

지반구조물 유한요소망 작성  
Part 2 GEN-3D

2007년 2월

지반구조물 유한요소망 작성 Part 2 GEN-3D

Comtec Research

서울특별시 서초구 서초3동 1566-10

서진벤처빌딩 502호 우137-874

Tel : (02) 597-9824

Fax : (02) 597-9827

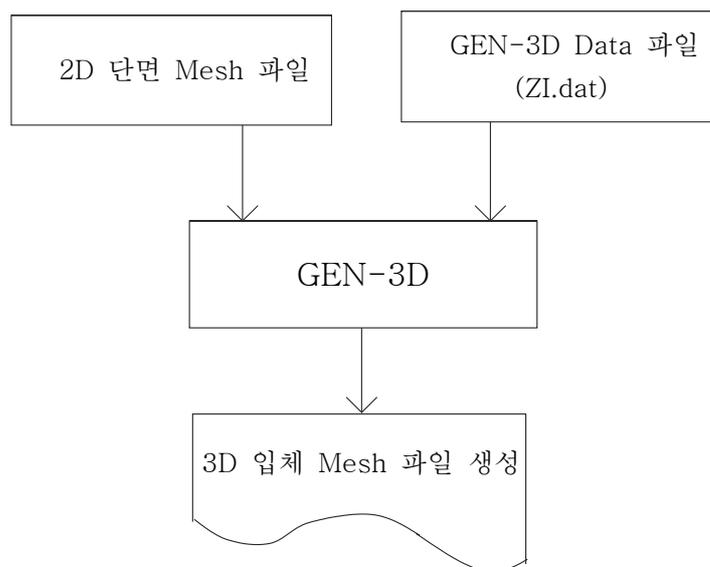
E-mail : [info@ComtecResearch.co.kr](mailto:info@ComtecResearch.co.kr)

1.1 GEN-3D 란? .....	1
1.2 GEN-3D 관련 Menu 및 주요기능 사용법 .....	2
1.2.1 Program Menu .....	2
1.2.2 Working Directory .....	2
1.2.3 GEN-3D 실행하기 .....	3
1.2.4 Mesh Plot 하기 .....	4
1.2.5 PLOT-3D .....	6
1.2.5.1 PLOT-3D-View .....	6
1.2.5.2 PLOT-3D-Plot .....	9
1.2.5.3 PLOT-3D-Toolbar .....	11
1.3 GEN-3D 사용자 매뉴얼 .....	12
2.1 Ex_1 Curved Box .....	19
2.1.1 2D Mesh 파일 작성하기 .....	22
2.1.1.1 2D Mesh 파일 Listing (2D_Mesh.dat) .....	23
2.1.2 3D로 확장하기 위한 ZI.dat 파일 작성하기 .....	25
2.1.2.1 ZI.dat 파일 Listing .....	27
2.1.3 GEN-3D 실행하기 .....	30
2.1.4 생성된 3D Mesh Plot 하기 .....	31
2.1.5 생성된 3D Mesh 파일 보기.....	33
2.2 Ex_2 NATM Tunnel .....	36
2.2.1 2D Mesh 파일 작성하기 .....	40
2.2.1.1 2D Mesh 파일 Listing (2D_Mesh.dat).....	41
2.2.2 3D로 확장하기 위한 ZI.dat 파일 작성하기 .....	44
2.2.2.1 ZI.dat 파일 Listing .....	45
2.2.3 GEN-3D 실행하기 .....	45
2.2.4 생성된 3D Mesh Plot 하기 .....	48
2.2.5 생성된 3D Mesh 파일 보기 .....	49
2.3 Ex_3 RCD Pile .....	55
2.3.1 2D Mesh 파일 작성하기 .....	56
2.3.2 3D로 확장하기 위한 ZI.dat 파일 작성하기 .....	64
2.3.2.1 ZI.dat 파일 Listing .....	66
2.3.3 GEN-3D 실행하기 .....	72
2.3.4 생성된 3D Mesh Plot 하기 .....	73
2.3.5 생성된 3D Mesh 파일 보기 .....	74

## 1.1 GEN-3D 란?

GEN-3D는 2차원 대표단면 Mesh를 지정한 방향으로 확장하여 3차원 Mesh 파일을 자동 생성하는 역할을 합니다. 2차원 대표단면 Mesh는 AIG를 사용한 ADDRGN-2D 프로그램이나 기타 PRESMAP 프로그램 (PRESMAP-2D, PRESMAP-GP, NATM-2D 등)을 실행시켜 생성할 수 있습니다. GEN-3D에 의해 생성된 3차원 Mesh 파일은 SMAP-3D Mesh 파일로 사용됩니다.

GEN-3D의 세부사항은 SMAP-3D 사용자 Manual에 상세히 설명되어 있습니다. GEN-3D는 SMAP-3D의 *RUN => PRESMAP => GEN-3D* Menu를 클릭하여 실행 (Execute)합니다.



## 1.2 GEN-3D 관련 Menu 및 주요기능 사용법

### 1.2.1 Program Menu

GEN-3D를 사용하기 위하여 바탕화면의 SMAP 아이콘을 클릭하여 *Program Menu* => *SMAP-3D*를 선택합니다.



그림 1. Program Menu.

### 1.2.2 Working Directory

1. Disk drive를 선택해서 Directory를 선택합니다. 모든 Output 파일들은 지정된 Working Directory에 저장될 것입니다.
2. 작업파일이 저장될 폴더를 지정하여 차후의 관리를 용이하게 하기 위한 작업입니다.
3. 작업을 시작하기 전에 폴더 지정을 잘해두면 작업파일들의 정리가 쉬워집니다.
4. C:드라이브가 아닌 드라이브의 하부 Directory를 설정하여도 관계없습니다.
5. 원본폴더에 있는 예제파일을 수정하거나 학습할 때는 원본폴더내의 파일들이 손상되지 않도록 Input 폴더를 만들어 기존의 파일들을 복사하여 붙여 넣은 후에 프로그램을 실행시키면 됩니다.
6. 다른 Directory로 이동할 때는 *SETUP* => *General-Working Directory* => *Browser* 창을 이용하여 변경하시면 됩니다.



그림 2. Working Directory.

### 1.2.3 GEN-3D 실행하기

GEN-3D를 실행시키기 위하여 그림 3과 같이 *Run => Presmap => Gen-3D*를 선택합니다.

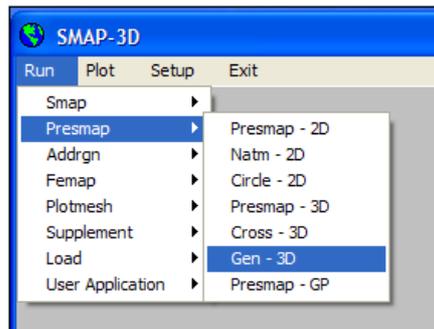


그림 3. GEN-3D 프로그램 실행

그러면 그림 4와 같이 GEN-3D와 관련된 Input 및 Output 파일 이름 창이 나타납니다. Input 파일로 이미 준비된 GEN-3D Data 파일 (ZI.dat)과 2D 단면 Mesh 파일 (Ex. 2D\_Mesh.dat)을 입력하고 Output 파일 (Ex. ZI.out)을 입력한 다음 OK 버튼을 클릭합니다.

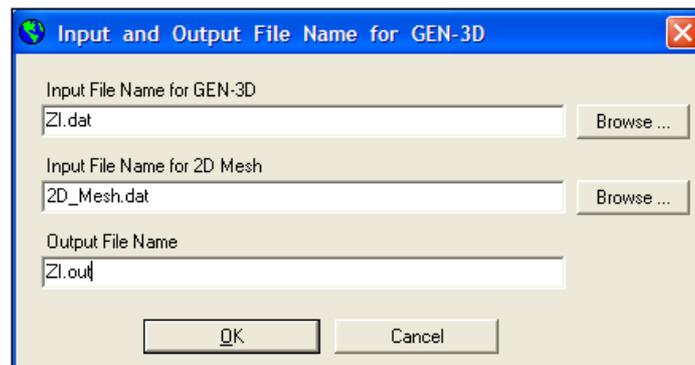


그림 4. GEN-3D Input 및 Output 파일 입력 창

## 1.2.4 Mesh Plot 하기

GEN-3D 프로그램이 종료되면 그림 5와 같은 PRESMAP Mesh Plot Option 창이 나타납니다. “Plot by PLOT\_2D.3D” 선택 후 OK 버튼을 클릭하여 Plot-3D 프로그램을 실행합니다.

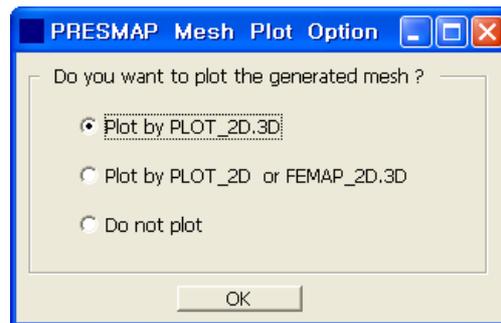


그림 5. PRESMAP Mesh Plot Option.

그림 6과 같이 Plot-3D 창이 나타나면 파일 오픈툴바 버튼 을 클릭하여 그림 7의 오픈 파일 입력 창에서 자동 생성된 3D 입체 Mesh 파일 (Ex. ZI.out)을 선택합니다.

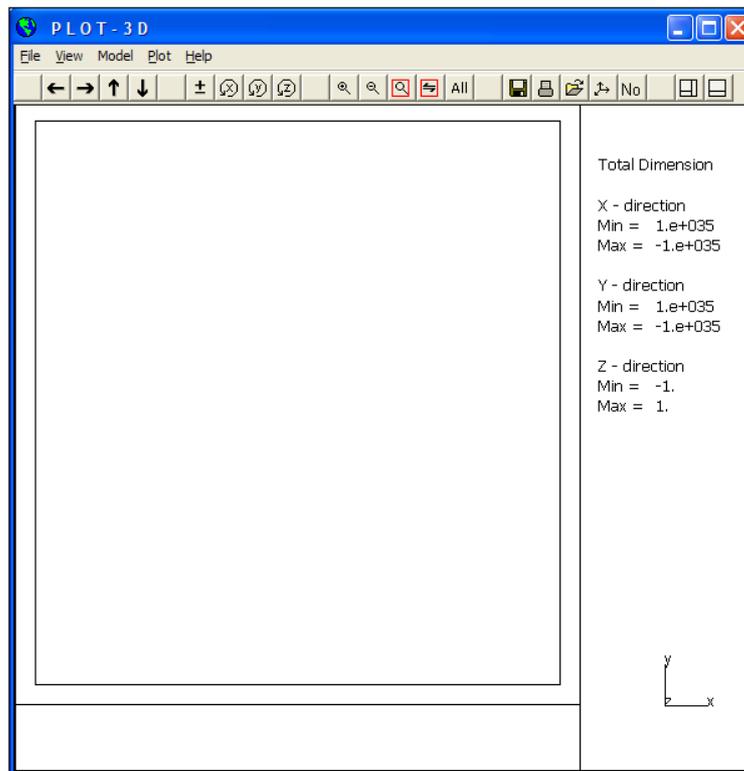


그림 6. Plot-3D 창

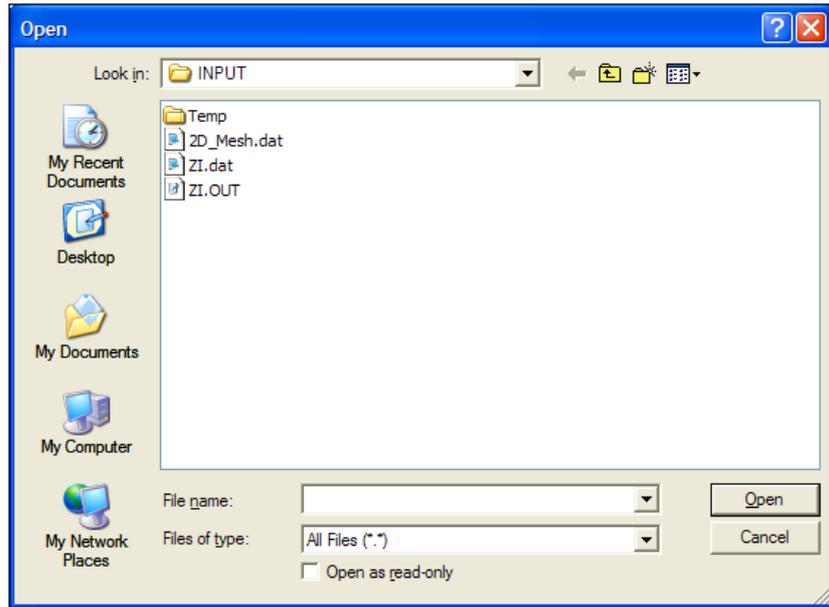


그림 7. Open 파일 입력 창

그림 8은  $x$ 축과  $y$ 축으로 회전시킨 3D 유한요소망입니다. Plot-3D의 주요기능은 다음절 1.2.5를 참조하기 바랍니다.

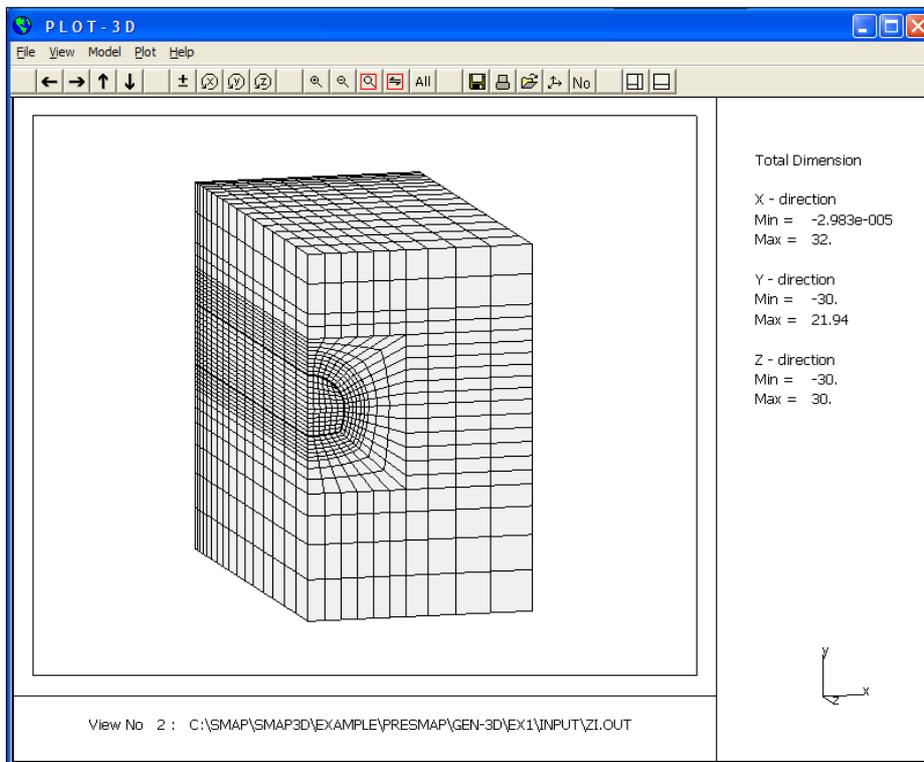


그림 8. 자동 생성된 3D 유한요소망

PLOT-3D

## 1.2.5 PLOT-3D

### 1.2.5.1 PLOT-3D - View.

PLOT-3D는 Plot Option의 Plot by PLOT\_2D,3D. PLOT 보기 사항입니다. 프로그램 실행 후의 2·3차원 해석 결과나 Mesh파일을 볼 때 주로 쓰입니다.

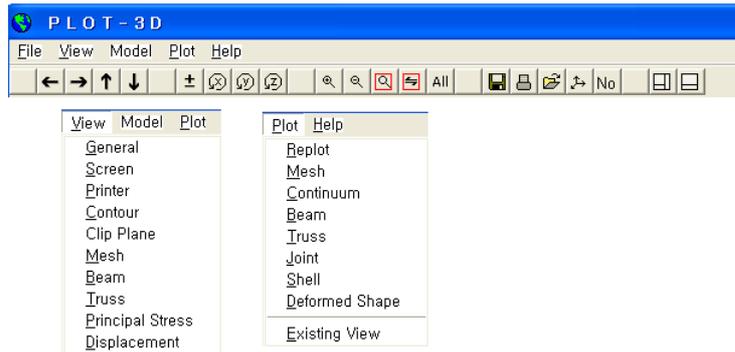


그림 9. PLOT-3D.

- ◆ General : View Option의 전반적인 사항들을 지정해 주는 기능입니다.
- ◆ Screen, Printer : Screen, Printer 설정을 위한 기능입니다.
- ◆ Contour : 화면에 출력되는 Mesh/해석결과 내용물의 색을 다르게 설정하여 보기위한 기능입니다. 직접 색을 선택할 수도 있고, 이미 Set되어 있는 Option을 택하여 볼 수도 있습니다.
- ◆ Clip Plane : 특정 좌표, Node, Element에서의 단면의 형상이나 재료를 확인하기 위해 쓰이는 기능으로 Mesh가 3차원으로 이루어졌을 때 주로 사용됩니다. 절단면의 형상을 보거나 숨길 수 있으며, 외곽선의 색도 지정할 수 있습니다.

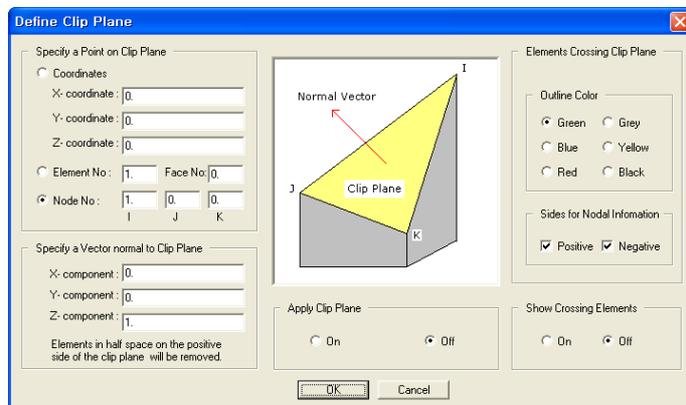


그림 10. Define Clip Plane.

- ◆ Mesh : Mesh에 대한 전반적인 선택사항으로 원하는 요소종류나 재료 번호만을 선택하여 볼 수도 있고, 색 보기 방식도 지정할 수 있습니다.

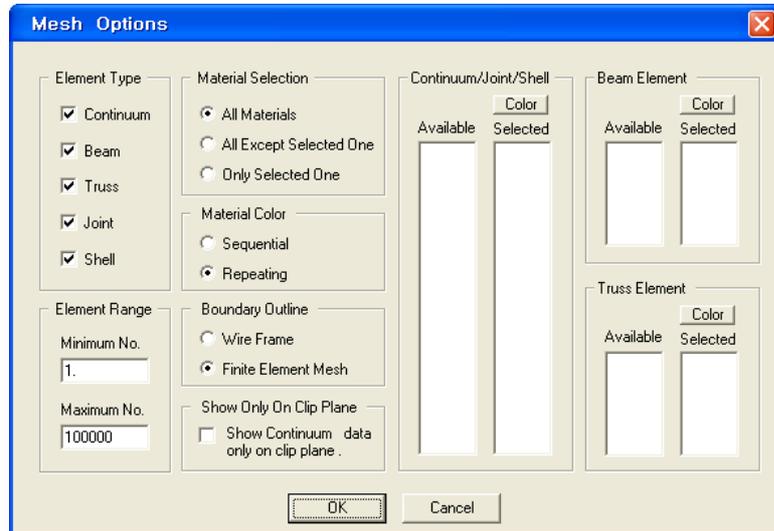


그림 11. Mesh Options.

- ◆ Beam, Truss : 도면상의 Beam, Truss 결과를 보기 위한 Option 사항입니다.
- ◆ Principal Stress : 연속체 요소나 Shell 요소의 주응력을 확인하는데 있어서 필요한 사항들을 설정합니다.

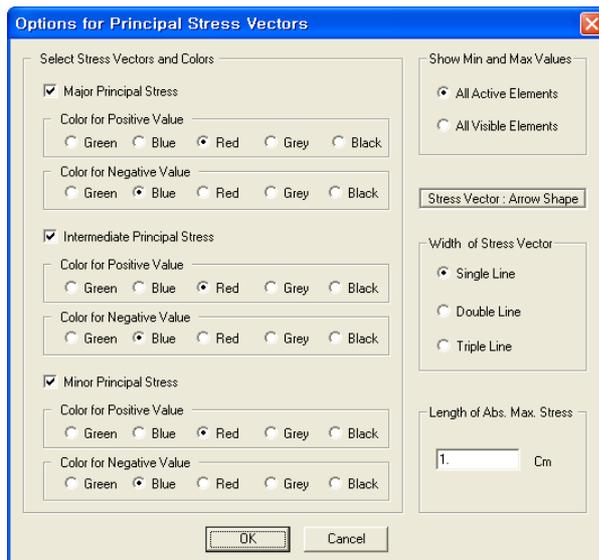


그림 12. Options for Principal Stress Vectors.

