

하이퍼텍스트-전문가 시스템 결합 기법에 관한연구

- 콘크리트 시공에의 응용을 중심으로

An Investigation into Combined Hypertext-Expert System
Techniques focused on The Application to Concrete Practice

鄭永植 *

Chung, Young-Shik

柳德容 **

Ryu, Duk-Yong

ABSTRACT

Expert systems represent the application of artificial intelligence research that is at least 10-15 years old. It may well take another 5-10 years before the present technology is exploited by industry. The objective of this paper is to show the applicability of Combined Hypertext-Expert System Techniques to the professionals working in the construction industry. Expert systems alone don't give the user any control over the system. Hypertext systems that focus only on displaying messages have the opposite problem. While they allow the user to control the system, the only control the system designer has is in setting up the hypertext links. Therefore the combination of these two techniques, offered by KnowledgePro, may bring us closer to real user-expert communication. The system developed in this work offers information on ACI Manual concerning various problem areas in concrete practice, consultation about mix design of concrete and guidance to identify types of cracks in concrete. Once the type of crack is identified through the rule-based knowledge, the system provides the user with remedial measures through the control of the user.

1. 서언

인공지능(Artificial Intelligence - AI)에 관한 연구가 1950년 후반에 시작된 이래 1970년대 중반에 이의 한 응용분야로서 전문가 시스템(Expert System)이 그 모습을 나타 내었다. Shortliffe(1976)¹⁾의 MYCIN이 흔히 최초의 전문가 시스템으로 지칭되고 있으며 이후 광물탐사 시스템인 PROSPECTOR가 공학에 있어서 이 기법의 활용 가능성을 제시 하였다. 최초로 건설산업에서의 활용에 기여한 바는 Bijl 등(1979)²⁾의 CAD에서의 declarative programming의 사용과 Lansdown(1982)³⁾의 저서로 지적되고 있다.

본연구는 KnowledgePro⁴⁾가 제공하는 Hypertext와 Expert System 결합 기법의 유용성을 보이고자 하였으며 콘크리트 시공에 관여하

는 기술자들에게 실질적인 도움이 될 수 있는 System을 개발하였다. 콘크리트 시공에 관련된 방대한 양의 ACI Manual에 접근이 용이하도록 분류 정리 하였고 배합설계에 필요한 정보를 제공하거나 직접 배합설계를 제시하도록 하였다. 또한 콘크리트는 굳지 않은 상태에서 건 굳어진 상태에서건 간에 균열을 일으키기 쉬운 속성을 갖고 있고 건설현장에서는 이 균열의 원인 규명과 조치사항의 강구에 어려움을 겪고 있는 점을 감안하여 균열의 유형을 판별할 수 있는 Knowledge Base를 구축하였고 이로부터 유형이 결정되면 이용자의 요구에 따라 그 원인과 조치사항을 알아낼 수 있도록 Hypertext Link를 설정하였다.

2. 건설산업에서의 Expert System의 활용

건설산업에서 Expert System 활용에 관한 연구가 최근 활기를 띠고 있으며 많은 문헌과 학술회의의 논문집⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾이 나오고 있다. 구

* 정희원 울산대학교 토목공학과 교수

** 울산대학교 대학원 석사과정

조해석 및 설계분야와 건설관리 분야가 주종을 이루고 있으며 특히 USACERL (U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory) 에서는 건설관리 분야와 설계/시공 종합 시스템의 개발에 역점을 두고 있다고 한다. CODES¹⁰⁾와 CGS¹¹⁾는 거의 개발이 완료된 것으로 알려져 있으며 실용화를 위한 현장 시험을 거치고 있다고 한다.

