적의 자원 배분을 결정하는 과정은 매우 복잡한 문제이다. 따라서, 이러한 과정을 수행하기 위해서는 보다 객관적이고 전산화된 궤도 유지관리 시스템이 필요하다.

이러한 궤도 유지관리 시스템을 사용하게 되면

- 기존의 현장작업자의 경험에 의존하여 수행하여 오던 유지보수 방식을 기술적, 경제적 관점에 기초하여 객관적으로 분석하여 수행할 수 있고
- 고정된 예산을 고려하여 유지보수계획을 수립할 수 있으므로 궤도의 유지관리 요구에 맞추어 다년간의 유지보수 계획을 우선순위 따라 수립할 수 있다.

* 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원
** 한국철도기술연구원 책임연구원, 정회원

- 전반적인 궤도의 상태가 시간의 변화에 따라 파악되어 예방보수 및 계획보수가 가능하므로, 많은 예산이 소요되는 주요한 유지보수 작업에 대하여서는 수년간에 걸친 최적의 계획을 수립할 수도 있다.
 - 또한, 자원의 배분에 있어서 충분한 근거자료를 획득할 수 있고.
 - 적용된 궤도 유지관리 기준의 변경이 가능하므로 보다 합리적인 유지보수 기준의 수립이 가능하다.
- 따라서, 국내 철도의 유지비용 절감을 위해서는 철도 운영자가 효율적이고 경제적으로 궤도의 유지관리계획을 수립할 수 있도록 지원하는 객관적이고 전산화된 궤도 유지관리 시스템의 개발이 시급하다고 할 것이다.

경제적이고 합리적인 유지보수작업계획의 수립, 궤도의 상태에 대한 예측의 정확성은 궤도의 수명 연장, 막대한 유지보수비용의 절감 및 정상적인 열차운행과 충분한 영업시간의 확보라는 측면에서 철도의 생산성 향상에 확실히 기여할 것이며, 철도의 사회적 중요성을 높이고 문제해결 능력을 높여 철도고유기술을 한 단계 높이는데 기여할 것이다.

본 보고서의 목적은 이와 같은 시스템의 필요성을 소개하고, 선진국에서 사용하고 있는 유사 시스템의 특징을 분석하고 향후 연구과제를 통하여 국내실정에 적합한 궤도유지관리 시스템의 개발하고자 하는 계획을 발표하는 것이다.

2. 전산 유지관리 시스템의 개발 동향

세계 각국의 철도망은 열차운행의 고속화, 고밀화, 유지보수작업인력확보의 어려움으로 인하여 유지보수환경이 점차 열악해지게 되어 궤도 유지보수의 효율성을 극대화하기 위한 보수작업의 기계화와 보수작업 계획의 전산화에 대한 지속적인 연구개발을 수행하여 상당부분 실용화에 성공하였다.

특히, 전산화된 유지보수시스템은 보선작업의 계획시 그 작업의 실시를 결정함에 있어 그 사용이 가능한 자원을 기초로 필요로 하는 모든 정보를 접할 수 있도록 하는 것을 목적으로 한다. 이러한 시스템들은 궤도의 회복불능 손상을 미연에 방지하기 위한 예방보수(PM, Preventive Maintenance)계획을 수립하고 제한된 자원의 효율적 운용을 위하여 개발된 것들이다. 표 1은 세계 각국에서 개발하여 시험중이거나 활용중인 전산화된 궤도 유지관리시스템을 나타낸다.¹⁾

표 1 세계 각국의 궤도 유지보수 전산시스템

철도구분	시스템 명	특징, 기능상 등
한국	통합시설관리시스템	철도시설물 정보DB, 건설 및 유지보수 지원, 현재 가동중
독일	SYSTEM DYNAMICS에 기초를 둔 전략구축 지원 시스템	효율적 계획, IC망전용, 자원은 무한으로 가정, 궤도이외에도 적용고려, 시험시행중
영국	미니 MARPAS, MARPAS : 보수 및 교환계획 지원시스템 RRNPV : 레일교환계획	틀림진행의 수치·통계분석, 환경오염고려, 분할 의식, 차종별 계산, 승차감악화 고려, 실시 시기별 경비, 탈선 위험성을 포함
일본	SMIS : 신간선 정보관리 시스템	'75년 이후 가동중, 계속적으로 기능 향상중, 경영정보 시스템
	RINDA : 신시설관리시스템	1998년 4월에 SMIS의 사용편의성 및 처리속도향상 등 전면적인 개량을 통하여 개발됨
	LABOCS	궤도보수관리 데이터처리 시스템
	TOSMA	동해도 신간선의 궤도관리시스템
	SYTRAM	일반철도에 대한 궤도관리시스템
스위스	GEV : 궤도보수 관리	궤도틀림관리, 보수실행 결정지원, 시험시행중
네덜란드	BINCO : 보수계획 지원 시스템	단과장 데이터에 의한 레일삭정 계획포함
프랑스	GOP : 노상을 포함한 보수시스템	도상+중간층=노상계수 정의, '83이후 가동중
폴란드	DONG : 전반보수에 관한 결정 KOMPLAN : 컴퓨터 지원작업계획	서행결정, 열차간 시공, 축중제한결정면(고저)·줄·수평 및 궤간틀림에 관하여 편별
헝가리	PATER : 보수/갱신계획 지원시스템	궤도틀림의 평가, 작업프로그램 작성
ERRI	ECOTRACK : 경제적 궤도관리 시스템	궤도상태관리, 보수작업계획, 갱신작업계획 작성

