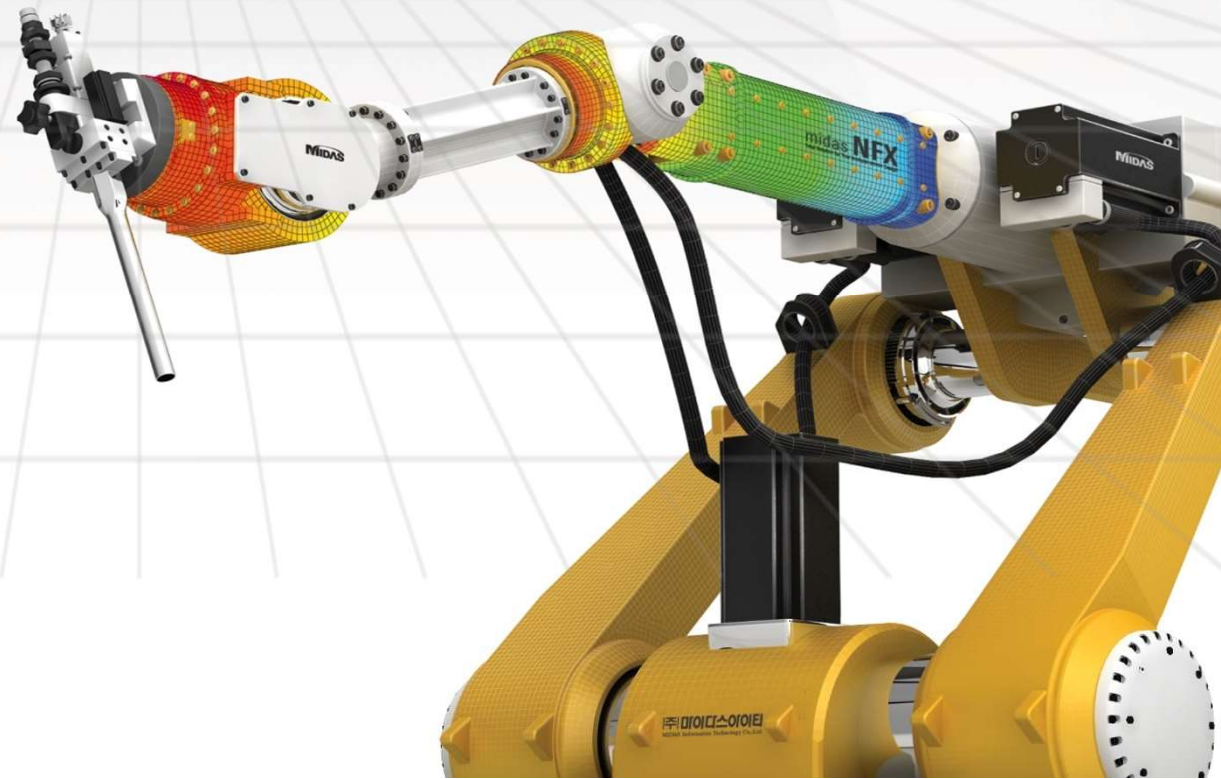


Modal Analysis (모드해석)



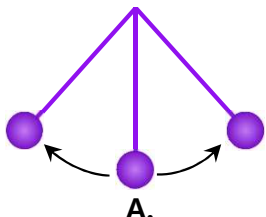
모드해석

- 모드해석은 구조물의 동적 특성을 파악하기 위한 방법으로 구조물의 고유진동수와 모드형상을 파악하여 구조물의 공진여부나 진동에 의한 변형을 예측하는 해석입니다.
- 구조물의 동적 특성에 따라 동적 하중에 대한 응답이 정해지기 때문에 모든 동해석을 수행하기 전에 반드시 확인해야 합니다.

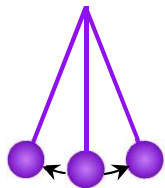
주요 용어

➤ 고유 진동수(Natural Frequency)와 고유 진동주기(Natural Period)

- 고유 진동수 : 구조물의 동적 특성을 표현하는 한 가지로써 단위시간에 진동하는 회수를 의미(Hz)
- 고유 진동주기 : 진동수의 역수($1/f$)로서 1회 진동하는데 소요되는 시간을 의미(sec)
- 고유 모드 형상 : 외부의 힘이 제거된 상태에서 구조물이 진동하는 형상을 의미하며,
구조물이 가장 쉽게 변형할 가능성이 높은 형상부터 저차 모드를 가짐
- 공진 : 고유진동수가 구조물에 가해지는 작동주파수의 근처에 있게 되면 구조물에 공진이 발생



A.

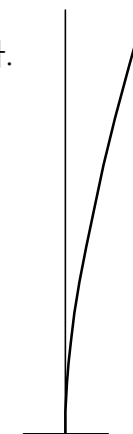


B.

<진폭이 다른 진자의 운동>

- A와 B의 경우에 서로 진폭이 다르지만 진동수와 주기는 일정합니다.
- 진동수와 주기는 길이에 따라 바뀌는 고유 특성입니다.
- 이처럼 진자의 운동에서 초당 왕복하는 횟수를 **고유 진동수**라 하고, 1회 왕복하는데 소요되는 시간을 **고유 진동주기**라고 합니다.
- 구조물의 **고유 진동수**는 구조물의 **강성에 비례**하고 **질량에 반비례**하는 특성을 갖고 있고, 해석 대상물의 구속 위치에서 멀리 떨어진 위치에 집중 질량이 있는 경우는 관성 효과로 인해 고유 진동수를 크게 감소시키는 효과가 나타납니다.

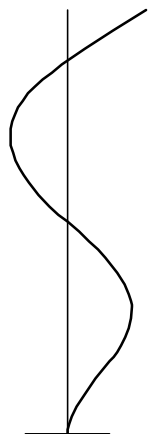
• 외팔보의 고유 모드 형상



1차 모드



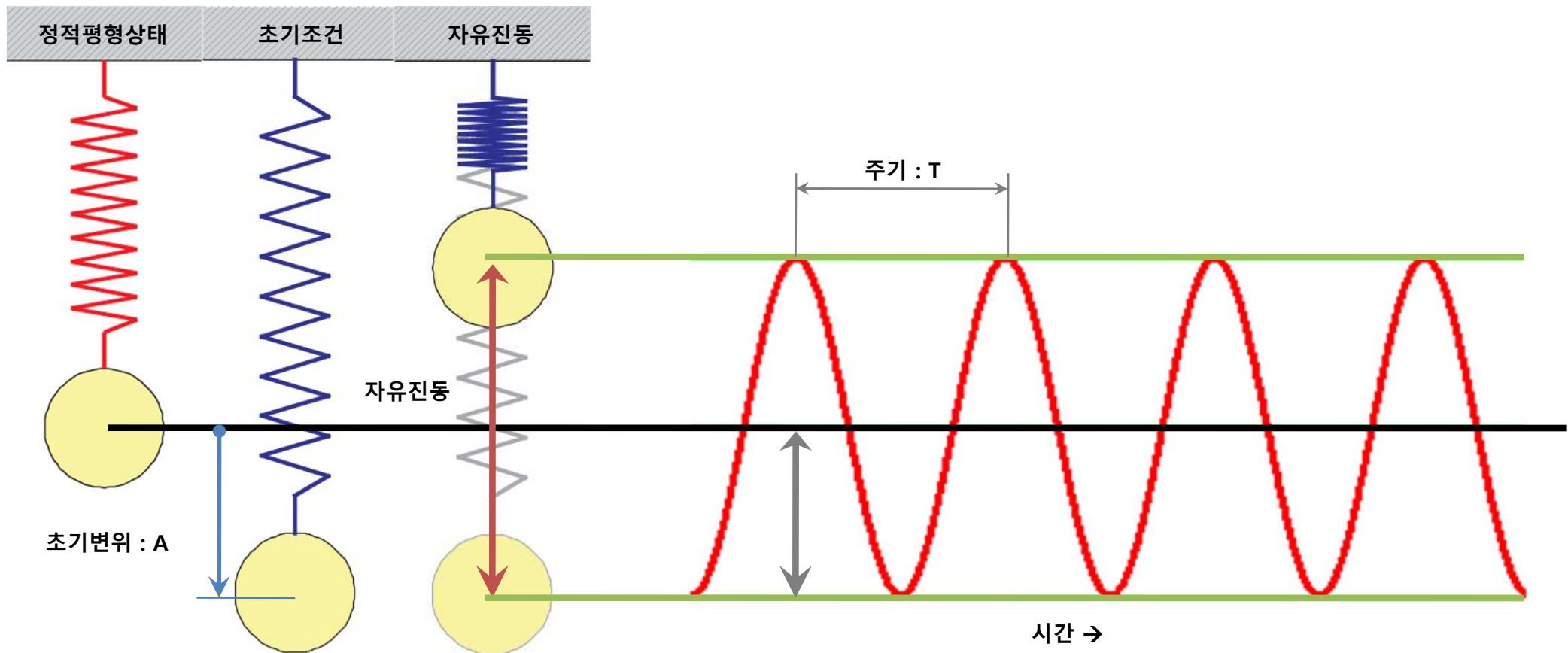
2차 모드



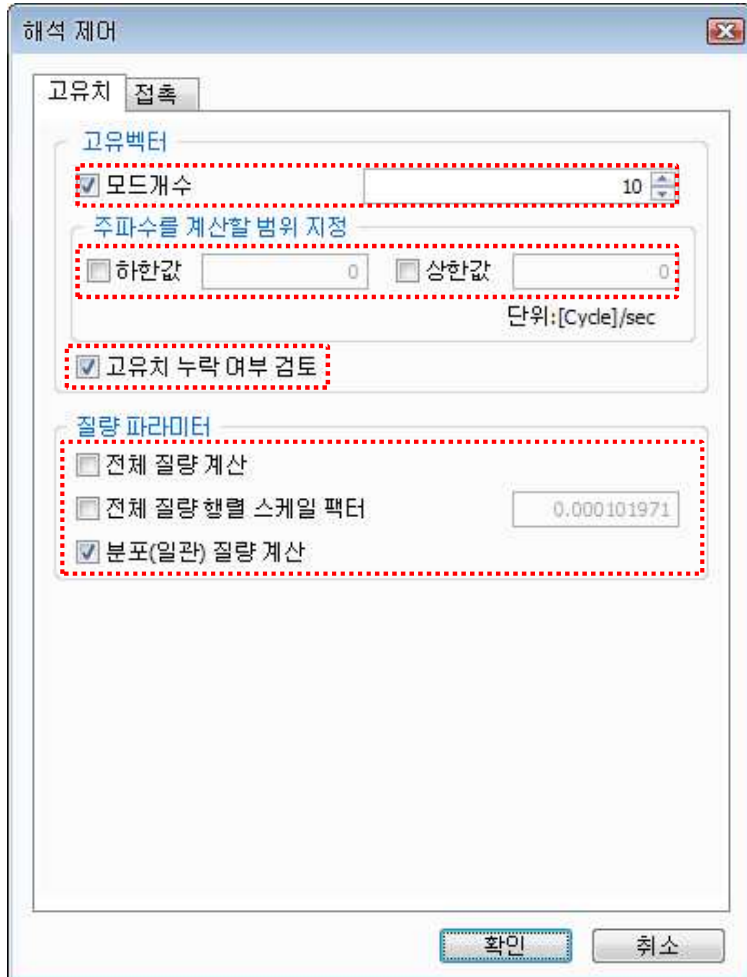
3차 모드

자유 진동

- 구조물에 작용하는 외력이 없는 상태(즉, free한 상태)에서 구조물에 내재된 힘(관성력, 감쇠력, 복원력)만으로 진동하는 것을 의미하며, 이 경우 구조물의 진동은 외력의 영향을 받지 않는 구조물만의 고유한 동적 특성의 하나 이상의 고유진동수(natural frequency)로 진동
- 하중이 작용되지 않는에도 자유진동이 발생하는 이유는 초기조건(initial condition)이 0(zero)이 아니기 때문입니다.



모드해석 옵션



• 모드개수

: 계산하고자 하는 고유진동수의 개수를 입력합니다.

• 하한값/상한값

: 고유진동수의 범위를 결정합니다.

지정된 상/하한 값 내에서만 계산합니다.

• 고유치 누락 여부 검토

: 해석 시 누락된 고유치를 반복 작업을 통하여 계산해 줍니다.

• 절점질량(중량) 특성값 계산

: 절점 질량에 해당하는 특성값을 계산하여 보여줍니다.

특성값으로는 전체질량, 무게중심, 질량관성 모멘트 등이 있습니다.

• 전체 질량 행렬 스케일링 팩터

: 이 파라미터 값은 재질 밀도값이 질량값 대신에 무게값으로 입력이 되었을 경우 사용합니다.

아래의 수식에 의하여 질량값으로 계산해 줍니다.

$$\rho_m = \left(\frac{1}{g}\right) \rho_w$$

• 분포(일관) 질량 계산

: 분포 질량계산이 On 되어져 있으면 일반적인 질량행렬이 아닌 분포 질량 행렬로 계산하는데 이 행렬값은 질량간에 서로 Coupled 되어진 값을 의미합니다.

개요

➤ 선형 정적 해석

- 단위 : N, mm
- 등방성 탄성 재료
- 기하모델: Hanger.x_t

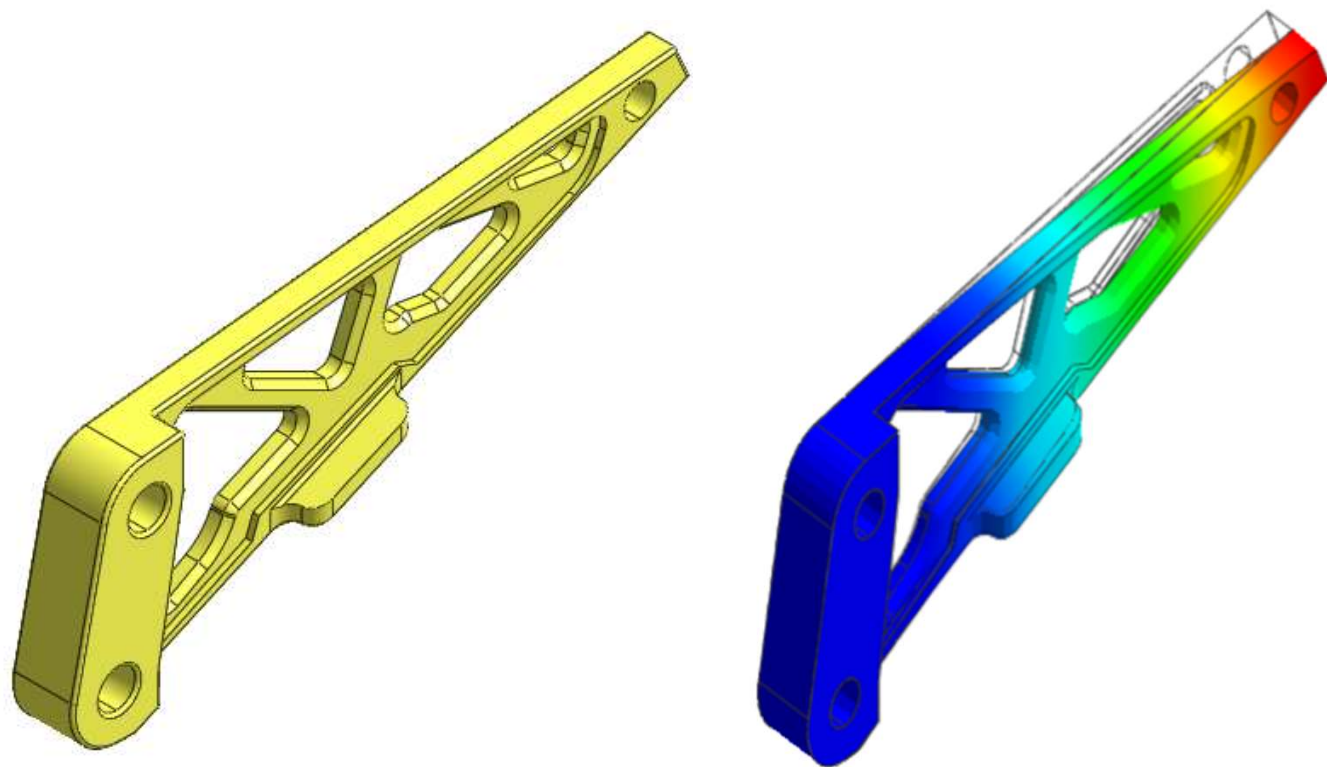
➤ 경계조건과 하중조건

- 경계조건 (고정구속)

➤ 결과확인

- 모드해석 결과
- 모드 형상
- 고유진동수

Hanger



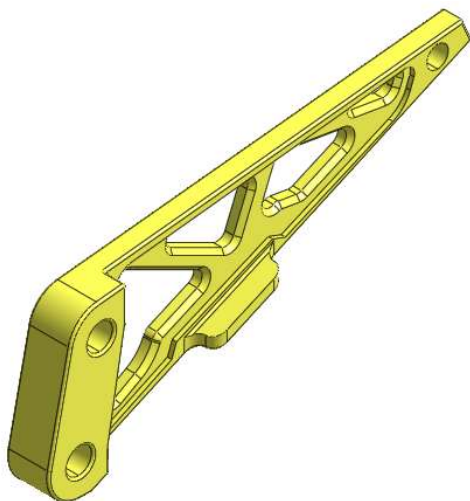
따라하기 목적

➤ midas NFX를 이용한 기본적인 모드 해석의 수행 및 기능 이해

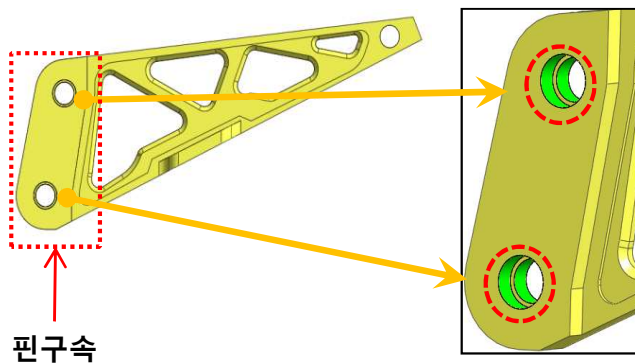
- 모드해석은 진동이나 주기적인 하중을 받는 부품에 대한 설계 검증 시에 주로 이용합니다.
- 모드해석에서는 특정한 구속을 받는 구조물에 대한 **공진 진동수**를 계산하고 **모드 형상**을 제공합니다.
- 본 따라하기에서는 단일 파트 모델에서 해석에 불필요한 필렛을 간략화하고 모드해석을 통해 파트의 고유 진동수와 모드형상 등을 확인하도록 합니다.

