옹벽자동설계프로그램

RAD PRO. MANUAL

(VERSION 5.0.2)

목 차

1. RAD에 대하여 ····· 1

1.1 개 요 ····· 1

1.2 프로그램의 기능 ····· 2

1.3 프로그램 운영체제 ····· 2

1.4 프로그램 개발환경 ····· 2

1.5 사용전 유의사항 ····· 3

2. 데이터 입출력 파일 ····· 4

2.1 데이터 파일 ····· 4

2.2 구조계산서 결과 파일 ····· 4

3. 데이터 입력 ····· 5

3.1 기본사항 ····· 5

3.2 단면선정 데이터 ····· 8

3.3 설계조건 데이터 ····· 11

3.4 기초조건 데이터 ····· 15

3.5 말뚝데이터 ····· 21

3.6 철근데이터 ····· 25

4. 안정검토 및 단면검토 실행 ····· 27

5. 결과보기 ····· 28

5.1 단면형상 보기 ····· 29

5.2 결과파일 편집(그림삽입) ····· 30

5.3 구조계산서 보기 ····· 31

6. 토 압 계 산 ····· 32

6.1 지표면이 수평인 경우 ····· 33

6.2 지표면이 경사진 경우 ····· 35

7. 기초의 안정검토 ····· 43

7.1 직접기초 안정검토 ····· 44

7.2 말뚝기초 안정검토 ····· 48

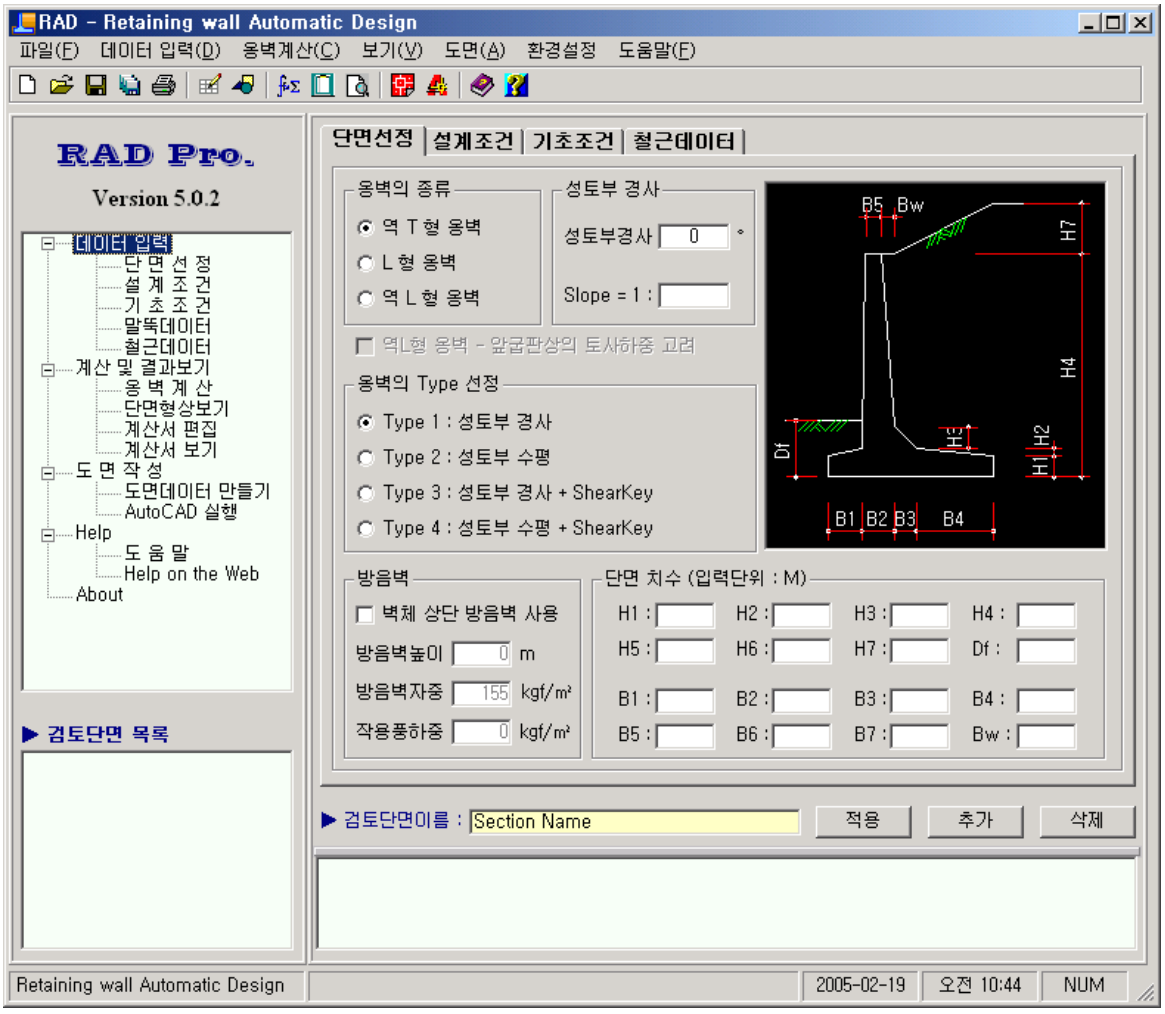
제 1 장 RAD에 대하여..

1.1 개 요

RAD : RAD는 Retaining wall Automatic Design program의 약자로 옹벽 자동설계 프로그램 의미합니다.

또한 RAD는 운외창천에서 개발한 토목설계 유틸러티 프로그램 그룹인 Civilsky N Civil-Structure Group 중의 하나입니다.

프로그램의 적용 : 본 프로그램은 옹벽 설계를 위한 전용 프로그램으로 사용자의 선택에 따라 상시 및 지진시에 대한 설계가 모두 가능합니다. 상시설계는 현행 설계기준에 준하여 설계를 하며, 지진시 설계는 Mononobe-Okabe의 의사정적토압계수를 적용하여 설계합니다.



1.2 프로그램의 기능

안정검토 : 각 입력창을 통하여 입력받은 데이터를 이용하여 상시 및 지지신의 옹벽의 전도, 활동, 지지력 안정검토를 실시합니다. 본 프로그램에서 기초는 직접기초 및 말뚝기초의 적용이 모두 가능하며, 안정계산시 하중 결과를 정리하여 기초의 조건에 따라 안정검토를 실시합니다.

단면검토 : 계수하중 작용시의 각 단면력을 정리하여 각 부재의 최대 단면력을 산출하고 단면설계(철근량 계산)를 실시합니다. 철근량 계산시에는 자동옵션을 선택하여 철근량을 자동으로 산출할 수 있습니다.

구조계산서 작성 : 안정검토와 단면설계과정을 통하여 계산된 결과들을 정리하여 결과파일을 서식이 있는 텍스트 파일인 rtf 파일로 생성시킴으로써 프로그램내에서 확인하여 편집 및 출력이 가능하며 또한 rtf파일은 일반적인 워드 프로세서 프로그램과 호완이 뛰어나므로 MS 워드, 아래한글, 워디안 등에서도 편집하실 수 있습니다.

AutoCAD 도면 작성 : 입력받은 각 단면의 치수와 단면설계과정에서 계산된 철근량을 이용하여 도면을 작성하기 위한 데이터 파일을 생성시킴으로써 Visual Lisp과 DCL을 이용하여 AutoCAD에서 프로그램의 결과와 일치하는 도면을 자동으로 생성시킬 수 있습니다.

1.3 프로그램 운영체제

본 프로그램은 Windows 95 / 98 / ME / 2000 / XP 에서 사용 가능합니다.

1.4 프로그램 개발환경

PC : IBM 호완 기종
OS : Windows ME
CPU : Pentium III 700MHz
RAM : 512MB
Monitor : 17" (1152 X 864)
Language : Visual Basic 6.0 (SP 5)

1.5 사용전 유의사항

RAD 프로그램은 옹벽 전용 설계 프로그램이며, 개발단계에서 옹벽 설계시 고려될 수 있는 여러가지 경우에 대하여 이론치 그리고 수계산을 통하여 비교검증을 수행하였으며, 그 결과, 공학적으로 충분한 정확도의 결과를 산출함을 확인하였습니다.

아울러 국내 설계기준 및 시방서, 기타 설계참고도서, 그리고 구조역학 및 토질역학 관련서적 등을 참조하여 합리적인 설계가 이루어 질 수 있도록 하였습니다.

그러나 옹벽은 설계자의 의도, 혹은 설계조건에 따라 다양한 형태 및 조건을 가질 수 있으므로 본 프로그램을 옹벽의 모든 경우에 적용할 수는 없습니다. 따라서 그 적용은 일부형태 및 조건에 국한 될 수 있으며, 많은 부분의 판단을 필요로 하는 부분에서는 프로그램 개발자의 판단이 개입되어 있음을 밝힙니다. 또한 다양한 이론과 설계지식, 설계자의 판단이 요구되는 옹벽 설계자동화의 특성상, 본 프로그램 RAD를 이용하여 발생할 수 있는 어떠한 이익과 손실에 대하여도 RAD의 개발자에게는 권리와 책임이 없습니다.

또한 본 매뉴얼에 소개된 계산방법은 RAD에서 적용된 방법을 소개한 것일 뿐 옹벽을 설계하거나 해석함에 있어 유일한 방법은 아니며, 프로그램 개발자의 판단에 따라 선택한 계산방법을 소개한 것이므로, 사용자 혹은 제3자가 다른 방법으로 옹벽을 설계, 해석한다면 본 프로그램의 결과와 약간은 상이할 수도 있음을 인지하시기 바랍니다.

그러므로 프로그램을 사용하기 전에 옹벽의 설계와 본 프로그램의 사용에 대한 충분한 이해가 필요하며, 프로그램의 수행 결과에 대해서는 사용자의 검증이 반드시 필요합니다.

제 2 장 데이터 입출력 파일

RAD를 이용시 사용되는 입력 및 출력 파일에 대하여 알아봅니다.

RAD는 옹벽 안정검토와 각 부재의 단면검토를 수행할 수 있는 프로그램으로 데이터 파일과 결과파일을 생성합니다.
자세한 사항을 아래의 내용을 참조하십시요

2.1 데이터 파일

filename.rad (binary)
- RAD의 데이터 파일입니다.
- 초기 생성시에는 ***파일 > 새파일(New)*** 또는 아이콘을 이용합니다.
- 기존 파일을 열때는 ***파일 > 열기(Open)*** 또는 아이콘을 이용합니다.
- 구조해석을 시행하기 전에 반드시 ***파일 > 저장(Save)*** 또는 아이콘을 이용하여 저장하십시요

2.2 구조계산서 결과 파일

filename.rtf (rtf)
- RAD에서 구조계산서를 만들 경우, ***보기 > 계산서 편집(그림 삽입)*** 또는 아이콘을 이용하여 생성하는 파일입니다.
- 계산 결과파일인 *filename.txt*을 Load 하여 각 옹벽단면도를 자동으로 그리고 삽입하여 그림과 함께 저장됩니다.
- ***보기 > 계산서 보기*** 또는 아이콘을 이용하여 프로그램 상에서 확인하실 수 있습니다.

filename.txt (text)
- RAD에서 구조계산을 실행할 경우, 자동으로 생성되는 결과파일입니다.
- 옹벽의 단면도를 제외하면 계산서 파일인 *filename.txt*과 동일하며, 계산서 편집시 기본이 되는 파일입니다. 단,*filename.rtf* 파일과는 달리 텍스트만으로 저장됩니다.

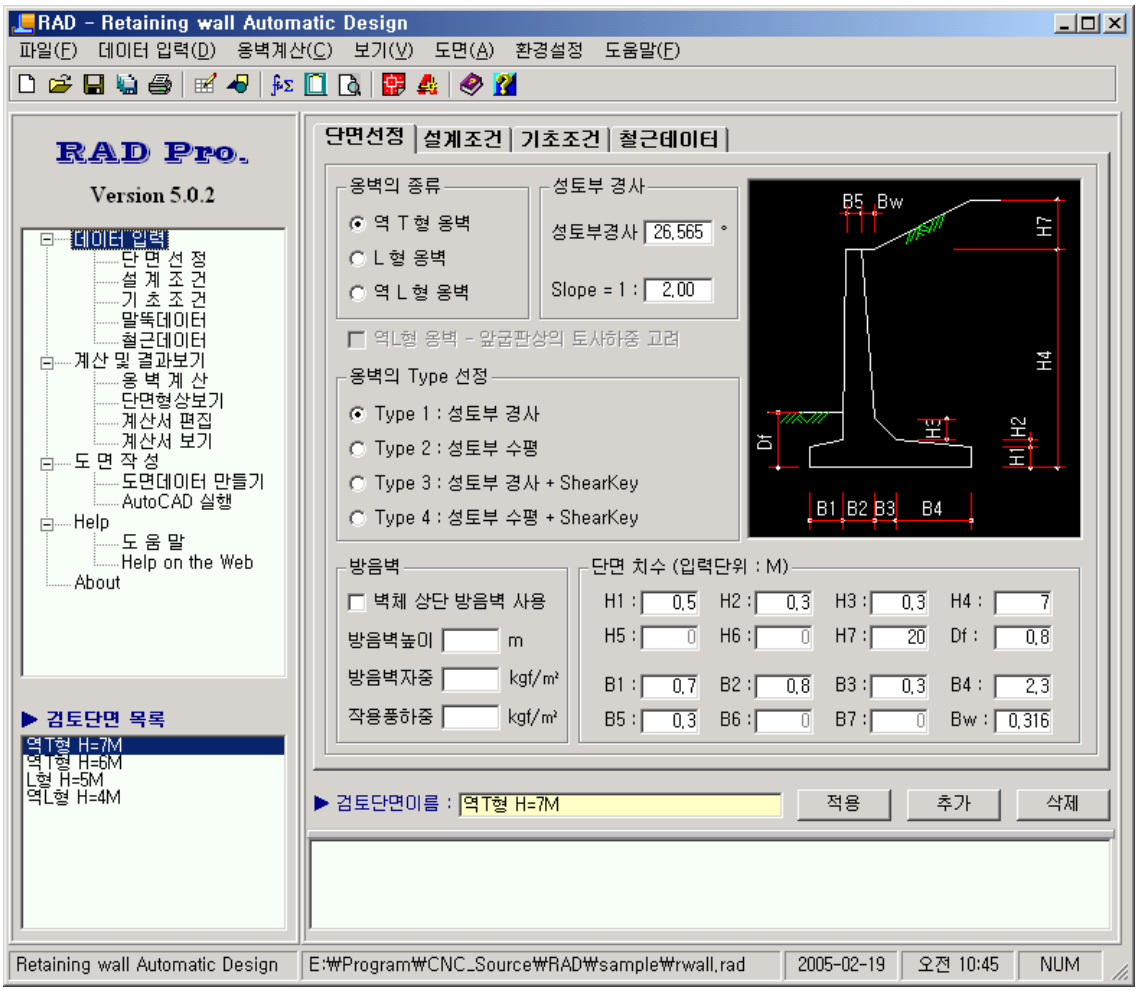
제 3 장 데이터 입력

3.1 기본사항

RAD를 이용하여 설계하고자하는 옹벽 데이터 입력시 기본사항입니다.

3.1.1. 프로그램의 실행창

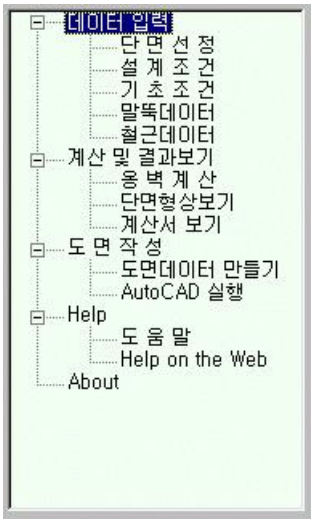
팝업메뉴의 *데이터 입력 > 단면선정*, 아이콘 또는 *Tree Menu*를 이용하여 다음 입력창을 열 수 있습니다.



전체적인 화면구성은 좌측에 Tree Menu와 검토단면 목록이 있으며, 우측은 데이터 입력부분과 검토단면이름 및 적용, 추가, 삭제 버튼 그리고 하단에 메시지 창으로 구성되어 있습니다.

3.1.2 실행창의 구성

1) Tree Menu



좌측에 있는 Tree Menu는 상단의 팝업메뉴와 툴바의 기능을 편하게 이용할 수 있도록 만든 메뉴입니다.

RAD는 데이터 입력이 간단하게 되어 있어 굳이 Tree Menu가 필요없을 수도 있으나, 사용자의 편의를 위하여 추가한 것이므로 익숙한 메뉴를 사용하시기 바랍니다.

2) 검토 단면 목록



RAD에서 동시에 검토할 수 있는 총 단면의 개수는 모두 7개이며, 더 이상의 단면은 다른이름의 파일로 저장을 하여야 합니다.

7개 단면 이하로 옹벽 단면을 여러개 검토할 경우, 각 옹벽 단면의 이름이 **검토단면 목록**에 추가됩니다.

따라서 검토단면 목록에서 다른 단면을 선택하기전에 입력중이던 데이터나 수정중이던 데이터는 반드시 **[적용]**이나 **[추가]** 버튼을 이용하여 데이터를 저장하여야 합니다.

3) 데이터 입력부분

데이터 입력부분은 다음 네가지로 구분되어 있습니다.

1. 단면선정
2. 설계조건
3. 기초조건
4. 철근데이터

각 데이터를 입력한 이후에 적용이나 추가 버튼을 이용하여 입력 및 변경한 사항을 계산용 변수에 저장할 수 있으며, 검토단면목록에서 임의의 한단면을 선택한 경우에는 선택한 단면의 입력사항을 Load하여 보여드립니다.

4) 검토단면 이름 및 적용, 추가, 삭제



1. 단면선정, 2. 설계조건, 3. 기초조건, 4. 철근데이터와 같은 모든 데이터를 입력 완료 후, 입력데이터를 저장하기 위하여는 반드시 검토단면이름에 검토할 옹벽의 검토제목을 기재하시고, **적용** 또는 **추가**버튼을 누르시기 바랍니다.

(1) **적용버튼** : 적용버튼은 데이터 입력창에 기재된 데이터를 계산용 변수로 저장을 하고, 검토단면 이름을 검토단면목록에 수정하여 등록합니다.
만약 첫번째 단면 입력이거나 검토단면목록에서 선택된 단면이 없을 경우, 첫번째 단면으로 추가하여 등록됩니다.
검토단면 목록에 등록된 단면이 있으며, 현재 목록에서 임의의 한 단면이 선택중에 있는 경우에는 데이터 입력창에서 변경한 내용이 선택한 목록의 단면 데이터로 수정되어 저장 및 등록됩니다.

