

궤도선형 계산 및 수량 산출 프로그램 개발

Computerized Railway Alignment Evaluation and Construction Quantity Estimation

이동욱* · 지상복* · 이태식**

Dong Wook Lee · Sang Bok Jee · Tai Sik Lee

Abstract

To maintain the stability during the operation of railway vehicle, the perfect installation of rail, namely the orbit as well as the performance of the railway vehicle itself is required. The orbit of railway needs the intensity and elasticity that stands the shock and vibration due to the weight of the railway vehicle enough. Also, the driving safety during the operation of vehicle should be guaranteed, comfortable feeling of the passenger should be maintained, and the influence of the noise and vibration to the environs should be minimized. Therefore, it is necessary to develop a program that calculates the change of construction cost according to the selection of railway orbit. This study introduces the orbit design automation program according to the selection of railway orbit, and discuss the principle and the way to use of the program.

Keywords : Railway Route(철도 노선), Construction Cost(공사비), Automation Program(자동화 프로그램)

1. 서론

철도 노선 설계는 지역사회에 대한 편익뿐만 아니라, 사업주체자의 이익을 고려하여 많은 비교 대안을 검토하여 선정되어야 하며, 선형 선정시 모든 설계 조건을 만족하면서 공사비를 최소화하고 최적 대안을 선정하도록 하여야 한다(김수성 외, 2002).

또한 철도차량의 운행시 안정감을 유지할 수 있으면 열차 자체의 성능과 함께 레일 즉 궤도가 완벽하게 설치되어야 한다. 철도의 궤도는 열차의 중량에 따른 충격, 진동에 충분히 견딜 수 있는 강도와 탄성이 필요하다. 또한 차량운행시 주행안전의 확보, 안락한 승차감이 유지되어야 하며, 소음 및 진동에 의한 영향이 주변 환경에 최소화되어야 한다.

이를 위해서는 철도 궤도에 대한 자동화된 설계 프로그램의 개발이 필요하다. 철도궤도 자동화 설계프로그램

은 ① 궤도설계업무의 설계시간 단축으로 업무 능률향상 ② 다양한 제품 적용으로 설계업무의 최적화 ③ 정확한 물량산출 자동화로 공사비 절감 ④ 궤도설계업무 표준화로 생산성 증진 등의 이점이 있다.

따라서 철도궤도 선정에 따라 공사비의 변화를 사전에 산출할 수 있는 프로그램의 개발이 필요하며, 본 연구에서는 이를 위하여 철도궤도 선정에 따른 궤도설계 자동화 프로그램의 구축 과정 및 프로그램의 원리와 활용절차에 대하여 논하고자 한다.

본 연구에서는 철도 궤도설계 프로그램의 개발을 철도선형 설계, 레일 설계, 도상 설계, 침목설계에 초점을 맞추어 진행하였다(그림 1).

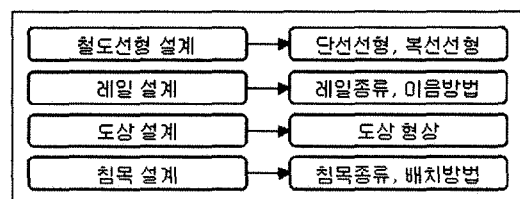


그림 1. 프로그램 개발 범위

† 책임저자: 정희원, 한양대학교 토목환경공학과 연구교수, 공학박사
E-mail: dwlee@cmnet.hanyang.ac.kr

TEL: (031)400-4235 FAX: (031)418-2974

* 정희원, 한양대학교 토목환경공학과 박사과정

** 정희원, 한양대학교 토목환경공학과 교수

2. 기존 궤도 설계 방법

철도 궤도의 최적안을 도출하기 위해서는 다양한 대안의 검토가 필요하나, 기존의 철도 궤도 선정 방식은 궤도설계 자동화의 미비로 정확한 궤도 선형 검토 보다는 부분적 검토 또는 수작업에 의존하여 궤도선정이 이루어졌고 이에 따른 공사비 변화에 대한 정확한 예측이 이루어지지 못하였다.

