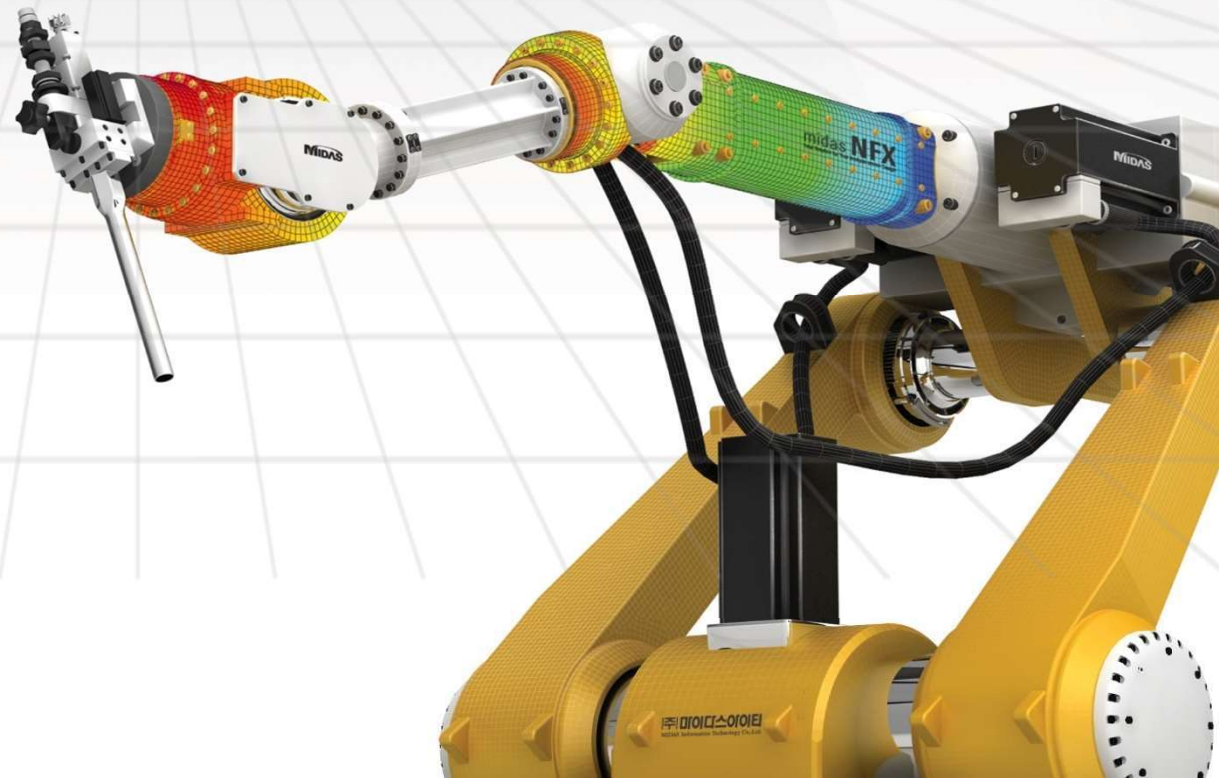


Modal Analysis (모드해석)



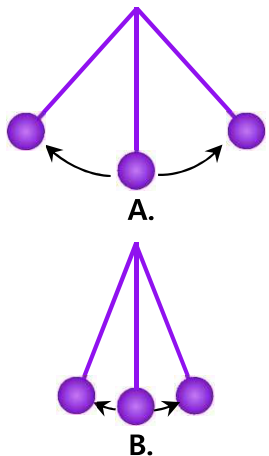
모드해석

- 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)

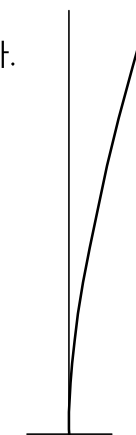
- 고유 진동수 : 구조물의 동적 특성을 표현하는 한 가지로써 단위시간에 진동하는 회수를 의미(Hz)
- 고유 진동주기 : 진동수의 역수($1/f$)로서 1회 진동하는데 소요되는 시간을 의미(sec)
- 고유 모드 형상 : 외부의 힘이 제거된 상태에서 구조물이 진동하는 형상을 의미하며,
구조물이 가장 쉽게 변형할 가능성이 높은 형상부터 저차 모드를 가짐
- 공진 : 고유진동수가 구조물에 가해지는 작동주파수의 근처에 있게 되면 구조물에 공진이 발생



<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.

