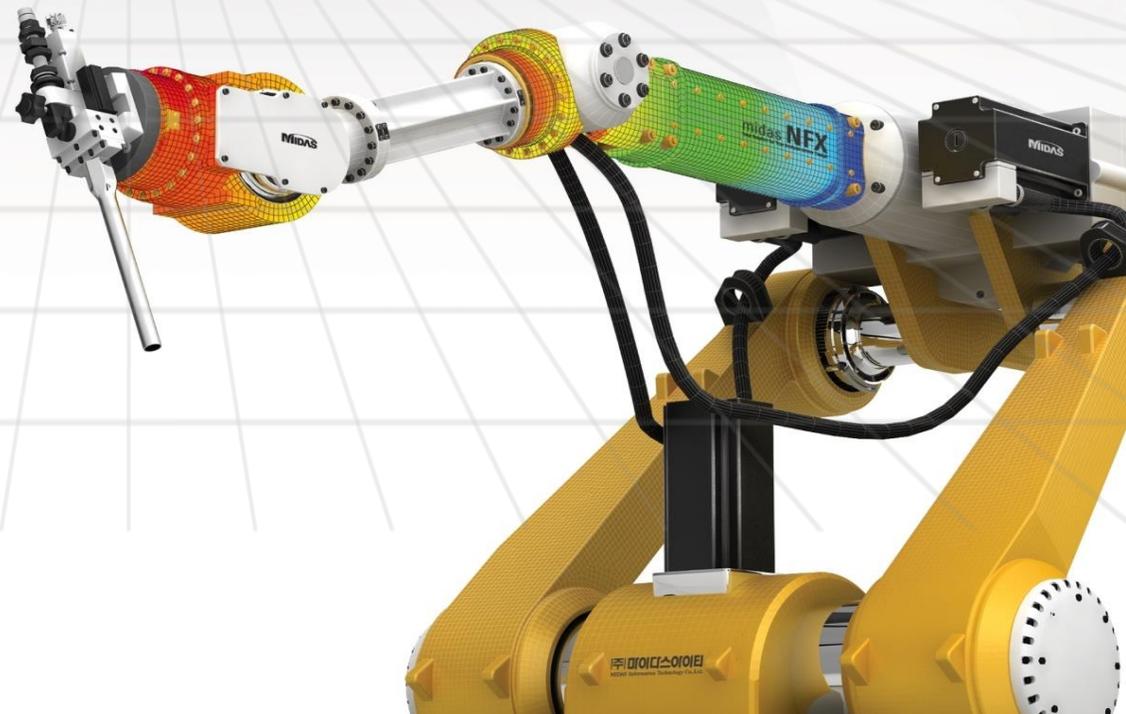


# Response Spectrum Analysis (응답스펙트럼 해석)



## 내진 설계

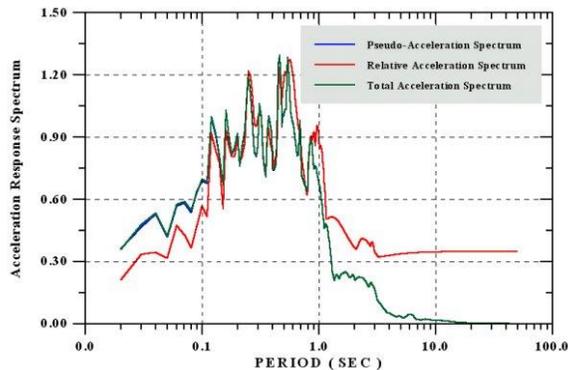
- 내진 설계란 지진이 발생하는 경우의 현상을 예측하고 이에 대한 구조설계를 통하여 지진의 피해를 최소화 하는 것입니다.
- 지진응답해석은 정적해석법과 동적해석법으로 구분할 수 있으며, 동적해석법에는 응답스펙트럼해석과 시간이력해석이 있습니다.

## 응답스펙트럼

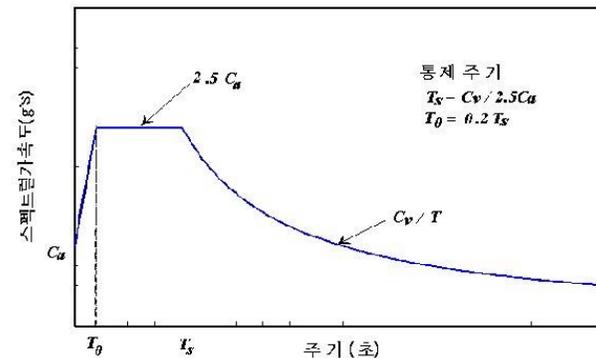
- 응답스펙트럼이란 지반 운동에 의한 응답 물리량의 최고치를 고유주기의 함수로 나타낸 것이며, 변위응답과 유사속도응답, 유사가속도응답 스펙트럼으로 분류할 수 있습니다.
- 단자유도 구조물에 지진하중을 가진하여 각각의 고유주기에 대한 최대응답을 얻은 후, 이를 연결하면 응답스펙트럼을 구할 수 있습니다.

## 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.

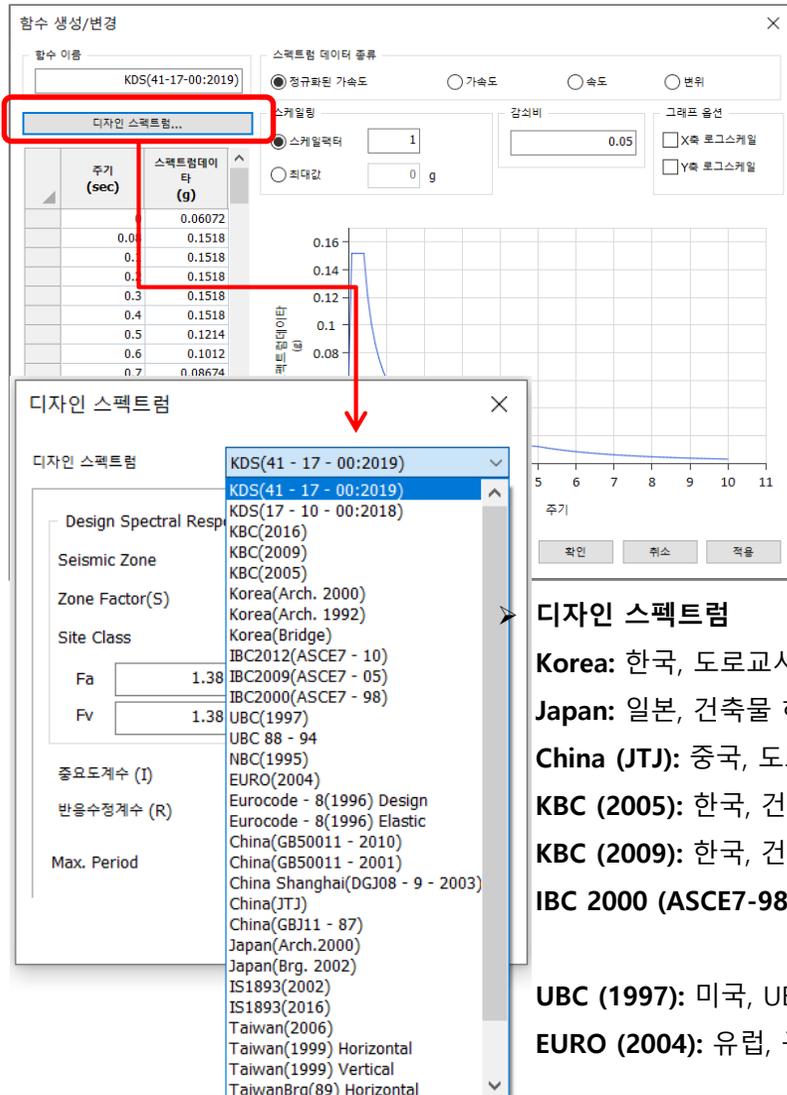


<응답스펙트럼>



<설계응답스펙트럼 - UBC 97>

## 응답스펙트럼 함수



함수 생성/변경

함수 이름: KDS(41-17-00:2019)

