

웹기반 중저층 RC건물 구조설계 및 실시도면 전산화

2008. 8. 16.

주관연구기관 / (주)창민우구조컨설턴트
협동연구기관 / 선 문 대 학 교
(주)아이티엠코퍼레이션건축사사무소
(주)대우엔지니어링

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

제 출 문

국토해양부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

본 보고서를 “웹기반 중저층 RC건물 구조설계 및 실시도면 전산화”의 최종보고서로 제출합니다.

2008 . 8 . 16 .

주관연구기관 : (주)창민우구조건설탄트

대표이사 : 김 종 호

협동연구기관 : 선문대학교 산학협력단

산학협력단장 : 장태석

협동연구기관 : (주)아이티엠코퍼레이션건축사사무소

부사장 : 송인명

협동연구기관 : (주)대우엔지니어링

연구소장 : 김원중

■ 총괄연구책임자	/ 수석연구원	김종호	현장적용총괄
■ 협동연구책임자	/ 수석연구원	김치경	시스템 개발 총괄
	/ 수석연구원	송인명	현장적용총괄
	/ 수석연구원	김원중	구조해석
■ 주관연구기관 참여연구원	/ 선임연구원	박창재	현장적용 및 검증
	/ 선임연구원	유승호	현장적용 및 검증
	/ 연구원	박주희	현장적용 및 검증
	/ 연구원	정유진	시스템개발 및 테스트
	/ 선임연구원	김신웅	개발
	/ 선임연구원	이창우	개발
■ 협동연구기관 참여연구원	/ 연구원	황영철	개발 이론연구
	/ 연구원	최동인	개발 이론연구
	/ 연구원	김계중	개발 이론연구
	/ 연구원	김호균	현장적용 및 검증
	/ 연구원	남기정	현장적용 및 검증
	/ 연구원	황지선	현장적용 및 검증
	/ 연구원	김현정	현장적용 및 검증
	/ 연구원	이상수	현장적용 및 검증
	/ 연구원	한원순	현장적용 및 검증
	/ 연구원	김정식	구조해석
	/ 연구원	김혜성	구조해석
	/ 선임연구원	이재철	구조해석
	/ 연구원	김현석	구조해석
	/ 연구원	김규완	구조해석

요 약 문

I. 제 목

웹기반 중저층 RC건물 구조설계 및 실시도면 전산화

II. 연구개발의 목적 및 필요성

본 과제에서는 기존 연구개발진과 현업의 구조설계사무소가 공동수행하는 SDP의 현장적용 및 기능개선 연구를 통하여 SDP를 실용화하고, SDP를 기반으로 한 구조설계사무소와 건축설계사무소간 웹기반 구조설계 환경을 구축하여 지금까지 구조엔지니어링 제도권 밖에 있었던 소규모 또는 지방소도시 건물에 대해서도 전문적인 내진 및 구조설계가 실시될 수 있는 인프라를 구축하고자 수행되었다.

한편 최근 우리나라 건설현장에서도 현장 효율성 향상 방안의 하나로 철근공장가공 비중이 급속히 증가하고 있는 상황이지만 mm 단위의 정밀도를 요구하는 철근가공도 작성은 매우 노동/계산집약적 업무로서 각 현장마다 어려움을 호소하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 SDP에 의해 구축되는 3차원 구조설계정보 데이터베이스를 활용한 철근가공도 작성 모듈을 개발함으로써 관련 업무의 효율성을 높이고 향후 건설현장 전산화 촉진에 일조하고자 한다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

- SDP를 기반으로 중저층 건물 구조설계 전 과정을 일괄 지원하는 통합시스템을 개발하여 실용화하였다.
- SDP 구조설계정보 데이터베이스를 이용한 실시도면 및 철근가공 일람표 작성 기능을 구현하였다.
- 자체 해석 모듈을 개발하여 중저층건물 구조설계 및 해석 전 과정 지원하는 통합시스템을 구현하였다.
- 구조설계 시 골조 물량 산출 기능을 다양한 관점에서 구현하여 골조의 경제성 검토와 이를 통한 V/E가 가능하도록 하였다.
- SDP상에서 최적의 철근가공 형상을 찾아내는 기능을 구현하였고 계속 진행 중에 있

다..

- 각 유형별 철근가공도 작성과정을 전산화하였고 계속 기능 개선 중에 있다..
- SDP의 통합설계 기능과 구조설계정보 데이터베이스를 활용한 웹기반 구조설계프로세스를 설계하고, 이를 통하여 구조기술사와 건축설계자간의 효율적 업무 환경이 구성되도록 웹기반 구조설계환경을 고안하였다.

IV. 연구개발결과

- 중저층 RC 건물 통합시스템 실용화를 위한 현장 적용과 단위기능 보완
 - KBC 2005 및 KBC 2008 기준 반영
 - 철근콘크리트구조, 강구조, SRC 구조 설계기능 구현
 - SDP RC 모듈 다수의 실재 프로젝트에 적용
 - 기능 검증/수정/개선
 - 실용성 제고 위해 부재 단면 설계 모듈 분리 구현 (SDT:Structural Design Tools)
- 구조도면 및 배근시공도 작성 모듈 구현
 - 구조평면도, 부재일람표 등 구조 실시도면 작성 전산화
 - 구조도면 작성 시 부재 편집 등 상세 표현 기능 구현
 - 철근가공 최적화 기능 개발
 - 유형별 철근가공도 작성 전산화
- 중저층 강구조 건물 및 SRC 기둥 구조설계 통합시스템 개발
 - 중저층 강구조 건물 통합구조설계 기능
 - 유형별 철근가공도 작성 전산화
 - SRC 기둥 설계 기능 전산화
- 구조해석 모듈 개발 및 통합
 - 트러스, 보, 기둥, 벽체 요소를 포함한 구조해석 기능
 - 등가정적해석 및 응답스펙트럼 해석 기능
 - 강체연결을 통한 건축구조물 효율적 해석 기능

- 물량산출 및 V/E 기능
 - 철근, 콘크리트, 강재 물량 산출 기능
 - 층별, 부재유형별 등 다양한 관점의 물량 산출 형식 제공
 - 비용 연계를 통한 견적기능 및 경제성 검토 기능
- 온라인상의 구조설계 환경 정립
 - 최적의 웹기반 구조설계자/건축설계자간 구조설계 프로세스 정립
 - 온라인상의 구조설계 기능 설계

V. 연구개발결과의 활용계획

- 기업화
 - 2008년 2월 벤처기업 “Changsoft” 설립
 - SDP, SDM, SDM# 보급/유지관리 위한 www.chang-soft.co.kr 홈페이지 개설
 - 전국 지역 별 건축구조기술사와 건축사간의 온라인 및 SDP을 통한 구조설계 컨설팅 파트너쉽 개선을 위한 전국 순회 기술 세미나 개최
 - 한국건축구조기술사 대회에서 SDP 발표
 - 한국건축구조기술사회와 3년간 SDP 유지관리 계약 체결
- 활용 분야
 - SDP, SDM을 바탕으로 온라인 상에서 지방 건축사와 건축구조 엔지니어를 연계 함으로써 지방 소도시 중저층건물 구조설계 활성화
 - 무자격자에 의한 무분별한 프로그램 사용을 방지하기 위하여 회원제 운영
 - 현재 홈페이지 통gkdu SDP 및 SDM 보급과 활성화를 위하여 무상 보급
 - NeoMAX 3D와의 일체화, MIDAS와의 파일 수준 통합
 - 미국 CSI사와의 협약 통하여 ETABS 해석기능을 SDP에 내장시키기로 합의하였으며, 이를 통하여 해외진출 모색

S U M M A R Y

I. Subject

Computerization of the execution drawing and the construction design for the middle and lower floor RC buildings which based on Web

II. Necessity and Purpose of Study

In this study, SDP is practiced in use through the study of improvement capacity and application at the site of SDP by the original researchers and the field workers in their cooperation achievement. Based on SDP, Web-based constructional plan is established by both the constructional plan office and the structure plan office. Therefore, the infrastructure can be built and the small cities and local small town's building which was out of the construction engineering system could get professional seismic examination and constructional plan.

On the other hand, the rate of a reinforcing bar's processing plant is developed rapidly as one of the improvement ways of increasing efficiency at the site in national wise but also there are difficulties at the site of plant because making a reinforcing bar needs specific details as a mm unit and focused intensive labor and calculation. This study can help to promote computerization of next constructional site by developing framing module which is established 3 dimensional construct plan information data base.

III. Substance and Range of Study(The Second Year)

- Practical use of SDP, Structure Constructional Plan Unify System
 - Contest Process for medium and small size buildings and application of SDP
 - Apply SDP to the site and correct errors, certification of the Pilot project functions
- Basic study of the reinforcing processing sketch.
 - Research information about the reinforcing processing and analyze the origin program
 - Analyze standard appearance and measurement.
 - Analyze algorithms considering fixation and connection
 - Analyze the sketch of the reinforcing bar process and the orthography

IV. Conclusion(The Second Year)

- SDP development
 - Reconstruction of absence plan function according to KBC05 standard.

- Application of SDP and building process of interior design of small and medium size buildings
- Reconsideration of the function in the practical use step.
- Developing that considered the blueprint and the sketch of the reinforcing bar processing
- SDP's practice in use.
 - The examination more than 4 months by the experts.
 - Apply to business by initialization at the technician's office in Seoul and Chungchung Area.(scheduled)
- constructional sketch
 - make program base on the vector throw module
 - the chief umpire, construct plane figure, absence list
 - Expecting play role of locomotive in practical use as an united processor.
- Study of the reinforcing bar theory
 - LG Bars, Japan Program's UI analyzation
 - Standardization of size and shape of the reenforcing bar process standard
 - Framing the best reinforcing bar process algorithms consider fixation and connection.
 - Standardization the orthography and the sketch of the reinforcing process

V. Utilization Plan of the Conclusion

- Foundation of a venture business "changsoft" in 2007 June
- Opening homepage www.chang-soft.co.kr for popularization and management of SDP
- Holding national technic seminar to build up the construct lay out consulting partnership between every local structure constructional engineers and architectures by on-line and SDP2006
 - Announcing SDP2006 in the Korea Architecture Constructional technic Society Seminar
 - Activation of the construction lay out of middle and lower floor building by connecting with local architectures and the structure constructional engineer based on SDP2006 in on-line
 - a membership system for forbidden imprudence uses of program by person without qualification
 - Free supply for popularization and activation of SDP2006 during the research and study
 - Integration with NeoMAX ,Unify with MIDAS as file.

목 차

제 1 장 서 론	
1.1 연구개발 개요	1
1.2 연구개발의 중요성	2
1.3 연구개발 목표	4
제 2 장 국내·외 기술개발 현황	
2.1 국내기술동향	6
2.2 국외기술동향	8
2.3 기술동향 분석 결론	18
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	
3.1 연구개발결과	19
3.2 연구개발내용	20
가. 구조설계 통합시스템 SDP 개발	20
나. 구조도면 작성 프로그램 SDM 개발	29
다. 물량산출 및 견적	34
라. 배근시공도 작성업무 전산화	35
마. 강구조 건물 구조설계 통합시스템 개발	45
바. RC 건물 구조설계 통합시스템 현장적용 및 개선	47
사. 웹기반 구조설계 환경 제시	48
아. 개발 시스템의 사용범위, 한계 및 검증	49
제 4 장 연구개발목표 달성도	50
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	
1. 기업화	51
2. 활용 분야	53
3. 향후 추가연구 계획.....	54
제 6 장 참고문헌	55
첨 부	
1. SDP에 의한 RC 건축물 구조설계 따라하기 요약	58
2. SDT에 의한 RC 부재 설계 따라하기	77
3. SDM에 의한 RC 건축물 구조도면 작성	58

C O N T E N T S

CHAPTER 1 An INTRODUCTION

1. A Summary of Study and Development	1
2. The Importance of Study and Development	2
3. The Achievement of study of Second Year	4

CHAPTER 2 The PRESENT CONDITION OF TECHNICAL DEVELOPMENT IN DOMESTIC AND INTERNATIONAL SOCIETY

1. The Movement of Domestic Technology	6
2. The Movement of International Technology	8
3. Conclusion of Technical Movement Analysis	18

CHAPTER 3 THE SUBSTANCE AND RESULT OF STUDY

1. The Result of Study	19
2. The Substance of Study	20

CHAPTER 4 The ACHIEVEMENT OF STUDY AND DEVELOPMENT

1. The Progress Rate of Study	50
2. The Achievement Rate of Study	50

CHAPTER 5 THE UTILIZATION OF THE STUDY RESULT

1. The Commercializaion	51
2. The Field of Practical Use	53

CHAPTER 6 REFERENCE

55

ATTACHMENT

58

제 1 장 서 론

1.1 연구개발개요

	구조엔지니어	지방/소규모 설계자	건설회사
연구 배경	건물 규모에 무관한 동일한 구조설계 프로세스 적용	내진설계 대상 확대에 불구하고 공간적/시간적/비용 제한으로 구조 컨설팅 수혜 한계	일본 공장철근가공 90% 이상 현재 국내 공장가공 10% 수준으로 현장 효율 향상 위해 급속히 확대
필요성	중소 규모에 적용할 보다 효율적 구조설계 프로세스 필요	내진설계 대상 확대의 실효성 있는 실현 위해 구조설계자/건축설계자 간 공간적/시간적/비용 장벽 완화 필요	공장가공 확대에 따른 정밀한 철근가공도 사전 작성 필요
기존 연구	선행 구조설계업무 전산화 연구를 통하여 엔지니어의 지식, 경험, 공학적 판단능력과 컴퓨터의 계산, 데이터관리 능력을 상호보완적으로 결합함으로써 구조설계 품질과 생산성을 동시에 향상시킬 수 있는 건축구조설계시스템 SDP (Structural Design Processor) 개발		
연구 목적	기존 연구개발진과 현업 실무진이 공동수행하는 현업적용 연구를 통하여 • SDP 실용화를 통한 중소형 규모 구조설계 업무 품질 및 생산성 향상 • 웹기반 구조설계 환경 구축으로 지방/소규모 건축설계자에 대한 구조 컨설팅 장벽 해소 • SDP에 의해 구축되는 구조설계정보 DB를 활용한 건설현장업무 전산화 (철근가공도 작성 전산화) • SDP의 사업화를 통한 자가 발전(기능 유지보수/개선/확장) 단계 안착		
연구 내용	SDP 현업 적용을 통한 기능검증 및 개선	웹기반 구조설계 컨설팅 환경 구축	SDP의 구조설계정보 데이터베이스를 활용한 철근가공도 작성 모듈 개발
연구 기대효과	• 중소형건물 구조설계업무 생산성의 획기적 향상 • 구조설계 시장 확대	• 내진설계 대상 확대에 대응 • 구조설계 실시로 공사비 절감 및 건물안전성 증대	• 철근 공장가공 확대 추세에 대응으로 현장 생산성 향상 • SDP 구조설계정보 DB를 활용한 건설현장 전산화 촉진

최근 건축법 시행령 개정에 따라 2005년 4월 1일부터 **내진설계 대상 의무 건축물의 범위가 3층 또는 1,000㎡로 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 **내진설계 대상 확대 조치의 실효성에도 의문이** 제기되고 있는 상황이다.

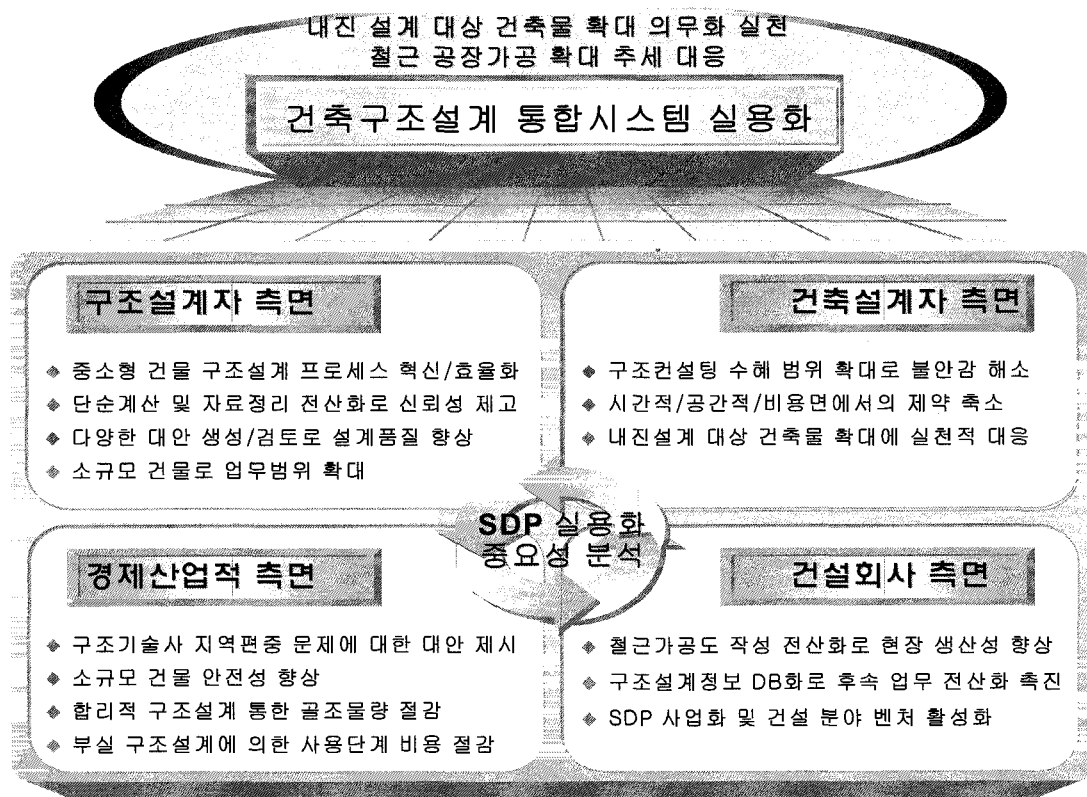
본 연구진은 지난 수년간의 선행 연구를 통하여 건축구조설계 전 과정을 통합지원하되 엔지니어의 지식과 경험, 공학적 판단능력과 컴퓨터의 계산 및 데이터관리능력을 상호보완적으로

결 함함으로써 구조설계 생산성과 품질향상을 동시에 도모할 수 있는 건축구조설계시스템 SDP를 개발하였다.

본 과제에서는 기존 연구개발진과 현업의 구조설계사무소가 공동수행하는 SDP의 현장적용 및 기능개선 연구를 통하여 SDP를 실용화하고, SDP를 기반으로 한 구조설계사무소와 건축설계사무소간 웹기반 구조설계 환경을 구축하여 지금까지 구조엔지니어링 제도권 밖에 있었던 소규모 또는 지방소도시 건물에 대해서도 전문적인 내진 및 구조설계가 실시될 수 있는 인프라를 구축하고자 한다.

한편 최근 우리나라 건설현장에서도 현장 효율성 향상 방안의 하나로 철근공장가공 비중이 급속히 증가하고 있는 상황이지만 mm 단위의 정밀도를 요구하는 철근가공도 작성은 매우 노동/계산집약적 업무로서 각 현장마다 어려움을 호소하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 SDP에 의해 구축되는 3차원 구조설계정보 데이터베이스를 활용한 철근가공도 작성 모듈을 개발함으로써 관련 업무의 효율성을 높이고 향후 건설현장 전산화 촉진에 일조하고자 한다.

1.2 연구개발의 중요성



【 연구개발의 중요성 】

1. 구조설계자 측면

- 중소규모건물 구조설계 통합전산화로 업무 생산성 향상
- 순차적 단순계산과 단위작업간 데이터 관리 전산화로 작업 신뢰성 제고
- 엔지니어의 지식, 경험, 공학적 판단을 위한 시간적 여유 확보로 품질 향상
- 현재 구조설계 제도권 밖의 소규모 건물의 제도권 유입으로 업무 영역 확장

2. 건축설계자 측면

- 구조엔지니어/건축설계자간 웹기반 구조설계환경 구축
- 시간적/공간적/비용면 장벽 완화
- 구조컨설팅 수혜 범위 확대로 구조설계 미실시로 야기되는 불안감 해소
- 건축법 시행령 개정에 따른 내진설계 대상 건축물 확대(3층 또는 1,000㎡ 이상) 의무화에 대한 실천적 대응

3. 건설회사 및 건설현장 측면

- 철근공장가공 비중이 급속히 증가하고 있는 상황이며, 기존 현장가공 시와는 달리 공장 주문을 위해서는 정확한 철근가공도의 작성이 선행되어야
- 일선 현장에서 mm 단위의 정확도를 요구하는 철근가공도 작성에 많은 어려움
- SDP의 구조설계정보 데이터베이스를 활용한 철근가공도 작성 전산화

4. 경제/산업적 측면

- 구조기술사/건축설계자간 웹기반 구조설계 환경 구축으로 구조기술사 지역적 편중 문제에 대한 대안 제시
- 수량면에서 큰 비중을 차지하는 중저층건물 구조설계 대상 확대 실현으로 건물 안전성 향상 및 골조 비용 절감
- 골조 부실 방지로 중저층건물 사용단계 유지관리 비용 절감

1.3 연구개발목표

기존 연구개발진과 현업 실무진이 공동수행하는 현업적용 연구를 통하여

- SDP 실용화를 통한 중저층 규모 건물 구조설계 업무 품질 및 생산성 향상
- 웹기반 구조설계 환경 구축으로 지방/소규모 건축설계자에 대한 구조 컨설팅 장벽 해소
- SDP에 의해 구축되는 구조설계정보 DB를 활용한 철근가공도 작성 업무 전산화
- 구조해석 모듈 개발 및 SDP 내장
- 골조물량 산출 및 견적 기능 내장으로 V/E 기능 수행
- SDP의 사업화를 통한 자가 발전(기능 유지보수/개선/확장) 단계 안착
- 내외부 전문가들이 참여하는 기능 검증 팀 및 관련 학회 등의 공인기관에 의한 신뢰성 검증

이상의 최종 연구개발목표를 완수하기 위하여 다음과 같은 세부연구목표가 설정되었다.

- 중저층 RC 건물 통합시스템 실용화를 위한 현장 적용과 단위기능 보완
 - KBC 2005 및 KBC 2008 기준 반영
 - 철근콘크리트구조, 강구조, SRC 구조 설계기능 구현
 - SDP RC 모듈 다수의 실재 프로젝트에 적용
 - 기능 검증/수정/개선
 - 실용성 제고 위해 부재 단면 설계 모듈 분리 구현 (SDT:Structural Design Tools)
- 구조도면 및 배근시공도 작성 모듈 구현
 - 구조평면도, 부재일람표 등 구조 실시도면 작성 전산화
 - 구조도면 작성 시 부재 편집 등 상세 표현 기능 구현
 - 철근가공 최적화 기능 개발
 - 유형별 철근가공도 작성 전산화
- 중저층 강구조 건물 및 SRC 기둥 구조설계 통합시스템 개발
 - 중저층 강구조 건물 통합구조설계 기능
 - 유형별 철근가공도 작성 전산화

- SRC 기둥 설계 기능 전산화

- 구조해석 모듈 개발 및 통합

- 트러스, 보, 기둥, 벽체 요소를 포함한 구조해석 기능
- 등가정적해석 및 응답스펙트럼 해석 기능
- 강제연결을 통한 건축구조물 효율적 해석 기능

- 물량산출 및 V/E 기능

- 철근, 콘크리트, 강재 물량 산출 기능
- 층별, 부재유형별 등 다양한 관점의 물량 산출 형식 제공
- 비용 연계를 통한 견적기능 및 경제성 검토 기능

- 온라인상의 구조설계 환경 정립

- 최적의 웹기반 구조설계자/건축설계자간 구조설계 프로세스 정립
- 온라인상의 구조설계 기능 설계

본 과제에서 개발한 SDP 제품군의 경우 구조설계 과정에서 요구되는 단순계산 및 정보관리를 전담하여 주며, 공학적 판단이 요구되는 모든 사항은 엔지니어의 판단에 의하여 결정되고 시스템에 반영될 수 있도록 하였다. 즉 내진설계를 포함하여 KBC2008을 비롯한 구조설계 기준에 규정된 내용 중 순차적 계산으로 수행될 수 있는 부분은 모두 전산화하여 구조설계 업무 생산성 향상에 도움을 줄 수 있도록 하였고, 기준 등에 명시되지 않은 부분은 엔지니어의 판단에 의하여 수행될 수 있도록 하였다.

제 2 장 국내·외 기술개발 현황

2005년 5월의 인도네시아 족자카르타 지진에 의한 4,600명에 이르는 인명 피해가 대부분 중저층건물의 붕괴에서 비롯되었다는 사실과(그림 2.1 참조), 2007년 1월 20일 발생한 오대산지진의 경우 그림 2.2에서 보는 바와 같이 진동주기 0.1초 안팎의 고주파 성분이 현 지진하중 설계 응답스펙트럼 값을 크게 상회하고 있으며, 그 결과 그림 1.3에서 보는 바와 같이 중저층 구조물에 비교적 큰 피해가 발생하였다는 사실로부터 중저층건물의 철저한 구조설계와 지진에 대한 대비가 중요함을 다시 한번 인식하는 계기가 되었다.

이에 국토해양부에서는 우리나라의 5층 이하 중저층건물의 구조설계 현황에 대한 전반적인 조사를 실시하였으며, 그 결과지난 1년간 이 규모의 건물은 총 15,000여건 허가되었고, 이러한 중저층건물에 대한 구조설계 및 내진설계가 보다 철저하게 이루어질 수 있도록 별도의 구조 계산에 의한 내진설계 확인 지침을 발표하고 2007년 7월 1일부터 시행에 들어갔다.

한편 본 과제와 관련한 동향을 분석해 보면 다음과 같다.

2.1 국내기술동향

1. 건축구조설계 업무 및 전산화 동향

- 구조해석 프로그램인 MIDAS/Gen과 단면설계 프로그램인 MIDAS/Set 등 구조해석 프

피해지역 족자카르타서 진앙까지 겨우 25km

내진 설계 안 된 가옥들 “와르르”

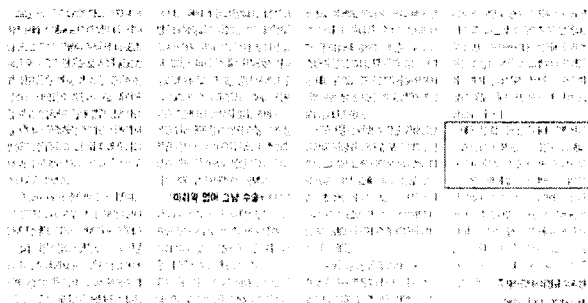


그림 2.1 족자카르타지진 관련 기사

2007.1.20 오대산지진 – 소방방재청

- 진앙: 37.6889° N, 128.5841° E
- 깊이: 10 ~ 15km (추정: 13.1 km)
- 규모: $M_L=4.9$ ($m_b=4.3$)
- 진도
 - 진도 V: 광릉, 평창
 - 진도 IV: 속초, 홍천, 원주, 영월, 태백, 삼척
 - 진도 III: 철원, 경기 동부지역, 충북 북부, 경북 북부지역
 - 진도 II: 서울, 경기 서부, 충남, 충남 남부, 전북, 전남, 경북 남부지역(포항, 추풍령), 강원

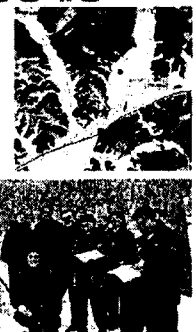
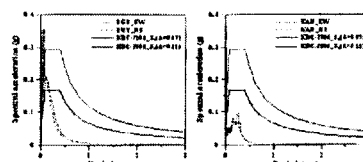


그림 2.2 오대산지진 개요

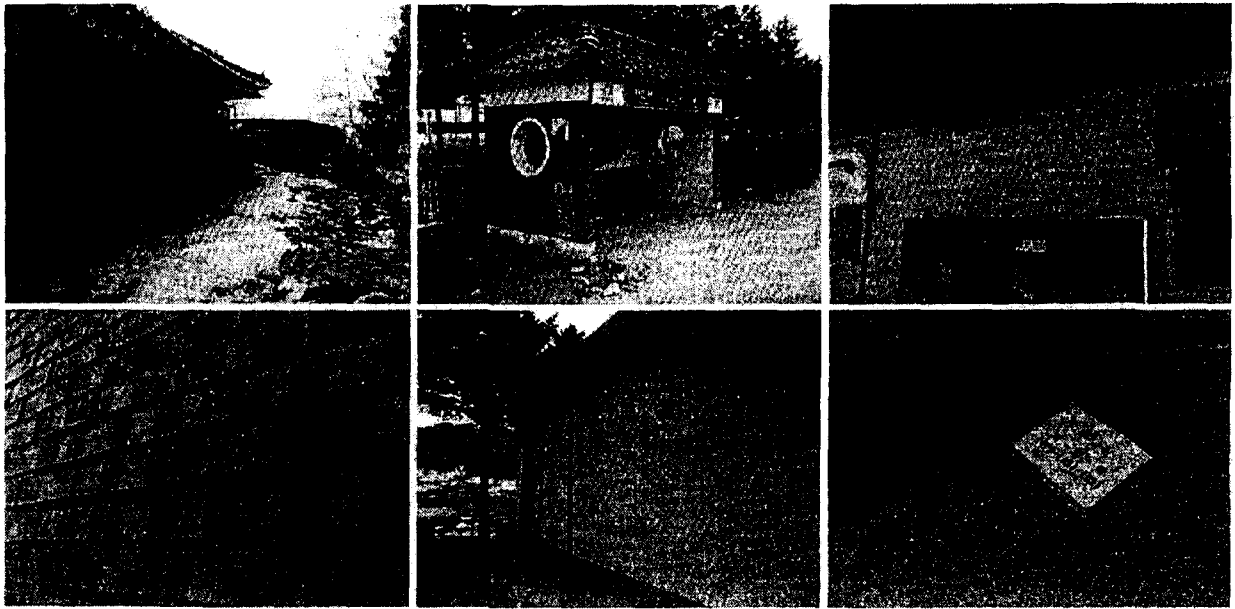


그림 2.3 오대산지진 피해 사례

로그랩을 중심으로 일련의 수작업 및 단위기능 프로그램 연계 사용 일반화

- 다수 단위기능 프로그램 연계 사용으로 각 단계 사이에 단순계산 및 데이터 처리 노력 소요되며, 소규모 건물 구조설계 시에도 동일한 구조설계 프로세스 적용으로 소요 업무량 면에서 중규모 이상 건물과 유사
- 내진설계 대상 범위 확대 조치의 실효성 높이기 위해서는 소규모 건물 구조설계 효율성 향상과 구조설계자/건축설계자간 시간적/공간적 효율 향상 필요
- 아파트 분양가 상한제 실시로 공사비 최적화 요구 증대
- 특히 골조 물량 최적화할 수 있는 구조시스템의 적용과 최적설계 기술요구로 다양한 설계 대안 생성과 비교/분석 필요성 증대

2. 철근공장가공 및 철근가공도 작성 기술 동향

- 일본의 경우 건축부문의 90%, 토목은 거의 100%가 공장가공 철근 사용
- 연간 1천만톤에 달하는 국내 철근시장에서 현재 공장가공 비율은 10% 수준
- LG건설 철근가공사업 진출 확정 등 원가절감과 효율성을 앞세운 철근공장가공 시장 본격 확장 추세 (별첨2. “철근공장가공사업 진출 러시”기사 참조)
- 공장가공 철근 사용을 위해서는 공장 주문을 위한 정확한 철근가공도 작성 필요
- 계산/노동집약적인 철근가공도 작성 업무 전산화에 대한 건설현장의 요구 증대
- LG-BAS(1998년) 등 일부 철근가공도 작성 프로그램들이 개발되었으나 사장

2.2 국외기술동향

국외 기술 동향을 분석하여 본 결과 건축구조설계 분야를 포함하여 건축분야에서는 설계와 시공 전 단계를 망라하여 BIM(Building Information Model) 기반 설계 및 시공관리가 큰 흐름으로 발전하고 있었다.