Expert System이란 그 핵으로서 특정 문제 영역의 Knowledge Base와 이 핵과 이용자와의 중간에서 추론의 기능과 Interface의 기능을 담당하는 Shell Program으로 이루어진다. Shell Program은 동일한 것이되 다른 Knowledge Base를 핵으로 함으로서 다른 문제의 영역을 다룰 수 있게 된다. 물론 문제의 범위와 성질에 따라 적절한 Shell Program이 선택되어야 할 것이다. PC용 Expert System의 개발 도구로서 시판되고 있는 것 중에는 \$10000 내외의 KEE, ART, GOLDWORKS등이 있으며 \$1000 - \$2000 정도의 KnowledgePro, 1st Class등이 있다.

3. Hypertext-Expert System 결합기법 - KnowledgePro

Knowledge Garden Inc. 가 내놓은 Knowledge Pro는 최초로 Hypertext와 Expert System을 결합시킨 기법이다. Rule-Based Shell은 문제에 대한 해답을 구하는데 초점을 두지만 이 기법에서는 이용자-전문가 간의 대화의 관점으로 부터 지식의 표현을 시도 하였다. 미리 정해진 구조에 따라야 하는 제약이 없이 직접 전문가와 대화 할 수 있도록 하는 고급언어의 필요성을 강조한 것이다.

3.1 Hypertext

대개의 Expert System Shell이 제공하는 WHY Command는 이용자를 위하기 보다는 오히려 그 시스템의 설계자 에게만 유용한 경우가 많다. 표현하고자 하는 지식이 더욱 복잡해지고 따라서 완벽한 체계를 갖지 못하면 어떤 결론 뒤에 감추어져 있는 논법(reasoning)은 점점 복잡해지고 이용자에게는 별로 유용하지 못하게 된다.

Hypertext 기법은 화면에 전개되는 질문이나 언급중에서 Hypertext Concept로 Mark된 부분(words or phrases)에 대한 더 많은, 더 상세한 정보를 이용자의 요청에 따라 얻어낼 수 있도록 한다. 따라서 이용자의 관련 분야에 대한 지식의 정도에 따라 화면에 전개되는 정보의 양과 상세함의 정도를 이용자 스스로 선택할 수 있도록 한다.

3.2 Hypertext와 Expert System의 결합

Expert System 만으로는 이용자에게 선택권을 제공할 수가 없다. 다시 말하면 어떤 문제에 대한 해답을 찾아가는 경로가 System의 질문에 대한 이용자의 대답에 따라 완전히 결정되므로 동일한 해답을 하였을 경우 항상 똑같은 경로를 밟아 해답에 이르게 된다. 한편 Hypertext System은 화면 메시지를 전개하는데 초점을 두므로 Expert System과는 상반되는 문제점을 갖고 있다. 즉 Hypertext System은 이용자에게 선택권을 허용하지만 시스템 설계자는 단지 Hypertext의 연결관계를 정하는데 선택권이 한정된다.

따라서 이 두 기법의 결합으로서 진정한 이용자-전문가 대화에 더 가까이 접근 할 수가 있다. 시스템 설계자는 이용자의 Hypertext 선택에 따라 질문을 하거나 충고를 제공하게 되며 화면에 전개 될 정보의 수준과 방향에 대한 통제를 할 수가 있다. 예를 들면 어떤 이용자가 어떤 Hyertext를 선택하였을 때 Knowledge Base의 새로운 부분이 호출되어 이용자에게 질문을 하고 이 질문에 대한 해답에 따라 이용자가 원하는 해답을 줄 수가 있다. 만일 이용자가 그 해답을 미리 알고 있었다면 이 부분의 Knowledge Base는 호출될 필요가 없으며 이 이용자는 그 Hypertext를 선택하지 않았을 것이다.

3.3 Topic

Topic은 KnowledgePro의 중핵으로 하나의 주제(subject or theme) 또는 일편의 지식이다. Topic은 구조적 조직이나 정보의 저장에 공히 사용되며 아래와 같은 기능을 수행 한다.

- (1) Procedure와 같이 Commands를 포함할 수 있다.
- (2) 변수처럼 값들을 저장할 수 있다.
- (3) 함수처럼 값을 되돌려(return) 줄 수 있다.
- (4) Frame과 같이 속성을 부여 받을 수 있다.
- (5) Parent와 Children을 가질 수 있으며 값을 물려 받을 수 있다.
- (6) System Commands와 같은 역할을 할 수 있다.
- (7) Hypertext와 연계할 수 있다.
- (8) 계층적 구조를 형성할 수 있다.

