

# 고속전차선로 상세설계 S/W 개발 (I)

## Development of a Detail Design Software for High Speed Catenary System (I)

이기원\*      권삼영\*\*      김주락\*\*\*      김지윤\*\*\*\*      창상훈\*\*\*\*\*  
Lee, Kiwon    Kwon, Sam-Young    Kim, Joorak    Kim, Ji-Yun    Chang, Sang-Hoon

### Abstract

This paper presents a concept design of detail design software for high speed catenary system. In this software, M.D.(mounting diagram) can be performed and parts D/B can be also managed. French one, used in Kyung-bu high-speed line, is not good at user's interface, and the source code is not opened. So, it is impossible to use it in the different environment and catenary system. Through this program, automation of detail design and user's convenience can be derived.

### 1. 서론

경부고속철도는 고속철도 선진국인 프랑스 TGV 시스템을 도입하여 건설되고 있으며, 그 중에서 전차선로분야는 차량 및 신호분야 등과 함께 코어시스템으로 분류되어 프랑스에서 기본적인 설계 내용을 제공하여 건설되고 있다. 우리 나라에 처음으로 도입되는 고속철도 전차선로는 그 중요성과 함께 이미 핵심적인 설계기술을 분석하여 독자적인 설계기술을 확립하기 위한 연구를 수행한 바 있다. 독자적인 설계기술 확보의 궁극적인 내용으로는 고속 전차선로 기본설계 단계의 핵심 요소기술(장력구간길이, 드로퍼 길이 계산, 전주배치, 전선의 전류용량, 전차선 높이, 사각 및 원통형 기초 계산 등)에 대한 계산기법 정립, 사례계산을 통한 설계 데이터 검증 등이다.

현재 많은 분야에서 자동화 기술이 설계 업무에 적용되고 있는 단계이며, 이 기술을 전차선로 설계에도 적용함으로써 전차선로 설계에서 고도화된 설계 기술 및 경제적이고 효율성 있는 설계 기술 확보와 그 동안 연구사업을 통하여 확보한 고속철도 전차선로 설계기술확보사업을 통하여 축적된 기술

을 실제 설계업무에 적용함으로써 연구 완성도 및 활용성을 높일 수 있다. 특히, 경부고속철도 2단계 건설구간(대구-부산)의 토목설계 완료후 2002년부터 이 구간에 대한 전차선로 기본설계에 적용·검증하고 2002년부터는 전차선로 시공현장이 동시에 여러 곳에서 시행되기 때문에 상세시공도면(Shop Drawing) 작성 등 전차선로 설계 소프트웨어의 개발이 시급한 실정이며 지형적, 기후적 여건에 따라 변형이 가능하도록 상세설계 소프트웨어의 기본적인 자료(Source Code)의 확보가 필요하다.

본 연구에서는 이와 같은 필요성에 의해 외국에서 사용되고 있는 프로그램에 대한 분석, 계산알고리즘 분석, AutoCAD와의 인터페이스 개념설계, 자재관리 시스템 분석 및 개념설계를 실시하였다.

### 2. 프랑스 고속전차선로 설계프로그램 분석

개발하고자 하는 프로그램의 기초가 되는 프랑스 고속전차선로 상세설계 S/W는 다음과 같이 주요기능을 가진 프로그램으로 사용되고 있고, 경부고속철도에서도 도입되었다.

-각 섹션(section)별 혹은 구간별 상위레벨의 부

\* 한국철도기술연구원 주임연구원  
\*\* 한국철도기술연구원 선임연구원  
\*\*\* 한국철도기술연구원 연구원  
\*\*\*\* 한국철도대학 조교  
\*\*\*\*\* 한국철도기술연구원 책임연구원

품(Assembly) 및 하부단위부품 자재관리 및 수량관리

-전주배치(Pegging Plan)를 기초로 전차선로 전주, 가동브라켓트, 전차선, 조가선, 급전선, 전주 기초 등 관련설비를 설치하기 위한 장주도 (M.D.) 제시(자동화)

