

울산연약지반 지역에서 기초공법선정을 위한 전문가시스템 개발

정영식 · 이종석
토목환경공학부

<요 약>

다양한 연약지반 지역에서 기초공법을 선정하는데 일반적인 지식을 가진 엔지니어가 적절한 공법을 선정하는데 도움을 주는 전문가 시스템을 구성하였다. 적용대상 지역으로는 울산의 달동·삼산 연약지반 지역을 선정하였다. 그리하여 이 지역의 지반정보를 Data Base화 하였다. 이러한 지반정보의 구축을 위하여 기존 보링 결과를 수집하였고 새로운 보링을 30군데에서 실시하였다. 이 전문가 시스템은 두가지로 이용될 수 있다. 첫 번째는 알고자 하는 곳의 지반정보를 손쉽게 찾는 것이고, 두 번째는 신축건물 Data를 입력하면 신축대지 지반조건, 주변상황에 맞는 적절한 기초공법을 제시하여 주는 점이다.

Development of An Expert System for The Design of Foundations in Ulsan Area

Chung, Young-Shik · Lee, Jong-Seok
Dept. of Civil and Environmental Engineering

<Abstract>

This paper describes the development of an expert system designed to help engineers select proper foundation types and construction methods for structures under various subsoil conditions. The system includes geographical and geological data in certain areas of Ulsan and a knowledge base for the selection of foundation types. Geological data, such as boring logs, in the areas were collected and arranged to form

the subsoil database in the areas concerned. Test borings at 30 holes were carried out for reference and confirmation purposes. The use of this system is twofold. It provides the users with a quick view on the geological situations of the areas concerned, and suggests proper foundation types for the specific spot together with some explanations on the selected foundation types and methods.

1. 서론

울산지역에서 삼산·달동지구는 지리적으로 울산광역시 중심에 위치하면서 경제, 문화, 주거 기능도 중심적인 위치로 발전해나가는 도중이다. 이러한 추세에 맞추어 건물의 신축도 활발하고 신축건물의 대형화, 밀집화 경향도 심화되고 있다. 그런데 이 달동·삼산 지역은 전형적인 연약지반 지역이다. 따라서 건물신축시 지하층, 기초 설계 시공방법을 신중히 선정해야 하는 것이다. 그런데 이와 같은 지하층, 기초설계 시공방법 선정은 상당한 전문가적 지식과 시공경험이 어우러지므로서 경제적이고 적절한 설계시공방법이 선정된다는 특징이 있다. 그러나 건물신축에 임하는 건축주나 설계시공자가 이러한 지식이나 시공경험이 항상 많이 축적되어 있다고 보기는 어렵다. 이로 인하여 최근에는 인접건물 및 자체구조물의 손상 등이 빈번히 발생하여 막대한 경제적 손실은 물론 사회적 문제를 초래하고 있다. 따라서 이 분야에 관한 어느 정도의 전문적 지식을 가진 전문가가 상당한 수준의 가이드라인을 제시해 준다면 일반 건축주나 설계 시공자에게 도움을 줄 수 있을 것이다. 컴퓨터의 급속한 발달로 최근에는 인공지능을 이용하여 건설공사, 도시계획, 재료선정, 구조해석문제 및 토목구조물의 예비 설계 등의 분야에 적용되고 있다. 그러한 추세에 맞추어 울산지역이라는 지역적 특수성을 고려한 기초공법선정 전문가 시스템을 개발하고자 한다.

2. Expert System의 고찰

전문가 시스템의 개념은 인공지능 과학자들의 관점에 따라 다양하게 정의되어 왔는데 전문가 시스템의 포괄적인 기능을 망라한 일반적인 정의는 다음과 같다 “전문가 시스템이란 인간 전문가로부터 획득한 지식을 바탕으로 어려운 의사 결정 문제를 해결하기 위해 사실(facts)과 휴리스틱(heuristics)을 이용하여 상호 작용하도록 하는 컴퓨터 기반 의사 결정 도구(computer-based decision tool)이다”. 즉, 전문가 시스템은 복잡하고 어려운 좁은 영역에서 인간이 사고하고 판단하는 과정을 모사(simulate)한 컴퓨터 프로그램을 말한다.