본 과제에서 개발한 SDP의 특징 중에 하나는 과거 유한요소 프로그램들에서 사용되던 절점 및 유한요소라는 어휘를 바탕으로 구조해석 및 설계를 수행하던 개념에서 벗어나 기둥, 보, 슬래브, 벽체 등 건물 요소 단위의 모델링과 설계 수행이라는 면에서 BIM에 더욱 접근한 개념의 프로그램임을 확인할 수 있었다.

이는 SDP가 향후 3차원 BIM 기반 환경에 활용성이 더욱 증대될 수 있음을 의미하며, 이런 의미에서 본 연구에서는 건축분야 BIM 동향에 대하여 조사, 분석하였다.

1) 건축분야 BIM 연구 동향

최근 국내외적으로 BIM(Building Information Modeling)에 대한 논의가 활발히 이루어지고 있으며 건설산업의 다양한 단계에서 도입이 시도되고 있다. BIM은 건설 프로젝트의 진행, 정보관리, 통합설계 등을 위한 종합적인 프로세스를 의미하며, ArchiCAD, Revit, AllPlan 등을 통한 3D CAD 모델은 BIM을 위한 기본 플랫폼이다. 즉, BIM은 단순히 새로운 BIM 소프트웨어를 구매하는데서 그치는 게 아니라 어떻게 사용할 것인지, 이것이 전반적인 작업 프로세스 내에서 어떻게 활용될 것인지를 이해하고 적용하는 것이 중요하다. 따라서 기존에 수행해 오던 작업방식으로는 큰 효과를 보기 어려우며 보다 세부적인 BIM 적용 시나리오와 도입 로드맵이 필요하다.

BIM 도입에 따라 설계작업에서의 가장 큰 변화는 기존의 “도면작업(drafting)” 중심의 설계방식에서 “모델링(modeling)” 중심의 설계방식으로 전환을 들 수 있으며, 이러한 새로운 작업방식에 적응하고 효율적으로 작업을 처리하기 위해서는 우선 작업자의 문제접근 방식과 사고방식이 바뀌어야 한다. 이와 아울러 또 다른 작업방식의 변화는 협업방식의 변화이다. BIM 도구를 이용하여 설계를 할 때 가장 큰 장점 중 하나는 한 부분에서 설계를 변경하면 관련된 건물의 다른 부분이 자동으로 업데이트 되어서 나중에 실수로 업데이트 안 한 부분이 생기는 것을 막을 수 있다는 점이다. BIM 작업방식은 하나의 모델에 여러 작업자가 동시에 접근하여 작업하는 방식이므로 한 사람이 모델을 변경하면 동시에 모든

사람이 변경사항을 인식할 수 있다. 따라서 BIM 작업시에는 기존과는 다른 업무분장 및 협업방식이 필요하다. 이 과정에서 BIM 작업에 대한 작업 규약의 정립이 요구된다.

BIM 적용을 통해 구조 모델 데이터와 3D 모델 데이터의 연동이 가능하다. 3D 모델 작성 초기에 단순하게 모델링된 구조 부재를 상세 구분하여 속성값을 좀 더 상세하게 입력함으로써 기초, 기둥, 보, 슬래브, 계단 등에 대한 일람표 작성 및 물량산출 등의 작업을 수행할 수 있다. 이를 위해서는 구조 모델 데이터와 3D 모델 데이터를 상호 연동시키는 프로세스의 표준화와 기능의 지원이 필요하다. 현재 데이터의 연동에 의한 자동화는 설계자의 실수를 방지하는 차원에서 다루어지는 수준에 있으며 생산성 측면의 판단은 이른 형편이다.

2) 3D CAD 모델러 현황

가. Revit

Autodesk사의 Revit은 초기 출시될 때부터 BIM의 근본적 정의인 “모든 정보를 담고 있는 하나의 모델”을 잘 반영하고 있는 제품이다. BIM을 목적으로 개발된 Revit은 실제 건물을 미러링하므로, 평면도, 단면도 및 입면도와 같이 격리된 요소가 아닌 전체적인 관점에서

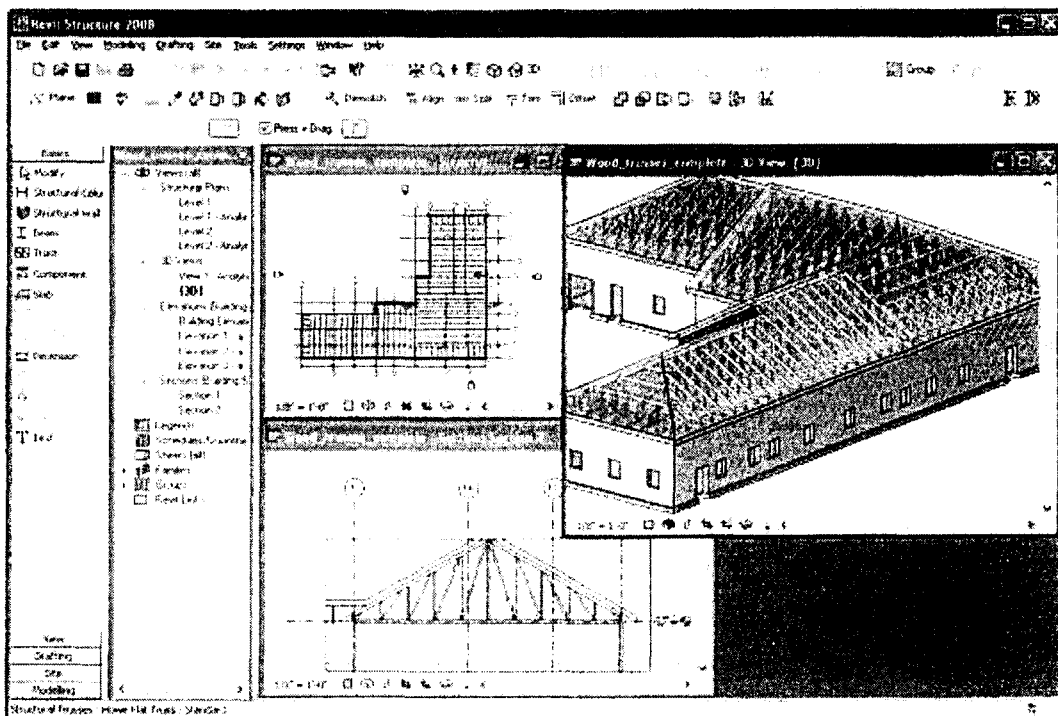


그림 2.4. Revit Structure 2008의 User Interface

(출처 : <http://www.aecbytes.com/review/2007/RevitStructure2008.html>)

작업할 수 있다. 또한 파라메트릭 변경 기술을 이용하므로 시간과 장소에 관계없이 변경하는 모든 내용이 프로젝트의 원하는 모든 지점(모델 뷰, 도면 시트, 일람표, 단면도, 설계도 등)에서 자동으로 조정된다. 설계도와 문서가 변경 내용에 맞게 조정되고 일관성을 가지며 유지되는 것이다.

이와 같이 Revit은 초기 버전부터 내부적으로 정의한 BIM을 단일한 데이터베이스로 구성함으로써 어떤 건물의 요소든간에 하나의 데이터베이스 내에서 구성하는 장점을 가지고 있다. 따라서 Revit을 사용하게 될 경우 모델이 수정되었을 때 바로 결과를 확인할 수 있고 수정된 내용이 모든 view 혹은 분석에 적용되기 때문에 관련된 문제점을 쉽게 찾을 수 있다.

나. ArchiCAD

Graphisoft사에서 개발한 ArchiCAD의 기본 개념은 “Virtual Building(건물을 구축하는 요

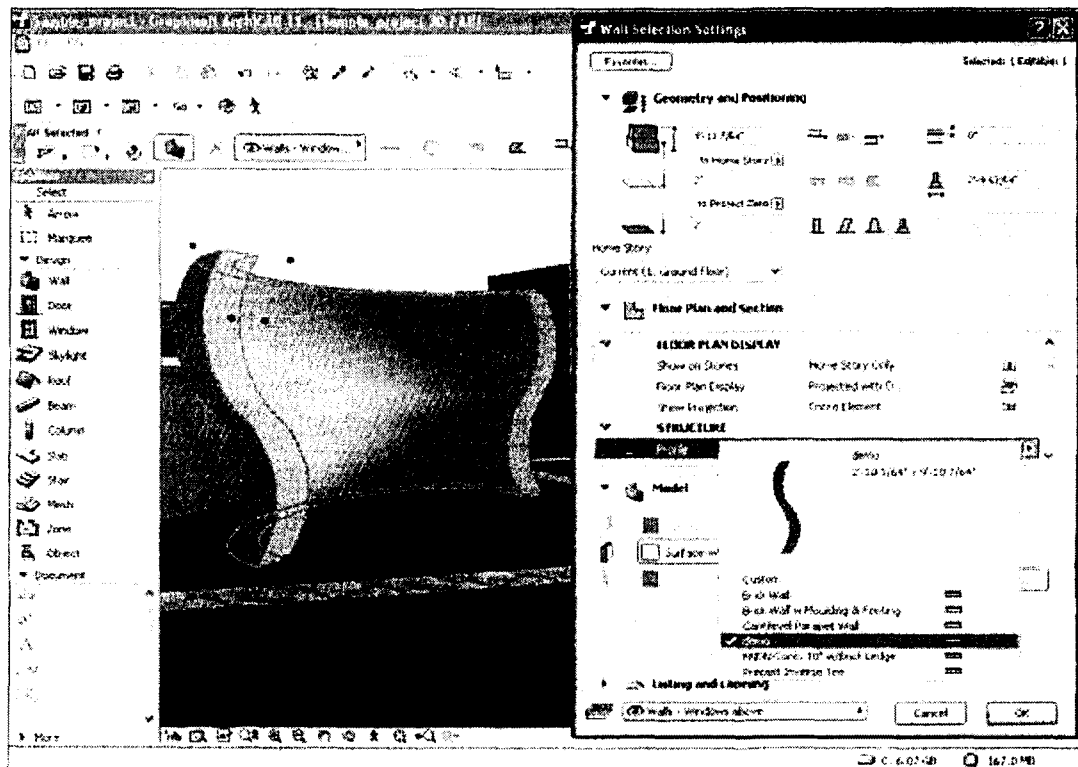


그림 2.5 ArchiCAD 11의 User Interface

(출처 : <http://www.aecbvtes.com/review/2007/ArchiCAD11.html>)

소의 모든 것을 재현하는 3D디지털 데이터베이스)"으로서 건축 데이터를 빌딩 파일로서 관리한다는 것이다. 즉, 컴퓨터 내에 하나의 가상의 건축물을 만들어 낸다고 하는 발상이다. 설계자는 2D는 물론 3D에서도 설계 변경을 실시할 수 있고 변경된 데이터는 다시 "Virtual Building(가상 건물)"에 갱신되어 자동적으로 모든 도면에 실시간으로 반영되어 설계자가 직관적이고 효율적으로 설계할 수 있도록 지원한다.

ArchiCAD가 타 CAD 프로그램과 다른 점은 GUI(Graphic User Interface) 환경 하에서 개발이 시작되었다는 점이다. 초기 버전들은 Macintosh용으로 개발되었으나 4.1버전부터는 Windows용 버전도 출시되었으며, 8.0 버전부터는 OpenGL의 완벽한 지원을 위하여 Windows 2000, XP 환경에서만 구동되도록 하였다. 아울러 가장 최근에 발표된 ArchiCAD 12는 BIM 모델링과 도면화 작업에서 자주 쓰이는 연산에 표준 멀티코어 프로세서의 장점을 최대한 활용함으로써 보다 빠른 작업이 가능하도록 하였다.

다. Microstation

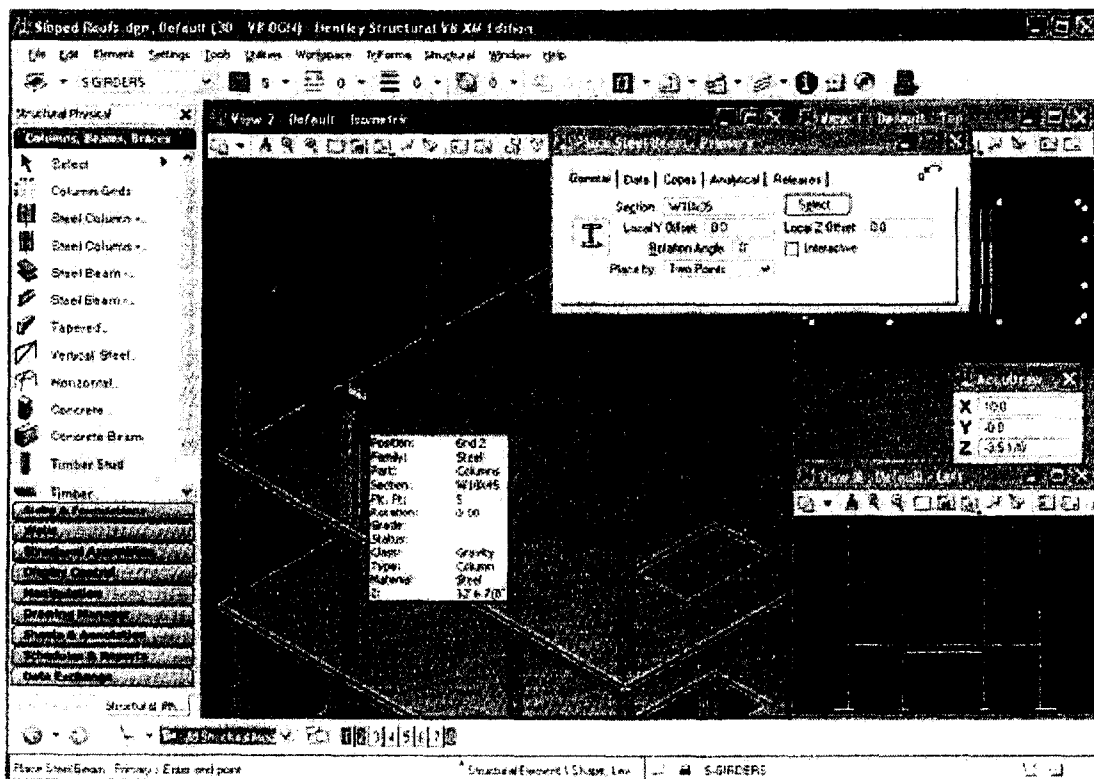


그림 2.6 Bentley Structural V8 XM의 User Interface

(출처 : <http://www.aecbytes.com/review/2006/BentleyArchStructV8XM.html>)

Bentley사는 Bentley Architecture(원래 이름인 Microstation Triforma로 판매)와 Bentley Structure, Bentley HVAC 등 여러 개의 어플리케이션 모듈들로 나눔으로써 BIM을 하나의 데이터베이스로 묶지 않았다. Microstation을 사용하는 각 분야(설계, 구조, 설비 등)에 종사하는 작업자들은 자신의 분야에 특화된 CAD로 설계된 모델을 만들 수 있으며 이러한 모델은 서로 호환이 가능하기 때문에 정보의 교환 혹은 이동이 원활해질 수 있다. 프로젝트 내에서의 데이터들은 DWG나 IFC 파일을 모두 지원한다. 하지만 궁극적으로 각 주체(설계, 구조, 설비 등)간의 호환성을 갖추려면 모든 주체가 Bentley 제품을 활용해야만 한다는 단점이 있다.

라. AllPlan

Nemetschek사에서 개발한 AllPlan의 데이터베이스는 NOI(Nemetschek Object Interface) 레이어를 사용함으로써 다른 소프트웨어와의 호환성을 높였다. NOI 레이어는 IFC 모델을 지원하는 API로 만들어졌다. AllPlan은 독일과 유럽국가에서 주로 사용하고 있으며 최신 버전의 AllPlan은 혁신적인 발전을 보여주고 있다.

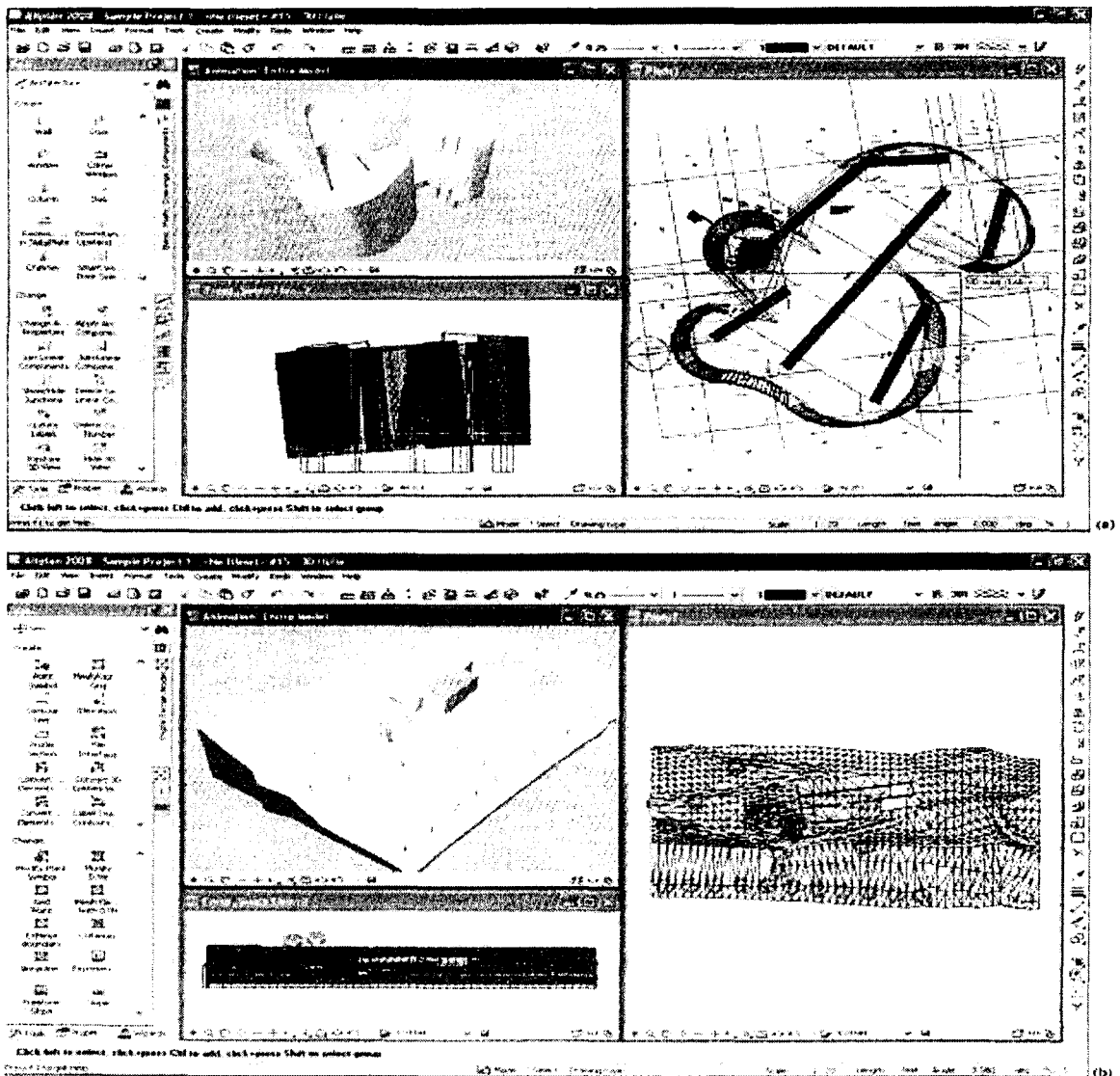


그림 2.7 AllPlan 2008의 User Interface

(출처 : <http://www.aecbytes.com/review/2008/AllplanBIMArch.html>)

마. ParaCloud Modeler

ParaCloud Modeler는 최근 건축계에서 하나의 유행처럼 번진 스크립트나 수학적 surface 구조들, 정보입력에 따른 형태변화의 개념이 있는 파라메트릭 등의 Computation에 대한 시대적 요구를 반영하는 전형적인 프로그램이다. 이스라엘의 Dr. Eyal Nir에 의해 개발된 파라메트릭 디자인 툴인 ParaCloud Modeler는 마이크로소프트 엑셀 스프레드시트를 3D 툴과 연동하여 변환시켜 주는 3D 모델러이다. Matrix를 기반으로 한 Bentley사의 Microstation Generative Components가 전신이라고 할 수 있으며, 초기에 Rhinoceros, Microstation에 연동되는 소프트웨어로 개발된 이후 SketchUP에도 연동될 예정이어서 주목받고 있다.

여러 Layer의 행렬을 기초로 한 이 소프트웨어는 논리모델의 node 좌표를 바탕으로 surface를 생성하며, 수치를 가진 node들은 X, Y, Z 축 안에서 수학적 연계가 가능하다. 이로서 일정한 수치변화를 가지는 NURBS를 생성하는 데 매우 유용하게 사용될 수 있으며, 1990년대 이후 이슈화되고 있는 유전자 알고리즘 디자인(Genetic Algorithm Design)을 구현할 수 있다.

이 소프트웨어는 3가지 개념을 가지고 있다. 엑셀의 스프레드시트를 기반으로 하여 node의 배열을 행렬로 표현하여 정확한 제어가 가능하게 해주는 MATRIX, TransXYZ, RotXYZ, ScaleXYZ 등의 조합으로 node의 연속함수 셋팅을 가능하게 해주는 I-codes, node값과 I-codes를 이용하여 모델링을 제어할 수 있는 필드인 GDNA가 그것이다. 이러한 형상을 표현하는 수학적 개념들을 이용하여 n차원 모델링과 분석을 위한 새로운 접근 방식의 플랫폼을 제공하고 수리 데이터와 그래픽 프리젠테이션 사이의 상호교류를 가능하게 해준다. 현재 ParaCloud Modeler v1.2는 Rhinoceros와 Bentley Microstation V8/XM과 연동이 되며, DXF와 Maya의 Mel script, VRML을 생성할 수 있다.

ParaCloud Modeler는 Generative Design이라는 기능을 통하여 부재설계, 시공설계, 성능검사를 가능하게 해주며, 또한 Behavior Modeling(각 디자인 컴포넌트간의 상호연관 관계 기반), surface와 Ribs의 전개도 작성, Parametric Component의 설정 규칙에 의한 자동 생성 및 배치, 성능 기반 디자인 방법을 제공한다. 즉, 3D 툴을 이용하여 생성한 비정형 설계의 수정 및 검토, 시공 도면 작성을 위한 좌표의 추출 등을 쉽게 처리해 준다. 또한, 수학적 이론을 바탕으로 생성된 하나의 논리모델을 이용하여 여러 가지 표현이 가능하며, Visual Basic Script 사용도 가능하다. 이는 다양한 프로그램 호환을 위한 브릿지로도 사

용될 수 있다. 아울러 엑셀을 기초로 하여 개발되었기 때문에 사용자가 친숙하게 접근할 수 있다는 장점도 있다.

실무설계의 입장에서 문제가 되었던 기존 3D 구현 소프트웨어에서의 정확한 좌표값 산출이 어려웠던 점은 Rhinoceros의 컨셉 드로잉과 ParaCloud Modeler의 수치화된 결과물 상호 변환으로 충분히 보완될 것이기에 실시설계도면이나 시공시 도움이 될 수 있다. 또한 아웃소싱 방식으로 프로그램 용량이 30Mb 정도로 상당히 작고 가벼우며, 수치 데이터를 조작함으로써 수작업에 의한 모델링보다 대안이 많이 나올 수 있고, 기존의 단순반복 작업인 파라메트릭 구조를 간단하게 생성하여 이에 대한 노동력과 시간 절감 효과를 예상할 수 있다.

ParaCloud Modeler가 많은 가능성을 가지고 있는 소프트웨어이기는 하나, 현재 개발 이후 초기 버전이어서 여러 문제점을 가지고 있다. 초기의 v1.0 이후 v1.2까지 나왔으나, 프로그램의 유저 인터페이스가 부족하고, 개발자 위주의 기능구현으로 사용이 다소 불편할 수 있다. 현재 저렴한 가격이 장점이지만, 네트워크 라이선스를 지원하지 않고 별개의 라이선스로만 판매되고 일일이 사용자별로 사용자 코드를 요청하는 불편이 있으며, 사용자 등록시 인터넷 연결이 필요한 것도 사용자 친화적이지 않다. ParaCloud Modeler 실행시 뜨는 엑셀이 쉽게 종료되지 않는 것도 개선되어야 할 부분 중 하나이다. 게다가 현재 개발자 혼자서 영업과 개발, 운영 및 서비스를 모두 처리하고 있는 상황이 소프트웨어 이용에 적지 않은 불편함을 야기할 가능성도 높다.

이러한 문제점에도 불구하고 시대적 요구와 사용자의 요구에 의해 필요성이 대두되고 있으며, 사용자의 확산과 더불어 소프트웨어 제공사의 규모가 커질수록 서비스가 개선되고 지속적으로 업그레이드가 되리라 생각되므로 기대를 가져볼 수 있을 것이다.

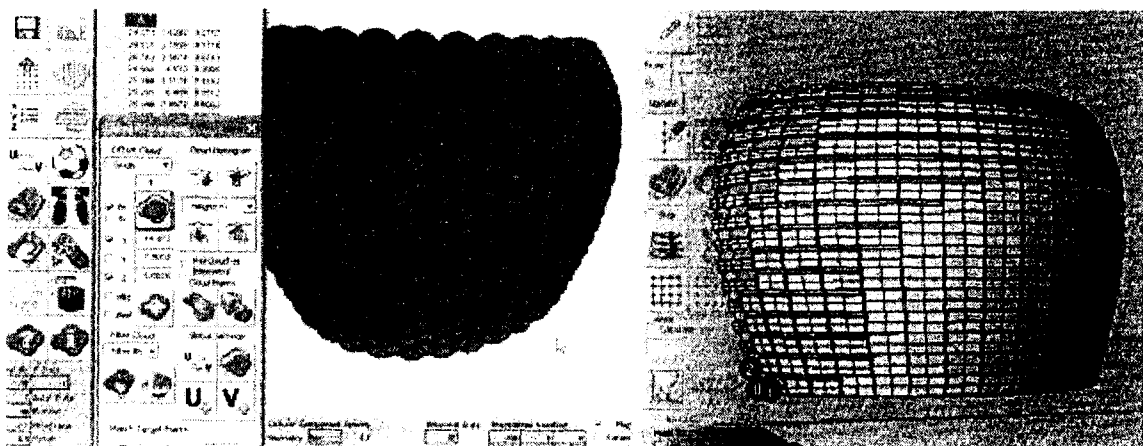


그림 2.8 ParaCloud Modeler의 User Interface

(출처 : 캐달로그 코리아 홈페이지, www.cadalog.co.kr)

바. Tekla Structures

일반적으로 널리 알려진 Revit, ArchiCAD, Bentley Structures와 같은 설계용 BIM 도구와 달리 Tekla Structures는 디테일링 도구이기 때문에 많은 일반인이 접함 기회가 없다. 물론 설계단계에서 사용할 수 있지만, 그러기에는 불편한 점이 많고 본 디테일링 기능이

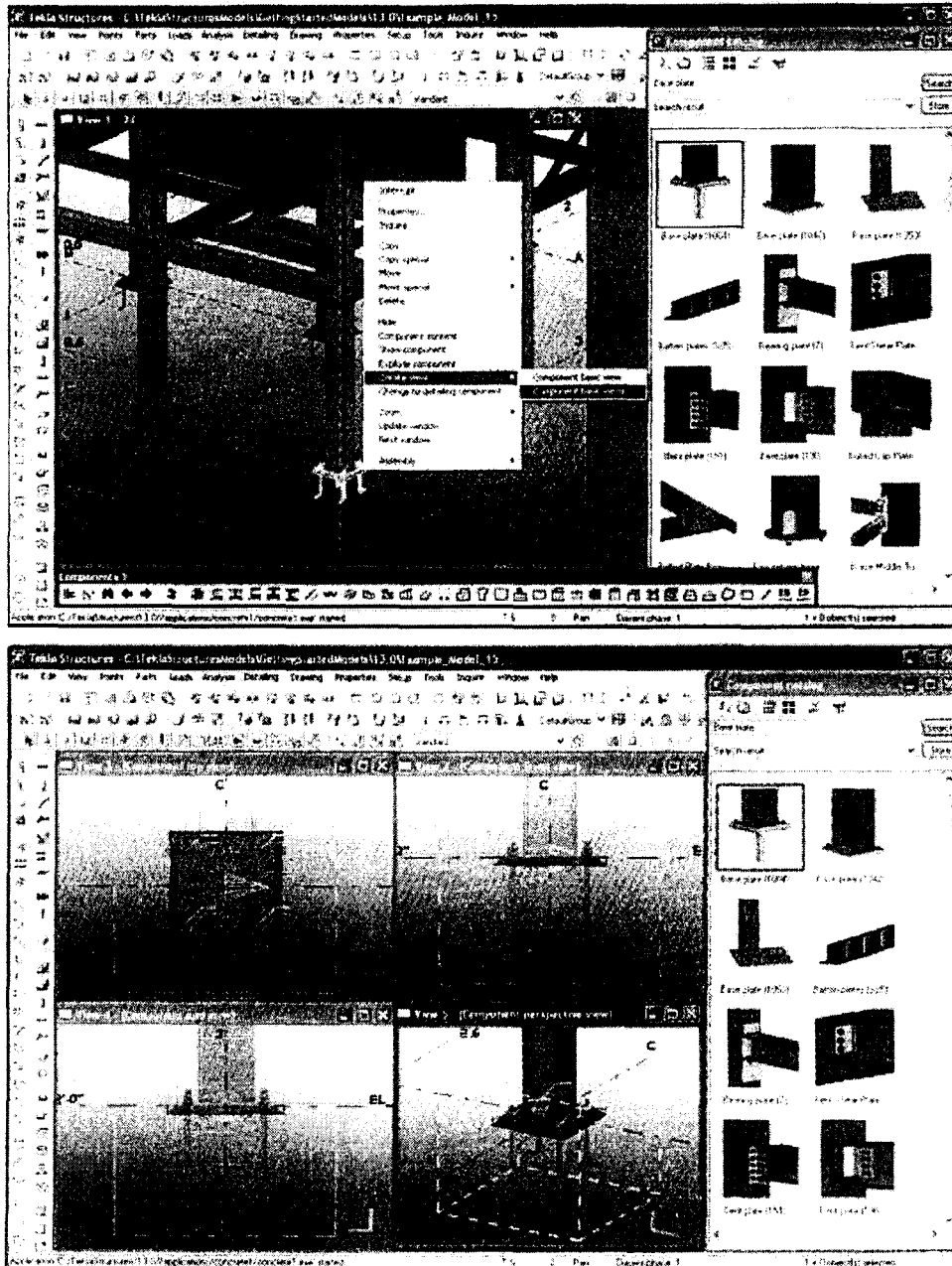


그림 2.9 Tekla Structures의 User Interface

(출처 : <http://www.aecbytes.com/review/2007/TeklaStructures.html>)

막강하다.

