

지하매설물의 효율적 관리를 위한 이런암거 자동화설계

Development of CAD System for Effective Management of 2 Cell Box Culvert

노 병 철* 최 홍 식** 송 영 철*** 이 현 직*
Lho Byeong-Cheol Choi Hong-Sik Song Young-Chul Lee Hyun-Jik

要 旨

최근 도시의 기능이 날로 다양화되고 복잡해짐에 따라 지하공간에 대한 활용도가 대단히 높아지고 있으며, 많은 사회기반시설이 지하에 시공되고 있다. 이러한 시설물에 대하여 효율적이고 신속한 유지관리를 하기 위해서는 기존의 설계도면 및 정보에 쉽게 접근할 수 있어야 하며, 설계조건 등의 변화에 따라 새로운 단면설정이 신속하고 정확히 변경될 필요가 있다. 이런암거구조물의 설계에서 CAD시스템에 의한 구조설계와 설계도면의 제작은 생산성의 향상, 품질의 고급화 및 설계자료의 유지관리에 효율성을 제고시킬 수 있으며, 건설분야에서의 구조물의 해석, 설계, 도면제작 및 유지관리를 효율적이고도 일관적으로 수행할 수 있는 자동화 설계시스템의 구축과 밀접한 관련이 있어 그 활용도가 증대될 것으로 사료된다.

ABSTRACT

According to the functions of city are getting more complicate and diverse, recently the concerns about underground space have been risen, and many infra-structures for social activities are now constructed under the ground. To maintain these kind of infra-structures effectively, it is necessary for concerned workers to access easily to the existing drawings and design information. and to modify the design drawings immediately to the changes of design value. And in the field of construction, immediate structural analysis and generation of design drawings will help to promote manufacturing ability, the quality of products, and the effectiveness of maintenance of design materials effectively.

1. 서 론

최근 컴퓨터 하드웨어의 급속한 발전, 기억용

량이 증대된 개인용 컴퓨터의 대량보급, CAD시스템을 이용한 구조단면의 자동생산이 보편화되고 있는 실정이다. 향후 건설분야에서도 구조물의 해석, 설계, 도면제작 및 유지관리를 효율적이고도 일관적으로 수

* 상지대학교 토목공학과 교수

***한국전력공사 전력연구원 책임연구원

** 충청전문대학 토목공학과 교수

행할 수 있는 CAD시스템에 의한 구조설계와 설계도면의 자동제작은 생산성의 향상, 품질의 고급화, 설계자료의 유지관리에 효율성을 제고시킬 수 있으므로 그 활용도가 증대될 것으로 사료된다. 이러한 CAD시스템은 그 자체가 data base의 기능을 가지고 있기 때문에 대상구조물의 설계, 시공 및 유지관리에 필요한 각종 정보의 추출, 분류 및 부분적 수정이 가능하므로 총괄적인 업무수행능력을 향상시킬 수 있는 장점이 있다.

1970년대 중반이후 해외건설, 중화학공업분야 등에서 국부적으로 사용되어 오던 CAD시스템이 1980년대 들어오면서 설계의 정확도와 효율성 제고를 위하여 여러 분야에서 기술의 도입과 개발이 촉진되기 시작했다. 이에 발맞추어 본 연구에서는 그 간의 축적된 자료와 경험을 토대로 FORTRAN 언어를 이용한 이련암거구조물의 구조제원 및 소요재료량을 신속·정확하게 설계하고, 다음 단계에서 AutoLISP을 이용한 일괄작업으로 그 표현효과를 극대화시킬 수 있는 자동화 설계시스템을 개발하였다.

고도로 밀집화된 복잡한 도심을 통과하는 지하암거는 각종 안전사고에 대한 대책, 도시미관에 미치는 영향 및 유휴공간의 적극적 활용에 대한 충분한 고려가 필요하다. 이련암거구조물은 위치 및 기능에 따라 다양하며, 전력구에 작용하는 하중도 구조물의 자중, 활하중, 상재하중, 토압, 지하수위에 의한 수압 등이 있다. 따라서, 이련암거 구조물의 설계는 유사한 반복 계산이 많기 때문에 전 설계과정(구조해석, 단면설계, 구조상세설계, 제도, 재료량산출 등)을 일괄처리하는 자동화 설계시스템의 개발은 구조물의 계획, 설계, 시공조건 변경에 따른 신속한 대처등 설계업무의 효율성을 극대화할 수 있으며, 설계의 고품질화, 선진화를 이룰 수 있음은 물론 자료관리체계의 구축을 통해 효율적인 유지관리에 기여할 것으로 판단된다.