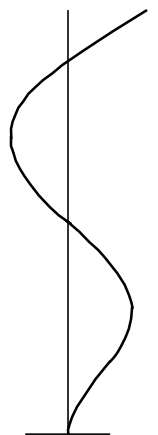
• 외팔보의 고유 모드 형상



1차 모드



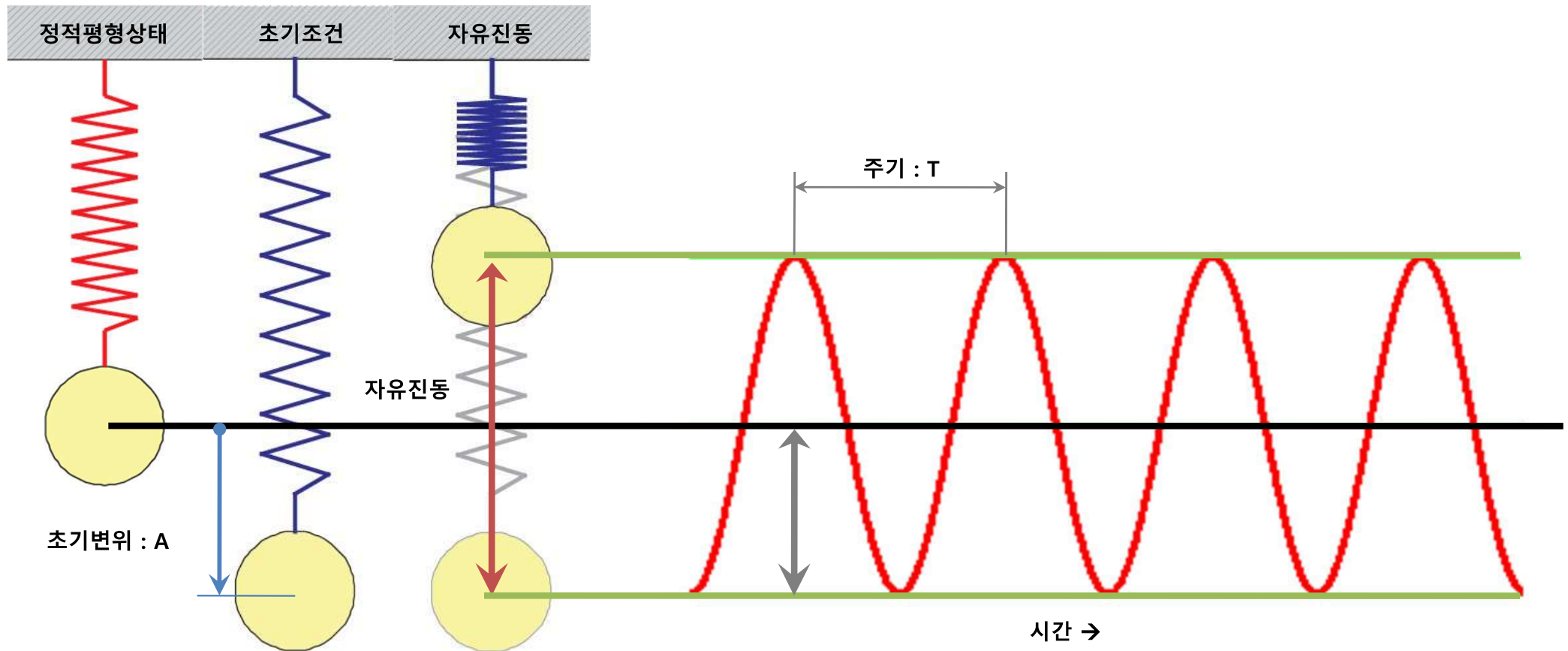
2차 모드



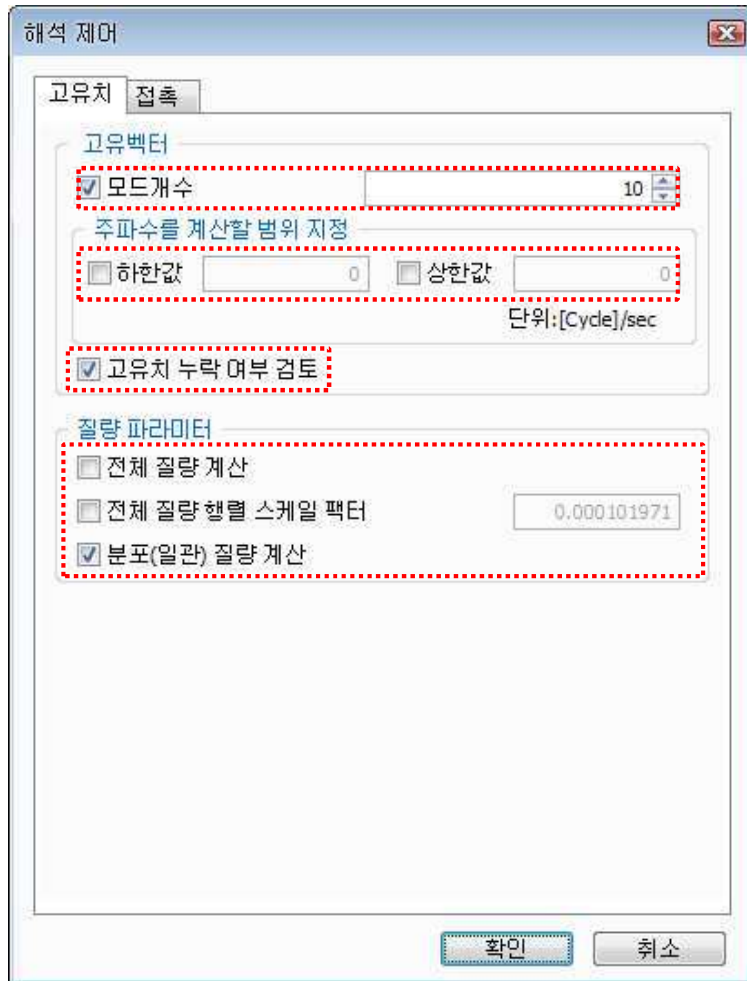
3차 모드