- ◆ Displacement : 변위를 확인하는데 필요한 여러 가지 사항들을 설정합니다.

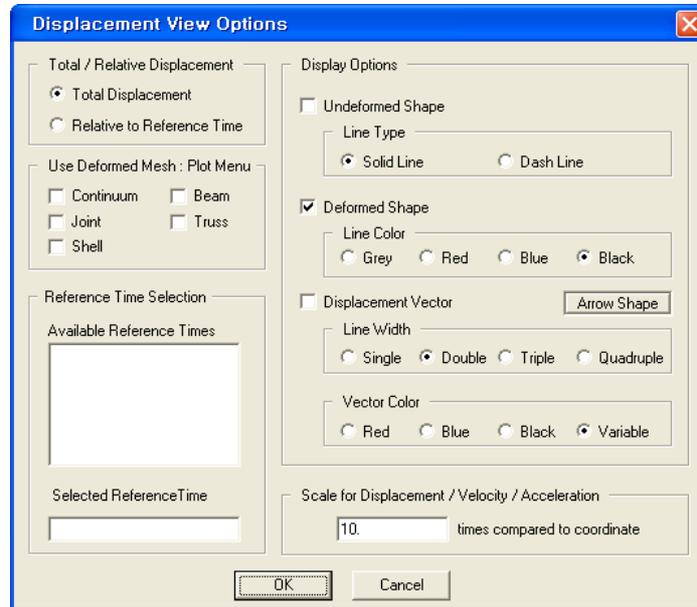


그림 13. Displacement View Options.

### 1.2.5.2 PLOT-3D - Plot.

- ◆ Replot : 프로그램 이용 도중 자동으로 Update 되지 않는 그림을 볼 때 이용합니다.
- ◆ Mesh : 프로그램 실행 후 원하는 Mesh Type을 선택합니다.

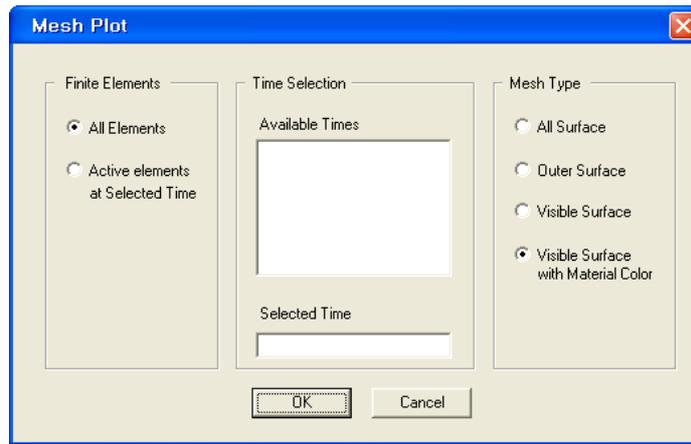


그림 14. Mesh Plot.

- ◆ Continuum, Beam, Truss, Joint, Shell : 프로그램 실행 후 각 요소들의 특정 시간, 특정 항목에 대한 결과를 확인할 수 있습니다.

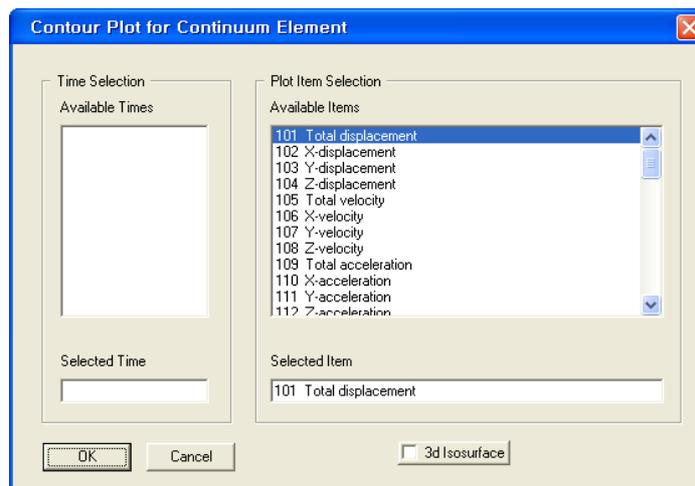


그림 15. Contour Plot for Continuum Element.

- ◆ Deformed Shape : 프로그램 실행 후 각 요소들의 특정 시간, 특정 항목에 대한 변위를 확인할 수 있습니다.

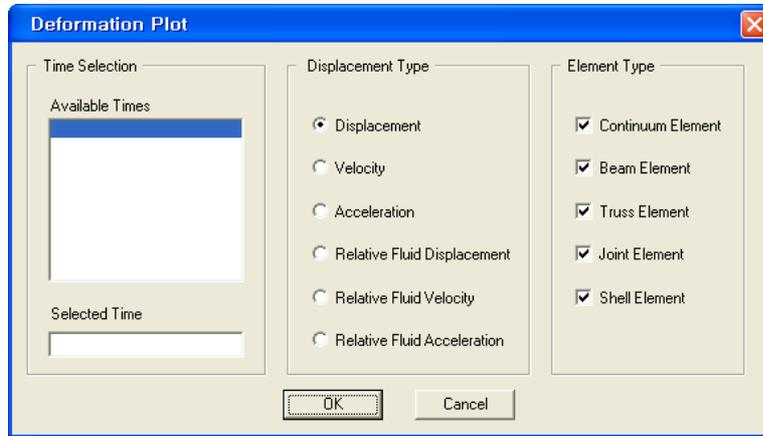


그림 16. Deformation Plot.

- ◆ Existing Views : Save 버튼  을 클릭하여 저장된 View를 다시 Plot 할 때 사용됩니다. Update Selected View Title 버튼은 View Title을 변경할 때 사용되고, Delete Selected View 버튼은 Select한 View를 List에서 삭제할 때 사용됩니다. 저장된 View에 대한 내용은 Sub Working Directory "Temp"내에 Text 파일 "PlotView.dat"로 보존됩니다.

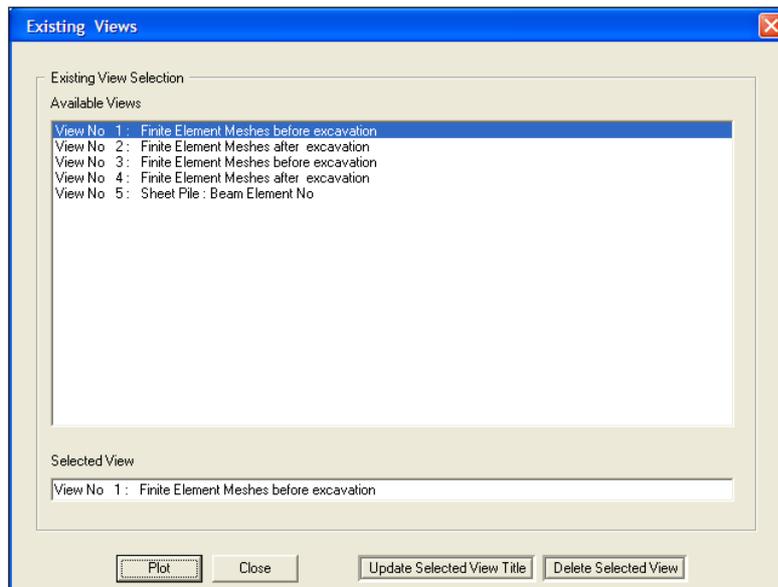
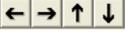


그림 17. Existing Views

### 1.2.5.3 PLOT-3D - Toolbar.

1.  : Plotting된 도면의 방향을 움직여 보기 위한 기능입니다.
2.  : 도면을 x, y, z축으로 회전시켜 보는 기능으로 ±를 누르면 회전방향이 반대로 전환됩니다.
3.  : 도면을 확대, 축소해서 보는 기능이며, 선택한 부분만 확대하여 볼 수 있습니다.
4.  : 이전 PLOT 화면으로 돌아가는 기능입니다.
5.  : 완성된 Mesh 전체를 한눈에 볼 수 있는 기능입니다.
6.  : 현재 화면상에 Plotting 된 도면을 Text 파일 PlotView.dat에 저장합니다.
7.  : 현재 화면상에 Plotting된 도면을 프린트로 출력합니다.
8.  : Open할 Plotting 파일을 찾기 위한 기능입니다.
9.  : x, y, z 축을 쉽게 보기 위한 좌표축으로 누를 때마다 반시계 방향으로 이동합니다. 이 기능은 화면이 2등분으로 되었을 때만 가능합니다.
10.  : 한번 누를 때마다  
*Node Number -> Element Number ->*  
*Node & Element Number -> Skeleton Boundary Code ->*  
*Fluid Boundary Code -> Rotation Boundary Code ->*  
*Slip Boundary Code -> Material Number ->*  
*Material & Node Number*  
 순으로 바뀌게 됩니다. 정해진 순서와 상관없이 원하시는 No.를 보고 싶으시면 View -> General View Option -> Number를 선택하여 임의로 지정하시면 됩니다.
11.  : 화면이 3등분으로 되어 우측 창에 세부정보를 보여줍니다.
12.  : 화면이 좁아 도면상에 모두 들어오지 않을 때 화면 우측의 세부정보를 나타내는 창을 숨겨 화면을 2등분하여 넓게 보는 기능입니다.





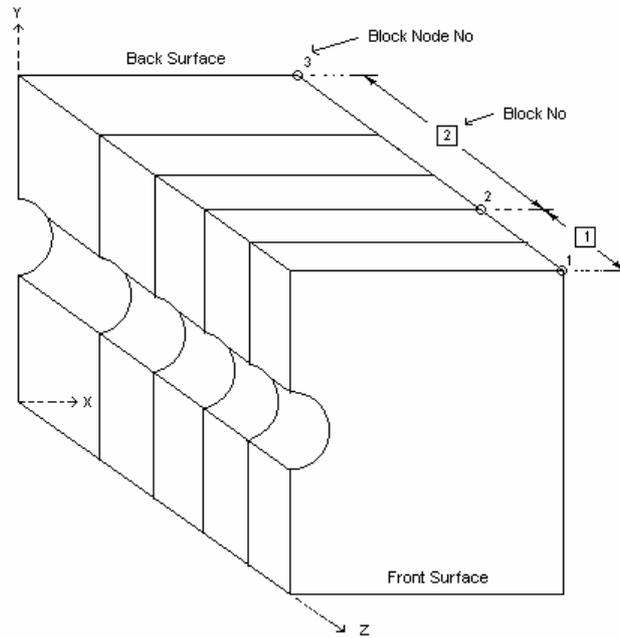
Card Group	입력 데이터와 정의															
일반 데이터	<p>1</p> <p>1.2.2</p> <p>(IPLANE = 3인 경우에만 입력)</p> <p><math>X_0, Y_0, Z_0</math>  <math>X_a, Y_a, Z_a</math>  <math>X_b, Y_b, Z_b</math></p> <p><math>X_0, Y_0, Z_0</math>    지역 좌표를 지정하기 위한 기준점  <math>X_a, Y_a, Z_a</math>    지역 X 축을 지정하기 위한 좌표  <math>X_b, Y_b, Z_b</math>    지역 Y 축을 지정하기 위한 좌표</p> <hr/> <p>1.3</p> <p><math>IBZ_{BASE}, IBZ_{FRONT}, IBZ_{BACK}</math>  (그림 18을 참고하십시오)</p> <p><math>IBZ_{BASE}</math>    내부 경계 조건  <math>IBZ_{FRONT}</math>    앞면의 경계 조건  <math>IBZ_{BACK}</math>    뒷면의 경계 조건</p> <table border="0" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td><math>IBZ</math></td> <td><math>ISZ</math></td> <td><math>IFZ</math></td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </table> <p><math>ISZ</math>    골격의 Z 방향 자유도  <math>IFZ</math>    간극수의 골격에 대한 Z 방향 상대 자유도  <math>ISZ, IFZ = 0</math>    지정된 방향으로 움직임이 허용됨                    <math>= 1</math>    지정된 방향으로 움직임이 고정됨</p>	$IBZ$	$ISZ$	$IFZ$	0	0	0	1	0	1	2	1	0	3	1	1
$IBZ$	$ISZ$	$IFZ$														
0	0	0														
1	0	1														
2	1	0														
3	1	1														

Card Group	입력 데이터와 정의																
<div style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright; text-align: center;">변 경 매 개</div>	<p>2.1</p> <table style="margin-left: 40px;"> <tr> <td></td> <td>NODE<sub>1</sub>,</td> <td>Z<sub>1</sub>,</td> <td>X<sub>1</sub></td> </tr> <tr> <td></td> <td>NODE<sub>2</sub>,</td> <td>Z<sub>2</sub>,</td> <td>X<sub>2</sub></td> </tr> <tr> <td>NBNODE</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Cards</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table> <p>NODE      절점 번호  Z            Z 좌표  X            X 좌표</p> <p>참고:        Z와 X는 Center Line 좌표입니다.</p>		NODE <sub>1</sub> ,	Z <sub>1</sub> ,	X <sub>1</sub>		NODE <sub>2</sub> ,	Z <sub>2</sub> ,	X <sub>2</sub>	NBNODE	-	-	-	Cards	-	-	-
	NODE <sub>1</sub> ,	Z <sub>1</sub> ,	X <sub>1</sub>														
	NODE <sub>2</sub> ,	Z <sub>2</sub> ,	X <sub>2</sub>														
NBNODE	-	-	-														
Cards	-	-	-														

Card Group	입력 데이터와 정의
각 블록에 대한 데이터	3.1 BLNAME BLNAME            블록 이름 (최대 60 글자까지 허용)
	3.2 IBLNO IBLNO            블록 번호
	3.3 I, J, LTYPE, IMATC, IMATB, IMATT, NIXCH (그림 18을 참고하십시오)  I, J            블록의 Corner 절점번호 LTYPE = 0    직선 = 1    곡선 IMATC        연속체 요소의 재료번호 증가 IMATB        보 요소의 재료번호 증가 IMATT        봉 요소의 재료번호 증가 NIXCH        인덱스 수정이 필요한 연속체 요소 재료수
	3.4 NDZ, $\alpha$ , MC <sub>1</sub> , MC <sub>2</sub> , MC <sub>3</sub> , MB, MT  NDZ            Z 방향으로 생성할 요소의 수 $\alpha$ = 0.5    요소길이는 일정 = 0.3    요소길이는 I에서 J로 점차 증가 = -0.3    요소길이는 J에서 I로 점차 증가 MC            수정되지 않을 연속체 요소의 재료번호 MB            수정되지 않을 보 요소의 재료번호 MT            수정되지 않을 봉 요소의 재료번호  참고: 만약 MC, MB, MT가 마이너스 기호를 가지고 있다면, 이들 재료번호에 해당하는 요소는 생성되지 않는다.
	3.5 [LTYPE = 1인 경우에만 입력 ; 곡선의 경우]  Z <sub>0</sub> , X <sub>0</sub> , R, $\theta_b$ , $\theta_e$ Z <sub>0</sub> , X <sub>0</sub> 원점의 좌표 R              반지름 $\theta_b$ , $\theta_e$ 시점과 종점의 각도(°)

Card Group	입력 데이터와 정의	
3	3.6	<p>[NIXCH &gt; 0인 경우에만 입력]</p> <p>NIXCH Cards [ MAT, NMAT, NI<sub>1</sub>, NI<sub>2</sub>, NI<sub>3</sub>, NI<sub>4</sub>, NI<sub>5</sub>, NI<sub>6</sub>, NI<sub>7</sub>, NI<sub>8</sub> ]            - - - - - - - - - -</p> <p>MAT            재료 번호            NMAT        새로 사용할 재료 번호            NI<sub>i</sub>         I<sub>i</sub> 에서의 추가 절점번호 증가수            참고:        인덱스 수정은 각 블록의 첫번째 층에만 적용됨</p>
Transmitting 경계 생성	4	<p>4.1</p> <p>ITRANB            ITRANB = 0    Transmitting 경계를 지정하지 않음                      = 1    절점을 기반으로 하는 Transmitting 경계 지정                      = 2    요소를 기반으로 하는 Transmitting 경계 지정</p> <p>ITRANB가 0인 경우는 나머지 카드가 사용되지 않습니다.            ITRANB가 2인 경우는 Card Group 4.4로 가십시오.</p>
	4.2	<p>4.2.1</p> <p>NTNC            NTNC    재료의 수</p> <hr/> <p>4.2.2</p> <p>NTNC Cards [ MAT, RHO, CP, CS ]            - - - - -</p> <p>MAT        재료 번호            RHO       질량의 밀도            CP         압축파의 속도            CS         전단파의 속도</p>
재료의 물성치		





예:

IPLANE = 0 (입력 2D Section을 X-Y 평면에 확장)

블록 번호 1,            I = 1   J = 2   NDZ = 2    $\alpha = 0.3$

블록 번호 2,            I = 2   J = 3   NDZ = 3    $\alpha = 0.3$

블록의 수,              NBZ       = 2

블록 절점의 수,        NBNODE = 3

그림 18. GEN-3D의 블록 인덱스



## 2.1 Ex\_1 Curved Box

본 예제는 그림 1에서 보는 바와 같은 Curved Box의 3차원 유한요소망을 GEN-3D의 가장 기본적인 기능을 사용하여 자동 생성하는 예제입니다.

Box는 구형단면으로 4개의 직사각형 요소로 구성되어 있으며, 이에 관한 Data는 2차원 대표단면 Mesh File인 2D\_Mesh.dat에 있습니다. (그림 2 참조)

Box는 길이 방향으로 2개의 Block으로 구성되어 있으며, 첫 번째 Block은  $22.5^\circ$  까지 Curve로 되어있고, 두 번째 Block은 길이 39.36의 직선으로 되어 있습니다. (그림 3 참조)

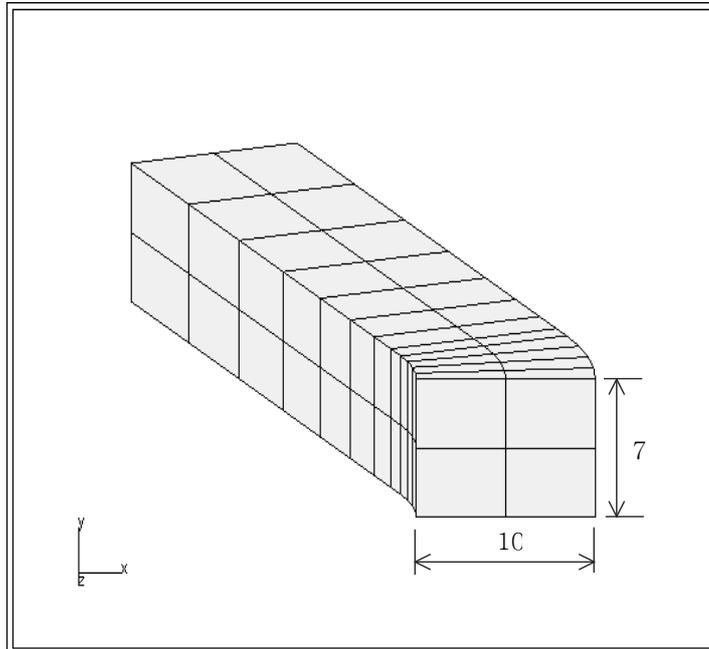


그림 1. Curved Box 개략도

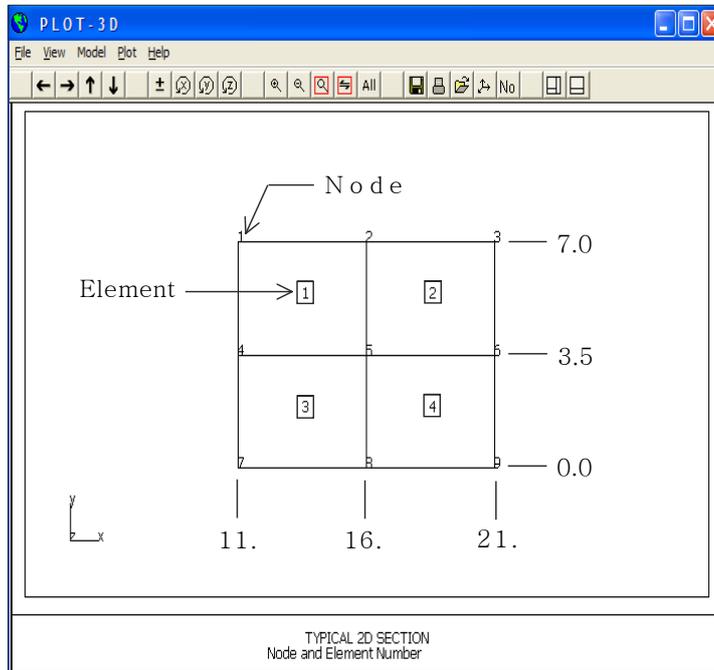


그림 2. 2차원 대표단면 유한요소망 (2D\_Mesh.dat)

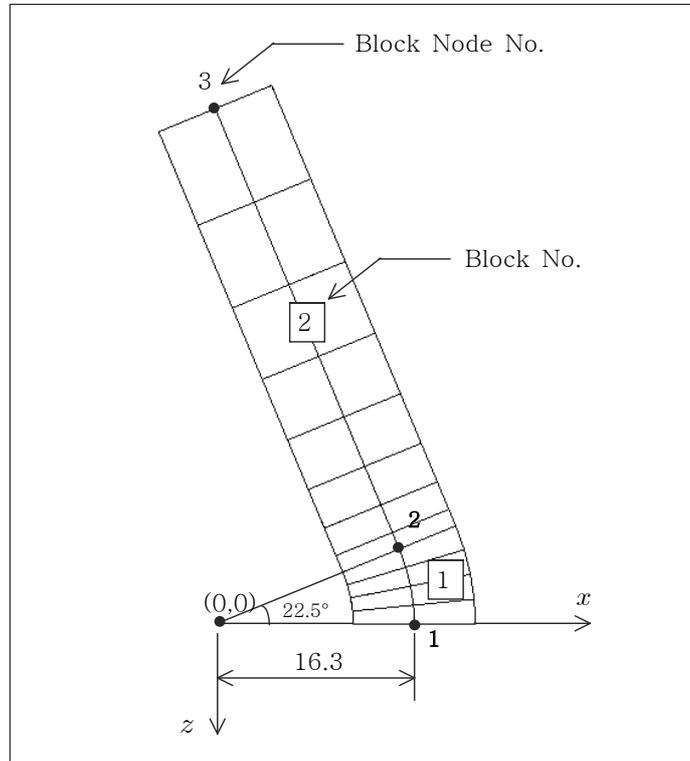


그림 3. Box 길이방향  $z - x$  단면 개략도

### 2.1.1 2D Mesh 파일 작성하기

일반적으로 2차원 대표단면 Mesh는 AIG를 사용한 ADDRGN-2D 프로그램이나 기타 PRESMAP 프로그램 (PRESMAP-2D, PRESMAP-GP, NATM-2D, CIRCLE-2D 등)을 실행시켜 생성합니다. 하지만 본 Box 예제는 그림 2에서와 같이 4개의 직사각형요소로 구성되어 있어 위에 열거한 2차원 전처리 프로그램을 사용하지 않고 손으로도 쉽게 작성할 수 있습니다.