또한 다양한 자재검토와 그에 문제점을 분석한 후 공사비 산출이 이루어져야 하나 그렇지 못한 이유로 반복적인 설계 업무로 효율적인 설계업무를 하기에 적절하지 못한 점이 있었다.

3. 궤도 설계 프로그램 개발

3.1 시스템 특징 및 운영환경

그림3은 개발된 설계 프로그램의 시스템 흐름도를 보여주고 있으며, 시스템 특징은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- (1) 철도설계양식의 표준화(궤도부설도, 수량산출서)
- (2) 데이터 입력의 DB화
- (3) 복선선형의 상하선 선형 변환
- (4) 구조물 위치입력
- (5) 데이터 입력의 간편화(CAD 입력)

개발된 궤도 설계프로그램을 사용하기 위해서는 표 1과 같은 H/W와 S/W 장치가 필요하다.

3.2 시스템 구성도

궤도 설계프로그램은 선형계획, 궤도설계에 대한 입출력 형태로 이루어져 있으며, 선형계획의 경우 선형입력, 복선중심선의 단복 선형변환, 선형의 연결, 선형개요도 작성 기능으로 이루어져 있다. 궤도설계는 레일설계, 침목설계, 도상설계 기능으로 대별할 수 있다. 레일설계는 레일구성방법, 레일선정, 레일신축이음매, 레일이음방법, 분기기의 종류선택과 설치위치 선정 기능을, 침목설계는 침목의 종류와 설치방법 설정 기능을, 도상설계는 도상 제원 및 침목 제원 설정 기능을 가지고 있다(그림 4).

3.3 선형 설계

선형설계는 궤도설계를 위한 기본 데이터로 노선설계에서 이용한 단선복선의 중심선을 이용하여 상하선으로 분리하여 전체선형을 상하선으로 통합할 수 있다. 또한 노선설계에서 고려하지 못한 분기소, 정거장, 차량기지 등에서 분기점의 측선 등을 입력할 수 있다.