해석 개요

➤ 대상 모델

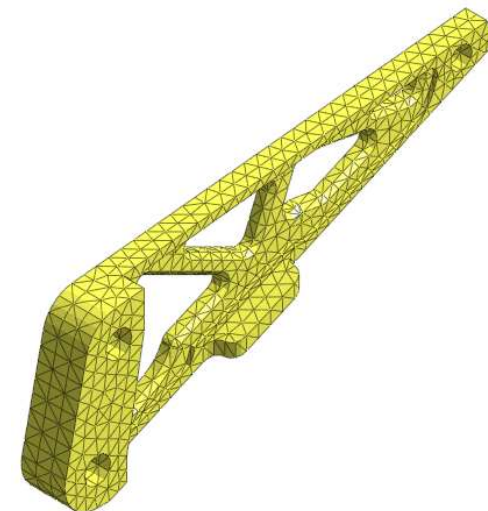


➤ 구속조건 (고정구속)





모드해석에서의 경계조건은 필수적이지는 않지만 구속이 존재하면 경계조건으로 반영해야 합니다. 모델이 완전히 구속되지 않았을 경우 1차 모드는 진동수가 0에 가까운 강체모드(Rigid Body Mode)가 나타납니다.

➤ 유한요소모델 (사면체 요소망)



작업순서

1. [] (새로 만들기) 클릭.. 
2. [3차원/일반모델] 선택.
3. 단위계 [N-mm-J-sec] 선택.
4. [확인] 버튼 클릭.
5. 작업윈도우에서 마우스 오른쪽 버튼 클릭 후, [모든 가이드 감추기] 선택.



해석조건 설정

프로젝트명 담당자

설명

모델 종류

☒ 3차원/일반모델 2

☐ 2차원모델

☐ 축대칭

단위계

N mm J sec 3

중력가속도(g) mm/sec²

4 확인 취소

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


작업 평면 옮기기


가이드 보이기/감추기 5

모든 가이드 보이기

모든 가이드 감추기

모든 레이블 보이기
모든 레이블 감추기

 프로그램을 실행시킨 후 [새로 만들기]를 클릭하면 모든 메뉴가 활성화 됩니다.

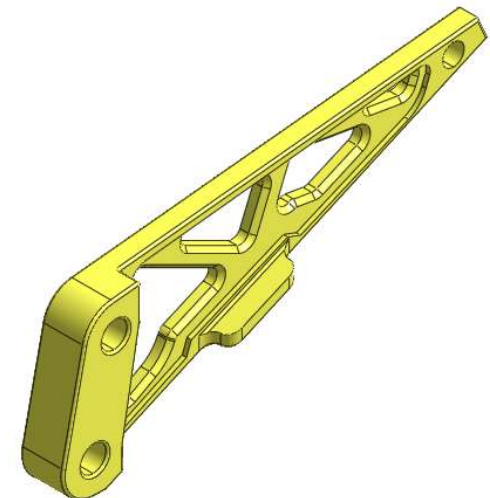
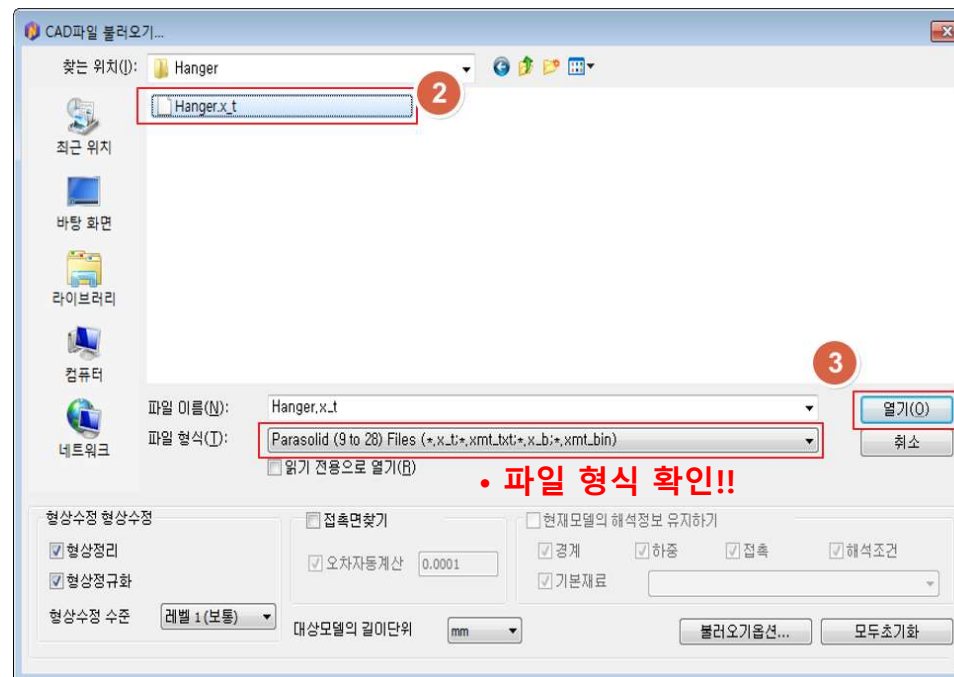
 해석조건설정 대화상자는 시작과 함께 자동으로 보여집니다.

작업순서

1. [불러오기] 클릭
2. 모델 선택: **Hanger.x_t** 선택
3. [열기] 버튼 클릭.



※ 프로그램이 설치된 하위 폴더의
ManualsWTutorialsWFiles 폴더 안에
따라하기의 모델들이 있습니다.



작업순서

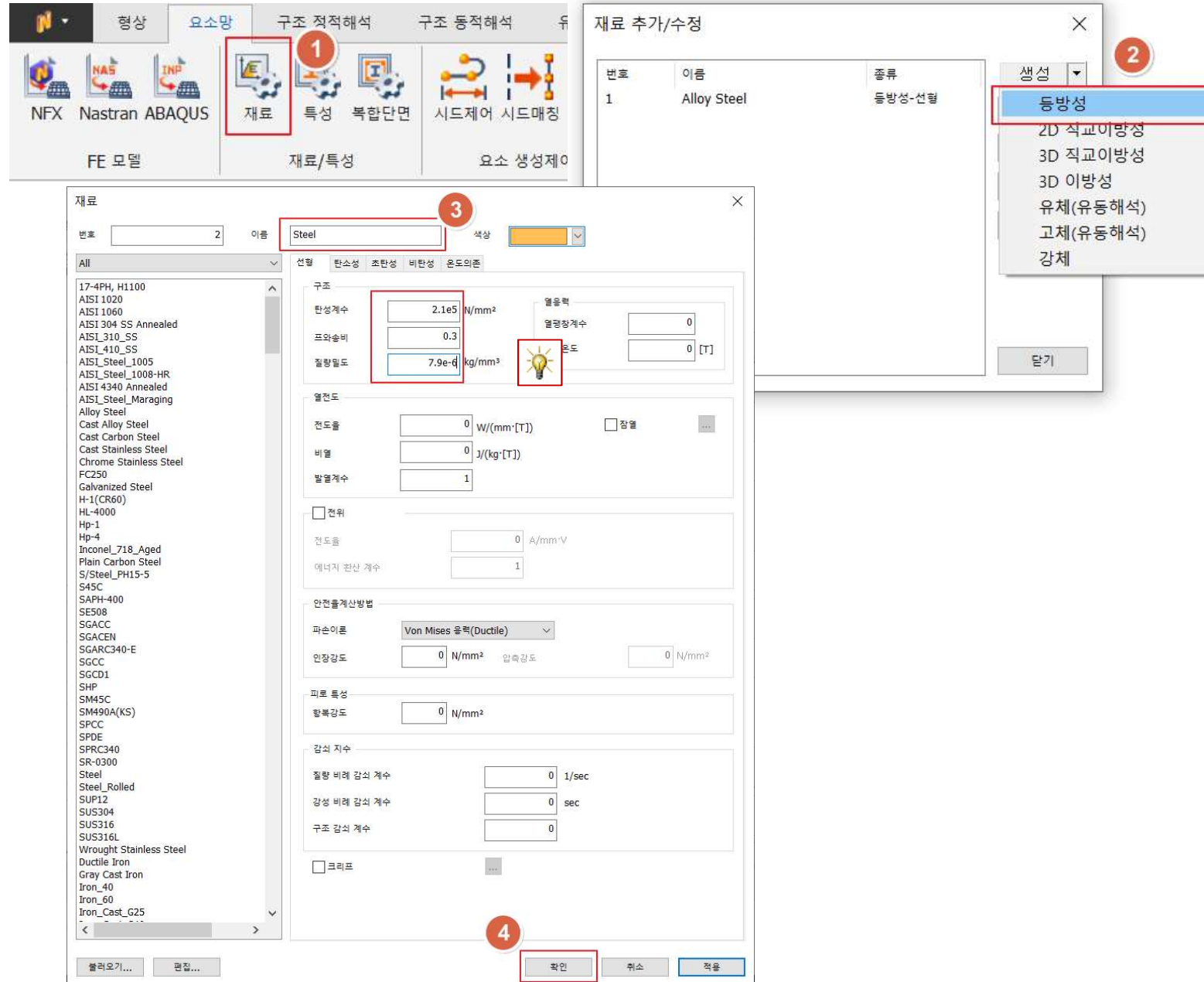
1. [재료] 클릭.
2. 생성 >> 등방성 클릭
3. 재질입력

번호	2
이름	Steel
탄성계수	2.1e5 (N/mm ²)
프와송비	0.3
질량밀도	7.9e-6(kg/mm ³)

4. [확인] 버튼 클릭.



모드해석을 수행하기 위해서는 반드시 질량밀도를 입력해야 합니다.



The screenshot illustrates the steps for adding a material in midas NFX:

- Step 1:** Click on the [재료] (Material) button in the top menu bar.
- Step 2:** In the '재료 추가/수정' (Add/Edit Material) dialog, click on '등방성' (Isotropic) under the '생성' (Generate) dropdown.
- Step 3:** Enter the material properties for 'Steel':
 - 번호 (Number): 2
 - 이름 (Name): Steel
 - 탄성계수 (Elastic Modulus): 2.1e5 (N/mm²)
 - 프와송비 (Poisson's Ratio): 0.3
 - 질량밀도 (Mass Density): 7.9e-6 (kg/mm³)
- Step 4:** Click the [확인] (Confirm) button at the bottom of the dialog.

작업순서

1. [특성] 클릭
 2. 생성 >> 3D 클릭
 3. [솔리드] 탭 선택..
 4. 특성입력
- | | |
|----|---------|
| 번호 | 1 |
| 이름 | Hanger |
| 재질 | 2:Steel |
5. [확인] 버튼 클릭.



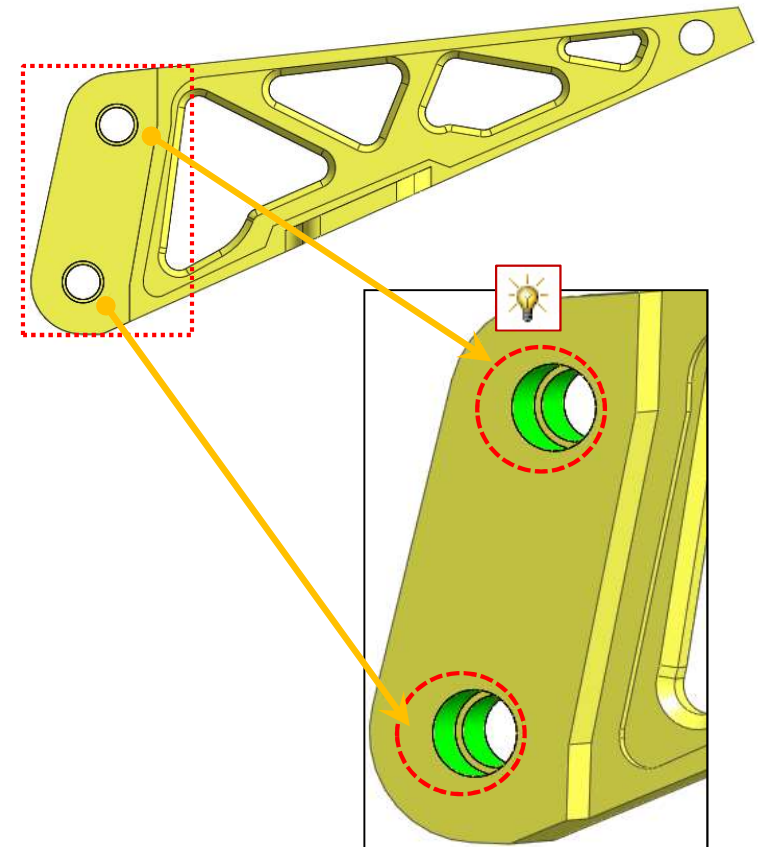
작업순서

1. [구속조건] 클릭

2. 구속조건 입력

이름	Support
대상종류	면
대상선택	16개 선택(그림참조)
조건	고정구속

3. [확인] 버튼 클릭.



💡 고정구속: X, Y, Z 병진자유도 및 회전 자유도 구속
 핀구속: X, Y, Z 병진자유도만 구속

※솔리드 모델에서는 회전자유도가 없기 때문에 핀구속 조건으로도 모든 자유도가 구속됩니다.

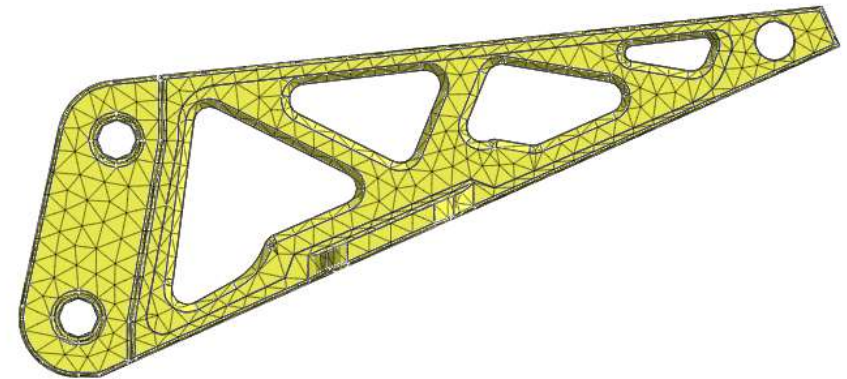
작업순서

1. [3D] 클릭

2. 자동-솔리드 탭 선택.

대상선택	1개 선택(그림참조)
요소 크기	5.7 mm
타입	고속 사면체 요소망
특성	1: Hanger

3. [확인] 버튼 클릭.



💡 전체 모델의 크기에 따라 자동으로 기본 설정값이 정해집니다. 이는 단순히 전체 모델 크기에 따른 비율로 계산되는 값이며, 이 값이 해석에 적합한 요소 크기를 의미하지는 않습니다.

따라하기에서는 기본 요소크기를 사용합니다.

작업순서

1. [단일해석] 클릭
2. 이름: "Hanger" 입력.
해석 종류: [모드해석] 선택.
3. [확인] 버튼 클릭.



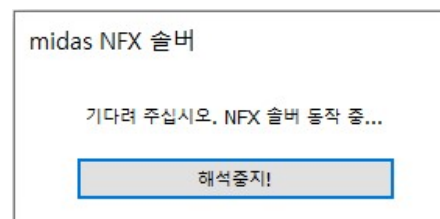
💡 기본적으로 현재 작업된 요소망세트, 경계조건, 하중조건 등이 모두 활성화 됩니다.

작업순서


1. [실행] 클릭
2. 해석케이스 체크 확인
3. [확인] 버튼 클릭.

