

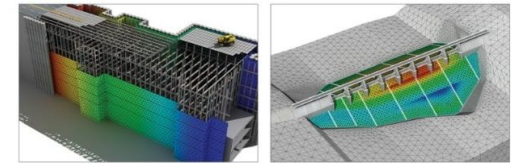


# Release Notes

---

Product Ver. : GTS NX Ver.360

**GTS NX**  
Geo-Technical analysis System New eXperience



최적화된 차세대 플랫폼과 64bit 통합솔버를 탑재한  
지반분야 유한요소 해석 솔루션

**MIDAS**



# Enhancements

## 1. Analysis

- 1.1 Bowl 재료모델 추가
- 1.2 다중 전단 매커니즘 고려 옵션 추가
- 1.3 슬로싱 매질요소 추가
- 1.4 Newmark- $\beta$  법 추가
- 1.5 요소(재료)별 Rayleigh 감쇠 사용자 정의
- 1.6 강도감소법 해석영역 지정

## 2. Pre/Post Processing

- 2.1 재료평가(GHE-S 모델 / RO/HD 모델 / Bowl 모델)
- 2.2 초기 평형력과 초기 평형력 테이블 기능
- 2.3 힌지(M- $\Phi$ ) 할당 테이블
- 2.4 MIDAS CIVIL 비탄성 힌지 데이터 불러오기

## 2. Pre/Post Processing

- 2.5 동적 해석 출력 시간 임의 설정
- 2.6 동적 해석 최소/최대값 발생 시각 출력
- 2.7 동적 해석 ABSOLTE MAX 절대값 출력으로 변경
- 2.8 하중조합 테이블 기능
- 2.9 기하형상-요소망간 연결 기능
- 2.10 시공단계 워저드 기능 개선
- 2.11 소성도 출력방식 추가
- 2.12 보고서 기능 개선
- 2.13 변위/변형율 초기화 분리
- 2.14 자중 자동생성
- 2.15 고해상도 지원



최적화된 차세대 플랫폼과 64bit 통합솔버를 탑재한  
지반분야 유한요소 해석 솔루션

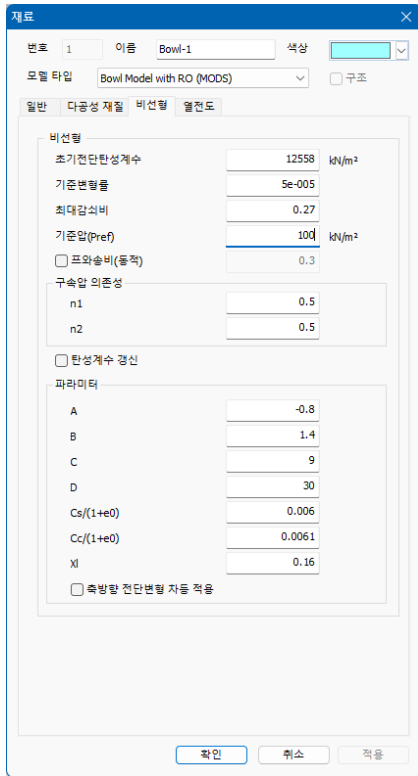


# 1. Analysis

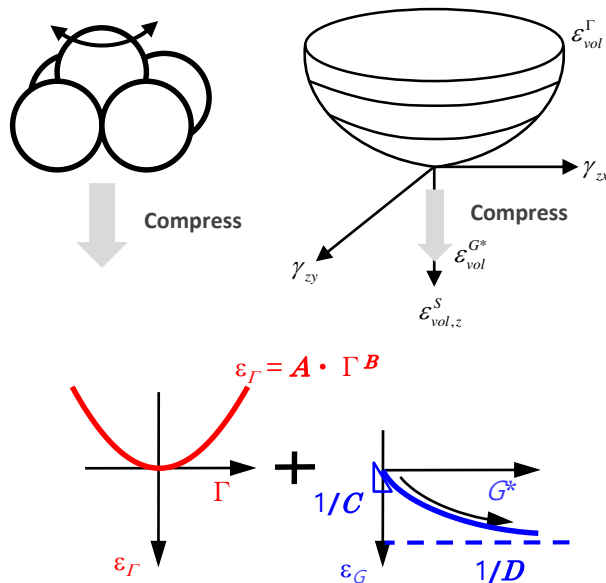
## 1.1 Bowl 재료모델 추가

- Fukutake & Matsuoka가 다방향 단순 전단에 의한 팽창(dilatancy)을 모델링하기 위해 제안한 모델로, **Modified Ramberg-Osgood 모델에 적용되어 지진 하중에 의한 액상화(liquefaction)를 고려하는데 사용**되어집니다. 다른 재료 모델에 비해 파라미터 수가 적고, 실험값과 추정값으로 쉽게 결정할 수 있으며, 해석 시간이 짧아 실무에서 쉽게 사용할 수 있는 액상화 모델입니다.

- 요소망 > 재료/좌표계/함수 > 재료 > 생성 > 등방성 > **Bowl model(with RO)**



[ Bowl model(with RO) ]



[ Bowl Model 개념도 ]

Bowl 모델의 평균 유효 응력을 사용하여 Modified Ramberg-Osgood 모델의 파라미터를 현재 지반의 상태에 맞게 수정해 주는 것으로 액상화 효과를 고려

일반적으로 흙의 부피 변형 증분은 전단에 의한 변형 증분  $\epsilon_{vol}^s$  과 압밀에 의한 변형 증분  $\epsilon_{vol}^c$  으로 나뉨 :  $\epsilon_{vol} = \epsilon_{vol}^s + \epsilon_{vol}^c$

전단에 의한 체적변형 :  $\epsilon_{vol}^s = \epsilon_{vol}^{\Gamma} + \epsilon_{vol}^{G^*}$

Bowl 모델에서는 전단이 발생할 때 흙 입자가 주위의 입자와 접촉하면서 상승하는 움직임을 보이는 것을 bowl을 따라 움직이는 것으로 고려 :  $\epsilon_{vol}^{\Gamma} = A\Gamma^B$

또한 이러한 Bowl 자체도 전단에 의한 교란과 함께 체적 변형이 생기면서 압축해 나가는 것을 고려 :  $\epsilon_{vol}^{G^*} = \frac{G^*}{C + DG^*}$

압밀에 의한 체적 변형은 초기 평균 유효 응력과 현재 bowl 모델의 평균 유효 응력의 관계식으로 구함 :  $\epsilon_{vol}^c = \frac{C_s}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_{b,m}}{\sigma'_{0,m}}$

비배수 조건을 가정 / 총 체적 변형이 0이 되는 상태의 Bowl 모델의 평균 유효 응력 :  $\sigma'_{b,m} = \sigma'_{0,m} 10^{\frac{1+e_0 \epsilon_{vol}^c}{C_s}}$

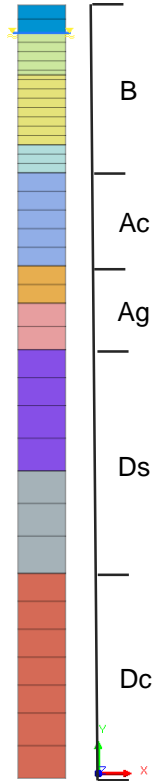
# 1. Analysis

## 1.1 Bowl 재료모델 추가

- Fukutake & Matsuoka가 다방향 단순 전단에 의한 팽창(dilatancy)을 모델링하기 위해 제안한 모델로, **Modified Ramberg-Osgood 모델에 적용되어 지진 하중에 의한 액상화(liquefaction)를 고려하는데 사용**되어집니다. 다른 재료 모델에 비해 파라미터 수가 적고, 실험값과 추정값으로 쉽게 결정할 수 있으며, 해석 시간이 짧아 실무에서 쉽게 사용할 수 있는 액상화 모델입니다.

- 요소망 > 재료/좌표계/함수 > 재료 > 생성 > 등방성 > Bowl model(with RO)

GL(m)	토층	전단파속도 (m/s)	단위중량 (kN/m <sup>3</sup> )
0		140	18.53
-3	Back Fill B	170	21.28
-7.5		200	21.18
-15		220	21.57
-18		180	15.69
-28	Sand Ag	245	17.65
-32	Sand Ds	305	17.65
-37		305	18.14
-50	Sand Dc	350	18.14
-61		303	17.65
-83	Clay Dc	303	17.65



B, Ag Layers → Bowl Model(with RO) 적용

Ac, Ds, Dc Layers → Modified Ramberg-Osgood Model 적용

시간이력하중 함수

이름: NS\_GL\_-83m | 시간함수데이터종류: 가속도

블러오기 | 지진파

스케일링: 스케일팩터 1 | 자중: 9.80665 m/sec<sup>2</sup>

최대값 0 m/sec | 그래프 옵션:  x축 로그스케일,  y축 로그스케일

시간 (sec)	값 (m/sec <sup>2</sup> )
0.01	-0.000307
0.02	0.000311
0.03	-2e-006
0.04	0.000935
0.05	-0.000633
0.06	-0.000313
0.07	0.000628
0.08	0.000939
0.09	0.000311
0.1	0.000937
0.11	0.000629
0.12	-0.000308

기준선 보정:  미적분,  적분

Min : - 6.79 [m/sec<sup>2</sup>]

확인 | 취소 | 적용

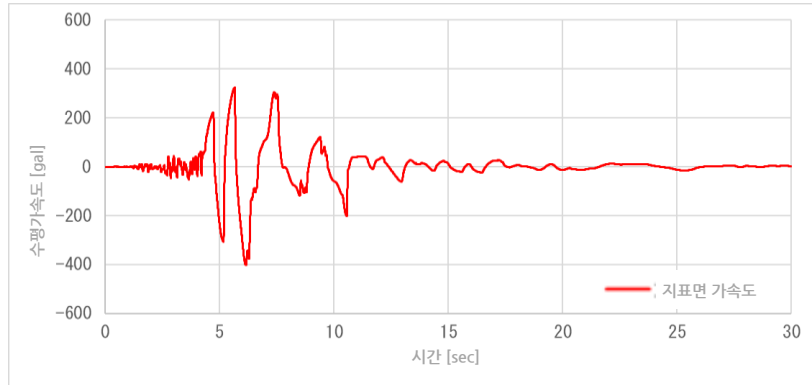
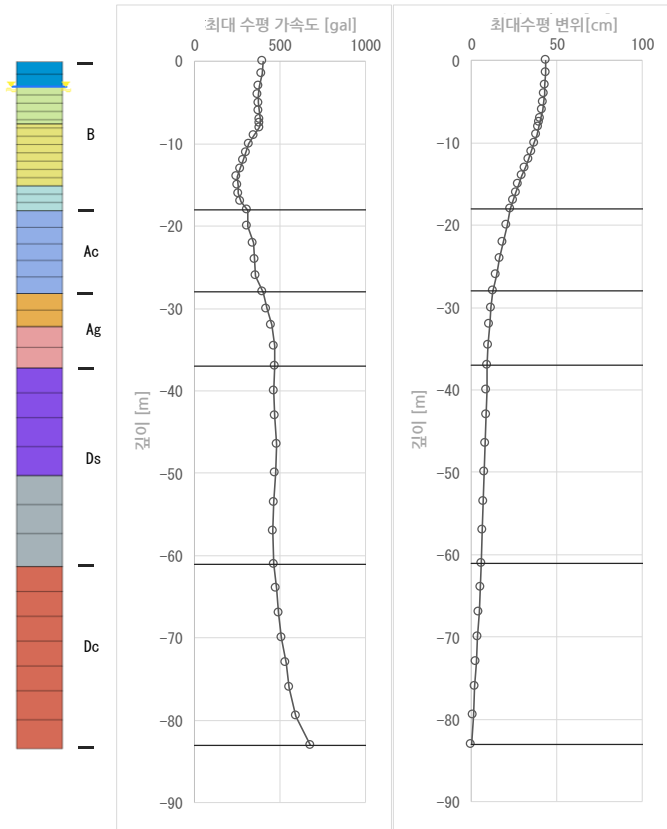
[지반 가속도]

# 1. Analysis

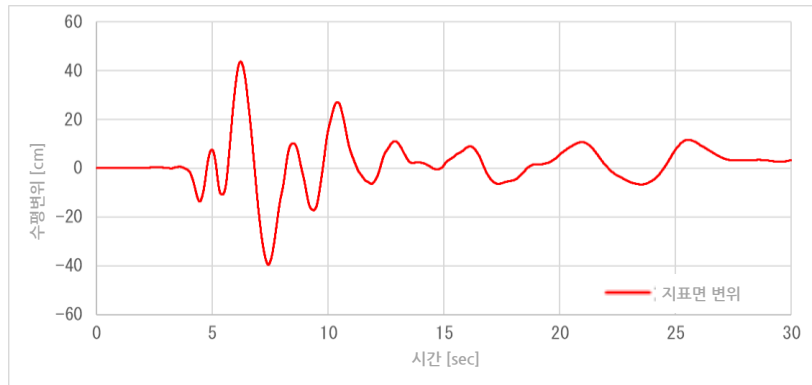
## 1.1 Bowl 재료모델 추가

- Fukutake & Matsuoka가 다방향 단순 전단에 의한 팽창(dilatancy)을 모델링하기 위해 제안한 모델로, **Modified Ramberg-Osgood 모델에 적용되어 지진 하중에 의한 액상화(liquefaction)를 고려하는데 사용**되어집니다. 다른 재료 모델에 비해 파라미터 수가 적고, 실험값과 추정값으로 쉽게 결정할 수 있으며, 해석 시간이 짧아 실무에서 쉽게 사용할 수 있는 액상화 모델입니다.

