

RC 옹벽설계 전문가 시스템 개발

Development of an Expert System for Designing RC Retaining Walls.

오 주*

정 제 평**

김 우***

Oh, Ju

Cheong, Jae-Pyong

Kim, Woo

Abstract

The principle objective of this study is to make an integrated development environment with an expert system for designing RC retaining walls. The program has several advantages over conventional design tools and characteristics of functions. It is easy to use and to obtain the technical reports with minor efforts. Various possible design alternatives can be compared, then the most optimal design can be selected in terms of construction cost and structural safety.

1. 서론

본 연구의 목적은 토목 구조물 중 중요한 위치를 차지하고 있는 철근콘크리트 옹벽에 대해 실무적인 차원에서 옹벽설계의 일괄작업을 위한 독자적인 통합환경을 구축하는 것이다. 철근콘크리트 옹벽의 최적화 문제 형상을 위하여 건설경비를 목적 함수로 취하였으며, 강도설계법에 의한 설계기준의 제규준을 제약조건 식으로 유도하였다. 통합 개발환경의 구성은 그래픽 방식의 메뉴체계를 지원하도록, 옹벽설계에 필요한 옹벽 형식 선정, 구조물 안정성 검토, 단면 부재 설계, 철근량 산정 등 모든 과정이 일괄적으로 이루어질 수 있도록 체계를 구축하였다. 전문가 시스템(expert system)의 개념을 적용하여 옹벽 설계시 전문적인 판단을 요하는 단면 결정과 철근량 산정 등을 판단하는 함수를 구성하여 최적설계 기법에 적용하였다. 본 연구에서 개발된 철근콘크리트 옹벽 전문가 시스템은 설계변수의 입력만으로 옹벽의 최적 단면의 산정은 물론 설계 도면의 제작이 일괄적으로 실행되므로 실무에 적용할 경우, 경제성의 제고와 설계의 고급화를 이룰 수 있을 것으로 기대된다.

2. Program의 구성

2.1 옹벽객체 구성요소

역T형 옹벽과 L형 옹벽을 하나의 객체로 정의하여 한 종류의 옹벽에 대해 각 객체의 속성을 부여하는 객체 지향적으로 구현한 모듈(module) 구성이 가능하고, 객체에 대한 값이 하나의 변수와 같이 사용되어 지속적인 프로그램의 확장이 용이하도록 구성하였다. 옹벽 객체는 그림1과 같이 옹벽구조형

* 정회원, 전남대학교 토목공학과 석사과정

** 정회원, 전남대학교 토목공학과 박사과정

*** 정회원, 전남대학교 토목공학과 교수

식, 배면 형태, 적용 토압 종류, 상재하중의 형태를 지닌 클래스(class)가 된다.

2.2 통합 개발 환경 구축

본 전문가 시스템 개발 환경은 기존에 사용하고있는 그래픽 소프트웨어의 지원 없이 독자적인 단위 소프트웨어의 기능을 수행할 수 있도록, 통합 개발 환경은 그림2와 같이 입력작업, 계산과정, 단면력 계산, 철근량 산출작업, 공사비 산정, 인쇄 작업등을 하나로 통합하는 내장형 시스템으로 개발하였다.

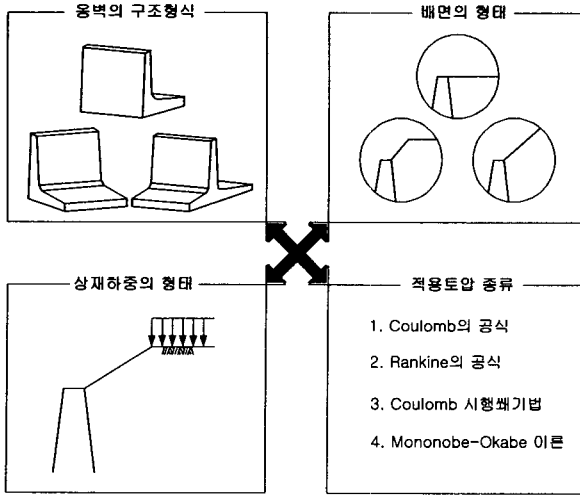


그림 1 응벽객체 구성요소 결정도

2.3 그래픽 방식의 입력작업

전처리 과정 중 기존의 텍스트 방식은 입력작업이 어렵고 많은 시간을 요구한다. 본 프로그램에서는 기존의 방식에서 탈피하기 위해 그래픽 추론방식을 채택하여, 입력작업의 용이성을 확보하였고 설계자의 입력 실수에 대한 오류 창을 출력함으로써, 입력작업의 수월성과 정확성을 확보하도록 하였다.

