

기존선 전차선로 상세설계 소프트웨어 개발

A Development of Detail Design Software for Conventional Catenary System

이기원* 권삼영** 조용현** 이태권*** 이경훈****
Lee, Kiwon* Kwon, Samyoung** Cho, Yong Hyeon** Lee, Taekwon*** Lee, Kyunghoon****

ABSTRACT

A detail design of overhead catenary system can be divided into a pegging plan and a design of MD(mounting diagram). In the pegging plan, the mast location, staggering and tension length are determined in the longitudinal point of view according to track condition, location of substation and etc. In the MD, a transversal diagram including masts, all of wires, cantilever, foundation and etc. and materials used are shown. This study presents a development of a software to design the MD for a conventional catenary system automatically. In the program, thin walled steel pole, foundation, cantilever, all of wires and etc. are automatically drawn according to the input and catenary conditions. And materials used in the MD and the section can be also managed respectively in the program. This application of the program is developed using C# for input/calculating and using C++(ObjectARX) for drafting the MD, respectively.

1. 서론

우리나라 전기철도는 1973년에 산업선 전철화 및 1974년 수도권 전철화를 시작으로 기존선인 호남선 전철화, 경부선 전철화, 충북선 전철화, 전라선 전철화 및 고속철도인 경부고속철도까지 비약적인 발전을 이루어 왔다. 전차선로 시스템은 전기차에 구동에너지인 전기를 공급하여 주기 위한 설비를 이르는 것이며, 이동하는 팬터그래프가 직접 접촉하면서 열차에 전기를 공급하는 전차선, 드로퍼를 통해 전차선을 현수하는 조가선, 조가선을 지지하는 가동브래킷 그리고 급전선, 보호선 및 가동브래킷 등을 지지하는 전주 등으로 구성되어 있다. 이 설비들은 기계적 혹은 전기적으로 서로 연결되어 있고, 서로간의 역할이 명확하다. 예를 들어 전주의 경우 가동 브래킷, 보호선 및 급전선 등을 지지하는 목적으로 설치하며, 가동 브래킷은 조가선을 지지하고 전차선에 편위를 적용하기 위한 곡선당김금구가 시설된다.

전차선로 상세설계는 크게 곡선반경, 선로조건, 변전소 위치 등을 고려하여 전주의 위치를 정하고 편위, 장력길이 등을 결정하는 평면도 설계(pegging plan), 그리고 평면도 설계가 끝나면 평면도 설계결과와 선로조건 및 환경조건 등을 고려하여 전주 및 각 선들을 시설하기 위한 도면을 설계하는 장주도(MD; Mounting Diagram) 작업(그림 9 참조)으로 나눌 수 있다. 장주도는 전주크기, 위치, 길이, 기초, 가동브래킷 형상 및 각종 전선류의 위치 등을 표시하는 단면도 및 해당 전주에 사용된 자재를 표시하는 도면이다. 즉, 시공에 필요한 도면 및 모든 자재정보를 알 수 있는 도면이다. 평면도 설계는 고려 조건이 많아 현재까지 모든 작업을 수동으로 수행되어 왔고, 장주도의 경우 경부고속철도가 도입됨에 따라 프랑스 전차선로 자동 상세설계 프로그램인 “LEXCAT”을 이용하여 경부고속철도가 설계되었고, 프랑스 기술에

* 한국철도기술연구원, 집전전력연구실, 정희원

E-mail :kenlee@krii.re.kr

TEL : (031)460-5422 FAX : (031)460-5459

** 한국철도기술연구원

*** E-서비스 엔지니어링

**** (주)대동기술단

의존하고 있는 고속전차선로 상세설계 소프트웨어를 향후 부품 교체 등을 고려하여 국산화 개발을 하였다[1-3]. 그러나, 기존선 전차선로의 경우 현재까지 이러한 소프트웨어가 개발되어 사용한 적이 없고, AutoCAD 프로그램을 이용하여 각각의 장주에 대하여 수동으로 작업하여 왔다.