스펙트럼 데이터 종류:  정규화된 가속도  가속도  속도  변위

스케일링:  스케일팩터: 1  최대값: 0 g

감쇠비: 0.05

그래프 옵션:  X축 로그스케일  Y축 로그스케일

주기 (sec)	스펙트럼대역타 (g)
0.06072	0.16
0.0	0.1518
0.	0.1518
0.	0.1518
0.3	0.1518
0.4	0.1518
0.5	0.1214
0.6	0.1012
0.7	0.08674

디자인 스펙트럼

디자인 스펙트럼: KDS(41 - 17 - 00:2019)

Design Spectral Resp: KDS(17 - 10 - 00:2018)

Seismic Zone: KBC(2016)

Zone Factor(S): KBC(2009)

Site Class: KBC(2005)

Fa: 1.38

Fv: 1.38

중요도계수 (I): IBC2012(ASCE7 - 10)

반응수정계수 (R): IBC2009(ASCE7 - 05)

Max. Period: IBC2000(ASCE7 - 98)

EURO(2004)

Taiwan(2006)

Taiwan(1999) Horizontal

Taiwan(1999) Vertical

TaiwanBrG(89) Horizontal

## ➤ 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

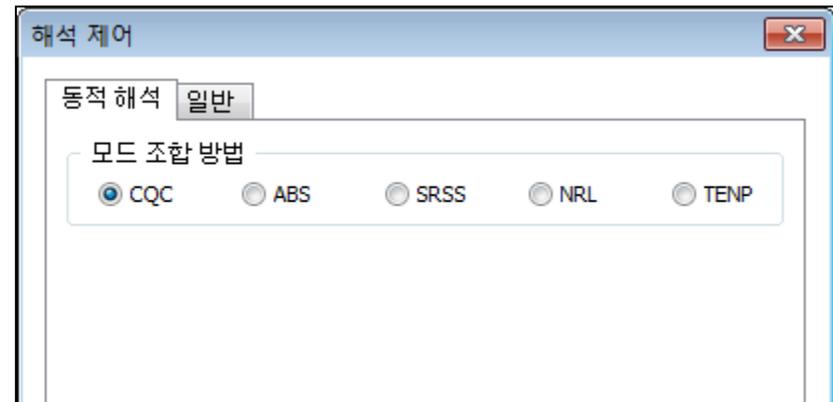
- 응답스펙트럼 해석을 수행하기 전에 반드시 모드해석을 선행해야 함.
- 수행 모드 개수는 스펙트럼의 주파수를 만족할 만큼 충분히 추출 (질량참여율의 합이 전체질량의 90% 이상이 되도록 설정)

### ➤ 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

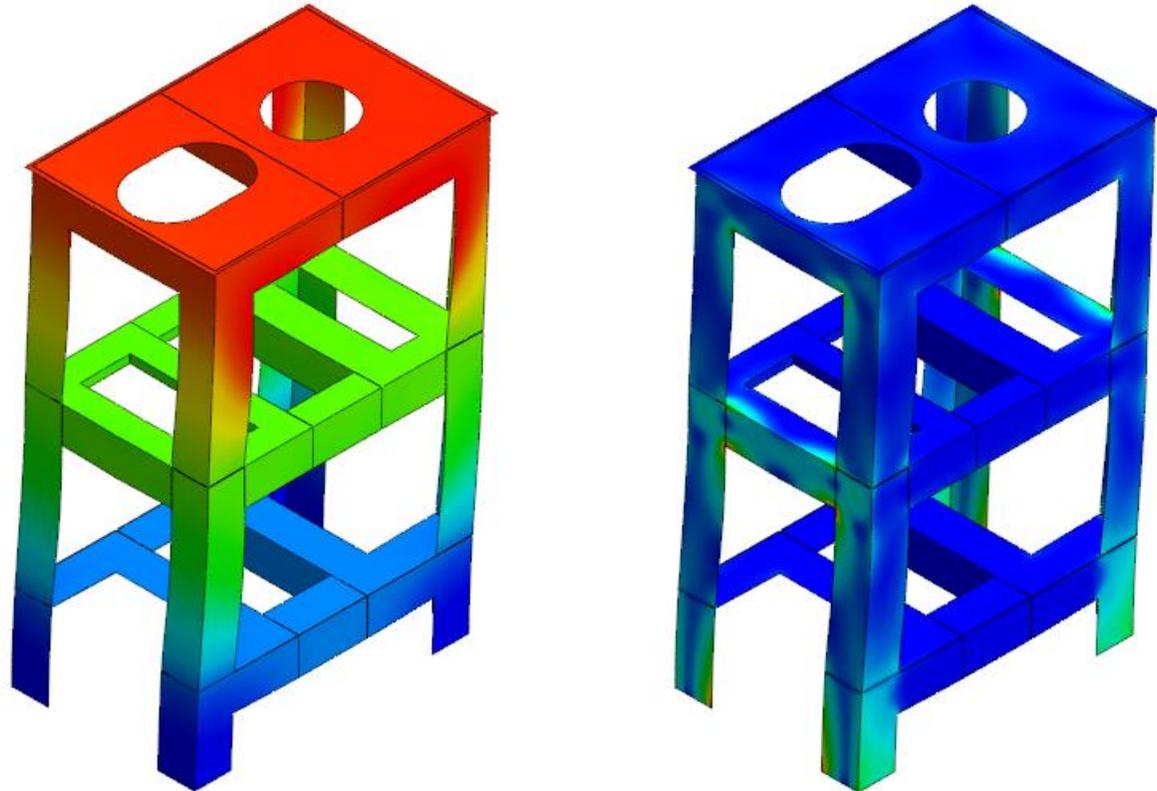
➤ 경계조건과 하중조건

- 고정구속
- KBC 2009
- X 스펙트럼, Y 스펙트럼

➤ 결과확인

- 변위

# Response Spectrum Analysis - Steel Frame



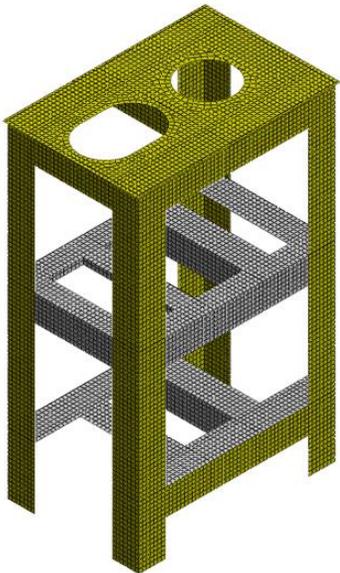
## 따라하기 목적

### ➤ midas NFX를 이용한 기본적인 응답스펙트럼 해석의 수행 및 기능 이해

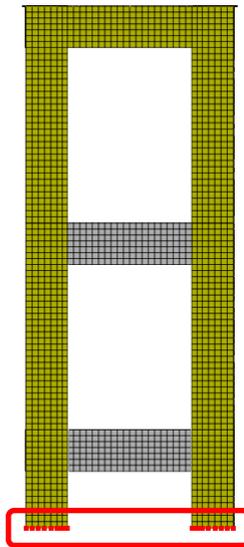
- 응답스펙트럼 해석은 일반적으로 실무에 활용되는 내진해석 방법으로, 한 스텝만 해석을 수행하기 때문에 해석 시간이 짧고 처리해야 하는 결과 데이터가 적으며, 실무에서 필요한 최대 변위 및 최대 응력을 쉽게 얻을 수 있습니다.
- 응답스펙트럼은 단자유도 구조물에 지진하중을 가진하여 각각의 고유주기에 대한 최대응답을 얻은 후, 이를 연결하여 얻을 수 있습니다.
- 본 따라하기에서는 모드해석을 통해 충분한 질량참여율 확보가 가능한 모드 개수를 확인하고 디자인 스펙트럼을 활용하는 방법에 대하여 습득하도록 합니다.

