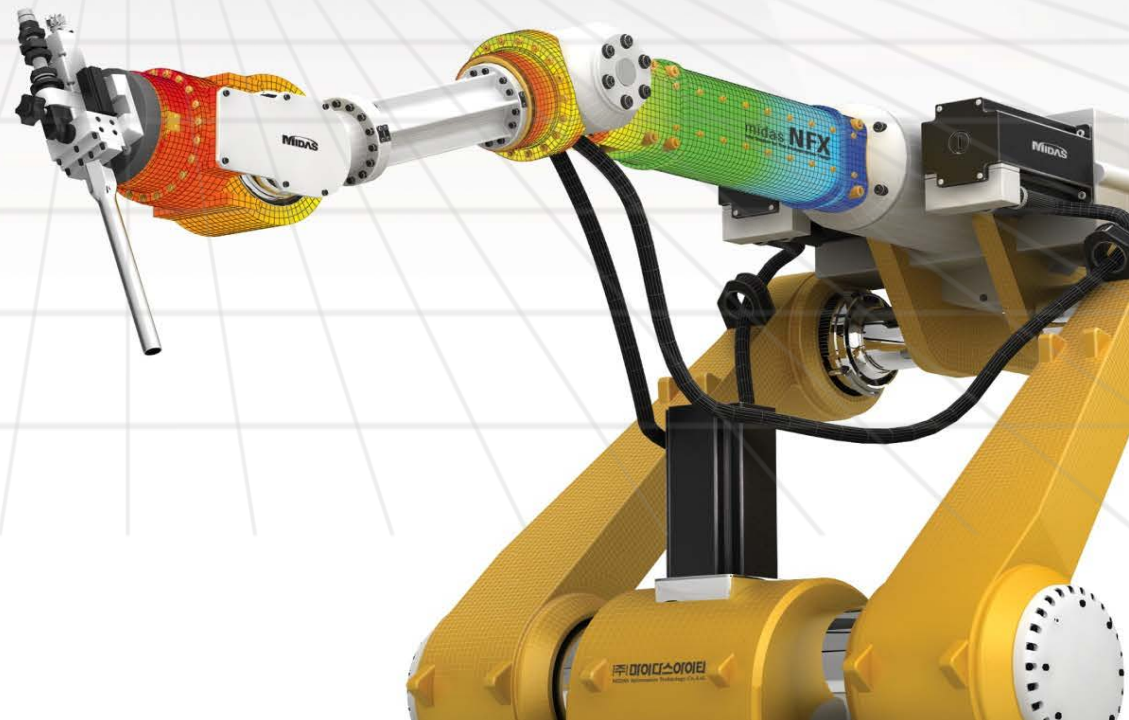


Response Spectrum Analysis (응답스펙트럼 해석)



내진 설계

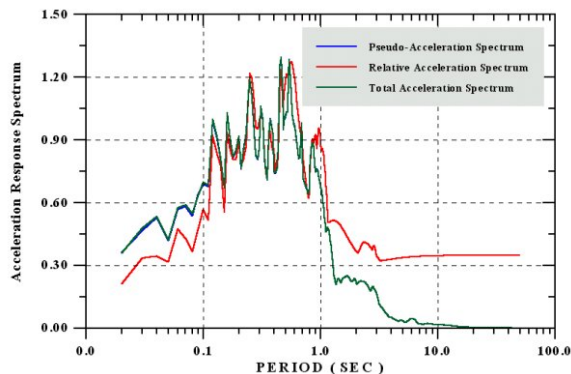
- 내진 설계란 지진이 발생하는 경우의 현상을 예측하고 이에 대한 구조설계를 통하여 지진의 피해를 최소화 하는 것입니다.
- 지진응답해석은 정적해석법과 동적해석법으로 구분할 수 있으며, 동적해석법에는 응답스펙트럼해석과 시간이력해석이 있습니다.

응답스펙트럼

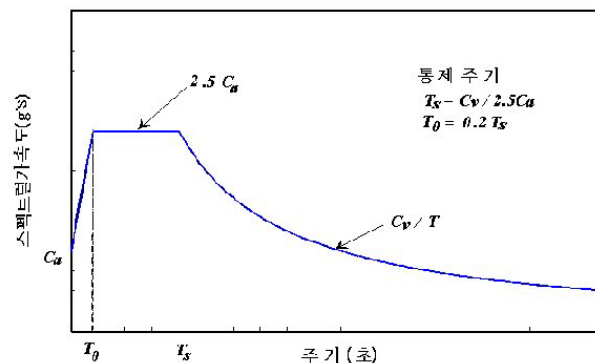
- 응답스펙트럼이란 지반 운동에 의한 응답 물리량의 최고치를 고유주기의 함수로 나타낸 것이며, 변위응답과 유사속도응답, 유사가속도응답 스펙트럼으로 분류할 수 있습니다.
- 단자유도 구조물에 지진하중을 가진하여 각각의 고유주기에 대한 최대응답을 얻은 후, 이를 연결하면 응답스펙트럼을 구할 수 있습니다.

설계스펙트럼

- 설계스펙트럼은 설계기준에서 제시하는 지진하중을 의미하며, 특정 지진에 대한 응답스펙트럼은 진동주기에 따라 급격하게 변하기 때문에 직선의 형태로 간략화하여 구성합니다.
- 지진하중은 불확실한 특성을 갖고 있으므로 과거에 발생한 지진하중을 대표할 수 있어야 합니다.

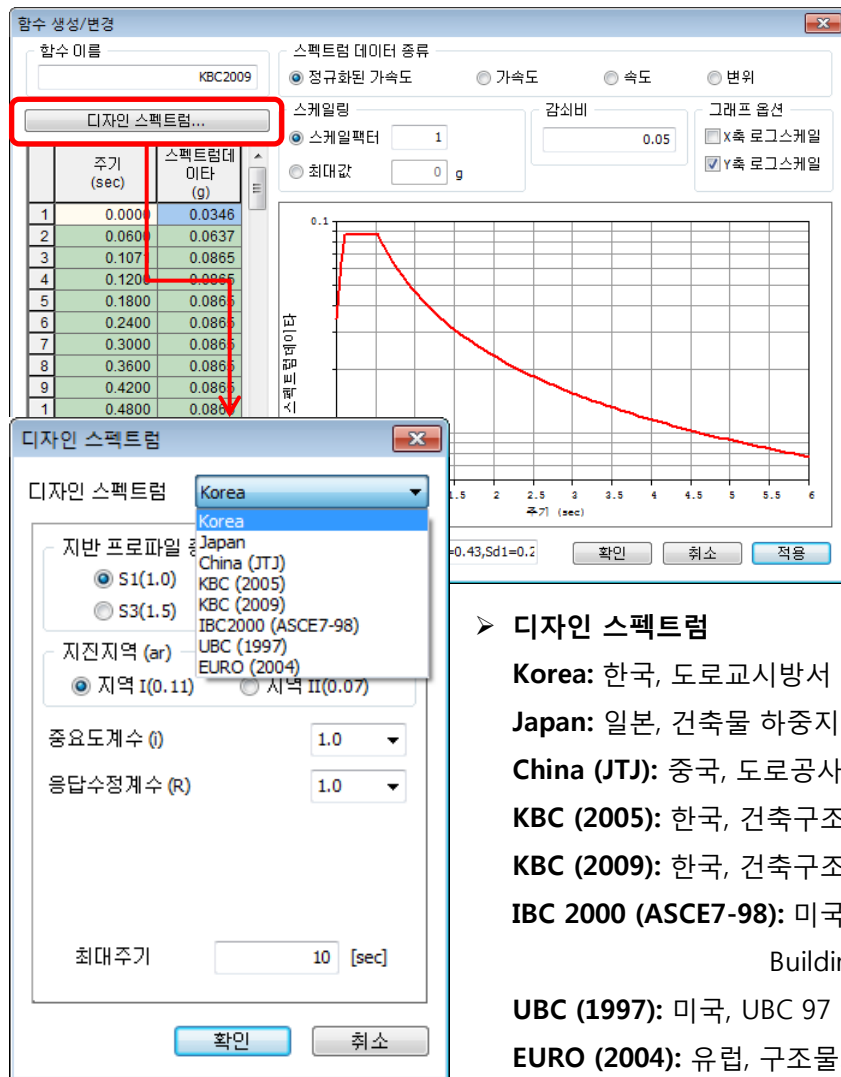


<응답스펙트럼>



<설계응답스펙트럼 - UBC 97>

응답스펙트럼 함수



스펙트럼 데이터 종류

정규화된 가속도: 가속도 스펙트럼을 중력가속도로 나눈 스펙트럼

가속도: 가속도 스펙트럼

속도: 속도 스펙트럼

변위: 가속도 스펙트럼

※ 입력된 데이터의 형식을 변경하는 경우에는 단위에 따른 입력값이 자동으로 변경되지 않고, 적용형식만 변경되므로 주의해야 합니다.

