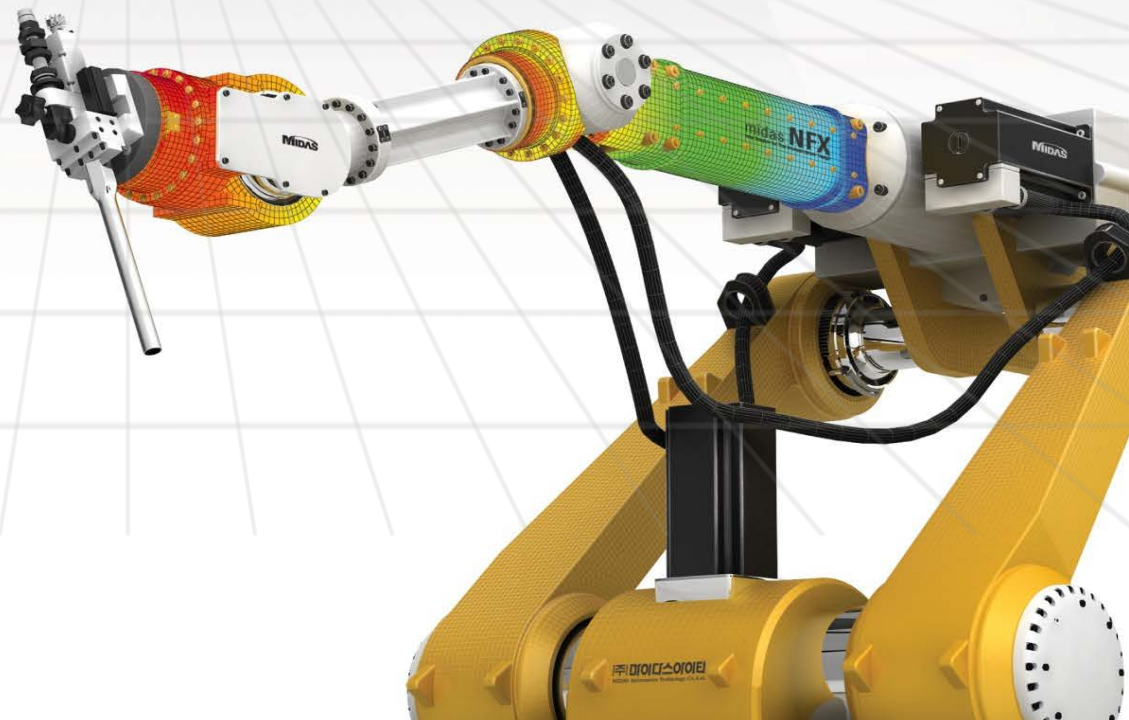


# Topology Optimization Analysis (위상최적화해석)



## 개요

## ➤ 위상최적화해석

- 단위 : N, mm
- 기하모델: Bell crank.x\_t

## ➤ 경계조건과 하중조건

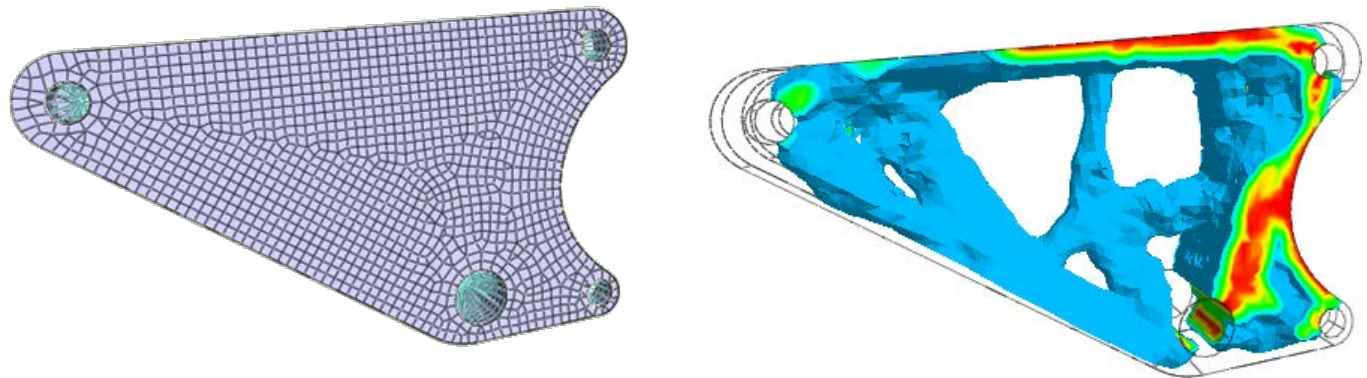
- 강체에 여러 개의 집중하중
- 경계조건 (고급옵션)
- 하중세트 생성

## ➤ 결과확인

- 밀도 확인
- 변위 확인
- 최적모델 형상 확인/ 내보내기

# Bell Crank

## (선형해석을 기반으로한 위상최적화 해석)

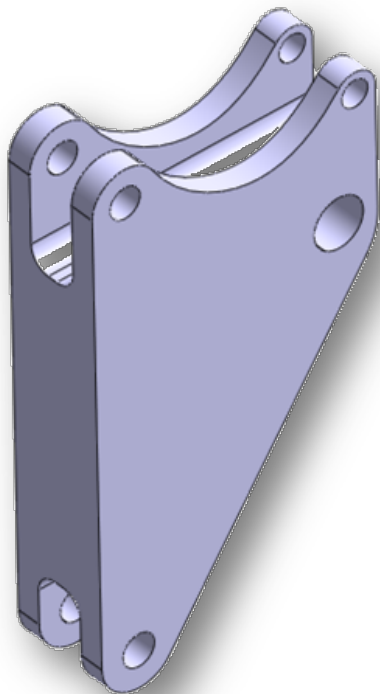


## 따라하기 목적

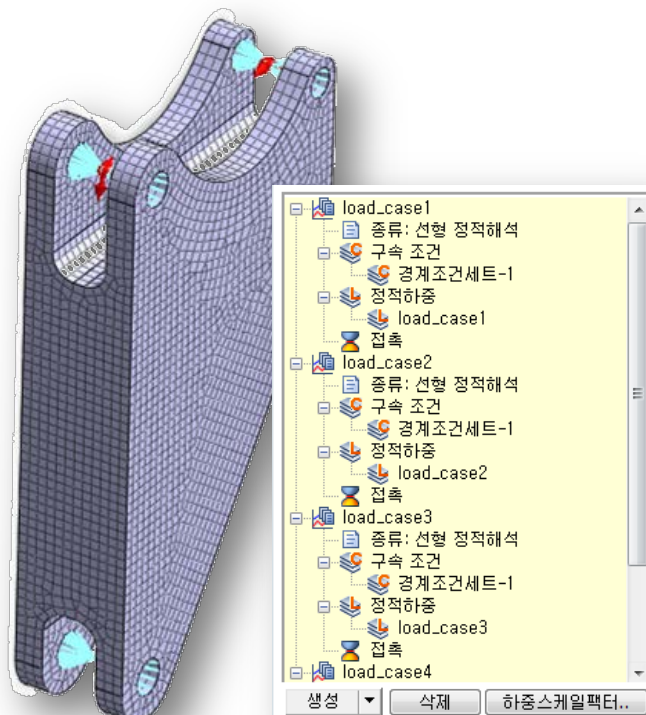
- 하중이 부여된 상태에서의 변위가 0.05mm를 넘지 않는 최소의 부피를 갖는 설계모델을 찾고 결과를 비교해봅니다.
  - 목적함수와 구속조건을 확인하고 모델에 적용합니다.
  - 최적설계 된 모델로 재해석을 하고 최적설계 전 모델의 결과와 비교합니다.

## 해석 개요

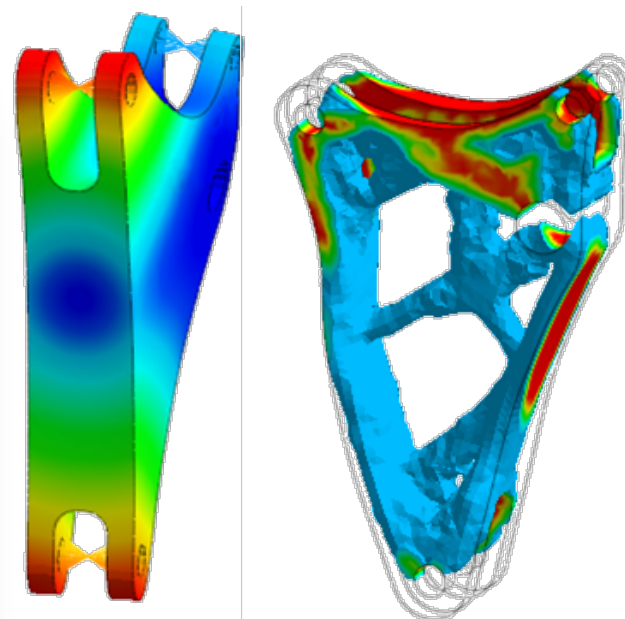
### ➤ 대상 모델 (설계영역)



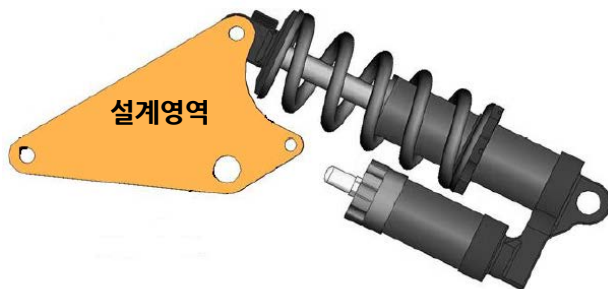
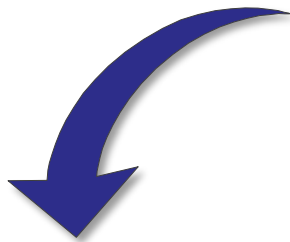
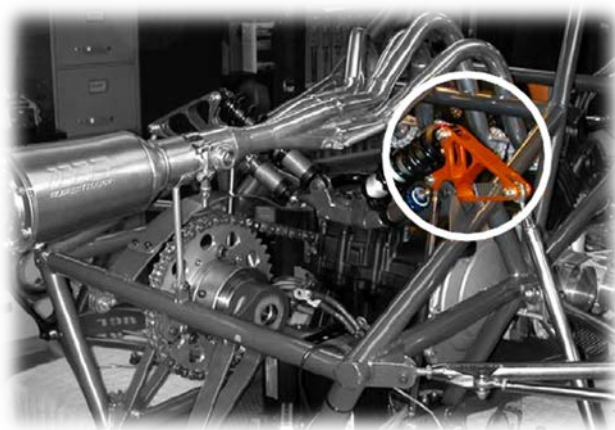
### ➤ 경계조건/다중하중 설정



### ➤ 위상최적화 수행 및 최적모델생성



## 최적화 문제 구성



최적화 문제 구성

목적함수	부피 최소화
구속조건	변위제한 0.05mm
설계변수	요소 형상 밀도

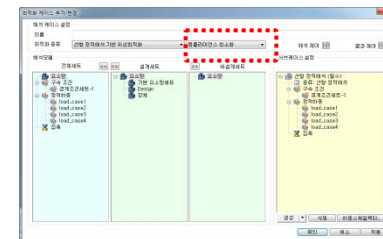
### ➤ 위상최적화란?

최적설계를 하고자 하는 설계영역의 구속조건과 설계변수를 설정하고 목적함수를 만족하는 최적모델을 생성하는 해석입니다

### ➤ 최적화 문제 구성

- 목적함수는 부피나 질량과 같이 줄이거나 키우고 싶은 값을 의미합니다.
- 구속조건은 변위나 응력처럼 만족해야 하는 설계조건을 의미합니다.
- 설계변수는 치수나 재료 특성처럼 결정해야 할 설계인자들입니다.