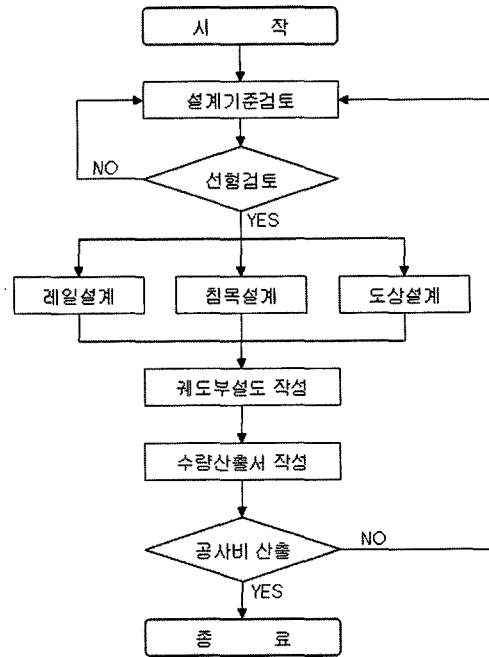


그림 2. 기존 궤도설계 방법

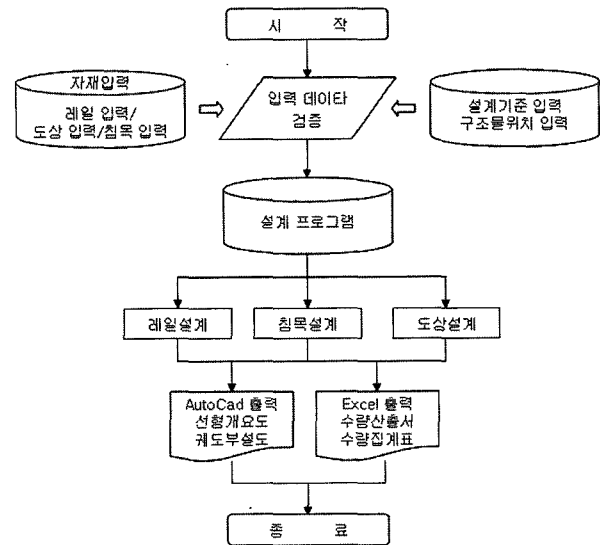


그림 3. 설계 프로그램 시스템 흐름도

표 1. 시스템 운영환경

구분	내용
OS	MS Windows 2000 이상
S/W	AutoCad 2000 Microsoft Access2000 Microsoft Excel2000
H/W	CPU : Pentium III 700이상 Hard : 300Mb KRDS(궤도용) Lock 모니터 1024*768이상 해상도

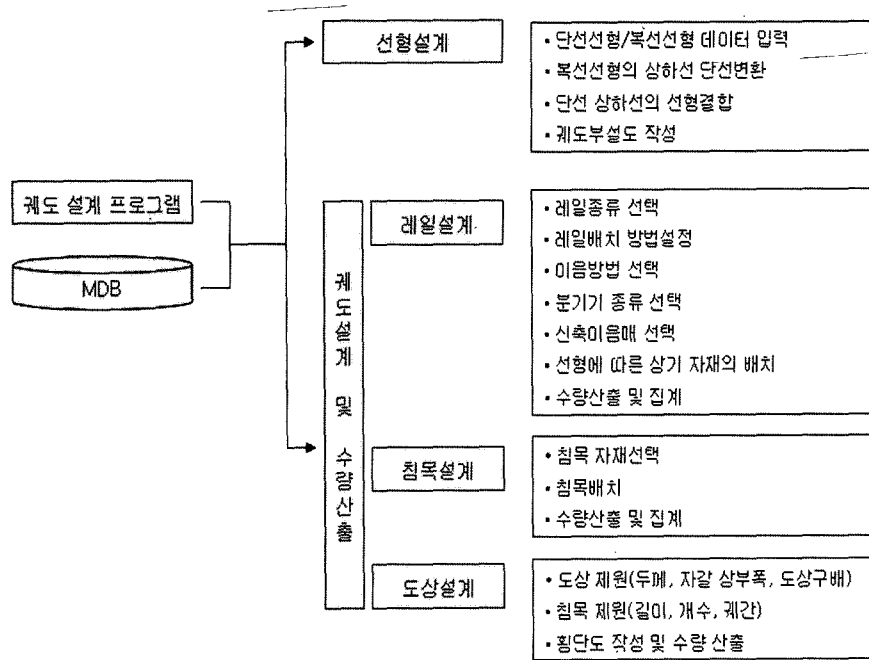


그림 4. 시스템 구성도

또한 궤도설계는 지하철선형과 국철선형 설계의 특성에 따라 구분하고 궤도부설도를 작성하기 위한 심벌등록과 자재등록을 한 후 궤도부설도를 작성하고, 설계 완성된 궤도 횡단을 보여준다.

복선 선형설계에서 완화곡선, 상하선 간격을 이용하여 상하선으로 분리하여 선형을 계산하도록 하였으며, 복선선형을 상하선으로 분리할 때 곡선종류에 따라 분리하는 방법을 선택하도록 하였다. 동심원 선택시 원중심을 동일하게 하여 곡선 반경을 변경시키고 완화곡선을 변경하며, 이심원 선택시 곡선반경을 동일하게 하고 곡선 중심을 변경시키며 계산 결과를 도면과 계산서 형태로 출력을 지원하였다.

3.3.1 지하철 선형 설계

지하철 선형계산(경전철을 비롯한 도시철도 포함)은 크게 복선과 단선으로 구분하여 계산토록 프로그램 하였다.

지하철에서 사용하는 완화곡선식은 클로소이드 곡선을 기본으로 하며, 기본설계에서 적용한 원곡선의 현장연장을 기준과 실제 연장인 환산연장을 동시에 사용하였다.