2. 자동화설계시스템 구성 및 Hardware 요구조건

2.1 자동화설계시스템의 구성

본 연구에서 개발된 자동화설계 시스템은 효율성 및 사용성 확보를 위하여 그림 2.1에 나타난 바와 같이 입력자료의 단순화 처리를 위한 「입력과정」, 입력된 자료를 근거로 구조계산 및 단면설계를 실시하여 구조계산서를 작성하고, AutoCAD내에서 도면을 작성할 수 있는 자료를 생성하는 「구조계산 및 설계과정」, FORTRAN으로 작성된 파일의 실행결과로 생성된 자료를 AutoLisp의 입력자료로 하여 도면을 자동 생성하는 「도면출력과정」 및 이들을 총괄하여 입·출력을 일괄처리할 수 있도록 하는 「일괄처리과정」으로 구성되어있다.

특히 「입력과정」 및 「일괄처리과정」은 사용자의 편의를 도모하기 위하여 Window, Icon, Button 등을 사용한 GUI(Graphic User Interface) 기법을 적용하여 사용자의 이용편의를 고려하였으며, 작업의 효율성 확보와 향후 수정 또는 Up-version시 용이하도록 Class 함수를 사용하여 객체(Object)를 형성하였으며 사용언어도 대표적인 OOP(Object Oriented Program; 객체지향 프로그램)인 C++를 사용하여 작성하였다. 또한 한글을 프로그램 내부에 저장하여 사용되는 컴퓨터의 한글카드 유무 및 종류(완성형, 조합형, 행당형등)에 관계없이 프로그램이 수행되면 자동적으로 한글이 표시되도록 하여 사용자의 친근감을 부가하였다.

2.2 작업 환경

2.2.1 Software 요구 조건

자동화설계시스템을 사용하기 위해서는 표 2.1과 같은 software가 필요하다.

표 2.1 software 요구 조건

내 용	요 구 조 건
AutoCAD	Release 12
AutoLISP	Version 2.6 이상
DOS	MS-DOS 3.3 이상의 Version