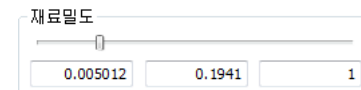
#### ① 목적함수 정의




#### ② 구속조건 정의



#### ③ 설계변수 정의

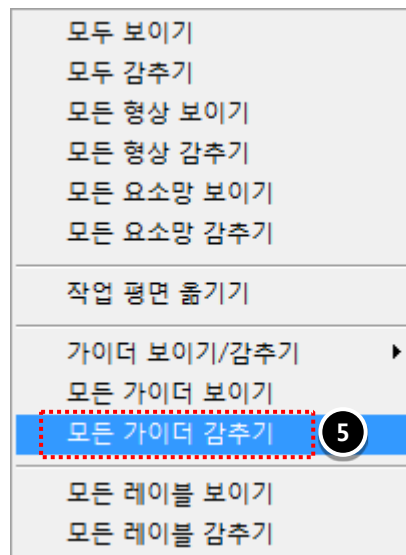
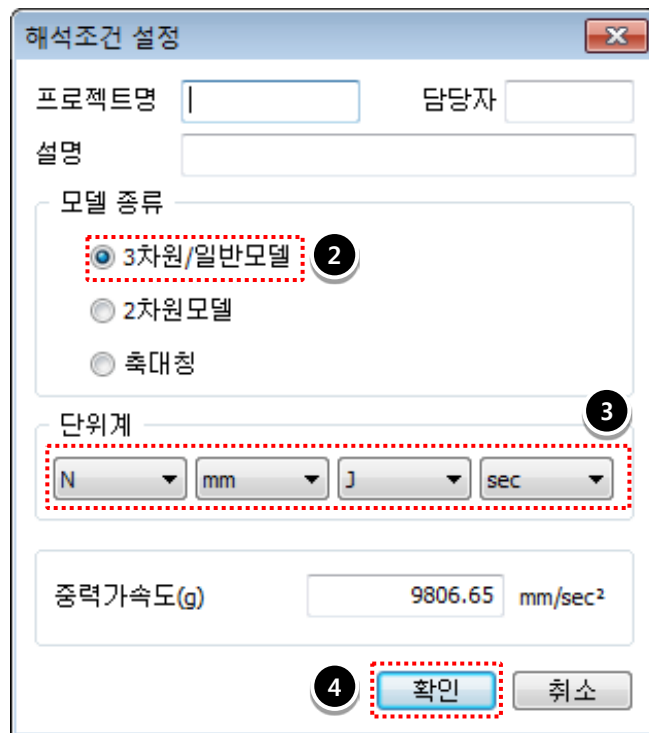
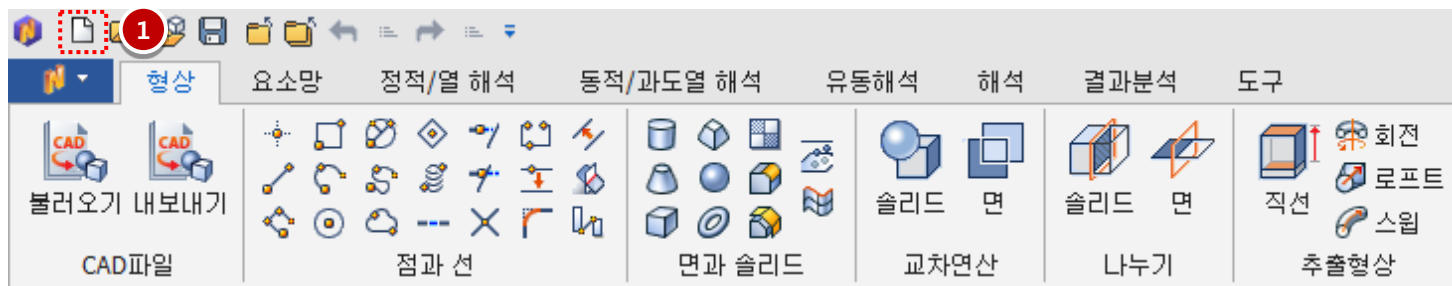


## 작업순서

1. [  ] (새로 만들기) 클릭
2. 해석조건 설정 대화상자에서  
[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 보이며 앞으로 수행하는 해석의 모델종류 및 단위설정을 합니다.

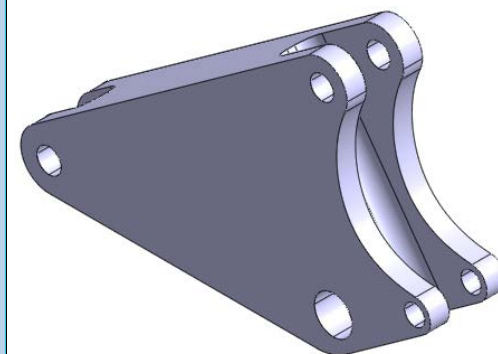
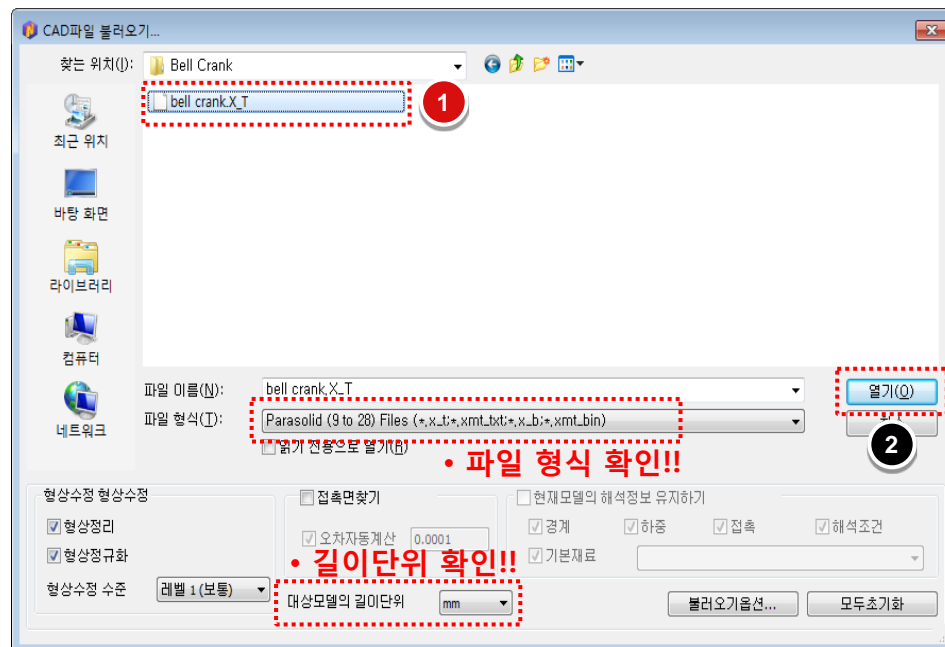
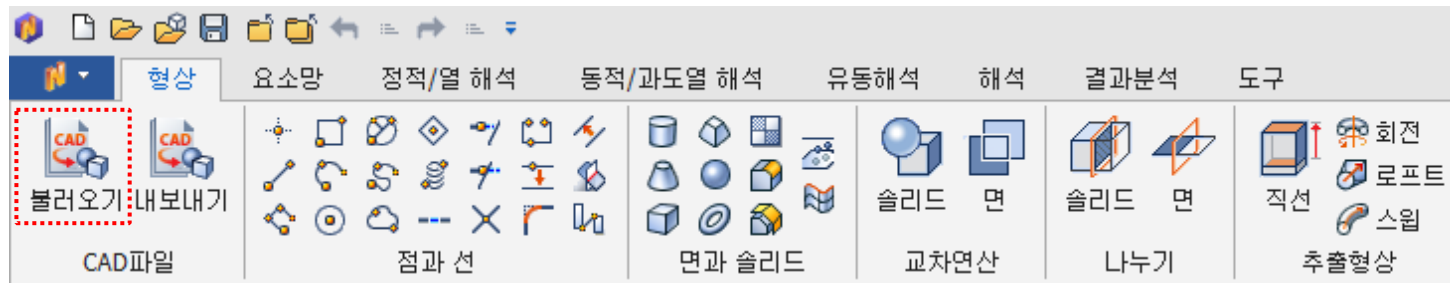




## 작업순서

1. 모델 선택: **bell crank.x\_t** 선택
2. [열기] 버튼 클릭  
모델의 단위 확인

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




## 작업순서

### 1. 생성 >> 등방성 선택

### 2. 재료 선택 창에 Aluminum Alloys 선택


### 3. Al 6061-T6 선택

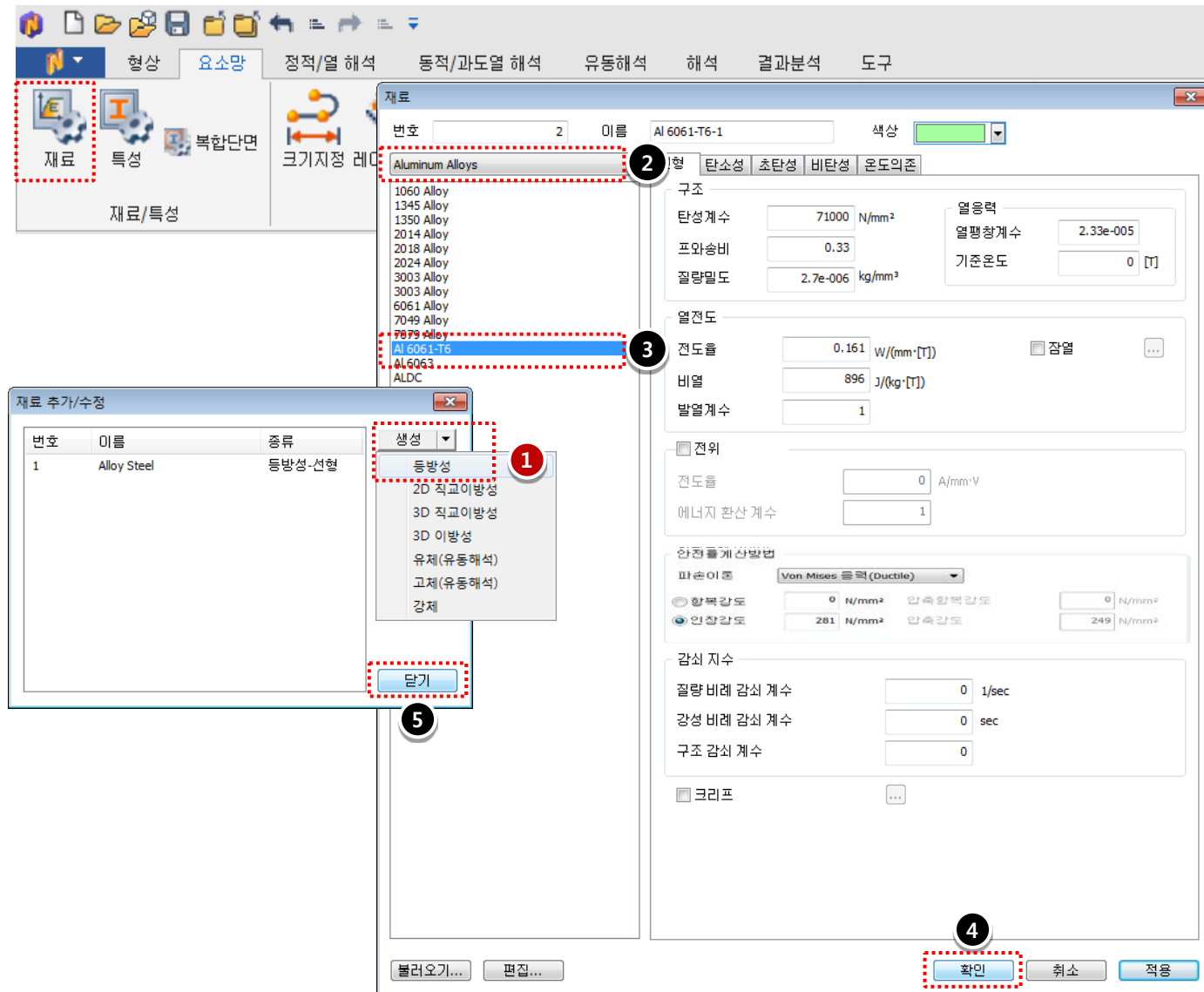
기존 라이브러리의 재질물성을  
이용하여 자동으로 입력됩니다. 

번호	2
이름	Al 6061-T6
탄성계수	71000 (N/mm <sup>2</sup> )
프와송비	0.33
밀도	2.7e-006 (N/mm <sup>3</sup> )

### 4. [확인] 버튼 클릭

### 5. [닫기] 버튼 클릭

 물성데이터 입력 시 항상 단위를 확인 하십시오. 프로그램의 기본 단위계는 **[N-mm-kg-sec-J]**입니다. 단위계를 변경하려면 우측 하단에서 원하는 단위계를 선택하세요.