2.4 전문가 시스템(Expert System)

전문가 시스템이란 고도의 전문성을 요하는 분야의 전문지식을 컴퓨터를 이용하여 양질의 전문서비스를 제공하는 시스템이다. 전문가 시스템을 기존의 프로그램과 구분하는 특징으로서는 전문가 시스템의 설계목표와 그 독특한 개발 방법을 들 수 있다. 기존의 프로그램에서는 최적화를 추구하거나 정확한 이론에 의하여 의사결정을 하는 데 반하여 전문가 시스템에서는 그 추구하는 바가 유용한 해결책을 찾는 데 있고, 이론적으로 명확하지 않은 실험적 지식이라는 것에 크게 의존하고 있다. 전문가 시스템은 전문가의 지식을 자료화하는 지식데이터베이스와 새로운 지식을 유추해 내기 위한 규칙을 어떻게 적용할 것인가를 결정하는 추론엔진, 사용자와 시스템을 연결하여 주는 사용자 인터페이스로 구성된다. 본 연구는 기존의 단순한 계산 작업의 한계에서 벗어나 입력, 해석, 단면력 계산, 철근량

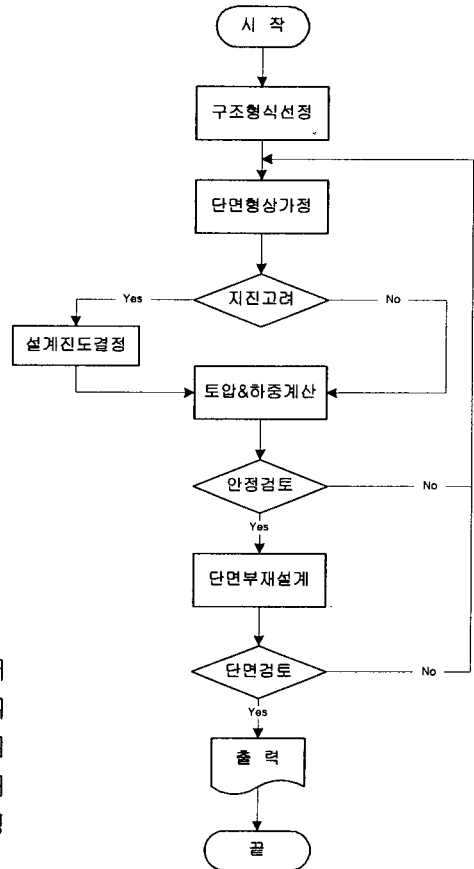


그림 3 응벽설계 시스템 구성도

산출, 공사비 산출, 출력과정을 지식제어 시스템에 의해 각 모듈간의 대화방식으로 접근하도록 하였다.

가. 철근량 결정 전문가 시스템

구조해석으로부터 얻어진 철근량은 사용철근 종류와 철근 배치 간격의 결정에 따라 설계 철근량과 차이를 나타낸다. 이것은 철근 배치에 따른 시공성과 작업의 효율성을 설계에 고려하기 때문이다. 철근량 결정 전문가 시스템은 검색변수로 철근 종류와 철근 배치 간격으로 자료를 구축하여 기준 철근량에 대한 최소 우위 비교 판단의 최적성을 고려하였고, 최종 판단은 설계자가 하도록 하였다.

나. 단면 결정 전문가 시스템

옹벽 설계단면은 입력작업 과정에서 단면상수와 설계하중 등의 입력자료에 대해서 과대 및 과소 단면이 발생할 수 있다. 따라서 단면 제원의 입력에 대한 최적의 단면 제원 판단 및 결정이 필요하다. 최적 단면 결정은 단계적으로 단면 결정변수를 수정하여 입력된 결정변수가 목적함수와 제약조건을 만족하는 범위에 이를 때까지 반복하여 최적의 단면 결정 변수를 결정한다(정제평 외4인, 2000. 11).