1) 단선 및 복선 자료 입력

지하철(Crothoid Curve) 선형계산의 단선 및 복선 계산을 위한 자료입력은 토목으로부터 입수한 기본적인 자료를 활용하여 선형계산 될 수 있도록 프로그램 되었다. 자료입력은 그림 5의 선형입력 화면에서 이루어지며, 기본 입력 자료는 다음과 같다.

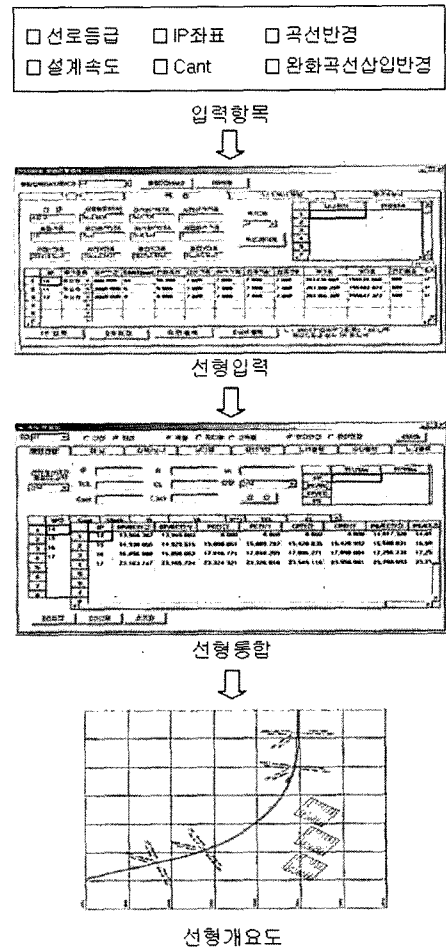


그림 5. 선형 설계 절차

단선선형 입력자료

1. 계산 시점의 현장/환산 STA
2. 계산 시/종점의 X, Y 좌표값
3. 각 IP의 선형 제원(IP번호, 좌표(X, Y), 곡선반경, Cant, 완화곡선 길이, 캔트배수, 완화곡선 삽입 제한 반경)

복선선형 입력자료

1. 계산 시점의 중심 현장, 환산 STA
2. 계산 시점의 상/하 환산 STA
3. 계산 시/종점의 중심 X, Y 좌표값
4. 선로 중심 간격(상선 중심간격, 하선 중심간격)
5. 각 IP의 선형 제원(IP번호, 곡선종류, 곡선반경, Cant, 완화곡선, 상선간격, 하선간격, A, B좌표(X, Y), 캔트 배수, 완화곡선 삽입 제한 반경)

2) 선형계산을 위한 과정

선형계산을 위해서는 ① 단선, 복선 선형계산 선택, ② 통합 DB 입력, ③ 선형 제원 및 선별 DB 입력, ④ DB 저장 및 도면, 엑셀 출력의 과정을 거쳐야 하며(그림 6), 각 과정의 세부적인 절차는 다음과 같다.

- ① 단선, 복선 선형계산 선택
 - 단선, 복선 선형계산을 선택
- ② 통합 DB 입력
 - 통합DB는 두 자리 숫자로 입력
 - 그리고 통합DBMAKE를 선택 DB 저장
 - 프로젝트 수행에 있어서 선형계산은 단선과 복선으로 구분되어 계산되며, 이를 관리하기 위해 버튼을 클릭하여 통합 DB를 생성하며, 이에 따른 단복선 DB명을 생성
- ③ 선형 제원 및 선별 DB 입력
 - 선명 및 기타 선형제원 입력
 - 계산 선형구간의 해당 IP제원 입력
 - 해당 선형구간에 파정 발생시 파정 제원 입력
- ④ DB 저장 및 도면, 엑셀 출력
 - DB 저장(입력제원의 저장을 위하여 DB 저장을 실행)
 - 반드시 DB저장 이후 도면출력 및 엑셀 출력을 실행