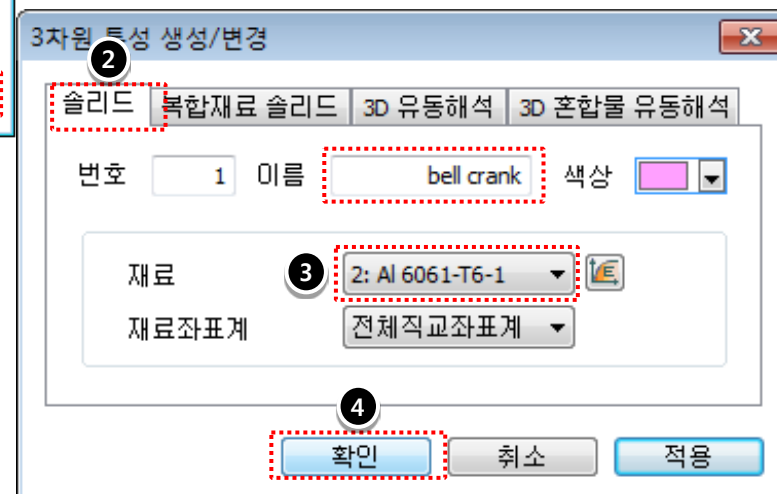
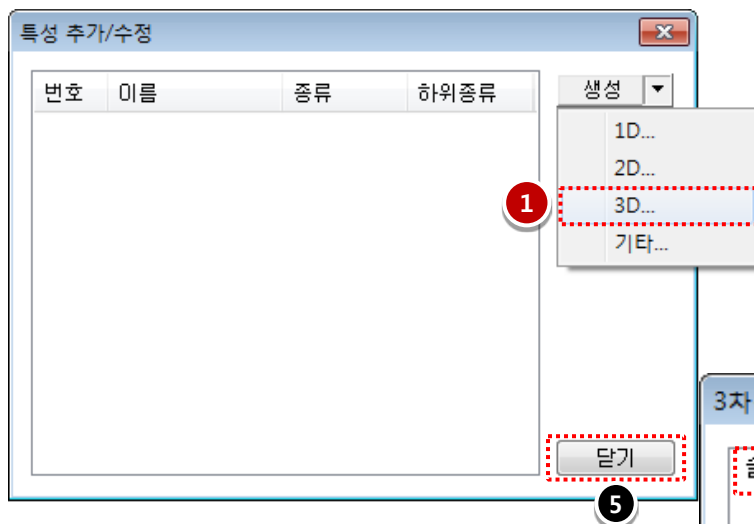


## 작업순서

1. 생성 >> 3D 선택
2. [솔리드] 탭 설정
3. 특성입력

번호	1
이름	bell crank
재질	2: AL 6061-T6

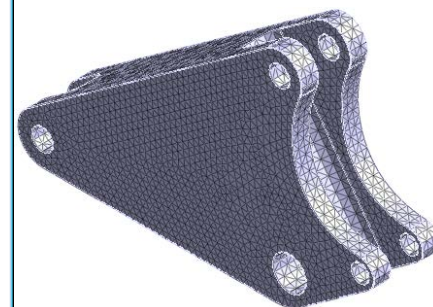
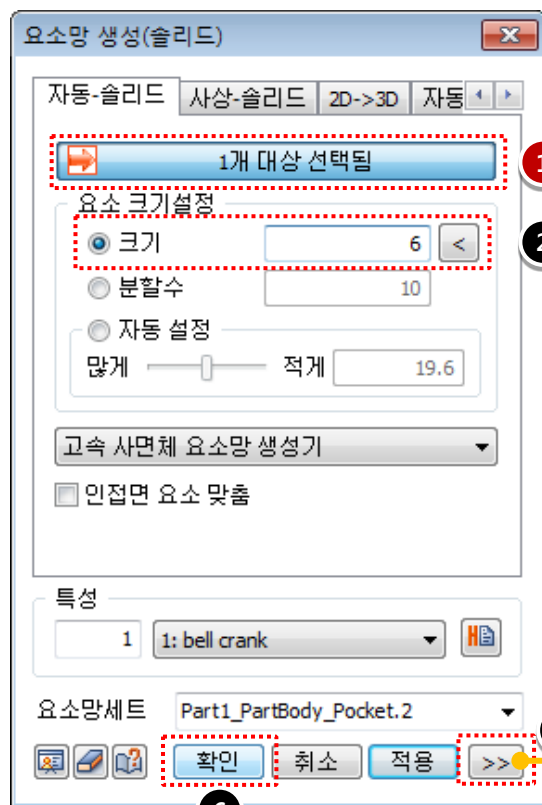
4. [확인] 버튼 클릭
5. [닫기] 버튼 클릭





## 작업순서

1. 대상 선택: 모델(1개) 선택
2. 크기: 6 입력
3. [고급옵션] 버튼 클릭
4. [고차 요소 생성] 체크박스 선택 해지
5. [확인] 버튼 클릭
6. [확인] 버튼 클릭





💡 기본 옵션은 고차 요소로 생성 옵션이 체크되어 있습니다. 따라서 저차 요소로 생성하려면 옵션을 꺼야 합니다.

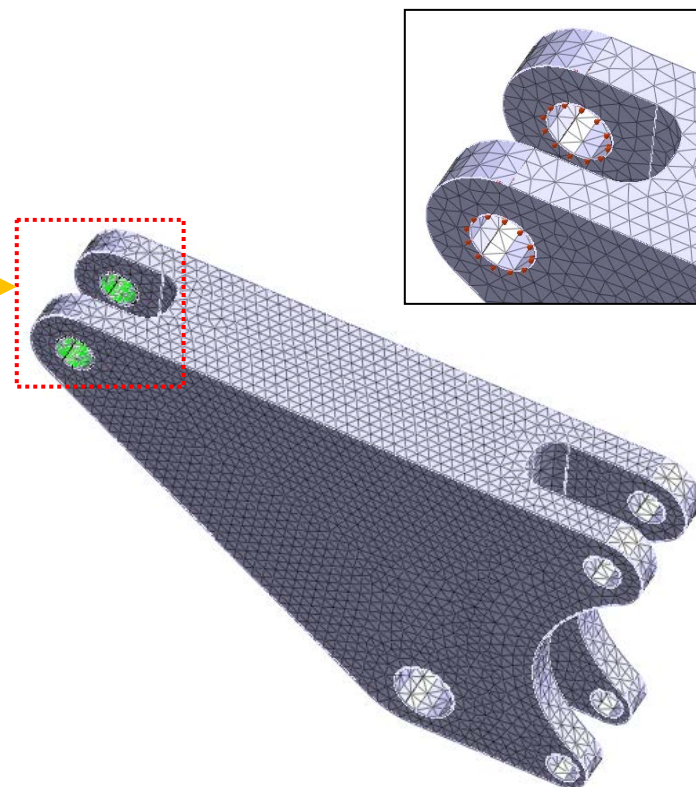
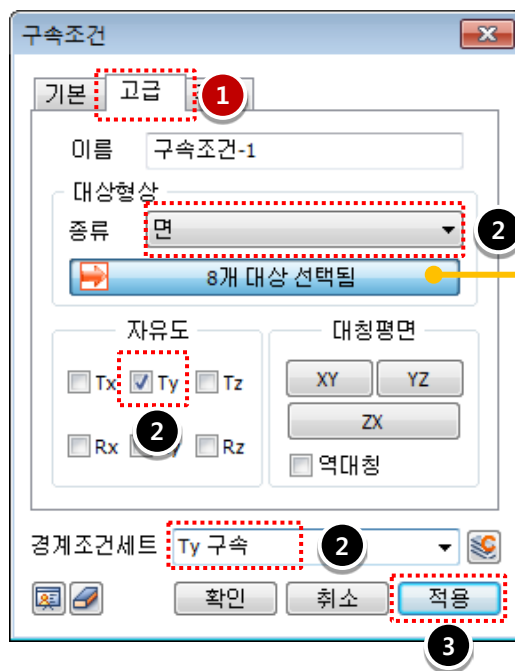
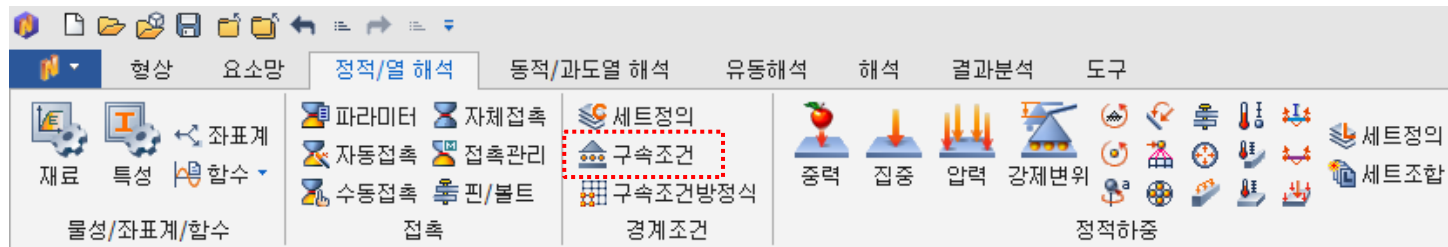
## 작업순서

1. 구속조건 창의 [고급] 탭 선택
2. 구속조건 입력

경계조건세트	Ty 구속
대상종류	면
대상선택	8개 선택됨
자유도 구속	Ty

3. [적용] 버튼 클릭 

 [적용]을 누르면 해당 명령을 실행하고 창이 활성화된 상태로 같은 명령을 계속 부여할 수 있습니다.




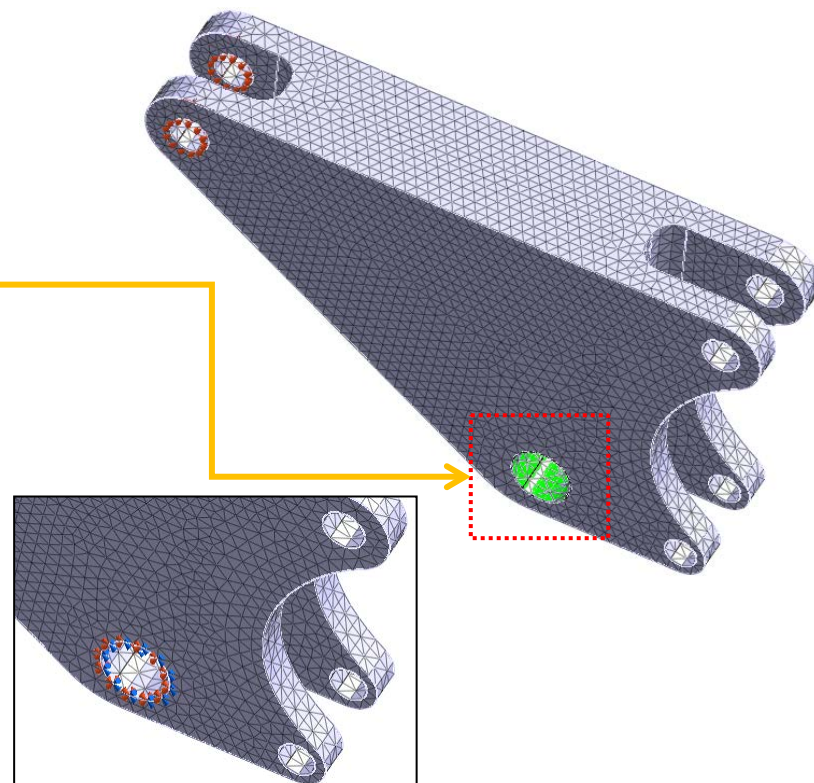
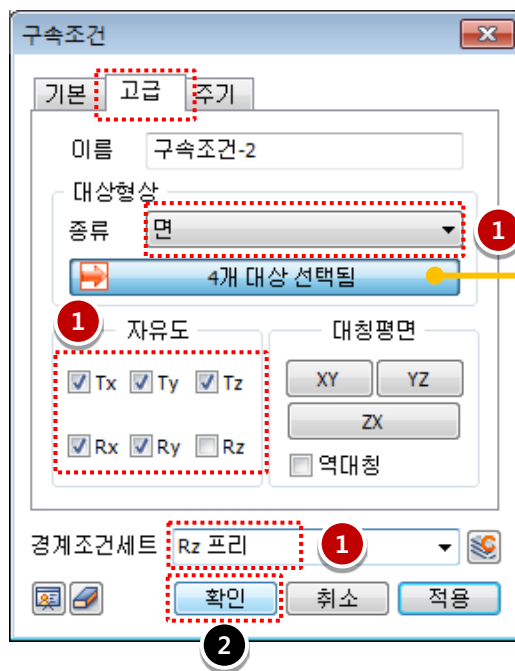
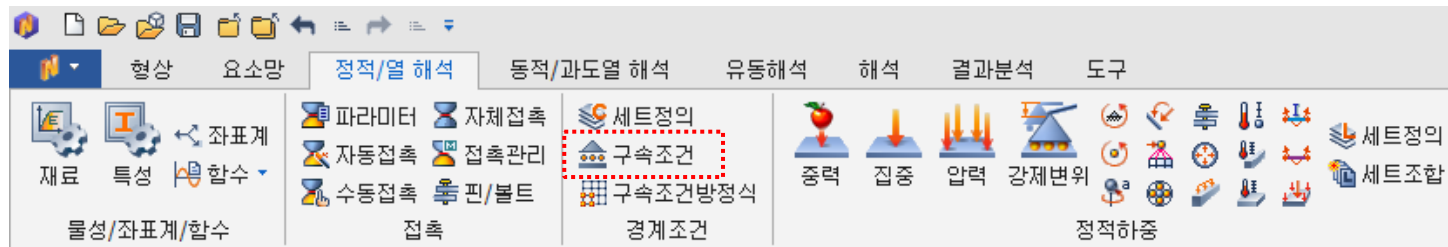
## 작업순서