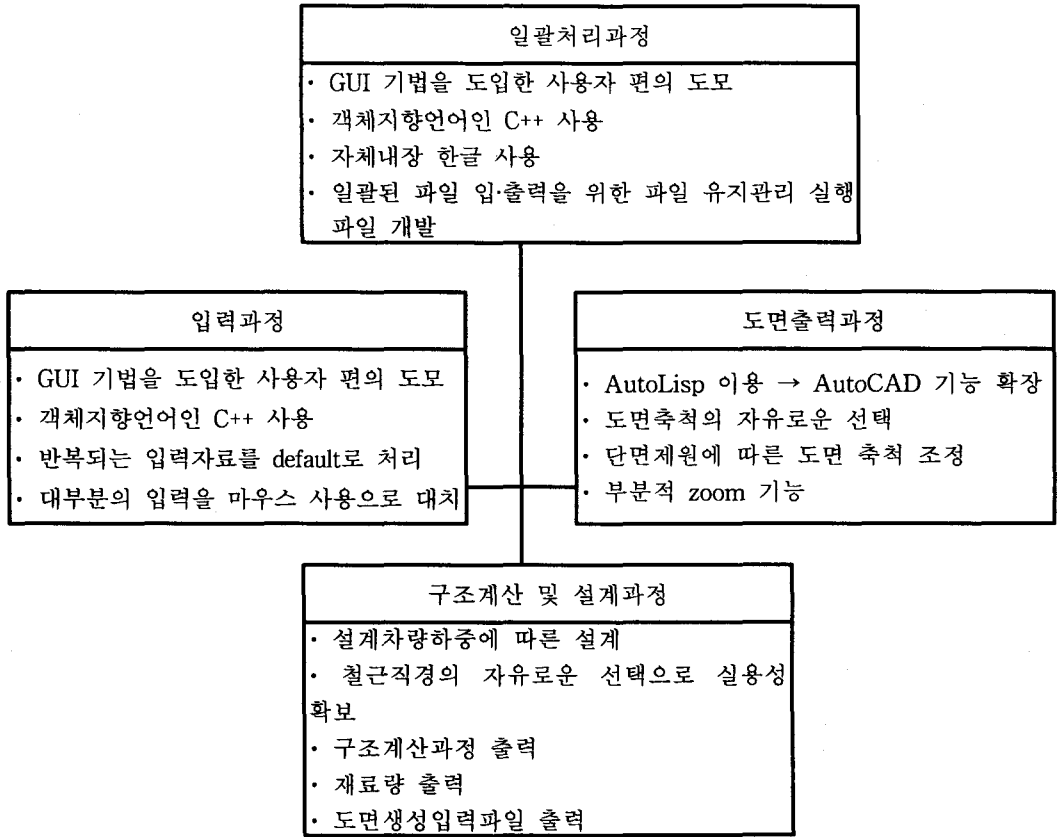


그림 2.1 자동화 설계 시스템의 구성

표 2.2 시스템 주변장비

장 비 명	요 구 조 건
본 체	o IBM PC 호환 386 이상
그래픽 보드	o VGA(Video Graphics Adapter)
모 니 터	o VGA 또는 SVGA 모니터
연산보조 프로세서	o I80287 : CPU가 I80286일 경우 o I80387 : CPU가 I80386일 경우
메모리	o 기본 메모리 640 KB 이상 o 확장 메모리 4 MB 이상 추천
디스크 드라이버	o 하드 디스크 : 40 MB 이상 o 플로피 디스크 드라이브 : 5.25"(3.5") 1대 이상
입력장치	o 키보드 o 마우스 (필수)
출력장치	o 프린터 : 도트 매트릭스 or 레이저 프린터 o 플로터 : 펜 플로터 or 정전식 플로터

2.2.2 Hardware 요구 조건

자동화설계시스템의 사용을 위한 시스템 구성의 구체적인 요구조건은 표 2.2와 같다.

이런압거 구조물 자동화설계시스템의 운영은 지층의 이런압거구조물이 표준트럭하중(DB-24, DB-18, DB-13.5), 자중, 상재하중, 토압 및 수압 등의 조합으로 발생하는 다양한 종류의 하중을 받을 경우의 구조물 설계를 복잡한 입력자료 작성을 피하고, 그래픽으로 단순화된 입력처리절차를 통하여 강도설계법으로 구조물의 단면제원 및 배근계획을 수립하고, 개발된 LISP 프로그램을 이용하여 AutoCAD로 도면을 작성