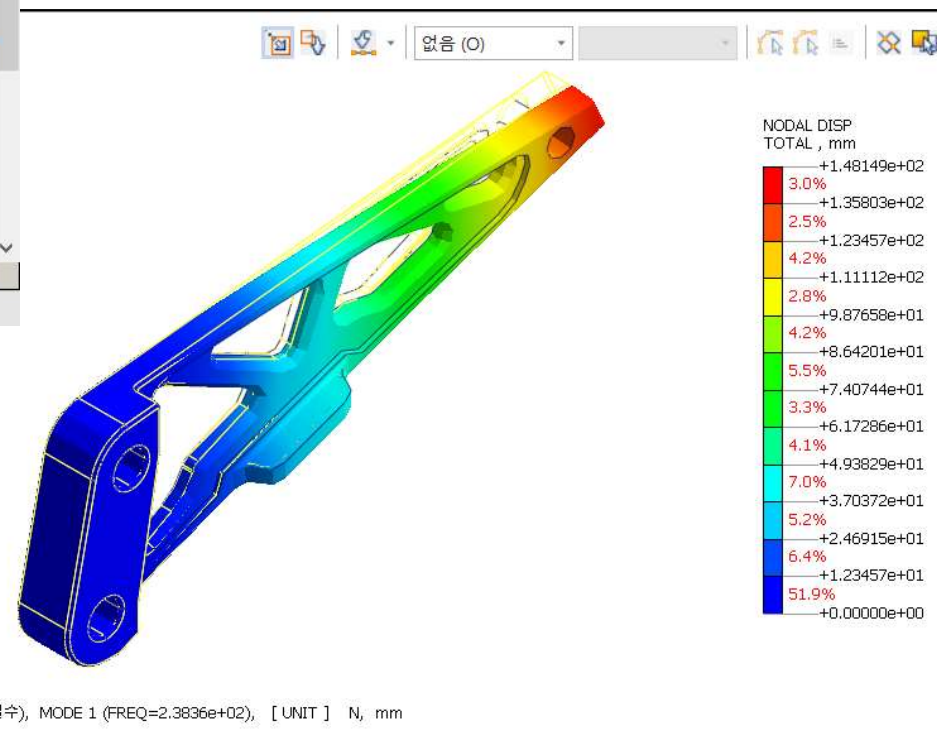
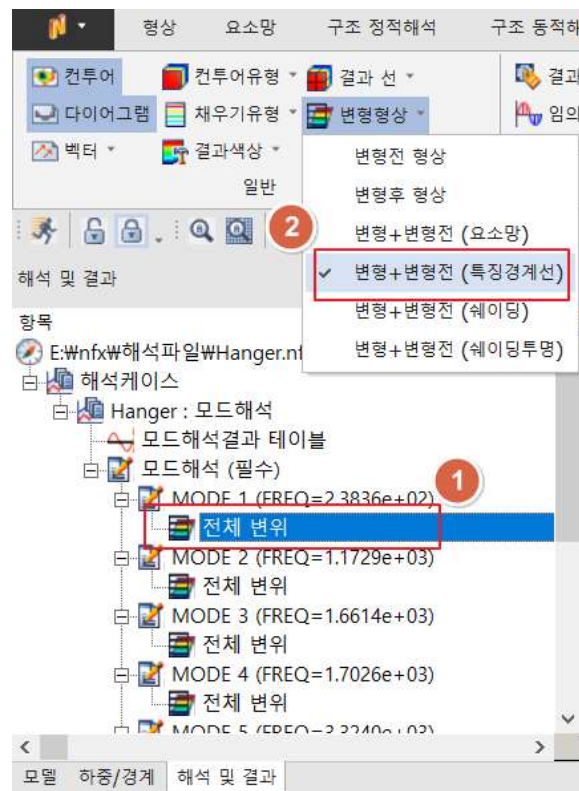


💡 해석을 실행하면 midas NFX 솔버가 작동됩니다. [해석중지!] 버튼을 클릭하면 해석이 중지됩니다.



작업순서

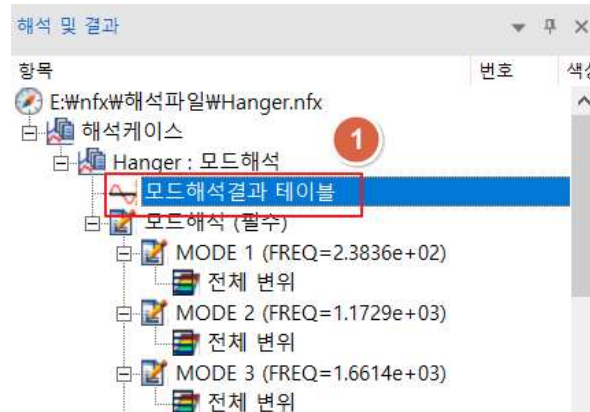
1. 해석 및 결과 작업트리에서
MODE 1 >> 전체 변위 더블 클릭.
2. 결과분석 >> 일반 >> 변형형상
>> 변형+변형전 (특징경계선) 선택.
3. [] (등각보기1) 클릭.



💡 모드해석에서의 변위값은 실제값이 아니므로, 각 차수에 따른 고유진동수와 모드형상만을 검토하면 됩니다.

작업순서

1. [모드해석결과 테이블] 더블 클릭.



REAL EIGENVALUES									
MODE NUMBER	EIGENVALUE	RADIANS	CYCLES	PERIOD	GENERALIZED MASS	GENERALIZED STIFFNESS	ORTHOGONALITY LOSS	ERROR MEASURE	
1	2.243068e+06	1.497688e+03	2.383644e+02	4.195258e-03	1.000000e+00	2.243068e+06	0.000000e+00	8.885955e-09	
2	5.430958e+07	7.369504e+03	1.172893e+03	8.525927e-04	1.000000e+00	5.430958e+07	0.000000e+00	3.563939e-10	
3	1.089663e+08	1.043869e+04	1.661369e+03	6.019132e-04	1.000000e+00	1.089663e+08	0.000000e+00	1.576640e-10	
4	1.144452e+08	1.069791e+04	1.702625e+03	5.873284e-04	1.000000e+00	1.144452e+08	0.000000e+00	1.996695e-10	
5	4.361996e+08	2.088539e+04	3.324013e+03	3.008412e-04	1.000000e+00	4.361996e+08	0.000000e+00	4.337216e-11	
6	6.693138e+08	2.587110e+04	4.117514e+03	2.428650e-04	1.000000e+00	6.693138e+08	0.000000e+00	2.638574e-11	
7	8.010233e+08	2.830235e+04	4.504460e+03	2.220022e-04	1.000000e+00	8.010233e+08	0.000000e+00	2.563537e-11	
8	1.279340e+09	3.576786e+04	5.692631e+03	1.756657e-04	1.000000e+00	1.279340e+09	0.000000e+00	1.544892e-11	
9	1.488004e+09	3.857466e+04	6.139347e+03	1.628838e-04	1.000000e+00	1.488004e+09	0.000000e+00	1.034706e-10	
10	1.764012e+09	4.200014e+04	6.684530e+03	1.495992e-04	1.000000e+00	1.764012e+09	0.000000e+00	4.825686e-09	
MODAL EFFECTIVE MASS									
MODE NUMBER	T1	T2	T3	R1	R2	R3			
1	1.381760e-04	6.092548e-09	4.609657e-09	2.912196e-05	7.669046e-02	1.049098e+00			
2	4.320856e-05	5.565851e-09	6.159761e-07	7.311382e-03	6.004798e-03	5.157547e-04			
3	8.701180e-08	5.162213e-06	1.236099e-04	1.069860e+00	5.174287e-04	1.564982e-04			
4	4.336837e-06	2.705653e-08	5.776977e-06	6.964946e-02	3.291534e-02	1.959401e-04			
5	1.884337e-05	8.478442e-08	7.524788e-07	4.258836e-03	2.851607e-03	2.439958e-03			
6	6.592117e-07	6.631632e-06	5.012686e-05	1.806999e-04	1.012760e-03	2.118945e-06			
7	5.268031e-07	8.474465e-07	2.178606e-05	4.597506e-07	1.011302e-02	8.911886e-07			
8	6.698135e-06	1.064012e-05	1.294357e-06	1.787354e-04	1.593028e-03	1.049442e-03			
9	6.762698e-08	1.351879e-04	3.865409e-06	4.654054e-04	9.752694e-06	1.118433e-03			
10	9.581749e-10	2.685326e-05	7.182581e-06	6.438178e-03	3.677520e-06	2.473942e-04			
TOTAL	2.126045e-04	1.854461e-04	2.150152e-04	1.158372e+00	1.317119e-01	1.054825e+00			

💡 각 차수에 따른 고유진동수를 의미합니다.

개요

➤ 모드해석

- 단위 : N, mm
- 기하모델: Modal.x_t

➤ 재질

- Cast Alloy Steel (DB 사용)

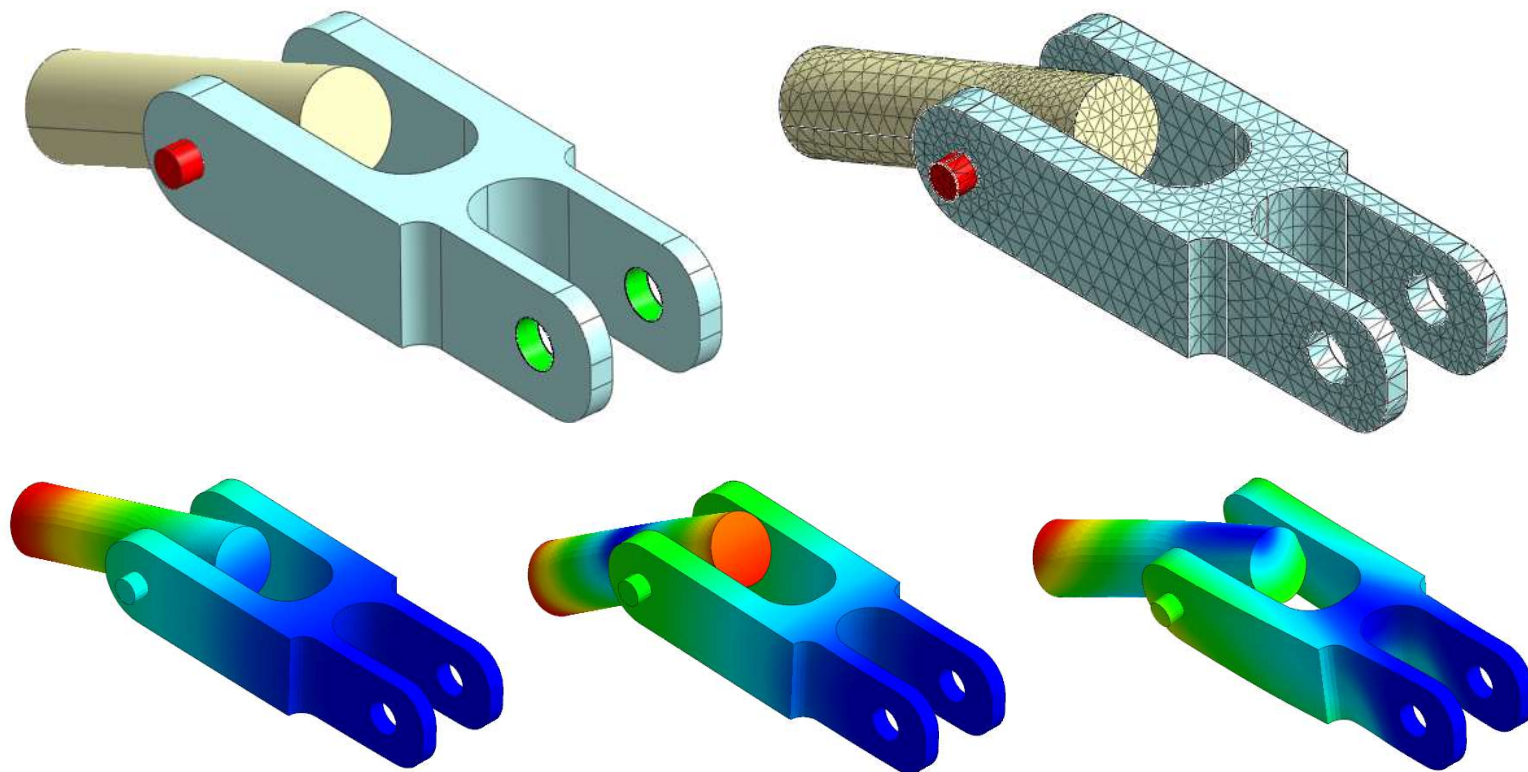
➤ 경계조건과 하중조건

- 고정구속 (홀 내부)

➤ 결과확인

- 고유치
- 모드 형상
- 모드해석결과 테이블

Modal Analysis



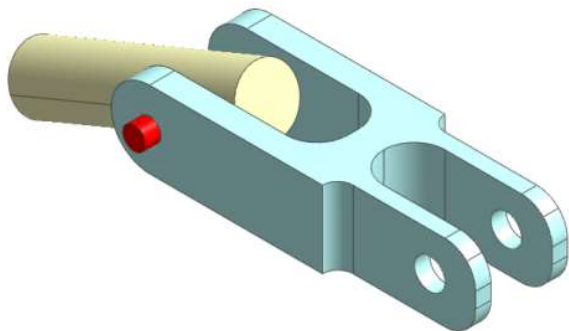
따라하기 목적

➤ midas NFX를 이용한 기본적인 모드해석의 수행 및 기능 이해

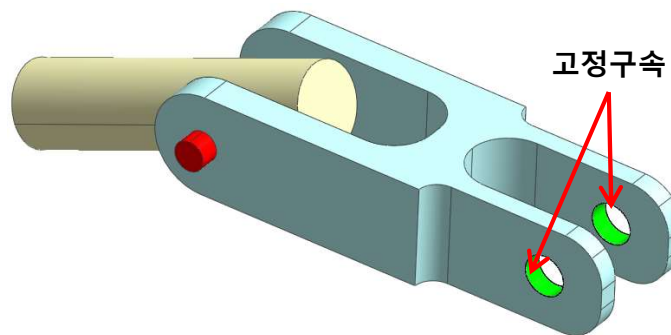
- 모드해석은 진동이나 주기적인 하중을 받는 부품에 대한 설계 검증 시에 주로 이용합니다.
- 모드해석에서는 특정한 구속을 받는 구조물에 대한 **공진 진동수**를 계산하고 **모드 형상**을 제공합니다.
- 본 따라하기에서는 파트 간의 접촉조건을 고려하여 어셈블리 전체의 고유 진동수와 모드형상을 확인하도록 합니다. 결론적으로 이 해석을 통하여 얻은 고유진동수를 실제 제품의 운영 진동수에 근접하지 않도록 또는 일치시키도록(예: 초음파 용접기의 혼) 설계에 적용할 수 있습니다.

해석 개요

➤ 대상 모델

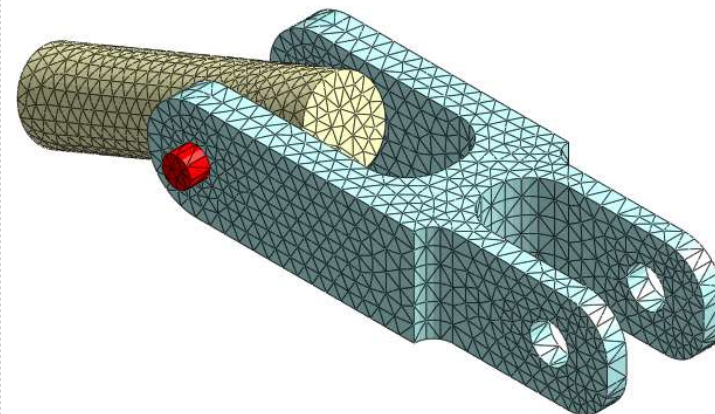


➤ 구속조건 (고정구속)





모드해석에서의 경계조건은 필수적이지는 않지만 구속이 존재하면 경계조건으로 반영해야 합니다. 모델이 완전히 구속되지 않았을 경우 1차 모드는 진동수가 0에 가까운 강체모드(Rigid Body Mode)가 나타납니다.

➤ 유한요소모델 (사면체 요소망)



작업순서

1. [] (새로 만들기) 클릭.. 
2. [3차원/일반모델] 선택.
3. 단위계 [N-mm-J-sec] 선택.
4. [확인] 버튼 클릭.
5. 작업윈도우에서 마우스 오른쪽 버튼 클릭 후, [모든 가이드 감추기] 선택.



해석조건 설정

프로젝트명 담당자

설명

모델 종류

☒ 3차원/일반모델 2

☐ 2차원모델

☐ 축대칭

단위계

N mm J sec 3

중력가속도(g) mm/sec²

4 확인 취소

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


작업 평면 옮기기


가이드 보이기/감추기 5

모든 가이드 보이기

모든 가이드 감추기

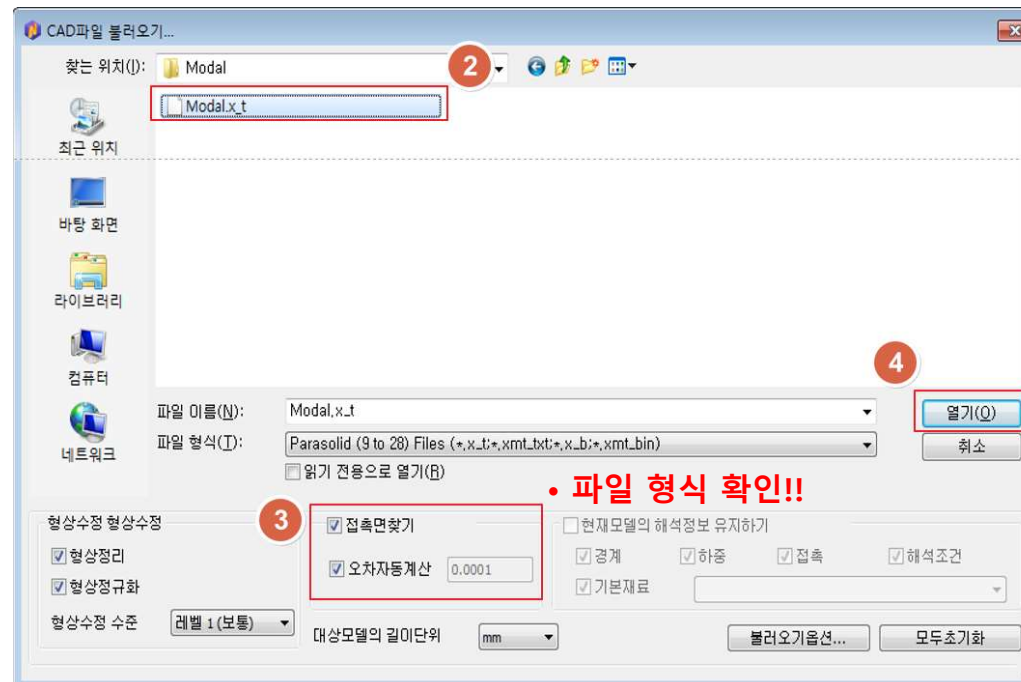
모든 레이블 보이기
모든 레이블 감추기

 프로그램을 실행시킨 후 [새로 만들기]를 클릭하면 모든 메뉴가 활성화 됩니다.