철도선진국의 유지보수시스템에 대한 최신동향은 다음과 같다.

- 필요한 자료를 축적할 수 있는 방대한 데이터베이스 구축
- 궤도의 손상모델 개발
- 유지보수 수요와 자원배분의 최적화를 위한 전산시스템 구축

이러한 전산시스템은 제한된 자원의 운용효율을 극대화시키고 있으며 괄목할 만한 보수비용의 절감 효과를 거두고 있는 실정이다.

현재 국내에서 개발되어 가동중인 철도 전산시스템으로는 철도청의 “통합시설관리시스템”을 들 수 있다. 1998년 9월부터 착수하여 3년 5개월 간 약67억 원의 예산을 투입하여 전산시스템을 구축하였으며 2002년부터 본격 운영되고 있다. 이 시스템은 시설물의 공사와 유지보수관리를 일원화하기 위한 것으로 시설유지보수 및 건설공사 업무의 통합된 정보DB를 관련 사용자들에게 제공한다. 이 시스템은 시설, 전기, 건설본부의 시설물에 대한 광범위한 DB를 제공하고 있으며, 선로시설유지관리에 관한 내용으로는 시설물등록관리, 사업관리, 공사관리, 작업관리, 현황통계관리, 청원시설관리, 물품재고관리 등이며,⁴⁾ 그러나 이 시스템은 DB로서의 역할만 수행하기 위하여 개발되었으므로, 향후 개발될 궤도유지관리의사 결정 지원시스템과 연계하여 기초자료로 활용가능 할 것으로 판단된다.

3. ECOTRACK

유럽의 ERRI에서 개발한 ECOTRACK은 가장 최근에 실용화된 궤도유지보수용 전산시스템으로 간략한 소개를 하면 다음과 같다. 1991년 개발을 착수한 후 5년의 연구개발 끝에 1995년 시제품(Prototype)을 발표하였다. 이 시제품은 2년간의 실무투입과 보완을 거쳐 1998년부터 상용화되어 사용되기 시작하였다.

ECOTRACK은 철도 경영자의 궤도유지관리 정책의 수립에 있어서 유지보수비 지출에 따른 재정적 손익을 판단하고 계획할 수 있게 한다. ECOTRACK이 개발될 당시 개념은 궤도 유지관리의 가장 복잡한 부분인 보수 및 갱환작업계획의 결정을 수월하게 하자는 것이었다.

연간 통과톤수, 축중, 운행속도와 같은 궤도의 현장 상태, 궤도의 틀림과 궤도재료의 상태, 그리고 다른 유지보수작업 사이의 복잡한 상호 관계를 체계화하고 이해하는 것이 필요했다. 이런 상호관계들은 “유지관리기준”이 되며, 궤도틀림의 진행과정, 유지보수작업의 결과로 나타나는 궤도 복원과정, 여러 유럽 철도에 수행한 수십 년간의 유지보수 작업의 적용 결과를 반영하고 있다..