## 해석 개요

### ➤ 유한요소모델 (사각형 요소망)



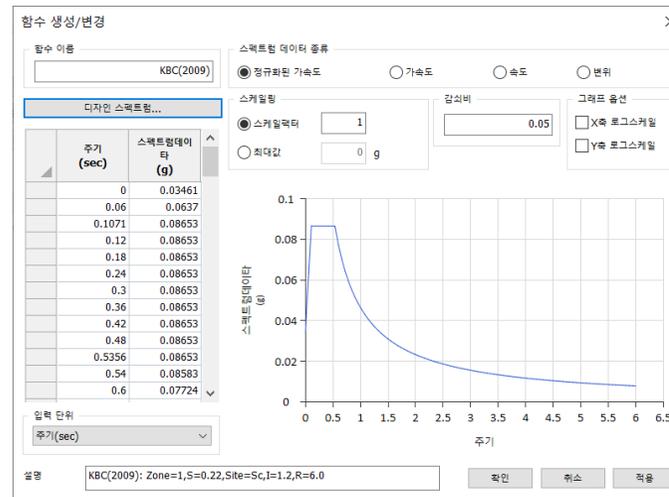
### ➤ 구속조건 (고정구속)



하단 면에  
고정 구속조건 부가

### ➤ 하중조건 (디자인 스펙트럼 - KBC 2009)

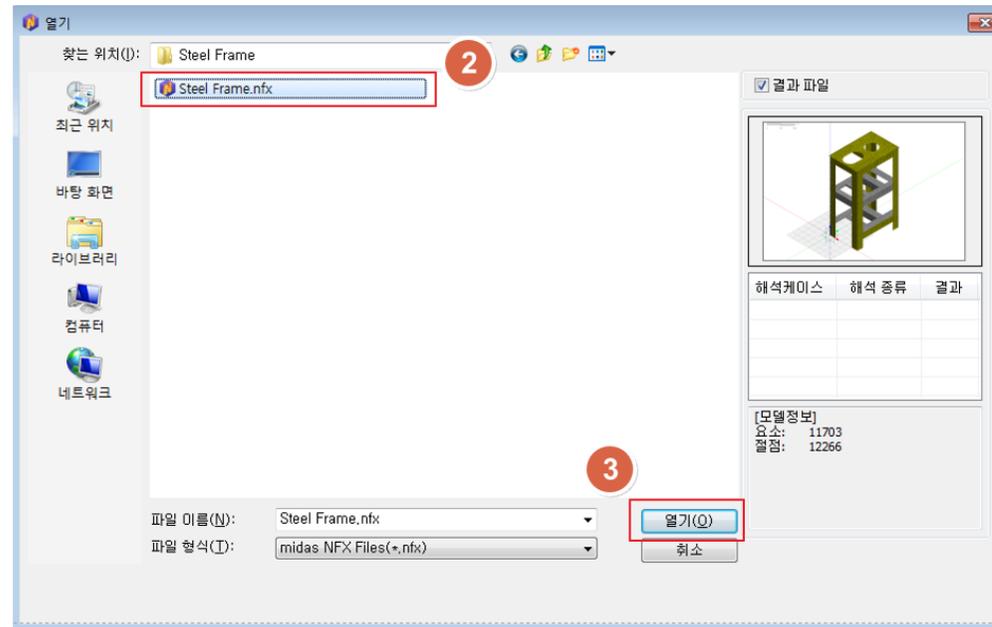
- X, Y방향 가진



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

## 작업순서

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



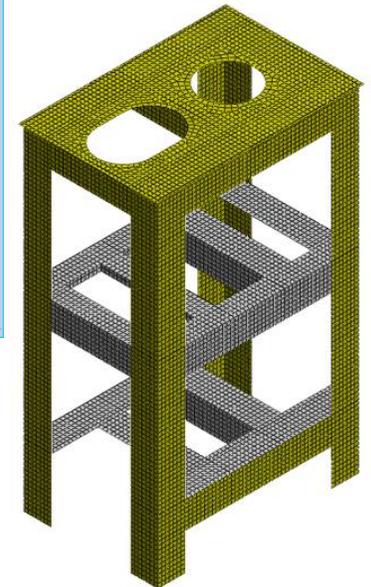
💡 미리 생성해 둔 해석모델을 불러와 경계조건과 동적 하중 조건을 입력하여 해석을 진행합니다.

모두 보이기  
모두 감추기  
모든 형상 보이기  
모든 형상 감추기  
모든 요소망 보이기  
모든 요소망 감추기

작업 평면 옮기기

가이드더 보이기/감추기  
모든 가이드더 보이기  
모든 가이드더 감추기

모든 레이블 보이기  
모든 레이블 감추기



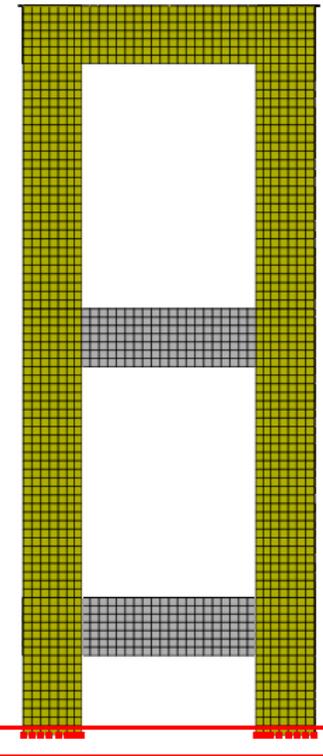
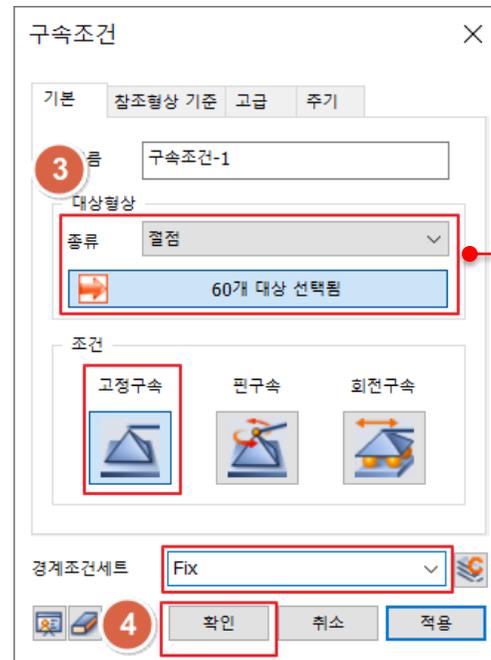
## 작업순서

