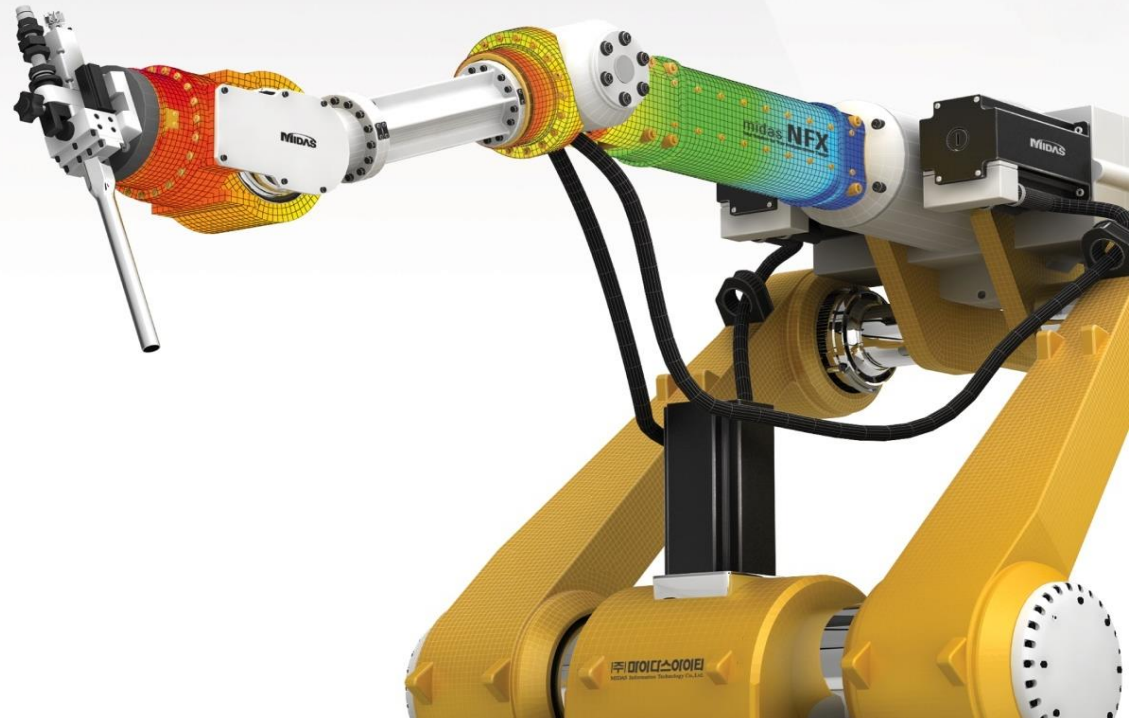


midas NFX 열전달



midas NFX 열전달

Part 1. 열전달 기초이론

Part 2. 열전달 해석(정상상태)

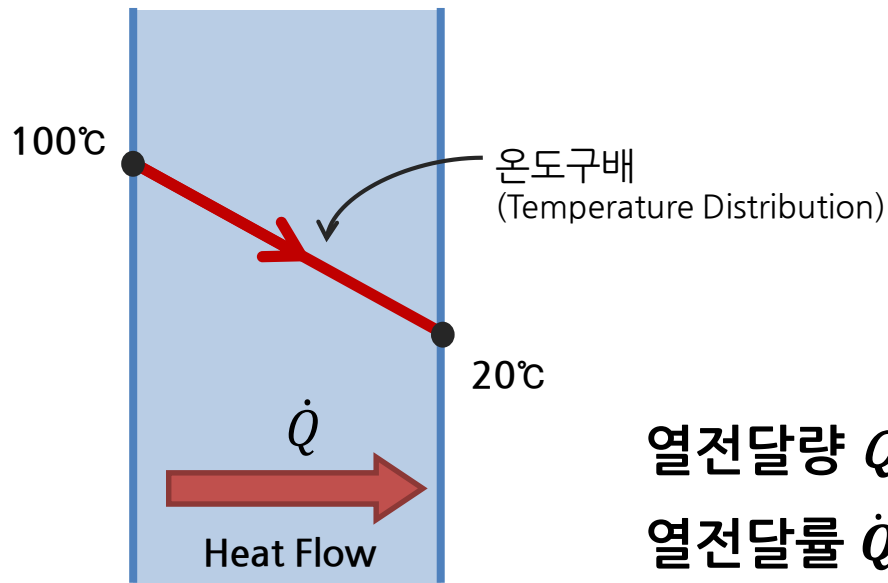
Part 3. 열응력 해석

Part 4. 열전달 해석(과도상태)

Contents

열전달이 일어나는 이유

- 열전달의 기본요건은 온도차이
(온도가 동일한 두 물체 사이에는 열전달이 일어나지 않음)
- 열전달 : 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 열에너지가 이동 하는 현상

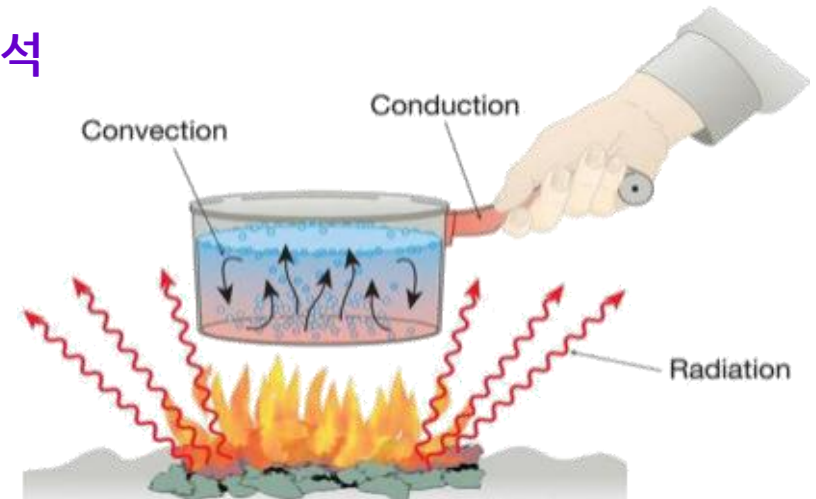


열전달량 $Q [J]$: 총 전달된 열량

열전달률 $\dot{Q} [W, J/s]$: 시간에 따른 열전달량

열전달 매커니즘

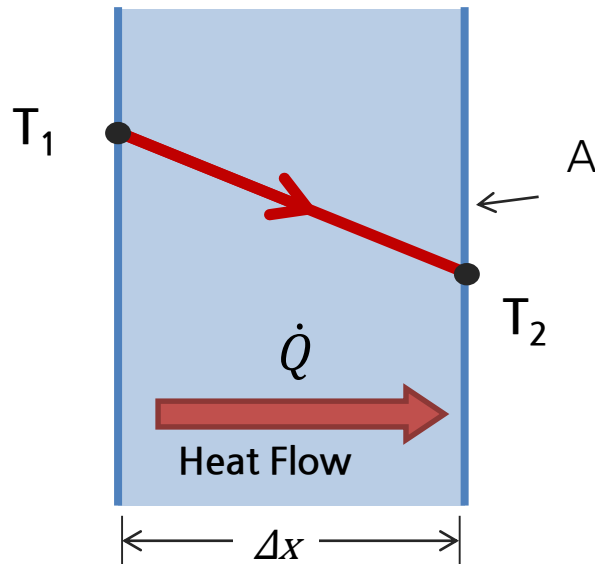
- **열전도 (Conduction)**
 - 물체 내부의 온도 구배에 의한 열전달
 - 분자의 진동으로 인한 운동 에너지와 자유 전자에 의한 에너지 이동
- **열대류 (Convection) → 자연대류, 강제대류**
 - 유체/기체의 이동에 의한 열전달
 - 확산(Diffusion)과 유동의 흐름(Advection)
- **※ 강제대류 영향이 크고 중요할 경우 → CFD 해석**
- **열복사 (Radiation)**
 - 전자기파에 의한 열 에너지의 방출
 - 매체를 필요로 하지 않음



전도 (Conduction)

- 푸리에의 열전도 법칙 (Fourier's law of heat conductivity)
- 물체 내(물체의 경계 내)에서 온도구배 때문에 이웃한 분자 사이에서 열에너지가 이동하는 현상

$$\text{열전달률} \propto \frac{\text{(표면적)} \text{ (온도차이)}}{\text{(두께)}}$$



$$\dot{Q}_{cond} = -kA \frac{dT}{dx} [W]$$

k : 열전도율

A : 면적

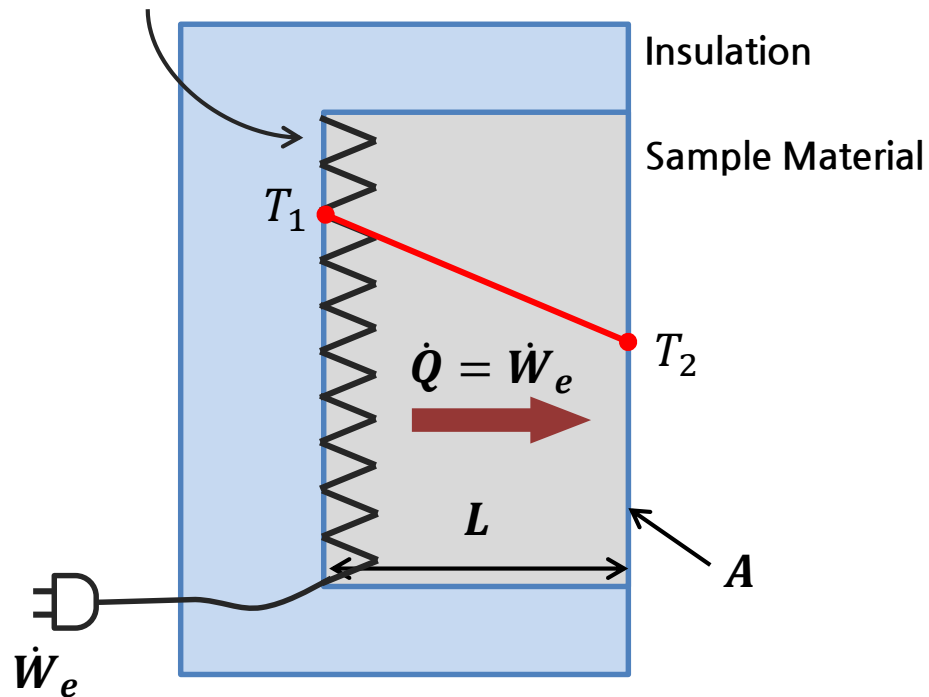
dT : $(T_1 - T_2)$

dx : 두께

열전도율 (Thermal Conductivity)

- 어떤 물질에서 열이 얼마나 빨리 흐르는 지를 나타내는 척도
- 열전도율이 클수록 열이 잘 전달되는 물질

Electric Heater



$$k = \frac{L}{A(T_1 - T_2)} \dot{Q} \quad [W/m \cdot T]$$

A : 면적

L : 두께

T_1, T_2 : 표면온도

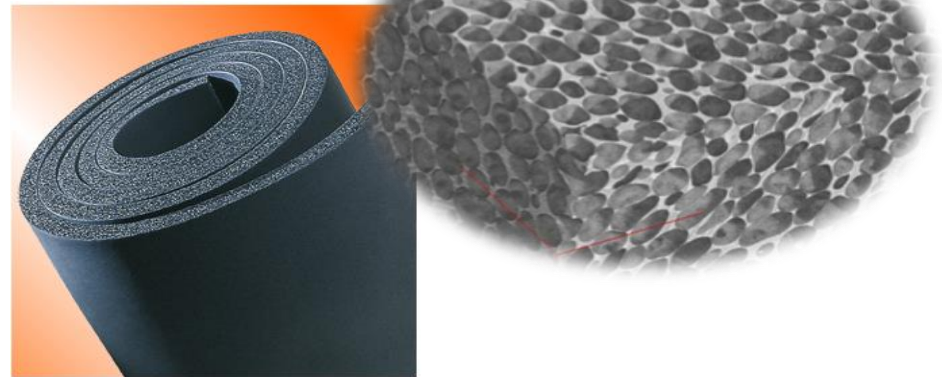
\dot{Q} : 열전달률

\dot{W}_e : Heater 발열량

열전도율 (Thermal Conductivity)

• 상온에서 물질의 열전도율

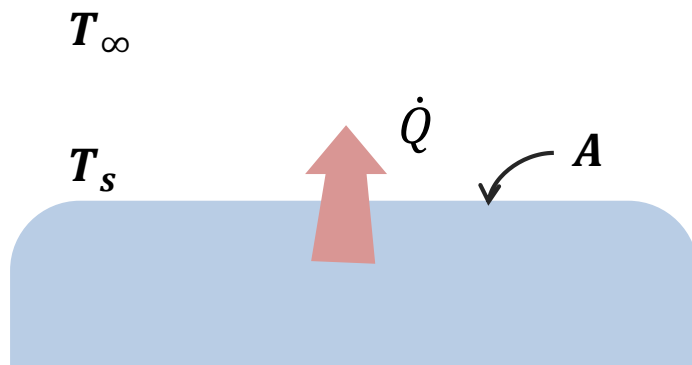
Material	k W(m·°C)
Diamond	2300
Silver	429
Copper	401
Gold	317
Aluminum	237
Iron	80.2
Mercury(l)	8.54
Glass	0.78
Brick	0.752
Water	0.613
Hunman Skin	0.37
Wood	0.17
Helium(g)	0.152
Refrigerant-12	0.072
Air(g)	0.026
Foam	0.026



대류 (Convection)

- 뉴턴의 냉각법칙 (Newton's law of cooling)
- 물체(고체)의 경계에서 고체와 외부유체 사이의 열전달

열전달률 \propto (표면적)(온도차이)



$$\dot{Q}_{convection} = hA(T_s - T_\infty) \quad [W]$$

h : 대류 열전달계수

A : 고체 표면 면적

T_s : 고체 표면 온도

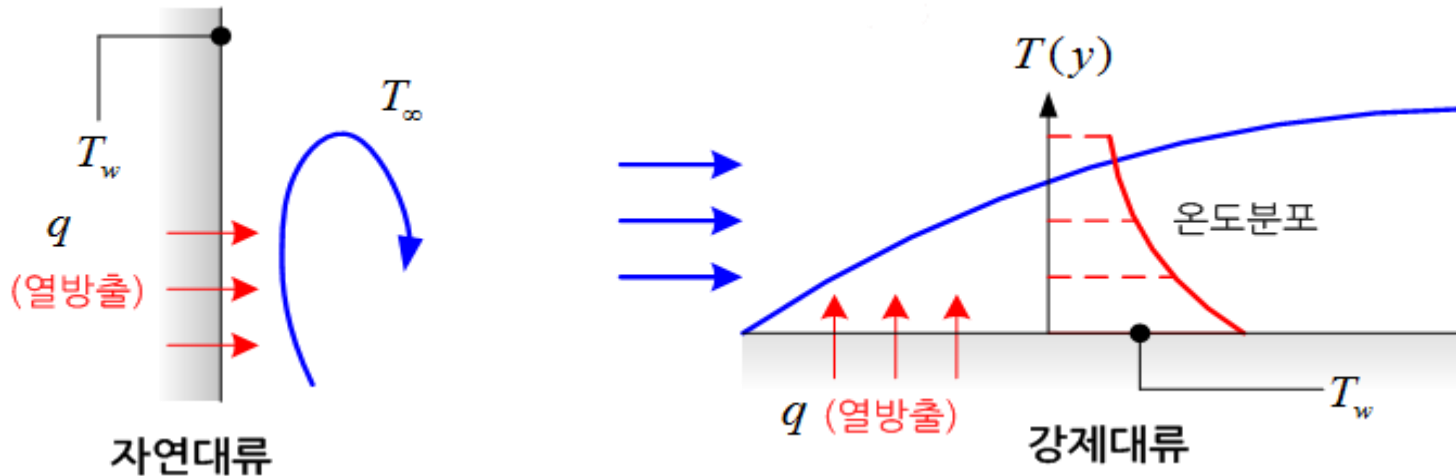
T_∞ : 표면의 영향을 받지 않는
유체의 온도

대류 (Convection)