- 요소망 > 재료/좌표계/함수 > 재료 > 생성 > 등방성 > **Bowl model(with RO)**



[ 지표면 수평 가속도 ]



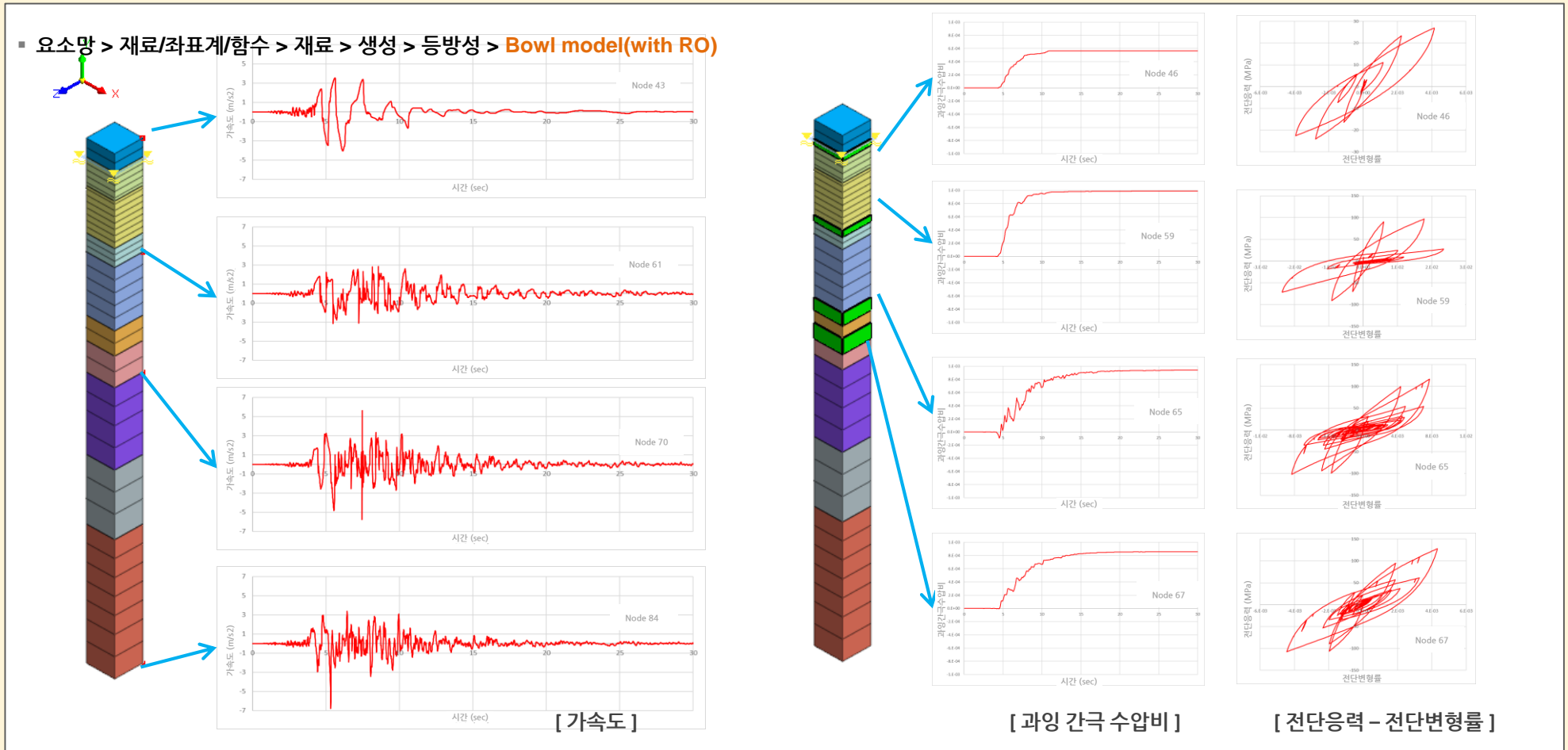
[ 지표면 수평변위 ]

# 1. Analysis

## 1.1 Bowl 재료모델 추가

- Fukutake & Matsuoka가 다방향 단순 전단에 의한 팽창(dilatancy)을 모델링하기 위해 제안한 모델로, **Modified Ramberg-Osgood 모델에 적용되어 지진 하중에 의한 액상화(liquefaction)를 고려하는데 사용**되어집니다. 다른 재료 모델에 비해 파라미터 수가 적고, 실험값과 추정값으로 쉽게 결정할 수 있으며, 해석 시간이 짧아 실무에서 쉽게 사용할 수 있는 액상화 모델입니다.

- 요소망 > 재료/좌표계/함수 > 재료 > 생성 > 등방성 > Bowl model(with RO)

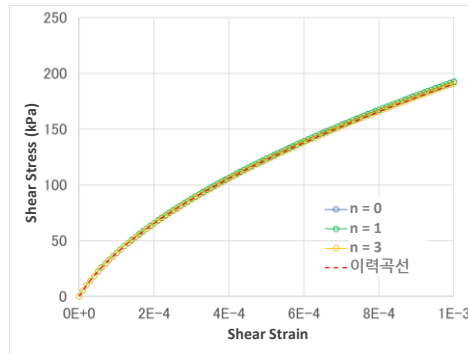
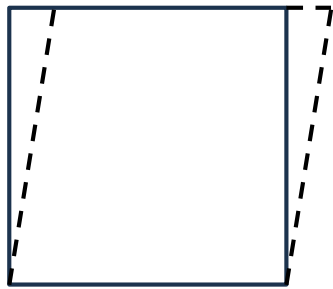


# 1. Analysis

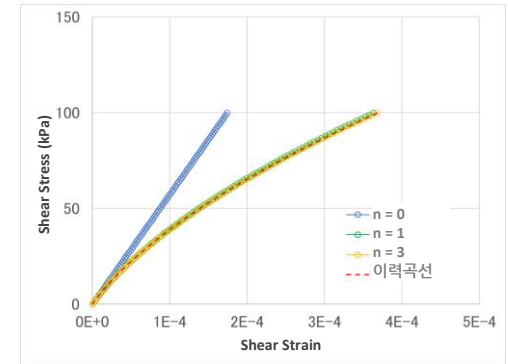
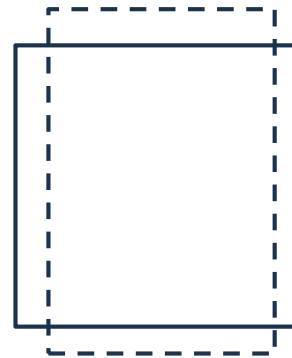
## 1.2 다중 전단 매커니즘 고려 옵션 추가

- 다중 전단 매커니즘 고려 옵션은 기본 재료 모델(Modified Ramberg-Osgood 모델, Modified Hardin-Drnevich 모델, GHE-S 모델)에서 전단 응력만 고려하는 옵션을 사용하는 경우, **주응력 축의 회전을 재료 모델에 반영할 수 있도록 확장**된 기능입니다.

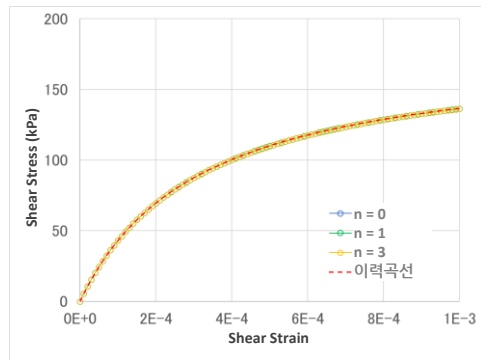
■ 해석 > 해석케이스 > 추가 > 해석종류 : 비선형해석 / 시공단계해석 / 비선형시간이력해석 / 비선형시간이력해석 + SRM > 해석 제어



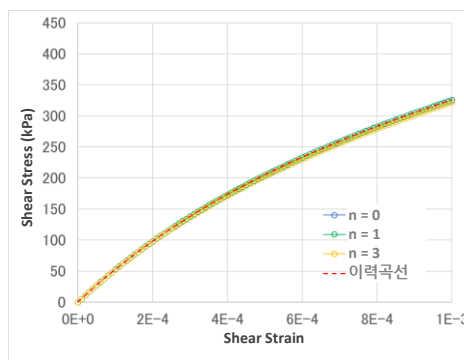
| RO 모델 |



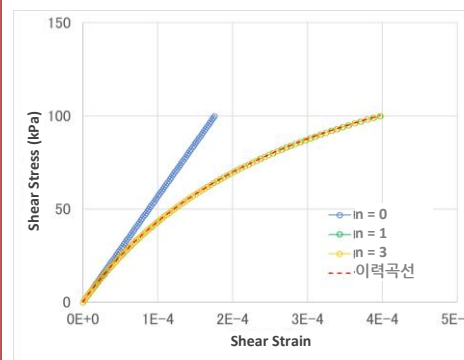
| RO 모델 |



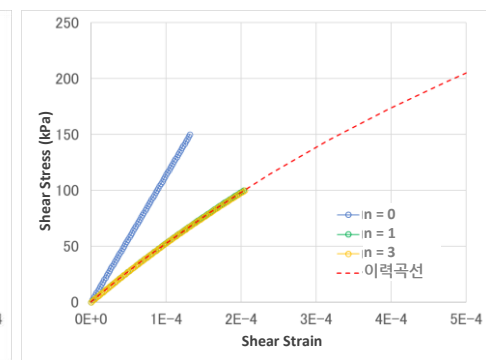
| HD 모델 |



| GHE-S 모델 |



| HD 모델 |



| GHE-S 모델 |

[ 단순 전단 ]

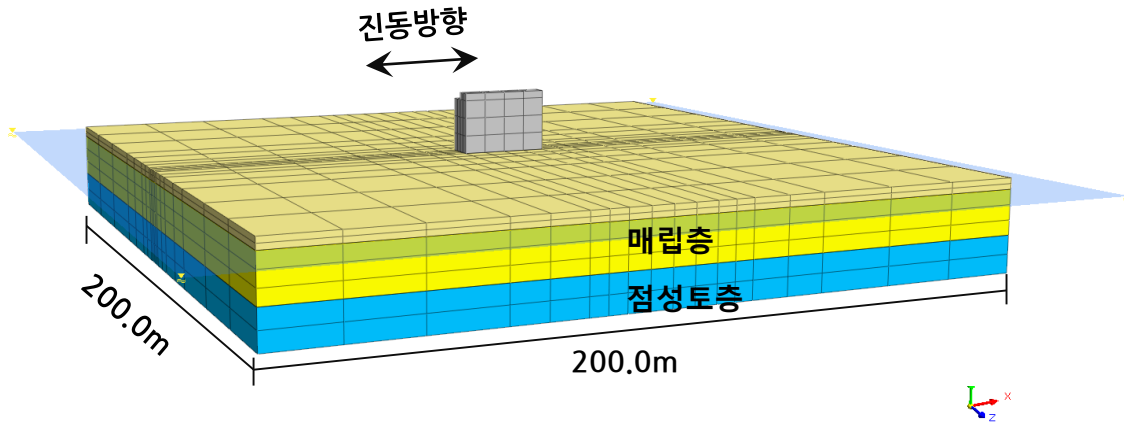
[ 축방향 전단 ]

# 1. Analysis

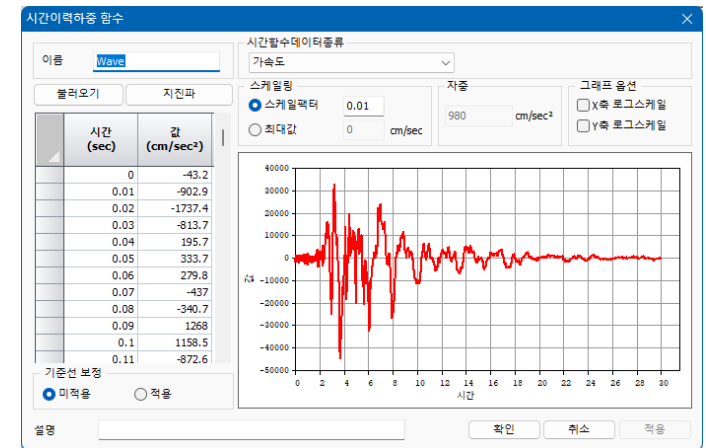
## 1.2 다중 전단 매커니즘 고려 옵션 추가

- 다중 전단 매커니즘 고려 옵션은 기본 재료 모델(Modified Ramberg-Osgood 모델, Modified Hardin-Drnevich 모델, GHE-S 모델)에서 전단 응력만 고려하는 옵션을 사용하는 경우, **주응력 축의 회전을 재료 모델에 반영할 수 있도록 확장**된 기능입니다.

- 해석 > 해석케이스 > 추가 > 해석종류 : 비선형해석 / 시공단계해석 / 비선형시간이력해석 / 비선형시간이력해석 + SRM > **해석 제어**



[ 모델링 ]



[ 지반가속도 ]

	재료모델	단위중량 $\gamma_t$ [kN/m <sup>3</sup> ]	기준압 $\sigma_m$ [kN/m <sup>2</sup> ]	초기전단 탄성계수 $G_0$ [kN/m <sup>2</sup> ]	기준변형률 $\gamma$ [-]	전단구속압 의존계수 $n1, n2$ [-]	포아송비 $\nu$ [-]	최대감쇠비 $H_{max}$ [-]
매립층_상	Ramberg-Osgood	17.6	18.0	64980	3.39E-04	0.5	0.33	0.30
매립층	Ramberg-Osgood	17.6	66.0	64980	1.29E-03	0.5	0.33	0.30
점성토층	Ramberg-Osgood	16.7	120.0	38250	3.97E-03	0.5	0.33	0.20

[ 지반 물성 ]

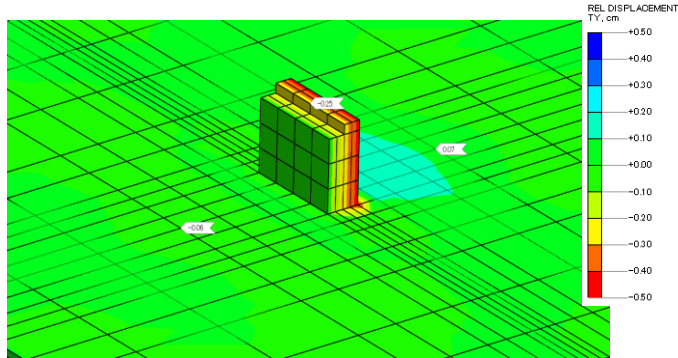


# 1. Analysis

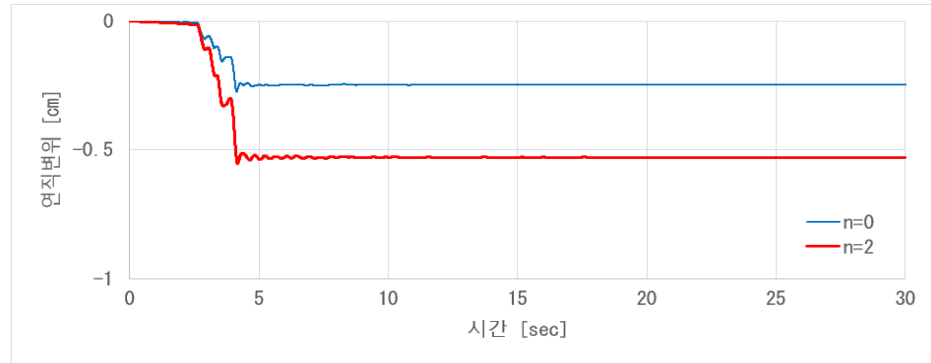
## 1.2 다중 전단 매커니즘 고려 옵션 추가

- 다중 전단 매커니즘 고려 옵션은 기본 재료 모델(Modified Ramberg-Osgood 모델, Modified Hardin-Drnevich 모델, GHE-S 모델)에서 전단 응력만 고려하는 옵션을 사용하는 경우, **주응력 축의 회전을 재료 모델에 반영할 수 있도록 확장된** 기능입니다.

