

객체지향 기법을 이용한 RC 통합 구조설계 시스템의 후처리 모듈 개발

Development of Post-processing Modules in an Integrated System for Reinforced Concrete Structures Using Object-Oriented Techniques

이진우*
Lee, Jin-Woo

천진호**
Cheon, Jin-Ho

김우범***
Kim, Woo-Bum

이병해****
Lee, Byung-Hai

ABSTRACT

The post-processing modules are parts of an integrated system for reinforced concrete structures. This modules are composed of two modules: member design module and calculation report module.

The purpose of this paper is to develop modules that increase efficiency and usefulness of an integrated system used reinforced concrete structures design. The development of post-processing modules is necessary for user to design reinforced concrete structures conveniently and quickly.

This modules are connected with central database for the benefit of storing amount of input/output data and being used system with little effort. Post-processing modules used Object-Oriented concepts and techniques include identity, classification, polymorphism, and inheritance.

Member design module automatically converts no good members into satisfied members by changing section size or reinforcement bar arrangement. This module can be operated both independent member design modules with user input and a part of integrated system with database input.

If user operates member design module, calculation report module is created automatically.

1. 서론

구조설계 과정은 전처리과정(Pre-processing), 구조해석과정(Analysis), 후처리과정(Post-processing)으로 구성된다. 기존에 개발된 구조설계 프로그램의 각 단계별 모듈사이의 Interface는 사용자의 판단과 입력에 의해서 수행되고 있는 실정이다. 또한, 독립적으로 개발된 후처리 모듈은 사용자 입력방식으로 전처리과정과 구조해석과정의 데이터를 후처리과정에 이용함으로써 과도한 사용자 노력과 소요시간을 필요로 한다.

이러한 문제점 해결을 위하여 전처리과정에서부터 후처리과정까지 시스템에 의해서 자동적으로 이루어지는 통합 구조설계 시스템인 INDECON(Intelligent structural DEsign system for reinforced CONcrete buildings)을 개발하였다.^{1),2)} 이에 본 연구는 객체지향 기법을 이용한 철근 콘크리트 통합 구조설계 시스템을 구축하는데 있어 INDECON의 한 모듈로써 중앙 데이터베이스 및 다른 모듈들과 연계성을 가지며, 부재설계 모듈과 구조계산서 모듈로 구성된 후처리 모듈의 원형제시 및 개발을 목적으로 한다.

부재설계 모듈은 연결클래스를 이용하여 데이터베이스에 저장된 구조물의 기하학적정보와 재료정보, 구조해석정보를 "객체지향(Object-Oriented) 개념을 도입"^{3),4),5)}한 부재설계 모듈에 자동 입력이 되도록 하였고, 부재설계결과 발생하는 과다/과소 설계된 부재들은 원인에 따라 시스템에 의해서 단면크기 증감과 철근 배근 타입 변경, 두께 증감 등을 이용하여 결과가 최적화 되도록 자동설계 되며, 최적화된 부재설계결과는 데이터베이스에 저장된 후 구조계산서 모듈을 이용하여 구조계산서로 작성된다.

* 학생회원, 한양대학교 건축공학과 석사과정

** 학생회원, 한양대학교 건축공학과 박사과정

*** 정회원, 한국전력 연구원 기계공학연구소 책임연구원

**** 정회원, 한양대학교 건축공학과 교수

구조계산서 모듈은 독립적으로 사용자의 입력 데이터에 의존하지 않고, 부재설계 모듈이 실행된 후 전처리 과정과 후처리 과정에서 데이터베이스에 저장된 데이터를 이용하여 자동적으로 생성된다. 구조계산서에 포함될 목록선택(표지, 목차, 설계개요, 구조물 평면도 및 사용하중), 부재설계결과 출력양식선택(그래픽양식, 테이블양식) 및 페이지 인쇄 여부는 사용자에게 의해 설정되도록 하였다.

후처리 모듈은 구조설계 초보자를 위하여 계산결과는 일람표양식에 맞추어 도식적으로 표현하였고, 사용자의 편의를 위하여 프린트 출력이 가능하도록 하였다.

본 연구에서는 “극한강도 설계법에 의한 철근 콘크리트 기준 및 해설(1994년 개정판)”^(6),7)을 부재설계 기준으로 정하고, 객체지향 프로그래밍 Tool인 Visual C++ 5.0^(8),9),10)으로 후처리 모듈을 개발하고, ODBC¹¹⁾를 이용하여 Oracle과 연결되도록 하였다.

2. 부재설계 모듈

부재설계 모듈은 거더(보), 중간보, 기둥, 일방향슬라브, 이방향슬라브, 전단벽, 독립기초, 연속기초 및 말뚝 기초 설계를 할 수 있도록 개발되었다. 부재설계 모듈은 연결클래스들(그룹정보, 부재정보, 단면정보, 재료정보, 철근정보 및 하중정보)을 이용하여 데이터베이스로부터 필요한 정보를 받는다. 클래스구조는 크게 3가지로 구별된다: 1)설계에 필요한 데이터를 입력받아 계산을 수행하는 클래스, 2)계산결과를 데이터베이스에 저장하기 위한 클래스, 3)계산결과를 화면 및 프린트 출력으로 제어하는 클래스로 구분된다. 계산을 수행하는 클래스의 멤버변수와 함수들은 클래스화하여 재사용이 가능하도록 하였으며, 객체생성 후 인자(argument)를 이용하여 제어되도록 하였다. 그림 1은 부재설계 모듈 진행흐름에 따라 생성되는 객체 구성을 나타내며, 그림 2는 부재설계 모듈에서 사용되는 데이터의 입·출력 흐름을 나타낸 것이다.