따라서, 본 연구에서는 180km/h급 기존선 전차선로에 대하여 선로환경에 따라 장주도를 출력할 수 있는 자동 설계 알고리즘 개발과 이를 전산화하여 선로조건(각 선의 위치, 궤도조건 등) 및 환경조건(전차선로 지형 및 위치) 등의 입력으로 전차선로를 설계하여 시공할 수 있는 도면 및 자재가 포함된 장주도를 자동으로 출력할 수 있는 프로그램을 개발하였다. Excel 2007 기반에서 Excel 기능을 활용할 수 있도록 사용자 친화적으로 입력할 수 있도록 프로그램을 개발하였고, 장주도 출력은 AutoCAD와 인터페이스를 통하여 출력하게 하였다.

개발한 소프트웨어는 크게 장주도 출력과 설비들의 시공에 필요한 자재를 관리하는 DB(DataBase)로 구성된다. 장주도에는 각 전선류의 위치, 기초, 전주크기 및 가동브래킷의 위치 등 시공에 필요한 도면이 출력되며, 한편 자재관리 DB는 장주도에 출력된 모든 자재들을 체계적으로 관리할 수 있도록 하였다.

2. 기존선 상세설계 S/W

2.1 개발범위

본 프로그램은 기존선 180km/h급 전차선로를 대상으로 개발하였기 때문에 프로그램을 이용하여 설계할 수 있는 선종은 아래 표와 같다. 그리고, 2004년 10월 한국철도시설공단에서 단독 전철주를 단순하고 미관이 양호한 강관주로 채용하기로 전차선로 지지물 적용기준을 정립한 바 있기 때문에 강관주만 고려하였다. 또한, 기초의 경우 기존선에서 적용하고 있는 좌판 타입에 사각기초를 자동으로 채택하도록 하였으며 원형기초는 설계자가 수동으로 채택할 수 있도록 하였다.

표 1 대상선종

선종 Code	전차선	조가선	급전선	보호선
A	Cu110	Bz65	Cu150	Cu75
B	Cu110	Bz65	ACSR 288	ACSR93
C	Cu110	Cdcu70	Cu150	Cu75
D	Cu150	Bz65	Cu150	Cu75
E	Cu150	Bz65	ACSR 288	ACSR93
F	Cu150	Cdcu70	Cu150	Cu75

2.2 시스템 및 Application 구조

시스템의 구조는 그림 1과 같이 데이터베이스로는 가장 간편하고 유연하게 사용할 수 있는 MDB를 사용하고 있으며 서로 다른 사용자끼리 MDB를 서로 주고 받을 수 있도록 설계되어 있다.

응용프로그램 구조는 그림 2에서 보는 바와 같이 크게 자동계산과 수동계산 부분으로 나누어져 있다. 자동계산 부분은 기존선 설계에 필요한 환경 및 선로조건을 입력한 후 본 시스템에서 자동으로 장주도를 생성하는 부분이고, 수동계산 부분은 역구내 빔주와 같이 단독주를 사용하지 않는 장주, 3선식 선로 이상의 장주 및 터널 입출구 등과 같은 선로에서 설계자가 수작업으로 장주도를 작성하고 사용자재를 입력하여 장주도를 완성해야 하는 부분을 수동계산으로 할 수 있도록 하였다.

자동계산 부분은 .Net FrameWork 2.0을 사용하여 메모리의 오류 및 심각한 오류로부터 시스템을 보호하여 시스템의 안정성을 매우 높게 하여 사용자가 입력한 자료를 보호할 수 있도록 하였다. GUI부분에 있어서는 현재 많은 사람들이 사용하고 있는 Excel을 사용함으로써 대부분의 사용자가 그동안 익히 사용해 왔던 방식을 이용할 수 있도록 하였다. 이렇게 함으로써 사용자는 기존선 설계 시스템의 사용법을 습득하는 시간이 매우 적어지고 친숙하게 사용할 수 있다. Excel 2007을 이용하여 응용프로그램을 개발

할 때는 VSTO SE(Visual Studio Tools for Office Second Edition)라는 .Net Assembly를 사용하여야 한다.