• 자연대류와 강제대류

〈자연대류〉 순수하게 온도차로 발생하는 유체밀도의 변화로 유체의 흐름 유발

〈강제대류〉 팬(Fan), 바람, 냉각수 등 강제적인 방법으로 유체의 흐름 유발



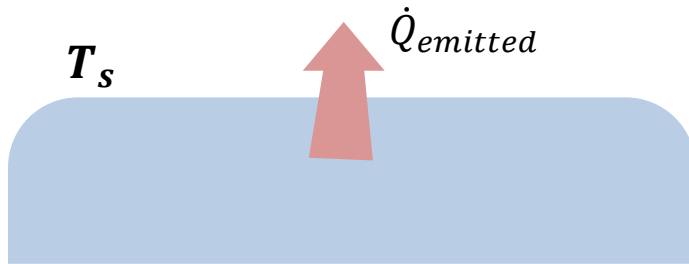
대류 열전달계수(Film Coefficient)

- 실험적으로 측정되어야 하는 값
- 고체표면의 상태, 유체의 점성, 밀도, 속도 등에 따라 달라짐
- 강제대류의 영향이 큰 경우에는 CFD 해석을 수행

자연대류 ($W/m^2 \cdot K$)		강제대류 ($W/m^2 \cdot K$)	
0.3m 수직평판, 공기	4.5	0.2m 수직평판, 2m/s 공기	12
수평원통, 지름 5cm	6.5	0.75m 수직평판, 35m/s 공기	75
		지름 2.5cm, 관 10m/s 공기	65
		지름 5cm, 관 50m/s 공기	180
		지름 2.5cm, 관 0.5kg/s 물	3500

복사 (Radiation)

- 절대온도 0도 이상의 모든 물체는 복사열을 방출



$$\dot{Q}_{emit} = \epsilon \sigma T_s^4 \quad [W]$$

ϵ : 방사율 ($0 \leq \epsilon \leq 1$)

σ : Stefan-Boltzmann 상수
($5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{T}^4$)

T_s : 고체 표면 온도

- 흑체 (Blackbody)

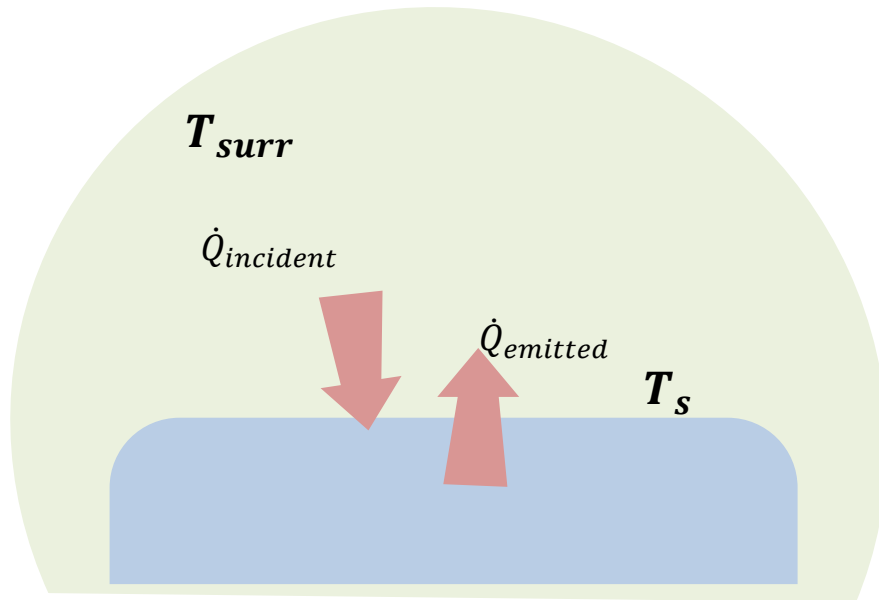
최대로 복사에너지를 방사하는 이상적인 표면 → 방사율 = 1

- 방사율 (Emissivity)

같은 온도 하에서 흑체와의 방사도 비율, 흡수율과 동등, 표면 상태에 의존

복사 (Radiation)

- 고체와 주변 환경과의 전자기파 형태의 에너지 교환 현상
- 중간 매개체가 필요하지 않음
- 자연대류, 전도와 비교하여 중요하지만 강제대류에서는 무시할 수 있음



$$\dot{Q}_{rad} = \epsilon \sigma A (T_s^4 - T_{surr}^4) [W]$$

ϵ : 방사율 ($0 \leq \epsilon \leq 1$)

σ : Stefan-Boltzmann 상수
($5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{T}^4$)

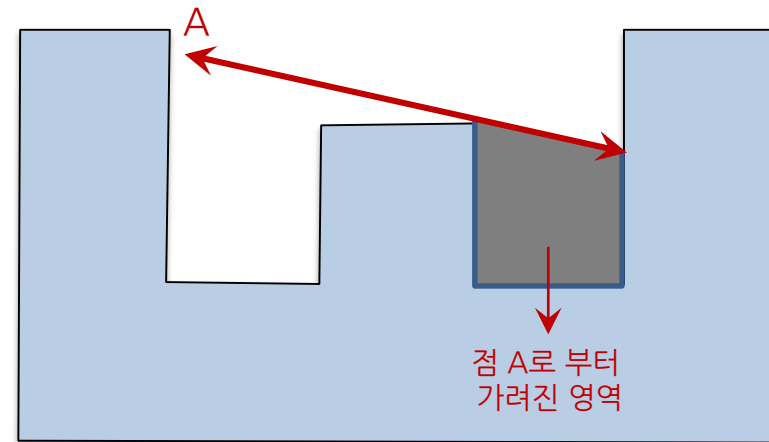
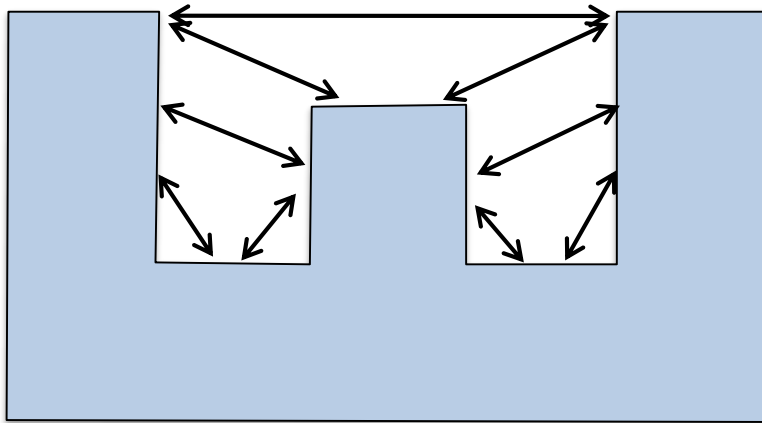
T_s : 고체 표면 온도

T_{surr} : 주변 공기 온도

A : 고체 표면 면적

공동복사 (Cavity Radiation)

- 공간을 구성하고 있는 면들 사이의 복사열 교환
 - 구성 면들의 형상과 방향을 고려하여야 함
- 복사열 교환은 빛이 직선으로 닿는 부분에만 작용
 - 다른 물체 등에 의해 빛이 닿지 않는 부분(가려진 부분)을 계산해야 함
 - 적분에 의한 정확한 계산 방법과 근사법 등이 존재함



midas NFX 열전달

Part 1. 열전달 기초이론

Part 2. 열전달 해석(정상상태)

Part 3. 열전달 해석(과도상태)

Part 4. 열응력 해석

Contents

열전달 해석

• 열전달

- 따뜻한 물체로부터 차가운 물체로 열이 이동하는 현상
- <관심 결과> 온도, 열속 (Heat Flux)

• 열전달에 의한 구조물의 응답

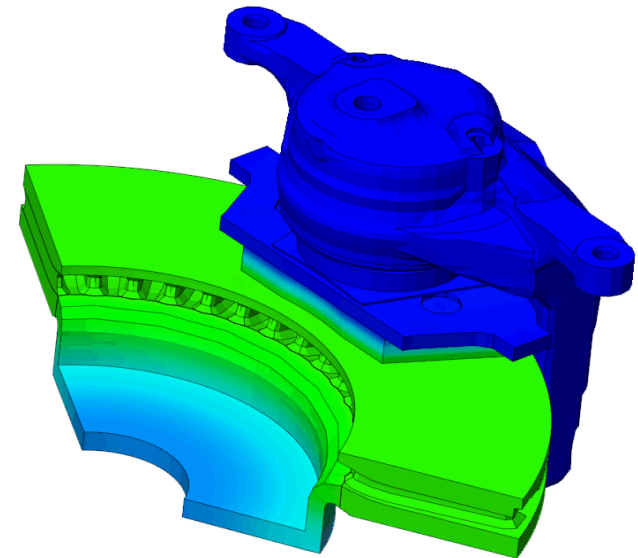
- 온도분포의 변화
- 온도 변화에 따른 재료 물성의 변화

• 구조물의 열 안정성

→ 열변형 / 열응력

• 열전달 해석의 종류

- 순수 열전달 해석 (정상, 비정상)
- 열-구조 연성 해석 (단방향 연성, 양방향 연성)



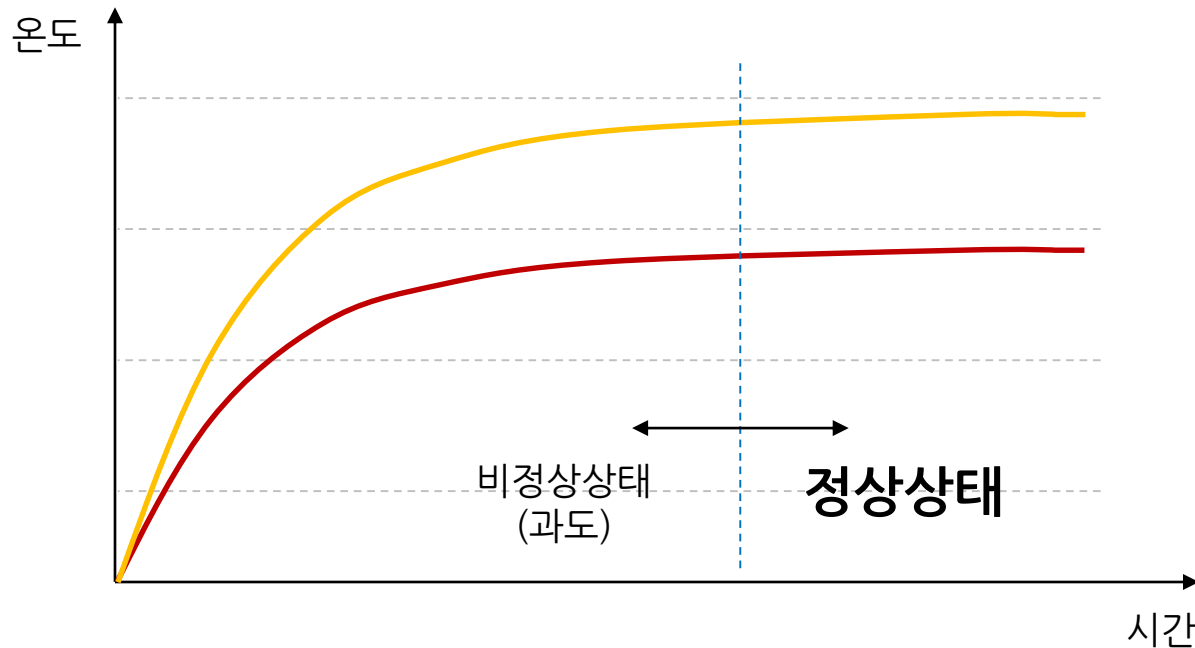
브레이크 디스크의 열전달 해석 예

열전달 해석 용어

용어	기호	단위	설명
열전달율	Q'	$W(=J/sec)$	단위시간당 전달된 열량
열속 (Heat Flux)	q''	W/m^2	단위 면적당 열전달율
발열 (Heat Generation)	q'''	W/m^3	단위 부피당 열전달율
열전도율 (Thermal conductivity)	k	$W/m \cdot K$	
대류계수 (Film Coefficient)	h	$W/m^2 \cdot K$	
비열 (Specific Heat)	C	$J/kg \cdot K$	단위 질량당 에너지량

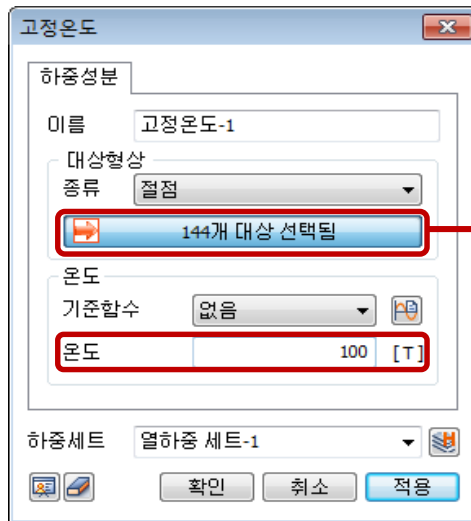
정상상태 열전달 해석

- 시간에 따라 열흐름 및 열속, 온도분포가 일정한 평형상태
- 경계조건 및 하중이 시간에 따라 변하지 않는 경우
- 발생하는 최고 온도와 이에 의한 열변형, 열응력을 검토하는 경우 사용

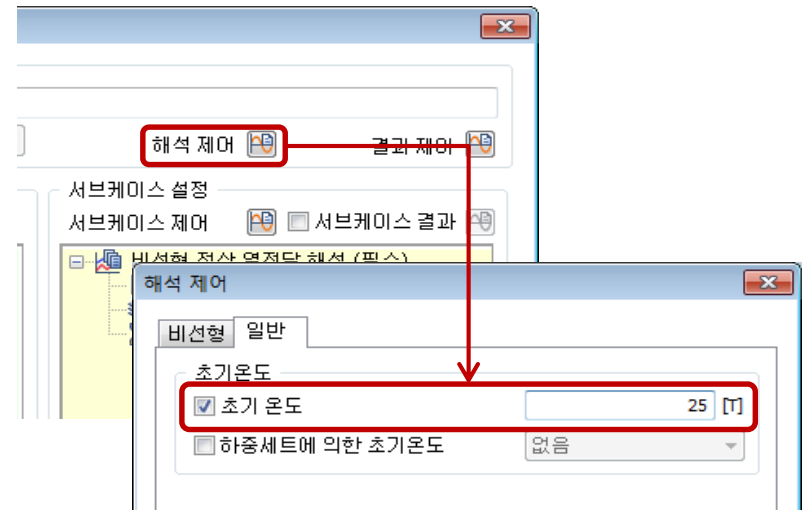


열전달 해석 조건

- 고정온도 : 절점의 온도 자유도를 지정한 온도로 고정
→ 이미 온도를 알고 있는 곳, 온도가 고정된 부분에 적용
- 초기온도 : 열전달이 시작되기 전 모든 절점의 초기온도를 지정
(온도가 고정되는 고정온도와는 다름)