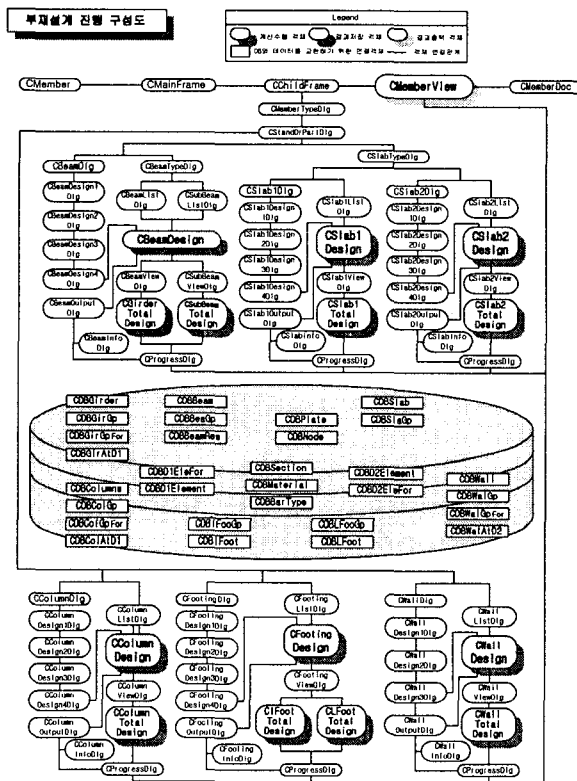


그림 1 부재설계 진행 구성도

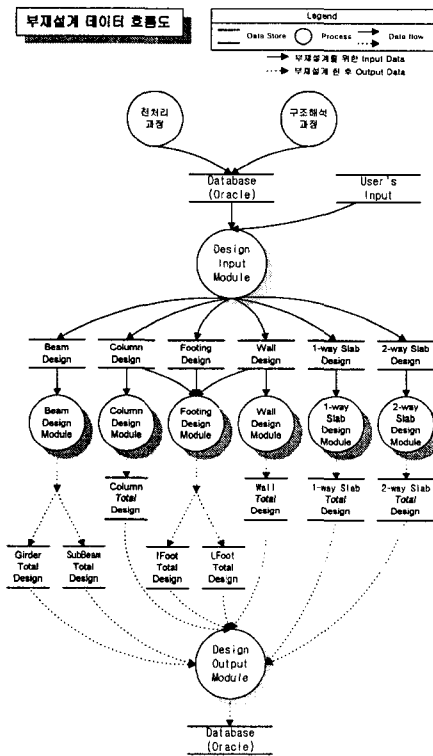


그림 2 부재설계 데이터 흐름도

그림 3은 부재설계 모듈 중 거더(보)설계 프로그램 진행과정에서 사용자와의 Interface를 위한 대화상자 클래스, 부재설계에 필요한 정보를 데이터베이스와 공유하기 위한 연결클래스 및 부재설계를 위한 계산클래스에서 사용되는 멤버변수와 함수들을 나타낸 것이며, 부재설계 모듈의 입력·출력 데이터 교환은 필요한 함수내부에서 이루어지도록 하였다. 다른 설계 프로그램 진행과정도 이와 유사한 연결관계를 가진다.

