

웹기반 중저층건물 구조설계 시스템 및 환경 구축

Construction of Web-based Structural Design Environment for Mid and Row-Rise Buildings

황 영 철* · 김 치 경**

Hwang, Young-Chul · Kim, Chee-Kyeong

ABSTRACT

Recently, the structural design code has been changed and every buildings, which have more than three floors or wider area than 1,000m², should be designed to be able to resist earthquakes. However, most structural engineers are working in some big cities and this physical distance would set a barrier between structural engineers and architects. As a result, most row-rise buildings in small cities are designed and constructed without structural design or the consulting by structural engineers.

The purpose of this research is to develop an web-based structural design environment in which structural design and consulting can be performed efficiently through on-line communication without off-line meetings or documents. In addition to the on-line communication, the system has a integrated structural design module which supports all the process of structural design and can increase the productivity of structural design work.

Keywords: structural design, CAE, integrated system

1. 서 론

최근 건축법 시행령 개정에 따라 2005년 7월 1일부터 내진설계 대상 의무 건축물의 범위가 3층 또는 1,000m²로 확대될 예정이나, 구조설계사무소가 전국 4-5개 대도시에 편중되어 있고 이에 따른 시간적 공간적 제약으로 인하여 소규모건물 또는 지방소도시 건물의 경우 구조엔지니어의 컨설팅을 받기 어려우며, 같은 이유로 상기 내진 설계 대상 확대 조치의 실효성에도 의문이 제기되고 있는 상황이다.

본 연구진은 지난 수년간의 선행 연구를 통하여 건축구조설계 전 과정을 통합 지원하되 엔지니어의 지식과 경험, 공학적 판단능력과 컴퓨터의 계산 및 데이터관리능력을 상호보완적으로 결합함으로써 구조설계 생산성과 품질 향상을 동시에 도모할 수 있는 건축구조설계시스템 SDP를 개발하였다. 본 연구에서는 기존 연구개발진과 현업의 구조설계사무소가 공동 수행하는 SDP의 현장적용 및 기능개선 연구를 통하여 SDP를 기반으로 한 구조설계 사무소와 건축설계사무소간 웹기반 구조설계 환경을 구축하여 지금까지 구조엔지니어링 제도권 밖에 있었던 소규모 또는 지방소도시 건물에 대해서도 전문적인 내진 및 구조설계가 실시될 수 있는 인프라를 구축한다. 그에 따라 구조설계업무 생산의 획기적 향상, 내진 설계 대상 확대에 대응하여 구조설계 시장 확대, 구조설계 실시로 공사비 절감 및 건물 안전성 증대를 기대한다.

* 학생회원 · 선문대학교 건축학부 석사과정 E-mail: young292@empal.com

** 정회원 · 선문대학교 건축학부 교수 E-mail: cckim@sunmoon.ac.kr

2. 웹기반 구조설계 환경 개요

2.1 구조설계 환경 분석

현재 국내의 구조설계는 구조해석 프로그램인 MIDAS/Gen과 단면설계 프로그램인 MIDAS/Set 등 구조해석 프로그램을 중심으로 일련의 수작업 및 단위기능 프로그램 연계 사용이 일반화 되어 있다. 또한 다수 단위기능 프로그램 연계 사용으로 각 단계 사이에 단순계산 및 데이터 처리 노력이 소요되며, 소규모 건물 구조설계 시에도 동일한 구조설계 프로세스 적용으로 중규모 이상 건물과 소요 업무량 면에서 유사한 시간적, 인적 노력이 요구된다. 국내는 건물이 2-4층으로 중저층 건물이 대부분이지만 표 1에서 보여주듯이 구조기술자가 대도시에 편중되어 있어서 소규모 건물과 지방소도시 건물의 경우 구조컨설팅의 제도권 밖으로 있고, 같은 이유로 시행령 개정에 따른 내진 설계 범위 확대 조치의 문제가 제기되고 있는 상황이다.