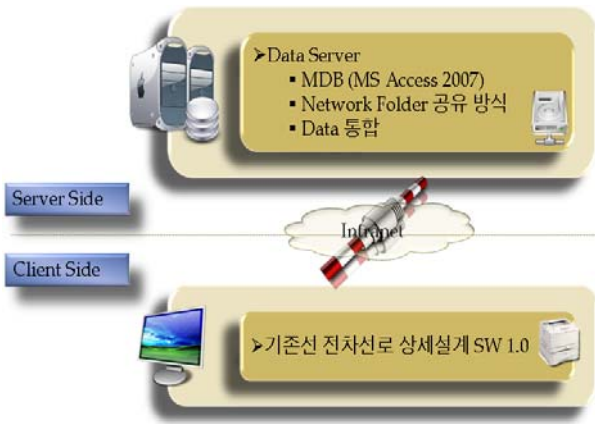


그림 1 시스템 구조

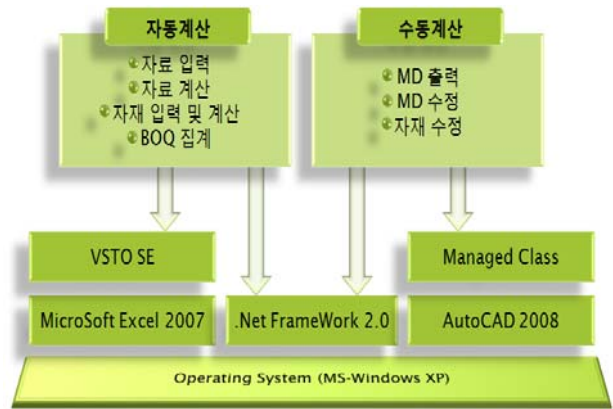


그림 2 응용 프로그램 구조

수동계산 부분은 대부분의 설계프로그램에서 사용하는 AutoCAD를 사용함으로써 자동계산과 마찬가지로 사용자들에게 익숙한 GUI를 사용하게 함으로써 손쉽게 본 시스템을 이용할 수 있도록 하였다. AutoCAD를 이용하여 응용프로그램을 개발하는 방법은 AutoLisp, Visual Basic, C++(ObjectARX), C#(Managed Class)의 4가지 방법이 있다. 과거에는 C++를 이용한 방법을 주로 사용하였으나, 최근에는 신기술로 인정되고 있는 안정성과 성능이 뛰어난 언어인 C#(Managed Class)을 사용하여 프로그램을 개발하였다.

2.3 개발환경

개발환경은 표 2와 같으며, 앞에서 설명한 바와 같으며 시스템 개발에 있어 기존의 다른 시스템의 개발환경과는 달리 신기술(VSTO SE, AutoCAD .Net Managed Class Library)이 몇가지 사용되어 왔으며, 이 개발환경은 향후 설계 관련 응용프로그램개발에 있어서 기본 트렌드가 될 수 있는 매우 우수한 기술이라 할 수 있다.

표 2 개발 환경

구분	내용
OS	MS Windows XP 이상
개발 언어	C#, C++
플랫폼	MS .Net Framework 2.0
Tools	Visual Studio 2005
	MS Office Excel 2007
	MS Office Access 2007
	VSTO SE Developer Module
	AutoCAD 2008
	AutoCAD .Net Managed Class Library

2.4 DataBase 구조

본 시스템의 데이터베이스 구조는 그림 3과 같이 시스템 DB와 사용자 DB로 나뉘어져 있다. 시스템 DB는 장수도 설계에 사용되는 자재목록과 자재목록의 집합체로 사용되는 Fitting Code 등의 설계에 사용

되는 여러 조건들을 갖고 있는 것으로써 시스템관리자가 관리하여 본 시스템을 이용하는 사용자들이 통일성 있는 자재와 설계기준을 사용할 수 있도록 하였다. 사용자DB에는 사용자가 입력한 자료들이 여러 가지 테이블로 저장되며 관리되고 있다.