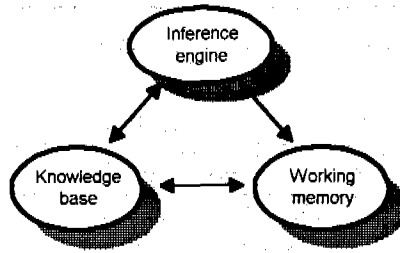


그림 1 Production System

이런 전문가 시스템은 그림1과 같이 일반적으로 구성된다. 어떤 전문분야의 특정대상에 대한 현황의 데이터 베이스(Data Base)와 전문가의 지식이나 특정의 규정 및 법칙등을 축적하고 있는 지식 베이스(Knowledge Base)가 있으며, 이러한 데이터 베이스와 지식을 비교하여 결론을 추론해 내는 추론기관을 가지고 있다. 여기서 Knowledge Base는 시스템 구성에 있어서 Rule에 해당하며 Working Memory는 Facts에 해당한다. 인간의 두뇌에 비유하자면 Knowledge Base는 Long Term Memory에 해당하여 인간이 오랫동안 기억하는 자신의 생일이라든지 주민등록번호 등이며 Working Memory는 Short Term Memory에 해당한다. 예를들어 극장 좌석번호라든지 자신이 금방 탔었던 택시차량번호등에 해당한다.

3. 기초공법선정을 위한 전문가 시스템의 개발

3.1 시스템의 구성

먼저 이 프로그램은 윈도우즈 응용 프로그램으로 개발 되어있어 GUI(Graphical User Interface)를 기본적으로 제공한다. 그리고 멀티태스킹이 가능하여 작업 효율을 증대시켰고, 초보자라도 쉽게 따라 할 수 있도록 되어 있어 모르는 단어나 그림들은 클릭을 통하여 간단한 설명들과 연결되어져 있어 초보자들도 쉽게 이해할 수 있다. 그리고 이 시스템에서 사용되어진 CLIPS는 NASA의 Johnson Space Center에서 만든 것으로 Rule과 Objet로 구성된 완벽한 환경을 제공하는 전문가시스템 개발도구이다.

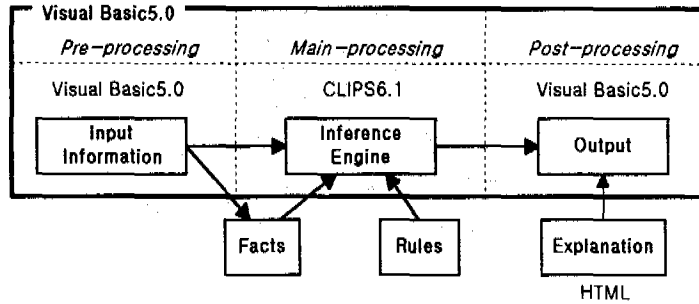


그림 2 시스템의 구성도

CLIPS의 기본적인 특징으로는 Multiparadigm Programming Language로서 규칙기반(Rule-Based), 객체지향(Object-Oriented) 그리고 순차적 프로그램을 모두 지원한다. CLIPS는 정방향 추론을 지원하며 수행능력이 빠른 C로 만들어 졌다. 또한 이식성이 좋고 FORTRAN, C Program의 Subprogram으로 사용할 수 있다는 특징들이 있다. 이외에 여러 특징들이 Expert System을 개발하고 실행하는데 매우 적당하다.