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(일반) 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

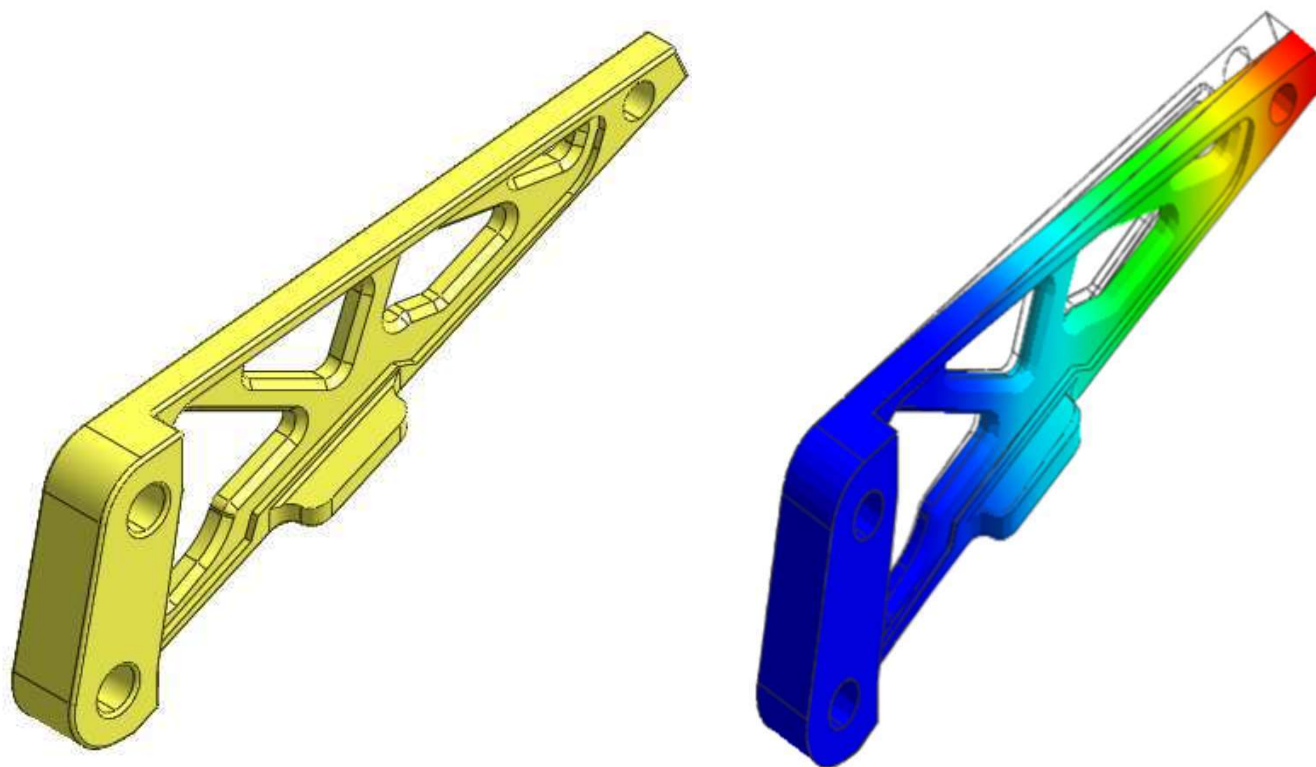
➤ 경계조건과 하중조건

- 경계조건 (고정구속)

