

전산구조 탐방

에메랄드 소프트사

PENTAGON^{2D} / PENTAGON^{3D}
2, 3차원 구조해석 및 지반해석 유한요소 프로그램

변 광 육*

* 에메랄드 소프트컨설팅사 과장

1. PENTAGON프로그램 소개

1.1 개발배경

프로그램의 개발사인 에메랄드소프트 기술사사무소는 1994년에 설립되었다. 현재 프로그램 개발과 해석용역을 수행하고 있으며, 판매와 기술지원은 에메랄드 소프트컨설팅사가 맡고 있다. 에메랄드소프트 기술사사무소의 소장인 정대열 박사는 1992년 및 1993년에 각각 토목구조기술사 및 동분야 박사학위를 취득하였으며 지반 / 구조해석용 유한요소 프로그램을 윈도우즈 95와 윈도우즈 NT환경에서 개발하였다.

PENTAGON은 순수 국산 프로그램으로 구조공학 및 지반공학문제를 해석하기 위한 유한요소해석 프로그램으로 개발되었

다. 시공 중에 제거되거나 추가되는 요소를 고려한 시공과정해석(staged construction analysis)이 가능한 점과 구조물에 대한 재료비선형(material nonlinearity) 및 기하비선형(geometric nonlinearity) 문제는 물론 3차원 지하수 유동(three dimensional groundwater flow) 문제를 다룰 수 있는 점이 이 프로그램의 주요 특징이라 할 수 있다.

전체적으로 개발에 사용된 프로그래밍 언어는 Visual C / C⁺⁺이며 OOP(Object-Oriented Programming) 개념으로 설계되었으므로 customizing이나 upgrade작업이 신속하다. 기존 프로그램에 정상상태 지하수해석(steady state seepage analysis) 기능을 추가하는 데에 모두

2주일 정도의 시간이 소요된 일은 좋은 사례이다. 현재 동적해석 기능이 개발중에 있으며 96년 11월 중에 완료될 전망이다.

프로그램의 보급과 기술지원을 맡고 있는 에메랄드 소프트컨설팅사는 1996년 3월 설립되었다. 다년간 암반터널과 토사터널의 변형 및 안정성 문제뿐만 아니라 지하수문제등을 포함한 다양한 컨설팅 경험을 바탕으로 사용자에게 프로그램 사용법은 물론 터널해석의 이론교육까지 제공하고 있다.

1.2 프로그램의 구성

- Penstart : 입력 데이터의 기본 format을 자동으로 생성하는 module

- Pentmesh : 입력 데이터 작성용 그래픽 pre-processor

Program Structure

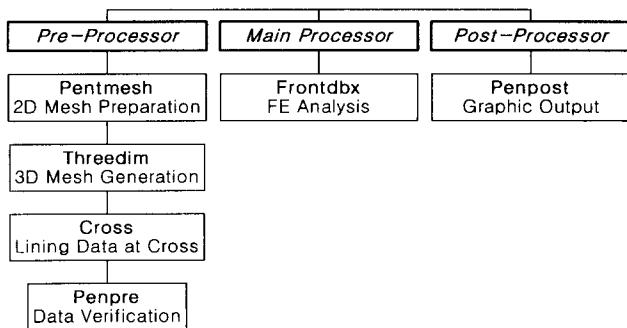
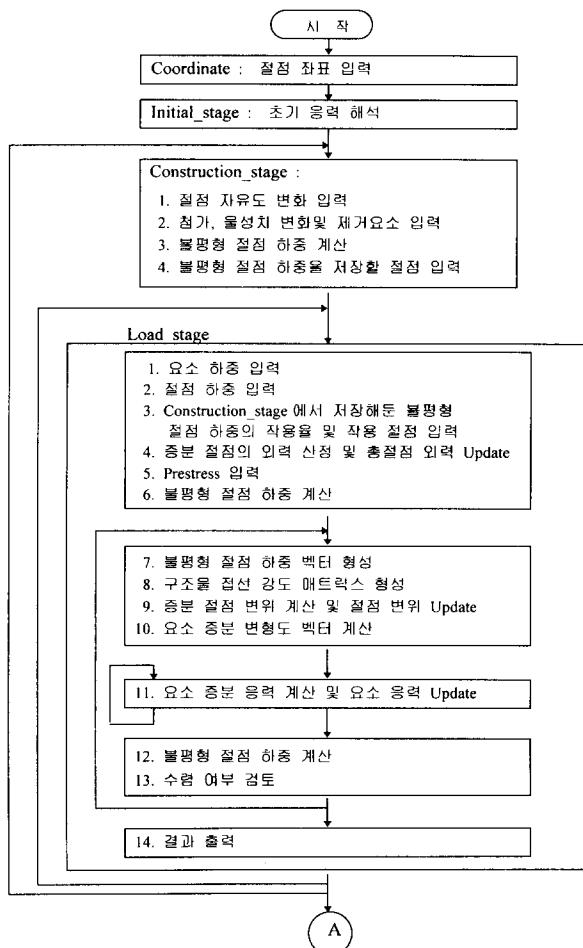