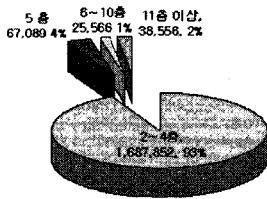


그림 1 층수별 건축물 현황(건설교통부, 2003)
(1층 4,191,401호 제외)

표 1 지역별 건축구조기술사사무소 분포

서울경기	광역시	시/도	합계
194	31	7	232

(한국건축구조기술사회 제공)

2.2 웹기반 시스템 구성

2.1절에서 기술 하였듯이 지방, 소규모 건축 설계자에 대한 시간적, 공간적 구조컨설팅에 많은 제약이 있다. 이를 해소하기 위해서는 전산화가 기반이 된 구조설계 통합 시스템이 선행되고 이를 활용하여 웹기반 구조설계 환경 구축이 요구된다. 그림 2에서는 구조설계 통합 시스템 SDP를 활용하여 구조설계가 이루어지는 과정을 보여준다. 그림 3에서는 구조설계 통합 시스템을 활용, ASP²⁾(Application Service Provider)로 웹기반 구조설계 환경을 구축하여 구조설계 과정을 제시하고 있다.

- 1) 건축설계자는 구조설계 대상 건물의 CAD 파일을 웹기반 시스템을 통하여 업로드 한다.
- 2) 업로드 된 CAD 파일은 구조설계정보 통합데이터베이스에 저장된다.
- 3) 구조엔지니어는 SDP를 이용하여 데이터베이스에 저장되어 있는 CAD 계획도면을 Import 한다.
- 4) Import된 계획 정보를 바탕으로 구조엔지니어는 구조계획과 구조해석 및 단면설계를 실시하며, 그 결과는 다시 구조설계정보 통합데이터베이스에 저장된다.
- 5) 건축설계자는 웹기반 시스템을 이용하여 완료된 구조설계정보에 접근하되, 이 때 웹기반시스템이 제공하는 구조계산서 및 도면 열람기능을 이용하여 구조설계도서를 열람하고 다운로드할 수 있다.

ASP는 값비싼 기업용 소프트웨어를 일일이 구입할 필요가 없이 ASP사업자의 서버에 접속, 필요한 소프

2)ASP(Application Service Provider)는 다수의 기업을 대상으로 기업의 비즈니스 어플리케이션의 일부 혹은 전부를 네트워크를 통해 임대해 주는 서비스 사업자를 말한다. ASP는 개인 컴퓨팅 서비스부터 기업정보시스템까지의 어플리케이션 전 영역을 서비스의 대상으로 한다.

트웨어 및 프로그램 환경 등을 임대개념으로 사용하는 것을 말한다. 즉, 정보시스템을 구축하거나 패키지 프로그램을 사지 않고 기업체를 대상으로 월 사용료를 받고 소프트웨어를 대여 해주는 시스템을 의미하는데 이런 기술을 활용하여 웹기반 구조 설계 통합 시스템 구축이 더욱 수월해진다.

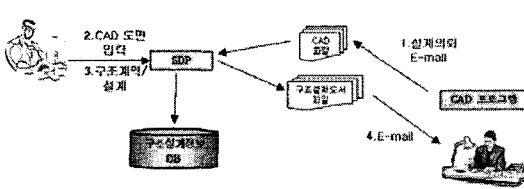


그림 2 구조설계 통합 시스템

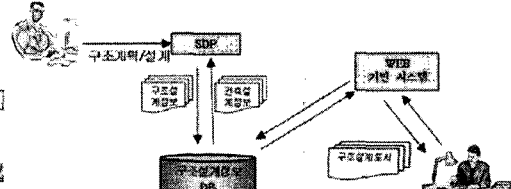


그림 3 웹기반 구조설계 통합 시스템

2.3 구조설계 업무 전산화

본 연구에서는 구조설계 작업의 특성을 반영하고 구조설계 현업에서 전산기 활용의 문제점과 한계를 극복함으로써 추가의 구조설계 생산성 및 품질 향상에 기여할 수 있는 새로운 개념의 전산기원용 구조설계 시스템 원형으로서 구조설계 프로세서를 제안한다. 즉 다음과 같다.