 해석조건설정 대화상자는 시작과 함께 자동으로 보여집니다.

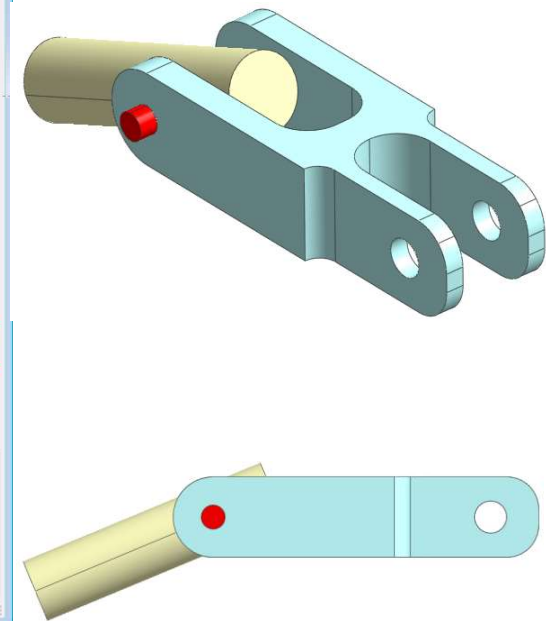
작업순서

1. [불러오기] 클릭
2. 모델 선택: **Modal.** !택
3. [접촉면찾기] 체크.
4. [열기] 버튼 클릭.



※ 프로그램이 설치된 하위 폴더의
ManualsWTutorialsWFiles 폴더 안에
따라하기의 모델들이 있습니다.

💡 모델을 불러올 때 [접촉면 찾기]를
체크하면, 파트 별 접촉이
[일체거동접촉]으로 자동 설정됩니다.



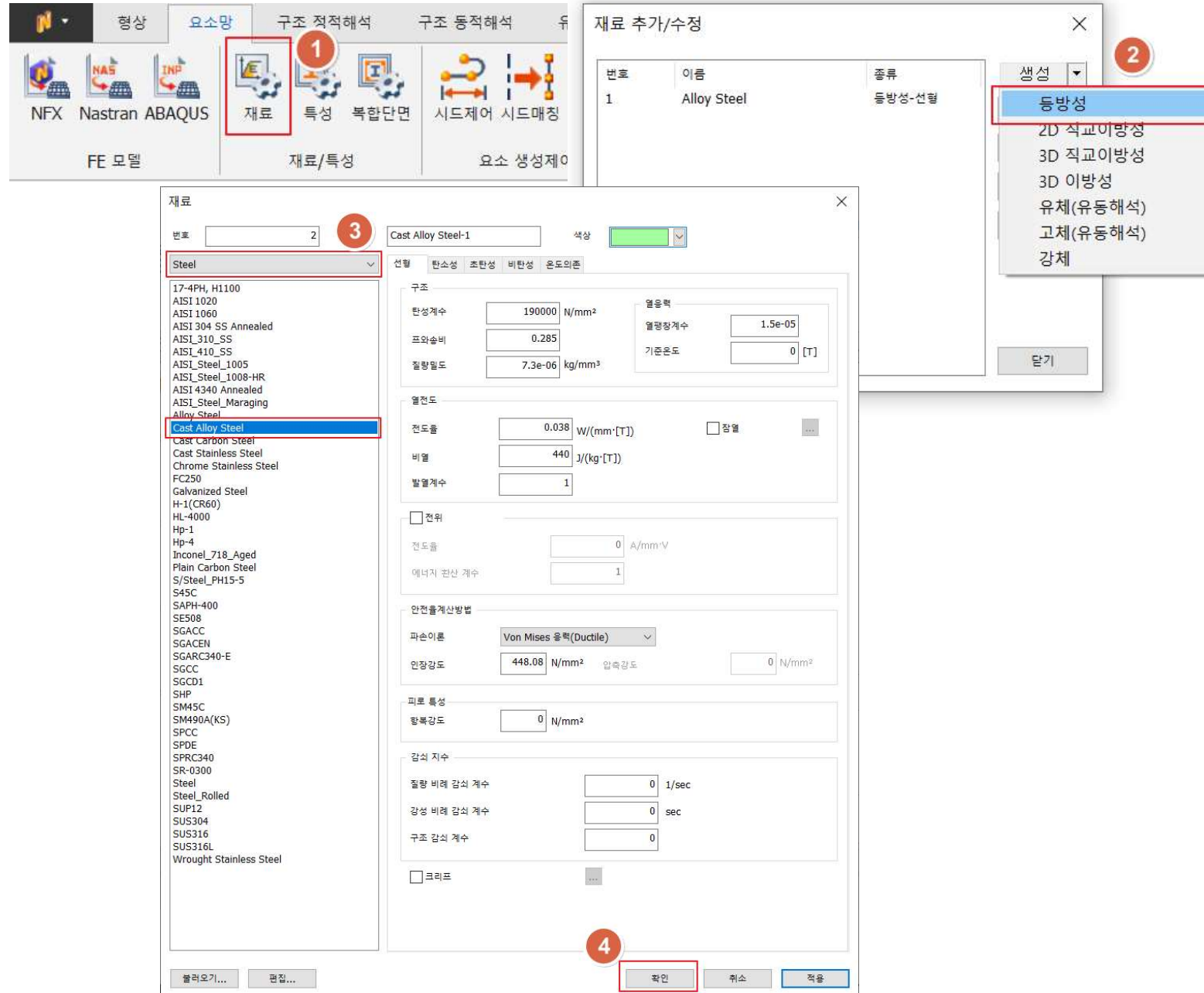
작업순서

1. [재료] 클릭
2. 생성 >> 등방성 클릭
3. 재료 DB 리스트에서 **Steel** 선택.

Cast Alloy Steel 선택.

4. [확인] 버튼 클릭.

💡 선택한 재료의 물성치가 자동으로 입력됩니다.



The screenshot shows the midas NFX software interface. The top menu bar includes '요소망' (Element Mesh), '구조 적적해석' (Structural Static Analysis), and '구조 동적해석' (Structural Dynamic Analysis). The '재료' (Material) button is highlighted with a red box and a '1' label. The '재료 추가/수정' (Add/Modify Material) dialog is open, showing the '등방성' (Isotropic) material type selected with a '2' label. The 'Cast Alloy Steel' material is selected from the list with a '3' label. The '확인' (Confirm) button is highlighted with a red box and a '4' label.

재료 추가/수정

번호	이름	종류
1	Alloy Steel	등방성-선형

생성 ▼

등방성

2D 직교이방성

3D 직교이방성

3D 이방성

유체(유동해석)

고체(유동해석)

강체

닫기

재료

번호 2 Cast Alloy Steel-1 색상

Steel

17-4PH, H1100
AISI 1020
AISI 1060
AISI 304 SS Annealed
AISI 310_SS
AISI 410_SS
AISI_Steel_1005
AISI_Steel_1008-HR
AISI 4340 Annealed
AISI_Steel_Maraging
Alloy Steel
Cast Alloy Steel
Cast Carbon Steel
Cast Stainless Steel
Chrome Stainless Steel
FC250
Galvanized Steel
H-1(CR60)
HL-4000
Hp-1
Hp-4
Inconel_718_Aged
Plain Carbon Steel
S/Steel_PH15-5
S45C
SAPH-400
SE508
SGACC
SGACEN
SGARC340-E
SGCC
SGCD1
SHP
SM45C
SM490A(KS)
SPCC
SPDE
SPRC340
SR-0300
Steel
Steel_Rolled
SUP12
SUS304
SUS316
SUS316L
Wrought Stainless Steel

선택 항소성 초탄성 비탄성 온도의존

구조

탄성계수 190000 N/mm² 열팽창계수 1.5e-05

프와송비 0.285 기준온도 0 [T]

질량밀도 7.3e-06 kg/mm³

열전도

전도율 0.038 W/(mm·[T]) ☐ 잠열

비열 440 J/(kg·[T])

발열계수 1

☐ 전위

전도율 0 A/mm·V

에너지 확산 계수 1

안전율계산방법

파손이론 Von Mises 용력(Ductile)

인장강도 448.08 N/mm² 압축강도 0 N/mm²

피로 특성

항복강도 0 N/mm²

감쇠 지수

질량 비례 감쇠 계수 0 1/sec

강성 비례 감쇠 계수 0 sec

구조 감쇠 계수 0

☐ 크리프

확인 취소 적용

작업순서

1. [특성] 클릭
2. 생성 >> 3D 클릭
3. [솔리드] 탭 선택.

특성입력

번호	1
이름	Solid
재질	2: Cast Alloy Steel

4. [확인] 버튼 클릭.



작업순서

1. [구속조건] 클릭.

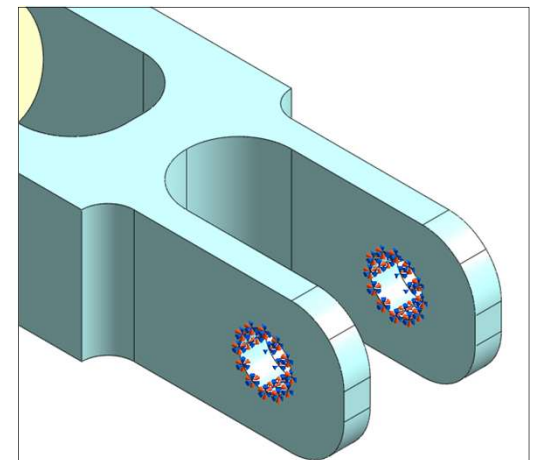
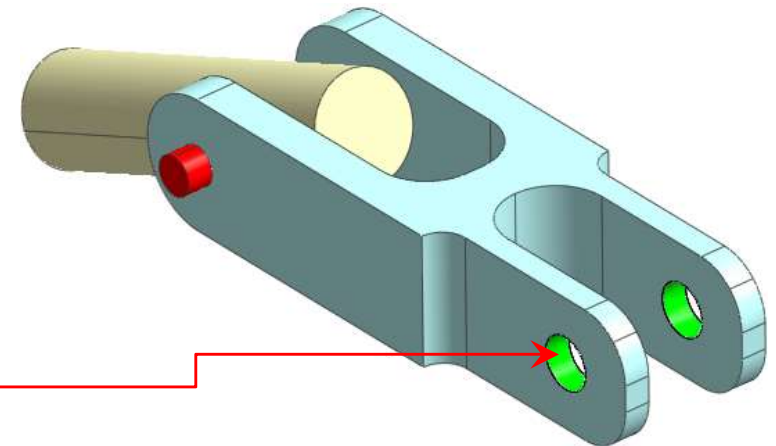
2. 구속조건 입력

경계조건세트	Fix
대상종류	면
대상선택	8개 선택
조건	고정구속

3. [확인] 버튼 클릭

💡 고정구속: X, Y, Z 병진자유도 및 회전 자유도 구속
 핀구속: X, Y, Z 병진자유도만 구속

※솔리드 모델에서는 회전자유도가 없기 때문에 핀구속 조건으로도 모든 자유도가 구속됩니다.



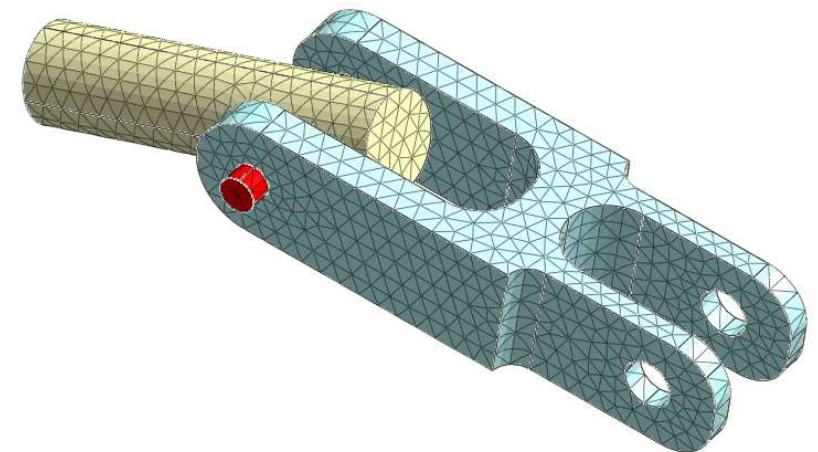
작업순서

1. [3D] 클릭
2. [자동-솔리드] 탭 선택.
3. 대상 3개 파트 선택
요소크기설정: 기본 설정값(2.8) 사용.
특성 1:Solid 선택
4. [확인] 버튼 클릭.



💡 전체 모델의 크기에 따라 자동으로 기본 설정값이 정해집니다. 이는 단순히 전체 모델 크기에 따른 비율로 계산되는 값이며, 이 값이 해석에 적합한 요소 크기를 의미하지는 않습니다.

따라하기에서는 기본 요소크기를 사용합니다.



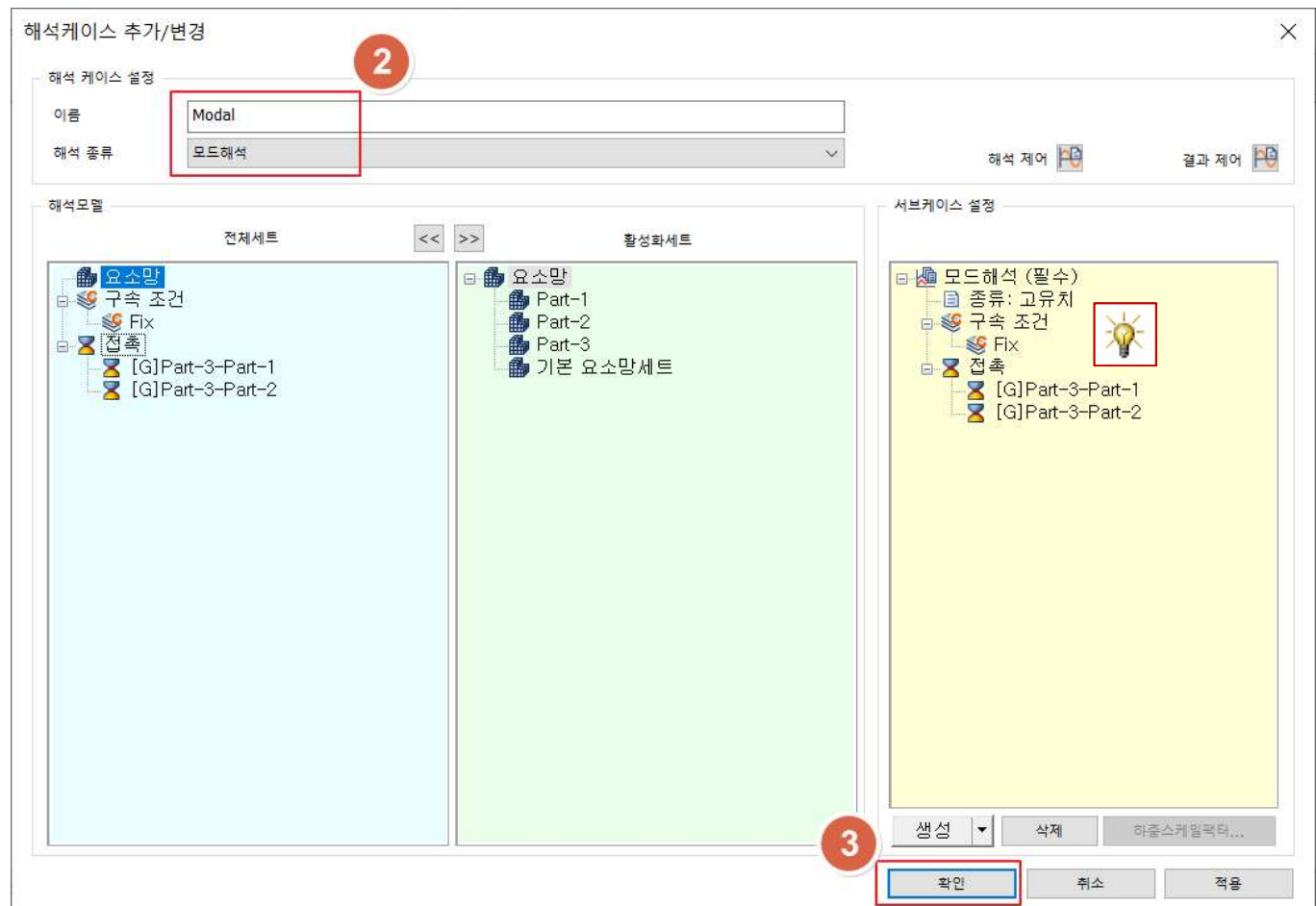
작업순서

1. [단일해석] 클릭.