3. 자동화설계시스템에 의한 설계과정

3.1 자동화설계시스템의 운영

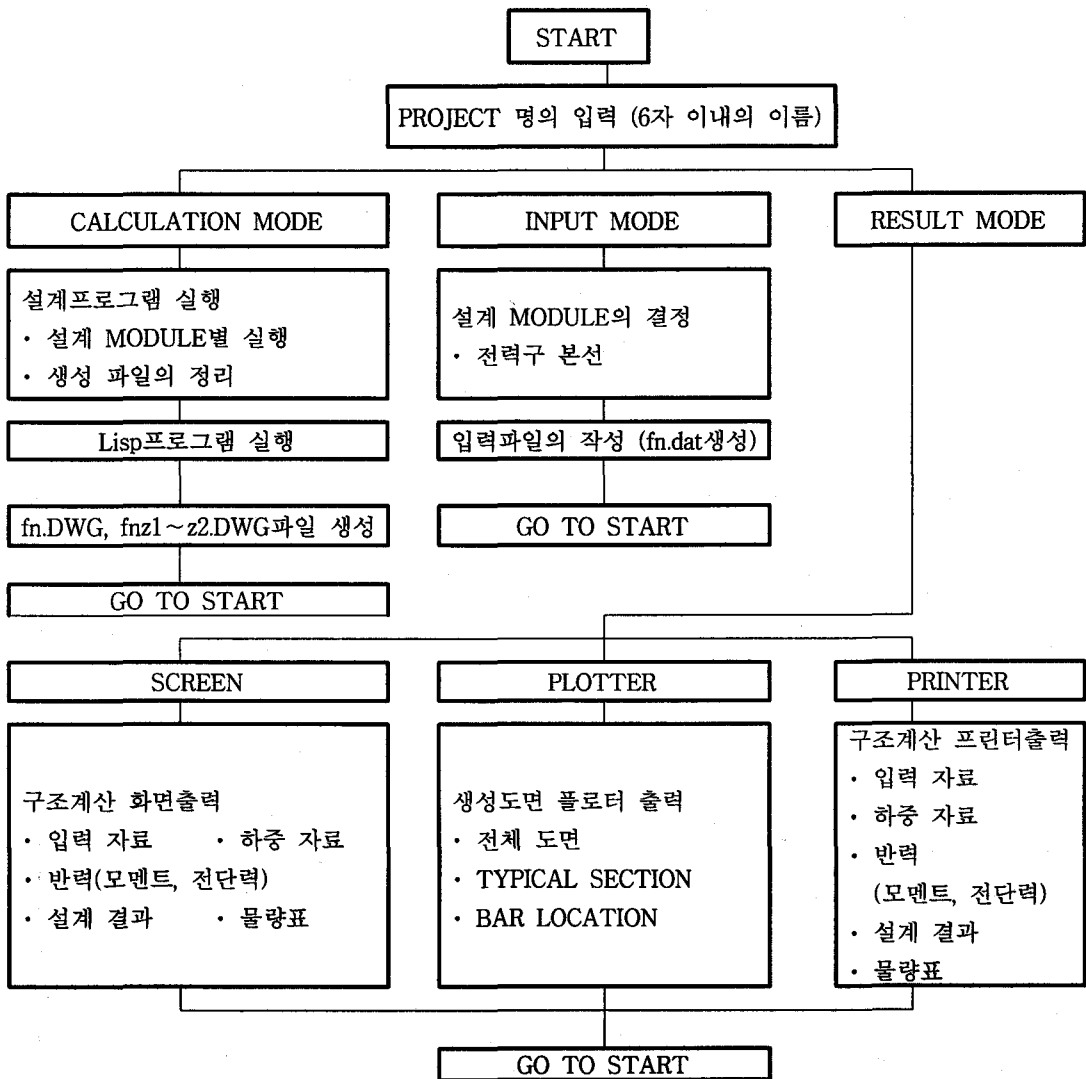


그림 3.1 이런압거 구조물 자동화 설계과정 흐름도

하도록 하고 있다. 그림 31은 이련암거 구조물의 자동화 설계과정을 흐름도로 표시한 것이다.

3.2 자동화설계시스템의 적용범위

이련암거 구조물의 해석은 처짐각법을 이용하여 구조해석을 실시하였으므로 암거의 크기에 관계없이 부재력 및 설계단면력을 산출하여 강도설계법에 의하여 각 철근의 적절한 직경, 배근간격 및 길이를 선정하도록 되어 있다. 그러나 암거의 크기가 1.4m x 1.5m 이하인 경우(작은 배수구 등의 구조물)의 배근형태를 이련암거와 같은 배근형태로 할 경우에는 오히려 비효율적이 되므로 주철근의 배근계획을 바꾸는 것이 바람직하며, 지하철 암거와 같은 구조물의 경우 철근의 정척, 추가철근 및 가외철근 등에 대한 추가적인 고려가 필요하다.

3.3 자동화설계시스템의 구동

3.3.1 입력모드

본 연구로부터 개발된 프로그램은 마우스 드라이버가 구동되어 있어야 하며, 프로그램의 실행과 동시에

지되므로 자료관리가 용이하게 된다.

파일이름의 입력시 기준에 동일한 이름의 파일이 존재하지 않을 경우에는 바로 다음단계로 넘어가지만 동일한 이름의 파일이 존재하는 경우에는 파일 오류 인지를 묻는 화면이 나타난다. 만일 읽어들이겠다고 하면 기존의 파일을 불러들여 작업 또는 수정을 하므로서 자료의 유지관리에 혼란이 발생되지 않도록 하였다.

과업명에 대한 입력이 완료되면 그림 33과 같은 입력모드가 나타나게 되므로, 비교적 편리하게 구조설계에 대한 전문지식이 없는 사람도 사용하기 쉽게 구성하였다. 입력모드에서는 각종 설계변수를 마우스와 키보드를 이용하여 자유롭게 입력할 수 있도록 고려하였다. 특히 극한강설계법의 하중계수 및 강도감소계수를 바꿀 수 있도록 메뉴화하여 시방서의 변화에 따라 능동적으로 수행되도록 하였으며, 현장여건에 따라 철근직경이 한정될 경우 지정된 철근직경으로 설계할 수 있도록 하였다.

또한 수정작업시 수정되지 않은 변수들은 흰색으로, 수정된 변수들은 검은 색으로 구분하여 표시함으로써 사용자의 편의를 고려하였으며, 문자입력시에는 대소문자의 구별을 하지 않으며 혼용하여 사용하는 것도 무방하도록 하였다.