(2) **추가버튼** : 추가버튼은 데이터 입력창에 기재된 데이터를 새로운 단면의 데이터로 저장하고 저장된 새로운 단면은 검토단면목록에서 마지막 단면으로 추가 등록됩니다.
따라서 현재 검토단면목록에서 어떠한 단면이 선택되어 있는가와는 상관없으며, 별개의 단면으로 추가되어 목록에 등록됩니다.

(3) **삭제버튼** : 검토단면목록에서 한단면을 선택한 후에 추가버튼을 누르시면, 선택한 단면을 삭제하고 그 이후의 데이터를 검토단면 목록에서 차례로 정리합니다.

데이터를 수정후에 적용이나 추가 버튼을 누르지 않으면 변경한 사항이 저장되지 않으므로 유의하시길 바랍니다.

5) 메시지 창

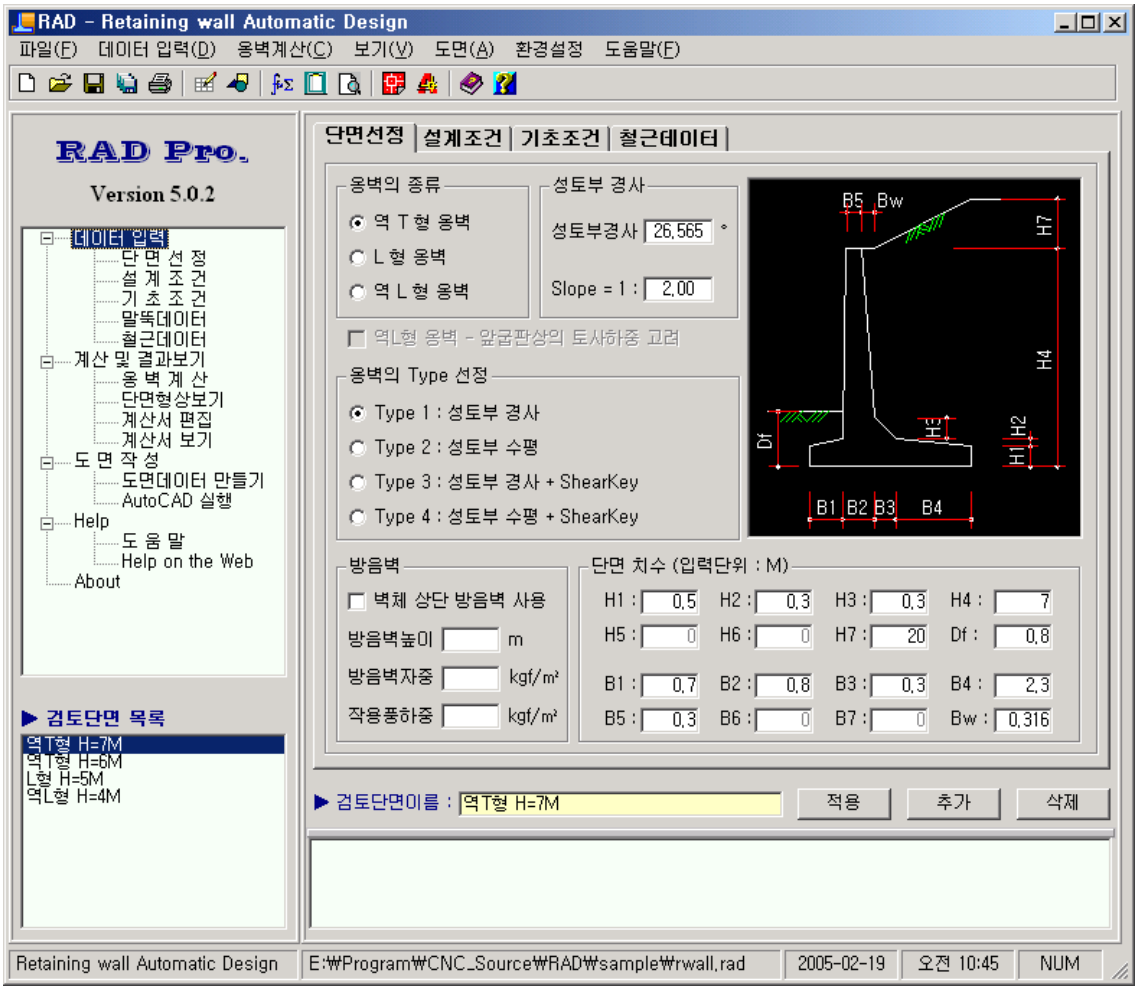
하단에 있는 메시지 창에서는 누락된 데이터를 체크하여 알려드리며, 프로그램의 사용중에 발생한 오류에 대하여 에러 메시지와 기타 계산 진행 사항등을 알려드립니다.

3.2 단면선정 데이터

RAD를 이용하여 설계하고자하는 옹벽의 단면을 선정합니다.

3.2.1 단면선정 입력창

팝업메뉴의 *데이터 입력 > 단면선정*, 아이콘 또는 *Tree Menu*를 이용하여 다음 입력창을 열 수 있습니다.



3.2.2 단면선정 데이터 입력내용

단면선정 데이터는 설계를 하고자 하는 옹벽에 대한 기본적인 조건을 입력받는 데이터 입니다.

안정검토나 단면검토를 수행함에 있어 필수적인 데이터이므로 반드시 필요한 모든 값을 입력하십시오.

1) **옹벽의 종류** : 현재 RAD 프로그램에서는 켄틸레버식 옹벽만 고려가 되며, 그 적용 종류는 **역 T 형 옹벽, L형 옹벽, 역L형 옹벽** 입니다.
원하는 옹벽의 종류를 선정하시기 바랍니다.

2) **앞굽판상의 재하토사 고려** : 이 옵션은 역L형 옹벽을 선택하신 경우에만 활성화되며 이 옵션을 선택하시면 옹벽의 앞굽판상의 재하토사 중량을 고려하여 구조계산을 실시합니다. 그러나, 옹벽의 앞굽판상의 토사는 옹벽전면 부지의 용도에 따라 유실될 우려가 있으며 또한 동결융해 등으로 기초의지지 및 보호에 대한 신뢰성이 떨어질 수 있어 고려하지 않는 것이 일반적인 원칙이므로 이 옵션을 선택할 경우에는 신중을 기하시기 바라며, 단면치수 입력시 Df의 값이 전면토피고로 고려가 되므로 Df를 입력시에도 실제 설계 토피고 보다 유실여부나 동결융해 등을 고려하여 유효한 값을 입력하시기 바랍니다.
또한 이 옵션은 토사의 중량만을 고려하는 옵션이며 기초전면의 수동토압을 고려할 경우에는 [**기초조건**] Data 입력에서 수동토압 고려 옵션을 별도로 선택하셔야 합니다.

3) **옹벽의 Type 선정** : 옹벽 배면의 사면 형태와 기초저면의 활동방지벽 설치 여부에 따른 옹벽의 Type을 선택합니다.
① TYPE 1 : 성토부 경사
② TYPE 2 : 성토부 수평
③ TYPE 3 : 성토부 경사 + ShearKey(활동방지벽)
④ TYPE 4 : 성토부 수평 + ShearKey(활동방지벽)
의 4가지 중에서 하나를 선택하십시오..
이 후에 입력할 「기초조건 데이터」에서 말뚝기초를 적용시에는 활동방지벽이 없는 Type1 또는 Type2를 선택하시기 바랍니다.
아울러 뒷채움 성토가 경사가 있을 경우에는 **성토부 경사** 데이터를 입력하여야 하며, 뒷채움 성토가 수평일 경우에는 옹벽벽체 상단에서 성토부 상면까지의 거리(H6)를 필요에 따라 입력할 수 있습니다.

4) **성토부 경사** : 옹벽의 Type선정에서 Type1 또는 Type3를 선택하신 경우에 필수적으로 입력하는 데이터 입니다.
뒷채움 성토부의 경사를 도(°)단위로 입력하시면 그 Slope를 계산하여 각도입력창 아래의 Slope창에서 보여드립니다. 실수형 숫자로 입력하십시요.

5) **방음벽** : 옹벽 벽체 상단에 방음벽 설치여부에 따른 데이터 입니다.
방음벽 사용을 체크하신 경우, 방음벽의 높이와 방음벽에 작용하는 풍하중의 크기를 입력하십시오. 옹벽 상단에 방음벽을 설치하지 않을 경우에는 입력하실 필요가 없습니다.

6) **단면치수** : **옹벽의 종류** 데이터와 **옹벽의 Type 선정** 데이터를 선택하시면 우측 상단의 단면도가 변화됩니다.

단면치수 데이터는 이 그림을 보면서 입력하는 데이터로 필요한 치수와 필요없는 치수의 입력여부에 따라 각 치수 입력창의 활성과 비활성이 변경됩니다.

기초의 높이인(H1)과 벽체 하단의 두께(B2) 및 벽체 상단의 두께(B5)는 필수적인 치수로 반드시 입력하셔야 하며, 그 외의 치수는 필요여부에 따라 0(zero) 혹은 소정의 치수를 실수단위로 입력하십시요.

단, 단면의 치수 입력시 벽체하단의 두께(B2)는 벽체상단의 두께(H5)와 벽체배면의 경사에 따른 수평거리(Bw)의 합보다는 반드시 크거나 같아야 하며, 벽체 전면의 경사에 따른 수평거리는 B2 - (B5 + Bw)로 자동계산됩니다.

또한, 옹벽의 Type선정에서 성토부 경사가 있는 Type1 또는 Type3를 선택하신 경우에는 사면의 높이(H7)를 반드시 입력하셔야 하며, 사면의 높이가 불확실한 경우에는 주동토압 영역을 고려하여 20 ~ 30m 이상으로 큰값을 입력하시면 반무한사면으로 고려가 됩니다.

3.2.3 단면선정 입력내용의 저장

단면선정 입력내용을 입력하신 후, 이 외의 데이터인 **설계조건, 기초조건, 철근데이터**를 입력하실 수 있습니다. 단, 프로그램 실행창의 좌측 하단에 있는 검토단면 목록에 등록하기 위해서는 실행창 하단의 **[적용]** 또는 **[추가]** 버튼을 누르셔야 입력하신 데이터가 저장됩니다.

만약, **[적용]**이나 **[추가]** 버튼을 누르지 않고 검토단면 목록에서 다른 단면을 선택한 경우에는 변경한 내용이 저장되지 않으므로 주의하시기 바랍니다.

3.3 설계조건 데이터

RAD를 이용하여 설계하고자하는 옹벽의 기본설계조건을 입력합니다.

3.3.1 설계조건 입력창

팝업메뉴의 *데이터 입력 > 설계조건*, 아이콘 또는 *Tree Menu*를 이용하여 다음 입력창을 열 수 있습니다.



3.3.2 설계조건 데이터 입력내용

설계조건 데이터는 설계를 하고자 하는 옹벽에 대한 기본적인 설계조건을 입력받는 데이터입니다.

안정검토나 단면검토를 수행함에 있어 필수적인 데이터이므로 반드시 필요한 모든 값을 입력하십시오.

1) 재료의 특성 : 콘크리트 및 철근, 토사에 대한 설계조건입니다.
각 재료의 강도 및 단위중량 등을 입력하시고, 토사의 내부마찰각을 입력하시기 바랍니다.

2) 과재하중 : 지표 과재하중 데이터는 옹벽 배면에 작용하는 과재하중의 크기를 입력하는 것으로, 옹벽배면 지반에서 수평부에 과재하중이 작용하는 것을 기본전제로 합니다. 따라서 RAD에서는 과재하중을 0 보다 큰 크기로 입력하더라도, 뒷채움토에 경사가 있는 옹벽에서는 주동토압영역, 즉 흙쐐기의 상부에 수평부가 없을 경우에는 과재하중의 작용이 고려되지 않습니다. 이는 도로 노면 활하중과 같은 활하중으로 과재하중을 고려하기 때문입니다.

그러나 뒷채움토의 경사가 크지 않아 「기초조건데이터」입력에서 랜킨과 쿨롱토압계수를 적용하고 사면에 지표상재하중 적용 옵션을 선택한 경우에는 사면의 경사면에도 과재하중을 작용시킬 수 있습니다.

아울러 사면의 높이가 높지 않아 지반의 상부 수평부가 주동토압영역에 존재하더라도 시행흙쐐기법을 적용하게 되면 과재하중은 흙쐐기의 중량에 포함되어 계산되므로 별도 계산되지 않으며 토압에 포함되어 계산되게 됩니다. (건교부 옹벽표준도 연구용역 보고서 참조)

과재하중은 일반적으로 활하중이 대부분이나 특별히 고정하중을 나누어 고려할 경우에는 과재고정하중을 구분하여 입력하십시오. 단 과재고정하중을 입력시에는 내진설계시 관성력에 고려되어 계산되므로 유의하시기 바랍니다.

2) 강도 감소 계수 : 옹벽의 각 단면 검토는 강도설계법으로 검토를 합니다. 따라서 휨설계시의 휨강도 감소 계수와 전단설계시 전단강도 감소계수를 선택하십시요.

3) 내진설계 여부 : 옹벽의 내진설계의 수행여부를 선택하십시요.

4) 지진시 계수 : 내진설계를 수행할 경우에, 수평지진계수 및 가속도계수를 구하기 위하여 지진 구역계수와 위험도 계수를 입력하십시요.(도로교 설계기준 내진설계편 참조)

5) 하중 조합 : RAD에서는 도로교 설계기준(2000) 및 콘크리트 구조설계기준(1999)의 내용에 따라 하중조합을 자동으로 실행하는 것이 가능하며 그 외 사용자가 직접 하중조합계수를 입력하는 사용자 정의 하중조합이 가능하도록 하였습니다.



①도로교 설계기준 하중조합

LCB1 : 1.3D + 2.15L + 1.7H (상시)

LCB2 : 1.3D + 1.7H + 1.3W (상시)

LCB3 : 1.3D + 1.3L + 1.7H + 0.65W (상시)

LCB4 : 1.0D + 1.0H + 1.0E (지진시)

방음벽이 없어 풍하중이 없을 경우는 LCB1, LCB4 만 적용하며, 사용하중조합은 모든 하중계수를 1.0으로 자동 적용합니다.

②콘크리트 구조설계기준 하중조합

LCB1 : 1.4D+1.7L+1.8H (상시)

LCB2 : 0.75(1.4D+1.8H+1.7W) (상시)

LCB3 : 0.75(1.4D+1.8H+1.8E) (지진시)

방음벽이 없어 풍하중이 없을 경우는 LCB1, LCB3 만 적용하며, 사용하중조합은 모든 하중계수를 1.0으로 자동 적용합니다.

③사용자 정의 하중조합

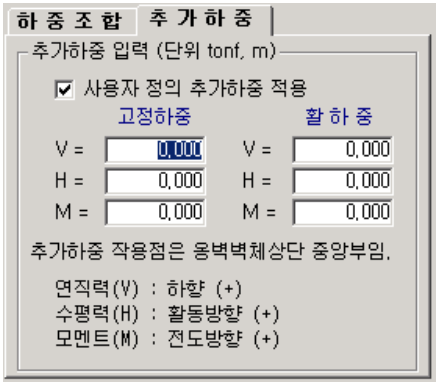
최대 4개까지의 사용자 정의방식이 적용가능하며 각 하중조합에 대하여 Seis Chk.를 체크하여 지진시 하중조합으로 입력하실 수 있습니다. 단, Seis Chk.를 적용하기 위해서는 내진설계 고려여부에서 내진설계 고려가 선택되어 있어야 합니다.

또한 하중계수 입력시 Wind/Seis 입력란은 Seis Chk. 의 체크여부에 따라 상시에는 풍하중의 하중계수로 적용되며, 지진시에는 지진하중의 하중계수로 인식됩니다.

사용자 정의 하중조합에서는 계수하중조합만을 적용하며, 사용하중조합은 하중계수가 1.0으로 자동고려되므로 별도로 입력하지 않습니다.

사용자의 임의에 따라 사용자정의 하중조합을 사용하중조합으로 활용할 수도 있으나 이러한 경우, 계수하중조합으로 인식되어 균열검토에 적용되지 않으므로 유의하시기 바라며, 단지 부재력 값을 확인하는 정도로만 활용하시기 바랍니다.

6) 추가하중 입력 : 사용자 정의 하중으로 옹벽 벽체 상단 중앙부(B5의 중앙 지점)에 하중을 재하합니다.



추가하중은 고정하중과 활하중으로 나누어 입력할 수 있으며, 하중방향의 부호규정은 다음과 같습니다.

연직력(V) : 옹벽 자중 작용 방향 (+)

수평력(H) : 옹벽의 활동을 일으키는 방향 (+)

모멘트(M) : 옹벽의 전도를 일으키는 방향 (+)

상시 하중조합에서는 고정 및 활하중이 모두 고려되며, 지진시 하중조합에서는 고정하중만 적용됩니다.

7) 수평 철근 (온도 및 건조수축 철근) : 옹벽의 주철근 외에 배근되는 수평철근에 대한 데이터를 입력합니다.

수평철근의 배근량을 각 단면적의 몇 %를 할 것인지 선택하시고, 수평철근의 배근간격을 입력하시면, 필요한 배근량을 만족하는 철근직경을 자동으로 산출합니다.

(옹벽 설계시 소요의 수평철근에 대한 규정은 콘크리트 구조설계기준 옹벽편을 참고하시기 바랍니다.)

3.3.3 설계조건 입력내용의 저장

설계조건 입력내용을 입력하신 후, 이 외의 데이터인 **단면선정, 기초조건, 철근데이터**를 입력하실 수 있습니다. 단, 프로그램 실행창의 좌측 하단에 있는 검토단면 목록에 등록하기 위해서는 실행창 하단의 **[적용]** 또는 **[추가]** 버튼을 누르셔야 입력하신 데이터가 저장됩니다.