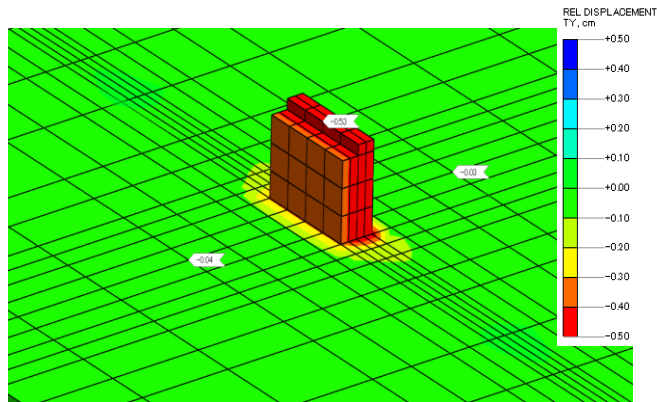
- 해석 > 해석케이스 > 추가 > 해석종류 : 비선형해석 / 시공단계해석 / 비선형시간이력해석 / 비선형시간이력해석 + SRM > **해석 제어**



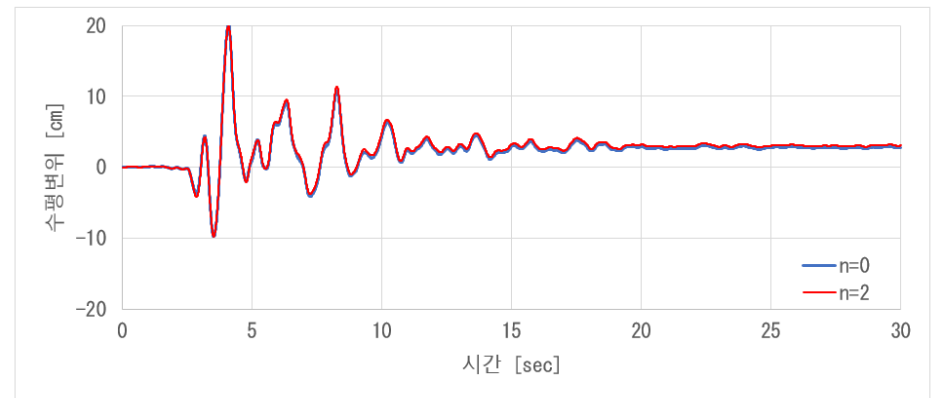
[ 다중 전단 매커니즘 고려안함 (n=0) ]



[ 연직변위 이력 ]



[ 다중 전단 매커니즘 고려 (n=2) ]



[ 수평변위 이력 ]

# 1. Analysis

## 1.3 슬로싱 매질요소 추가

- 원자로, 탱크, 배관 등의 구조해석에서는 유체/구조 상호작용이 중요한 문제입니다. 이러한 유체-구조 상호작용(fluid-structure interaction)을 모사하기 위해서 슬로싱 매질(sloshing medium) 요소가 추가되었습니다.
- 유체의 압력을 자유도로 고려하며, 자유표면(free surface)의 움직임을 고려하는 자유경계 요소와 구조물의 변위와 상호작용(FSI)하는 연계요소를 동반하여 동해석을 수행할 수 있습니다.

### 요소망 > 재료/좌표계/함수 > 재료 > 생성 > 슬로싱 매질

**[ 재료 ]**

번호	이름	종류
1	MAT M1	등방성-Elastic
2	MAT M2	등방성-Elastic
4	MAT M4	슬로싱 매질
10	MAT M10	등방성-Elastic

등방성  
직교이방성  
2차원 등가  
인터페이스/말뚝  
슬로싱 매질

번호수정  
데이터베이스  
닫기

**[ 재료 ]**

**[ 특성 ]**

번호	이름	종류	하위종류
1	ATT 1	2D	셀
2	ATT 2	2D	셀
3	ATT 3	기타	Fluid Boun...
4	ATT 4	3D	역체요소
5	ATT 5	기타	Fluid Boun...
6	ATT 6	기타	점 스프링

1D...  
2D...  
3D...  
기타...

닫기

**2차원 특성 생성/변경**

셀 | 평면응력 | 평면변형률 | 지오그리드(2D) | 그리기전용(2D)  
 게이징 셀 | 축대칭 | 복합재료 셀 | 역체요소(2D) | 역체요소(축대칭)

번호 7 | 이름 2차원 특성 | 색상

재료 4: MAT M4 | 두께 1 m

확인 취소 적용

**3차원 특성 생성/변경**

역체요소

번호 4 | 이름 ATT 4 | 색상

재료 4: MAT M4

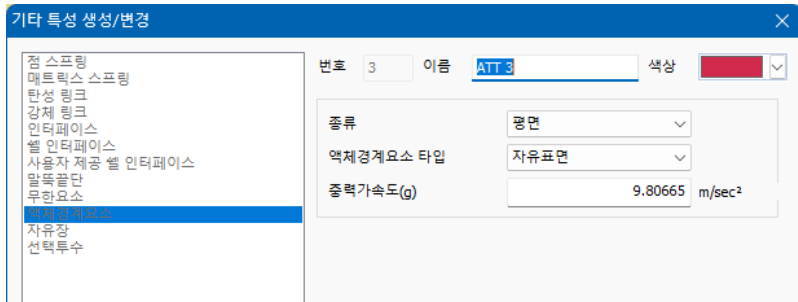
확인 취소 적용

# 1. Analysis

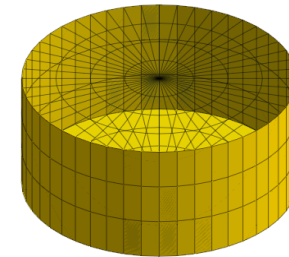
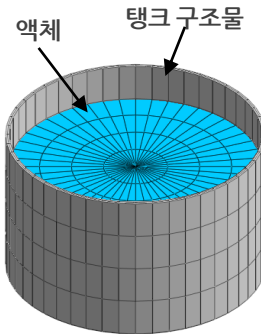
## 1.3 슬로싱 매질요소 추가

- 원자로, 탱크, 배관 등의 구조해석에서는 유체/구조 상호작용이 중요한 문제입니다. 이러한 유체-구조 상호작용(fluid-structure interaction)을 모사하기 위해서 슬로싱 매질(sloshing medium) 요소가 추가되었습니다.
- 유체의 압력을 자유도로 고려하며, 자유표면(free surface)의 움직임을 고려하는 자유경계 요소와 구조물의 변위와 상호작용(FSI)하는 연계요소를 동반하여 동해석을 수행할 수 있습니다.

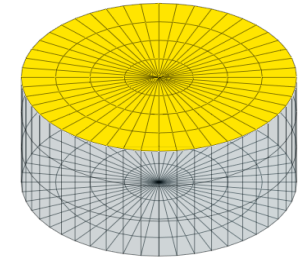
### 요소망 > 요소 > 액체 경계요소



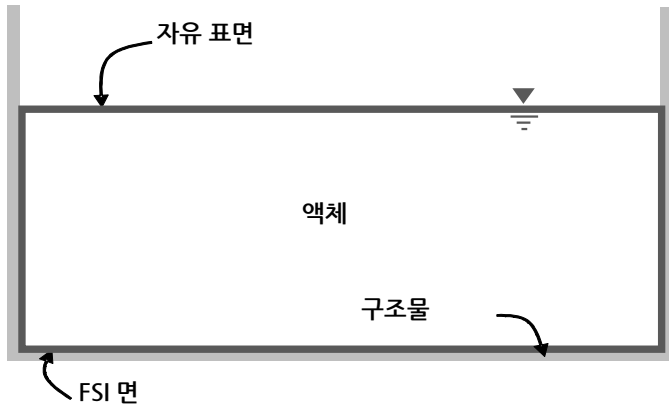
[ 물체와 접하는 부분과 액체 상면에 경계 요소 설정 ]



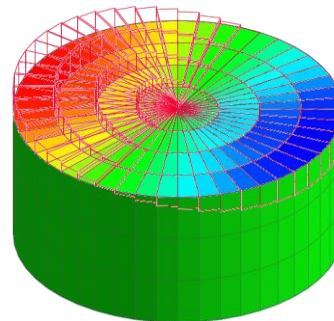
FSI 경계  
(구조물과 액체의 경계면)



자유 표면  
(액체 상면)



[ Sloshing 요소 개념도 ]



[ 속도 포텐셜 이론식 ]

$$\text{고유주기 : } T_{si} = \frac{2\pi}{\omega_i} = 2\pi \sqrt{\frac{R}{\varepsilon_i g} \coth\left(\varepsilon_i \frac{H}{R}\right)}$$

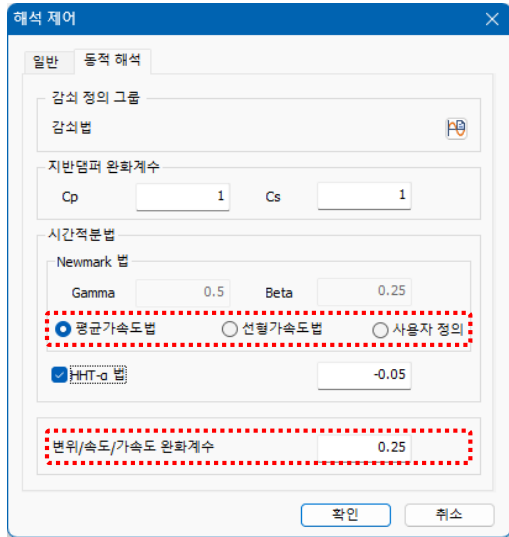
$$\text{고유 진동수 : } f(Hz) = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{(2n-1) \cdot \pi \cdot g}{L} \cdot \tanh\left(\frac{(2n-1) \cdot \pi \cdot H}{L}\right)}$$

# 1. Analysis

## 1.4 Newmark-β 법 추가

- 시간이력해석(직접적분법)에 **Newmark-β 방법이 추가**되었습니다.
- 세 가지의 입력방식을 지원하며, 이 가운데 항상 안정적인 해석이 가능한 평균가속도법을 사용할 것을 권장합니다.
- 기존 GTSNX에서는 Hiber, Hughes, Taylor가 제안한 α 방법(HHT-α)을 사용하였습니다. HHT-α 는 Newmark 방법의 일반화된 형태이며, 조절가능한 수치적 감쇠효과를 갖습니다. GTSNX에서는 αH=-0.05를 기본값으로 사용합니다.

▪ 해석 > 해석케이스 > 추가 > 해석종류 : 선형시간이력해석(직접) / 비선형시간이력해석 / 비선형시간이력해석 + SRM / 시공단계해석 > **해석 제어**



[동적해석 해석제어]

- Newmark 법 : 직접적분법에서는 운동방정식의 수치적분을 위해 Newmark 법을 사용하고 있으며 이에 관련된 Gamma와 Beta의 두 개의 파라미터를 입력합니다.
  - 평균가속도법 : 구조물의 가속도가 각 Time Step의 시간 간격 동안에는 일정한 값으로 유지 된다고 가정하며 이에 해당되는 Gamma(=1/2)와 Beta(=1/4)를 자동 입력해 줍니다. 이 가정에 의하면 직접적분에 의한 해석에 있어서 Time Increment의 값에 무관하게 해석결과의 발산을 막을 수 있습니다.
  - 선형가속도법 : 구조물의 가속도가 각 Time Step의 시간 간격 동안에는 직선으로 변화한다고 가정하며 이에 해당되는 Gamma(=1/2)와 Beta(=1/6)를 자동 입력해 줍니다. 이 가정에 의하면 직접적분에 의한 해석에 있어서 Time Increment의 값이 구조물에 포함된 가장 짧은 주기의 0.551배 이상인 경우에 해석 결과가 발산할 수 있습니다.
  - 사용자 정의 : Gamma와 Beta의 값을 사용자가 직접 입력합니다.
- 변위/속도/가속도 완화계수 : 동해석에서는 급격한 변화로 인해 수렴성이 저하되는 것을 막기 위해 솔버내에서 입력한 곡선을 스무딩하여 사용하고 있습니다. '0'을 입력하면 스무딩되지 않습니다.

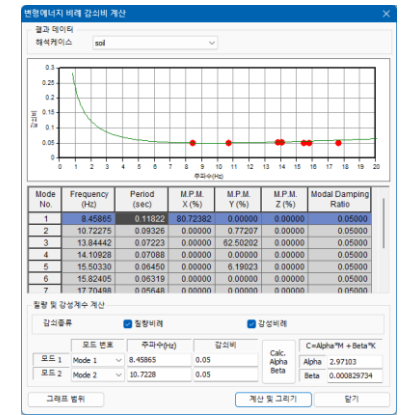
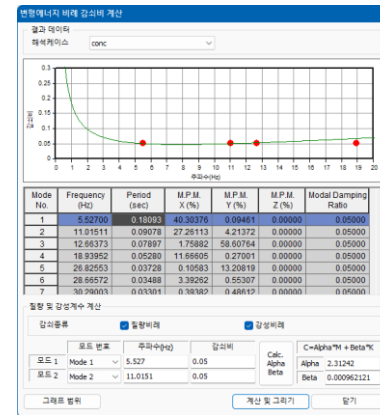
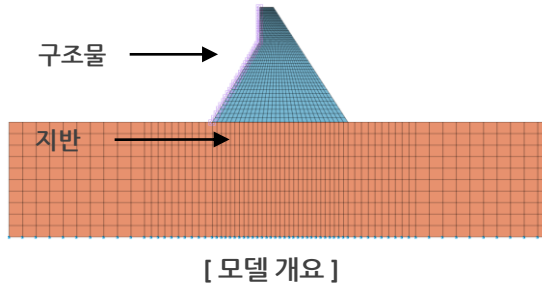
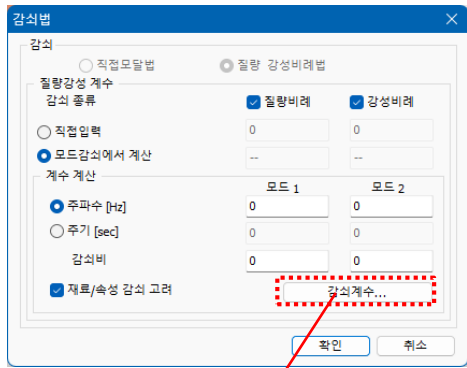
※ 시간적분법에 따른 Newmark 법 제어는 시공단계별로 제어를 할 수 없기에, 전역 설정으로 추가되었습니다 이에 따라 일반 시공단계해석에서도 동적 해석 탭이 보여지나, 해당 동적 해석탭의 제어값들은 응력-비선형시간이력해석을 수행하는 경우에만 해석에 반영되어집니다.