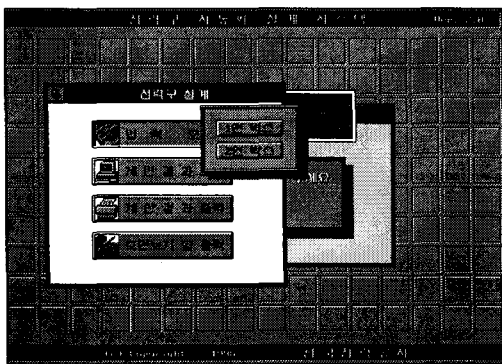


그림 32 주 메뉴

그림 32와 같은 주 메뉴가 화면에 나타나며, 구조물의 종류를 선택하면 설계할 단면의 과업명(파일이름)을 묻게되고, 이때 지정한 이름이 설계 후까지도 유

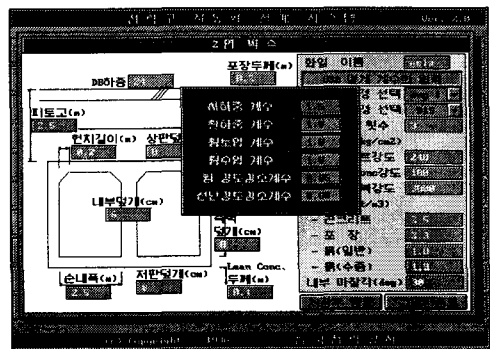


그림 33 입력모드

3.3.2 구조계산 및 설계모드

구조계산 및 설계모드는 입력된 자료를 FORTRAN PROGRAM이 읽어들이어 구조계산 및 설

계를 하는 단계와 생성된 도면정보를 각각의 LISP PROGRAM이 읽어들이 도면을 생성하는 단계로 대별된다. 또한 도면생성 단계 중에 모니터에는 AutoCAD 화면이 도면 1 및 도면 2로 구분되어 나타나며, 완료후 주프로그램으로 자동 복귀하도록 되어 있다. 그림 3.4는 계산중인 경우의 화면출력을 나타낸 것이다.

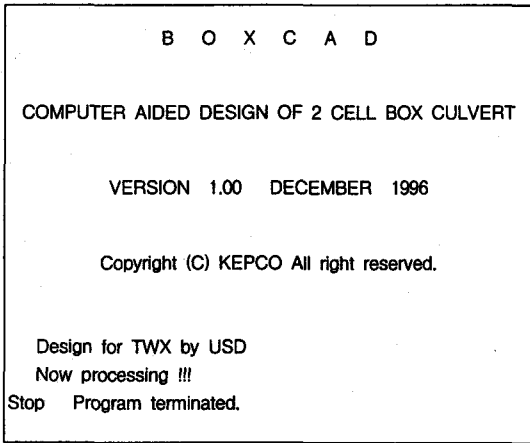


그림 3.4 프로그램 실행모드

3.3.3 이련암거구조물의 구조해석

이련암거구조물은 종방향으로 매우 긴 구조이므로 단면을 설계하는 경우에는 길이방향으로 1m 구간만을 택하여 구조해석과 단면설계를 수행한 후 인접한 구간(설계조건이 동일한 구간)에 그대로 적용하는 것이 일반적이다. 설계를 위한 사하중은 연직토압의 경우 포장재, 피토(건조된 토사, 수위하부의 토사), 및 구조물의 자중을 고려하였으며, 수평토압의 경우는 수압, 전토압이 작용하는 경우와 1/2토압이 작용하는 경우를 구분하여 해석하였다. 활하중의 경우 도로교 하중을 적용하여 산정하였다.

이련암거구조물은 부정정 라멘구조물이기 때문에 요각법, 모멘트분배법, 에너지법 또는 매트릭스 구조해석 등을 이용하여 단면설계를 위한 모멘트, 전단력 및 축력을 산정할 수 있으나, 본 연구에서는 요각법을 적용하여 상판, 측벽 및 저판의 부재력 산정공식을 도출하여 효율적으로 부재력을 계산하였다.

3.3.4 이련암거구조물 단면의 설계

이련암거구조물의 안정성과 사용성을 확보하기 위하여 단면설계는 연성을 갖도록 설계하여 실제의 거동에 가깝도록 모형화하였으며, 설계이론은 강도설계법을 적용하였다. 이련암거구조물의 설계과정을 흐름도로 나타내면 그림 3.5와 같다.

