

기존의 설계 자료를 이용한 캔틸레버식 옹벽의 설계 프로그램 개발

A Development of the Design Program of the Cantilever-Retaining Wall with Existing Design Data

정진환*
Cheung, Jin-Hwan

계만수**
Gye, Man-Soo

손상영***
Son, Sang-Young

ABSTRACT

There are numerous factors in designing the structures in civil engineering even for relatively simple ones such as cantilever retaining walls. So the designer has to be decide for such conditions and this makes the design difficult. Moreover some errors may be made in the drawing works which must be relate the structural calculations.

In this study, the design program which makes structural calculations, report and drawings for cantilever retaining wall at a time was developed to reduce the manmade errors. This program also suggests some guidelines and systematic data-bases of previously designed examples to make decisions easy.

1. 서 론

토목구조물은 아주 다양하며, 지반 조건 등과 같은 주위의 환경적인 요인에 따라 구조물의 설계 방향과 방법 등이 아주 달라지게 되며, 이 과정에서 설계자의 주관에 입각한 판단이 반영된다. 이러한 측면들이 토목구조물의 설계 자동화를 어렵게 해 왔고, 따라서 반복적인 일에 사람의 노력이 필요하게 되며, 이에 따른 실수와 경비 및 시간의 낭비가 당연히 개입된다. 또한 구조물의 실제시공 전에 이러한 오류를 발견하지 못한다면 구조물의 안전성에 상당한 문제를 발생시키게 된다.

본 연구는 실무적인 관점에서 이러한 문제의 해결을 시도하여, 우선 반복적이고 비교적 간단한 토목구조물의 구체적인 설계 업무에 컴퓨터를 이용하여 낭비적인 요소를 없애고자 하는 것이다. 비교적 간단한 토목구조물인 캔틸레버식 옹벽의 설계에서 컴퓨터를 이용한 설계 자동화가 이룩된다면 노력과 경비의 절감 그리고, 시간의 단축이라는 경제적인 이점을 누릴 수 있을 뿐만 아니라, 토목 기술자들은 좀더 창조적이고 생산적인 일에 관심을 기울일 수 있게 될 것이다.

이러한 이유에서 현재 많은 옹벽설계 프로그램이 만들어져 사용되고 있다. 그러나 대부분의 프로그램들은 실제의 사용에서 몇가지의 문제점을 안고 있다.

* 부산대학교 토목공학과 교수

** 부산대학교 토목공학과 박사과정

*** 부산대학교 토목공학과 석사과정

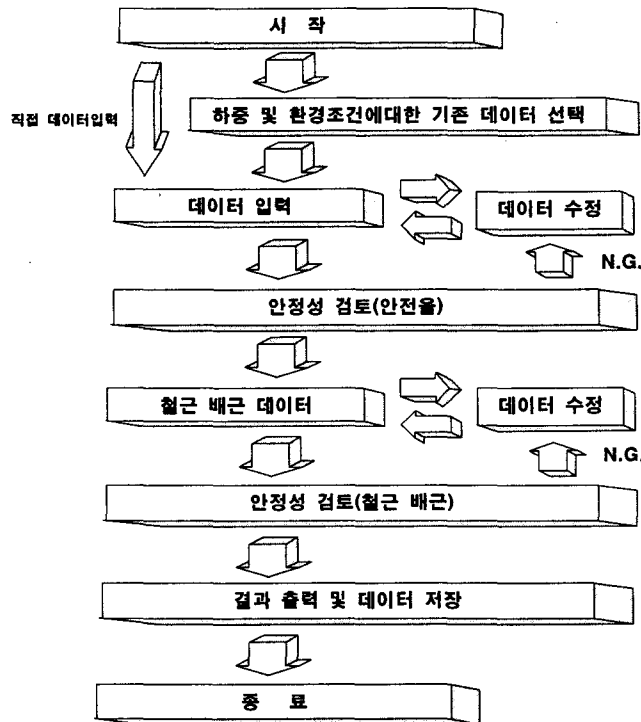
먼저, 실제 설계는 대부분 기 설계자료를 참조하여 이루어진다. 또한 경험이 적은 설계자는 더욱 그러하다. 이런 점을 해결하기 위해서는 설계시 충분한 Guide Line 제시와 시방서 조항의 반영이 필수적이다. 그래서, 기 설계 자료의 참조를 위해서는 기존데이터의 일관성 있고 체계 있는 Data Base화가 요구되며, 설계상의 Guide Line제시는 초보적인 전문가 시스템의 응용이 필요하게 된다. 이에 반해 대부분의 기존 프로그램들은 단순히 데이터의 입력만을 요구한다.