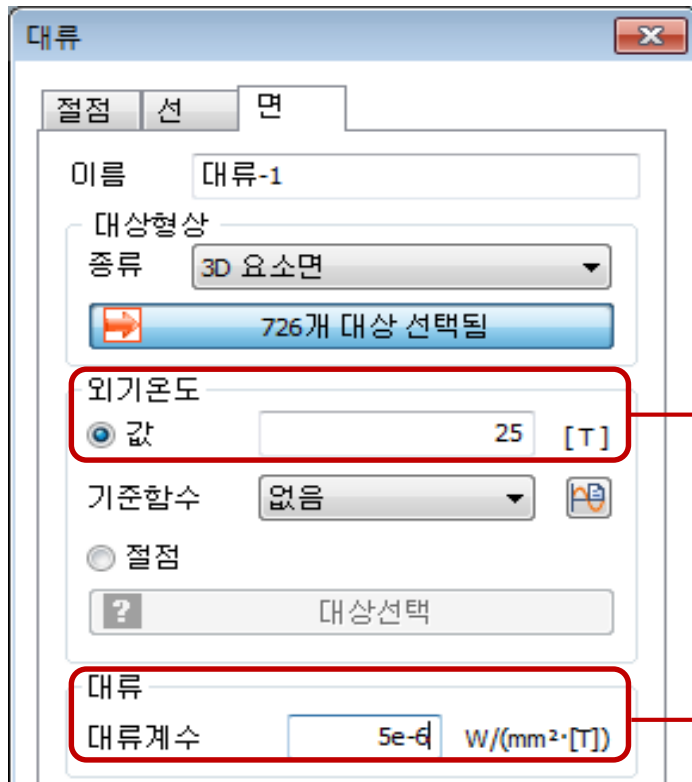
<면의 모든 절점을 100도로 고정>



<모든 절점의 초기 온도를 25도로 설정>

열전달 해석 조건

- 대류(Convection) : 고체 표면과 주변 유체(액체, 기체) 사이의 열전달을 표현하기 위한 조건



주변유체의 온도입력

고체 표면으로부터 영향을 받지 않는 온도

대류열전달계수 입력

시험에 의해 측정 (고체표면상태, 유체의 속도, 점성, 밀도 등에 따라 달라짐)

열전달 해석 조건

- 열속 (Heat Flux) : 고체 표면에 외부조건에 전달되는 열량을 적용
 - 단위 면적당 열전달율 (W/m^2)
 - 방향성을 가짐 (+) 열전달율, (-) 열손실율
- 발열 (Heat Generation) : 고체 내부에서 발생하는 열량을 적용
 - 단위 체적당 열전달율(W/m^3)
- 단열조건 (Insulation) : 열의 유/출입이 없는 조건
 - 열하중조건을 입력하지 않는 표면은 단열조건으로 가정
 - 대칭 경계면은 열의 유/출입이 없는 단열조건

열전달 해석 VS 선형정적 해석

분류	구조해석(선형정적해석)	정상상태 열전달 해석
재질 관련 법칙	후크의 법칙	푸리에의 법칙
재료 물성	탄성계수(E)	열전도율(k)
미지수(자유도)	변위(u)	온도(T)
자유도의 구배 (변화율)	변형률	온도 구배(∇T)
	응력(σ)	
경계 조건	구속 조건($u=0$) 또는 강제변위	고정 온도
하중 조건	단위 길이당 축력(Q)	단위 길이당 내부발열(Q)
유사성 비교	 <p>단위길이당 축력: Q</p> <p>x=0 단면적 (A) x=L 탄성계수 (E)</p>	 <p>단위길이당 발열: Q</p> <p>x=0 단면적 (A) x=L 열전도율 (k)</p>

Training Session

예제1. 전도 열전달
(정상상태 열전달해석)

개요

➤ 열전달 해석

- 단위: N, mm

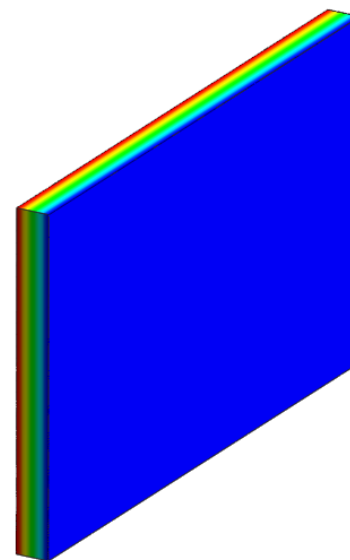
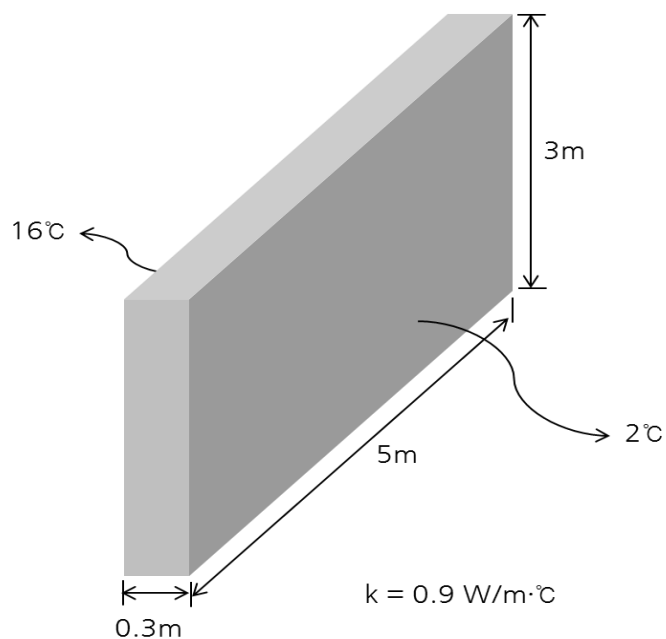
➤ 경계조건과 하중조건

- 온도조건 : 2도, 16도

➤ 결과 확인

- 온도
- 열유속

전도 열전달 (정상상태 열전달 해석)

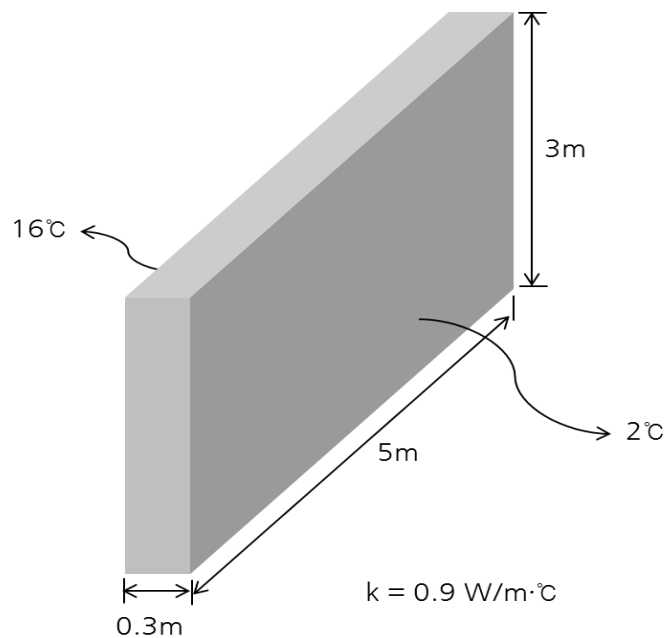


따라하기 목적

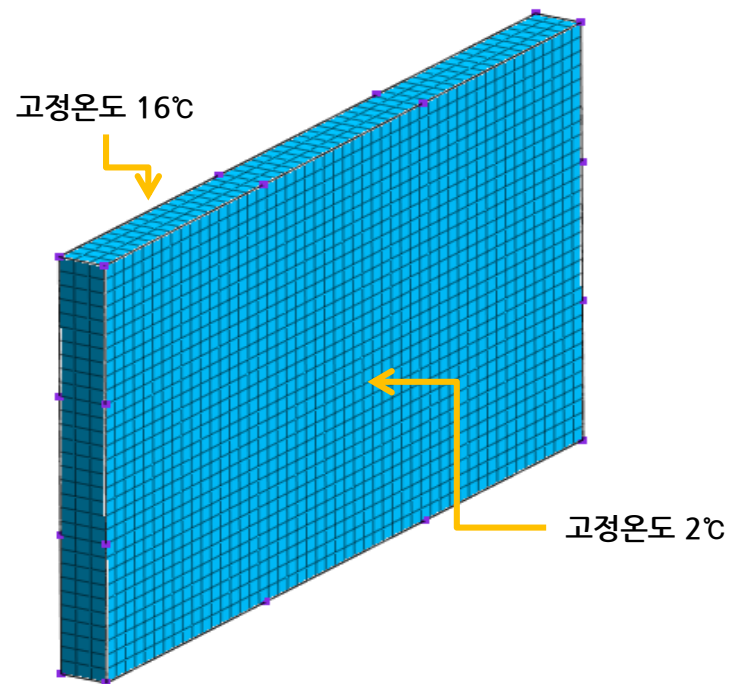
- 열전달 해석에 대한 이해
 - 열전달 해석의 수행
 - 전도열전달에 대한 이해
 - 해석 조건에 대한 이해 및 결과 확인

해석 개요

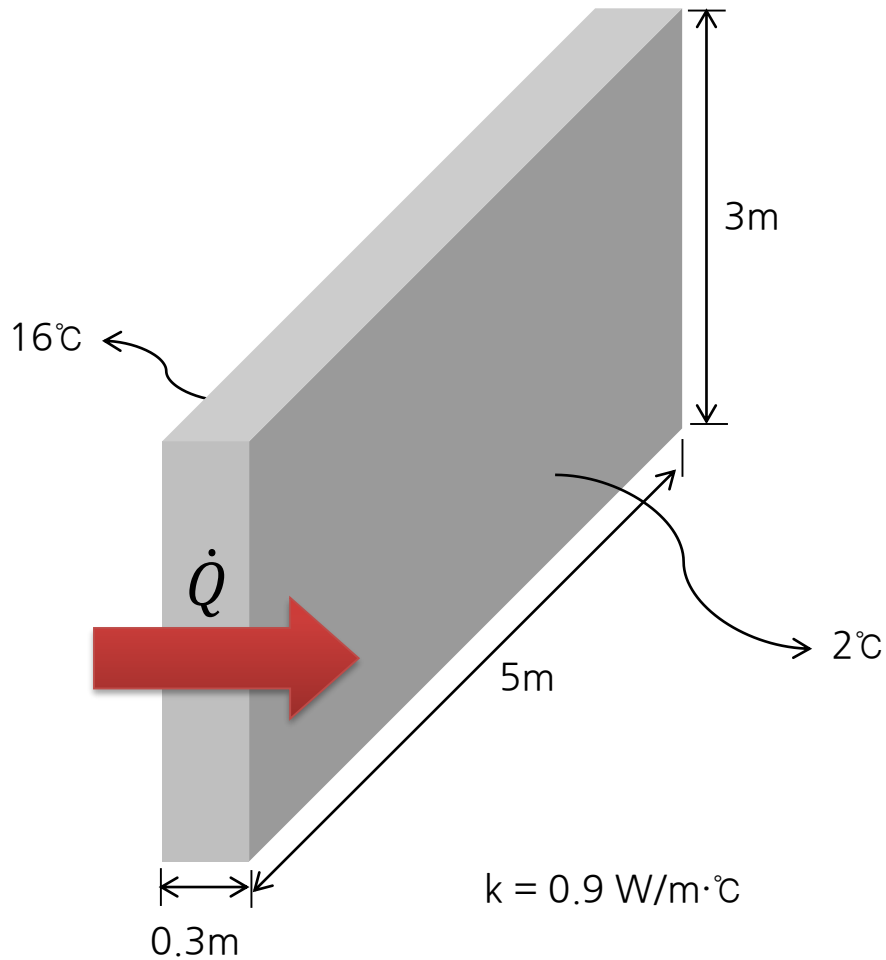
➤ 대상 모델



➤ 유한요소모델



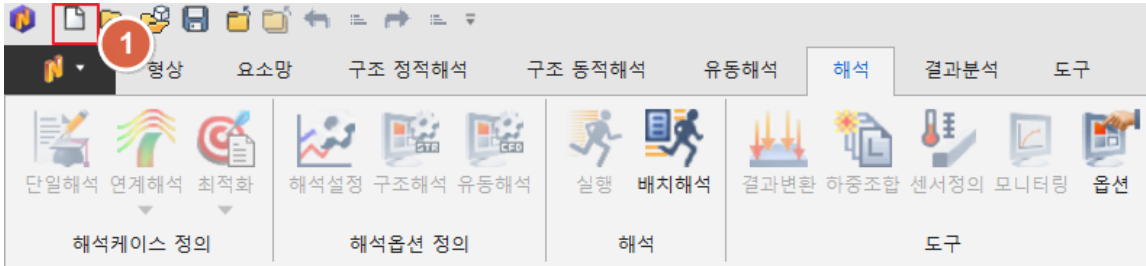
해석모델 및 개요



$$\dot{Q} = kA \frac{T_1 - T_2}{L} = 630 \text{ W}$$

$$\text{Heat Flux} = \frac{\dot{Q}}{A} = 42 \text{ W/m}^2$$

Step
01 새로만들기



해석조건 설정

프로젝트명 담당자

설명

모델 종류

3차원/일반모델

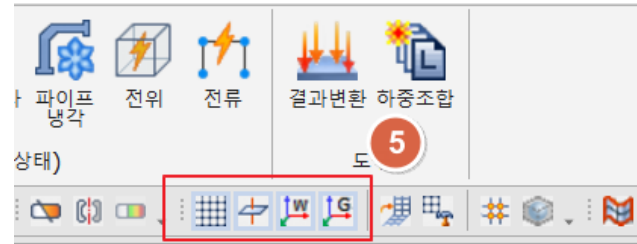
2차원모델

축대칭

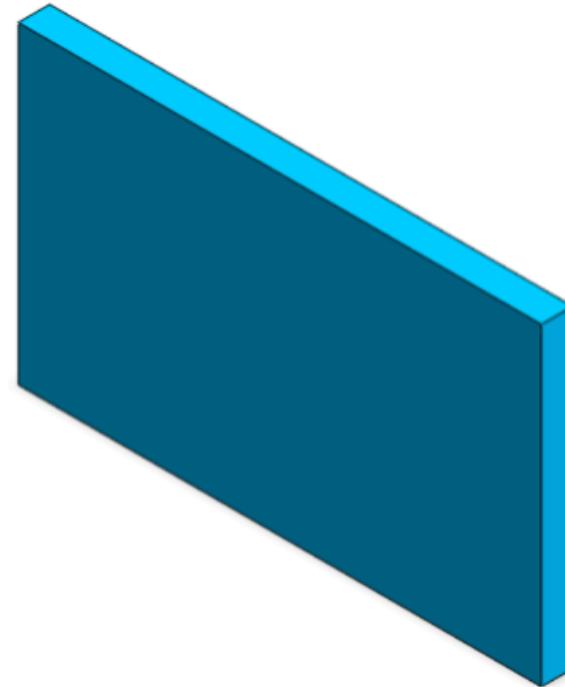
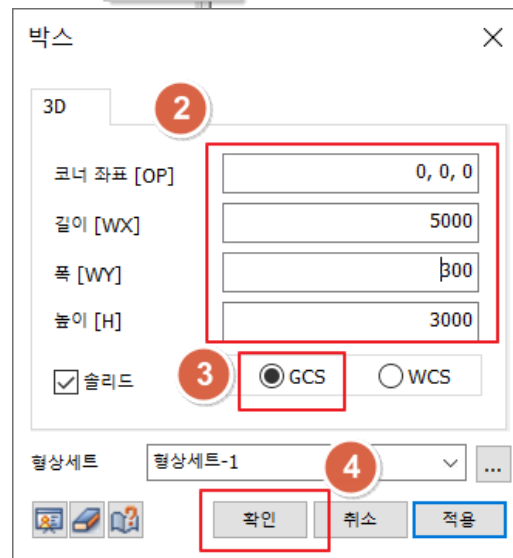
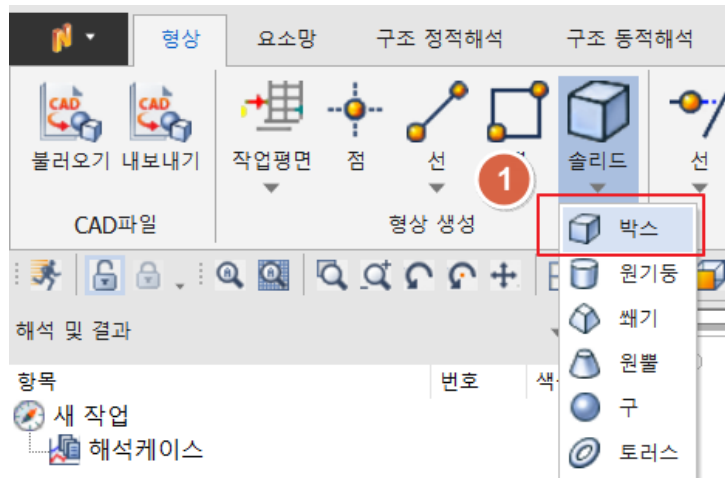
단위계

