

구조물 설계에 있어서 데이터베이스 관리 시스템의 응용에 관한 연구

- 철근콘크리트 구조물 설계를 중심으로 -

A Study on the Application of Database Management Systems to the Design of Structures

- Case of Reinforced Concrete Structures -

장 주 흠* · 윤 성 수* · 김 한 중** · 이 정 재***
Jang, Ju Hum · Yoon, Seong Soo · Kim, Han Joong · Lee, Jeong Jae

Summary

In this study, database schema which is capable of maintaining various design-knowledge and applicable to the structural designs has been presented. Furthermore, by utilizing the database system, RECODSS(Reinforced Concrete Design Support System) was developed as well.

Knowledge-base that were formulated from the document is constructed by applying the concrete standard specifications of Korea from 1989. The basic drawing was prepared by AutoCAD™. As an inference in the preliminary design, the certainty function and the interpolation function were presented. The certainty function is made by assuming linear relations between each data while referencing MYCIN™(expert systems). Nevertheless, the interpolation function was made by utilizing the linear Lagrange interpolation. For the search of the design-knowledge, fast search algorithm and full-text search algorithm were used, however, the design engine was programmed with C language. RECODSS was applied for designing a slab and a beam member. And the results were compared with the existing results.

In conclusion, RECODSS was able to efficiently manage various design knowledge and to introduce stable design results.

I. 서 론

일반적인 구조물의 설계는 많은 입력자료를 필

요로 하고 시방서 등에서 제시되는 제약조건을 만족해야 하며, 다양한 설계기준이 동시에 적용되는 경우가 많아 제반 제약조건 상호간의 중복

* 서울대학교 대학원

** 서울대학교 농업개발연구소

*** 서울대학교 농업생명과학대학

키워드 : 슬래브, 설계지원시스템, 설계지식, 데이터
베이스

이나 배치를 검사해야 한다. 특히 철근콘크리트 구조물 설계의 경우, 설계전문가의 경험지식이 많이 요구되고, 단순반복으로 작업량이 많으며 시방서의 근사해법이 일반적으로 통용될 만큼 규명되기 어려운 부분이 많기 때문에 여러 가지 대안을 작성하여 비교, 검토함으로써 경제성과 안전성이 요구되는 설계이념의 달성이 어렵다.^{8,10)}

이러한 구조물의 최적설계를 위하여 초기에는 반복적인 계산과정을 전산화하여 비교 안의 작성을 쉽게 하는 설계 시스템의 개발에 초점이 모아졌으나, 입출력량이 많고 처리해야 할 자료량이 많아 설계시스템의 연산속도가 저하되며, 설계조건 입력이 까다로워 이용이 불편한 것을 알게 되었다.¹⁰⁾ 따라서 설계시스템을 체계적으로 구성하고, 처리해야 할 자료량을 간략화시켜 설계시스템의 연산속도를 향상시키고, 설계의 정확도를 높이기 위하여 전문가시스템, 객체지향 분석방법 등이 도입되어 문제처리 단계에서 객관적 사실을 반복적으로 입력하거나 판단해야 하는 번거로움을 줄였으며, 추론에 의한 적정한 값을 선택하여 세부 설계의 정밀도를 증대하는 등 많은 성과를 거둔 바 있다.^{4,7,9,10,11)} 그러나 전문가시스템은 설계시스템 구성이 복잡하고 일단 시스템이 구성되고 난 뒤에 설계시스템의 수정이 어려우며, 보다 정밀한 설계를 위해 도입하게 된 CAD를 위한 대량의 전산화된 도면자료를 처리해야 하는 등 자료량의 변화가 두드러지게 증가되었으나, 전문가시스템에 이용되는 지식기반을 저장하는 지식기반시스템(Knowledge-base System, KBS)의 기능이 미약하여 뚜렷한 발전을 거두지 못하였다.^{3,6,13)}

이런 문제를 극복하기 위하여 자료처리 기능이 좋고, 확장성이 우수한 데이터베이스 관리 시스템(Database Management System, DBMS)을 자료관리 기구로 이용하여 설계시스템을 구성하려는 연구가 진행되었다.^{2,3,5)} 그러나 이는 설계시스템의 사양이 달라질 때마다 새로운 호환규정

에 의해 자료를 구축해야하는 번거로움이 있으며, 데이터베이스 관리 시스템을 이용하여 관리되고 있는 설계지식이 구조물의 기하학적 구성요소, 단면 및 재료, 하중조건 등 일반적인 수치자료에 국한되어 적용되고 있어, 전문가의 경험, 시방서 등의 문헌지식, 조건과 행위로 구분되는 추론지식 등 설계에 이용되는 다양한 지식들에 대한 통합 관리가 필요하다.

