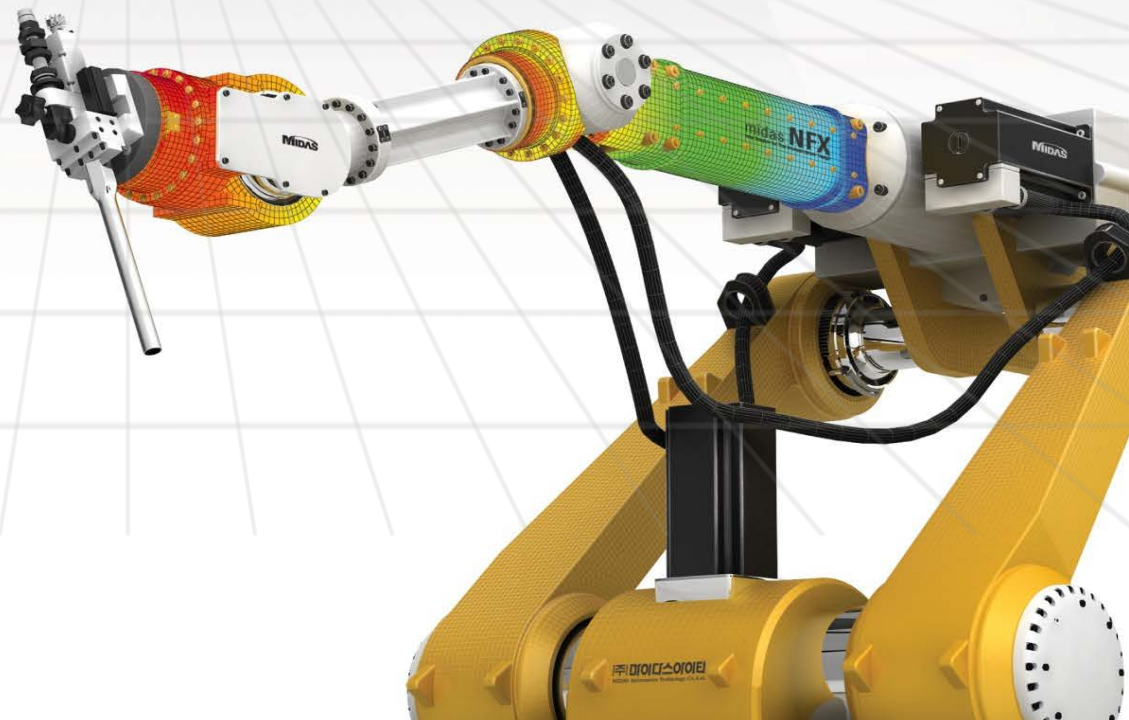


Fatigue Analysis (피로해석)



해석 개요

- ✓ 피로파괴는 부재의 항복강도보다 낮은 하중이 반복하여 작용할 때 부재가 파괴되는 현상을 의미합니다.
- ✓ 피로균열은 용접결함, 구조물의 기하학적인 형상에서 발생하는 응력집중, 구조물의 응력범위와 반복횟수 등에 의해서 발생하며, 이러한 피로균열은 하중의 반복작용에 의해 균열이 진전하여 결국 파단에 이르게 되므로 피로취약부의 특성에 대한 상세한 규명이 필요합니다.
- ✓ 피로해석을 수행하는 방법에는 응력 기반의 응력-수명(Stress-life) 방법과 변형률 기반의 변형률-수명(Strain-life) 방법이 있습니다.
작용 응력이 탄성 영역에 있고 피로 수명이 상대적으로 긴 경우에는 응력-수명 방법이 정확하고, 국부적인 소성 변형이 일어나며 피로 수명이 상대적으로 짧은 경우에는 변형률-수명 방법이 더 타당합니다.
- ✓ midas NFX에서는 S-N 선도를 이용하는 응력-수명 방법과 E-N 선도를 이용하는 변형률-수명 방법을 모두 지원하고 있으며, 특히 동적해석 혹은 비선형해석의 응력 혹은 변형률 이력을 사용하여 피로해석을 수행할 수 있습니다.

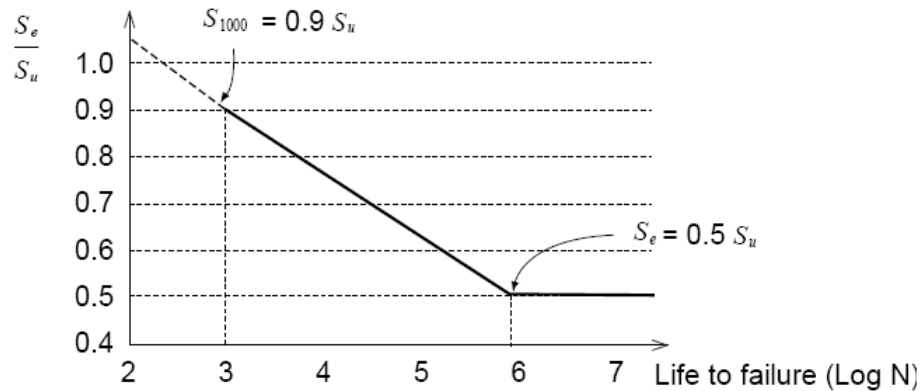
응력-수명 방법

- ✓ 응력-수명 방법은 일정한 하중을 반복적으로 작용하여 파괴가 발생하였을 때의 반복횟수(N)와 응력 진폭(S)의 관계를 사용하여 주어진 하중 이력하에서의 피로 정도를 예측하는 방법입니다.
 - ✓ S-N 선도는 구조물에 일정 진폭의 반복하중이 작용할 때 발생하는 응력진폭과 파괴에 이르게 하는 반복횟수의 관계를 나타낸 선도입니다.
 - ✓ 피로 해석을 위해서는 먼저 구조물에 대한 선형 탄성해석을 수행한 후, 주응력 혹은 von-Mises 응력 등의 등가 응력을 산정하고 이를 S-N 선도에 적용하여 피로파괴가 일어나기까지 소요되는 하중 반복횟수를 예측합니다.
 - ✓ 가변 진폭의 반복하중이 작용하는 경우 레인플로-집계 기법(Rainflow-Counting)을 사용하여 가변진폭의 반복응력으로부터 개별 응력 진폭을 추출하여 S-N 선도에 적용합니다.
- ☞ 구조물 모델링 → 선형정적 해석 → 응력에 대한 피로 해석 → 해석 결과 확인

주요 용어

➤ S-N 커브

구조물에 일정 진폭의 반복하중이 작용할 때 발생하는 응력진폭 (Stress Amplitude, S)과 해당 진폭응력이 반복될 때 파괴에 이르게 하는 반복횟수(Cycle to Failure, N)의 관계식을 나타낸 선도

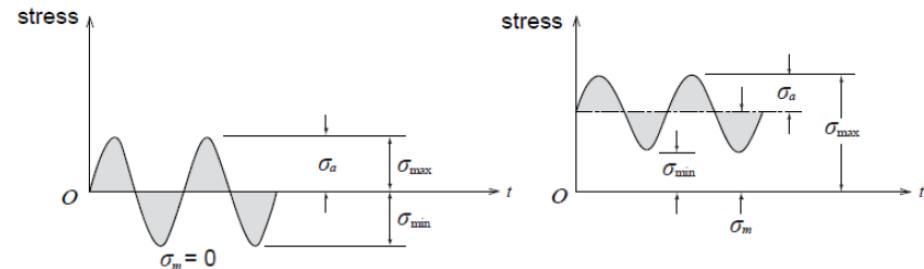


➤ 반복하중

일정 진폭의 응력이 규칙적으로 작용하는 경우 응력진폭과 평균 응력은 다음과 같이 계산합니다.

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_m}{2}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$$



개요

➤ 선형정적해석 / 피로해석

- 단위 : N, mm
- 등방성 탄성 재료

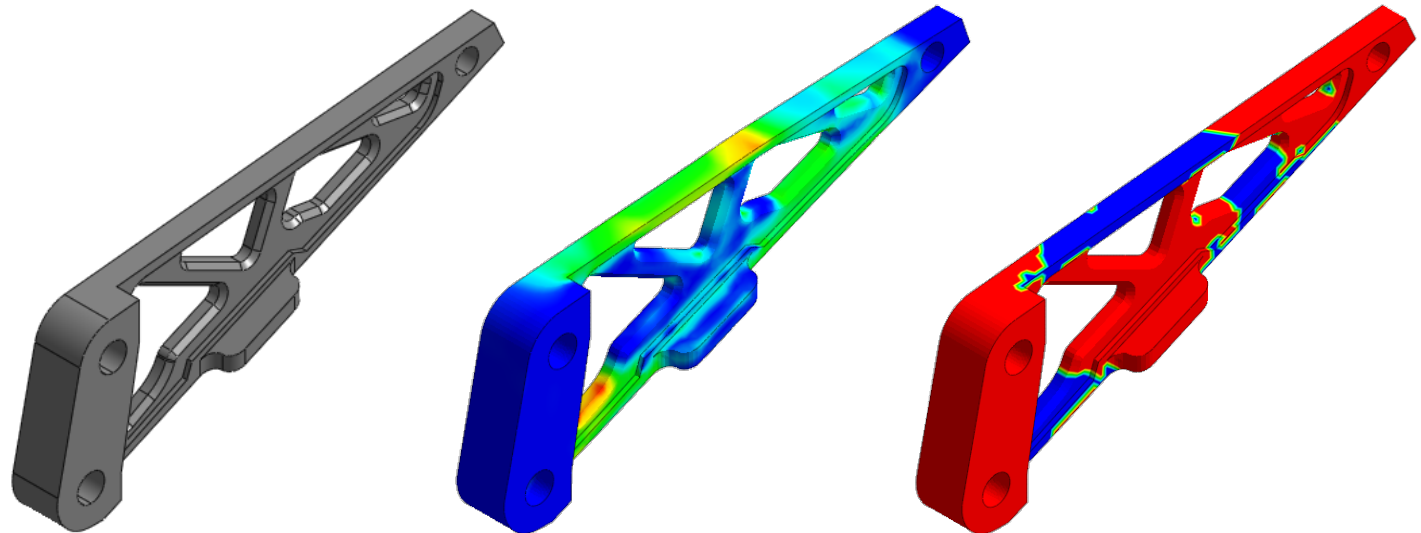
➤ 경계조건과 하중조건

- 집중하중
- 경계조건(고정구속)