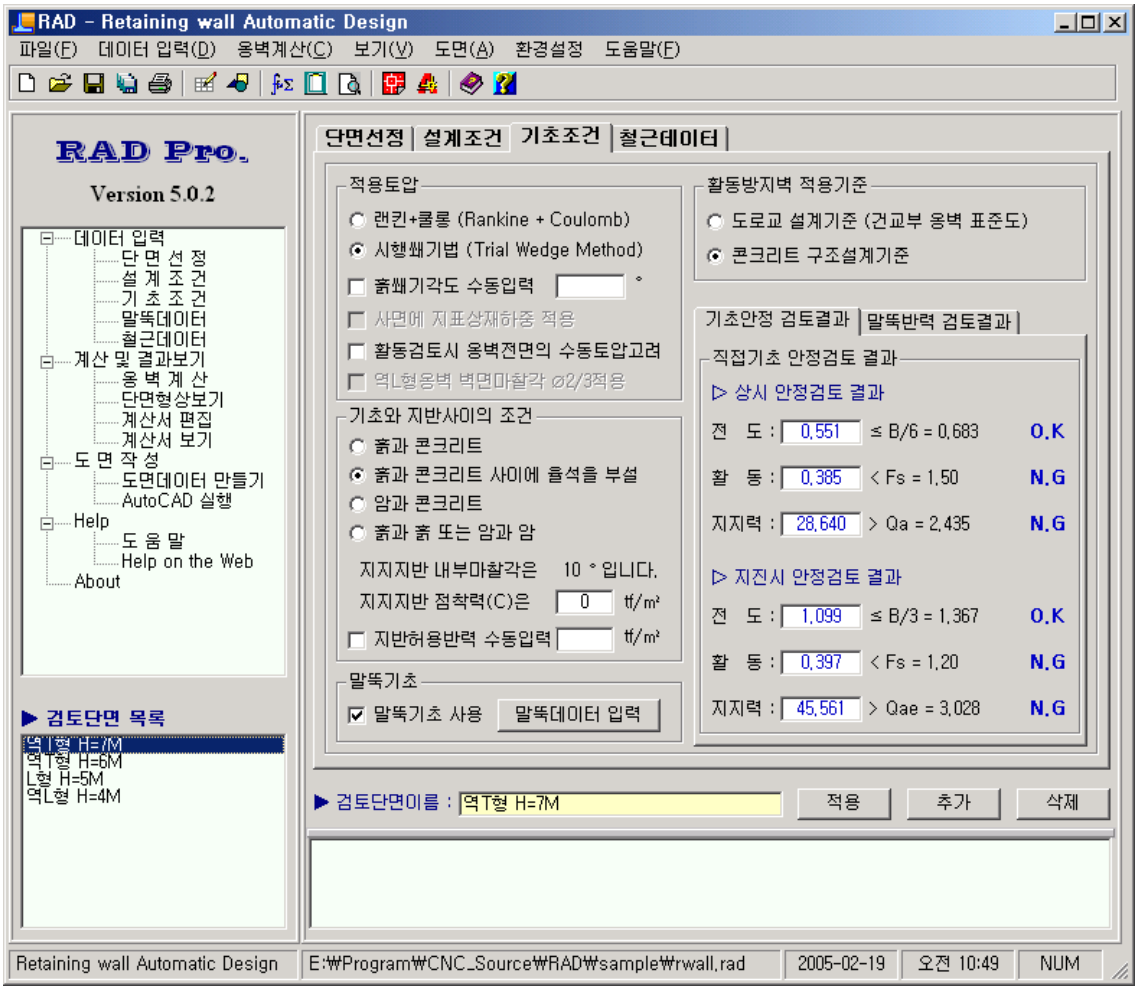
만약, **[적용]**이나 **[추가]** 버튼을 누르지 않고 검토단면 목록에서 다른 단면을 선택한 경우에는 변경한 내용이 저장되지 않으므로 주의하시기 바랍니다.

3.4 기초조건 데이터

RAD를 이용하여 설계하고자하는 옹벽의 기초조건 데이터를 입력합니다.

3.4.1 기초조건 입력창

팝업메뉴의 *데이터 입력 > 기초조건*, 아이콘 또는 *Tree Menu*를 이용하여 다음 입력창을 열 수 있습니다.



3.4.2 기초조건 데이터 입력내용

기초조건 데이터는 설계를 하고자 하는 옹벽에 적용할 토압과 기초의 조건에 관련된 데이터입니다.

안정검토나 단면검토를 수행함에 있어 필수적인 데이터이므로 반드시 필요한 모든 값을 입력하십시오.

1) 적용토압 : Rankine + Coulomb 토압계수를 이용한 토압을 적용할 것인지, 시행흙쐐기법에 의한 토압을 적용할 것인지를 선택하시기 바랍니다.

① 랜킨 + 쿨롱 토압 (Rankine + Coulomb) : RAD는 뒷채움 성토부가 수평인 경우 랜킨+쿨롱을, 경사가 있을 경우 시행쐐기법을 기본으로 합니다. 그러나 사용자의 판단에 따라 경사가 있을 경우에도 랜킨+쿨롱토압을 적용하실 수 있습니다. 단 뒷채움 경사가 커서 「 뒷채움 경사 + 5°≥뒷채움 흙의 내부마찰각 」 인 경우에는 랜킨+쿨롱토압을 적용할 수 없습니다. 이는 경사가 클 경우 루트(√)안이 (-)가 나오는 수학적 오류가 발생하기 때문에 이런 경우에는 반드시 시행흙쐐기를 적용하도록 하였습니다.

랜킨+쿨롱 토압을 적용할 경우에는 도로교 시방서(1996)에 따라 안정검토시에는 랜킨토압을 적용하고 단면검토시에는 쿨롱토압을 적용합니다.

② 시행흙쐐기법 (Trial Wedge Method) : 뒷채움 경사가 수평인 경우에는 시행흙쐐기를 적용할 수 없습니다. 정히 적용하실 경우에는 경사를 0.0001°와 같이 아주 작은 값으로 입력하여 시행쐐기 검토가 가능하나 권장하지는 않습니다.

시행흙쐐기법을 사용하신 경우에는 0.5°단위로 쐐기의 파괴각을 변경해 가며, 최대토압이 발생하는 상태를 찾아 계산을 합니다.

사면의 높이가 낮아 가정된 쐐기의 상면에 상부 수평부가 존재할 경우에는 수평부의 길이만큼 상재하중이 적용되며, 쐐기각 산출시 쐐기의 중량과 상재하중의 크기를 고려하여 쐐기각을 산출하게 됩니다.

③ 흙쐐기 각도 수동입력 : 이 기능은 시행흙쐐기법을 선택하신 경우에만 사용할 수 있는 기능입니다. 시행흙쐐기는 주동파괴각도를 가정해가며 최대의 토압계수가 나오는 각도와 토압계수를 산정해 내는 일종의 시행착오법(Trial Error Method)입니다. 그러나 옹벽 배면의 지반이 암반이라든지 절리가 있어 임의의 각도에서 보다 암반면이나 절리가 있는 사면에서 주동파괴가 일어날 확률이 크다고 판단되는 경우에 그 각도를 직접 입력하는 방법입니다. 이 옵션을 선택한 경우에는 입력된 한 각도에 대하여만 검토하므로 다른 임의의 각도와 비교하여 결과를 나타내지 않습니다. 따라서 이 옵션을 선택하실 경우, 충분히 고려를 하신 경우만 선택하시길 바랍니다.

④ **사면에 지표상재하중 적용** : 이 기능은 랜킨+쿨롱을 선택하신 경우에만 사용할 수 있는 기능입니다. RAD에서는 기본적으로 옹벽배면지반의 상부 수평면에만 상재하중이 작용한다는 것을 기본으로 합니다. 그러나 사면의 경사가 크지 않아 사면에 상재하중이 작용할 가능성이 있거나 사면의 경사가 35°인 경우 랜킨+쿨롱 토압을 적용하면서 뒷채움 경사를 20°로 가정하고 나머지 15°분의 성토부를 상재하중으로 처리하여 설계를 하고자 하는 경우에 사용하실 수 있는 기능입니다. 이러한 연유로, 사면에 지표상재하중 적용 기능을 사용하시는 경우에는 과재하중이 활하중이냐, 고정하중이냐를 구분하여 하중조합시 적용한 하중계수를 고려하여 계산하게 됩니다.

⑤ **활동검토시 옹벽전면에 수동토압고려** : 이 기능은 옹벽전면의 토피고(옹벽기초 활동방지벽 저면에서 옹벽전면 토피 상단까지의 거리)만큼의 수동토압을 고려하는 기능입니다. 대개의 경우, 옹벽전면의 토피는 무시하여 안정검토를 하는 것이 일반적이나, 경우에 따라서는 수동토압을 고려할 필요성도 있으리라 봅니다. 이 기능을 이용시에는 활동안정검토시와 단면검토시에 옹벽전면의 수동토압을 고려하며, 또한 이 기능은 역T형, L형, 역L형 모든 경우에 적용이 가능합니다. 그러나 옹벽전면의 토피고의 중량에 따른 전도안정이나, 앞굽판 검토단면력 산출과는 아무런 영향을 미치지 않습니다. 따라서 옹벽전면의 토사중량을 고려하려면 [**단면선정**] DATA 입력시 **역L형 옹벽 - 앞굽판상의 재하토사 고려** 옵션을 사용하시기 바라며, 재하토사 고려는 역L형 옹벽일 경우만 선택가능합니다.

※ ③,④,⑤의 기능은 그렇게 일반적인 경우가 아닙니다. 따라서 이 기능을 이용하실 경우, 충분히 해당상황을 고려하시고 사용하시길 바랍니다.

⑥ **역L형 옹벽 벽면마찰각 ∅2/3적용** : 이 기능은 역L형 옹벽에만 적용되는 기능이며 일반적인 설계시 흙과 콘크리트의 벽면마찰각은 ∅/3을 적용하는 경우가 대부분이나 중력식 옹벽의 경우에는 ∅2/3을 적용하도록 되어있는 점을 감안하여 역L형 옹벽의 경우에도 이를 준용하여 ∅2/3을 적용할 수 있도록 한 옵션입니다.

2) 기초와 지반사이의 조건

① **마찰계수 산정** : 기초와 지반사이의 조건에 따라 옹벽의 활동시 마찰계수가 산정이 됩니다. 조건에 따라 산정되는 마찰계수는 아래 표와 같습니다.

조 건	마찰각 $\varnothing_B$ (마찰계수 $\tan\varnothing_B$)	부착력 C_B
흙과 콘크리트	$\varnothing_B = (2/3)\varnothing$	$C_B = 0$
흙과 콘크리트 사이에 윤석을 부설하는경우	$\tan\varnothing_B = 0.6$ $\varnothing_B = \varnothing$ 중 작은 쪽	$C_B = 0$
암과 콘크리트	$\tan\varnothing_B = 0.6$	$C_B = 0$
흙과 흙 또는 암과 암	$\varnothing_B = \varnothing$	$C_B = c$

여기서.. $\varnothing_B$: 지지 지반의 전단저항각(내부마찰각)

c : 지지지반의 점착력

② **지반의 허용지지력** : 지반의 허용지지력은 기본적으로 Terzaghi 지지력 공식을 이용하여 계산하도록 되어있습니다.

그러나 현장시험을 통하여 허용지지력을 알고 있거나 기초지반이 과압밀토 등의 지반일 수 있으므로 이러한 경우에는 지반의 허용지지력을 수동으로 입력가능하도록 하였습니다.

3) **말뚝 기초** : 옹벽의 기초형식을 말뚝기초를 사용할 수 있습니다.

말뚝기초 데이터 입력은 「말뚝데이터」도움말을 참고하십시요

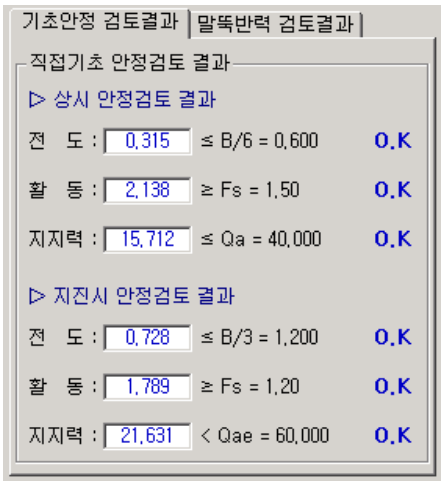
아울러 「단면선정」에서 옹벽의 Type 선정시 활동방지벽 (Shear Key)가 있는 형식을 선택하신 경우에는 말뚝기초를 적용할 수 없습니다. 따라서 말뚝기초를 적용할 경우에는 활동방지벽이 없는 단면종류를 선택하시기 바랍니다.

4) **활동방지벽 적용기준** : 옹벽에 활동방지벽을 설치하는 경우, 활동방지벽 적용기준을 선택하십시요.

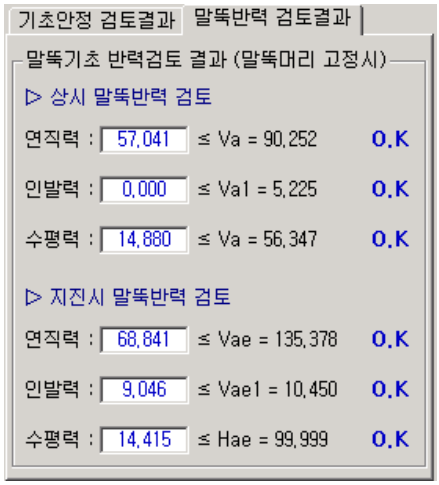
도로교 설계기준은 건교부의 옹벽 표준도 연구용역 보고서의 방식과 동일한 방식으로 기초 저면에서 혹은 활동방지벽 저면에서의 마찰지지 방식이며, 콘크리트 구조설계기준(콘크리트 시방서 1996) 방식은 마찰지지와 더불어 활동방지벽에 의한 수동토압 개념이 포함되어 있습니다.

대부분의 경우 콘크리트 시방서의 방식이 활동저항력이 크게 산출이 되므로, 기술자의 판단에 따라 적용할 설계기준을 선택하시기 바랍니다.

5) 기초안정 검토결과 및 말뚝반력 검토결과 : 검토결과란은 입력하는 데이터가 아닙니다.



<직접기초시 안정검토 결과>



<말뚝기초시 반력검토 결과>

여기서 보여드리는 값은 「1. 단면선정」「2. 설계조건」「3. 기초조건」「4. 철근데이터」를 모두 입력하신 후, 계산을 수행하고 난 이후에 각 해당 단면에 대한 기초의 안정검토 결과를 보여드리는 것입니다.

기초의 안정검토 결과를 확인하시고, 결과가 만족스럽지 못한 경우에는 필요한 데이터를 수정하여 다시 계산하실 수 있습니다.

3.4.3 기초조건 입력내용의 저장

기초조건 입력내용을 입력하신 후, 이 외의 데이터인 **단면선정, 설계조건, 철근데이터**를 입력하실 수 있습니다. 단, 프로그램 실행창의 좌측 하단에 있는 검토단면 목록에 등록하기 위해서는 실행창 하단의 **[적용]** 또는 **[추가]** 버튼을 누르셔야 입력하신 데이터가 저장됩니다.

만약, **[적용]**이나 **[추가]** 버튼을 누르지 않고 검토단면 목록에서 다른 단면을 선택한 경우에는 변경한 내용이 저장되지 않으므로 주의하시기 바랍니다.

3.5 말뚝데이터

RAD를 이용하여 설계하고자하는 옹벽의 말뚝기초 데이터를 입력합니다.

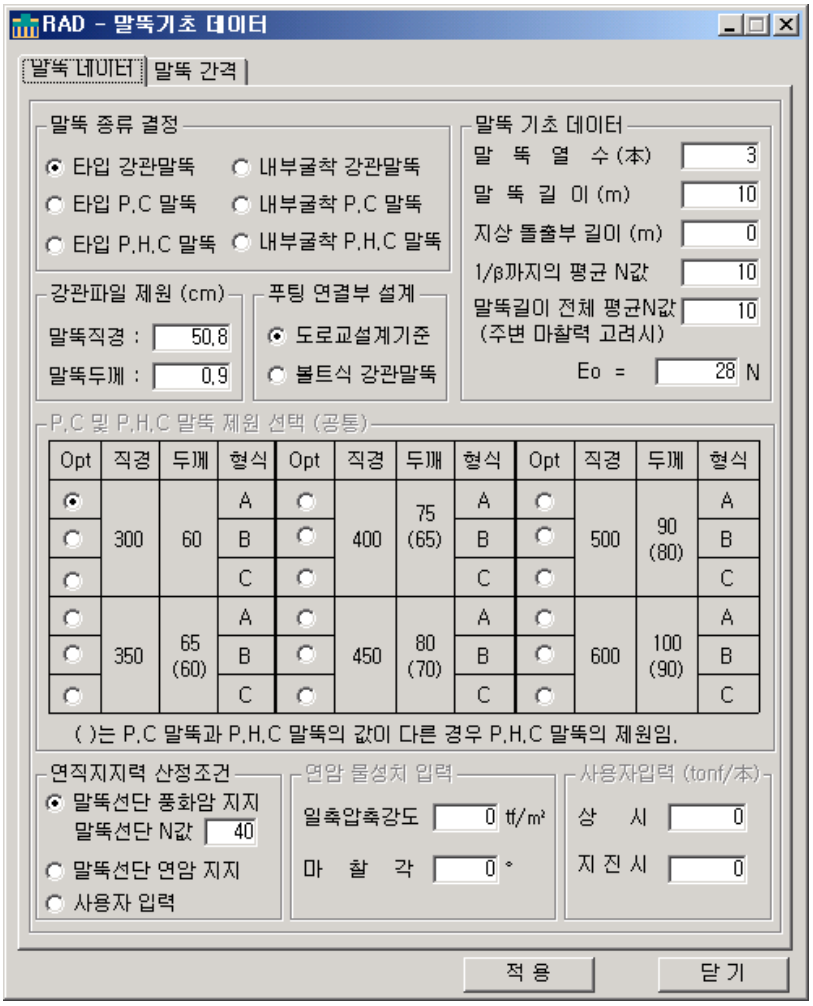
3.5.1 말뚝설계조건 입력창

말뚝설계조건의 입력창을 열기위해서는 먼저 「기초조건」의 말뚝기초 사용이 선택되어 있어야 하며, 「단면선정」에서 B 계열의 치수가 입력되어있어야 합니다.

이러한 조건 및 기초의 치수가 올바로 입력된 경우에 팝업메뉴의 *데이터 입력 > 말뚝데이터*, 아이콘 또는 *Tree Menu*를 이용하여 다음 입력창을 열 수 있습니다.

3.5.2 말뚝 데이터 입력내용

말뚝기초의 기본적인 설계조건을 입력받는 데이터 입니다. 안정검토나 단면검토를 수행함에 있어 필수적인 데이터이므로 반드시 모든 값을 입력하십시오.