4. Concrete 시공을 위한 Advisory Expert System의 개발

콘크리트는 오렌세월 동안 광범위하게 사용된 건설 재료로서 꾸준히 그 질이 개선되어 오늘날 볼 수 있는 고품질의 구조용재료의 자리를 잡았다. 설계 및 시공기술의 발전과 더불어

어 콘크리트 질의 향상(고강도, 경량)은 계속 이어질 것이며 금후 모든 종류의 구조물(고층, 장경간 구조물, 해양구조물, Pressure Vessel 등)에 콘크리트가 쓰여질 것을 전망하는 사람도 있다.

건설 기술자는 누구나 콘크리트를 다루게 되나 대부분 현장에서 제조되는 이 콘크리트의 전 제조과정 즉 배합설계, 계량, 혼합, 타설, 양생의 모든과정을 정확하게 이해하고 실행하기가 그렇게 쉬운 일은 아닌것 같다. 더욱이 해외공사를 수행하는 경우 콘크리트 품질 관리에 많은 문제점이 노출되고 있는바 본 Expert System은 콘크리트 시공과정에서 야기되는 문제의 해결에 도움이 될 수 있도록 설계된 것이다. 야기된 문제에 따라 ACI Manual¹²⁾의 어느 부분에서 해결책을 찾을것인지를 안내하고 부분적으로는 Consultation을 통하여 문제의 해결책을 직접 제시하도록 하였다. 이러한 종류의 Expert System 개발을 위하여 Hypertext-Expert System 결합 기법이 매우 적당한 것으로 판단되어 Shell Program으로 KnowledgePro를 선택하였다.

4.1 Advisory Expert System의 구조

Fig. 1 은 이 Advisory Expert System의 전체적인 구조를 보이고 있다. 콘크리트 시공에 관련한 모든 문제를 영역별로 구분하고 이를 계층적으로 조직 하였다. 콘크리트 시공에 관한 문제를 크게 6 가지로 구분하고 다시 하위 계층으로 내려 가면서 최하위의 문제영역에 관련되는 ACI Manual의 번호와 제목을 알아볼 수 있도록 Hypertext로 연결 하였다.

문제의 범위가 너무 방대하여 대부분의 문제영역은 ACI Manual의 번호와 제목을 연결 하는데 그쳤지만 부분적으로는 해당 ACI Manual의 안내를 한다거나 요점을 지적 하기도 하였다. 한가지 문제 영역에 관련하는 여러개의 ACI Manual이 있을 수 있으므로 각각의 Manual에 대하여 그 목차나 내용의 일부를 안내하는 일이 Hypertext를 통하여 언제나 가능하다. 또한 배합설계와 균열의 유형을 판별할 수 있는 Expert System을 첨가하였다. KnowledgePro에 의해 개발한 Expert System은 그 확장성이 우수하여 다룰 수 있는 문제의 영역을 넓히거나 다양화 하는 일이 매우 용이한 일이다.

4.2 배합설계를 위한 Expert System

Main Menu에서 Properties of Concrete를 선택하고 다시 Mix Design of Concrete를 선택하면 Mix Design과 관련된 ACI Manual 211.1-89, 211.2-81, 211.3-75가 제목과 함께 나타나고 Mix_Design이 Hypertext로 나타난다. 여기서 Mix_Design을 선택하면 설계의 조건을 묻고 이에 응답하면 ACI Manual 211.1-89가 추천하는