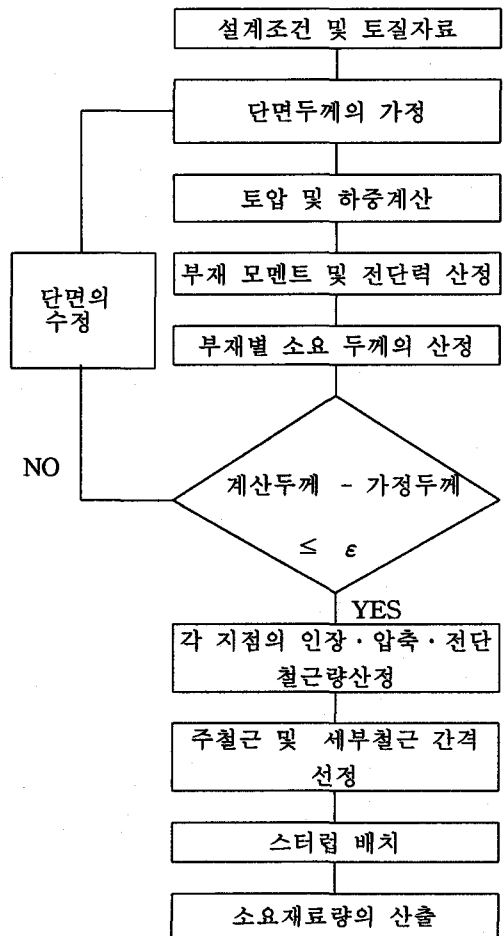


그림 3.5 이련암거구조물 설계 흐름도

그림 3.6은 강도설계법에 의한 측벽, 상판, 저판에 대한 휨설계과정을 흐름도로 나타낸 것이다.

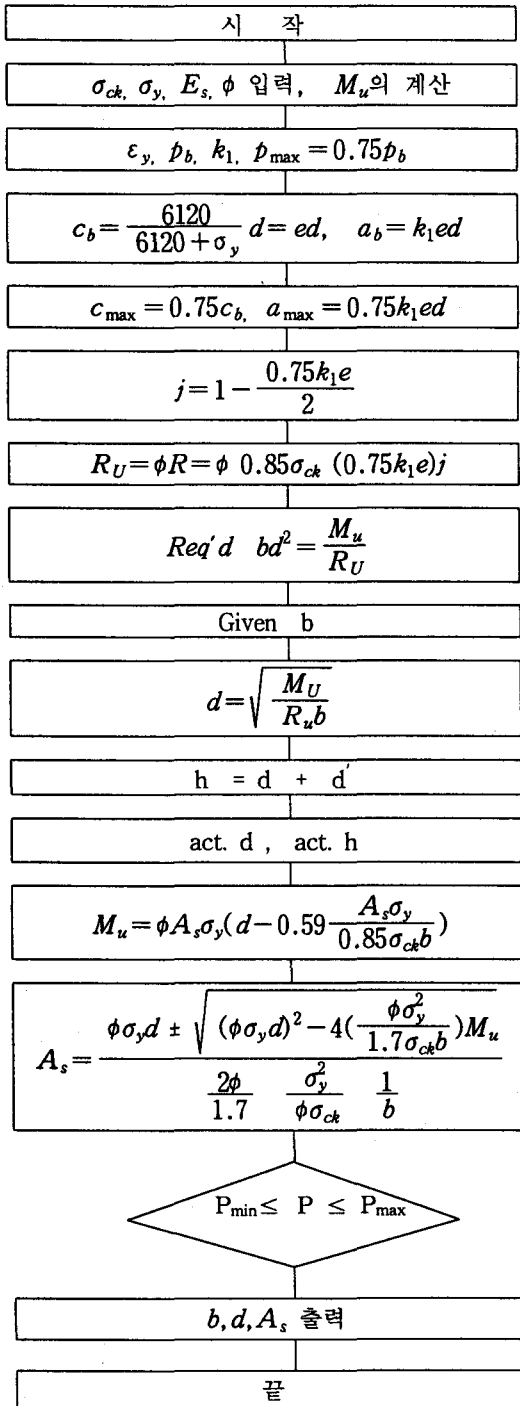


그림 36 강도설계법에 의한 설계 흐름도

일반적으로 대칭하중이 작용할 경우 중앙벽에는 휨모멘트가 크게 작용하지 않고 주로 축방향력이 작용하므로 이 경우에 대하여는 기둥으로 설계하였다. 그림 37은 기둥설계 과정을 흐름도로 나타낸 것이다.