3) 평면도 설정

평면도 설정 작업은 복선, 단선 선형계산 도면출력 작업보다 우선 설정되어야 하며, 앞서 언급한 복선 및 단선 선형

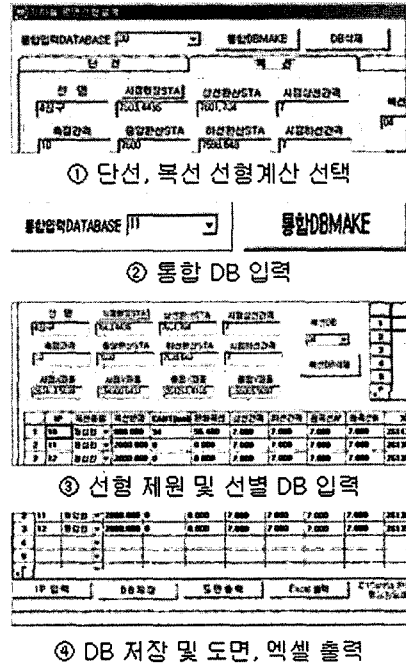


그림 6. 선형계산을 위한 과정

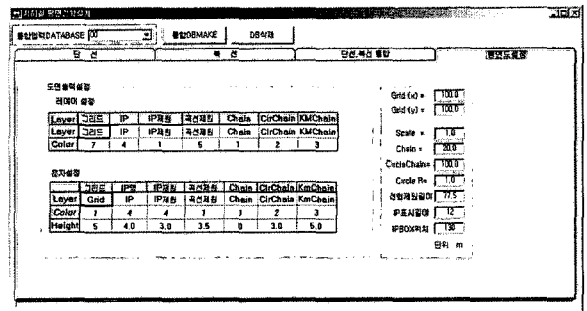


그림 7. 평면도 설정 화면

계산에서 도면출력시 적용되는 도면상의 문자 레이어나 색상, 문자 크기, 그리드 등을 설정하는 창이다(그림 7).

3.3.2 국철 선형 설계

앞서 언급한 바와 같이 선형 계산은 지하철 궤도의 평면 선형 계산과 국철궤도 평면선형 계산(고속철도 포함)으로 이루어져 있으며, 국철의 선형 설계과정은 지하철의 선형 설계과정과 동일한 절차(① 단선 및 복선 자료 입력, ② 선형계산을 위한 과정, ③ 평면도 설정)에 의해서 이루어진다.

다만, 지하철에서 사용하는 완화곡선식이 클로소이드 곡선인데 반하여, 국철에서 사용하는 완화곡선은 3차 포물선에 근거하여 선형 계산이 이루어지도록 프로그램을 설계하였다.

3.4 궤도 설계

궤도설계는 레일설계, 침목설계, 도상설계로 이루어져 있으며, 다양한 형태의 자재를 DB에서 선택하여 선형에 적합한 위치에 배치하는 방법으로 개발하였다.

1) 레일 설계

레일 설계는 레일의 종류 선택, 배치방법 설정, 이음방법 선택, 분기기 종류 선택, 신축이음대 선택, 자재의 배치, 수량산출 및 집계 기능이 가능하도록 설계되었다(그림 8).

먼저 레일 설계를 위해서는 궤도입력이 필요하며, 이를 위해 시점STA창을 통해 궤도부설도 DB 선형에 대한 시점STA를 입력할 수 있도록 하였다. 또한 종점입력창에서는 궤도의 종류에 따라 그 위치의 거리를 입력할 수 있도록 기능을 부여하였다. 연장창은 종점 입력창의 연장을 기입하지 아니하고 연장을 기입하면 시점의 연장+기입연장의 합을 하여 종점의 연장을 설정하도록 기능을 부여하였다.

레일명창에서는 자재의 항목에서 사용할 레일을 DB로 작성하여 선택 사용하도록 기능을 부여하였다.