N mm J sec

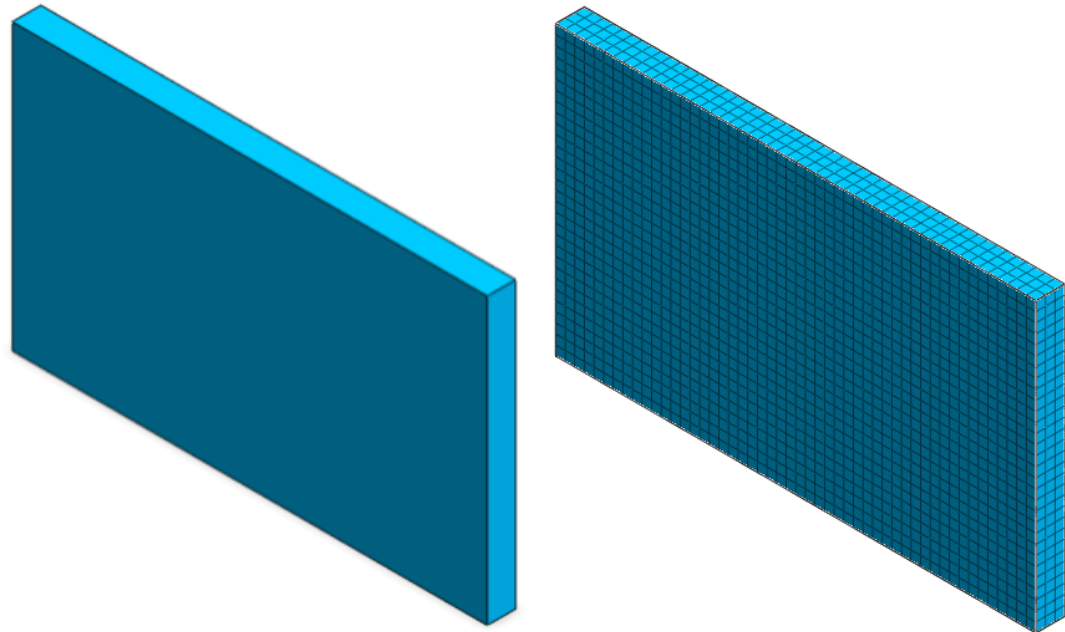
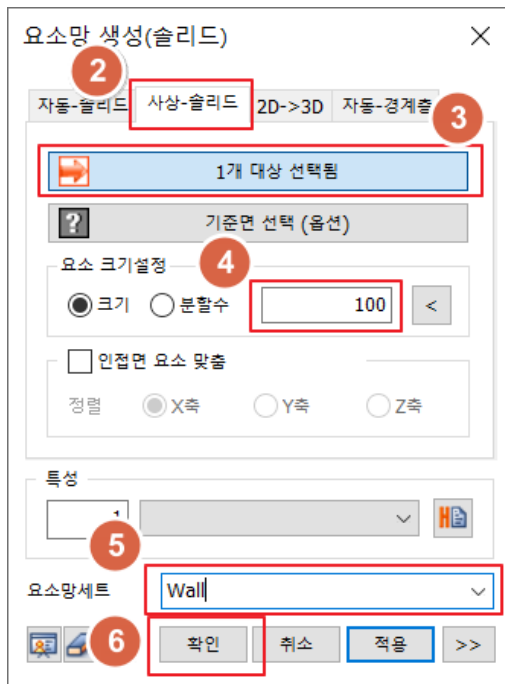
중력가속도(g) /sec²



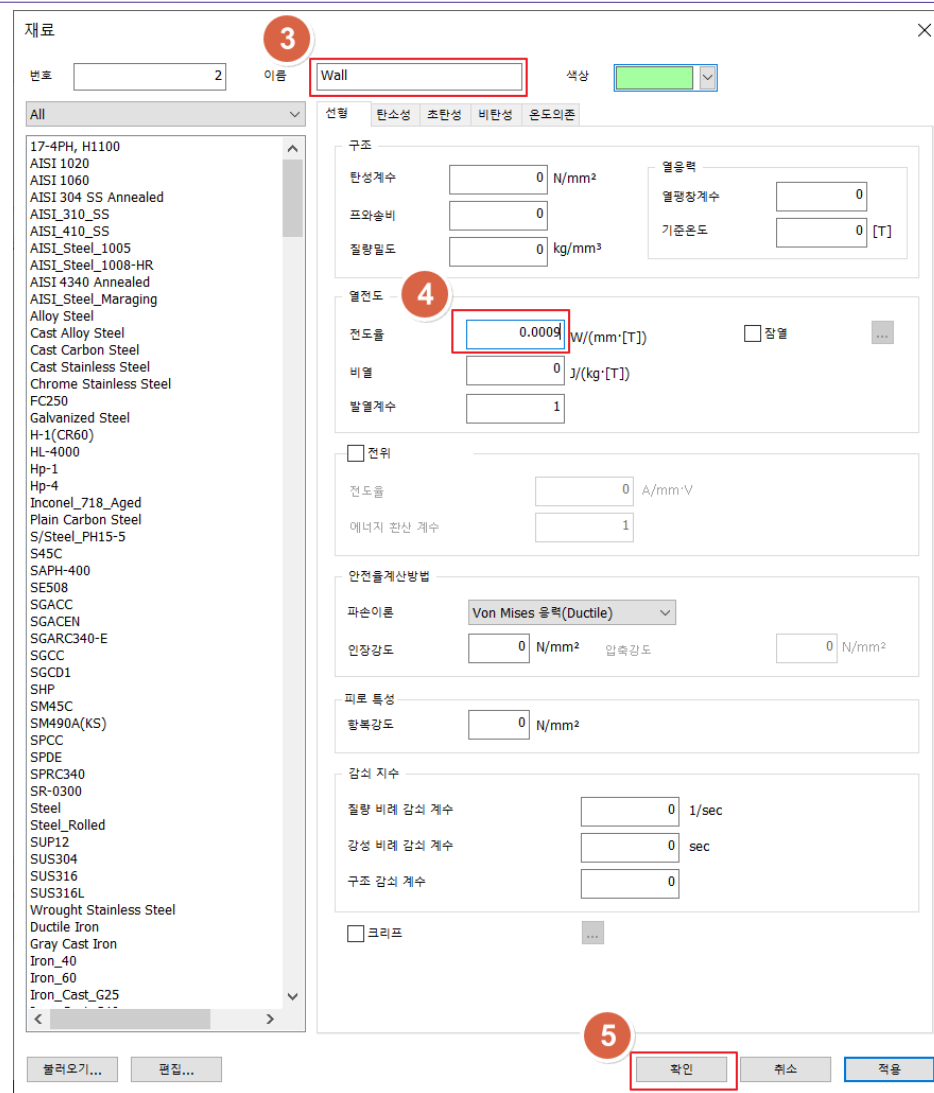
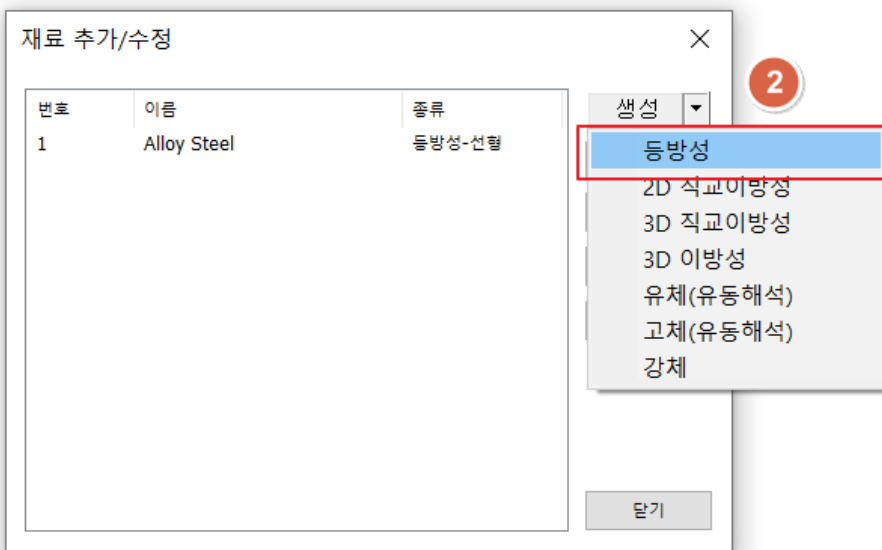
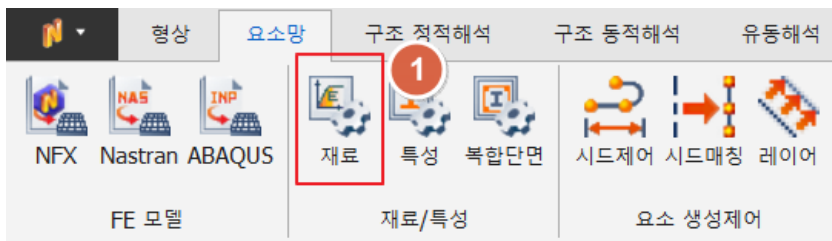
새로만들기 버튼을 누르면 해석조건 설정 창이 생긴다. 여기에서 모델종류, 단위계, 중력가속도를 설정을 확인한다. 화면에 그리드, 데이텀, WCS가 나타나는데 화면을 정리 하기 위해 tool bar 버튼을 눌러 비활성화 시킨다.



길이 : 5m, 폭 : 0.3m, 높이 : 3m 의 벽을 모델링 합니다.
코너좌표는 (0, 0, 0)을 입력합니다.



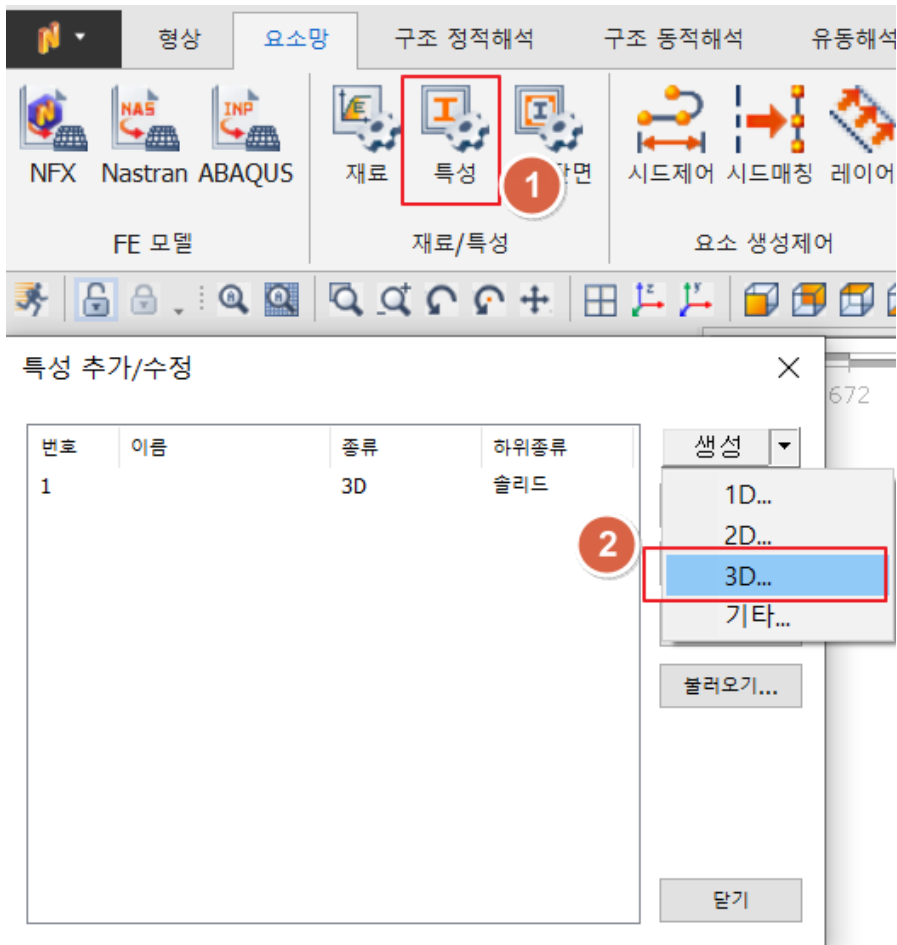
1개의 대상을 선택 후, 요소망 크기 “100”, 세트이름 “Wall” 을 입력합니다.



재료를 정의합니다.

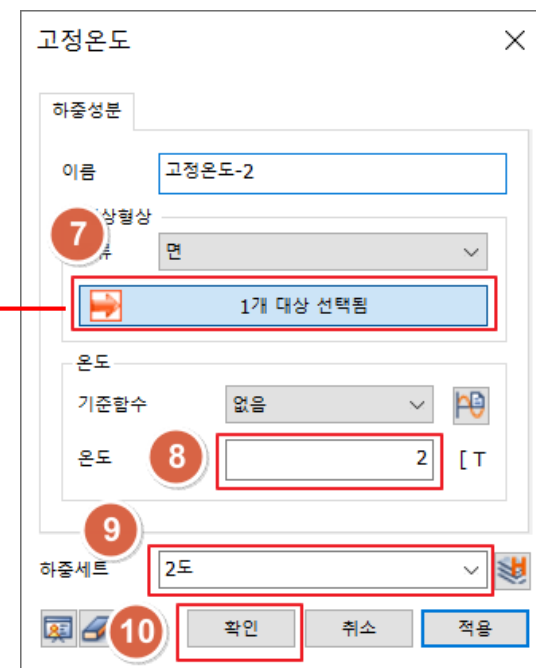
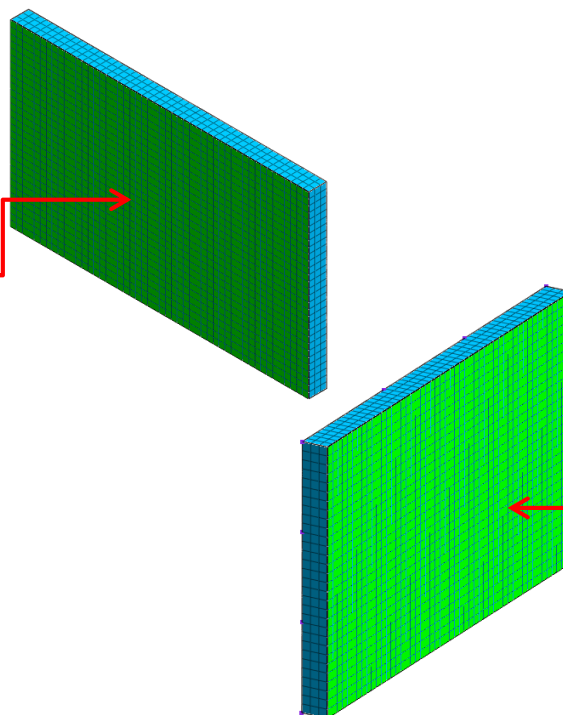
생성 >> 등방성 >> [선형] 탭에서 이름 “Wall” 열전도율 0.0009 (W/mm.[T])를 입력합니다.