# 1. Analysis

## 1.5 요소(재료)별 Rayleigh 감쇠 사용자 정의

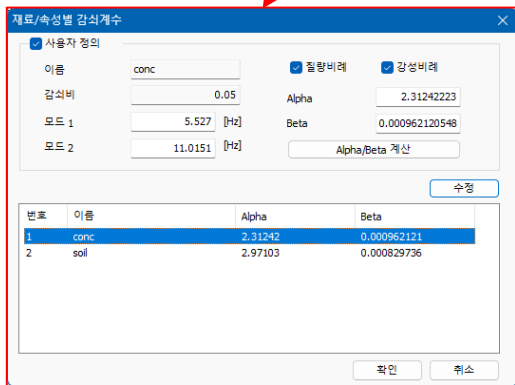
- 기존에는 주기와 주파수를 입력하여, 내부에서 계산된  $\alpha$ ,  $\beta$  를 이용하여 근사적인 설정밖에 할 수 없었으나, 사용자가 직접  $\alpha$ ,  $\beta$  값을 입력할 수 있도록 기능이 확대되었습니다. 감쇠가 서로 다른 재료에 대해 각각의 고유치해석을 수행(변형에너지 비례 감쇠비 계산)하여, 이를 통해 얻어진  $\alpha$ ,  $\beta$  값을 해석에 적용할 수 있습니다.

해석 > 해석케이스 > 추가 > 해석종류 : 선형시간이력해석(직접) / 비선형시간이력해석 / 비선형시간이력해석 + SRM > 해석 제어 > 감쇠법 : 질량 강성비례법

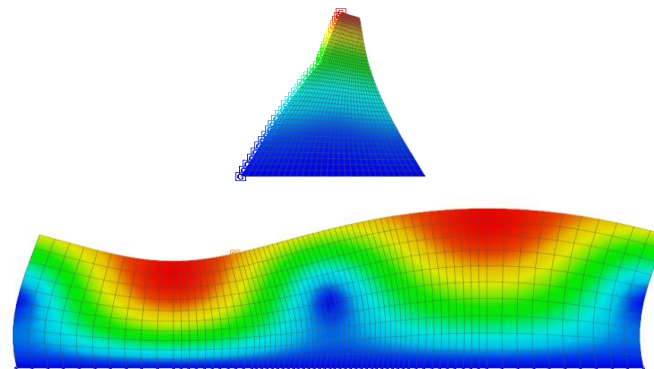


[ 구조물의 감쇠비 ]

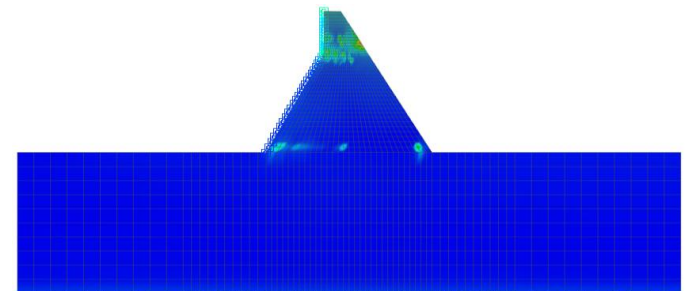
[ 지반의 감쇠비 ]



[ 요소별 Rayleigh 감쇠 설정 ]



[ 구조물과 지반의 고유치해석 ]



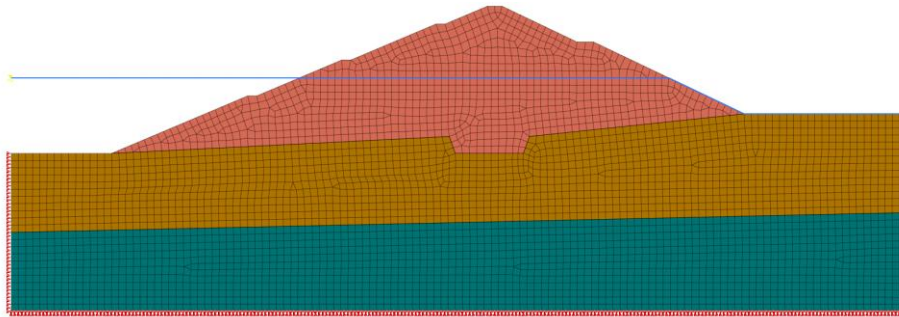
[ 동적 해석 결과 ]

## 1. Analysis

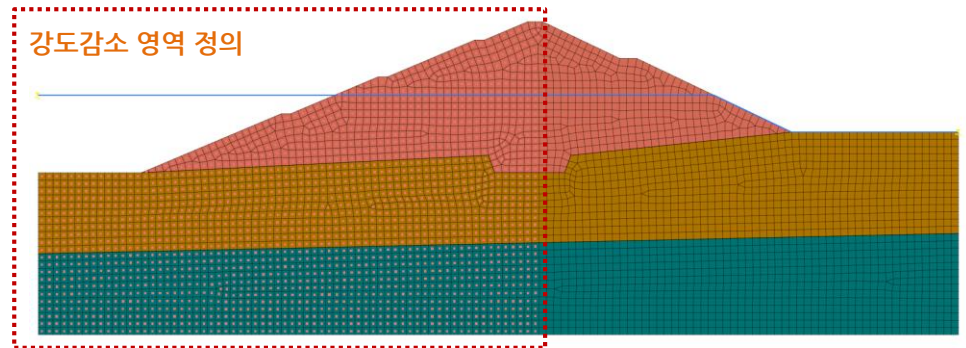
### 1.6 특정 영역 강도감소 해석 기능

- 기본적으로 강도감소법은 해석 계산 시 전체 모델의 안정성을 고려하며, 이는 모델상 취약한 구간이 어느 곳에서나 발생할 수 있음을 의미합니다. 그러나 모델의 특정 영역의 안정성에 초점을 맞추고 싶은 상황이 있으며, 이 경우 **모델의 특정 영역에 강도감소 분석을 적용**할 수 있는 경계조건을 생성하여 해석을 수행할 수 있습니다.
- 예로 댐이나 제방 모델에서 모델의 각 측면의 안정성을 독립적으로 분석할 수 있습니다. (**※ 강도감소 영역해석은 시공단계해석에서만 적용할 수 있습니다.**)

- 정적/사면해석 > 경계조건 > 강도감소 영역

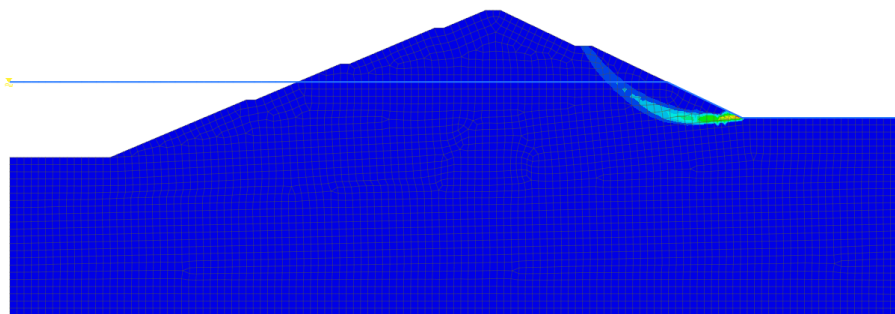


[ 모델링 ]

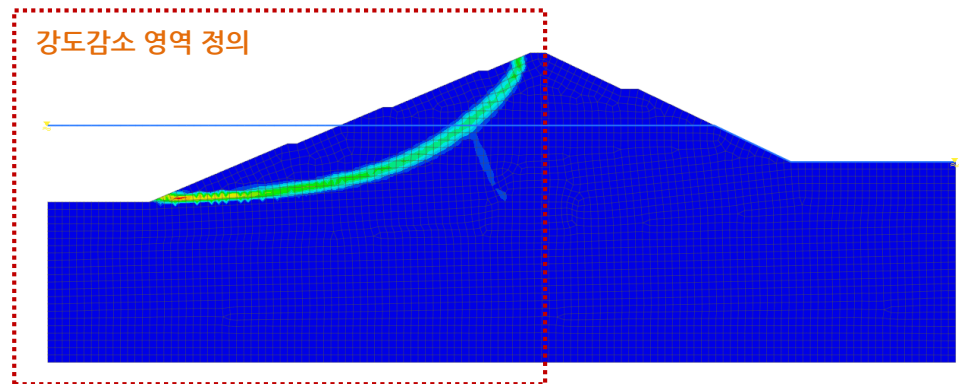


강도감소 영역 정의

[ 댐 좌측 안정성 분석을 위한 강도감소 영역 정의 ]



[ 사면안정성 검토 결과 ]



강도감소 영역 정의

[ 사면안정성 검토 결과(강도감소 영역설정) ]

## 2. Pre/Post Processing

### 2.1 재료평가(GHE-S 모델)

- 일본 철도 동적 비선형 재료모델로, 골격곡선은 Tatsuoka and Shibuya가 제안한 **GHE(General Hyperbolic Equation) 모델**을 사용하고 이력법칙은 Massing 법칙을 개선하여  $G/G_0 \sim \gamma$  관계 및  $h \sim \gamma$  관계를 만족시키는 모델입니다.
- $G/G_0 \sim \gamma$  및  $h \sim \gamma$  관계 실험데이터를 입력하면 재료 정의에 필요한 파라미터가 자동으로 계산됩니다.

#### 동적 해석 > 도구 > 재료 평가 > GHE-S 모델

[ GHE-S 모델 재료평가 ]

※ 기존 GHE-S 모델 정의시 비선형 탭 하단 재료평가 기능이 V350에서는 도구 위치로 이동되었습니다.

- 유형 :  $G/G_{max} \sim \gamma$  실험데이터 중 원데이터로부터 파라미터를 추정할지 Normalized한 데이터로부터 파라미터를 추정할지를 선택합니다.
  - 적합에 대한 오차표준 : 데이터를 추정할 때의 오차기준을 선택합니다.
    - Relative Error(상대오차) : (참값-근사값)/참값
    - Absolute Error(절대오차) : 참값-근사값
- ※  $G/G_{max} \sim \gamma$  및 Normalization은 **Relative error** 를,  $h \sim \gamma$  는 **absolute error** 를 선택하는 것을 추천합니다.

## 2. Pre/Post Processing

### 2.1 재료평가(RO/HD 모델)

- 이력재료 모델로,  $G/G_0 \sim \gamma$  및  $h \sim \gamma$  관계 실험데이터를 입력하면 재료 정의에 필요한 파라미터(Hardin-Drnevich 일 경우 기준변형율, Ramberg-Osgood 일 경우 기준변형율 및 최대 감쇠비)가 자동으로 계산됩니다.

#### 동적 해석 > 도구 > 재료 평가 > RO/HD 모델

RO-HD 모델 재료평가
✕

케이스명  
이름: RO-HD-13  
설명:

작성방법  
데이터베이스... 불러오기...  
동적 변형을 적합 방정식 사용 내보내기... 초기화

이름 결과

<input type="checkbox"/>	HD-1	○
<input type="checkbox"/>	HD-2	○
<input type="checkbox"/>	HD-3	○
<input type="checkbox"/>	HD-4	○
<input type="checkbox"/>	HD-5	○
<input checked="" type="checkbox"/>	RO-1	○
<input type="checkbox"/>	RO-2	○
<input type="checkbox"/>	RO-3	○
<input type="checkbox"/>	RO-4	○
<input type="checkbox"/>	RO-5	○

입력데이터 결과데이터

γ	G/Gmax
1e-006	0.995
2e-006	0.99
5e-006	0.984
1e-005	0.968
2e-005	0.937
5e-005	0.873
0.0001	0.806
0.0002	0.698
0.0005	0.524
0.001	0.393
0.002	0.27
0.005	0.159
0.01	0.087

γ	h
1e-006	0.0119
2e-006	0.0129
5e-006	0.0143
1e-005	0.0167
2e-005	0.0179
5e-005	0.0238
0.0001	0.031
0.0002	0.0476
0.0005	0.0917
0.001	0.1333
0.002	0.169
0.005	0.2024
0.01	0.2024

RO-HD 파라미터

RO-HD 타입: Ramberg-Osgood  범위: 0 ~ 0

γ (G/G0=0.5): 0.0005 Hmax 스케일: 1

결과: 기준변형율: 5.68e-004, 최대감쇠비: 0.25

추가
수정
삭제
평가
재료 생성
엑셀 내보내기...
닫기

[ RO/HD 모델 재료평가 ]

- RO/HD 유형 : 재료 모델 유형을 선택합니다
- 범위 : 보간에 적용될 전단변형율(γ)의 범위를 지정합니다.
- γ : G/G0=0.5 일 때의 기준전단변형율을 특정값으로 사용하는 경우 체크합니다.
- Hmax 스케일 : 최대감쇠정수의 스케일을 입력합니다.



## 2. Pre/Post Processing

### 2.1 재료평가(RO/HD 모델)

- 이력재료 모델로,  $G/G_0 \sim \gamma$  및  $h \sim \gamma$  관계 실험데이터를 입력하면 재료 정의에 필요한 파라미터(Hardin-Drnevich 일 경우 기준변형율, Ramberg-Osgood 일 경우 기준변형율 및 최대 감쇠비)가 자동으로 계산됩니다.