스케일링

스케일팩터: 스펙트럼 데이터의 증감계수를 입력

최대값: 최대가속도 값을 입력하여 입력된 값에 따라 응답가속도를 스케일링

디자인 스펙트럼

Korea: 한국, 도로교시방서

Japan: 일본, 건축물 하중지침 및 동해설

China (JTJ): 중국, 도로공사 내진설계 기준

KBC (2005): 한국, 건축구조설계기준 2005

KBC (2009): 한국, 건축구조설계기준 2009

IBC 2000 (ASCE7-98): 미국, International Building Code 2000

UBC (1997): 미국, UBC 97 기준

EURO (2004): 유럽, 구조물의 내진설계 기준

감쇠비

- 스펙트럼 데이터에 적용된 감쇠비를 입력

- 스펙트럼 데이터에 적용된 감쇠비와 해석을 수행할 구조물의 감쇠비가 다른 경우에는 입력한 스펙트럼 데이터를 구조물의 감쇠비에 맞게 가공하여 적용됩니다. (초기값: 0.05)

응답스펙트럼 해석 옵션

➤ 모드해석

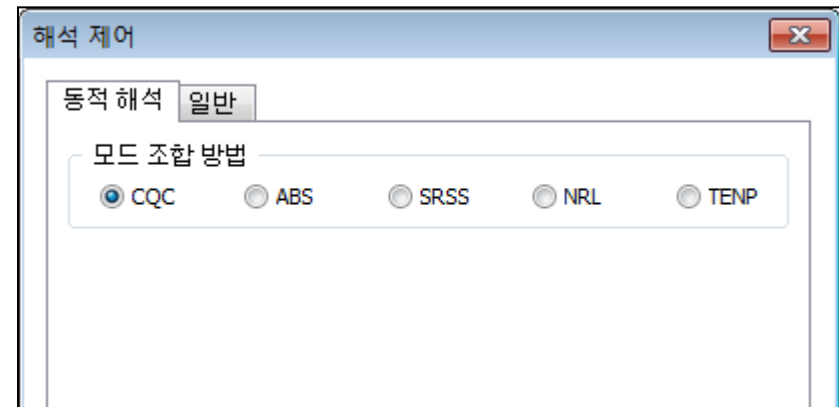
- 응답스펙트럼 해석을 수행하기 전에 반드시 모드해석을 선행해야 함.
- 수행 모드 개수는 스펙트럼의 주파수를 만족할 만큼 충분히 추출 (질량참여율의 합이 전체질량의 90% 이상이 되도록 설정)

➤ 모드 조합 방법

- ✓ CQC (Complete Quadratic Combination)
- ✓ ABS (Summation of the Absolute Value)
- ✓ SRSS (Square Root of the Summation of the Squares)
- ✓ NRL (Naval Research Laboratory)
- ✓ TENP (Ten Percent method)

1) SRSS가 일반적으로 가장 많이 사용되고 있지만 2개 이상의 주요 모드에 대한 진동수가 서로 비슷한 경우에는 응답을 과소평가하는 경우가 있으므로 이러한 경우에는 CQC를 사용하면 좀 더 나은 결과를 얻을 수 있습니다.

2) ABS는 SRSS에 비해 과대평가되는 경향이 있습니다.



개요

➤ 주파수응답해석 (직접법)

- 단위 : N, m
- 모델: Steel Frame.nfx

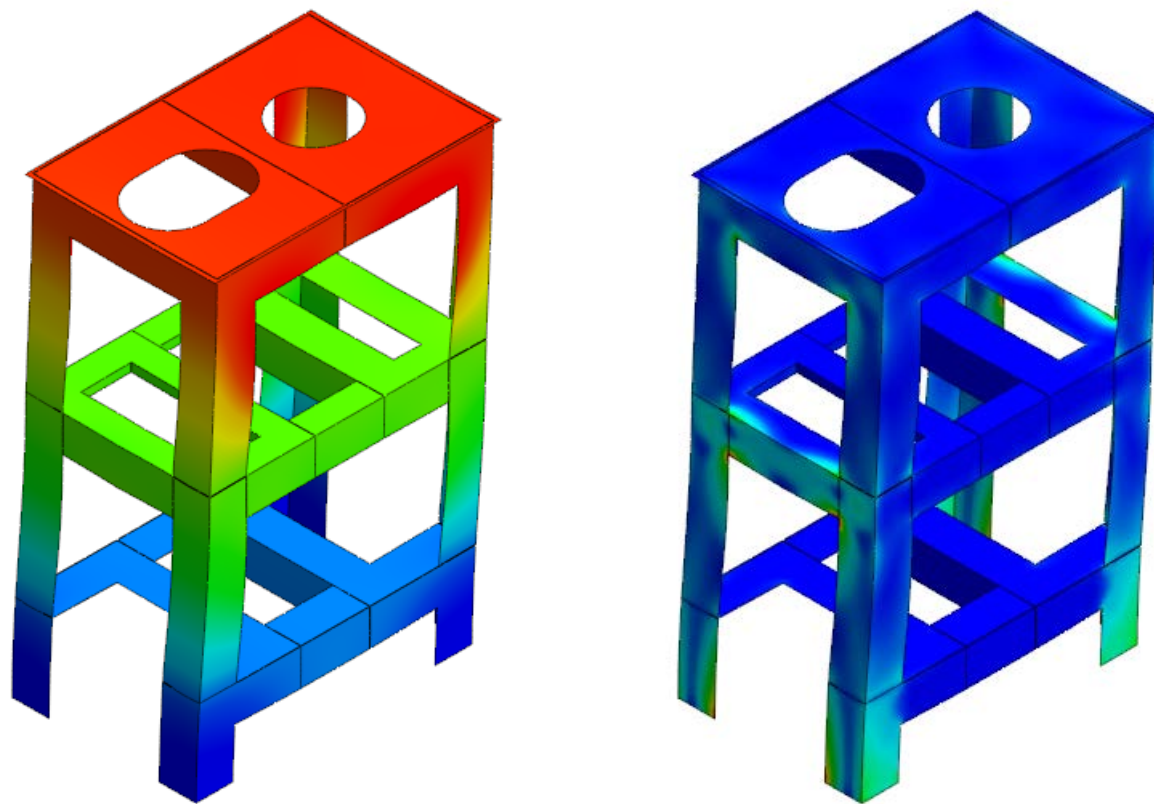
➤ 경계조건과 하중조건

- 고정구속
- KBC 2009
- X 스펙트럼, Y 스펙트럼

➤ 결과확인

- 변위

Response Spectrum Analysis - Steel Frame



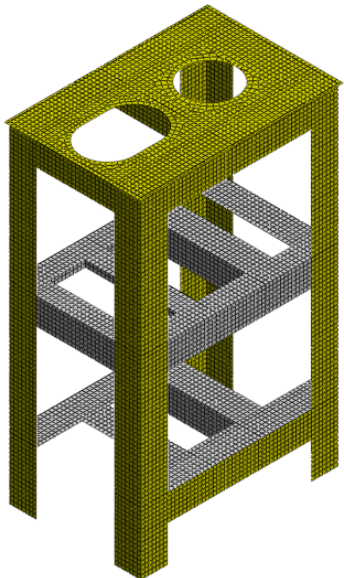
따라하기 목적

➤ midas NFX를 이용한 기본적인 응답스펙트럼 해석의 수행 및 기능 이해

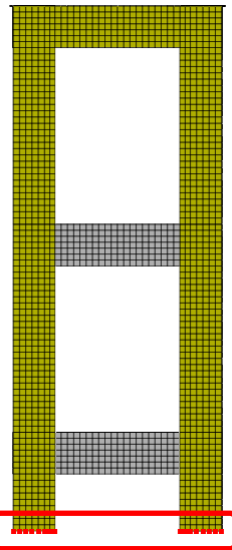
- 응답스펙트럼 해석은 일반적으로 실무에 활용되는 내진해석 방법으로, 한 스텝만 해석을 수행하기 때문에 해석 시간이 짧고 처리해야 하는 결과 데이터가 적으며, 실무에서 필요한 최대 변위 및 최대 응력을 쉽게 얻을 수 있습니다.
- 응답스펙트럼은 단자유도 구조물에 지진하중을 가진하여 각각의 고유주기에 대한 최대응답을 얻은 후, 이를 연결하여 얻을 수 있습니다.
- 본 따라하기에서는 모드해석을 통해 충분한 질량참여율 확보가 가능한 모드 개수를 확인하고 디자인 스펙트럼을 활용하는 방법에 대하여 습득하도록 합니다.