➤ 결과확인

- 모드해석 결과
- 모드 형상
- 고유진동수

Hanger



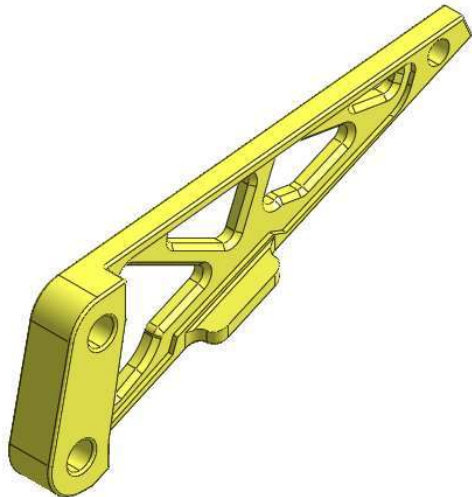
따라하기 목적

➤ midas NFX를 이용한 기본적인 모드 해석의 수행 및 기능 이해

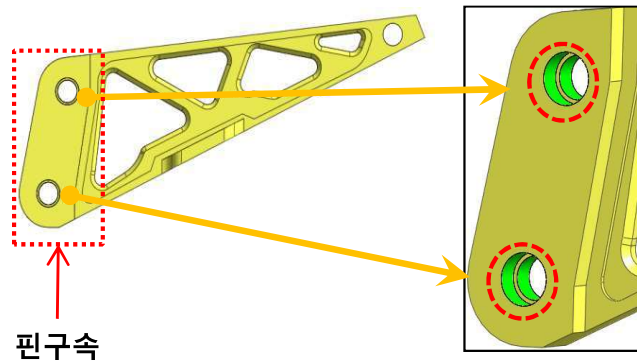
- 모드해석은 진동이나 주기적인 하중을 받는 부품에 대한 설계 검증 시에 주로 이용합니다.
- 모드해석에서는 특정한 구속을 받는 구조물에 대한 **공진 진동수**를 계산하고 **모드 형상**을 제공합니다.
- 본 따라하기에서는 단일 파트 모델에서 해석에 불필요한 필렛을 간략화하고 모드해석을 통해 파트의 고유 진동수와 모드형상 등을 확인하도록 합니다.

해석 개요

➤ 대상 모델



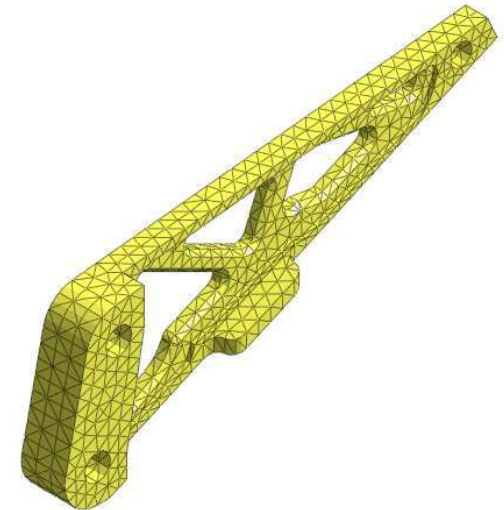
➤ 구속조건 (고정구속)



핀구속

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 3

N mm J sec

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.