2. 해석케이스 설정

이름	Modal
해석 종류	모드해석

3. [확인] 버튼 선택



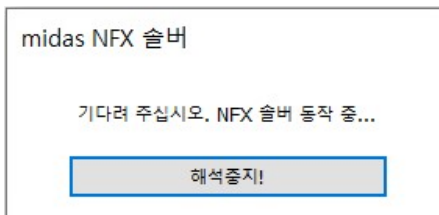
💡 기본적으로 현재 작업된 요소망세트, 경계조건, 하중조건 등이 모두 활성화 됩니다.

작업순서

1. [실행] 클릭.
2. 해석케이스 체크 확인
3. [확인] 버튼 클릭.



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



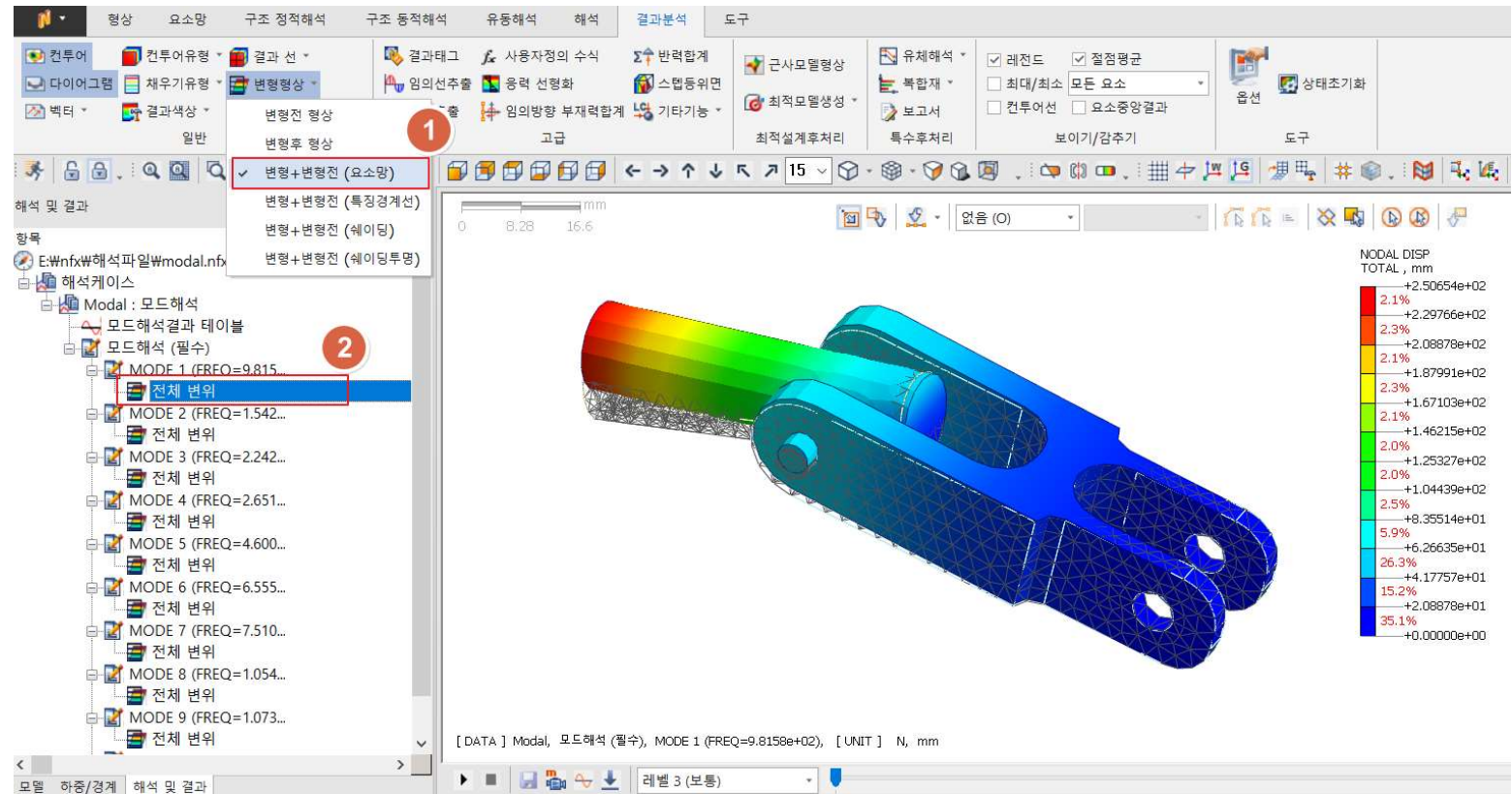
작업순서

1. 결과분석 >> 일반 >> 변형형상

>> 변형+변형전 (요소망) 선택.

2. 해석 및 결과 작업트리에서

전체 변위 더블 클릭.

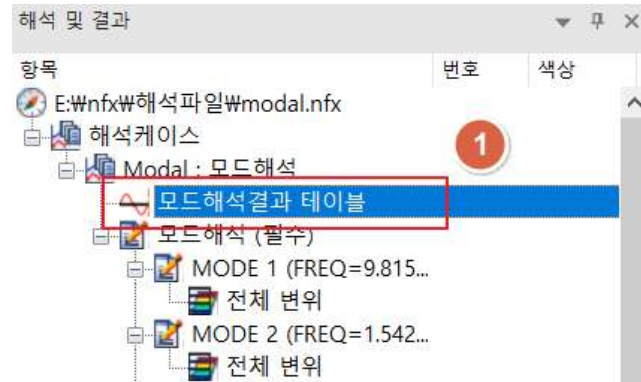


💡 모드해석에서의 변위값은 실제값이 아니므로, 각 차수에 따른 고유진동수와 모드형상만을 검토하면 됩니다.

작업순서

1. 해석 및 결과 작업트리에서

[모드해석결과 테이블] 더블 클릭.



REAL EIGENVALUES								
MODE NUMBER	EIGENVALUE	RADIANS	CYCLES	PERIOD	GENERALIZED MASS	GENERALIZED STIFFNESS	ORTHOGONALITY LOSS	ERROR MEASURE
1	3.803727e+07	6.167437e+03	9.815780e+02	1.018768e-03	1.000000e+00	3.803727e+07	0.000000e+00	1.700375e-09
2	9.396095e+07	9.693346e+03	1.542744e+03	6.481957e-04	1.000000e+00	9.396095e+07	0.000000e+00	1.196756e-09
3	1.984560e+08	1.408744e+04	2.242086e+03	4.460132e-04	1.000000e+00	1.984560e+08	0.000000e+00	8.942262e-10
4	2.776231e+08	1.666203e+04	2.651844e+03	3.770961e-04	1.000000e+00	2.776231e+08	0.000000e+00	6.031180e-10
5	8.354633e+08	2.890438e+04	4.600275e+03	2.173783e-04	1.000000e+00	8.354633e+08	0.000000e+00	2.387461e-10
6	1.696351e+09	4.118679e+04	6.555081e+03	1.525534e-04	1.000000e+00	1.696351e+09	0.000000e+00	4.575345e-11
7	2.226921e+09	4.719027e+04	7.510564e+03	1.331458e-04	1.000000e+00	2.226921e+09	0.000000e+00	3.180630e-11
8	4.389295e+09	6.625176e+04	1.054429e+04	9.483802e-05	1.000000e+00	4.389295e+09	0.000000e+00	1.665367e-11
9	4.548727e+09	6.744425e+04	1.073409e+04	9.316117e-05	1.000000e+00	4.548727e+09	0.000000e+00	1.138718e-11
10	8.761914e+09	9.360510e+04	1.489771e+04	6.712439e-05	1.000000e+00	8.761914e+09	0.000000e+00	4.546894e-09
MODAL EFFECTIVE MASS								
MODE NUMBER	T1	T2	T3	R1	R2	R3		
1	1.317507e-06	5.810837e-05	4.604798e-09	1.441711e-07	2.561783e-06	3.473290e-02		
2	6.868213e-09	2.743465e-08	8.154557e-05	1.103195e-03	2.821104e-02	1.579673e-06		
3	3.035842e-06	4.270798e-05	9.485195e-08	2.424966e-06	2.055120e-08	1.308320e-03		
4	6.712359e-09	6.256178e-08	1.726650e-05	4.272164e-03	3.627989e-03	5.683500e-06		
5	4.964419e-08	5.444678e-09	3.300450e-08	4.145834e-03	1.684381e-03	2.823501e-06		
6	9.542132e-08	2.712570e-10	2.299224e-05	8.642935e-06	2.450007e-02	9.832647e-07		
7	6.355707e-05	4.350626e-07	4.834276e-08	3.366094e-08	1.444502e-04	9.850231e-04		
8	6.511641e-07	9.128785e-06	1.184405e-08	1.260703e-04	6.343856e-05	8.871574e-03		
9	2.262868e-07	1.223824e-06	7.280229e-08	9.054685e-04	4.879735e-04	1.184827e-03		
10	2.523507e-09	7.745142e-06	1.677581e-10	1.559578e-07	2.033308e-06	9.434457e-03		
TOTAL	6.894904e-05	1.194449e-04	1.220699e-04	1.056413e-02	5.872396e-02	5.652817e-02		

💡 각 차수의 고유진동수를 의미합니다.

개요

➤ 모드해석

- 단위 : N, m
- Bar Stiffened Plate

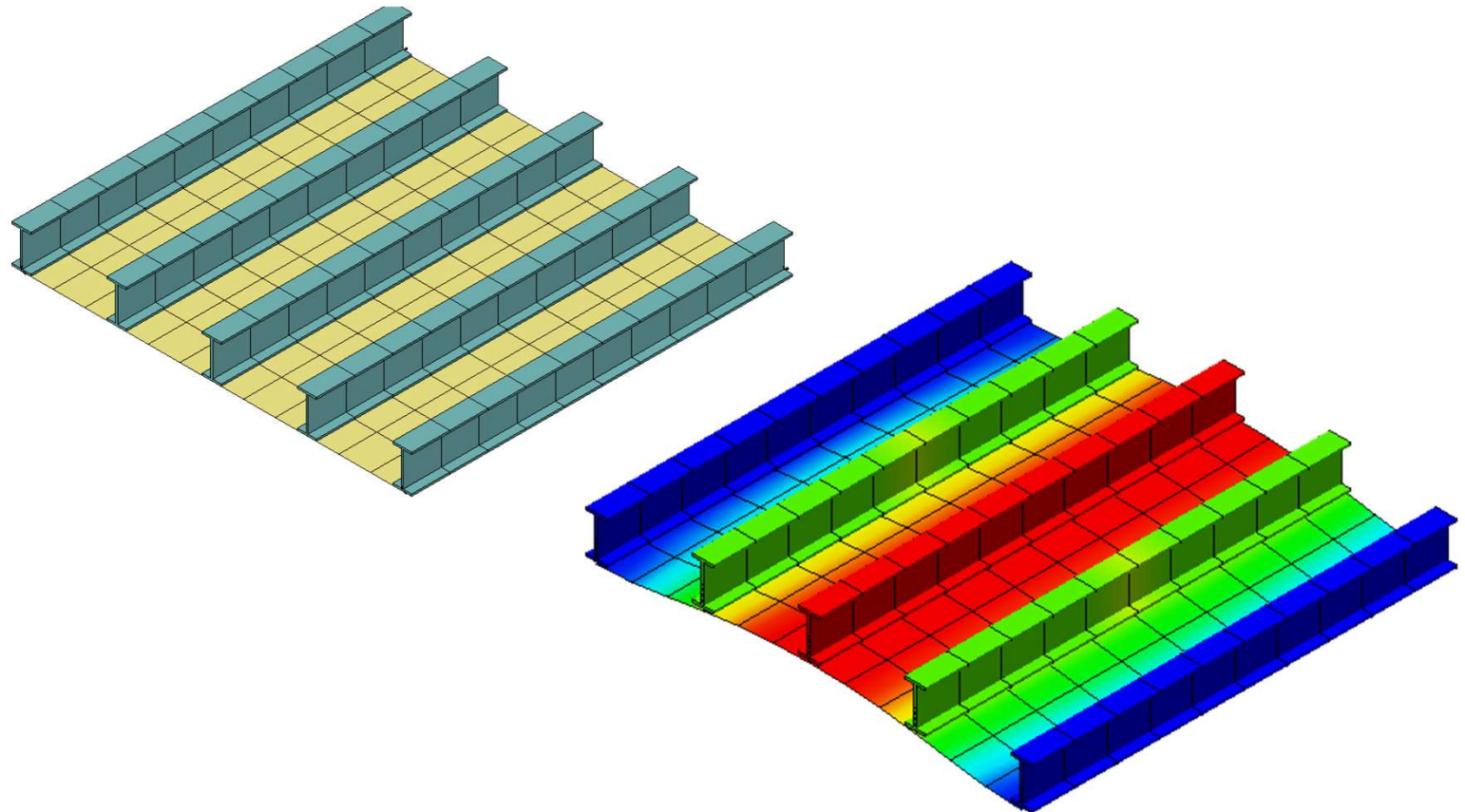
➤ 경계조건과 하중조건

- 고정구속 (홀 내부)

➤ 결과확인

- 고유치
- 모드 형상 (애니메이션)
- 모드해석결과 테이블

Stiffened Plate



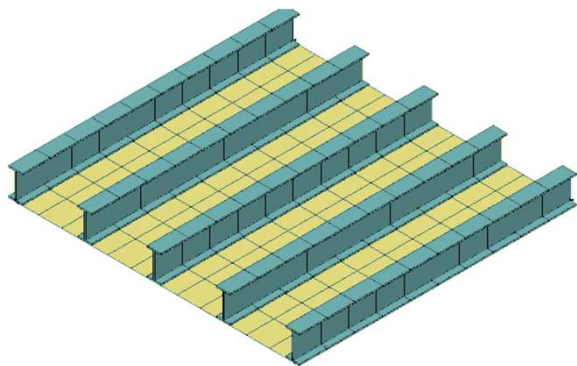
따라하기 목적

➤ midas NFX를 이용한 기본적인 모드해석의 수행 및 기능 이해

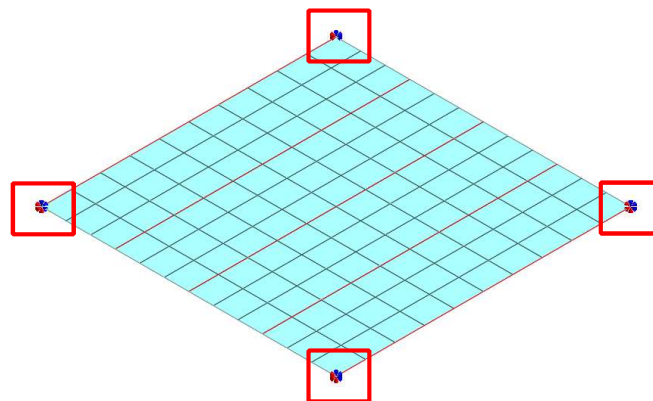
- 모드해석은 진동이나 주기적인 하중을 받는 부품에 대한 설계 검증 시에 주로 이용합니다.
- 모드해석에서는 특정한 구속을 받는 구조물에 대한 **공진 진동수**를 계산하고 **모드 형상**을 제공합니다.
- 본 따라하기에서는 기본적인 모드해석 수행과 함께 1D요소와 2D요소가 혼합된 구조물을 모델링하는 방법을 습득하도록 합니다.

해석 개요

➤ 대상 모델

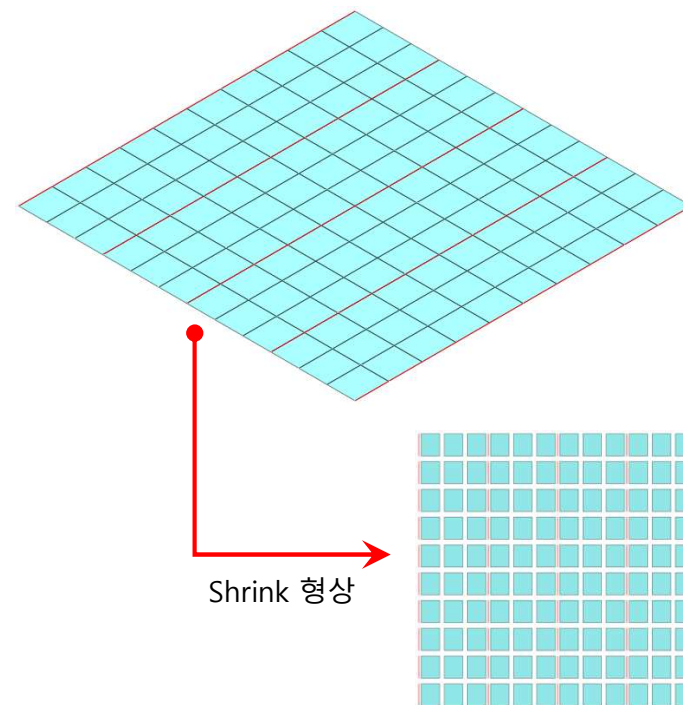


➤ 구속조건 (고정구속)






판의 외각 4곳에 고정구속


➤ 유한요소모델 (1D 및 2D 사각형 요소망)




작업순서

1. [] (새로 만들기) 클릭.  
2. [3차원/일반모델] 선택.
3. 단위계 [N-m-J-sec] 선택.
4. [확인] 버튼 클릭.
5. 작업 윈도우에서 마우스 오른쪽 버튼 클릭 후, [모든 가이드 감추기] 선택.