-경간길이에 따른 드로퍼 배치, 길이 등 기본자료 제공

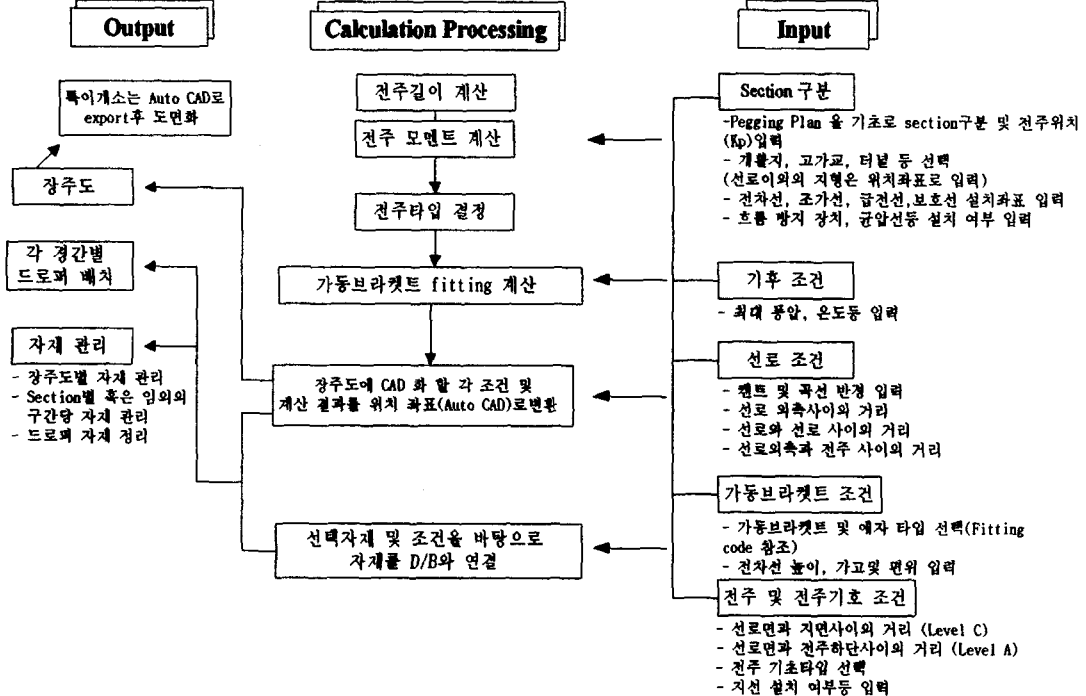
프랑스 전차선로 상세설계 S/W는 주로 UNIX환경에서 개발하였고, 오랜 기간 동안 업그레이드하였기 때문에 동일기능이 많이 중복되어 있어 사용자가 친화적이지 않게 입력창 등이 구성되어 있다. 또한, source code 또는 자재 추가기능이 공개되어 있지 않기 때문에 새로운 전차선로 시스템, 자재, 선로환경, 주변환경 등에 적용되었을 경우 사용자가 설계를 수행할 수 없고 추가 업그레이드 비용을 프랑스에 지불해야하는 단점이 있다.

프랑스 프로그램 분석을 통해 향후 개발할 전차선로 상세설계 소프트웨어의 개념을 정리하면 크게 [그림 2.1]과 같이 세 부분으로 구성된다.

### 3. 계산 알고리즘 분석

#### 가. 브라켓트 fitting 알고리즘 분석

장주도 작성시 브라켓트의 형태 결정과 구성하



[그림 2.1] 전차선로 설계 프로그램 입·출력 개념도

는 각 튜브 및 금구류의 선택과 선택한 부품들의 규격을 결정하는 기법을 아래와 같이 분석하였다.

장주도는 전주면과 레일간의 거리, 전차선 높이, 가교, jumper, 접지선, 전주, 인류장치의 위치, 개활지에서 전주 설비의 종류, 고가, 터널에서의 전주 설비의 종류 등의 정보가 설계자에게 제공된 후에 작성하게 되며, 이를 기준으로 적정한 브라켓트를 선정한다. 이 때 브라켓트를 구성하는 각 조립품 (예 : 수평주파이프, 경사주파이프 등)등은 길이 계산 및 취부부분의 계산이 필요하다.

#### (1) 브라켓트 선정

AutoCad를 이용하여 장주도에 전주 및 브라켓트의 도면과 자재목록을 나타내려면 전주배치도에 의해 결정된 지정개소에 브라켓트를 설치하고, 그 브라켓트를 구성하는 부품들의 결정을 위해 지정개소에 가장 적절한 브라켓트를 선정하는 작업이 필요하다. 선정 작업은 선로 및 주변환경조건에 의해 결정되며 세부적인 내용은 아래와 같다.