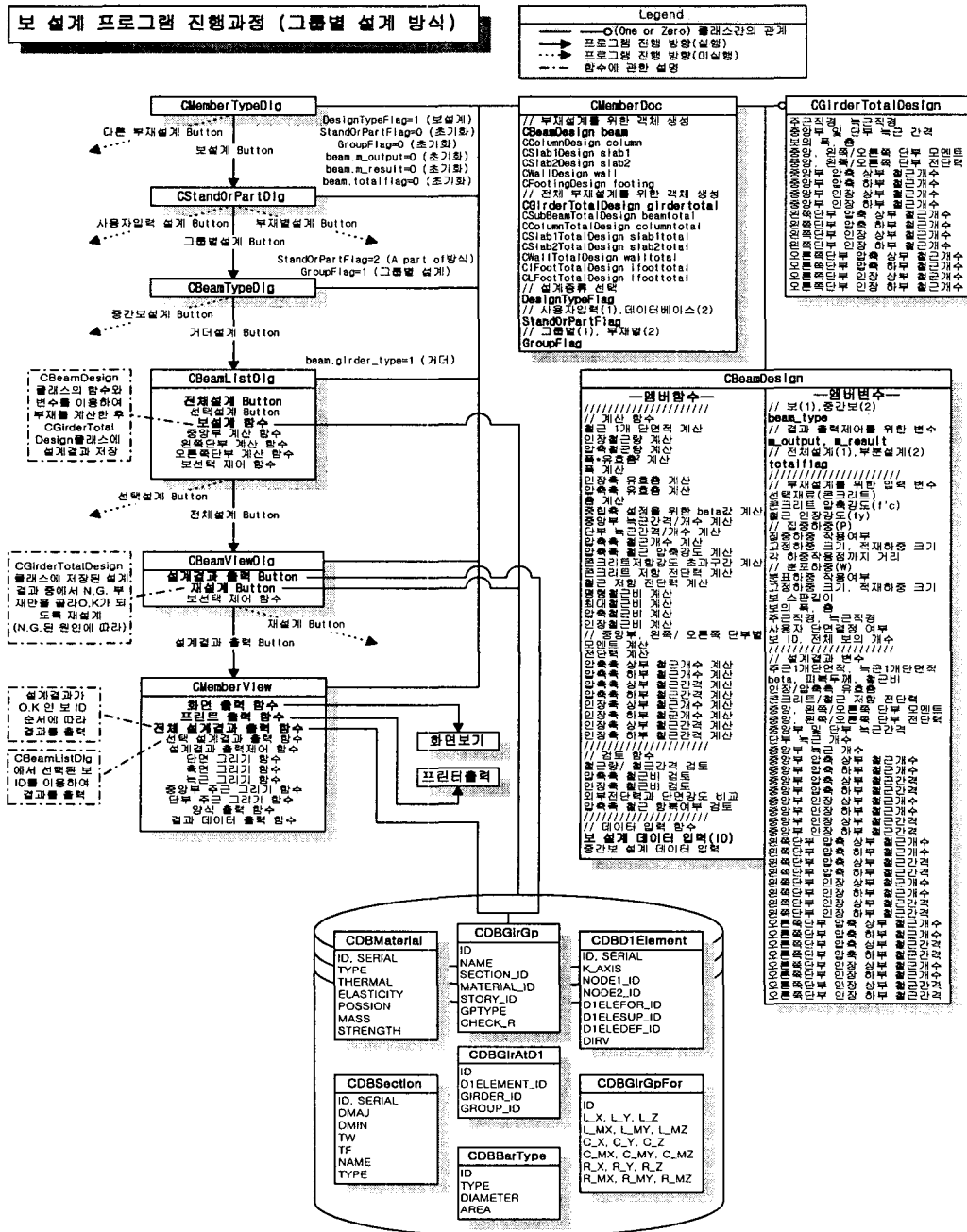


그림 3 부재설계 프로그램 진행과정(보 그룹별 설계)

3. 구조계산서 모듈

구조계산서 모듈은 연결클래스들(건물정보, 재료정보, 부재좌표정보, 좌표축(Grid)정보, 단면정보, 슬래브 두께·마감·용도정보 및 설계결과정보)을 이용하여 데이터베이스로부터 필요한 정보를 받는다.

클래스의 구성은 크게 3가지로 구별된다: 1)필요한 데이터를 입력받는 클래스, 2)구조계산서를 작성하는 클래스, 3)작성된 계산서를 화면·프린트 출력으로 제어하는 클래스로 구분된다. 구조계산서 모듈은 부재설계 모듈과는 달리 데이터를 변경시키지 않으므로 데이터베이스에 데이터를 저장하는 클래스는 필요로 하지 않는다. 구조계산서 모듈은 부재설계 모듈에서 설계된 부재종류만 선택이 가능하도록 부재설계 모듈과 연결 시킴으로써 사용자의 혼란을 방지하였다.

사용자는 표지, 목차, 설계개요, 구조물 평면도, 사용하중과 부재종류(거더(보)·중간보·기둥·일방향슬라브·이방향슬라브·전단벽·독립기초 및 연속기초) 중 원하는 목록을 선택하고, 페이지 인쇄여부를 결정하면 실무 구조계산서 양식에 맞추어 화면 및 프린트 출력이 되도록 하였다. 표지, 목차, 설계개요, 구조물 평면도 및 사용하중에서 사용되는 데이터는 전처리과정에서 입력된 데이터를 이용하고, 부재설계결과는 부재설계모듈에서 출력된 데이터를 이용하게 된다. 부재설계결과 출력양식은 그래픽양식(배근도, 단면정보, 철근 배근정보 및 설계결과 참고값)과 테이블양식(단면정보, 철근 배근정보)이 있으며, 사용자의 선택에 의해 결정된다. 그림 4는 구조계산서에 사용되는 데이터 흐름을 나타낸 것이다. 연결클래스는 사용자에 의해 선택된 목록에 따라 데이터베이스와 연결여부가 결정되며 데이터베이스로부터 데이터를 입력받을 수 있게 된다.