 프로그램을 실행시킨 후 [새로 만들기]를 클릭하면 모든 메뉴가 활성화 됩니다.

 해석조건설정 대화상자는 시작과 함께 자동으로 보여 집니다.

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



작업 평면 옮기기

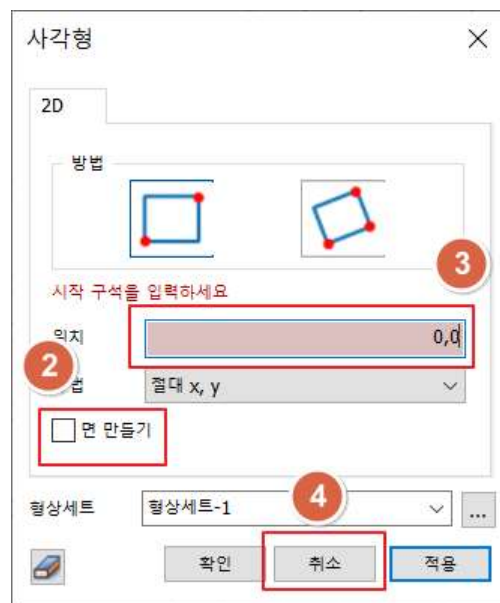
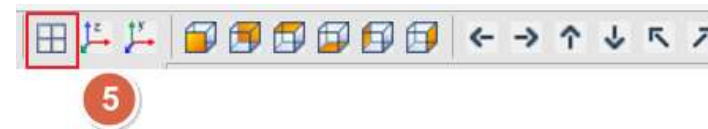
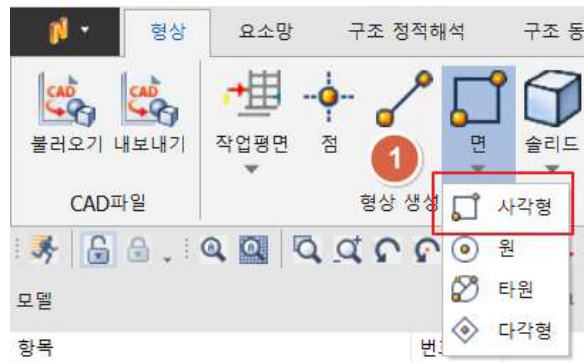
가이드 보이기/감추기 ▶


모든 가이드 보이기
모든 가이드 감추기

모든 레이블 보이기
모든 레이블 감추기

작업순서

1. [사각형] 클릭 
2. 면 만들기 체크 해제
3. 위치 : <0,0> 입력 후 엔터키 클릭
<0.5, 0.5> 입력 후 엔터키 클릭
4. [취소] 버튼 클릭.
5. [] (수직보기) 클릭.



 (): 절대좌표 x, y
<>: 상대좌표 dx, dy
(0) 은 (0,0)와 같은 의미입니다.

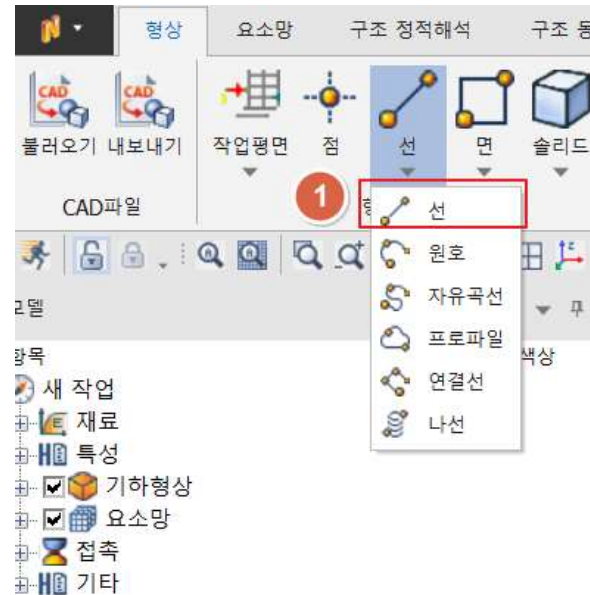
각 위치값을 입력한 후, [Enter]키를 누르면 그리기 작업이 진행됩니다.

[ESC]키는 [취소]의 단축키입니다.



작업순서

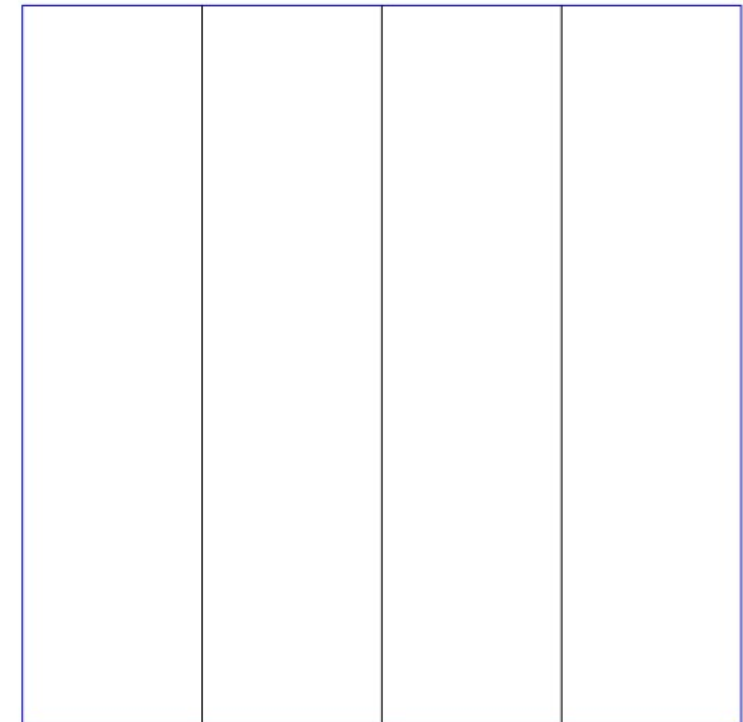
1. [선] 클릭
2. 2D 탭 선택
3. 위치 : (0.125) 입력 후 [Enter]키 클릭.
, <0, 0.5> 입력 후 [Enter]키 클릭.
4. 위치 : (0.25) 입력 후 [Enter]키 클릭.
, <0, 0.5> 입력 후 [Enter]키 클릭.
5. 위치 : (0.375) 입력 후 [Enter]키 클릭.
, <0, 0.5> 입력 후 [Enter]키 클릭.
6. [취소] 버튼 클릭.



💡 (): 절대좌표 x, y
<>: 상대좌표 dx, dy
(0) 은 (0,0)와 같은 의미입니다.

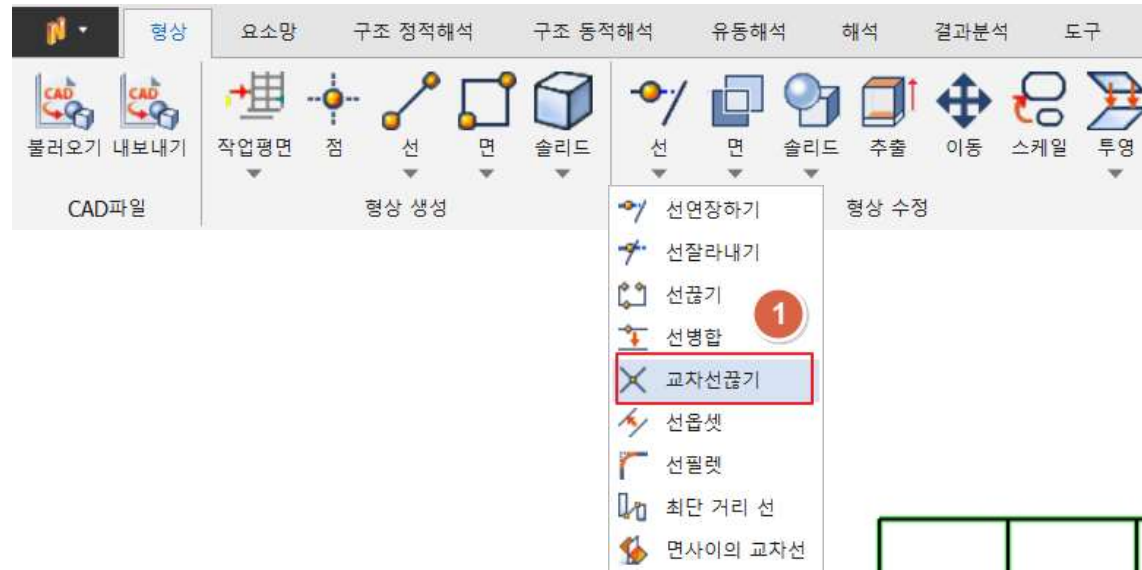
각 위치값을 입력한 후, [Enter]키를 누르면 그리기 작업이 진행됩니다.

[ESC]키는 [취소]의 단축키입니다.

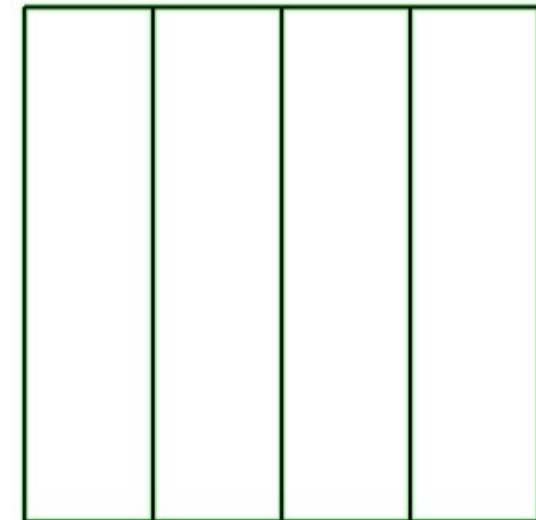


작업순서

1. [교차선끊기] 클릭.
2. 대상 4개 선택
3. [확인] 버튼 클릭.

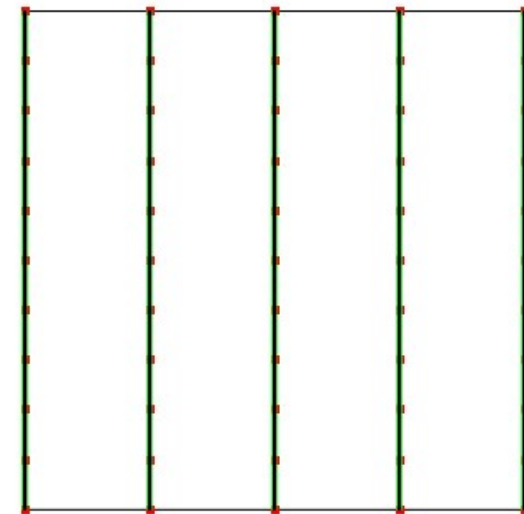


💡 선과 선이 만나는 지점에서의 절점 공유를 위해서 와이어 형상인 사각형을 3개의 엣지를 기준으로 끊어주어야 합니다.



작업순서

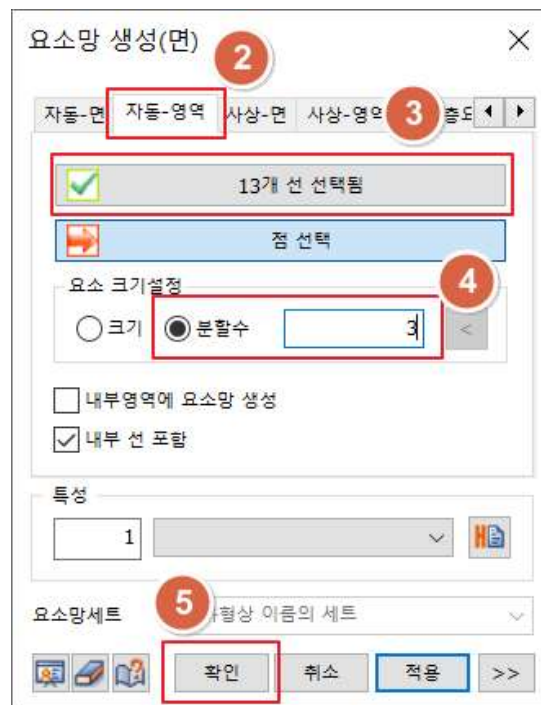
1. [시드제어] 클릭
2. [선시드] 탭 선택.
3. 5개의 선 선택.
4. 시드 방법: 분할개수 >> 10 입력.
5. [확인] 버튼 클릭.



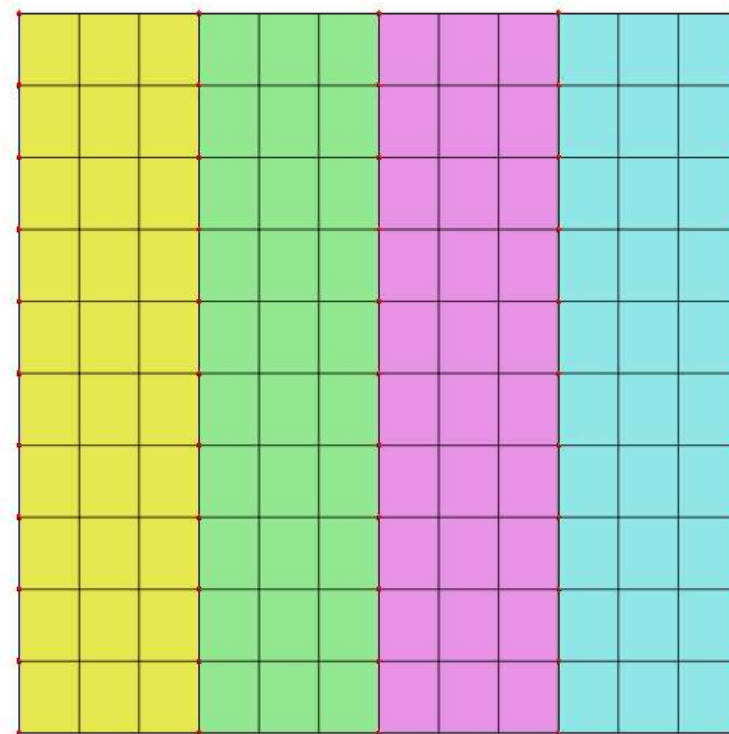
💡 미리 지정한 시드는 요소망 생성 시 입력하는 요소 크기보다 우선 적용됩니다.

작업순서

1. [2D] 클릭.
2. [자동-영역] 탭 선택.
3. 드래그하여 전체 선를 선택.
4. 요소크기설정: 분할수 >> 3 입력.
5. [확인] 버튼 클릭.

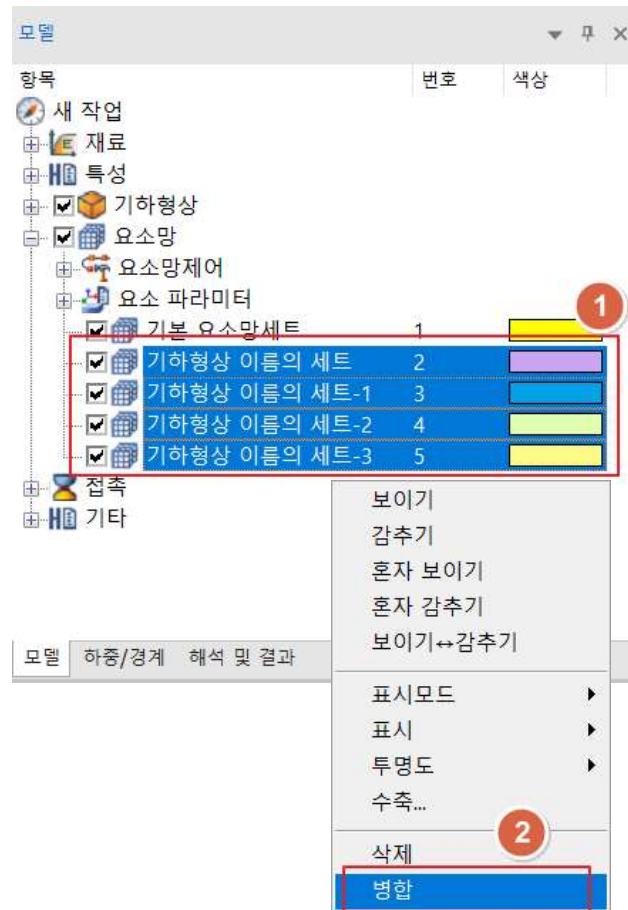


💡 재료와 특성을 미리 정의하지 않더라도 요소망 생성 시 특성 번호만 구분해서 입력해 주고 나중에 해당 번호의 특성을 정의할 수 있습니다.