본 연구에서는 구조물 설계에 이용되는 다양한 설계지식을 관리할 수 있는 데이터베이스의 스키마(schema)를 제시하고, 제시된 원칙을 준용하여 철근콘크리트 구조물 설계를 대상으로 이용하도록 한 설계지원시스템을 개발하여 실제설계에 적용함으로써 응용성을 확인하며, 설계지원시스템의 설계 결과를 기존설계 등과 비교함으로써 그 타당성을 검토하고자 한다.

II. 설계지식 기반의 분석과 구축

철근콘크리트 구조물은 재료가 불균일하고 배근상태가 다양하며 시방서의 근사해법이 일반적으로 통용될 만큼 규명되기 어려운 부분이 많아 이용 및 처리해야 할 자료량과 예외 조건이 일반 구조물에 비하여 많으므로 철근콘크리트 구조물 설계와 관계된 설계지식을 분석하고 이를 저장할 데이터베이스 형식이 제시되면 철골 등 다른 구조물의 설계지식 관리에도 적용이 가능할 것으로 판단하여 철근콘크리트 구조물 설계를 적용대상으로 선정, 분석하였다.

철근콘크리트 구조물과 관련된 설계지식은 크게 시방서, 보고서 등의 정형화 내지는 문서화된 문헌지식과 설계전문가의 경험에 의해 제시되는 감각적이고 비정형화된 경험지식 및 설계에 가장 기본적인 확정적이고 수치화된 설계수치지식으로 나눌 수 있다. 능률적인 지식기반의 구축을 위해서는 이와 같은 설계지식의 특성을 분석하여 적절한 조치를 취할 필요가 있다.

1. 설계지식 기반의 분석

가. 문헌지식

문헌지식은 콘크리트 표준시방서, 보고서 등과 같이 설계에 대한 정보가 문헌으로 되어있는 지식으로 설계공식, 적용범위, 제약조건, 경계치 등에 대한 정보를 담고 있으며, 설계지식의 표현 방법에 따라 설계공식 자체가 표시되는 경우와 한글구문이 설계연산 및 공식을 의미하는 경우, 공식과 한글구문이 혼용되어 있는 경우로 분류되며, 본 연구에서는 철근콘크리트 구조물 설계와 관련된 설계법규 지식이 체계적으로 정리되어 있고, 각 설계방법별, 설계요소별로 구분되어 있는 대표적인 문헌지식인 콘크리트 표준시방서를 문헌지식 구축 대상으로 삼았다. 콘크리트 표준시방서내 구문유형은 설계시 적용되는 범위에 따라 설계일반사항, 설계세부사항, 설계검토사항으로 나눌 수 있다.

- ① 설계일반사항은 설계시 필요한 일반적이고 포괄적인 사항을 기술한 구문으로 직접적인 설계절차에는 포함이 되지 않으나 설계시 필수 고려해야 하는 사항들을 말한다.
- ② 설계세부사항은 공식을 이용하여 설계와 계산이 이루어지는 구문으로 설계시 주로 이용되는 부분이다. 설계세부사항은 설계공식과 문장자체가 설계공식을 의미하는 문장으로 이루어져 있고 이를 설계엔진에서 이용하기 위해서는 변환과정이 필요하다.
- ③ 설계검토사항은 설계된 결과가 제약조건을 만족시키는가에 대한 검토를 나타내는 구문으로 검토사항들이 만족되지 못하면 재설계를 해야하며 이러한 설계검토사항은 설계엔진에 의한 설계가 끝난 후 설계법규 검토를 위한 지식으로 이용된다.

나. 경험지식

콘크리트 표준 시방서 등의 문헌지식에서는 설계공식을 제외하고는, 경계치 등 확정되지 않은 수치가 설계지식으로 제공되므로 이 경계치 내의

특정 확정수치를 설계전문가의 견해에 따라 제시해야 한다. 이러한 설계전문가의 경험에 의해 제시되는 설계값들은 빠른 연산, 전문가시스템 등의 활용 및 설계시스템의 성능향상에 꼭 필요한 사항이다. 그러나 경험지식은 주관적인 성격이 강해 지식을 전제부와 결론부로 나눈다면, 전제부가 같더라도 결론부가 틀린 경우가 많이 발생하여 지식모순이 생길 수 있으며,⁶⁾ 전문가의 경력이나 취향, 기준에 따라 지식의 값이 달라지게 되고 전문가와의 인터뷰나 설문조사를 통해 지식을 획득해야 하므로 지식획득이 어렵다. 또한 설계전문가는 경험지식을 제시하는데 있어서 설계 수치뿐만 아니라 대지면적, 지반구조, 건물의 용도 및 기능, 층수, 동선, 설계법규 등의 기초적인 설계조건도 함께 고려하여 추론하므로 기초적인 설계정보로 데이터베이스에 포함시켜 구축하여야 한다.