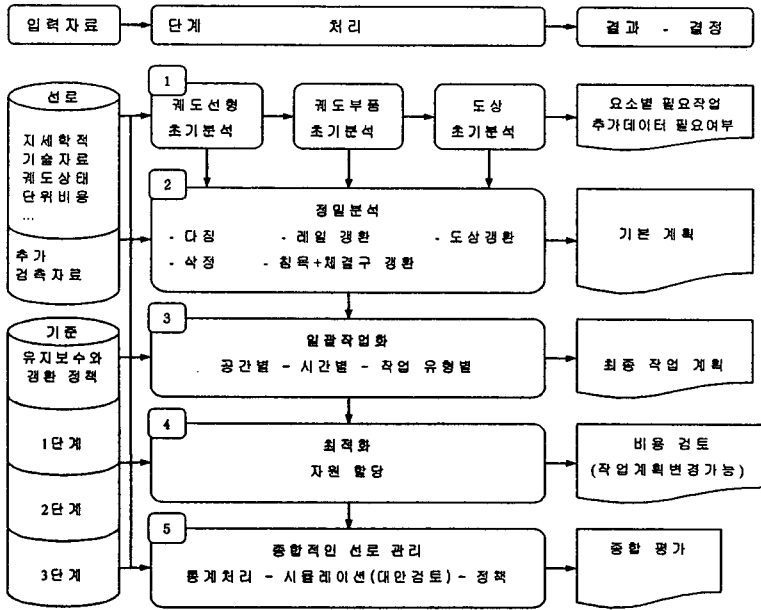
○ ECOTRACK의 특징

- ▷ Switch와 Crossing을 제외한 3,000~5,000 km연장 궤도의 유지보수 및 갱환작업 책임자의 의사결정 지원 도구이다.
- ▷ 철도유지보수비용의 대부분을 차지하는 본선, 고속선 그리고/또는 중량하중(과대축중) 궤도를 주 대상으로 한다.
- ▷ 연속적인 기계화 유지보수작업(Tamping, Grinding 등)주기를 3개월~3년 사이로 설정하고, 부분 갱환(레일, 침목+체결구, 자갈치기 등)과 궤도구성요소의 전체 갱환주기를 1년~10년 또는 그 이상으로 하여 결정하는데 사용하도록 개발되었다.
- ▷ 궤도의 구간을 200m, 500m 또는 1,000m 단위로 분할하여 임의 구간에 대한 기술적해석을 수행할 수 있으며 전체 지역 또는 전체 철도망에 대한 경제적 관점에서의 보수자원배치를 최적화한다.

○ ECOTRACK의 기능과 처리방법

유지보수 계획입안자나 관리자의 역할을 반영하기 위하여 ECOTRACK 시스템은 각 단계별 하나씩, 다섯 개의 주요 기능으로 나뉘어서, 단계별로 점차 상세한 기능을 수행한다.

ECOTRACK: 궤도 유지관리시스템 계획



1단계 - 초기 분석

궤도 구성요소별로 유지보수 필요량을 결정한다. 유지관리기준에 따라 궤도의 각 단위구간에 대하여 완전 자동화된 분석을 실시하고, 보수작업이 필요한 구간에 대해서는 정밀분석에 추가적으로 필요한 데이터 항목을 보여준다.

2단계 - 정밀 분석

이 단계는 추가 데이터와 유지관리기준에 따라 수행된다. 이 과정은 상호작용방식으로 진행되며, 결과물로 기본 유지관리작업 계획을 출력한다.

3단계 - 일괄작업화

2단계의 결과로 출력된 단위 작업들은 유지관리기준에 따라 완전자동으로 조합된다. 각 단위작업들은 유사한 형태의 작업들이 서로 작업시기와 작업위치가 가까운 정도에 따라 평가된다.

다른형태의 갱환작업 (예를 들면, '침목과 체결구의 갱환 & 자갈치기와 갱환', '침목과 체결구의 갱환 & 레일 갱환', 또는 '레일갱환 & 자갈치기 또는 갱환')이 작업시간과 위치가 서로 충분히 가깝다면 논리적 연결성이 있다고 설정하여 조합된다. 결과물로는 최종 유지보수작업 계획안이 나온다.

4단계 - 자원 할당의 최적화

이 단계는 인력-장비의 상호작용에 기초하여 비용을 추정하고, 선택된 궤도 유지보수작업을 장기간 계획에서 최적화한다. 연속적 작업과 일시작업, 갱환작업 등이 포함되며, 사용자는 철도 유지관리 실행에 맞춰 최선의 대안을 선택한다.

5단계 - 종합적 선로관리

이 단계는 계획입안자가 전체 선로망에서 유지관리작업을 최적으로 관리하기 위해 필요한 일련의 도구를 제공한다. 이 단계에서 강력한 DBMS 도구가 다양한 주제에 대한 지도와 통계 자료를 보여준다. 약 36 가지의 매개변수가 통계적으로 분석되어, 다양한 형태로 사용자에게 보여진다. 이 도구는 상위 관리자나 일반 대중 모두에게 정보를 보여주는데 사용된다.