그림 1 PENTAGON 프로그램의 구성



– Threedim : Pentmesh
data로부터 시공 단계별 3차원
data 생성 module(본생과 수직
구 또는 본생과 횡생 간의 직교
문제 포함)

– Frontdbx : 유한 요소 해석
module

– Penpre : 그래픽 입력 데이
터 검증 module

– Penpost : 해석 결과 그레
픽 출력용 post-processor

– Cross : 교차 터널용 3차원
shell 및 spring data 생성 mod
ule(option)

2. PENTAGON의 module별 기능

2.1 Pre-processor module

2.1.1 PENTMESH

Pre-processor module 중 하
나인 PENTMESH에서는 평면
적 요소망을 생성하며 작업환경
은 그림 4와 같은 윈도우 상
에서 이루어진다. 윈도우 내부
에는 복잡한 2차원 요소망을 신
속하게 생성하기 위한 메뉴와 3
차원적 시공과정 데이터를 생성
하기 위한 메뉴가 있다.

2.1.2 THREEDIM module

THREEDIM은 PENTMES
H에서 생성된 평면적 요소망을
근거로 평면에 수직한 방향으로
3차원 요소를 규칙성 있게 생성
하거나 횡생이나 수직구와 같은
복잡한 형상을 생성하는 실질적
3차원 요소생성 프로그램이다.