둘째, 앞에서 말한바 있듯이 설계에는 많은 변수가 작용한다. 그래서, 그 변수들을 고려하기 위해서는 선택적인 요소가 가미되어야 한다. 그러나, 기존의 대부분의 프로그램들은 이러한 특수한 사항들을 무시하고 일괄적으로 한 가지만 선택하도록 되어 있다. 이렇게 해서는 완벽한 설계가 이루어지기는 어렵다.

셋째, 설계에서는 구조계산과 보고서, 설계도면 모두 똑같이 중요하다. 그러나 앞에서 언급한 프로그램들은 구조계산, 보고서, 설계도면 중 한가지만 출력이 되고 결과를 도출할 수 있는 것이 보통이다. 이런 경우는 사용자가 다시 부족한 부분을 매워야 한다는 결론이 나온다. 그러한 경우 가끔 구조계산서와 도면이 일치하지 않는 어처구니 없는 일이 발생하는데, 이것은 계산과 도면작성이 자동으로 연결되지 않는데서 생겨난다.

본 프로그램은 이러한 3가지의 문제점의 개선과 편리한 Interface에 주안점을 두고 개발되었고, 특히 용벽설계에 있어 초심자도 능히 설계를 할 수 있도록 기존 자료를 참조할 수 있도록 하는 데에 초점을 두었다. 또, 구조계산 결과데이터와 도면작성의 데이터를 직접적으로 연결시켜 위의 셋째와 같은 그런 실수는 발생하지 않도록 하였다.

2. 프로그램의 구성

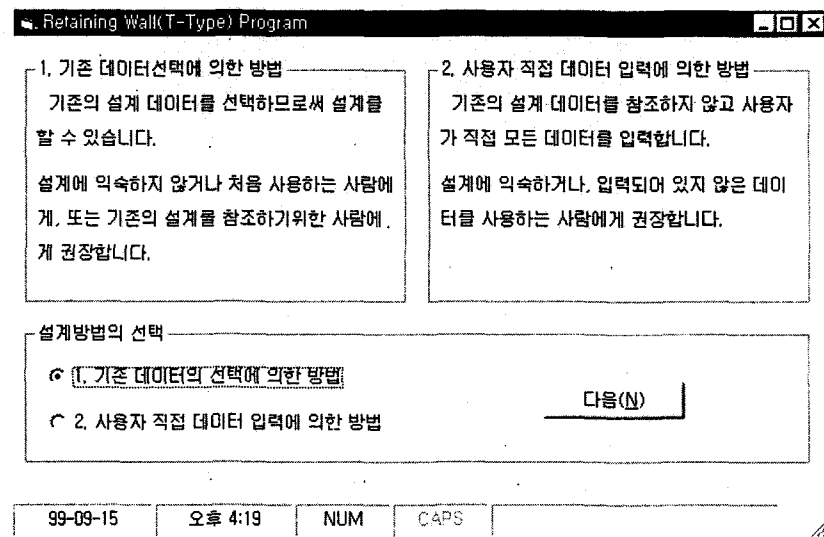


<그림 2-1> 프로그램의 구성도

본 프로그램에서 수평토압 산정은 Rankine의 토압 이론과 Coulomb의 토압이론을 사용하였고, 지반 지지력은 Terzaghi의 공식을 이용하였다. 안정의 검토는 콘크리트구조 설계기준과 시방서 규정에 따라 행하였다.