#### 동적 해석 > 도구 > 재료 평가 > RO/HD 모델

RO-HD 모델 재료평가
✕

케이스명

이름: HD-1

설명: 砂

작성방법

데이터베이스... 불러오기...

동적 변형을 적합 방정식 사용 내보내기... 초기화

이름	결과
<input checked="" type="checkbox"/> HD-1	○
<input type="checkbox"/> HD-2	○
<input type="checkbox"/> HD-3	○
<input type="checkbox"/> HD-4	○
<input type="checkbox"/> HD-5	○
<input type="checkbox"/> RO-1	○
<input type="checkbox"/> RO-2	○
<input type="checkbox"/> RO-3	○
<input type="checkbox"/> RO-4	○
<input type="checkbox"/> RO-5	○

입력데이터를 결과데이터

γ	G/Gmax
1e-006	0.995
2e-006	0.99
5e-006	0.984
1e-005	0.968
2e-005	0.937
5e-005	0.873
0.0001	0.806
0.0002	0.698
0.0005	0.524
0.001	0.393
0.002	0.27
0.005	0.159
0.01	0.087

γ	h
1e-006	0.0119
2e-006	0.0129
5e-006	0.0143
1e-005	0.0167
2e-005	0.0179
5e-005	0.0238
0.0001	0.031
0.0002	0.0476
0.0005	0.0917
0.001	0.1333
0.002	0.169
0.005	0.2024
0.01	0.2024

Legend: ■ Input G/Gmax, — Result G/Gmax, ▲ Input γ, — Result γ

RO-HD 파라미터

RO-HD 타입: Hardin-Drnevich  범위: 0 ~ 0

γ (G/G0=0.5): 0.0005 Hmax 스케일: 1

결과: 기준변형율: 7.96e-004, 최대감쇠비: 0

추가
수정
삭제
평가
재료 생성
엑셀 내보내기...
닫기

[ RO/HD 모델 재료평가 ]

- RO/HD 유형 : 재료 모델 유형을 선택합니다
- 범위 : 보간에 적용될 전단변형율(γ)의 범위를 지정합니다.
- γ : G/G0=0.5 일 때의 기준전단변형율을 특정값으로 사용하는 경우 체크합니다.
- Hmax 스케일 : 최대감쇠정수의 스케일을 입력합니다.

## 2. Pre/Post Processing

### 2.1 재료평가(Bowl 모델)

- Fukutake & Matsuoka가 다방향 단순 전단에 의한 팽창(dilatancy)을 모델링하기 위해 제안한 모델로, Modified Ramberg-Osgood 모델에 적용되어 지진 하중에 의한 액상화(liquefaction)를 고려하는데 사용되어집니다. 실험값과 추정값을 입력하면 재료 정의에 필요한 파라미터가 자동으로 계산됩니다.

#### 동적 해석 > 도구 > 재료 평가 > Bowl 모델

[ Bowl 모델 재료평가 ]

#### Bowl 파라미터:

	의미
A, B	Dilatancy 내의 팽창성분을 나타냄,  A  가 클수록 팽창이 두드러짐
C, D	Dilatancy 내의 압축성분을 나타냄. 1/C 는 전단 초기에 대한 Dilatancy 의 기울기, 1/D는 쌍곡선의 접선
$C_s/(1+e_0)$	$C_s$ : 팽창지수 $e_0$ : 초기간극비
$C_c(1+e_0)$	$C_c$ : 압축지수 $e_0$ : 초기간극비
$\xi$	액상화강도 RI의 하한값,

## 2. Pre/Post Processing

### 2.2 초기 평형력과 초기 평형력 테이블 기능

- 다양한 요소(트러스/임베디드 트러스, 보/임베디드 보, 평면 변형률/평면 응력, 축대칭, 솔리드, 쉘)에 초기 평형력을 반영할 수 있습니다. 기존에는 사용자가 직접 해당 초기 평형력을 입력하였으나, 해석된 결과로부터 초기 평형력을 생성할 수 있도록 기능이 확장되었습니다.
- 상시해석결과(응력, 단면력 등)를 동해석 초기조건으로 설정하여 동해석을 수행할 수 있습니다.

#### 정적/사면 해석 > 하중 > 초기평형력 / 초기평형력 테이블

**초기평형력 결과변환**

이름: 초기평형력\_1

요소 유형: 평면변형/평면응력

대상형상: 2D 요소

참조좌표계: 전제직교좌표계

하중성분 기준값수

Sxx	b	kN/m <sup>2</sup>	없음
Syy	0	kN/m <sup>2</sup>	없음
Szz	0	kN/m <sup>2</sup>	없음
Sxy	0	kN/m <sup>2</sup>	없음

인장(+), 압축(-)

하중세트: 하중세트-1

**초기평형력 결과변환**

종류: 요소 유형: 평면변형/평면응력

참조좌표계: 전제직교좌표계

자중 고려:

결과세트: 1

스텝: 선형 정적해석

인장(+), 압축(-)

하중세트: 초기평형력

**초기평형력**

요소	Sxx (kN/m <sup>2</sup> )	Syy (kN/m <sup>2</sup> )	Szz (kN/m <sup>2</sup> )	Sxy (kN/m <sup>2</sup> )	자중 고려	하중세트	참조좌표계	Base Func. Sxx	Base Func. Syy	Base Func. Szz	Base Func. Sxy
1	-5.445e+02	-1.271e+03	-5.445e+02	1.069e-02	No	초기평형력	전제직교좌표	None	None	None	None
2	-5.027e+02	-1.173e+03	-5.028e+02	9.684e-03	No	초기평형력	전제직교좌표	None	None	None	None
3	-4.626e+02	-1.080e+03	-4.627e+02	8.410e-03	No	초기평형력	전제직교좌표	None	None	None	None
4	-4.225e+02	-9.861e+02	-4.226e+02	6.963e-03	No	초기평형력	전제직교좌표	None	None	None	None
5	-3.839e+02	-8.961e+02	-3.840e+02	5.505e-03	No	초기평형력	전제직교좌표	None	None	None	None
6	-3.483e+02	-8.131e+02	-3.484e+02	4.179e-03	No	초기평형력	전제직교좌표	None	None	None	None
7	-3.157e+02	-7.372e+02	-3.159e+02	3.038e-03	No	초기평형력	전제직교좌표	None	None	None	None
8	-2.865e+02	-6.691e+02	-2.867e+02	2.117e-03	No	초기평형력	전제직교좌표	None	None	None	None
9	-2.600e+02	-6.071e+02	-2.601e+02	1.394e-03	No	초기평형력	전제직교좌표	None	None	None	None
10	-2.361e+02	-5.513e+02	-2.362e+02	8.550e-04	No	초기평형력	전제직교좌표	None	None	None	None
11	-2.177e+02	-5.088e+02	-2.179e+02	5.245e-04	No	초기평형력	전제직교좌표	None	None	None	None
12	-2.033e+02	-4.749e+02	-2.035e+02	3.228e-04	No	초기평형력	전제직교좌표	None	None	None	None
13	-1.893e+02	-4.422e+02	-1.894e+02	1.772e-04	No	초기평형력	전제직교좌표	None	None	None	None
14	-1.757e+02	-4.104e+02	-1.758e+02	8.554e-05	No	초기평형력	전제직교좌표	None	None	None	None
15	-1.630e+02	-3.809e+02	-1.632e+02	4.561e-05	No	초기평형력	전제직교좌표	None	None	None	None

[테이블 변환 - 지반 응력]

**초기평형력**

요소	Fx <sub>J</sub> (kN)	Fy <sub>J</sub> (kN)	Fz <sub>J</sub> (kN)	Mx <sub>J</sub> (kN-m)	My <sub>J</sub> (kN-m)	Mz <sub>J</sub> (kN-m)	Fx <sub>J</sub> (kN)	Fy <sub>J</sub> (kN)	Fz <sub>J</sub> (kN)	Mx <sub>J</sub> (kN-m)	My <sub>J</sub> (kN-m)	Mz <sub>J</sub> (kN-m)	자중 고려	하중세트
1733	-5.124e+02	0.000e+00	1.238e+01	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	-5.000e-01	-5.000e-01	-5.003e-01	-5.000e-01	-5.000e-01	-5.000e-01	No	초기평형력
1768	-5.124e+02	0.000e+00	1.238e+01	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	-5.000e-01	-5.000e-01	-5.003e-01	-5.000e-01	-5.000e-01	-5.000e-01	No	초기평형력
1771	-5.124e+02	0.000e+00	1.238e+01	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	-4.862e+02	0.000e+00	1.238e+01	0.000e+00	-1.172e+01	0.000e+00	No	초기평형력
1772	-7.229e+02	0.000e+00	1.684e+01	0.000e+00	-1.172e+01	0.000e+00	-6.974e+02	0.000e+00	1.684e+01	0.000e+00	-2.724e+01	0.000e+00	No	초기평형력
1773	-7.938e+02	0.000e+00	2.326e+01	0.000e+00	-2.724e+01	0.000e+00	-7.689e+02	0.000e+00	2.326e+01	0.000e+00	-4.810e+01	0.000e+00	No	초기평형력
1774	-8.131e+02	0.000e+00	4.286e+01	0.000e+00	-4.810e+01	0.000e+00	-7.890e+02	0.000e+00	4.286e+01	0.000e+00	-8.547e+01	0.000e+00	No	초기평형력
1775	-8.137e+02	0.000e+00	6.359e+01	0.000e+00	-8.547e+01	0.000e+00	-7.925e+02	0.000e+00	6.359e+01	0.000e+00	-1.340e+02	0.000e+00	No	초기평형력
1776	-8.215e+02	0.000e+00	5.826e+01	0.000e+00	-1.340e+02	0.000e+00	-7.964e+02	0.000e+00	5.826e+01	0.000e+00	-1.868e+02	0.000e+00	No	초기평형력
1777	-7.737e+02	0.000e+00	3.450e+01	0.000e+00	-1.868e+02	0.000e+00	-7.516e+02	0.000e+00	3.450e+01	0.000e+00	-2.143e+02	0.000e+00	No	초기평형력
1778	-7.191e+02	0.000e+00	9.026e+00	0.000e+00	-2.143e+02	0.000e+00	-6.977e+02	0.000e+00	9.026e+00	0.000e+00	-2.213e+02	0.000e+00	No	초기평형력
1779	-6.593e+02	0.000e+00	-1.418e+01	0.000e+00	-2.213e+02	0.000e+00	-6.386e+02	0.000e+00	-1.418e+01	0.000e+00	-2.107e+02	0.000e+00	No	초기평형력
1780	-5.965e+02	0.000e+00	-3.368e+01	0.000e+00	-2.107e+02	0.000e+00	-5.785e+02	0.000e+00	-3.368e+01	0.000e+00	-1.863e+02	0.000e+00	No	초기평형력
1781	-5.319e+02	0.000e+00	-4.879e+01	0.000e+00	-1.863e+02	0.000e+00	-5.125e+02	0.000e+00	-4.879e+01	0.000e+00	-1.523e+02	0.000e+00	No	초기평형력
1782	-4.663e+02	0.000e+00	-5.894e+01	0.000e+00	-1.523e+02	0.000e+00	-4.476e+02	0.000e+00	-5.894e+01	0.000e+00	-1.126e+02	0.000e+00	No	초기평형력
1783	-4.005e+02	0.000e+00	-6.285e+01	0.000e+00	-1.126e+02	0.000e+00	-3.826e+02	0.000e+00	-6.285e+01	0.000e+00	-7.194e+01	0.000e+00	No	초기평형력

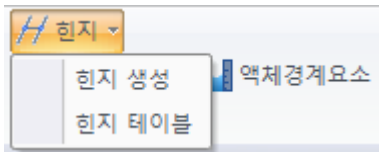
[테이블 변환 - 단면력]

## 2. Pre/Post Processing

### 2.3 힌지(M-Φ) 할당 테이블

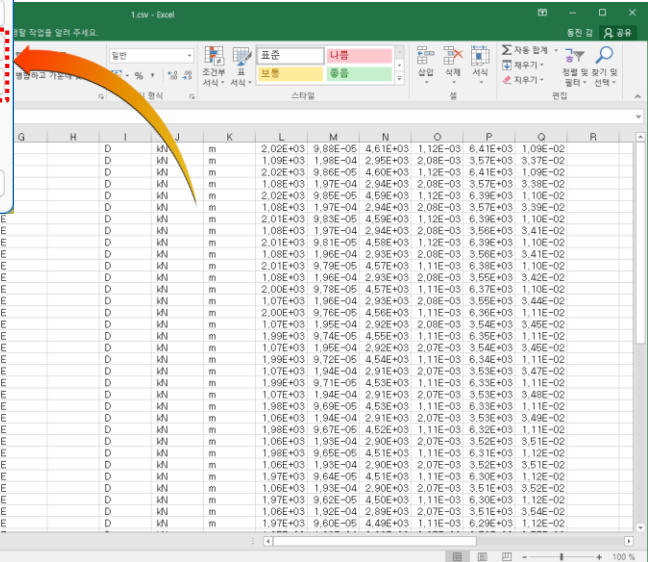
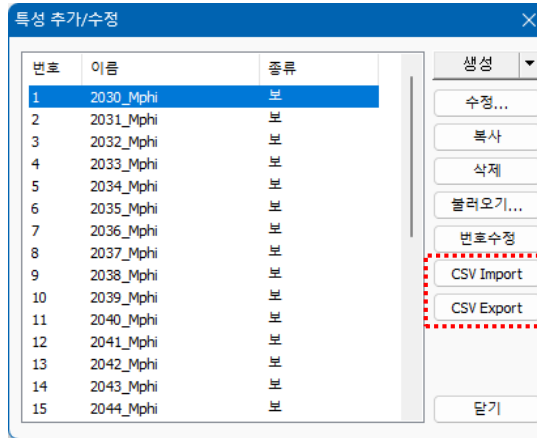
- 구조부재 요소를 선택하여 비탄성 힌지 속성(M-Φ)을 부여하는데, 구조부재가 많은 경우 이를 매번 반복적으로 설정하는 단순작업이 필요했습니다. 이를 개선하여 사용자가 손쉽게 테이블을 통해 힌지 특성을 할당할 수 있도록 기능이 추가되었습니다.
- 또한, 힌지 속성을 정의할 때 CSV 파일로부터 힌지 특성파일을 손쉽게 불러오기/내보내기할 수 있도록 기능이 추가되었습니다.