이러한 경험지식은 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- ① 지식 제시에 대한 주관적 성격이 강하다. 설계자의 경력이나, 기분, 상황 등에 따라 다른 설계지식이 제공될 수 있다.
- ② Back-tracking 현상이 적게 발생한다. Back-tracking 현상은 설계과정 중 제약조건을 만족하지 못해 이전 설계단계로 되돌아가는 현상을 말하며, 설계전문가는 제약조건을 만족하는 설계지식을 일반적으로 전달하므로 Back-tracking 현상이 적어지게 된다.
- ③ 지식 구득이 어렵다. 문헌지식이나 기준설계자료는 보고서, 서적 등을 구할 수 있으나, 설계전문가의 경험지식은 설문조사 및 인터뷰 등을 통해 지식의 구득이 가능하므로 지식 구득이 어렵다.
- ④ 기초적인 설계정보도 함께 고려해야 한다. 건물의 용도, 대지조건, 층수, 동선 등의 설계를 위한 기초정보를 바탕으로 경험지식이 제시되므로 경험지식과 함께 기초정보

도 고려해야 한다.

다. 설계수치 지식

설계수치 지식은 설계에 이용되는 구조물의 기하학적 구성요소, 단면 및 재료, 하중조건, 설계결과 등을 저장한 설계수치들과 설계가 이루어진 배경, 주요제약조건 등의 통계자료들로 구성된다. 설계수치들은 각 유형별로 일정한 형식을 지니고 있으므로 자료 구축이 쉽고 여러 설계결과 및 설계프로그램에 의한 시산에 의해 자료를 비교적 쉽게 구축할 수 있다. 통계자료는 설계의 배경, 설계시 적용된 제약사항들에 대한 정보로 예비설계 등에서 추론에 의한 설계자료 제시때가중치로 이용된다.

설계수치지식은 건축구조물 구성요소로 보, 슬래브, 기둥, 벽체 등 그 대상이 한정되어 있고 각 요소들도 단면정보, 하중정보, 응력 또는 강도정보 등을 공통으로 가지고 있으며 설계에 없어서 안될 자료들이므로 일반설계 프로그램 작성시 주 이용대상이 된다.

이러한 설계결과 지식은 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- ① 구성 형식이 일정하다.
- ② 지식 구축이 쉽다.
- ③ 설계시 꼭 필요한 사항이다.
- ④ 설계결과와 경우 예비설계의 추론을 위한 지식으로 이용된다.

2. 설계지식 데이터베이스의 구축

본 연구에서는 관계형 DBMS인 INFORMIX 4.0을 이용하여 설계지식을 데이터베이스로 구축하며, 철근콘크리트 구조물 설계에 관한 정보를 데이터베이스로 만들기 위해 테이블을 설계하였다.

철근콘크리트 구조물 설계와 관련된 설계지식은 전문적인 바와 같이 문헌지식, 경험지식, 설계수치지식으로 분류되며, 각 지식들간의 원활한 운용과 참조 및 자료의 일관성 유지를 위해 용어사전, 설계공식, 통계자료가 추가로 추출되어 분

류된다. 이러한 지식들을 관계형 데이터베이스 시스템에 저장시키기 위해서는 각 지식들에 대응하는 테이블과 더불어 데이터 구조 및 특성, 데이터들간의 관계를 규정짓는 스키마(schema)를 설계해야 한다. 스키마에는 데이터 개체(entity), 개체의 속성(attribute), 개체 간의 관계(relation)에 대한 정의 및 이에 관한 제약조건(constraint)이 포함되며, 관계는 primary key, foreign key에 의해 정의된다.

구조물 설계지식의 스키마 설계결과는 Fig. 1과 같이 문헌지식 테이블, 설계수치지식 테이블, 공식 테이블, 경험지식 테이블, 통계자료 테이블, 용어사전 테이블, 공식참조 테이블, 재귀호출 테이블, 경험지식참조 테이블 등으로 구성된다. 각 테이블들의 주요 기능은 Table 1과 같다.