### 1. 구속조건 입력

경계조건세트	Rz 프리
대상종류	면
대상선택	4개 선택됨
자유도 구속	Tx,Ty,Tz,Rx,Ry

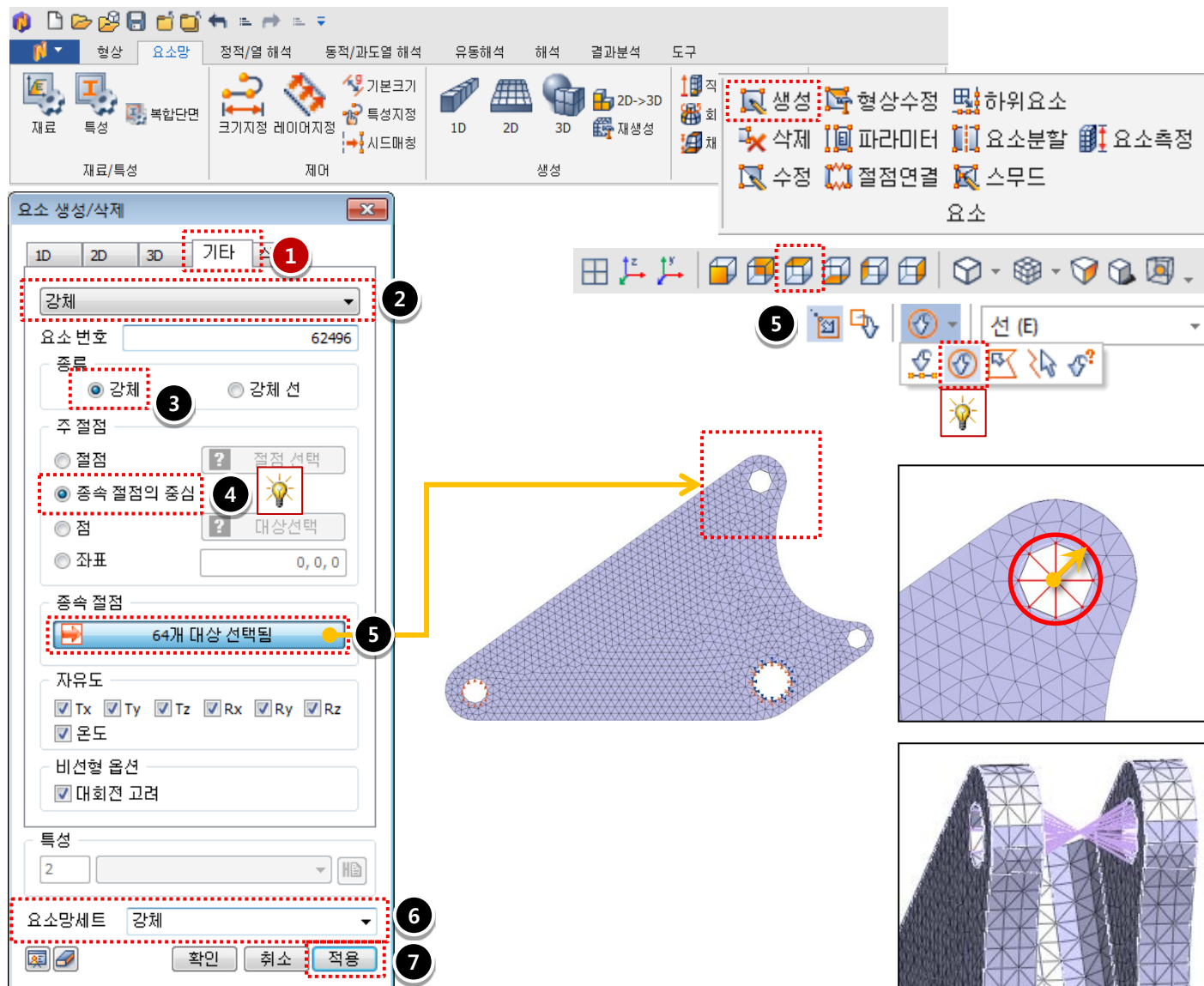
### 2. [확인] 버튼 클릭

 [확인]을 누르면 해당 명령을 실행하고 창이 닫힙니다.



## 작업순서

1. [기타] 탭 선택
2. [강체] 선택
3. 종류 - 강체 선택
4. 주 절점 - 종속 절점의 중심 선택
5. 종속 절점: "64개" 선택 (그림참조)
6. 요소망세트: "강체" 입력
7. [적용] 버튼 클릭



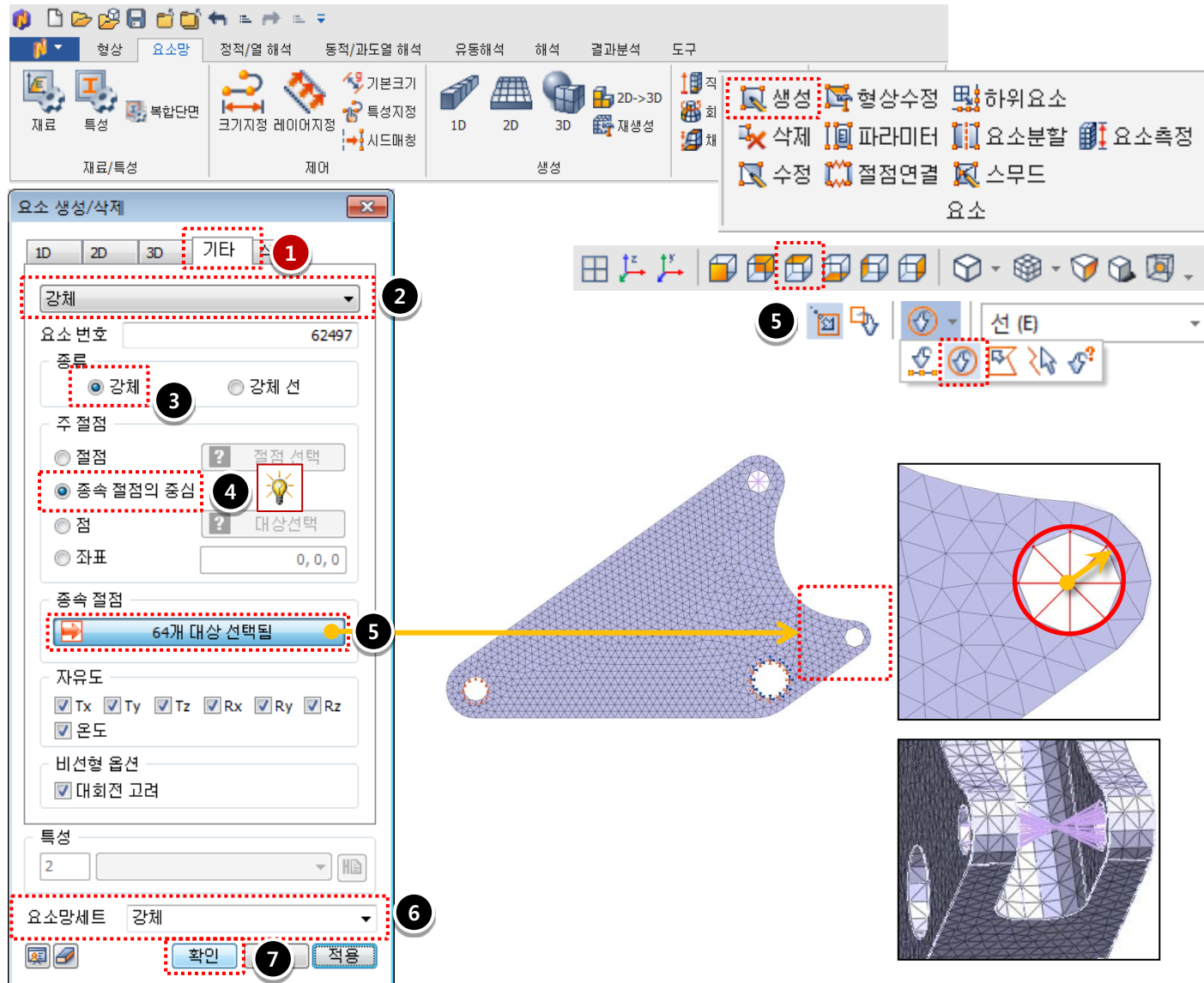
💡 [원형] 선택방법을 사용하면 편리하게 선택할 수 있습니다.

💡 선택한 종속절점들의 중심에 절점을 생성하고 이를 마스터절점으로 사용합니다.



## 작업순서

1. [기타] 탭 선택
2. [강체] 선택
3. 종류 - 강체 선택
4. 주 절점 - 종속 절점의 중심 선택
5. 종속 절점: "64개" 선택 (그림참조)
6. 요소망세트: "강체" 입력
7. [적용] 버튼 클릭

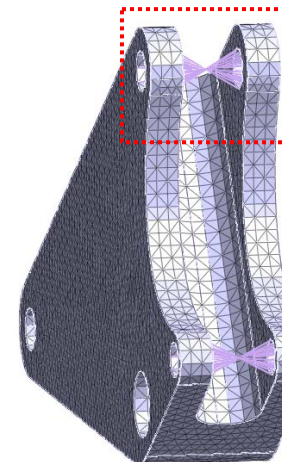
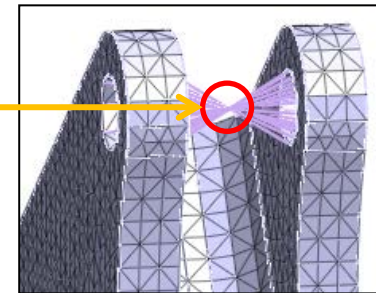
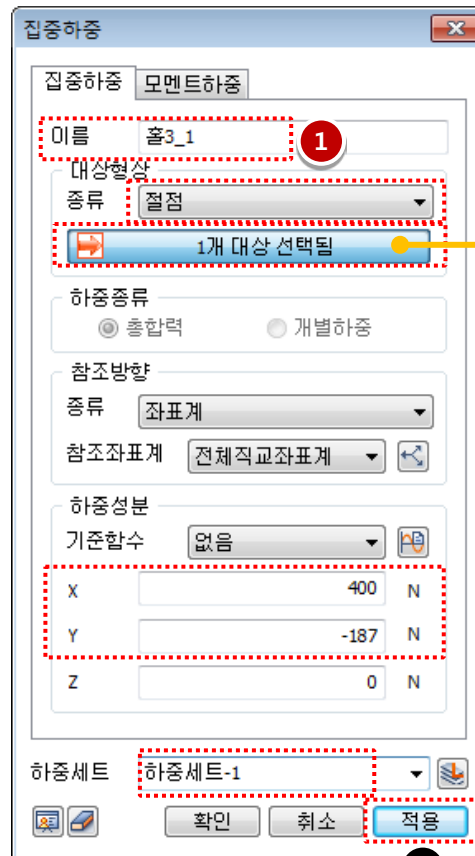
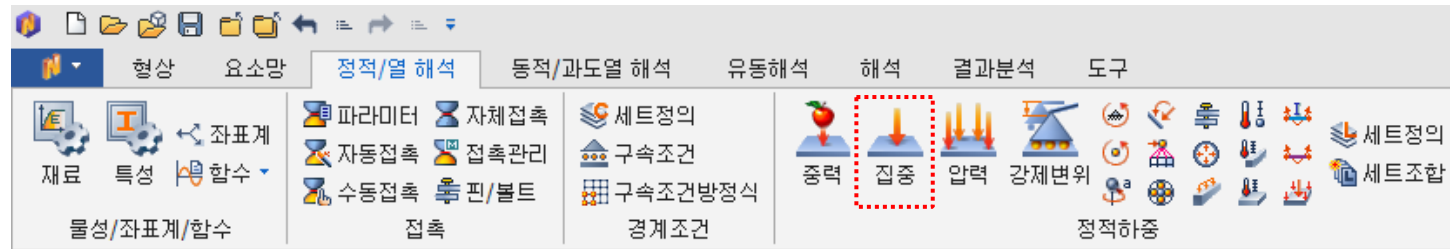