3.2 기반구조의 DataBase화

울산 달동·삼산지역 지반의 지층 구성을 조사하여 이를 이용하기 편리하도록 Database화하였다. 이를 위하여 대상지역의 기존 보오링 자료들을 우선적으로 수집하였으며, 이를 근거로 자료의 조사가 부족하거나 조사된 적이 없는 지역에 대하여 보오링을 실시하여 지층 구조를 파악하였다. 조사 전 대상 지역에 대하여 새로 보오링을 실시하기에는 지역의 규모가 넓고, 또한 이미 많은 지역에서 보오링이 실시된 적이 있기 때문에 새로운 지역에 대하여 광범위한 조사를 할 수는 없었다. 이에 따라 해당구청의 협조를 얻어 이미 구청에서 기확보하고 있던 자료들과 그 외 각 기관(시청, 각 보링회사, 건축사 사무실등)에서 보유하고 있던 기존의 지반 자료들을 수집하였다. 이렇게 수집된 보오링자료의 수는 약 600개소 정도이었다. 이들 중 신뢰성있는 자료로 150개소를 선택하고 나머지는 버렸다. 그리고 보링자료가 희박한 곳에서 30개소 정도의 추가보링을 실시하여 자료로 활용하였다. Database로 만들기 위해 Microsoft Access2.0 프로그램을 사용하였다. Microsoft Access2.0은 Visual Basic5.0과 좋은 호환성을 가지고 있다.

3.3 기초공법선정을 위한 여러조건

기초공법 선정시 다음조건들을 주로 반영하였다.

- 지하층이 너무 깊어지면, 일반 가시설공법으로 토압이나 수압 때문에 어려운 점이 많아 Top-Down(Up-Down) 공법을 사용하도록 하였다.
- 인접건물이 영향을 받는 조건을 고려하였다. 신축건물 지하굴착에 따르는 인접건물

이 침하영향을 받는 조건은 지하굴착 최외각지점에서 45°선을 그어 그 선안에 인접건물의 지하층 저면이 존재하면 영향을 받는 것으로 하였다.

- 인접건물의 기초형식이 존재해도 말뚝 기초일 경우, 굴착에 의한 영향을 거의 받지 않는다. 하지만 말뚝의 횡방향 이동을 고려할 필요가 있다.
- 울산달동·삼산 연약지반의 특성은 일반적으로 해성이토층 퇴적토층이 그러하듯이 연약층중간에 중간지지층이 존재하는 곳이 있다. 그런데 이러한 중간지지층은 그 두께가 장소에 따라 차이가 나기 때문에 중간지지층은 모래 자갈층으로 두께가 5m 이상인 층으로 정의하였다.
- 저층(1~3층) 또는 중저층(4~5층)건물은 중간지지층이 있을 경우, 말뚝선단을 중간지지층에 지지해도 무방한 것으로 하였다.
- 진동 및 소음은 거리에 따라 저진동 및 저소음공법을 선택하도록 하였다.

3.4 선정될 기초형식 및 공법들

전 절(3.3절)과 같은 주요 기초공법 선정조건들을 근간으로 하고 신축건물의 여러 조건(건물층수, 면적, 구조형식, 지하층형식, 인접도로, 인접건물현황)들과 해당대지의 지반구조를 조건으로 하여 그림 3과 같은 기초공법(지하층설치방법, 기초지지공법)들 중에서 적절한 공법을 선정하였다.

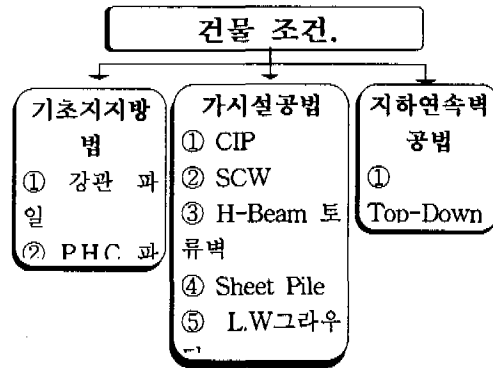


그림 3 건물조건, 지반조건에 따르는 각종 기초공법

3.5 기초선정 흐름도

전 절에서와 같은 건물여건(3.3절)에 따라서 다양한 형식 및 공법 종류(3.4절)중 어떤 공법을 선정할 것인가를 선정하는 그림 4와 같은 흐름도를 작성하였다.