해석 개요

➤ 유한요소모델 (사각형 요소망)



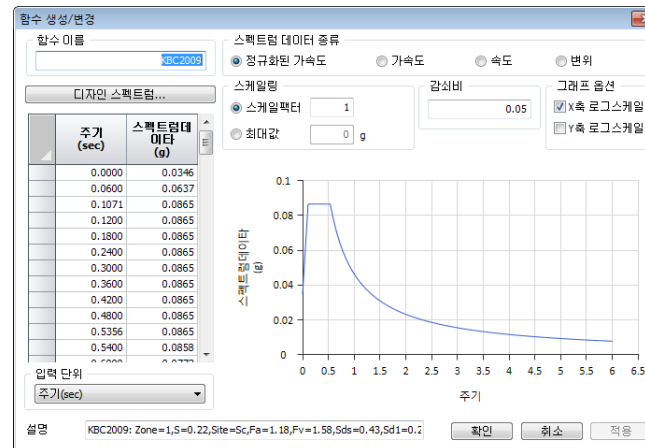
➤ 구속조건 (고정구속)



하단 면에
고정 구속조건 부가

➤ 하중조건 (디자인 스펙트럼 - KBC 2009)

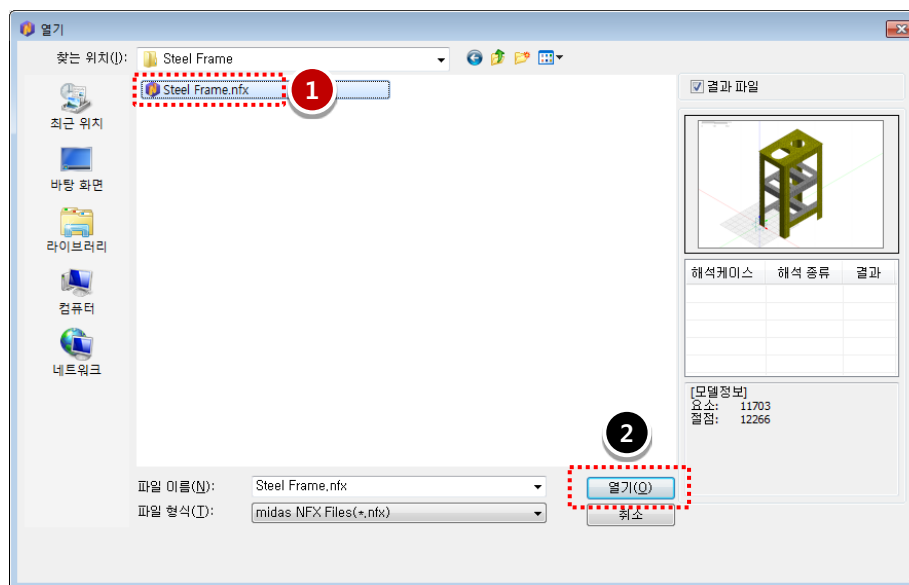
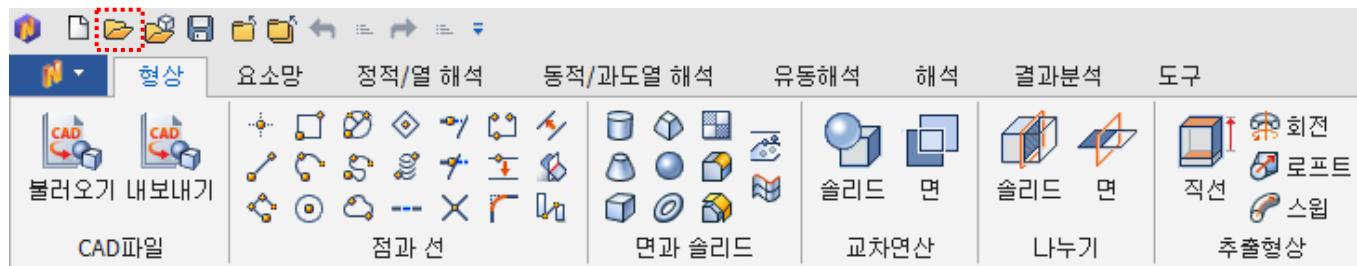
- X, Y방향 가진



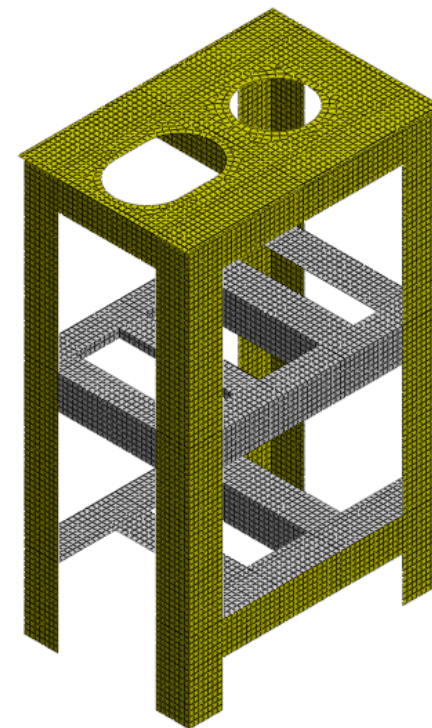
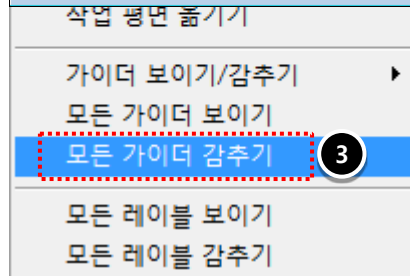
디자인 스펙트럼	KBC (2009)
지진구역	1
지역계수	0.22
지반종류	Sc
중요도계수	1.2
반응수정계수	6
최대주기	6

작업순서

1. 모델 선택: **Steel Frame.nfx** 선택.
2. [열기] 버튼 클릭.
3. 작업 윈도우에서 마우스 오른쪽 버튼 클릭 후, [모든 가이드 감추기] 선택.




💡 미리 생성해 둔 해석모델을 불러와
경계조건과 동적 하중 조건을 입력하
여 해석을 진행합니다.




작업순서

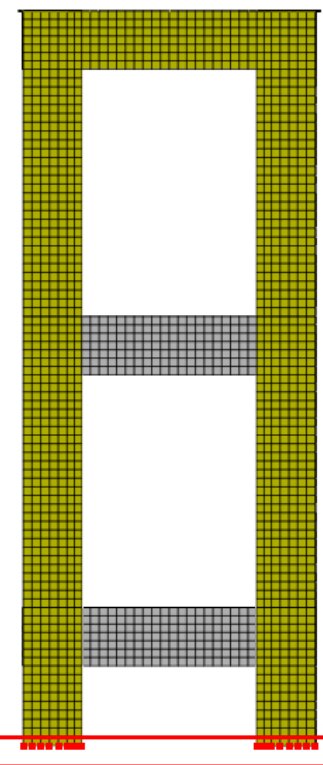
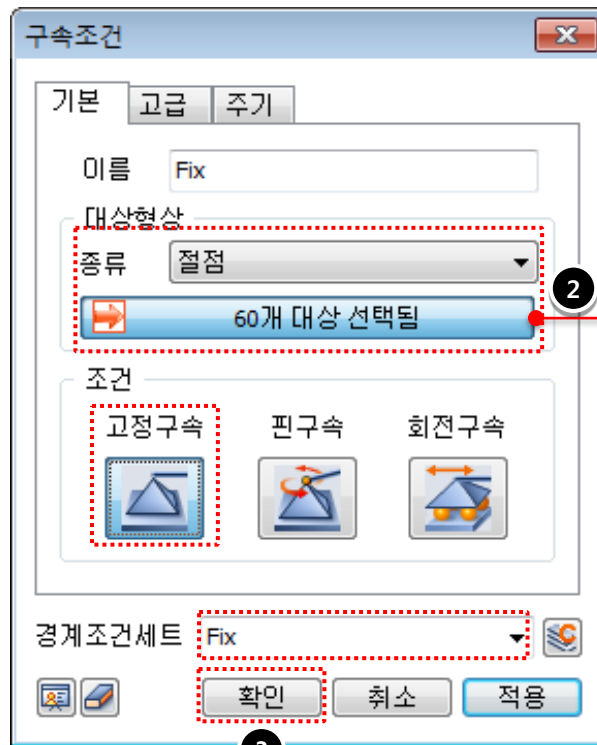
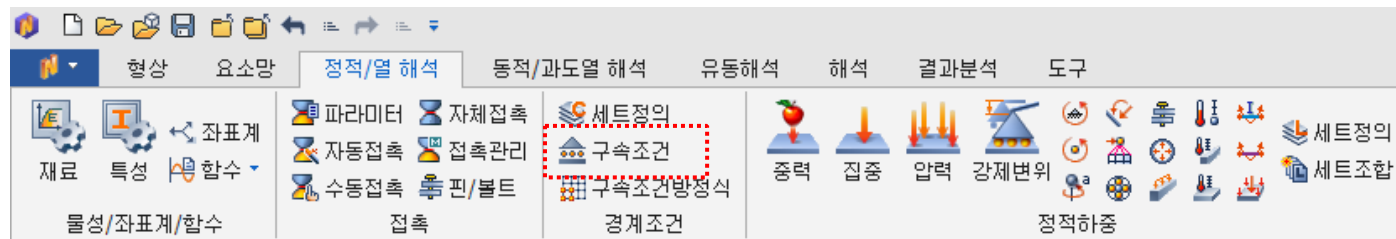
1. [] (정면) 클릭.

2. 구속조건 입력

경계조건세트	Fix
대상종류	절점
대상선택	60개 선택 
조건	고정구속

3. [확인] 버튼 클릭

 작업화면에서 마우스 드래그로 박스에 포함되는 대상을 선택할 수 있습니다.



작업순서

1. 해석케이스 설정

이름	Modal
해석 종류	모드해석

2. 서브케이스 설정의 “모드해석 (필수)”를 클릭.