- 1) 구조해석과 달리 구조설계는 비순차적 특성을 내포하고 있기 때문에 엔지니어의 판단능력과 전산기의 계산 및 정보처리 능력을 조화시킴으로써 생산성과 품질 향상을 동시에 기대할 수 있으며, 구조설계 프로세서는 이러한 요구의 바탕으로 고안되었다. 표 2에서 구조설계 단위작업 특성에 대하여 보여준다.
- 2) 구조설계 프로세서는 최적 정형화되어 있는 현재 구조계산서의 내용과 작성 과정을 전산화 대상으로 하였으며, 이 과정에서 순차적 단순작업과 정보흐름은 시스템이 전담하고 비순차적 의사결정과 작업절차 조절은 엔지니어의 설계의도가 반영되도록 함으로써 1)항의 요구를 실현할 수 있었다.
- 3) 구조설계 프로세서는 전자계산기와 그 목록창에 의한 사용자 인터페이스 모듈, 구조적정보와 기능이 집약된 구조물 구성요소 객체기반 모듈, 정보관리를 전담하는 구조설계 데이터베이스 모듈로 구성되었다.
- 4) 낱장의 구조계산서가 전산화된 개념인 전자계산서는 구조설계 프로세서 개념 구현의 핵심이며, 엔지니어의 판단능력과 전산기의 계산 능력을 결합시키는 매개체 역할을 한다.

표 2 구조설계 단위작업 특성 분석

작업 특성	전산화 현황	전산화 가능성	역할분담	단위작업 예
순차적 단순작업	높은 수준	높음	컴퓨터	구조해석, 부재단면성능 계산, 부재단면 대안 생성 등
비순차적 의사결정	연구 단계	비실용적	엔지니어	부재 배치, 초기 단면크기 가정, 부재단면 설계 등
단위작업간 정보흐름	낮은 수준	높음	컴퓨터	구조해석 결과로부터 설계단면력 추출 등
작업절차 조절	전산화 안됨	낮음	엔지니어	구조해석 결과에 따른 단면크기 변경 등

3. 구조설계 통합 시스템

3.1 요구 성능 및 개발 개념

건설 분야 정보화는 그림 4에서 보는 바와 같이 그 통합 범위가 확장되어 가고 있다. 이 과정에서

CIC 시스템 또는 건설 CALS의 구축은 단위 부서별 업무 수행을 위한 통합시스템의 구현과 이들 통합시스템을 이용한 업무 수행 결과로 주어지는 디지털화된 각종 엔지니어링 정보에 기반 하여 이루어질 수 있다. 즉 단위 부서별 통합시스템의 구축은 더 넓은 범위의 통합을 위한 선행요건인 것이다. 특히 설계업무를 위한 통합시스템의 구축과 그에 따른 설계정보의 디지털화는 그림 5의 CIC 시스템 구성에서 보듯 모든 건설 엔지니어링 업무 전산화의 중심에 있다. 그러나 설계 업무는 순차적 알고리즘에 의해 표현될 수 없는 과정들을 내포하고 있다. 이러한 비순차적 특성을 갖는 단위 과정들이 설계 업무 통합시스템 개발을 어렵게 하고, 또한 이러한 특성을 무시한 채 개발된 통합시스템들이 실용화에 실패해 왔던 중요한 요소가 된다. 그러므로 설계 업무 전산화를 위해서는 구조해석과 같이 순차적 계산이 주를 이루는 업무의 전산화와는 다른 새로운 개발 개념의 정립이 요구된다. SDP에서는 하나의 시스템 안에서 설계 업무 전 과정을 통합 지원하되, 순차적 단순계산 및 데이터 관리는 시스템이 전담하면서 전문가의 지식 및 경험에 의한 설계의도와 공학적 판단 내용이 원활히 반영될 수 있는 '설계 프로세서' 개념을 정립하였다.