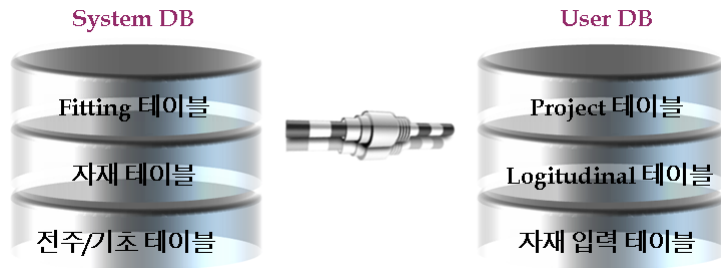


그림 3 DataBase 설계

위에서 설명한 시스템 DB와 사용자 DB의 일부 schematic은 아래 그림과 같다.

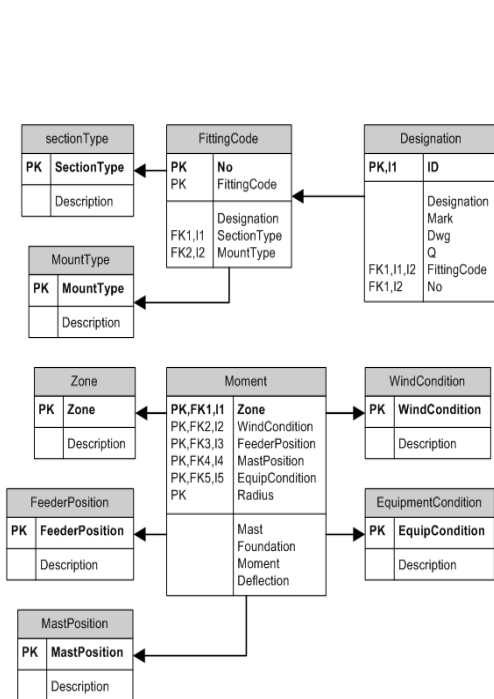


그림 4 시스템 DB 예

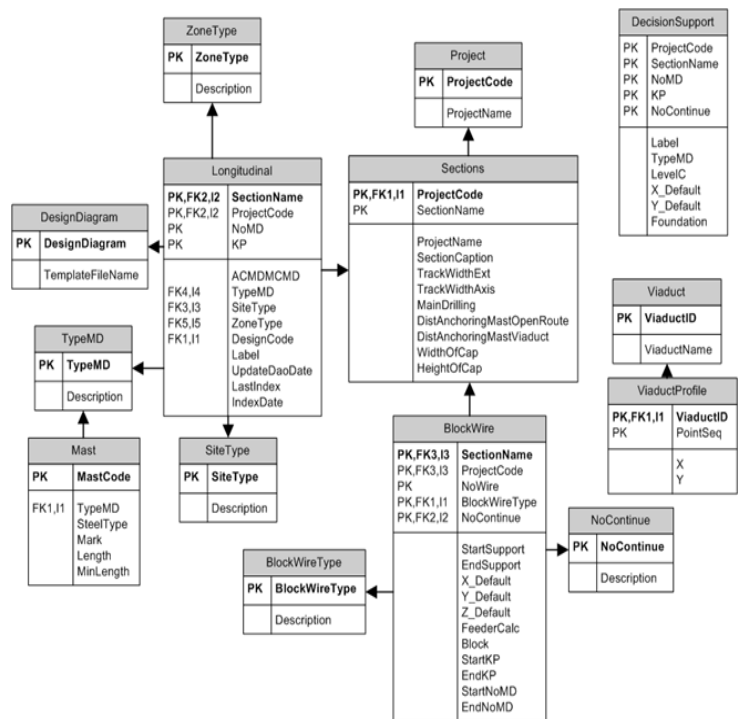


그림 5 사용자 DB 예

본 프로그램에서는 장주도에 사용이 되는 자재들을 정리하고 체계화 하여 사용자가 각 장주에 사용하고자 하는 자재들의 Fitting Code를 입력한다. Fitting Code는 사용하는 자재의 조합으로 설계자가 상황에 적합하게 쉽게 입력할 수 있도록 코드화 한 것이다. 그림 6은 대표적 Fitting Code의 구성 예로써 하나의 Fitting Code에 여러 개의 상위 어셈블리 및 세부부품 등으로 구성되어 있다. 또한 하나의 어셈블리 혹은 세부부품으로도 구성될 수 있다. 표 3은 주요 설비에 대한 fitting code 분류체계의 일부이다.

코드화되어 있지 않은 자재들은 전산시스템에서는 사용이 불가능 하므로, 보다 체계적인 관리와 전산 시스템에서 사용하기 위하여 모든 자재들을 계층적 구조로 코드화/도면화 하였다. 각각의 어셈블리 부품에 대하여 하위어셈블리 혹은 세부부품을 가질 수 있는 계층구조를 가지고 있다. 또한, 각각의 조립품 및 세부부품은 크기나 환경에 따라 다수의 마크(mark)를 가질 수도 있다. 이러한 자재 분류 체계는 경