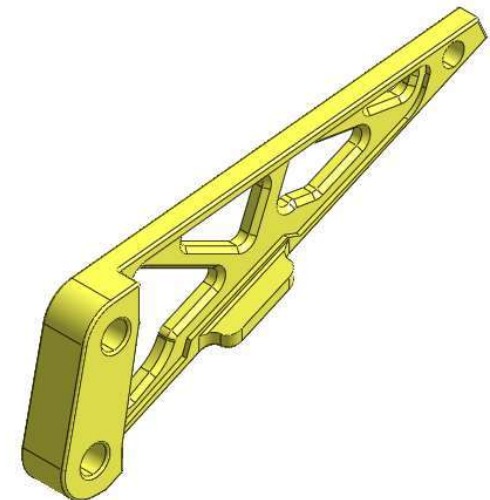
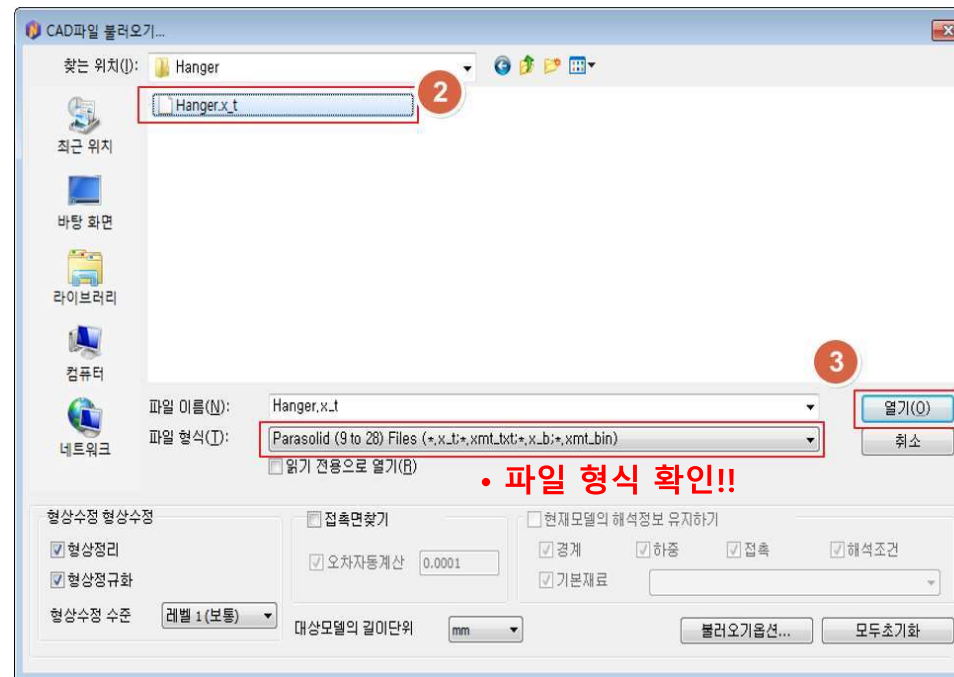
 해석조건설정 대화상자는 시작과 함께 자동으로 보여집니다.