$$d_{opt} = \sqrt{\frac{M_u \times F.S}{\phi \cdot f_y \cdot K_{\rho 1} \cdot (1 - 0.5K_{\rho 1}K_{\rho 2})}}, \quad A_{s(req)} = \frac{K_1 - \sqrt{K_1^2 - 2K_2 \cdot M_u}}{K_2} \quad (1)$$

여기서, $K_1 = 0.85f_y \cdot d$, $K_2 = f_y^2 / (f_{ck} \cdot b)$,

$K_{\rho 1} = \rho \cdot b$, $K_{\rho 2} = f_y / (0.85f_{ck} \cdot b)$, $F.S = (M_d / M_u)$

다. 공사비 결정 전문가 시스템

단면결정 전문가 시스템과 철근량 결정 전문가 시스템을 통해 얻어진 결과치를 실무자가 구조물에 대한 최적 공사비를 신속히 산출하여 쉽게 알아볼 수 있게 하였다. 구조물의 공사비는 철근과 콘크리트의 재료비와 콘크리트 타설비, 철근가공 조립비만을 포함하여 계산된다. 일반적인 역T형 옹벽, L형 옹벽 등의 경우 철근가공 조립비는 보통으로 적용한다.

$$C_{total} = \sum V_c \times C_c + \sum A_s \times C_s \times k \quad (2)$$

여기서, C_c : 콘크리트에 관한 공사비 (재료비, 타설비)

C_s : 철근에 관한 공사비 (재료비, 철근가공 조립비)

k : 압축철근 조정계수 ($= 1 + (\rho' / \rho)$)

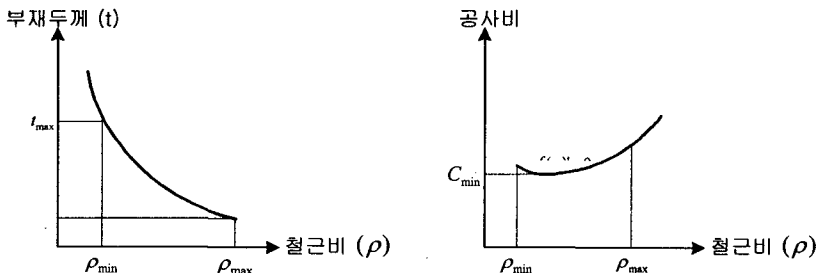


그림 3 RC단면에 대한 공사비를 고려한 최적단면(t) 결정도

3. 옹벽설계 프로그램과 적용 예

3.1 프로그래밍 개발도구 선정

기존의 옹벽 설계 프로그램의 개발에는 주로 Fortran과 같은 메뉴방식이나 자연어 처리 방식이 많이 사용되었다. 그러나 컴퓨터 운영체제가 Windows 운영체제로 변환에 따라 본 연구에서는 객체 지향적인 Java 언어를 사용하여 그래픽 화면을 통해 사용자가 컴퓨터에게 의사 전달을 하는 대화 방식으로 개발하여 사용자가 쉽게 접근하여 사용할 수 있도록 개발하였다.

3.2 프로그램 적용 예

가. 구조물 제원 및 재료 특성

본 연구에서 개발한 프로그램을 이용하여 설계하기 위해서는 콘크리트 설계강도, 철근 항복강도, 흙의 내부 마찰각 등과 같은 구조물에 대한 기본적인 현황자료를 필수적으로 입력해야 한다.

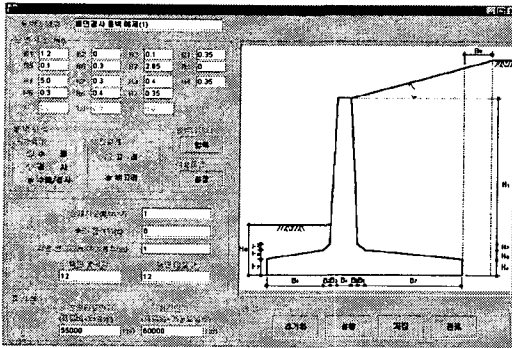


그림 4 프로그램 초기화면

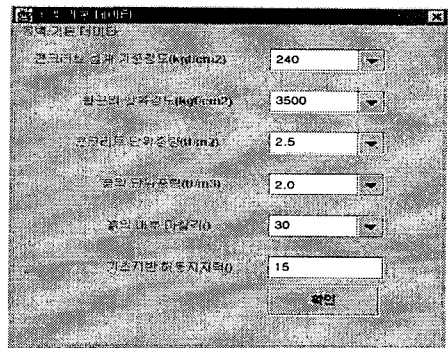


그림 5 기본 데이터 입력창

나. 옹벽 구조 형식 및 옹벽 배면 형태

프로그램에서 수행 가능한 옹벽 구조 형식은 L형 옹벽, 역L형 옹벽, 역T형 옹벽 3가지로 구성된다. 옹벽 배면 형태는 수평, 경사, 경사 후 수평 3부분으로 구분하였다.