그림 2
프로그램의 해석과정

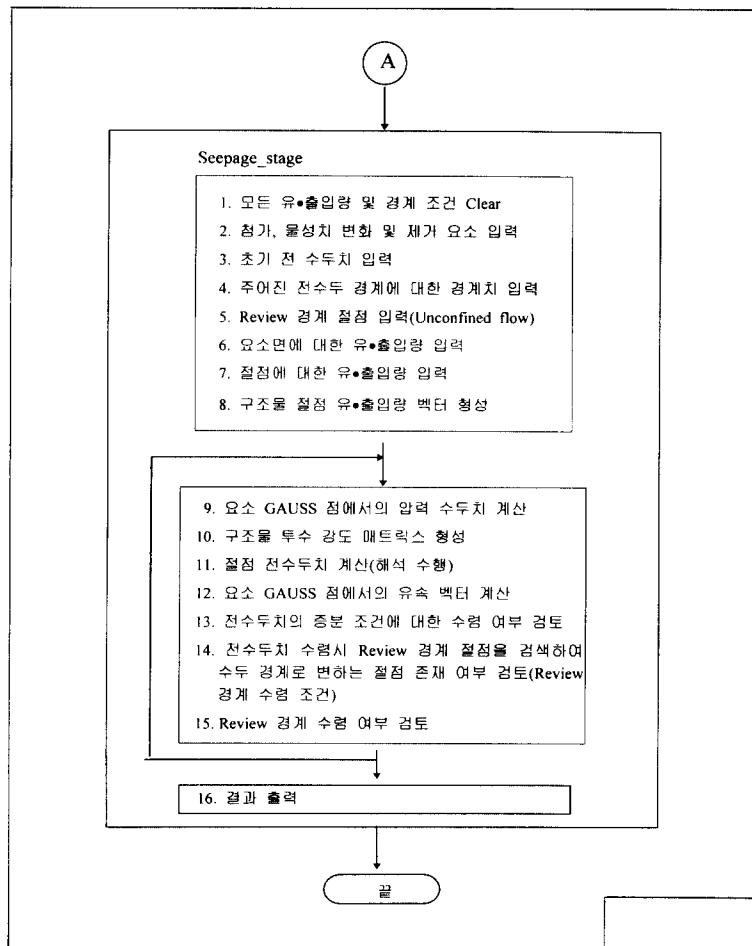


그림 3 PENAGON의 해석흐름도

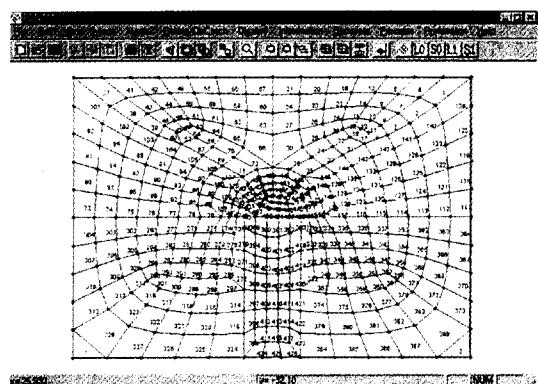


그림 4 PENTMESH에서 평면요소를 완성한 상태의 요소형상 및 요소번호

2.1.3 CROSS module

CROSS module은, 임의의 단면형상을 갖는 2개의 터널이 직각 또는 임의의 각도로 교차하는 경우, 셀 / 스프링 요소의 기하데이터를 생성하고 스프링계수를 계산하여 터널 교차부의 콘크리트 라이닝 해석용 입력데이터를 자동생성한다. 터널교차부의 도면이 준비된 상태에서 셀요소 및 스프링 요소 각각 1만 개 내지 2만개 정도를 수분 내에 신속하게 생성할 수 있다.

2.1.4 PENPRE

PENPRE는 완성된 입력데이터의 오류를 검색하는 기능의 프로그램으로 오류의 종류를 확인과 파일에 출력함은 물론 요소망의 기하형상, 경계조건 및 재료의 상태등이 렌더링되어 화면에 출력되므로 시각적인 검토가 가능하다.

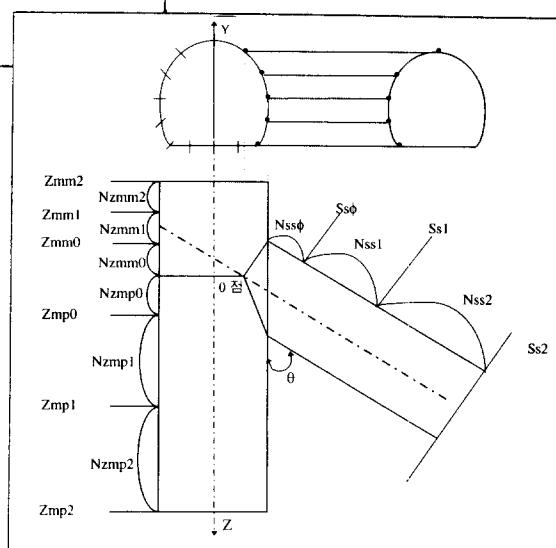


그림 5 CROSS프로그램의 입력 파라미터

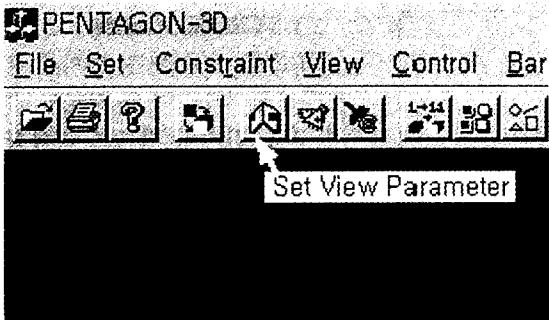


그림 6 PENPRE/PENPOST의 편리한 GUI환경(버튼 메시지 기능)

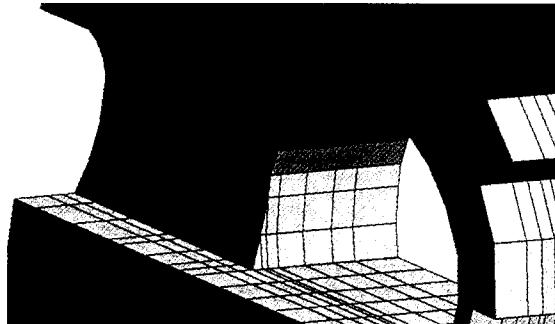


그림 7 PENPRE에서 접속터널의 시공과정을 요소의 형상으로 표현

2.2 Processor module(FRONTDBX)

FRONTDBX는 C⁺⁺로 짜여진 유한요소해석 프로그램으로 확장이 용이한 프로그램 구조를 가지고 있어 현재 3차원 구조/지반의 비선형 정역학계산과 정상침투해석등 폭넓은 계산이 가능하며 동해석 및 비정상침투해석 기능은 11월 중에 개발완료된다.