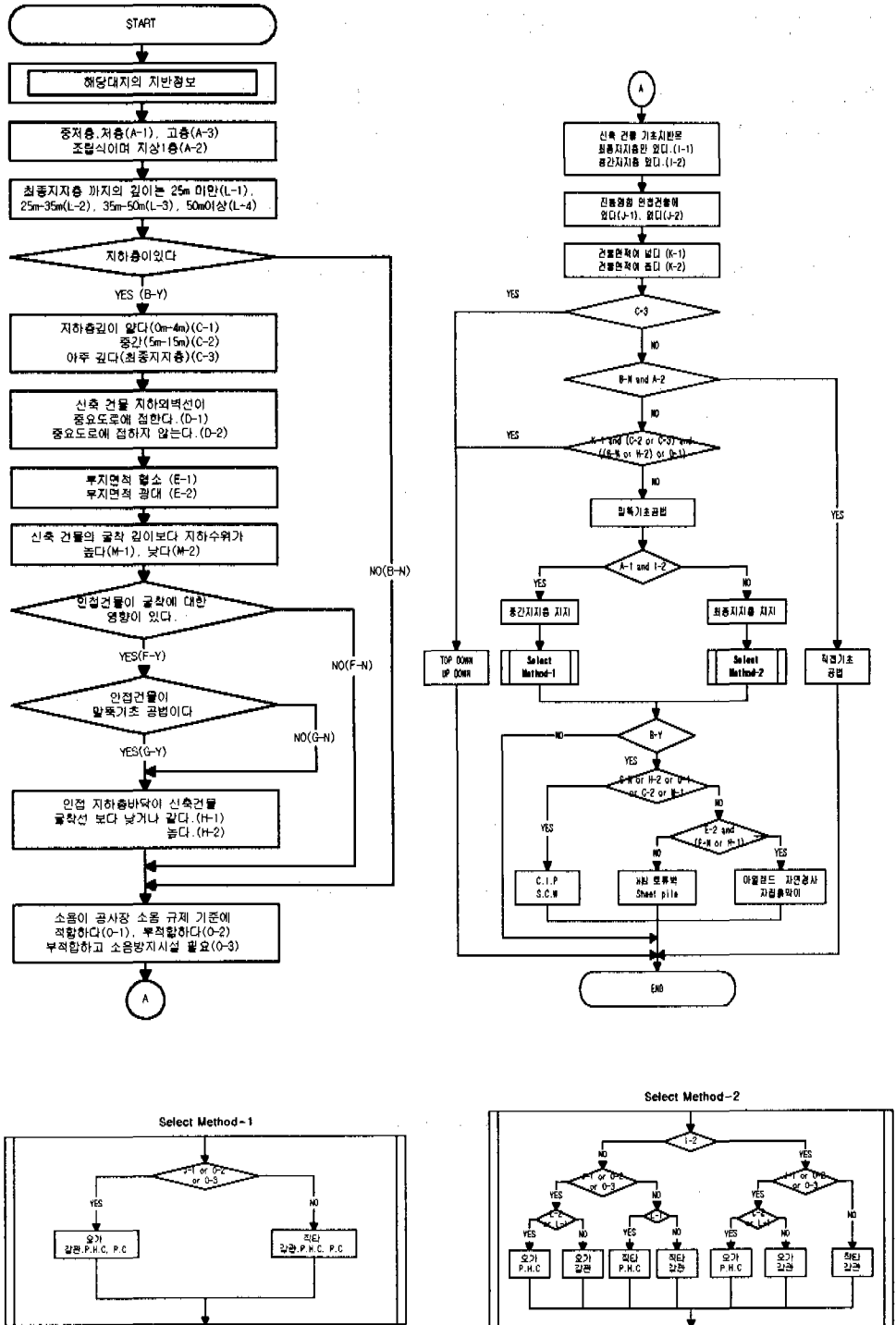


그림 4 각종 기초공법선정 흐름도

4. 시스템 적용 예

울산 삼산달동의 임의 장소에 실시될 건축물 기초공사에 본 시스템을 아래의 조건으로 적용하여 보고자 한다.