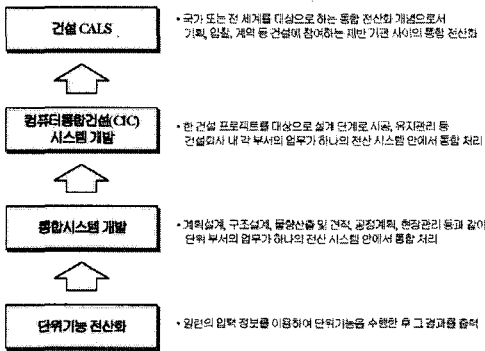


그림 4. 건설 정보화 추진 단계

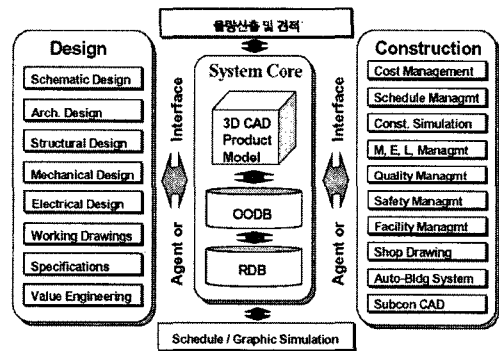


그림 5. CIC 시스템의 구성

3.1.1 설계프로세서 및 구조설계

1) 설계 프로세서 개발 개념 정립

구조계산서의 내용과 작성 과정을 대상으로 하여 엔지니어와 컴퓨터의 강점을 상호 보완하여 그림 6에서 보는 바와 같이 구조설계 전 과정에 걸쳐 상호간의 원활한 정보교류가 가능한 설계 프로세서(Design Processor)의 개념을 정립하였다.

2) IDEF0에 의한 건축물 구조설계 프로세스 모델링

그림 7에 보는 바와 같이 IDEF0를 이용하여 건물 구조설계 프로세스에 대한 분석과 프로세스 모델링을 수행하였다. 이 과정을 통하여 구조설계 프로세스를 정형화하고 각 단위 프로세스간의 정보흐름 및 공유를 분석하였다.

3) 3-Tiered Architecture에 의한 시스템 구조 설계

그림 8은 3계층구조를 갖는 SDP의 구조이다. 이는 도메인 모델로서 구조설계요소 클래스 라이브러리(그림 좌상단)를 중심으로 데이터 관리를 위한 통합데이터베이스(그림 좌하단), 사용자접속을 위한 통합설계환경(그림 우단)으로 구성된다. 구조설계요소 클래스 라이브러리는 구조설계 관련 속성 및 기능을 갖는 구조설계요소 클래스들로 구성된다. 즉 이는 시스템의 도메인 모델로서 구조설계 기능 수행을 위하여 소요되는

전문적인 구조설계정보와 설계기능이 집적되어 있는 시스템 구성요소이다. 통합설계환경은 시스템과 사용자 사이의 정보 교환을 위한 사용자접속기능을 제공한다. 이는 도메인 모델 내 구조설계요소 클래스를 사용하여 객체를 생성하고 객체의 속성들을 사용자에게 제시한다. 또한 사용자로부터의 입력된 정보에 따라 객체의 속성을 변경한다.