Table 1. Main functions of each tables

Table name	Main function
Public knowledge	● Design formula, heuristic knowledge, recursive information
Design variable	● Statistics information of primary constraints
Heuristic knowledge	● Storage for heuristic of design expert
Formula	● Design formula referring dictionary
Dictionary	● Relationship of design variables and formula
Statistics data	● Primary constraints and preliminary design values
Recursion	● Recursive reference of public knowledge table
Reference formula	● Relationship of public knowledge table formula table
Reference heuristic	● Relationship of heuristic knowledge table and statistics table

III. 설계지원시스템

본 연구에서는 II항에서 제시된 데이터베이스 스키마(schema)를 이용하여 철근콘크리트 구조물 설계를 대상으로 설계시 필요한 다양한 기능들을

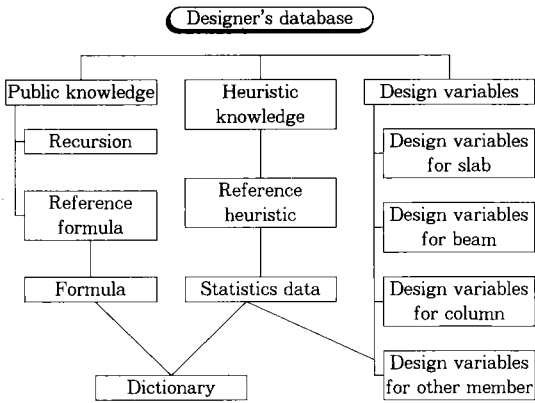


Fig. 1. Structure of database tables

효율적으로 수행할 설계지원시스템(RECODSS)을 개발하였다. 설계지원시스템은 설계입출력 자료를 처리하고, 데이터베이스 관리 시스템에 저장되어 있는 설계지식을 이용하여 예비설계를 수행하며, 설계가 끝난 후 설계법규를 검토하여 설계결과의 적합성을 판단한다. 또한 설계지식을 데이터베이스로부터 추출하여 용도에 맞게 가공, 처리하는 지식생성기를 포함함으로써, 설계지식이 추가되거나 변경되어도 다른 설계모듈들의 변경없이 설계가 될 수 있도록 하였다.

설계지원시스템은 전술된 역할을 수행하기 위해서 다음과 같은 과정을 거쳐야 한다.

- ① 입력자료를 읽고 설계결과 및 설계도면 제시를 위한 I/O처리,
- ② 간단한 입력자료와 데이터베이스 설계지식을 이용한 예비설계처리,
- ③ 설계 엔진, 설계법규검토, 예비설계 등에서 필요한 지식을 데이터베이스로부터 추출하여 제공하는 지식생성기,
- ④ 설계를 수행하는 설계 엔진,
- ⑤ 설계 엔진에 의한 설계가 끝난 후 설계결과의 적합성을 판단하는 설계법규 검토 모듈로 구성된다.

1. I/O처리

I/O(Input/Output) 처리는 사용자로부터 설계

시 필요한 설계자료를 입력받고, 설계 엔진, 예비설계모듈에 설계자료를 전달하며, 설계법규검토, 예비설계를 통한 설계결과를 출력한다.

입력자료는 소량의 설계정보에서 전체 설계정보가 단계적으로 입력되며, 소량의 설계정보를 통해 예비 설계를 수행하여 설계의 윤곽을 파악하며, 전체 설계정보를 이용하여 최종 설계결과를 얻도록 한다.

출력해야 할 설계결과에는 예비설계에 의한 설계결과와 최종설계에 의한 설계결과가 있으며, 각 설계결과의 수치로부터 설계도면을 작성한다. 설계도면은 각 설계부위별로 기본 도면을 AutoCAD에서 작성하고 구조물 규격 및 철근 size 등은 DXF 파일로 변환된 CAD파일의 자료를 설계결과 자료로 대치하여 만든다.

2. 예비설계

설계전문가는 설계를 하기 위한 구체적인 설계 입력 자료가 없어도, 과거의 설계 경험과 지식을 바탕으로 추론에 의해 예비설계를 할 수 있다. 이러한 설계전문가의 경험과 지식 및 추론 기능은 설계시 발생 가능한 오류를 줄임으로써 설계결과의 정확도를 높이고 최종설계의 윤곽 파악 및 설계연산의 속도를 향상시키는 역할을 하게 되며 본 연구에서는 기존의 설계결과자료를 데이터베이스 관리 시스템에 구축하고 확신도 및 보간함수에 의한 추론을 이용하여 예비설계를 수행할 수 있도록 하였다.

확신도는 설계입력자료에 대한 데이터베이스 관리 시스템에 저장된 설계결과자료의 근접성, 유사성을 확률로 표시하여 확률이 높은 설계결과를 제시해주는 역할을 하며, 전염성 혈액질환 진단을 위한 전문가시스템인 MYCIN에서 두 확신도가 양의 값을 가질 경우 새로운 확신도를 계산하는 함수¹²⁾를 참조하였다.