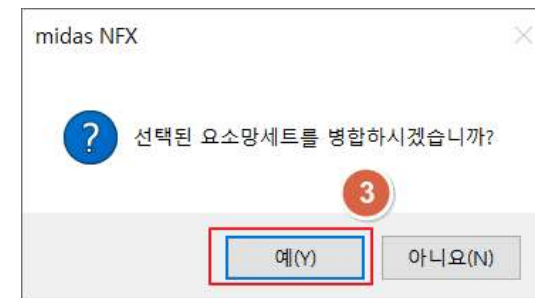
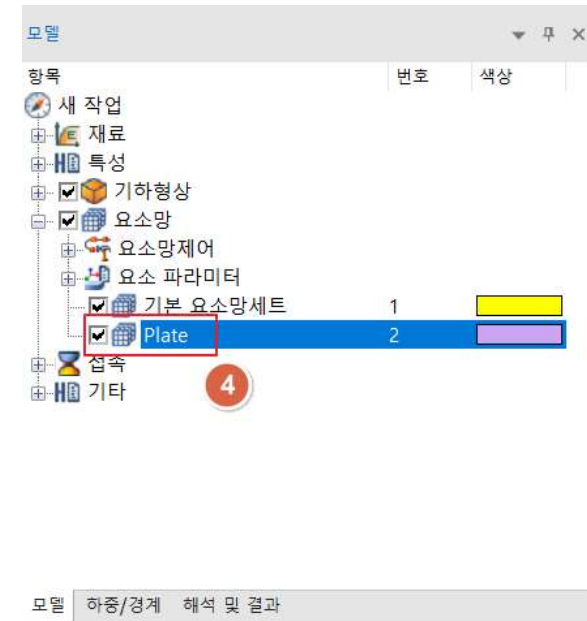
작업순서

1. 생성된 4개의 요소망세트 선택.
2. 마우스 오른쪽 클릭하여 병합 선택.
3. 예(Y) 클릭.
4. 병합된 요소망세트를 선택한 후,
[F2]키 누름. "Plate"로 수정.



💡 절점이 공유되어 있는 요소망세트에 한하여 병합합니다.

만약, 절점이 공유되어 있지 않은 요소망세트들을 임의로 병합하게 되면, 접촉조건 등의 적용이 힘들기 때문에 반드시 절점공유여부를 확인한 후에 요소망세트 병합을 수행해야 합니다.

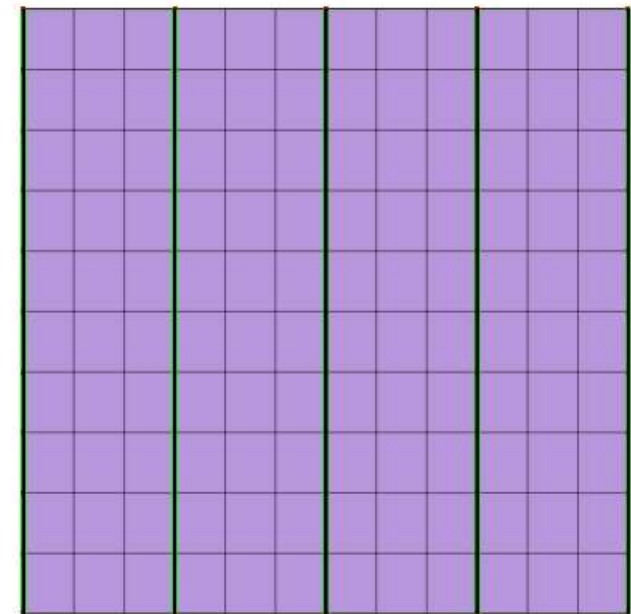
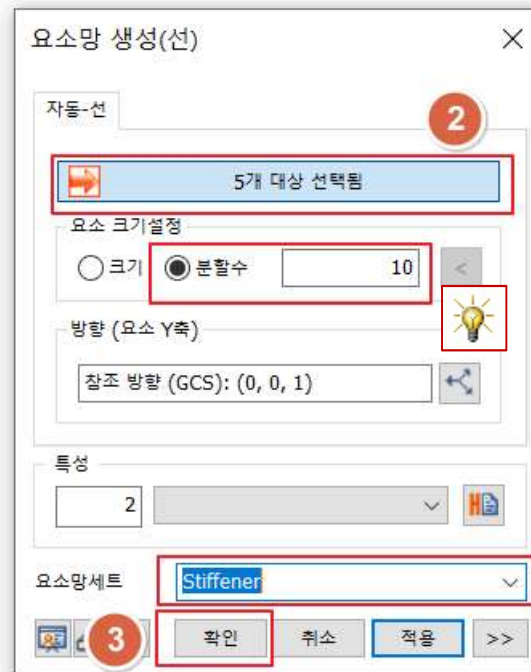


작업순서

1. [1D] 클릭.
2. 정보 입력.

대상선택	5개 선택(그림참조)
분할수	10
요소망세트	Stiffener

3. [확인] 버튼 클릭.



💡 엣지에 이미 시드가 부여되어 있기 때문에 별도의 요소 크기 설정을 하지 않더라도 부여된 시드에 따라 요소망이 생성됩니다.

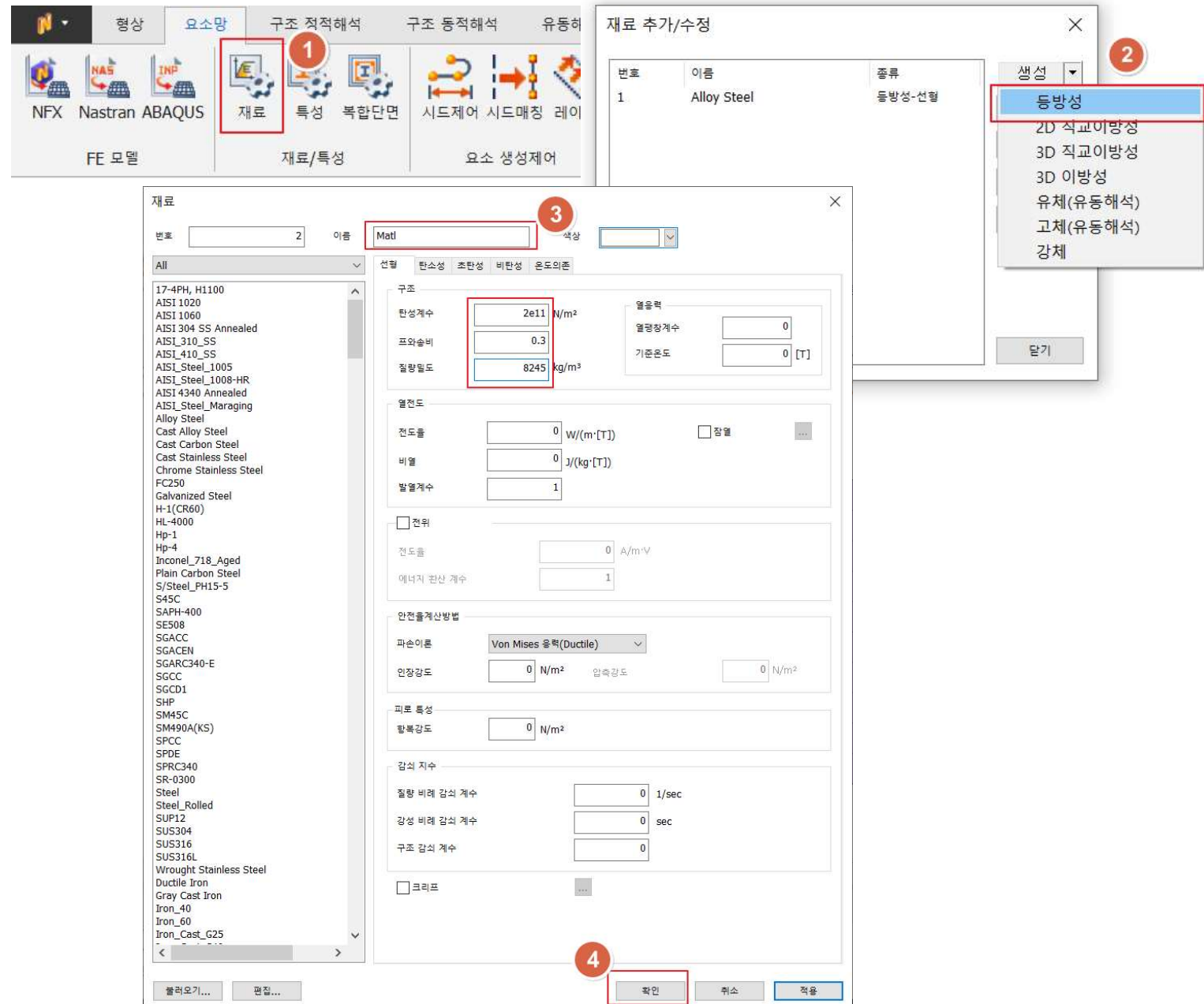
작업순서

1. [재료] 클릭.
2. 생성 >> 등방성 클릭.
3. 재료물성치 직접 입력.

번호	2
이름	Matl
탄성계수	2e11 (N/m ²)
프와송비	0.3
질량밀도	8245 (kg/m ³)

4. [확인] 버튼 클릭.

💡 모드해석을 수행하기 위해서는 반드시 질량밀도를 입력해야 합니다.



The screenshot shows the '재료' (Material) dialog box in the midas NFX software. The '재료' (Material) tab is selected, and the material name is 'Matl'. The material type is '등방성' (Isotropic). The properties being input are:

- 탄성계수 (Elastic Modulus): 2e11 N/m²
- 프와송비 (Poisson's Ratio): 0.3
- 질량밀도 (Density): 8245 kg/m³

The '확인' (Confirm) button is highlighted with a red box and the number 4.

작업순서

1. [특성] 클릭.
2. 생성 >> 2D 클릭
3. [판] 탭 선택.
4. 특성 입력.

번호	1
이름	Plate
면내재료	2: Matl
재료좌표계	전체직교좌표계
두께	0.005 m (균일두께)

5. [확인] 버튼 클릭.



작업순서

1. 생성 >> 1D 클릭
2. [바] 탭 선택.
3. 특성정보 입력.

번호	2
이름	Bar
재질	2: Matl

4. [단면형상...]에 체크한 후, 버튼 클릭.
5. 단면정보 입력.

단면형상	I
DIM1	0.05
DIM2	0.025
DIM3	0.025
DIM4	0.003
DIM5	0.003
DIM6	0.003

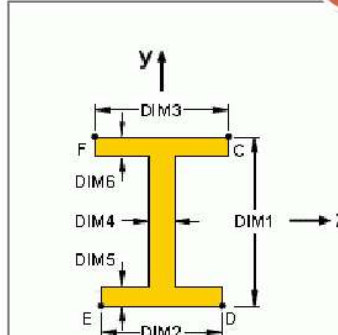
6. 전단중심: [<] 또는 [>] 버튼을 이용하여 바닥의 중앙으로 이동.
7. [확인] 버튼 클릭.
8. [확인] 버튼 클릭.

특성 추가/수정

번호	이름	종류	하위종류	생성
1		2D	판	1D...
2		1D	로드	2D...
				3D...
				기타...

불러오기...

단면템플릿



단면 정보

단면	단면	단면
DIM1	0.05 m	
DIM2	0.025 m	
DIM3	0.025 m	
DIM4	0.003 m	
DIM5	0.003 m	
DIM6	0.003 m	

절점에서 전단중심의 거리

DY 0.025 m

DZ 0 m

< 전단중심 >

확인 취소

1차원 특성 생성/변경

로드 임베디드 로드 바 임베디드 바 파이프 볼 1D

번호 2 이름 Bar 색상

재질 2: Matl

단면적 0.000282 m²

단면2차모멘트

I1 1.04246e-07 I2 7.9115e-09 I12 0

단위: m⁴

비틀림상수 8.61574656e-10 m⁴

비틀림응력계수 0.00741418763 m

길이당 비구조질량 0 kg/m

전단면적계수

K1 0.484767026 K2 0.471387885

전단중심에서 중립축까지의 거리

Y 0 m Z 0 m

응력계산위치...

단면 속성

☒ 재료 정보 고려하여 단면 속성을 계산

☒ 단면형상... I

확인 취소 적용

작업순서

1. 모델 작업트리 >> 특성 에서 1D >>

Bar 와 2D >> Plate 에 체크.

2. [파라미터] 클릭.

3. [1D] 탭 클릭.

4. 파라미터 정보 입력.

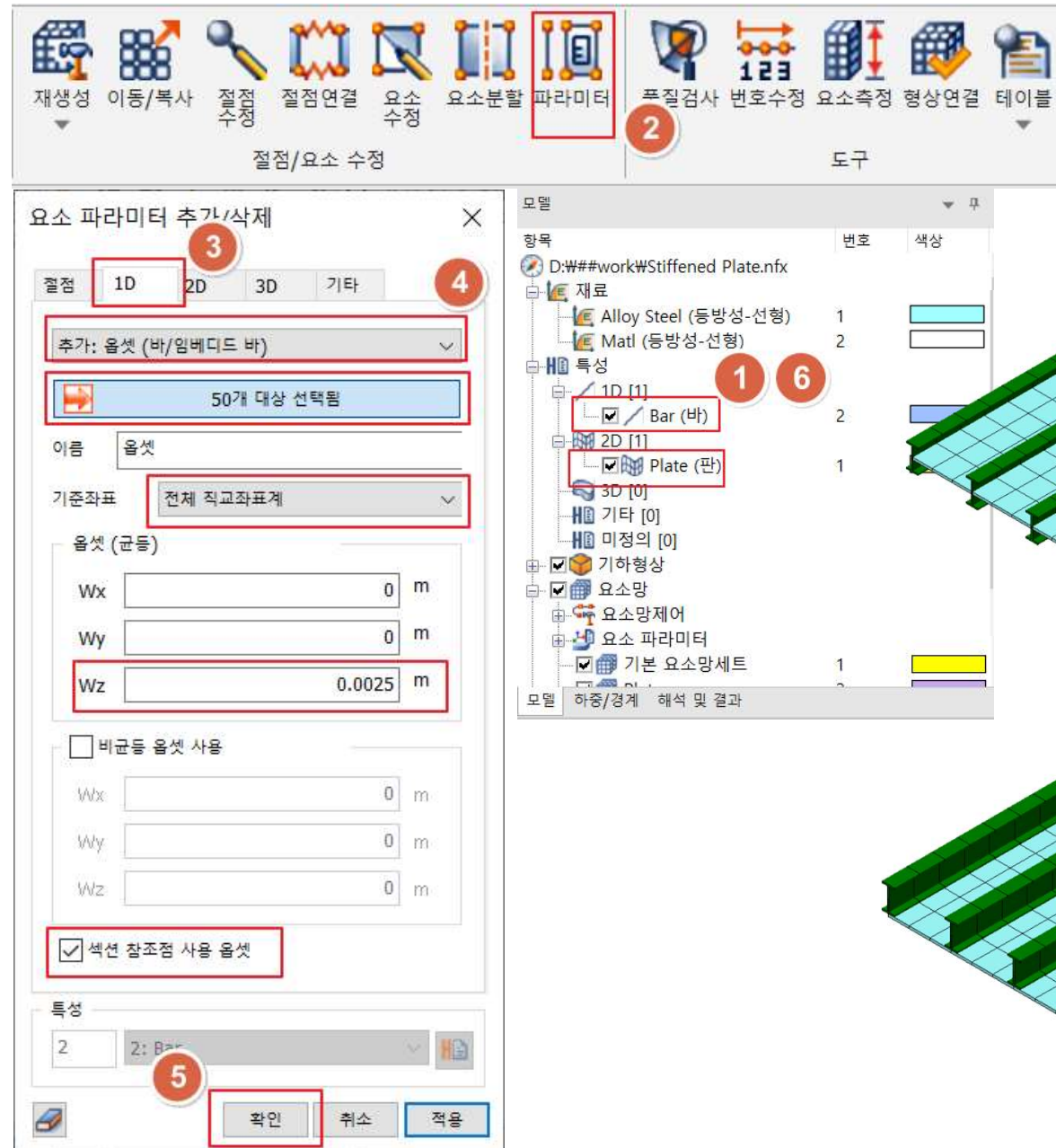
추가	옵셋(바/임베디드 바)
대상	50개 1D요소
기준좌표	전체 직교좌표계
옵셋 (균등)	Wz: 0.0025 m
옵셋 체크	섹션 참조점 사용 옵셋

5. [확인] 버튼 클릭.

6. 모델 작업트리 >> 특성 에서 1D >>

Bar 와 2D >> Plate 에 체크 해제.

💡 모델 작업트리의 특성에 체크하면 각 요소의 단면이 그려집니다. 단면이 그려진 상태에서는 다른 작업을 수행하는데, 용이하지 않으므로, 단면상태를 확인한 후에는 체크를 해제하는 것이 좋습니다.



The screenshot shows the 'Element Parameter' dialog box with the '1D' tab selected. The 'Add' dropdown is set to 'Offset (Bar/Embedded Bar)'. The 'Target' is '50개 대상 선택됨'. The 'Reference Coordinate' is '전체 직교좌표계'. The 'Offset (Uniform)' section shows 'Wz' set to '0.0025 m'. The 'Check' section has 'Section Reference Point Use Offset' checked. The 'Confirm' button is highlighted with a red box and the number 5. The 'Model' tree on the right shows the '1D [1]' element selected, with 'Bar (바)' and 'Plate (판)' checked. The 'Properties' section shows '1D [1]' selected, with 'Bar (바)' and 'Plate (판)' checked. The 'Model' tree also shows '2D [1]' and '3D [0]' elements. The 'Model' tree is highlighted with a red box and the number 6. The 'Model' tree also shows '기하형상', '요소망', '요소망제어', '요소 파라미터', and '기본 요소망세트'.

작업순서

1. [구속조건] 클릭.