4) UML을 이용한 건축물 구조설계요소 객체 TLG 모델링 개념 정립과 수행

건물 구조설계정보의 특성을 반영한 객체 모델링을 수행하였다. 그림 9에서 보는 바와 같이 구조설계 정보를 코어정보(core information)와 확장정보(extended information)로 구분하였다. 코어정보는 외부 부서 또는 기관과 정보 교환이 필요한 궁극적 구조설계정보를 의미하며, 코어정보 속성을 갖는 객체를 코어객체(core object)라 칭하도록 한다. 확장정보는 통합구조설계 과정에서 특정 기능 수행을 위하여 내부적으로 발생, 사용되는 정보를 의미하며, 확장정보 속성을 갖는 객체를 확장객체(extended object)로 구분하였다. 한편 구조물 유형에 무관한 일반적인 속성만을 갖는 객체를 기반객체(foundation object), 기반객체로부터 파생되어 RC구조물, 강구조물, SRC 구조물 등과 같이 구조물 유형 각각의 구체적인 속성이 추가된 객체를 응용객체(application object)로 구분하였다. 이하 건물의 다양한 정보 관점의 특성을 반영한 객체 모델링을 수행하여 그림 9에 제시한 골격에 따라 SDP의 핵심 컴포넌트인 구조설계요소 객체 라이브러리를 설계하였다.

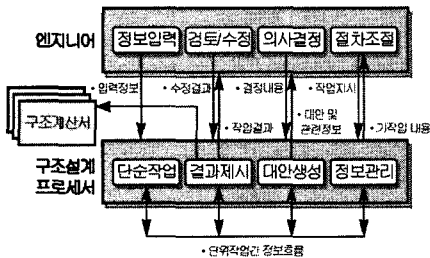


그림 6. 엔지니어와 구조설계 프로세서의 상호작용

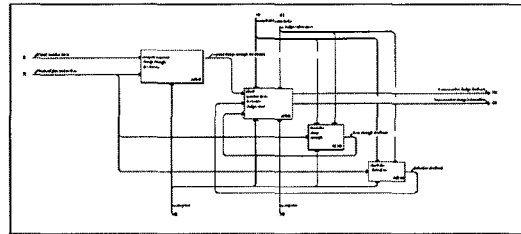


그림 7. IDEF0에 의한 구조설계 프로세스 모델링

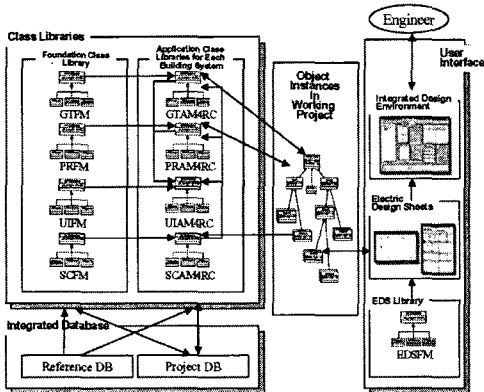


그림 8. 3계층구조에 의한 프로그램 구성

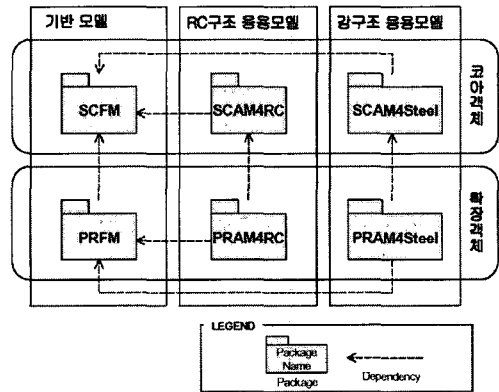


그림 9. 구조설계정보 객체 모델의 패키지 구성

5) 구조설계요소 객체 라이브러리 구축 (Business Service)

이상의 모델링 개념에 따라 구조설계요소 객체 라이브러리를 UML을 이용하여 모델링하고 구현하였다.

6) 구조설계요소 객체 TLG 모델을 관계형 데이터베이스로 변환 설계 (Data Service)

설계 단계에서는 전술한 바대로 객체지향기법을 사용하였으나, 데이터 관리를 위한 물리적 구현은 관계형 데이터베이스 기술을 사용하였다. 그러나 이 두 기술 사이에는 정보관리 단위에 불일치가 존재하기에, 객체모델을 관계형 데이터베이스로 변환하기 위한 정형화된 패턴을 마련하고 적용하였다.