1) **말뚝 종류 결정** : 사용하시고자 하는 말뚝의 종류를 선택하십시요.
RBDAP에서는 강관말뚝, PC말뚝, PHC말뚝의 적용이 가능하며, 근입방법은 타입식과 내부굴착식 2가지의 적용이 가능합니다.

2) **강관파일 제원** : 말뚝의 종류에서 강관파일을 선택하신 경우 입력하는 데이터 입니다.
해당 입력창에 강관파일의 직경 및 두께를 cm 단위로 입력하시기 바랍니다.

3) **푸팅 연결부 설계** : 말뚝머리와 기초의 연결부 설계방법을 선택하는 데이터 입니다.
도로교 시방서에 명시된 방법과 볼트식 강관말뚝 연결방법이 있으며, PC 및 PHC 말뚝은 볼트식 강관말뚝 연결방법을 선택하실 수 없습니다.

4) **PC 및 PHC 말뚝 제원 선택** : 말뚝종류에서 PC 및 PHC 말뚝을 선택하신 경우, 해당 말뚝의 세부 제원을 선택하는 데이터 입니다.
강관말뚝을 선택하신 경우에는 사용하실 수 없습니다.

5) **말뚝기초 데이터** : 말뚝 열수, 길이, 지상돌출부 길이, 1/β까지의 평균 N값, 말뚝길이 전체 평균 N값을 각각 입력하십시요.
말뚝 열수는 2~8열까지 가능하며 말뚝의 열수를 입력하여야 말뚝간격 및 말뚝의 경사 등을 입력할 수 있습니다.
말뚝길이 전체 평균 N값은 말뚝의 주변마찰력 계산시 사용되는 값입니다.

6) **연직 지지력 산정 조건** : 말뚝의 연직 지지력 산정을 위하여 선단지지 방식을 선택하는 입력 데이터입니다.
말뚝선단 연암지지방식이나 **사용자 입력**방식을 선택하실 경우, **연암물성치** 또는 말뚝 본당 지지력을 사용자가 직접입력하여야 합니다.

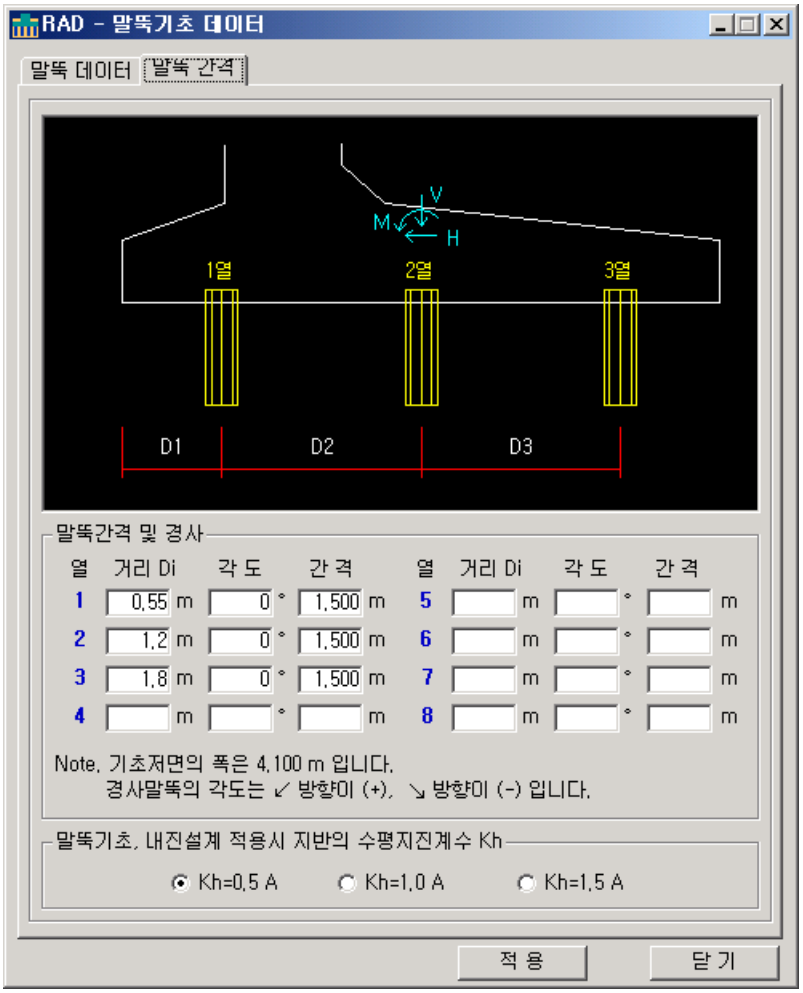
7) **연암 물성치 입력** : 말뚝의 선단이 연암에 지지될 경우 연암의 물성치를 입력하는 데이터입니다.
연암의 일축압축강도 및 마찰각을 각각 입력하시기 바랍니다.

8) **사용자 입력** : 말뚝의 연직 지지력을 재하시험 등을 통하여 사용자가 이미 알고 있을 경우, 말뚝의 연직 지지력을 사용자가 직접 입력하는 데이터입니다.
사용자 입력방식으로 지지력을 입력하신 경우, 말뚝의 연직지지력은 입력된 값을 기준으로 검토합니다.

3.5.3 말뚝 간격 입력내용

말뚝기초의 기본적인 설계조건을 입력받는 데이터 입니다. 말뚝의 열수를 2~8열 사이로 입력하신 경우에만 사용할 수 있습니다. 단면설계를 수행함에 있어 필수적인 데이터이므로 반드시 모든 값을 입력하십시요.

앞서 입력받은 말뚝의 열수에 해당되는 입력창만 사용가능합니다.

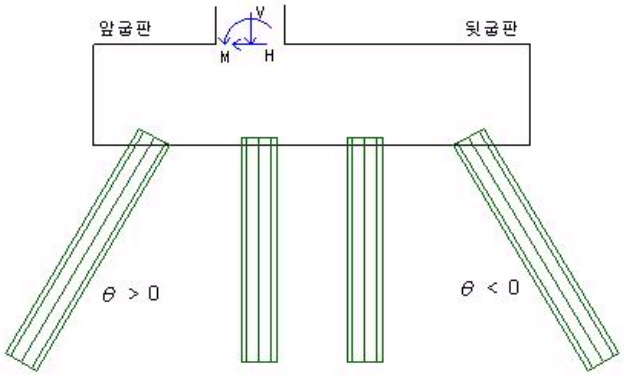


1) 말뚝 거리 : 말뚝 각 열의 거리를 입력하는 데이터 입니다.

그림에서 나타난 바와 같이 각 열간의 거리 Di를 입력하십시요.

2) 말뚝 각도 : 말뚝 각 열의 각도를 입력하는 데이터 입니다.

연직말뚝이면 0°를 입력하시고 경사말뚝을 사용할 경우 각도 θ 의 ±부호규약은 아래의 그림을 참조하십시요.



3) **말뚝 간격** : 말뚝 각 열의 말뚝간격을 입력하는 데이터 입니다.
각 열에서 말뚝의 거리를 얼마의 간격으로 사용할 것인지를 입력하시고 각 열당 배치거리는 각기 다르게 입력하실 수 있습니다.

3.5.4 수평지진 계수 Kh

말뚝기초의 기본적인 설계조건을 입력받는 데이터 입니다. 내진설계 수행시 말뚝기초형식을 택하시더라도 기본적으로 직접기초시 안정검토를 수행후 말뚝기초의 안정검토를 수행하게 됩니다.

이러한 경우, 직접기초 검토시에는 변위를 허용하는 구조물로 가정하여 수평지진 계수 Kh를 0.5A를 적용하나 말뚝기초 검토시에는 사용자가 적절한 수평지진계수를 선택하도록 하였습니다.

말뚝기초에서 경사말뚝의 사용여부 등을 고려하여 적절한 수평지진계수를 선택하시기 바랍니다.

3.5.5 말뚝설계조건 입력내용의 저장

말뚝설계조건의 입력내용을 입력하신 후, **[적용]** 버튼을 누르셔야 입력한 내용이 저장됩니다. **[적용]** 버튼을 누르지 않고 **[닫기]** 버튼을 누리시면 입력한 내용이 반영되지 않으므로 반드시 **[적용]**버튼을 누른 후, **[닫기]** 버튼을 눌러 입력창을 닫으시기 바랍니다.
아울러 **[적용]** 버튼을 누르더라도 입력한 말뚝 데이터를 임시로 저장할 뿐, 해당 옹벽 전체 데이터로는 적용되지 않으므로 말뚝데이터 입력창을 닫은 후, **메인 입력창**에서 다시 한번 **[적용]** 또는 **[추가]** 누르셔야 말뚝의 데이터가 완전히 적용이 됩니다.

말뚝의 입력창과 메인 입력창에서 각각 **[적용]** 버튼을 누르는 과정이 약간 번거로울 수도 있으나 RAD 프로그램은 7개의 옹벽단면을 동시에 계산 가능한 프로그램이므로, 어떠한 단면에 데이터를 적용할 것인지 구별을 하기 위하여 이러한 절차가 필요한 것이므로 양해바랍니다.

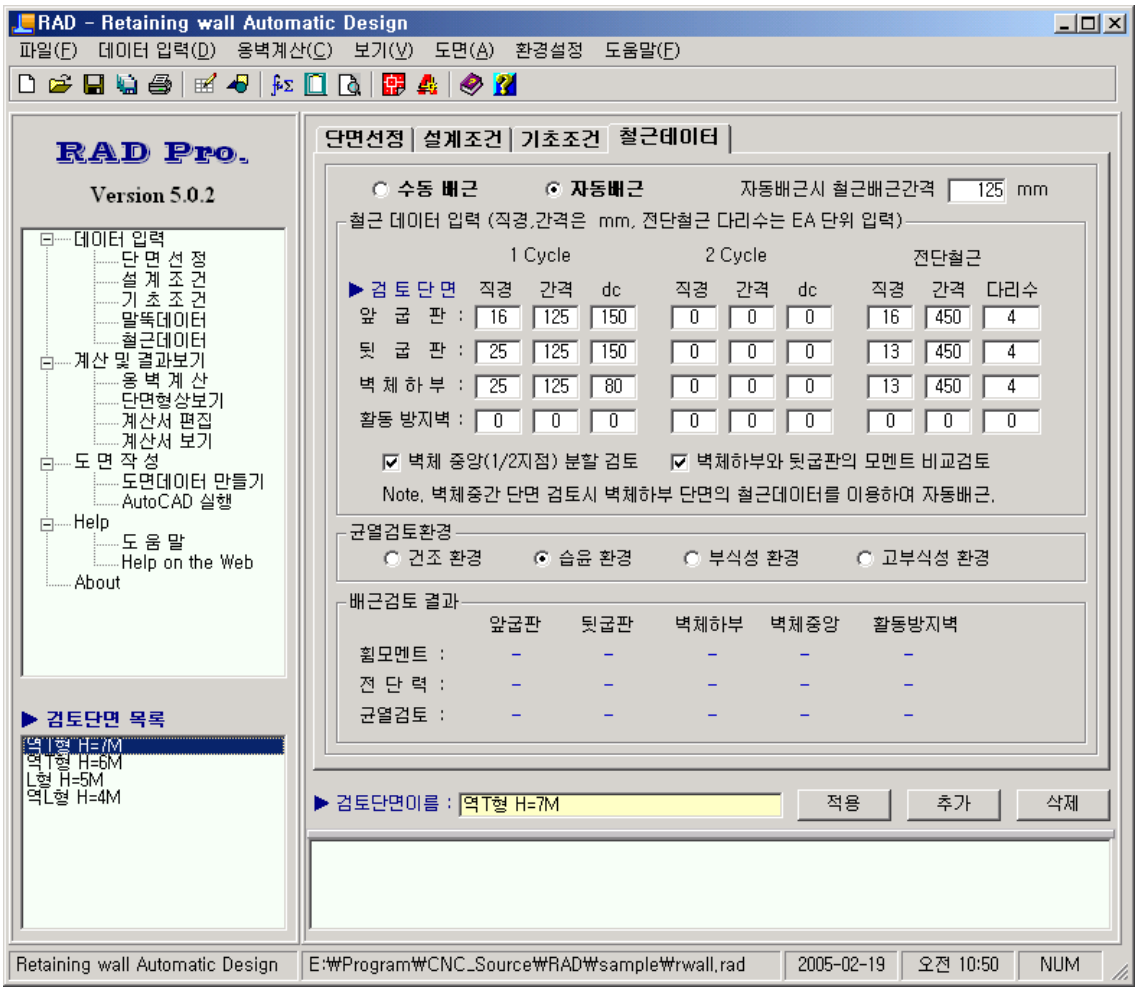
만약, **[적용]**이나 **[추가]** 버튼을 누르지 않고 검토단면 목록에서 다른 단면을 선택한 경우에는 입력한 말뚝데이터의 내용이 적용되지 않으므로 주의하시기 바랍니다.

3.6 철근데이터

RAD를 이용하여 설계하고자하는 옹벽의 철근 데이터를 입력합니다.

3.6.1철근데이터 입력창

팝업메뉴의 *데이터 입력 > 철근데이터*, 아이콘 또는 *Tree Menu*를 이용하여 다음 입력창을 열 수 있습니다.



3.6.2 철근 데이터 입력내용

철근 데이터는 설계를 하고자 하는 옹벽의 각 부재별 배근조건을 입력받는 데이터 입니다. 단면검토를 수행함에 있어 필수적인 데이터이므로 반드시 필요한 모든 값을 입력하십시요. 철근의 직경, 간격 및 피복두께는 mm 단위로 입력하시고, 전단철근의 다리수(Legs)는 개수(ea)로 입력하십시오

1) **수동배근 및 자동배근** : 사용자가 직접 철근데이터를 입력할 것인지, 자동으로 계산할 것인지의 여부에 따른 옵션입니다.
수동배근 옵션을 선택하신 경우, **철근 데이터 입력** 프레임의 모든 입력창에 데이터를 입력하여야 합니다.
자동배근 옵션을 선택하신 경우, 자동배근시 주철근 배근 간격만 입력하시면, 해당 부재력에 만족하는 소정의 철근 직경을 자동으로 산출하게 됩니다.

2) **주철근 데이터 입력** : 각 위치에 따른 휨철근, 전단철근에 대한 데이터를 입력합니다.
수동배근 옵션을 선택하신 경우, 모든 입력창에 데이터를 입력하시기 바랍니다.
1Cycle의 휨철근 데이터 및 전단철근 데이터는 는 필수 이므로 반드시 입력하셔야 합니다.
단, 자동배근 옵션을 선택하신 경우, 입력받은 **자동배근시 철근 배근간격**을 기준으로 철근량을 자동으로 산정하므로 철근데이터는 따로 입력하실 필요가 없습니다.

3) **벽체 중앙 분할 검토** : 옹벽의 벽체가 높은 경우 철근량을 절약하기 위하여 벽체를 분할하여 검토할 것인지의 여부를 확인하는 입력데이터 입니다.
분할 검토를 선택하신 경우, 벽체 높이의 1/2지점에서 분할하여 검토하며 철근량은 벽체 하단의 철근량을 이용하여 계산하게 됩니다.

4) **벽체하부와 뒷굽판의 모멘트 비교검토** : "저판의 뒷굽판은 전면벽에 지지된 켄틸레버로 설계하며 저판에 작용하는 휨모멘트의 크기는 전면벽과 뒷굽판과의 접속점의 모멘트평형조건에 의하여 전면벽에 작용하는 휨모멘트를 초과하지 않는다." - (옹벽표준도작성연구용역 종합보고서, 1998. 건교부)
라는 내용에 의하여 벽체하부와 뒷굽판의 모멘트를 비교하여 적용할 것인지를 선택하는 데이터 입니다. 비교를 하지 않을 경우에는 각 부재력의 계산값을 그대로 적용하여 단면검토를 수행하며, 비교를 할 경우에는 뒷굽판의 모멘트가 벽체의 모멘트보다 클 경우, 뒷굽판 검토시 벽체 모멘트를 적용하여 검토하게 됩니다.

5) **균열검토환경** : RAD의 모든 단면을 강도설계법으로 검토하고 사용모멘트로 균열검토를 실시합니다. 이 때, 옹벽부재의 균열검토환경을 고려하여 선택합니다.
(균열검토환경에 대하여는 콘크리트 구조설계기준 사용성 및 내구성 편을 참고하시기 바랍니다.)

6) 배근 검토 결과 : 배근 검토결과는 철근 배근 데이터를 이용하여 단면검토의 수행 결과를 보여드리는 부분입니다.

여기서 보여드리는 값은 「1.단면선정」,「2.설계조건」,「3.기초조건」「4.철근데이터」를 모두 입력하신 후, 계산을 수행하고 난 이후에 각 해당 단면에 대한 철근량 검토 결과를 보여드리는 것으로 결과가 만족스럽지 못한 경우에는 필요한 데이터를 수정하여 다시 계산하실 수 있습니다.

3.6.3 철근데이터 입력내용의 저장

철근데이터 입력내용을 입력하신 후, 이 외의 데이터인 **단면선정, 설계조건, 기초조건**을 입력하실 수 있습니다. 단, 프로그램 실행창의 좌측 하단에 있는 검토단면 목록에 등록하기 위해서는 실행창 하단의 **[적용]** 또는 **[추가]** 버튼을 누르셔야 입력하신 데이터가 저장됩니다.

만약, **[적용]**이나 **[추가]** 버튼을 누르지 않고 검토단면 목록에서 다른 단면을 선택한 경우에는 변경한 내용이 저장되지 않으므로 주의하시기 바랍니다.

제 4 장 안정검토 및 단면검토 실행

안정검토 및 단면검토를 실행하기 위하여 먼저, 1.단면선정, 2.설계조건, 3.기초조건, 4.철근데이터 의 모든 데이터를 입력 완료 후, [적용] 또는 [추가] 버튼을 누름으로써, 계산용 변수를 저장하여야 합니다.

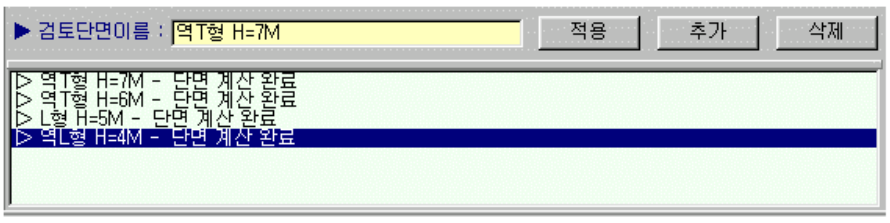
또한, 결과파일을 생성하기 위하여, 저장한 계산용 변수를 데이터 파일로 저장하여야 합니다. 데이터 파일은 *.rad의 확장자로 저장되며, 계산 결과파일은 *.txt를 가진 파일로 만들어집니다.