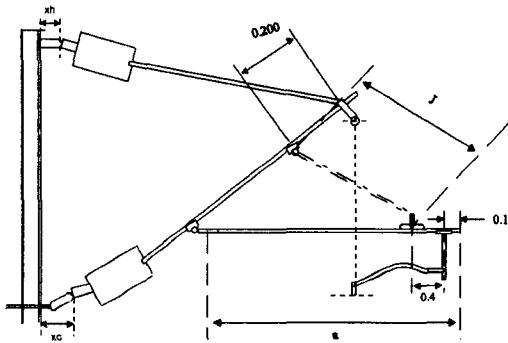
브라켓트의 선정에 영향을 주는 결정요소는 선로환경 즉, 개활지인지, 혹은 고가교나 터널인지에 따라 구분되며, 그 외에도 전주와 전차선사이의 거리, 전차선 편위 등에 따라 서로 다른 형태의 브라켓트를 사용한다. 단, 평행개소 구간의 경우 일반

구간과는 달리 주축전주 및 중간전주 등인지에 따라 서로 다른 브라켓트를 선정해야 한다. 또한 가고에 따라서도 브라켓트는 구분된다. 대부분의 일반적인 경우에는 1.40m의 설비를 사용하지만 평행개소 구간의 앵커링 앞 전주 등과 같은 개소에서는 가고가 1.40m보다 줄어들 수 있다.

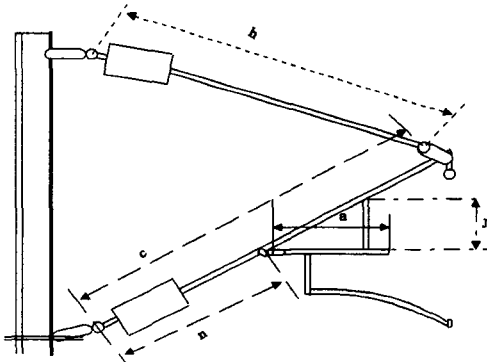
(2) 각 파이프(pipe)의 규격(fitting) 계산알고리즘

브라켓트의 선정 후에는 브라켓트를 구성하는 각 조립품 및 금구류의 규격을 결정하여야 한다.

브라켓트 계산은 location, 가고, 전차선 높이 등은 레일주변 환경에 의해 이미 전주배치 단계에서 결정된 사항과 [그림 3.1]과 같이 브라켓트의 종류에 관계없이 규정되어진 규격들을 기초로 계산한다. 이와 같은 입력자료를 이용하여 [그림 3.2]와 같은 변수(튜브크기 및 위치)들을 계산한다.



[그림 3.1] 금구류의 취부 위치



[그림 3.2] 각 조립품의 규격 및 취부위치

① 전주면과 전차선 간의 수평거리

이 거리는 경사주파이프의 fitting 위치를 결정하는 주요 요소이고, 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$X = i + 0.785 \pm \frac{d \cdot H}{1.75} \pm f \quad (1)$$

여기서,  $i$  : 전주면과 레일간의 거리 [m]

$d$  : cant [m]

$H$  : 전차선 높이 [m]

$f$  : 전차선 편위 [m]

② 경사주파이프 길이 계산

경사주파이프 길이  $C$ 는 [그림 3.3]에 보인 바와 같이 아래와 같이 계산할 수 있다.

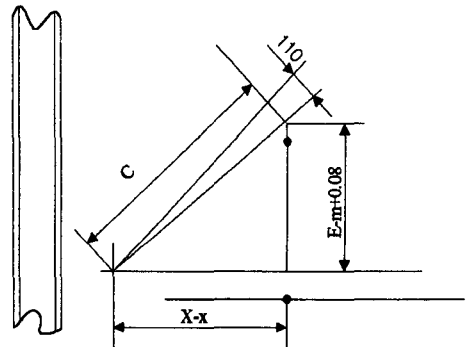
$$C = \sqrt{(X - x_c)^2 + (E - m + 0.07)^2 - 0.110^2} \quad (2)$$