3. Visual Basic 프로그램

본 프로그램에서는 Visual Basic Language를 사용하여 편리한 사용자 Interface와 자료 선택의 용이성을 도모하였다. 선택사항이 있을 때는 충분한 설명을 제시하여 사용자가 올바른 판단을 하도록 유도하였다.



<그림 3-1> 편리한 Interface

위의 <그림 3-1>은 <그림 2-1>에서 시작 부분으로 기존설계데이터를 참조하는 방법으로 할 것인지, 혹은 직접 데이터를 입력할 것인지를 판단하는 부분이다.

4. Data Base

기존의 설계 시공된 데이터를 수집하여 입력하면 아래의 <그림 4-1>과 같은 Grid가 나타나게 된다. 여기에서의 기존 데이터는 옹벽 외형의 단면 치수와 하중상태에 대하여 나와 있으며, 사용자는 자기가 목적으로 하는 데이터 혹은 그와 유사한 데이터를 선택하게 된다. 먼저, 단면 치수와 외형의 크기는 외부의 하중 조건에 의해 지배되므로 토압의 주요한 인자인 내부·마찰각과 단위중량, 상재하중 그리고 연직벽의 배면토사의 경사각 등을 사용자는 선택을 한다. 여기서 사용자의 편리를 위해서 선택된 데이터들의 최대값과 최소값 그리고 평균값을 표시하여 경향과 추이를 알기 쉽게 하였다.

사용자가 설계에 대한 충분한 자료를 가지고 있거나 설계에 능숙하다면 <그림 3-1>에서 2번 방법을 선택하여 직접 정확한 데이터를 입력하여 구조의 안정성 검토와 결과물을 출력할 수 있다. 사용자가 작성하고 선택한 데이터는 다시 데이터베이스에 더해져서 다음 설계에 참고 자료가 될 수 있을 뿐만 아니라 설계자료의

보관 및 정리라는 관점에서 의미가 있겠다.

Retaining Walk(T-Type)-높이 값에 의해 결정된 데이터

데이터 베이스 (뒤채움 흙)

데이터 베이스에서 최대 마찰각의 값은 35 도 입니다.

데이터 베이스에서 최소 마찰각의 값은 25 도 입니다.

데이터 베이스에서 마찰각의 평균값은 31.875 도 입니다.

마찰각을 입력하지 않으면 평균값으로 대체 됩니다.

마찰각 총 데이터 수는 16 개 입니다. 다음(N) >>

1. 토압산정에 쓰이는 토질정수 ϕ 값

1) 도로
 ① 역질토 ($\phi=35$ 도)
 ② 사질토 ($\phi=30$ 도)
 ③ 실트, 점성토(단 WL<50%) ($\phi=25$ 도)

2) 철도
 ① 입도배합이 양호한 모래, 사력, 경암
 부스러기 ($\phi=40$ 도)
 ② 입도 배합이 나쁜 모래 ($\phi=35$ 도)
 ③ 입도 배합이 나쁜 모래 ($\phi=30$ 도)
 ④ 점성토(성토 높이 10m 이하 또는 벽
 높이 6m 이하의 경우) ($\phi=30$ 도)

높이	마찰각1	단위중량	배면 경사	마찰각2	단위중량	상재하중	WThic	FPoot	T
3	6000	35	1.9	0	30	1.8	1	350	800
4	6000	35	1.8	0	30	1.8	1	350	800
5	6500	35	1.8	26.57	25	1.8	1	350	800
6	6500	30	1.8	33.69	30	1.8	1	350	800
7	6500	25	1.8	33.69	30	1.8	1	300	800
8	7000	25	1.8	33.69	30	1.8	1	400	900
9	7000	30	1.9	0	30	1.8	1	400	900
10	7000	35	1.9	33.69	30	1.7	1	500	1100
11	5500	35	1.9	0	30	1.7	1	330	750
12	5500	30	1.8	26.57	30	1.7	1	350	750
13	5500	35	1.9	0	30	1.7	1	400	800
14	5000	30	1.8	26.56	30	1.7	1	300	800
15	5000	30	1.9	0	30	1.8	1	300	750
16	5000	35	1.9	0	30	1.8	1	350	800