➤ 결과확인

- von-Mises 응력
- 피로 수명

Hanger



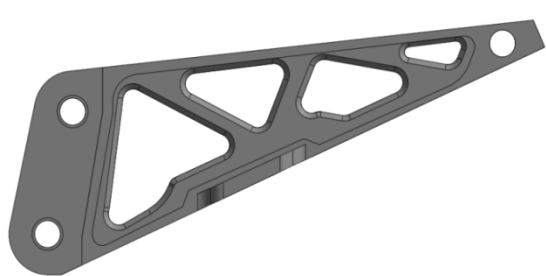
따라하기 목적

➤ midas NFX를 이용한 기본적인 피로 해석의 수행 및 기능 이해

- 피로파괴는 부재의 항복강도보다 낮은 하중이 반복하여 작용할 때 부재가 파괴되는 현상을 의미하며, 이러한 피로균열은 용접결함, 구조물의 기하학적인 형상에서 발생하는 응력집중, 구조물의 응력범위와 반복횟수 등에 의해서 발생합니다.
- 본 따라하기에서는 먼저 구조물에 대한 선형 탄성해석을 수행한 후, 부호를 고려한 von-Mises 응력을 사용하여 응력진폭을 산정하고 이를 S-N 선도에 적용하여 피로파괴가 일어나기까지 소요되는 하중 반복횟수를 예측합니다.

해석 개요

➤ 대상 모델

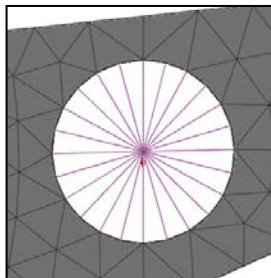
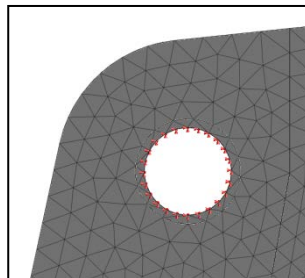


➤ 경계조건 (고정구속)

고정구속



집중하중
(강체로 절점들을 연결한 후
마스터 노드에 집중하중부가)

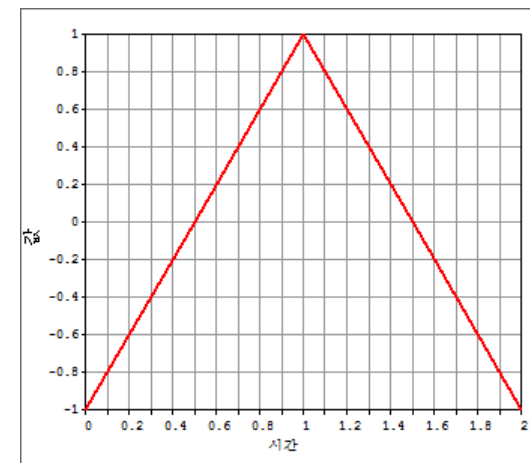


➤ 하중조건 (집중하중)



➤ 피로해석조건


피로한계응력	40 MPa
한계사이클	1,000,000


하중이력 - 완전반복

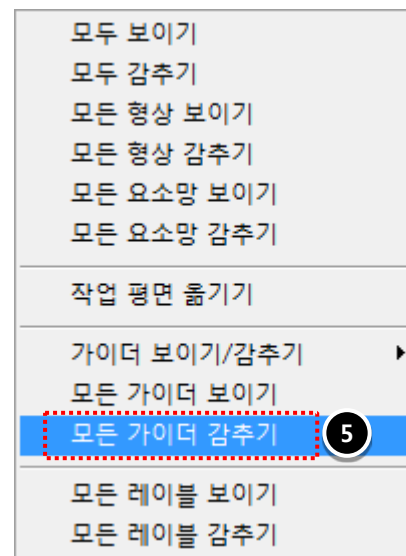
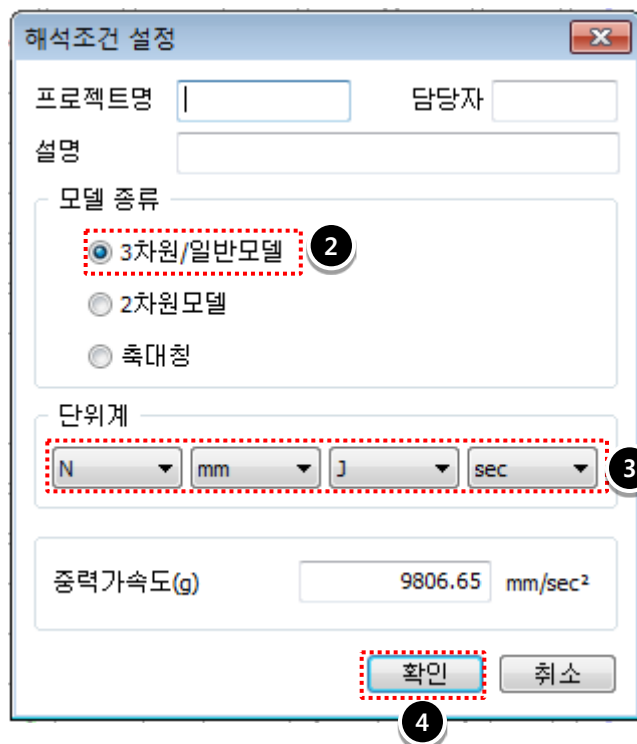
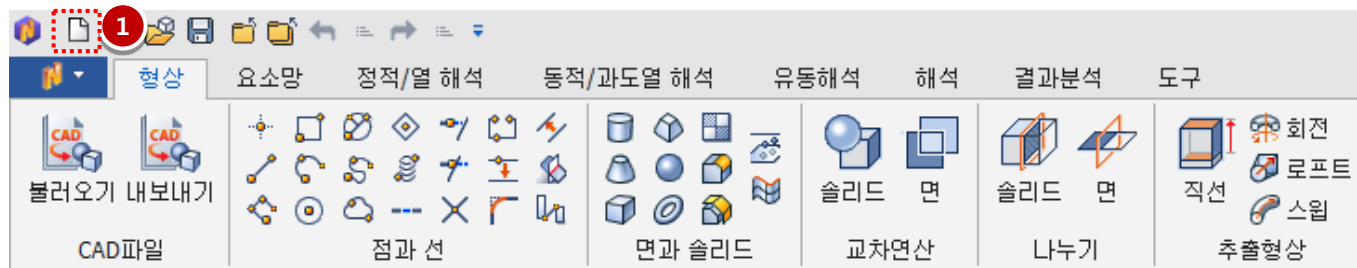


작업순서

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

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

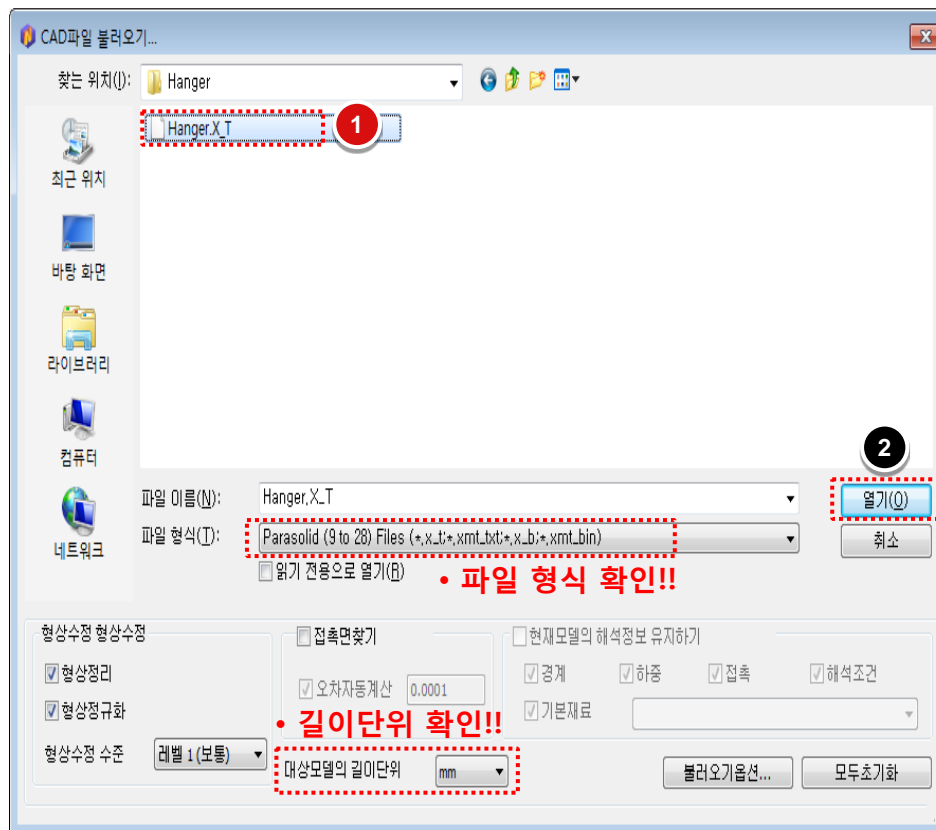
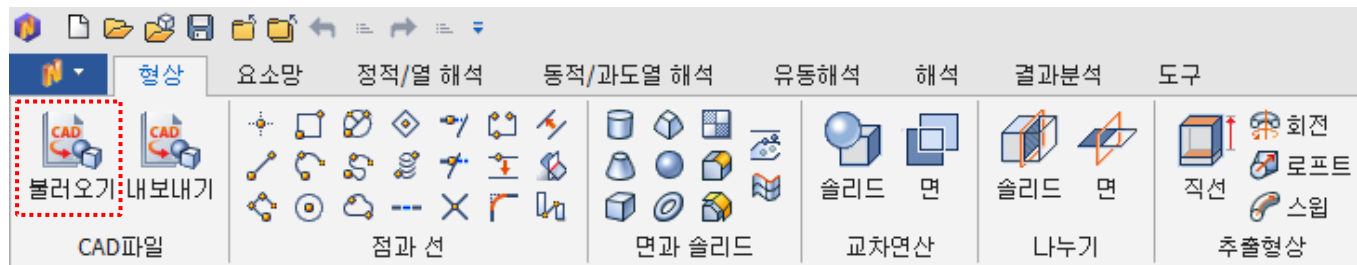
 해석조건설정 대화상자는 시작과 함께 자동으로 보여집니다.