여기서,  $C$  : 경사주파이프 길이 [m]

$x_c$  : 경사주파이프 취부부분에서 전주간 길이 [m]

$E$  : 가고 [m]

$m$  : 집전면과 경사주파이프 fitting까지 수직거리

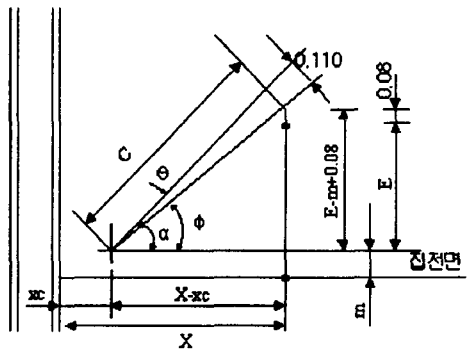


[그림 3.3] 경사주파이프 길이 계산 개념

③ 경사주파이프와 집전면 수평축간의 각도 ( $\alpha$ )

각  $\alpha$ 는  $\theta$ 와  $\phi$ 의 합으로 구할 수 있다.

$$\tan \alpha = \tan(\theta + \phi) = \frac{\tan \theta + \tan \phi}{1 - \tan \theta \tan \phi} \quad (3)$$



[그림 3.4] 경사주파이프와 집전면간의 각도

④ 수평주파이프 길이

수평주파이프의 길이는 [그림 3.5]에서 보는 바와 같이 식 (6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$j = (X - x_h) - 0.050 \sin \alpha - 0.110 \sin \alpha$$

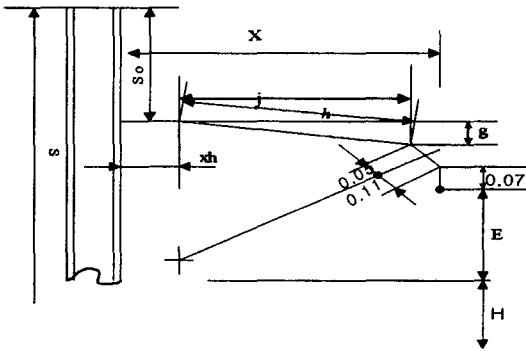
$$= (X - x_h) - 0.160 \sin \alpha \quad (4)$$

$$g = S - (H + E + 0.07 + 0.050 \cos \alpha + 0.110 \cos \alpha + S_0)$$

$$= S - (H + E + 0.07 + 0.160 \cos \alpha + S_0) \quad (5)$$

$$h = \sqrt{j^2 + g^2} \quad (6)$$

단,  $j$  : 수평주파이프의 수평 성분 길이 [m]  
 $x_h$  : 수평주파이프 취부부분 길이 [m]  
 $g$  : 수평주파이프의 수직성분 길이 [m]  
 $S$  : 전주 높이 [m]  
 $S_0$  : 전주 상단부 ~ 수평주파이프 취부부분



[그림 3.5] 수평주파이프 길이

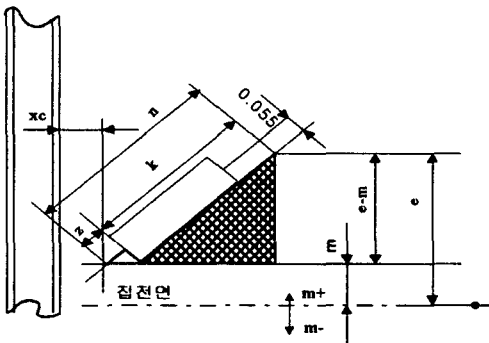
⑤ 진동방지장치 취부 위치 계산

장간애자를 중심으로 두 부분으로 나누어 각각의 거리를 계산 후 식(9)과 같이 계산할수 있다.

$$n = k + z \quad (7) \quad k = \frac{e - m}{\sin \alpha} \quad (8)$$

$$z = \frac{0.055}{\tan \alpha} \quad (9)$$

단,  $k$  : 장간애자 ~ 진동방지장치 취부부분  
 $z$  : 경사주파이프 취부부분 ~ 장간애자  
 $e$  : 집전면 ~ 진동방지장치 취부부분