2D Mesh 파일 작성에 관한 자세한 설명은 SMAP-2D 사용자 매뉴얼 (Mesh 파일 작성)과 다음 페이지 2D Mesh 파일 Listing의 주석을 참조하기 바랍니다.

### 2.1.1.1 2D Mesh 파일 Listing (2D\_Mesh.dat)

TYPICAL 2D SECTION

```
NUMNP  NCONT  NBEAM  NTRUSS
   9      4      0      0
```

=> 절점의 개수 (NUMNP) 와 연속체요소의 개수 (NCONT), Beam요소의 개수 (NBEAM), Truss요소의 개수 (NTRUSS) 를 입력합니다. 본 예제는 9개의 절점과 4개의 연속체 요소로 이루어져 있습니다.

NODAL COORDINATES

NODE	ISX	ISY	IFX	IFY	IRZ	IEX	IEY	XC	YC
1	1	0	1	1	1	1	1	11.3	7.0
2	0	0	1	1	1	1	1	16.3	7.0
3	1	0	1	1	1	1	1	21.3	7.0
4	1	0	1	1	1	1	1	11.3	3.5
5	0	0	1	1	1	1	1	16.3	3.5
6	1	0	1	1	1	1	1	21.3	3.5
7	1	0	1	1	1	1	1	11.3	0.0
8	0	0	1	1	1	1	1	16.3	0.0
9	1	1	1	1	1	1	1	21.3	0.0

=> GEN-3D에 의해서 확장되는 것은 z축으로의 확장입니다. 그러므로 2차원 평면을 이루고 있는 각 절점의 번호와 경계조건, 정확한 좌표 값을 입력합니다.

ISX : 골격의 X방향 자유도

ISY : 골격의 Y방향 자유도

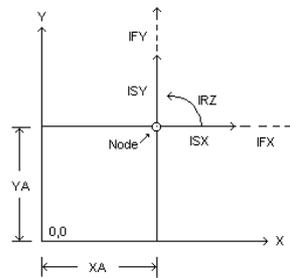
IFX : 간극수의 골격에 대한 X방향 자유도

IFY : 간극수의 골격에 대한 Y방향 자유도

IRZ : z축에 대한 회전 자유도

IEX : slip의 X방향 자유도

IEY : slip의 Y방향 자유도



ISX, ISY, IFX, IFY, IRZ, IEX, IEY = 0 : 지정된 방향으로의 움직임이 허용됨.

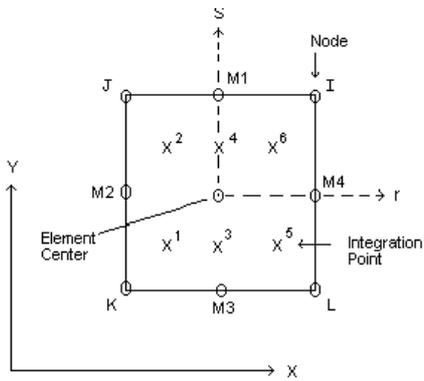
= 1 : 지정된 방향으로의 움직임이 고정됨.

=> SMAP-2D User's Manual. Mesh File - Card Group 2.2 참고

ELEMENT INDEX

NEL	I1	I2	I3	I4	M5	M6	M7	M8	MATC	KS	KF	INTR	INTS	TBJWL
1	2	1	4	5	0	0	0	0	1	0	1	2	2	0.0
2	3	2	5	6	0	0	0	0	1	0	1	2	2	0.0
3	5	4	7	8	0	0	0	0	1	0	1	2	2	0.0
4	6	5	8	9	0	0	0	0	1	0	1	2	2	0.0

=> 각 요소의 번호 (NEL) 와 요소를 구성하는 인덱스 (I1, I2, I3, I4, M5, M6, M7, M8) 를 나타낸 것으로 시계 반대방향으로 입력합니다.



MATC = 재료번호.

KS = -1 폭약을 포함하는 요소.  
 = 0 골격을 포함하는 요소.  
 = 1~4 절리를 포함하는 요소.

KF = 0 간극수를 포함하는 경우.  
 = 1 간극수를 포함하지 않는 경우.

INTR = R방향 적분점 수. (초기값=2)  
 INTS = S방향 적분점 수. (초기값=2)

TBJWL = KS=-1일 때 사용하는 변수로 이 요소가 폭발한 시간.

=> SMAP-2D User's Manual. Mesh File - Card Group 3.2 참고

## 2.1.2 3D로 확장하기 위한 ZI.dat 파일 작성하기

ZI.dat 파일은 2차원 대표단면 Mesh를 단면에 수직한 방향으로 확장시켜 3차원 입체 유한요소망을 생성하는데 필요한 GEN-3D Data 파일로 Word Pad나 Note Pad와 같은 Text 편집기를 사용하여 작성합니다.

본 예제는 그림 3에서 보는 바와 같이 Box의 길이 방향으로 곡선과 직선의 2개의 Block으로 구성되어 있고, 첫 번째 곡선 Block은 등 간격으로 4등분 되어있고, 두 번째 직선 Block은 요소의 길이가 뒷면으로 갈수록 점차 증가하여 나뉘집니다.

표 1은 Block 길이 방향의 Center Line 좌표입니다. ZI.dat 파일 작성에 관한 자세한 설명은 1.3절의 GEN-3D 사용자 매뉴얼과 다음 페이지 ZI.dat 파일 Listing의 주석을 참조하기 바랍니다.

Block No.	LTYPE	LTYPE=0 (직선)		LTYPE=1 (곡선)				
		$z_i$	$x_i$	$z_0$	$x_0$	$R$	$\theta_b$	$\theta_e$
		$z_j$	$x_j$					
1	1			0.0	0.0	16.3	0.0	22.5
2	0	-6.238	15.06					
		-42.60	0.0					

표 1. Block 길이 방향 Center Line 좌표.

### 2.1.2.1 ZI.dat 파일 Listing

**\* CARD 1.1**

\* TITLE  
3-D MESH GENERATION BY GEN-3D

=> 제목을 입력하는 Card로 최대 60 Character 영문으로만 입력 가능합니다.

**\* CARD 1.2**

\* NBZ NBNODE  
2 3

=> Z방향으로 생성할 Block의 개수(NBZ)와 절점의 개수(NBNODE)를 입력합니다. 각 Block마다 LTYPE과 Z방향으로 생성될 요소의 수, 그 간격 등의 세부사항은 Card 3에서 지정됩니다.

**\* CARD 1.3**

\* IBZ\_base IBZ\_front IBZ\_back  
1 3 3

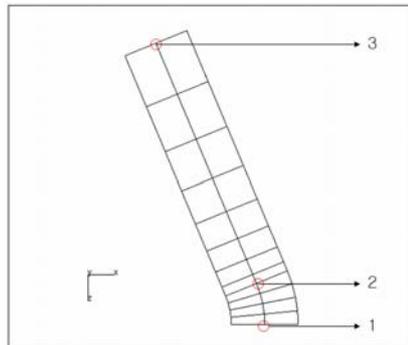
=> 각각 내부를 구성하는 요소의 경계조건 (IBZ\_base), 앞면을 구성하는 요소의 경계조건 (IBZ\_front), 뒷면을 구성하는 요소의 경계조건 (IBZ\_back)을 나타냅니다.

IBZ	ISZ	IFZ	ISZ	: 골격의 Z방향 자유도
0	0	0	IFZ	: 간극수의 골격에 대한 Z방향 상대 자유도.
1	0	1	ISZ, IFZ = 0	: 지정된 방향으로 움직임이 허용됨.
2	1	0	ISZ, IFZ = 1	: 지정된 방향으로 움직임이 고정됨.
3	1	1		

**\* CARD 2.1**

\* NODE Zp Xp  
1 0.0 16.30  
2 -6.238 15.06  
3 -42.60 0.00

=> Center Line의 절점의 번호와 그 좌표를 나타냅니다. Center Line을 입력하면 2D Mesh가 Center Line을 따라 확장되어 3D 입체 Mesh를 형성합니다.



```

* -----
*
* CARD 3.1
* BLNAME
  BLOCK1

```

=> Block의 이름을 입력합니다. 제목과 마찬가지로 최대 60 Character 영문으로만 입력 가능합니다.

```

* CARD 3.2
* IBLNO
  1

```

=> Block의 번호를 입력합니다.

```

* CARD 3.3
* I   J   LTYPE
  1   2   1

```

=> 해당 Block을 구성하는 시작하는 절점번호(I)와 끝나는 절점번호(J)를 입력합니다. LTYPE이 1인 경우는 곡선을 따라 요소가 생성됨을 나타냅니다. 곡선이 형성되는 각도는 Card 3.5에서 입력합니다.

```

* CARD 3.4
* NDZ, ALPA
  4   0.5

```

=> NDZ : Z방향으로 생성할 요소의 수를 입력합니다.  
 $\alpha = 0.5$  : 요소의 길이를 일정하게 나눕니다.  
 $= 0.3$  : 요소의 길이가 절점 I에서 J로 갈수록 점차 증가하며 나뉩니다.  
 $= -0.3$  : 요소의 길이가 절점 J에서 I로 갈수록 점차 증가하며 나뉩니다.

```

* CARD 3.5
* Zo   Xo   R   Tb   Te
  0.0  0.0  16.3 0.0  22.5

```

=> Zo, Xo는 원점의 좌표를 나타내고 R은 반지름, Tb, Te는 곡선의 시작점과 종점의 각도를 나타냅니다.

\* -----  
\*

**\* CARD 3.1**

\* BLNAME  
BLOCK2

= Block의 이름을 입력합니다. 제목과 마찬가지로 최대 60 Character 영문으로만 입력 가능합니다.

**\* CARD 3.2**

\* IBLNO  
2

=>Block의 번호를 입력합니다.

**\* CARD 3.3**

\* I J LTYPE  
2 3 0

=> 해당 Block을 구성하는 시작점과 끝나는 절점번호를 입력합니다. LTYPE이 0인 경우는 직선을 따라 요소가 생성됨을 나타냅니다.

**\* CARD 3.4**

\* NDZ ALPA  
8 0.3

=> NDZ : Z방향으로 생성할 요소의 수를 입력합니다.

$\alpha = 0.5$  : 요소의 길이를 일정하게 나눕니다.

$= 0.3$  : 요소의 길이가 절점 I에서 J로 갈수록 점차 증가하며 나뉘집니다.

$= -0.3$  : 요소의 길이가 절점 J에서 I로 갈수록 점차 증가하며 나뉘집니다.

\* -----  
\*

**\* CARD 4.1**

\* ITRANB  
0

=> ITBANB = 0 Transmitting 경계를 지정하지 않습니다.  
= 1 절점을 기반으로 하는 Transmitting 경계를 지정합니다.  
= 2 요소를 기반으로 하는 Transmitting 경계를 지정합니다.

ITBANB가 0인 경우 나머지 Card가 이용되지 않습니다.

\*  
**\* END OF DATA**

\* -----  
\*

만들어진 data파일을 지정된 폴더에 저장합니다.

### 2.1.3 GEN-3D 실행하기

GEN-3D를 실행시키기 위하여 그림 4과 같이 *Run => Presmap => Gen-3D*를 선택합니다.

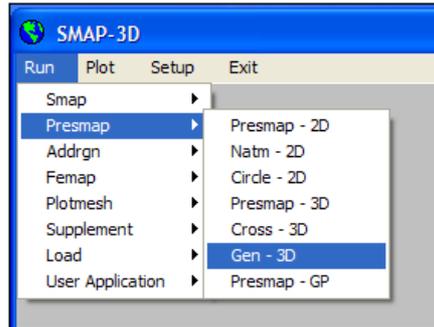


그림 4. GEN-3D 프로그램 실행

그러면 그림 5와 같이 GEN-3D와 관련된 Input 및 Output 파일 이름 창이 나타납니다. Input 파일로 이미 준비된 GEN-3D Data 파일 (Zl.dat)과 2D 단면 Mesh 파일 (2D\_Mesh.dat)을 입력하고 Output 파일 (Zl.out)을 입력한 다음 OK 버튼을 클릭합니다.

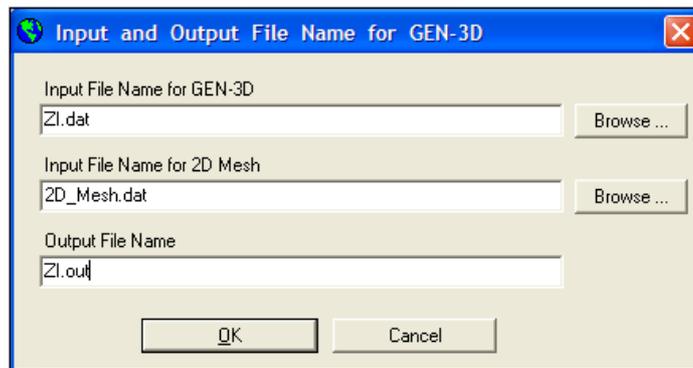


그림 5. GEN-3D Input 및 Output 파일 입력 창

## 2.1.4 생성된 3D Mesh Plot 하기

GEN-3D 프로그램이 종료되면 그림 6과 같은 PRESMAP Mesh Plot Option 창이 나타납니다. “Plot by PLOT\_2D.3D” 선택 후 OK 버튼을 클릭하여 Plot-3D 프로그램을 실행합니다.

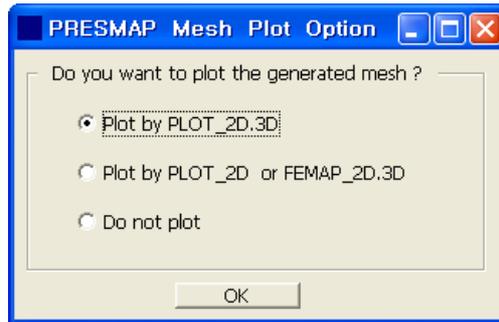


그림 6. PRESMAP Mesh Plot Option.

그림 7과 같이 Plot-3D 창이 나타나면 파일 오픈툴바 버튼 을 클릭하여 그림 8의 오픈 파일 입력 창에서 자동 생성된 3D 입체 Mesh 파일 (ZI.out)을 선택합니다.

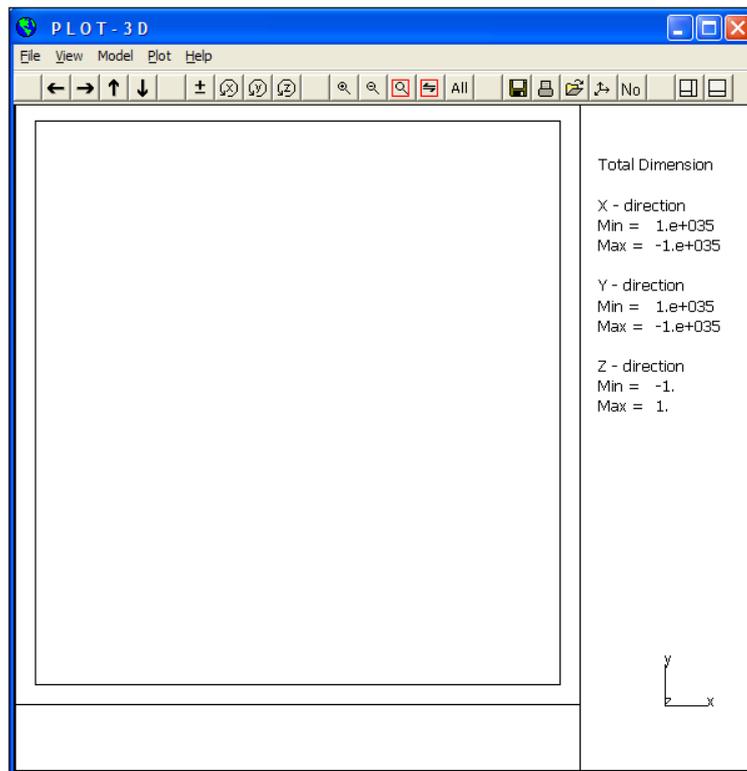


그림 7. Plot-3D 창

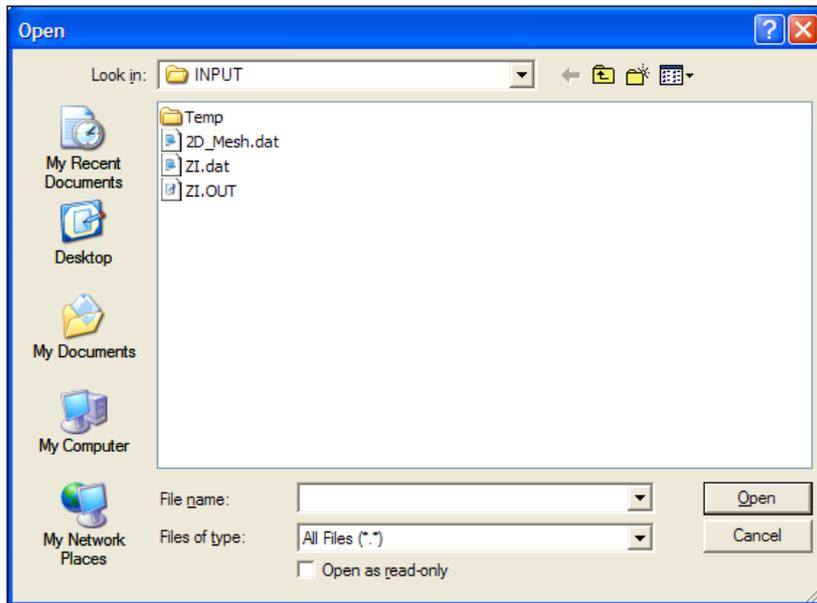


그림 8. Open 파일 입력 창

그림 9는  $x$ 축과  $y$ 축으로 회전시킨 3D 유한요소망입니다. Plot-3D의 주요기능은 1.2.5절을 참조하기 바랍니다.