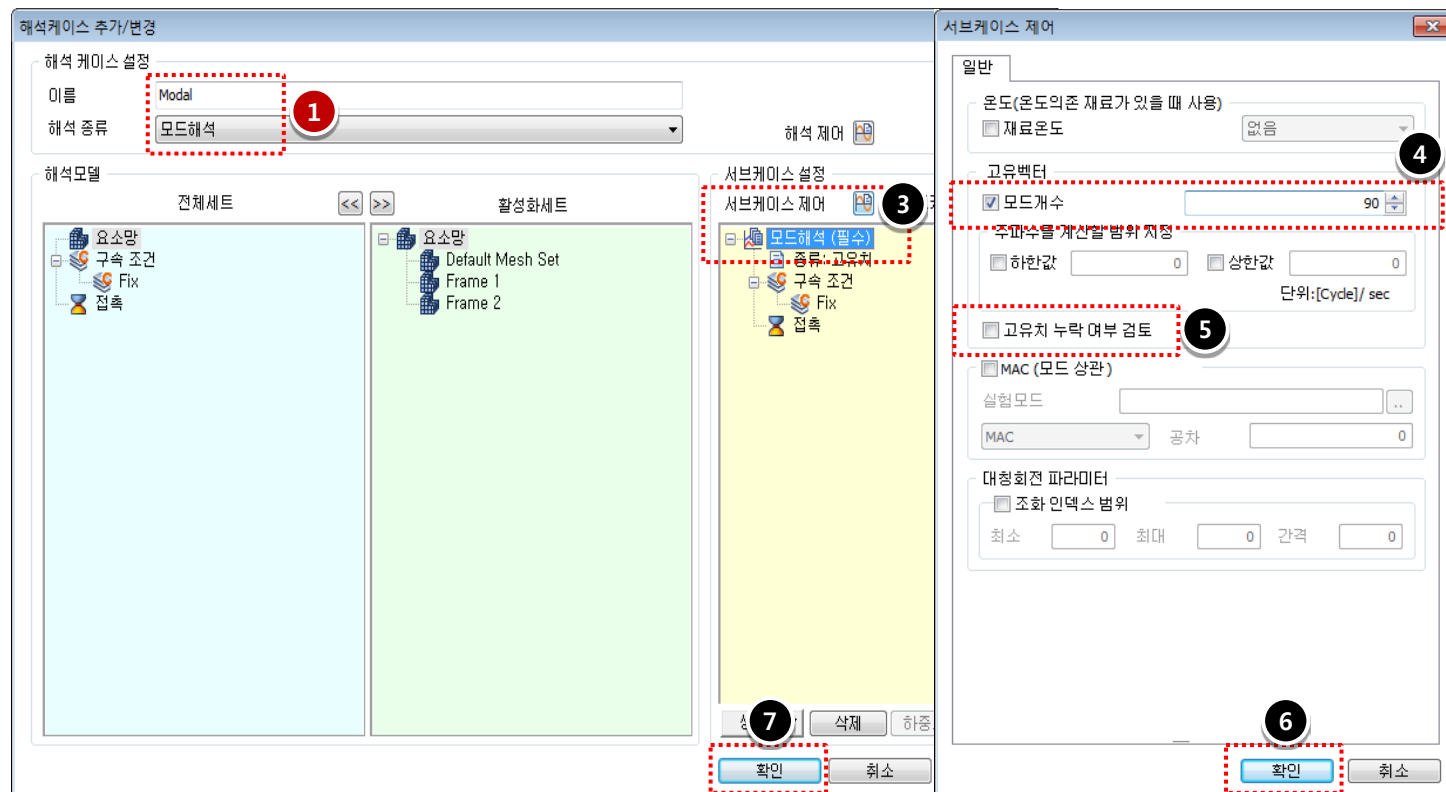
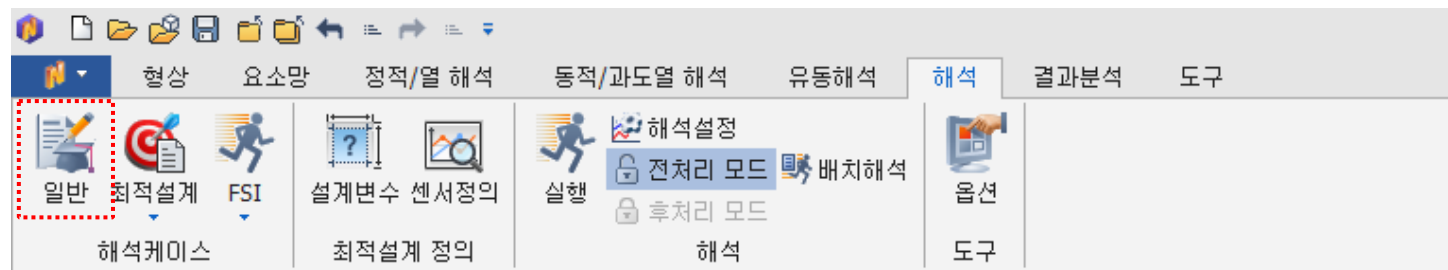
3. 활성화된 서브케이스 제어 버튼 클릭.

4. 모드개수: “90” 입력.

5. [고유치 누락 여부 검토] 체크 해제.

6. [확인] 버튼 클릭.

7. [확인] 버튼 클릭.



💡 관심 영역에서의 모드 형상 등을 확인하기 위하여 모드해석을 우선 수행합니다.

작업순서

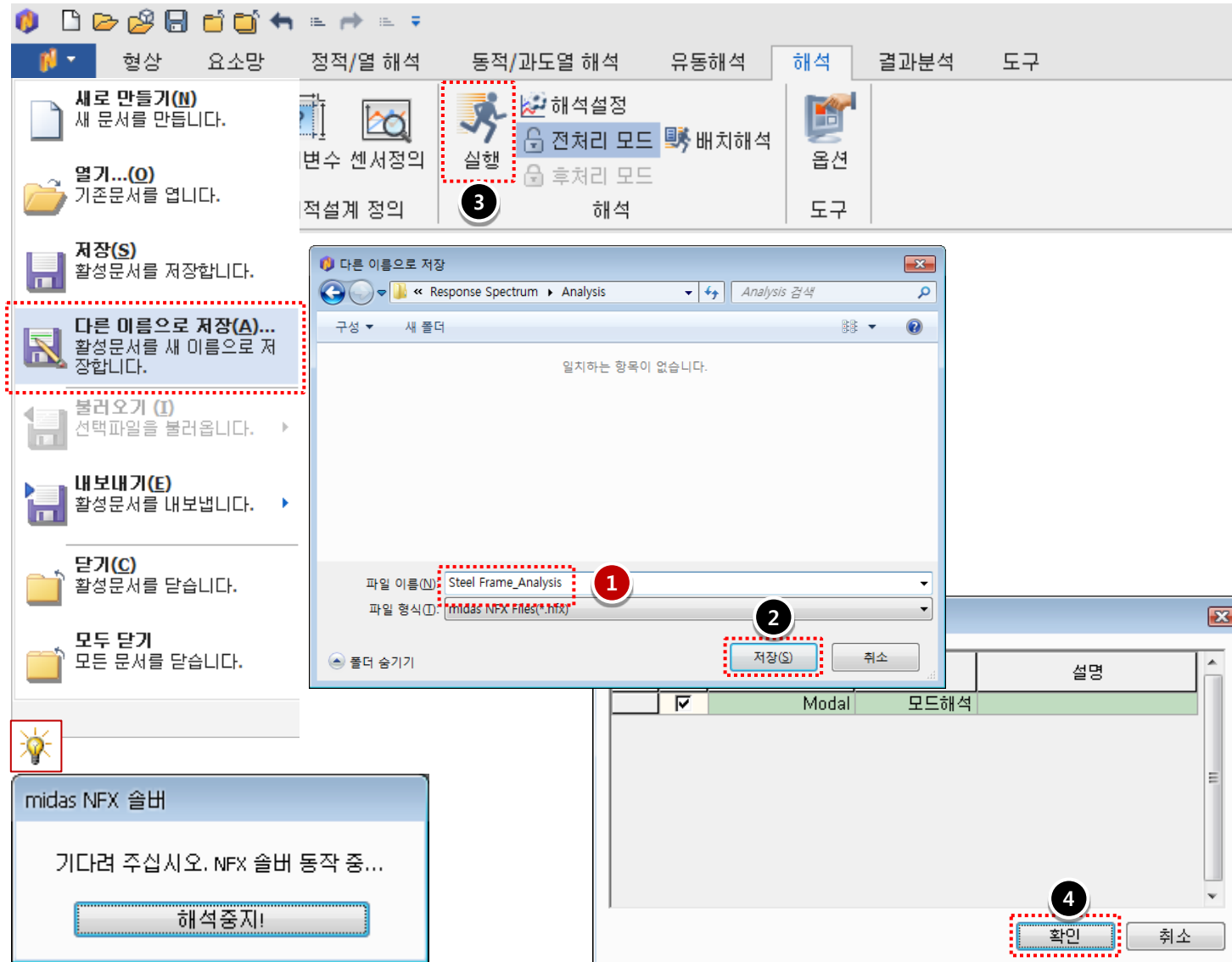
1. 다른 이름으로 저장:

“Steel Frame_Analysis” 입력.

2. [저장(S)] 버튼 클릭.

3. 해석 및 결과 >> 해석 >> 실행 클릭.

4. [확인] 버튼 클릭.