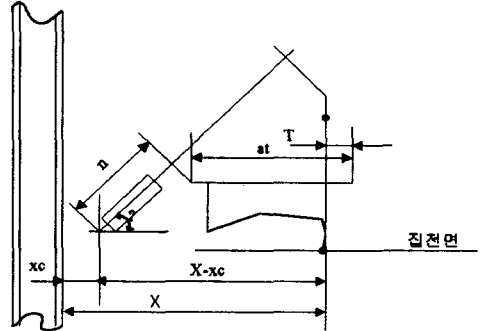


[그림 3.6] 진동방지장치 취부 위치

⑥ 진동 방지장치 길이 계산

본 논문에서는 인장형 브라켓트만 다루기로 한다. 이 경우에는 식 (10)과 같이 전주면에서 집전면수직축간의 거리와 이미 결정된 길이들의 차로써 계산한다. 이때 진동방지장치의 전차선 외측 길이는 100mm이상으로 규정되어 있다. [그림 3.7]은 이러한 계산과정의 개념도이다.

$at = (X - x_c) - (n \cos \alpha + 0.055 \sin \alpha) - 0.6 + T$  (10)  
 단,  $T$  : 진동방지 장치 외측 ~ 전차선



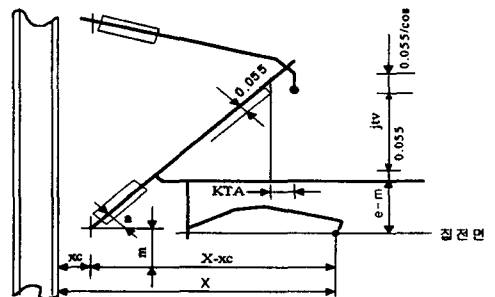
[그림 3.7] 인장형브라켓트의 진동방지장치 길이

⑦ Rigid suspension의 길이

Rigid suspension의 길이도 인장형 브라켓트에서 rigid suspension이 진동방지장치와 수직으로 설치되는 경우만 다루었다.

이 경우에는 각  $\alpha$ 의 tangent 성분을 이용하여 rigid suspension의 길이를 계산한다. 이 때, KTA 라는 변수는 전차선 수직축과 rigid suspension 사이의 수평 거리로서 일반 개활지의 브라켓트는 600mm의 값을 가진다.

$$\tan \alpha = \frac{e - m + 0.055 + \frac{0.055}{\cos \alpha} + jt \nu}{(X - x_c) - KTA} \quad (11)$$



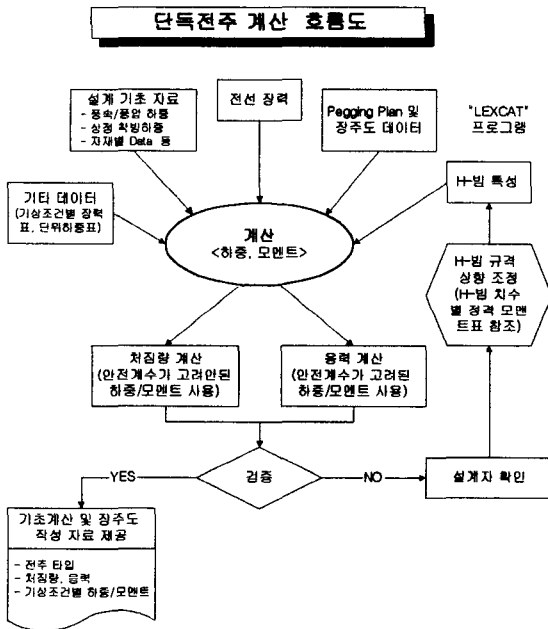
[그림 3.8] 인장형 브라켓트의 rigid suspension

나. 전주선경 알고리즘 분석

전차선로 설계 프로그램에서는 선로조건, 브라켓트 조건, 전선 위치 등의 입력조건을 기초로 단독

전주(Independent Mast)에 걸리는 모멘트를 자동으로 계산해서 적합한 전주를 선택한다. 따라서, 여러 하중 조건하에서 단독 전주에 걸리는 하중과 모멘트를 계산하여 필요한 전주의 부재를 선정하거나 또는 설계에서 이미 선정된 부재의 적합성을 확인할 알고리즘을 분석·개발하여야 한다.