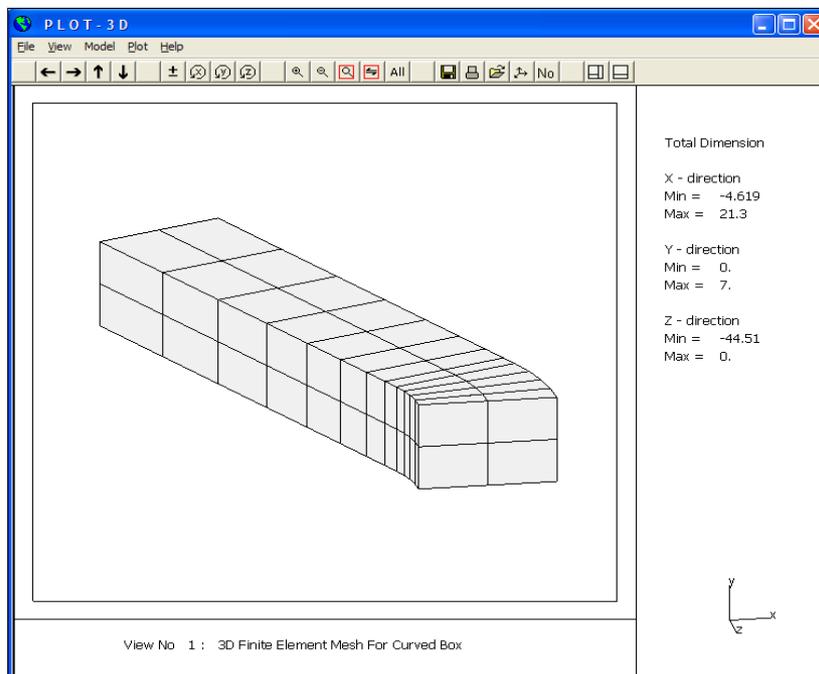


그림 9. 자동 생성된 3D 유한요소망

### 2.1.5 생성된 3D Mesh 파일 보기

GEN-3D 프로그램 실행 후 생성된 ZI.out (디폴트 output 파일 이름) 파일은 SMAP-3D 프로그램의 Input File 중의 하나인 Mesh File과 동일한 포맷으로 되어 있어 파일이름만 변경하여 Mesh File로 사용됩니다.

ZI.out 파일은 해석할 구조물을 나타내는 유한요소망의 좌표, 재료번호 등을 포함하고 있습니다. 자세한 설명은 SMAP-3D 사용자 매뉴얼의 Mesh File을 참고하기 바랍니다.



38	84	83	86	87	93	92	95	96	1	0	1	2	2	2	.0000E+00
39	86	85	88	89	95	94	97	98	1	0	1	2	2	2	.0000E+00
40	87	86	89	90	96	95	98	99	1	0	1	2	2	2	.0000E+00
41	92	91	94	95	101	100	103	104	1	0	1	2	2	2	.0000E+00
42	93	92	95	96	102	101	104	105	1	0	1	2	2	2	.0000E+00
43	95	94	97	98	104	103	106	107	1	0	1	2	2	2	.0000E+00
44	96	95	98	99	105	104	107	108	1	0	1	2	2	2	.0000E+00
45	101	100	103	104	110	109	112	113	1	0	1	2	2	2	.0000E+00
46	102	101	104	105	111	110	113	114	1	0	1	2	2	2	.0000E+00
47	104	103	106	107	113	112	115	116	1	0	1	2	2	2	.0000E+00
48	105	104	107	108	114	113	116	117	1	0	1	2	2	2	.0000E+00

0

\* CARD 9.6.1

\* NODVIS NELVIS

0 0



## 2.2 Ex\_2 NATM Tunnel

본 예제는 그림 1에서 보는 바와 같은 NATM 터널의 3차원 유한요소망을 GEN-3D의 가장 기본적인 기능을 사용하여 자동 생성하는 예제입니다.

본 예제의 2차원 대표단면 Mesh File인 2D\_Mesh.dat는 AIG를 사용하여 작성되었으며 자세한 Mesh 작성과정은 “AIG Mesh Guide 2007”의 EX\_2 NATM 터널을 참고하기 바랍니다. 그림 2a는 2차원 대표단면 유한요소망입니다. 그림 2b는 터널 주변의 유한요소망입니다.

NATM 터널은 길이 방향으로 1개의 Block으로 구성되어 있으며, 요소와 길이는 터널 Center Line에 따라 뒷면으로 갈수록 점차 증가하여 나뉘집니다. (그림 3 참조)

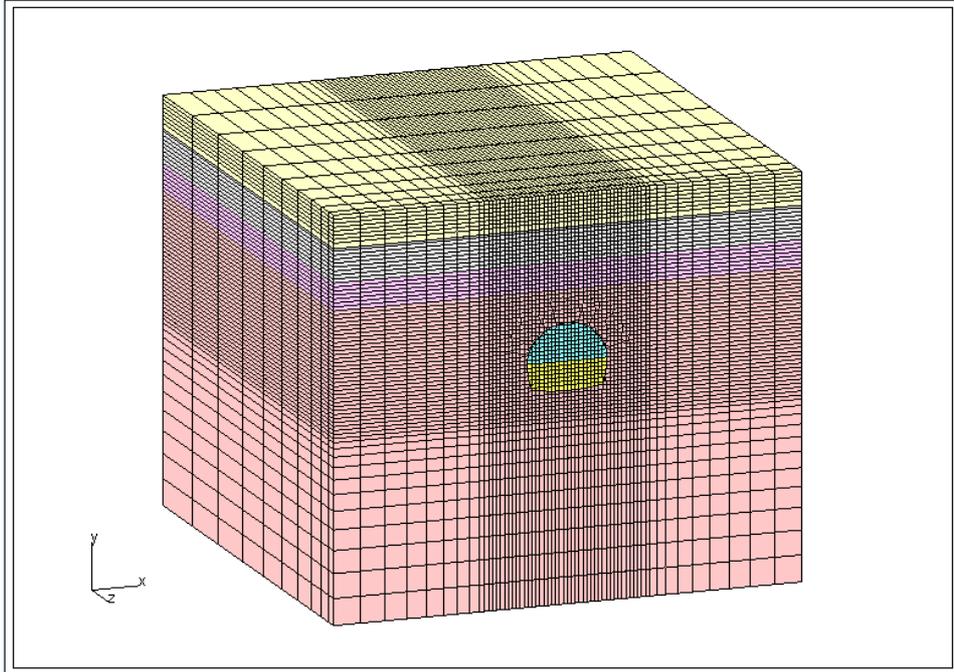


그림 1. GEN-3D로 생성할 3D NATM 터널 Mesh

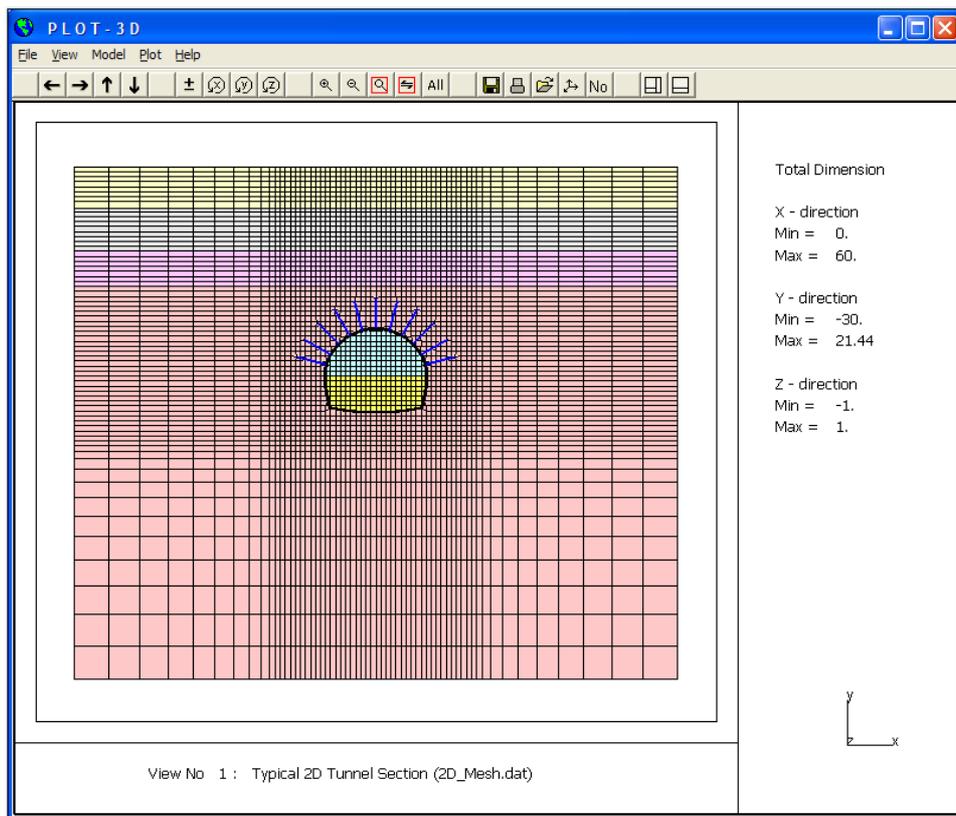


그림 2a. 2차원 대표단면 유한요소망 (2D\_Mesh.dat)

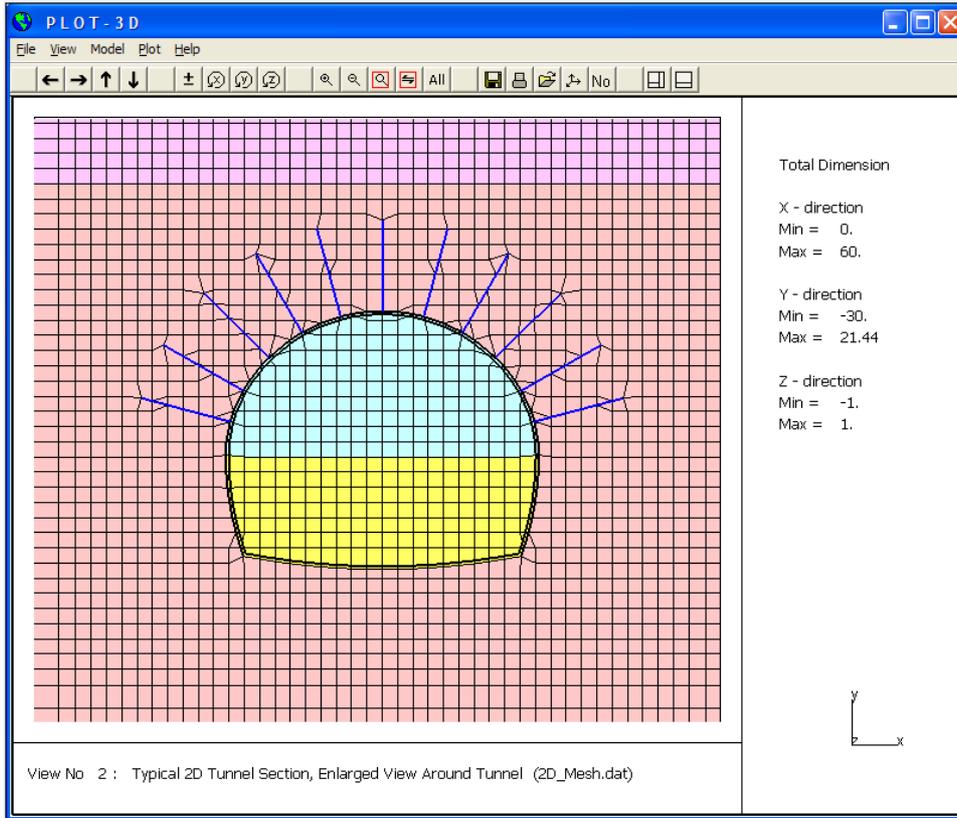


그림 2b. 터널 주변 대표단면 유한요소망 (2D\_Mesh.dat)

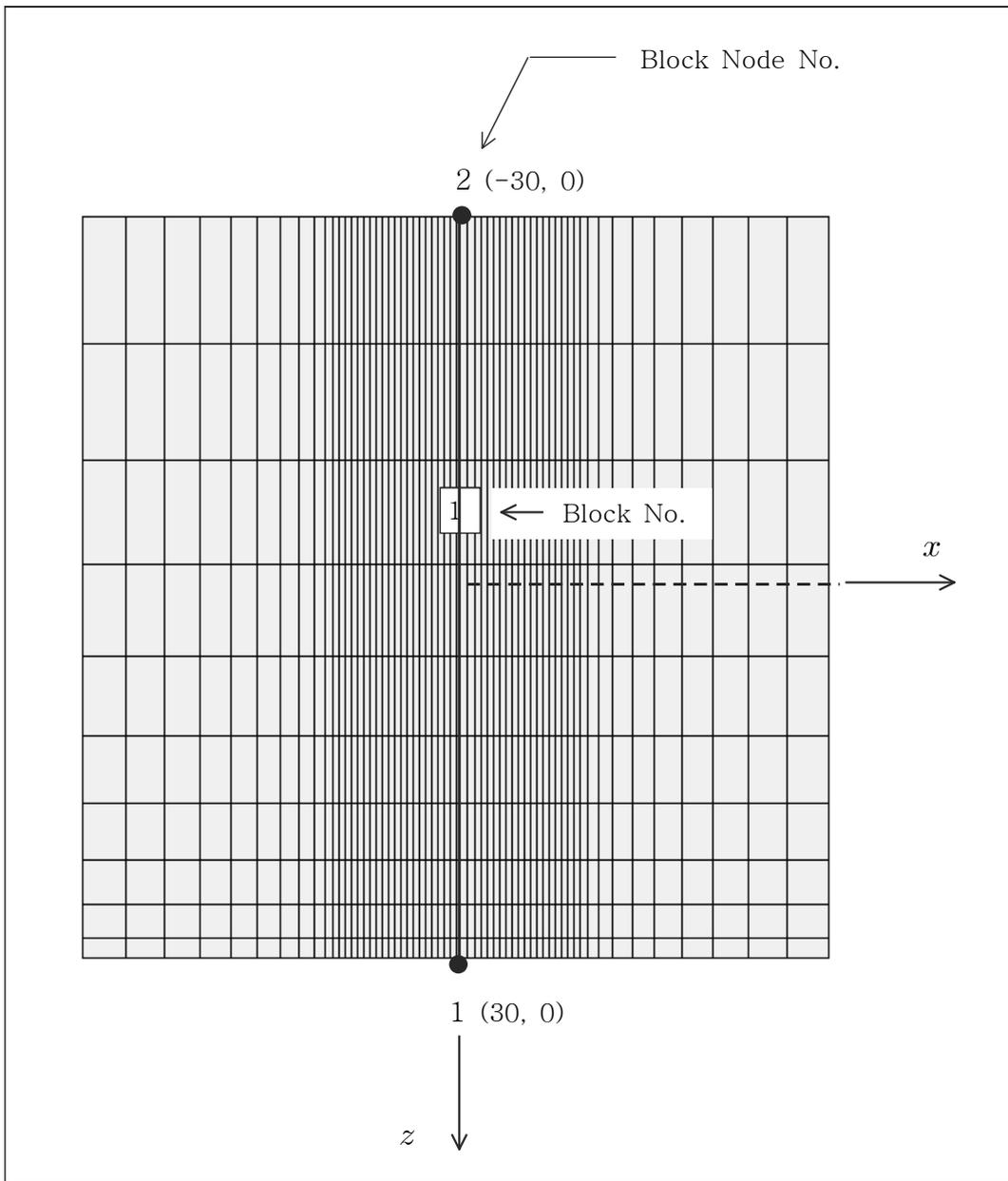


그림 3. 터널 길이방향  $z-x$  단면 개략도

### 2.2.1 2D Mesh 파일 작성하기

본 예제의 2차원 대표단면 Mesh File인 2D\_Mesh.dat는 AIG를 사용하여 작성되었습니다. 자세한 Mesh 작성 과정은 “AIG Mesh Guide 2007”의 EX\_2 NATM 터널에 설명 되어 있습니다.

2D Mesh 파일 Input Data에 관한 자세한 설명은 SMAP-2D 사용자 매뉴얼 (Mesh 파일 작성)과 다음 페이지 2D Mesh 파일 Listing의 주석을 참조하기 바랍니다.

### 2.2.1.1 2D Mesh 파일 Listing (2D\_Mesh.dat)

TYPICAL 2D SECTION

```
NUMNP  NCONT  NBEAM  NTRUSS
4269   4154   102    60
```

=> 절점의 개수 (NUMNP) 와 연속체요소의 개수 (NCONT), Beam요소의 개수 (NBEAM), Truss요소의 개수 (NTRUSS) 를 입력합니다. 본 예제는 4269개의 절점과 4154개의 연속체 요소, 102개의 보 요소, 60개의 봉 요소로 이루어져 있습니다.

NODAL COORDINATES

NODE	ISX	ISY	IFX	IFY	IRZ	IEX	IEY	XC	YC
1	1	0	1	1	1	1	1	.000000E+00	.214400E+02
2	1	0	1	1	1	1	1	.000000E+00	.209400E+02
3	1	0	1	1	1	1	1	.000000E+00	.204400E+02
4	1	0	1	1	1	1	1	.000000E+00	.199400E+02
5	1	0	1	1	1	1	1	.000000E+00	.194400E+02
6	1	0	1	1	1	1	1	.000000E+00	.189400E+02
7	1	0	1	1	1	1	1	.000000E+00	.184400E+02
8	1	0	1	1	1	1	1	.000000E+00	.179400E+02
-									
-									
-									
4262	0	0	1	1	0	1	1	.260167E+02	-.283347E+01
4263	0	0	1	1	0	1	1	.265147E+02	-.291271E+01
4264	0	0	1	1	0	1	1	.270126E+02	-.298126E+01
4265	0	0	1	1	0	1	1	.275105E+02	-.303921E+01
4266	0	0	1	1	0	1	1	.280084E+02	-.308619E+01
4267	0	0	1	1	0	1	1	.285063E+02	-.312273E+01
4268	0	0	1	1	0	1	1	.290042E+02	-.314886E+01
4269	0	0	1	1	0	1	1	.295021E+02	-.316461E+01

=> GEN-3D에 의해서 확장되는 것은 z축으로의 확장입니다. 그러므로 2차원 평면을 이루고 있는 각 절점의 번호와 경계조건, 정확한 좌표 값을 입력합니다.

ISX : 골격의 x방향 자유도

ISY : 골격의 y방향 자유도

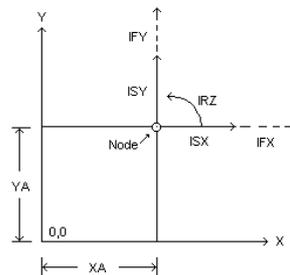
IFX : 간극수의 골격에 대한 x방향 자유도

IFY : 간극수의 골격에 대한 y방향 자유도

IRZ : z축에 대한 회전 자유도

IEX : Slip의 x방향 자유도

IEY : Slip의 y방향 자유도



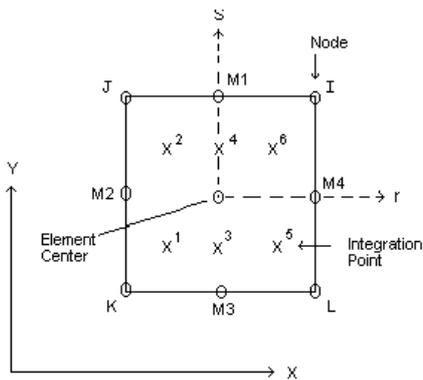
ISX, ISY, IFX, IFY, IRZ, IEX, IEY = 0 : 지정된 방향으로의 움직임이 허용됨.

= 1 : 지정된 방향으로의 움직임이 고정됨.

=> SMAP-2D User's Manual. Mesh File - Card Group 2.2 참고

ELEMENT INDEX														
NEL	I1	I2	I3	I4	M5	M6	M7	M8	MATC	KS	KF	INTR	INTS	TBJWL
1	70	1	2	71	0	0	0	0	1	0	1	2	2	.0000E+00
2	71	2	3	72	0	0	0	0	1	0	1	2	2	.0000E+00
3	72	3	4	73	0	0	0	0	1	0	1	2	2	.0000E+00
4	73	4	5	74	0	0	0	0	1	0	1	2	2	.0000E+00
5	74	5	6	75	0	0	0	0	1	0	1	2	2	.0000E+00
6	75	6	7	76	0	0	0	0	1	0	1	2	2	.0000E+00
7	76	7	8	77	0	0	0	0	1	0	1	2	2	.0000E+00
8	77	8	9	78	0	0	0	0	1	0	1	2	2	.0000E+00
9	78	9	10	79	0	0	0	0	2	0	1	2	2	.0000E+00
10	79	10	11	80	0	0	0	0	2	0	1	2	2	.0000E+00
11	80	11	12	81	0	0	0	0	2	0	1	2	2	.0000E+00
12	81	12	13	82	0	0	0	0	2	0	1	2	2	.0000E+00
-														
-														
-														
4144	1428	1498	4260	4259	0	0	0	0	7	1	1	2	2	.0000E+00
4145	1498	1499	4261	4260	0	0	0	0	7	1	1	2	2	.0000E+00
4146	1499	1568	4262	4261	0	0	0	0	7	1	1	2	2	.0000E+00
4147	1568	1637	4263	4262	0	0	0	0	7	1	1	2	2	.0000E+00
4148	1637	1706	4264	4263	0	0	0	0	7	1	1	2	2	.0000E+00
4149	1706	1775	4265	4264	0	0	0	0	7	1	1	2	2	.0000E+00
4150	1775	1844	4266	4265	0	0	0	0	7	1	1	2	2	.0000E+00
4151	1844	1913	4267	4266	0	0	0	0	7	1	1	2	2	.0000E+00
4152	1913	1982	4268	4267	0	0	0	0	7	1	1	2	2	.0000E+00
4153	1982	2051	4269	4268	0	0	0	0	7	1	1	2	2	.0000E+00
4154	2051	2120	4210	4269	0	0	0	0	7	1	1	2	2	.0000E+00

=> 각 요소의 번호 (NEL) 와 요소를 구성하는 인덱스 (I1, I2, I3, I4, M5, M6, M7, M8) 를 나타낸 것으로 시계 반대방향으로 입력합니다.