3.2 프로그램 프로세스

SDP는 각 단위작업 특성에 따라 엔지니어와 컴퓨터의 역할을 합리적, 효율적으로 분담하여 구조설계 업무의 생산성 및 품질 향상을 동시에 도모하고 있다. 또한 SDP는 컴퓨터가 구조설계를 하고 엔지니어가 뒷처리하는 BLACK-BOX 식의 개념을 탈피하여 엔지니어는 모든 단계에서 모든 정보를 검토하고 자신의 설계 의도와 공학적 판단에 따라 수정할 수 있다. 이 과정에서 SDP는 단순작업을 대행하고, 엔지니어의 판단을 위해 필요한 관련 정보를 정리하여 제공함으로써 엔지니어가 최선의 판단을 할 수 있도록 지원한다. 또한 건축구조물 구조해석 프로그램은 많은 과정을 스스로 수행하므로 신뢰성 검증이 필수적이다. SDP는 건축구조물의 특성이 반영된 자체 해석모듈을 갖고 있다. 그러나 이미 해석 신뢰성이 검증되어 실무에서 사용되고 있는 다수의 구조해석 프로그램과의 연계 기능도 있어 각 엔지니어가 선호하는 구조해석 프로그램을 사용할 수 있다. 또한 별도의 노력없이 여러 프로그램으로 해석해보고 그 결과를 비교, 사용할 수도 있다. 한편 설계 변경이 일어난 경우 변경 전후의 설계내용을 관리하는 revision 관리기능이 있어, 설계 변경을 취소할 수도 있고 각 revision을 비교해 볼 수도 있다. 마지막으로 구조설계 결과는 하나의 구조설계정보 통합데이터베이스에 저장된다. 그러므로 이 데이터베이스를 담은 한 장의 CD 또는 디스켓으로 구조계산서 납품과 관리가 가능하다. 데이터베이스 CD만 있으면, SDP Viewer를 이용하여 누구나 구조 계산서를 열람할 수 있다.

SDP는 사용자접속(user service), 구조설계기능을 수행하는 구조요소객체 라이브러리(business service), 정보를 통합 관리하는 데이터베이스(data service)로 구성되는 3-tier architecture를 갖는다. 이 구조는 인터넷 기반 시스템으로 전환하기에 적절한 구조이기 때문에 인터넷 기반 시스템으로 발전시켜 공간적, 시간적 제약 없는 구조설계업무 수행과 정보 공유가 가능해진다.

4. SDP 실행 예

1) 프로젝트 생성과 표지 계산지 작성

그림 10에서 건물유형 선택, 그림 11에서 표지 계산지 작성에 필요한 정보 입력, 그림 12은 표지 계산지 UI로서 설계 변경 내역(revision) 관리 기능 보유, 좌측 구조계산서 목차 중 특성 계산지를 클릭함으로써 원하는 계산지로 이동

2) 건물일반정보 계산지 작성

그림 13와 14의 건물일반정보 계산지는 건물용도, 위치(지진하중 및 풍하중 산정 시 필요), 층수, 층고, 적용 기준, 사용 재료, 하중조합 조건 등 입력

3) 마스터평면도 계산지

건물 전 층에 적용되는 그리드라인과 기둥, 벽체 등의 수직 부재를 입력, 그림 15는 마스터평면도에 그리드라인, 기둥열, 벽체열 등이 편집 완료된 상태

4) 단위평면도 계산지

각 층별 평면도를 입력하되 하나의 단위평면도에 여러 층을 연계, 그림 16은 2층~5층에 적용되는 TYPICAL Floor Plan이 편집 완료된 상태, 각종 수직 부재 단면(기둥, 내력벽, 지하외벽), 큰보, 작은보, 슬래

브, 계산, 독립기초, 줄기초, 계단, 브레이스 등의 초기 가정단면과 위치 등을 편집, 각 슬래브에 적재하중 부여, 구조해석 시 중력하중 정보 자동 생성되며 그림 17은 단위평면도의 슬래브에 적용한 바닥하중 유형이 정리된 바닥하중 계산지

5) 하중 계산지 (바닥하중 계산지, 풍하중 계산지 지지하중 계산지)