## 작업순서

## 1. [집중하중] 입력

이름	홀3_1
대상종류	절점
대상선택	1개 선택됨
하중성분	X: 400N Y: -187N
하중세트	하중세트-1

## 2. [적용] 버튼 클릭



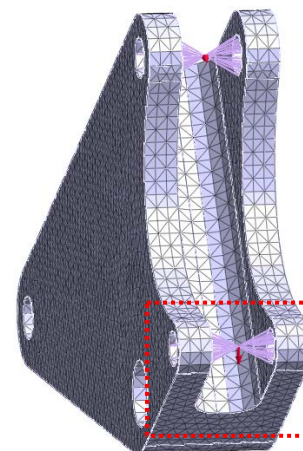
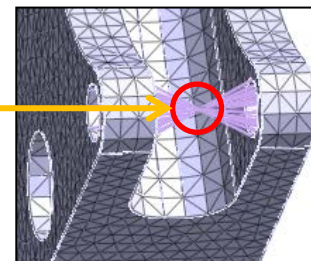
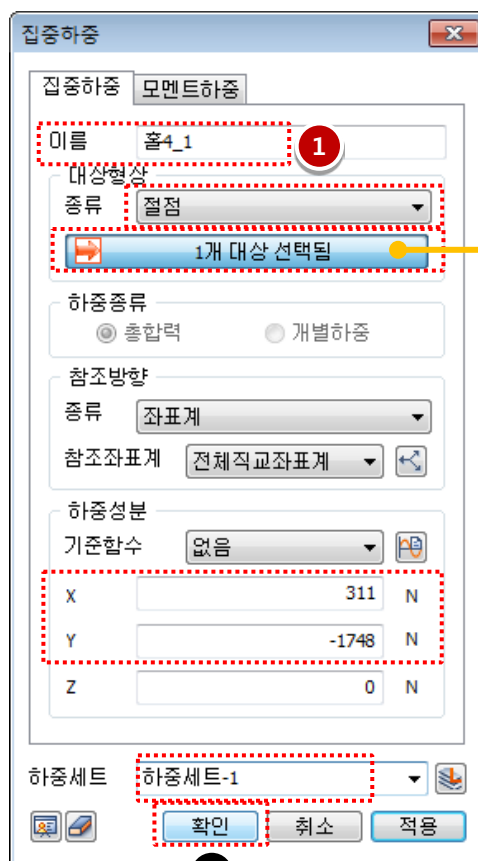
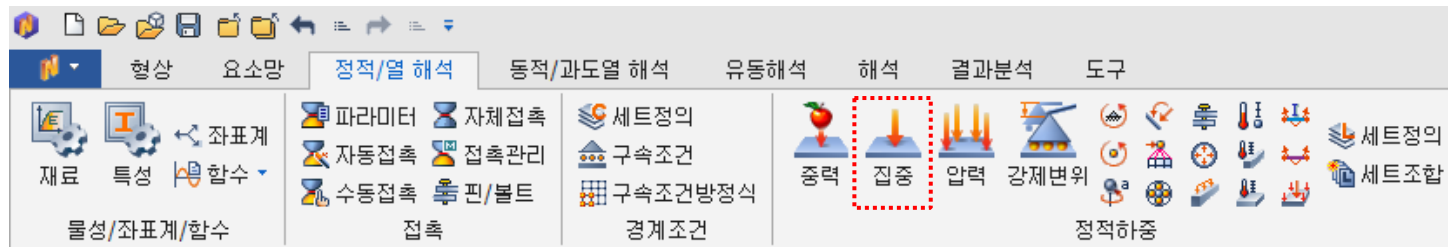


## 작업순서

## 1. [집중하중] 입력

이름	홀4_1
대상종류	절점
대상선택	1개 선택됨
하중성분	X: 311N Y: -1748N
하중세트	하중세트-1

## 2. [확인] 버튼 클릭



## 작업순서

### 1. 하중/경계 트리의 [홀 3\_1], [홀 4\_1]

마우스 오른쪽 클릭 후 [복사] 선택

### 2. 복사된 [홀 3\_1-1]

마우스 오른쪽 클릭 후 [편집] 선택

### 3. 이름 [홀 3\_2] 입력

### 4. 하중성분 X: -3438, Y: -921 입력

### 5. [하중세트-2] 입력

### 6. [확인] 클릭

### 7. 위 1번에서 복사된 [홀 4\_1-1]

마우스 오른쪽 클릭 후 [편집] 선택

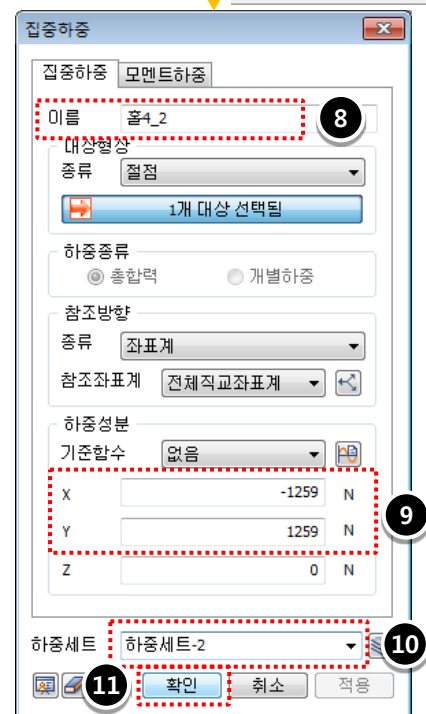
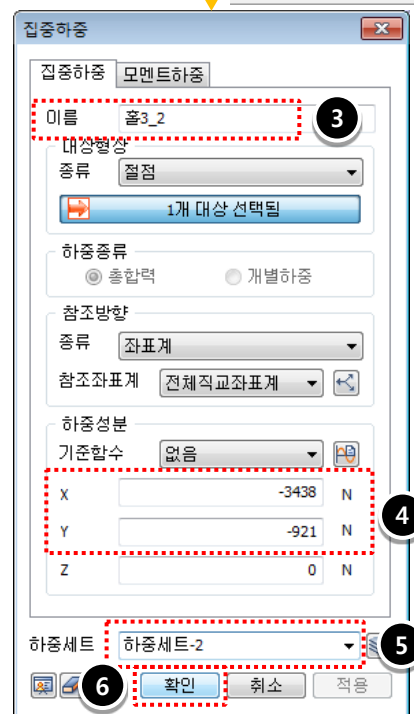
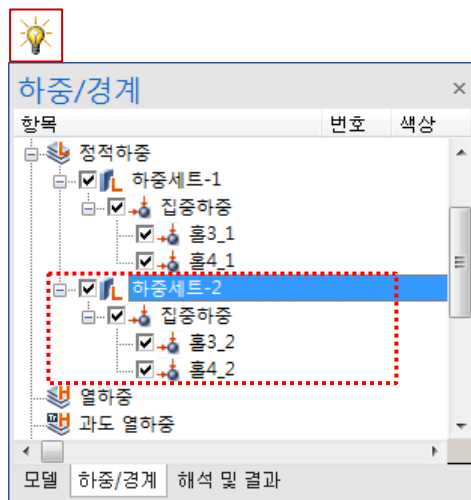
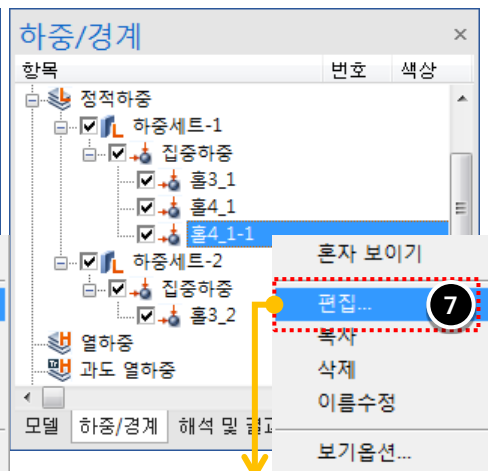
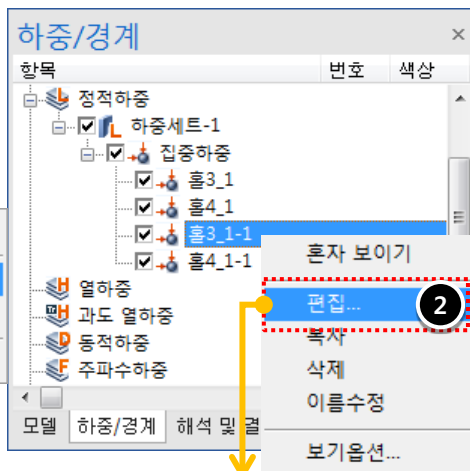
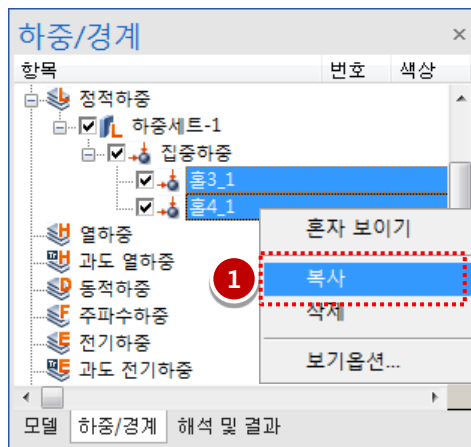
### 8. 이름 [홀 4\_2] 입력