2. 구속조건 입력

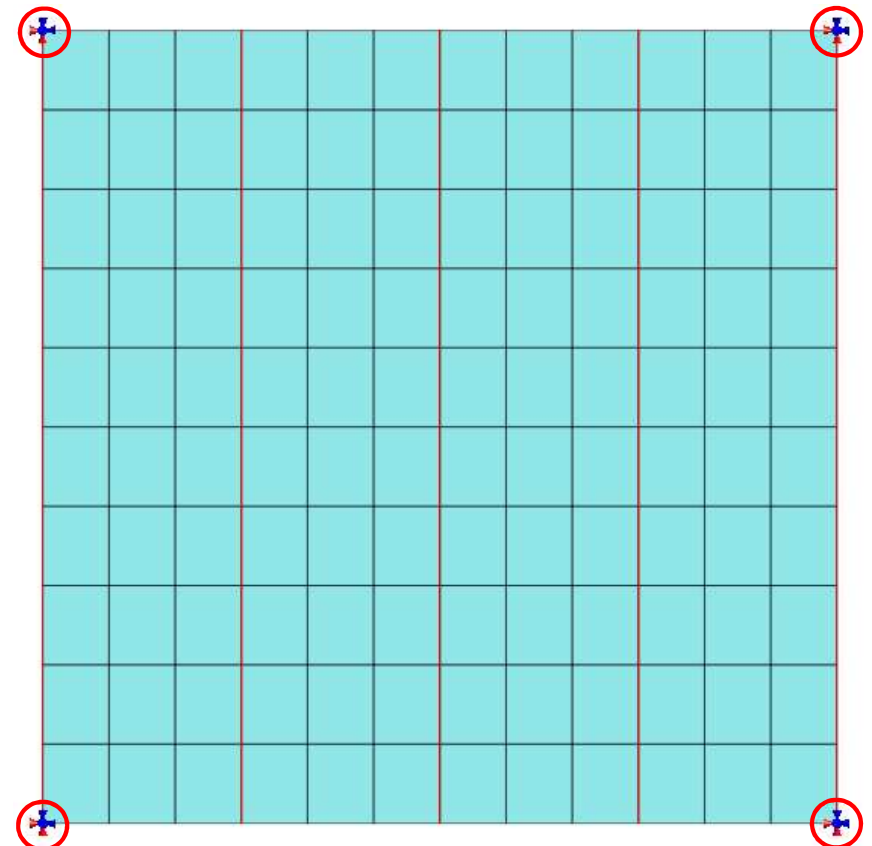
경계조건세트	Fix
대상종류	절점
대상선택	외각의 4개 선택
조건	고정구속

3. [확인] 버튼 클릭



고정구속: X, Y, Z 병진자유도 및 회전 자유도 구속

핀구속: X, Y, Z 병진자유도만 구속



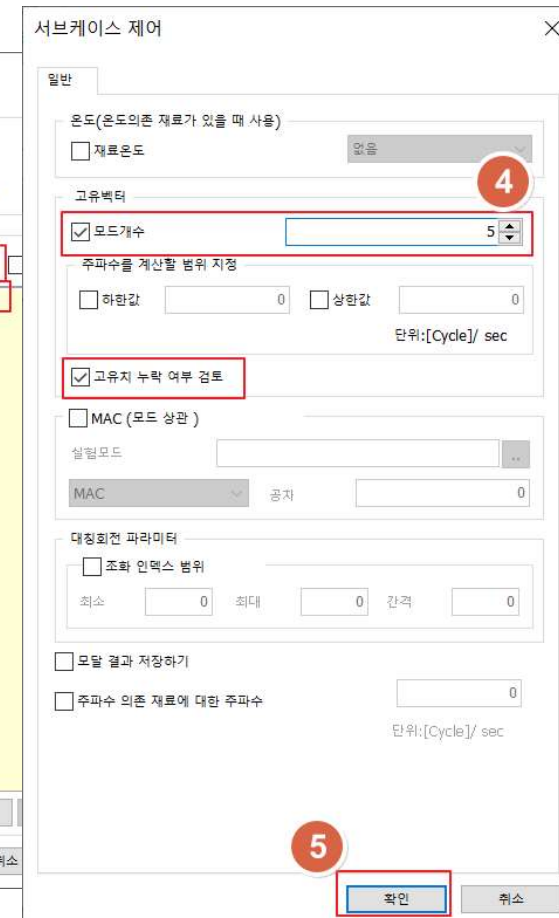
작업순서

1. [단일해석] 클릭.
2. 해석케이스 설정

이름	Modal
해석 종류	모드해석
3. 서브케이스 설정의 “모드해석 (필수)”를 클릭.
활성화된 서브케이스 제어 버튼 클릭.
4. 모드해석 설정

모드개수	5
옵션 체크	고유치 누락 여부 검토
5. [확인] 버튼 선택
6. [확인] 버튼 선택

💡 모드해석 시 누락된 고유치를 반복 작업을 통하여 계산합니다.

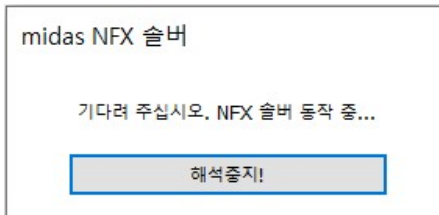


작업순서

1. [실행] 클릭.
2. [확인] 버튼 클릭.



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



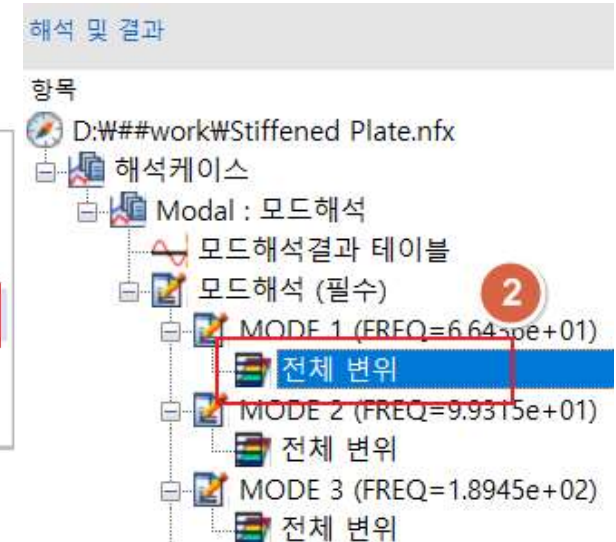
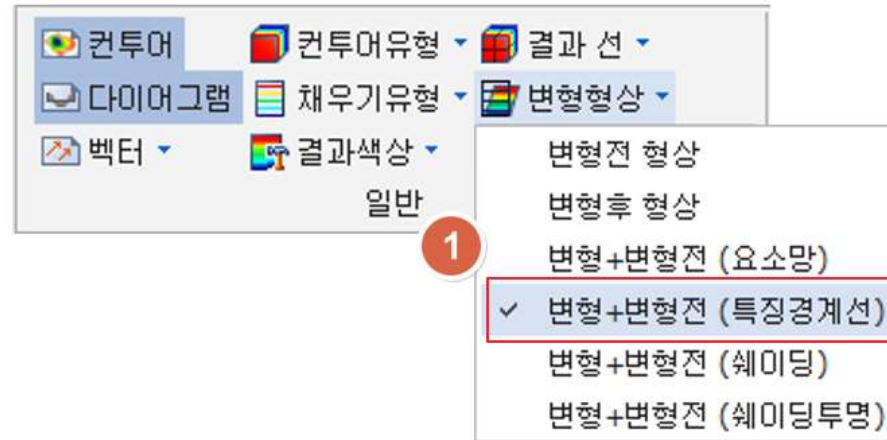
작업순서

1. 결과분석 >> 일반 >> 변형형상

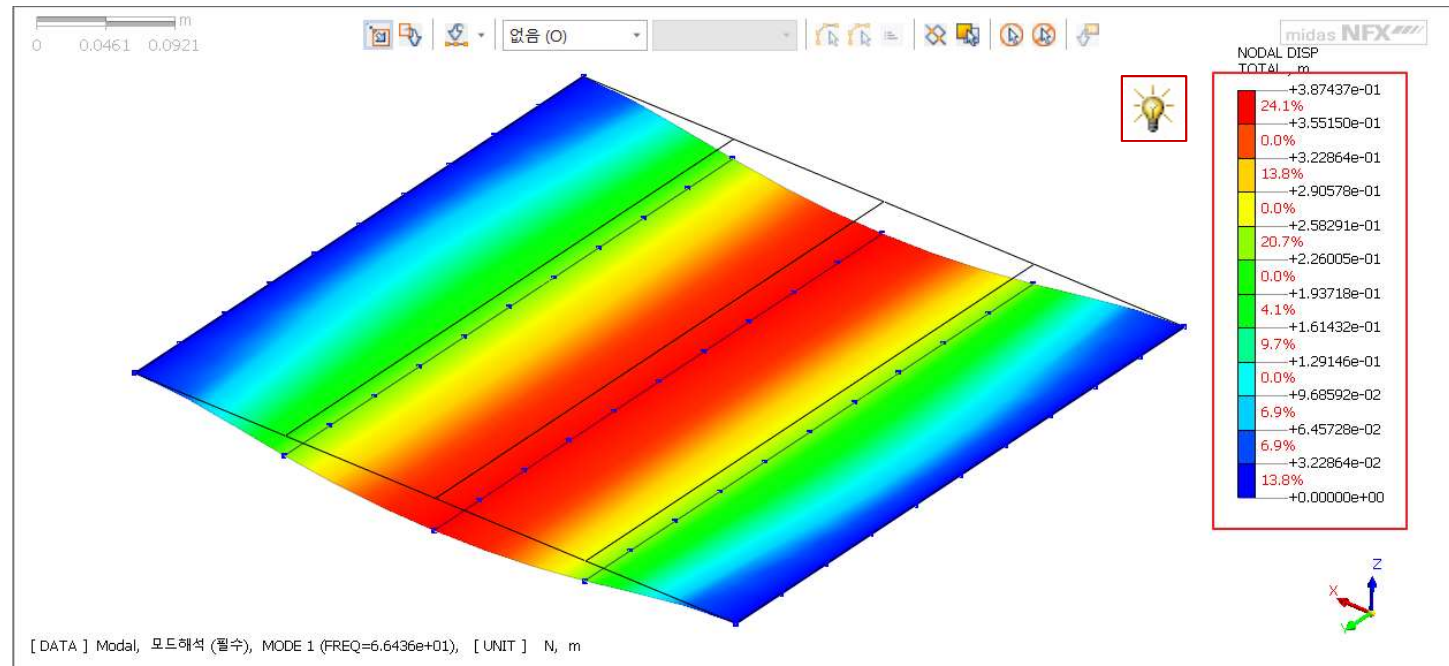
>> 변형+변형전 (특징경계선) 선택.

2. 해석 및 결과 작업트리에서 전체 변위


더블 클릭.

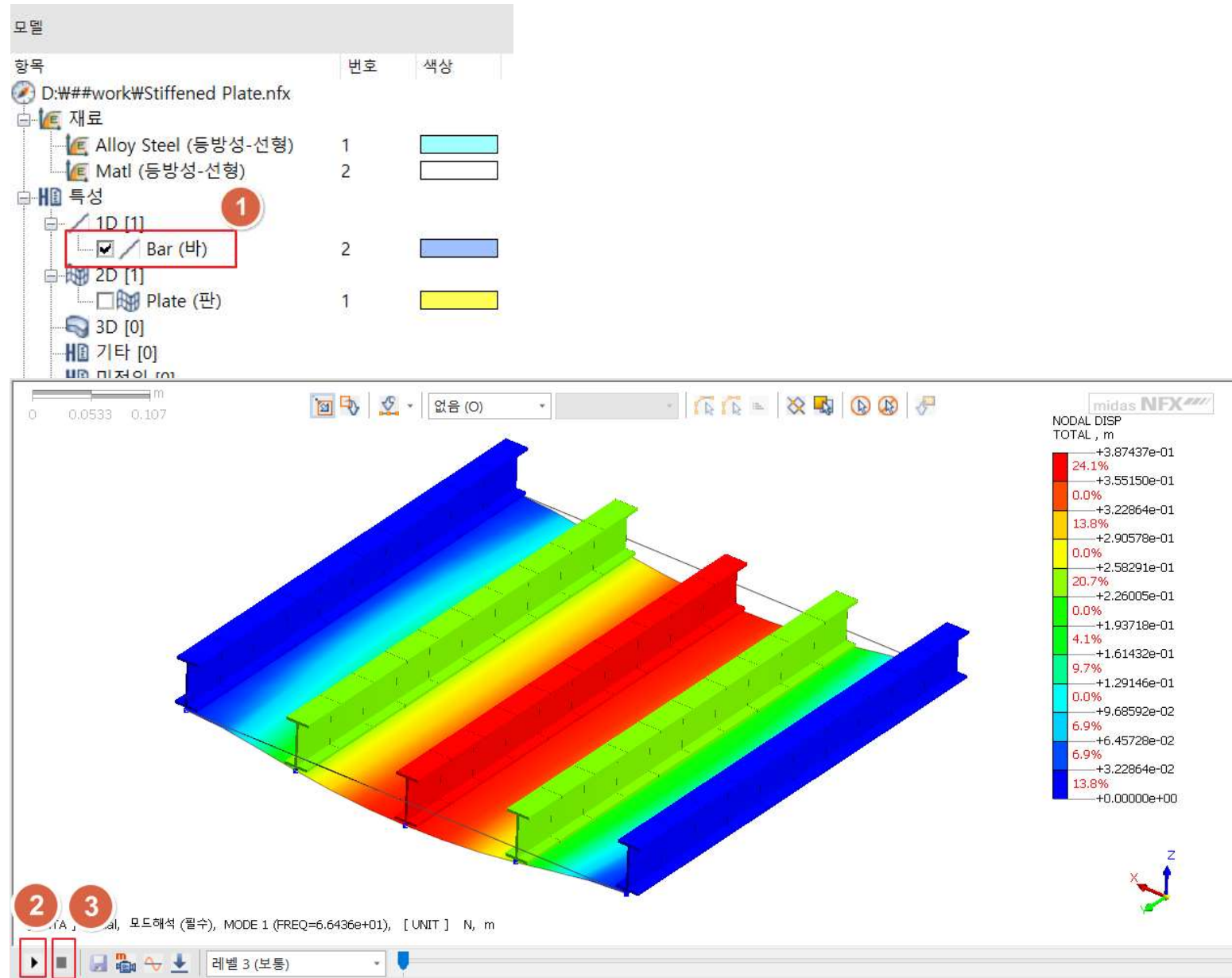


💡 모드해석에서의 변위값은 실제값이 아니므로, 각 차수에 따른 고유진동수와 모드형상만을 검토하면 됩니다.



작업순서

1. "Bar"에 체크.
2. 작업원도우 하단의 [▶] (재생) 버튼 클릭. 
3. [■] (정지) 버튼을 클릭하여 애니메이션 재생 중지.



간단한 버튼 하나로 해석결과를 애니메이션으로 확인할 수 있습니다. 애니메이션을 이용하면 모드형상을 보다 직관적으로 확인할 수 있습니다.

작업순서

1. 해석 및 결과 작업트리에서 모드해석 결과 테이블 더블 클릭.

해석 및 결과

항목

D:\work\Stiffened Plate.nfx

해석케이스

Modal : 모드해석

모드해석결과 테이블

모드해석 (필수)

MODE 1 (FREQ=6.6436e+01)

전체 범위

MODE 2 (FREQ=9.9315e+01)

전체 범위

MODE 3 (FREQ=1.8945e+02)

전체 범위

REAL EIGENVALUES								
MODE NUMBER	EIGENVALUE	RADIANS	CYCLES	PERIOD	GENERALIZED MASS	GENERALIZED STIFFNESS	ORTHOGONALITY LOSS	ERROR MEASURE
1	1.742451e+05	4.174268e+02	6.643554e+01	1.505218e-02	1.000000e+00	1.742451e+05	0.000000e+00	4.006582e-12
2	3.893906e+05	6.240117e+02	9.931454e+01	1.006902e-02	1.000000e+00	3.893906e+05	0.000000e+00	2.104278e-12
3	1.416947e+06	1.190356e+03	1.894510e+02	5.278410e-03	1.000000e+00	1.416947e+06	0.000000e+00	0.000000e+00
4	2.401272e+06	1.549604e+03	2.466271e+02	4.054704e-03	1.000000e+00	2.401272e+06	0.000000e+00	5.460866e-12
5	5.454778e+06	2.335547e+03	3.717138e+02	2.690242e-03	1.000000e+00	5.454778e+06	0.000000e+00	1.795545e-09
MODAL EFFECTIVE MASS								
MODE NUMBER	T1	T2	T3	R1	R2	R3		
1	0.000000e+00	0.000000e+00	1.099999e+04	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00		
2	0.000000e+00	3.624364e+01	0.000000e+00	2.227115e-04	0.000000e+00	0.000000e+00		
3	1.405643e-01	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	1.484313e-04	0.000000e+00		
4	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	1.210659e-07		
5	0.000000e+00	0.000000e+00	1.325429e+03	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00		
TOTAL	1.405643e-01	3.624364e+01	1.232542e+04	2.227115e-04	1.484313e-04	1.210659e-07		
TOTAL IN MODEL	1.611898e+04	1.611898e+04	1.611898e+04	3.407929e-04	4.015052e-04	7.323363e-04		
PERCENTAGE MODAL EFFECTIVE MASS								
MODE NUMBER	T1	T2	T3	R1	R2	R3		
1	0.00%	0.00%	68.24%	0.00%	0.00%	0.00%		
2	0.00%	0.22%	0.00%	65.35%	0.00%	0.00%		
3	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	36.97%	0.00%		
4	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%		
5	0.00%	0.00%	8.22%	0.00%	0.00%	0.00%		
TOTAL	0.00%	0.22%	76.47%	65.35%	36.97%	0.02%		

💡 각 차수의 고유진동수를 의미합니다.