보간 함수는 확률로 표시된 기존의 설계자료를 보간하여 입력 자료에서 원하는 설계결과를 제시해주는 역할을 하며 본 연구에서는 전산화가 쉽

고, 간단한 Linear lagrange interpolation을 보간 함수로 이용하였다.

3. 지식의 검색 및 가공

구조물의 설계지식은 각종 설계공식, 참조표, 전문가의 경험, 설계관련법규 등 여러가지 지식들로 구성되며, 설계기술의 발전이나 법규의 변경, 경험지식의 축적에 따라 주기적으로 지식의 추가나 변경이 포함 된다.

본 연구에서는 설계지식을 데이터베이스 관리 시스템에서 독립적으로 관리하고, 지식생성기(Rule generator)를 이용하여 관련 설계지식을 검색하고, 각 설계지원시스템에서 필요로 하는 형식으로 변환시킬 수 있도록 한다.

이러한 지식생성기는 크게 지식검색과 지식가공으로 분류된다.

데이터베이스 관리 시스템으로부터 설계지식을 검색하는 방법에는 Fast search 방법과 Full-text search 방법이 있으며 본 연구에서는 두 방법을 혼용하여 설계지식을 검색한다. 검색된 설계지식은 설계지원시스템의 각 모듈에서 필요한 형식으로 가공 처리된다. 경험지식은 공식을 통해 구하고자 하는 목적변수를 색인정보로 갖게 하여 설계절차에 따라 순차적으로 지식이 정렬되어 있지 않더라도 설계프로그램에서 필요한 설계지식을 참조토록 가공한다. 용어사전, 설계법규 지식을 이용하는 설계법규 검토 모듈은 설계 엔진에 의해 설계된 수치 및 변수정보를 읽고 용어사전의 변수들과 대응시킨다. 설계법규 지식은 법규에 대한 제약사항을 용어사전의 변수로서 구성하였으므로 법규지식을 순차적으로 호출하여 법규 준수 여부를 검토한다. 설계법규지식 또한 목적변수에 대한 색인 정보를 갖게 하여 참조하도록 한다.

4. 설계법규 검토

설계법규 검토에서는 설계법규 지식과 용어사전 지식을 이용하여 설계 결과의 적합성 여부를

판단한다. 이러한 설계법규 검토는 설계 엔진에 의한 설계결과와 용어사전 지식을 읽어서 설계결과와 각 수치들을 나타내는 변수들과 일치하는 용어사전 변수들을 1:1 대응시켜 용어사전 변수에 수치를 대입시킨 후, 용어사전에 정의된 변수들로 구성된 설계법규 지식들 중 수치가 대입된 변수로만 구성된 법규지식을 검색하여 법규의 적합성 여부를 판단하게 된다.

5. 설계 엔진

설계지원시스템에 의해 관리되는 설계지식을 이용하여 설계를 수행하고 그 적용성을 평가하기 위해서는 설계 엔진 개발이 필수적이다.

설계 엔진에는 설계공식에 의한 일반프로그램, FEM, 전문가시스템 툴 등이 있을 수 있으며 본 연구에서는 설계공식들을 이용하여 철근콘크리트 구조물의 부재 설계를 할 수 있는 설계 엔진을 소스코딩(source coding)에 의해 개발하였다. 설계 엔진은 설계부재별(슬래브, 보, 기둥, etc) 설계 알고리즘을 내장하여 설계가 진행되는 동안 관련된 문헌지식을 출력하여 설계진행상황 및 세부 검토를 위한 자료를 제공하고, 각 설계단계마다 경험지식이 있을 경우 설계공식에 우선하여 이용토록 하였다. 경험지식은 지식생성기에 의해 지식내 주요 객체가 목적변수로 색인되어 있으므로 이 색인 정보를 이용하여 참조된다.

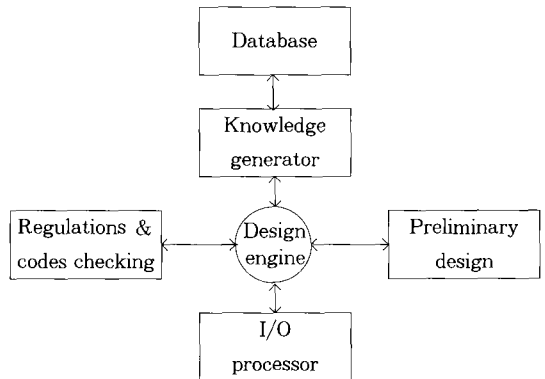


Fig. 2. Structures of RECODSS

Table 2. Input data of slab design

Input data for preliminary design	Design of slab(Area=13 Unit) Constraints : USD : 2-way slab
Input data for member design	l_x : 6.0m l_y : 7.6m w_d : 0kg/m w_l : 625kg/m σ_{ck} : 280kg/cm ² σ_y : 4200kg/cm ² Design method : USD Column type : Beam at all support Dimension of column : Width 35cm, Length 35cm, Height 3.5m Dimension of beam : Width 35cm, Height 50cm