Tekla Structures는 핀란드의 Tekla라는 회사에서 만든 제품이다. 일부 소프트웨어를 아는 사람들에게는 이전 이름이었던 xSteel 또는 프랭크 게리 건물의 철골 디테일을 만들 때 사용되었던 소프트웨어로 더 널리 알려져 있다. 전 세계적으로 약 15,000 카피가 사용 중이며, 철골회사, 엔지니어링 회사, 프리캐스트 콘크리트 회사 등이 주요 사용자들이다. 국내의 경우에도 포스코건설을 포함한 다수의 건설사와 엔지니어링 회사에서 약 230 카피 정도가 사용중이다.

가장 대표적인 기능은 철골조의 골조 접합부 자동생성 기능과 프리캐스트 콘크리트, 일반 철근콘크리트의 철근 및 접합부 자동생성 기능이다. 작동원리는 미리 라이브러리에 파라메트릭하게 접합부를 정의해 놓고 주부재(primary member or supporting member)와 부부재(secondary member or supported member)를 지정하면 자동으로 상황에 맞게 크기가 조정되며 접합부가 생성된다. 철근의 배근은 철근을 배근할 부재를 선택하고 원하는 옵션을 선택하면 자동으로 부재의 크기에 맞게 철근이 생성된다. 써드파티 제품을 사용하면 구조계산 결과에 따라 철근을 배근할 수도 있다. SAP2000, STAAD.Pro, S-Frame, GTStrudl, ETABS 등 다양한 구조해석 소프트웨어와도 연결된다. 이렇게 만들어진 모델을 이용하여 도면을 자동 생성하고, 부재간 간섭을 확인하거나 물량을 자동으로 산출할 수 있다.

Tekla Structures는 생산용 도구이기 때문에, 전체 모델에서 하나의 부재만 떼어내 단독의 부재도면을 생성할 수 있다. 각각의 부재정보는 CNC 기계로 보내져 철골이나 프리캐스트 콘크리트의 자동가공 및 생산이 가능하게 된다.

Tekla Structures의 가장 큰 장점은 우선 디테일링 작업에서의 생산성 향상이며, 그 다음으로는 효율적인 모델 크기이다. Revit이나 ArchiCAD에서는 건물크기가 커지면 속도저하 현상이 나타난다. Tekla Structures도 건물크기가 매우 커지면 속도가 저하되지만, 성능면에서 월등하다. 이러한 이유는 먼저 Tekla가 1960년대 GIS 회사로부터 시작하였기 때문에 모델파일의 데이터 구조가 효율적으로 되어 있기 때문이며, 그 밖에도 여러 방법을 통하여 모델파일 사이즈를 최소화하였다.

Tekla Structures의 가장 큰 단점은 기능이 전문화 되어 있고 복잡하다 보니, 고급기능에 익숙해지는데 시간이 걸린다는 점이다. 또한 전문성 면에서 다른 제품과 기능을 비교하기 어렵지만, 2배 이상 비싸다는 것도 단점이다.

2.3 기술동향 분석 결론

- 향후 건축 분야의 설계, 엔지니어링, 시공은 3차원 BIM(Building Information Model) 기반으로 급속한 패러다임 전환이 예상된다. 그러므로 구조 엔지니어링 분야에서도 기술경쟁력 유지와 시장 선점을 위해서는 3차원 BIM 기반 엔지니어링 기술 개발과 보유에 관심을 가져야 할 때이다.
- 다양한 형태의 중·고층 건물을 대상으로 최적화되어 있는 기존의 구조설계 실무 절차로는 2005년 4월 1일부터 시행되는 건축법 시행령 개정안에 따른 내진설계 확대 의무화에 따라 새로이 구조설계 대상이 될 저층 건물에 대한 구조설계 추가 수요에 대응할 수 없다.
- 반면 일본의 STAN-3D, 중국의 PKPM 등 해외에는 일반적인 중·저층 건물의 구조설계를 효율적으로 수행하는 통합시스템 또는 일관시스템의 사용이 일반화되어 있는 것으로 분석되었다.
- 그러므로 중저층건물 구조설계를 위한 통합시스템의 개발이 시급하며, SDP는 상기 구조설계 통합시스템 관점에서 실용화에 가장 접근한 프로그램으로서, 실용화 시 내진설계 범위 확대 조치의 실효성에 크게 기여할 것으로 판단된다.
- 현재 국내 철근 수요의 10%정도가 공장가공으로 이루어지고 있는 반면 일본의 경우 건축은 90%, 토목은 거의 100% 공장가공이 이루어지고 있다. 우리나라도 현장 효율화의 일환으로 공장가공 비율이 급속히 확대되고 있는 추세이다.
- 다만, 공장가공을 위해 선행되어야 하는 철근가공도 작성에 투입되는 비용, 도면 오류에 따른 물량 손실 등의 절감이 시급한 이슈로 대두되고 있다.
- 그러므로 우리나라에서도 미국 ACI Detailing Manual 등에 견줄 수 있는 철근 형상 및 가공도의 표준화와 철근가공도 작성업무 전산화가 시급하다. SDP에 의해 구축되는 3차원 구조설계정보 데이터베이스는 철근가공도 작성에 필요한 입력정보를 대부분 포함하고 있어 철근가공도 작성 프로그램의 입력기능은 완성된 것으로 평가할 수 있으며, 최소한의 추가 노력으로 실용적인 철근가공도 작성 프로그램의 개발이 가능한 것으로 분석되었다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

3.1 연구개발결과

연 차	연구목표	주요 연구내용
1차년도	▪건축구조설계통합시스템 SDP 실용화	▪중소형규모건물에 적합한 내진설계 프로세스 정립과 SDP에의 적용 ▪SDP의 현장 적용 및 파일럿 프로젝트 수행으로 기능 검증 및 오류 수정
	▪철근가공도 표준화	▪철근가공 표준 형상 및 치수 표준화 ▪정착/이음 고려한 최적 철근가공 알고리즘 작성 ▪철근가공도 형식 및 표기법 표준화
2차년도	▪중저층 RC 건물 통합시스템 실용화를 위한 현장 적용과 단위기능 보완	▪SDP RC 모듈 다수의 실재 프로젝트에 적용 ▪기능 검증/수정/개선 ▪실용성 제고 위해 부재 단면 설계 모듈 분리 구현 (SDT:Structural Design Tools)
	▪구조도면 작성 모듈 구현 및 실용화	▪구조평면도, 부재일람표 등 구조 실시도면 작성 전산화 ▪구조도면 부재편심 등 상세 작성 기능
	▪중저층 강구조 건물 구조설계 통합시스템 개발	▪중저층 강구조 건물 통합구조설계 기능 ▪유형별 철근가공도 작성 전산화
	▪웹기반 구조설계 환경 정립	▪최적의 웹기반 구조설계자/건축설계자간 구조설계 프로세스 정립 ▪웹기반 구조설계 기능 설계
3차년도	▪온라인 구조설계 환경 및 업무 프로세스 정립	▪온라인 설계/구조 협업 시스템 구축 ▪CAD 도면 기반 정보 호환 모델 개발
	▪구조설계 기능 개선/보완	▪KBC2005 및 KBC2008 설계 기능 탑재 ▪구조계획 모델러 기능 개선 (3차원) ▪강구조 및 SRC 설계기능 개선/보완 ▪CAD 및 구조해석 프로그램 연동기능 개선/보완
	▪구조도면 작성 기능 개선/보완	▪조도면 작성 기능 개선/보완 ▪철근상세도 및 가공도 작성 기능 개선/보완 ▪골조 및 철근배근 3D 시뮬레이션 기능 개발
	▪현업 적용 및 골조 VE 기능 개발	▪현업적용을 통한 기능 검증 ▪골조 물량산출 기능 개발 ▪구조설계 대안관리 및 견적 통한 VE 기능 개발

3.2 연구개발 내용

가. 구조설계 통합시스템 SDP 개발

SDP(Structural Design Processor)는 구조설계 전 과정과 골조 물량산출 및 도면작성까지를 하나의 프로그램 안에서 수행할 수 있는 구조설계 통합시스템이다. 구조설계 과정에서 SDP는 순차적 단순계산이나 각 계산지 사이의 정보흐름 및 데이터 관리를 전담함으로써 엔지니어가 자신의 지식과 경험에 바탕한 공학적 판단과 설계안 창출에 집중할 수 있도록 지원한다. 그림 3.1에서 3.16은 SDP를 이용하여 구조설계를 수행하고 구조계산서를 작성하는 과정을 요약하여 보여준다.

SDP의 주요 기능과 특징을 요약하면 다음과 같다.

- SDP는 구조계산서를 대상으로 한 구조설계 통합 프로세서이다. 구조계산서 작성과정은 곧 구조설계 과정이며 구조계산서 구성형식과 작성과정은 오랫동안 엔지니어들에 의해 최적화된 것이다. SDP는 구조계산서의 구성형식과 작성과정을 설계 관행 그대로 지원하여 직관적으로 배우고 사용할 수 있다.
- 그림 3-16에서 보는 바와 같이 SDP는 구조계산서 표지에서부터 설계개요, 구조평면 계획, 각종 하중 계산, 구조해석, 각종 부재 일람표 및 단면상세검토 등 구조계산서의 주요내용과 각 설계내용의 근거가 되는 계산 등을 지원하며, 또한 필요에 따라 각 계산지 사이를 선후행할 수도 있다.
- 구조설계과정을 단위작업으로 분석해 보면, 엔지니어의 설계의도와 공학적 판단을 중심으로 일련의 순차적 단순계산, 데이터 정리 및 처리, 문서작성 작업 등으로 구성되어 있다. SDP는 각 단위작업 특성에 따라 엔지니어와 컴퓨터의 역할을 합리적, 효율적으로 분담하여 구조설계 업무의 생산성 및 품질 향상을 동시에 도모하고 있다.
- SDP는 컴퓨터가 구조설계를 하고 엔지니어가 뒷처리하는 BLACK-BOX 식의 개념을 탈피하여 엔지니어는 모든 단계에서 모든 정보를 검토하고 자신의 설계의도와

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.

- 새로 개발된 프로그램의 실무 적용 시 프로그램 신뢰성에 대한 검증이 요구된다. 하지만 SDP는 전술한 바 대로 모든 작업 내용에 대한 검토가 가능하고, 자체 수행한 작업에 대해서는 근거를 제시함으로써 별도의 신뢰성 검증 없이 실무에 적용할 수 있다.
- 건축구조물 구조해석 프로그램은 많은 과정을 스스로 수행함으로 신뢰성 검증이 필수적이다. SDP는 건축구조물의 특성이 반영된 자체 해석모듈을 갖고 있다. 그러나 이미 해석 신뢰성이 검증되어 실무에서 사용되고 있는 NeoMAX 3D, MIDAS/Gen, SAP2000 등 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.
- SDP는 구조계획으로부터 부재 상세설계까지 구조설계 전 과정을 지원하는 통합시스템이다. 하지만 필요에 따라 각 단위 기능만도 유용하게 사용할 수 있다. 즉, 구조평면도만을 작성한다거나, 단위부재만을 설계하거나 단면을 검토해보고자 할 때에도 SDP를 유용하게 사용할 수 있다.
- SDP은 다양한 대안이 가능한 작업 단계에서 여러가지 대안을 생성하고 비교, 검토할 수 있는 기능을 제공한다. 한편 설계 변경이 일어난 경우 변경 전후의 설계내용을 관리하는 설계변경내역 관리기능이 있어, 설계 변경을 취소할 수도 있고 각 대안을 비교해 볼 수도 있다.
- SDP에 의한 구조설계 결과는 하나의 구조설계정보 통합데이터베이스에 저장된다. 그러므로 이 데이터베이스를 담은 한장의 CD 또는 디스켓으로 구조계산서 납품과 관리가 가능하다.

- SDP은 문제분석으로부터 시스템 구현까지 시스템 개발 전 과정에 걸쳐 Object Oriented Method 기법에 의하여 체계적으로 설계되고 구현되었다. 또한 전체 프로그램이 C++에 의하여 구현되었고, 정보관리를 위해서 관계형 데이터베이스가 도입된 최초의 구조설계 프로그램이다. 이는 향후 SDP의 성능 향상과 기능 추가가 안정적이면서도 빠른 속도로 이루어질 것이라는 점에서 본 프로그램을 사용할 엔지니어들에게도 대단히 중요한 사실이며, 특히 구조설계기준이 계속 발전 개정되는 특성이 있음을 감안할 때 체계적 유지관리 기반은 매우 중요하다.
- 구조설계정보 통합데이터베이스의 구축 완료는 이를 이용한 후속 시스템 개발 효율을 크게 향상시킬 수 있다. 실제로 본 구조설계정보 통합데이터베이스에 기반한 물량산출시스템, 구조도면생성시스템, 건물안전관리통합시스템 등 후속 시스템 개발이 진행 중에 있다.

SDP의 모든 작업은 계산지를 통하여 이루어지며, 설계 진행에 따라 계산지를 삽입, 편집한다. 각 계산지는 해당 계산지의 역할에 따라 최적화된 편집 기능을 제공한다. 본 장에서는 SDP에 의하여 구조계산서를 편집해 감으로써 구조설계를 수행하는 과정을 간략히 보여준다.

1) 프로젝트 생성과 표지 계산지 작성

새 프로젝트를 시작하면 설계하고자 하는 건물 유형이 제시되어 선택할 수 있으며, 현재는 철근콘크리트구조만 제공되나 향후 강구조 건물, 벽식 공동주택 등으로 유형을 확장 예정이다. 작업 위치와 파일명을 지정하면 작업 내용이 저장될 데이터베이스가 생성되고, 그림 3에 보는 바와 같이 표지 계산지 작성에 필요한 정보를 입력한다. 표지 계산지는 그림에서 보는 바와 같이 설계 변경 내역(revision) 관리 기능을 갖고 있어 설계 변경 이력을 관리하거나 여러개의 대안을 작성하여 비교할 수 있는 기능을 제공한다. 이와 같이 새로운 프로젝트가 생성되고 표지 계산지 작성이 완료되면 그림 3.1의 좌측 트리윈도우에서 보는 바와 같이 구조계산서 목차가 작성되고, 이 목차 중 특성 계산지를 더블클릭함으로써 원하는 계산지로 이동할 수 있다.

2) 설계개요 계산지 작성

설계개요 계산지는 건물 용도, 위치(지진하중 및 풍하중 산정 시 필요), 층수, 층고, 적용 기준, 사용 재료, 하중조합 조건 등 구조설계 개요를 결정, 입력, 편집하는 기능을 제공한다.

3) 주심도 계산지

주심도 계산지는 건물 전체에 적용되는 속성을 입력하는 계산지이며 한 프로젝트에 한 개만 입력될 수 있다. 주심도 계산지를 통하여 건물 형상의 기준이 되는 그리드라인과 기둥, 벽체 등의 수직 부재를 입력한다. 주심도 계산지에서 입력된 그리드라인 및 수직 부재들은 이하 편집될 각 단위평면도에 기본적으로 제시된다. 또한 주심도 계산지에서 그리드라인의 위치 또는 수직 부재 등을 편집하면 이는 모든 단위평면도에 전파, 적용된다. 그림 3.3은 주심도 계산지에 그리드라인, 기둥열, 벽체열 등이 편집 완료된 상태를 보여준다.

4) 단위평면도 계산지

주심도 계산지 작성이 완성되면 각 층별 평면도를 입력한다. 건물의 경우 동일 평면을 갖는 층이 반복적으로 존재하는 특성을 갖는데 SDP에서는 이러한 특성을 하나의 단위평면도에 여러층을 연계하는 방법에 의하여 반영하고 있다. 그림 3.4는 2층~4층에 적용되는 일반층 평면이 편집완료된 상태이다. 그러므로 이 평면에서 입력, 삭제, 수정된 내용은 2층~4층 평면에 공통적으로 적용됨으로써 편집 효율을 크게 향상시킬 수 있다. 단위평면도에서는 각층 수직 부재 단면(기둥, 내력벽, 지하외벽), 큰보, 작은보, 슬래브, 계산, 독립기초, 줄기초, 계단, 브레이스 등의 초기 가정단면과 위치 등을 편집할 수 있다. 또한 각 슬래브 바닥에 적재하중 조건을 부여함으로써 구조해석 시 중력하중 정보가 자동 생성될 수 있다. 그림 3.5는 단위평면도의 슬래브에 적용한 바닥하중 유형이 정리된 바닥하중 계산지를 보여주고 있으며, 바닥하중 내용은 단위평면도 계산지나 바닥하중 계산지 어디에서도 편집될 수 있다.

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

주심도 계산지 및 단위평면도 계산지를 통하여 건물 형상 입력이 완료되면, 건물의 바닥하중, 풍하중, 지진하중, 응답스펙트럼을 해당 계산지를 이용하여 산정할 수 있다. 이러한 하중 계산지를 건물일반정보 계산지에서 선택된 설계기준에 따라 산정되며, 엔지니어가

기본적인 정보를 입력함으로써 기준에 따른 설계하중이 산정, 제시된다. 이 과정에서도 SDP는 모든 계산 과정을 엔지니어에게 제시함으로써 엔지니어의 설계의도나 공학적 판단에 따라 중간값 또는 최종값을 변경할 수 있도록 하고 있다. 그림 3.6은 응답스펙트럼 계산지를 보여주고 있으며, 엔지니어가 내용의 수정이나 검토를 원할 경우 계산지 상의 해당 내용을 더블클릭한 후 활성화되는 대화상자에서 원하는 작업을 할 수 있다.

6) 구조해석

이와 같이 건물 형상 모델링과 하중 산정이 완료되면 구조해석이 수행되어야 한다. SDP는 건물의 구조적 특성을 효율적으로 반영한 자체 해석모듈을 내장하고 있을 뿐만 아니라, 현재 현업에서 쓰이고 있는 다수의 상업용 구조해석 프로그램과의 연계가 가능하도록 고안되었다. 그림 3.7의 구조해석 계산지에서 구조해석에 사용하고자 하는 프로그램을 선택하면 SDP는 선택된 프로그램 포맷에 맞추어 입력파일을 생성하게 되고, 해당 프로그램을 활성화하여 해석을 수행하여 해석결과 파일이 생성되면 SDP는 다시 그 해석결과를 읽어 들여 내부 데이터베이스에 저장하게 된다. 그림 3.8은 NeoMAX 3D를 이용하여 구조해석을 수행하고 있는 화면이다.

7) 부재설계

구조해석 프로그램과의 입출력 과정을 통하여 해석 결과 즉 부재력 등이 산정되면, 각 부재 별 계산지를 이용하여 부재설계를 수행할 수 있다. 그림 3.9는 보 단면을 설계, 검토하는 대화상자를 보여주고 있다. 단면 내 모든 속성을 조절할 수 있으며, SDP는 속성이 변경될 때마다 설계기준에 의한 모든 검토를 수행하고 그 결과를 대화상자내 각종 메시지 항목을 통하여 엔지니어에게 제시함으로써 엔지니어는 제시되는 메시지들을 검토하면서 각 단면의 장단점을 비교할 수 있다. 이 때 부재설계는 단위평면도에서 수행된 부재 그룹별로 수행된다. 즉 동일 단면명(G1, G2, C1, C2, W1, W2 등)으로 그룹핑된 모든 부재들의 부재력을 취합하여 같은 유형의 모든 부재들이 기준을 만족할 수 있도록 검토한다. 그림 12는 설계된 보단면의 상세검토 계산지를 보여준다. 이하 그림 3.11-14는 기둥, 슬래브, 내력벽, 지하외벽의 단면설계 계산지를 보여준다.

이상의 모든 부재설계는 KBC2005 및 KCB2008의 세부 규정을 만족시킬 수 있도록 단면 용력검토 기능이 개발되어 있으며, 특히 상기 기준에 정의된 지진하중 산정 및 내진설계 규정에 따라 부재가 설계되게 함으로써 SDP에 의해 설계되는 건축물은 관련 기준에 따른

내진성능이 확보될 수 있도록 하였다.

8) 구조설계정보 데이터베이스 활용

이상과 같은 과정을 통하여 수행된 구조설계 결과는 하나의 관계형 데이터베이스에 의해 통합 관리된다. 모든 건설 행위가 설계 정보에 기반하여 수행됨을 고려할 때 구조설계정보 데이터베이스가 구축됨은 매우 주목할 만한 결과이다. 이 데이터베이스는 도면 작성, 물량 산출 및 견적, 공정계획, 현장 관리, 준공 후 유지관리 등 제반 후속 엔지니어링 작업이 정보원으로 사용될 수 있으며, 현재 구조도면 생성, 골조물량 산출 등은 이미 실용화 단계에 도달하였다. 그림 3.15는 물량산출 계산지를 그림 3.16은 구조설계 결과로 생성된 데이터베이스를 읽어 평면도, 부재일람표 등 각종 도면을 생성하는 예를 보여준다.

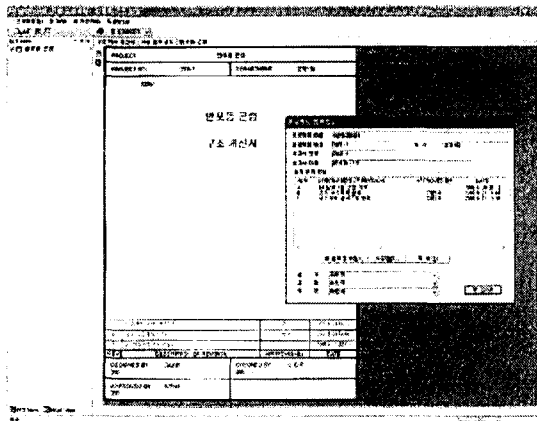


그림 3.1 지 계산지

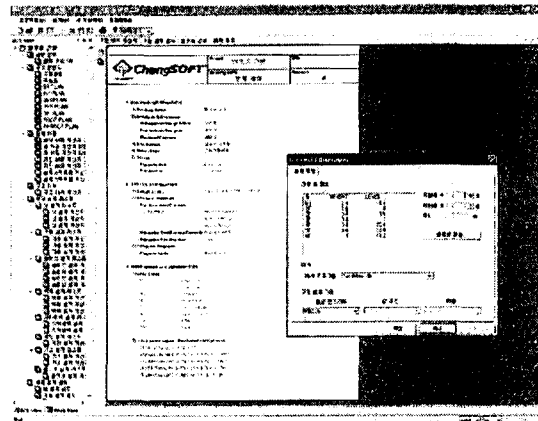


그림 3.2 개요 계산지

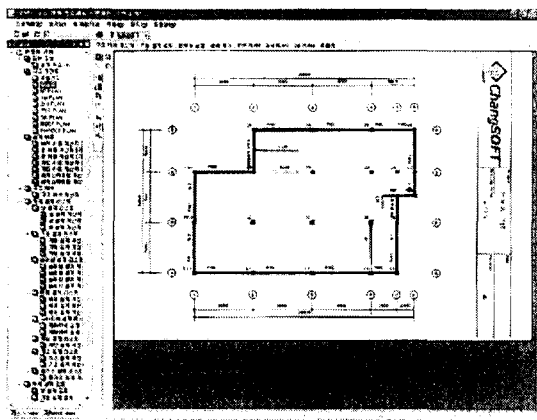


그림 3.3 주심도 계산지

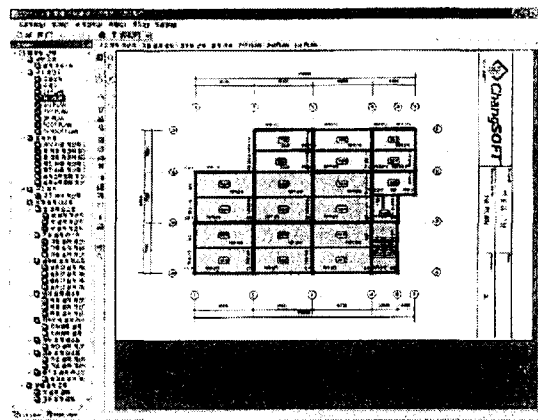


그림 3.4 구조면도 계산지

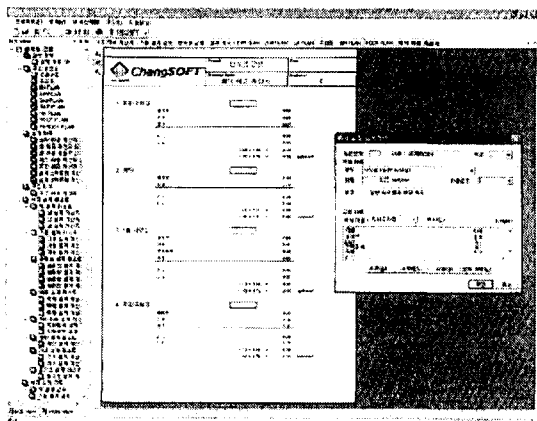


그림 3.5 바닥하중 계산지

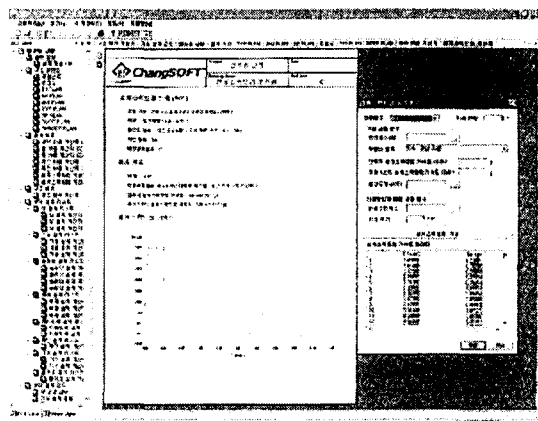


그림 3.6 응답스펙트럼 계산지

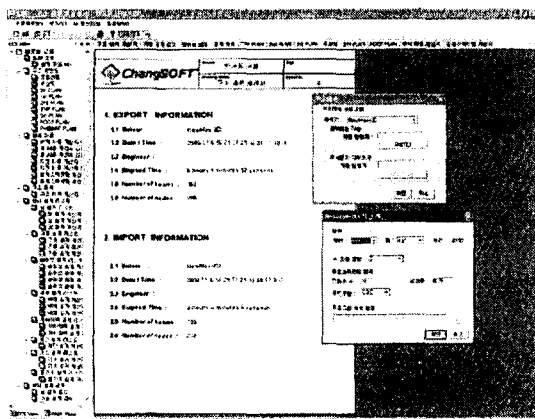


그림 3.7 구조해석 계산지

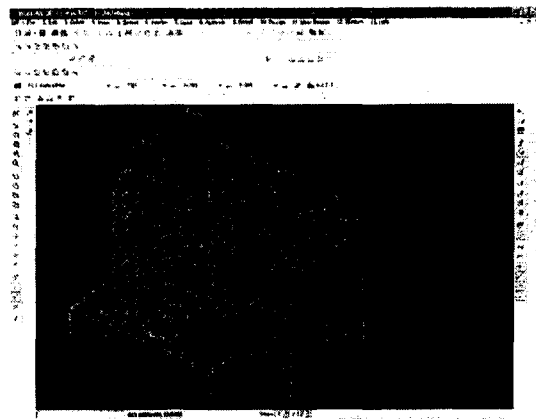


그림 3.8 외부 해석프로그램(NeoMAX 3D)과의 연동

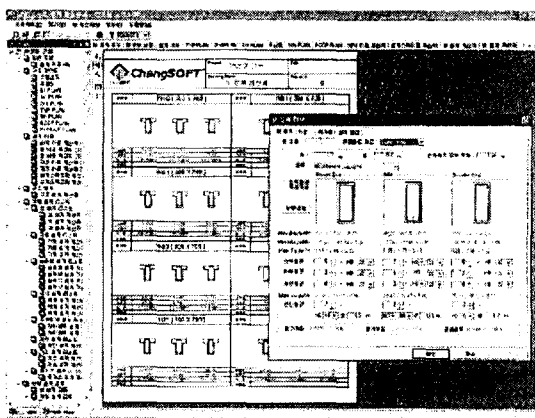


그림 3.9 보단면 설계 계산지

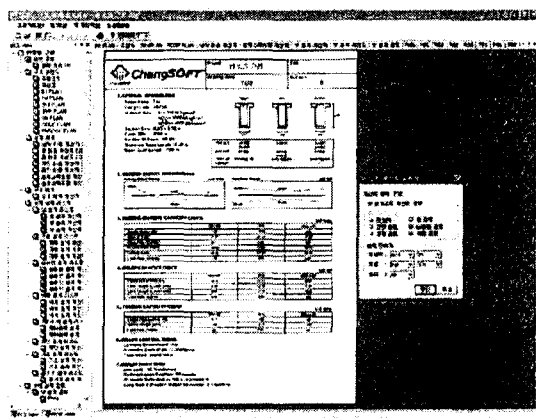


그림 3.10 보단면 상세검토 계산지

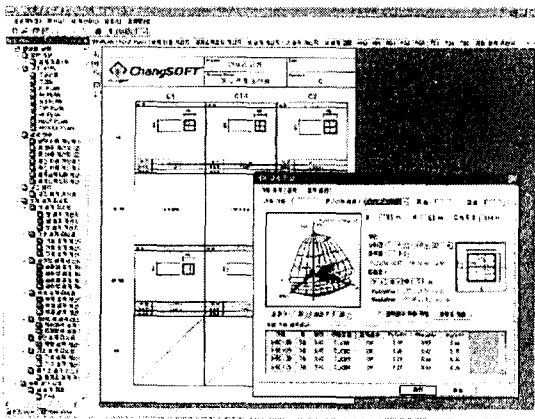


그림 3.11 기둥단면 설계 계산지

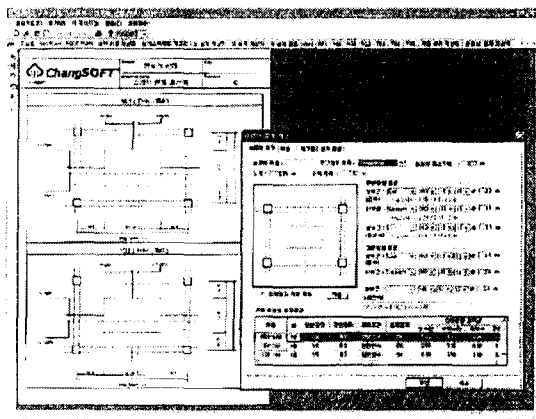


그림 3.12 슬래브단면 설계 계산지

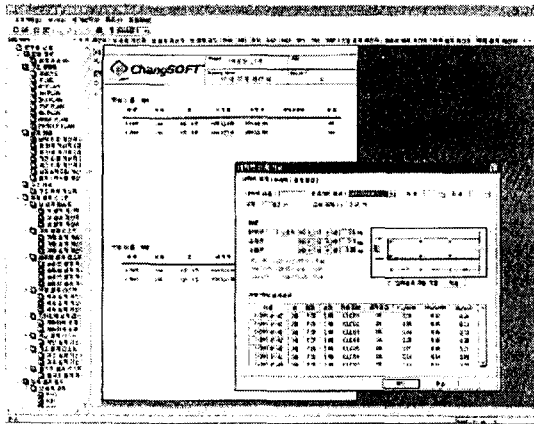


그림 3.13 내력벽 설계 계산지

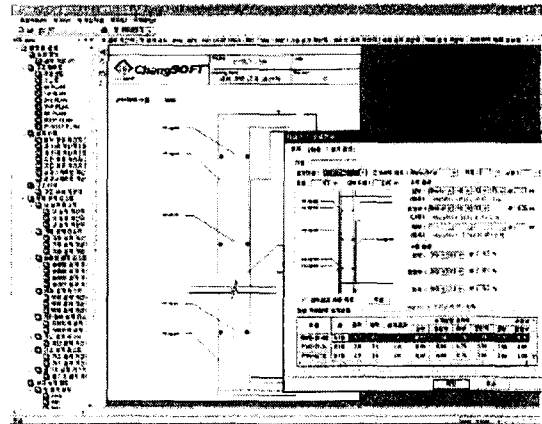


그림 3.14 지하외벽 설계 계산지

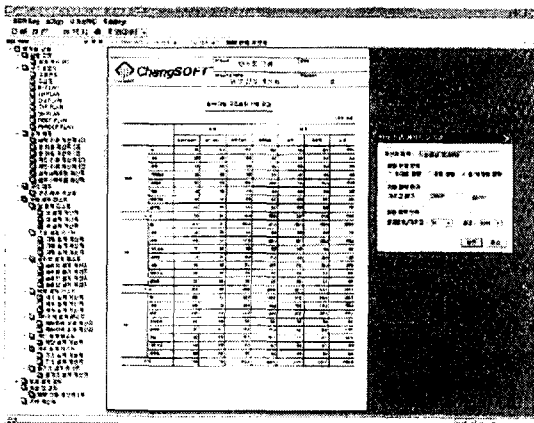


그림 3.15 물량산출 계산지

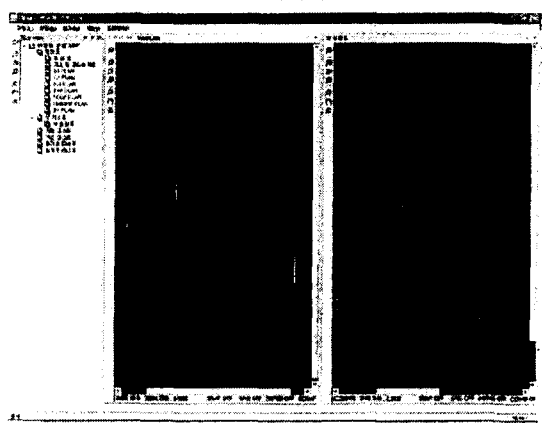


그림 3.16 SDM(Structural Drawing Master) 도면 작성

나. 구조도면 작성 프로그램 SDM 개발

본 연구에서는 SDP에 의한 구조설계 결과로 주어지는 설계정보 데이터베이스를 이용하여 구조도면을 작성하는 모듈인 SDM을 개발하였다. 다음 화면에서 보는 바와 같이 SDM에서 SDP의 설계 정보 데이터베이스를 읽어드리면