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

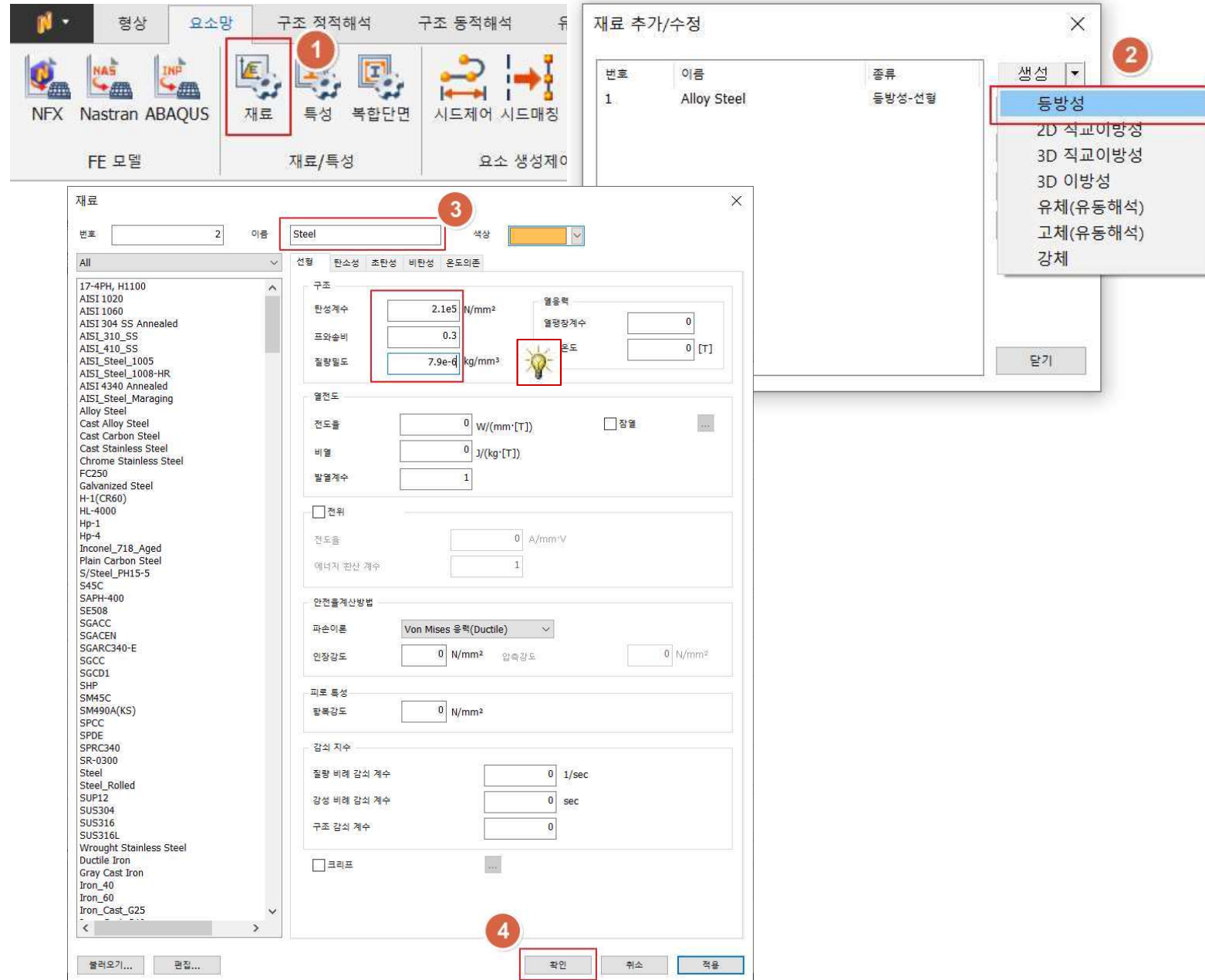
1. [재료] 클릭.
2. 생성 >> 등방성 클릭
3. 재질입력

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.



재료 추가/수정

번호 1 이름 Alloy Steel 종류 등방성-선형

생성

등방성

2D 직교이방성

3D 직교이방성

3D 이방성

유체(유동해석)

고체(유동해석)

강체

닫기

재료

번호 2 이름 Steel 색상

All

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
Ductile Iron
Gray Cast Iron
Iron_40
Iron_60
Iron_Cast_G25

구조

탄성계수 2.1e5 N/mm²

프와송비 0.3

질량밀도 7.9e-6 kg/mm³

열팽창계수 0

온도 0 [T]

열전도도 0 W/(mm·[T])

비열 0 J/(kg·[T])

발열계수 1

전위

전도율 0 A/mm·V

에너지 전산 계수 1

안전율계산방법

파손이론 Von Mises 응력(Ductile)

인장강도 0 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

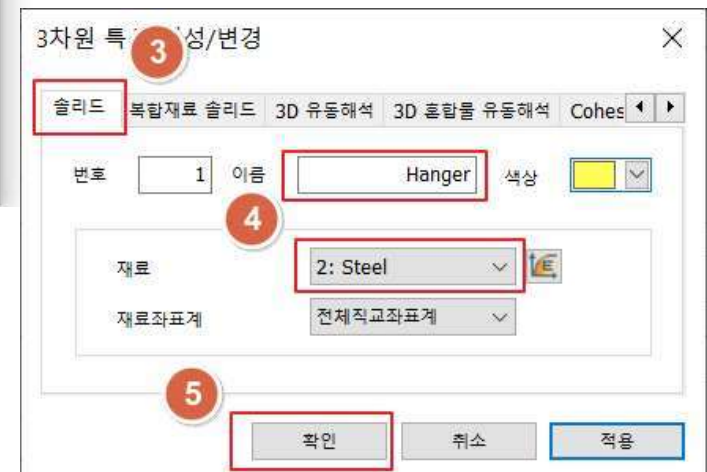
확인 취소 적용

작업순서

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

번호	1
이름	Hanger
재질	2:Steel

5. [확인] 버튼 클릭.