● 건물조건

- 해당대지 지번:1360-10번지 (대표지적좌표: 229.96, 226.46)
- 건물층수:지상7층, 지하2층
- 구조형식:R.C 라멘조
- 부지크기:18 × 18.4
- 인접건물과의 수평거리:4m
- 인접건물보다 기초하부면이 높다, 낮다 : -3m
- 인접건물이 말뚝기초이다, 아니다 : 말뚝기초이다
- 지하층의곽선에서 중요도로 까지 거리 : 4m

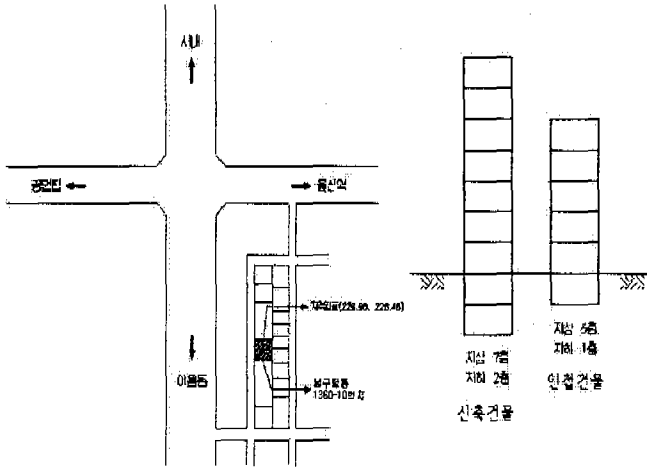


그림 5 신축건물정보

본 시스템을 이용하는 2가지 방법이 있다. 프로그램의 최상단에 있는 메뉴를 이용하는 것과 또 한가지는 툴바에 있는 아이콘을 사용하는 것이다. 순서대로 첫 화면인 그림 6에서 전체지도를 선택하면 그림 7과 같은 창이 나타난다.

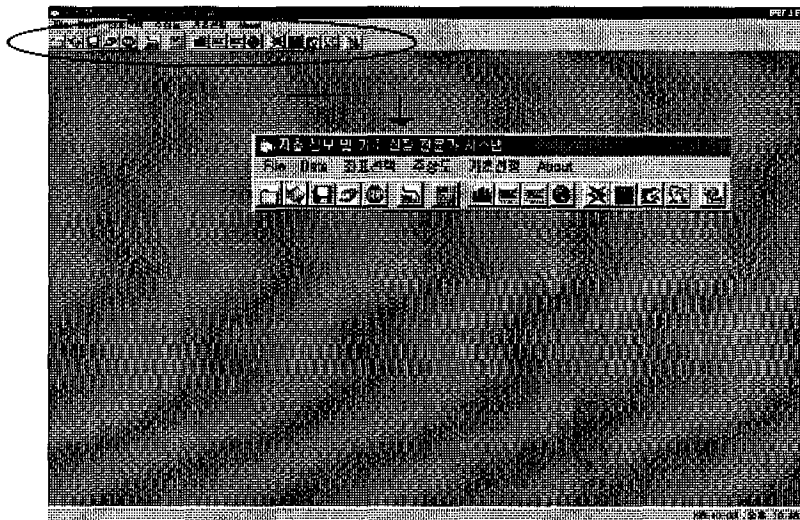


그림 6 시스템 초기 화면



그림 7 전체지도

그림 7 전체지도에서 건물기초공사가 실시될 한 지역을 클릭하면 그림 8과 같은 창이 나타난다.