MATC = 재료번호.

KS = -1 폭약을 포함하는 요소.  
 = 0 골격을 포함하는 요소.  
 = 1~4 절리를 포함하는 요소.

KF = 0 간극수를 포함하는 경우.  
 = 1 간극수를 포함하지 않는 경우.

INTR = R방향 적분점 수. (초기값=2)

INTS = S방향 적분점 수. (초기값=2)

TBJWL = KS=-1일 때 사용하는 변수로 이 요소가 폭발한 시간.

=> SMAP-2D User's Manual. Mesh File - Card Group 3.2 참고

BEAM ELEMENT				
NEL	I	J	MSEC	NODEK
4155	4210	4269	2	1
4156	4269	4268	2	1
4157	4268	4267	2	1
4158	4267	4266	2	1
4159	4266	4265	2	1
4160	4265	4264	2	1
4161	4264	4263	2	1
4162	4263	4262	2	1
-				
-				
-				
4249	2802	2803	1	1
4250	1499	1498	1	1
4251	1498	1428	1	1
4252	1428	1427	1	1
4253	1427	1426	1	1
4254	1426	1425	1	1
4255	1425	1424	1	1
4256	1424	1423	1	1



NEL : 보 요소 번호  
 I, J : 보 요소 끝점의 절점 번호  
 MSEC : 보 단면 번호  
 NODEK : Reference 절점 번호

TRUSS ELEMENT				
NEL	I	J	MATT	NODEK
4257	2801	2869	1	1
4258	2869	2938	1	1
4259	2938	3007	1	1
4260	3007	3076	1	1
4261	3076	3144	1	1
4262	3144	3213	1	1
4263	2730	2798	1	1
4264	2798	2867	1	1
-				
-				
-				
4307	1418	1349	1	1
4308	1349	1279	1	1
4309	1279	1209	1	1
4310	1209	1140	1	1
4311	1421	1351	1	1
4312	1351	1282	1	1
4313	1282	1213	1	1
4314	1213	1144	1	1
4315	1144	1074	1	1
4316	1074	1005	1	1
0				
0				



NEL : 봉 요소 번호  
 I, J : 봉 요소 끝점의 절점 번호  
 MATT : 재료 번호  
 NODEK : Reference 절점 번호

### 2.2.2 3D로 확장하기 위한 ZI.dat 파일 작성하기

ZI.dat 파일은 2차원 대표단면 Mesh를 단면에 수직한 방향으로 확장시켜 3차원 입체 유한요소망을 생성하는데 필요한 GEN-3D Data 파일로 Word Pad나 Note Pad와 같은 Text 편집기를 사용하여 작성합니다.

본 예제는 그림 3에서 보는 바와 같이 터널의 길이 방향으로 1개의 직선 Block으로 구성되어 있고, 요소의 길이는 뒷면으로 갈수록 점차 증가하여 나뉘집니다.

ZI.dat 파일 작성에 관한 자세한 설명은 1.3절의 GEN-3D 사용자 매뉴얼과 다음 페이지 ZI.dat 파일 Listing의 주석을 참조하기 바랍니다.

## 2.2.2.1 ZI.dat 파일 Listing

### \* CARD 1.1

\* TITLE

3-D NATM TUNNEL GENERATION BY GEN-3D

=> 제목을 입력하는 Card로 최대 60 Character 영문으로만 입력 가능합니다.

### \* CARD 1.2

\* NBZ NBNODE

1 2

=> Z방향으로 생성할 Block의 개수(NBZ)와 절점의 개수(NBNODE)를 입력합니다. 각 Block마다 LTYPE과 Z방향으로 생성될 요소의 수, 그 간격 등의 세부사항은 Card 3에서 지정됩니다.

### \* CARD 1.3

\* IBZ\_base IBZ\_front IBZ\_back

1 3 3

=> 각각 내부를 구성하는 요소의 경계조건(IBZ\_base), 앞면을 구성하는 요소의 경계조건(IBZ\_front), 뒷면을 구성하는 요소의 경계조건(IBZ\_back)을 나타냅니다.

IBZ	ISZ	IFZ	ISZ	: 골격의 Z방향 자유도
0	0	0	IFZ	: 간극수의 골격에 대한 Z방향 상대 자유도.
1	0	1	ISZ, IFZ = 0	: 지정된 방향으로 움직임이 허용됨.
2	1	0	ISZ, IFZ = 1	: 지정된 방향으로 움직임이 고정됨.
3	1	1		

### \* CARD 2.1

\* NODE Zp Xp

1 30 0  
2 -30 0

=> Center Line의 절점의 번호와 그 좌표를 나타냅니다. Center Line을 입력하면 2D Mesh가 Center Line을 따라 확장되어 3D 입체 Mesh를 형성합니다.

\* -----  
\*

**\* CARD 3.1**

\* BLNAME  
BLOCK1

= Block의 이름을 입력합니다. 제목과 마찬가지로 최대 60 Character 영문으로만 입력 가능합니다.

**\* CARD 3.2**

\* IBLNO  
1

=>Block의 번호를 입력합니다.

**\* CARD 3.3**

\* I J LTYPE  
1 2 0

=> 해당 Block을 구성하는 시작점과 끝나는 절점번호를 입력합니다. LTYPE이 0인 경우는 직선을 따라 요소가 생성됨을 나타냅니다.

**\* CARD 3.4**

\* NDZ ALPA  
10 0.3

=> NDZ : Z방향으로 생성할 요소의 수를 입력합니다.

$\alpha = 0.5$  : 요소의 길이를 일정하게 나눕니다.

$= 0.3$  : 요소의 길이가 절점 I에서 J로 갈수록 점차 증가하며 나뉘집니다.

$= -0.3$  : 요소의 길이가 절점 J에서 I로 갈수록 점차 증가하며 나뉘집니다.

\* -----  
\*

**\* CARD 4.1**

\* ITRANB  
0

=> ITBANB = 0 Transmitting 경계를 지정하지 않습니다.  
= 1 절점을 기반으로 하는 Transmitting 경계를 지정합니다.  
= 2 요소를 기반으로 하는 Transmitting 경계를 지정합니다.

ITBANB가 0인 경우 나머지 Card가 이용되지 않습니다.

\*  
**\* END OF DATA**

\* -----  
\*

만들어진 data파일을 지정된 폴더에 저장합니다.

### 2.2.3 GEN-3D 실행하기

GEN-3D를 실행시키기 위하여 그림 4와 같이 *Run => Presmap => Gen-3D*를 선택합니다.

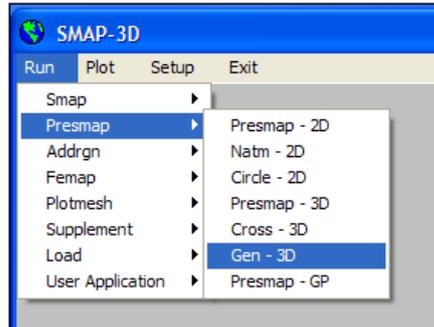


그림 4. GEN-3D 프로그램 실행

그러면 그림 5와 같이 GEN-3D와 관련된 Input 및 Output 파일 이름 창이 나타납니다. Input 파일로 이미 준비된 GEN-3D Data 파일 (ZI.dat)과 2D 단면 Mesh 파일 (2D\_Mesh.dat)을 입력하고 Output 파일 (ZI.out)을 입력한 다음 OK 버튼을 클릭합니다.

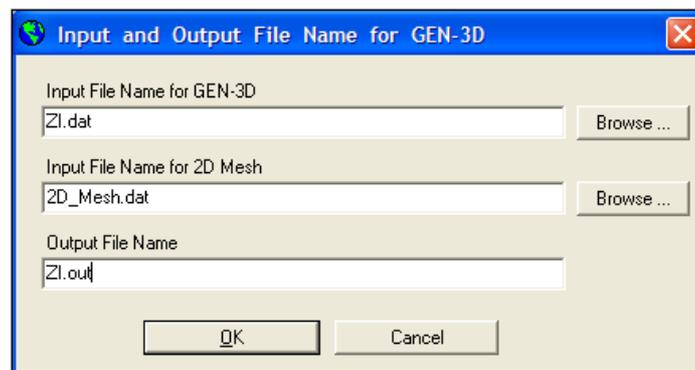


그림 5. GEN-3D Input 및 Output 파일 입력 창

## 2.2.4 생성된 3D Mesh Plot 하기

GEN-3D 프로그램이 종료되면 그림 6과 같은 PRESMAP Mesh Plot Option 창이 나타납니다. “Plot by PLOT\_2D.3D” 선택 후 OK 버튼을 클릭하여 Plot-3D 프로그램을 실행합니다.

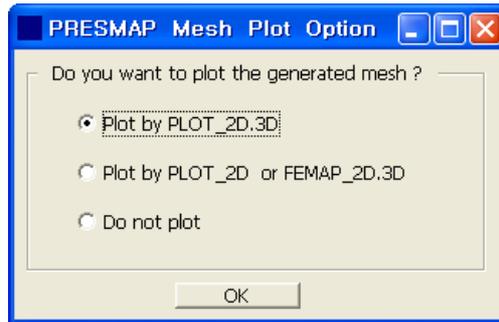


그림 6. PRESMAP Mesh Plot Option.

그림 7과 같이 Plot-3D 창이 나타나면 파일 오픈툴바 버튼 을 클릭하여 그림 8의 오픈 파일 입력 창에서 자동 생성된 3D 입체 Mesh 파일 (ZI.out)을 선택합니다.

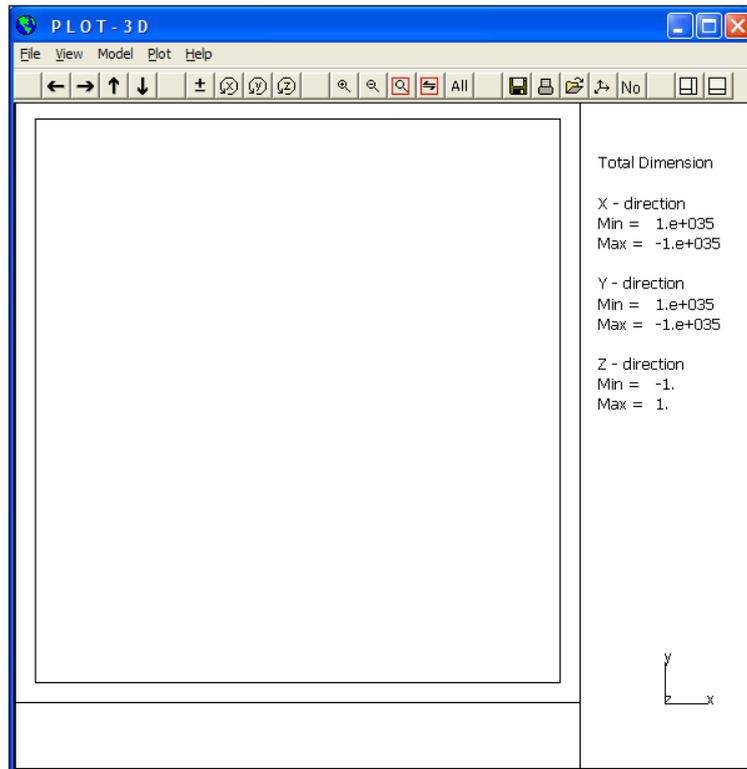


그림 7. Plot-3D 창

## 2.2.5 생성된 3D Mesh 파일 보기

GEN-3D 프로그램 실행 후 생성된 ZI.out (디폴트 output 파일 이름) 파일은 SMAP-3D 프로그램의 Input File 중의 하나인 Mesh File과 동일한 포맷으로 되어 있어 파일이름만 변경하여 Mesh File로 사용됩니다.

ZI.out 파일은 해석할 구조물을 나타내는 유한요소망의 좌표, 재료번호 등을 포함하고 있습니다. 자세한 설명은 SMAP-3D 사용자 매뉴얼의 Mesh File을 참고하기 바랍니다.

NATM Tunnel Generated by GEN-3D: Listing of ZI.OUT

NUMNP	NCONT	NBEAM	NTRUSS	COORDINATES											
NODAL	BOUNDARY CONDITIONS &												XC	YC	ZC
NODE	ISX	ISY	ISZ	IFX	IFY	IFZ	IRX	IRY	IRZ	IEX	IEY	IEZ	XC	YC	ZC
46959	42560	0	660												
1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.000000E+00	.214400E+02	.300000E+02
2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.000000E+00	.209400E+02	.300000E+02
3	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.000000E+00	.204400E+02	.300000E+02
4	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.000000E+00	.199400E+02	.300000E+02
5	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.000000E+00	.194400E+02	.300000E+02
6	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.000000E+00	.189400E+02	.300000E+02
7	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.000000E+00	.184400E+02	.300000E+02
8	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.000000E+00	.179400E+02	.300000E+02
9	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.000000E+00	.172400E+02	.300000E+02
10	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.000000E+00	.169400E+02	.300000E+02
11	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.000000E+00	.164400E+02	.300000E+02
12	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.000000E+00	.159400E+02	.300000E+02
-															
-															
46940	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	.255499E+02	.257198E+01	-.300000E+02
46941	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	.252355E+02	.190359E+01	-.300000E+02
46942	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	.251318E+02	.157319E+01	-.300000E+02
46943	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	.250125E+02	.928265E+00	-.300000E+02
46944	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	.249901E+02	.498830E+00	-.300000E+02
46945	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	.250061E+02	-.543811E-01	-.300000E+02
46946	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	.250495E+02	-.574995E+00	-.300000E+02
46947	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	.251131E+02	-.104406E+01	-.300000E+02
46948	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	.252057E+02	-.153910E+01	-.300000E+02
46949	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	.253250E+02	-.203403E+01	-.300000E+02
46950	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	.254722E+02	-.252952E+01	-.300000E+02
46951	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	.255473E+02	-.274872E+01	-.300000E+02
46952	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	.260167E+02	-.283347E+01	-.300000E+02
46953	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	.265147E+02	-.291271E+01	-.300000E+02
46954	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	.270126E+02	-.298126E+01	-.300000E+02
46955	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	.275105E+02	-.303921E+01	-.300000E+02
46956	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	.280084E+02	-.308619E+01	-.300000E+02
46957	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	.285063E+02	-.312273E+01	-.300000E+02
46958	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	.290042E+02	-.314886E+01	-.300000E+02
46959	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	.295021E+02	-.316461E+01	-.300000E+02
ELEMENT INDEX															
NEL	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	MATC	KS	KF	INTR	INTS	INTT	TBJWL
1	70	1	2	71	4339	4270	4271	4340	1	0	1	2	2	2	.0000E+00
2	71	2	3	72	4340	4271	4272	4341	1	0	1	2	2	2	.0000E+00
3	72	3	4	73	4341	4272	4273	4342	1	0	1	2	2	2	.0000E+00
4	73	4	5	74	4342	4273	4274	4343	1	0	1	2	2	2	.0000E+00
5	74	5	6	75	4343	4274	4275	4344	1	0	1	2	2	2	.0000E+00
6	75	6	7	76	4344	4275	4276	4345	1	0	1	2	2	2	.0000E+00
7	76	7	8	77	4345	4276	4277	4346	1	0	1	2	2	2	.0000E+00
8	77	8	9	78	4346	4277	4278	4347	1	0	1	2	2	2	.0000E+00
9	78	9	10	79	4347	4278	4279	4348	2	0	1	2	2	2	.0000E+00
10	79	10	11	80	4348	4279	4280	4349	2	0	1	2	2	2	.0000E+00
11	80	11	12	81	4349	4280	4281	4350	2	0	1	2	2	2	.0000E+00
12	81	12	13	82	4350	4281	4282	4351	2	0	1	2	2	2	.0000E+00
13	82	13	14	83	4351	4282	4283	4352	2	0	1	2	2	2	.0000E+00
-															
-															
-															
42548	45419	45349	41080	41150	0	0	0	0	8	15	1	2	2	2	.0000E+00
42549	45420	45419	41150	41151	0	0	0	0	8	15	1	2	2	2	.0000E+00
42550	45490	45420	41151	41221	0	0	0	0	8	15	1	2	2	2	.0000E+00
42551	45491	45490	41221	41222	0	0	0	0	8	15	1	2	2	2	.0000E+00
42552	45492	45491	41222	41223	0	0	0	0	8	15	1	2	2	2	.0000E+00
42553	45493	45492	41223	41224	0	0	0	0	8	15	1	2	2	2	.0000E+00
42554	44188	44189	39920	39919	0	0	0	0	8	15	1	2	2	2	.0000E+00
42555	44118	44188	39919	39849	0	0	0	0	8	15	1	2	2	2	.0000E+00
42556	44117	44118	39849	39848	0	0	0	0	8	15	1	2	2	2	.0000E+00

42557	44116	44117	39848	39847	0	0	0	0	8	15	1	2	2	2	.0000E+00
42558	44115	44116	39847	39846	0	0	0	0	8	15	1	2	2	2	.0000E+00
42559	44114	44115	39846	39845	0	0	0	0	8	15	1	2	2	2	.0000E+00
42560	44113	44114	39845	39844	0	0	0	0	8	15	1	2	2	2	.0000E+00

TRUSS ELEMENT INDEX

NEL	I	J	MATC	K
42561	2801	2869	1	1
42562	2869	2938	1	1
42563	2938	3007	1	1
42564	3007	3076	1	1
42565	3076	3144	1	1
42566	3144	3213	1	1
42567	2730	2798	1	1
42568	2798	2867	1	1
42569	2867	2935	1	1
42570	2935	3003	1	1

-  
-  
-

43210	44178	44108	1	1
43211	44108	44039	1	1
43212	44039	43969	1	1
43213	43969	43899	1	1
43214	43899	43830	1	1
43215	44111	44041	1	1
43216	44041	43972	1	1
43217	43972	43903	1	1
43218	43903	43834	1	1
43219	43834	43764	1	1
43220	43764	43695	1	1

0

\* CARD 9.6.1

\* NODVIS    NELVIS

0            0

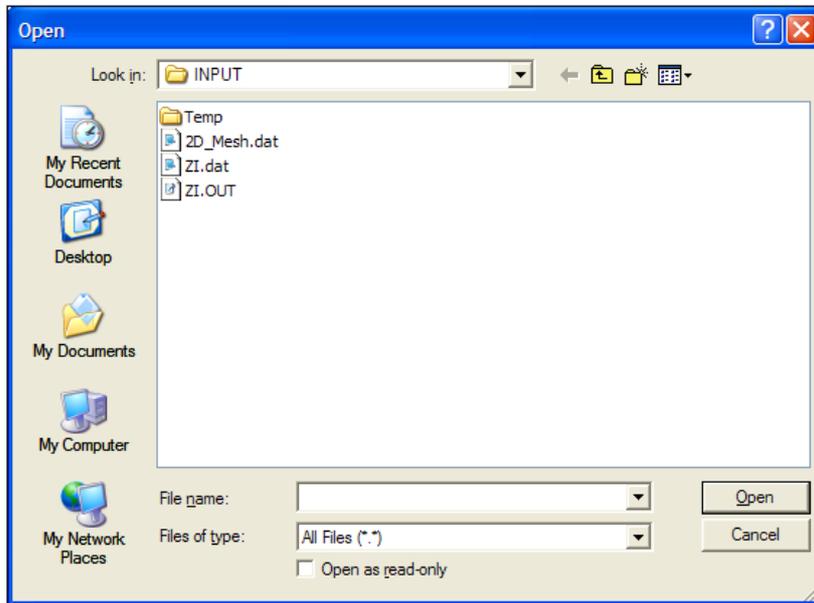


그림 8. Open 파일 입력 창

그림 9a는  $x$ 축과  $y$ 축으로 회전시킨 3D 전체 유한요소망입니다. Plot-3D의 주요기능은 1.2.5절을 참조하기 바랍니다.