전주의 타입을 결정하기 위한 단독전주 선정을 간단히 설명하면 기초 위의 전주에 걸리는 하중 및 모멘트(선로 횡방향 및 종방향)를 계산하여 계산된 값에 적절한 전주를 결정하는 것이다. 이와 같은 알고리즘을 간단히 도형화하면 [그림 3.9]와 같다.



[그림 3.9] 단독전주 선정 알고리즘

#### 4. AutoCAD와의 인터페이스 개념설계

##### 가. 인터페이스 프로그램 결성

AutoCAD와의 인터페이스 프로그램을 결정하기 위하여 아래와 같이 3단계로 그 접근방법을 취했다.

(1) 1단계 : 프로그램 개발의 기술적인 핵심요소의 하나인 오토캐드와의 인터페이스 가능성 타진 프로젝트의 핵심기술인 프로그램과 외부 어플리케이션(오토캐드)과의 인터페이스를 담당할 프로그램들의 가능성 조사(다음의 세가지 프로그램으로 압축)

① 오토캐드의 번들 프로그램인 오토리쉬(Auto Lisp)

② 제3개발자 인터페이스인 디비캐드(DBCad)

③ 신규 컨트롤을 이용

(2) 2단계 : 개발 프로그램에 사용할 위의 세가지 프로그램들과의 도입 가능성에 대한 검토

① 기존의 오토캐드에서 제공하는 번들 프로그램 (Auto Lisp)은 데이터베이스와의 연동부분에서 미비한 점이 많아 도입 가능성이 매우 낮다

② 제3개발자 인터페이스인 디비캐드(DBCad)는 데이터베이스와의 연동성에는 좋은 기능을 가지고 있지만 자체 제작도면 파일이나 오토캐드로의 데이터 전환이 약한 면을 가지고 있다.

③ 신규 컨트롤의 개발은 시간과 개발인력이 많이 투입될 수 있다는 약점을 가진 반면 본 과제에서 요구하는 대부분의 요구사항을 수렴하여 개발할 수 있다는 장점을 가지므로 적극 검토하는 것이 바람직하다고 본다.

(3) 3단계 : 2단계에서 결정된 신규 컨트롤의 개발 방법론

① 기존의 다양한 제3개발자 컨트롤의 특징을 분석한다.

② DbCad의 미비점에 대한 솔루션을 신규 개발 컨트롤의 주요 컨셉으로 한다.

③ 비주얼 베이직을 이용하여 OCX나 DLL형태의 인터페이스 라이브러리를 구축한다.

④ 구축된 인터페이스 라이브러리를 이용하여 실제 프로그램(프로젝트)을 작성한다.

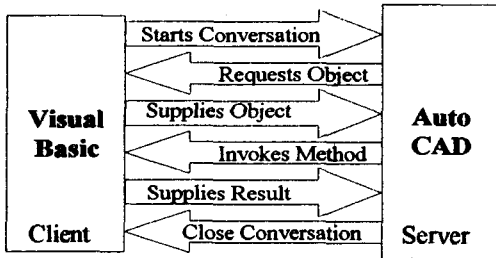
이상의 3단계로 제시된 방법론을 근거로 하여 신규 컨트롤을 개발하여 이것을 비주얼 베이직과 연동하여 자동화된 설계시스템을 구축하기로 한다. 여기서 신규 컨트롤을 CAD OCX로 정하고 이것을 비주얼 베이직과 연동한 후 프로젝트를 진행하기로 하였다.

##### 나. 인터페이스 소프트웨어 개념설계

Release 14 이후의 AutoCad 시스템은 윈도우 운영체제의 작업환경에 대응하기 위하여 외부의 (AutoCad 시스템을 기준으로) 응용프로그램과 대화 할 수 있는 방법론을 AutoCad시스템 내부에 삽입하였다. 이를 AutoCad시스템의 입장에서 일컬어 ActivxX Automation이라고 한다. 이는 AutoCad의 제조사에서 지칭한 말이며 상대적으로 윈도우 운영체제 하에서 비주얼 베이직으로 프로그래밍 기술로는 외부 OCX활용 또는 third party Control 활용이라고 한다. 본 과제에서 프로그램 제작도구로 비주얼 베이직을 선택하였기 때문에

우리는 외부 OCX 또는 CAD OCX 활용이라고 지칭하고자 한다.