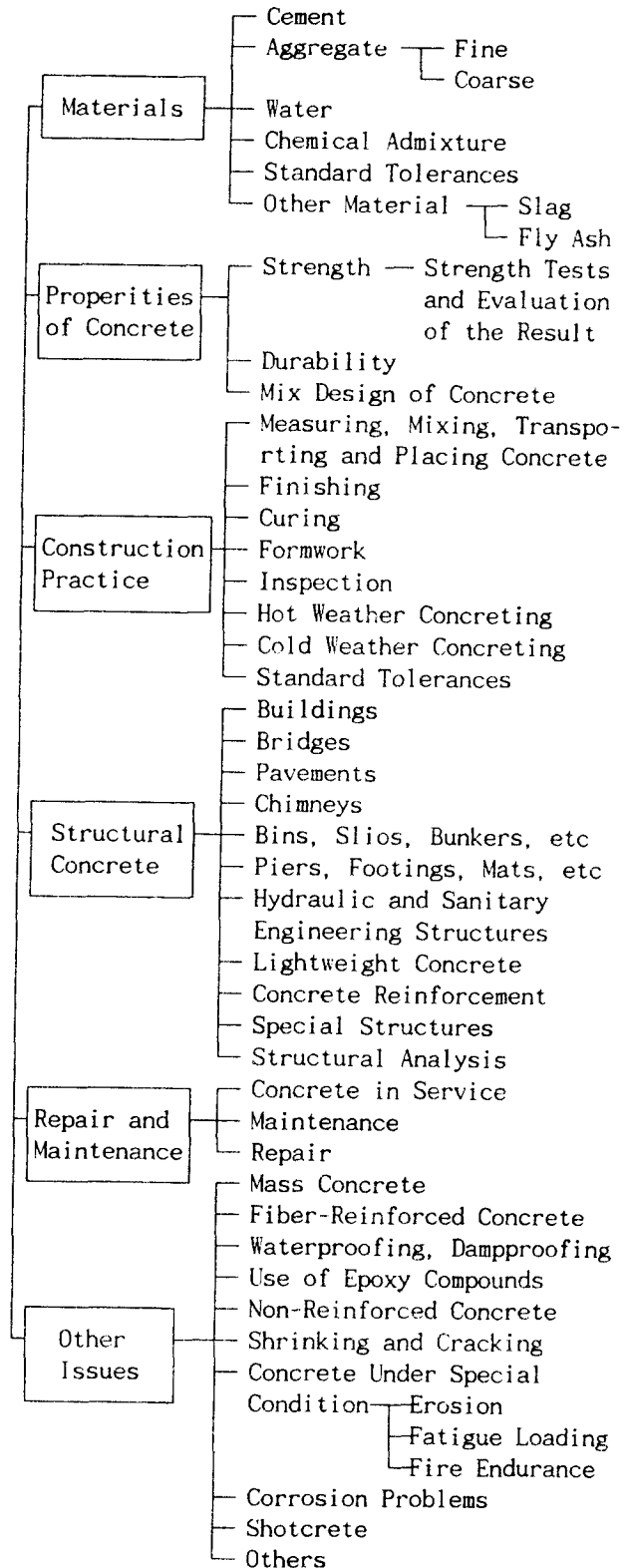


Fig. 1 The Structure of Advisory Expert System for Concrete Practice

바에 따라 배합설계를 하게된다. 만일 ACI Manual이 추천하는 바와는 다른 Slump, 단위수량 또는 물-시멘트 비를 선택하고자 할 때는 ACI Manual이 추천하는 값들을 Table을 통하여 먼저 열람한 다음 이용자가 선택 하도록 되어 있다.

ACI 뿐 아니라 KS와 BS등 여러가지 CODE별로의 콘크리트 배합설계를 위한 전문가 시스템이 참고문헌(13)에서 제시되어 있다.

4.3 균열의 유형을 판별하는 Expert System

Main Menu에서 Other Issues를 선택하고 다시 Shrinking and Cracking을 선택하면 이에 관련된 6 가지의 ACI Manual의 번호와 제목이 나타나고 Type_of_Crack이 역시 Hypertext로 나타난다. 여기서 Type_of_Crack을 선택하면 균열의 유형을 판별하는 Expert System을 호출하여 문제가 된 균열의 유형을 판별하고 다시 Hypertext의 연결에 의하여 그 균열의 발생원인, 예방을 위한 조치 및 보수의 방법을 제시 받을 수 있다.