작업순서

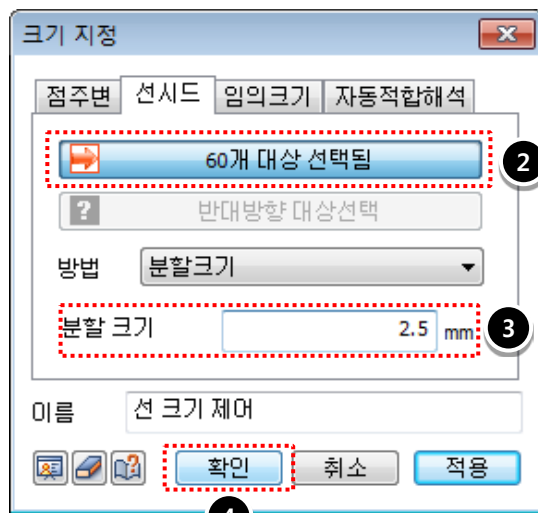
1. 모델 선택: **Hanger.x_t** 선택
2. [열기] 버튼 클릭.


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

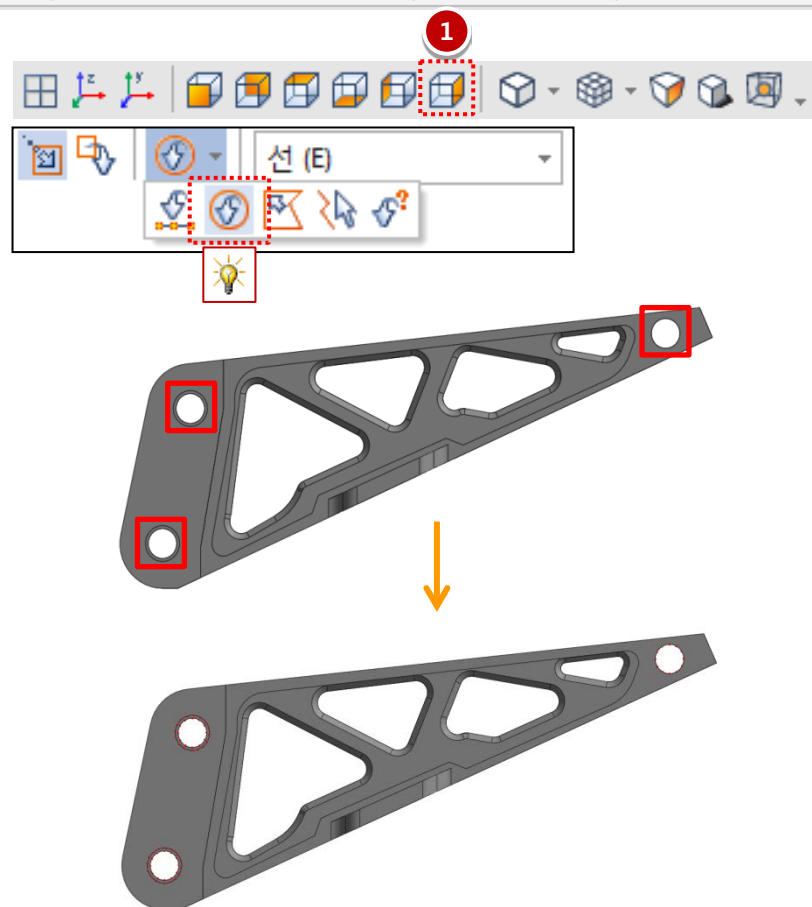


작업순서

1. [](우측면) 클릭.
2. 대상선택: “선 60개” 선택 
3. 분할크기: “2.5” 입력.
4. [확인] 버튼 클릭.

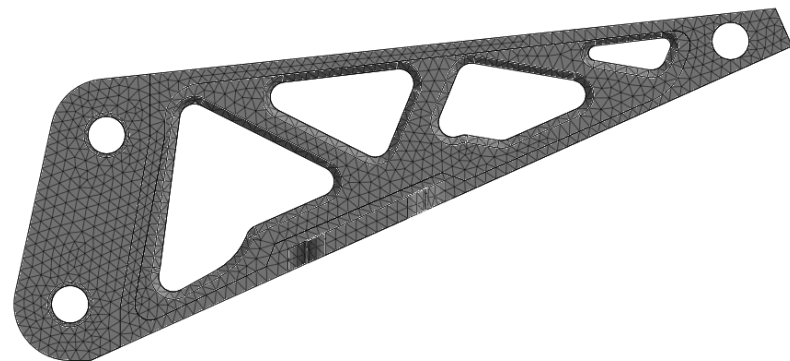
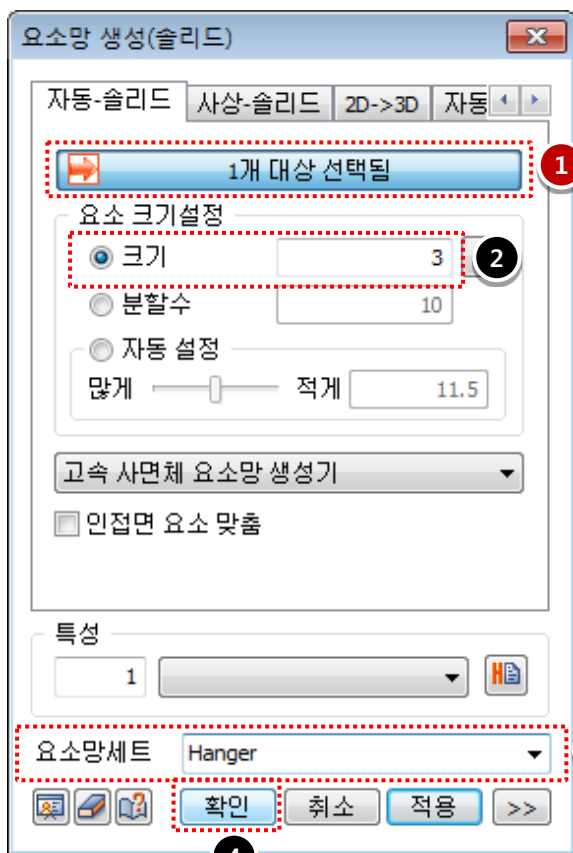


 **[원형]** 선택방법을 사용하면 편리하게 선택할 수 있습니다.



작업순서

1. 대상선택: “1개” 대상 선택.
2. 요소크기: “3” 입력.
3. 요소망세트: “Hanger” 입력.
4. [확인] 버튼 클릭.



작업순서

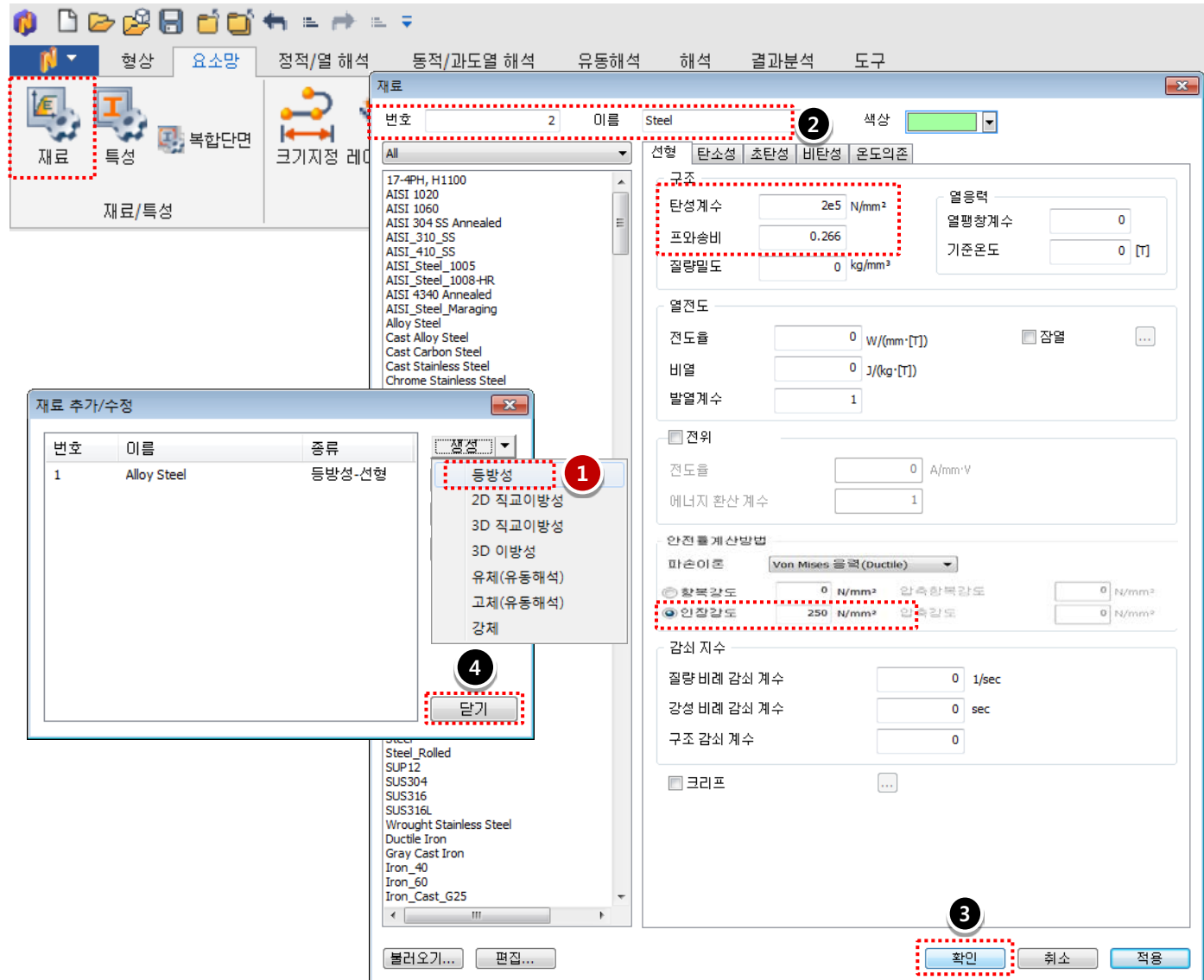
1. 생성 >> 등방성 클릭

2. 재질입력

번호	2
이름	Steel
탄성계수	2e5 (N/mm ²)
프와송비	0.266
인장	250 (N/mm ²)

3. [확인] 버튼 클릭.