1. [구속조건] 클릭.
2. [ ] (정면) 클릭.
3. 구속조건 입력

경계조건세트	Fix
대상종류	절점
대상선택	60개 선택 
조건	고정구속

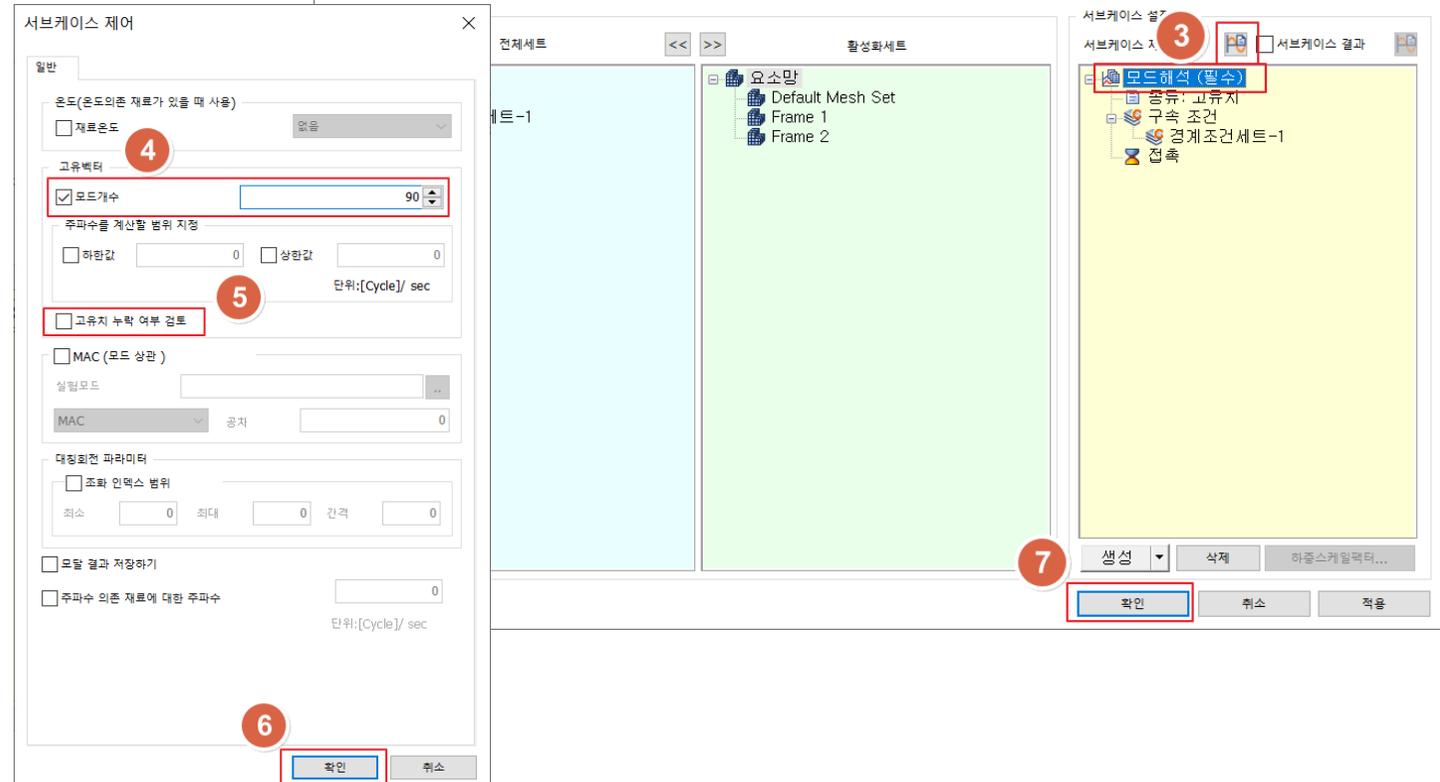
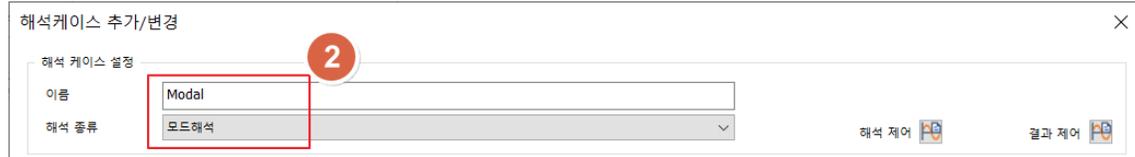
4. [확인] 버튼 클릭

 작업화면에서 마우스 드래그로 박스에 포함되는 대상을 선택할 수 있습니다.



## 작업순서

1. [단일해석] 클릭.
  2. 해석케이스 설정
- |       |       |
|-------|-------|
| 이름    | Modal |
| 해석 종류 | 모드해석  |
3. 서브케이스 설정의 “모드해석 (필수)” 를 클릭.
- 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

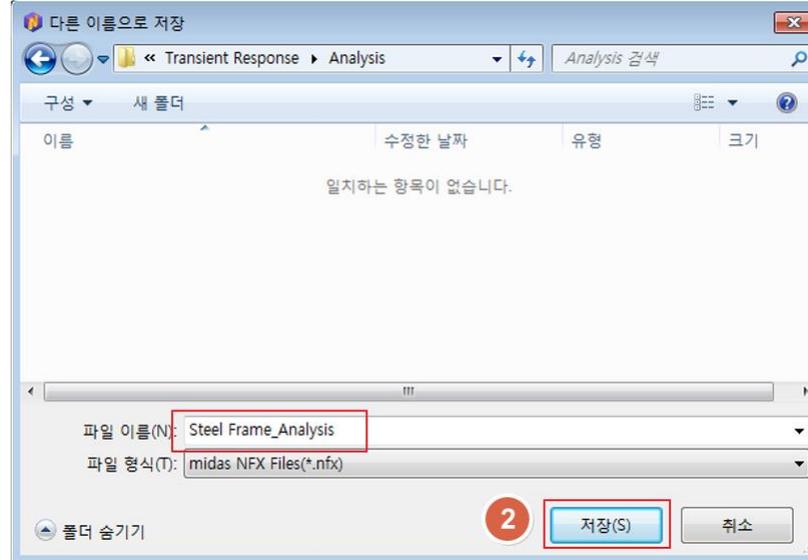
1. 다른 이름으로 저장:

“Steel Frame\_Analysis” 입력. 

2. [저장(S)] 버튼 클릭.

3. 해석 및 결과 >> 해석 >> 실행 클릭.

4. [확인] 버튼 클릭.

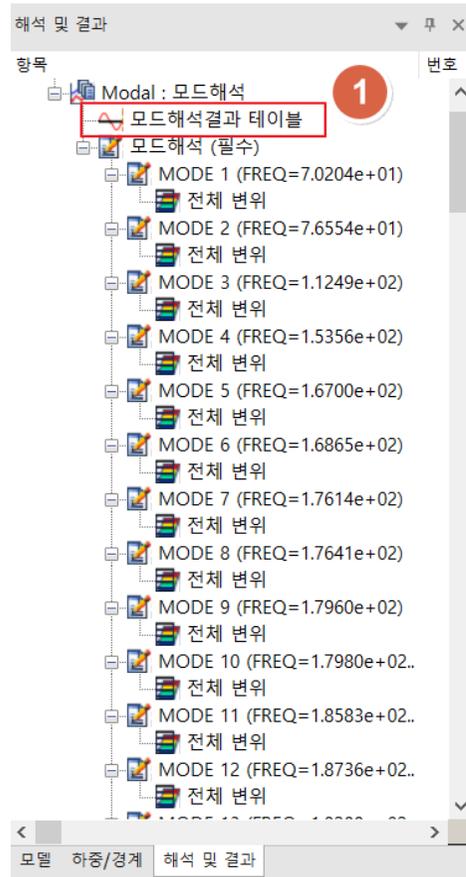


 따라하기 시작파일을 보존하기 위하여 해석파일을 다른 이름으로 저장합니다.