부고속철도 부품과 유사한 체계로 구성하였다.

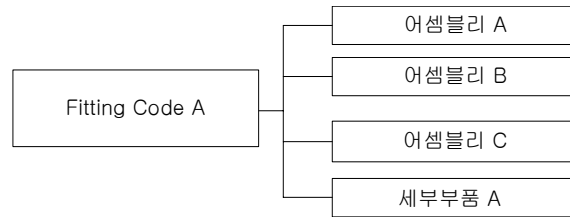


그림 6 대표적 Fitting Code 구성

표 3 Fitting Code 예

코드	설명	코드	설명
BR	가동브래킷	FE	급전선
MA	전주	AN	앵커
FO	기초	GP	그라운드 프로텍션
CA	전차선/조과선	XE	기타 자재
EA	보호선		

3. 입력 및 결과출력

전체적인 S/W의 입력 흐름은 아래 그림과 같다. 초기입력에서 설계하고자 하는 전차선로의 선종, 장력, 곡선반경에 따른 전주 및 기초크기 및 장력조정장치 등과 같은 설계조건을 입력하고, 궤도간 거리, 선로조건을 입력하여 설계하고자 하는 섹션(section)을 만든다. 그리고, 장주설계에서 장력거리, 각 선들의 위치, 전주 위치, 사용하고자 하는 자재(fitting Code) 등을 입력하면 자동으로 선로에 적합한 자재가 선택되어 장주도가 설계되고 사용된 자재가 출력된다. 앞 절에서 설명한 바와 같이 3선로 이상, 터널 입출구 등과 같은 설계는 수동모드인 AutoCAD에서 직접 장주를 설계하여야 한다. 그러나, 자재의 경우 자재 관리를 위하여 Fitting Code로 입력한다.