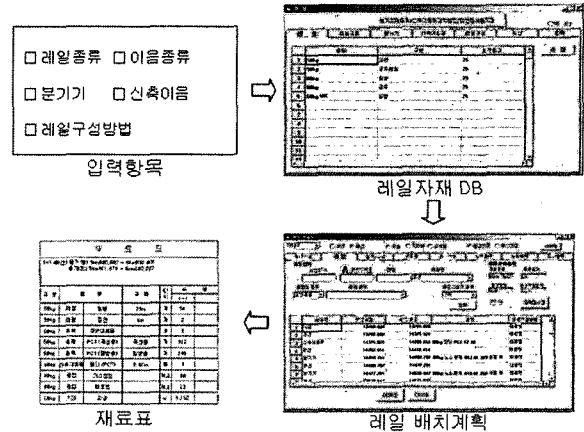


그림 8. 레일 설계절차

2) 침목 설계

침목설계는 침목의 종류와 침목 배치방법, 수량 산출 및 집계 기능이 가능하도록 설계되었다(그림 9).

침목설계의 절차는 레일설계의 절차와 동일하게 수행된다.

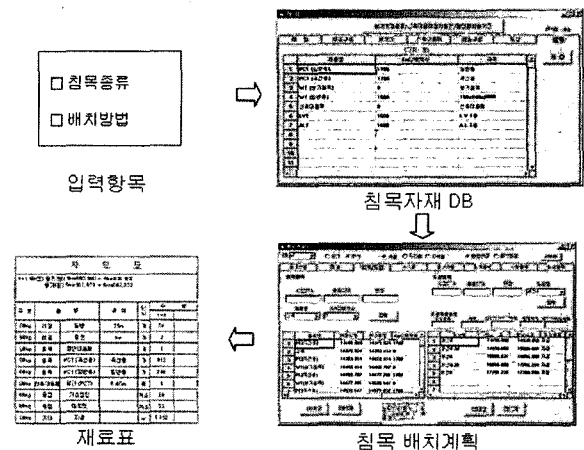


그림 9. 침목 설계절차

3) 도상설계

도상설계는 도상 제원 설정, 침목 제원 설정, 횡단도의 작성 및 수량 산출 기능이 가능하도록 개발되었으며, 도상상세출력과 도상입력이 가능하다.

도상상세출력은 모든 도상의 조건을 미리 선택 작성하여 하나의 DB로 구성하는 기능을 가지고 있다. 도상입력은 레일 설계시와 마찬가지로, 시점STA창, 종점STA창, 연장창, 도상명창으로 구성되어 있으며, 절차는 레일설계시와 동일하다(그림 10).

[횡단구성]은 [도상편집]에서 작성한 도상표준형태 DB와 [노반편집]에서 작성한 노반구성 DB를 이용하여 궤도도상의 횡단면을 출력하고 도상량과 침목수량의 산출이 가능하도록 하였다(단 선형계산결과를 통합하여 사용한 궤도부설도의 평면선형DB와 종단선형DB를 이용한다).

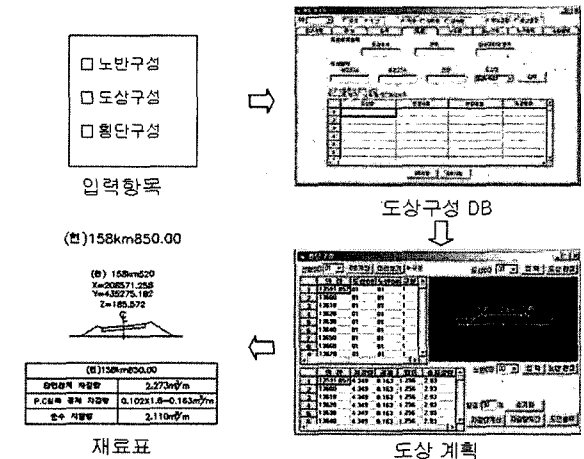
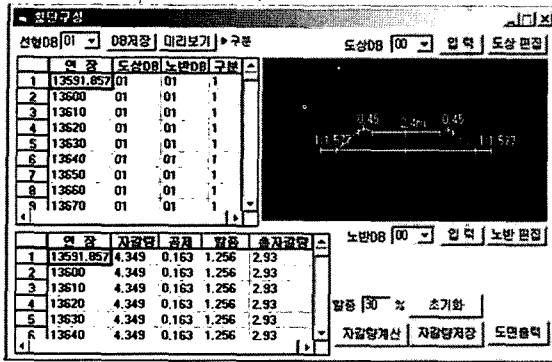