데이터 파일로의 저장까지 완료되면, 팝업메뉴의 ***옹벽계산 > 전체단면계산,*** ∫f·Σ 아이콘 또는 *Tree Menu*를 이용하여 검토단면 목록에 있는 모든 단면에 대하여 안정검토 및 단면검토를 실행합니다.

안정검토 및 단면검토를 실행할 경우에는 다음과 같은 순서로 계산이 진행됩니다.

1. 자중 및 하중계산
2. 기초안정검토 (전도, 활동, 지지력)
3. 하중조합에 의한 하중계수 고려
4. 계수하중에 의한 지반반력 및 각 부재력계산
5. 계산된 부재력에 의한 단면검토(철근량검토) 및 사용성검토

옹벽이 계산되는 과정에서 한단면이 계산완료될 때마다, 메인 창의 하단에 있는 메시지 창에서 그림과 같이 계산이 완료되었음을 알려드립니다.



만약 상기와 같이 단면계산 완료 메시지가 아닌 에러 메시지가 뜰 경우에는 지시하는 내용에 따라 데이터를 수정하여 다시 계산하시기 바랍니다.

제 5 장 결과보기

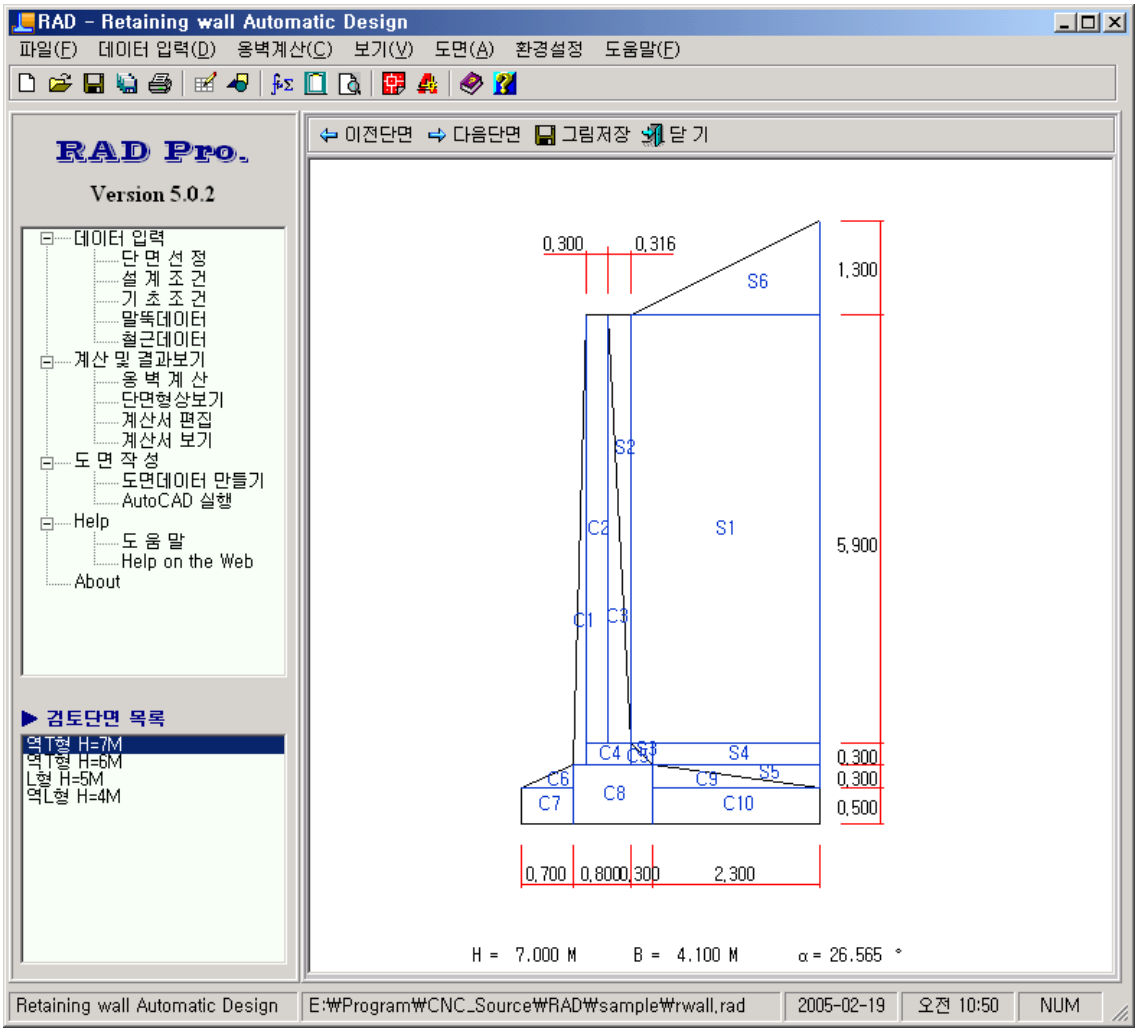
5.1 단면형상 보기

팝업메뉴의 *보기 > 단면형상 보기*, 아이콘 또는 *Tree Menu*를 이용하여 입력하신 옹벽의 형상을 확인하실 수 있습니다.

단면형상 보기를 하시기 위해선 「단면선정」의 각 치수를 입력완료 후, **[적용]**이나 **[추가]** 버튼을 눌러 단면형상을 확인하고자 하는 단면이 검토단면 목록에 등록이 되어야 합니다.

그림의 형상이 제대로 그려지지 않은 경우 「단면선정」의 각 치수를 확인하시기 바랍니다.

여기에서 확인되어진 옹벽 단면도는 구조계산서 편집과정에서 구조계산서에 삽입그림으로 사용되어 집니다.



5.2 결과파일 편집[그림삽입]

팝업메뉴의 ***보기 > 계산서 편집(그림 삽입)***, 아이콘을 이용하여 계산서를 편집할 수 있습니다.

계산서 편집과정은 「안정검토 및 단면검토」 실행과정에서 만들어진 결과파일인 *.txt 파일을 불러와 단면형상 보기에서 확인한 단면도를 추가하여 *.rtf 파일로 만들게 됩니다.

「안정검토 및 단면검토」실행과정을 수행하면 프로그램 내부적으로 결과를 저장하고 텍스트 형식의 결과파일을 가지고 있으나 본 편집과정을 거치지 않으면 구조계산서를 생성하지 않거나 기존의 구조계산서를 새로운 수행결과로 업데이트하지 않으므로 **「안정검토 및 단면검토」를 수행하신 경우에는 반드시 결과파일 편집과정을 거쳐 새로운 구조계산서를 작성하여야 합니다.**

구조계산서 편집과정은 시스템사양에 따라 속도가 느릴 수 있으며, 시스템이 저사양이거나 OS가 NT 또는 Windows 2000 / XP 운영체제일 경우에는 구조계산서 파일은 생성이 되지만, 편집시간이 상당히 많이 소요되거나 삽입그림이 제 위치에 들어가지 못하는 등의 올바른 생성이 되지 않을 수도 있습니다.

만약, 이미 계산을 수행하시고 구조계산서 결과파일을 보고 있는 경우에는, 옹벽계산시 계산결과파일인 *.txt 파일을 만들고 아울러 그림을 삽입하여 *.rtf 파일도 동시에 만들게 됩니다.

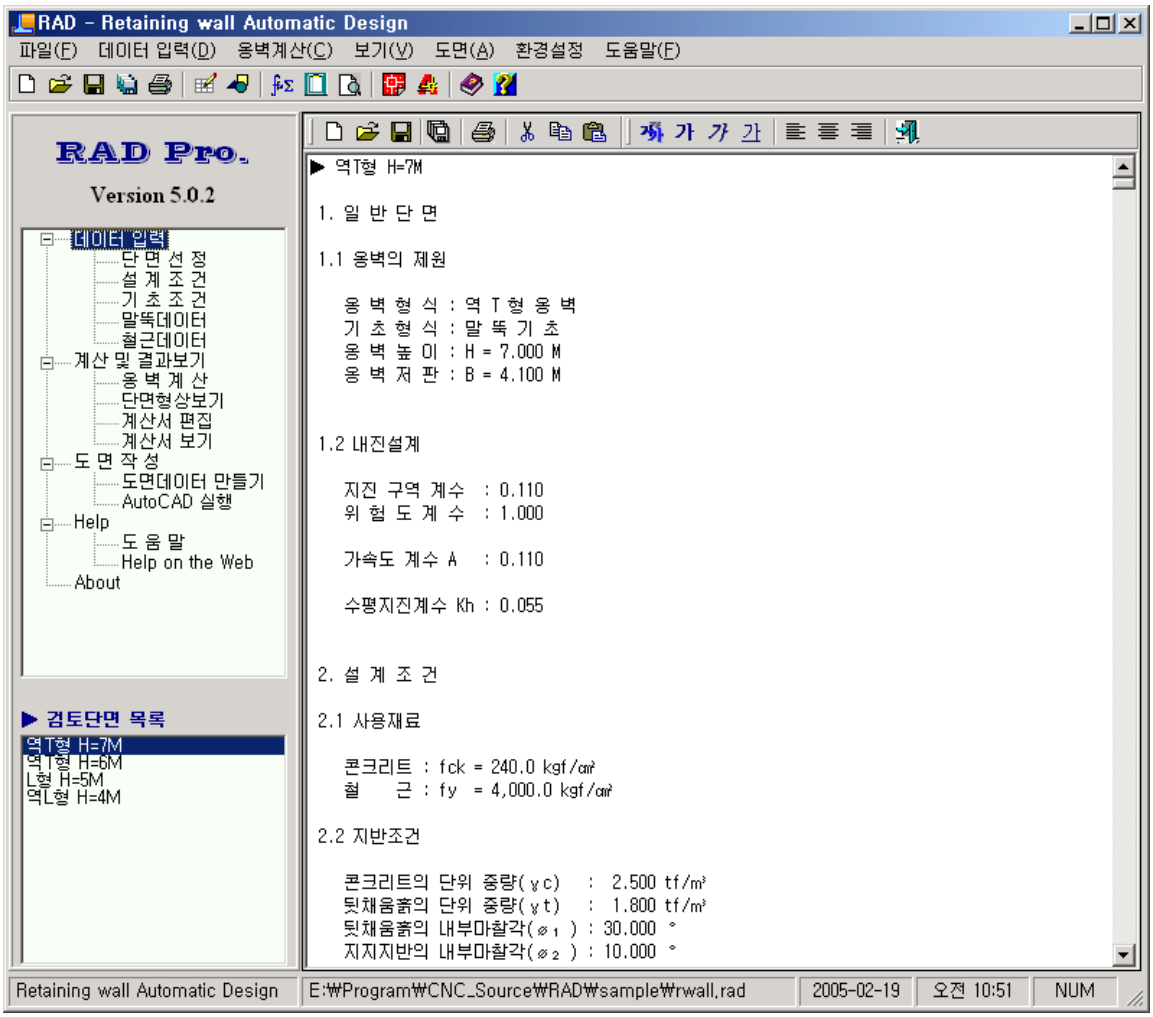
따라서, RAD 메인창에서 데이터 입력창을 활성화 시키거나, 단면형상을 보시고 계신 경우에는 계산서 편집과정을 실행하시고, 이미 기존에 만들어진 결과파일을 구조계산서 보기와 같이 텍스트 창을 통하여 보시고 계신 중에는 편집과정이 자동 실행되므로, 다시 편집을 할 필요가 없습니다.

구조계산서 만들기가 완료되면 ***보기 > 구조계산서 보기*** 또는 아이콘을 이용하여 구조계산서를 보실 수 있습니다.

자세한 사항은 「구조계산서 보기」를 참조하십시요.

5.3 구조계산서 보기

팝업메뉴의 *보기 > 구조계산서 보기*, 아이콘 또는 *Tree Menu*를 이용하여 구조계산서를 보실 수 있습니다.



구조계산서를 보여드리는 텍스트 창에서 구조계산서의 내용을 확인하십시요

텍스트 창에서 구조계산서를 직접 편집 및 저장이 가능하며 구조계산서 만들기 과정에서 이미 저장이 되어있는 파일을 불러온 것이므로 편집이나 변경을 하지 않으신 경우에는 저장을 하지 않으셔도 됩니다.

또한 위의 그림과 같이 구조계산서를 확인하는 중에, 다시 구조계산을 실행하신 경우에는 새로운 결과편집과 더불어 그림편집기능이 자동으로 실행되므로, 계산서 편집을 하지 않으셔도 됩니다. 그러나, 결과파일을 그림과 같이 확인하시고, 결과가 만족스럽지 못하여 계산서 보기 텍스트 창을 닫고, 데이터를 수정 후 다시 계산을 하신 경우에는 계산서 편집과정을 수행하시기 바랍니다.

구조계산서를 보여드리는 텍스트 창은 일반적인 문서편집기의 기능을 지원하며, 텍스트 창 상단의 툴바는 메인 윈도우의 툴바와 별개이며, 단지 텍스트 창에 관련된 기능을 제공하는 툴바입니다.
툴바에 있는 여러가지 편집기능을 이용하여 다양한 편집을 하실 수 있으며, 새이름으로 저장하실 수도 있습니다.

저장된 구조계산서 파일인 filename.rtf은 일반적인 워드 프로세서와 호환이 가능하고, 그림을 같이 저장할 수 있는 편리한 파일포맷이나 그림을 포함하는 경우, 그 용량이 크므로 최종 편집, 저장 출력은 MS워드나 아래한글97에서 하시길 권장합니다.
MS워드(filename.doc)나 아래한글97(filename.hwp)의 경우 결과파일을 훨씬 적은 용량의 파일로 저장이 가능합니다.

구조계산서 보기를 종료하시려면 텍스트 창 툴바의  아이콘을 이용하시기 바랍니다.

제 6 장 토압계산

6.1 지표면이 수평인 경우

6.1.1 상시

1) Rankine 토압

안정검토시 Rankine 토압을 사용한다.

① 주동토압

$$P_A = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a$$

여기서, γ = 뒷채움흙의 단위 체적 중량 (t/m^3)

H = 옹벽의 높이 (m)

K_a = 주동 토압계수 , $K_a = \cos\alpha \times \frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}}$

ϕ = 뒷채움흙의 내부마찰각 $(^o)$

② 수동토압

$$P_P = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_p$$

여기서, K_p = 수동토압계수 , $K_p \equiv \cos\alpha \times \frac{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}}{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}}$

2) Coulomb 토압

단면검토시 Coulomb 토압을 사용한다.

① 주동토압

$$P_A = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a$$

여기서, $K_a = \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2\theta\cos(\theta + \delta)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta)\sin(\phi - \alpha)}{\cos(\theta + \delta)\cos(\theta - \alpha)}}\right]^2}$

ϕ = 뒷채움흙의 내부마찰각 $(^o)$

θ = 벽면이 수직으로 이루는 각 $(^o)$

δ = 벽면마찰각 $(^o)$, $\delta = 1/3(\phi)$

② 수동토압

$$P_P = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_p$$

여기서, $K_p = \frac{\cos^2(\phi + \theta)}{\cos^2\theta\cos(\theta + \delta)\left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi - \delta)\sin(\phi + \alpha)}{\cos(\theta + \delta)\cos(\theta - \alpha)}}\right]^2}$

6.1.2 지진시

1) 주동토압

지진시 작용하는 토압은 Mononobe-Okabe에 의해 개발된 의사-정적해석법으로 계산할 수 있으며 이때 토압은 옹벽의 배면에 균등하게 분포하고 그 합력은 옹벽 높이의 1/2에 작용하는 것으로 가정한다.

$$P_{AE} = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_{AE}$$

여기서, $K_{AE} = \dfrac{\cos^2(\phi-\theta-\beta)}{\cos\theta\cos^2\beta\cos(\delta_E+\beta+\theta)\left[1+\sqrt{\dfrac{\sin(\phi+\delta_E)\sin(\phi-\theta-\alpha)}{\cos(\delta_E+\beta+\theta)\cos(\alpha-\beta)}}\right]^2}$

ϕ = 뒷채움흙의 내부마찰각(°)

θ = 지진 합성각(°) , $\theta = \tan^{-1}(k_h/(1-kv))$

k_h = 수평 지진계수

α = 뒷채움 사면의 경사각(°)

β = 벽면의 수직에 대한 각(°)

δ_E = 지진시 벽면마찰각(°)

2) 수동토압

Mononbe-Okabe의 의사-정적해석법에 의한 수동토압은 다음과 같다.

$$P_{PE} = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_{PE}$$

여기서, $K_{PE} = \dfrac{\cos^2(\phi-\theta+\beta)}{\cos\theta\cos^2\beta\cos(\delta_E-\beta+\theta)\left[1-\sqrt{\dfrac{\sin(\phi-\delta_E)\sin(\phi-\theta+\alpha)}{\cos(\delta_E-\beta+\theta)\cos(\alpha-\beta)}}\right]^2}$

ϕ = 뒷채움흙의 내부마찰각(°)

θ = 지진 합성각(°) , $\theta = \tan^{-1}(k_h/(1-kv))$

k_h = 수평 지진계수

α = 뒷채움 사면의 경사각(°)

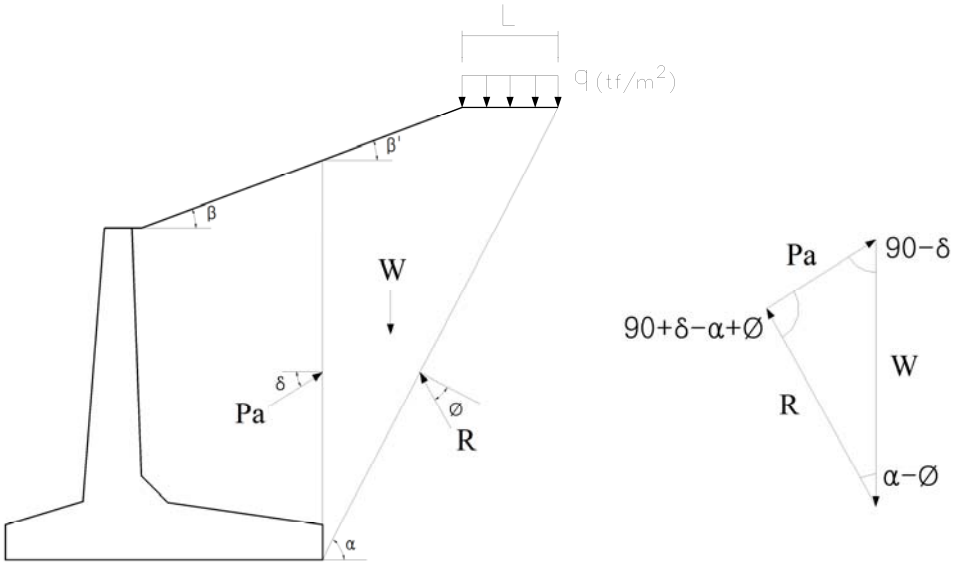
β = 벽면의 수직에 대한 각(°)

δ_E = 지진시 벽면마찰각(°)

6.2 지표면이 경사진 경우

지표면이 경사진 경우는 시행쐐기법(Trial Wedge Method)을 이용하여 토압을 구한다.