FRONTDBX는 유한요소방정식을 계산하는데 있어서 다음과 같은 특징을 갖는다.

■비선형 문제

- 재료비선형(material nonlinearity) :

지반요소의 경우 Mohr-Coulomb, Drucker-Prager, Hoek-Brown모형.

프레임요소, 트리스요소, 스프링요소의 경우 탄성·완전소성 모형 적용.

- 기하비선형(geometric non-linearity) : 프레임요소 및 트리스요소의 대변위 해석에 사용.

■행렬연산 방식

- Skyline solver(육면체요소 1 천개 미만의 작은 규모의 문제를 신속하게 계산)
- Frontal solver(육면체요소 1 천개 이상의 큰 규모의 문제를 계산, 프로그램 자체용량에 제한 없음)

■요소의 종류

- Solid element(20절점 및 8절점의 6면체요소, 4절점의 4면체 요소, 6절점의 프리즘 요소)
- Shell element(4절점 및 3절점 요소)
- Frame element(2절점 요소) : 인장, 압축 또는 휨을 받는 부재 모형에 사용
- Truss element(2절점 요소) : 인장 또는 압축을 받는 부재 모형에 사용
- Spring element(2절점 요소, normal and torsional) : 지반 반력이나 구조연결부 모형에 사용

■하중의 종류

강제변위, 절점하중, 분포하중, 토압 및 정수압하중, 물체력하중(X-, Y-, Z-방향 가속도), 굴착하중, 침투압 하중

■지하수해석

- 구속류 및 불구속류(confined /unconfined flow)
- 포화류 및 불포화류(saturated /unsaturated flow)
- 경계자동수정 기능(review boundary)

2.3 post-processor module(PENPOST)

PENPOST에서는 3차원 그래픽 라이브러리인 OPENGL을 사용한 완전한 GUI환경에서 해석결과의 종류 및 표현방법을 조합하여 다양한 결과를 얻을 수 있다.

PENPOST에서 출력가능한 해석결과에는 다음과 같은 것들이 있다.(표 1)

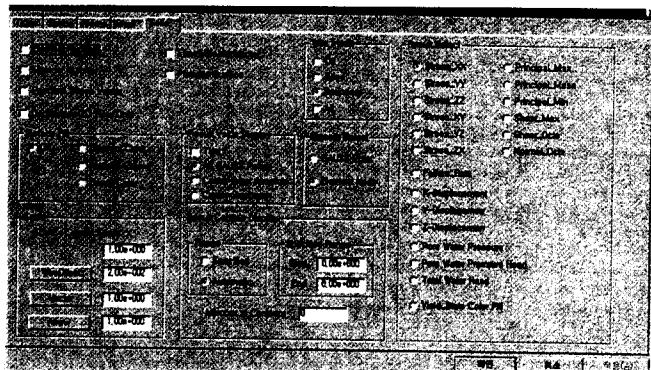


그림 8
PENPOST의
요소결과 출력을
위한 대화상자

표 1 PENPOST에서 출력가능한 해석결과

요소종류	출력항목	
	등고선(contour)	벡터(vector)
고체요소	응력텐서, 최대주응력, 최소주응력, 최대전단응력, 변위, 파괴율, 간극수압수두, 전수두, 간극수압, 지하수면, 동수경사, 주응력, 유속벡터	
셀요소	변위, 부재좌표계 부재력(모멘트, 전단력, 축력), 전단응력 및 수직응력(외측면, 내측면, 중심면에 존재)	요소별 부재좌표계
프레임요소	축력, 전단력, 모멘트, 외측면응력, 내측면응력, 중립축응력	
트러스요소	축력, 축응력	
스프링요소	축력, 비틀기모멘트	