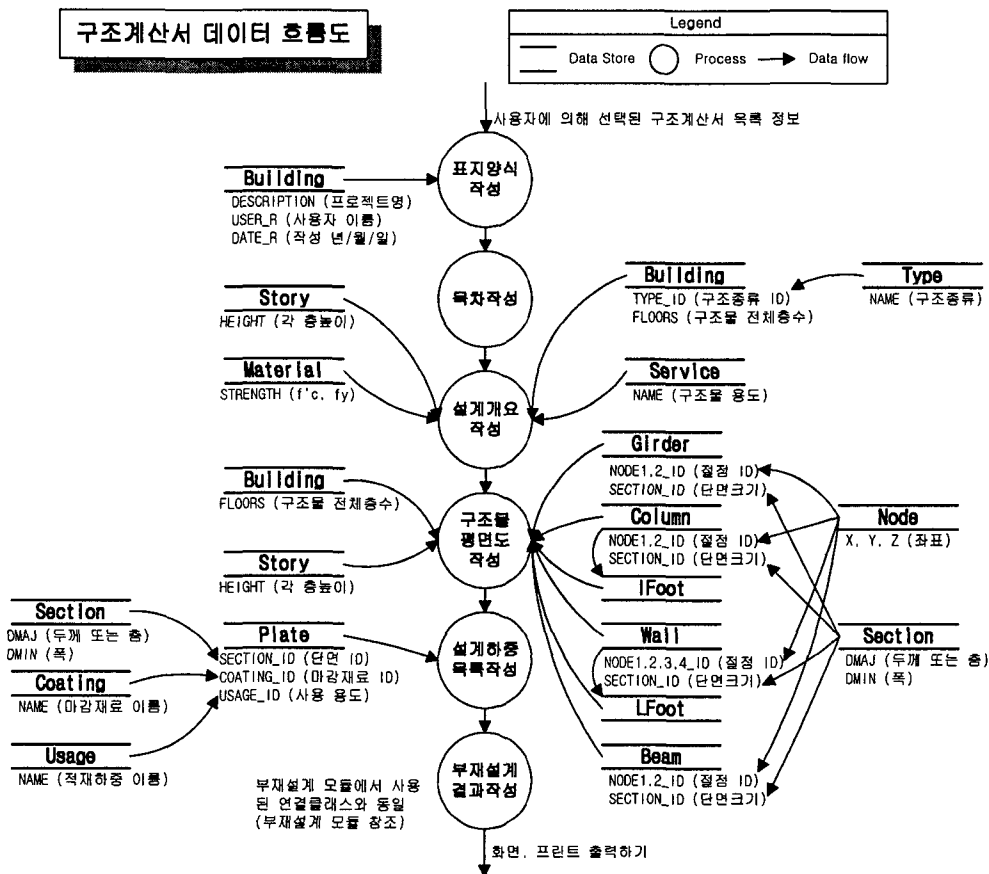


그림 4 구조계산서 데이터 흐름도

그림 5는 구조계산서 프로그램 진행과정 중 사용되는 클래스들의 멤버변수 및 함수를 나타낸 것이다. 구조계산서 작성을 제어하는 클래스(CDesignFormDlg)는 사용자와의 Interface를 위한 대화상자 클래스이며, 멤버함수로는 부재설계 모듈에서 계산된 결과를 저장하고 있는 클래스들로부터 필요한 데이터를 받기 위한 함수, 사용자 선택사항에 부합되도록 구조계산서 작성을 위한 함수, 페이지출력을 위한 함수 및 작성된 계산서의 화면·프린트 출력을 지원하기 위한 함수로 구성되어 있다.

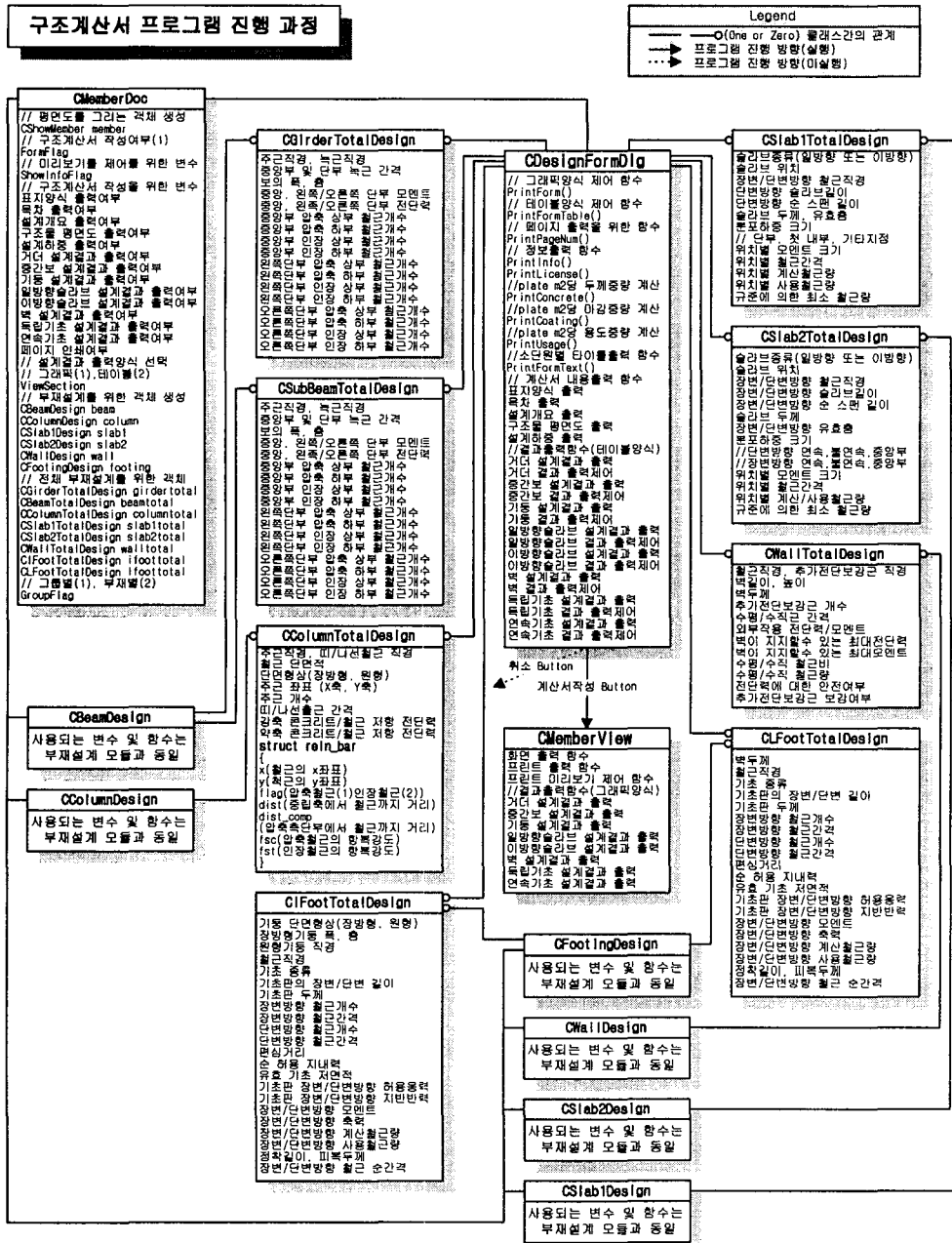


그림 5 구조계산서 프로그램 진행과정

4. 부재설계 Algorithm

부재설계 Algorithm에서는 부재설계 모듈 중에서 2축 휨·전단력을 받는 기둥의 최적화 설계를 위한 기둥 설계 Algorithm과 슬라브 위치, 주변 구속조건 및 철근 배근간격을 고려하여 철근 배근방법을 세분화한 슬라브설계 Algorithm에 관해서 설명한다. 부재설계에 사용되는 입력데이터는 데이터베이스로부터 입력된다. 부재설계 Algorithm에서 이용되는 방법은 시스템에 의해서 자동으로 실행되도록 하였다.