(정상상태 열전달 해석 시, 재료는 열전도율만 정의하면 됩니다.)

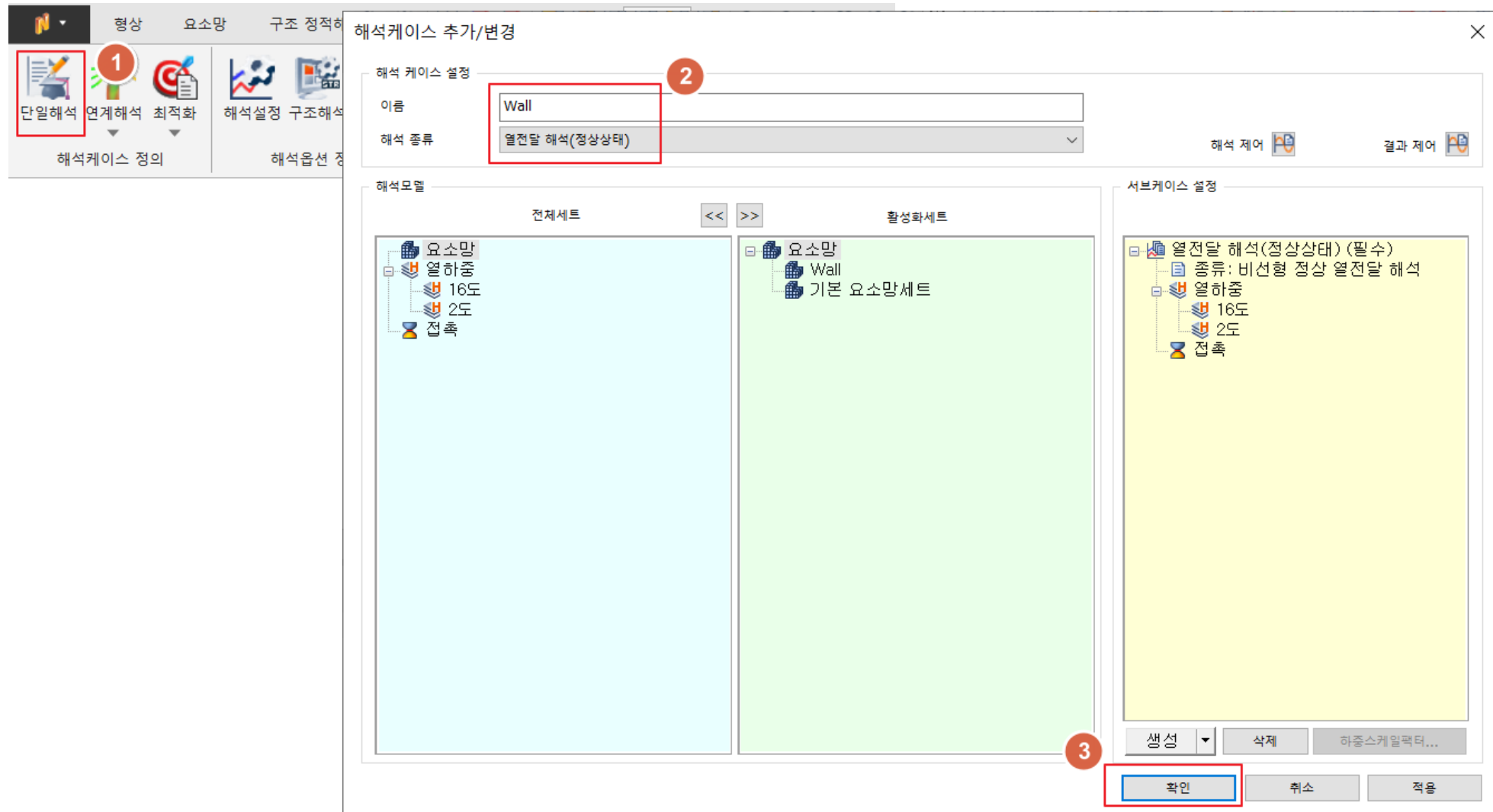


특성을 정의합니다.

생성 >> 3D >> [슬리드] 탭에서 번호1, 이름 “Wall”, 재료는 “2:Wall”을 선택하고 확인.



대상형상을 “면” 으로 선택한 뒤 한 면은 16도, 다른 한 면은 2도로 고정온도를 부여합니다.



해석케이스 추가/변경

해석 케이스 설정

이름: Wall

해석 종류: 열전달 해석(정상상태)

해석모델

전체세트 << >> 활성화세트

요소망

- 열하중
- 16도
- 2도
- 접촉

활성화세트

- 요소망
 - Wall
 - 기본 요소망세트

서브케이스 설정

- 열전달 해석(정상상태) (필수)
 - 종류: 비선형 정상 열전달 해석
 - 열하중
 - 16도
 - 2도
 - 접촉

생성 삭제 하중스케일링...

확인 취소 적용

열전달해석(정상상태) 해석케이스를 생성합니다.
해석케이스 이름 “Wall” 을 입력하고 확인.



해석 실행 후, 확인 클릭.

Step 09 결과확인



The screenshot shows the midas NFX software interface. The main window displays a 3D model of a wall with a color-coded temperature distribution. The legend on the right indicates the temperature scale in degrees Celsius, ranging from +2.0000 to +16.0000. The tree view on the left shows the analysis setup, with '온도' (Temperature) highlighted. The status bar at the bottom indicates the data is for 'Wall, 열전달 해석(정상상태) (필수), INCR=1 (LOAD=1.000), [UNIT] N, mm'.

해석 및 결과 트리에서 “온도”를 더블 클릭합니다.
전체 모델의 온도 분포를 확인할 수 있습니다.

Training Session

예제2. 대류 열전달
(정상상태 열전달해석)

개요

➤ 열전달 해석

- 단위: N, mm

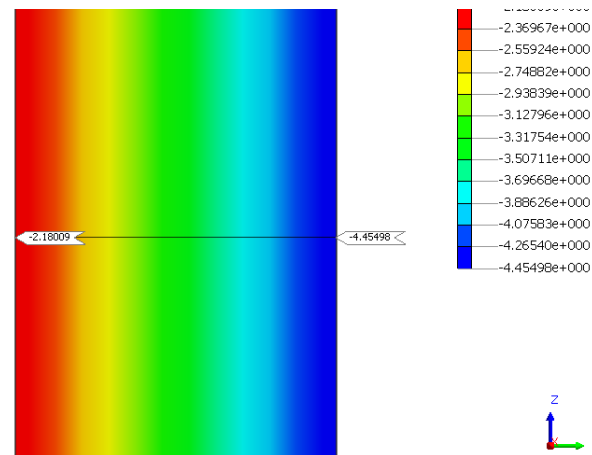
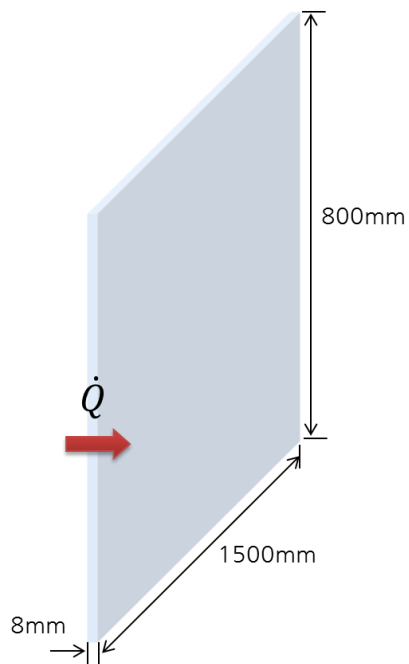
➤ 경계조건과 하중조건

- 온도조건 : 2도, 16도

➤ 결과 확인

- 온도
- 열유속

대류 열전달 (정상상태 열전달 해석)

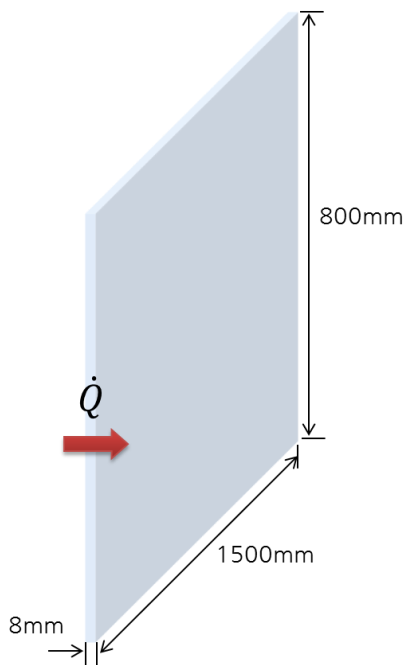


따라하기 목적

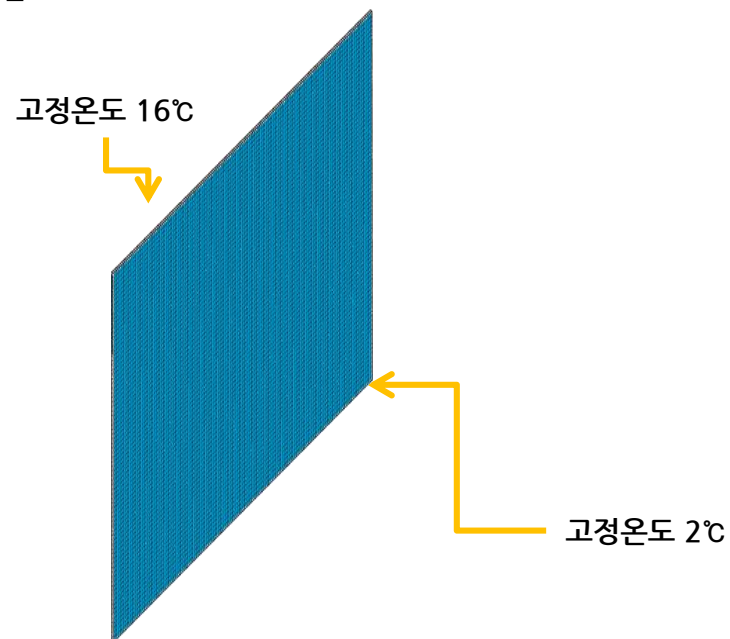
- 열전달 해석에 대한 이해
 - 열전달 해석의 수행
 - 전도열전달에 대한 이해
 - 해석 조건에 대한 이해 및 결과 확인

해석 개요

➤ 대상 모델

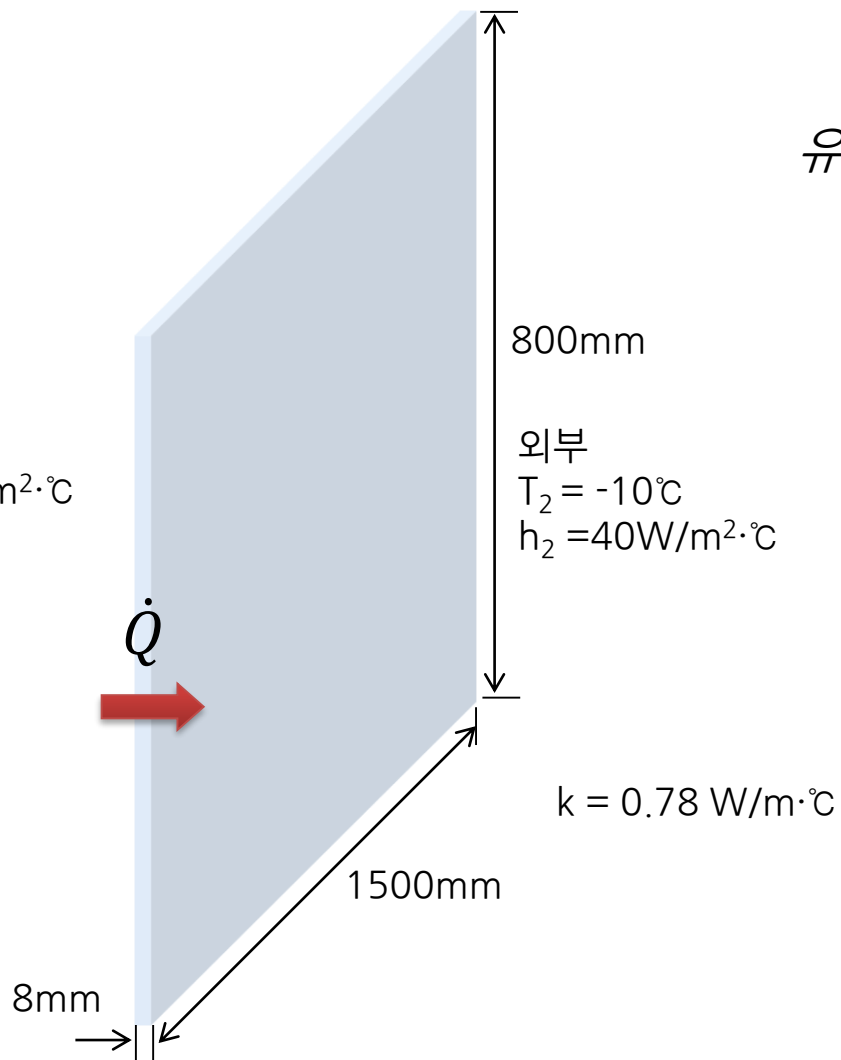


➤ 유한요소모델



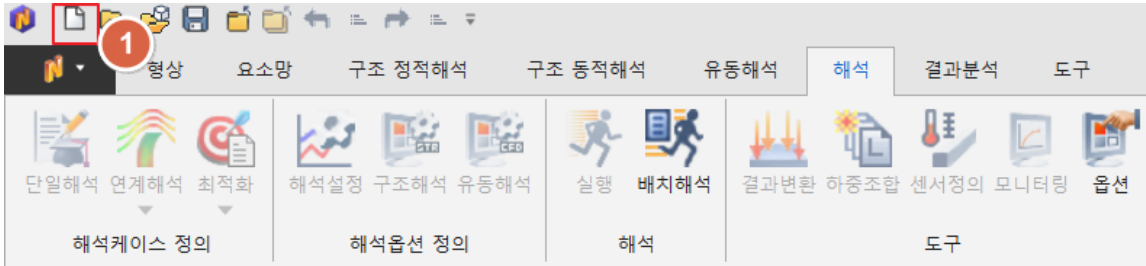
해석모델 및 개요

방안
 $T_1 = 20^\circ\text{C}$
 $h_1 = 10\text{W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$



유리창 표면 온도??