4. [닫기] 버튼 클릭

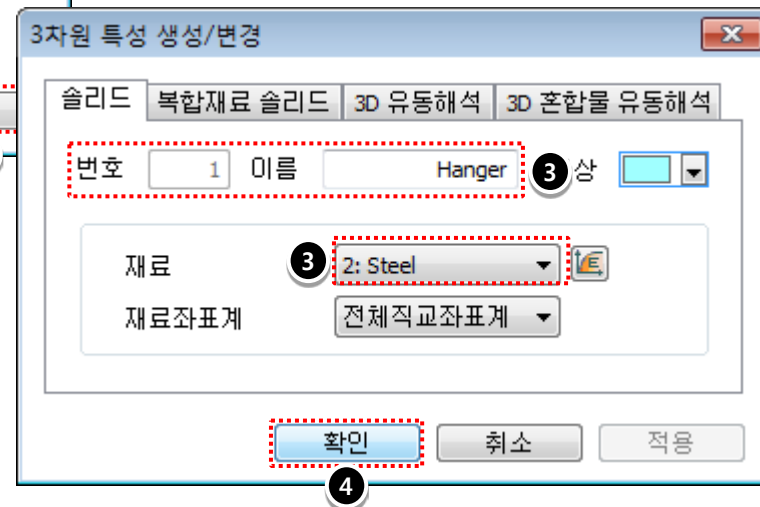
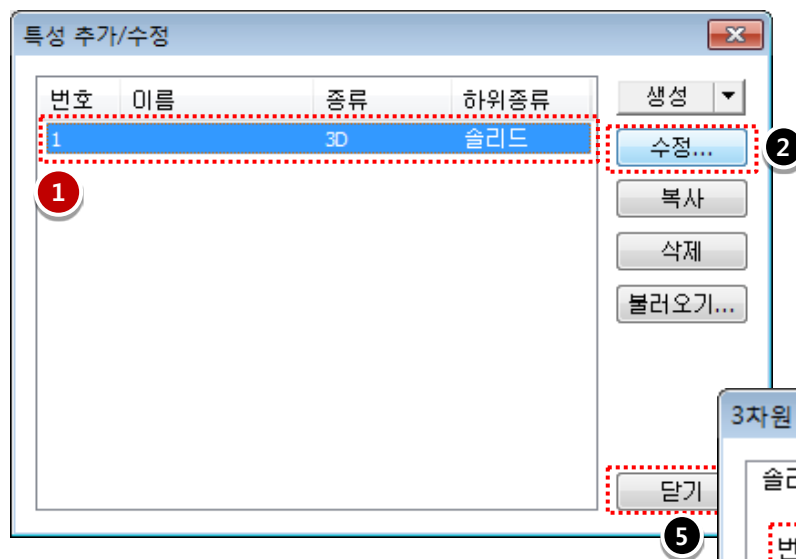


작업순서

1. 1번 솔리드 특성 선택
2. [수정...] 클릭.
3. 특성입력

번호	1
이름	Hanger
재질	2:Steel

4. [확인] 버튼 클릭.
5. [닫기] 버튼 클릭





작업순서

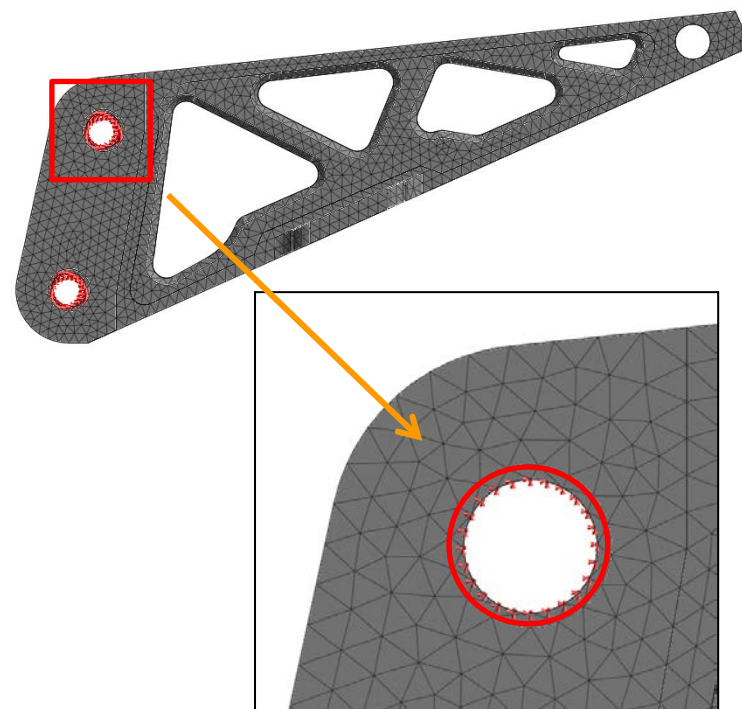
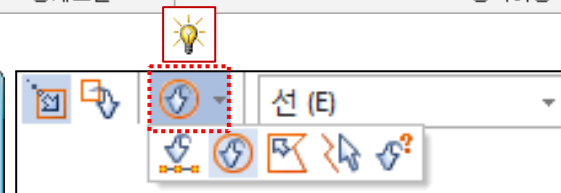
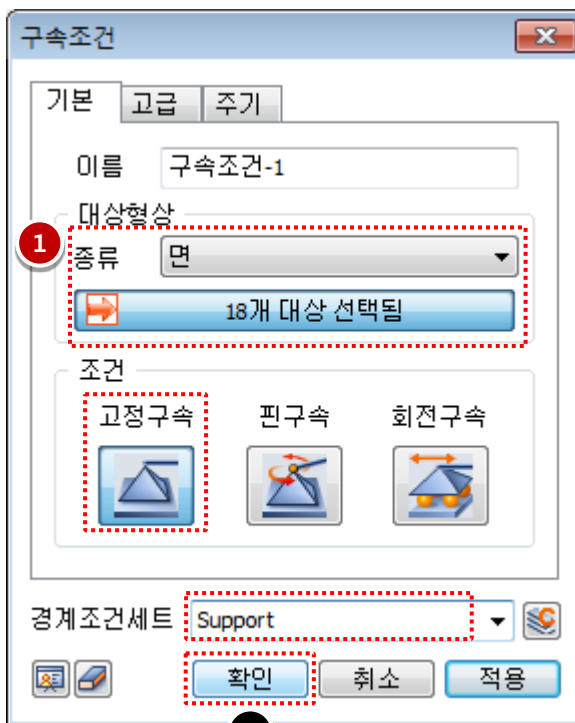
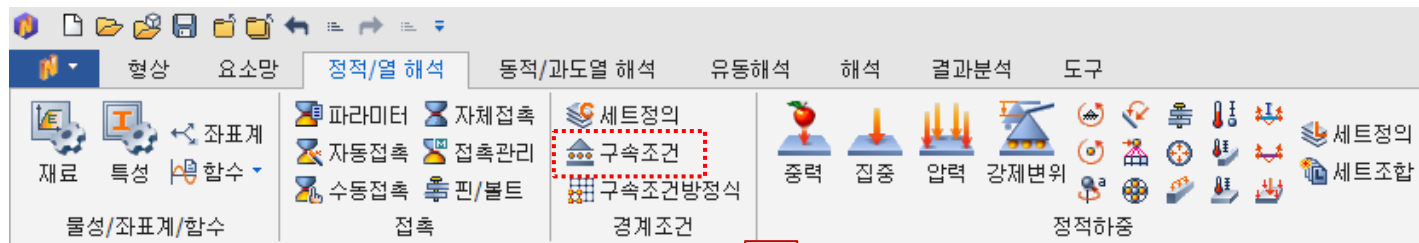
1. 구속조건 입력

경계조건세트	Support
대상종류	면
대상선택	18개 선택 (그림참조)
조건	고정구속 

2. [확인] 버튼 클릭.