4.1 기둥설계 Algorithm

기둥설계 Algorithm의 순서는 다음과 같다: 1)초기 철근비를 단면크기의 1%로 가정한 후 주근개수를 산정하고, 2)X축·Y축 모멘트비를 이용하여 초기 철근 배근타입(그림 6)을 결정하고, 3)주근간격 검토한 후, 4)중립축 기울기(X축·Y축 강성비와 모멘트비를 이용)를 구하며, 5)배근된 철근좌표와 압축단면형상을 이용하여 2축 휨을 받는 기둥을 설계하도록 하였다. 전단설계는 독립적인 방법으로 X축·Y축 외부 전단력과 단면능력을 비교한 후 불리한 경우에 관한 검토가 되도록 하였다. 그림 6은 기둥설계 흐름도 중에서 본 연구에 적용한 Algorithm을 보여주는 것이다.

4.2 슬라브설계 Algorithm

슬라브설계 Algorithm은 계산모듈과 철근 배근종류 판단 Algorithm으로 구성되어 있으며, 슬라브 위치, 주변 구속조건과 철근 배근간격을 이용하여 철근 배근방법을 세분화하는 방법을 사용한다. 그림 7은 시스템에 의해 판단되는 슬라브 구분에 따른 슬라브 배근타입 결정을 보여주고 있다.

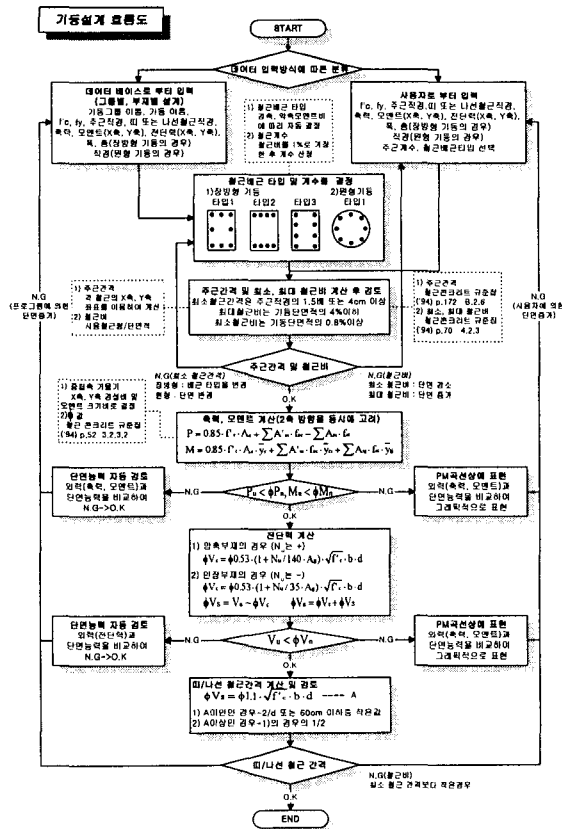


그림 6 기둥설계 흐름도

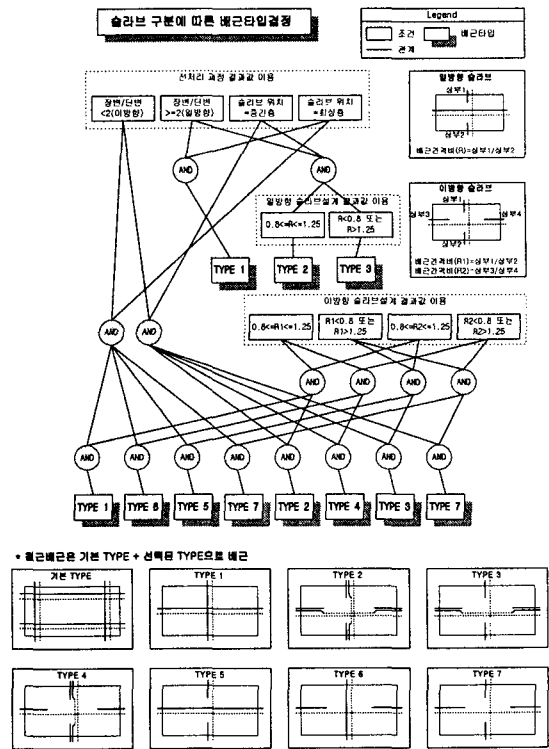


그림 7 슬라브 배근타입 결정 AND/OR Graph

4.3 최적화설계를 위한 자동설계 Algorithm

자동설계 Algorithm은 다음의 원칙에 부합되도록 하였다. 1)과다/과소 설계된 부재의 정보는 데이터베이스에 저장되지 않고, 최적화 설계된 부재정보만 데이터베이스에 저장된다. 2)최적화 설계의 검토순서는 철근비의 만족여부 검토, 철근간격 검토, 단면능력 검토의 순서로 진행된다. 3)화면·프린트 출력시 과다/과소 설계 부재는 출력에서 제외되도록 하였다. 그림 8은 최적화설계를 위하여 사용되는 자동설계과정과 변경방법을 보여준 것이다.