■ 요소망 > 요소 > 힌지



[ 힌지 테이블 ]

■ 요소망 > 특성/좌표계/함수 > 힌지 > 힌지 특성



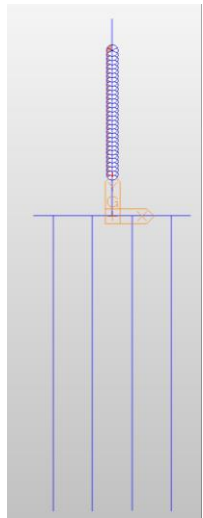
[ 힌지 특성 불러오기 ]

## 2. Pre/Post Processing

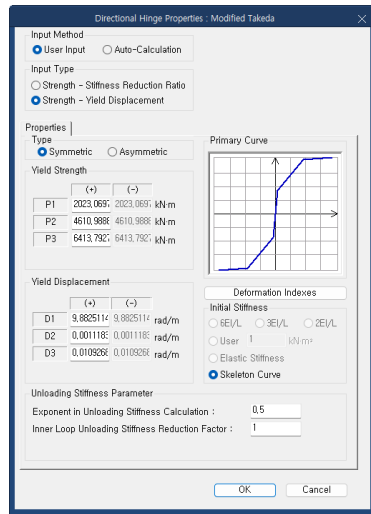
### 2.4 MIDAS CIVIL 비탄성 힌지 데이터 불러오기

- 기존에는 MIDAS CIVIL에서 모델링한 요소에 비탄성 힌지 데이터가 있는 경우 이를 불러들이지 못하였으나, 이를 호출할 수 있도록 기능을 확대하였습니다.

- Main Icon > 불러오기 > midas Mxt...

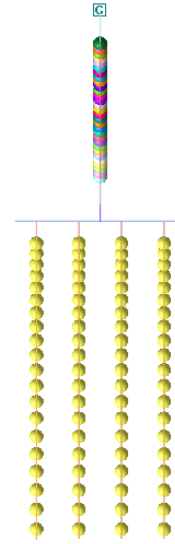


[ MIDAS CIVIL ]

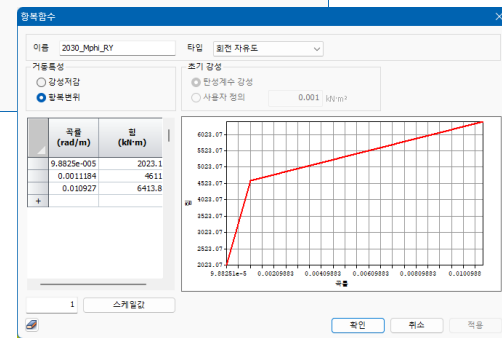
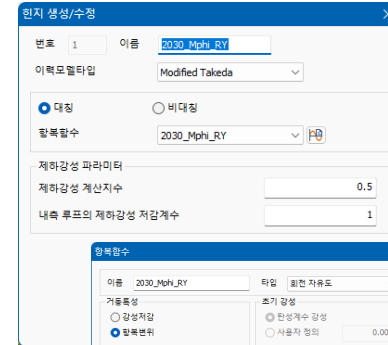


[ M-Φ 곡선 ]

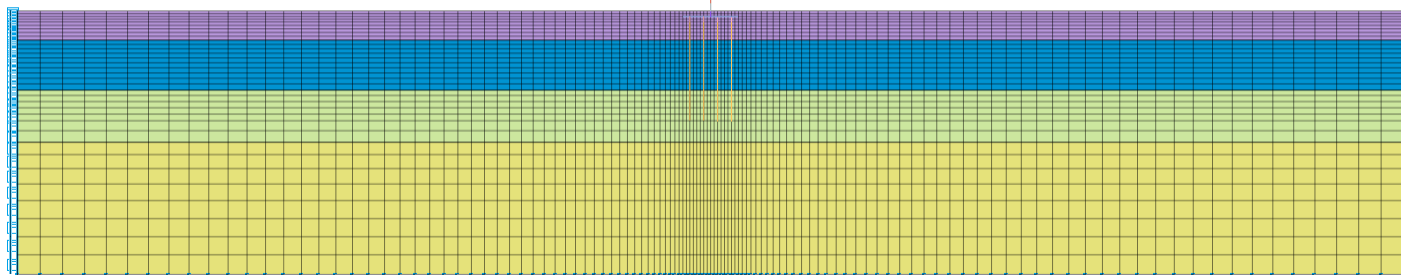
\* .mxt



[ GTSNX ]



[ GTSNX\_M-Φ 곡선 ]



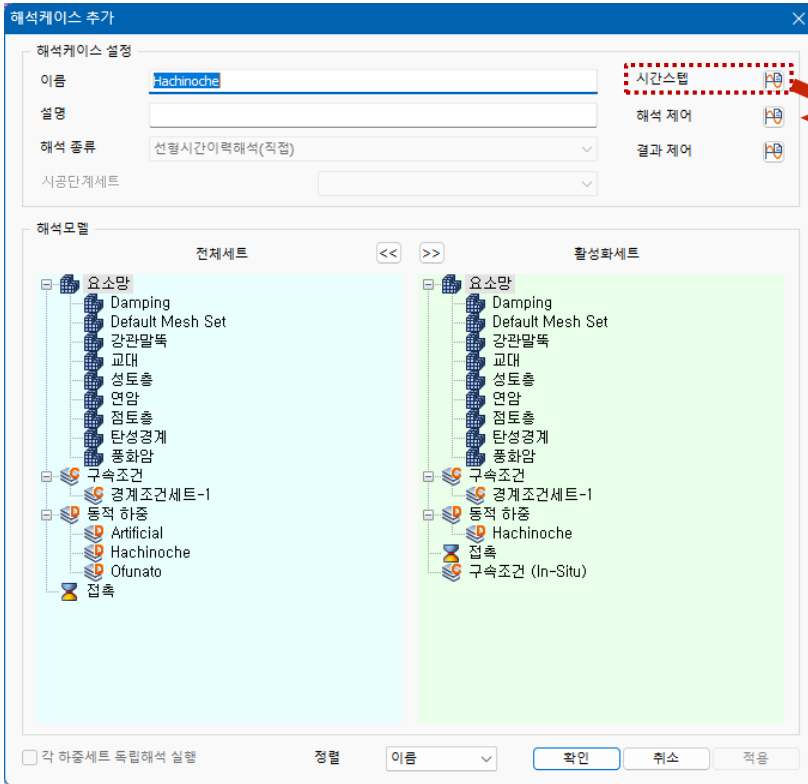
[ 구조 + 지반 해석 ]

## 2. Pre/Post Processing

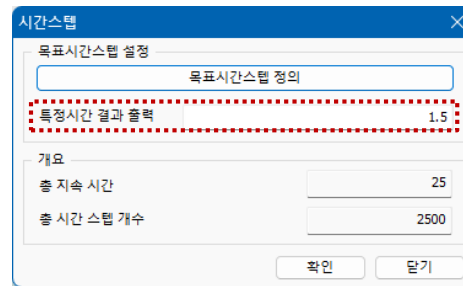
### 2.5 동적 해석 출력 시간 임의 설정

- 기존에는 시간스텝 정의시 중간결과 출력에서 설정한 시간에서만 결과를 출력하였으나, 특정시간에 대해 결과를 출력할 수 있도록 기능이 추가되었습니다. 예로 시간간격을 0.01초, 중간결과 출력 100으로 설정하였을 때 1초마다의 결과가 출력되어지나, **특정시간 결과 출력에 보고자 하는 시간을 입력하면 해당 시간에 대해서도 결과항목이 추가적으로 출력**되어집니다.

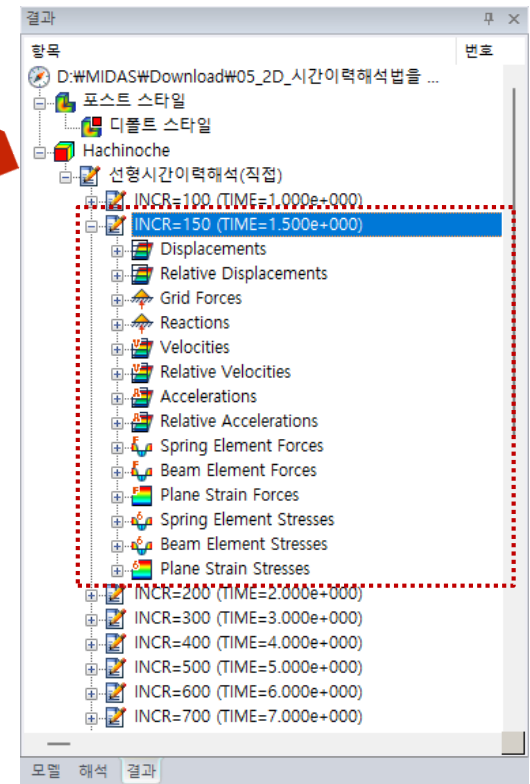
- 해석 > 해석케이스 > 추가 > 해석종류 : 시간이력해석 / 비선형시간이력해석 / 비선형시간이력해석 + SRM > 시간스텝



[ 해석케이스 정의 ]



[ 시간스텝 정의 ]



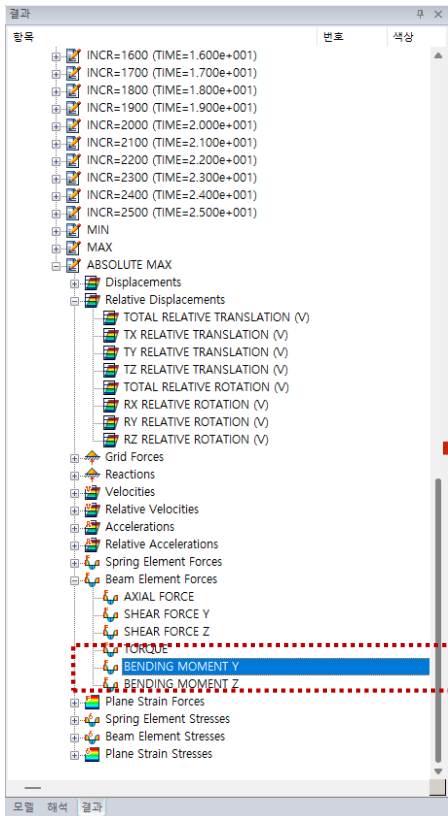
[ 결과확인 ]

## 2. Pre/Post Processing

### 2.6 동적 해석 최소/최대값 발생 시각 출력

- 동적해석의 최소/최대값 테이블 확인시 해당 값의 발생 시각을 출력하도록 기능이 개선되었습니다.
- 변위나 부재력이 어느 시간에서 최소/최대값을 가지는지 빠르게 확인할 수 있습니다.

#### 결과트리 > MIN / MAX / ABSOLUTE MAX > 테이블 보기



[ 결과트리 ]