The screenshot shows the midas NFX software interface. The top menu bar includes '파일' (File), '형상' (Shape), '요소망' (Element Mesh), '정적/열 해석' (Static/Thermal Analysis), '동적/과도열 해석' (Dynamic/Transient Analysis), '유동해석' (Fluid Analysis), '해석' (Analysis), '결과분석' (Result Analysis), and '도구' (Tools). The '해석' (Analysis) menu is open, showing options like '해석설정' (Analysis Settings), '전처리 모드' (Pre-processor Mode), '배치해석' (Batch Analysis), '후처리 모드' (Post-processor Mode), '실행' (Execution), '옵션' (Options), and '도구' (Tools). The '실행' (Execution) button is highlighted with a red dashed box and a circled '3'.

The '다른 이름으로 저장' (Save As) dialog box is open, showing the file name 'Steel Frame_Analysis' and the file type 'midas NFX Files (*.nfx)'. The '저장(S)' (Save) button is highlighted with a red dashed box and a circled '2'. The '확인' (OK) button is highlighted with a red dashed box and a circled '4'.

A 'midas NFX 솔버' (midas NFX Solver) dialog box is also shown, indicating that the solver is running and asking the user to wait. The '해석중지!' (Stop Analysis!) button is highlighted with a red dashed box.

💡 따라하기 시작파일을 보존하기 위하여 해석파일을 다른 이름으로 저장합니다.

💡 해석을 실행하면 midas NFX 솔버가 작동됩니다. **해석중지!** 버튼을 클릭하면 해석이 중지됩니다.

작업순서

1. [모드해석결과 테이블] 더블 클릭.



고유진동수와 질량참여율을
확인합니다.

90차 모드까지 고려된 질량참여율은

T1: 94.67% , T2: 90.84% 입니다.

실무해석에서는 질량참여율이 80%

이상 되도록 하는 것이 좋습니다.

해석 및 결과

항목

- 해석케이스
 - Modal : 모드해석
 - 모드해석결과 테이블
 - 모드해석결과
 - MODE 1 (FREQ=7.0204e+001)
 - 전체 변위
 - MODE 2 (FREQ=7.6554e+001)
 - 전체 변위
 - MODE 3 (FREQ=1.1249e+002)
 - 전체 변위
 - MODE 4 (FREQ=1.5356e+002)
 - 전체 변위
 - MODE 5 (FREQ=1.6700e+002)
 - 전체 변위
 - MODE 6 (FREQ=1.6865e+002)
 - 전체 변위
 - MODE 7 (FREQ=1.7614e+002)
 - 전체 변위
 - MODE 8 (FREQ=1.7641e+002)
 - 전체 변위
 - MODE 9 (FREQ=1.7960e+002)
 - 전체 변위
 - MODE 10 (FREQ=1.7980e+002)
 - 전체 변위
 - MODE 11 (FREQ=1.8583e+002)
 - 전체 변위
 - MODE 12 (FREQ=1.8736e+002)
 - 전체 변위

모델 하중/경계 해석 및 결과



PERCENTAGE MODAL EFFECTIVE MASS

MODE NUMBER	T1	T2	T3	R1	R2	R3
1	76.50%	0.00%	0.00%	0.00%	19.50%	0.01%
2	0.00%	69.12%	0.00%	20.97%	0.00%	0.00%
3	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	71.73%
4	0.00%	0.04%	2.86%	0.78%	0.00%	0.00%
5	0.00%	0.97%	0.00%	1.02%	0.00%	0.00%
6	0.00%	0.84%	0.30%	0.50%	0.00%	0.00%
7	1.58%	0.00%	0.00%	0.00%	3.20%	0.00%
8	0.00%	0.02%	0.37%	0.10%	0.00%	0.00%
9	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.16%
59	0.00%	0.00%	1.43%	0.01%	0.00%	0.00%
60	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.36%	0.03%
61	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	1.80%
62	0.00%	0.13%	0.70%	0.01%	0.00%	0.00%
63	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.06%	0.01%
64	0.00%	0.00%	1.65%	0.02%	0.00%	0.00%
65	0.00%	0.77%	1.35%	2.31%	0.00%	0.00%
66	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.37%
67	0.00%	0.16%	4.08%	0.17%	0.00%	0.00%
68	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.67%
69	0.00%	0.02%	0.85%	0.21%	0.00%	0.00%
70	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.03%	0.47%
71	0.00%	0.00%	4.29%	0.06%	0.00%	0.00%
72	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.13%	0.06%
73	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.10%	0.00%
74	0.00%	1.33%	0.04%	1.23%	0.00%	0.00%
75	0.00%	1.28%	0.05%	1.36%	0.00%	0.00%
76	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
77	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%
78	0.00%	0.36%	0.01%	0.14%	0.00%	0.00%
79	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.12%	0.05%
80	0.00%	0.38%	2.11%	0.01%	0.00%	0.00%
81	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.94%	0.01%
82	0.00%	0.15%	5.60%	0.07%	0.00%	0.00%
83	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%
84	0.00%	0.61%	1.69%	0.84%	0.00%	0.00%
85	0.00%	2.09%	0.00%	6.50%	0.00%	0.00%
86	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%
87	0.00%	0.10%	3.32%	1.28%	0.00%	0.00%
88	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.42%	0.02%
89	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.84%	0.01%
90	0.00%	0.01%	0.01%	0.29%	0.00%	0.00%
TOTAL	94.67%	90.84%	67.44%	63.34%	79.49%	86.70%

작업순서

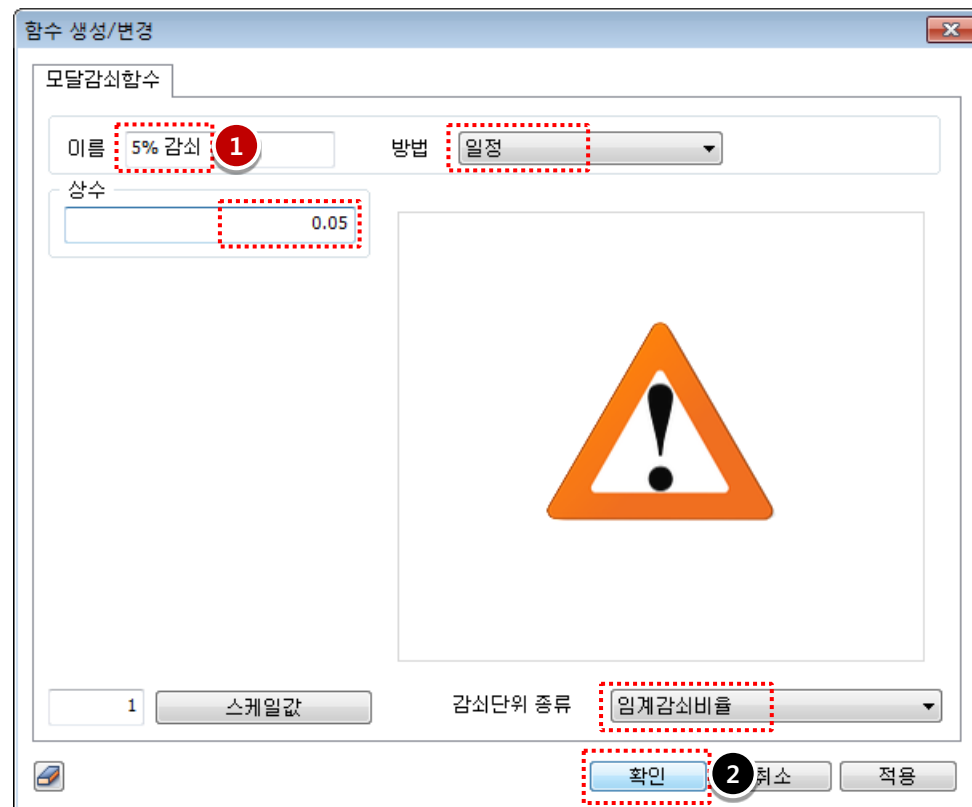
1. 모달감쇠함수 입력.


이름	5% 감쇠
방법	일정
상수	0.05
감쇠단위종류	임계감쇠비율

2. [확인] 버튼 클릭



일반 함수
일반 공간 함수
일반함수 (3D)
소성경화 함수
응력-변형률 함수
피로하중 함수
시간의존 함수
모달감쇠 함수
주파수의존 함수
S-N곡선 함수
응답스펙트럼함수



 [해석수행 도구모음]의 [전처리모드]를 클릭하여 하중조건을 추가합니다. [후처리모드] 상태에서는 [해석 및 결과]를 제외한 모든 메뉴가 비활성화되기 때문에 반드시 [전처리모드]로 변환한 후에 작업을 시작하도록 합니다.

작업순서

1. [추가] 버튼 클릭.
2. [디자인 스펙트럼] 버튼 클릭.
3. 디자인 스펙트럼 정보 입력.

디자인 스펙트럼	KBC (2009)
지진구역	1
지역계수	0.22
지반종류	Sc
중요도계수	1.2
반응수정계수	6
최대주기	6

4. [확인] 버튼 클릭
5. [확인] 버튼 클릭
6. [닫기] 버튼 클릭

💡 지진하중은 "건축구조기준(KBC 2009)"
를 적용합니다.



함수 생성/변경

함수 이름: KBC2009

스펙트럼 데이터 종류: ☒ 정규화된 가속도 ☐ 가속도

☒ 케일링 ☐ 스케일팩터 1 ☐ 최대값 0 g

디자인 스펙트럼...