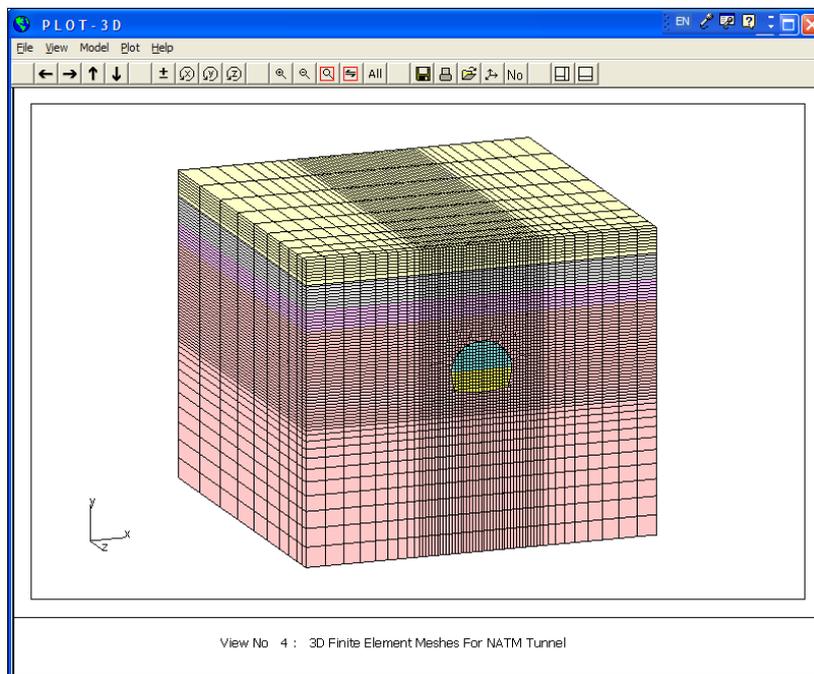


그림 9a. 자동 생성된 3D 전체 유한요소망

그림 9b는 자동 생성된 Rock Bolt와 Upper and Lower Core를 보여줍니다.

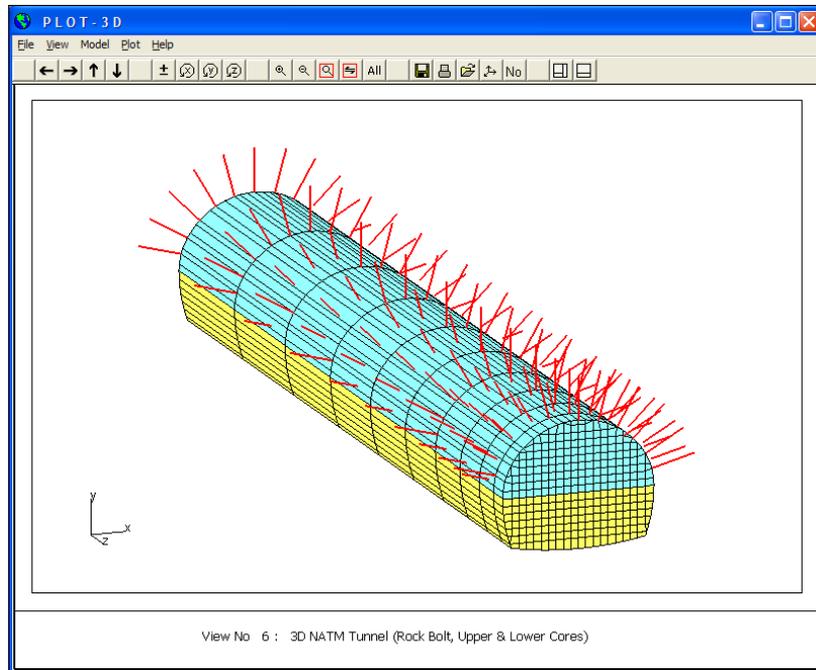


그림 9b. Rock Bolt, Upper and Lower Core

그림 9c는 Shell 요소로 모델링된 Shotcrete와 터널 Lining을 보여줍니다.

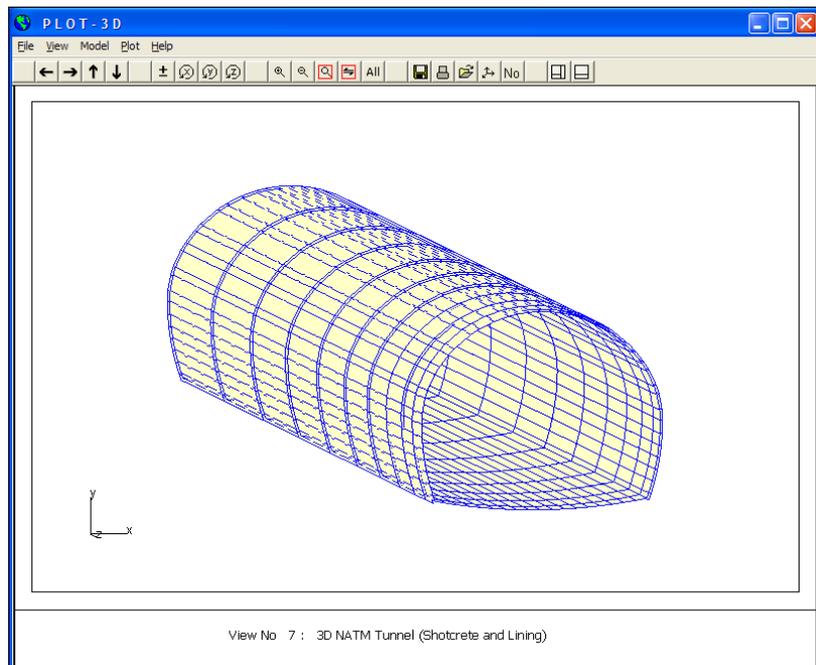


그림 9c. Shotcrete, 터널 Lining

그림 9d는 Joint 요소로 모델링된 Shotcrete와 Lining 사이의 Interface 방수막을 보여줍니다.

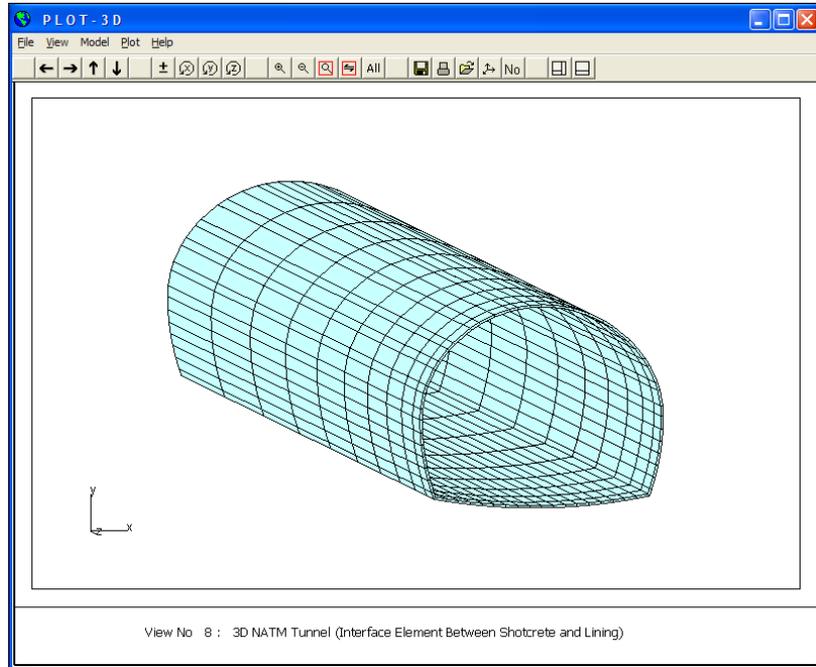


그림 9d. Shotcrete와 Lining 사이의 Interface 방수막



### 2.3 Ex\_3 RCD Pile

본 예제는 송전선 기초인 RCD 콘크리트 Pile과 주변지반의 3차원 Mesh를 AIG와 GEN-3D를 사용하여 생성시킨 예제입니다.

그림 1은 본 예제의 측면 개략도로 직경이 4m이고 길이가 8m인 철근 콘크리트 Pile이 모래층을 관통하여 연암에 정착된 상태를 나타내고 그림 2는 평면 개략도로 가로×세로가 50m×50m인 사각형 해석단면의 중앙에 Pile이 위치한 상태를 나타냅니다.

### 2.3.1 2D Mesh 파일 작성하기

본 예제의 2차원 대표단면 Mesh는 AIG를 사용하여 작성하였습니다. 그림 3은 Base Mesh와 Pile Group을 보여줍니다. Pile이 타입 될 중앙부분의 Mesh를 세밀하게 나누고 주위지반은 중앙에서 멀어질수록 Mesh의 크기를 커지게 하기 위하여 수평과 수직으로 각각 3개의 Block을 사용하였습니다. AIG에서 작성할 2D Mesh는 지표면을 나타내므로 Base Mesh창에서 경계조건은 모두 Roller로 설정해야 합니다.

표 1은 AIG 실행 후에 Output로 생성된 Text 파일 ADDRGN.INP의 Listing입니다. 그리고 표 2는 ADDRGN-2D 프로그램 실행 (Execute) 후 생성된 Group.Mes 파일 Listing으로 SMAP-2D 프로그램의 Input File중의 하나인 Mesh File과 동일한 포맷으로 되어있습니다. 그림 4는 Group.Mes 파일을 Plot-3D로 Plot한 것으로 본 예제의 2차원 대표단면 Mesh로 사용합니다.

AIG를 사용하여 2D Mesh를 생성하는 모든 과정은 “지반구조물 유한요소망 작성 Part I AIG 2007년 2월”에 있는 예제에 자세히 설명되어 있습니다.

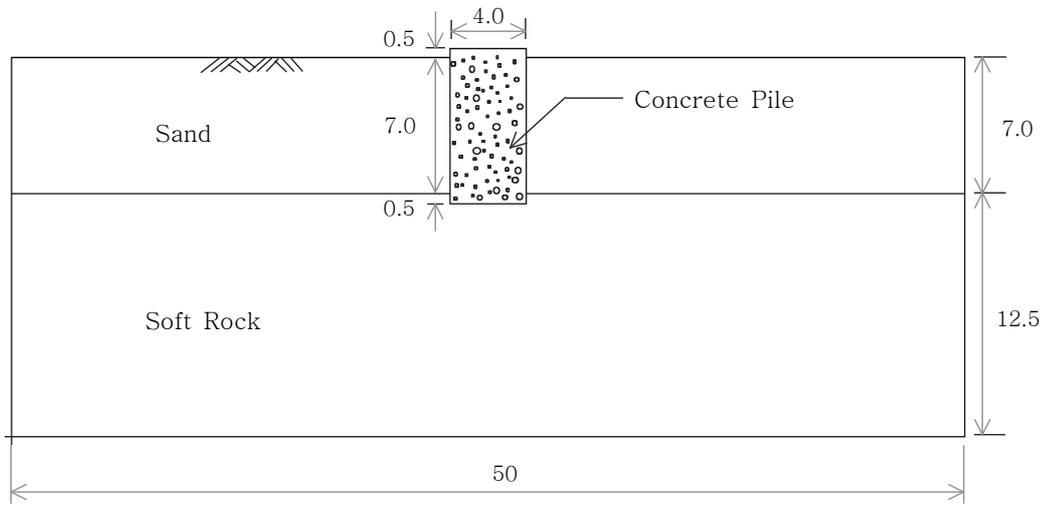


그림 1. RCD Pile 측면 개략도

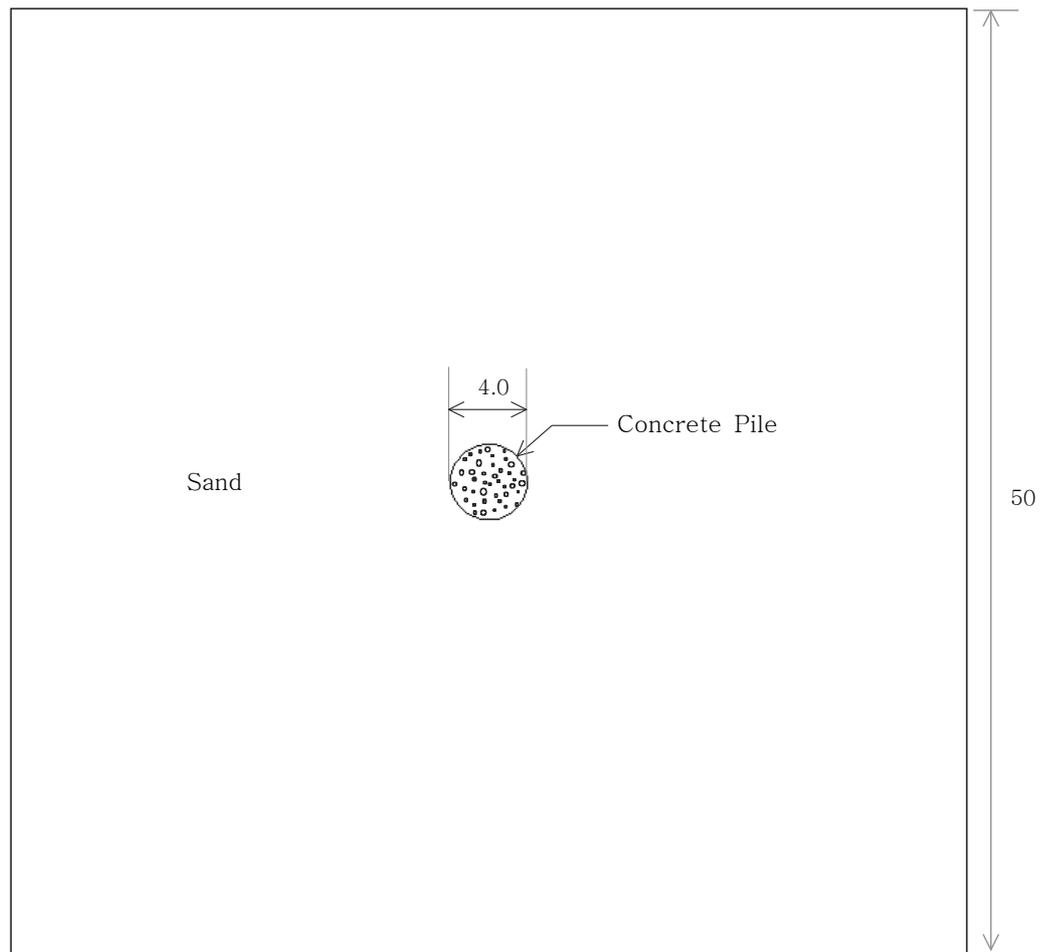


그림 2. RCD Pile 평면 개략도

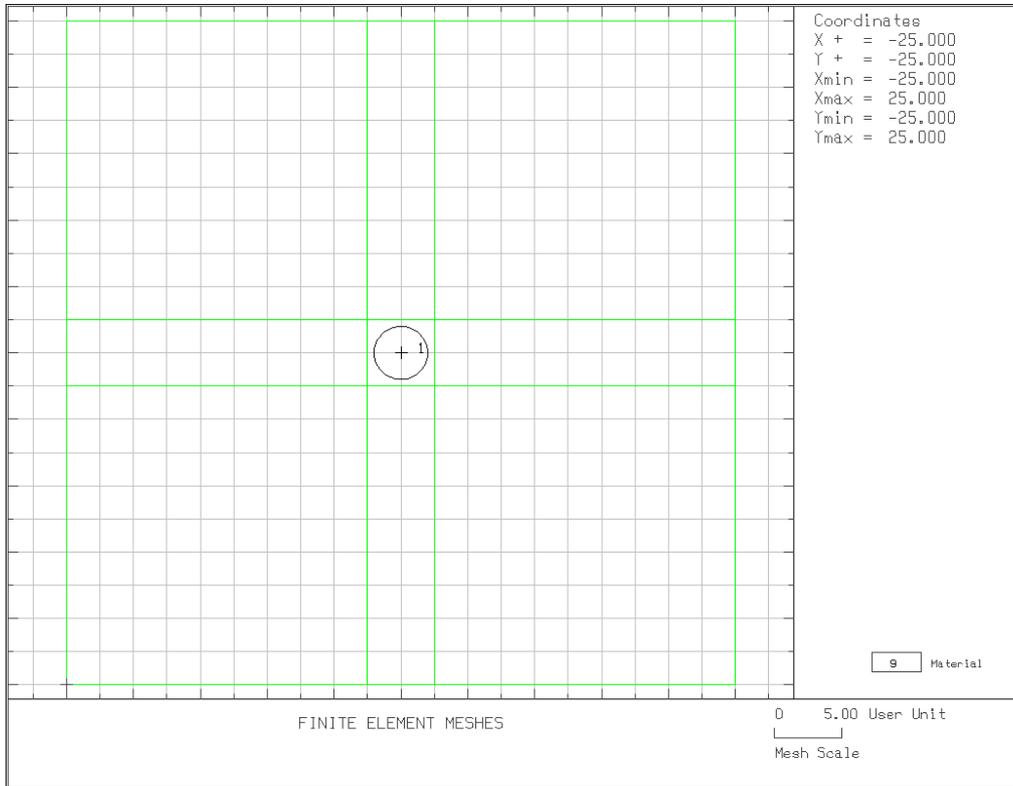


그림 3. Base Mesh 및 Pile Group

표 1. ADDRGN.INP 파일 Listing.

```
* Card 1.1
* IMOD
  2
* Card 4.1
* NBX  NBY  IB_LEFT  IB_RIGHT  IB_TOP  IB_BOTTOM
  3    3    1        1        1        1
* Card 4.2
*   Xo          Yo          Ywater
-2.50000E+01  -2.50000E+01  -3.00000E+01
* Card 4.3
*   W          DX          AX
  2.25000E+01  4.00000E-01  -3.00000E-01
  5.00000E+00  4.00000E-01  5.00000E-01
  2.25000E+01  4.00000E-01  3.00000E-01
* Card 4.4
*   H          DY          AY
  2.25000E+01  4.00000E-01  -3.00000E-01
  5.00000E+00  4.00000E-01  5.00000E-01
  2.25000E+01  4.00000E-01  3.00000E-01
* Card 4.5
* IGMOD
  1
* Card 3.1-1
* FILEA
BMESH.DAT
* Card 3.1-2
* FILEM
GROUP.MES
* Card 3.2
* NSNEL  NSNODE
  1      1
* Card 3.3
* IEDIT
  4
* Card 3.3.5.1
* NODE
  0
* Card 3.3.5.2
* NOEL
  0
* Card 3.3.5.3
* IBOUND
```

```

0
* Card 3.3.5.4-1
* NGROUP  IGTITL
  1      1
* Card 3.3.5.4-2
*   Xref      Yref
  0.00000E+00  0.00000E+00
*
=====
*
* Group No =  1
RCD Pile
*
* Card 3.3.5.4.1
* MTYPE IGPOST OVERLAY GCOLOR GLTYPE GLTHIC GHIDE
  4      0      0      0      0      0      0
* Card 3.3.5.4.1-1
* MAT  KF  LTP LMAT  MATold
  3  1  0  0  4
*
-----
*
* Card 3.3.5.4.2
* NPOINT MOVE  IREF  XLo      YLo
  1      0      0      0.00000E+00  0.00000E+00
* Card 3.3.5.4.2-1
* NP   X      Y
  1  2.00000E+00  0.00000E+00
* Card 3.3.5.4.3
* NSEGMENT GNODX      GNODY
  1      0.00000E+00  0.00000E+00
* Card 3.3.5.4.3.1
* SEGNO LTYPE  NDIV  IEND
  1      2      0      2
* Card 3.3.5.4.3.1-1
* Xo      Yo      Rx      Ry      Qb      Qe
  0.00000E+00  0.00000E+00  2.00000E+00  2.00000E+00  0.00  360.00
*
=====
*

```

표 2. Group.Mes 파일 Listing

WGROUP.MES

NUMNP NCONT NBEAM NTRUS  
1681 1692 0 0

NODAL COORDINATES

NODE	ISX	ISY	IFX	IFY	IRZ	IEX	IEY	XC	YC
1	1	1	1	1	1	1	1	-.250000E+02	.250000E+02
2	1	0	1	1	1	1	1	-.250000E+02	.221990E+02
3	1	0	1	1	1	1	1	-.250000E+02	.195816E+02
4	1	0	1	1	1	1	1	-.250000E+02	.171480E+02
5	1	0	1	1	1	1	1	-.250000E+02	.148980E+02
6	1	0	1	1	1	1	1	-.250000E+02	.128316E+02
7	1	0	1	1	1	1	1	-.250000E+02	.109490E+02
8	1	0	1	1	1	1	1	-.250000E+02	.925000E+01
.									
.									
.									
1674	1	0	1	1	1	1	1	.250000E+02	-.925000E+01
1675	1	0	1	1	1	1	1	.250000E+02	-.109490E+02
1676	1	0	1	1	1	1	1	.250000E+02	-.128316E+02
1677	1	0	1	1	1	1	1	.250000E+02	-.148980E+02
1678	1	0	1	1	1	1	1	.250000E+02	-.171480E+02
1679	1	0	1	1	1	1	1	.250000E+02	-.195816E+02
1680	1	0	1	1	1	1	1	.250000E+02	-.221990E+02
1681	1	1	1	1	1	1	1	.250000E+02	-.250000E+02