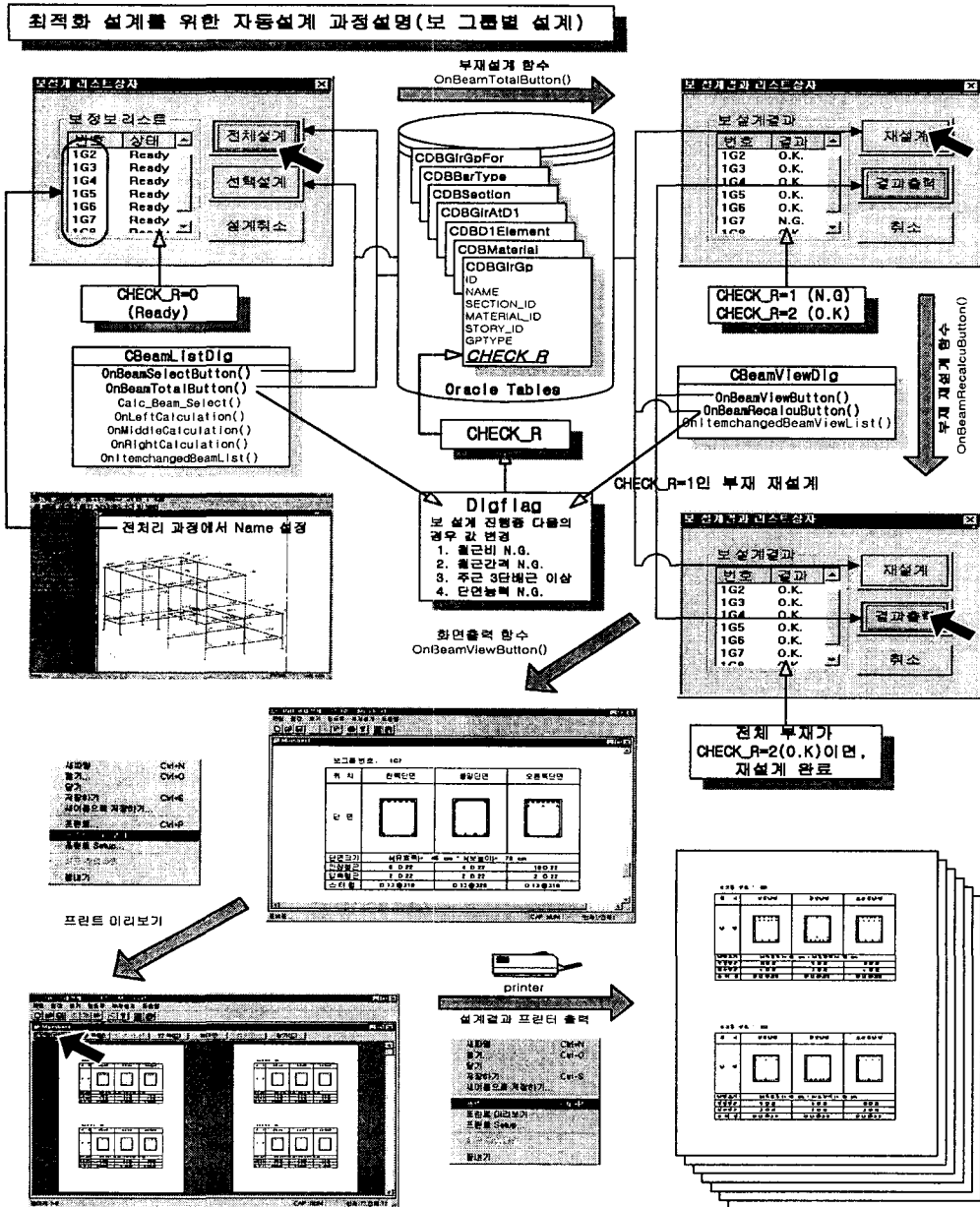


그림 8 최적화설계를 위한 자동설계 과정설명(보 그룹별 설계)

5. 후처리 모듈 구현 객체 모델링

후처리 모듈구현을 이해하기 위한 방법으로 객체 모델을 도식화하였다. 객체 모델에서는 후처리 모듈구현의 전체 클래스구조를 나타내고자 한다. 그림 9는 객체 모델링 기법(Object Modeling Technique)의 표현기법 중의 하나인 Class Diagram이며, 객체지향(Object-Oriented) 기법을 이용하여 후처리 모듈에 사용되는 클래스들의 관계를 표현하고 있다. 사용자 입력을 지원하는 일부 대화상자 클래스는 전체 클래스구조를 이해하는데 영향을 미치지 않으므로 표현에서 제외되었다.