본 시스템에서 판별할 수 있는 균열의 유형은 아래와 같으며 그 판별 방법은 참고문헌(14)에서 제시하는 바에 따른다.

- (1) Plastic Settlement Crack
- (2) Plastic Shrinkage Crack
- (3) Crazing
- (4) Thermal Contraction Crack due to External Restraint
- (5) Thermal Contraction Crack due to Internal Restraint
- (6) Drying Shrinkage Crack

이상의 균열 이외에 철근의 부식, 알카리 골재반응, 거푸집의 침하, 로반의 침하 등 여러 가지 원인에 의한 균열과 구조적인 균열이 있으나 발생의 사례가 드물거나 쉬히 판별할 수 있는것 아니면 Expert System으로서는 판별이 너무 어려운 것들로 본 시스템의 대상에서 제외 하였다.

균열의 유형을 판별하는 경로가 Fig.2 에 나타나 있다. 균열의 유형을 판별하는데 가장 관건이 되는 것은 그 균열이 언제 발생하였느냐인데 불행히도 이것이 명확하지 않는 경우가 많다. 따라서 균열의 위치와 모양, 구조요소의 유형, 주위환경(기후, 기초, 거푸집등)등 모든 여건을 감안해야 할 경우가 많다.

Fig.3 에서는 균열의 유형을 판별하는 Logic Diagram을 나타내었다. 전술한 바와 같이 균열이 발생한 정확한 시간을 알지 못하는 경우가 대부분이나 균열 발생 시간이 유형을 판별하는데 가장 중요한 요소이므로 제일 먼저 균열이 어느시간 이후 그리고 어느시간 이전에 발생하였는지를 알아야 한다. 다음 균열 발생의 시

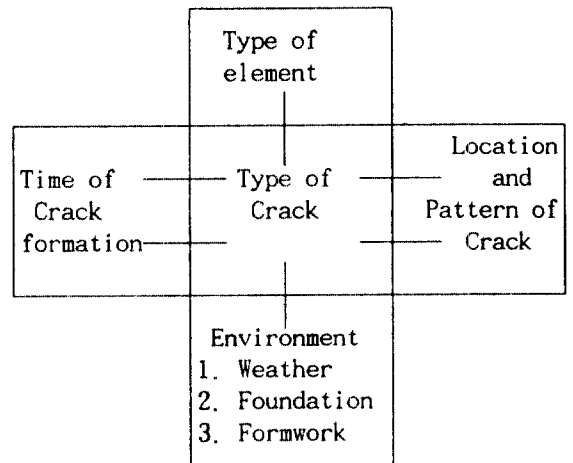


Fig. 2 Approaches to Identify Type of Crack

간대에 따라 적절한 Topic을 호출하여 균열의 유형을 판별하게 되는데 각 Topic의 기능은 아래와 같다.

- (1) Topic plastic
균열의 모양과 위치에 따라 Plastic Settlement 인지 Plastic Shrinkage인지를 판별한다.
- (2) Topic plashr
Plastic Shrinkage의 여부를 판별한다.
- (3) Topic sett_shr
Topic plastic에서 Crack Pattern이 p7만이 선택되었을 경우 Plastic Settlement 인지 Plastic Shrinkage인지를 판별한다.
- (4) Topic thermal
External Restraint에 의한 Thermal Contraction Crack인지, Internal Restraint에 의한 Thermal Contraction Crack인지, 또는 Crazing인지를 판별한다.
- (5) Topic ther_dry
위 Topic thermal의 세가지 유형과 Drying Shrinkage Crack중에서 판별한다. 이때 단면의 크기, 균열이 전 단면을 관통했는지 여부와 기후조건이 고려되어야 한다.