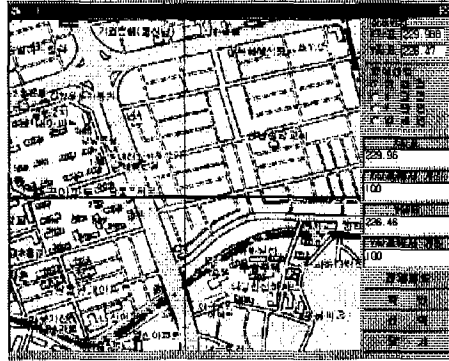


그림 8 신축구조물 위치선택 창

이 창에서 건축예정지를 마우스로 정확히 클릭하거나 지번을 키보드로 입력한 뒤, 형식 선택에서 한지점 선택하면 그림 9가 나타난다. 그림 9의 지층정보는 건축예정지의 좌표에서 가장 가까운 곳의 보링주상도를 보여준다.

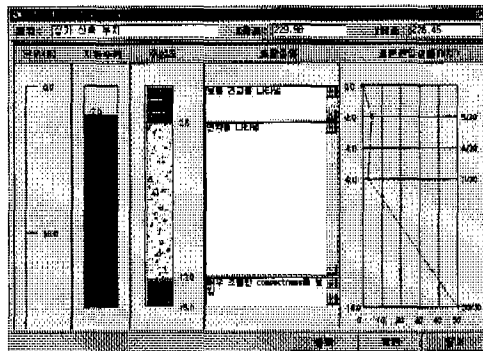


그림 9 한지점에 대한 지층정보 창

또한 X나 Y형식을 선택하면 아래 창이 나타난다. 그림의 윗 부분은 지층정보의 평면도를 나타내며 아래부분은 측면도를 보여주는데 이 측면도에서 개략적인 지층형상을 알 수 있다.

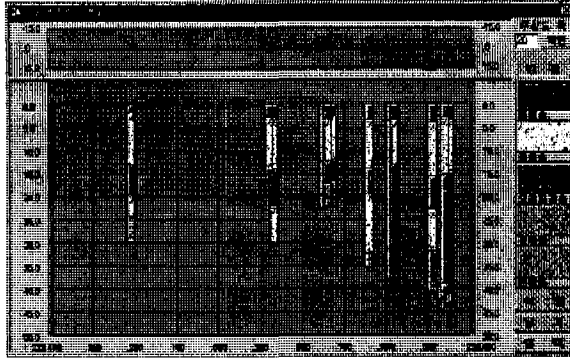


그림 10 한단면에 대한 지층정보 창

그림 11과 12에서 그 지점의 암반선도 및 전체 암반선도를 보여준다.

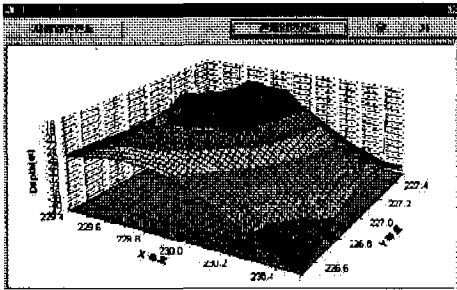


그림 11 한지역에 대한 지층 암반선도 창

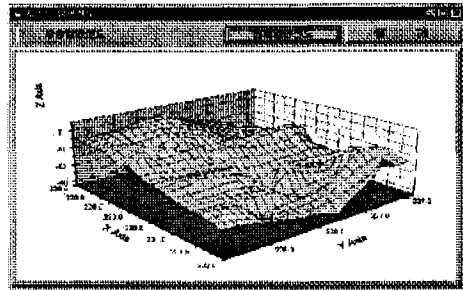


그림 12 한지역의 전체 암반선도 창

그림 13에서는 지질데이터를 추가, 삭제, 수정, 조회를 하는 창이다.