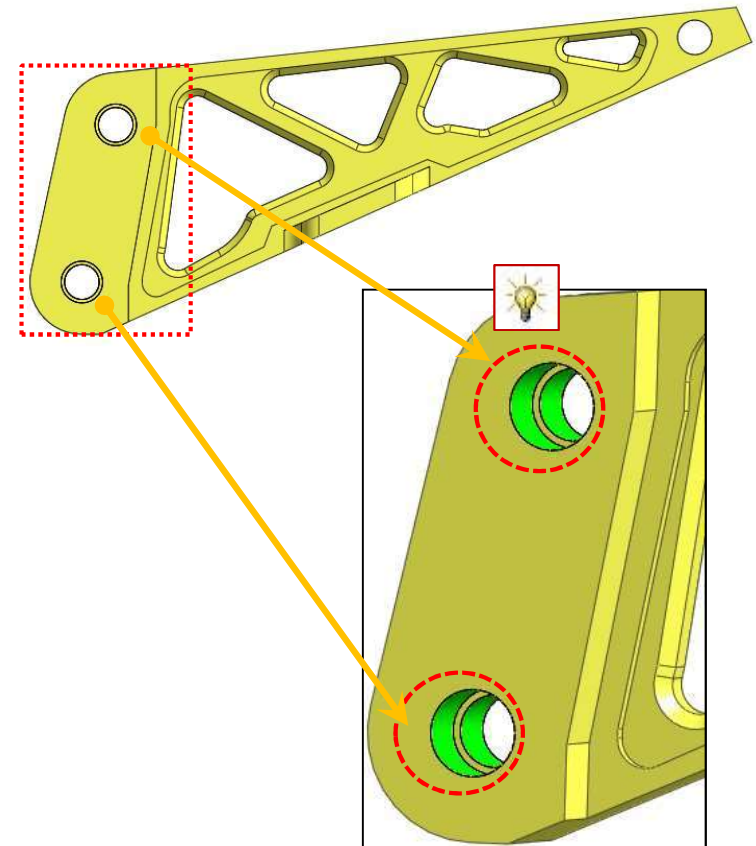
작업순서

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

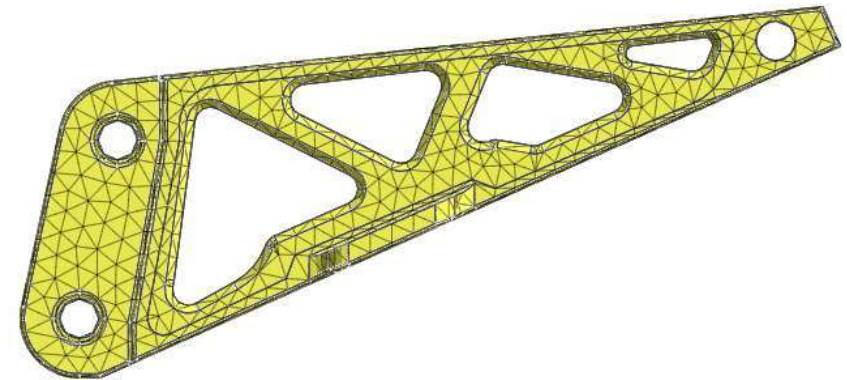
※솔리드 모델에서는 회전자유도가 없기 때문에 **핀구속** 조건으로도 모든 자유도가 구속됩니다.

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.



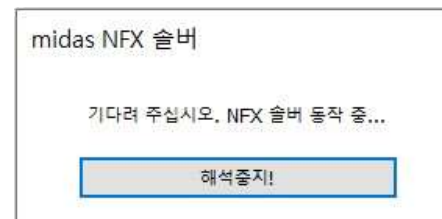
기본적으로 현재 작업된 요소망세트, 경계조건, 하중조건 등이 모두 활성화 됩니다.