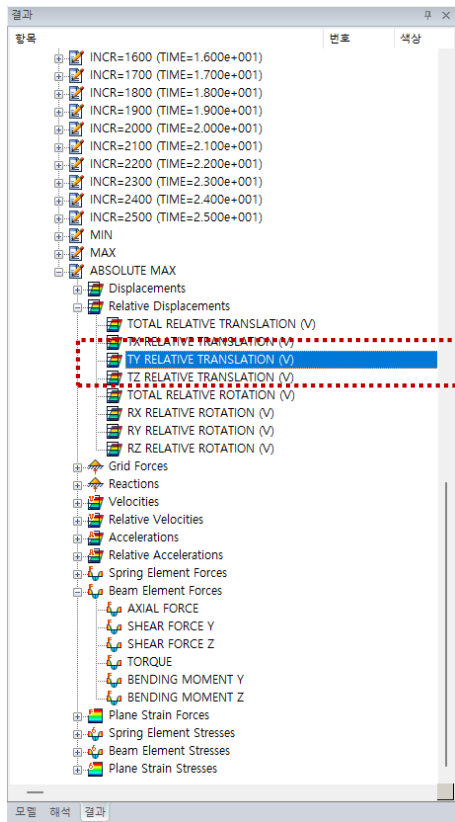
번호	BENDING MOMENT Y 0/4 (kN-m)		BENDING MOMENT Y 1/4 (kN-m)		BENDING MOMENT Y 1/4 (kN-m)		BENDING MOMENT Y 2/4 (kN-m)		BENDING MOMENT Y 2/4 (kN-m)		BENDING MOMENT Y 3/4 (kN-m)		BENDING MOMENT Y 3/4 (kN-m)		BENDING MOMENT Y 4/4 (kN-m)	
	Value	Time (sec)	Value	Time (sec)	Value	Time (sec)	Value	Time (sec)	Value	Time (sec)	Value	Time (sec)	Value	Time (sec)	Value	Time (sec)
3136	7.649e+00	7.650e+00	6.558e+00	7.650e+00	6.558e+00	7.650e+00	5.463e+00	7.650e+00	5.463e+00	7.650e+00	4.370e+00	7.650e+00	4.370e+00	7.650e+00	3.277e+00	7.650e+00
3137	1.122e+00	7.650e+00	1.033e+00	7.650e+00	1.033e+00	7.650e+00	9.434e+00	7.650e+00	9.434e+00	7.650e+00	8.541e+00	7.650e+00	8.541e+00	7.650e+00	7.649e+00	7.650e+00
3138	3.277e+00	7.650e+00	2.458e+00	7.650e+00	2.458e+00	7.650e+00	1.639e+00	7.650e+00	1.639e+00	7.650e+00	8.193e+00	7.650e+00	8.193e+00	7.650e+00	3.420e+00	2.493e+00
3139	8.465e+00	8.790e+00	6.812e+00	8.790e+00	6.812e+00	8.790e+00	5.161e+00	8.780e+00	5.161e+00	8.780e+00	3.639e+00	5.120e+00	3.639e+00	5.120e+00	2.220e+00	5.120e+00
3140	1.547e+00	7.650e+00	1.371e+00	7.650e+00	1.371e+00	7.650e+00	1.196e+00	7.650e+00	1.196e+00	7.650e+00	1.020e+00	7.650e+00	1.020e+00	7.650e+00	8.465e+00	8.790e+00
3141	2.220e+00	5.120e+00	1.310e+00	4.680e+00	1.310e+00	4.680e+00	1.993e+00	4.700e+00	1.993e+00	4.700e+00	3.051e+00	4.870e+00	3.051e+00	4.870e+00	4.439e+00	4.880e+00
3142	4.439e+00	4.880e+00	5.669e+00	7.640e+00	5.669e+00	7.640e+00	6.991e+00	7.650e+00	6.991e+00	7.650e+00	8.314e+00	7.650e+00	8.314e+00	7.650e+00	9.637e+00	7.650e+00
3143	3.435e+00	7.650e+00	4.888e+00	7.650e+00	4.888e+00	7.650e+00	6.340e+00	7.650e+00	6.340e+00	7.650e+00	7.793e+00	7.650e+00	7.793e+00	7.650e+00	9.245e+00	7.650e+00
3144	9.245e+00	7.650e+00	1.080e+00	7.650e+00	1.080e+00	7.650e+00	1.236e+00	7.650e+00	1.236e+00	7.650e+00	1.391e+00	7.650e+00	1.391e+00	7.650e+00	1.547e+00	7.650e+00
3145	3.054e+00	2.455e+00	8.588e+00	7.650e+00	8.588e+00	7.650e+00	1.178e+00	7.650e+00	1.178e+00	7.650e+00	2.576e+00	7.650e+00	2.576e+00	7.650e+00	3.435e+00	7.650e+00
3146	1.096e+00	7.650e+00	1.100e+00	7.650e+00	1.100e+00	7.650e+00	1.105e+00	7.650e+00	1.105e+00	7.650e+00	1.109e+00	7.650e+00	1.109e+00	7.650e+00	1.114e+00	7.650e+00
3147	1.068e+00	7.650e+00	1.074e+00	7.650e+00	1.074e+00	7.650e+00	1.081e+00	7.650e+00	1.081e+00	7.650e+00	1.089e+00	7.650e+00	1.089e+00	7.650e+00	1.096e+00	7.650e+00
3148	1.114e+00	7.650e+00	1.116e+00	7.650e+00	1.116e+00	7.650e+00	1.118e+00	7.650e+00	1.118e+00	7.650e+00	1.120e+00	7.650e+00	1.120e+00	7.650e+00	1.122e+00	7.650e+00
3149	9.637e+00	7.650e+00	9.894e+00	7.650e+00	9.894e+00	7.650e+00	1.015e+00	7.650e+00	1.015e+00	7.650e+00	1.041e+00	7.650e+00	1.041e+00	7.650e+00	1.068e+00	7.650e+00
3150	8.220e+00	7.650e+00	8.550e+00	7.650e+00	8.550e+00	7.650e+00	8.881e+00	7.650e+00	8.881e+00	7.650e+00	9.212e+00	7.650e+00	9.212e+00	7.650e+00	9.542e+00	7.650e+00
3151	9.542e+00	7.650e+00	9.822e+00	7.650e+00	9.822e+00	7.650e+00	1.010e+00	7.650e+00	1.010e+00	7.650e+00	1.038e+00	7.650e+00	1.038e+00	7.650e+00	1.068e+00	7.650e+00
3152	1.068e+00	7.650e+00	1.100e+00	7.650e+00	1.100e+00	7.650e+00	1.134e+00	7.650e+00	1.134e+00	7.650e+00	1.168e+00	7.650e+00	1.168e+00	7.650e+00	1.202e+00	7.650e+00
3153	1.202e+00	7.650e+00	1.239e+00	7.650e+00	1.239e+00	7.650e+00	1.276e+00	7.650e+00	1.276e+00	7.650e+00	1.312e+00	7.650e+00	1.312e+00	7.650e+00	1.349e+00	7.650e+00
3154	8.397e+00	7.650e+00	9.679e+00	7.650e+00	9.679e+00	7.650e+00	1.096e+00	7.650e+00	1.096e+00	7.650e+00	1.224e+00	7.650e+00	1.224e+00	7.650e+00	1.352e+00	7.650e+00
3155	3.454e+00	7.650e+00	4.890e+00	7.650e+00	4.890e+00	7.650e+00	5.926e+00	7.650e+00	5.926e+00	7.650e+00	7.161e+00	7.650e+00	7.161e+00	7.650e+00	8.397e+00	7.650e+00
3156	2.441e+00	7.650e+00	1.831e+00	7.650e+00	1.831e+00	7.650e+00	1.221e+00	7.650e+00	1.221e+00	7.650e+00	6.103e+00	7.650e+00	6.103e+00	7.650e+00	2.341e+00	2.468e+00
3157	5.883e+00	7.650e+00	5.023e+00	7.650e+00	5.023e+00	7.650e+00	4.162e+00	7.650e+00	4.162e+00	7.650e+00	3.302e+00	7.650e+00	3.302e+00	7.650e+00	2.441e+00	7.650e+00
3158	1.010e+00	7.650e+00	9.046e+00	7.650e+00	9.046e+00	7.650e+00	7.992e+00	7.650e+00	7.992e+00	7.650e+00	6.938e+00	7.650e+00	6.938e+00	7.650e+00	5.883e+00	7.650e+00
3159	1.349e+00	7.650e+00	1.264e+00	7.650e+00	1.264e+00	7.650e+00	1.180e+00	7.650e+00	1.180e+00	7.650e+00	1.095e+00	7.650e+00	1.095e+00	7.650e+00	1.010e+00	7.650e+00
3160	3.229e+00	4.750e+00	4.423e+00	7.640e+00	4.423e+00	7.640e+00	5.682e+00	7.640e+00	5.682e+00	7.640e+00	6.948e+00	7.650e+00	6.948e+00	7.650e+00	8.220e+00	7.650e+00
3161	1.352e+00	7.650e+00	1.209e+00	7.650e+00	1.209e+00	7.650e+00	1.065e+00	7.650e+00	1.065e+00	7.650e+00	9.217e+00	7.650e+00	9.217e+00	7.650e+00	7.722e+00	7.650e+00
3162	2.493e+00	5.110e+00	1.300e+00	5.120e+00	1.300e+00	5.120e+00	1.169e+00	4.690e+00	1.169e+00	4.690e+00	2.100e+00	4.730e+00	2.100e+00	4.730e+00	3.229e+00	4.750e+00
3163	7.782e+00	7.650e+00	6.400e+00	9.920e+00	6.400e+00	9.920e+00	5.040e+00	9.930e+00	5.040e+00	9.930e+00	3.695e+00	5.110e+00	3.695e+00	5.110e+00	2.493e+00	5.110e+00
3164	1.424e+00	2.439e+00	8.635e+00	7.650e+00	8.635e+00	7.650e+00	1.727e+00	7.650e+00	1.727e+00	7.650e+00	2.590e+00	7.650e+00	2.590e+00	7.650e+00	3.454e+00	7.650e+00
3165	8.191e+00	7.650e+00	9.511e+00	7.650e+00	9.511e+00	7.650e+00	1.083e+00	7.650e+00	1.083e+00	7.650e+00	1.215e+00	7.650e+00	1.215e+00	7.650e+00	1.347e+00	7.650e+00
3166	3.323e+00	7.640e+00	4.538e+00	7.650e+00	4.538e+00	7.650e+00	5.755e+00	7.650e+00	5.755e+00	7.650e+00	6.973e+00	7.650e+00	6.973e+00	7.650e+00	8.191e+00	7.650e+00
3167	2.435e+00	7.650e+00	1.826e+00	7.650e+00	1.826e+00	7.650e+00	1.218e+00	7.650e+00	1.218e+00	7.650e+00	6.088e+00	7.650e+00	6.088e+00	7.650e+00	2.276e+00	2.479e+00
3168	5.897e+00	7.650e+00	5.032e+00	7.650e+00	5.032e+00	7.650e+00	4.166e+00	7.650e+00	4.166e+00	7.650e+00	3.301e+00	7.650e+00	3.301e+00	7.650e+00	2.435e+00	7.650e+00
3169	1.004e+00	7.650e+00	9.008e+00	7.650e+00	9.008e+00	7.650e+00	7.971e+00	7.650e+00	7.971e+00	7.650e+00	6.934e+00	7.650e+00	6.934e+00	7.650e+00	5.897e+00	7.650e+00
3170	1.324e+00	7.650e+00	1.244e+00	7.650e+00	1.244e+00	7.650e+00	1.164e+00	7.650e+00	1.164e+00	7.650e+00	1.084e+00	7.650e+00	1.084e+00	7.650e+00	1.004e+00	7.650e+00
3171	7.899e+00	7.650e+00	6.599e+00	9.930e+00	6.599e+00	9.930e+00	5.258e+00	9.930e+00	5.258e+00	9.930e+00	3.947e+00	9.930e+00	3.947e+00	9.930e+00	2.777e+00	5.110e+00
3172	1.347e+00	7.650e+00	1.208e+00	7.650e+00	1.208e+00	7.650e+00	1.069e+00	7.650e+00	1.069e+00	7.650e+00	9.292e+00	7.650e+00	9.292e+00	7.650e+00	7.899e+00	7.650e+00
3173	3.261e+00	4.750e+00	4.340e+00	4.760e+00	4.340e+00	4.760e+00	5.436e+00	4.760e+00	5.436e+00	4.760e+00	6.546e+00	7.640e+00	6.546e+00	7.640e+00	7.784e+00	7.640e+00
3174	2.777e+00	5.110e+00	1.620e+00	5.120e+00	1.620e+00	5.120e+00	1.321e+00	5.320e+00	1.321e+00	5.320e+00	2.100e+00	4.740e+00	2.100e+00	4.740e+00	3.261e+00	4.750e+00
3175	2.371e+00	2.466e+00	8.309e+00	7.640e+00	8.309e+00	7.640e+00	1.626e+00	7.640e+00	1.626e+00	7.640e+00	2.493e+00	7.640e+00	2.493e+00	7.640e+00	3.232e+00	7.640e+00
3176	9.115e+00	7.650e+00	9.400e+00	7.650e+00	9.400e+00	7.650e+00	9.684e+00	7.650e+00	9.684e+00	7.650e+00	9.969e+00	7.650e+00	9.969e+00	7.650e+00	1.025e+00	7.650e+00
3177	1.168e+00	7.650e+00	1.207e+00	7.650e+00	1.207e+00	7.650e+00	1.246e+00	7.650e+00	1.246e+00	7.650e+00	1.285e+00	7.650e+00	1.285e+00	7.650e+00	1.324e+00	7.650e+00
3178	1.025e+00	7.650e+00	1.061e+00	7.650e+00	1.061e+00	7.650e+00	1.097e+00	7.650e+00	1.097e+00	7.650e+00	1.132e+00	7.650e+00	1.132e+00	7.650e+00	1.168e+00	7.650e+00
3179	7.784e+00	7.640e+00	8.113e+00	7.640e+00	8.113e+00	7.640e+00	8.445e+00	7.650e+00	8.445e+00	7.650e+00	8.780e+00	7.650e+00	8.780e+00	7.650e+00	9.115e+00	7.650e+00
3180	8.058e+00	7.640e+00	6.917e+00	9.930e+00	6.917e+00	9.930e+00	5.776e+00	9.930e+00	5.776e+00	9.930e+00	4.635e+00	9.930e+00	4.635e+00	9.930e+00	3.494e+00	

## 2. Pre/Post Processing

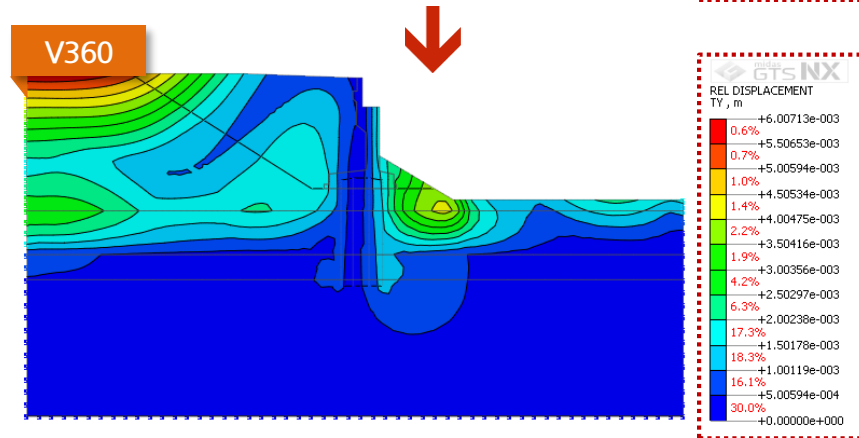
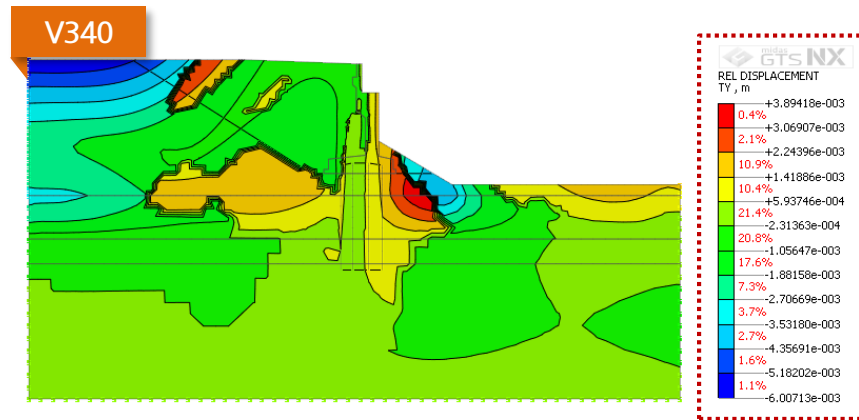
### 2.7 동적 해석 ABSOLTE MAX 절대값 출력으로 변경

- 기존에는 ABSOLTE MAX의 결과는 전체 시간대에서 절대값 비교 후 부호를 고려한 실제 결과값을 출력해주었으나, **ABSOLTE MAX 검토시 일률적인 변형성을 확인할 수 있도록 절대값으로 변경**하였습니다.