 **[원형]** 선택방법을 사용하면 편리하게 선택할 수 있습니다.

 **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.

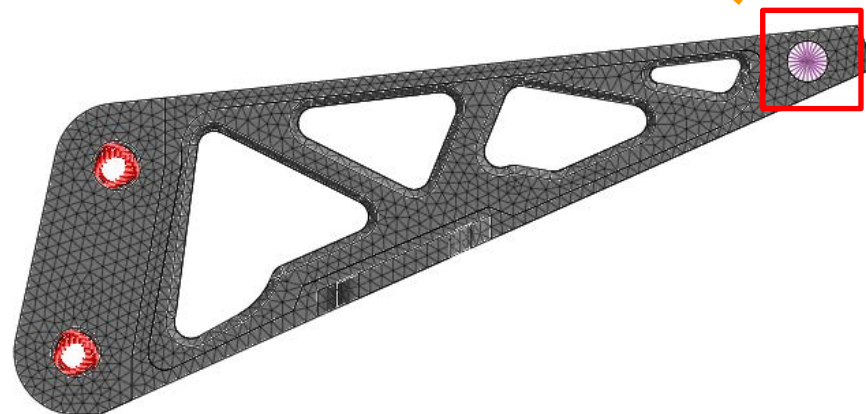
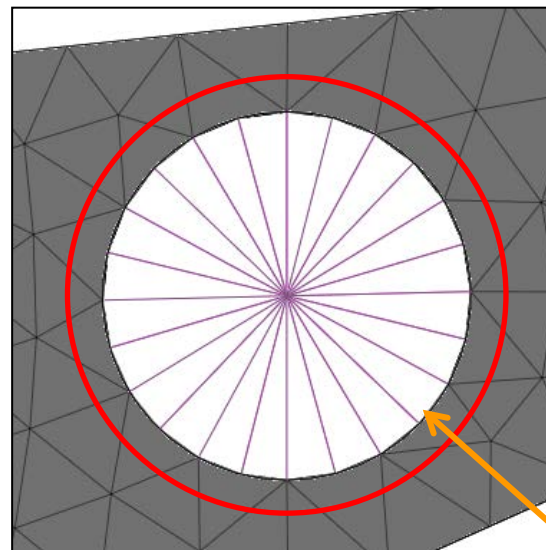
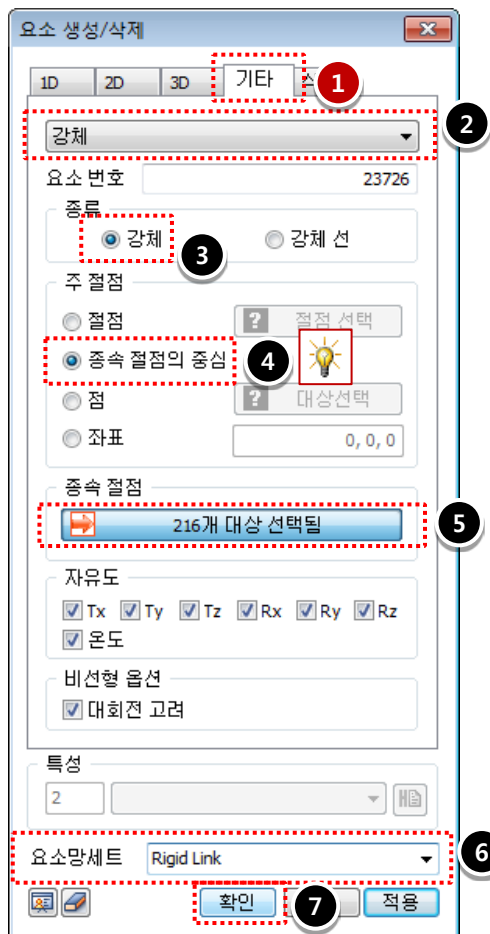
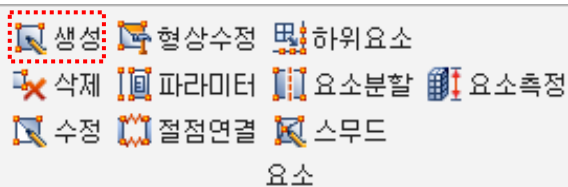


작업순서

1. [기타] 탭 선택.
2. [강제] 선택.
3. 종류 - 강제 선택.
4. 주 절점 - 종속 절점의 중심 선택.
5. 종속 절점: "216개" 선택 (그림참조)
6. 요소망세트: "Rigid Link" 입력.
7. [확인] 버튼 클릭.

💡 [원형] 선택방법을 사용하면 편리하게 선택할 수 있습니다.

💡 선택한 종속절점들의 중심에 절점을 생성하고 이를 마스터절점으로 사용합니다.



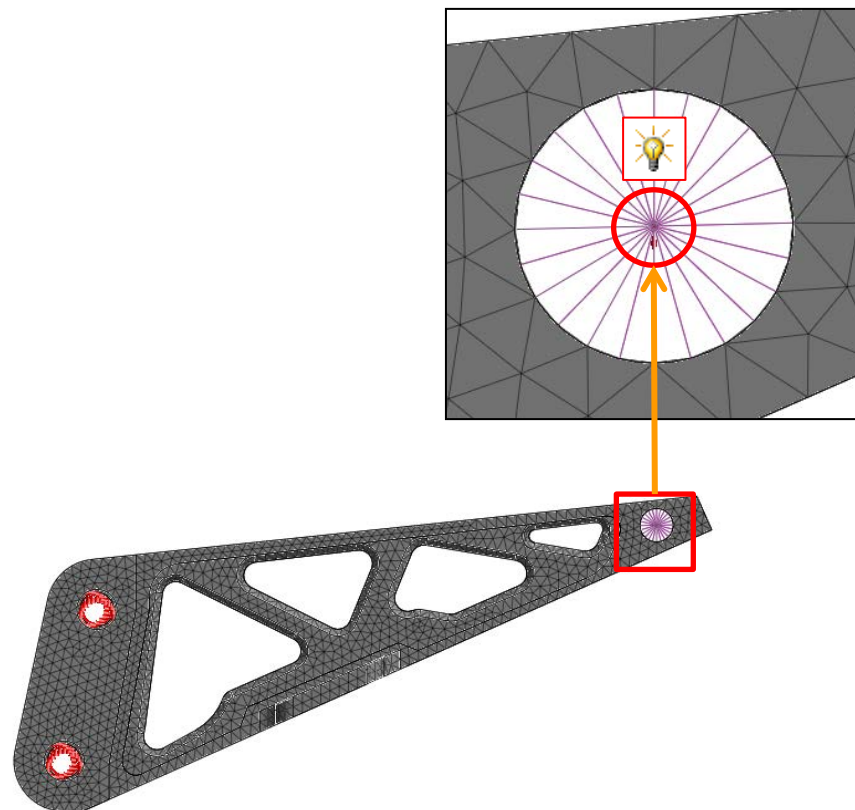
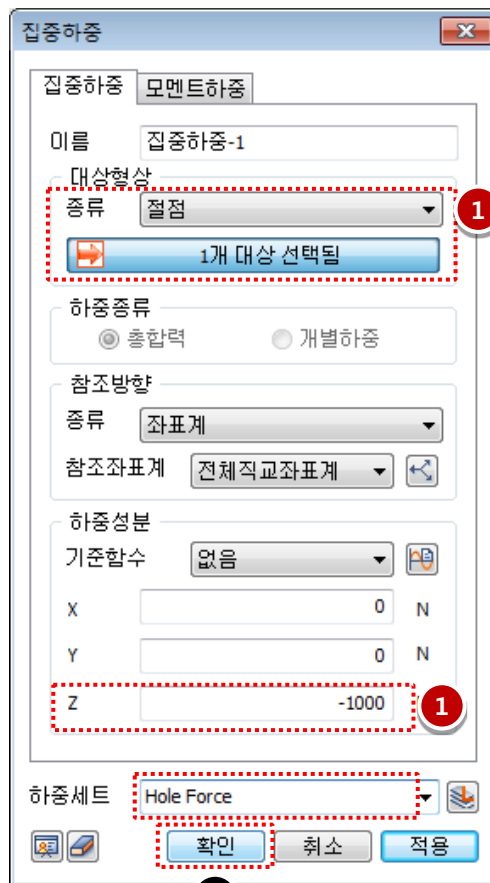
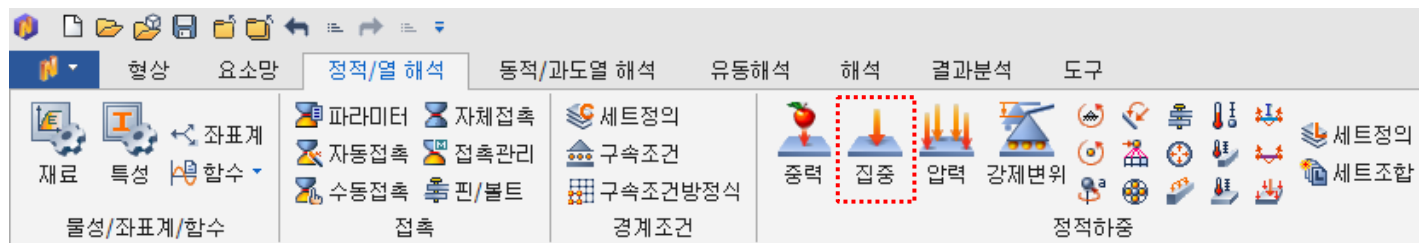
작업순서

1. 집중하중 입력

하중세트	Hole Force
대상종류	절점
대상선택	1개 선택 (그림참조)
크기[Z축]	-1000 (N)

2. [확인] 버튼 클릭.

💡 강체 연결된 종속절점들은 마스터절점에 따라 거동하게 됩니다. 따라서, 모든 하중과 경계조건은 마스터절점에만 허용이 되며, 종속절점에는 어떠한 하중/경계조건이 부여되어선 안됩니다.