Fig.3 에서 보인 바와 같이 균열 발생의 시간대에 따라 두개의 Topic이 호출 될 수도 있으며 한 Topic에서도 둘이상(thermal 및 ther_dry에서)의 유형으로 판별 될 수도 있다. 따라서 Logic Diagram의 최종 Block에서는 복수의 유형으로 판별되는 것이 항상 가능하다. 이때 이용자는 판별된 각 유형의 균열에 대하

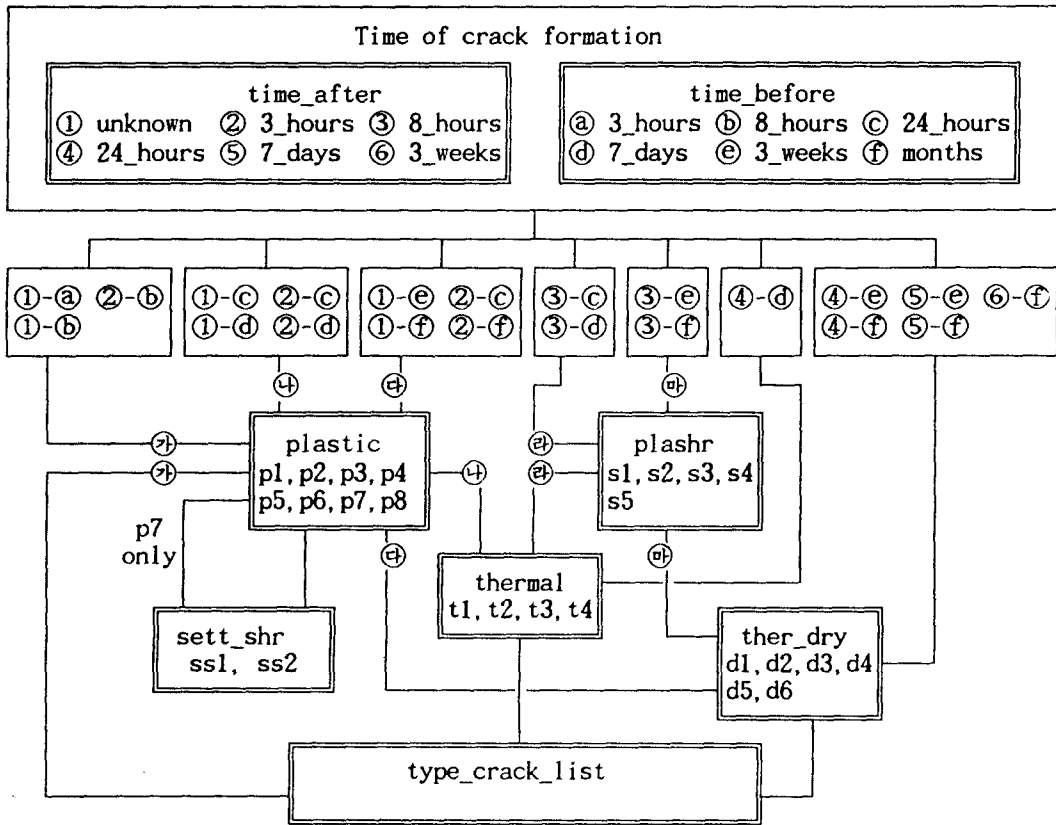


Fig. 3 Logic Diagram for Identifying Type of Crack

여 그 발생 원인등을 조회해 봄으로서 판별된 유형의 진위를 판단해야 할 것이다. 또한 어떠한 유형으로도 판별되지 않을 경우가 있다. 이 경우는 본 시스템의 판별대상에서 제외된 유형일 가능성이 많으며 때에 따라서는 균열의 유형 판별을 한번 더 시도해 보는 것도 좋을 것이다.

5. 결론

본 연구에서 콘크리트 시공을 위한 Advisory Expert System 개발에 이용한 Hypertext-Expert System 결합기법은 이용자에게 방대한 정보를 제공할 시스템을 점진적으로 구축하는데 매우 적합한 기법임을 알수있다. ACI Manual 전편에 수록된 정보는 실로 방대한 양이나 이를 점진적으로 시스템에 포함시켜 나갈 수 있음을 보였다. 또한 이미 구축한 시스템에 대해서도 실무에 적용해 본 경험을 토대로 이를 수정 보완하는 것이 항상 가능하다.