그림 10. 도상 설계절차

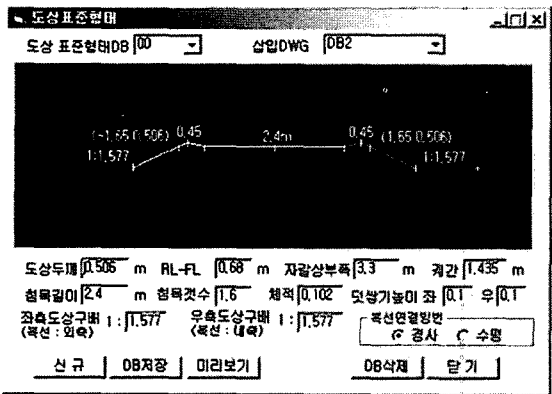
4. 결론

철도 궤도설계에 있어서 차량의 중량, 설계속도를 고려한 자재선택과 배치계획은 다양한 요소에 지배를 받는다. 또한

공사 계획수립에 큰 영향을 미치기 때문에 상당한 정확성이 요구되고 있다.



(a) 횡단구성 창



(b) 도상구성 창

그림 11. 횡단도 작성 화면

이러한 중요성 때문에 철도 궤도의 최적안을 도출하기 위해서는 다양한 대안의 검토가 필요하나, 기존의 철도궤도 선정방식은 설계자동화의 미비로 공사비 변화에 대한 정확한 예측이 불가능할 뿐만 아니라, 다양한 자재검토와 그에 따른 문제점 분석의 어려움을 내포하고 있었으며, 반복적인 설계업무로 인하여 비효율성이 문제점으로 대두되어왔다.

본 연구에서 선형설계 뿐만 아니라 궤도설계(레일, 침목, 도상설계) 및 수량산출이 가능한 자동화된 궤도설계 프로그램

램을 제시하였다.

본 연구에서 제시한 궤도 설계 자동화 시스템으로 궤도설계의 정확성 확보와 궤도수량산출 및 도면작성의 자동화를 통한 다양한 대안의 검토가 빠른 시간에 가능할 수 있을 것으로 예상된다.

특히 철도분야는 타 건설분야(도로, 단지, 상하수도)와 달리 토목, 전기, 기계, 통신 등 종합적인 시스템 분야를 갖추고 있는데 비해 공사비산출을 위한 설계자동화는 낙후되어 있어 설계 자동화 시스템의 개발의 파급효과가 클 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구를 위해 기술적인 지원 및 자문을 주신 (주)한국철도기술공사 임직원 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 강기동 (1995), “고속철도 운행을 위한 궤도구조의 신뢰성과 품질요건”, 토목, Vol.43, No.6, pp.105-111
2. 강기동 (1998), “21세기 궤도기술의 과제와 전망”, 토목, Vol.46, No.12, pp.69-73
3. 강기동, 손기준 (2001), “고속철도의 궤도선형 품질지수에 대한 제안”, 대한토목학회 학술발표회 논문집
4. 김수성, 강문수, 이준석, 강인준 (2002), “GIS를 이용한 철도선형 최적화”, 대한토목학회 학술발표회 논문집
5. 서사범 (2004), “고속철도 궤도의 건설준비에서 유지관리까지의 과정(I)”, 토목, Vol.52, No.5, pp.26-33
6. 서사범 (2004), “고속철도 궤도의 건설준비에서 유지관리까지의 과정(II)”, 토목, Vol.52, No.6, pp.15-22
7. 안장원, 이철규, 서성한, 권석현 (2003), “철도노선 계획시 사용자 비용을 고려한 LCC 사례분석”, 토목, Vol.51, No.9, pp.12-19
8. 이안호, 이덕영, 김용록, 김성호 (2002), “도시철도에서 합리적인 선형기준의 제안”, 토목, Vol.50, No.5, pp.17-24