## 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.

MODE NUMBER	PERCENTAGE MODAL EFFECTIVE MASS					
	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%
10	0.00%	0.10%	0.01%	0.55%	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%

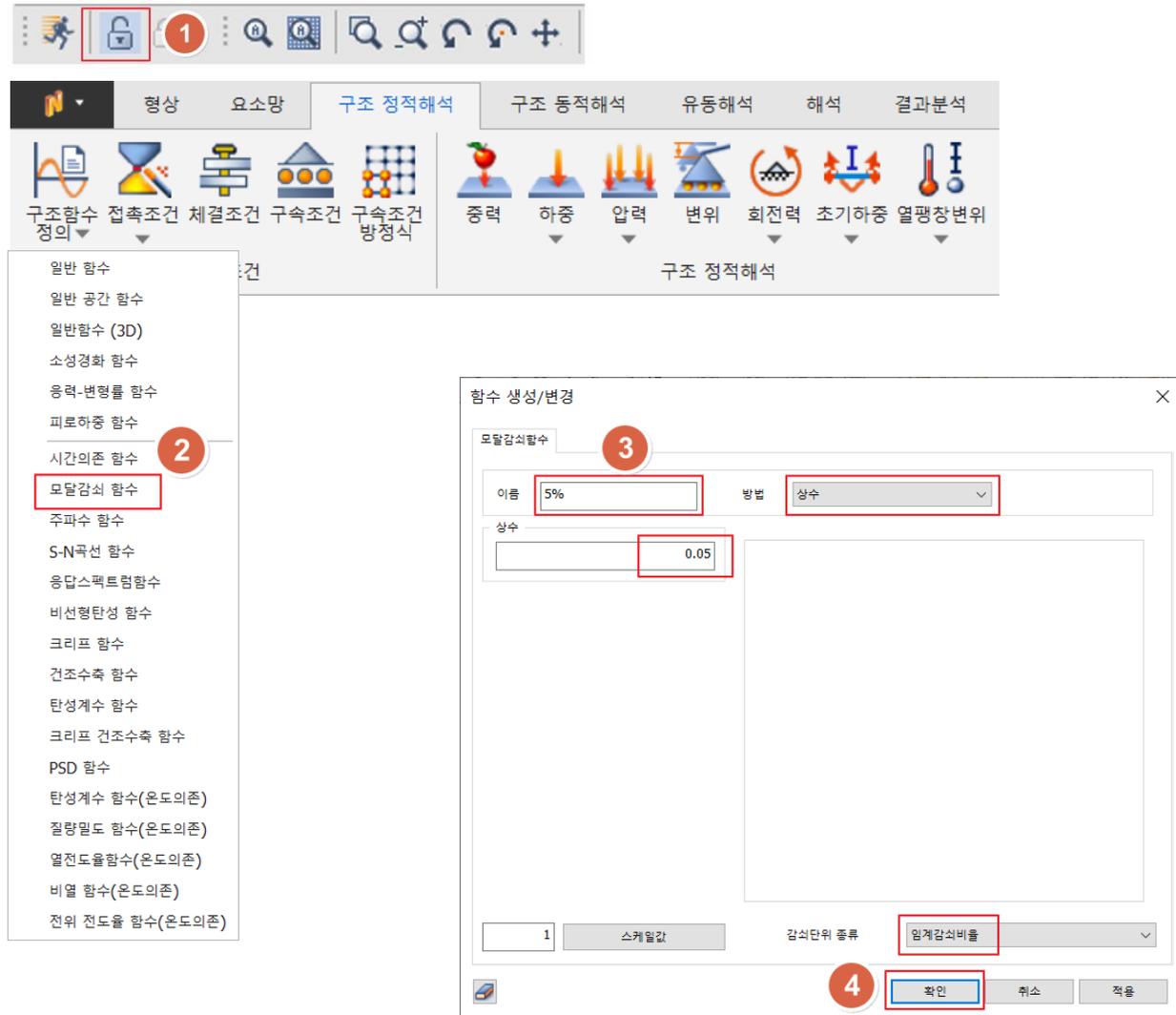
## 작업순서

1. [전처리모드] 클릭.
2. [모달감쇠 함수] 클릭.
3. 모달감쇠함수 입력.

이름	5% 감쇠
방법	일정
상수	0.05
감쇠단위종류	임계감쇠비율

4. [확인] 버튼 클릭

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



구조 정적해석

구조 함수정의

일반 함수  
일반 공간 함수  
일반함수 (3D)  
소성경화 함수  
응력-변형률 함수  
피로하중 함수  
시간의존 함수  
**모달감쇠 함수**  
주파수 함수  
S-N곡선 함수  
응답스펙트럼함수  
비선형탄성 함수  
크리프 함수  
건조수축 함수  
탄성계수 함수  
크리프 건조수축 함수  
PSD 함수  
탄성계수 함수(온도의존)  
질량밀도 함수(온도의존)  
열전도율함수(온도의존)  
비열 함수(온도의존)  
전위 전도율 함수(온도의존)