다. 옹벽에 작용하는 토압

옹벽에 작용하는 토압은 일반적인 Rankine 공식, Coulomb 공식에 의한 방법과, 주동 토압이 최대가 되는 흩째기를 시행착오 과정을 통해 찾는 시행착기법(trial wedge method)을 적용하였다. 또한, 지진 발생시 Mononobe-Okabe 공식을 적용하였다.

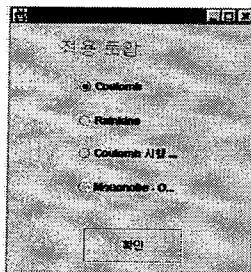


그림 6 토압 적용창

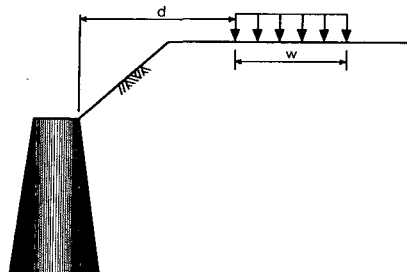


그림 7 상재하중

라. 상재하중

상재하중은 용벽 벽체 천단의 끝을 기준으로 d 만큼 떨어지고, 하중폭 w 크기의 등 분포 하중을 재하 할 수 있다. 만약 하중 폭이 없으면 선 하중(line load)이 된다.

마. 철근 배근 및 철근량 검토

모든 입력 자료를 입력하여 실행시키면 철근 배근창이 나타난다. 이는 최종 판단을 설계자에게 주어 최적의 철근 배근을 하기 위함이다. 또, 설계자에게 바른 판단의 도구를 제공하고자 복철근보와 단철근보의 단면을 검토하는 별도의 모듈로 구성하였다.

호칭	D10	D13	D18	D19	D22	D25	D28	D32	D36
길이	9.53	12.7	15.9	19.1	22.2	25.4	28.6	31.8	34.9
단면적	0.713	1.267	1.986	2.865	3.871	5.067	6.424	7.942	9.566
철근간격									
18	7.13	12.67	19.86	28.65	38.71	50.67	64.24	79.42	95.66
22.5	5.07	10.14	15.89	22.92	30.97	40.54	51.39	63.54	76.53
15	4.75	8.45	13.24	19.10	25.81	33.78	42.83	52.95	63.77
17.5	4.07	2.24	11.35	16.37	22.12	28.95	36.71	46.38	54.66
20	3.57	6.34	9.93	14.33	19.36	25.34	32.12	39.71	47.83
22.5	3.17	5.63	8.83	12.73	17.20	22.52	28.55	35.30	42.52
25	2.85	5.07	7.94	11.46	15.48	20.27	25.70	31.77	38.26
30	2.38	4.22	6.62	9.55	12.90	16.89	21.41	26.47	31.89
40	1.78	3.17	4.87	7.16	9.68	12.67	16.06	19.86	23.97