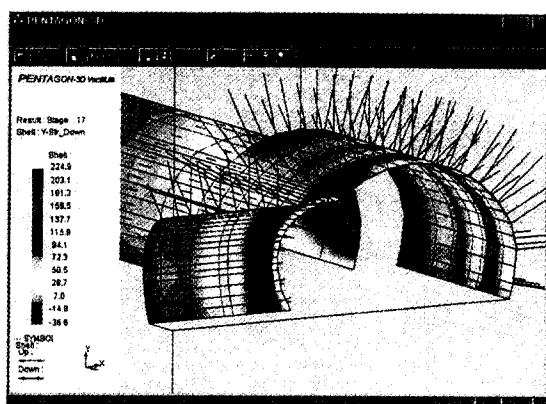


그림 10 교차부 슬크리트 응력분포(셀요소 해석결과)

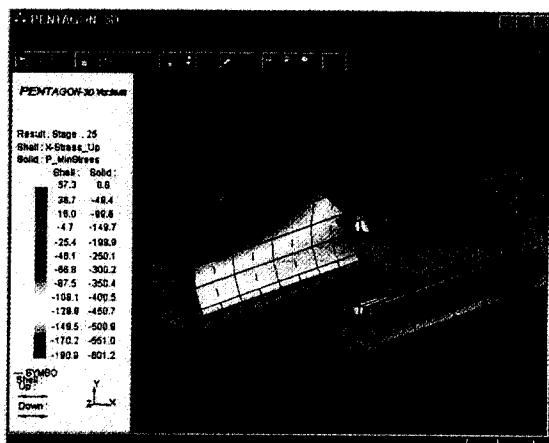


그림 9 막장주변 암반응력 및 슬크리트 응력분포(고체요소와 셀요소의 해석결과)

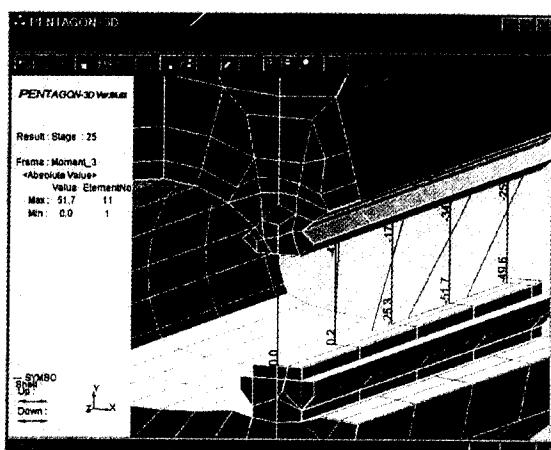


그림 11 지하철정차장 기둥 모멘트 분포(프레임 요소의 해석결과)

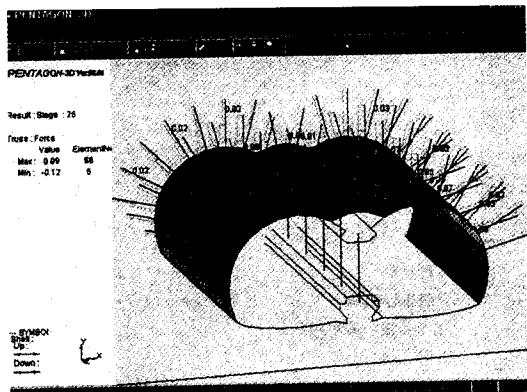


그림 12 류볼트 축력 분포(트러스요소의 해석결과)

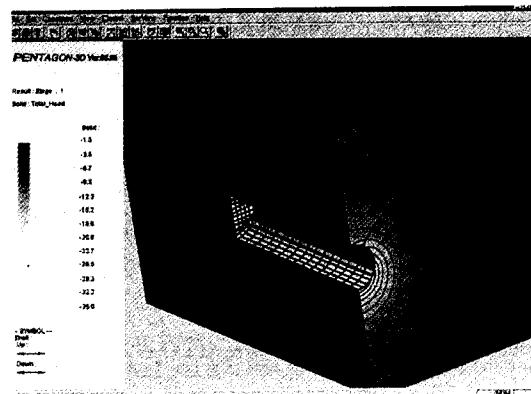


그림 13 터널주변지반에 대한 3차원 지하수해석 결과(등수
두선 및 지하수면)

3. 맷음말

소개의 기회를 주신 한국전산
구조공학회에 감사드리며 소프

트웨어에 관한 문의사항이 있으
신 분은 아래 연락처를 참조하
시기 바랍니다.

Tel(02) 3426-7554~5(판매

및 기술지원), 485-2306(프로
그램 개발 및 기술용역) ☎