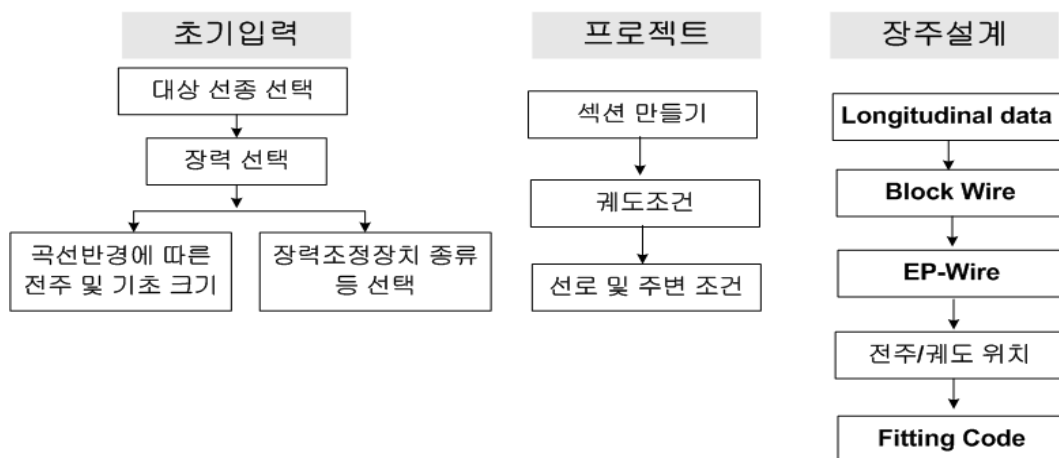


그림 7 입력 흐름

입력화면은 아래 그림과 같이 Excel 2007의 GUI를 이용하여 사용자가 손쉽게 입력할 수 있도록 하였다. Excel 2007 이전 버전에서는 폴다운 메뉴라는 전통적인 메뉴를 사용하였다. 폴다운 메뉴는 메뉴를 트리구조로 표현하는 방법으로 체계적으로 메뉴가 분류 될 수는 있지만 트리 깊이가 깊어질수록 사용자

가 원하는 메뉴를 찾기가 힘들다는 것과 메뉴와 대상의 직관적인 연관이 없다는 단점이 있다. 이런 단점을 보완하기 위하여 리본메뉴라는 새로운 기술이 나왔는데, Excel 2007에서는 이와 같은 리본메뉴를 사용하고 있다.