99-09-16 오후 9:26 NUM CAPS

<그림 4-1> 데이터의 선택

아래의 <그림 4-2>는 선택된 설계변수들에 대한 안정성을 검토하고 그에 대한 결과를 나타낸 부분으로서 기존설계의 검토에도 이용할 수 있다.

안정성검토

안전율(Fs)

전도에 대한 안전율

활동에 대한 안전율

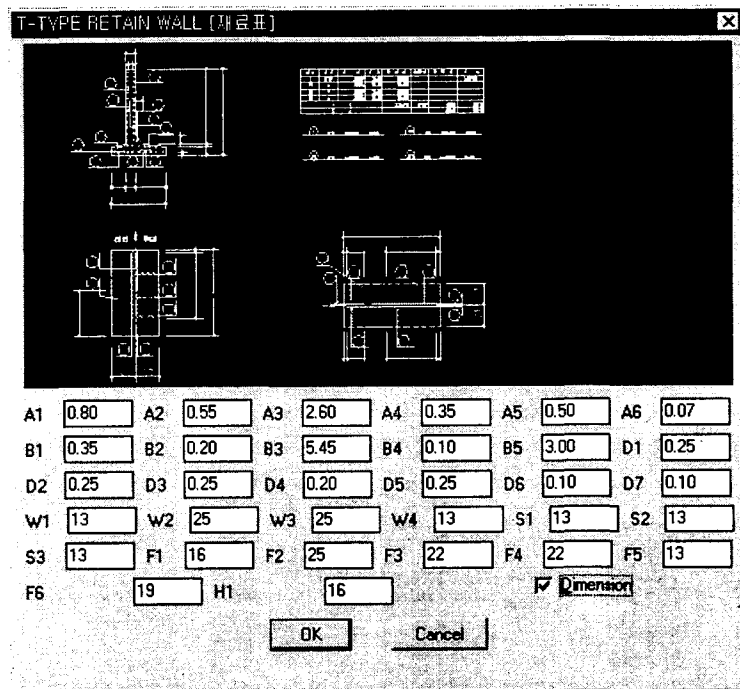
침하에 대한 안전율

99-09-15 오후 5:49

<그림 4-2> 안정성 검토(안전율)

5. AutoLISP & AutoCAD

본 프로그램에서는 AutoLISP 언어와 AutoCAD를 이용하여 도면 출력이 가능하게 하였다. 편리한 User Interface를 위해 DCL이 사용되었는데, DCL이란 Dialog Control Language의 약어로서 AutoCAD R12에서부터 지원이 되었으며 일반적으로 “대화상자 조정언어”라고 부른다. 그리고 웅벽의 계산 프로그램과의 데이터의 교환을 위해 AutoLisp가 사용되었다. AutoLISP란 LISP언어를 수행할 수 있도록 AutoCAD 패키지에 포함된 도구로서, AutoCAD상에서 언어의 기능과 매크로의 기능등을 수행할 수 있는 고급언어이며, 그래픽환경에 맞게 만들어 졌기 때문에 사용자의 입장에서는 매우 편리하다.