건물일반정보 계산지에서 선택된 설계기준에 따라 각종 하중 산정, 그림 18은 지진하중 계산지로서 엔지니어에 의한 내용 검토/수정 가능

6) 구조해석

자체 해석모듈을 내장 및 다수의 상업용 구조해석 프로그램과의 연계 가능, 그림 19의 Solver 박스에서 프로그램을 선택/프로그램 포맷에 맞춘 입력파일 생성/해당 프로그램을 활성화 및 해석 수행/해석결과 읽어 데이터베이스에 저장

7) 부재설계

그림 21은 보 단면을 설계/검토하는 대화상자로서 단면 내 모든 속성 조절 가능, 속성이 변경될 때마다 설계기준에 의한 검토 수행/결과 제시, 그림 22는 각 보 단면들의 설계 결과가 정리된 보 일람표 계산지

8) 구조설계정보 데이터베이스 활용

이상의 구조설계 결과는 하나의 관계형 데이터베이스에 의해 통합 관리, 이 데이터베이스는 도면 작성, 물량 산출 및 견적, 공정계획, 현장 관리, 준공 후 유지관리 등 제반 후속 엔지니어링 작업이 정보원으로 사용될 수 있음, 그림 25은 데이터베이스를 읽어 각종 도면을 AutoCAD 상에서 생성한 예이다.