※ l_x : length of short span, l_y : length of long span,
 w_d : death load w_l : live load, σ_{ck} : specified compressive strength of concrete, σ_y : yield strength of steel

IV. 적용 및 고찰

본 연구에서는 관계형 DBMS인 INFORMIX를 이용하여 철근콘크리트 설계에 관련된 지식을 구축하였고 이를 설계지원시스템인 RECODSS에 적용하여 철근콘크리트 슬래브 부재 설계를 하였

다. 설계입력 자료는 예비설계 및 부재설계가 이루어지도록 2가지 유형으로 구분되어 작성하였다.

1. 예비설계 결과

예비설계 입력자료를 이용하여 예비설계를 수행하였으며, 설계결과는 Table 3과 같고 설계도면은 Fig. 3와 같다.

예비설계 결과를 검증하기 위해 예비설계시 적용된 입력자료를 이용하고 나머지 입력자료들은 시산에 의해 구하여 부재설계를 실시하였으며, 이 결과를 예비설계 결과와 비교하였다.

하중 및 강도 조건은 다음과 같은 범위를 설정하여 각 조건마다 3개의 구간으로 구분하여 총 81개 경우의 입력 조건을 만들어 설계를 실시하였다.

$350 \leq w_d \leq 800$
$100 \leq w_l \leq 1000$
$175 \leq \sigma_{ck} \leq 420$
$2400 \leq \sigma_y \leq 5000$

설계결과 중 사용된 최대철근량을 예비설계와 비교하여 Fig. 4와 같이 나타내었다.

Table 3. Results of preliminary slab design

Span	Location	Mu (Tm)	Design span	Moment per unit width (Mu/b)	Design "d" (cm)	Required As (cm ²)	Minimum As (cm ²)	Design As (cm ²)	D10 (EA)	D13 (EA)	D16 (EA)	
Long span	Column strip	Exterior -M	1.49	265.0	0.56	14.0	3.0	8.1	8.1	12	8	5
		Mid +M	4.56	265.0	1.72	14.0	9.3	8.1	9.3	12	8	5
		Interior -M	5.60	265.0	2.11	14.0	11.5	8.1	11.5	15	10	8
	Mid span	Exterior -M	0.59	300.0	0.20	14.0	1.2	9.2	9.2	11	8	6
		Mid +M	7.00	300.0	2.33	14.0	14.4	9.2	14.4	18	12	9
		Interior -M	8.59	300.0	2.86	14.0	17.9	9.2	17.9	20	15	12
Short span	Exterior strip	-M	1.72	132.5	1.30	15.0	3.3	4.1	4.1	6	4	2
		+M	0.93	132.5	0.70	15.0	1.8	4.1	4.1	6	4	2
	Mid span	-M	10.86	460.0	2.36	15.0	20.8	14.1	20.8	26	17	13
		+M	5.85	460.0	1.27	15.0	11.1	14.1	14.1	18	12	9
	Interior strip	-M	3.29	265.0	1.24	15.0	6.2	8.1	8.1	12	8	5
		+M	1.77	265.0	0.67	15.0	3.2	8.1	8.1	12	8	5

그림에서 보는 바와 같이 최대철근량의 범위는

17.6cm²~56.7cm²이며 예비설계에 의한 최대철근량은 20.8cm²이므로 제한된 범위에 포함되며 하한에 치우치는 경향을 보임을 알 수 있다.

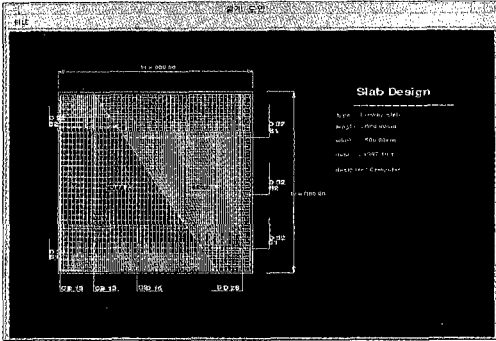


Fig. 3. Slab drawing by preliminary design

2. 부재설계 결과

RECODSS에 의한 슬래브 부재 설계결과는 Table 4과 Fig. 5과 같다.