본 연구에서 개발한 Non-structural Crack의 판별을 위한 Expert System은 콘크리트 공사

도중 발생한 균열의 원인 규명과 사후처리에 적절하게 사용될 수 있을 것으로 믿어진다. 콘크리트는 그 속성상 균질한 상태에서 건조한 상태에서 건조 균열을 발생하기 쉬우며 건조 실험장은 원인이 불분명한 균열을 일으킨 콘크리트를 받아들이지 않는 것이 상례이다. 필자가 경험한 바 균열을 일으킨 콘크리트에 대한 건설 기술자의 반응은 매우 다양하였으며, 그들로 하여금 균열 발생의 정확한 원인을 알아내고 적절한 조치를 취할 수 있는 능력을 길러주고 그 방안을 제공하는 것이 금후 건설 기술의 발전을 위하여 매우 중요한 일이다. 사실 본시스템은 균열의 유형 판별에 그치는 것이 아니라 그 원인과 사후처리 방안을 제시하므로 이 시스템을 이용하는 기술자의 훈련에 큰 도움이 될 수 있다.

본 시스템의 확장 가능성은 무한하다. ACI Manual에 수록된 방대한 정보를 이용자에게 편리한 방법으로 제공할 수 있으며 콘크리트 구조물 설계나 시공상의 문제점에 대한 해결방안을 제공하는 Expert System을 얼마든지 심어 넣을 수 있다.

참고 문헌

- 1) Shortliffe, E.H., Computer-Based Medical Consultation: MYCIN, Elsevier/North Holland, NY, 1976.
- 2) Bijl, A., Stone, D. and Rosenthal, D., Integrated CAD Systems, EdCaad, Edinburgh, University, 1979.
- 3) Lansdown, J., Expert Systems, RIBA, London, 1982.
- 4) Thompson, B. and Thompson, B., KnowledgePro, Knowledge Garden, Inc., 1988.
- 5) Kim, S.S., Maher, M.L., Levitt, R.E., Rooney, M.F., Siller, T.J., and Richie, S.G., Survey of the State-of-the-Art Expert/Knowledge Based Systems in Civil Engineering, USA-CERL SPECIAL REPORT P-87/01, October 1986.
- 6) O'Connor, M.J., and Garza, J.M. ed., Proceedings: Workshop on Expert Systems for Construction Scheduling, USA-CERL CONFERENCE PROCEEDINGS P-87/13, August 1987
- 7) USACERL, Proceedings: USACERL/ASCE First Joint Conference on Expert Systems, June 29-30, 1988, USACERL CONFERENCE PROCEEDINGS P-89/10, January 1989.
- 8) Topping, B.H.V. ed., Artificial Intelligence Techniques and Applications for Civil and Structural Engineers, CIVIL-COMP PRESS, 1989.
- 9) Allwood, R.J., Techniques and Applications of Expert Systems in the Construction Industry, Ellis Horwood Limited, 1989.
- 10) Sun, R., Rao, G.N., Echeverry, D., and Kim S.S., A Prototype Construction Duration Estimating System (CODES) for Mid-Rise Building Construction, USACERL Interim Report P-91/XX, December 1990.
- 11) Kim, M.P., Claims Guidance System (CGS), U.S. Army Corps of Engineers Construction Engineering Research Laboratory.
- 12) ACI Manual of Concrete Practice 1990 Part 1-5, American Concrete Institute.
- 13) 장승규, 권영호, 양은익, 조철근, 박철림, "콘크리트 배합설계를 위한 전문가 시스템 개발", 콘크리트학회 논문집, 제3권 제2호, 1991, 6
- 14) Non-structural cracks in concrete, Report of a Concrete Society Working Party, The Concrete Society, December 1982.