<그림 5-1> DCL언어에 의한 도면작성 창

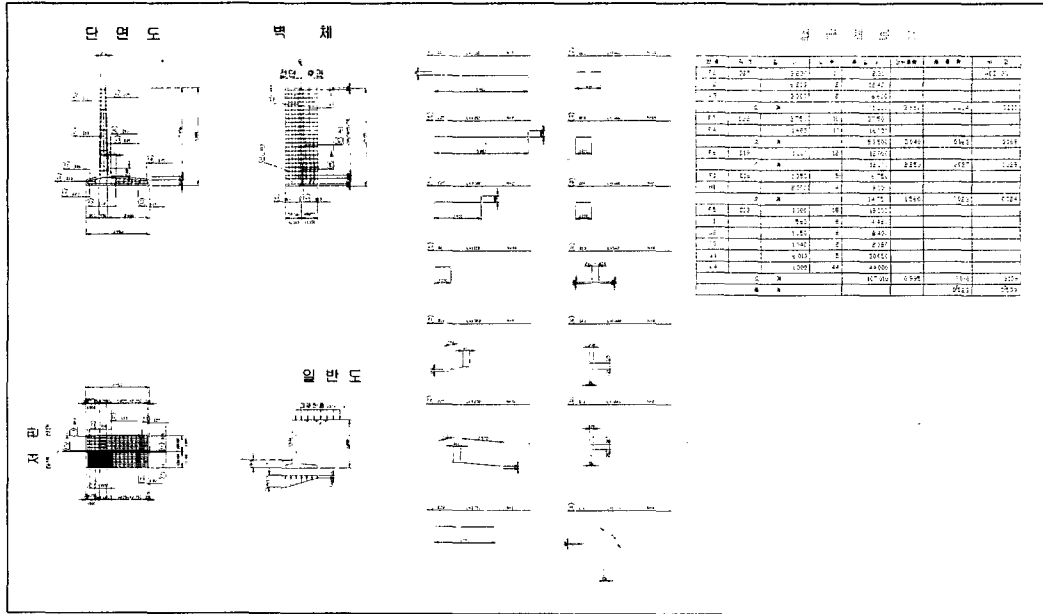
6. 설계 프로그램과 도면작성 프로그램간의 연결

이 단계는 <그림 2-1>의 결과 출력 및 데이터 저장 부분으로 모든 안정성 검토가 끝난 결과들로부터 설계 계산 보고서를 작성할 수 있고, 그 결과는 저장되어 다음 설계에 이용될 수 있다. 그리고 그 데이터들의 직접 연결에 의해서 도면이 자동으로 작성이 된다.

설계계산은 Visual Basic Language로 수행이 되었으며, 도면의 작성은 AutoLISP를 이용한 AutoCAD로 이루어졌다. 따라서 두 개의 다른 프로그램상의 데이터의 교류가 있어야 하는데, 이 문제를 해결하기 위해서 먼저 설계계산 프로그램 부분에서 도면에 필요한 데이터 요소를 파일로 출력하고 이 데이터를 도면작성 프로그램인 AutoLISP로 다시 계산 및 매크로기능을 수행하여 AutoCAD프로그램으로 도면을 작성한다.

도면은, 먼저 설계계산에 의해서 얻어진 결과와 시방서 조항을 바탕으로 하여 건설기준도면에 맞추어 작성

이 되게 하였다. 철근 피복두께의 치수, 이음길이, 배근간격 등은 시방서 조항에 따랐고, 그 외의 물량산출이나 재료표 등은 기존의 여러 도면을 참고로 하여 작성하였다.



<그림 6-1> 프로그램에 의한 도면 출력

7. 기존설계 자료와 프로그램에 의한 결과와의 비교

본 프로그램에 의한 결과의 신뢰도를 알아보기 위해 이미 설계 시공되었던 자료와 비교를 하였다. 지반조건과 하중 상태는 동일할 때, 안전율의 값과 구조계산을 하는 단면의 설계강도 (M_d)를 비교하였다.

높 이 : 6.0m

토압계수 : Rankine

Concrete : $f_{ck} = 210 \text{ kgf/cm}^2$

철 근 : $f_y = 3000 \text{ kgf/cm}^2$

상재하중 : 1.0 tf/m^2

	기존 설계자료	프로그램에 의한 결과
전도 안전율	3.069	3.072
활동 안전율	2.007	2.014
침하 안전율	5.124	5.497
연직벽체(D25@12.5cm)	43.007 tf · m/m	42.983 tf · m/m
뒷 푸팅 하부(D22@12.5cm)	35.045 tf · m/m	35.113 tf · m/m

<표 7-1> 기존설계 자료와 프로그램에 의한 결과와의 비교

위 결과표에서 보면, 기존설계 자료와 보고서 출력 프로그램에 의한 결과가, 동일 조건하에서는 거의 일치함을 알 수 있다.