### 9. 하중성분 X: -1259, Y: 1259 입력

### 10. [하중세트-2] 입력

### 11. [확인] 클릭

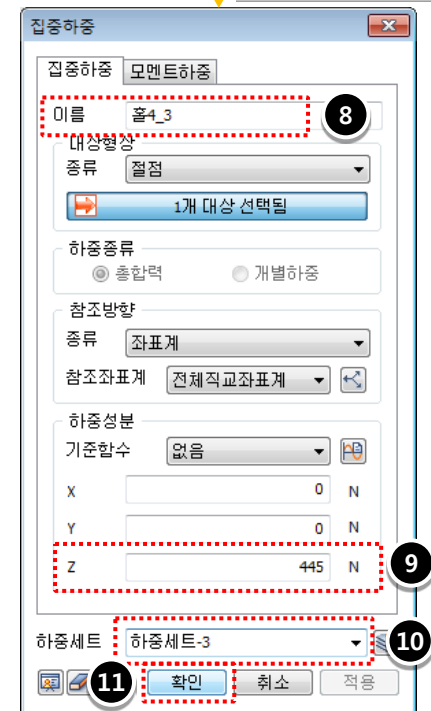
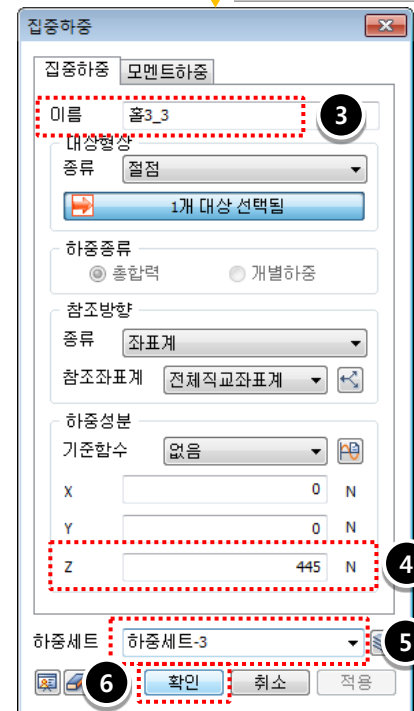
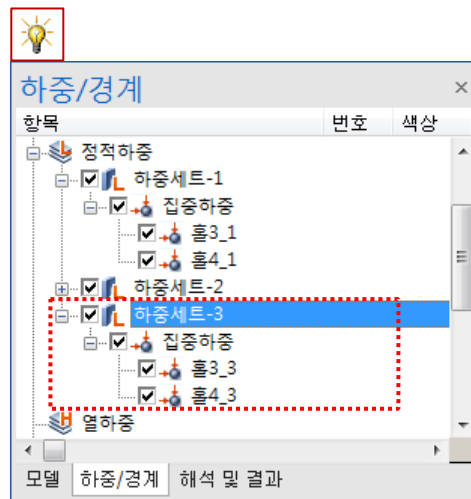
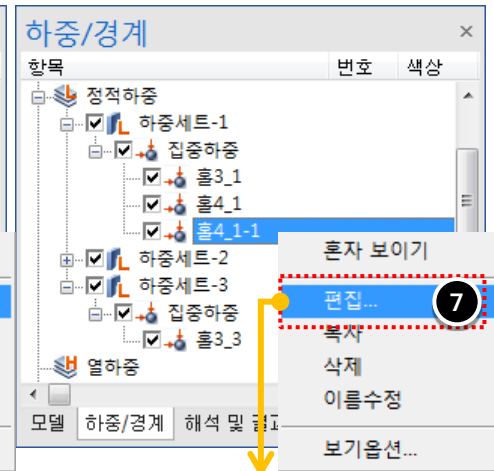
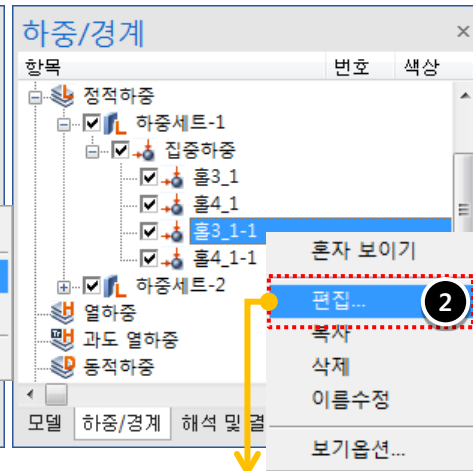
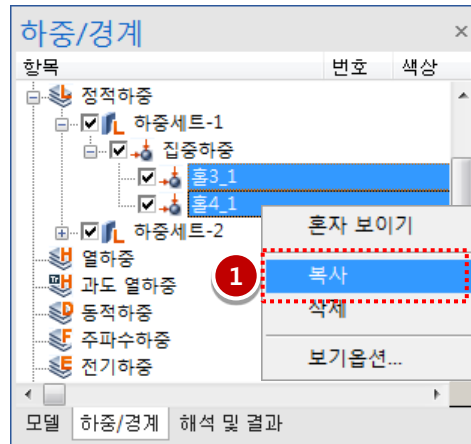
💡 하중/경계 트리의 정적하중조건 항목에 [하중세트-2] 아래로 홀 3\_2와 홀 4\_2가 생성되었습니다.



## 작업순서

1. 하중/경계 트리의 [홀 3\_1], [홀 4\_1]  
마우스 오른쪽 클릭 후 [복사] 선택
2. 복사된 [홀 3\_1-1]  
마우스 오른쪽 클릭 후 [편집] 선택
3. 이름 [홀 3\_3] 입력
4. 하중성분 Z: 445 입력
5. [하중세트-3] 입력
6. [확인] 클릭
7. 위 1번에서 복사된 [홀 4\_1-1]  
마우스 오른쪽 클릭 후 [편집] 선택
8. 이름 [홀 4\_3] 입력
9. 하중성분 Z: 445 입력
10. [하중세트-3] 입력
11. [확인] 클릭

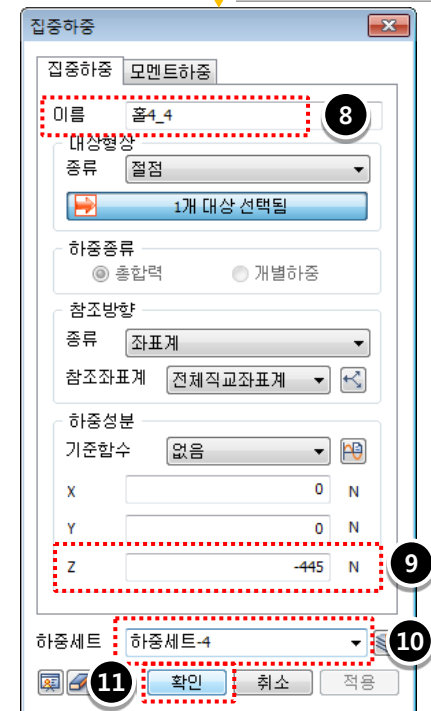
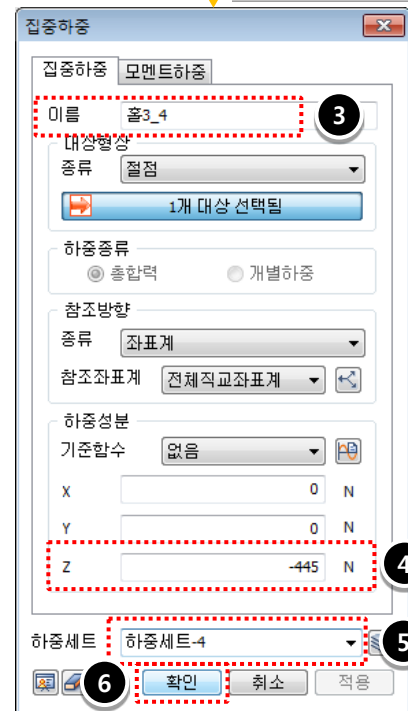
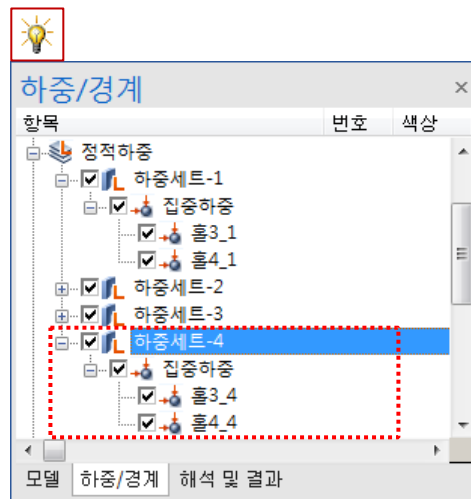
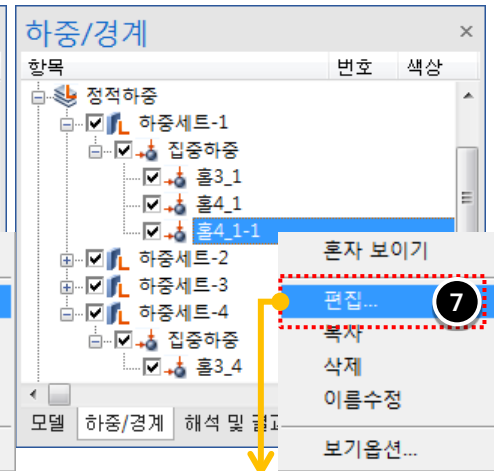
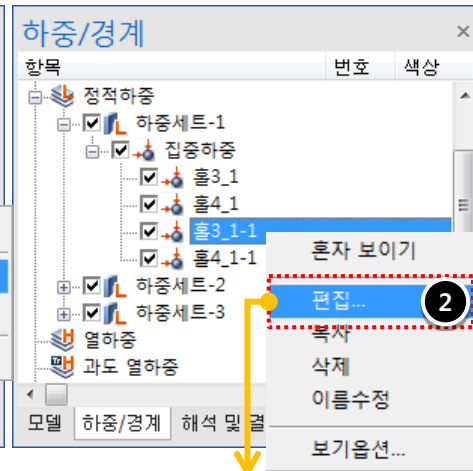
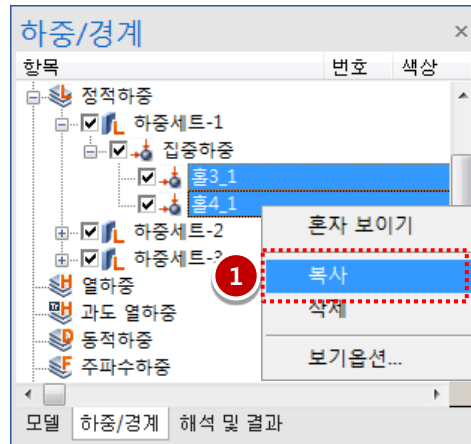
💡 하중/경계 트리의 정적하중조건 항목에 [하중세트-3] 아래로 홀 3\_3와 홀 4\_3가 생성되었습니다.



## 작업순서

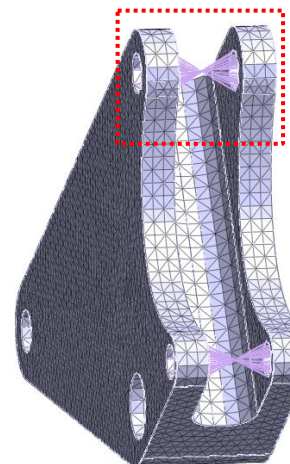
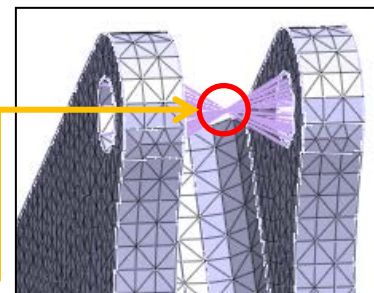
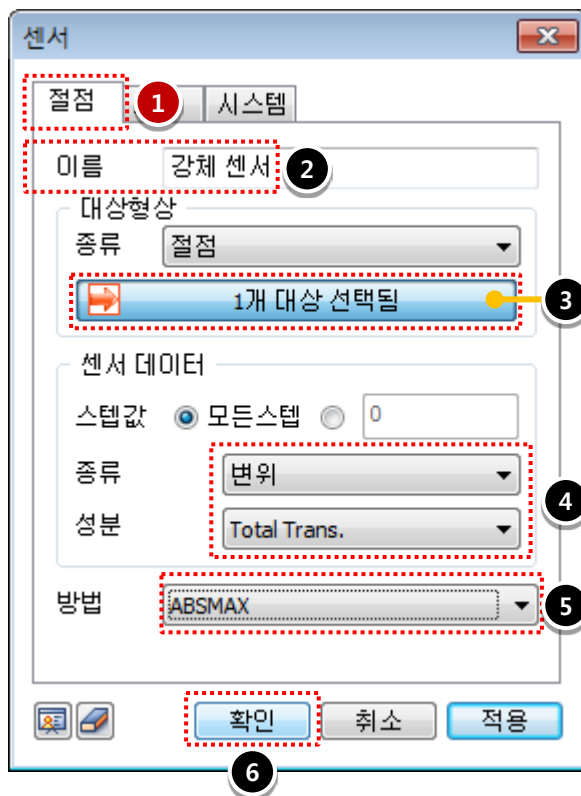
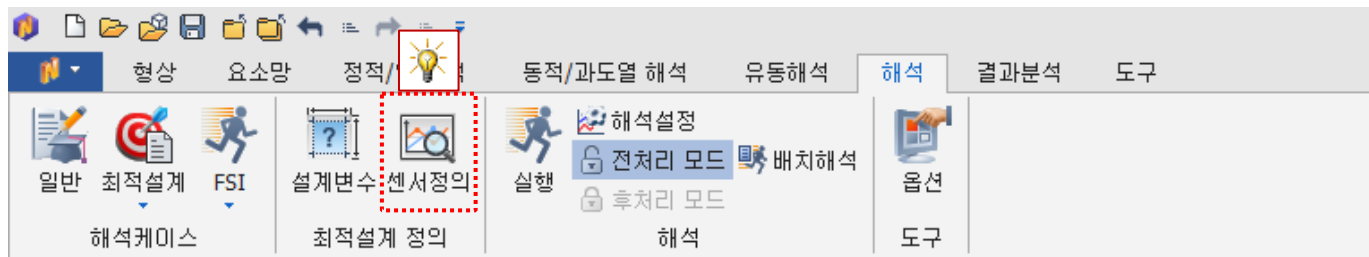
1. 하중/경계 트리의 [홀 3\_1], [홀 4\_1]  
마우스 오른쪽 클릭 후 [복사] 선택
2. 복사된 [홀 3\_1-1]  
마우스 오른쪽 클릭 후 [편집] 선택
3. 이름 [홀 3\_4] 입력
4. 하중성분 Z: -445 입력
5. [하중세트-4] 입력
6. [확인] 클릭
7. 위 1번에서 복사된 [홀 4\_1-1]  
마우스 오른쪽 클릭 후 [편집] 선택
8. 이름 [홀 4\_4] 입력
9. 하중성분 Z: -445 입력
10. [하중세트-4] 입력
11. [확인] 클릭

💡 하중/경계 트리의 정적하중조건 항목에 [하중세트-4] 아래로 홀 3\_4와 홀 4\_4가 생성되었습니다.