부재설계결과를 같은 입력자료를 이용한 과거 설계자료와 비교하여 설계결과의 타당성을 검토하였다. 각 항목별 사용 철근량의 비교결과는 Table 5과 같다. 두 설계결과는 철근량에서 최고 1.5%이하의 오차를 나타냈으며 그 외의 수치에

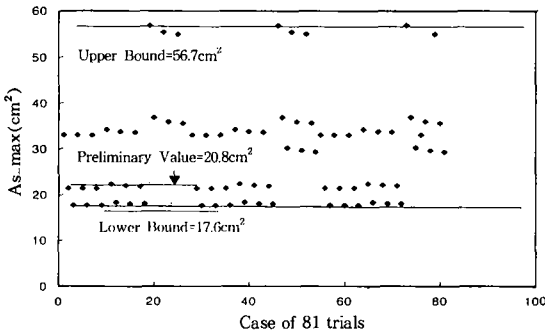


Fig. 4. Comparison of maximum steel quantity between preliminary design and trial design

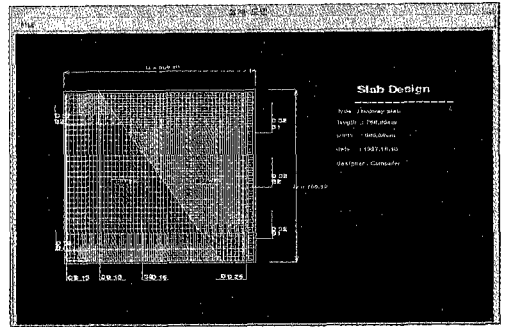


Fig. 5. Slab drawing by member design

Table 4. Results of slab member design

Span	Location	Mu (Tm)	Design span	Moment per unit width (Mu/b)	Design "d" (cm)	Required As (cm ²)	Minimum As (cm ²)	Design As (cm ²)	D10 (EA)	D13 (EA)	D16 (EA)	
Long span	Column strip	Exterior -M	1.49	265.0	0.56	14.0	3.0	8.2	8.2	12	7	5
		Mid +M	4.56	265.0	1.72	14.0	9.3	8.2	9.3	14	8	5
		Interior -M	5.60	265.0	2.11	14.0	11.5	8.2	11.5	17	10	6
	Mid span	Exterior -M	0.59	300.0	0.20	14.0	1.2	9.3	9.3	13	8	5
		Mid +M	6.99	300.0	2.33	14.0	14.4	9.3	14.4	21	12	8
		Interior -M	8.58	300.0	2.86	14.0	17.8	9.3	17.8	26	15	9
Short span	Exterior strip	-M	1.73	132.5	1.30	15.0	3.3	4.1	4.1	6	4	3
		+M	0.93	132.5	0.70	15.0	1.7	4.1	4.1	6	4	3
	Mid span	-M	10.86	460.0	2.35	15.0	20.8	14.2	20.8	30	17	11
		+M	5.83	460.0	1.27	15.0	11.0	14.2	14.2	20	12	8
	Interior strip	-M	3.30	265.0	1.24	15.0	6.2	8.2	8.2	12	7	5
		+M	1.78	265.0	0.67	15.0	3.3	8.2	8.2	12	7	5

Table 5. Comparison of steel quantity between RECODSS and existing data in slab design

Items			RECODSS (A) (cm ²)	Existing data(B) (cm ²)	(C=A-B)	C/A*100 (%)
Long span	Column strip	Exterior	8.2	8.1	0.1	1.5
		Mid	9.3	9.3	0.0	0.0
		Interior	11.5	11.5	0.0	0.0
	Middle strip	Exterior	9.3	9.2	0.1	1.07
		Mid	14.4	14.4	0.0	0.0
		Interior	17.8	17.9	0.1	0.56
Short span	Exterior column	-M	4.1	4.1	0.0	0.0
		+M	4.1	4.1	0.0	0.0
	Mid	-M	20.8	20.8	0.0	0.0
		+M	14.2	14.1	0.1	0.7
	Interior column	-M	8.2	8.1	0.1	1.5
		+M	8.2	8.1	0.1	1.5

서는 거의 유사함을 알 수 있다.

3. 설계지식 변경에 따른 설계지원시스템의 지속성 검토

설계지식이 변경되어도 데이터베이스 관리 시스템의 관리만으로 설계지원시스템을 추가로 변경하지 않고도 사용이 가능함을 검토하기 위해 설계하중계수에 대한 설계지식을 Table 6와 같이 변경시켜 슬래브 부재설계를 실시하였다.