- 구조평면도 (그림 3.17)
- 보부재 일람표 (그림 3.18)
- RC 기둥부재 일람표 (그림 3.19)
- SRC 기둥부재 일람표 (그림 3.20)
- 지하외벽 일람표 및 배근도 (그림 3.21)
- 내력벽 일람표 및 배근도 (그림 3.22)
- 계단 일람표 및 배근도 (그림 3.23)
- 내력벽 배근상세도 (그림 3.24)

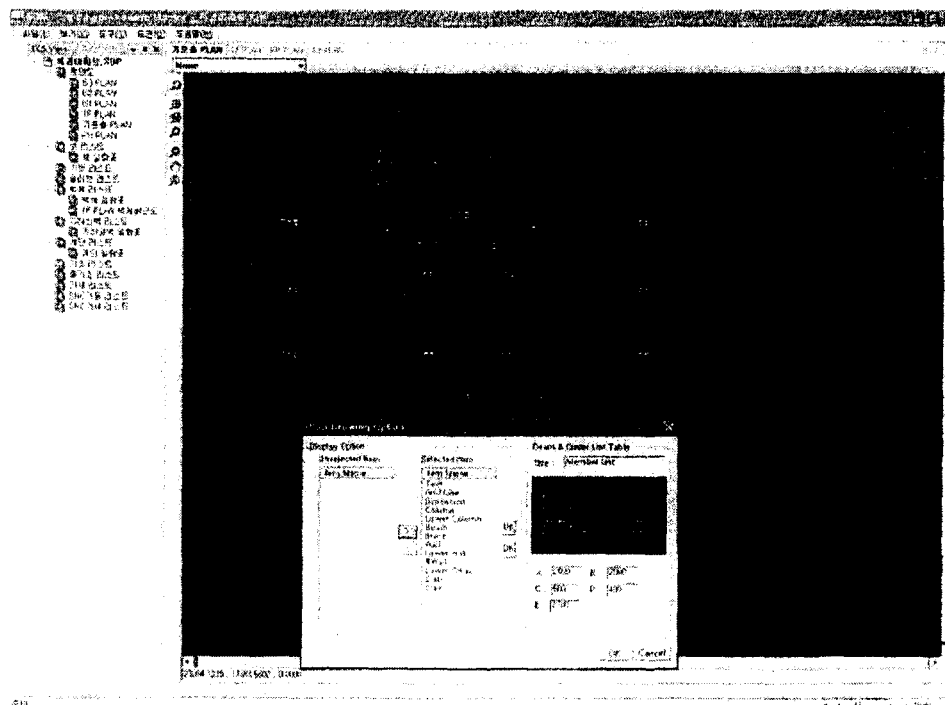


그림 3.17 구조평면도 작성

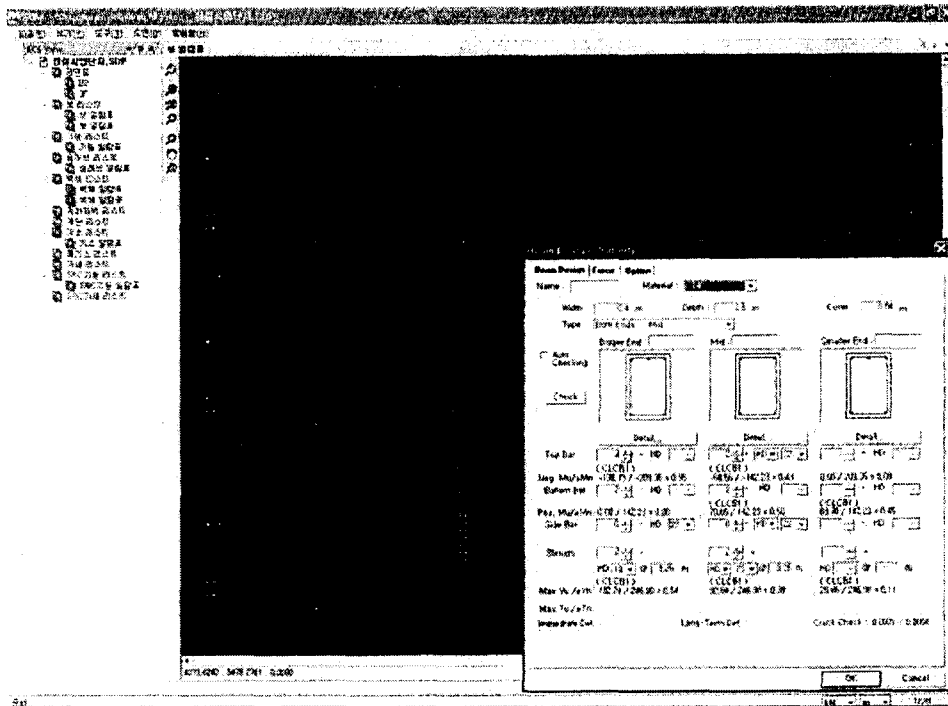


그림 3.18 보부재 일람표 작성

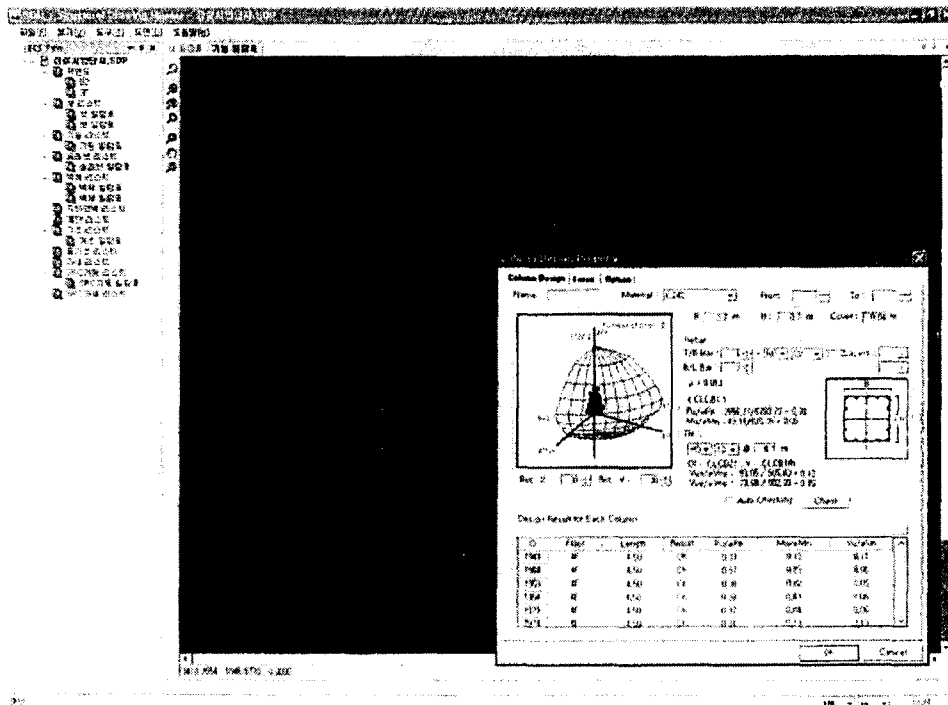


그림 3.19 기둥부재 일람표 작성

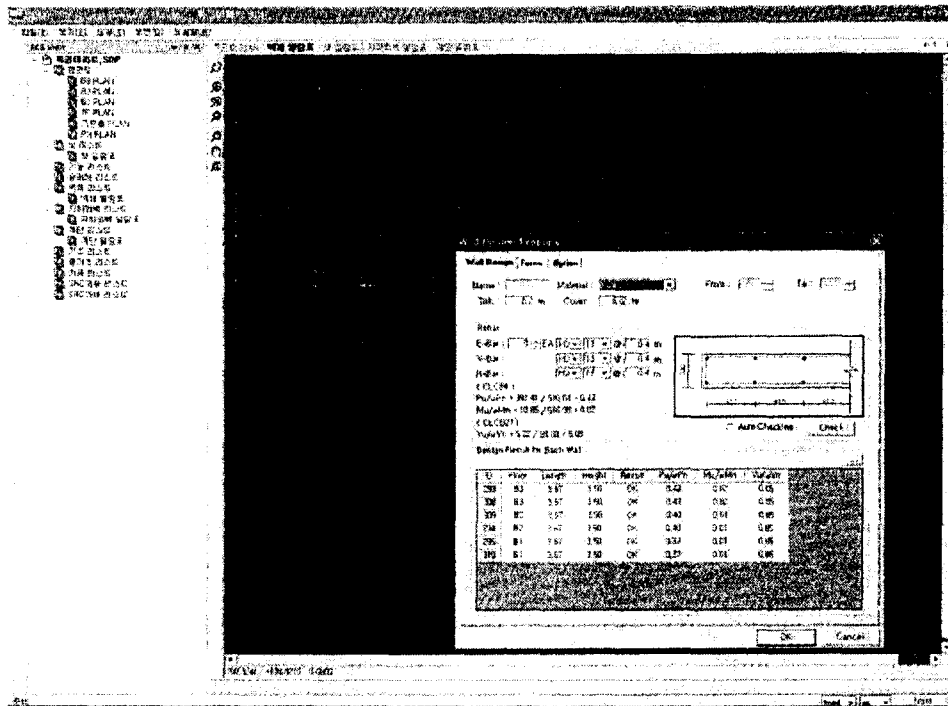


그림 3.22 내력벽 일람표 작성

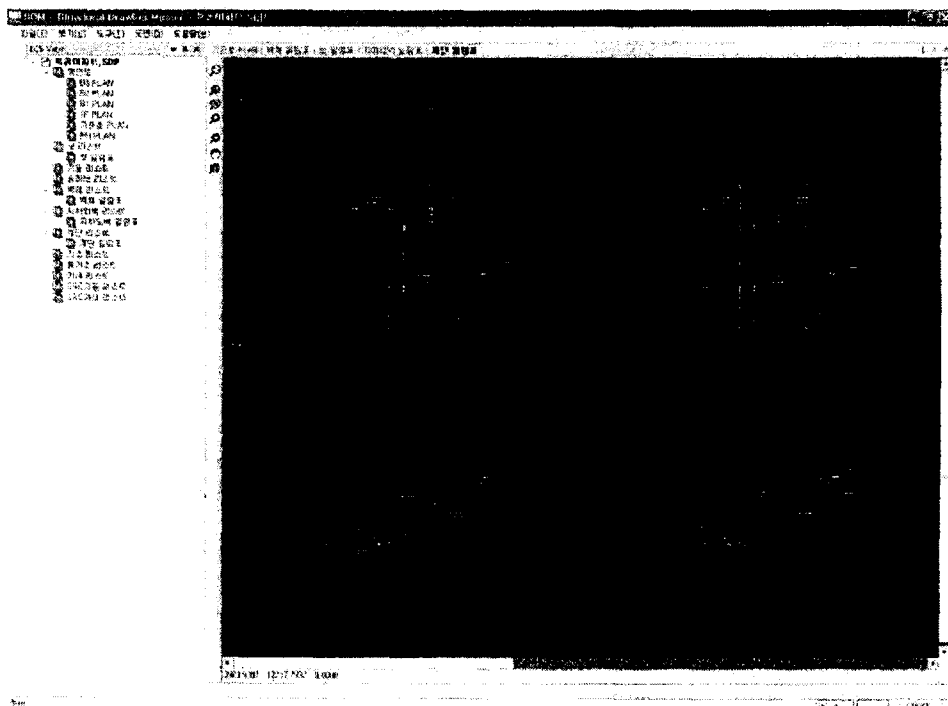


그림 3.23 계단 일람표 및 배근도 작성

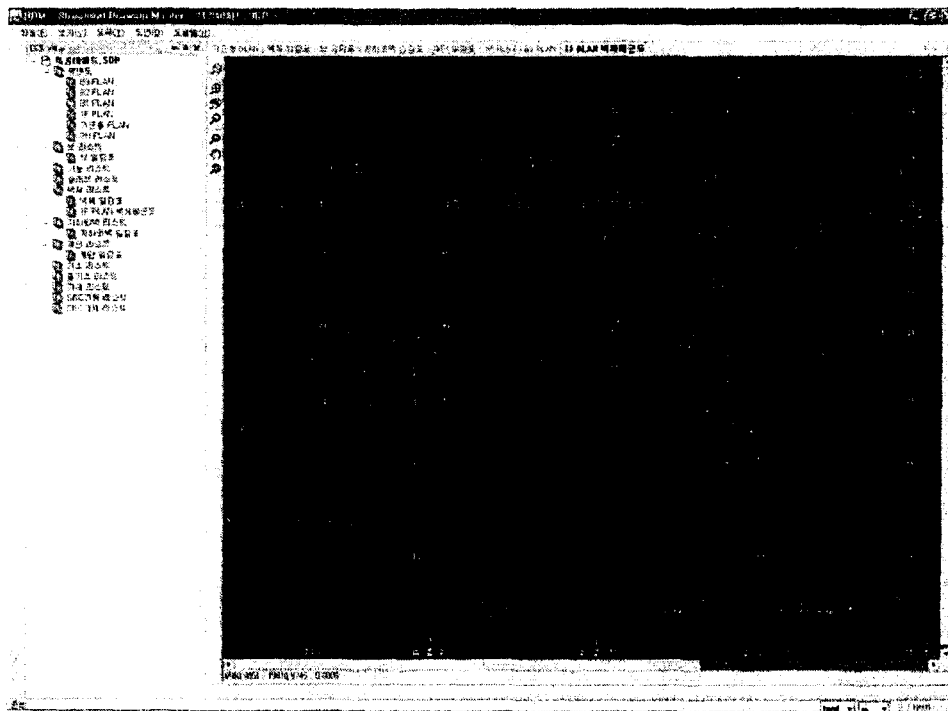


그림 3.24 지하외벽 배근시공도 작성

등의 구조도면과 배근상세도가 작성된다. 이와 같이 작성된 도면은 DWG 등 기존 도면 포맷으로 저장되어 활용된다.

한편 SDM의 도면은 SDP의 설계정보데이터베이스를 공유함으로 도면에서 특정 부위의 내용을 변경하면 이는 설계정보데이터베이스의 변경과 연계되고, 이는 다시 SDP에 의하여 작성되는 구조계산서 내용에 반영된다.

다. 물량산출 및 견적

SDP에 의하여 구조설계된 건축물의 구조설계정보는 하나의 데이터베이스에 모두 저장된다. 이 결과를 이용하여 SDP는 골조물량과 각 재료의 단가와 연동한 견적 기능을 제공한다. 이를 이용하여 구조엔지니어는 골조의 효율적 설계 및 V/E를 수행할 수 있다.

물량산출 및 견적 기능은 부재유형별, 층별, 층별 부재유형별 등 다양한 관점에서 처리되므로 부분 분석에도 효과적이다.

그림 3.25는 SDP 설계 결과를 이용하여 자동산출된 물량산출서를 보여준다.

[illegible]

그림 3.25 물량산출서

라. 배근시공도 작성업무 전산화

1) 현황 분석

근자에 들어 철근공사는 1990년 이전의 철근의 현장 수가공, 1990년대의 현장 기계가공을 거쳐 2000년대 들어서는 현장 야적장 및 가공장의 한계, 인건비 상승 등 여러 요인으로 인하여 공장가공에 의한 철근공사 비중이 높아져 가고 있으며, 향후에는 공장에서 주요 부위를 선조립한 후 현장에서는 설치만 하는 공법으로 발전되어 갈 것으로 예상된다. (표 3.1 참조)

철근 공장가공을 위해서는 철근 기계화 가공공장 건립과 배근시공도(placing drawing) 사전 작성이 선행 요소로 요구된다. 철근 가공공장은 절단기, 절곡기 컨베이어 작업대 등 자동화 설비 시스템으로 운영되며 철근배근시공도 나타난 철근 가공 형상표에 의거 현장의 주문에 의하여 기계로 가공, 부품화시켜 현장에 투입하는 설비를 갖춘 공장이다. 한편 배근시공도는

- 철근 배근도 (shop drawing) : 배근 조립 철근 개수, 크기, 길이, 이음위치 등을 평면도, 입면도, 상세도 등으로 작성하고, 주요 부위는 입체적 조립순서, 고임대 위치, 폭고정근, 간격재 배치 등을 표기
- 철근 일람표 (bar list) : 부재기호, 철근지름, 형상, 길이, 수량, 소요철근
- 철근 가공 형상표 (bar schedule) : 부재별 번호, 철근의 가공 형상 및 단순화한 치수, 표준

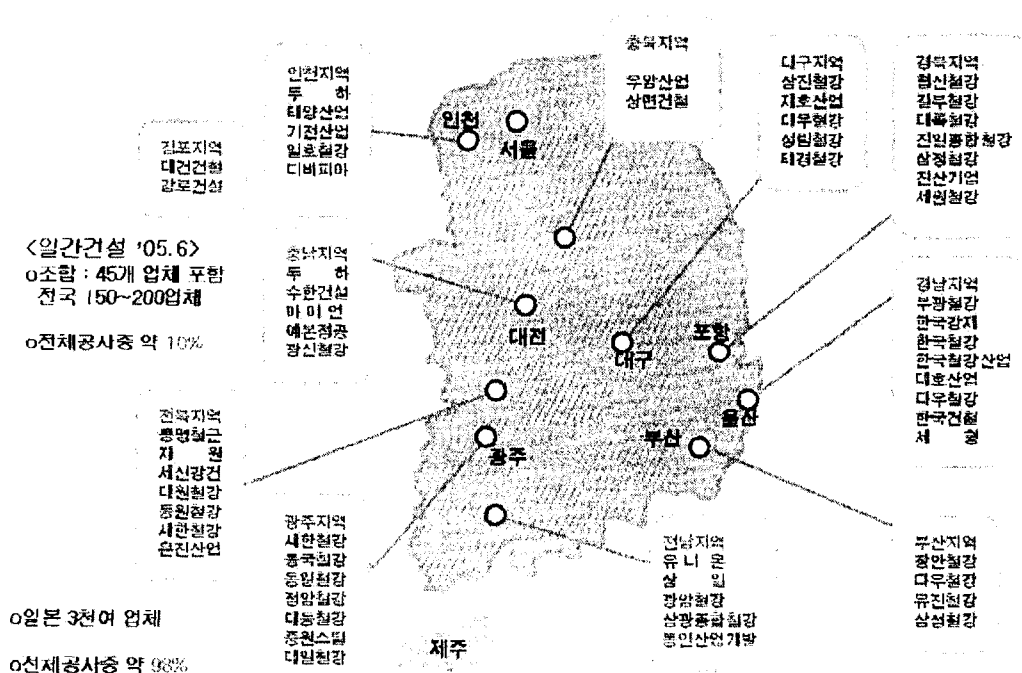


그림 3.26 철근 가공공장의 지역 분포도

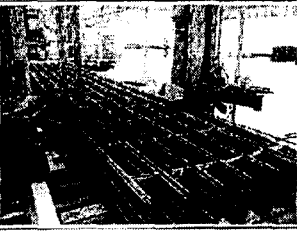
1990년 이전 현장 수가공	1990년대 현장 기계가공	2000년대 공장 가공	2010년 이후 공장 가공 및 선조립
			
• 현장 가공 - 현장 철근가공 및 조립 - 구조도면 및 실시도면(shop drawing) 작성		• 공장 가공 - 공장 가공 및 선조립 - 사전 배근시공도(placing drawing) 작성	

표 3.1 철근공사 기술의 발전

화된 형상 등으로 구성된다.

그림 3.26은 우리나라 철근 가공공장의 지역 분포도를 보여준다.

그림에서 보는 바와 같이 우리나라에서 공장가공에 의한 철근공사 비율은 전체 공사중 10% 수준이지만 최근에 들어 빠른 속도로 증가되는 추세에 있다. 반면, 일본은 철근 가공공장이 3천업체 이상이고 이미 전체 공사중 약 98%가 공장가공에 의하여 이루어지고 있다.

공장가공에 의한 철근공사의 증가는 여러 가지 원인이 있겠으나 공사비 절감 효과도 큰 것으로 분석되고 있다. 표 3.2는 철근 손실율과 관련한 대한주택공사의 통계 사례이고, 표 3.3은 현장가공과 공장가공의 공사 단가를 비교한 사례를 보여준다.

단위: ton								
구분	HD10	HD13	HD16	HD19	HD22	HD25	HD29	계
출고량	2,241	1,566	1,205	739	448	61	13	6,273
Loss량	161	100	117	82	57	8	2	527
Loss율(%)	7.2 %	6.4 %	9.7 %	11.1 %	12.6 %	13.4	16.2 %	8.4 %

철근콘크리트조의 배근시공도 작성 실무 “대주택공사 주택연구소 편” 기문당 2000.1 pp 172

표 3.2 철근 손실율

구 분	공 장 가 공	현 장 가 공
출고량	6,272 ton	6,272 ton
가공단가	40,000 원 /ton (운반비 포함)	25,000 원 /ton (예상)
가공비	250,904,040 원	156,815,025 원
Loss	3 %	8.4 % ~ 10 %
Loss 증가분	없 음	5.4 % ~ 7 %
추가 자재량	없 음	338.98 ton ~ 439.1 ton
추가자재비(자재손실분)	없 음	1억6천만원~2억1천만원
총소요비용	250,904,040 원	319,525,425 원 ~ 367,583,025 원
실 가공단가	40,000 원 /ton	50,940 원 /ton ~ 58,601 원 /ton
기타 경비	없음 (가공비에 포함)	1. 야적장 및 가공장소 2. 철근 보관용 자재비 (방수덮개 등) 3. 동력시설비
1) S건설 주공아파트 가공물량 기준 비교 2) 철근자재비 : 2006년 단가 480,000원/ton 기준		

표 3.3 현장가공 및 공장가공 단가 비교

한편, 현장가공의 경우 평면도, 입면도 및 부재일람표로 구성되는 구조설계도면에 의존하여 철근을 가공하고 배근하여 왔다. 그러나 이와 같이 구조설계도면에만 의존하여 철근공사를 수행할 경우 여러 원인에 의하여 시공 오류가 발생할 가능성이 높아지며, 그림 3.27은 시공 오류의 여러 가지 원인을 분석한 결과이다.

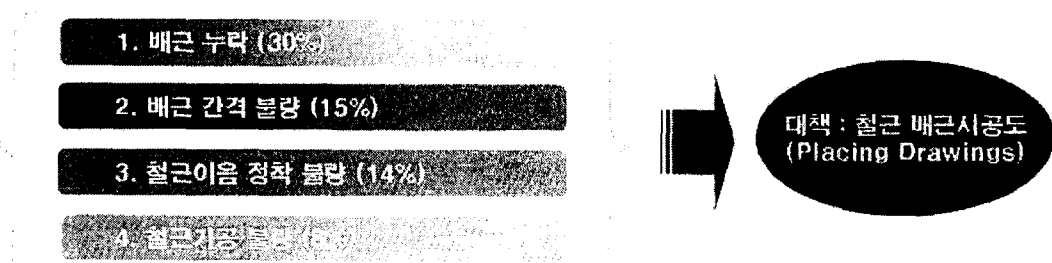


그림 3.27 시공오류의 원인 분석

철근 배근시공도(placing drawings)를 작성함은 철근공사의 시공 오류와 공사비용을 줄일 수 있는 최선의 대책이다. 철근시공도를 보통 "Shop Drawing"이라 부르는데, 미국콘크리트학회 철근상세위원회(ACI 315, Detail Of Concrete Reinforcement)에서는 Placing Drawing 이라고도 부른다. 용어상의 혼동은 있지만, 일반적으로 철근배근시공도(Placing Drawing : P/D)를 철근시공도(Shop Drawing : S/D)와 철근일람표(Bar Bending List & Schedule)로 구분하

며, 전자는 주로 현장에서의 철근 조립, 배근을 위한 것으로 철근배근도로 정의하고, 후자는 철근의 굵힘, 절단의 명세를 정리한 일람표로서 철근가공도라 정의하여 사용하도록 한다.

그림 3.28은 배근시공도의 구성을 보여준다. 배근시공도는 구조도면과 구조시방서 그리고 구조설계기준을 근간으로 작성되어야 하며, 더 나아가 각 부재의 응력 상태를 반영한 이음(splice) 및 정착(anchorage)에 의하여 최적화된 배근을 위해서는 구조계산서가 제공하는 정보까지도 반영한 배근시공도의 작성이 요구된다.

본 연구에서는 구조설계 통합시스템의 사용 결과로 주어지는 구조설계정보 통합데이터베이스가 제공하는 관련 정보를 기반으로 구조도면과 배근시공도를 작성함으로써 최적화된 배근 상세 설계와 시공을 도모하였다.

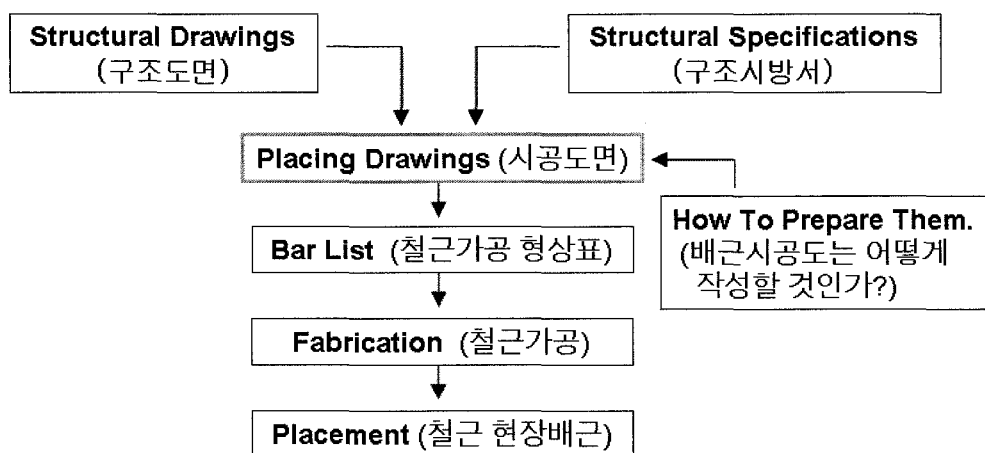


그림 3.28 구조도면과 배근시공도

이러한 배근시공도 작성을 철근 공장가공과 연계함으로써 기대되는 효과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 철근 가공품의 품질향상으로 골조공사의 품질 향상
- 2) 철근조립의 체계적 관리 용이
- 3) 시공의 정밀성 확보로 골조 품질 향상
- 4) 자재정산의 정확도 확보 및 설계정보의 체계적 관리
- 5) 자재절감 효과로 경제성 확보
- 6) 신기술, 신공법(선조립 공법 등)등의 적용 용이
- 7) V.E. (Value Engineering) 실현

그림 3.29는 설계도면에 의한 현장가공과 배근시공도 작성 및 공장가공에 의한 철근공사 프로세스를 비교 정리한 것이다.



그림 3.29 설계도면과 배근시공도에 의한 철근공사 절차

2) 도면시스템 구축

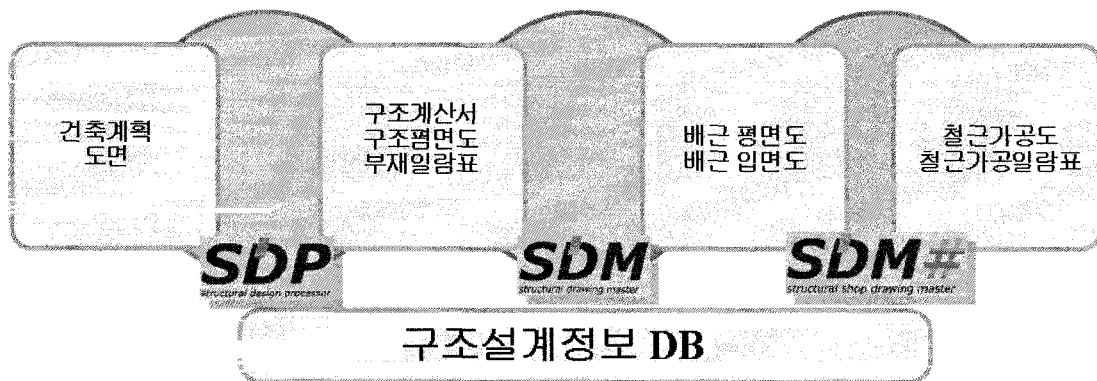


그림 3.30 시스템 구성

본 연구는 현재 구조 엔지니어링 제도권 밖에 방치되어 구조엔지니어에 의한 구조설계 없이 건축설계자의 직관과 경험에 의하여 작성된 구조도면에 의하여 시공되고 있는 중저층건물을 적용 대상으로 하여, 구조설계와 구조도면 작성, 그리고 배근시공도 작성까지를 효율적으로 수행할 수 있는 시스템 구축을 목적으로 수행되고 있다. 그림 3.30은 본 연구에서 개발하는 전

체 시스템의 구성을 보여주며, 각 모듈의 역할은 다음과 같다.

- SDP(structural design processor) : 구조계산서의 포맷과 작성과정을 지원하는 중저층건물 구조설계 통합시스템으로서 본 과제 1차년의 연구 결과이며, 2차년도에도 지속적으로 기능의 개선/보완을 수행하였다.
- SDM(structural drawing master) : SDP에 의하여 생성된 구조설계정보를 바탕으로 평면도, 입면도, 부재일람표로 구성되는 구조도면을 자동 생성한다. 구조설계정보 DB에 저장된 설계 결과를 바로 읽어 도면을 작성하므로 수작업에 의한 도면 작성 시 우려되는 오류의 개연성을 제거되어 도면을 신뢰성을 높인다. S
- SDM#(structural shop drawing master) : SDP와 SDM에 의하여 생성된 구조설계정보와 골조 상세를 기반으로 배근시공도(철근배근도, 철근일람표)를 자동 생성한다.