6.2.1 개 요



1) RAD에 적용된 시행 흙쐐기법의 가정

① 파괴면은 평면 ② 벽면마찰각 고려

③ 뒷채움 흙은 균질 ④ 뒷채움 흙의 점착력(C) = 0 인 경우에 적용

2) 흙쐐기 각(α)의 범위

RAD에서는 시행흙쐐기법 수행시 다음과 같은 각도 범위내에서 0.5^o 단위로 검토한다.

$45^o + \phi/2 + 5^o \sim 45^o + \phi/2 - 45^o$ (검토범위 50^o)

3) 주동토압의 계산

W, Pa, R로 이루어지는 힘 다각형에서 Sin법칙을 적용하면

$$\frac{W}{\sin(90+\delta-\alpha+\phi)} = \frac{W}{\cos(\alpha-\phi-\delta)} = \frac{P_a}{\sin(\alpha-\phi)}$$

주동토압 : $P_a = \dfrac{W \cdot \sin(\alpha-\phi+\theta)}{\cos(\alpha-\phi-\delta)}$

토압계수 : $K_a = \dfrac{2 \cdot P_a}{\gamma \cdot H^2}$

Note. 1) 흙쐐기 중량 W는 흙쐐기 면적에 흙의 단위중량을 곱하여 산출한다.

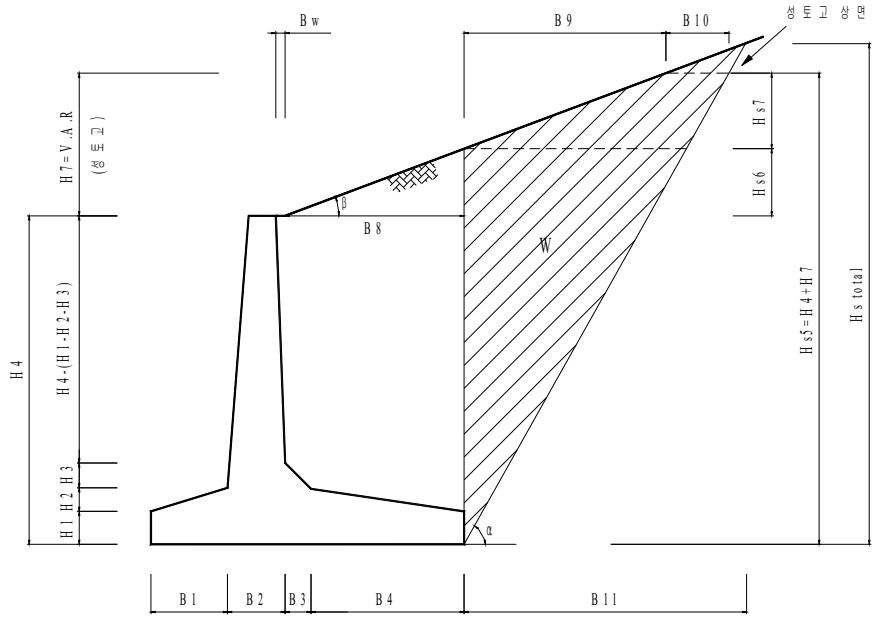
2) 흙쐐기 상면의 수평부에 과재하중이 적용할 경우에는 쐐기의 중량에 과재하중(q×L)을 더하여 산출한다.

3) 지진시 쐐기의 중량 W_E = W / cosΘ을 계산하여 상기식의 W에 대입한다.

where, 상시 : $\theta = 0$, 지진시 : $\theta = \tan^{-1}(k_h)$, k_h = 지진수평계수

6.2.2 상 시

1) 안정검토시



$B8 = B3 + B4$ (뒷굽판 길이)

$B9 = H7/\tan\beta - B8$ (성토부 사면의 수평거리 - 뒷굽판거리)

$Hs6 = B8 \times \tan\beta$ (옹벽상면부터 가상파괴면 상단까지 거리)

$Hs7 = H7 - Hs6$ (가상파괴면 상단부터 상부 수평부까지 거리)

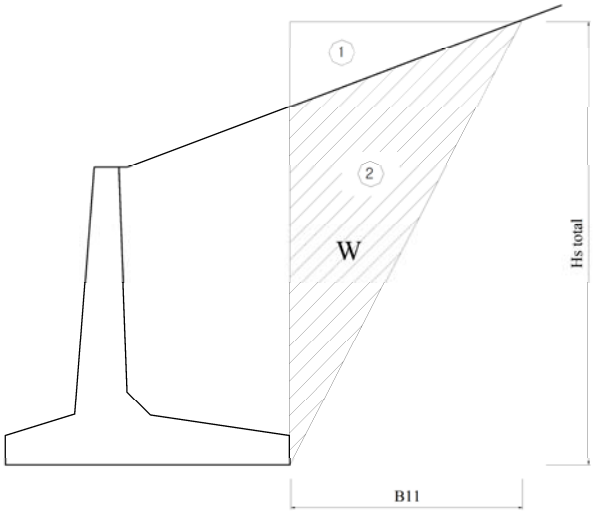
$Hs5 = H4 + H7$ (옹벽저면부터 상부 수평부까지의 거리)

$B10 = Hs5/\tan\alpha - B9$ (수평부가 주동토압영역 내일 경우 수평면의 길이)

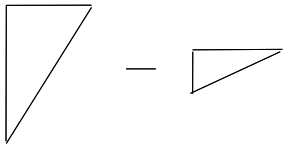
$B11 = (H4 + Hs6)/(\tan\alpha - \tan\beta)$ (주동파괴면의 수평거리 - 무한사면시)

Hs (주동파괴면의 높이 - 무한사면시)

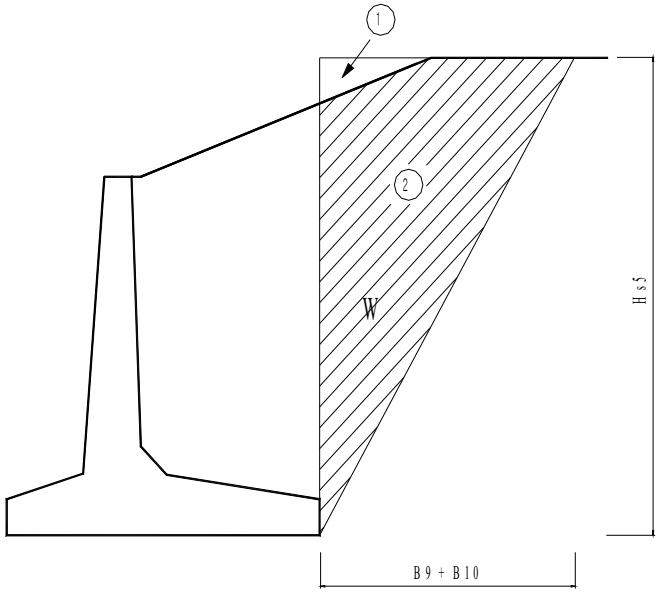
① 경사면이 가상파괴면 밖에 위치할 때 (무한사면)



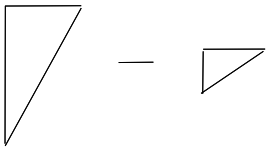
Area=(① + ②) - ①



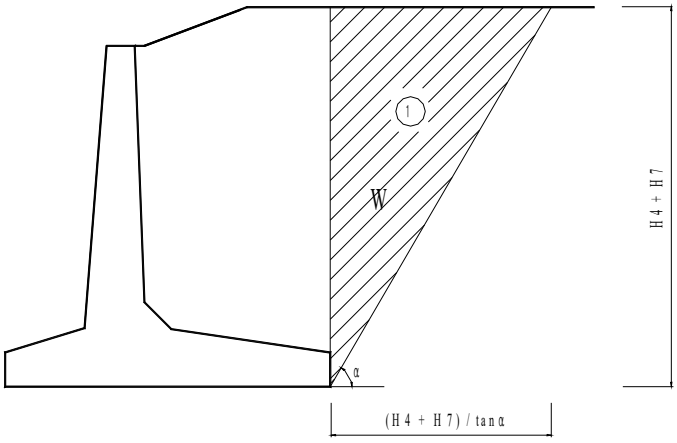
② 경사면이 가상배면과 파괴면 사이에 위치할 때



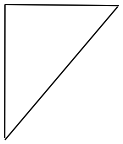
Area=(① + ②) - ①



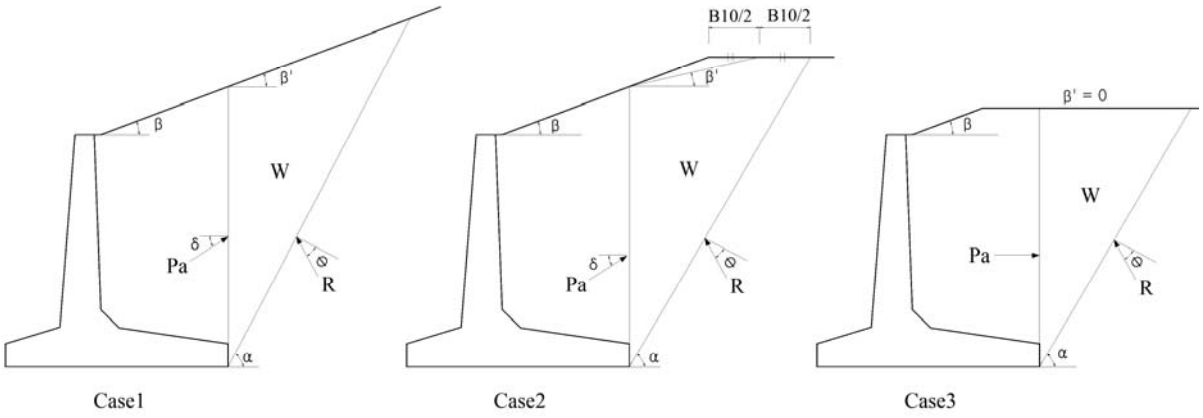
③ 경사면이 옹벽 가상배면 내에 있을 때



Area=①

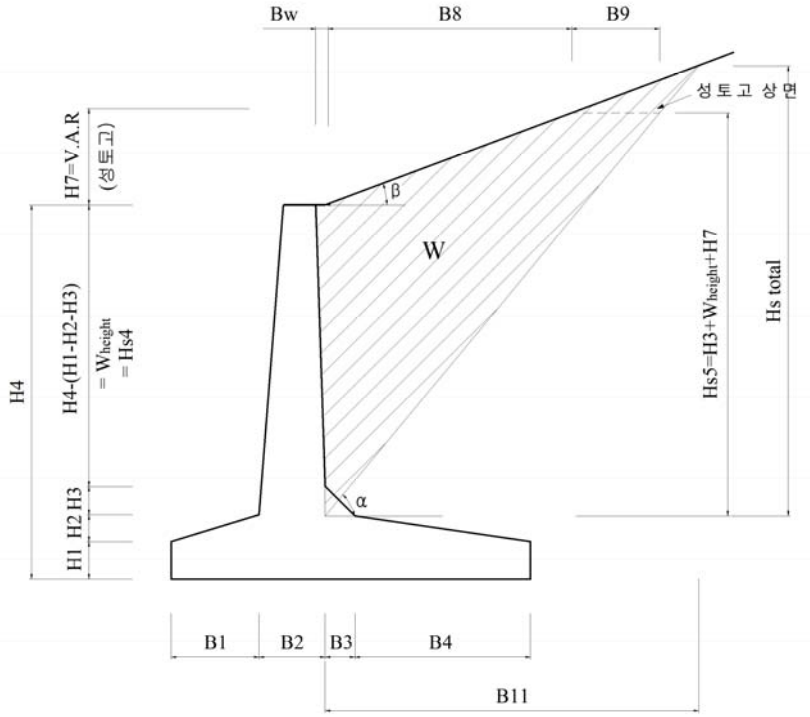


④ 벽면마찰각



안정검토시 벽면마찰각 δ는 δ = β'를 적용한다.

2) 단면검토시



$Hs5 = H3 + W_{height} + H7$ (벽체하단부터 상부 수평부까지의 거리)

$B8 = H7 / \tan\beta$ (사면의 수평거리)

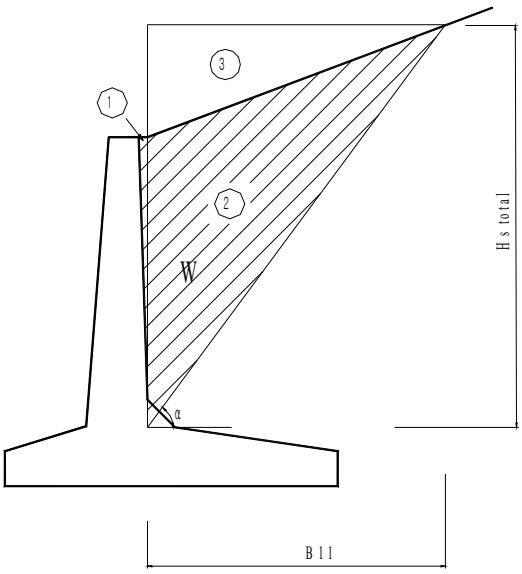
$B9 = Hs5 / \tan\alpha - B8$ (수평부가 주동토압영역 내일 경우 수평면의 길이)

$B11 = (H3 + W_{height}) / (\tan\alpha - \tan\beta)$ (주동파괴면의 수평거리 - 무한사면시)

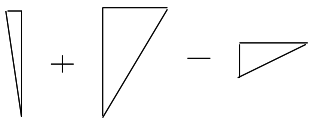
Hs (주동파괴면의 높이 - 무한사면시)

$W_{height} = H4 - (H1 + H2 + H3)$ (벽체 높이)

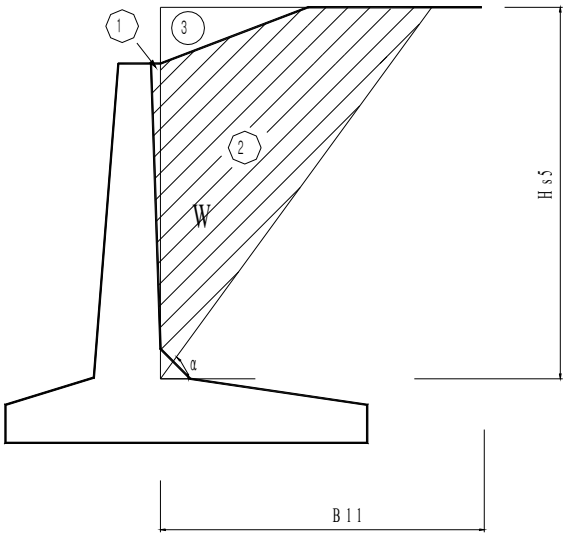
① 경사면이 가상파괴면 밖에 위치할 때 (무한사면)



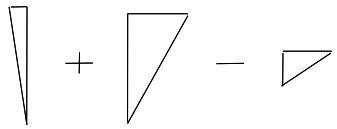
Area=① + (② + ③) - ③



② 경사면이 옹벽배면과 파괴면 사이에 위치할 때



Area=① + (② + ③) - ③



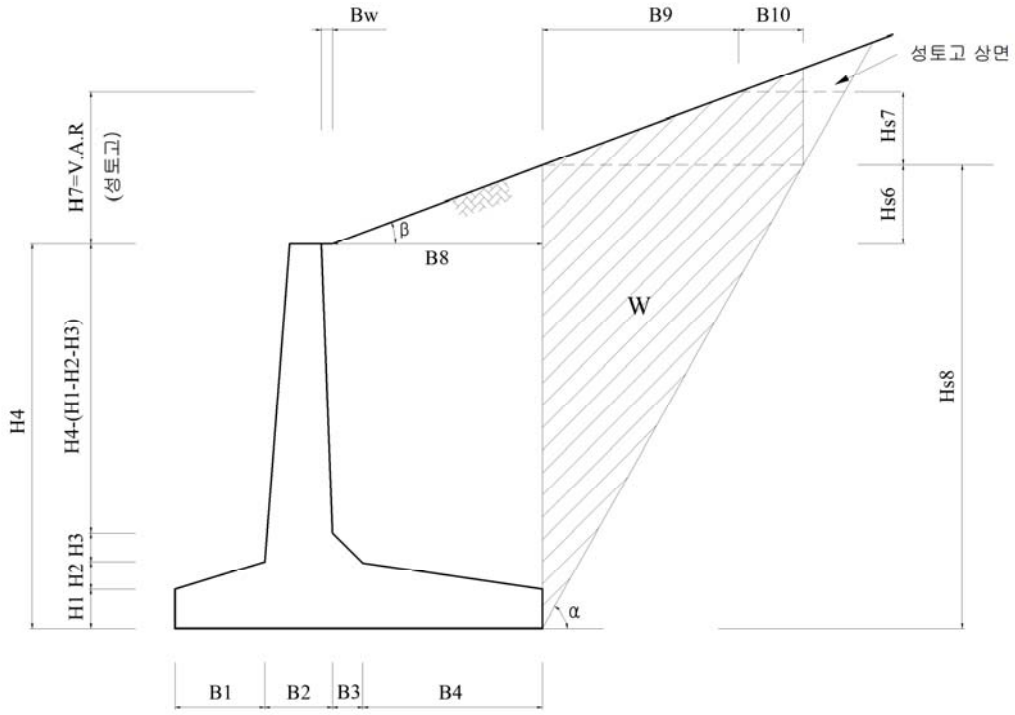
(※주의 : 가로가 B11이 아님. B8+B9)