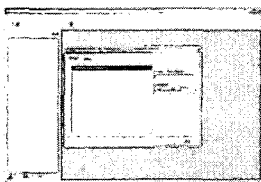


그림 10. 새로운 프로젝트 생성

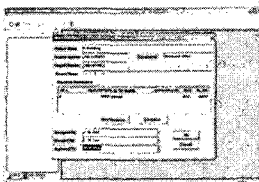


그림 11. 표지 계산지 작성

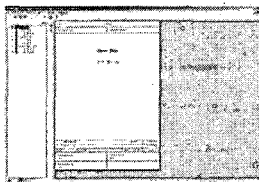


그림 12. 표지 계산지 작성 예

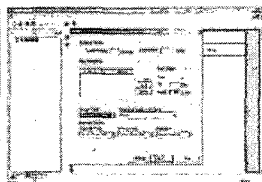


그림 13. 건물 일반정보 입력

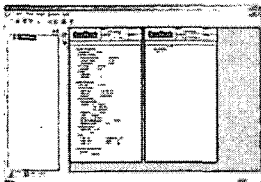


그림 14. 건물 일반정보 계산지

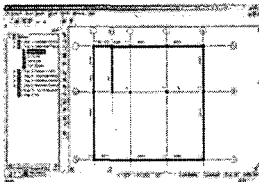


그림 15. 마스터평면 계산지

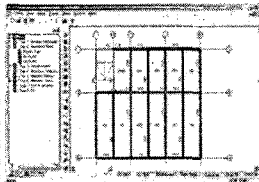


그림 16. 단위평면 계산지

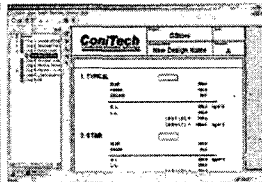


그림 17. 바닥하중 계산지

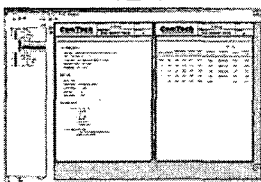


그림 18. 지진하중 계산지

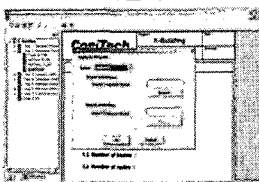


그림 19. 해석 프로그램의 선택

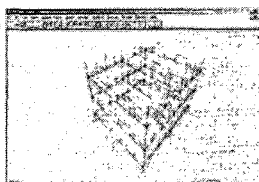


그림 20. 해석 프로그램과의 접속

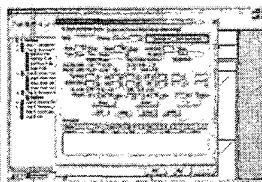


그림 21. 철근콘크리트보 단면 검토 및 설계

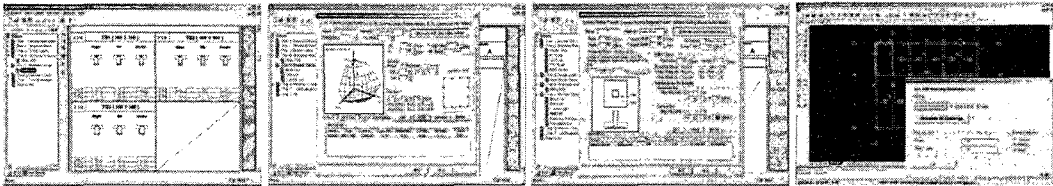


그림 22. 보설계 계산지에 요약된 보단면

그림 23. 철근콘크리트 기둥 단면의 검토 및 설계

그림 24. 독립기초 설계

그림 25. 데이터베이스 활용 예 : 도면 생성

5. 결론

SDP는 엔지니어의 지식과 경험에 바탕한 공학 판단능력과 컴퓨터의 계산 및 정보관리 능력을 합리적으로 결합하도록 고안된 새로운 개념의 건축물 구조설계 통합시스템이다. SDP는 구조설계 업무의 최종 결과물이며, 그 작성 과정이 끝 구조설계 과정이라 할 수 있는 구조계산서(Structural Design Report)를 대상으로 표지부터 마지막 상세설계까지 하나의 프로그램 안에서 수행할 수 있는 구조계산서 프로세서이다. 구조계산서 작성 과정에서 소요되는 순차적 계산이나 각 계산지 사이의 정보 흐름 및 공유는 SDP가 전담하고, 엔지니어는 프로세서가 제시하는 각종 작업 결과를 확인하고 필요 시 자신의 설계 의도에 따라 모든 내용을 수정함으로써 구조설계 업무에 있어서 획기적인 생산성 향상과 함께 설계 품질도 확보할 수 있다. SDP를 이용한 구조설계 결과는 하나의 구조설계정보 통합데이터베이스에 저장된다. 이로서 기존의 두툼한 물리적 계산서 또는 도면을 하나의 파일로 대체할 수 있으며, 이는 웹기반의 구축으로 on-line 상의 정보 교류가 가능함을 의미한다. 또한 구조설계정보 통합데이터베이스는 각종 후속작업에 구조설계정보를 제공함으로써 해당 작업 전산화에 크게 기여할 수 있다. 실지로 이 데이터베이스를 이용한 도면생성, 물량산출 및 견적, 건물 준공 후 유지관리 시스템 등이 개발 중이거나 실용화 단계에 있다. 이렇게 SDP는 구조설계정보 통합데이터 베이스를 마련 할 뿐만 아니라 구조설계를 위한 웹기반이 구축될 수 있어서 구조컨설팅 제도 밖에 있는 소규모 건물과 지방소도시 건물에 대한 내진 및 구조 설계가 가능하게 한다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 2005년도 건설핵심기술연구개발사업(05건설핵심C03, 과제번호 C105A1000003-05A0300-00320)에 의한 것임

참고문헌

- 김치경 (1992) 객체지향설계법에 의한 건축구조설계 통합시스템 개발에 관한 연구, 서울대학교 박사학위논문.
 김치경, 정종현, 홍성목 (1997) 구조계산서 작성 과정을 통합 지원하는 새로운 개념의 구조설계 프로세서, 대한건축학회논문집, 13권8호, pp. 129~136.
 정종현 (1998) 예비 구조설계를 위한 프리덕트 모델 및 프로세스 모델, 서울대학교 박사학위 논문
 Bungale S. Taranath (1988) Structural Analysis and Design of Tall Buildings, Singapore: McGraw-Hill
 Council on Tall Buildings and Urban Habitat (1995) Structural Systems For Tall Buildings, New York: McGraw-Hill