이상과 같이 구조설계업무로부터 구조도면 작성, 배근시공도 작성으로 이어지는 일련의 업무를 구조설계정보 DB를 중심으로 일관성 있게 수행함으로써 구조설계 정보에 바탕한 보다 신뢰성 높고 경제적인 배근 시스템의 개발을 진행하고 있다.

3) 배근시공도 작성 시스템 SDM# 개발

(1) 배근시공도 도서 분류

SDM#에서 배근시공도는 그림 3.31에서 보는 바와 같이 2D 배근시공도, 3D 배근시공도, 철근 절단가공 분석 및 조합표, 물량산출표 등으로 구성되며, 각 그룹은 보다 세분화된 도면 유형으로 분류된다.

이중 2D배근시공도는 DWG 포맷에 의하여 2차원 CAD 호환 파일로 작성되며, 3D 배근시공도는 OpenCascade ver. 8.3 3D graphic library를 이용하여 철근의 간섭 등을 고려하여 작성되어 현장 철근 가공 시 작업자의 이해도를 높이도록 하였다.

한편 철근 절단가공 분석표, 철근 절단가공 조합, 물량산출 결과 등은 그 결과가 테이블 형태로 구성되므로 MS-Excel을 이용하여 테이블 형태로 출력한다.

본 연구에서 이러한 도면들은 SDP 및 SDM의 사용으로 구축된 구조설계정보 데이터베이스가 제공하는 설계정보를 바탕으로 기본 내용은 자동 생성되고, 여기에 엔지니어가 필요한 내용을

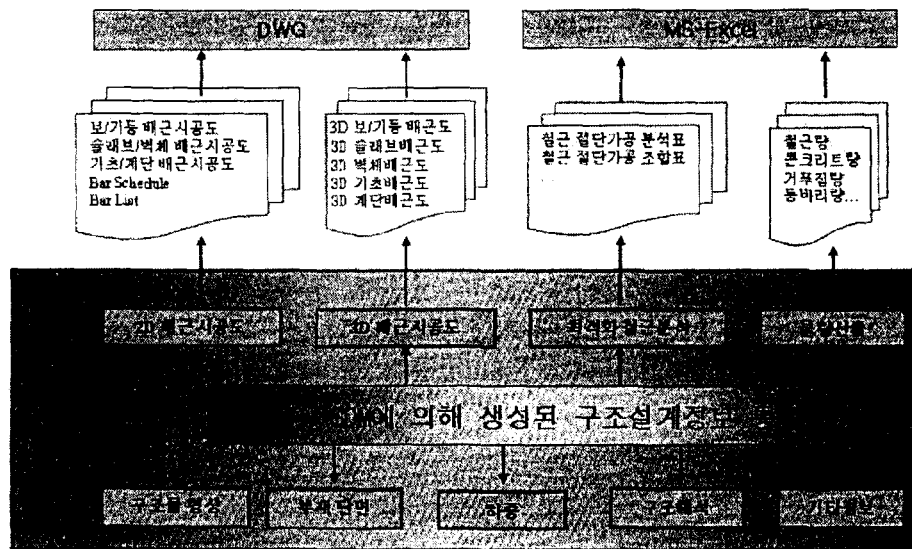


그림 3.31 배근시공도 도서 분류

수정하고 도면 양식에 맞도록 구성하는 방법으로 작성된다.

구조설계정보 데이터베이스는 구조물 형상, 부재 단면정보 등 설계 결과 뿐만 아니라 각 부재에 작용하는 하중정보, 구조해석 결과로 주어진 부재력 정보 등 구조설계 중간 과정에서 생성·축적된 모든 정보들을 관리함으로써 철근의 이음, 정착, 배근 상세 등 배근 관련 규정에 의거 배근된다.

그림 3.32는 배근시공도 작성 사례를 보여준다.

코드화된 형상 안에서 모든 철근이 처리되지 않으므로 임의의 형상에 대한 관리 방안도 함께 제시되어야 한다. 본 연구에서는 철근가공형상 관리를 표준형상과 자유형상으로 구분하여 그림 3.34의 UML 다이어그램에서 보는 바와 같이 표준형상의 경우 가공형상마다 그룹코드와 형상코드를 부여하였다. (CRSI 2001)

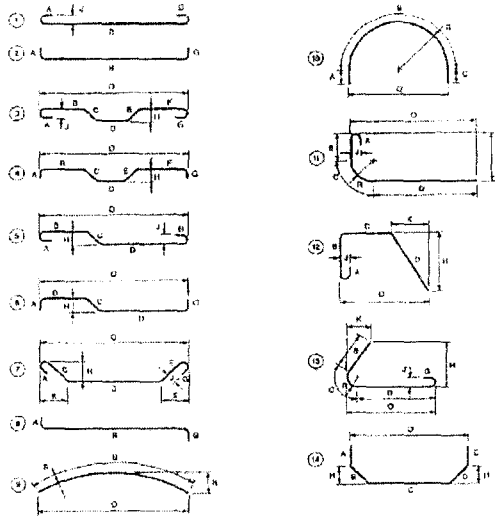


그림 3.33 철근가공형상 코드화

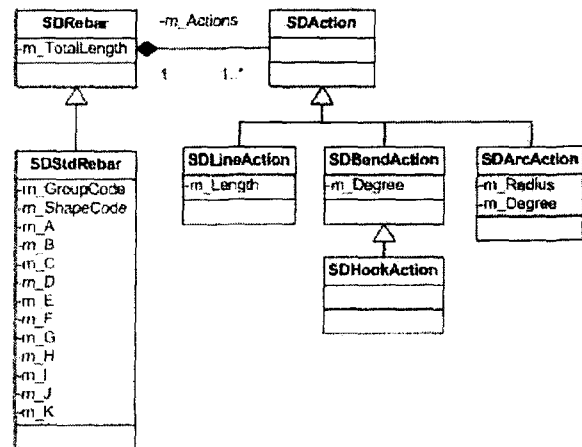


그림 3.34 철근가공형상 클래스 다이어그램

철근가공형상의 관리는 그림 3.34에서 보는 바와 같이 하나의 철근형상을 NC(Numeric Control) 개념에 의하여 직선부분(SDLineAction)과 절곡(SDBendAction), 그리고 아크(SDArcAction)의 결합으로 표현하도록 하였다. 즉 일반적으로 한 철근의 형상은 일련의 가공 액션의 집합으로 생성, 관리된다. 그러나 그림 3.34에서 보는 바와 같이 대부분의 형상은 표준화될 수 있으며, 이러한 표준 형상을 효율적으로 관리하기 위하여 표준형상 철근은 특화시켜 관리한다. 그림 3.235에서 보는 바와 같이 표준형상철근(SDStdRebar)는 그룹코드(m_GroupCode)와 형상코드(m_ShapeCode)에 의하여 형상 유형이 부여되고, A-K 파라미터에 의한 형상 치수가 관리된다. 요구되는 형상의 철근을 가공하기 위해서는 나뭇의 가공치수와 절단길이의 계산이 요구된다. 그림 3.35는 180도 후크철근의 가공을 위해 필요한 가공치수의 예를 보여준다. 이 과정에서는 요구되는 가공치수의 철근을 제작하기 위하여 내부적으로 계산되어야 할 각종 치수들과 이들을 고려한 최종적인 철근 절단길이를 계산하기 위한 알고리즘이 포함된다. (대한주택공사 2000)

그림 3.36은 이상의 자료구조와 NC 기법에 의하여 철근 가공 형상을 자유롭게 생성하거나, 표준형상코드를 이용하여 그룹코드, 형상코드 및 A-K 파라미터를 이용하여 철근 형상을 생성하

는 기능을 보여준다.

이와 같이 SDM# 안에서 각 가공 철근은 표준화된 코드로 표현된 데이터베이스 안에서 효율적으로 관리되도록 개발되었다.

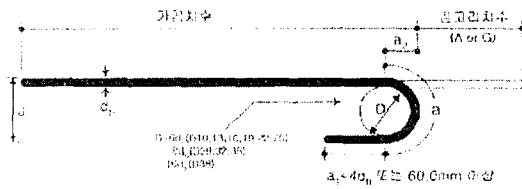


그림 3.35 180 후크철근의 가공치수

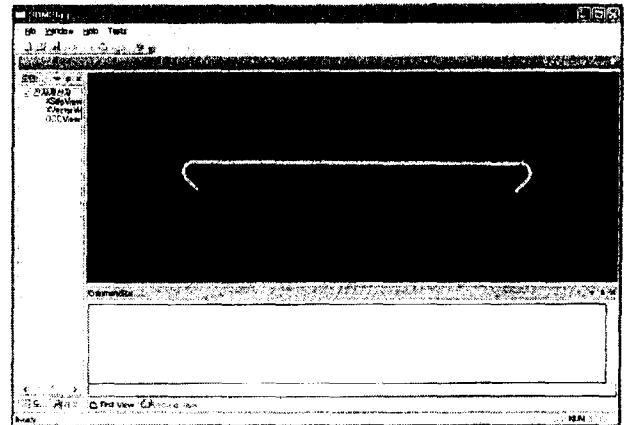


그림 3.36 SDM# 안의 철근형상 생성 기능

(3) 실시도면 전산화

실시도면 작성 자동화는 이상에서 본 바와 같이 현재 실시설계 단계의 구조평면도 및 부재일람표, 기초 배근도 등을 완성하고, 공장가공을 위한 배근상세도 작성모듈의 초안 개발 후 현장 적용을 목적으로 현재 상세 기능 수정과 현장 적용 후 개선 연구개발 작업을 수행중에 있다. 2008년 말까지 이상의 모든 실시도면의 현장 적용 및 실용화가 이루어질 예정이다.

마. 강구조 건물 구조설계 통합시스템 개발

1) 개발 배경

본 연구의 당초 범위는 중저층 RC 건물을 대상으로 하였다. 그러나 1차년도 연구 수행을 통하여 개발, 배포되어 현업에서 활용 중인 SDP-RC의 사용 과정에서 강구조 건축물을 대상으로 동일 기능에 대한 요구가 제기되었다. 또한 2007년 1월 20일 발생한 오대산 지진에 주기 0.1초 인근의 성분이 재현주기 1000년에 해당하는 비교적 강한 지진이었고 (그림 3.37 참조), 그 결과 고유주기가 0.1초 안팎이 되는 저층건물에 안전성을 위협할 수 있는 피해가 관찰되었다. (그림 3.38 참조) 이에 따라 국토해양부에서는 본 연구진에 중저층 강구조 건축물도 과제 범위에 포함시켜 달라는 요청이 있었으며, 이에 따라 중저층 강구조 건물 통합설계 기능을 2차년도 연구 범위에 포함하여 수행하게 되었다.

2007.1.20 오대산지진 - 소방방재청

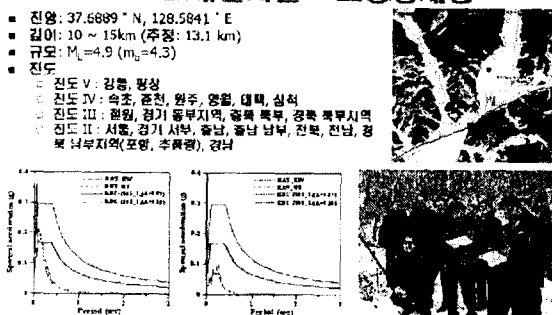


그림 3.37 오대산지진 분석

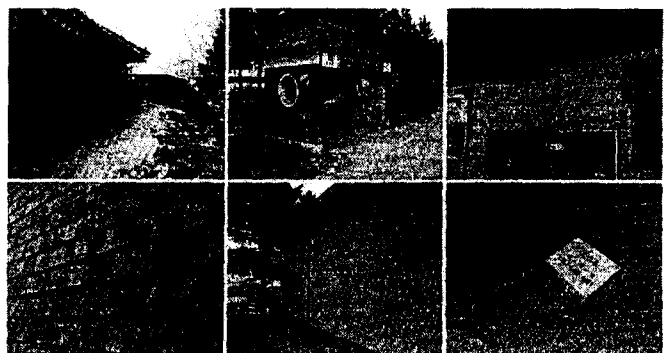


그림 3.38 모태산지진 피해 사례

2) 개발 내용

중저층 강구조 건물 통합설계 시스템 SDP-Steel은 1차년도 연구 결과인 SDP-RC와 마찬가지로 현행 구조계산서 포맷과 작성 과정을 하나의 시스템 안에서 통합지원하는 개념으로 개발되었다.

SDP-Steel을 구성하는 구조계산지 유형은 그림 3.39에 제시된 바와 같이 건물 개요로부터 구조평면도 계획, 바닥하중 및 풍하중과 지진하중 산정, 구조해석, 단면 검토로 구성되면, 특히 강구조 보, 기둥, 가새, 합성보, SRC 기둥에 대한 모델링과 설계 기능이 추가되었다.

강구조 건축물 관련 구조계산지 유형	
- 표지 - 설계개요 - 평면도 - 주열선도 - 주심도 - 층별 평면도 - 입면도 - 각종 부재력도 - 설계하중 - 바닥하중(DL, LL) - 풍하중 - 등가정적 지진하중 - 응답스펙트럼 지진하중 - 구조해석	- 부재 단면설계 및 일람표 - 보 - 기둥열 - 바닥슬래브 - 내력벽열 - 브레이스열 - 지하외벽열 - 독립기초 - 줄기초 - 계단 - 단면 상세 검토 - 물량산출

그림 3.39 강구조 관련 구조계산지 유형

- 적용 구조설계기준 - 대한건축학회 ASD 1983 - KBC 2005 (Steel, SRC) - 지진하중 - 등가정적 해석 - 응답스펙트럼 해석 - 구조해석 - 자체 개발 해석모듈 내장 - NeoMAX 3D 일체형 연동 - Midas GEN 입출력 파일 연동	- 단위계 - SI unit - MKS unit - US unit - 도면 - SRC 기둥 일람표
---	---

그림 3.40 주요 개발 내용

적용된 구조설계기준은 대한건축학회 ASD(1983)과 KBC 2005, KBC2008의 강구조와 SRC 설계기준이 적용되었다. 내진설계를 위한 해석기법으로는 등가정적해석과 응답스펙트럼 해석을 지원하며, 자체 개발된 해석모듈과 함께 상용 구조해석 프로그램인 NeoMAX 3D 및 Midas GEN과 연동할 수 있다.

단위계로는 SI, MKS, US 단위계를 지원한다.

바. RC 건물 구조설계 통합시스템 현장적용 및 개선

본 과제 수행으로 중저층 RC 건물을 대상으로 한 구조설계 통합시스템 SDP-RC가 개발되었다. SDP-RC는 구조설계 전 과정을 하나의 시스템 안에서 지원하는 통합시스템이다.

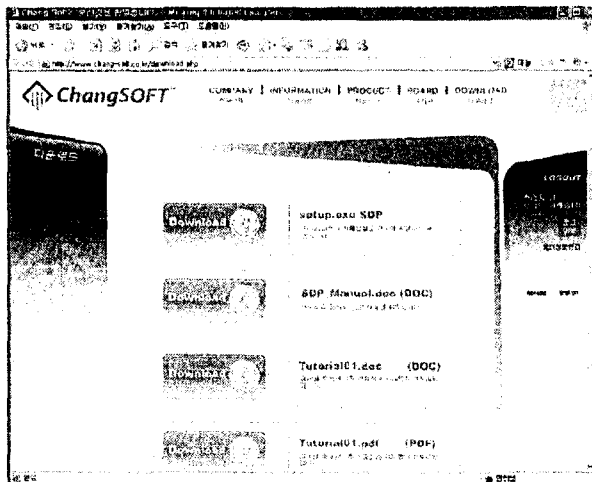


그림 3.41 SDP-RC 다운로드
(www.chang-soft.co.kr)

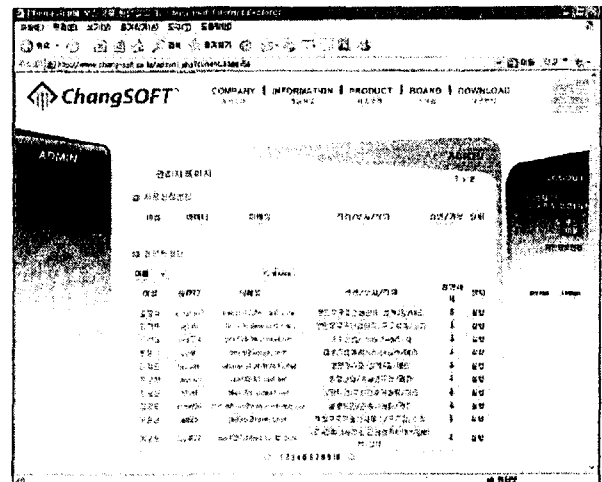


그림 3.42 SDP-RC 사용자 그룹 관리

SDP-RC는 홈페이지(www.chang soft.co.kr)를 통하여 현재 무상으로 배포되고 있으며(그림 3.41 참조), 현재 600여명 이상의 엔지니어 및 학생들이 다운로드 받아 활용하고 있다.

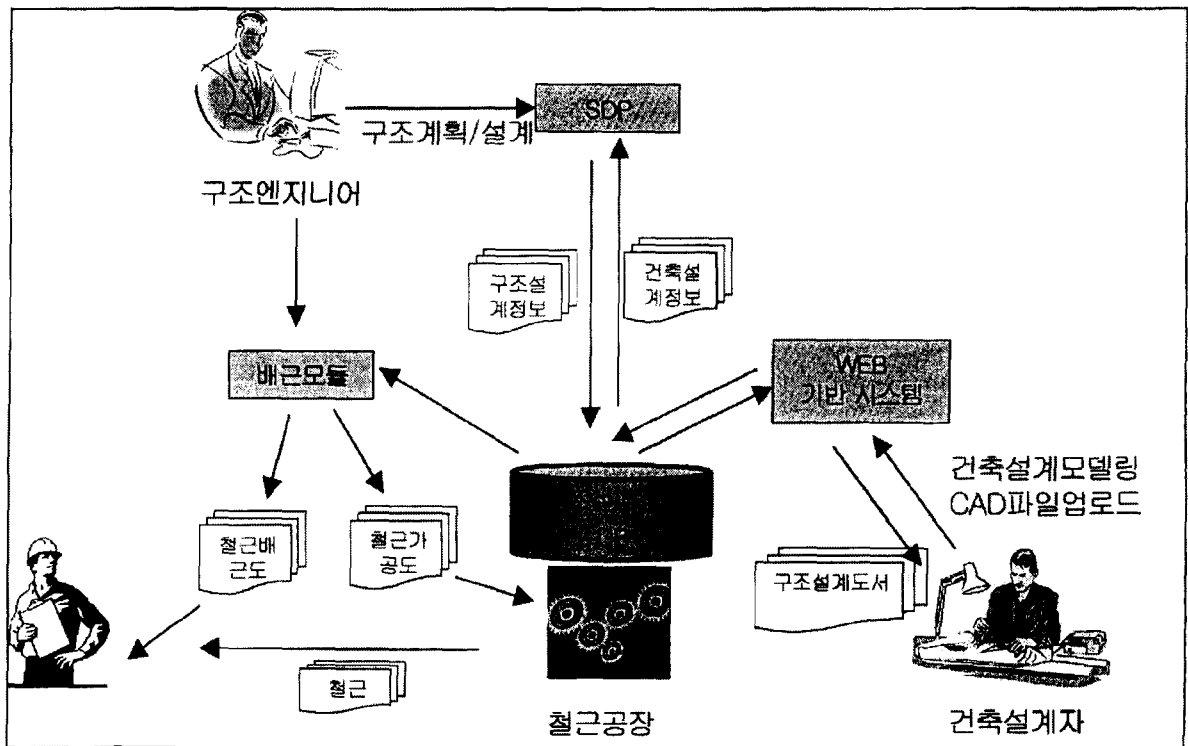
현업 배포와는 별도로 본 연구진도 주관연구기관인 창민우구조건설탄트에서 적극적인 현업 적용을 통하여 SDP-RC의 검증과 기능 개선을 위하여 노력하고 있으며, 현재까지 창원 폴리텍대학 교사 구조설계 등 30여건의 프로젝트에 SDP-RC를 적용하여 구조설계를 완료한 바 있다

현업 적용 과정에서 많은 기능개선 요구와 이에 상응한 개발이 진행되었다. 이의 일환으로 SDP RC의 RC 부재 단면 설계 기능만을 따로 분리하여 독립적으로 사용할 수 있도록 한 모듈이 SDT(structural design tool)이다. 이는 SDP-RC가 구조설계 전 과정을 지원하는 통합시스템이므로 구조설계에 포함되는 모든 단위업무부를 포함하고 있으나, 여러 가지 이유에서 특정 단위 작업만을 수행하고자 할 때 활용도가 떨어지는 단점을 보완하기 위하여 고안되었다. 첨부 2에는 SDT를 이용한 RC 부재 설계 및 계산서 작성 과정이 상술되어 있다.

이 밖에도 구조평면 모델링 기능 개선, 각종 오류 수정, 구조계산서 포맷 개선, 내진설계 및 내진배근상세 반영 등 다양한 기능 개선이 이루어 졌다.

사. 웹기반 구조설계 환경 제시

건축법 시행령 개정에 따라 2005년 7월 1일부터 내진설계 대상 의무 건축물의 범위가 3층 또는 1,000㎡로 확대되었다. 그러나 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 내진설계 대상 확대 조치의 실효성에도 의문이 제기되고 있는 상황이다. 본 과제에서는 지금까지 연구를 통하여 개발된 SDP를 기반으로 한 구조설계사무소와 건축설계사무소간 웹기반 구조설계 환경을 구축하여 지금까지 구조엔지니어링 제도권 밖에 있었던 소규모 또는 지방소도시 건물에 대해서도 전문적인 내진 및 구조설계가 실시될 수 있는 환경 구축 방안에 대하여 연구하였다.



위 그림은 본 과제 최종 시스템으로 주어지는 웹기반 구조설계 환경에서 이루어지는 구조설계 과정을 제시하고 있다. 다음은 웹기반 구조설계 환경에서의 진행을 요약한 것이다.

- 1) 건축설계자는 구조설계 대상 건물의 CAD 파일을 웹기반 시스템을 통하여 업로드한다.
- 2) 업로드된 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) 배근모듈은 데이터베이스에 저장되어 있는 구조설계 결과를 읽어 철근배근도와 철근가공도를 작성하고, 그 결과는 현장 또는 철근공장으로 보내진다.
- 6) 건축설계자는 웹기반시스템을 이용하여 완료된 구조설계정보에 접근하되, 이 때 웹기반시스템이 제공하는 구조계산서 및 도면 열람기능을 이용하여 구조설계도서를 열람하고 다운로드할 수 있다.

이상과 같이 웹기반 또는 온라인 상에서 구조엔지니어와 건축설계자간의 네트워크를 구축하고, SDP를 사용하여 생성된 구조설계정보 DB를 기반으로 쌍방간 온라인 전송을 가능하게 함으로써, 그 간 지방소도시 중저층건물 건축설계자와 구조 엔지니어간 공간적 장벽을 해소할 수 있다. 또한 SDP의 사용으로 중저층 건물의 구조설계 시간을 단축시킴으로써 양자간의 시간적 장벽과 경제적 부담도 완화할 수 있다.

이러한 구상은 현재 구현까지는 도달하지 못하고 있다. 그 이유는 SDP의 방대한 기능으로 인하여 구조설계 수행 과정을 웹기반에서 수행하고 경우 작업 효율이 저하되는 우려 때문이며, 대신 현재는 웹상의 홈페이지 상에서 SDP를 다운받아 바로 설치한 후 기능을 사용할 수 있도록 하였다.

아. 개발 시스템의 사용범위, 한계 및 검증

당초 본 과제는 중저층 RC 건물 구조설계 및 도면 작성 전산화를 목적으로 착수되었으나, 과제 수행 과정에서 개발된 최종 시스템 SDP 제품군은 철근콘크리트구조, 강구조, SRC구조 등 모든 유형의 건축물에 적용 가능하도록 개발되었으며, 적용 구조설계기준도 최근 개정된 KBC2008을 포함하여 현재 현업에서 사용되고 있는 모든 기준이 적용 가능하도록 전산화되었다. 하지만 구조설계 전 과정을 지원하는 통합시스템의 특성 상 형상 면에서 심히 비정형화되거나 곡선 형상이 주를 이루는 건물 등에는 본 SDP 제품군에 의한 통합설계가 적절하지 않은 한계를 갖고 있다. 현재 SDP 제품군은 주관연구기관인 창민우구조 및 한국건축구조기술사회와 함께 실무 적용을 통하여 기능 검증에 매진하고 있으며, 활용도 제고와 함께 그 신뢰도가 점차 향상될 것으로 기대하고 있다.

제 4 장 연구개발목표 달성도

연 차	연구목표	주요 연구내용	달성도
1차 년도	▪건축구조설계통합시스템 SDP 실용화	▪중소형규모건물에 적합한 내진설계 프로세스 정립과 SDP에의 적용 ▪SDP의 현장 적용 및 파일럿 프로젝트 수행으로 기능 검증 및 오류 수정	100%
	▪철근가공도 표준화	▪철근가공 표준 형상 및 치수 표준화 ▪정착/이음 고려한 최적 철근가공 알고리즘 작성 ▪철근가공도 형식 및 표기법 표준화	100%
2차 년도	▪중저층 RC 건물 통합시스템 실용화를 위한 현장 적용과 단위기능 보완 (연구범위 확대/추가)	▪SDP RC 모듈 다수의 실재 프로젝트에 적용 ▪기능 검증/수정/개선 ▪실용성 제고 위해 부재 단면 설계 모듈 분리 구현 (SDT:Structural Design Tools)	100%
	▪구조도면 및 배근시공도 작성 모듈 구현 및 실용화	▪구조평면도, 부재일람표 등 구조 실시도면 작성 전산화 ▪철근가공 최적화 기능 개발 ▪유형별 철근가공도 작성 전산화	90%
	▪중저층 강구조 건물 구조설계 통합시스템 개발 (연구범위 확대/추가)	▪중저층 강구조 건물 통합구조설계 기능 ▪유형별 철근가공도 작성 전산화	100%
	▪웹기반 구조설계 환경 정립	▪최적의 웹기반 구조설계자/건축설계자간 구조설계 프로세스 정립 ▪웹기반 구조설계 기능 설계	90%
3차 년도	▪구조설계 환경 및 업무 프로세스 정립	▪웹기반 설계/구조 협업 시스템 구축 ▪CAD 도면 기반 정보 호환 모델 개발 ▪웹기반 구조설계 통합데이터베이스 설계	90%
	▪구조설계 기능 개선/보완	▪구조계획 모델러 기능 개선 ▪강구조 설계기능 개선/보완 ▪CAD 및 구조해석 프로그램 연동기능 개선/보완	100%
	▪구조도면 작성 기능 개선/보완	▪구조도면 작성 기능 개선/보완 ▪철근상세도 및 가공도 작성 기능 개선/보완 ▪골조 및 철근배근 3D 시뮬레이션 기능 개발	100%
	▪현업 적용 및 골조 VE 기능 개발	▪현업적용을 통한 기능 검증 ▪골조 물량산출 및 견적 기능 개발 ▪구조설계 대안관리 및 비교분석(VE) 기능 개발	100%

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

5.1 기업화

- 2008년 중 벤처기업 “Changsoft” 설립

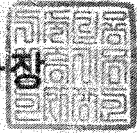
제 20070104871 호

예비벤처기업확인서

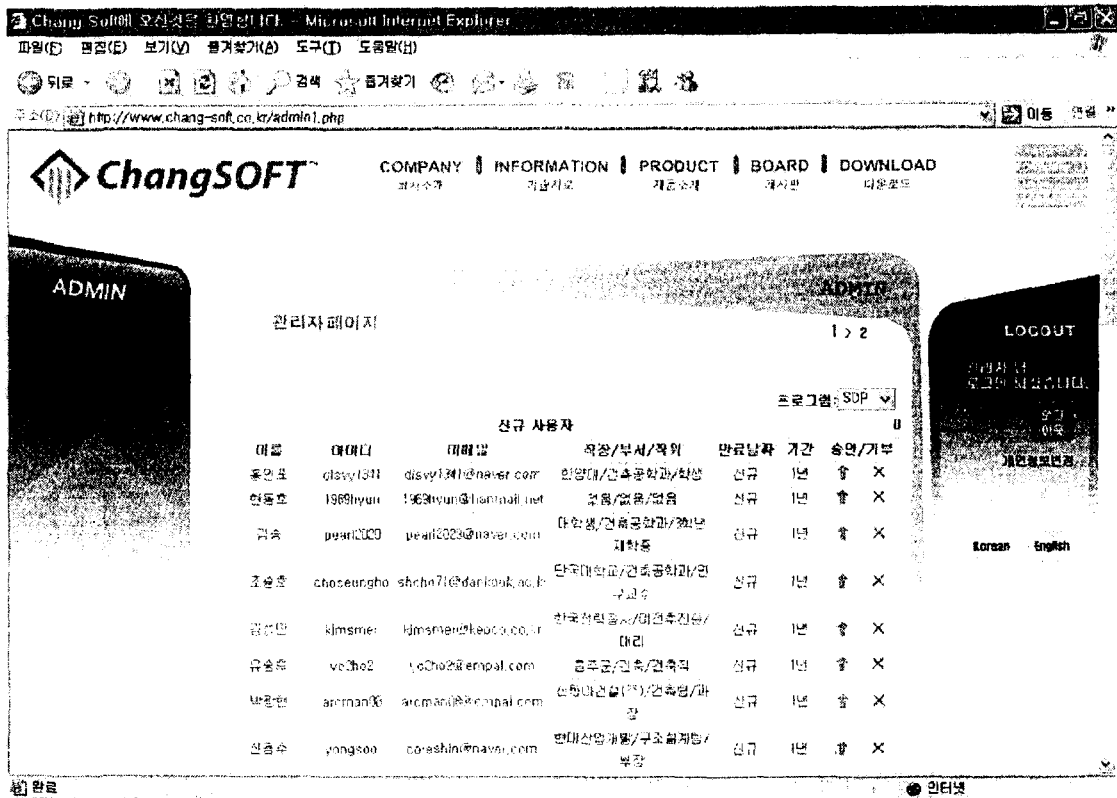
업 체 명 : 창소프트
대 표 자 : 김치경
소 재 지 : 서울 강남구 역삼동605-8 4층
평 가 기 관 : 기술보증기금
유효 기 간 : 2007년 12월 27일 ~ 2008년 12월 26일

위 업체는 벤처기업육성에관한특별조치법 제25조의
규정에 의하여 예비벤처기업임을 확인합니다.