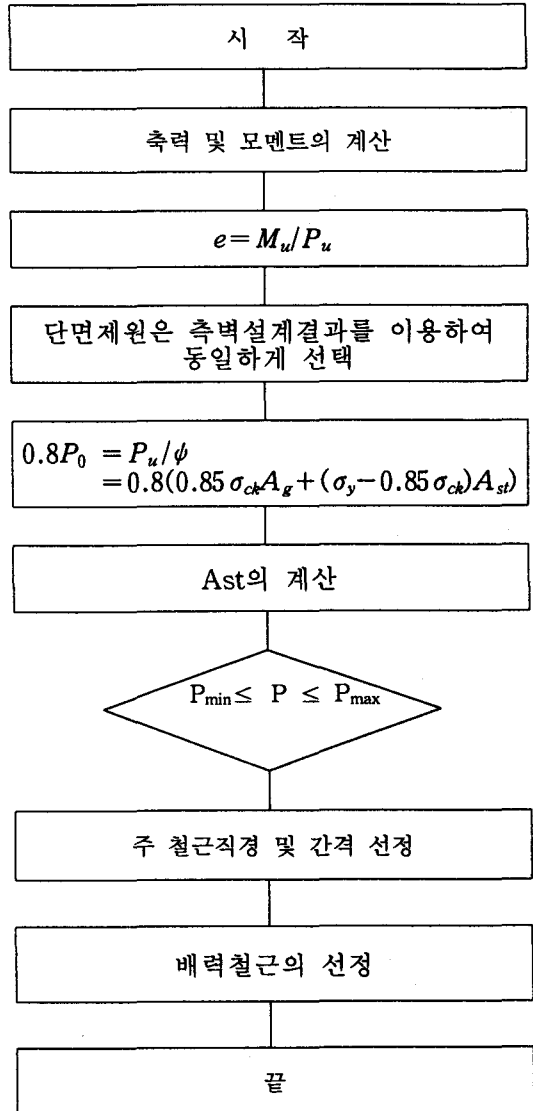


그림 37 중앙벽의 설계 흐름도

3.3.5 출력모드

프로그램의 운영메뉴 상에 구조계산 결과를 화면으로 보거나 프린터 및 플로터로 출력할 수 있는 「출력 모드」가 있으며, 화면, 프린터 및 플로터로 출력시킬 수 있으며, 사용자의 의도에 따라 「구조계산서 출력 모드(화면)」, 「도면 출력모드(화면)」, 「구조계산서 출력 모드(프린터)」, 「도면 출력모드(플로터)」를 선택할 수 있다. 그림 3.8은 「구조계산서 출력모드」 안으로 들어갔을 때의 메뉴화면을 나타낸 것으로 총 11 종류의 출력결과를 화면 또는 프린터로 구분하여 출력할 수 있도록 하였다.

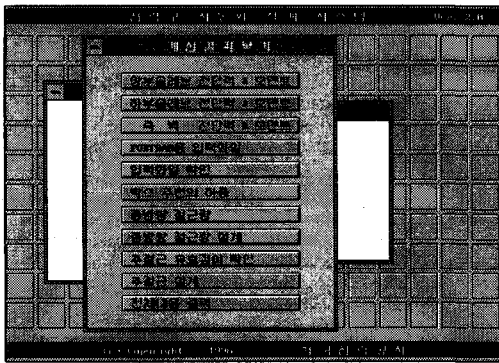


그림 3.8 결과모드(화면)

설계된 도면 역시 프로그램의 운영메뉴 상에서 화면으로 보거나 프린터 및 플로터로 출력할 수 있다. 그림 3.9 및 그림 3.10은 이련암거구조물을 설계한 뒤 자동생성된 설계도면의 일례를 나타낸 것이며, 그림 3.11 및 3.12는 이련암거 단면도 및 재료표를 확대하여 나타낸 것이다.

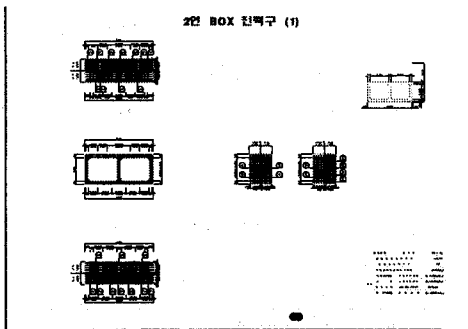


그림 3.9 설계도면 I (AutoCAD 이용)

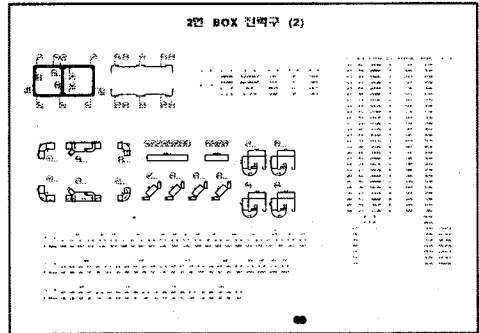


그림 3.10 설계도면 II (AutoCAD 이용)