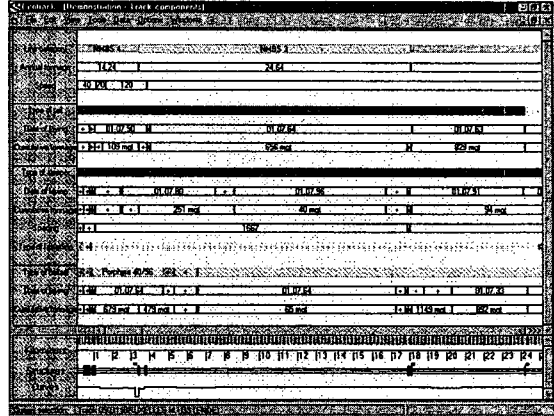
○ ECOTRACK의 검토

ECOTRACK은 궤도유지보수에 필요한 방대한 기술적, 경제적 예측모델이 반영된 시스템이며, 궤도유지보수관련 정보(검측자료, 보수이력, 보수방식 및 보수기준 등)에 대한 이력을 필요로 한다. 또한, 철도망의 유지보수와 갱환정책에 적용하기 위해서는 시스템에서 필수적인 유지관리기준 등이 요구되는 복잡한 도구라고 할 수 있다.

ECOTRACK과 유사한 기능을 가지면서 국내의 철도운영환경에 적합한 궤도 유지관리의 의사결정 지원시스템을 성공적으로 개발하기 위한 선행기반으로 필수적인 4개의 항목을 아래와 같이 정리하였다.

- IT기반의 방대한 전산화 DB구축; 궤도 구성요소에 대한 상태평가 자료, 현 통합시설물관리시스템과 접목가능
- 유지보수관련 기준을 조정/개정할 수 있는 신뢰할 수 있는 충분한 이력관리 자료의 확보
- 궤도 손상모델의 개발과 해석방법, 시뮬레이션 및 계측 시스템의 정립
- 예방보수 및 계획보수에 대한 개념의 도입 및 적용

등과 같은 기반이 조성되어야 실용적으로 현장에 적용할 수 있을 것이다. 또한 Prototype 개발후 시험적용을 통한 시스템의 보완 및 안정화과정을 충분히 가져야 할 것이다.



ECOTRACK 실행화면

4. 결 론

철도가 다른 교통수단과 경쟁하기 위해서는 효율화 및 저비용화가 필요하며, 근래에 들어서는 그 필요성이 더욱 강조되고 있다. 철도 관리비용에서 가장 비중이 큰 유지관리비 중에서 궤도의 유지관리비를 최소화하는 것은 철도 운영비용 저감을 위한 핵심 기술이 될 것이다.

궤도 유지관리 시스템의 개발은 궤도의 유지관리비용을 효과적으로 절감하기 위하여 유지보수계획 입안자에게 적합한 정보를 제공하므로, 궤도의 보수 및 갱환을 보다 객관적이고 효율적으로 관리할 수 있게 할 것이다.

국내의 궤도유지보수는 각 지역사무소 관할 구역내에서 독립적으로 수행되는 체계를 갖추고 있으며 종합적인 유지관리시스템은 개발 또는 도입되어 있지 않은 실정이다. 또한, 궤도의 거동에 대한 기초연구가 부족하여 궤도의 손상특성이 고려되지 않아 획일적이고 경험적인 유지보수작업/주기를 적용하고 있다.

유럽과 일본 등 철도 선진국에서는 각 국의 철도상황에 맞는 종합적인 궤도 유지관리 시스템을 개발하여 적용 중에 있다.

본 연구과제가 성공적으로 수행되어 궤도유지관리 시스템이 현장에 적용되면 효율적인 자원의 활용과 유지보수노력의 절감으로 철도 운영비용에서 가장 큰 비중을 차지하는 유지보수비의 절감이 가능해 지므로 그 경제적인 효과는 다른 어떤 연구과제보다도 크다고 할 것이다.

참고문헌

1. 오지택 외, “보선작업의 기계화 및 현대화 계획 수립을 위한 연구”, 한국철도기술연구원, 2000
2. ERRI D 187, ECOTRACK User Manual(Ver 1.1), 1998
3. 양신추 외, “IT를 이용한 궤도 유지관리 시스템”, 한국철도기술 1.2월호, 2003
4. 철도정보시스템, “통합시설물관리”, <http://www.korail.go.kr> 철도청홈페이지

후 기

본 연구는 철도청 철도기술연구개발사업으로 지원되어 “궤도 유지관리 시스템 개발”과제로 수행중인 연구내용의 일부입니다.