2007 년 12월 27일

KIBO 기술보증기금 이사장 

- SDP, SDM, SDM# 보급/유지관리 위한 www.chang-soft.co.kr 홈페이지 개설



- 한국건축구조기술사회와 사용권 및 유지관리 협약
- 한국건축구조기술사회 SDP 기술 인증
- 구조엔지니어를 대상으로 한 기술교육

날짜	인원[명]		장소
	참가	신청	
2008. 01. 11	20	30	창민우구조 지하 대회의실
2008. 01. 25	21	30	창민우구조 지하 대회의실
2008. 02. 01	18	30	창민우구조 지하 대회의실
2008. 02. 15	14	30	창민우구조 지하 대회의실
2008. 04. 10	16	30	창민우구조 지하 대회의실
2008. 04. 24	14	30	창민우구조 지하 대회의실
2008. 05. 15	(약 95)	120	한국과학기술회관 지하 중회의실

• SDP 실무 적용

1	일반설계	00교회	RC+STEEL, 지상2층, 종교시설	모델링 입력시 사용
2	일반설계	인의동00 업무시설	RC+STEEL 지상14층 지하7층, 업무시설	모델링 입력시 사용
3	일반설계	00기숙사	RC, 지상3층, 산업시설	모델링 입력시 사용
4	일반설계	00사옥 신축공사	지상6층 지하1층, 산업시설	모델링 입력시 사용
5	일반설계	00아파트 설계	RC벽식구조, 지상20층 지하2층, 주거시설	80%
6	일반설계	00 아파트 신축공사	RC벽식구조, 지상25층 지하2층, 주거시설	100%
7	일반설계	000교회	RC+STEEL, 지상4층, 종교시설	50%
8	일반설계	00타운	RC+STEEL 지상10층 지하4층, 복합시설	100%
9	일반설계	00상가설계	RC, 지상4층, 판매시설	70%
10	대안설계	00아파트VE	RC벽식구조, 지상20층 지하2층, 주거시설	100%
11	대안설계프로 젝트	00화물기지VE검토	RC창고시설	100%
12	공사물량검토	00아파트물량검토	아파트	100%
13	도면작성활용	00오피스	RC+STEEL 지상55층 지하7층, 업무시설	부재LIST작성작업
14	도면작성활용	00박물관	RC+STEEL, 지상4층, 문화시설	부재LIST작성작업
15	도면작성활용	00신사옥	RC+STEEL 지상31층 지하5층, 업무시설	부재LIST작성작업
16	도면작성활용	00체육관	RC+STEEL 지상3층 지하1층, 운동시설	부재LIST작성작업
17	도면작성활용	000오피스	RC+STEEL 지상32층 지하8층, 업무시설	부재LIST작성작업

5.2 활용 분야

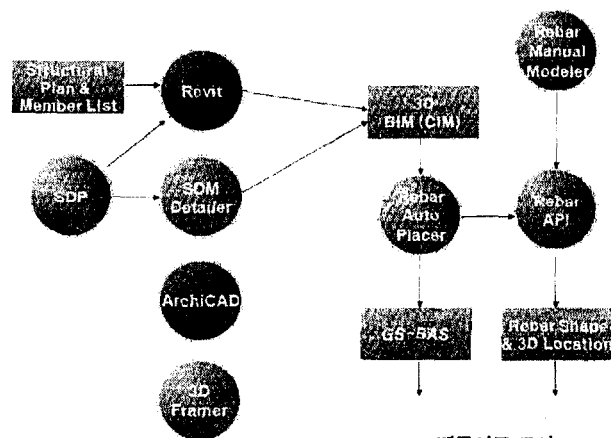
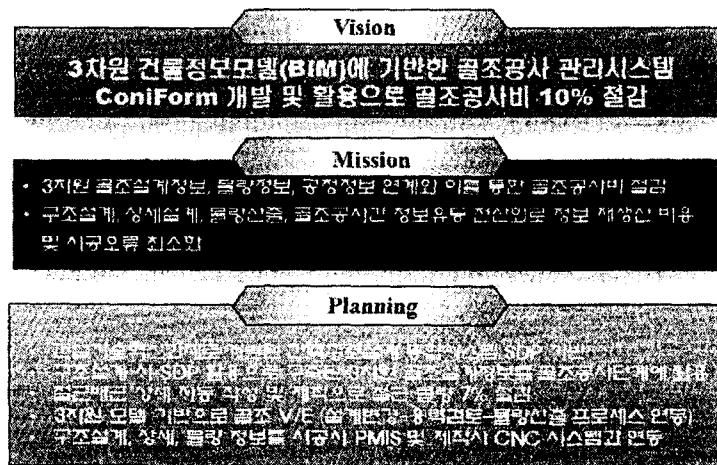


그림 5.1 3차원 BIM 기반 엔지니어링 환경 구축

- SDP, SDM을 바탕으로 온라인 상에서 지방 건축사와 건축구조 엔지니어를 연계함으로

무자격자에 의한 무분별한 프로그램 사용을 방지하기 위하여 회원제 운영
본 과제 연구 기간 중 SDP의 보급과 활성화를 위하여 무상 보급
NeoMAX 3D와의 일체화, MIDAS와의 파일 수준 통합
해외 구조해석 모듈과의 연동으로 해외 진출
3차원 BIM 프로그램과의 연동으로 향후 BIM 엔지니어링 환경 대비
골조공사 시공 단계에서 활용할 수 있는 골조공사 관리시스템 개발



- 3차원 BIM 기반 상용 CAD 프로그램과의 연동
- IFC, XML 등 국제표준포맷 지원을 통한 구조설계정보 표준화 정책 반영
- 설계 단계에서의 인공지능 기법 도입 등에 의한 설계업무 전산화

제 6 장 참고문헌

- 권순옥, 건설정보 교환 및 재사용을 위한 BIM 기술동향, 설비/공조·냉동·위생, 2007.11.
- 윤두영, BIM설계 도입을 위한 기반 환경 구축 사례, The BIM, 창간호, 2008.
- 원성혁, 이 강, HOK Houston의 BIM 도입 과정에서의 경험과 교훈, The BIM, 창간호, 2008.
- 이 강, Tekla Structures Review, The BIM, 창간호, 2008
- 삼우종합건축사사무소 기술연구소, ParaCloud Modeler, The BIM, 창간호, 2008
- 캐달로그 코리아 홈페이지, www.cadalogo.co.kr
- AECbytes, <http://www.aecbytes.com>
- 김한수, “초고층 건물에서 셋백의 구조적 구현 방법”, 대한건축학회논문집 14권 8호 (서울: 1998.8)
- 황영삼, “설계통합화를 위한 통합건물모델의 구조에 관한 연구”, 대한건축학회논문집, 12권2호, pp. 71~80, 1996.
- 김남희, “통합 구조설계 시스템 개발 방법에 대한 연구 - 개체형 프로덕트 모델과 프로세스 모델의 이용”, 대한건축학회논문집, 13권11호, pp. 333~343, 1997.
- 김치경, 정종현, 홍성목, “구조계산서 작성 과정을 통합 지원하는 새로운 개념의 구조 설계 프로세서”, 대한건축학회논문집, 13권8호, pp. 129~136, 1997.
- 김치경, “객체지향설계법에 의한 건축구조설계 통합시스템 개발에 관한 연구”, 서울대학교 대학원 건축학과, 박사학위 논문, 1992.
- 정종현, “예비 구조설계를 위한 프리덕트 모델 및 프로세스 모델”, 서울대학교 대학원 건축학과, 박사학위 논문, 1998.
- 이재철, 김영민, 김치경, 홍성목, “구조설계 통합시스템을 위한 관점/계층 기반 데이터 모델”, 대한건축학회논문집, 15권3호, pp. 47~54, 1999.
- 김치경, “변단면 PEB를 위한 엔지니어링 데이터베이스의 설계와 구축”
- Kim, Y.M., Kim, C.K., “Rough set based decision algorithm for determination of category of crack causes in reinforced concrete structures”, Accepted, Advances in Engineering Software, 2008. 5..
- Kim, C.K., Kim, Y.M., “Concept of Equivalent Load for Stiffness and its

- Applications", ASCE Journal of Structural Engineering (ISBN:0733-9445), Vol.134 No.3, pp.458-465, 2008. 3..
- Kim, C.K., Kim, Y.M., Lee, J.C. "New Equivalent Static Analysis Method of Dynamic Behavior During Progressive Collapse", Submitted, ASCE Journal of Structural Engineering, 2007. 8.
- Kim, C.K., Lee, J.C., Kim, Y.M., "Concept For TLG Object Modeling and Application to Structural Design of Buildings", ASCE Journal of Computing in Civil Engineering, Vol. 21, No. 4, 2007. 7.
- Kim, Y.M., Kim, C.K., Hong, G.H., "Fuzzy set based crack diagnosis system for reinforced concrete structures", Computers and Structures, on-line published, 2007. 6.
- Park, J., Moon, B., Min, K., Lee, S., Kim, C.K., "Cyclic loading test of friction-type reinforcing members upgrading wind-resistant performance of transmission towers", Engineering Structures, on-line published, 2007. 5.
- Kim, Y.M., Kim, C.K., Hong, S.G., "Fuzzy Based State Assessment for Reinforced Concrete Building Structures", Engineering Structures, Vol. 28, No. 9, pp. 1286-1297, 2006. 7.
- Kim, H.S., Lee, D.G., Kim, C.K., "Efficient Three-Dimensional Seismic Analysis of a High-Rise Building Structure with Shear Walls", Vol. 27, No. 6, pp. 963-976, 2005. 5.
- Bungale S. Taranath, Structural Analysis and Design of Tall Buildings (Singapore: McGraw-Hill, 1988)
- Council on Tall Buildings and Urban Habitat, Structural Systems For Tall Buildings (New York: McGraw-Hill, 1995)
- Fazlur R. Khan, Tall Building Systems and Concepts (U.S.A: AISC, 1980)
- R. A. Coleman, Structural Systems Design (N.J.: Prentice-Hall, 1983)
- IAI, "IFC Object Model Guide", Industry Foundation Classes - Release 1.5, Specification Volume 2, 1996.
- IAI, "IFC Object Model Guide", Industry Foundation Classes - Release 1.5, Specification Volume 3, 1996.

Adeli, H., "Interactive Microcomputer-Aided Structural Steel Design", Prentice-Hall Inc., 1988.

**첨부 1. SDP에 의한
RC 건축물 구조설계 따라하기 요약**

SDP의 기본화면

SDP는 일반 구조 해석기와는 다른 개념을 갖고 있으며 이런 특징은 화면의 구성에도 반영된다.

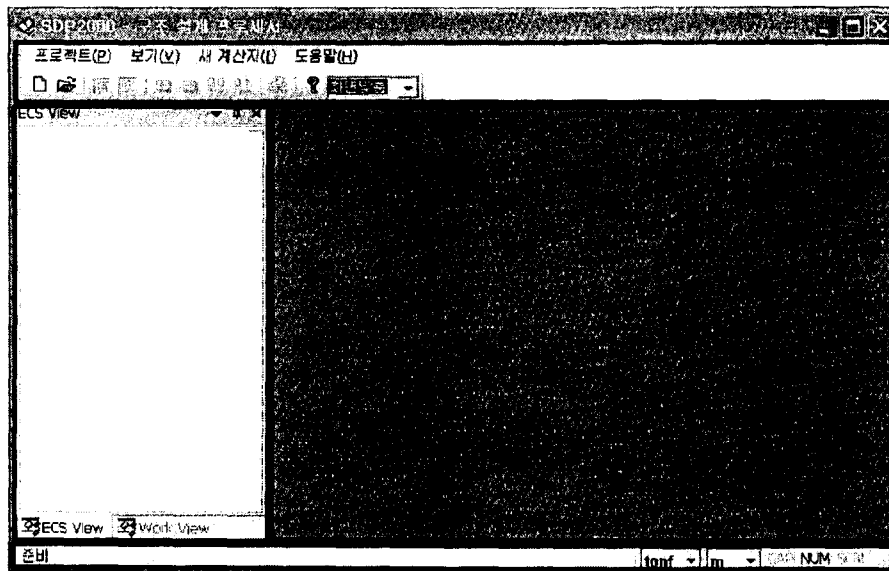


그림 1 SDP 기본 화면 구성

메뉴, 툴바 영역

메뉴 영역은 메뉴와 기본 툴바로 구성되어 있으며 기능은 일반 윈도우 프로그램과 동일하다.

트리뷰 영역

화면 좌측에 표시되는 영역으로 삽입된 문서(계산지)들의 제목을 표시한다. 이 창을 통하여 계산지를 불러와 작업을 하며 문서를 정렬하고거나 이동할 수 있다.

계산지 영역

삽입된 계산지를 보여주는 영역이며 이 계산지를 통하여 모든 작업을 수행한다. SDP의 대부분의 작업은 계산지를 삽입하여 이루어지며 연관된 계산지들에서는 한 계산지에서의 작업내용이 다른 계산지로 실시간 반영된다.

상태 바 영역

작업에 도움을 주는 여러 정보들을 표시하는 영역이다. 단위계, 좌표, 모드 등의 정보를 표시하여 작업을 돕는다.

새 프로젝트 시작하기

프로젝트 파일 생성

새로운 프로젝트를 시작하기 위하여 새로운 파일을 생성하는 동시에 프로젝트의 기본 사항을 입력하여 표지를 구성한다.

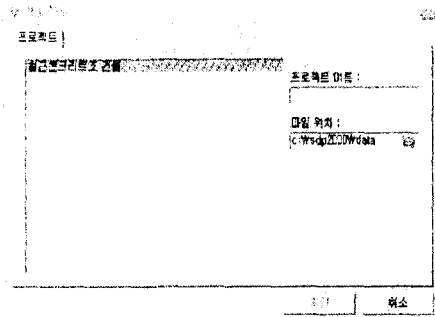


그림2 새로운 프로젝트를 생성하기 위한 대화상자

1. 메뉴에서 **프로젝트 새프로젝트** 를 선택
2. 대화상자의 **파일위치** 항목에서 작업 폴더를 설정
3. **프로젝트 이름** 항목에 프로젝트 이름 입력
4. 입력후 **확인 버튼** 클릭
5. **보고서 이름**에 프로젝트 이름 입력
6. 대화 상자의 공간에 설계 정보를 입력한다.
7. **확인 버튼**을 클릭한다.

건물의 구조 정보 입력하기

설계 개요 계산지 삽입

표지를 통하여 관리 정보를 입력한 후 설계 개요 계산지를 통하여 층수, 층고, 콘크리트와 철근의 재료 상수 등 구조물과 관련된 자료를 입력한다.

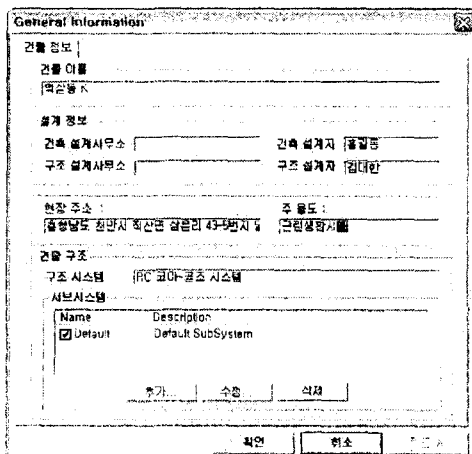


그림3 건물 개요를 입력.

1. 메뉴에서 **새계산지 설계 개요**를 선택
2. 설계 관련 정보를 입력하고 **다음** 버튼 클릭
3. 지상층수 지하층수 입력
4. **층정보 생성**을 클릭
5. 시작층 마지막층 입력, 층고 입력
6. **재료정보 대화상자** 에서 사용할 재료 입력
7. **하중조합 자동생성** 버튼을 클릭하여 하중 조합을 생성

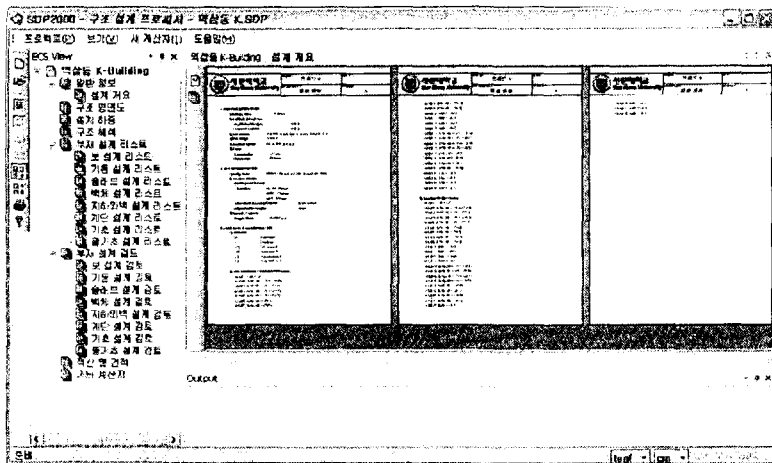


그림 4 설계 개요 계산지가 입력된 화면

그림 4는 하중 조합까지 입력 완료된 상태의 설계 개요 계산지를 보여준다.

계산지 위의 문서 내용을 두번 클릭하여 관련 대화상자를 열어 수정작업을 할 수 있는 기능은 표지 계산지와 동일하다.

중력하중 계산지 작업

건물 개요와 하중 경우, 하중 조합이 입력되었으면 구체적인 하중을 정의한다. 이 작업을 통해 정의되는 바닥하중은 슬래브나 바닥판 조합, 계단을 통해 입력된다.

적재하중

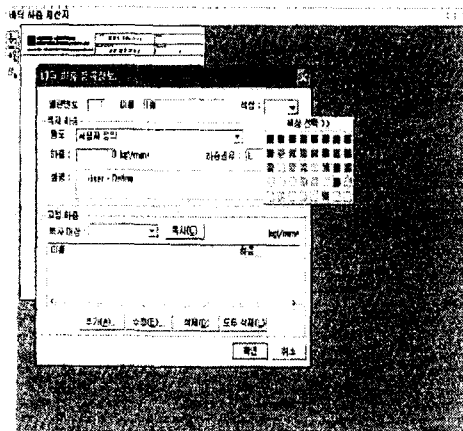


그림 5 바닥하중 등록정보 대화상자

1. **이름**에 층을 입력한다.
2. **색상**을 클릭하여 평면도에서 표시될 색을 선택한다.
3. **적재하중**을 선택한다.
4. **고정하중**의 **추가**버튼을 클릭하여 **고정하중** 대화상자를 연다.

고정하중

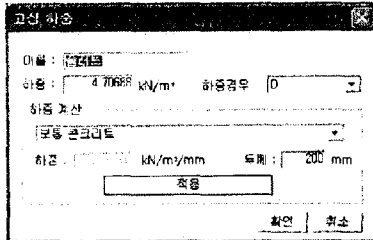


그림 6 고정하중

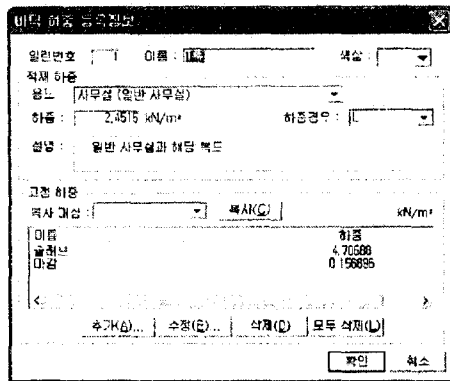


그림 7 바닥하중 등록 정보

1. 이름을 입력한다.
2. 하중계산에서 고정하중 종류를 선택한다.
3. 두께를 입력한다.
4. 적용 버튼을 클릭한다.
5. 하중의 값을 확인한 후 확인 버튼을 클릭한다.
6. 슬래브의 하중이 입력된 것을 확인한 후 다시한번 위 작업을 반복한다.

주열선도 작업

주열선도에서는 부재 위치의 기준이 되는 주열선을 입력한다.

주열선은 전층에 동일하게 적용되며 그 교정 좌표를 기준으로 모든 부재가 입력되며 기둥, 벽체등의 수직 부재는 시점좌표와 종점좌표를 전층에서 공유한다

1. 메뉴의 새 계산지마스터 그리드라인을 선택하여 마스터 그리드라인등록정보 대화상자를 연다.
2. 도면 크기 X, Y에 각각 50, 40을 입력한다.
3. 나머지 값은 주어진 값을 이용하므로 확인 버튼을 클릭한다.

주요 그리드라인 입력

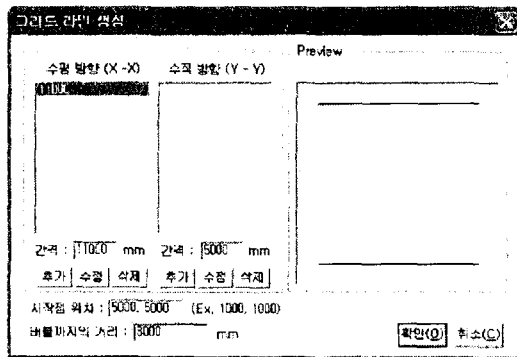


그림 8 리드 라인 자동 생성 대화상자

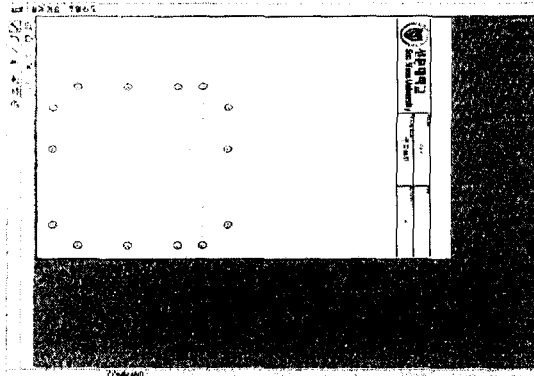


그림 9-7-8 그리드라인이 입력된 상태

주심도 작업

주심도는 진층에 걸쳐 정의되는 수직부재를 입력하는 공간이다.

기둥 및 기둥의 각도, 폭체, 지하외벽 등의 정보를 입력하며 각 층별 단면 입력은 단위평면도에서 작업한다.

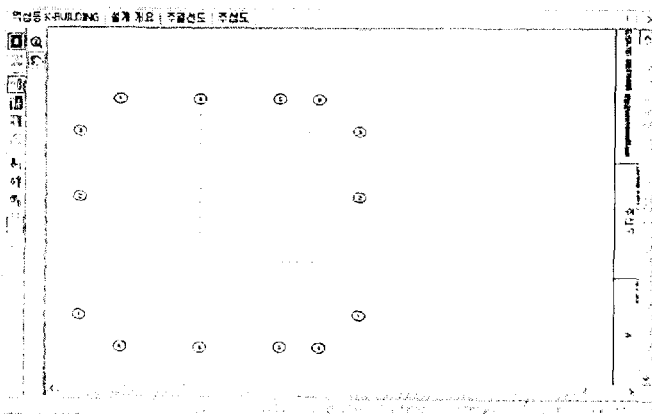


그림 10 주실도 계산지

1. 메뉴의 **새 계산지 마스터**
평면도를 선택
2. 등록정보 대화상자에서 **확인**
버튼을 클릭하여 계산지를 삽입

기둥 입력

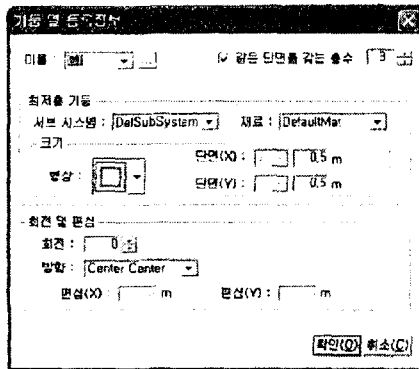


그림 11 기둥 입력 대화상자

「같은 단면을 갖는 층수」는 공사를 고려하여
기둥 단면을 일정 층마다 다르게 설계할 때
선택하는 옵션이다

벽체 입력

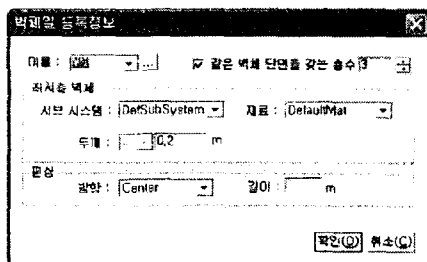


그림 12 벽체열 등록정보

 과  을 클릭하여 벽체열 입력모드로 바꾸면 등
록정보 대화상자(그림 12)가 뜬다.

2. **이름**을 입력한다.
3. 단면 치수는 입력.
4. 입력할 벽체열을 클릭하여 입력.

평면도 계산지

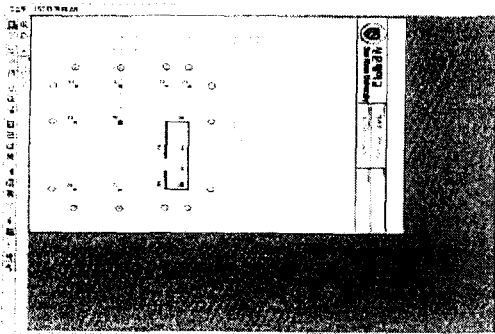


그림 13 단위 평면도가 입력된 상태

1. 메뉴의 **새 계산지 단위 평면도**를 선택한다.
2. 대화상자에서 **단위 평면도 이름**에 1ST FLR 을
입력.
3. 리스트 상자에서 1층을 선택한 후 **추가**버튼을 클
릭하여 적용층으로 옮긴다.
4. **확인** 버튼을 클릭하여 대화상자를 닫으면 그림 13
과 같이 계산지가 삽입.

독립 기초 입력

[illegible]

그림 14 독립기초 등록정보

대화상자에서 새로운 이름을 입력하면 자동으로 새로운 부제로 인식하여 객체를 생성하게 된다. 이 모든 작업은 자동으로 처리된다.

줄기초 입력 및 보 입력

단면 정보(D)

시트 시스템(S): DefSubSystem 재료(R): DefaultMat

크기(S): 폭 1.5 m

면적(A): 방향(B): Center 길이(L): m

가조각 단면(D): Side1: 0 m Side2: 0 m

단부조건(E): ☐ Fix ☒ By ☒ Free

단면 하중지대역(Load Zone): ☒ 단면 하중지대역

표면하중(Surface Load): ton/m²

상부중 높이(H): m

확인(O) 취소(C)

그림 15 줄기 초 등록 정보

Figure 1 shows the 'Figure Properties' dialog box. The 'Layer' is set to 'DefSubSystem'. The 'Color' is set to 'ByLayer'. The 'Linetype' is set to 'ByLayer'. The 'Width' is set to 'ByLayer'. The 'Plot Style' is set to 'DefaultPlotStyle'. The 'Text Style' is set to 'Standard'. The 'Font' is set to 'Standard'. The 'Text Color' is set to 'ByLayer'. The 'Text Size' is set to 'ByLayer'. The 'Text Angle' is set to 'ByLayer'. The 'Text Justification' is set to 'Center'. The 'Text Rotation' is set to 'ByLayer'. The 'Text Content' is set to 'ByLayer'. The 'Text Background Color' is set to 'ByLayer'. The 'Text Background Style' is set to 'ByLayer'.

그림 16 보 등록정보

바닥판 조합 입력

바닥판 조합은 SDP만의 개념으로 「작은보와 슬래브의 집합체」로 정의할 수 있다.

많은 건물 바닥 시스템은 큰보(Girder)와 작은보(Beam)로 이루어지며 구조 해석 단계에서 작은보는 대부분 하중으로 치환되어 별도의 연속보 해석 도구를 이용하여 설계된다.

하지만, SDP에서는 작은보의 정보가 설계와 도면 생성단계까지 계속 존속하므로 큰보와 같이 별도의 작업 없이 해석, 설계가 이루어진다.

바닥판 조합 등록정보

이름: [1123] 부재 설정(G)...

시브 시스템: [DefSubSystem] 복사 대상: 복사

보 정보

Num	이름	Edge1	Loc. Edge1	Loc. Edge2	폭	높

슬라브 정보

Num	이름	두께	하중

확인(O) 취소(C)

그림 17 바닥판 조합 등록정보

바닥판 조합 설정

바닥판 조합 부재 설정

1방압 보 계수: [1] 2방압 보 계수: [0]

작은 보 등록정보

재료: [DefaultMat] 슬라브 등록정보

재료: [DefaultMat]

보 이름: [1B1] 단위: 슬라브 이름: [1S1] 단위:

폭: [] m 두께: [] m

높: [] m

바닥 하중

이름: [1하] 추가... 수정...

고정 하중: 0.33 tonf/m² 적재 하중: 0.5 tonf/m²

확인(O) 취소(C)

그림 18 바닥판 조합의 부재 설정 대화상자

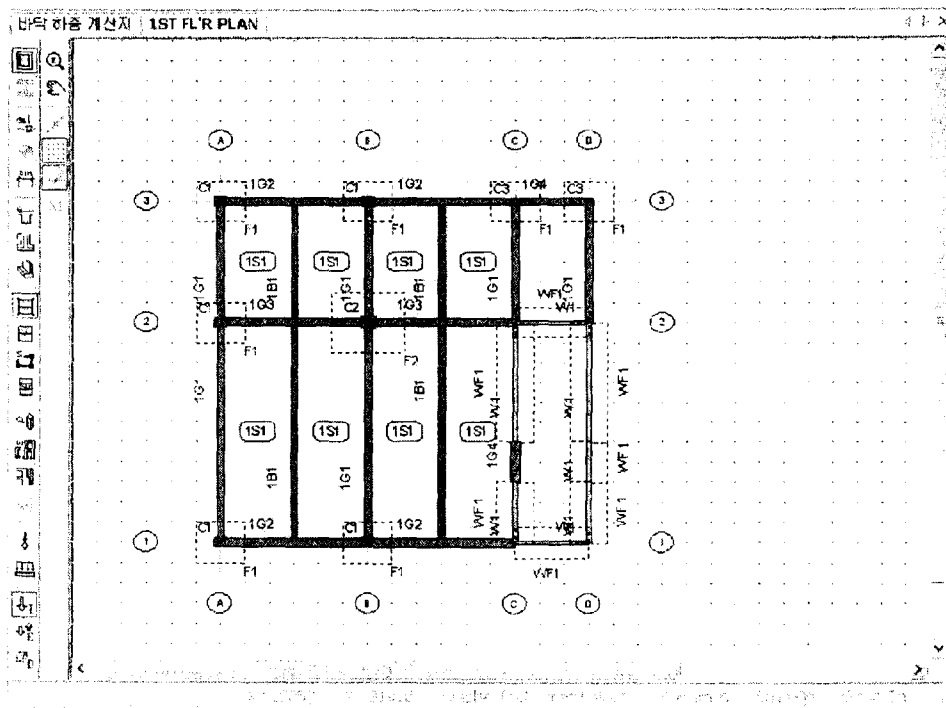


그림 19 바닥판 조합이 완료된 상태

슬래브 입력

작은보가 없는 독립적인 슬래브를 입력한다.

슬래브는 3면, 2면, 1면(캔틸레버) 지지되는 경우를 자동으로 고려하여 설계한다.

슬래브 등록정보

이름: [] ☐ 계구부로 변경 단면 정보(D)...

서브 시스템: [DefSubSystem] 재료: [DefaultMat]

크기

두께: [0.15] m

하중

이름: [1층] 추가(A)...

고정 하중 0.496 tonf/m² 수정(E)...

적재 하중 0.25 tonf/m²

확인(O) 취소(C)

그림 20 슬래브 등록정보

1. [] 과 [] 을 클릭하여 슬래브 입력모드로 바꾸면 등록정보 대화상자(그림 20)가 뜬다.
2. 이름에서 바닥판 조합에서 정의했던 바닥판을 선택.
3. 바닥판의 각모서리를 차례로 클릭하여 바닥판을 생성.

계단 입력

계단 등록정보

이름: [] 종류: [General Stair] 단면 정보...

서브 시스템: [DefSubSystem] 재료: [DefaultMat]

계단

두께: [0.15] m 하중: [계단] 추가...

고정하중: 0.424 tonf/m² 적재하중: 0.25 tonf/m² 수정...

계단 폭

두께: [0.15] m 하중: [계단] 추가...

고정하중: 0.424 tonf/m² 적재하중: 0.25 tonf/m² 수정...