$$\dot{Q} = 266\text{W}$$



해석조건 설정

프로젝트명 담당자

설명

모델 종류

3차원/일반모델 2

2차원모델

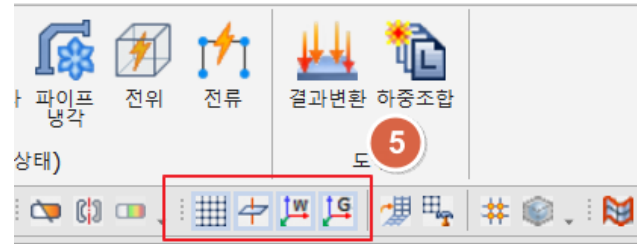
축대칭 3

단위계

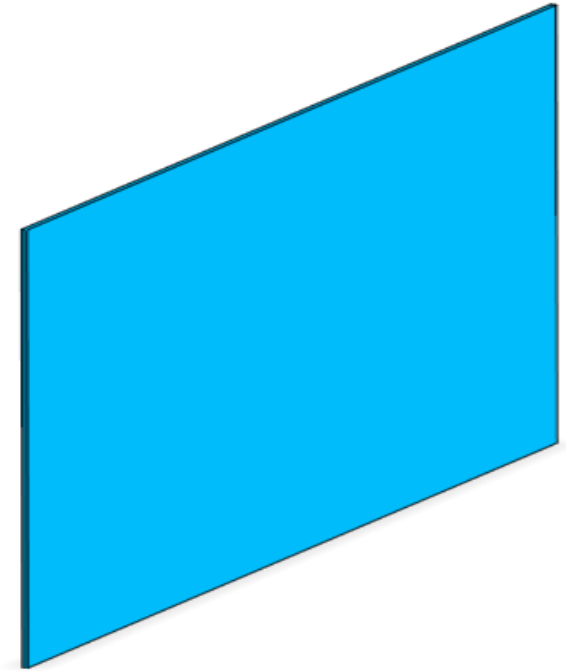
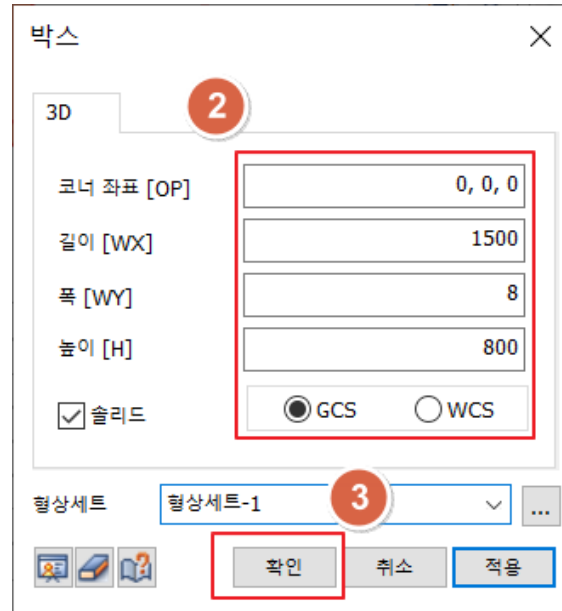
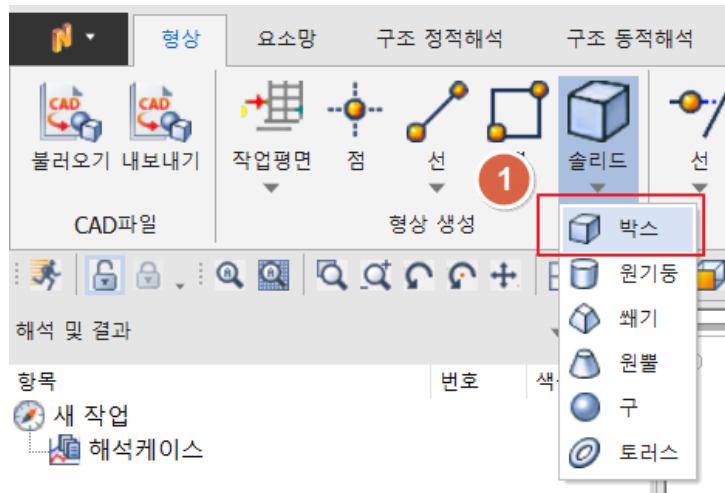
N mm J sec

중력가속도(g) /sec² 4

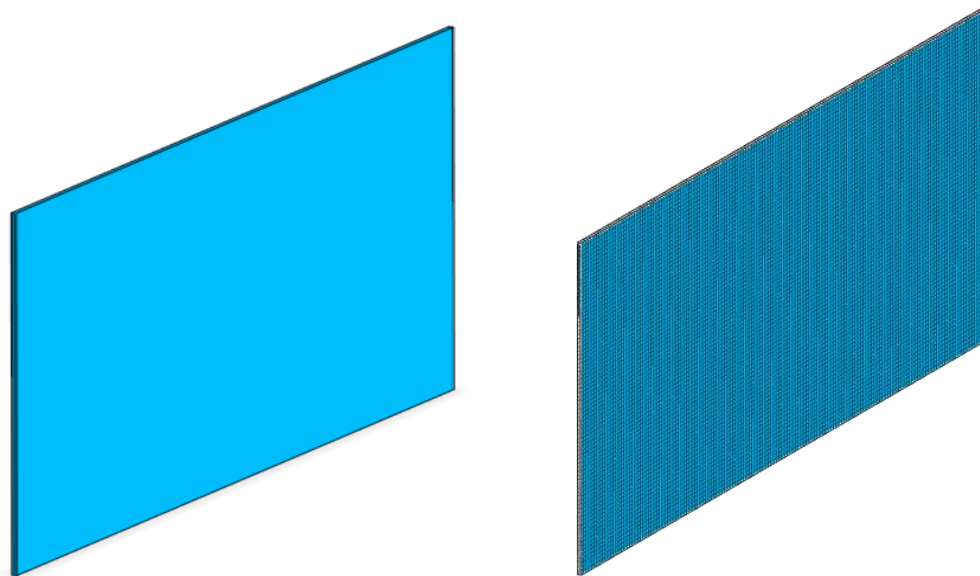
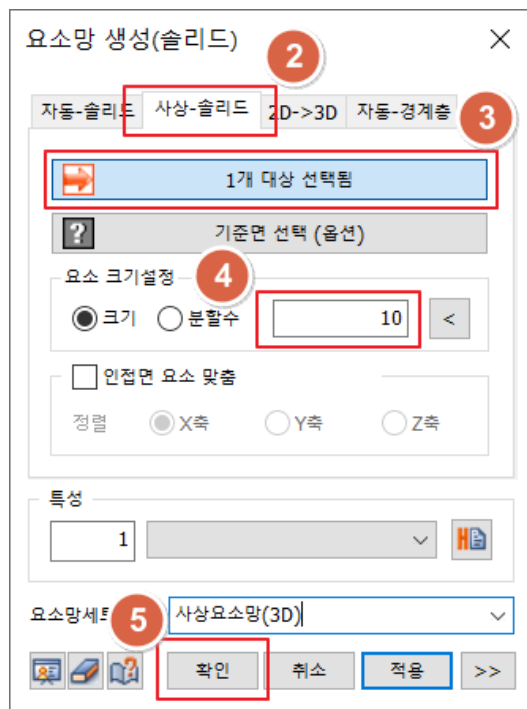
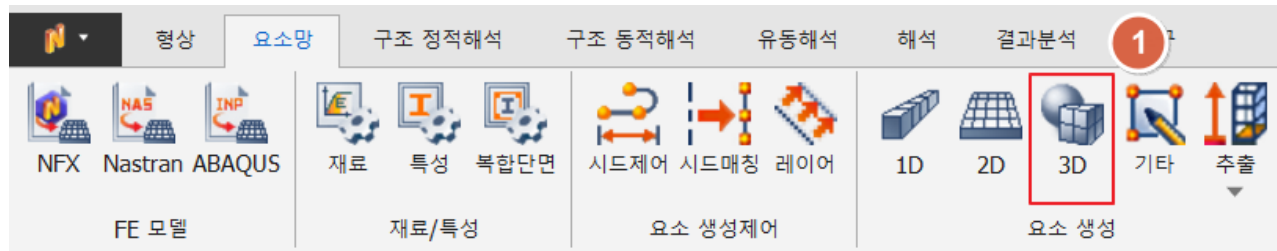
확인
취소



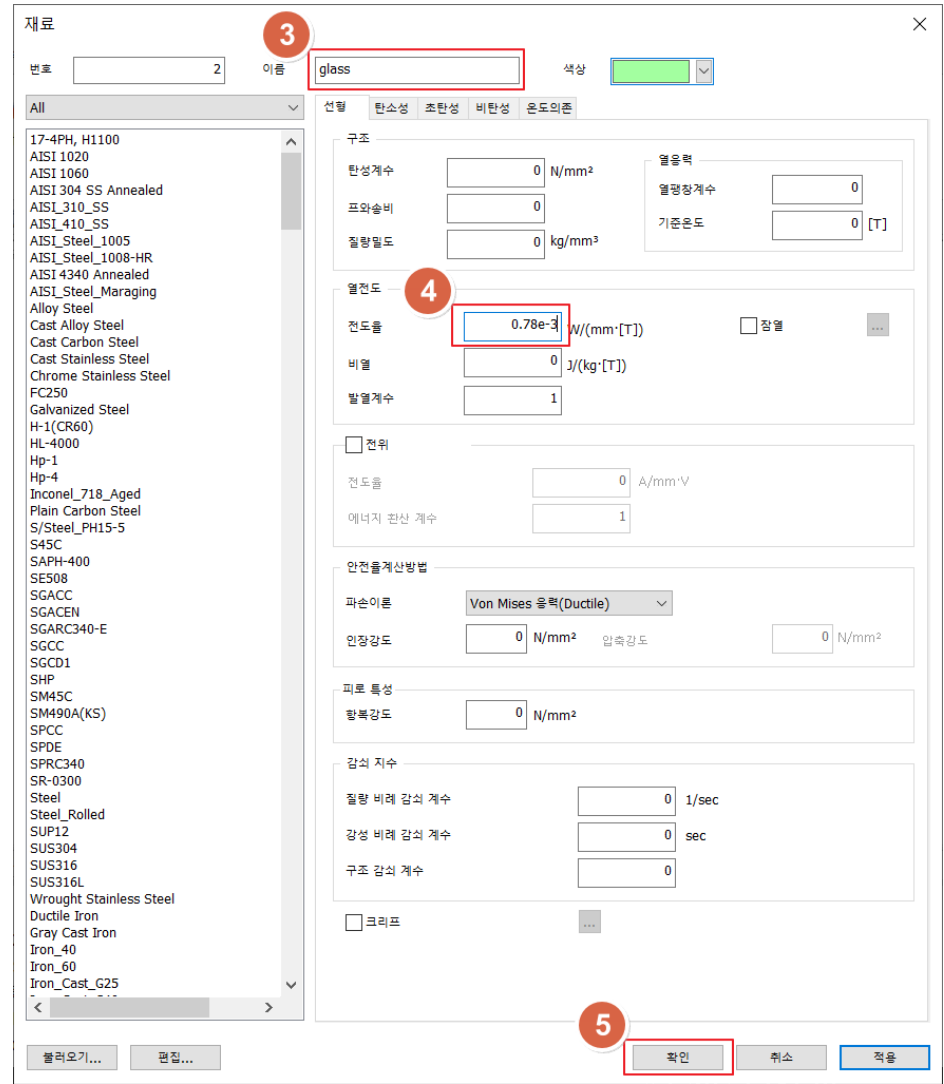
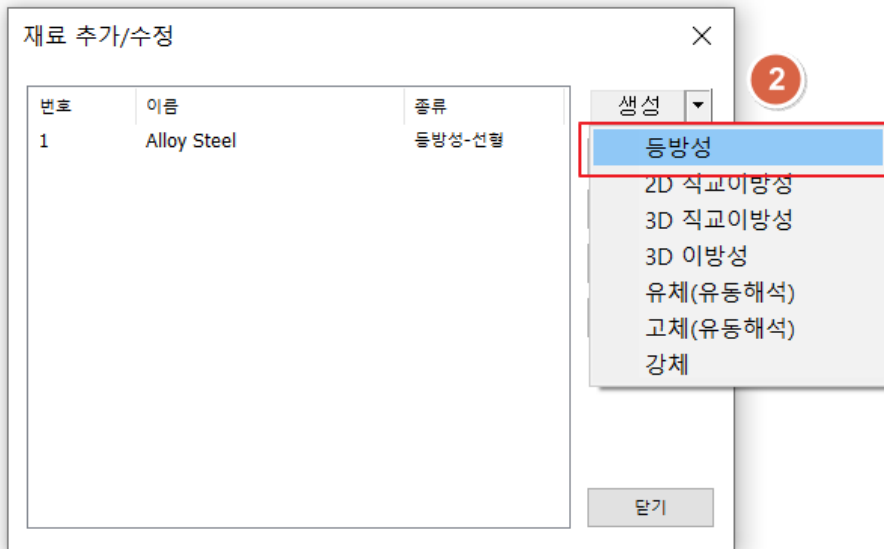
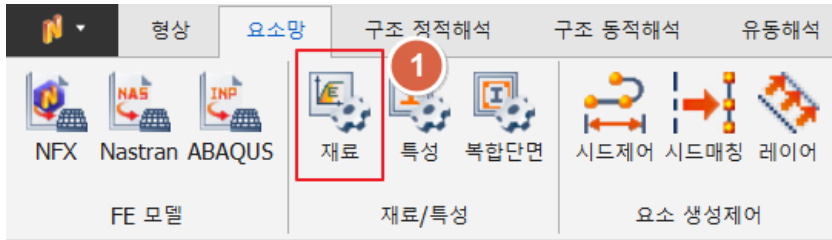
새로만들기 버튼을 누르면 해석조건 설정 창이 생긴다. 여기에서 모델종류, 단위계, 중력가속도를 설정을 확인한다. 화면에 그리드, 데이텀, WCS가 나타나는데 화면을 정리 하기 위해 tool bar 버튼을 눌러 비활성화 시킨다.



길이 : 1500mm, 폭 : 8mm , 높이 : 800m 의 벽을 모델링 합니다.
코너좌표는 (0, 0, 0)을 입력합니다.

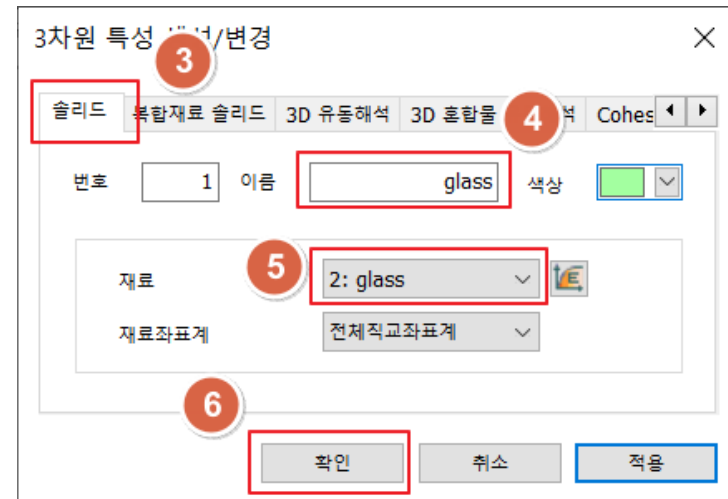
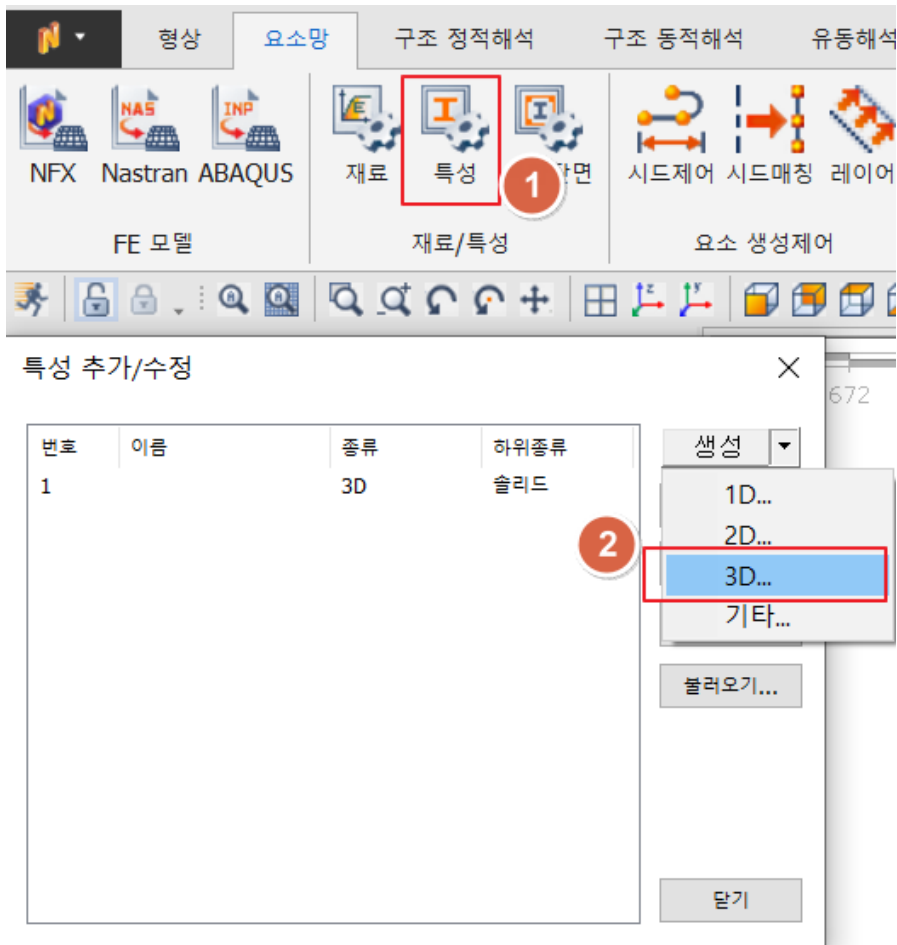


1개의 대상을 선택 후, 요소망 크기 “10” 을 입력합니다.