주기 (sec)	스펙트럼대 이타 (g)
0.0000	0.0346
0.0600	0.0637
0.1071	0.0865
0.1200	0.0865
0.1800	0.0865
0.2400	0.0865
0.3000	0.0865
0.3600	0.0865
0.4200	0.0865
0.4800	0.0865
0.5356	0.0865
0.5400	0.0858
0.6000	0.0773

입력 단위: 주기(sec)

설명: KBC2009: Zone=1,S=0.22,Site=Sc,Fa=1.18,Fv=1.58,Sds=0.43,Sd1=0.2

디자인 스펙트럼

디자인 스펙트럼: KBC (2009)

설계스펙트럼 가속도산정

지진구역: 1

지역계수 (S): 0.22

지반종류: Sc

Fa: 1.18 Sds: 0.43266666 g

Fv: 1.58 Sd1: 0.23173333 g

중요도계수 (Ie): 1.2

반응수정계수 (R): 6

최대주기: 6 [sec]

확인 4 취소

확인 2 취소 적용

작업순서

1. 전체응답스펙트럼 조건 입력

참조좌표계	전체직교좌표계
방향	X
주기수정계수	1
스펙트럼 함수	KBC 2009
주파수하중세트	Load X

2. [추가] 버튼 클릭.

3. [적용] 버튼 클릭.

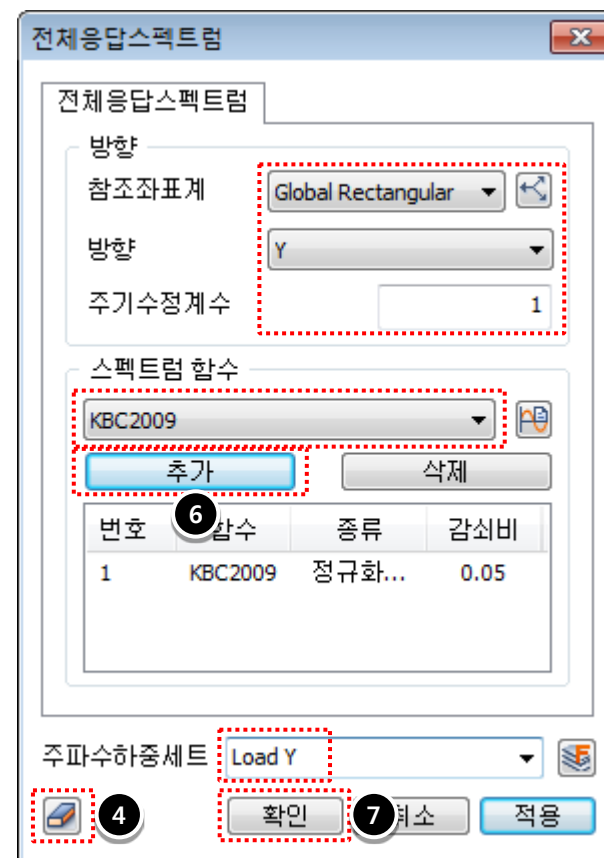
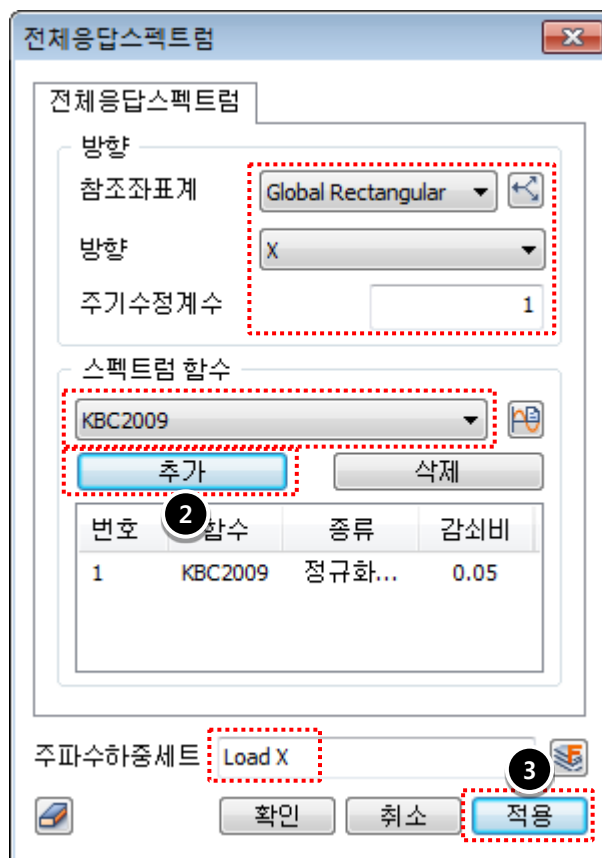
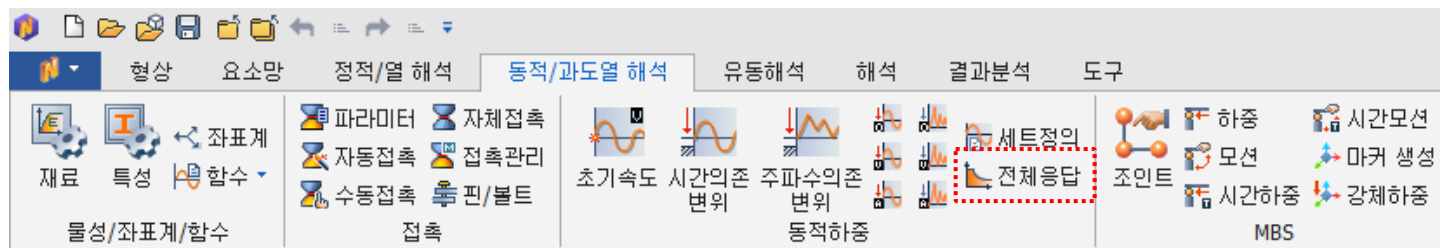
4. [리셋] 버튼 클릭.

5. 전체응답스펙트럼 조건 입력

참조좌표계	전체직교좌표계
방향	Y
주기수정계수	1
스펙트럼 함수	KBC 2009
주파수하중세트	Load Y

6. [추가] 버튼 클릭.

7. [확인] 버튼 클릭.



작업순서

1. 해석케이스 설정

이름	응답스펙트럼
해석 종류	응답 스펙트럼

2. 전체세트의 [Load X]를 드래그하여
서브케이스 설정으로 이동.

3. "생성 >> 응답 스펙트럼" 을

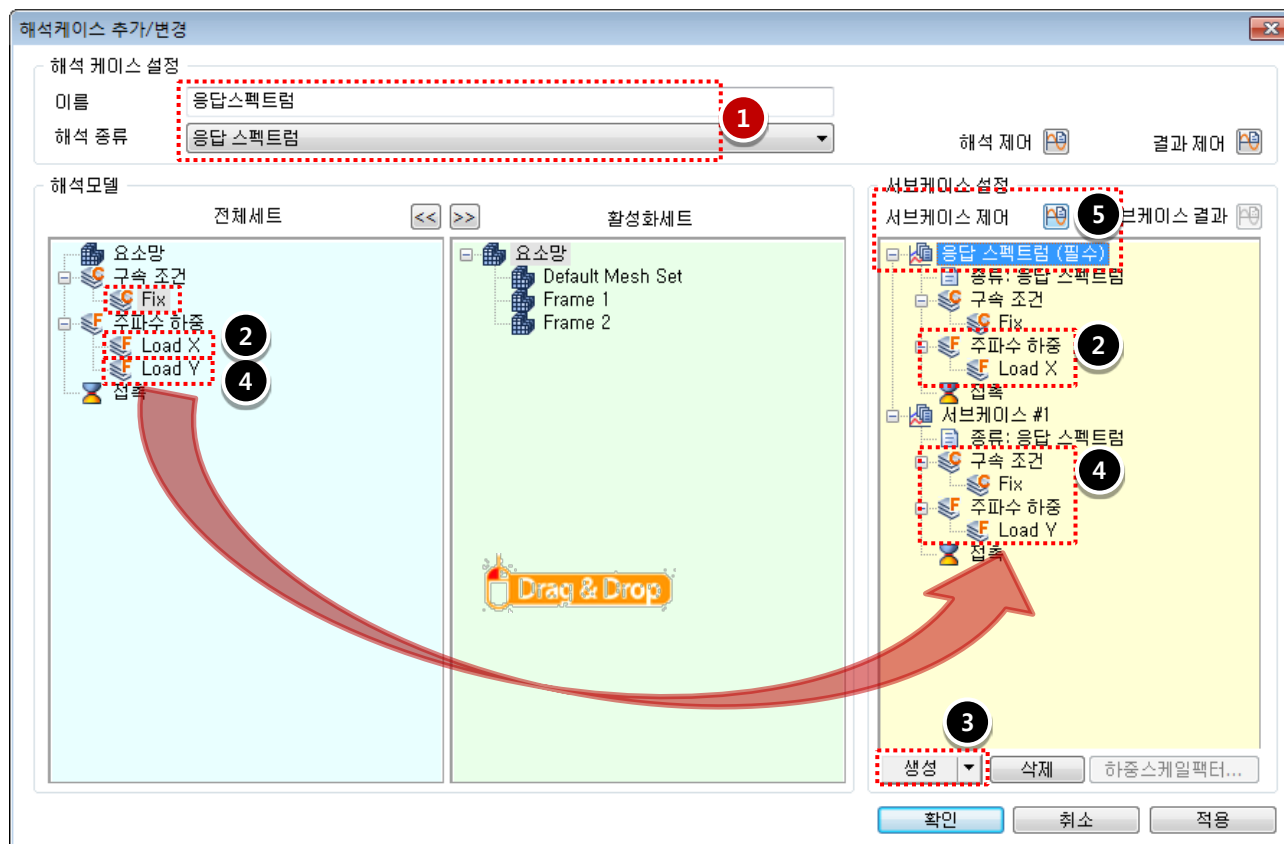
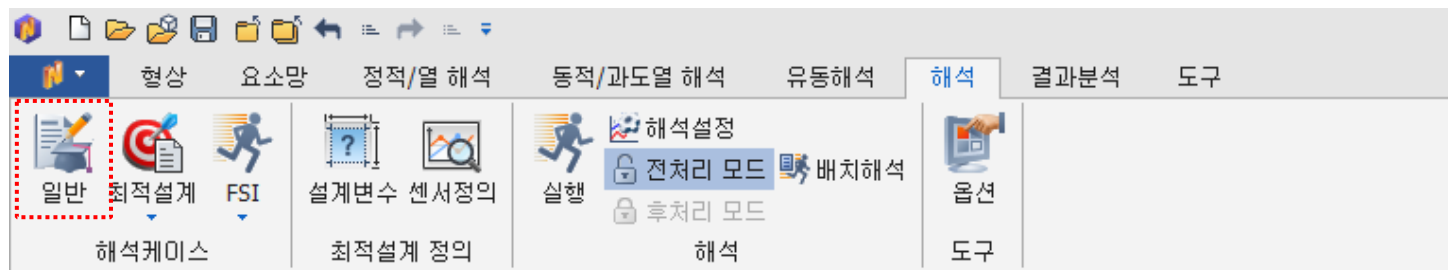
선택하여 "서브케이스 #1"을 생성