상부 계단폭 길이 [1.5] m 하부 계단폭 길이 [1.5] m

계단 지지 형식: [계단폭 양쪽면 전, 계단 양단 판]

확인(O) 취소(C)

그림 21 계단 등록정보

1. [] 과 [] 을 클릭하여 계단 입력모드로 바꾸면 등록정보 대화상자(그림 21)가 뜬다.
2. 계단 이름을 입력.
3. 계단, 계단함의 두께를 입력.
4. 하중은 계단을 선택.
5. 상부와 하부의 계단함 길이를 입력.
6. 계단 지지 형식 선택하고 확인버튼을 클릭
7. 계단의 각 모서리를 클릭하여 계단 입력

풍하중 계산지

이송 경로 : WX **하중 방향** : 0°

기본 간격 변수

노출도 : 노출도 A ...

종교도계수 (I_w) : ...

기본풍속 (V_o) : m/sec

지면의 평균높이 : 8 m 지상

하중방향에 의한 간격 변수

하중방향 폭 : 7 m 지상

하중방향 길이 : 5 m 지상

풍속감속계수

□ 지형에 의한 풍속감속계수 고려

감속계수 적용률 : m Kzt =

가스트 영향계수

⊙ 감쳐 구조물 ⊙ 무연 구조물

Gf = 25

종교도 계산

종교도

Fact.	Level	H	B	Kat	Load
Roof	18.0	1.5	17	1.00	1.42
A	15.3	3.0	17	1.00	2.85
E	(2.0)	3.0	17	1.00	2.85
C	9.0	3.0	17	1.00	2.85
F	5.0	3.0	17	1.00	2.85
D	3.0	3.0	17	1.00	2.85

화인 위소

그림 23. 풍하중 등록 정보

[illegible]

그림 24 삽입된 흉하중 계산치

풍하중, 지진하중 등의 수평력은 X, Y 두 방향에서 검토한다.

1. 메뉴의 **새 계산지 하중 계산지 풍하중 계산지**를 선택한다.
2. 대화상자의 **단위**를 tonf, m로 선택하고 **확인** 버튼을 클릭한다.
3. **하중 경우**를 WX으로 선택한다. **하중 방향**에 0을 입력한다.
4. **노풍도**의 **...** 버튼을 클릭하여 노풍도 대화상자를 연다.
6. 노풍도 A를 선택 **확인** 버튼을 클릭, 풍하중 대화상자에서 **중요도 계수**의 **...** 버튼을 클릭
7. 중요도(2)를 선택하고 **확인** 버튼을 클릭, 풍하중 대화상자에서 **기본 풍속**의 **...** 버튼을 클릭
8. 지역을 선택하고 **확인** 버튼을 클릭 **하중 방향** 쪽 우측의 **계산**을 클릭하여 쪽을 자동 계산
9. **하중 방향 길이** 우측의 **계산**을 클릭하여 쪽을 자동 계산
13. **가스트 영향 계수**의 **...** 버튼을 클릭하여 가스트 계수 대화상자를 연다.
14. 가스트 영향계수는 노풍도 A의 기본값을 이용하므로 **확인**버튼을 클릭
15.  을 클릭하여 풍하중 리스트 박스의 값을 자동계산 한다
16. **확인**버튼을 클릭하고 삽입된 계산지를 확인한다.

Y방향 풍하중 계산지 작업

새로운 풍하중 계산지를 산정한 후 X방향에서와 같은 방법으로 작업한다.

풍하중 대화상자에서 **하중** 경우를 WY로 선택하고 **하중 방향**은 90을 입력한다.

지진하중 계산지

풍하중, 지진하중 등의 수평력은 X, Y 두 방향에서 검토한다.

Floor	Level	Weight	Load
5	16.0	167	11.11
4	15.0	192	10.69
3	12.0	192	9.55
2	3.0	192	4.41
1	0.0	192	4.27
	0.0	0	2.14
			0.00

그림 25. 지진하중 등록 정보

그림 26. 삽입된 지진하중 계산지

1. 메뉴의 **새 계산지 하중 계산지 지진하중 계산지**를 선택한다.
2. 대화상자의 단위를 tonf, m로 선택하고 **확인** 버튼을 클릭한다.
3. **하중 경우**를 EX로 선택, **하중 방향**에 0을 입력, **지역계수**의 **...** 버튼을 클릭
5. 지진지역 1을 선택하고 **확인** 버튼을 클릭 지진하중 대화상자에서 **지반계수**의 **...** 버튼을 클릭하여 대화상자를 연다.
6. 지반1을 선택하고 **확인** 버튼을 클릭, 지진하중 대화상자에서 **중요도계수**의 **...** 버튼을 클릭하여 대화상자를 연다.
7. **도시 계획 구역과 중요도 2**를 선택하고 **확인** 버튼을 클릭, 지진하중 대화상자에서 **반응수정계수**의 **...** 버튼을 클릭하여 대화상자를 연다.
10. **이중골조방식의 철근 콘크리트 전단벽과 철근콘크리트 연성모멘트 골조**를 선택하고 **확인** 버튼을 클릭한다.
11. 지진하중 대화상자에서 **기본 진동주기**의 **...** 버튼을 클릭하여 대화상자를 연다.
10. **그 이외의 구조**를 선택하고 **기본 진동주기 계산** 버튼을 클릭하여 주기를 자동계산한다.
11. **확인** 버튼을 클릭, **지진하중 계산** 을 클릭하여 지진하중 리스트 박스의 값을 자동계산한다.
13. 하중값을 검토하고 **확인**버튼을 클릭하면 삽입된 계산지가 나타난다

Y방향 지진하중 계산지 작업

X방향 지진하중 계산지 작업과 동일하며 지진하중 대화상자에서 **하중 경우**를 EY로 선택하고 **하중 방향**은 90을 입력한다.

구조 해석 계산지

SDP는 전체 구조물의 구조해석을 자체적으로 수행하지 않으므로 외부 해석기를 이용하여 설계에 필요한 응력을 구한다.

본 예제에서는 마이다스를 이용하는 방법을 설명한다.

계산지 삽입

1. 메뉴의 **새 계산지 구조해석 계산지**를 선택한다.
2. 제목은 기본값을 쓰고 **확인** 버튼을 클릭하면 계산지가 삽입된다

해석Export 작업

1. 구조해석을 위하여 구조해석 계산지의 글자를 두번클릭하여 대화상자를 불러온다.
2. 작업 담당자의 이름을 입력하고 **작성** 버튼을 클릭하여 파일 대화상자를 불러온다.
3. 파일 이름은 기본값을 사용하기로 하고 **저장** 버튼을 클릭한다.
4. 대화상자에서 **버전**을 6.9.0으로 선택한다.
5. **자중포함**을 선택하고 **확인** 버튼을 클릭한다.

구조 해석 작업

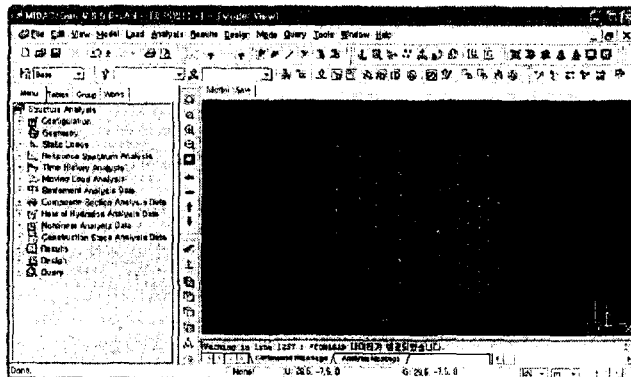


그림 27-97 마이다스로 치환된 구조물 정보

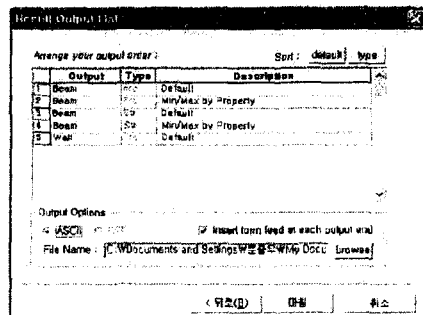


그림 28 결과 출력 리스트 대화상자

1. 마이다스 프로그램을 실행시킨후, 메뉴에서 **File Import MIDAS/Gen MGT File..** 을 선택
2. 메뉴 **Analysis Perform Analysis** 또는 F5를 이용하여 해석을 수행
3. 메뉴 **Results Text Output..** 를 선택하여 해석결과 출력작업을 시작
4. 대화상자에서 **다음** 버튼을 선택하여 해석결과 출력작업을 시작
5. 계속해서 나타나는 대화상자에서 **Unselect All, Select All Load Cases**를 클릭
6. **OK**를 클릭, 계속해서 나타나는 대화상자에서 **Beam, Wall**을 선택, **다음**을 클릭
7. 계속해서 나타나는 대화상자에서 **다음**을 클릭, 결과 출력 리스트 대화상자에서 **browse** 버튼을 클릭하여 출력파일의 위치와 파일명을 지정
14. **마침**을 클릭하여 쓰기 작업을 수행

부재 설계

부재 설계는 각 부재별 설계 계산지를 통해 이루어진다.

전 부재 자동 설계

1. 메뉴의 **새 계산지 부재 설계 계산지 부재 자동 설계**를 선택한다
2. 대화상자의 전 부재를 선택하고 **확인**을 클릭한다.
3. 전체 부재 종류의 설계 계산지가 삽입되고 각 부재가 자동설계되는 것을 확인한다.

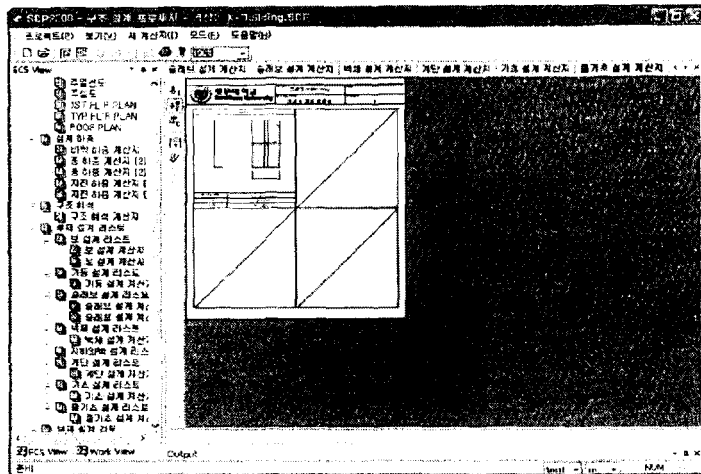


그림 29 전부재 설계를 완료한 상태

보 설계

설계 결과를 검토하고 필요한 조정을 하기 위하여 트리뷰 메뉴에서 **부재 설계 리스트 보 설계 리스트** **보 설계 계산지**를 더블클릭하여 보 설계 계산지로 이동한다.

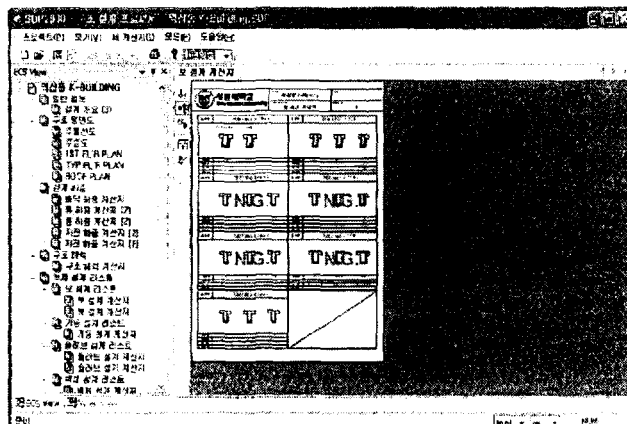


그림 30 보 설계 계산지

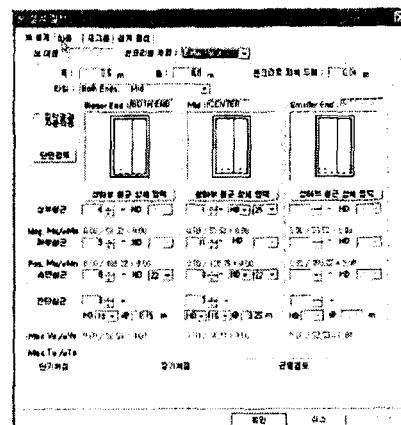


그림 31 자동 설계된 보

1. 단면 정보를 수정하는 즉시 결과값을 확인하기 위하여 **입력결과 자동적용**을 선택
2. **종류**에서 **Both Ends, Mid**를 선택한다. 이때 Smaller End의 배근 정보만이 수정 불가상태가 되면서 Bigger End의 정보를 그대로 반영함을 확인한다.
3. Bigger End의 하부철근 개수를 3개로 증가시킨다.
4. Mid의 상부철근 개수를 3개로 증가시킨다. 이 작업을 통하여 장기처짐의 색깔이 파란색으로 돌아오는 것을 확인한다. 이는 압축철근의 증가로 인한 장기처짐의 보강 결과이다
5. 대화상자의 **하중** 탭을 선택한다.
6. 하중 탭의 정보를 통하여 TB1의 응력정보를 검토한다. 개별 부재 등의 옵션을 통한 다양한 응력정보를 검토한다.
7. 대화상자의 **설계옵션** 탭을 선택, 처짐 검토 조건과 같은 설계 옵션을 검토한다

기둥 설계

기둥 설계 결과를 검토하고 필요한 조정을 하기 위하여 트리뷰 메뉴에서 **부재 설계 리스트 기둥 설계 리스트 기둥 설계 계산지**를 더블클릭하여 기둥 설계 계산지로 이동한다.

C1		C2		C2A	
단면	27.29C1	단면	27.29C2	단면	27.29C2A
부재	3-HB22	부재	3-HB22	부재	3-HB22
최대응력	0.154/0.02	최대응력	0.154/0.02	최대응력	0.154/0.02
최소응력	0.02/0.02	최소응력	0.02/0.02	최소응력	0.02/0.02
단면	3B.32C1	단면	3B.32C2	단면	3B.32C2A
부재	3-HB22	부재	3-HB22	부재	3-HB22
최대응력	0.154/0.02	최대응력	0.154/0.02	최대응력	0.154/0.02
최소응력	0.02/0.02	최소응력	0.02/0.02	최소응력	0.02/0.02

그림 32 기둥 설계 계산지

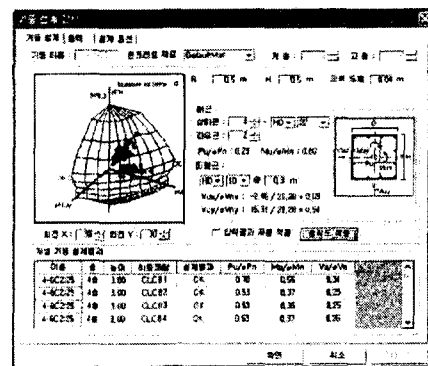


그림 33 기둥 설계 대화 상자

1. C2의 고충부분을 설계하기 위하여 해당 단면을 더블클릭하여 대화상자를 불러온다.
2. **B, H**정보를 수정, **2 응력도 적용** 버튼을 클릭하여 수정된 단면이 안전한지 검토
3. **확인** 버튼을 클릭한다.
4. 계산지에서 C2의 저충부를 더블클릭하여 대화상자를 불러온다.
5. 대화상자에서 해당 층을 확인한다.
6. 축력의 비율(P_u/P_n)이 1.0이므로 배근을 늘려 응력비에 여유를 준다.
7. 배근과 응력을 확인, **확인** 버튼을 클릭

슬래브 설계

슬래브 설계 결과를 검토하고 필요한 조정을 하기 위하여 트리뷰 메뉴에서 **부재 설계 리스트** **슬래브 설계 리스트** **슬래브 설계 계산지**를 더블클릭하여 설계 계산지로 이동한다.

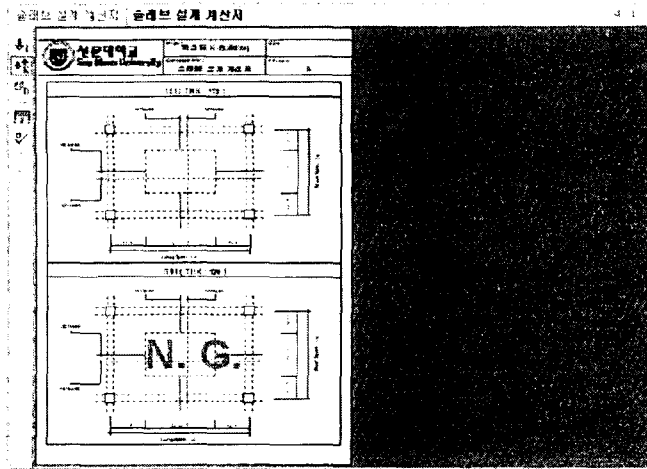


그림 30 슬래브 설계 계산지

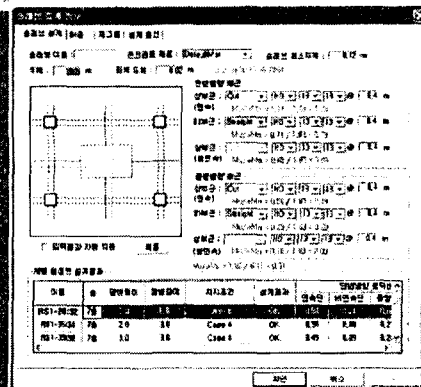


그림 31 슬래브 설계 대화 상자

1. RS1의 설계가 이루어지지 않았으므로 RS1을 더블클릭하여 대화상자를 불러온다.
2. 슬래브의 두께 설정, **적용** 버튼을 클릭하여 수정된 단면이 안전한지 검토
3. 배근과 응력을 확인, **확인** 버튼을 클릭한다

벽체 설계

벽체 설계 결과를 검토하고 필요한 조정을 하기 위하여 트리뷰 메뉴에서 **부재 설계 리스트** **벽체 설계 리스트** **벽체 설계 계산지**를 더블클릭하여 벽체 설계 계산지로 이동한다.

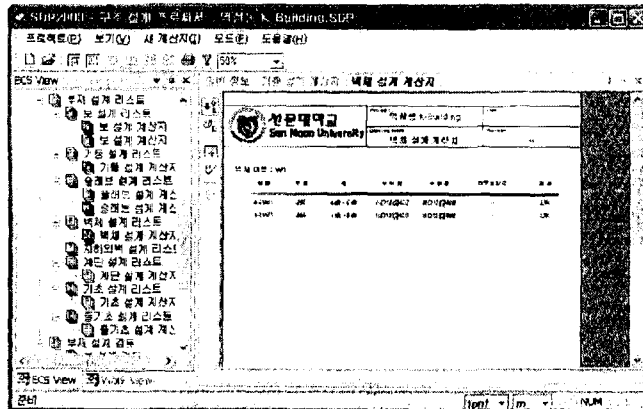


그림 32 벽체 설계 계산지

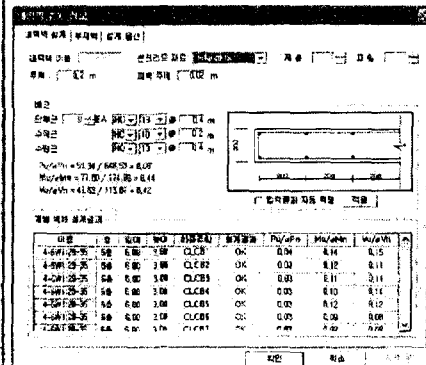


그림 32 벽체 설계 대화 상자

1. 벽체 리스트에서 4층 - 6층 라인을 선택하여 더블클릭한다.
2. 대화상자에서 응력/내력 비율 등의 설계 결과를 검토
3. 확인 버튼을 클릭

기초 설계

기초 설계 결과를 검토하고 필요한 조정을 하기 위하여 트리뷰 메뉴에서 **부재 설계 리스트** **기초 설계 리스트** **기초 설계 계산지**를 더블클릭하여 기초 설계 계산지로 이동한다.

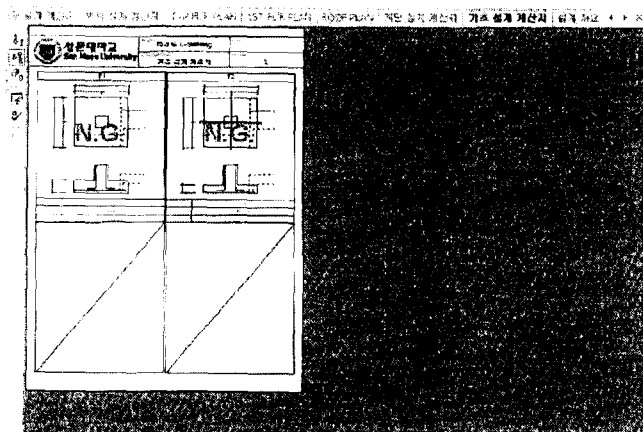


그림 33 기초 설계 계산지

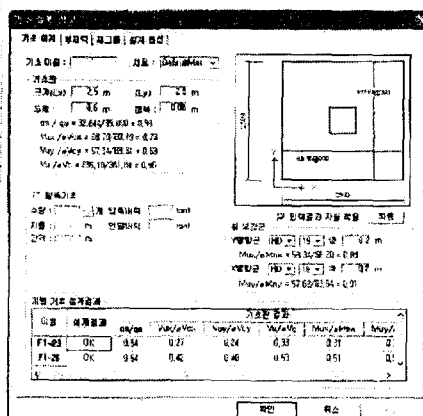


그림 34 기초 설계 대화 상자

1. F1을 클릭하여 대화상자를 연다.
2. 지내력이 부족하므로 기초판의 크기를 조절 한다
3. 결과값을 확인하기 위하여 **입력결과 자동 적용**을 선택한다.
4. 전단력이 부족하므로 두께를 0.6 으로 늘린다.
5. 기타 설계 조건을 검토, **확인** 버튼을 클릭

줄기초 설계

기초 설계 결과를 검토하고 필요한 조정을 하기 위하여 트리뷰 메뉴에서 **부재 설계 리스트 기초 설계 리스트 기초 설계 계산지**를 더블클릭하여 기초 설계 계산지로 이동한다.

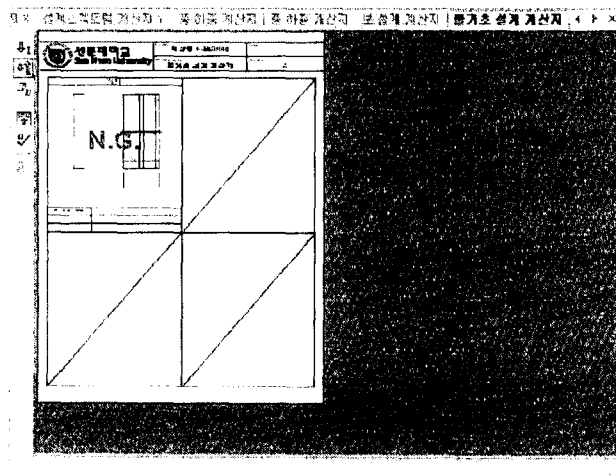


그림 35 줄기초 설계 계산지

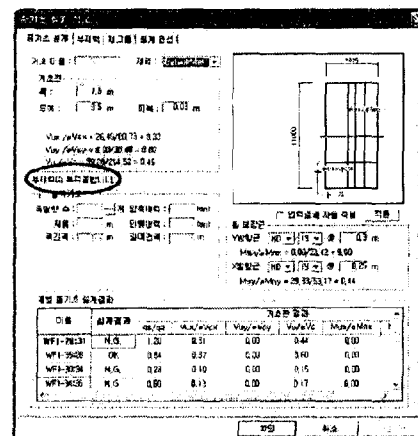


그림 36 줄기초 설계 대화 상자

계단 설계

계단 설계 결과를 검토하고 필요한 조정을 하기 위하여 트리뷰 메뉴에서 **부재 설계 리스트 계단 설계 리스트 계단 설계 계산지**를 더블클릭하여 계단 설계 계산지로 이동한다.

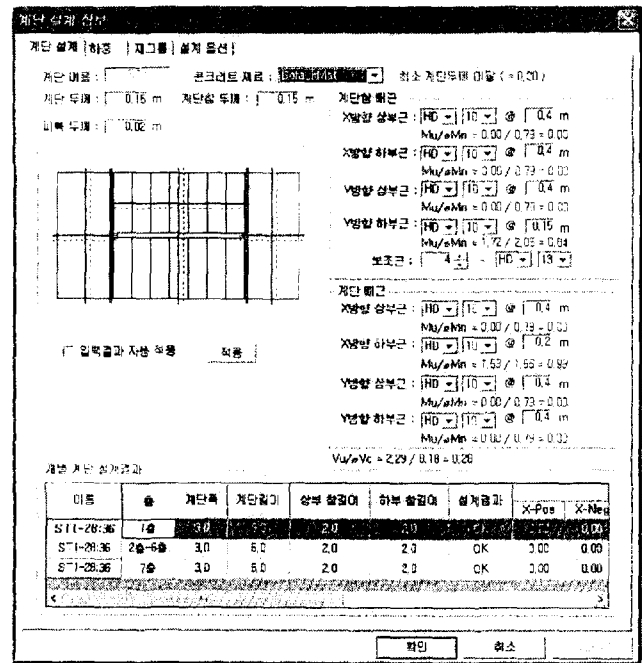


그림 37 계단 설계 정보 대화 상자

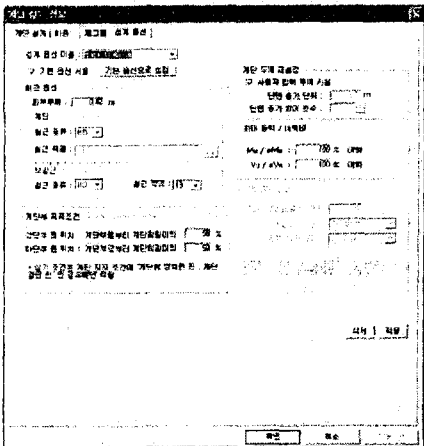


그림 38 계단 옵션 대화 상자

1. **최소 계단두께 미달** 의 경우 두께 조정을 위해 **설계옵션** 탭을 클릭한다
2. 계단부 지지조건에서 **상단부, 하단부** 핀 위치를 조정
3. **계단설계** 탭을 클릭, 계단의 배근 정보를 확인
5. **확인** 버튼을 클릭

첨부 2. SDT에 의한 RC 부재 설계 따라하기

부재 리스트 입력

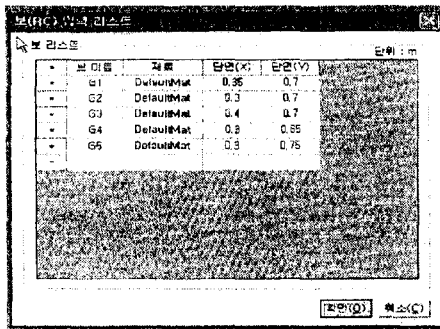


그림 41 보(RC)입력 리스트 대화상자

1. 트리메뉴의 RC부재 리스트 클릭
2. 계산지 영역의 보 부분을 클릭
3. 보(RC)입력 리스트 대화상자에 보 이름, 재료, 단면을 입력
4. 3과 같은 방법으로 기둥 벽체 지하외벽 슬래브 계단 독립기초 줄기초를 입력
5. 구조 설계 기준 및 재료 정보 입력

하중 입력

바닥 하중 입력

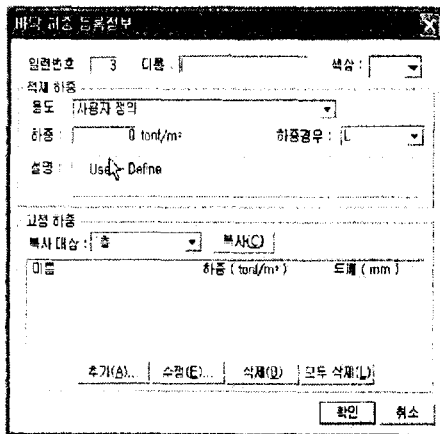


그림 42 바닥하중 등록 정보 대화 상자

1. 트리메뉴의 하중정보의 바닥하중 계산지 클릭
2. 계산지 영역에서 오른쪽 마우스 버튼 클릭후 바닥하중 추가(I) 클릭
3. 바닥하중 등록 정보 대화상자에 적재하중, 고정하중 입력
4. 구조 설계 기준 및 재료 정보 입력

보 하중 입력

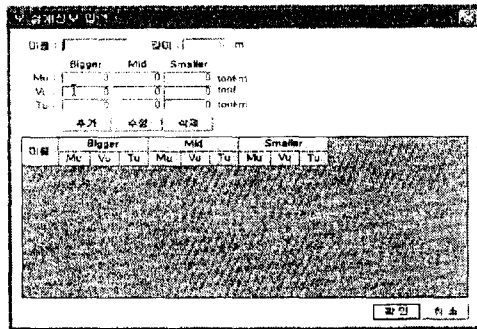


그림 43 보 설계 정보 입력 대화 상자

1. 트리메뉴의 하중정보의 보 클릭
2. 보 설계 계산지에서 하중을 입력할 부재를 클릭
3. 보 설계 정보 입력 대화상자에 Mu, Vu, Tu 입력

보와 같은 방법으로 기둥, 벽체 슬래브등의 하중 입력

부재 설계 계산지 입력

보 설계 계산지 입력

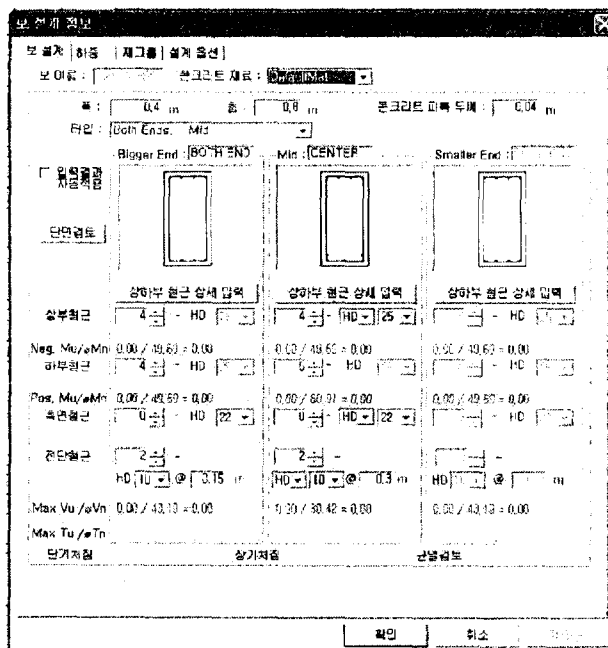


그림 44 보 설계 정보 대화 상자

1. 새 계산지 → 부재 설계 계산지 → 보 설계 계산지 클릭
2. 보 선택 대화상자에서 설계할 보 선택
3. 상부철근, 하부철근, 측면철근, 전단철근의 입력후 단면검토 버튼 클릭
4. 확인을 클릭 하면 보 설계 계산지에 내용이 저장 됨

보이름	3~32C-B1 (400 X 800)		보이름	2~32C-B2 (400 X 700)	
	BOTH END	CENTER		BOTH END	CENTER
상부근	4-HD25	4-HD25	상부근	4-HD25	4-HD25
하부근	4-HD25	5-HD25	하부근	6-HD25	7-HD25
측근	2-HD10@150	2-HD10@300	측근	2-HD10@150	2-HD10@300
속면근			속면근		
보이름	RC-B2A (700 X 800)		보이름	2~RC-B5 (300 X 800)	
	BOTH END	CENTER		ALL	
상부근	6-HD25	6-HD25	상부근	3-HD25	
하부근	12-HD25	15-HD25	하부근	3-HD25	
측근	3-HD10@150	3-HD10@300	측근	2-HD10@200	
속면근			속면근		