재료를 정의합니다.

생성 >> 등방성 >> [선형] 탭에서 이름 “glass” 열전도율 0.78e-3 (W/mm.[T])를 입력합니다.
(정상상태 열전달 해석 시, 재료는 열전도율만 정의하면 됩니다.)



특성을 정의합니다.

생성 >> 3D >> [솔리드] 탭에서 번호1, 이름 “glass”, 재료는 “2:glass”을 선택하고 확인.

구조 정적해석 구조 동적해석 유동해석 해석 결과분석 도구

조건 구속조건 방정식 중력 하중 압력 변위 회전력 초기하중 열팽창변위 고정온도 열유속 발열 **대류** 복사 공동복사 파이프 냉각 전위 전류

구조 정적해석 구조 해석 열전달/출발열 (정상상태)

대류

대상형상: 대류-1

종류: 면

1개 대상 선택됨

외기온도: [T]

기준합수: 없음

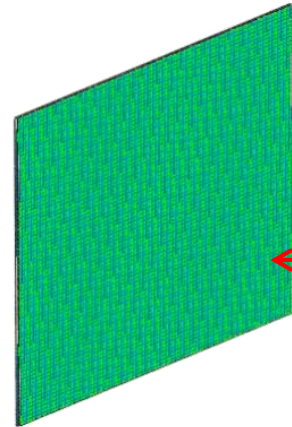
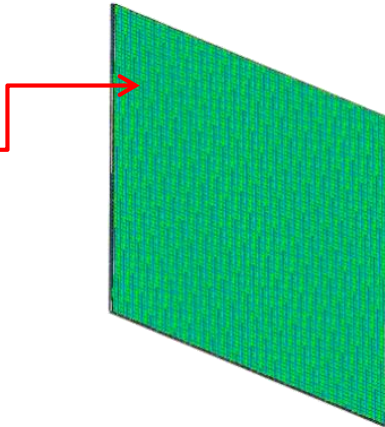
대류계수: W/(mm²·[T])

온도의존적 대류계수: 없음

면적: 외기

하중세트: 방한

확인 적용



대류

대상형상: 대류-2

종류: 면

1개 대상 선택됨

외기온도: [T]

기준합수: 없음

대류계수: W/(mm²·[T])

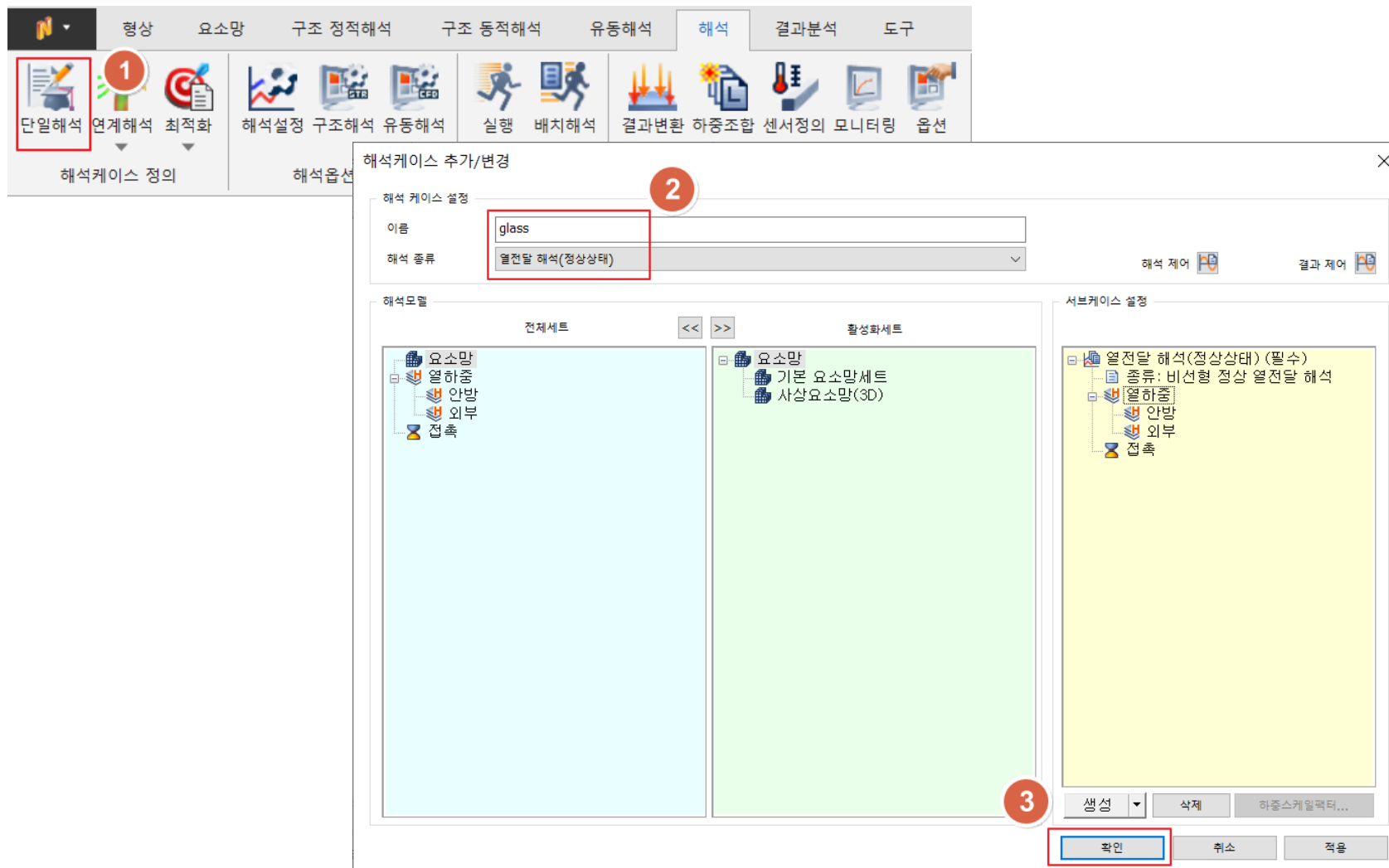
온도의존적 대류계수: 없음

면적: 외기

하중세트: 외부

확인 적용

대상형상을 “면” 으로 선택한 뒤 한 면은 온도 “20도” 대류계수 “10e-6”, 다른 한 면은 온도 “-10도” 대류계수 “40e-6”로 부여합니다.



해석케이스 추가/변경

해석 케이스 설정

이름: glass

해석 종류: 열전달 해석(정상상태)

해석모형

전체세트 << >> 활성화세트

활성화세트

- 요소망
 - 기본 요소망세트
 - 사상요소망(3D)

서브케이스 설정

열전달 해석(정상상태) (필수)

종류: 비선형 정상 열전달 해석

중하중

인압

외부

전해

생성 삭제 하중스케일링...

확인 취소 적용

열전달해석(정상상태) 해석케이스를 생성합니다.
해석케이스 이름 “glass” 을 입력하고 확인.

형상 요소망 구조 정적해석 구조 동적해석 유동해석 **해석** 결과분석 도구

단일해석 연계해석 최적화 해석설정 구조해석 유동해석 실행 배치해석 결과변환 하중조합 센서정의 모니터링 옵션

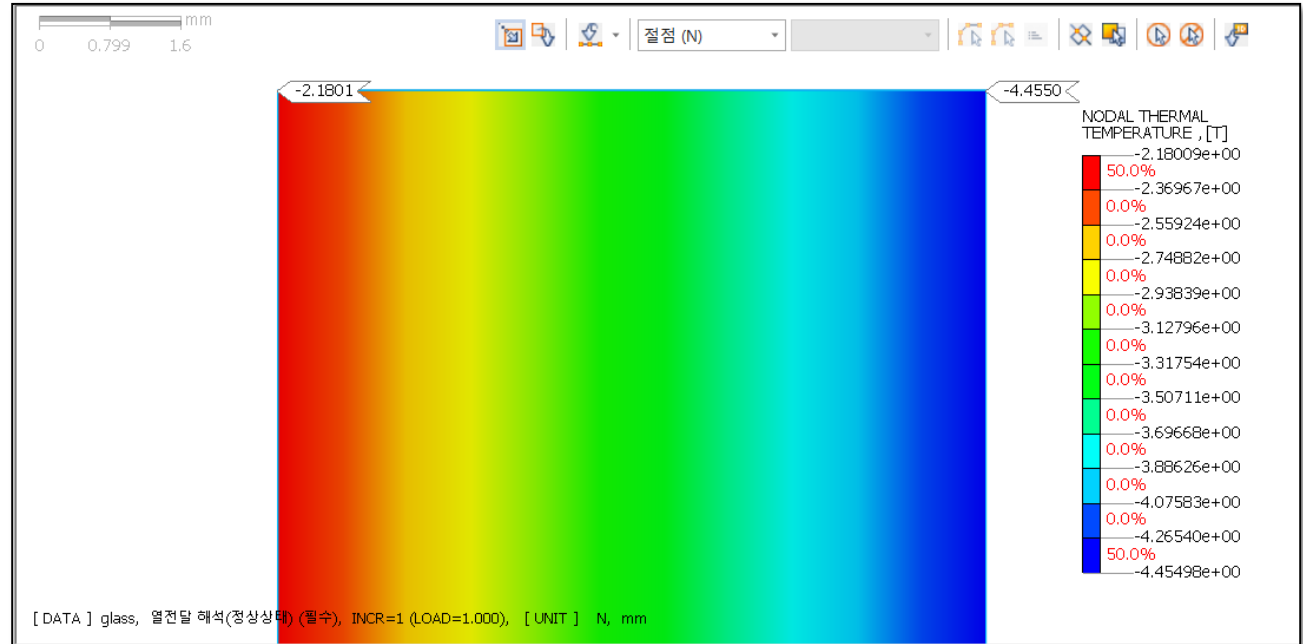
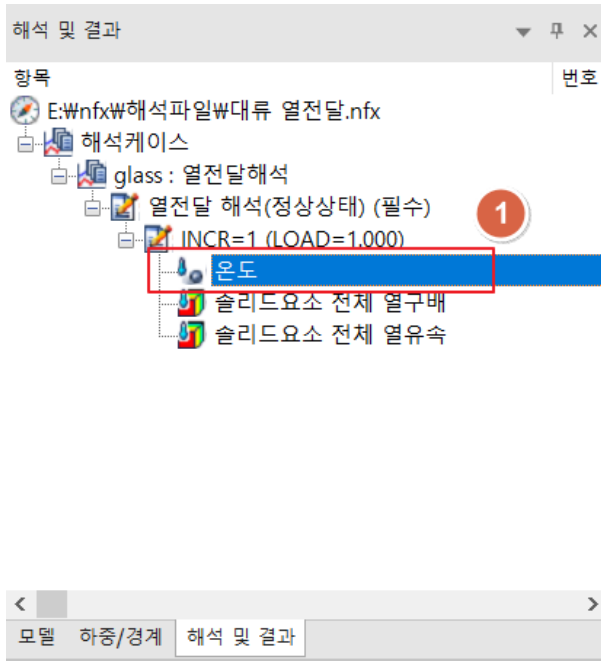
해석케이스 정의 해석옵션 정의 해석 도구

midas NFX 슬버

	이름	종류	설명
<input checked="" type="checkbox"/>	glass	열전달해석	

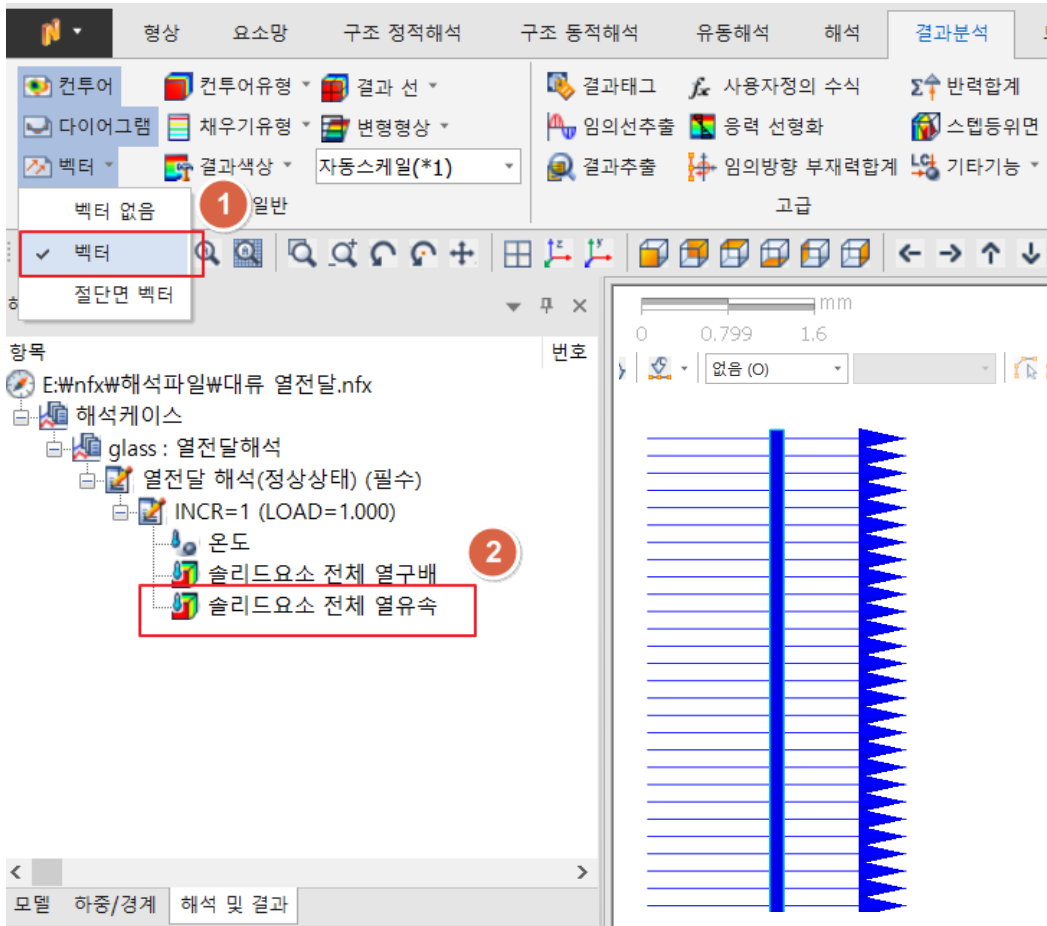
확인 취소

해석실행 후, 확인 클릭



해석 및 결과 트리에서 “온도”를 더블 클릭합니다.
전체 모델의 온도 분포를 확인할 수 있습니다.