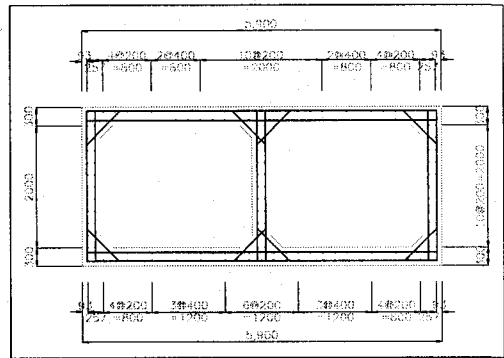


그림 3.11 설계후 이련암거 단면도 (Zoom)

구분	번호	단면	길이 (mm)	개수	단면적 (mm ²)	중량 (kg)	비고
M	1	013	4239.000	10	4.238	42.380	
M	2	016	3580.000	5	3.572	36.076	
M	3	015	5740.000	5	12.010	64.550	
M	4	013	4239.000	10	12.186	42.186	
M	5	019	3485.000	5	7.766	36.531	
M	6	022	6745.000	5	17.430	91.248	
M	7	019	2460.000	10	8.535	55.350	
M	8	019	2460.000	10	6.886	55.150	
M	9	013	1737.000	10	1.726	17.260	
M10	013	1854.000	10	1.676	16.760		
M11	013	1217.000	10	1.420	14.200		

그림 3.12 설계후 생성된 재료표 (Zoom)

4. 결 론

본 연구를 통하여 얻어진 결론은 다음과 같다.

- 1) 자동설계시스템은 이연암거구조물 단면의 산정, 설계도면의 제작기능은 물론 설계정보의 데이터베이스 기능이 있으므로, 실무에서 활용할 경우 설계도면 재료량 산출 및 설계정보의 효율적인 관리 및 유지관리에 효과적으로 이용될 수 있음을 알 수 있다.
- 2) 다양한 설계조건 즉 설계차량하중, 토피, 지하수위, 사용재료의 강도 및 제원 등의 변화에도 쉽게 자동화설계가 가능하도록 설계시스템이 개발되었다.
- 3) 개발된 설계시스템은 도로교 표준시방서와 콘크리트 시방서의 하중계수 및 강도감소계수에 의한 방법을 모두 포함하고 있으며, 설계시방서에 따른 변화에도 신속하고 용이하게 대처할 수 있도록 개발되었다.
- 4) 본 설계시스템은 확실한 구조안전성을 확보하면서 이연암거구조물의 경제적인 설계가 가능하도록 구축되었다.
- 5) 본 연구에서 개발된 software 및 사용자 편람은 전 과정을 이해하지 못하더라도 입력자료 공급능력만 갖추면 GUI를 이용하여 편리하게 설계할 수 있도록 개발되었다.

감사의 글

본 과제는 한국전력공사 전력연구소의 지원으로 이루어졌으며, 연구지원에 깊은 감사를 드립니다.

참고 문헌

1. 한국전력공사, BOX 구조물 자동화시스템 개발, 한국전력공사, 1996.7.
2. 건설교통부, 콘크리트표준시방서, 사단법인 대한토목학회, 1996.
3. 건설교통부, 도로교표준시방서, 사단법인 대한토목학회, 1996.
4. 대한주택공사, 철근콘크리트조의 배근지침에 관한 연구, 대한주택공사, 1990.
5. 건설부, 철근콘크리트설계편람(II), 건설부, 1990, pp. 503-544.
6. 김용성, 서재철, AutoLISP 매뉴얼, 영진출판사, 1988.11.
7. 원송희, AutoCAD 트레이닝 매뉴얼, 진출출판사, 1988, pp.26-147.
8. 한국전력공사 지중선 사업처, 전력구설계기준, 한국전력공사, 1989, pp.5-46.
9. Reynolds, C.E. and Steedman, J.C., Reinforced Concrete Designer's Handbook, 9th Edition, A Viewpoint Publication, 1979.
10. Katona, M.G. and Vittes, P.D., "Soil-Structure Analysis and Evaluation of Buried Box-Culvert Design," TRR, No.878, TBR, 1984, pp. 49-55.
11. 土木學會構造工學委員會, 構造力學公式集, 土木學會, 昭和49年 12月 1日, pp. 275~300.
12. 김생빈, 철근콘크리트공학, 기문당, 1996, pp.42~278.