③ 벽면마찰각

・벽면마찰각 : $\delta = \phi/3$

6.2.2 지진시

1) 안정검토시



$B8 = B3 + B4$ (뒷굽판의 길이)

$B9 = H7/\tan\beta - B8$ (성토부 사면의 수평거리 - 뒷굽판거리)

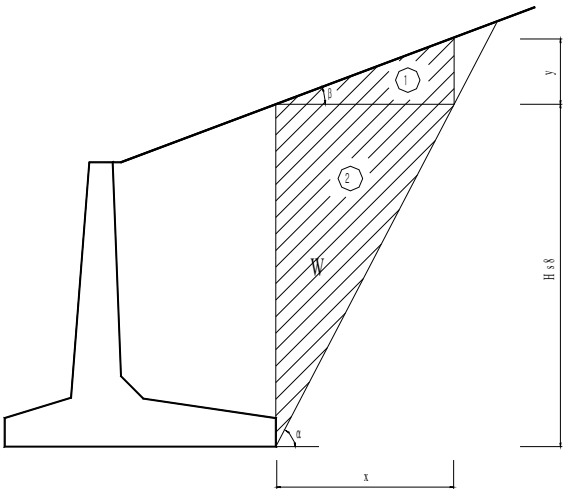
$Hs6 = B8/\tan\beta$ (옹벽상단부터 가상배면 상단까지 거리)

$Hs7 = H7 - Hs6$ (가상배면 상단부터 상부수평까지의 거리)

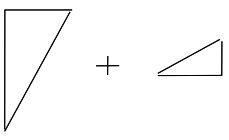
$Hs8 = H4 + Hs6$ (옹벽저면부터 가상배면 상단까지의 거리)

$B10 = Hs8/\tan\alpha - B9$ (수평부가 주동토압영역 내일 경우 수평면 길이)

① 경사면이 가상파괴면 밖에 위치할 때 (무한사면)



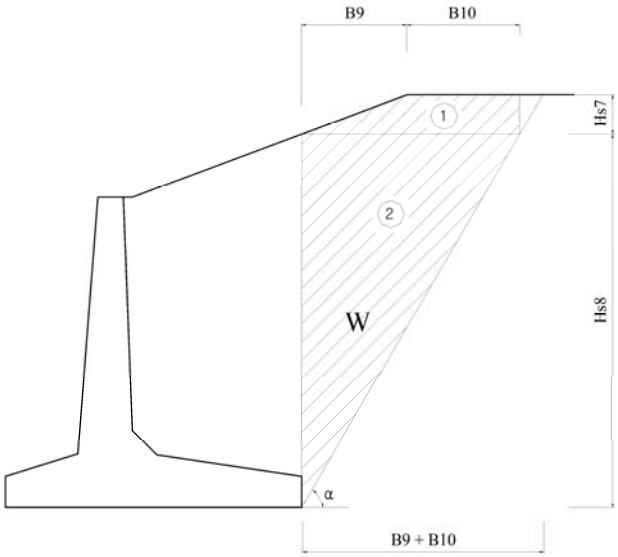
Area=① + ②



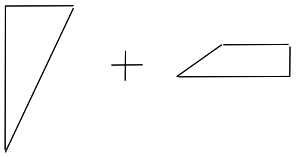
$x = Hs8 \times \tan(90 - \alpha)$

$y = Hs8 \times \tan(90 - \alpha) \times \tan\beta$

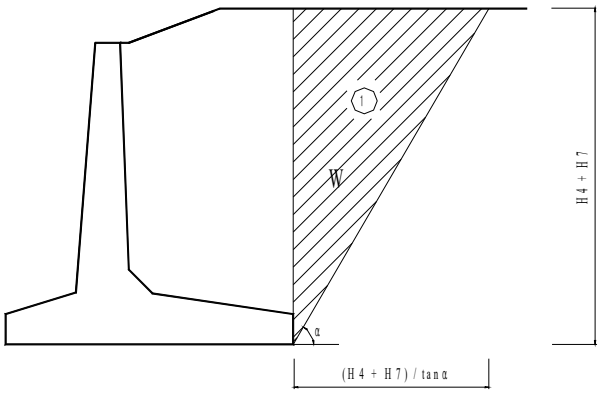
② 경사면이 가상배면과 파괴면 사이에 위치할 때



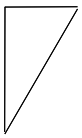
Area=① + ②



③ 경사면이 옹벽 가상배면 내에 있을 때



Area=①



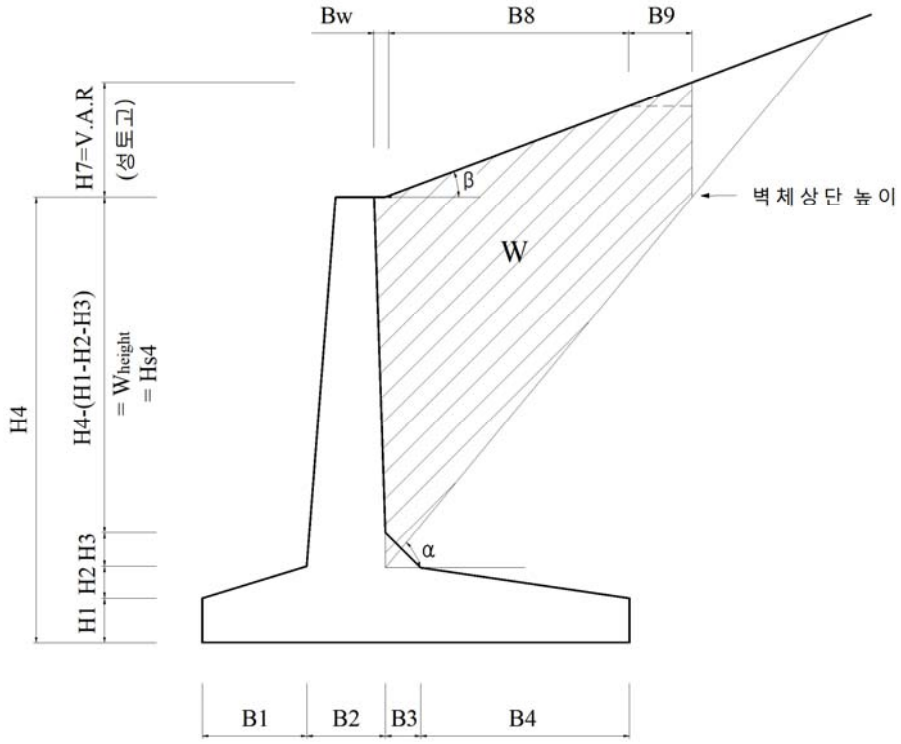
④ 벽면마찰각

벽면마찰각δ_E는 상시의 벽면마찰각과 동일한 방법으로 산출된 δ에 Θ를 더하여 산정한다.

$\delta_E = \delta + \Theta$

where, $\theta = \tan^{-1}(k_h)$, k_h = 지진수평계수

2) 단면검토시



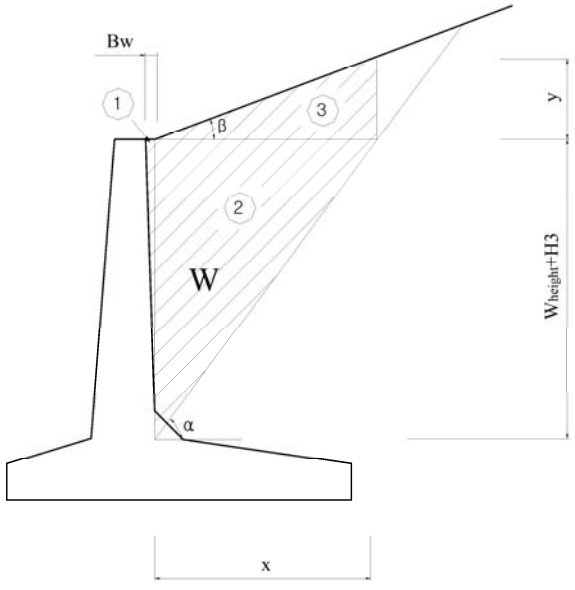
$$B8 = H7 \times \tan\beta \quad \text{(사면의 수평거리)}$$

$$B9 = (W_{height} + H3)/\tan\alpha - B8 \quad \text{(수평부가 주동토압영역 내부인 결우 - 수평부 길이)}$$

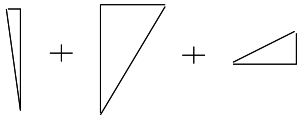
$$W_{height} = H4 - (H1 + H2 + H3) \quad \text{(벽체 높이)}$$

note) 지진시는 쐐기의 형상이 사다리꼴이다. (벽체 상단높이까지만 쐐기를 고려한다)

① 경사면이 가상파괴면 밖에 위치할 때 (무한사면)



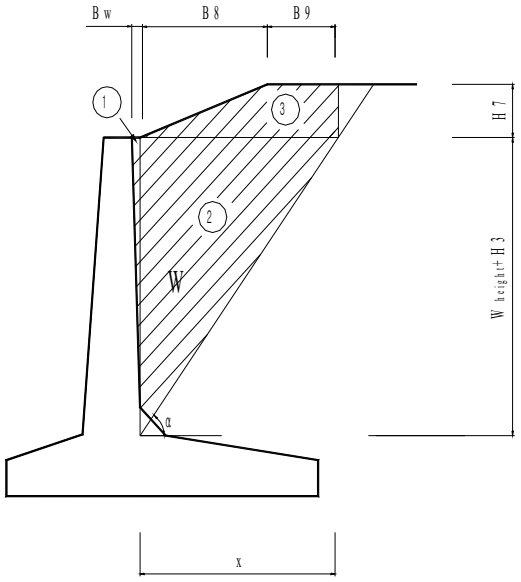
Area=① + ② + ③



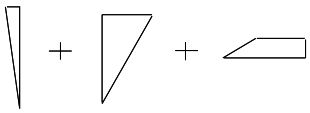
$$x = (W_{height} + H3)/\tan\alpha$$

$$y = [(W_{height} + H3)/\tan\alpha] \times \tan\beta$$

② 경사면이 옹벽배면과 파괴면 사이에 위치할 때



Area=① + ② + ③



$$x = (W_{height} + H3)/\tan\alpha$$

③ 벽면마찰각

・벽면마찰각 : $\delta = 0$

제 7 장 기초의 안정검토

7.1 직접기초 안정검토

직접기초 안정검토에 대한 도움말 입니다.

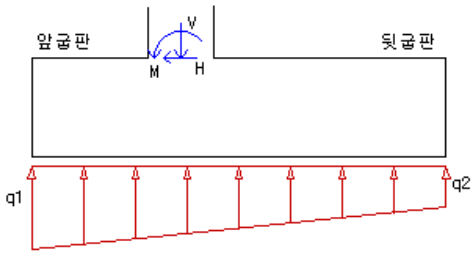
7.1.1 작 용 하 중

기초의 안정검토시 모든 작용하중의 작용중심점은 기초의 앞굽판의 끝점을 중심으로 계산합니다.

또한 기초의 안정검토에는 옹벽이 대개의 경우 길이가 긴 구조물임을 감안하여 상시와 지진시에 상관없이 단위길이(1M) 당에 대하여 검토를 합니다.

1) 작용력의 부호규약

작용력의 부호규약은 아래그림의 화살표 방향이 (+)방향입니다.



2) 기초자중

기초의 자중에 의한 하중을 계산시에는 기초저면의 중심에 작용하는 하중으로 계산을 합니다.

기초의 단면은「단면선정」에서 입력한 기초의 단면치수와 「설계조건」에서 입력된 콘크리트 단위중량을 이용하여 계산합니다. 계산된 기초 자중에 의한 하중의 부호규약은 그림의 화살표 방향이 (+)방향입니다.

3) 뒷채움 흙의 자중

뒷굽판 상에 재하되는 뒷채움 흙의 자중에 의한 하중을 계산합니다.

뒷굽판의 길이는 「단면선정」에서 입력한 뒷굽판 치수와 「설계조건」에서 입력된 토사 단위중량을 이용하여 계산합니다. 계산된 뒷채움 흙의 자중에 의한 하중의 부호규약은 그림의 화살표 방향이 (+)방향입니다.

4) 과재하중

과재하중은 옹벽배면이 수평일 경우에, 수평부에 작용하는 과재하중을 계산하여「단면선정」에서 입력한 뒷굽판 길이에 대하여 작용하는 것으로 계산합니다.

계산된 과재하중에 의한 하중의 부호규약은 그림의 화살표 방향이 (+)방향입니다.

단, 지진시 기초의 안정검토시에는 과재활하중에 의한 하중은 고려하지 않습니다.

5) 토압

토압은 「기초조건」에서 입력한 랜킨+쿨롱 또는 시행쐐기에 의한 토압계수를 적용하여 작용 토압력을 계산하고 수직 및 수평분력을 계산하게 됩니다. 계산된 토압에 의한 부호규약은 그림의 화살표 방향이 (+)입니다.

7.1.2 기초의 안정검토

상시와 지진시에 대하여 기초의 안정검토시 다음 3가지 사항을 검토합니다.

① 지반의 연직 허용지지력에 대한 반력검토

② 옹벽의 전도에 대한 검토

③ 지반의 허용전단저항력에 대한 전단저항 검토

1) 지반의 연직 허용지지력에 대한 반력검토

작용하중에 의한 지반의 연직 반력과 지반의 연직 허용지지력을 비교하여 지지에 대한 안정을 검토합니다.

① 지반의 연직 반력 계산

기초에 작용하는 상기와 같은 모든 하중을 합하여 지반의 반력을 계산합니다.

작용하중의 편심은 $e = \sum M / \sum V$ 로 계산하며 편심 e가 기초중심에서 $\pm B/6$ 의 범위에 있는지 그 외의 영역에 있는 지의 여부를 판정하여 사다리꼴 분포의 반력인지 삼각형 분포의 반력인지를 판단합니다.

(각 경우에 대한 계산은 아래와 같이 실시하며 자세한 내용은 **도로교 표준시방서 -1996, 하부구조편 7.5.1 지반반력**을 참고하십시요.)

② 사다리꼴 분포의 반력 계산

편심 $e \leq \pm B/6$ 의 범위에 해당되는 경우입니다.

계산과 기효표기의 편의상 압굽판에서의 반력을 q_1 , 뒷굽판에서의 반력을 q_2 로 표기하여 다음과 같이 계산합니다.

$$q_1 = \sum V / (B \cdot L) \times (1 + 6e / B)$$

$$q_2 = \sum V / (B \cdot L) \times (1 - 6e / B)$$

여기서..B는 「단면선정」에서 입력된 기초의 전체폭이며, L은 기초의 단위폭당의 길이(1M)로 적용됩니다.

③ 삼각형 분포의 반력 계산

편심 e > ±B/6 의 범위에 해당되는 경우입니다.

삼각형 반력 분포의 경우 지반의 부반력은 무시하며, 최대반력은 다음과 같이 계산합니다.

q_max = (2・∑V) / (L・x)

여기서..x는 삼각형 반력의 작용폭으로 x = 3 (B/2 - e)으로 계산되며,

L은 기초의 단위폭당의 길이(1M)로 적용됩니다.

2) 지반의 연직 허용지지력 계산

기초 지지지반의 허용지지력은 Terzaghi 지지력 公式을 이용하여 계산합니다.

① Terzaghi 式에 의한 지반의 허용지지력

$qa = 1/n \times(\alpha \cdot C \cdot Nc + \gamma_2 \cdot Df \cdot Nq + \beta \cdot \gamma_1 \cdot Be \cdot Nr)$

여기서.. 형상계수 $\alpha = 1 + 0.3\ B / L$
형상계수 $\beta = 0.5 - 0.1\ B / L$
안전률 n = 상시 : 3, 지진시 : 2
기초지반의 점착력 : C
토사 단위중량 : γ_1 , γ_2
기초전면의 토피고 Df
기초의 유효폭 Be = B - 2e
지지력 계수 : Nc, Nq, Nr

② Terzaghi 式의 지지력 계수 계산

Terzaghi 式에 사용되는 지지력 계수 Nc, Nq, Nr의 계산시 필요한 지반의 내부마찰각 계산시에는

Ø = √(15×N) + 15 (도.시-1996 하부구조편 해설식 6.5.1)를 사용합니다. 계산된 내부마찰각에 대하여 도로교 표준시방서-1996, 하부구조편 해설 표 7.3.3에 해당되는 값이 있는 경우에는 표의 값을 기본적으로 먼저 사용합니다.

그러나 내부마찰각에 대한 해당값이 없을 경우에는 아래의 식을 사용하여 지지력 계수를 계산합니다.

$$N_q = \frac{e^{2\pi(0.75-\frac{\phi}{360})\tan\phi}}{2\cos^2(45+\frac{\phi}{2})}$$

$$N_c = \frac{N_q - 1}{\tan\phi}$$

$$N_r = \frac{2(N_q+1)\tan\phi}{1+0.4\sin(4\phi)}$$

Nq와 Nc의 계산은 도로교 표준시방서-1996, 하부구조편 7.3 지반의 허용지지력에 소개된 식과 동일하며, Nr는 Foundation Design [Principles And Practices]-DONALD P. CODUTO 著 (1994) 의 식을 사용합니다.

③ 허용지지력의 상한치

허용지지력은 Terzaghi 式으로 계산한 값을 기본으로 사용하나 본 프로그램에서는 계산된 값이 연암의 최대지반반력의 상한치를 넘지 못하도록 하였습니다.

연암의 최대지반반력 상한치는 평상시 60tf/m² 이며, 지진시 90tf/m² 입니다.

(도로교 표준시방서-1996, 하부구조편 해설 표7.3.2 참조)

3) 옹벽의 전도에 대한 안정성 검토

전도에 대한 안정은 편심에 의한 안정을 확인합니다.

상시에는 기초중심에서 편심이 $e \leq \pm B/6$

지진시에는 기초중심에서 편심이 $e < \pm B/3$ 이내에 존재하는지의 여부를 확인합니다.

4) 지반의 허용전단저항력에 대한 전단저항 (활동안정) 검토

지반의 허용전단저항력을 계산하여 상시와 지진시에 대하여 소정의 안전률이 확보되는지에 대한 검토입니다.

① 지반의 허용전단 저항력

지반의 허용전단 저항력 계산은 아래의 식을 기본으로 사용합니다.