그림 45 보 설계 계산지

기둥 설계 계산지 입력

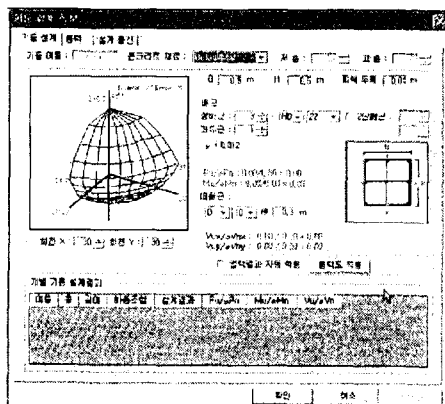


그림 46 기둥 설계 정보 대화 상자

1. 새 계산지 → 부재 설계 계산지 → 기둥 설계 계산지 클릭
2. 기둥 선택 대화상자에서 설계할 기둥 선택
3. 배근과 단면을 설정 후 단면검토 버튼 클릭
4. 확인을 클릭 하면 기둥 설계 계산지에 내용이 저장 됨

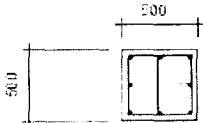
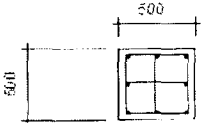
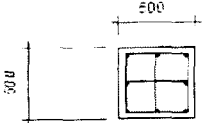
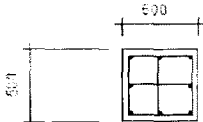
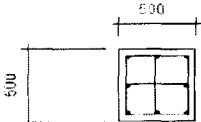
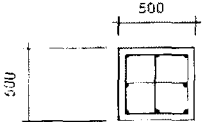
C1		C2		C2A	
이름	27-29C1	이름	27-29C2	이름	27-29C2A
					
주요	8-HD22	주요	8-HD22	주요	8-HD22
단면	D10@300	단면	D10@300	단면	D10@300
보강		보강		보강	
이름	30-32C1	이름	30-32C2	이름	30-32C2A
					
주요	8-HD22	주요	8-HD22	주요	8-HD22
단면	D10@300	단면	D10@300	단면	D10@300
보강		보강		보강	

그림 47 기둥 설계 계산지

지하외벽 계산지 및 지하외벽 설계 정보 대화상자

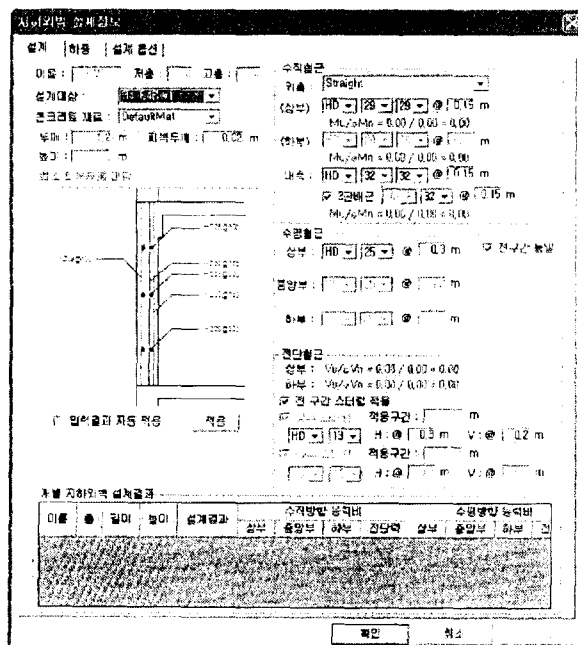


그림 48 지하외벽 설계 정보 대화상자

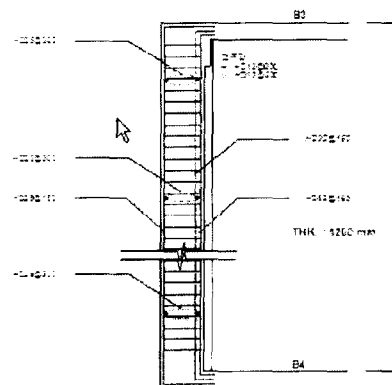


그림 49 지하 외벽 설계 계산지

기초 설계 정보 대화상자 및 기초 설계 계산지

기초 설계 정보

기초 설계 | 부지현 | 지구공 | 설계 일련 |

기초 이름 :

지대 : 1000000000

기초

크기(Lx) : 3.5 m (Ly) : 3.5 m

두께 : 0.05 m 폭력 : 0.08 m

$q_0 / q_0 = 0.00 / 0.00 = 0.00$
 $Vux / eVcx = 0.00 / 0.00 = 0.00$
 $Wuy / eVcy = 0.00 / 0.00 = 0.00$
 $Wu / eVc = 0.00 / 0.00 = 0.00$

□ 인입기초

수준 : 1 차 인입구역 1000

지름 : m 인입구역 1000

간격 : m

□ 인입결과 자동 적용 적용

원반형 $\square 10 \square 15 \square \phi 1.5$ m

 $Vux / eVcx = 0.00 / 0.00 = 0.00$
 $Wuy / eVcy = 0.00 / 0.00 = 0.00$
 $Wu / eVc = 0.00 / 0.00 = 0.00$

부형 기초 유무결과

기초 자동 결과

이름	설계 결과	q_0 / q_0	$Vux / eVcx$	$Wuy / eVcy$	Wu / eVc	$Mux / eMnx$	$Muy / eMny$

판인

허소

그림 50 기둥 설계 정보 대화상자

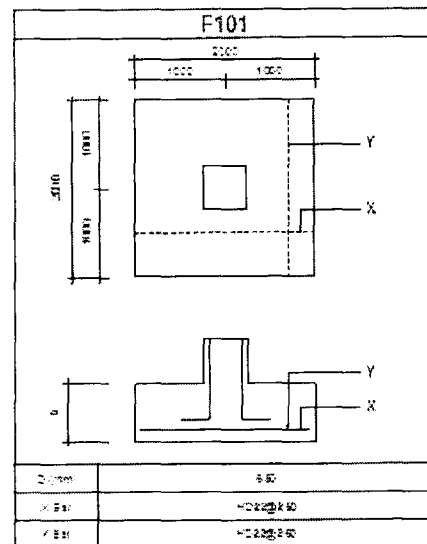


그림 51 기둥 설계 계산지

슬래브 설계 정보 대화상자

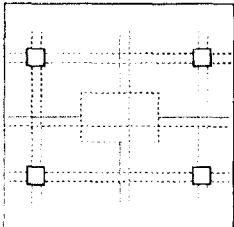
슬래브 설계 | 하중 | 재고형 | 설계 옵션

슬래브 두께 :

크고리브 재료 :

단면 : m 피복 두께 : m

슬래브 최소두께 : m



□ 인력공과 자동 적용 ☐ 적용

Max/Mn = 0.00 / 0.00 = 0.00

단면방향 배근

상부근 : @ m

(연속) Max/Mn = 0.00 / 0.00 = 0.00

하부근 : @ m

Max/Mn = 0.00 / 0.00 = 0.00

상부근 : @ m

(불연속) Max/Mn = 0.00 / 0.00 = 0.00

□ 주얼터 배근 구분 사용

상부근 : @ m

하부근 : @ m

경면방향 배근

상부근 : @ m

(연속) Max/Mn = 0.00 / 0.00 = 0.00

하부근 : @ m

Max/Mn = 0.00 / 0.00 = 0.00

상부근 : @ m

(불연속) Max/Mn = 0.00 / 0.00 = 0.00

□ 소컬터 배근 구분 사용

상부근 : @ m

하부근 : @ m

개설 슬래브 설계 결과

이름	층	단면길이	경면길이	지지조건	설계결과	단면방향 설계비
						연속부 비연속부 총합 기타 연

그림 52 슬래브 설계 정보 대화상자

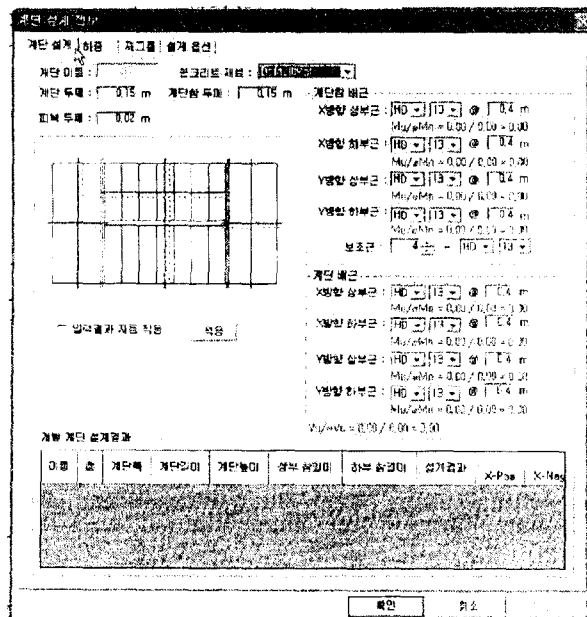
TYPE A: 1-WAY

TYPE B: 2-WAY

*Note: Re-Bar marked (10) is erection bar

NAME	TYPE	THICK	단면				장면			
			① (10)	② H-13@400	③	④ (10)	⑤ (10)	⑥ H-13@400	⑦	⑧ (10)
S1	B	150		H-13@400		H-13@400		H-13@400		H-13@400

계단 설계 정보 대화상자



- 84 -

계단 설계 계산지

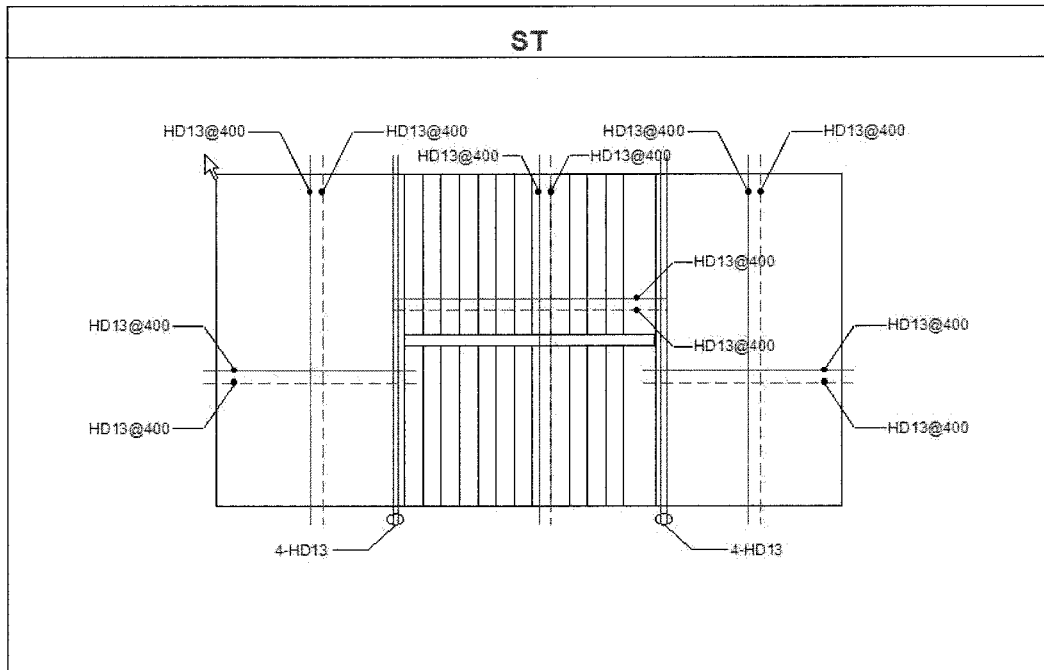


그림55 계단 설계 계산지

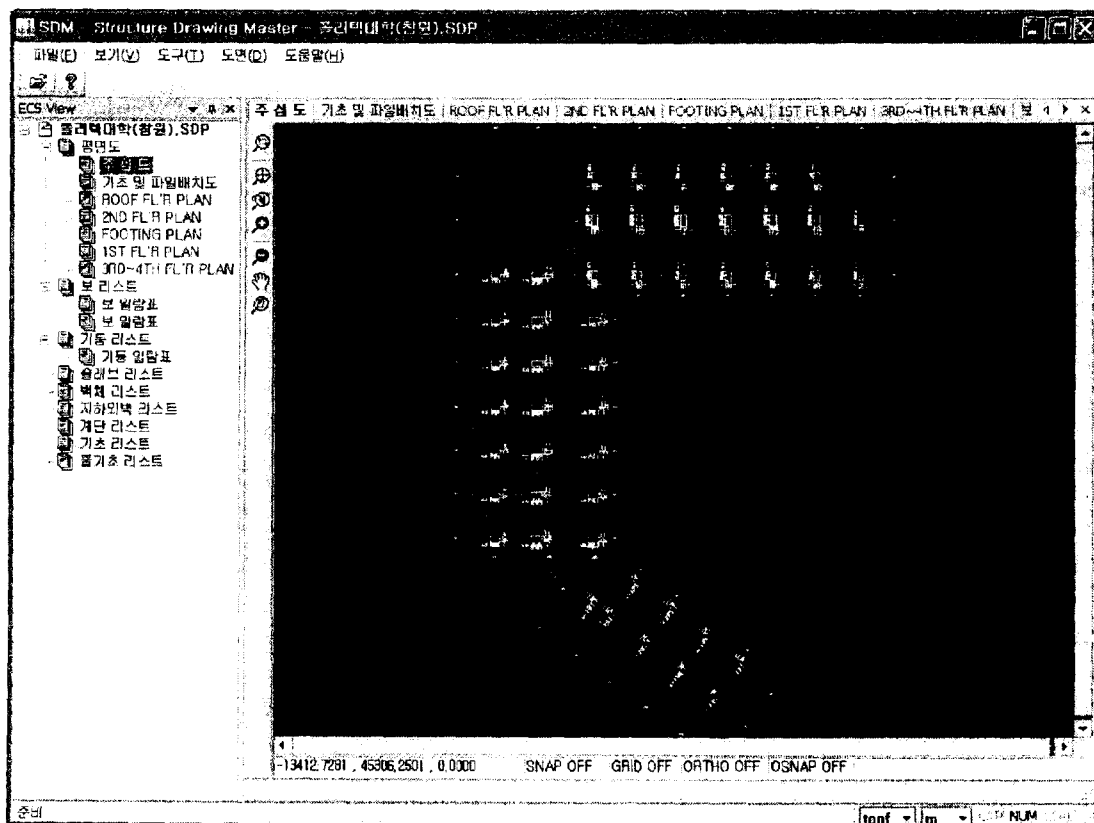
첨부 3. SDM에 의한 RC 건축물 구조도면 작성

SDM

SDM(structural drawing master)는 SDP에 의하여 생성된 구조설계정보를 이용하여 구도평면도, 골조입면도와 각종 부재 일람표를 작성하는 프로그램이다. SDP에 의해 생성된 SDP 파일을 열면 다음 그림의 좌측트리창에서 보듯 생성된 도면의 목차가 제시되고, 도면 목차를 더블클릭하여 원하는 도면을 확인할 수 있다.

현재 구조도면은 주심도, 기초 및 파일배치도, 층별 구조평면도, 보 일람표, 기둥 일람표, 슬래브 일람표, 벽체 일람표, 지하외벽 일람표, 계단 일람표, 독립기초 일람표, 줄기초 일람표 등이 SDM에 작성된다.

그림 56에서 63은 SDM에 의해 작성된 각종 도면의 사례를 보여준다.



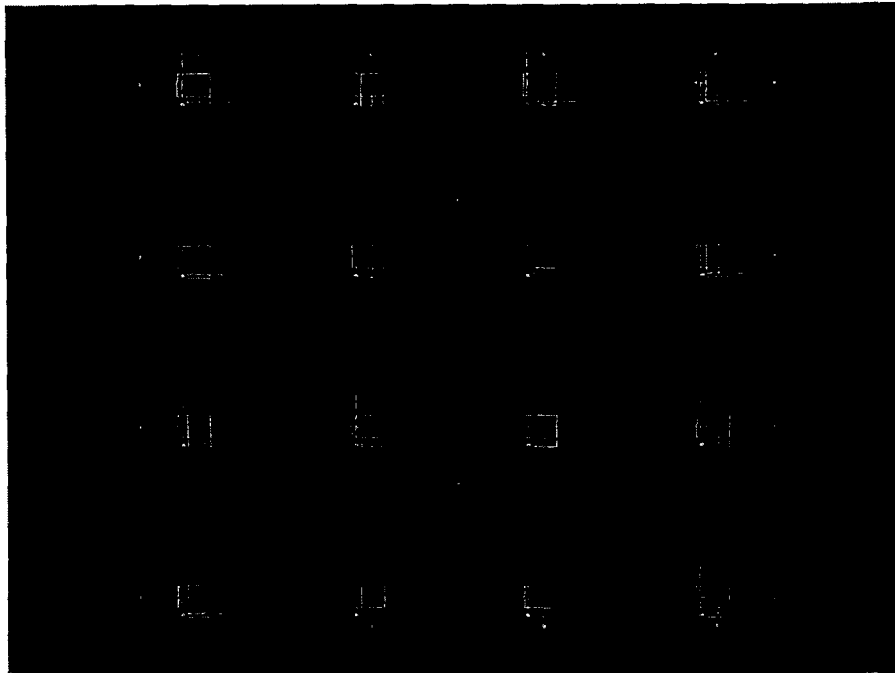


그림56 SDM으로 작성된 주심도

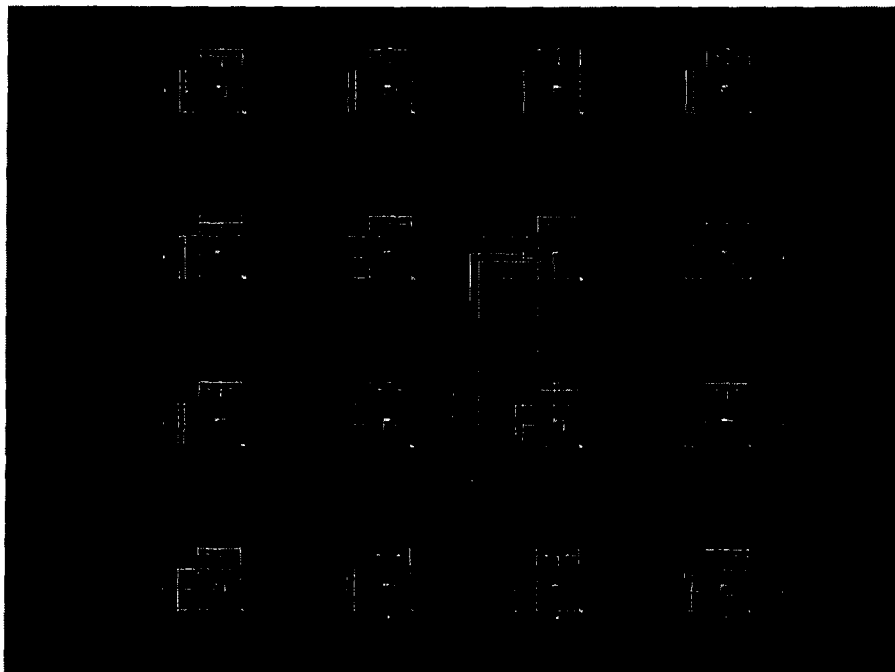


그림57 SDM으로 작성된 기초 및 파일 배치도

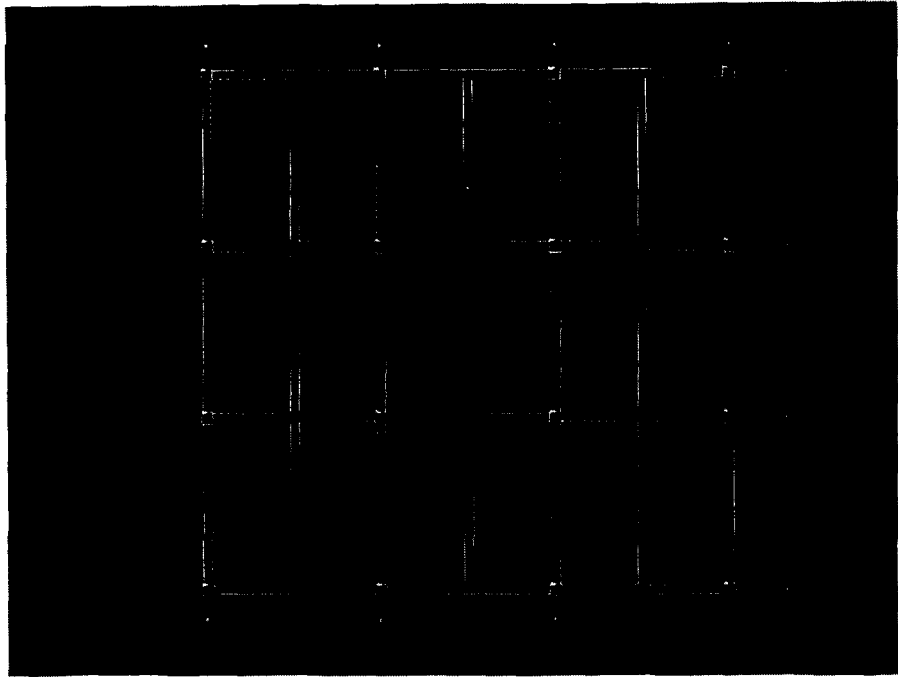


그림58 평면도

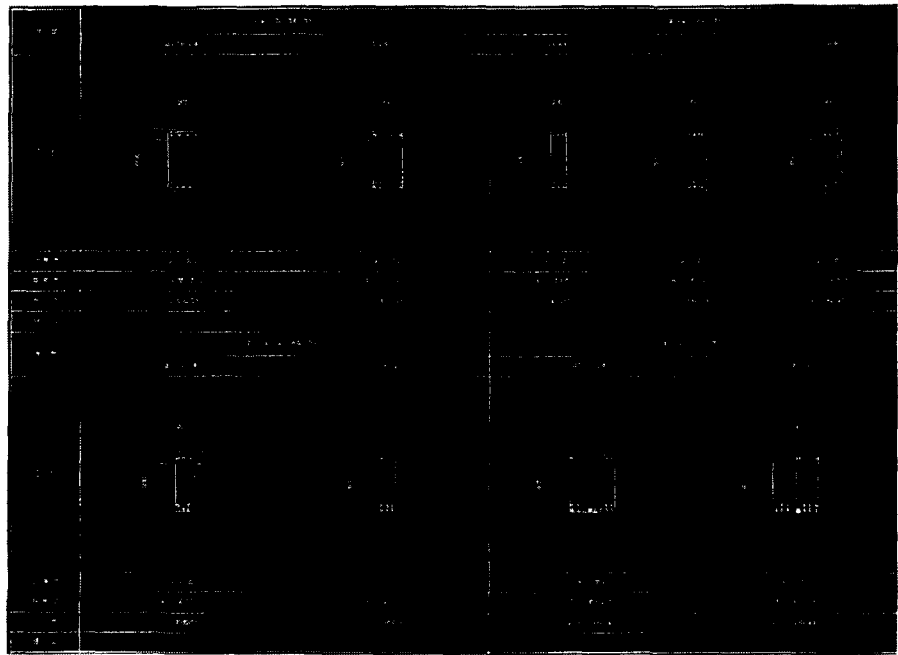


그림59 SDM으로 작성된 모 일람표

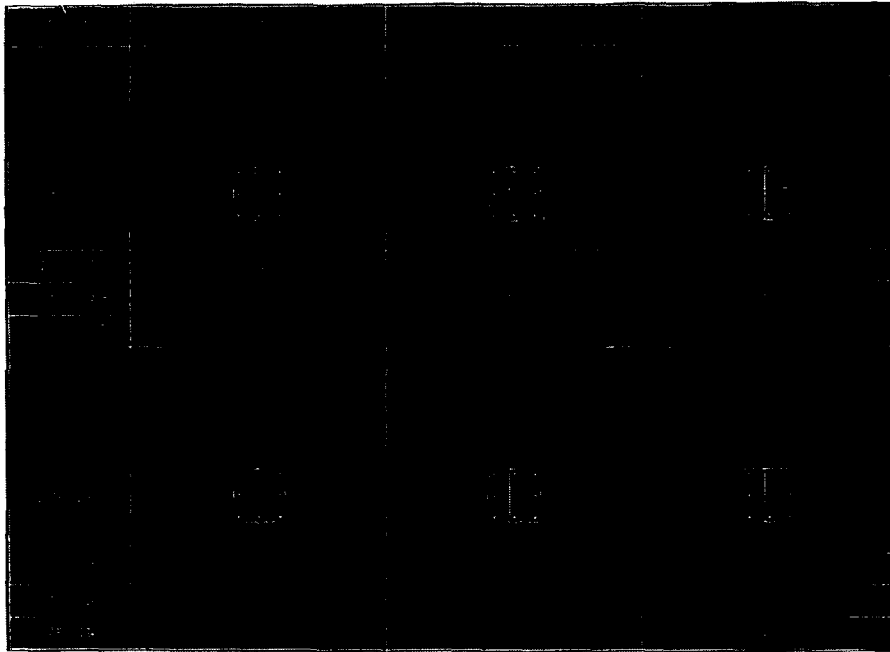


그림60 SDM으로 작성된 기동 일람표

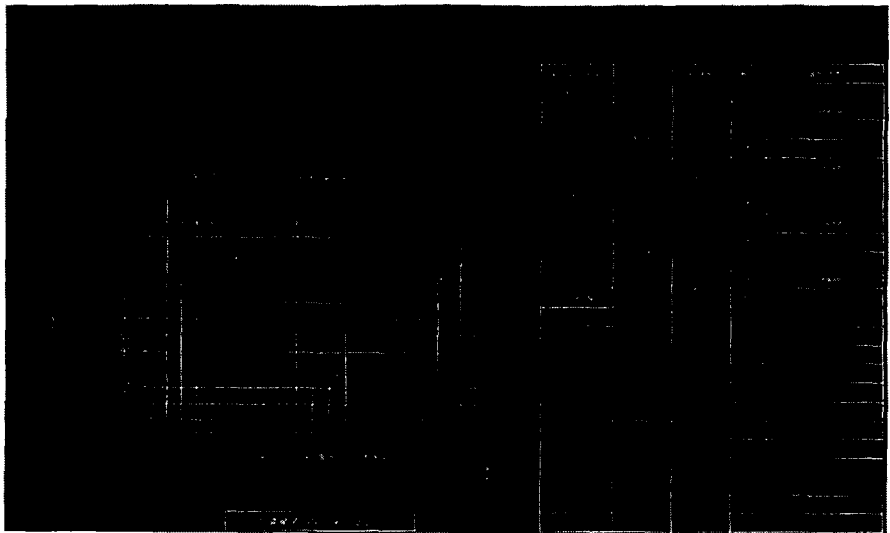


그림61 SDM으로 작성된 슬래브 일람표

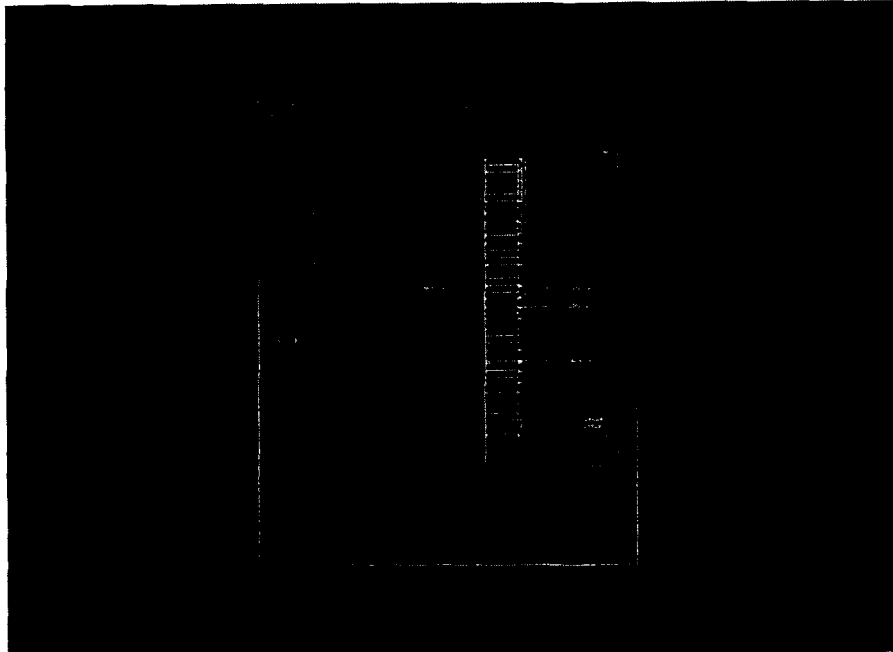


그림62 SDM으로 작성된 지하외벽 일람표

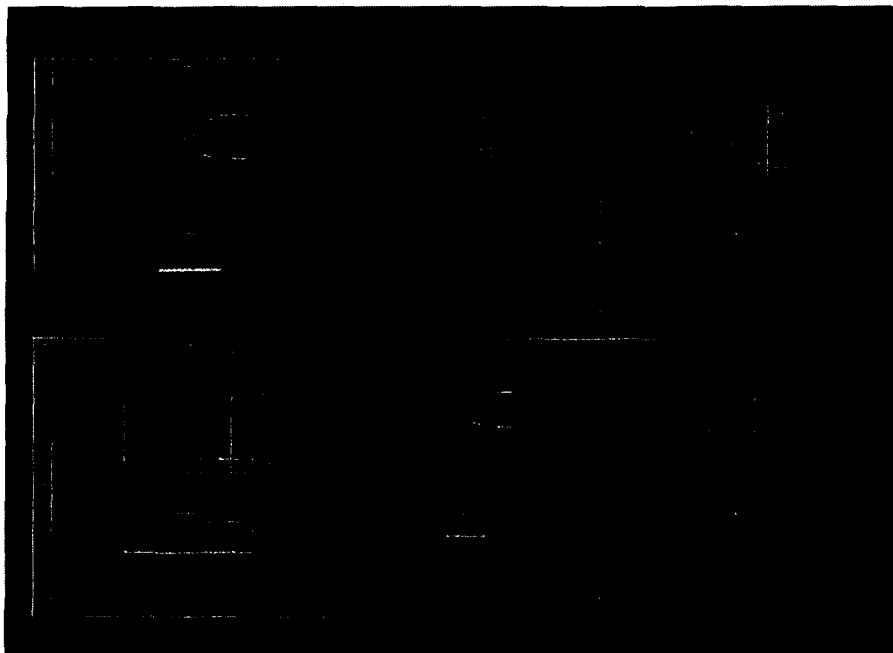


그림63 SDM으로 작성된 기초 일람표

주 의 사 항

1. 본 보고서는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 건설기술 연구개발사업의 중간 연구보고서입니다.
2. 본 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 건설기술연구개발사업임을 밝혀야 합니다.
3. 국가보안 차원에서 필요하다고 인정되는 내용은 대외적으로 발표 및 공개하여서는 아니 됩니다.

본 보고서와 관련하여 문의를 원하시는 분은 아래의 문의처로 연락을 주시기 바랍니다.

- 문의처 : 한국건설교통기술평가원 TEL 031)381-6311
- (주)창민우구조건설탄트 TEL 02)571-1961
- 선 문 대 학 교 TEL 041)530-2321
- (주)아이티엠코퍼레이션건축사사무소 TEL 02)2140-5300
- (주)대우엔지니어링 TEL 031)738-0086

R&D / 05건설핵심C03

웹기반 중저층 RC건물 구조설계 및 실시도면 전산화

- 발행일 / 2008 . 8 . 16 .
- 발행처 / (주)창민우구조건설탄트
서울시 강남구 역삼동 605-8 우담빌딩
TEL : 02-571-1961(대)