Table 6의 변경전, 변경후 하중계수는 각각

Table 6. Change of load factor for testing the continuation of RECODSS

Before	After	Remark
U=1.2D+1.8L	U=1.5D+1.8L	Code 3.2.2 : Combination of loads

Table 7. Comparison of results according to the change of load factor

	Result before modification (A)	Result after modification (B)	(B-A)
Maximum moment(t·m)	31.76	34.33	2.57
Maximum steel area of applied section(cm ²)	20.8	22.5	1.7

1989, 1996년도 콘크리트 표준시방서 기준이다. Table 7는 하중계수 변경전과 변경후의 설계결과를 비교한 것으로, 하중조건이 달라짐에 따라 모멘트 및 철근량의 수치가 변화되었음을 알 수 있다. 설계지식 변경에 의한 추가작업은 데이터베이스 관리 시스템의 지식변경만 이루어졌고, 설계지원시스템은 변경 없이도 설계를 할 수 있었다.

V. 요약 및 결론

본 연구에서는 구조물 설계에 이용되는 다양한 설계지식을 통합해서 관리할 수 있는 데이터베이스 스키마(schema)를 제시하였고, 제시된 원칙에 준하여 철근콘크리트 구조물 설계를 대상으로 지식의 구축 및 이용을 지원하는 설계지원시스템(REinforced COncrete Structures Design Support Systems, RECODSS)을 개발하고 그 적용성을 실험하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 제안된 데이터베이스 스키마(schema)를 이용하여 철근콘크리트 구조물 설계에 필요한 문헌지식, 경험지식, 설계수치지식 등 다양한 설계지식을 효율적으로 관리할 수 있었다.

2. 제시된 원칙을 이용하면 설계지식의 추가나 변경시 기존의 설계시스템의 변경 없이 데이터베이스 관리 시스템의 설계지식만 변경해도 변경된 기준에 의한 설계가 가능하였다.

3. 적용성 실험과정에서 도출된 부재설계 결과는 기존 설계자료와 비교해 슬래브, 보 부재에서 모든 설계 제원의 차이가 각각 1.5%, 1.9% 이내로 안정적임을 알 수 있었으며, 예비설계 결과는 설계 제원 범위 내에 존재하므로 그 효용성을 확인할 수 있었다.

앞으로 구축된 지식의 범위를 철근콘크리트 구조물 이외의 영역으로 넓히고, 전문가의 경험지식이 더 구축되면 다양한 설계대안 작성이 가능할 것으로 기대되며, 실세계 문제영역의 체계적

인 표현 및 확장성이 뛰어난 객체지향 분석방법의 도입을 적극 검토하여 통합설계가 가능하도록 하여야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 김문현, 김동백, 이재석, 1984.12, 평면구조물 전산설계시스템(KISTRAS-2D)의 개발에 관한 연구, 대한건축학회지 28권 121호.
2. 김억, 지식베이스를 이용한 건축설계 데이터베이스의 일관성 유지에 관한 연구, 대한건축학회지.
3. 김지희, 유석인, 1989, 전문가시스템 shell상의 데이터베이스 활용을 위한 인터페이스 설계, 정보과학회지 Vol. 16, No. 2.
4. 김치경, 홍성목, 1992, 객체지향설계법을 이용한 건축구조설계 통합시스템 개발에 관한 연구(I), 대한건축학회지.
5. 류호상, 데이터베이스를 이용한 전문가시스템의 효율적인 지식베이스 구축에 관한 연구, 국방대학 석사학위 논문.
6. 엄기현, 1988, 데이터베이스 관리 시스템의 추론지원 기능 설정에 관한 연구, ETRI.
7. 유상욱, 정무용, 1994, 건축프로그래밍을 위한 전문가시스템 개발에 관한 기초적 연구, 대한건축학회지, 10권 6호.
8. 정종현, 1993, 철근콘크리트 슬래브 구조설계의 전산화에 관한 연구, 서울대학교 석사학위 논문.
9. 홍성목, 고일두, 허명재, 김치경, 1992, 객체지향설계법에 의한 통합시스템 개발에 관한 연구, 대한건축학회지, 8권 11호.
10. 홍성목, 허명재, 고일두, 김주범, 1989, 인공지능을 이용한 구조설계 전문가 시스템에 관한 연구(I), 대한건축학회지 5권 3호.
11. 홍성목, 허명재, 고일두, 김치경, 1989, 인공지능을 이용한 구조설계 전문가시스템에 관한 연구(II), 대한건축학회지 5권 4호.
12. Giarratano, Riley, 1993, Expert Systems 2nd edition, PWS publishing Company.
13. H. F. korth, A. Silberschatz, 1991, Database System Concepts, MacGraw-hill.