함수 생성/변경

모달감쇠함수

이름 5% 방법 상수

상수 0.05

1 스케일값 감쇠단위 종류 임계감쇠비율

4 확인 취소 적용

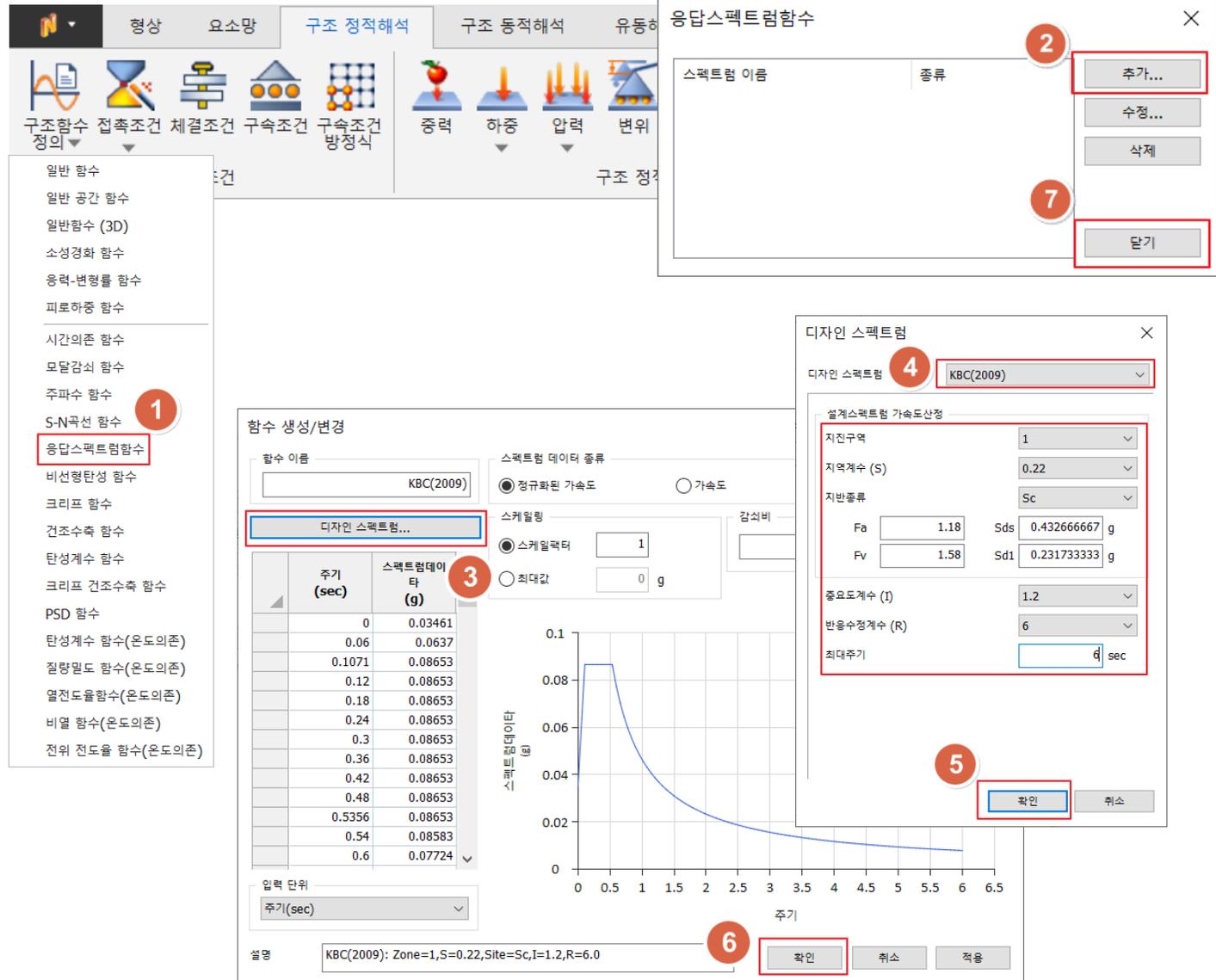
## 작업순서

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

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

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

💡 지진하중은 “건축구조기준(KBC 2009)”  
를 적용합니다.



함수 생성/변경

함수 이름: KBC(2009)

스펙트럼 데이터 종류:  정규화된 가속도  가속도

스케일링:  스케일팩터: 1  최대값: 0 g

스펙트럼 데이터

주기 (sec)	스펙트럼데이터 (g)
0	0.03461
0.06	0.0637
0.1071	0.08653
0.12	0.08653
0.18	0.08653
0.24	0.08653
0.3	0.08653
0.36	0.08653
0.42	0.08653
0.48	0.08653
0.5356	0.08653
0.54	0.08583
0.6	0.07724

입력 단위: 주기(sec)

설명: KBC(2009): Zone=1,S=0.22,Site=Sc,I=1.2,R=6.0

디자인 스펙트럼: KBC(2009)

설계스펙트럼 가속도상정

지진구역: 1

지역계수 (S): 0.22

지반종류: Sc

Fa: 1.18 Sds: 0.43266667 g

Fv: 1.58 Sd1: 0.231733333 g

중요도계수 (I): 1.2

반응수정계수 (R): 6

최대주기: 6 sec

## 작업순서

1. [응답스펙트럼] 클릭.
2. 전체응답스펙트럼 조건 입력

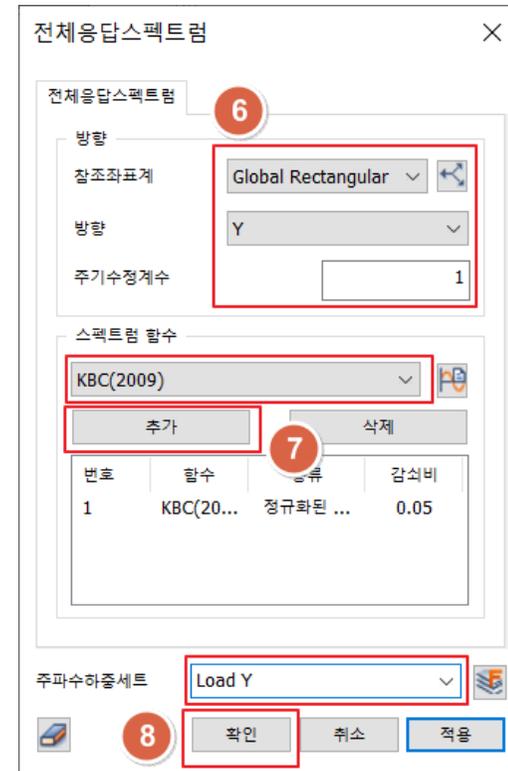
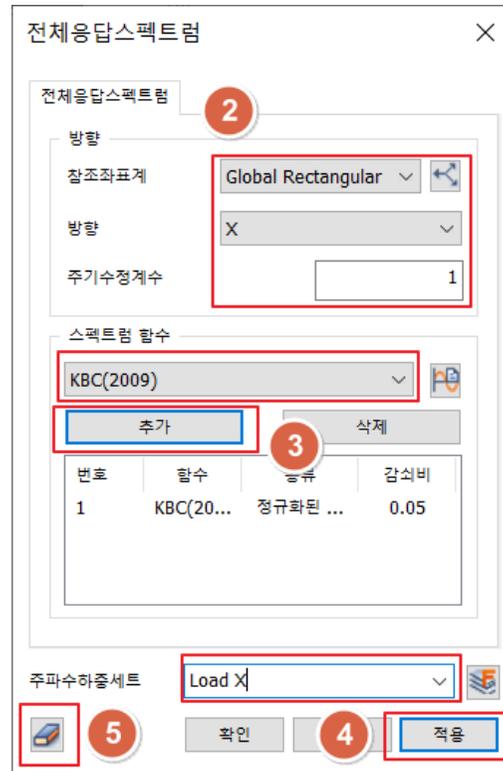
참조좌표계	전체직교좌표계
방향	X
주기수정계수	1
스펙트럼 함수	KBC 2009
주파수하중세트	Load X

3. [추가] 버튼 클릭.
4. [적용] 버튼 클릭.
5. [리셋] 버튼 클릭.