ELEMENT INDEX

NEL	I1	I2	I3	I4	M5	M6	M7	M8	MATC	KS	KF	INTR	INTS	TBJWL
1	42	1	2	43	0	0	0	0	1	0	1	2	2	.0000E+00
2	43	2	3	44	0	0	0	0	1	0	1	2	2	.0000E+00
3	44	3	4	45	0	0	0	0	1	0	1	2	2	.0000E+00
4	45	4	5	46	0	0	0	0	1	0	1	2	2	.0000E+00
5	46	5	6	47	0	0	0	0	1	0	1	2	2	.0000E+00
6	47	6	7	48	0	0	0	0	1	0	1	2	2	.0000E+00
7	48	7	8	49	0	0	0	0	1	0	1	2	2	.0000E+00
8	49	8	9	50	0	0	0	0	1	0	1	2	2	.0000E+00
.														
.														
.														
1685	1046	1005	1006	1047	0	0	0	0	3	0	1	2	2	.0000E+00
1686	1047	1006	1007	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	.0000E+00
1687	1003	1004	1045	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	.0000E+00
1688	960	961	1002	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	.0000E+00
1689	877	878	919	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	.0000E+00
1690	795	755	796	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	.0000E+00
1691	714	674	715	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	.0000E+00
1692	675	635	676	0	0	0	0	0	3	0	1	2	2	.0000E+00
0														
0														

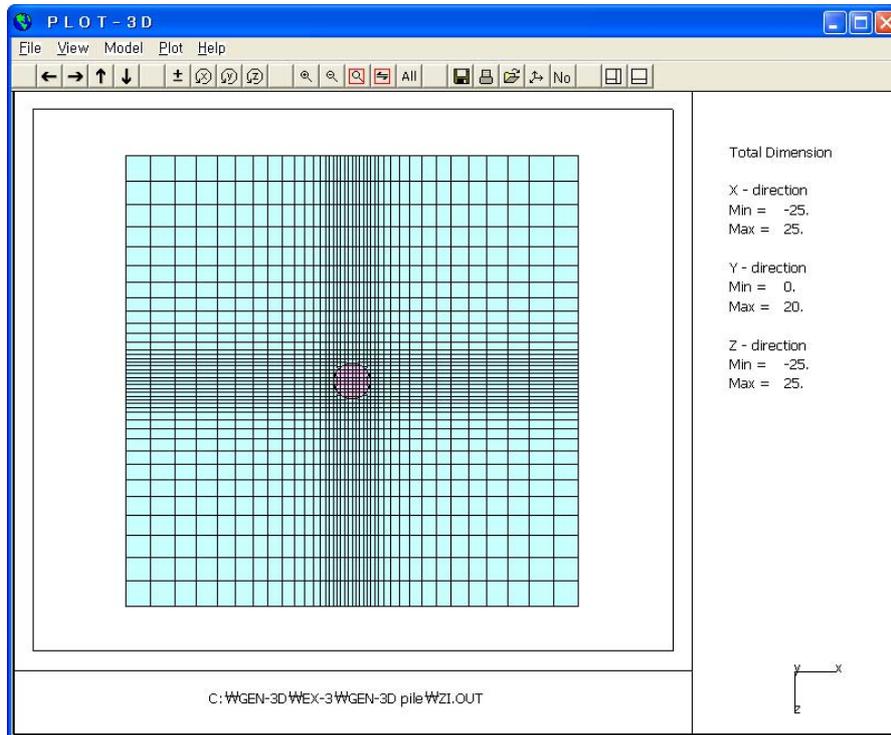


그림 4a. 2차원 대표단면 유한요소망 (Group.Mes)

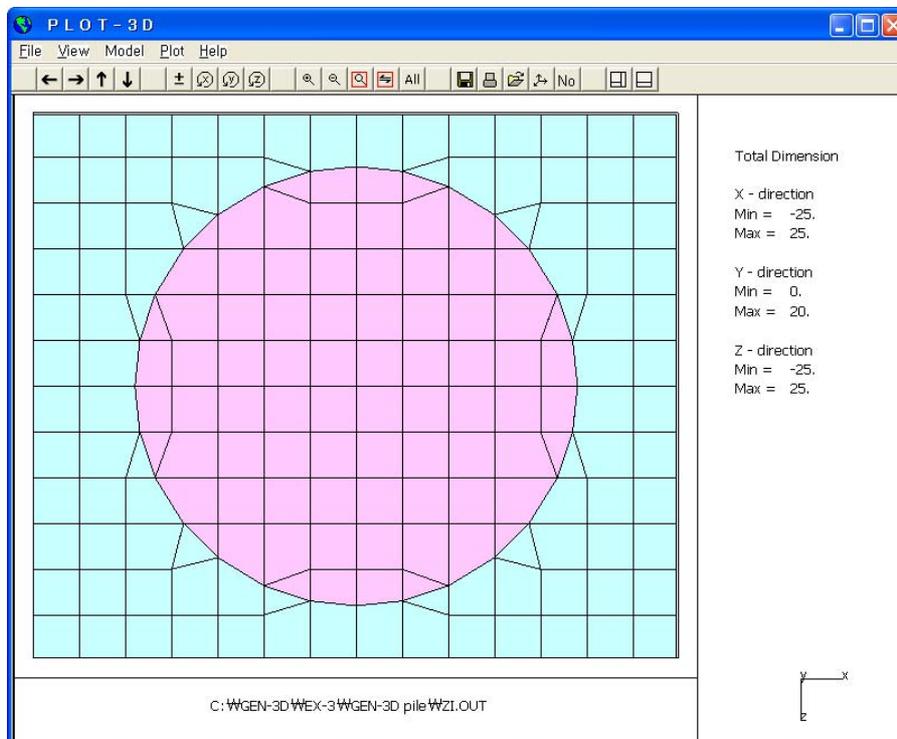


그림 4b. Pile (재료번호 3) 및 주변토층 (재료번호 1) 요소망

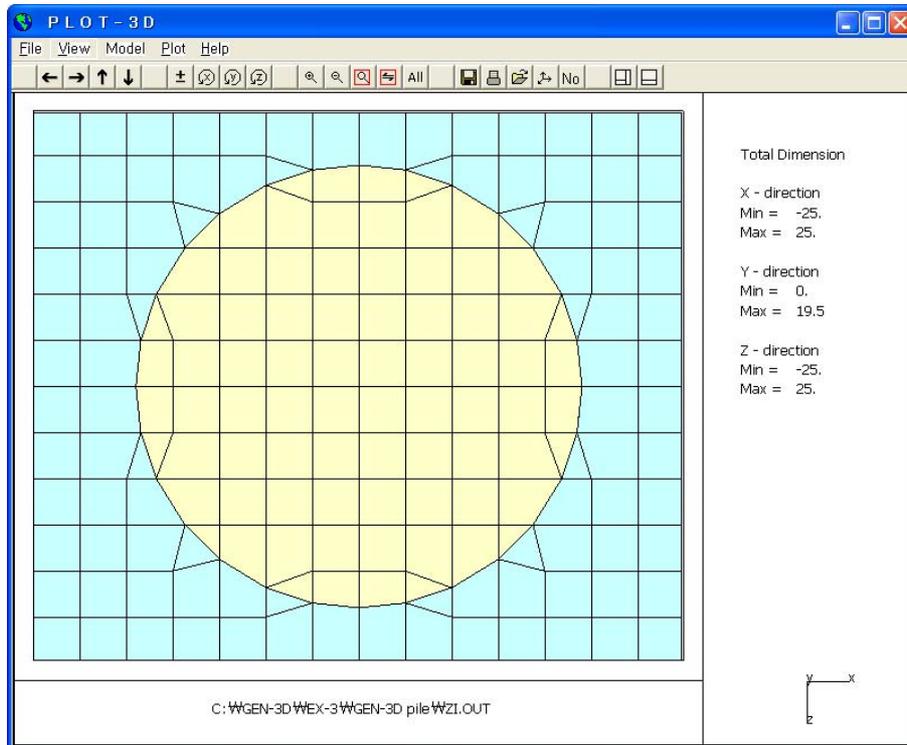


그림 4c. Pile 위치에 있는 토층 (재료번호 4) 및 주변토층 (재료번호 1) 요소망

### 2.3.2 3D로 확장하기 위한 ZI.dat 파일 작성하기

ZI.dat 파일은 2차원 대표단면 Mesh를 단면에 수직인 방향으로 확장시켜 3차원 입체 유한요소망을 생성하는데 필요한 GEN-3D Data 파일로 Word Pad나 Note Pad와 같은 Text 편집기를 사용하여 작성합니다.

본 예제는 그림 5에서 보는 바와 같이 Pile의 길이 방향으로 4개의 Block으로 구성되어 있습니다. Block 1은 지표면 위에 돌출한 Pile (재료번호 3) 두부를 나타냅니다. Block 2는 토층 (재료번호 1)과 Pile (재료번호 3) 그리고 Pile 위치에 있는 토층 (재료번호 4)을 포함하고 있습니다. 따라서 재료번호 1과 4는 같은 원지반 토층을 나타냅니다. Block 3은 Pile 정착부 높이에 있는 연암층 (재료번호 2)과 Pile (재료번호 3) 그리고 Pile 위치에 있는 연암층 (재료번호 5)을 포함합니다. 마지막 Block 4는 Block 3과 같은 연암층으로 재료번호 7과 10으로 이루어졌습니다.

해석의 경제성과 정확성을 고려하여, Block 1~3에서의 요소는 등간격으로 등분하였고 Block 4에서는 요소의 길이가 밀면으로 갈수록 점차 증가하여 나누었습니다.

ZI.dat 파일 작성에 관한 자세한 설명은 1.3절의 GEN-3D 사용자 매뉴얼과 다음 페이지 ZI.dat 파일 Listing의 주석을 참조하기 바랍니다.

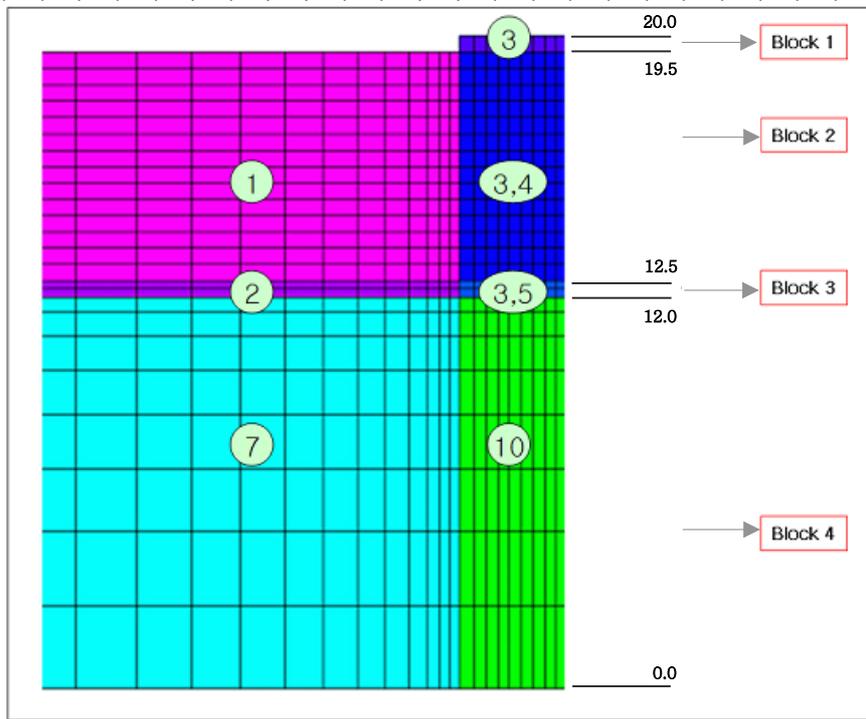


그림 5. Pile 길이 방향으로 Block과 재료번호.

### 2.3.2.1 ZI.dat 파일 Listing

**\* CARD 1.1**

**\* TITLE**

3-D RCD File GENERATION BY GEN-3D (Group.mes)

=> 제목을 입력하는 Card로 최대 60 Character 영문으로만 입력 가능합니다.

**\* CARD 1.2**

**\* NBZ NBNODE NSNODE NSNEL IBOUND IPLANE ICLOSE CMFAC**  
 4 5 1 1 0 2 0 1.0

- ◆ Z방향으로 생성할 Block의 개수(NBZ)와 절점의 개수(NBNODE)를 입력합니다. 각 Block마다 LTYPE과 Z방향으로 생성될 요소의 수, 간격 등의 세부사항이 Card 3에서 지정됩니다.
- ◆ NSNODE : Z축으로 확장될 절점의 새로운 시작 번호를 나타냅니다.
- ◆ NSNEL : Z축으로 확장될 요소의 새로운 시작 번호를 나타냅니다.
- ◆ IBOUND = 0 : **경계면을 지정하지 않습니다. (초기 자동설정 값)**  
 = 1 : Truss 요소로 나타나는 Wire Frame경계를 포함합니다.  
 = 2 : Shell 요소로 나타나는 평면경계를 포함합니다.  
 = 3 : Wire Frame과 평면 경계를 포함합니다.
- ◆ IPLANE = 0 : 입력된 2차원 단면을 X-Y평면에 확장합니다. (초기 자동설정 값)  
 = 1 : 입력된 2차원 단면을 Z-Y평면에 확장합니다.  
 = 2 : **입력된 2차원 단면을 z-x평면에 확장합니다.**  
 = 3 : 입력된 2차원 단면을 임의의 평면에 확장합니다.
- ◆ ICLOSE = 0 : **개방된 루프로써 시작단면과 끝나는 단면이 만나지 않습니다.**  
 = 1 : 폐쇄된 루프로써 시작단면과 끝나는 단면이 동일합니다.
- ◆ CMFAC : 2차원 단면의 좌표 축적비를 나타냅니다. (대부분 1로 사용됨)

**\* CARD 1.3**

**\* IBZ\_base IBZ\_front IBZ\_back**  
 1 1 3

=> 각각 내부를 구성하는 요소의 경계조건 (IBZ\_base), 앞면을 구성하는 요소의 경계조건 (IBZ\_front), 뒷면을 구성하는 요소의 경계조건 (IBZ\_back)을 나타냅니다.

IBZ	ISZ	IFZ	ISZ : 골격의 Z 방향 자유도.
0	0	0	IFZ : 간극수의 골격에 대한 Z 방향 상대 자유도.
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	
2	1	0	ISZ, IFZ =0 : 지정된 방향으로 움직임이 허용됨.
<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	ISZ, IFZ =1 : 지정된 방향으로 움직임이 고정됨.

**\* CARD 2.1**

**\* NODE Zp Xp**  
 1 20.00 0  
 2 19.50 0  
 3 12.50 0  
 4 12.00 0  
 5 0.00 0

=> Center Line의 절점의 번호와 그 좌표를 나타냅니다. Center Line을 입력하면 2D Mesh가 Center Line을 따라 확장되어 3D 입체 Mesh를 형성합니다.

```

* -----
*
* CARD 3.1
* BLNAME
  BLOCK1

```

=> Block의 이름을 입력합니다. 제목과 마찬가지로 최대 60 Character 영문으로만 입력 가능합니다.

**\* CARD 3.2**

```

* IBLNO
  1

```

=> Block의 번호를 입력합니다.

**\* CARD 3.3**

```

* I   J   LTYPE  IMATC  IMATB  IMATT
  1   2     0     0     0     0

```

- ◆ I, J : 해당 Block을 구성하는 시작하는 절점(I)과 끝나는 절점(J)의 번호를 입력합니다.
- ◆ **LTYPE = 0** : z방향으로 직선 형태로 요소가 생성됨을 나타냅니다.  
= 1 : z방향으로 곡선 형태로 요소가 생성됨을 나타냅니다.
- ◆ IMATC : 연속체 요소의 재료번호를 입력한 숫자만큼 증가합니다.
- ◆ IMATB : Beam 요소의 재료번호를 입력한 숫자만큼 증가합니다.
- ◆ IMATT : Truss 요소의 재료번호를 입력한 숫자만큼 증가합니다.

**\* CARD 3.4**

```

* NDZ   ALPA  MC1  MC2  MC3  MB  MT
  1     0.5  -1  -4   0   0   0

```

- ◆ NDZ : Z 방향으로 생성할 요소의 수를 입력합니다.  
 $\alpha = 0.5$  : 요소의 길이를 일정하게 나눕니다.  
 = 0.3 : 요소의 길이를 절점 I에서 J를 갈수록 점차 증가하며 나눕니다.  
 = -0.3 : 요소의 길이를 절점 J에서 I를 갈수록 점차 증가하며 나눕니다.
- ◆ MC : 수정되지 않을 연속체 요소의 재료번호를 나타냅니다.
- ◆ MB : 수정되지 않을 Beam 요소의 재료번호를 나타냅니다.
- ◆ MT : 수정되지 않을 Truss 요소의 재료번호를 나타냅니다.

! 참고 : 만약 MC, MB, MT가 (-)기호를 가지고 있다면 이들 재료번호에 해당하는 요소는 생성되지 않습니다.

✓ Card 3.3에서 IMATC=0과 Card 3.4에서 MC1=-1, MC2=-4로 지정한 것은 Block 1에서 이미 존재하는 원지반의 재료 1, 4가 작용하지 않고, ATG로 입력된 재료 3만 작용한다는 것을 뜻합니다. 따라서 Block 1에는 재료 3만이 존재합니다.

\* -----  
 \*  
 \* **CARD 3.1**  
 \* BLNAME  
 BLOCK2

=> Block의 이름을 입력합니다. 제목과 마찬가지로 최대 60 Character 영문으로만 입력 가능합니다.

\* **CARD 3.2**  
 \* IBLNO  
 2

=> Block의 번호를 입력합니다.

\* **CARD 3.3**  
 \* I J LTYPE IMATC IMATB IMATT  
 2 3 0 0 0 0

- ◆ I, J : 해당 Block을 구성하는 시작하는 절점 (I) 과 끝나는 절점 (J) 의 번호를 입력합니다.
- ◆ **LTYPE = 0** : z방향으로 직선 형태로 요소가 생성됨을 나타냅니다.  
 = 1 : z방향으로 곡선 형태로 요소가 생성됨을 나타냅니다.
- ◆ IMATC : 연속체 요소의 재료번호를 입력한 숫자만큼 증가합니다.
- ◆ IMATB : Beam 요소의 재료번호를 입력한 숫자만큼 증가합니다.
- ◆ IMATT : Truss 요소의 재료번호를 입력한 숫자만큼 증가합니다.

\* **CARD 3.4**  
 \* NDZ ALPA MC1 MC2 MC3 MB MT  
 14 0.5 0 0 0 0 0

- ◆ NDZ : Z 방향으로 생성할 요소의 수를 입력합니다.  
 $\alpha = 0.5$  : 요소의 길이를 일정하게 나눕니다.  
 = 0.3 : 요소의 길이를 절점 I 에서 J 로 갈수록 점차 증가하며 나눕니다.  
 = -0.3 : 요소의 길이를 절점 J 에서 I 로 갈수록 점차 증가하며 나눕니다.
- ◆ MC : 수정되지 않을 연속체 요소의 재료번호를 나타냅니다.
- ◆ MB : 수정되지 않을 Beam 요소의 재료번호를 나타냅니다.
- ◆ MT : 수정되지 않을 Truss 요소의 재료번호를 나타냅니다.

! 참고 : 만약 MC, MB, MT가 (-) 기호를 가지고 있다면 이들 재료번호에 해당하는 요소는 생성되지 않습니다.

✓ Card 3.3에서 IMATC=0과 Card 3.4에서 MC=0으로 지정한 것은 Block 2에서 이미 존재하는 원지반의 재료 1, 4와 AIG로 입력된 재료 3이 수정되지 않고 작용한다는 것을 뜻합니다. 따라서 Block 2에는 재료 1, 3, 4가 존재합니다.

\* -----  
 \*  
 \* **CARD 3.1**  
 \* BLNAME  
 BLOCK3

=> Block의 이름을 입력합니다. 제목과 마찬가지로 최대 60 Character 영문으로만 입력 가능합니다.

\* **CARD 3.2**

\* IBLNO  
 3

=> Block의 번호를 입력합니다.

\* **CARD 3.3**

\* I J LTYPE IMATC IMATB IMATT  
 3 4 0 1 0 0

- ◆ I, J : 해당 Block을 구성하는 시작하는 절점(I) 과 끝나는 절점(J)의 번호를 입력합니다.
- ◆ **LTYPE = 0** : z방향으로 직선 형태로 요소가 생성됨을 나타냅니다.  
 = 1 : z방향으로 곡선 형태로 요소가 생성됨을 나타냅니다.
- ◆ IMATC : 연속체 요소의 재료번호를 입력한 숫자만큼 증가합니다.
- ◆ IMATB : Beam 요소의 재료번호를 입력한 숫자만큼 증가합니다.
- ◆ IMATT : Truss 요소의 재료번호를 입력한 숫자만큼 증가합니다.

\* **CARD 3.4**

\* NDZ ALPA MC1 MC2 MC3 MB MT  
 2 0.5 3 0 0 0 0

- ◆ NDZ : Z 방향으로 생성할 요소의 수를 입력합니다.  
 **$\alpha = 0.5$**  : 요소의 길이를 일정하게 나눕니다.  
 = 0.3 : 요소의 길이를 절점 I에서 J로 갈수록 점차 증가하며 나눕니다.  
 = -0.3 : 요소의 길이를 절점 J에서 I로 갈수록 점차 증가하며 나눕니다.
- ◆ MC : 수정되지 않을 연속체 요소의 재료번호를 나타냅니다.
- ◆ MB : 수정되지 않을 Beam 요소의 재료번호를 나타냅니다.
- ◆ MT : 수정되지 않을 Truss 요소의 재료번호를 나타냅니다.