4. 전체세트의 [Load Y], [Fix]를 드래그
하여 "서브케이스 #1" 설정으로 이동.

5. 서브케이스 설정의

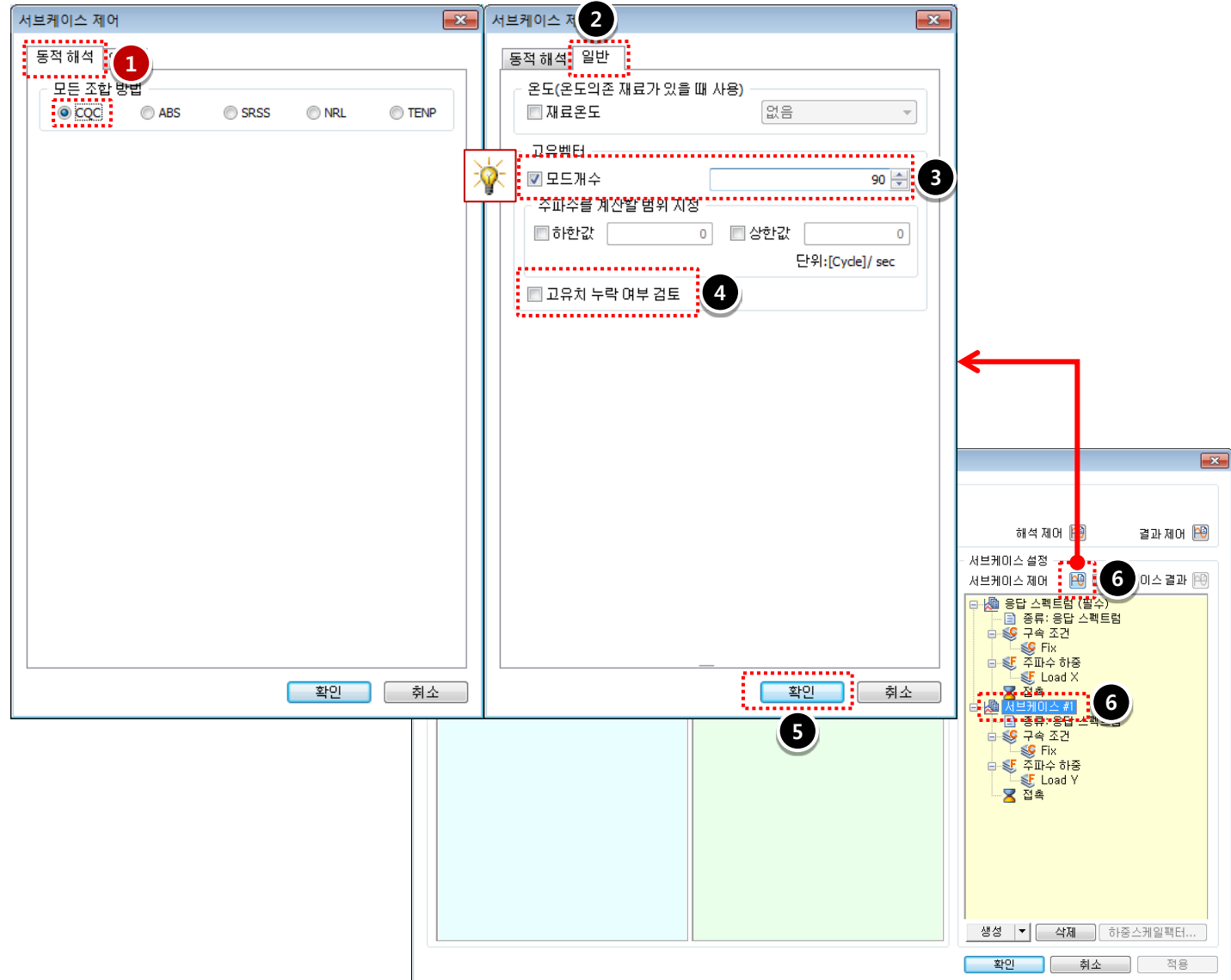
"응답스펙트럼 (필수)"를 클릭.

6. 활성화된 서브케이스 제어 버튼 클릭.



작업순서

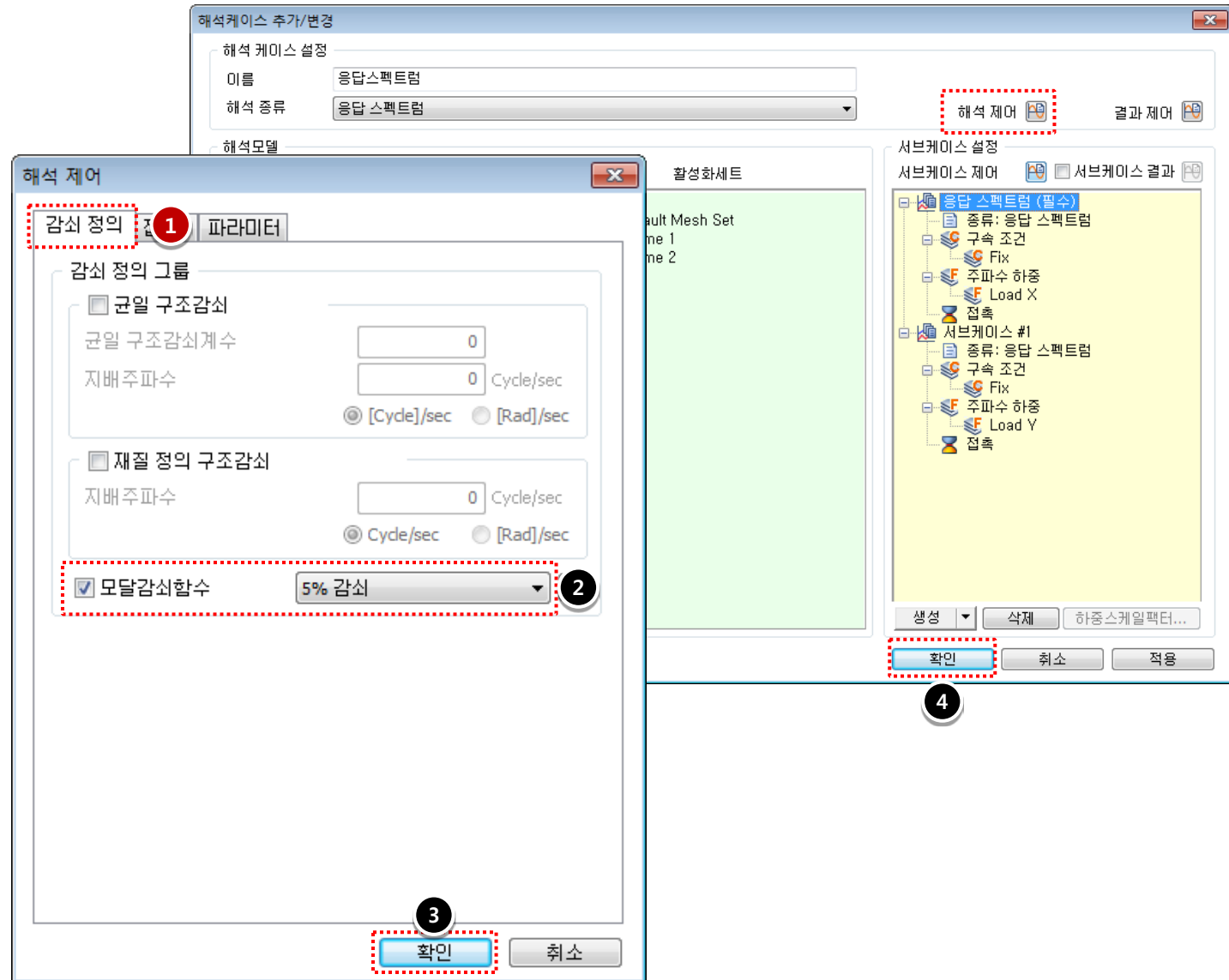
1. [동적 해석] 탭의 [CQC] 선택.
2. [일반] 탭 클릭.
3. 모드개수: "90" 입력. 💡
4. [고유치 누락 여부 검토] 체크 해제.
5. [확인] 버튼 클릭.
6. "서브케이스 #1" 선택 후 활성화 된
서브케이스 제어 를 클릭하여 위의
1~5 번 과정을 동일하게 실행




💡 질량참여율이 90% 이상이었던 모드 해석의 조건을 그대로 적용합니다.