## 작업순서

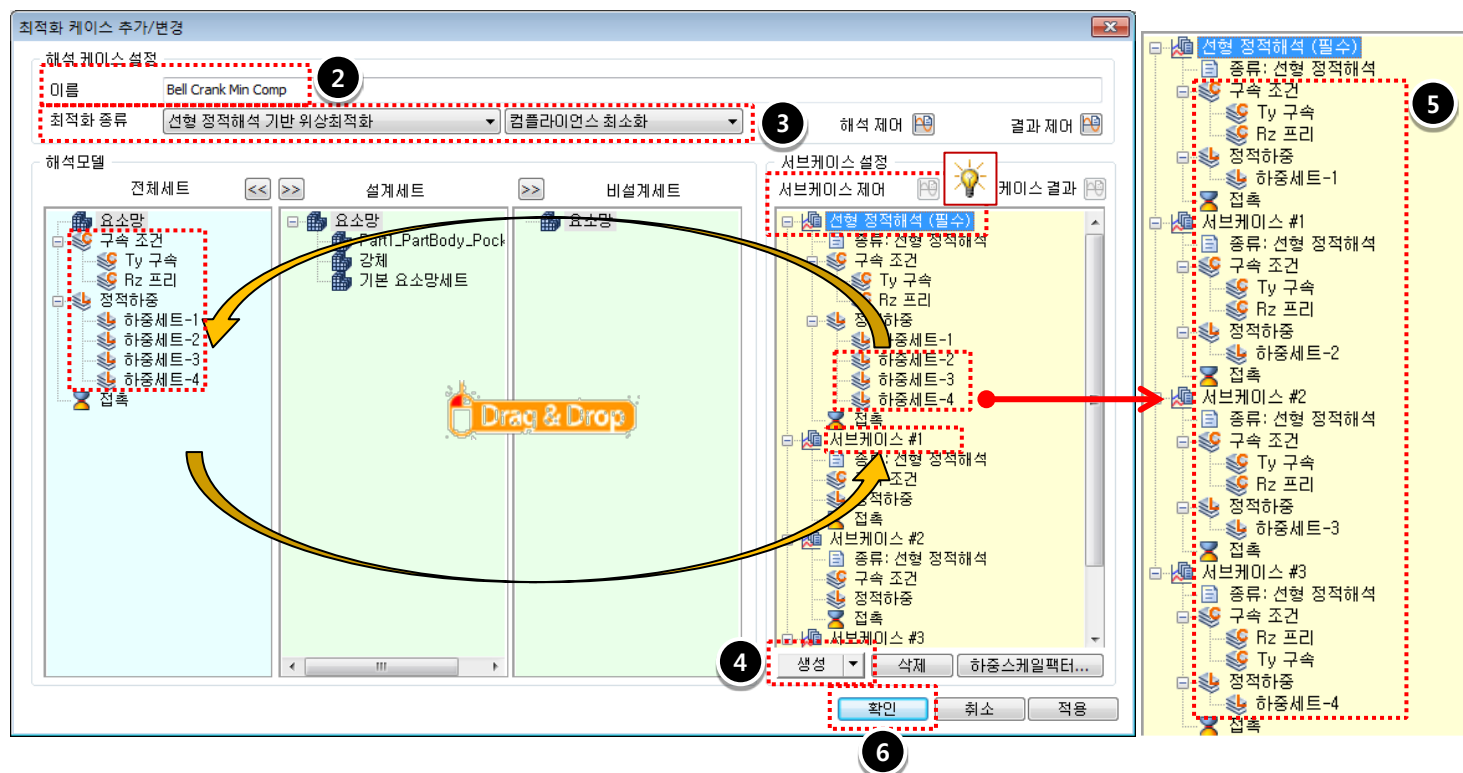
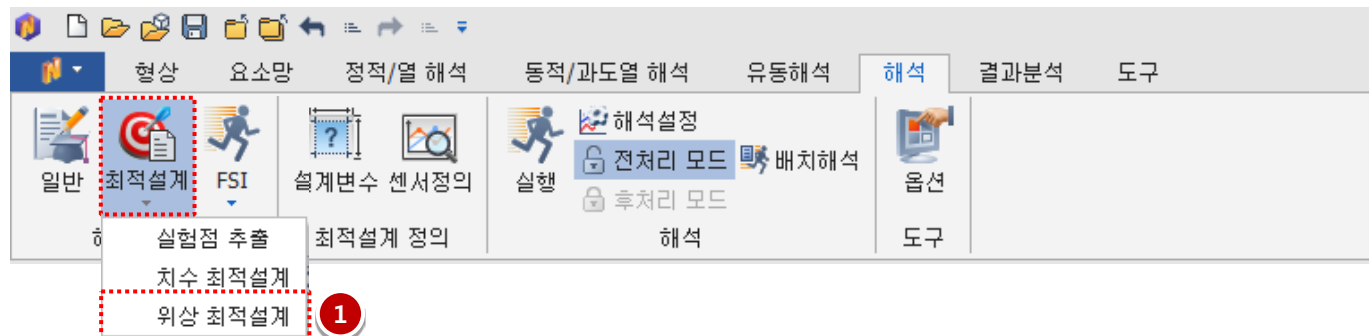
1. [절점] 선택
2. 이름: 강체 센서
3. 중간절점 선택 (그림 참조)
4. 종류: 변위  
성분: Total Trans
5. 방법: ABSMAX
6. [확인] 클릭



💡 센서 정의는 위상최적화 설계제약조건을 정의할 때 이용합니다.  
따라서 이번 장의 설정으로 선택한 절점의 총 변위를 이용하여 설계제약조건을 설정할 수 있습니다.

- ## 6. [확인] 버튼 클릭

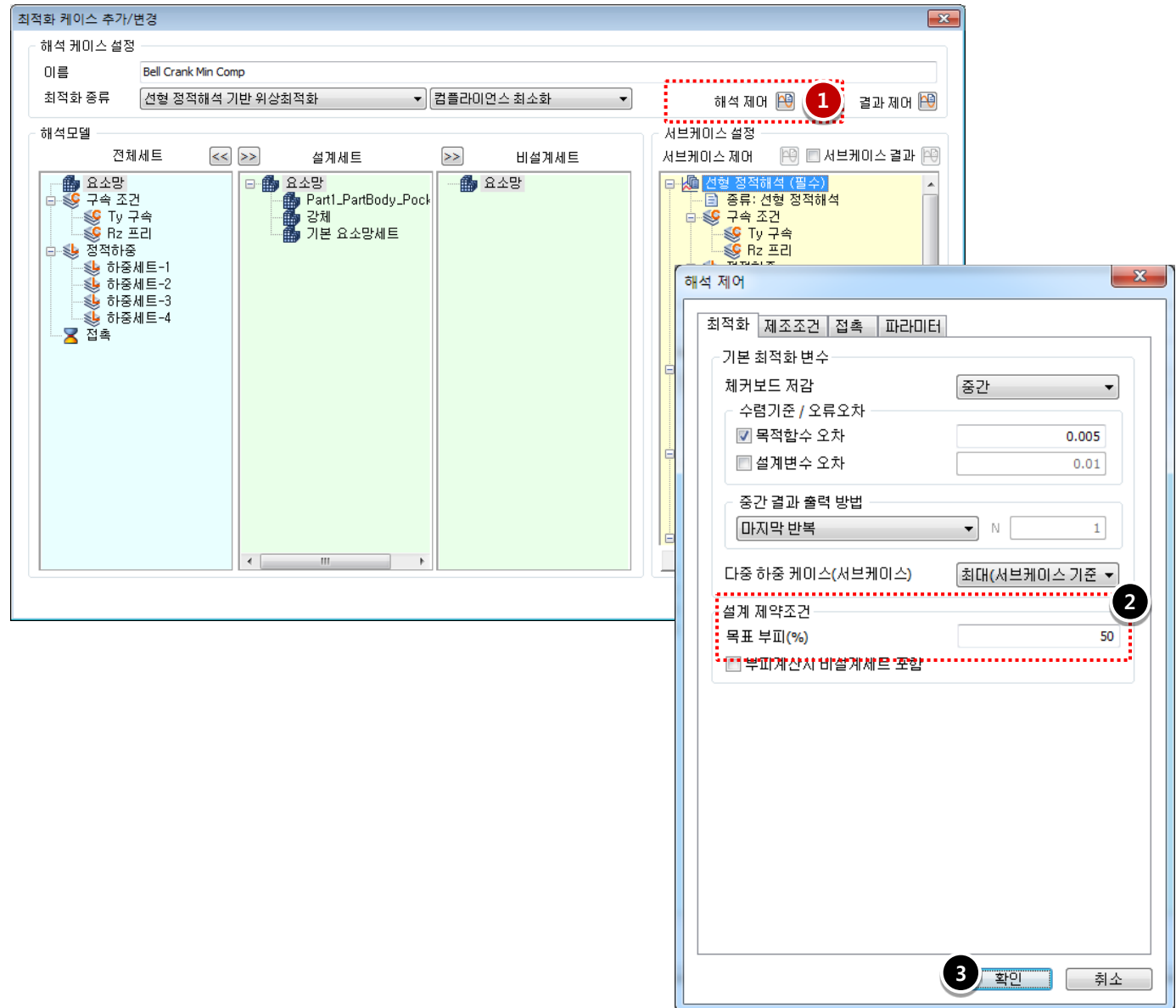
💡 컴플라이언스 최소화 최적설계에서는  
서브케이스 제어 버튼이 활성화 되지  
않습니다.