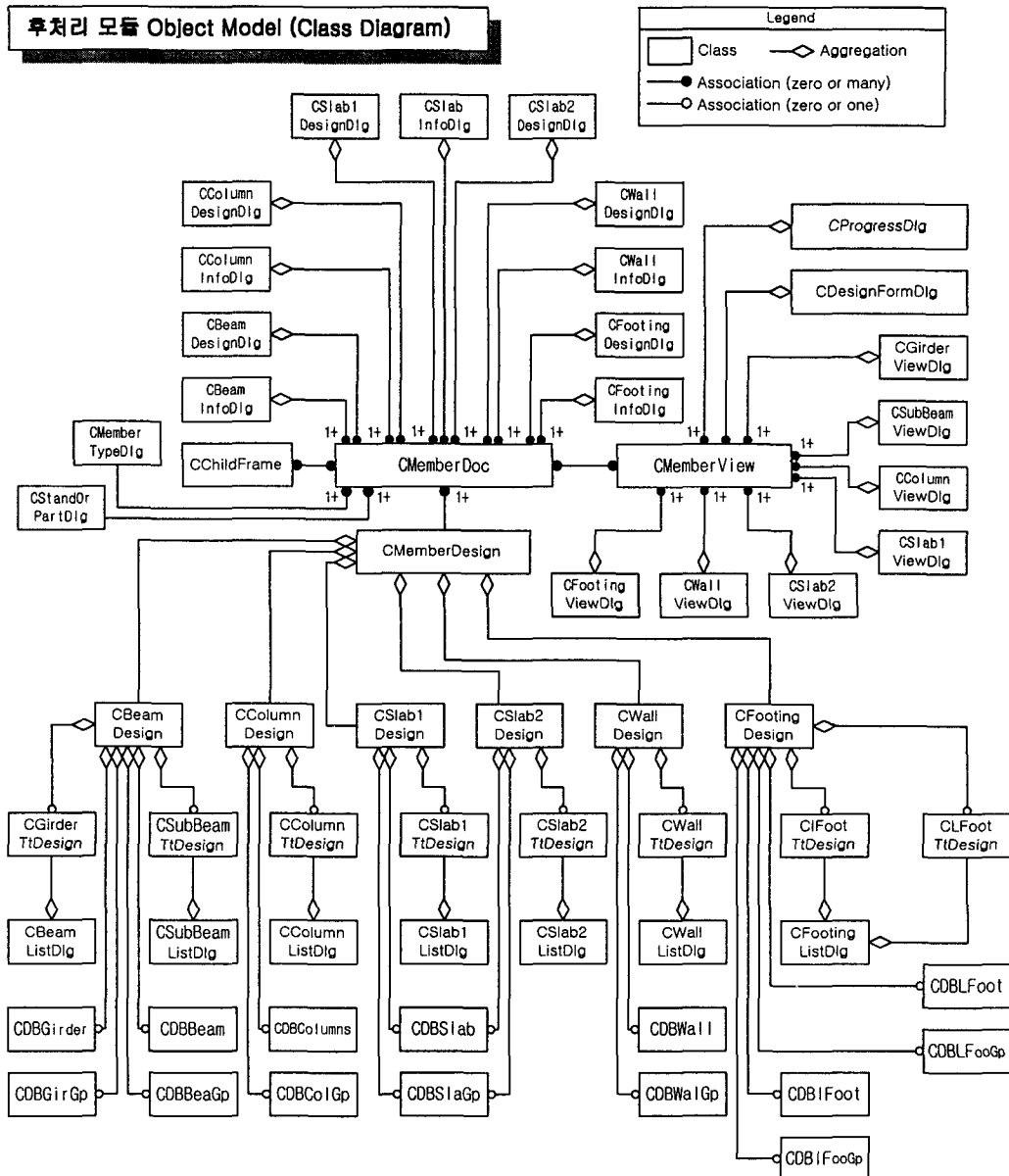


그림 9 후처리 모듈 Object Model (Class Diagram)

6. 후처리 모듈 실행

6.1 부재설계 모듈 실행

부재설계 모듈의 부재별 설계순서는 다음과 같다. 1)설계할 부재 종류를 선택(그림 10)하고, 2)부재정보 리스트상자의 전체설계 버튼을 선택(그림 10, 그림 11)한 후, 3)설계결과 리스트상자의 결과출력 버튼을 선택(그림 10, 그림 11)하면, 4)설계결과를 화면에 출력(그림 10, 그림 11)한다.

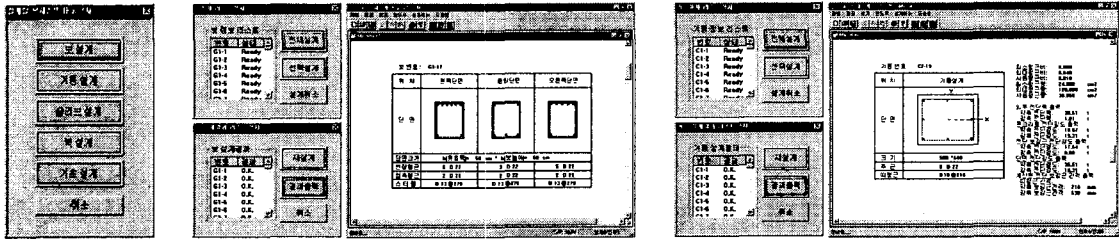


그림 10 설계부재 선택, 거더설계, 기둥설계

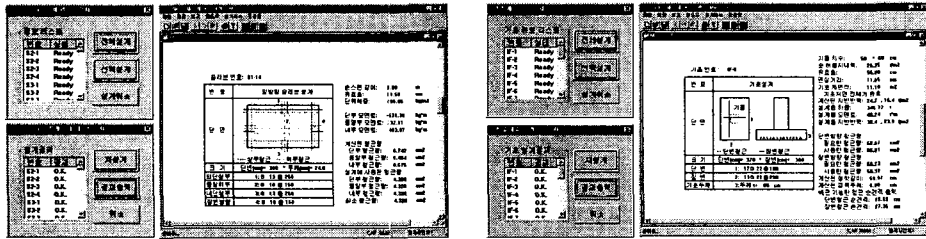


그림 11 일방향슬라브설계, 독립기초설계

6.2 구조계산서 모듈 실행

구조계산서 모듈 실행순서는 다음과 같다. 1)구조계산서 내용작성 대화상자에서 출력을 위한 목록을 선택(그림 12)하고, 2)계산서출력 버튼을 선택(그림 12)하면, 3)구조계산서를 화면에 출력(그림 12, 그림 13)한다.