$Ha = Cb \cdot A' + V \cdot \tan(\emptyset b)$

여기서.. Cb = 기초저면과 지반의 부착력(점착력)

A' = 유효재하면적 (Be × L)

Øb = 기초저면과 지반의 마찰각 = 2/3 · Ø

활동방지벽이 설치된 경우 활동방지벽에 의한 저항력을 계산하며 「기초조건」에서 선택한 활동방지벽의 적용설계기준에 따라 도로교 시방서 제7장 해설식 7.3.6식을 적용하거나, 콘크리트 시방서 제17장 옹벽편에 소개된 식으로 검토할 수 있습니다.

② 지반의 허용전단 저항력 검토

기초에 작용하는 수평력에 대하여 지반 허용전단 저항력의 안전률을 계산합니다.

안전률의 계산은 다음식으로 계산을 하며

$S.F = Ha / \sum H$

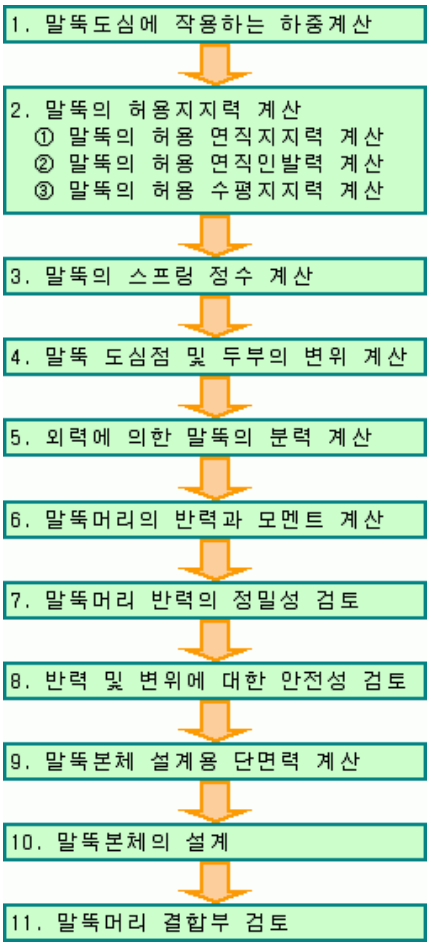
계산된 안전률이 상시에 대하여 1.5 이상 지진시에 대하여 1.2 이상을 만족하는지를 검토합니다. 단, 수동토압고려시에는 상시 안전율을 2.0으로 상향하여 검토합니다.

(도로교 표준시방서-1996, 하부구조편 표 7.3.3 참조)

7.2 말뚝기초 안정검토

7.2.1 말뚝의 안정검토 순서도

말뚝기초의 경우, 안정검토의 순서는 다음과 같이 진행됩니다.



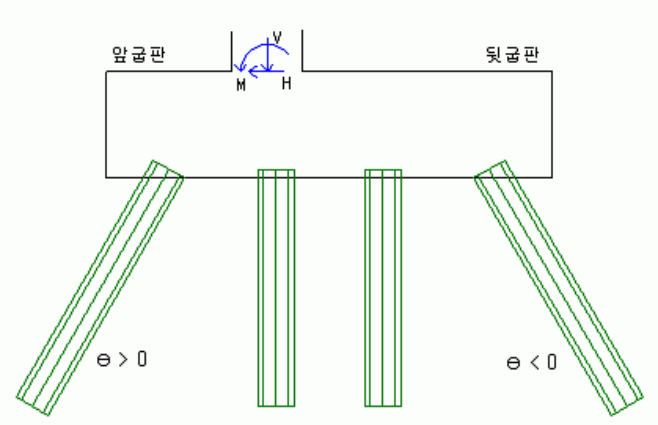
위의 순서도에서 다음 해당 내용을 참조하십시요.

- 1 ~ 2 의 내용 ▪ 6.2.2 작용하중 및 허용지지력
- 3 ~ 8 의 내용 ▪ 6.2.3 변위 및 반력계산
- 9 ~ 11 의 내용 ▪ 6.2.4 말뚝본체 및 결합부 검토

7.2.2 작용하중 및 허용지지력

1) 작 용 하 중

말뚝기초에 작용하는 하중의 계산은 직접기초시와 동일하며 작용력의 부호규약은 아래그림의 화살표 방향이 (+)방향입니다.



작용력의 방향을 부호규약에 맞추어 변경 후, 안정검토시에는 그 작용점을 말뚝기초 도심에 작용하는 하중으로 다시 치환됩니다.

2) 말뚝의 허용지지력 계산

말뚝의 허용지지력은 「말뚝데이터」에서 입력받은 조건을 이용하여 계산합니다.

① 말뚝의 연직 허용지지력 계산

말뚝의 연직 허용지지력은 선단지지력과 주변마찰력의 합계로 계산합니다.

선단지지력 = 30 N Ap (Meyerhof의 공식)

주변마찰력 = U Σ (l × f)

∴ 연직허용지지력 Va = 1/n × (30 × N × Ap + U Σ (l × f))

안전률 n은 상시 : 3, 지진시 : 2 를 적용합니다.

(도로교 표준시방서-1996, 하부구조편 9.4 참조)

② 말뚝의 연직 허용인발력 계산

말뚝의 연직 인발력은 최대주변마찰력의 합으로 계산하며 상시 : 6, 지진시 : 3 의 안전률(n)을 적용하여 다음과 같이 계산합니다.

Va_1 = 1/n × U Σ(l×f)

(도로교 표준시방서-1996, 하부구조편 9.4 참조)

③ 말뚝의 허용 수평지지력

말뚝의 허용 수평지지력은 말뚝의 허용변위량인 1.5cm 의 변위가 발생할 때의 수평력으로 계산합니다.

Ha = Kδ 로 나타낼 수 있으며

여기서 강성 K는 말뚝의 축직각방향 스프링 정수로서 변위에 대한 축직각방향 변위강성인 K_1 을 사용하며, δ는 허용변위량인 1.5 cm을 사용합니다.

말뚝머리 고정 $Ha = 4 E I \beta^3$

말뚝머리 힌지 $Ha = 2 E I \beta^3$

(도로교 표준시방서-1996, 하부구조편 9.1 및 9.6 참조)

7.2.3 변위 및 반력계산

1) 말뚝의 스프링 정수

말뚝의 설계를 변위법으로 하기위하여 말뚝의 스프링 정수를 계산합니다.

(도로교 표준시방서-1996, 하부구조편 9.6 참조)

① 축방향 스프링 정수

말뚝의 축방향 스프링 정수 Kv는 다음식으로 계산합니다.

$$K_v = \alpha \frac{A_P E_P}{l}$$

여기서.. Ap : 말뚝의 순단면적

Ep : 말뚝의 탄성계수

l : 말뚝 길이

이며 α 는 「말뚝데이터」에서 선택한 말뚝종류에 따라 다음과 같이 계산합니다.

타입 강관말뚝	$\alpha = 0.014 (l / D) + 0.78$
타입 PC, PHC 말뚝	$\alpha = 0.013 (l / D) + 0.61$
내부굴착 강관말뚝	$\alpha = 0.009 (l / D) + 0.39$
내부굴착 PC, PHC 말뚝	$\alpha = 0.011 (l / D) + 0.36$

② 축직각방향 스프링 정수

축직각방향 스프링정수 K_1 ~ K_4 는 다음과 같이 정의됩니다.

K_1 , K_3 : 말뚝머리부에 회전이 생기지 않도록 하고 말뚝머리부를 말뚝 축직각방향으로 단위량만큼 변위시킬때 말뚝머리부에 작용시켜야 할 축직각방향력 및 휨모멘트

K_2 , K_4 : 말뚝머리가 이동하지 않도록 하고 말뚝머리부를 말뚝 축직각방향으로 단위량만큼 회전시킬때 말뚝머리부에 작용시켜야 할 축직각방향력 및 휨모멘트

말뚝머리가 지상돌출이 되지 않은 (h = 0) 경우에 대한 스프링 정수 계산식은 아래와 같습니다.

구 분	말뚝머리 고정	말뚝머리 힌지
K_1	4 E I β^3	2 E I β^3
K_2 , K_3	4 E I β^3	0
K_4	4 E I β^3	0

여기서 β 는 다음식으로 계산되며 K_H는 지반의 수평방향 지지력 계수입니다.

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K_H D}{4EI}}$$

RAD에서는 말뚝머리가 지상돌출시의 경우에도 고려가 되며 이러한 경우의 스프링 정수 계산식은 도로교 표준시방서-1996의 하부구조편 해설 표 9.6.1을 참조하십시요.

2) 말뚝기초의 변위 계산

말뚝의 변위를 계산하기 위하여 다음 3원 1차 연립방정식을 형성합니다.

$Axx \cdot \delta x + Axy \cdot \delta y + Axa \cdot \alpha = Ho$

$Ayx \cdot \delta x + Ayy \cdot \delta y + Aya \cdot \alpha = Vo$

$Aax \cdot \delta x + Aay \cdot \delta y + Aaa \cdot \alpha = Mo$

① 연립방정식의 계수

연립방정식의 각 계수는 스프링 정수와 「말뚝데이터」에서 입력받은 말뚝의 위치 및 각도를 이용하여 다음과 같이 계산합니다.

$Axx = \sum(K_1 \cdot \cos^2(\theta i) + Kv \cdot \sin^2(\theta i))$

$Axy = Ayx = \sum(Kv - K_1) \cdot \sin(\theta i) \cdot \cos(\theta i)$

$Axa = Aax = \sum\{(Kv - K_1) \cdot x_i \cdot \sin(\theta i) \cdot \cos(\theta i) - K_2 \cdot \cos(\theta i)\}$

$Ayy = \sum(Kv \cdot \cos^2(\theta i) + K_1 \cdot \sin^2(\theta i))$

$Aya = Aay = \sum\{Kv \cdot \cos^2(\theta i) + K_1 . \sin^2(\theta i)) \cdot x_i + K_2 . \sin(\theta i)\}$

$Aaa = \sum\{Kv \cdot \cos^2(\theta i) + K_1 \cdot \sin^2(\theta i)) \cdot x_i^2 + (K_2 + K_3) \cdot x_i \cdot \sin(\theta i) + K_4\}$

② 변 위 계 산

계산된 계수를 이용하여 다음과 같이 행렬로 나타내면 계수행렬이 대칭행렬로 구성되며, LU-Decomposition법을 이용하여 변위를 계산합니다.

$$\begin{bmatrix} Axx & Axy & Axa \\ Ayx & Ayy & Aya \\ Aax & Aay & Aaa \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta x \\ \delta y \\ \alpha \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_o \\ V_o \\ M_o \end{bmatrix}$$

3) 말뚝의 반력계산

① 외력에 의한 말뚝의 분력계산

계산된 말뚝의 변위를 이용하여 말뚝의 축방향력 Pni, 말뚝의 축직각방향력 Phi 와 모멘트 Mti 를 다음과 같이 계산합니다.

다음과 같이 계산된 말뚝의 분력은 말뚝 본체의 설계시 사용되어 집니다.

$Pni = Kv\ \delta yi$

$Phi = K_1\ \delta xi - K_2\ \alpha$

$Mti = -K_3\ \delta xi + K_4\ \alpha$

$\delta xi = \delta x \cdot \cos(\Theta i) - (\delta y + \alpha \cdot xi) \cdot \sin(\Theta i)$

$\delta yi = \delta x \cdot \sin(\Theta i) + (\delta y + \alpha \cdot xi) \cdot \cos(\Theta i)$

여기서..

δxi : i 번째 말뚝열의 말뚝머리의 축직각방향변위

δyi : i 번째 말뚝열의 말뚝머리의 축방향변위

Θi : i 번째 말뚝열의 연직에 대한 경사각

② 말뚝머리부의 반력계산

계산된 말뚝의 축방향력과 축직각방향을 이용하여 연직 및 수평반력을 계산합니다.

다음과 같이 계산된 말뚝머리부의 반력은 말뚝과 기초의 결합부 검토와 기초의 배근을 위한 단면력 계산시에 사용되어 집니다.

$$Vi = Pni \cdot \cos(\theta i) - Phi \cdot \sin(\theta i)$$

$$Hi = Pni \cdot \sin(\theta i) + Phi \cdot \cos(\theta i)$$

여기서..

Vi : i 번째 말뚝열의 말뚝머리에서 연직반력

Hi : i 번째 말뚝열의 말뚝머리에서 수평반력

③ 정밀성 검토

계산된 말뚝의 연직반력, 수평반력 및 모멘트의 각 합력이 외력 Ho, Vo, Mo 와 동일한지를 확인하여 계산과정이 올바른지의 여부를 체크합니다.

$$\sum Hi = Ho$$

$$\sum Vi = Vo$$

$$\sum(Mi + Vi \cdot xi) = Mo$$

4) 말뚝기초의 안정검토

계산된 말뚝의 반력이 말뚝의 허용 연직지지력, 허용 연직인발력, 허용 수평지지력 및 허용수평변위를 만족하는지를 검토합니다.

말뚝의 허용지지력에 대한 내용은 은 말뚝의 「6.2.2 작용하중 및 허용지지력」을 참고하십시요.

7.2.4 말뚝본체 및 결합부 검토

1) 말뚝 본체의 설계

말뚝기초의 안전성을 검토 후, 말뚝 본체의 설계를 실시합니다.

① 말뚝 본체 설계용 단면력

말뚝 본체 설계용 단면력은 외력에 의한 말뚝 분력 계산시 구해진 말뚝 머리부의 축방향력 Pni 및 휨모멘트 Mti 를 이용합니다.

단, 말뚝머리 힌지로 계산된 말뚝 머리부의 분력에서 휨모멘트는 0(zero)이므로 말뚝의 변형곡선을 고려한 말뚝의 최대모멘트 지점 *lm* 을 계산하고 그 지점에서의 모멘트 값을 설계용 모멘트로 사용합니다. (도로교 표준시방서-1996, 하부구조편 해설표 9.9.1 참조)

말뚝 본체 설계는 말뚝의 각열에 대하여 모두 검토하는 것이 바람직하나, 본 프로그램에서는 최대 반력이 예상되는 제 1 열과 마지막 열에 대하여만 검토합니다.

② 강관말뚝의 말뚝의 응력계산

강관말뚝의 응력은 아래와 같이 축력과 휨 응력의 합을 계산하여 강관파일의 허용응력과 비교합니다.

$fs = V/A + M \times y/I$

여기서..
- fs : 말뚝의 응력
- V : 말뚝의 축력
- M : 말뚝의 휨모멘트
- A : 말뚝의 부식고려 단면적
- I : 말뚝의 부식고려 단면2차 모멘트
- y : 중립축에서 말뚝표면까지의 거리(부식고려)

③ PC 및 PHC 말뚝의 응력계산

PC 및 PHC 말뚝의 응력은 아래와 같이 유효프리스트레스, 축력, 휨 응력의 합을 계산하여 허용응력과 비교합니다.

$fc = fce + V/A \pm M \times yc/I$

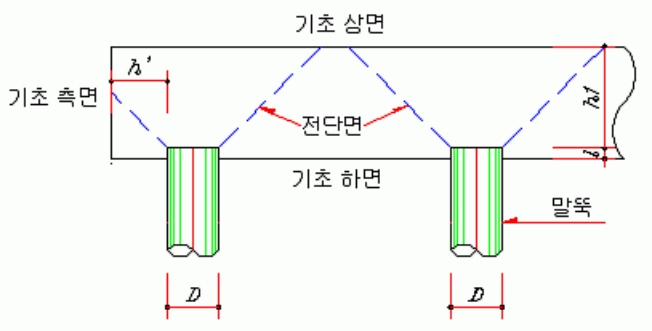
여기서..
- fc : 말뚝의 응력
- fce : 말뚝의 유효프리스트레스
- V : 말뚝의 축력
- M : 말뚝의 휨모멘트
- A : 말뚝의 단면적
- I : 말뚝의 단면2차 모멘트
- y : 중립축에서 말뚝표면까지의 거리

2) 말뚝의 결합부 검토

말뚝의 머리부와 기초의 결합부를 검토합니다.

일반적인 방식인 도로교 표준시방서 방식과 강관말뚝의 경우 볼트식을 선택하여 검토할 수도 있습니다.

(1) 도로교 표준시방서 방식



① 확대기초의 수직지압응력 검토

수직지압응력 fc = P / (π×D^2/4)

여기서.. P : 말뚝머리의 수직반력
D : 말뚝의 직경

② 확대기초의 수평지압응력 검토

수평지압응력 = H/(D×ℓ)

여기서.. H : 말뚝머리의 수평반력
D : 말뚝의 직경
ℓ : 말뚝머리의 근입깊이(10cm)

③ 압입 및 인발 전단응력 검토

전단응력 τ = P / (π×(D+h1)×h1)

여기서.. P : 말뚝머리의 수직반력
D : 말뚝의 직경
h1 : 수직방향 압입 및 인발 전단에 저항하는 기초의 유효두께

(2) 볼트식 강관말뚝

① 확대기초의 수직지압응력 검토

$fcv = P / (\pi \times D^2/4)$

여기서.. P : 말뚝머리의 수직반력
D : 말뚝의 직경

② 확대기초의 수직인발 전단응력 검토

$\tau v = P/(\pi \times (D+h1) \times h1)$

여기서.. P : 말뚝머리의 수직반력
D : 말뚝의 직경
h1 : 압입 및 인발 전단에 저항하는 기초의 유효두께

③ 확대기초의 수평지압응력 검토

$fch = H/(D \times \ell)$

여기서.. H : 말뚝머리의 수평반력
D : 말뚝의 직경
ℓ : 말뚝머리의 근입깊이(10cm)

④ 확대기초의 수평압발 전단응력

$\tau h = H / (h' \times (2\ell + D + 2h'))$

여기서.. H : 말뚝머리의 수평반력
D : 말뚝의 직경
ℓ : 말뚝머리의 근입깊이(10cm)
h' : 수평방향 압입 및 인발 전단에 저항하는 기초의 유효두께

⑤ 원형덮개판과 부풀림 보강철근나사 연결부분의 전단응력

$\tau b = P / (n \times \pi \times de1 \times t)$

여기서.. P : 말뚝머리의 수직반력
n : 보강철근나사의 갯수
de1 : 부풀림 보강철근 나사산 유효직경(2.3cm)
t : 볼트식 원형덮개판의 두께(2.2cm)

⑥ 부풀림 보강철근의 정착장

$Lo = fsa \times Ast / (\tau oa \times U)$ . . . (보강철근으로 D19 사용)

여기서.. fsa : 보강철근 허용응력
Ast : 보강철근 단면적
τoa : $0.64 \times \sqrt{fck}$
U : 보강철근 공칭둘레