그림 13 지질데이터 입·출력 창

이로써 지질데이터가 입력되어 아래 그림 14창이 나타나면, 이 창에서 신축건물 조건 및 주위환경 조건들을 입력한다.

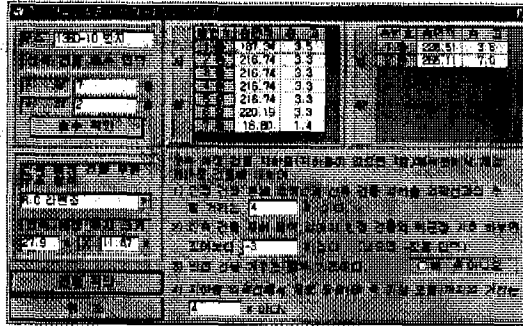


그림 14 신축건물 조건 및 주위환경 입력창

입력이 끝난 뒤 전체확인을 클릭하면 컴퓨터가 가장 적절한 기초형식을 선택해 준다. 그림 15는 전문가시스템인 CLIPS6.1이 실행되어 종료된 창을 보여준다.

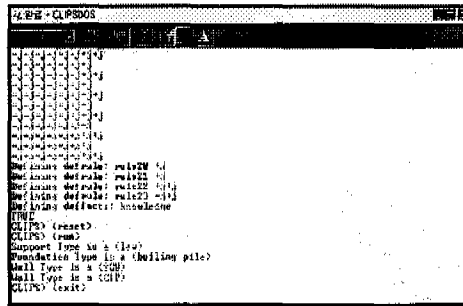


그림 15 전문가 시스템 실행종료 창

그림 16은 결과창으로써 개략적인 판정 조건과 선정된 기초형식을 보여준다.

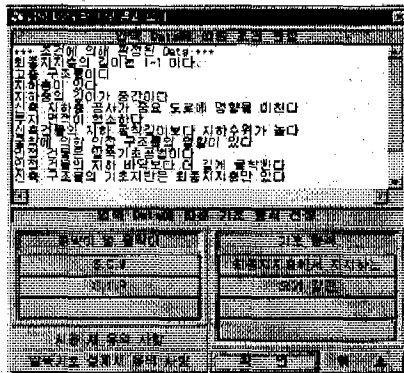


그림 16 기초선정에 대한 결과 창

여기서 선정된 기초형식에 대해 좀더 알고 싶으면 해당하는 기초형식에서 마우스로 클릭하면 상세 설명창이(그림 17) 나타난다. 이 상세 설명창에서 모르는 용어나 단어가 나올 경우에도 역시 마우스로 클릭하면 설명창이 나타난다.

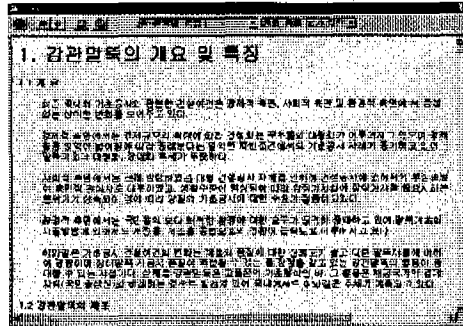


그림 17 선정된 공법에 대한 상세설명창

신축 건물 예정지 : 1360-10 번지

X 좌표 : 229.96 Y 좌표 : 226.46

*** 사용자 기본 입력 Data ***

신축 예정 건물은 지상 7층이다.

신축 예정 건물은 지상 1층 면적은 187.34 M²이다.

신축 예정 건물은 지하 2층이다.

신축 예정 건물은 지하 1층 면적은 228.51 M²이다.

신축 예정 건물의 주된 구조형식은 R.C 라멘조이다.

신축 예정 부지의 크기는 331.17 M²이다.