#### 결과트리 > ABSOLUTE MAX



[ 결과트리 ]



[ 결과 테이블 ]

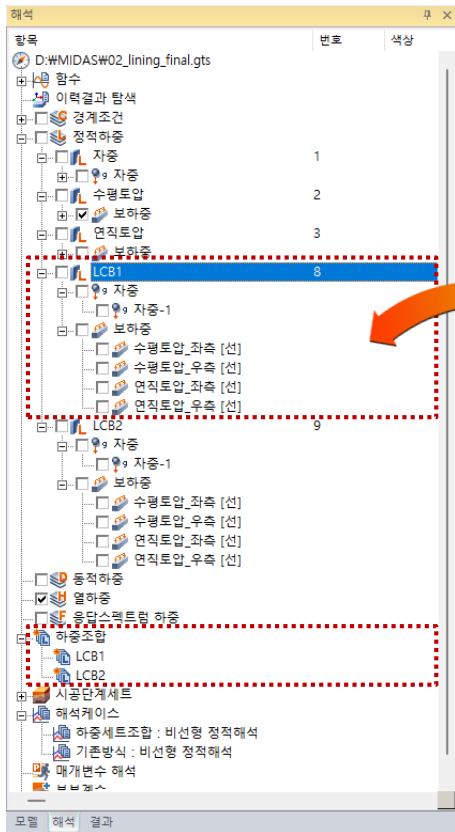


## 2. Pre/Post Processing

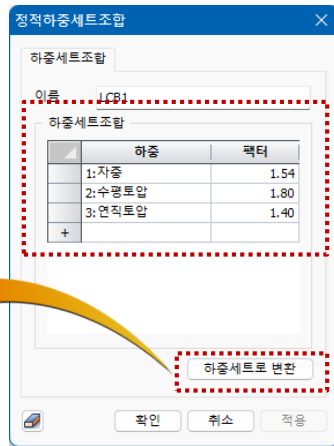
### 2.8 하중조합 테이블 기능 추가

- 생성되어 있는 각 하중세트별 팩터를 적용하여, 하중계수에 따른 새로운 조합하중 세트를 생성합니다. 기존에는 이렇게 생성한 하중세트조합에 대해 얼마만큼의 하중계수 팩터가 적용되었는지 쉽게 파악하기 어려웠지만 되지 않았지만, V360에서부터는 이를 쉽게 확인할 수 있도록 작업트리 내 하중조합 항목에 등록되어집니다.

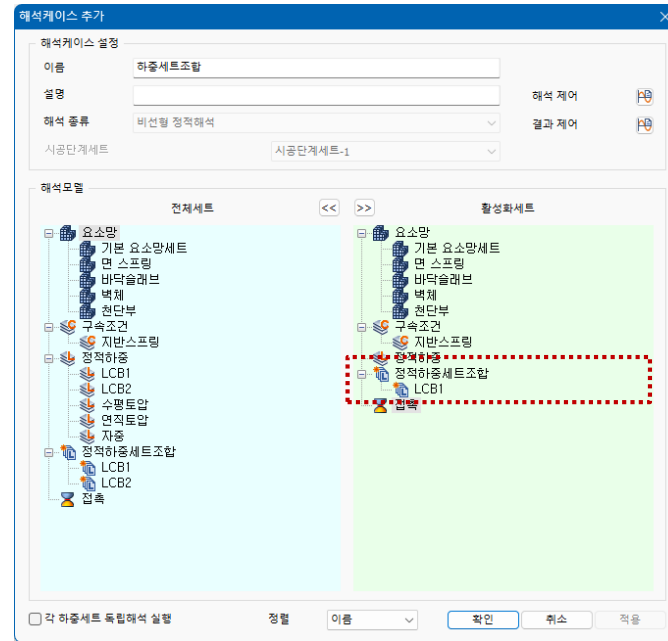
#### 정적/사면 해석 > 하중 > 세트조합



[ 해석트리 ]



[ 정적하중세트조합 ]



[ 해석케이스 정의 ]

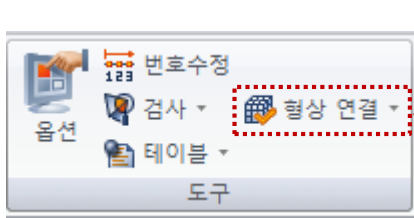
※ 하중세트조합시 하중세트로 변환을 클릭하면, 기존과 같이 조합되어진 하중으로 변환할 수 있으며, 하중세트로 변환 되지 않는 하중조합도 해석에서 사용할 수 있습니다.

## 2. Pre/Post Processing

### 2.9 기하형상-요소망간 연결 기능

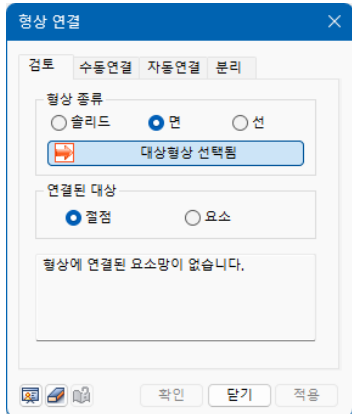
- 요소망이 생성된 기하형상으로부터 하위형상을 추출하기 전 해당 기하형상이 다른 형상세트로 이동되거나 삭제되는 경우 기하형상과 요소망간의 관계가 끊어져서 하위요소를 추출할 수 없습니다. 이런 경우 기존에는 요소망을 삭제한 후 해당 기하형상으로부터 다시 요소망을 재생성하여 기하형상과 요소망간 연결성을 확보해야 했습니다.
- 금번 V360부터에서는 **기하형상이 존재하는 경우 수동편집과 요소망세트와 공차범위를 통해 자동탐색연결하거나 필요시 사용자가 직접 개별 기하형상에 대한 연결/분리/검토를 수행할 수 있습니다.**

▪ 요소망 > 도구 > **형상연결**

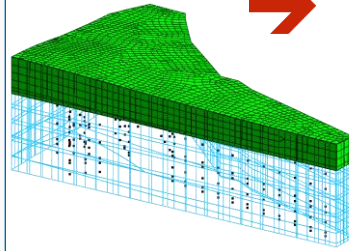
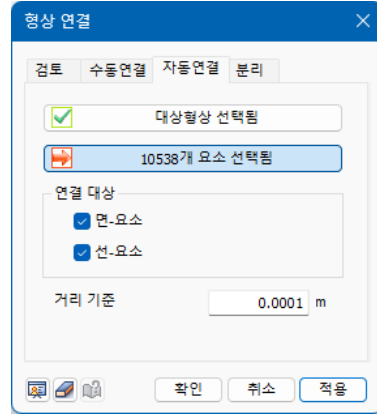


- 관계 검토** : 형상 - 요소망 연결 여부 확인관계 검토
- 수동 연결** : 대상형상 수동연결
- 자동 연결** : 대상형상(하위형상 포함) 공차 내 자동연결
- 분리** : 형상 - 요소망 연결 분리

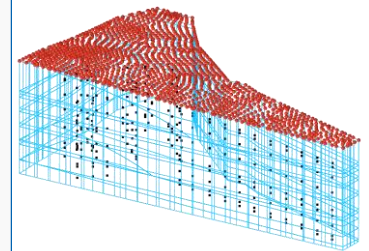
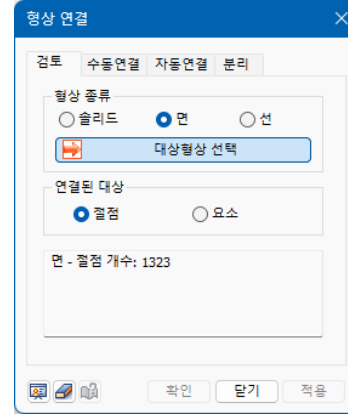
STEP 1. 형상 - 요소망 관계 검토



STEP 2. 수동 또는 자동 연결



STEP 3. 형상 - 요소망 연결 완료



## 2. Pre/Post Processing

### 2.10 시공단계 워저드 기능 개선

- 기존에는 해석종류가 하나의 타입인 경우에만 시공단계 워저드가 사용가능하였으나, **침투-응력 일방향 연계해석의 경우에도 시공단계 워저드를 통해 시공단계를 손쉽게 구성할 수 있도록 기능이 개선되었습니다.**
- 침투단계-응력단계의 순차적인 단계 정의만 가능**하며, 이외의 경우 시공단계세트에서 별도 수정이 필요합니다.

#### 정적/사면 해석 > 시공단계 > 시공단계워저드

단계종류	시간스텝	세트 타입	세트 이름	Add/Remove	점미사 시작번호	F	점미사 끝번호	점미사 번호간격	시작 단계	단계 간격
정상류해석	X	요소망	수직경#	R	1	1		1	1	1
응력해석	X	요소망	수직경RB#	A	1			1	1	1
응력해석	X	요소망	수직경SC#	A	1			1	1	1
정상류해석	X	요소망	연결통로#	R	1	1		1	7	1
응력해석	X	요소망	연결통로RB#	A	1			1	7	1
응력해석	X	요소망	연결통로SC#	A	1			1	7	1
정상류해석	X	요소망	본선타널#	R	1	1		1	10	1
응력해석	X	요소망	본선타널RB#	A	1			1	10	1
응력해석	X	요소망	본선타널SC#	A	1			1	10	1



[시공단계 워저드]

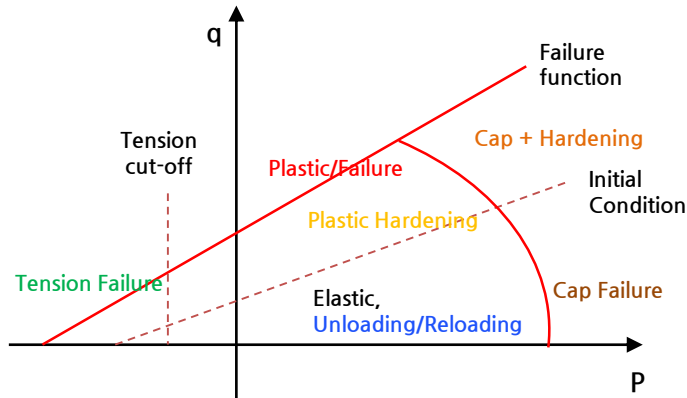
[시공단계 세트]

## 2. Pre/Post Processing

### 2.11 소성도 출력 방식 추가

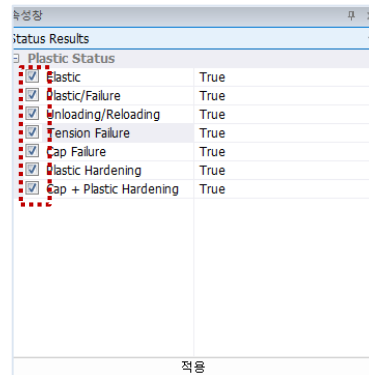
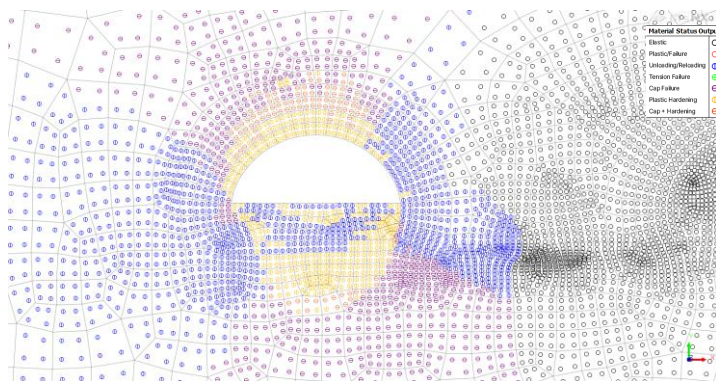
- Hardening Soil, Modified Mohr Coulomb 재료모델에서 대해 해석이 수행 이후 소성이나 파괴가 발생한 영역 중 **Plastic Hardening**과 **Cap+Hardening** 영역을 세분화하여 출력해 주도록 기능이 추가되었습니다.
- 또한 사용자가 **소성 또는 파괴 발생영역에 대해 직관적으로 확인**할 수 있도록, **속성창을 통해 해당 Marking을 끄고 켤 수 있도록** 기능이 추가되었습니다.

#### 결과 트리 > Plane Strain Stresses / Solid Stresses > PLASTIC STATUS



Material Status Output	
Elastic	<input type="radio"/>
Plastic/Failure	<input type="radio"/>
Unloading/Reloading	<input type="radio"/>
Tension Failure	<input type="radio"/>
Cap Failure	<input type="radio"/>
Plastic Hardening	<input type="radio"/>
Cap + Hardening	<input type="radio"/>

- Elastic : 탄성영역에 있는 경우
- Failure / Plastic : 전단파괴가 일어난 경우
- Unloading or Reloading : 하중이 추가되거나 제거되었을 때 상태가 변하는 경우
- Tension / Tension Failure : 인장영역에서 파괴가 일어나는 경우
- Cap Failure : 압축항복영역에서 파괴가 일어나는 경우
- Plastic Hardening : 초기상태에서 파괴상태 사이에 있는 경우
- Cap + Hardening : 전단파괴가 발생한 상태에서 Cap 영역인 경우



※ Elastic 상태의 경우 화면상 복잡해 보이는 것을 방지하기 위해 기본값으로는 체크가 해제되어 있습니다.

## 2. Pre/Post Processing

### 2.12 보고서 기능 개선

- 보고서 옵션을 활용하여 결과 출력 시, 사용자의 휴먼에러를 방지하기위한 자동저장 기능이 추가되었습니다.
- 옵션 사용 시 직관적인 이해를 돕기 위해 일부 명칭이 변경되었습니다.
- 보고서 출력 중 출력 중단을 통해 끝까지 보고서 자료를 출력하기 전에 종료할 수 있는 기능이 추가되었습니다.
- MS Excel에서 특수문자 출력 시 오류 방지를 위해 일부 특수문자를 '\_'로 치환하는 기능이 추가되었습니다.
- 하중 출력 시 일부 이미지 잘림현상 개선 및 요소특성변경으로 사용된 재료특성 출력 기능개선이 추가되었습니다.



### 2.13 변위/변형을 초기화 분리

- 기존에는 변위 초기화시 변형율도 초기화되었으나, 변위만 초기화할 수 있도록 기능이 분리되었습니다.

### 2.14 자중 자동생성

- 새로운 모델 생성시 해석설정(2차원/3차원)에 따라 자중이 미리 등록되도록 변경되었습니다.

### 2.15 고해상도 지원

- 기존 FHD(1920x1080pixel)에 최적화로 제공하던 GUI에 대하여 4K(3840x2160pixel)까지 범위를확장하여 인터페이스, 기능아이콘, 텍스트 등 윈도우 사용자 배율에 따라 표현되도록 확장 개선되었습니다.