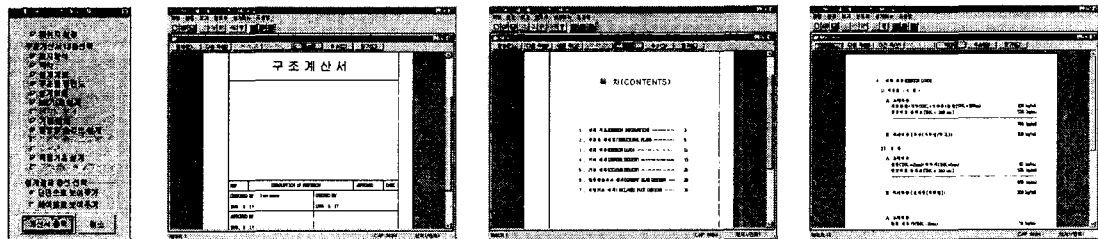


그림 12 목록선택, 표지양식, 목차, 설계하중

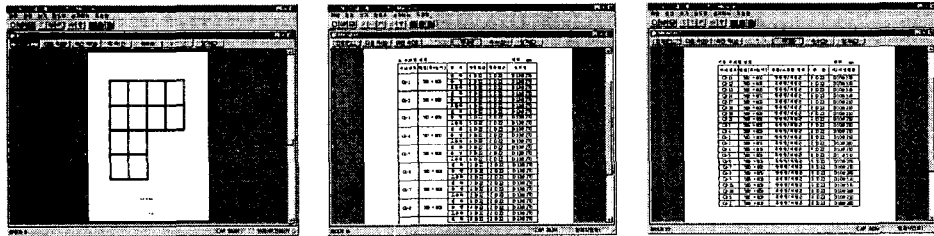


그림 13 구조물 평면도, 거더·기둥설계 결과출력(테이블 양식)

7. 결 론

본 연구는 비전문가의 구조설계 작업을 지원할 수 있는 통합 구조설계 시스템 구축을 위한 후처리모듈 개발이라는 점에 초점을 맞추었다.

후처리 모듈의 특징

1)객체지향 기법을 이용한 클래스들을 사용하였으므로 모듈 변경 및 재사용이 용이하다. 2)근사법에 의한 수계산과는 달리 정확한 설계를 위하여 “극한강도설계법에 의한 철근 콘크리트 구조설계 기준”이 최적화 적용될 수 있도록 모듈에서 사용된 부재설계 Algorithm을 클래스화 하였다. 3)여러 종류의 부재를 서로 다른 윈도우에서 동시에 설계할 수 있도록 MDI(Multiple Document Interface)환경으로 모듈을 구현하였다.

후처리 모듈의 사용상 이점

1)사용자에 의한 과도한 데이터입력을 최소화함으로써 작업량을 감소시켰다. 2)다른 모듈과의 데이터 공유로 인하여 전체 구조물설계의 반복작업이 가능하도록 하였다. 3)부재설계 모듈은 과다/과소 설계된 부재들을 시스템 판단에 의한 재설계를 통하여 최적화설계가 되도록 하였다. 4)최적화설계된 데이터는 데이터베이스에 저장되므로 전처리과정과 부재해석과정 및 적산모듈에서 이용할 수 있다. 5)사용자입력에 의한 설계와 데이터베이스입력에 의한 부재별, 그룹별 설계가 가능하도록 하였다. 6)구조계산서 모듈을 이용한 구조계산서는 자동적으로 작성되며, 그래픽 양식과 테이블양식으로 구분하여 사용자 선택을 다양화하였다.

향후 연구과제

1)부재설계 정보검색 시 실행속도의 향상을 위하여 데이터베이스로부터 부재설계 입·출력정보를 제어하기 위한 모듈개발이 필요하다. 2)부재설계 모듈에서 사용되는 재설계 방법을 단계적인 반복검토보다는 지식기반 시스템을 이용하여 판단하도록 함으로써 반복검토 횟수를 최소화시킬 필요가 있다.

감사의 글

본 논문은 한양대학교 초대형 구조시스템 연구센터와 한국전력 연구원의 세부과제에 대한 연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사 드립니다.

8. 참고문헌

1. 이진우 외, “통합시스템 구축에 있어서 RC 부재설계 모듈 개발”, 한국전산구조공학회 봄 학술발표회 논문집 제11권 제1집(통권 제20호), 1998, pp.165~172
2. 이병해 외, “실무용 구조설계 전문가 시스템 개발”, 3차년도 1/4분기 진도보고서, 전력 연구원, 1998, p.93
3. James Rumbaugh 외, *Object-Oriented Modeling and Design*, Prentice Hall, 1991, p.500
4. 강명규, **Object-Oriented Programming**, 한양대학교 산업공학과, 1997, p.350
5. Gregory L. Fenves, “Object-Oriented Programming for Engineering Software Development,” *Engineering with Computers*, 6.1-15, 1990, pp.1~15
6. 대한건축학회, **극한강도설계법에 의한 철근 콘크리트 구조설계 기준 및 해설**, 대한건축학회, 1994, p.638
7. 대한건축학회, **극한강도설계법에 의한 철근 콘크리트 구조설계 예제집**, 대한건축학회, 1995, p.417
8. 이상엽, **Visual C++ 5 완벽가이드**, 영진출판사, 1997, p.953
9. 이상엽, **Visual C++ Programming Bible Ver 5.x**, 영진출판사, 1997, p.1874
10. Scott Stanfield, *Visual C++ HOW TO*, 에프·원, 1996, p.715
11. Robert Gryphon, *이것이 ODBC2다.*, 도서출판 삼각형, 1996, p.697
12. Microsoft Press, *MFC Library Reference Part 1,2,3*, 도서출판 삼각형, 1997, p.2904
13. 허명재, **철근콘크리트<기본적 설계방법>**, 남양문화, 1997, p.842
14. 김상식, **철근콘크리트 구조설계**, 문연당, 1997, p.477
15. 부척량, **철근콘크리트 구조설계**, 기문당, 1998, p.521
16. Nawy, *Reinforced Concrete<A fundamental approach-Third edition>*, Prentice Hall, 1996, p.832
17. Spiegel/Limbrunner, *Reinforced Concrete design-Third edition*, Prentice Hall, 1992, p.471