CAD OCX는 AutoCad와 다른 응용프로그램 간의 통신을 가능하게 한다. 구체적으로 예를 들면 비주얼 베이직이나 마이크로 소프트 엑셀 같은 응용프로그램에서 AutoCad를 사용할 수 있도록 하는 것이다. 다음 그림은 두 응용프로그램인 AutoCad와 비주얼 베이직 간의 통신을 개념화 한 것이다.



[그림 4.1] CAD OCX 개념도

위와 같이 Visual Basic을 응용프로그램으로 활용하여 CAD내의 OCX를 사용하여 위치좌표를 CAD화면에 도면화 할 수 있는 인터페이스를 구성하였고, 간단한 도면을 AutoCAD로 출력하여 구현 가능성을 확인해 보았다.

## 5. 자재D/B 관리 시스템 분석 및 개념 설계

### 가. 데이터베이스 설계의 방법론

국외에서 적용되고 있는 전차선로 상세설계 프로그램 및 경부고속철도의 자재관리 데이터 베이스를 근거로 우리가 개발해야 할 자재관리 데이터 베이스의 특성을 간략히 정리하고 개발방향을 간략히 설명하면 다음과 같다.

① 기본적인 데이터베이스의 형태는 기초자료 데이터베이스와 설계어셈블리 데이터베이스로 나눈다.

② 각각의 구조는 기초자료의 경우 RDBMS의 구조로 구성한다.

③ 그 외에 BOM(Bill of Materials)과 같은 자재의 구성요소를 담당하는 데이터베이스는 물리적인 RDBMS의 형태를 가지나 논리적인 형태는 Top과 Bottom의 구분이 있는 계층(hierarchyal) 구조를 가진 데이터 베이스로 구성한다.

④ 이상의 모든 데이터베이스는 MS-SQL서버로 구성하며 필요에 따라 외부어플리케이션에 연동이 가능한 텍스트나 공통유 포맷으로 exporting 이 가

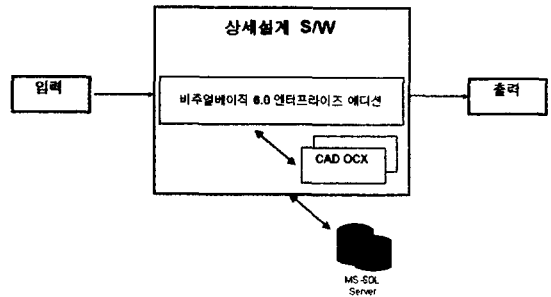
능하도록 설계한다.

### 나. 데이터베이스 구성도

실제 데이터베이스의 구성은 MS-SQL Server로 구성하는 것을 전제로 프로그램 테스트 단계에서 MS Excel을 사용하여 데이터베이스 구성 및 개념도 작성을 하였다. 참고로 MS EXCEL로 생성된 데이터 베이스는 MS-SQL Server과 완벽하게 마이그레이션이 가능하므로 아무런 문제가 없다.

## 6. 개발프로그램 환경

위와 같이 분석한 것을 기초로 개발프로그램의 환경을 간략히 정리하면 다음의 그림과 같다.



### 참 고 문 헌

- [1] 권삼영 외, "고속철도 전차선로 설계 요소기술 분석 및 성능 시험기술 연구", 한국고속철도건설공단, 1998.
- [2] 창상훈 외, "고속 전차선로 상세설계 소프트웨어 개발(1)", 한국고속철도건설공단, 2000
- [3] 김학환 외, "고속철도용 전차선로 기본설계", 한국고속철도건설공단, 1995.
- [4] "경부고속철도 남서울~천안간 전차선로 신설공사 개소별 장주도", 한국고속철도건설공단, 2000.
- [5] "Pegging out rules for zone 1 to 3", Seoul-Pusan HSR Project, Korea TGV Consortium, 1996.
- [6] "Structural forces and moment charts", Seoul-Pusan HSR Project, Korea TGV Consortium, 1996.
- [7] "Catenary basic design criteria", Seoul-Pusan HSR Project, Korea TGV Consortium, 1995.
- [8] "User's guide for LEXCAT", CEGELEC, 1995.
- [9] "Detail design training", Seoul-Pusan HSR Project, Korea TGV Consortium, 1995.
- [10] George Omura, "Inside Secrets AutoCad 14", 도서출판 삼각형, 1999.