그림 8 철근 배근창

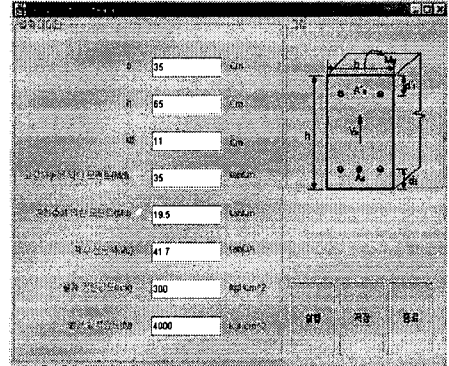


그림 9 철근량 검토창

FeWalls 2.0	프로젝트명	연계 용벽	구조 설계사	연수
		강사/수용-지진교량	작업 일	2000. 8. 12
단면세상(m)				
H1 = 5.25	H2 = 0.3			
H3 = 0.4	H4 = 0.35			
H5 = 0.3	H6 = 0.4			
H7 = 0.35				
H8 = 1.2	태기 = 0.0			
태기 = 0.1	태기 = 0.35			
태기 = 0.1	태기 = 0.3			
태기 = 2.65	태기 = 0.0			
기본 입력데이터				
설계기준 = 1.0l/m ² 용벽 설계기준 = 0.24 시공 콘크리트 밀집계수 = 1.0 연수 미설계 = 190 연수 설계기준 = 190 콘크리트 설계 기준강도 = 240kgf/cm ² 용벽의 항복강도 = 3000kgf/cm ² 콘크리트 단위중량 = 2.5t/m ³ 용벽 단위중량 = 16.0t/m ³ 용벽의 미설계 = 28.0 기초지반 허용치하중 = 19t/m ² 콘크리트 단위중량 = 25000 kg/m ³ 용벽 단위중량 = 35000 kg/Ton kv = 0.1 연수 = 26.6				
Chonnam National University Department of Civil Engineering Structural Engineering Laboratory Design by OR, Jr. 2000. 7. 10				

그림 10 입력결과 출력

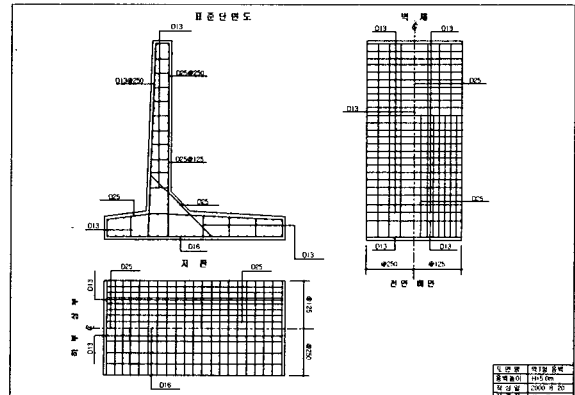


그림 11 도면 출력

4. 결론

가. 최적 단면 결정 전문가 시스템과 철근량 결정 전문가 시스템의 구축으로 설계시 최적 단면설계를 수행할 수 있을 뿐만 아니라 사용 철근 종류와 배근 종류에 대한 최적 설계를 수행할 수 있어 구조적 안전성과 경제성을 동시에 만족하는 설계가 가능하다.

나. 그래픽 입력방식으로 입력작업이 용이하고 설계자의 입력자료에 대한 오류 창을 출력하여 입력작업의 편리성과 시간단축 그리고 합리적인 입력 자료관리를 수행할 수 있고, 구조해석 결과를 화면상으

로 바로 확인 가능하여 설계변경에 따른 빠른 판단을 할 수 있다.

다. 본 전문가 시스템은 그 확장성이 매우 좋아 개선 및 확장이 쉬워 이의 활용은 또 다른 연구개발을 유발하게 되고 확장된 시스템은 더 많은 활용을 유발하여 연구 개발과 실무에의 상승작용을 일으킬 수 있을 것으로 기대된다.

라. 향후 수정 및 보완해야할 사항으로는 토압 적용에 대한 다각적인 접근과 출력 함수 사항 및 범용 모듈화 함수 구축 등 이의 보완사항에 대한 연구가 요망된다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 99년도 특정 기초 연구과제(과제번호 1991-1-311-004-3)의 일환으로 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Arthur H. Nilson, "Design of Concrete Structures", McGraw-Hill International, Inc., 1997
2. M. Nadim Hassoun, "Structural Concrete", Addison-Wesley, 1998
4. Das, B. M., "Principles of Geotechnical Engineering", GWS Engineering, 1985
5. Boweles, J .E., "Foundation Analysis and Design", 4th, McGraw-Hill, NewYork, 1988
6. Sun Educational Services, "JAVA Programming", Sun Microsystems, Inc, 1999
7. Sun Educational Services, "JAVA 1.2", Sun Microsystems, Inc, 1999
8. 정제평 외4인, "경제성을 고려한 RC 휨부재의 최적 철근비 결정", 한국콘크리트학회 가을학술발표회, 2000. 11
9. 건설교통부, "콘크리트구조설계기준", 한국콘크리트학회, 1999
10. 건설교통부, "도로교설계기준", 한국도로교통협회, 2000
11. 방명석, "구조공학분야에서의 전문가시스템 이용", 건설기술정보, 1987, 6, pp.11~13