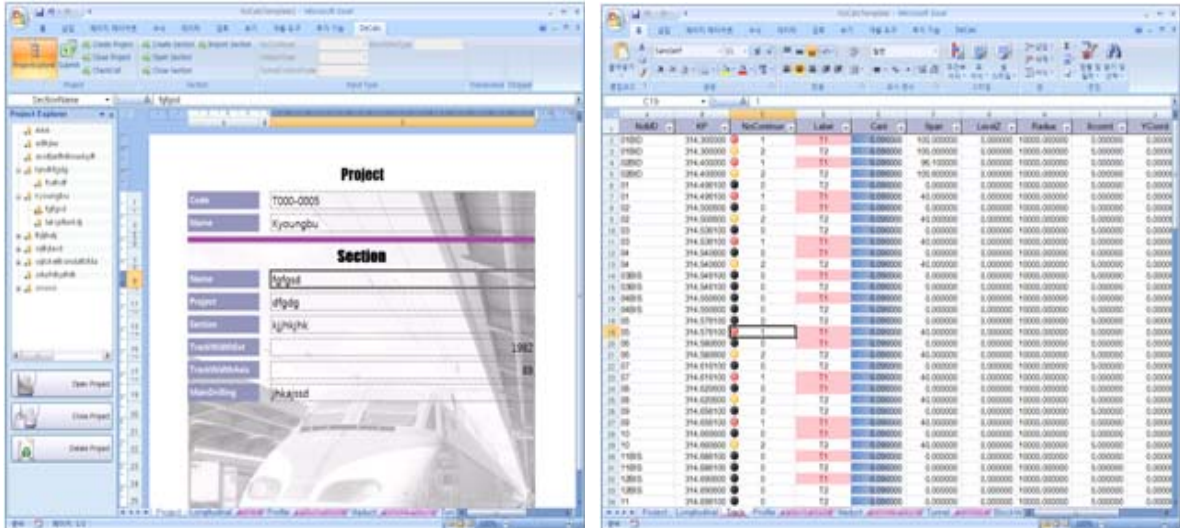
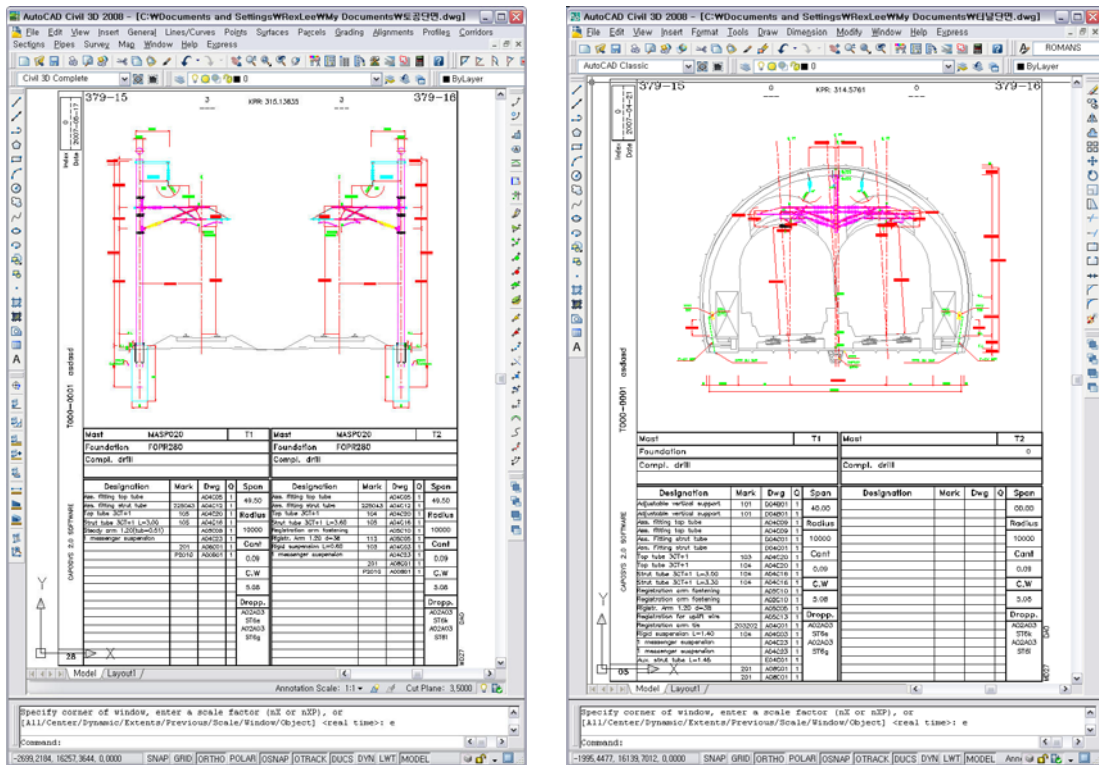


그림 8 입력 화면

아래 그림은 토공부분과 터널부분의 장주도를 예로써 나타내고 있다. 장주도의 기본 형식은 LEXCAT에서 출력된 장주도 형식과 동일하지만, 전차선로의 형태 및 자재는 기존선 전차선로 형식 및 코드로 출력된다. 또한, 색션별 및 프로젝트 별 사용된 자재의 수량(BOQ)을 MS Excel 상에서 집계할 수 있도록 하였다.



(a) (b)
그림 9 출력 결과화면 예 ((a)토공구간, (b)터널구간)

4. 결론

본 연구에서는 180km/h급 기존선 전차선로에 대하여 선로환경에 따라 장주도를 출력할 수 있는 자동 설계 알고리즘 개발과 이를 전산화하여 선로조건(각 선의 위치, 궤도조건 등) 및 환경조건(전차선로 지형 및 위치) 등의 입력으로 전차선로를 설계하여 시공할 수 있는 도면 및 자재가 포함된 장주도를 자동으로 출력할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 또한, 본 프로그램을 통하여 섹션별 및 프로젝트 별 사용된 자재의 수량(BOQ)도 집계할 수 있도록 하였고, 드로퍼 길이 계산 기능도 포함하였다.