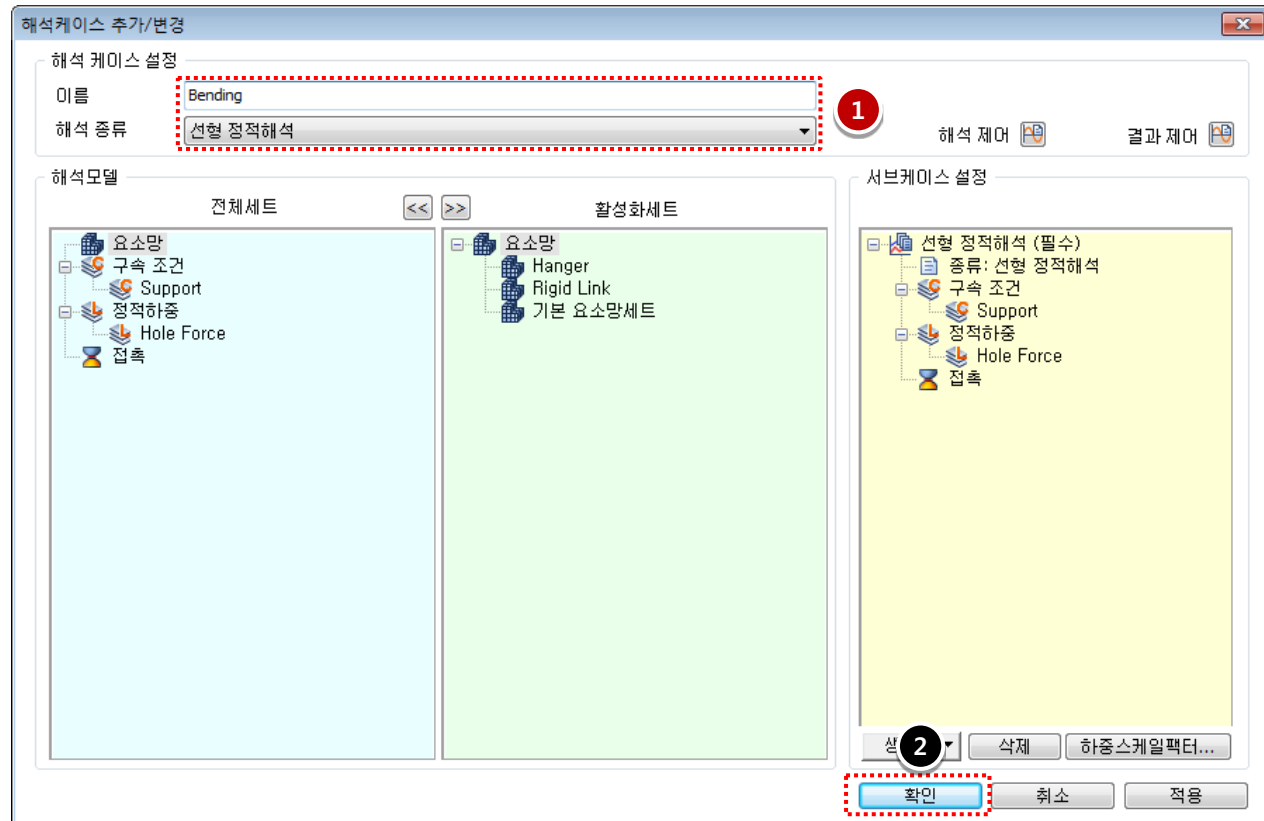
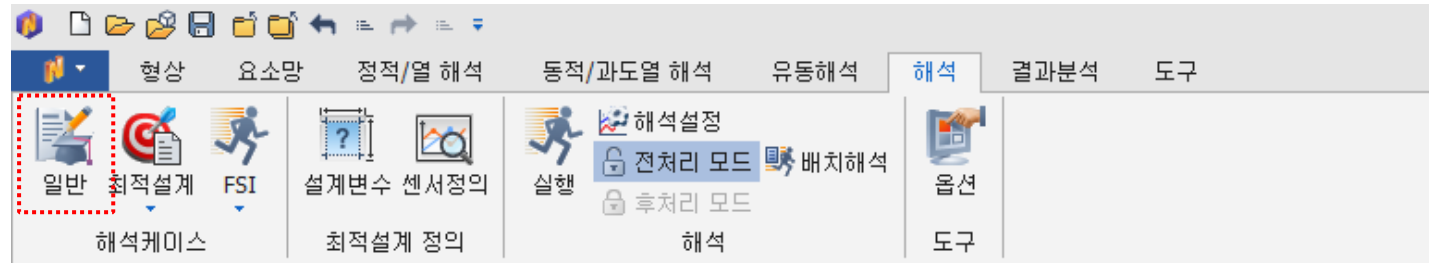


작업순서

1. 이름: “Bending” 입력.

해석 종류: [선형 정적해석] 선택.

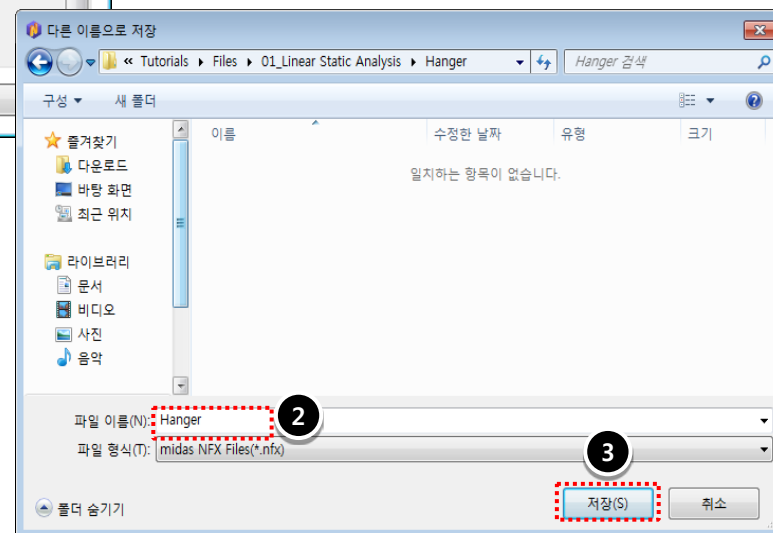
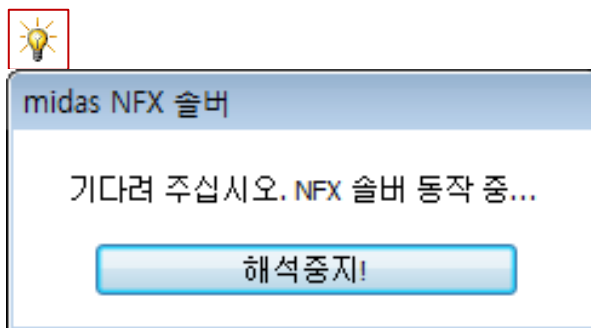
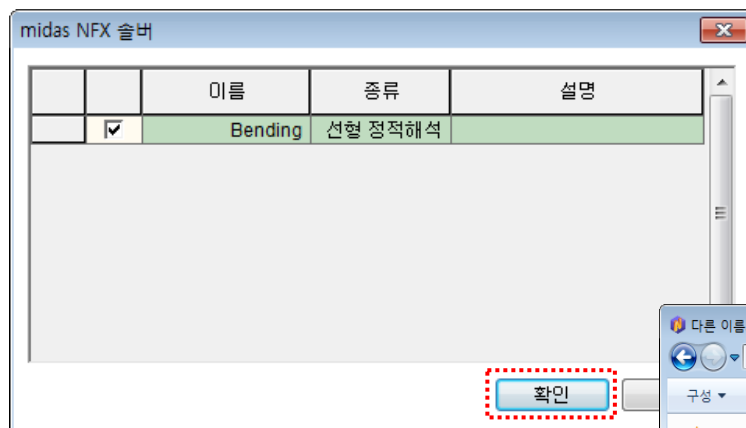
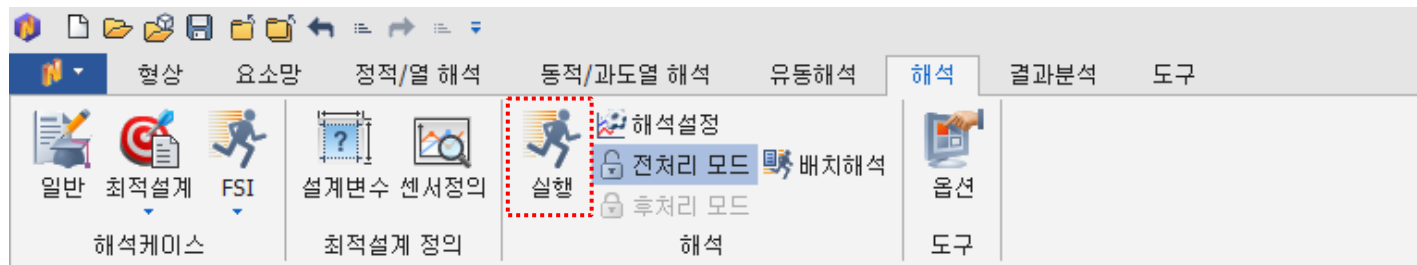
2. [확인] 버튼 클릭.



💡 기본적으로 현재 작업된 기하형상, 구속조건, 하중조건 등이 모두 활성화됩니다.

작업순서

1. [확인] 버튼 클릭.
2. 다른 이름으로 저장:
"Hanger" 입력.
3. [저장(S)] 버튼 클릭.



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

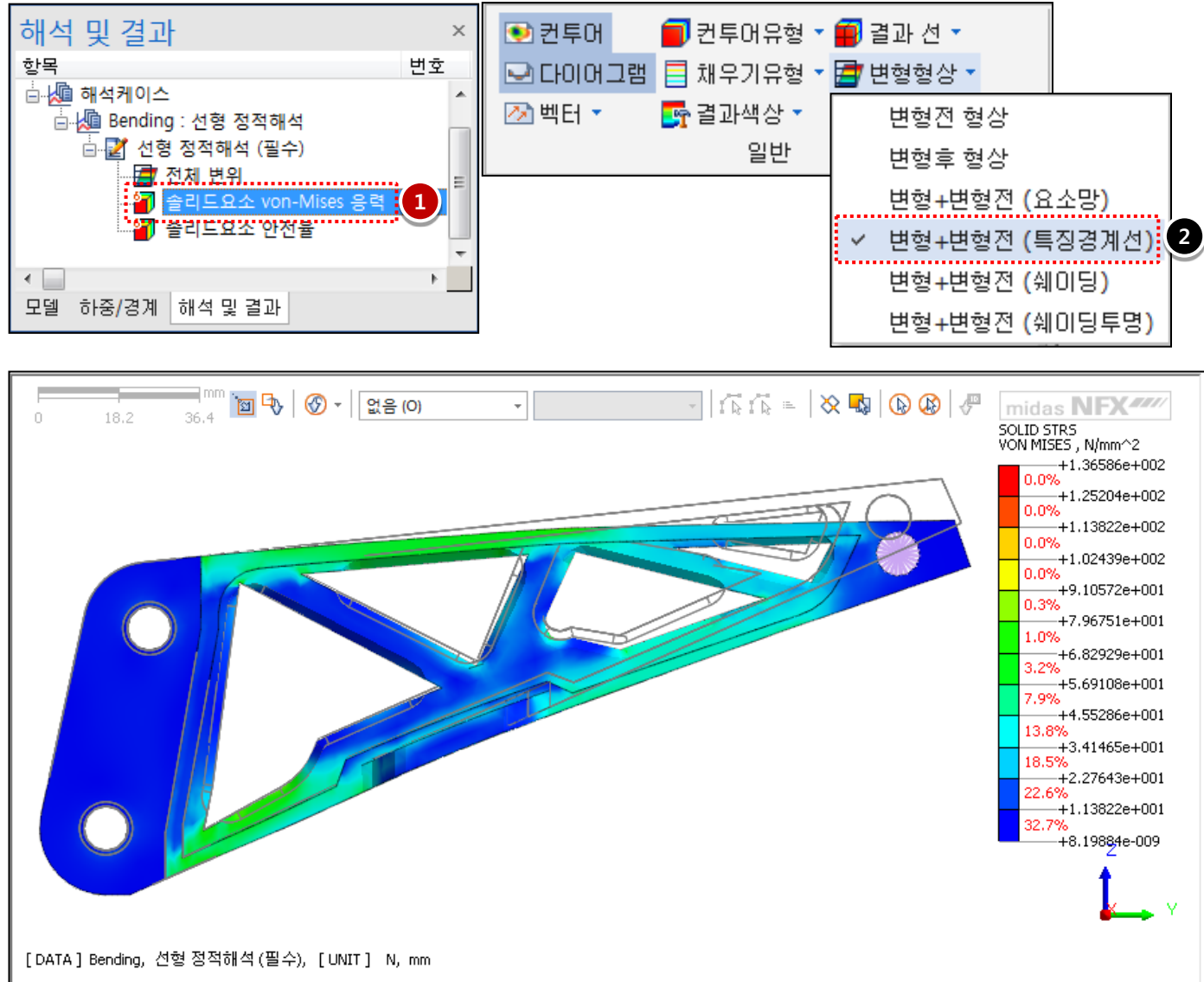
작업순서

1. [솔리드요소 von-Mises 응력]

더블 클릭.