6. 전체응답스펙트럼 조건 입력

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

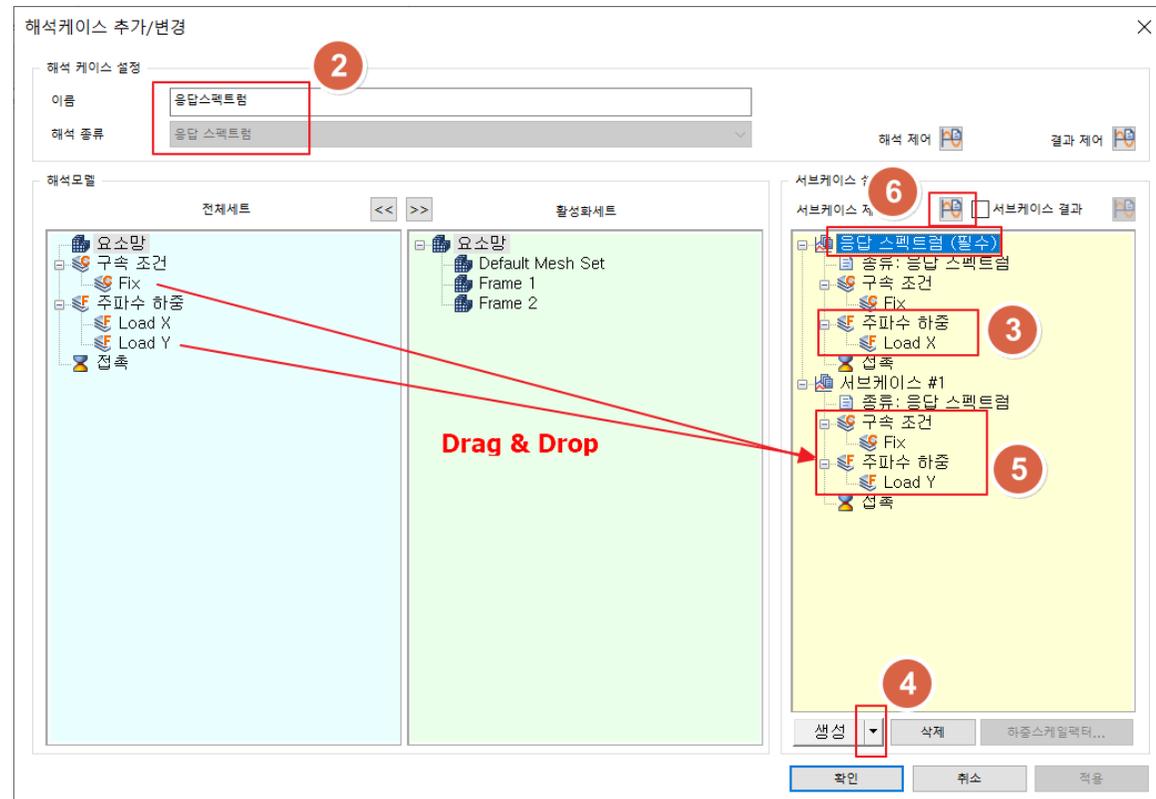
7. [추가] 버튼 클릭.
8. [확인] 버튼 클릭.



## 작업순서

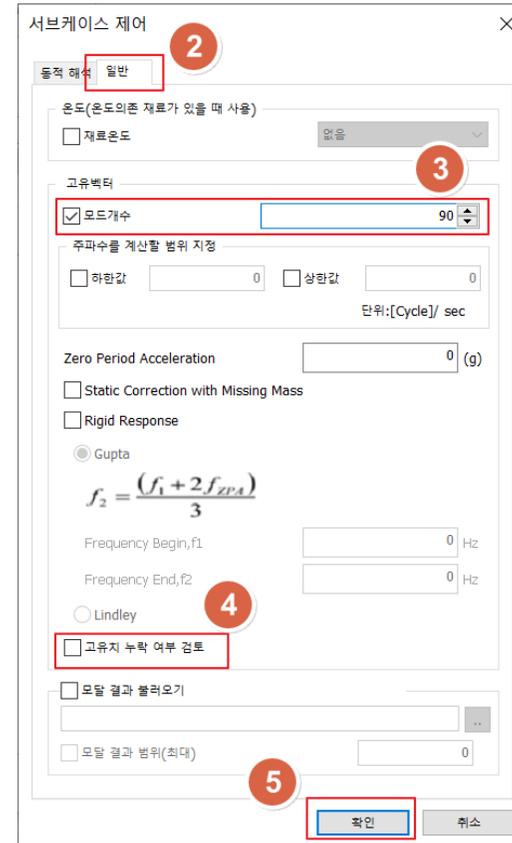
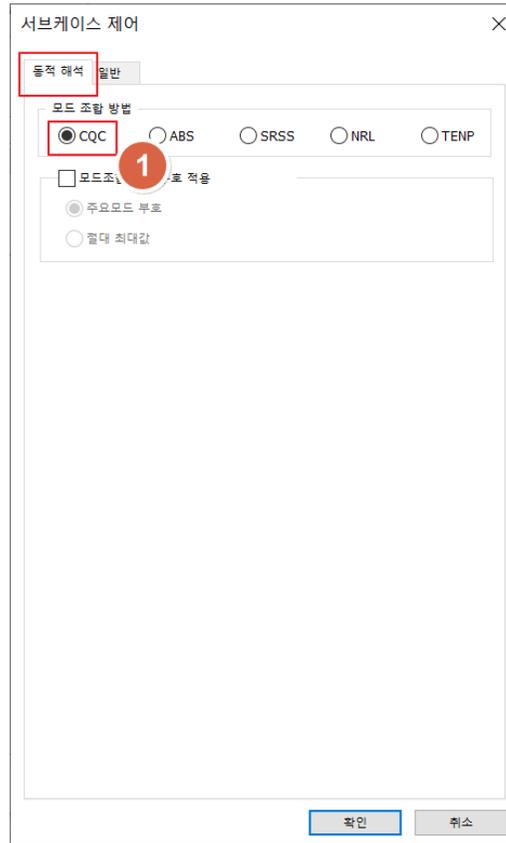
1. [단일해석] 클릭.
2. 해석케이스 설정
 

이름	응답스펙트럼
해석 종류	응답 스펙트럼
3. 전체세트의 [Load X]를 드래그하여 서브케이스 설정으로 이동.
4. “생성 >> 응답 스펙트럼” 을 선택하여 “서브케이스 #1”을 생성
5. 전체세트의 [Load Y], [Fix]를 드래그하여 “서브케이스 #1” 설정으로 이동.
6. 서브케이스 설정의 “응답스펙트럼 (필수)”를 클릭. 활성화된 서브케이스 제어 버튼 클릭.