8. 결론

본 논문에서는 여러 가지 환경적인 요인에 따라 많은 변수가 작용하는 토목구조물중 비교적 간단한 구조인 쉘레버식 옹벽의 설계를 자동화하여, 설계자들의 반복적인 작업에 기인하는 실수와 경비 및 시간의 낭비를 없애는데 중점을 두었다.

기존의 동종의 여러 프로그램의 단점으로는, 참조 자료의 부족(시방서 등) 과 사용자의 선택에 대해 매우 제한적인 것을 들 수 있는데, 참조 자료의 부족은 판단을 요구할 때마다 참조 자료를 제시하였고 결과 보고서의 출력에서 또한 충분히 제시하였다. 그리고 데이터의 입력에서는 설계자가 세부적인 내용까지 자유롭게 선택할 수 있도록 하였다.

이 프로그램의 또 다른 장점으로는 기존의 설계데이터를 체계적으로 정리, 데이터 베이스화 하여 필요할 때 참조할 수 있다는 것이다. 기존의 데이터와 유사하거나 동일한 조건일 때는 일부 데이터만 수정하거나 기존 데이터를 수정 없이 이용할 수 있다. 그리고, 구조 계산 프로그램과 도면 작성 프로그램을 연결하여 계산 결과가 다른 수정 작업 없이 바로 도면작성이 이루어지도록 하였다. 데이터의 직접연결에 의해 구조계산서와 그에 부합하는 도면을 출력할 수 있게 하였다. 구조 계산서는 시방서 조항과 기타의 조항을 만족하도록 꾸며 졌으며, 도면 또한 표준도면에 준하여 작성이 되도록 하였다.

본 프로그램에서 개선되어야 할 부분은, 사용자가 보다 편리하게 사용하고 설계에 익숙하지 못한 사람도 능히 전문가와 같은 결과를 가져올 수 있게 전문가 시스템 기법을 많이 가미하여야 한다는 것이다. 그리고 데이터의 처리 방법과 기능도 개선을 해야 할 것이다.

9. 참고문헌

1. Braja M. Das "Principles of Geotechnical Engineering" Fourth Edition, PWS Publishing Company
2. 金 翔 圭 "土質力學(理論과 應用)" 1996. 1. 10 淸文閣
3. 建設図書 編輯部 "道路構造物の 設計計算例" 建設図書
4. "콘크리트구조 설계기준" 1999 건설교통부
5. "콘크리트 표준시방서" 1999 한국콘크리트 학회
6. "도로교 표준시방서(설계/시공 및 유지관리편)" 1996 건설교통부
7. "콘크리트 표준시방서" 1996 大韓土木學會
8. Dr. R. J. Allwood "Expert Systems in the Construction Industry" 1995. 9. 22 대한 토목학회 부산경남지회 초청강연
9. 정영식 "Structural Design Using Artificial Intelligence Techniques" 1995. 9. 22 대한 토목학회 부산경남지회 초청강연
10. "건축설계 자동화를 위한 통합데이터베이스 개발" 1997. 12 건설교통부

11. 이경준, 김현우, 이재규, 김태환 “Case-and Constraint-Based Project Planning for Apartment Construction” 1998 Spring American Association for Artificial Intelligence
12. 류광렬, 황준하, 강재호 “CBR의 Adaption 기법 연구” 1996. 3. 부산대학교 컴퓨터응용기술 산학공동연구소
13. 류광렬, 강재호, 강유경 “학습을 적용한 CBR의 Indexing 기법 개발” 1997. 11. 부산대학교 컴퓨터및정보통신연구소
14. 文濟吉 외 “철근 콘크리트” 1995. 1. 東明社