2. 결과분석 >> 일반 >> 변형형상

>> 변형+변형전(특징경계선) 클릭.



작업순서

1. 해석 및 결과 작업트리에서

[Bending : 선형 정적해석] 선택.

2. 마우스 오른쪽 버튼 >> [피로해석결과 추가...] 클릭.

3. 피로해석 데이터 입력

해석 방법	하중 이력을 이용한 SN법
해석 세트	Bending
응력 종류	부호고려한 Von Mises
평균응력보정	모두 체크
출력 종류	모두 체크

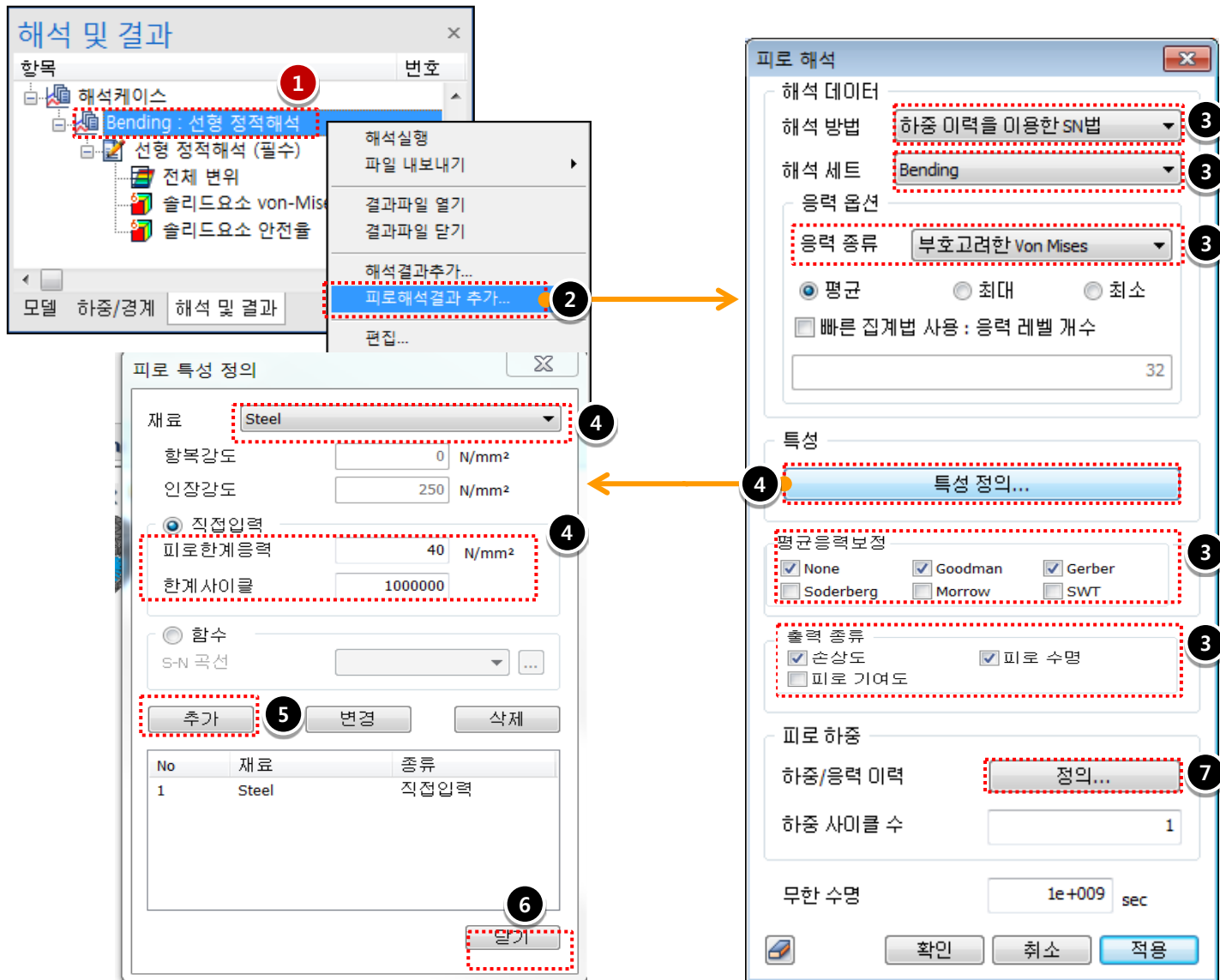
4. [특성정의] 버튼 클릭.

재료	Steel
피로한계응력	40 Mpa
한계사이클	1,000,000

5. [추가] 버튼 클릭.

6. [닫기] 버튼 클릭.

7. [정의] 버튼 클릭.



해석 및 결과

1. Bending : 선형 정적해석

2. 피로해석결과 추가...

피로 해석

3. 해석 방법: 하중 이력을 이용한 SN법

3. 해석 세트: Bending

3. 응력 종류: 부호고려한 Von Mises

평균 (선택), 최대, 최소

빠른 집계법 사용: 응력 레벨 개수 32

특성

4. 특성 정의...

피로 특성 정의

4. 재료: Steel

항복강도: 0 N/mm²

인장강도: 250 N/mm²

직접입력

4. 피로한계응력: 40 N/mm²

한계사이클: 1000000

함수 S-N 곡선

5. 추가

6. 닫기

피로 하중

7. 하중/응력 이력: 정의...

하중 사이클 수: 1

무한 수명: 1e+009 sec

확인 취소 적용

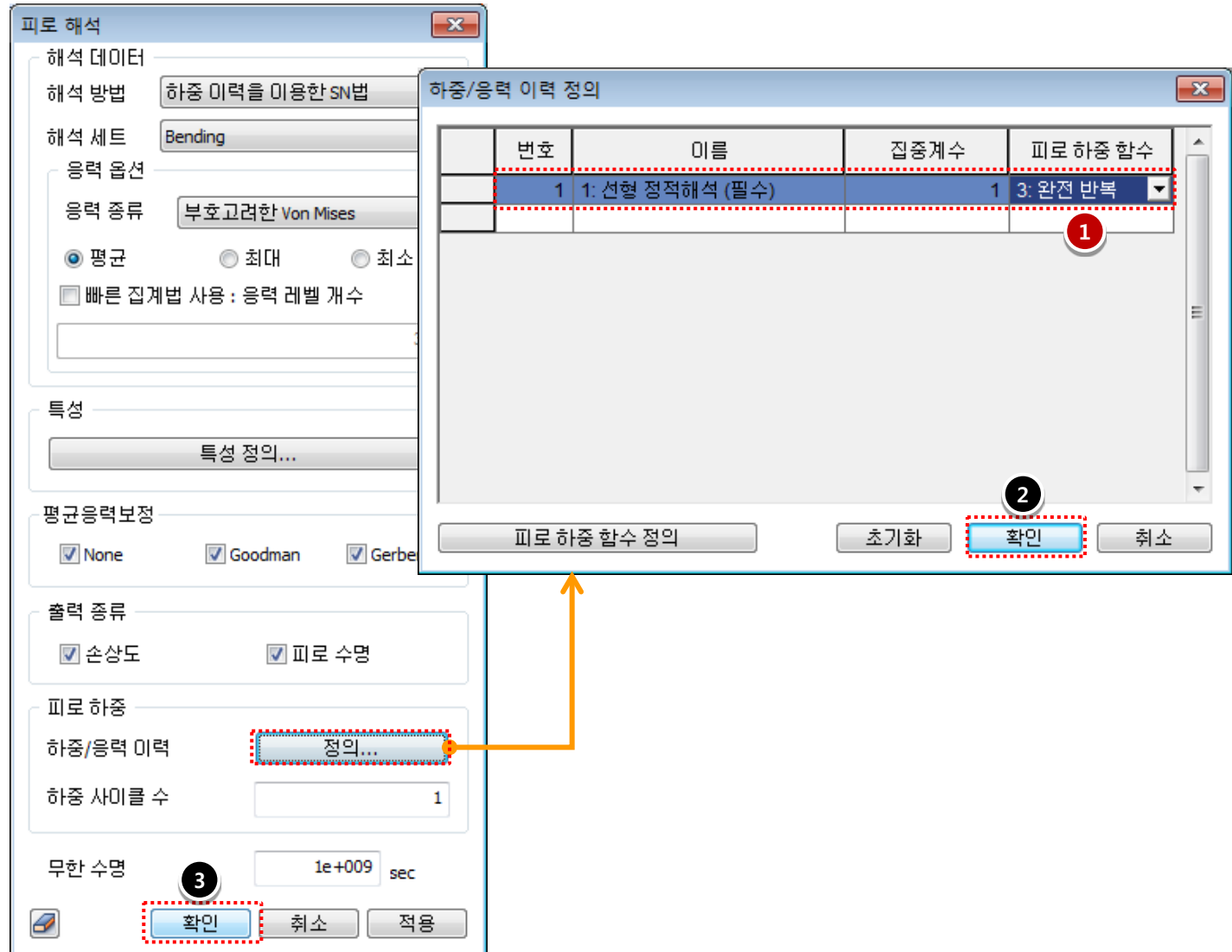
작업순서

1. 하중/응력 이력 정의

번호	1
이름	선형 정적해석 (필수)
집중계수	1
피로하중함수	3. 완전반복

2. [확인] 버튼 클릭.