## 작업순서

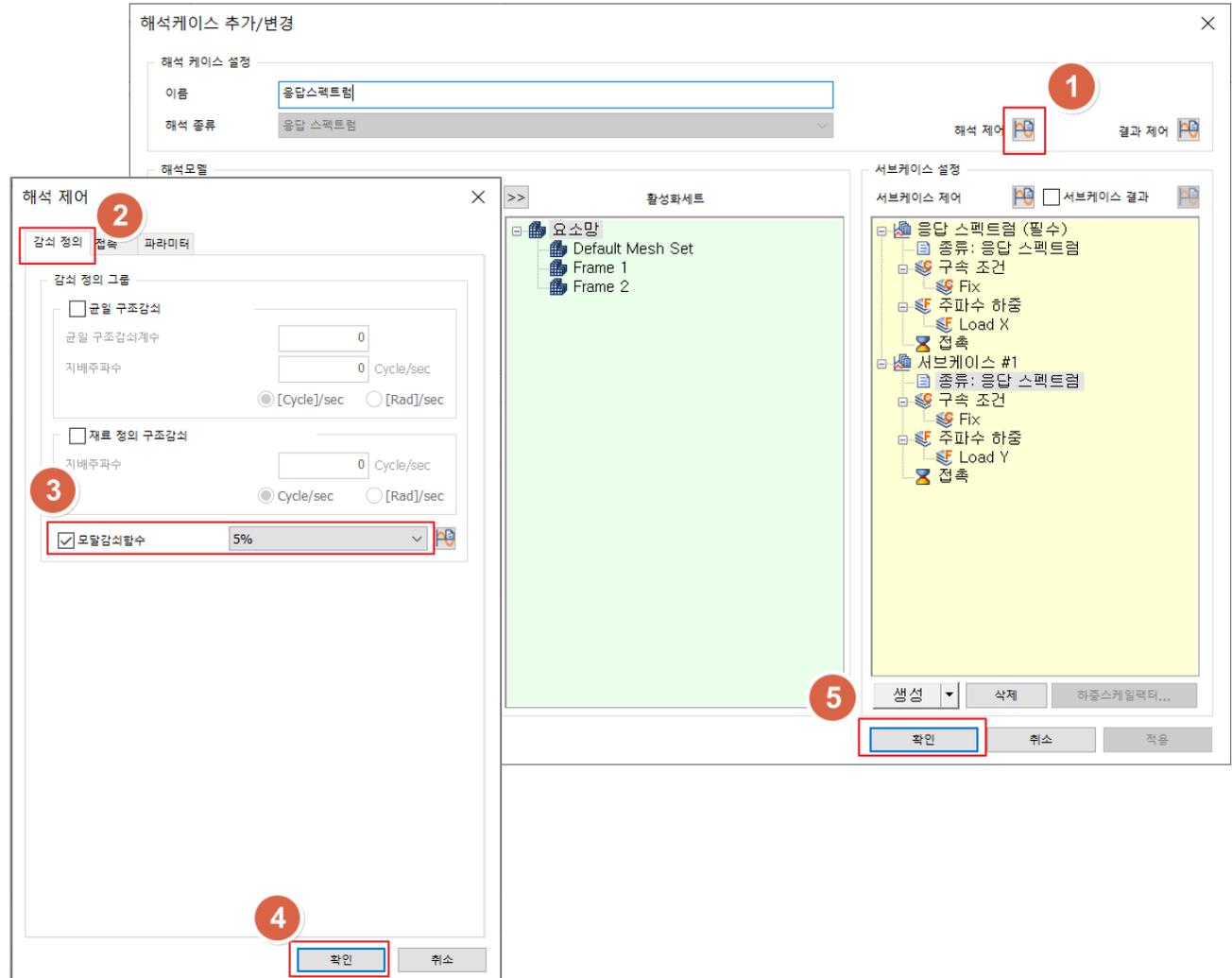
1. [동적 해석] 탭의 [CQC] 선택.
2. [일반] 탭 클릭.
3. 모드개수: "90" 입력. 💡
4. [고유치 누락 여부 검토] 체크 해제.
5. [확인] 버튼 클릭.



💡 질량참여율이 90% 이상이었던 모드 해석의 조건을 그대로 적용합니다.

## 작업순서

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



해석케이스 추가/변경

해석 케이스 설정

이름: 응답스펙트럼

해석 종류: 응답 스펙트럼

해석모듈

1

해석 제어

결과 제어

서브케이스 설정

서브케이스 제어

서브케이스 결과

요소망

- Default Mesh Set
- Frame 1
- Frame 2

5

생성 삭제 하중스케일링...

확인 취소 적용

해석 제어

2

감쇠 정의

3

감쇠 정의 그룹

균일 구조감쇠

균일 구조감쇠계수: 0

지배주파수: 0 Cycle/sec

[Cycle]/sec  [Rad]/sec

재료 정의 구조감쇠

지배주파수: 0 Cycle/sec

Cycle/sec  [Rad]/sec

4

모달감쇠함수 5%

확인 취소

서브케이스 #1

- 응답 스펙트럼 (필수)
- 종류: 응답 스펙트럼
- 구속 조건
- Fix
- 주파수 하중
- Load X
- 접촉

- 종류: 응답 스펙트럼
- 구속 조건
- Fix
- 주파수 하중
- Load Y
- 접촉

확인 취소 적용

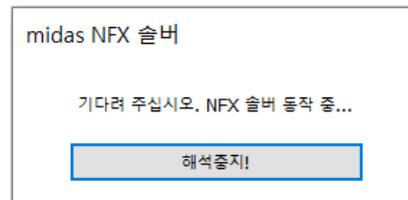
## 작업순서

1. [실행] 클릭.
2. "응답스펙트럼"만 체크 되어  음을 확인.
3. [확인] 버튼 클릭.



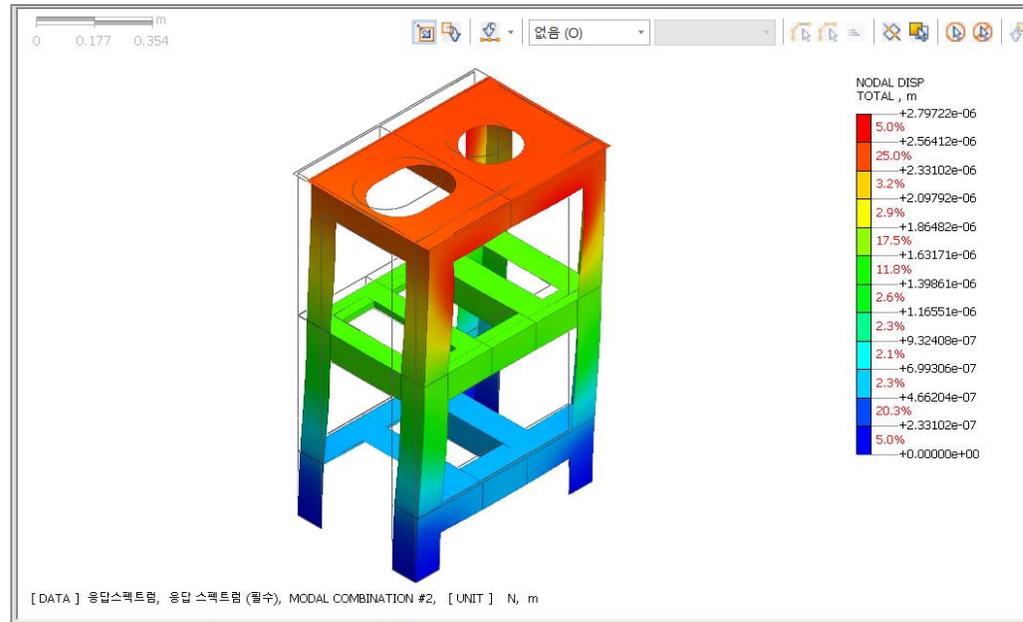
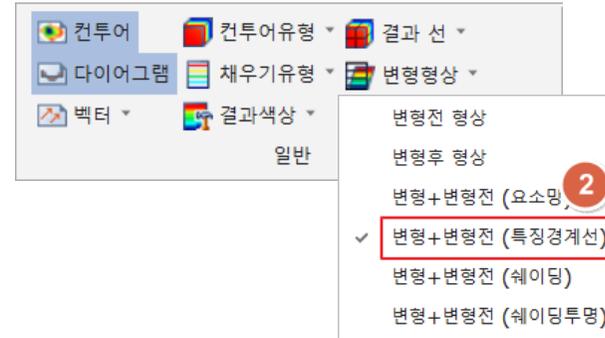
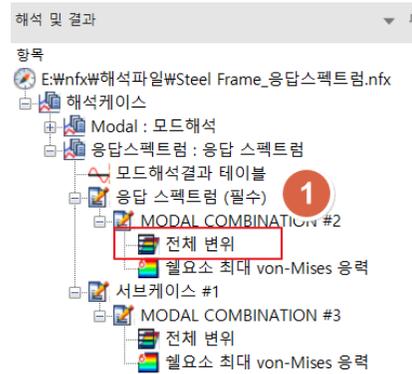
 이미 해석을 수행하여 결과가 존재하는 해석케이스는 자동으로 체크가 해제되어 있습니다. 체크되어 있는 해석케이스에 한하여 해석이 수행됩니다.

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



## 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.