입력은 MS Excel 2007 기반에서 Excel 기능을 활용할 수 있도록 사용자 친화적으로 입력할 수 있도록 프로그램을 개발하였고, 장주도 출력은 AutoCAD와 인터페이스를 통하여 출력하게 하였다. BOQ 작업은 MS Excel에서 출력하게 하여 MS Excel의 기능을 활용할 수 있어 여러 형태로 정리할 수 있게 하였다.

이상의 연구결과를 통하여 기존선 설계에 적합한 전차선로 최적설계 방안을 확보하였고, 전차선로 시공현장에서 설계값과 측량값의 상이함으로 인한 시공오차를 상당히 개선할 수 있을 것이다. 또한, 선로 조건에 적합하게 설계 정확도를 향상한 장주도를 출력할 수 있고, 설계를 통일화함으로써 집전성능을 향상시킬 수 있을 뿐 아니라 설계 기간의 단축, 사고예방 및 최적설계로 인한 설계예산의 절감 등을 기대할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 한국철도시설공단의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 한국철도기술연구원, “고속전차선로 상세설계 S/W 개발(I)”, 한국고속철도건설공단, 2000.
2. 한국철도기술연구원, “고속전차선로 상세설계 S/W 개발(II)”, 한국고속철도건설공단, 2001.
3. 이기원 외 (2004년), “고속전차선로 상세설계 소프트웨어 개발(I)”, 한국철도학회 논문집, 제7권 2호

기존선 전차선로 상세설계 소프트웨어 개발

A Development of Detail Design Software for Conventional Catenary System

이기원* 권삼영** 조용현** 이태권*** 이경훈****
Lee, Kiwon* Kwon, Samyoung** Cho, Yong Hyeon** Lee, Taekwon*** Lee, Kyunghoon****

ABSTRACT

A detail design of overhead catenary system can be divided into a pegging plan and a design of MD(mounting diagram). In the pegging plan, the mast location, staggering and tension length are determined in the longitudinal point of view according to track condition, location of substation and etc. In the MD, a transversal diagram including masts, all of wires, cantilever, foundation and etc. and materials used are shown. This study presents a development of a software to design the MD for a conventional catenary system automatically. In the program, thin walled steel pole, foundation, cantilever, all of wires and etc. are automatically drawn according to the input and catenary conditions. And materials used in the MD and the section can be also managed respectively in the program. This application of the program is developed using C# for input/calculating and using C++(ObjectARX) for drafting the MD, respectively.

국문요약

전차선로 상세설계는 평면도(pegging plan) 작업과 장주도 작업으로 분류될 수 있다. 평면도 작업은 선로 방향으로 전주의 위치, 편위, 장력길이 등을 결정하여 설계하는 것이고, 장주도 작업은 전주 위치에서 선로에 직각방향의 도면을 그리는 작업으로, 장주도에서는 전주, 기초, 가동브래킷, 전차선 및 조가선을 포함한 모든 선 등의 위치 및 크기 등을 확인할 수 있고, 장주도별 사용된 자재를 표시한다. 본 연구에서는 입력조건 및 선로조건 등에 따라 기존선 180km/h급 전차선로의 장주도를 자동으로 설계할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 그리고, 본 프로그램을 통하여 사용한 자재를 장주도별 / 섹션별로 관리할 수 있고, 드로퍼 길이를 자동으로 계산할 수 있도록 하였다. 본 프로그램의 입력 및 계산은 C#을 이용하여 MS Excel 2007 기반의 친숙한 구조의 GUI를 개발하였으며, 장주도 출력에는 C#(ObjectARX)를 이용하여 개발하였다.

* 한국철도기술연구원, 집전전력연구실, 정희원

E-mail :kenlee@krri.re.kr

TEL : (031)460-5422 FAX : (031)460-5459

** 한국철도기술연구원

*** E.서비스 엔지니어링

**** (주)대동기술단