3. [확인] 버튼 클릭.



피로해석 데이터 용어

피로 해석

해석 데이터

해석 방법: 하중 미러를 이용한 SN법

해석 세트: Bending

응력 옵션

응력 종류: 부호고려한 Von Mises

☒ 평균 ☐ 최대 ☐ 최소

☐ 빠른 집계법 사용: 응력 레벨 개수 32

특성

특성 정의...

평균응력보정

☒ None ☒ Goodman ☒ Gerber

☐ Soderberg ☐ Morrow ☐ SWT

출력 조르

피로 특성 정의

재료: Steel

인장강도: 250 N/mm²

☒ 직접입력

피로한계응력: 40 N/mm²

한계사이클: 1000000

☐ 함수

S-N 곡선

➤ 해석 방법

S-N 선도를 이용하는 응력-수명 방법과 E-N 선도를 이용하는 변형률-수명 방법, 그리고 피로 하중의 종류를 선택합니다.

➤ 해석 세트

선택한 해석 방법에 알맞은 해석케이스를 선택합니다.

➤ 응력 옵션

응력진폭 산정에 사용할 응력을 선택합니다. (Equivalent, 부호고려한 von Mises, 주응력, 최대 전단력)

- 1) **평균**: 절점에서 응력을 취할 때, 주변 요소의 해당절점 응력값의 평균을 취합니다.
- 2) **최대/최소**: 절점에서 응력을 취할 때, 주변요소의 해당절점 응력값 중 최대값 또는 최소값을 취합니다.

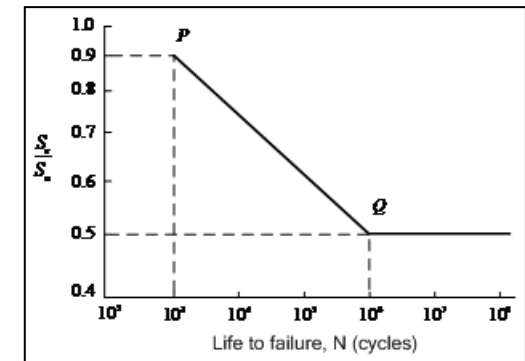
➤ 특성 정의

특성은 기존 해석과는 별도로 피로해석을 위해 추가적인 재료물성을 입력합니다.

선택한 해석 방법에 알맞은 재료에 한정하며, 파트 별 재료가 다른 경우에도 가능합니다.

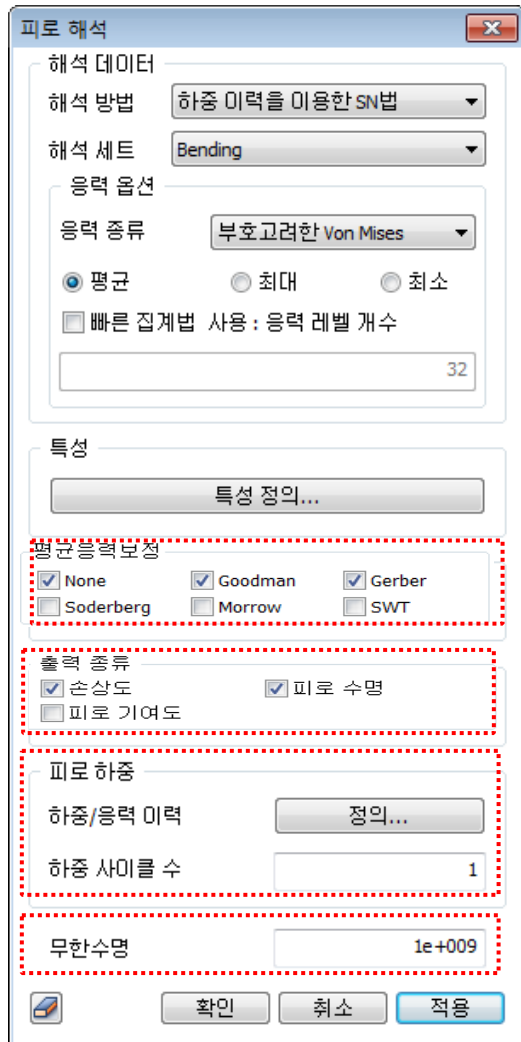
인장강도는 해석결과와 응력값과 피로한계응력보다 큰 값이어야 합니다.

- 1) **직접입력**: 피로한계응력과 한계사이클을 입력합니다.
- 2) **함수**: S-N 선도를 그래프 형태로 입력할 수 있습니다.



전형적인 S-N 선도의 예

피로해석 데이터 용어



피로 해석

해석 데이터

해석 방법: 하중 이력을 이용한 SN법

해석 세트: Bending

응력 옵션

응력 종류: 보호고려한 Von Mises

☒ 평균 ☐ 최대 ☐ 최소

☒ 빠른 집계법 사용 : 응력 레벨 개수 32

특성

특성 정의...

평균응력보정

☒ None ☒ Goodman ☒ Gerber
☐ Soderberg ☐ Morrow ☐ SWT

출력 종류


☒ 손상도 ☒ 피로 수명
☐ 피로 기여도

피로 하중

하중/응력 이력: 정의...

하중 사이클 수: 1

무한수명: 1e+009

 확인 취소 적용

➤ 평균응력보정

구조물에 가해지는 응력진폭이 동일하여도 평균응력이 다르면 피로수명도 달라지므로 평균응력의 영향을 고려하기 위해 Goodman과 Gerber의 식을 제시하고 있습니다.

➤ 출력 종류

출력되는 피로해석 결과를 선택합니다.

- 1) **손상도**: 피로로 인한 손상을 나타내며, 단위는 %를 사용합니다.
- 2) **피로수명횟수**: 피로수명을 나타내며, 현재의 피로하중을 몇 번을 반복할 때까지 견딜 수 있는지 나타냅니다.

➤ 피로하중

해석 방법에 따라 적절한 하중/응력 이력을 정의합니다.

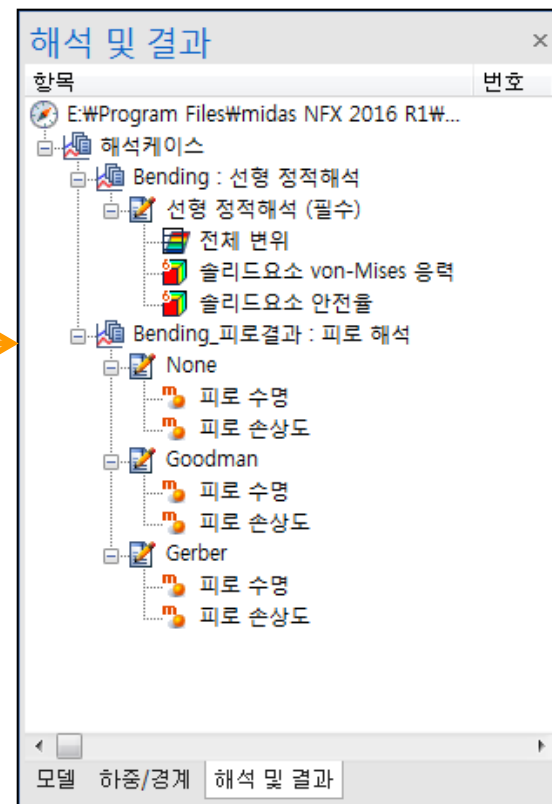
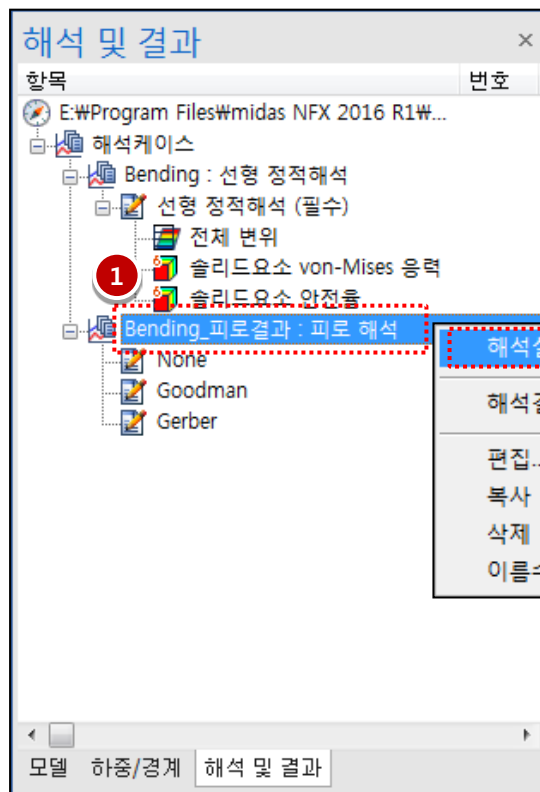
- 1) 하중 이력을 이용한 해석 방법인 경우에는 반복되는 이력곡선을 정의하여 적용할 수 있으며, 응력 이력을 이용하는 해석 방법인 경우에는 각 스텝별 응력 이력을 토대로 자동 정의됩니다.
- 2) **하중 사이클 수**: 정의한 피로 하중이 몇 번 반복되는 것을 1사이클로 적용할 것인지 입력합니다.

➤ 무한수명

피로파괴가 일어나지 않는 부위의 수명을 나타냅니다.

작업순서

1. 해석 및 결과 작업트리에서
Bending_피로결과 선택.
2. 마우스 오른쪽 버튼 >> **해석실행** 클릭.



작업순서

1. 해석 및 결과 작업트리에서

Goodman >> 피로 수명

더블 클릭.