신축 예정 건물 지하층(지하층이 없으면

1층)외곽선에서 제일 가까운 건물에 대하여

인접 건물 본체 외곽선과 신축 건물 지하층(지하층이

없으면 1층) 외곽선과의 수평거리는 4.00 M이다.

신축 건물 지하 굴착 깊이가 인접 건물의 최근접

기초 하부면 깊이보다 -3.00 M높다(낮다).

인접 건물 기초는 말뚝 기초이다.

지하층 외곽선에서 중요 도로(8M 폭 이상

도로)까지의 거리는 4.00 M이다.

지하 수위의 깊이는 2.00M 이다.

모래자갈층의 깊이는 2.00 이다.

최종지지층의 깊이는 15.50M 이다.

*** 조건에 의해 판정된 Data ***

최종 지지층의 깊이는 1-1 이다.

고층 구조물이다

지하층이 있다

지하층의 깊이가 중간이다

신축 지하층 공사가 중요 도로에 영향을 미친다

부지 면적이 협소하다

신축건물의 지하 굴착깊이보다 지하수위가 높다

굴착에 의한 인접 구조물의 영향이 있다

인접 건물은 말뚝기초공법이다

인접 건물의 지하 바닥보다 더 깊게 굴착된다

신축 구조물의 기초지반은 최종 지지층만 있다

진동 영향 인접 건물이 있다

건물 면적이 좁다

*** 지지 상태 ***

최종 지지층에서 지지하는

*** 기초 공법 ***

오가 강관

*** 흙막이 물막이 공법 ***

S.C.W , C.I.P

그림 18 Out file 내용

그림 18은 Out file 내용이며 신축예정지 위치, 사용자가 입력한 데이터, 기초형식이 판단된 조건, 선정된 기초형식 및 흙막이, 물막이 공법을 보여준다.

5. 결 론

본 연구를 수행함으로써 다음과 같은 결과와 기대효과를 얻었다.

- 울산 달동·삼산 지반 전체의 지반구조에 관한 정보를 획득하고 체계화하였다.
- 건물신축시 설계단계나 구상단계에서의 지반조사 보령을 최소화 할 수 있도록 하였다.
- 신축건물의 여러 조건을 컴퓨터에 입력하면 적절한 기초형식 및 공법을 선정·출력하도록 하였다.
- 본 시스템이 선정하는 기초형식 및 공법에 전적으로 의존하는 것은 무리가 있으나, 설계·시공 단계에서 시행착오를 줄이는데 많은 도움을 줄수 있다.
- 본 시스템은 인터넷을 이용하여 국내는 물론 국외에서도 이용할 수 있도록 하므로써 정보교류의 활성화, 집적화에 기여할 수 있다.

참고문헌

1. 방명식 “전문가 시스템과 교량설계” 대한토목학회지 제36권 1988. 2
2. 조병후 “건설공사 관리분야에 있어서 Expert System의 이용에 관한 기초적 연구” 한양대학교 건축학과 박사학위논문 대한건축학회논문집 2권 6호 통권8호 1996. 12
3. 이재연 “철골구조설계 지침서로서의 Hyperdocument에 관한 고찰” 울산대학교 토목·환경공학부 석사학위논문 한국전산구조공학회 10권 2집(통권19호)
4. 이윤배, “전문가시스템”, 홍릉과학출판사, 1997
5. 박연수 이두영 “건설진동의 영향평가 및 대책” 대한건축학회지 33권 3호 통권148호 1989. 5
6. AD Mcgettrick, Jvan Leeuwen, “Peter Jackson Introduction to Expert System second edition”, Addison-Wesley Publishing Company, 1990
7. Joseph L. Hellerstein, David A. Klein, Keith R. Milliken, “Expert System in Data Processing”, Addison-Wesley Publishing Company, 1990
8. Donald A. Waterman, “A Guide to Expert System”, Addison-Wesley Publishing Company, 1985