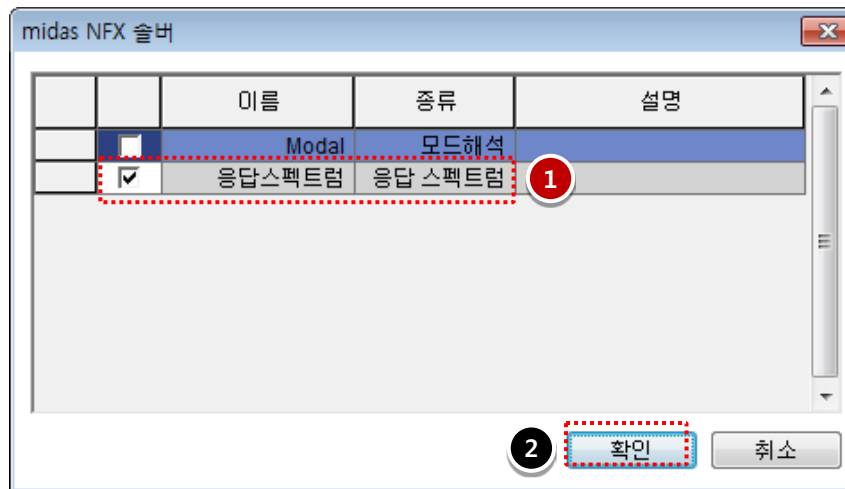
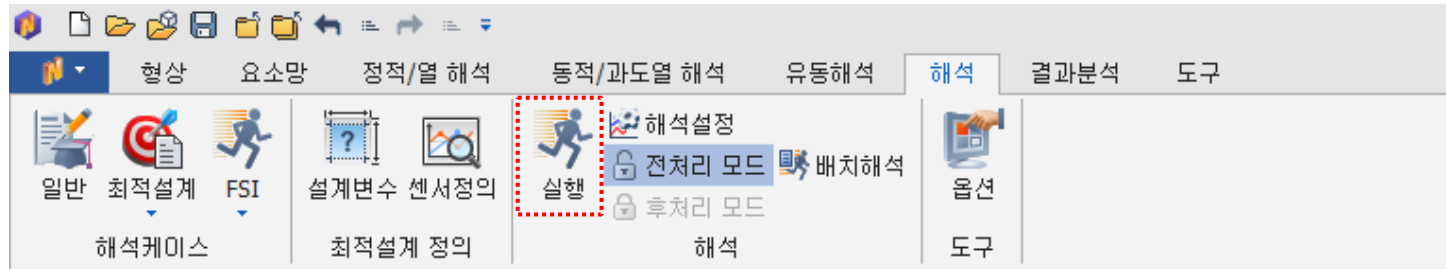
작업순서


1. [감쇠 정의] 탭의 [모달구조감쇠]에 체크.
2. 모달감쇠함수: [5% 감쇠] 선택.
3. [확인] 버튼 클릭.
4. [확인] 버튼 클릭.




작업순서

1. 응답스펙트럼해석에만 체크 되어 있음을 확인. 
2. [확인] 버튼 클릭.



 이미 해석을 수행하여 결과가 존재하는 해석케이스는 자동으로 체크가 해제되어 있습니다. 체크되어 있는 해석케이스에 한하여 해석이 수행됩니다.

 해석을 실행하면 midas NFX 솔버가 작동됩니다. **해석중지!** 버튼을 클릭하면 해석이 중지됩니다.



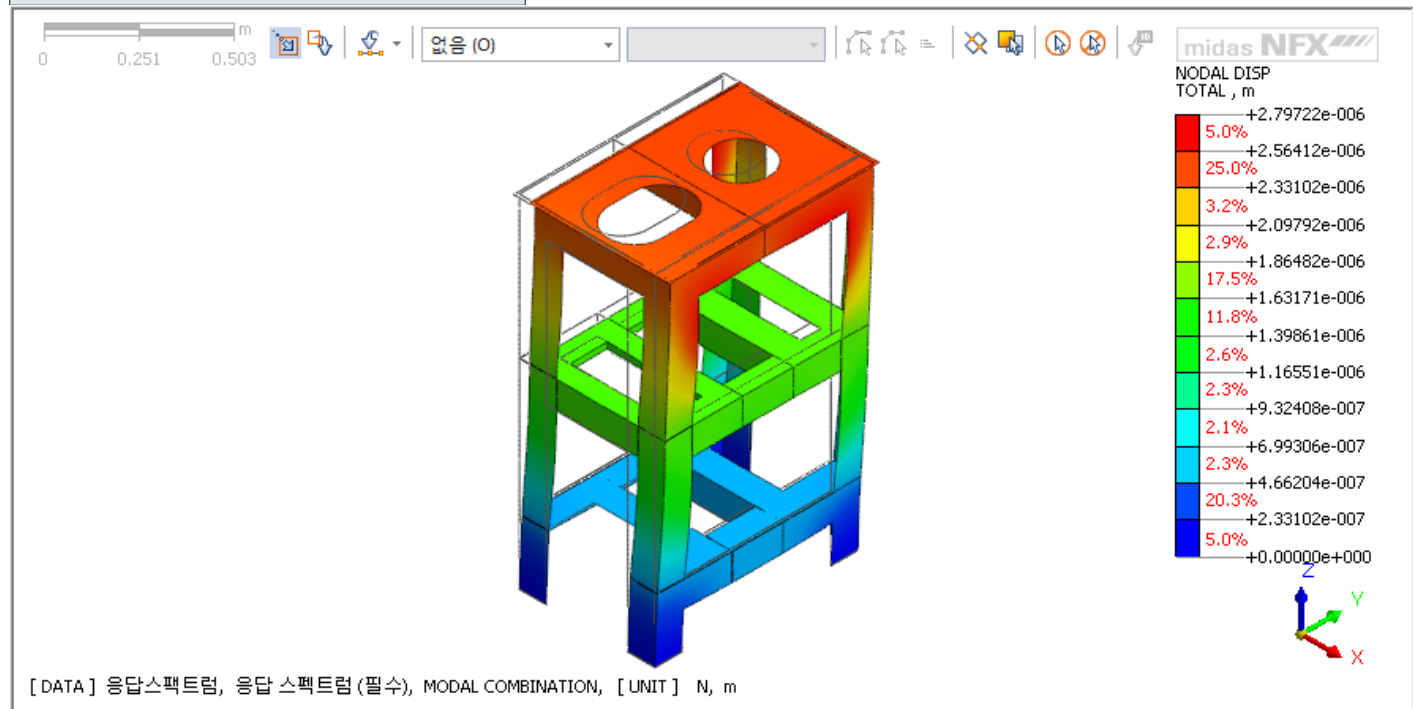
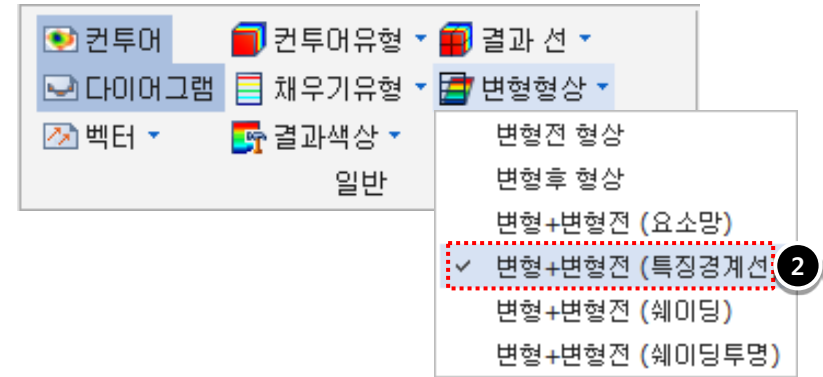
midas NFX 솔버

기다려 주십시오. NFX 솔버 동작 중...

해석중지!

작업순서

1. [전체 변위 (V)] 더블 클릭.
2. 해석 및 결과 >> 일반 >> 변형형상
>> 변형+변형전 (특징경계선) 선택.



작업순서

1. [전체 변위 (V)] 더블 클릭.
2. 해석 및 결과 >> 일반 >> 결과 선
>> 요소망 선 선택.