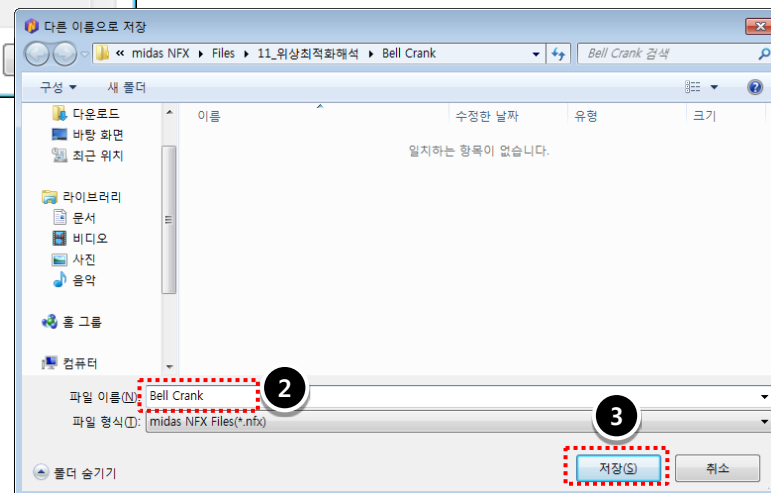
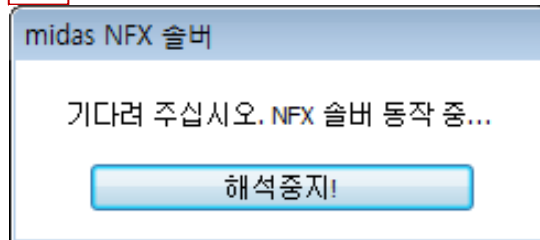
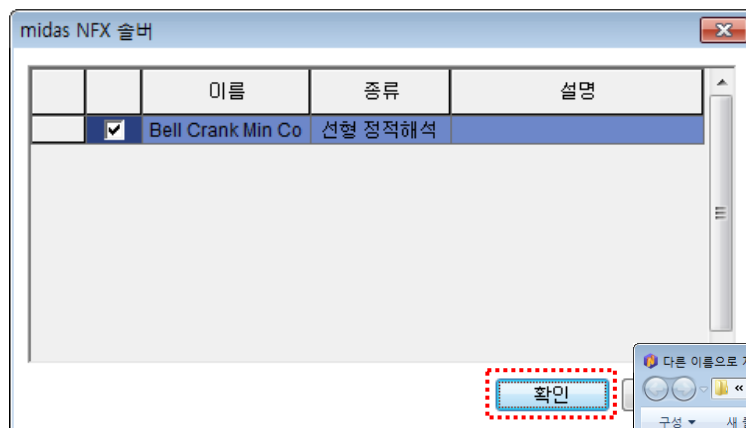
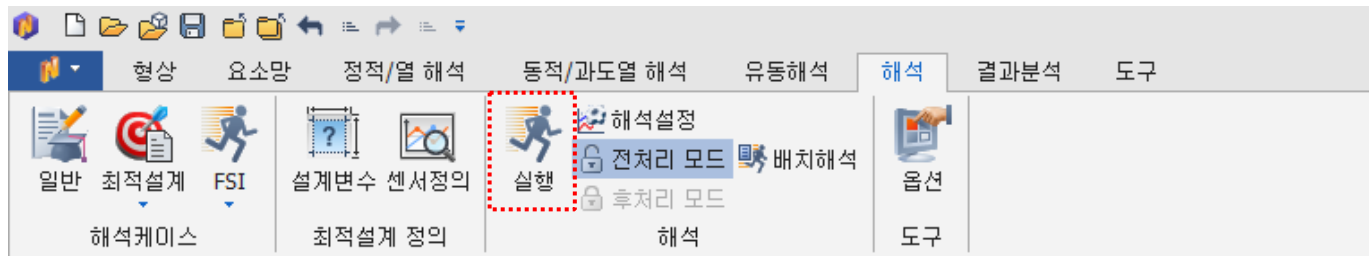
## 작업순서

1. 해석 제어 선택
2. 목표 부피 : 50% 입력
3. [확인] 버튼 클릭



## 작업순서

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



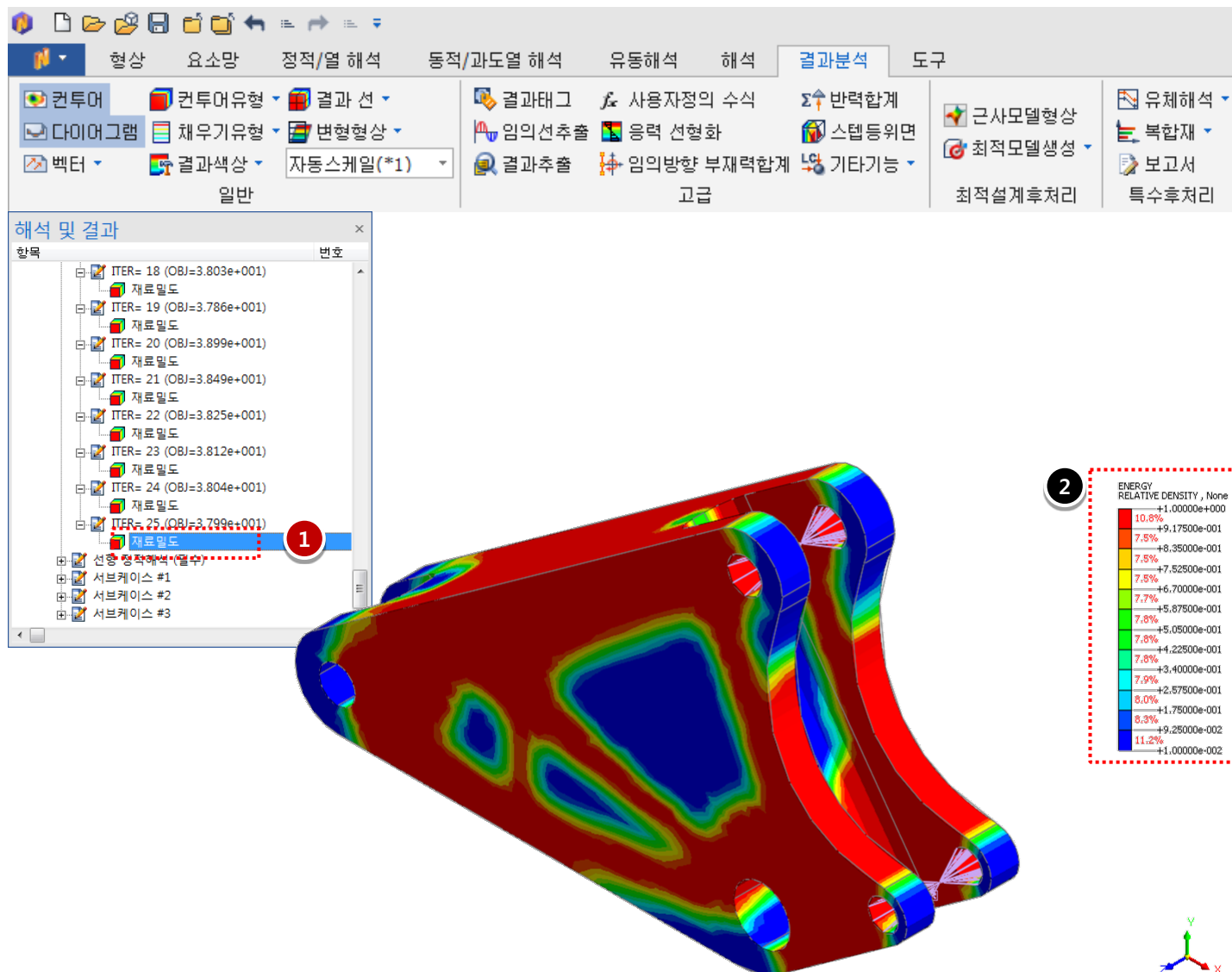
💡 해석을 실행하면 midas NFX 솔버가 작동됩니다. [해석중지!] 버튼을 클릭하면 해석이 중지됩니다.

## 작업순서

### 1. 해석케이스 아래의

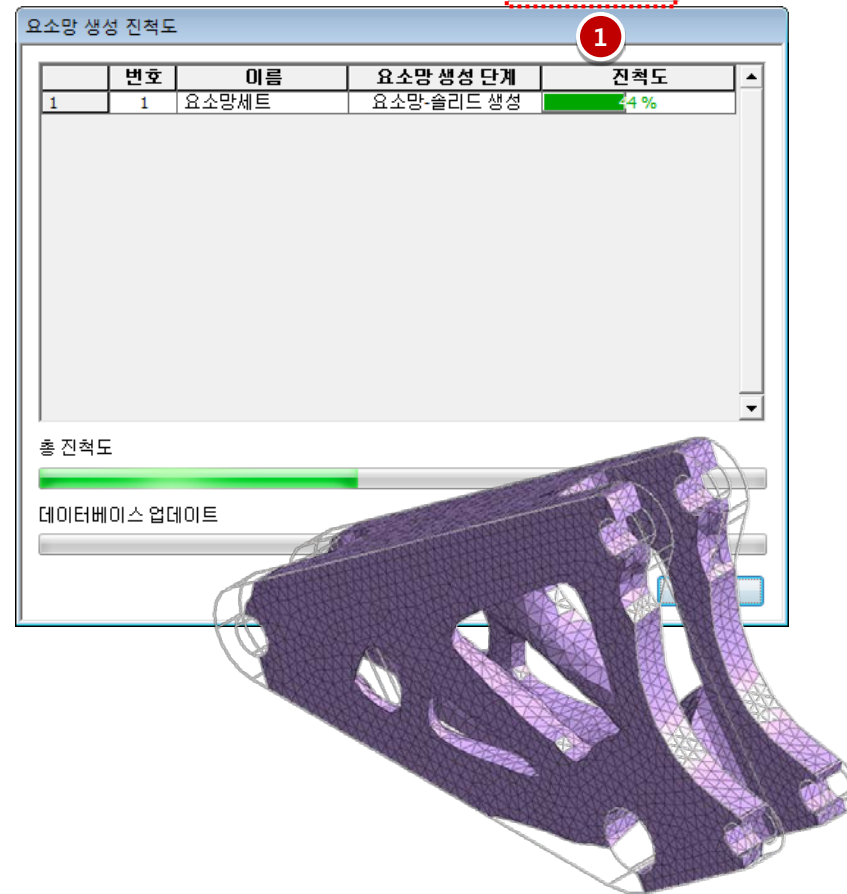
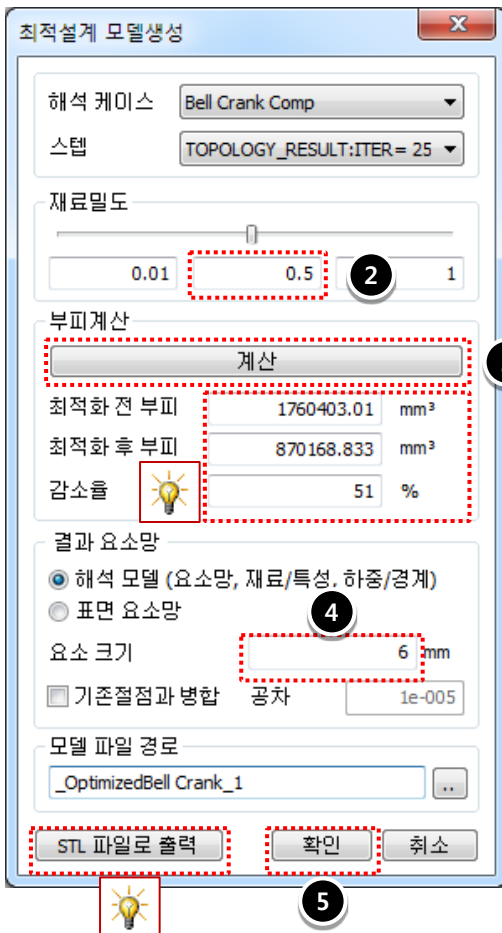
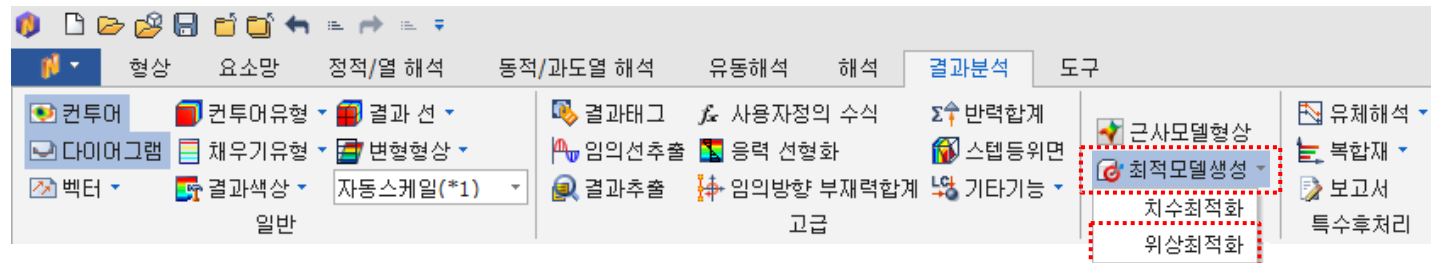
TOPOLOGY\_RESULT 마지막 스텝  
(ITER=25)의 [재료밀도] 더블 클릭

### 2. 재료의 상대 밀도 확인



## 작업순서

1. [위상최적화] 선택
2. 재료밀도: [0.5] 입력
3. [계산] 버튼 클릭
4. 요소크기: [6 mm] 입력
5. [확인] 버튼 클릭



💡 [계산] 버튼을 클릭하면 자동으로 값이 출력됩니다.

💡 STL 파일로 출력하면 CAD 모델을 생성하여 이용할 수 있습니다.