✓ Card 3.3에서 IMATC=1과 Card 3.4에서 MC1=3으로 지정한 것은 Block 3에서 AIG로 입력된 재료 3을 제외한 재료 1, 4가 각각 재료번호가 1만큼 증가하여 작용한다는 것을 뜻합니다. 따라서 Block 3에는 재료 2, 5, 3이 존재합니다.

```

* -----
*
* CARD 3.1
* BLNAME
  BLOCK4

```

=> Block의 이름을 입력합니다. 제목과 마찬가지로 최대 60 Character 영문으로만 입력 가능합니다.

**\* CARD 3.2**

```

* IBLNO
  4

```

=> Block의 번호를 입력합니다.

**\* CARD 3.3**

```

* I   J   LTYPE  IMATC  IMATB  IMATT
  4   5     0     6     0     0

```

- ◆ I, J : 해당 Block을 구성하는 시작하는 절점(I)과 끝나는 절점(J)의 번호를 입력합니다.
- ◆ **LTYPE = 0** : z방향으로 직선 형태로 요소가 생성됨을 나타냅니다.  
= 1 : z방향으로 곡선 형태로 요소가 생성됨을 나타냅니다.
- ◆ IMATC : 연속체 요소의 재료번호를 입력한 숫자만큼 증가합니다.
- ◆ IMATB : Beam 요소의 재료번호를 입력한 숫자만큼 증가합니다.
- ◆ IMATT : Truss 요소의 재료번호를 입력한 숫자만큼 증가합니다.

**\* CARD 3.4**

```

* NDZ   ALPA  MC1  MC2  MC3  MB  MT
  8     0.3  -3   0   0   0   0

```

- ◆ NDZ : Z 방향으로 생성할 요소의 수를 입력합니다.  
 $\alpha = 0.5$  : 요소의 길이를 일정하게 나눕니다.  
= **0.3** : **요소의 길이를 절점 I에서 J로 갈수록 점차 증가하며 나눕니다.**  
= -0.3 : 요소의 길이를 절점 J에서 I로 갈수록 점차 증가하며 나눕니다.
- ◆ MC : 수정되지 않을 연속체 요소의 재료번호를 나타냅니다.
- ◆ MB : 수정되지 않을 Beam 요소의 재료번호를 나타냅니다.
- ◆ MT : 수정되지 않을 Truss 요소의 재료번호를 나타냅니다.

!참고 : 만약 MC, MB, MT가 (-)기호를 가지고 있다면 이들 재료번호에 해당하는 요소는 생성되지 않습니다.

✓ Card 3.3에서 IMATC=6과 Card 3.4에서 MC1=-3으로 지정한 것은 Block 4에서 AIG로 입력된 재료 3은 작용하지 않고 연속체 재료 1, 4만 6만큼 증가하여 작용하는 것을 뜻합니다. 따라서 Block 4에는 재료 7, 10만이 존재합니다.

```
* -----  
*  
* CARD 4.1  
* ITRANB  
  0  
  
=> ITBANB = 0 Transmitting 경계를 지정하지 않습니다.  
    = 1   절점을 기반으로 하는 Transmitting 경계를 지정합니다.  
    = 2   요소를 기반으로 하는 Transmitting 경계를 지정합니다.  
  
    ITBANB가 0인 경우 나머지 Card가 이용되지 않습니다.  
*  
* END OF DATA  
* -----  
*
```

만들어진 DATA 파일을 지정된 폴더에 저장합니다.

### 2.3.3 GEN-3D 실행하기

GEN-3D를 실행시키기 위하여 그림 6과 같이 *Run => Presmap => Gen-3D*를 선택합니다.

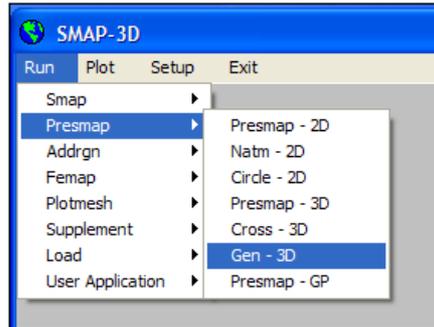


그림 6. GEN-3D 프로그램 실행

그러면 그림 7과 같이 GEN-3D와 관련된 Input 및 Output 파일 이름 창이 나타납니다. Input 파일로 이미 준비된 GEN-3D Data 파일 (ZI.dat)과 2D 단면 Mesh 파일 (Group.Mes)을 입력하고 Output 파일 (ZI.out)을 입력한 다음 OK 버튼을 클릭합니다.

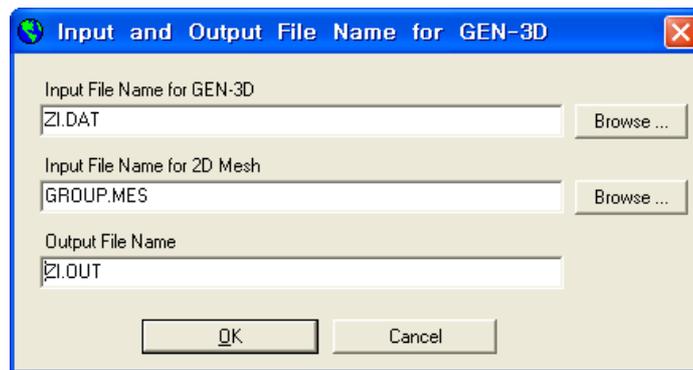


그림 7. GEN-3D Input 및 Output 파일 입력 창

### 2.3.4 생성된 3D Mesh Plot 하기

GEN-3D 프로그램이 종료되면 그림 8과 같은 PRESMAP Mesh Plot Option 창이 나타납니다. “Plot by PLOT\_2D.3D” 선택 후 OK 버튼을 클릭하여 Plot-3D 프로그램을 실행합니다.

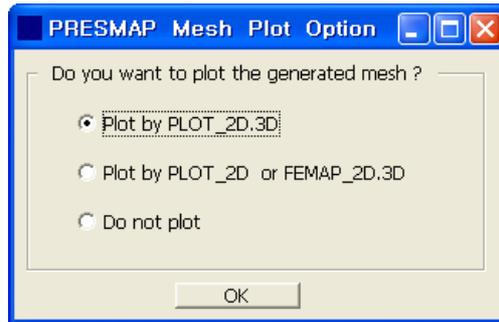


그림 8. PRESMAP Mesh Plot Option.

그림 9와 같이 Plot-3D 창이 나타나면 파일 오픈툴바 버튼 을 클릭하여 그림 10의 오픈 파일 입력 창에서 자동 생성된 3D 입체 Mesh 파일 (ZI.out)을 선택합니다.

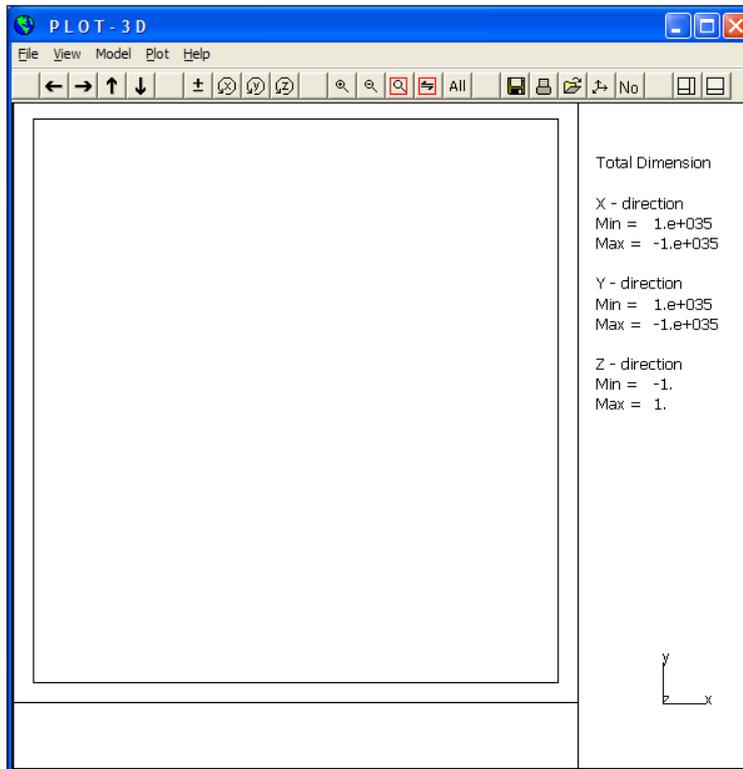


그림 9. Plot-3D 창

### 2.3.5 생성된 3D Mesh 파일 보기

GEN-3D 프로그램 실행 후 생성된 ZI.out (디폴트 output 파일 이름) 파일은 SMAP-3D 프로그램의 Input File 중의 하나인 Mesh File과 동일한 포맷으로 되어 있어 파일이름만 변경하여 Mesh File로 사용됩니다.

ZI.out 파일은 해석할 구조물을 나타내는 유한요소망의 좌표, 재료번호 등을 포함하고 있습니다. 자세한 설명은 SMAP-3D 사용자 매뉴얼의 Mesh File을 참고하기 바랍니다.

RCD File Generated by GEN-3D: Listing of ZI.OUT

NUMNP	NCONT	NBEAM	NTRUSS	BOUNDARY CONDITIONS & COORDINATES												
NODAL	ISX	ISY	ISZ	IFX	IFY	IFZ	IRX	IRY	IRZ	IEX	IEY	IEZ	XC	YC	ZC	
42114	40048	0	0													
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-.195606E+01	.200000E+02	-.416666E+00	
2	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-.200000E+01	.200000E+02	.208219E-05	
3	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-.195606E+01	.200000E+02	.416667E+00	
4	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-.156124E+01	.200000E+02	-.125000E+01	
5	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-.181806E+01	.200000E+02	-.833333E+00	
6	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-.166667E+01	.200000E+02	-.416666E+00	
7	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-.166667E+01	.200000E+02	.372529E-06	
8	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-.166667E+01	.200000E+02	.416667E+00	
.																
42107	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.250000E+02	.000000E+00	.925000E+01	
42108	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.250000E+02	.000000E+00	.109490E+02	
42109	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.250000E+02	.000000E+00	.128316E+02	
42110	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.250000E+02	.000000E+00	.148980E+02	
42111	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.250000E+02	.000000E+00	.171480E+02	
42112	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.250000E+02	.000000E+00	.195816E+02	
42113	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.250000E+02	.000000E+00	.221990E+02	
42114	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.250000E+02	.000000E+00	.250000E+02	

ELEMENT INDEX

NEL	11	12	13	14	15	16	17	18	MATC	KS	KF	INTR	INTS	INTT	TBJWL
1	6	1	2	7	765	724	725	766	3	0	1	2	2	2	.0000E+00
2	7	2	3	8	766	725	726	767	3	0	1	2	2	2	.0000E+00
3	8	3	9	0	767	726	768	0	3	0	1	2	2	2	.0000E+00
4	12	4	5	13	804	763	764	805	3	0	1	2	2	2	.0000E+00
5	13	5	6	14	805	764	765	806	3	0	1	2	2	2	.0000E+00
6	14	6	7	15	806	765	766	807	3	0	1	2	2	2	.0000E+00
7	15	7	8	16	807	766	767	808	3	0	1	2	2	2	.0000E+00
8	16	8	9	17	808	767	768	809	3	0	1	2	2	2	.0000E+00
.															
.															
40041	39466	39426	39467	0	41147	41107	41148	0	10	0	1	2	2	2	.0000E+00
40042	39427	39387	39428	0	41108	41068	41109	0	10	0	1	2	2	2	.0000E+00
40043	39389	39390	39431	0	41070	41071	41112	0	7	0	1	2	2	2	.0000E+00
40044	39432	39433	39474	0	41113	41114	41155	0	7	0	1	2	2	2	.0000E+00
40045	39515	39516	39557	0	41196	41197	41238	0	7	0	1	2	2	2	.0000E+00
40046	39679	39639	39680	0	41360	41320	41361	0	7	0	1	2	2	2	.0000E+00
40047	39760	39720	39761	0	41441	41401	41442	0	7	0	1	2	2	2	.0000E+00
40048	39799	39759	39800	0	41480	41440	41481	0	7	0	1	2	2	2	.0000E+00

0

\* CARD 9.6.1

\* NODVIS NELVIS

0 0

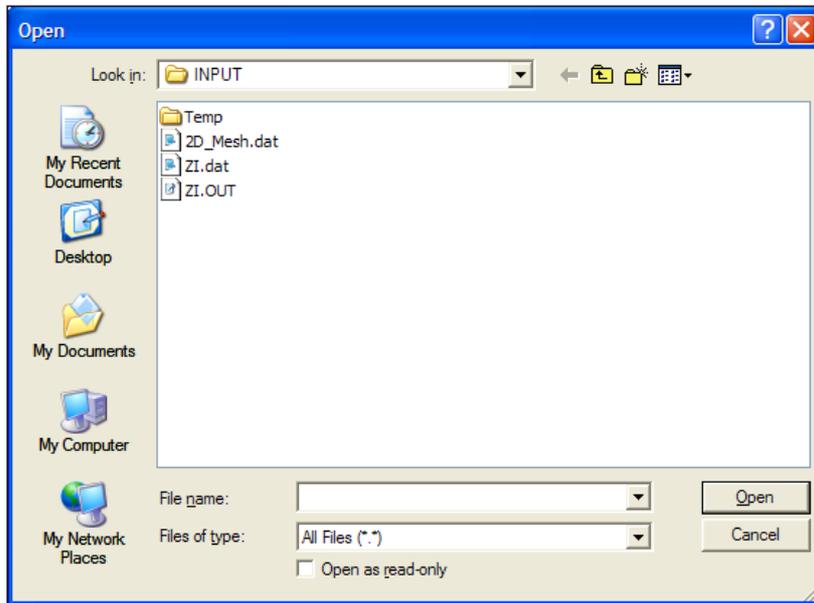


그림 10. Open 파일 입력 창

그림 11a는  $x$ 축과  $y$ 축으로 회전시킨 원지반 토층 및 연암을 나타내는 3D 전체 유한요소 망입니다. Plot-3D의 주요기능은 1.2.5절을 참조하기 바랍니다.

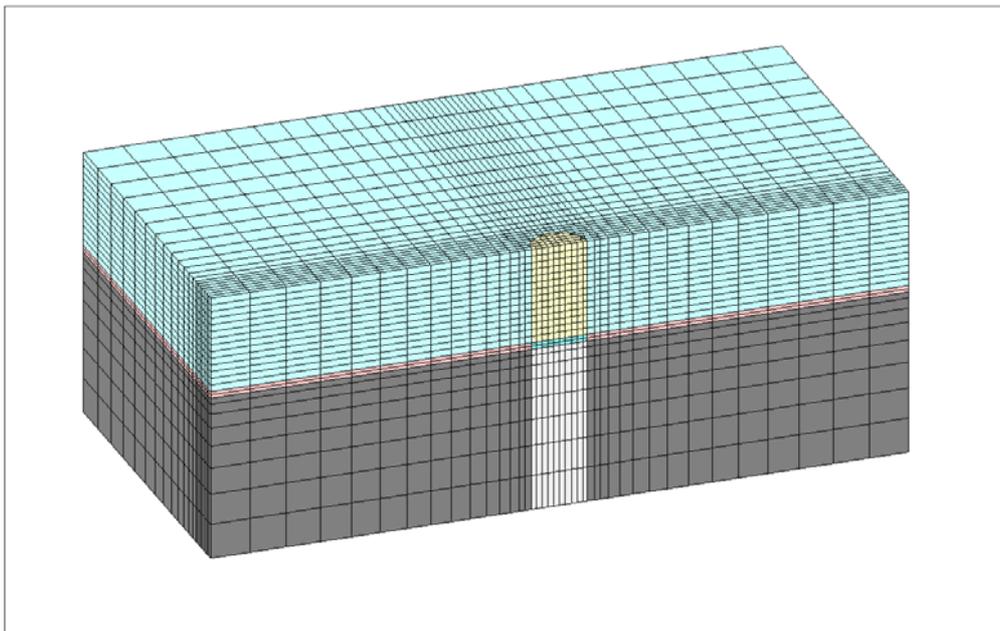


그림 11a. 자동 생성된 3D 전체 유한요소망 (원지반 토층 및 연암)

그림 11b는 Pile 시공 후 Pile 및 주변 원지반 전체 유한요소망을 보여줍니다.

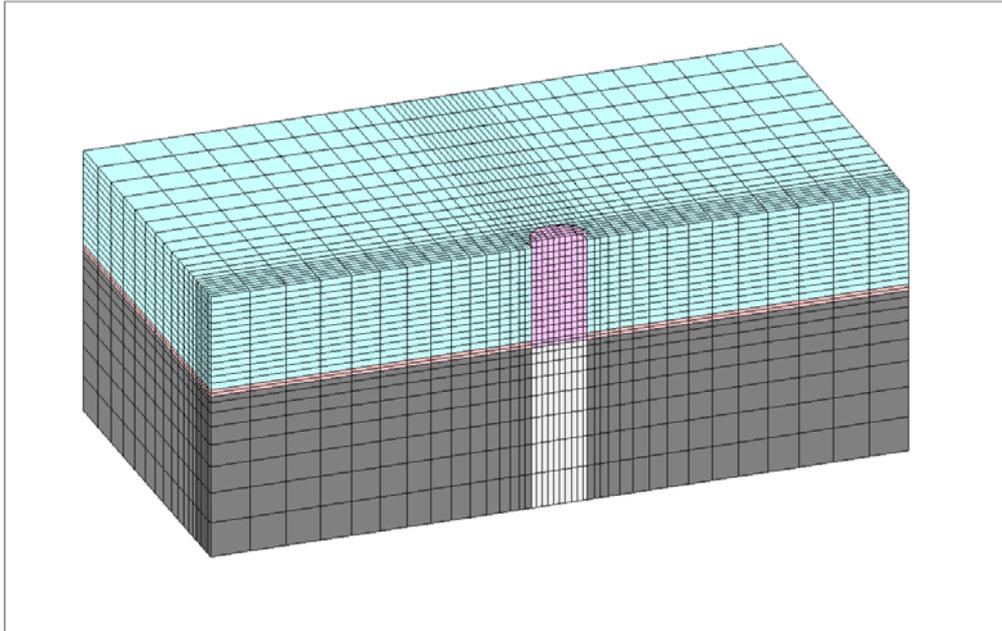


그림 11b. 자동 생성된 3D 전체 유한요소망 (Pile 및 주변 원지반)

그림 11c는 자동 생성된 3D Pile 유한요소망을 보여줍니다.

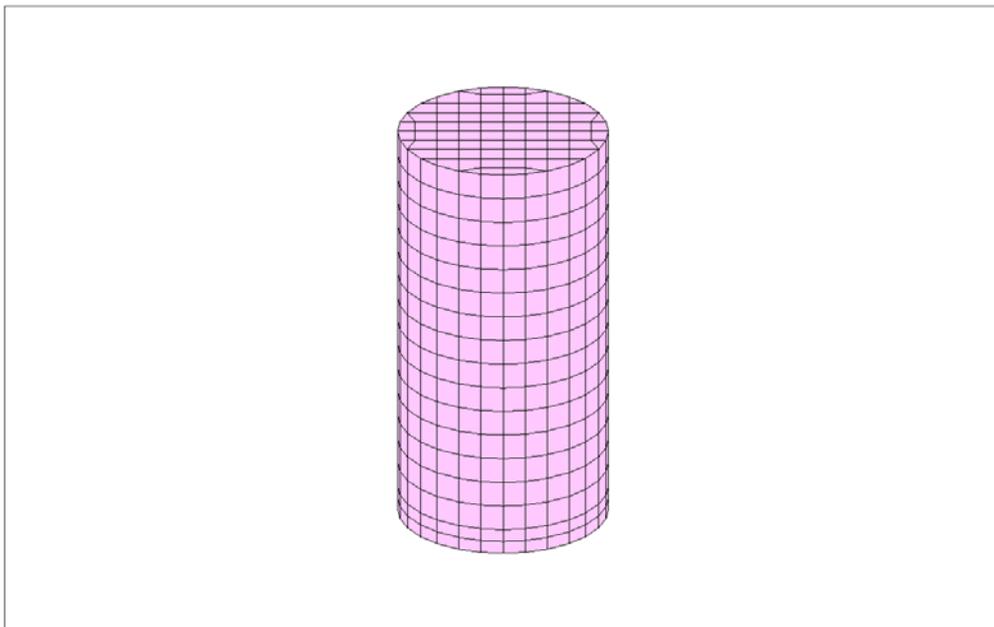


그림 11c. 자동 생성된 3D Pile 유한요소망