작업순서

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

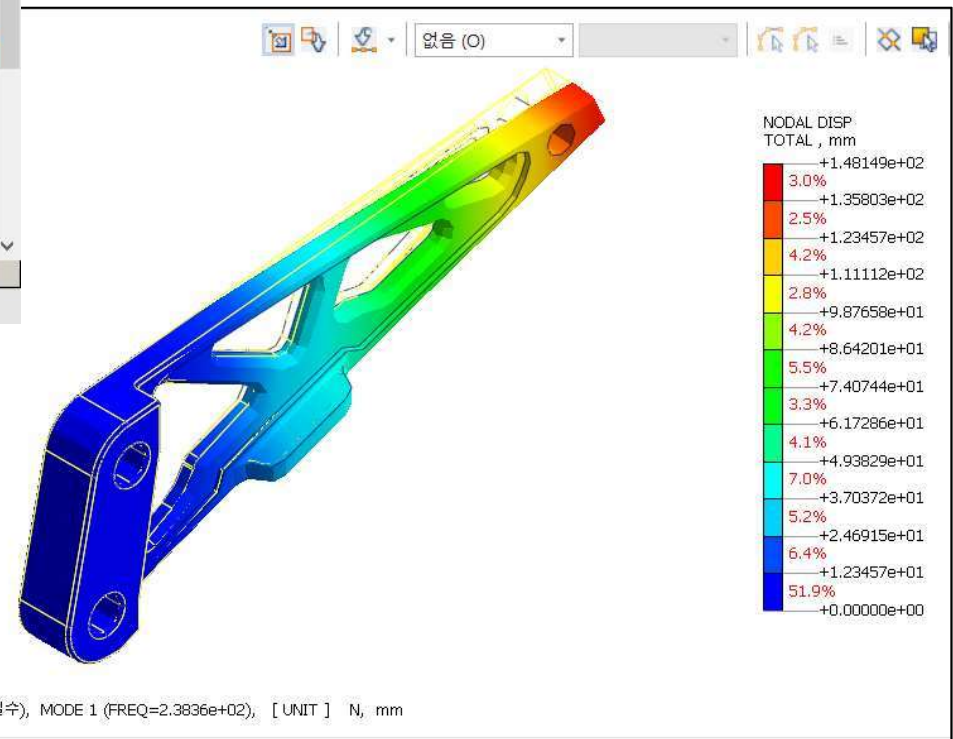
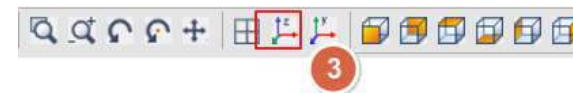
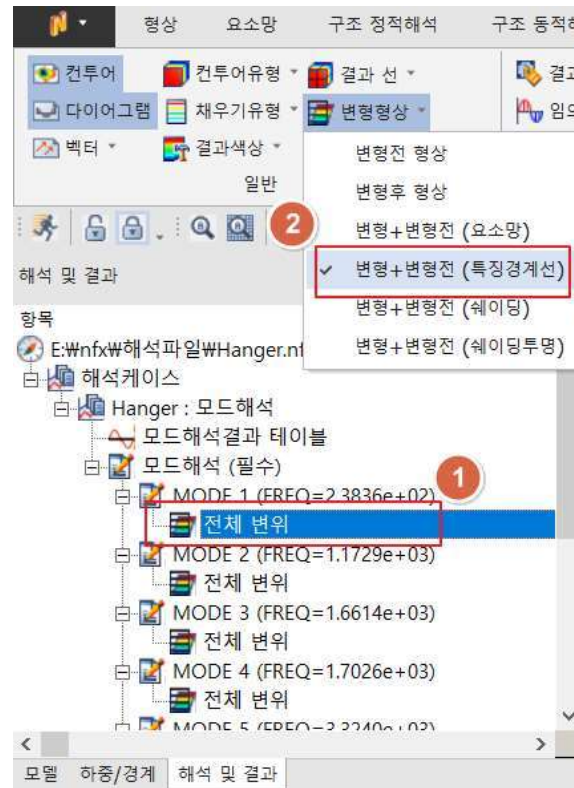


💡 해석을 실행하면 midas NFX 솔버가 작동됩니다. [해석중지!] 버튼을 클릭하면 해석이 중지됩니다.



작업순서

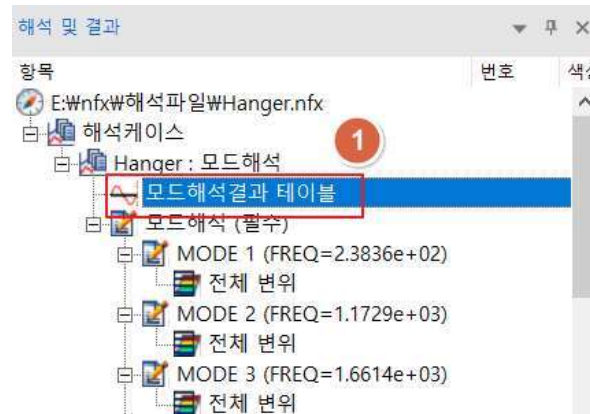
1. 해석 및 결과 작업트리에서
MODE 1 >> 전체 변위 더블 클릭.
2. 결과분석 >> 일반 >> 변형형상
>> 변형+변형전 (특징경계선) 선택.
3. [] (등각보기1) 클릭.



💡 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.