Step 10 결과확인 / 이론해와 비교



$$\dot{Q} = 266W$$

$$\text{Heat Flux} = \frac{\dot{Q}}{A} = 2.216W/m^2$$

열유속을 확인합니다. 열유속은 크기와 방향을 모두 가진 값이기 때문에 벡터로 확인합니다. 해석값과 이론값이 일치하는 것을 확인할 수 있습니다. 정상상태 열전달 해석에서는 열유속의 크기와 방향이 모두 동일합니다.

Training Session

예제3. Heat Case

(정상상태 열전달해석)

개요

➤ 정상상태 열전달해석

- 단위 : N, mm
- 기하모델: Heat Case.x_t
- 재질 : Brass
Al60635 (직접 입력)

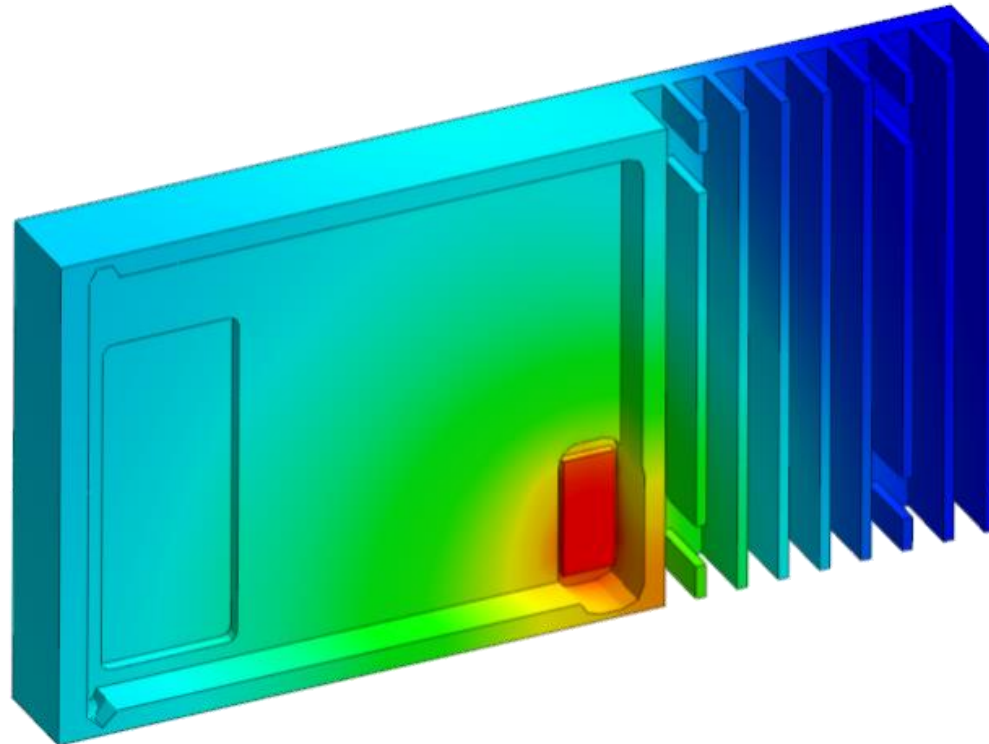
➤ 경계조건과 하중조건

- 발열조건 : 0.22W/mm^3
- 대류조건
- 외부온도 : 55도
- 대류계수 : $3e-5\text{ W/mm}^2[\text{T}]$

➤ 결과확인

- 온도

Heat Case (정상상태 열전달해석)

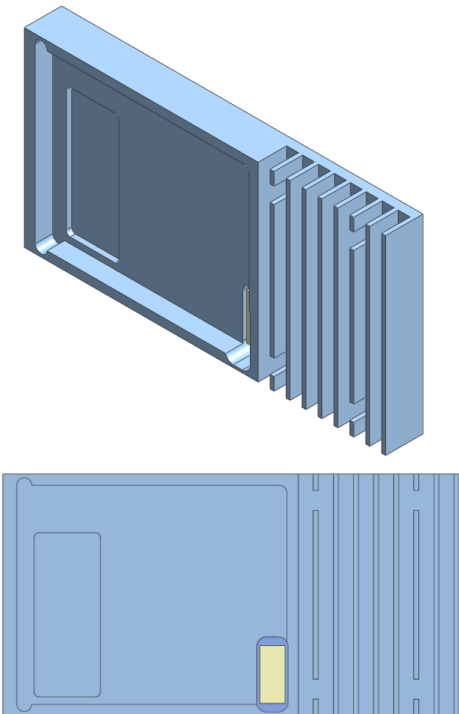


따라하기 목적

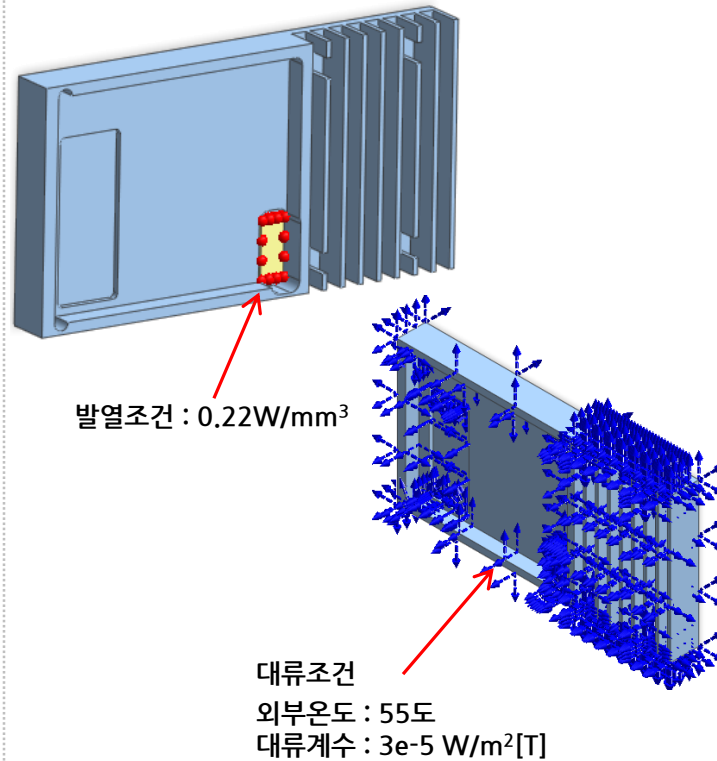
- midas NFX를 이용한 정상상태 열전달해석의 수행 및 기능 이해
 - 열전달해석에서 사용하는 해석조건(발열, 대류)의 설정 방법을 습득합니다.
 - 열전달해석의 주요 결과인 온도를 확인합니다.

해석 개요

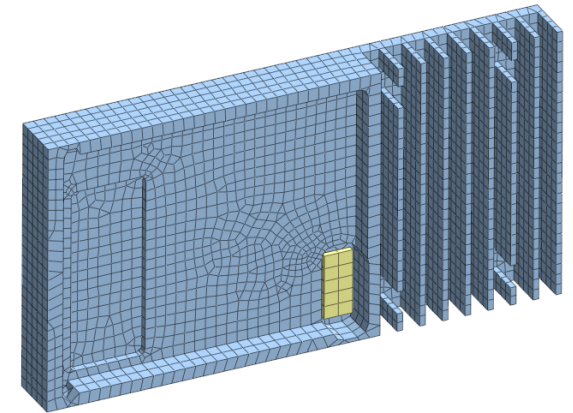
➤ 대상 모델



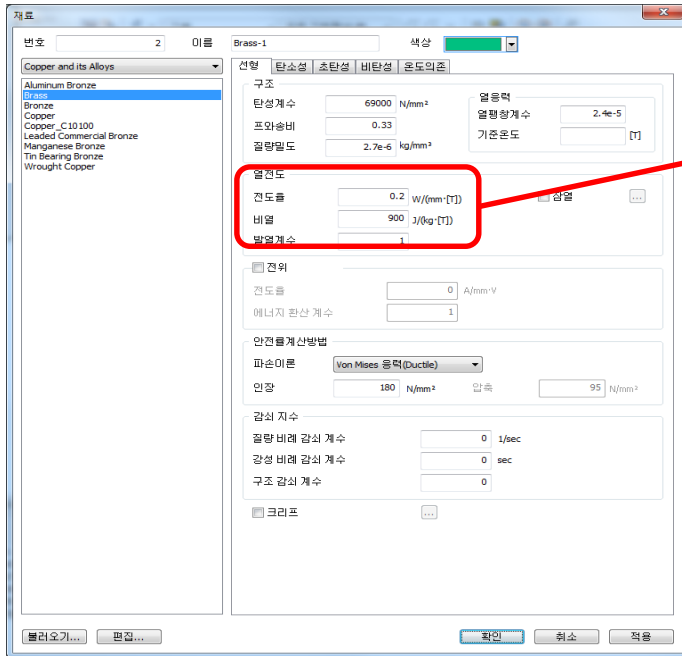
➤ 해석조건 (발열조건, 대류조건)



➤ 유한요소 모델



사용자 재질 추가하기

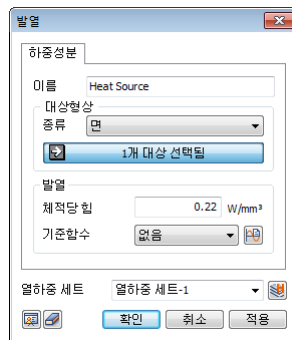
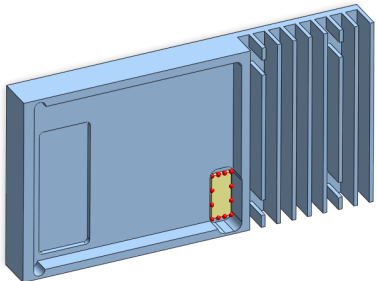


전도율	0.2	W/(mm·[T])
비열	900	J/(kg·[T])

▶ 재료 특성

- 열 전달 해석에서는 응력해석과는 달리 전도율(Thermal Conductivity), 비열(Specific Heat) 등을 입력합니다.



열 하중 추가하기

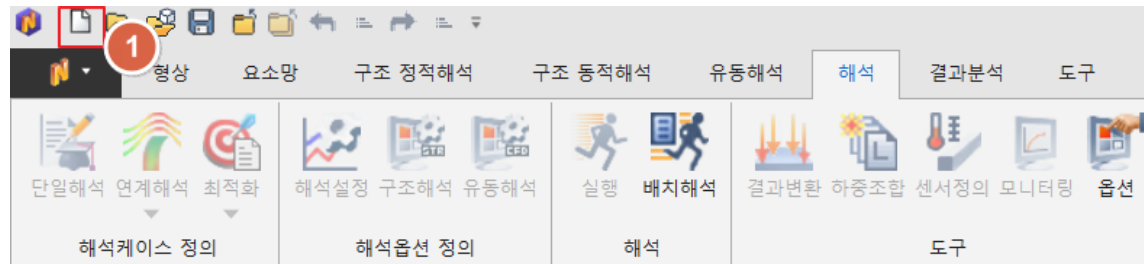


▶ 열 하중 조건 입력

- 열 하중의 경우 온도조건 뿐만 아니라 일정한 발열 조건도 줄 수 있습니다. 이번 따라하기에서는 열원 부분에 0.22W/mm³의 발열조건을 부여합니다.

작업순서

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



해석조건 설정

프로젝트명 담당자

설명

모델 종류 2

3차원/일반모델

2차원모델

축대칭

단위계 3

N mm J sec

중력가속도(g) mm/sec²


4


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 5

모든 레이블 보이기
모든 레이블 감추기

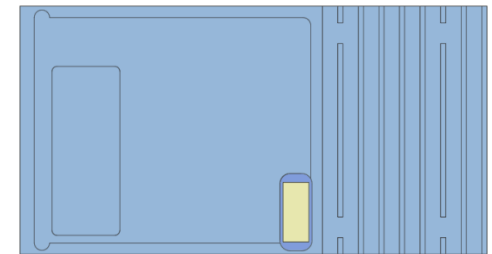
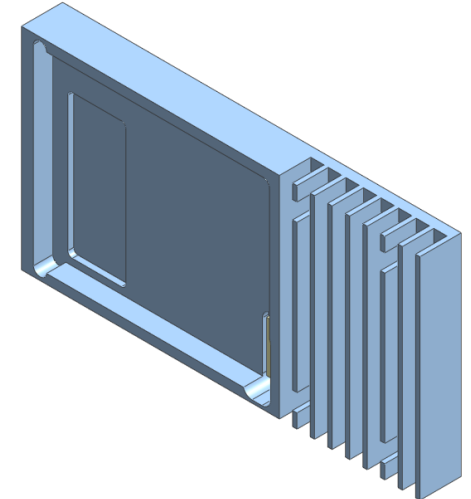
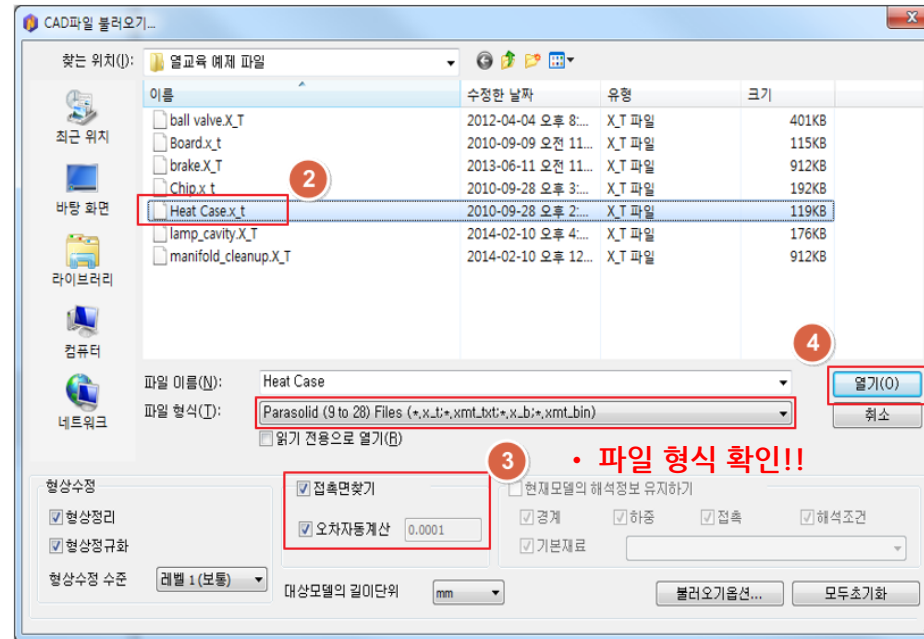
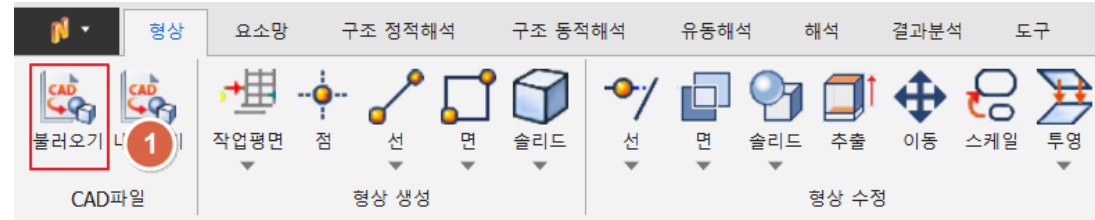
 프로그램을 실행시킨 후 [새로 만들기]를 클릭하면 모든 메뉴가 활성화 됩니다.

해석조건설정 대화상자는 시작과  함께 자동으로 보여집니다.

작업순서


1. [불러오기] 클릭
2. 모델 선택: Heat Case.x_t 선택
3. [접촉면찾기] 체크.
4. [열기(O)] 버튼 클릭.

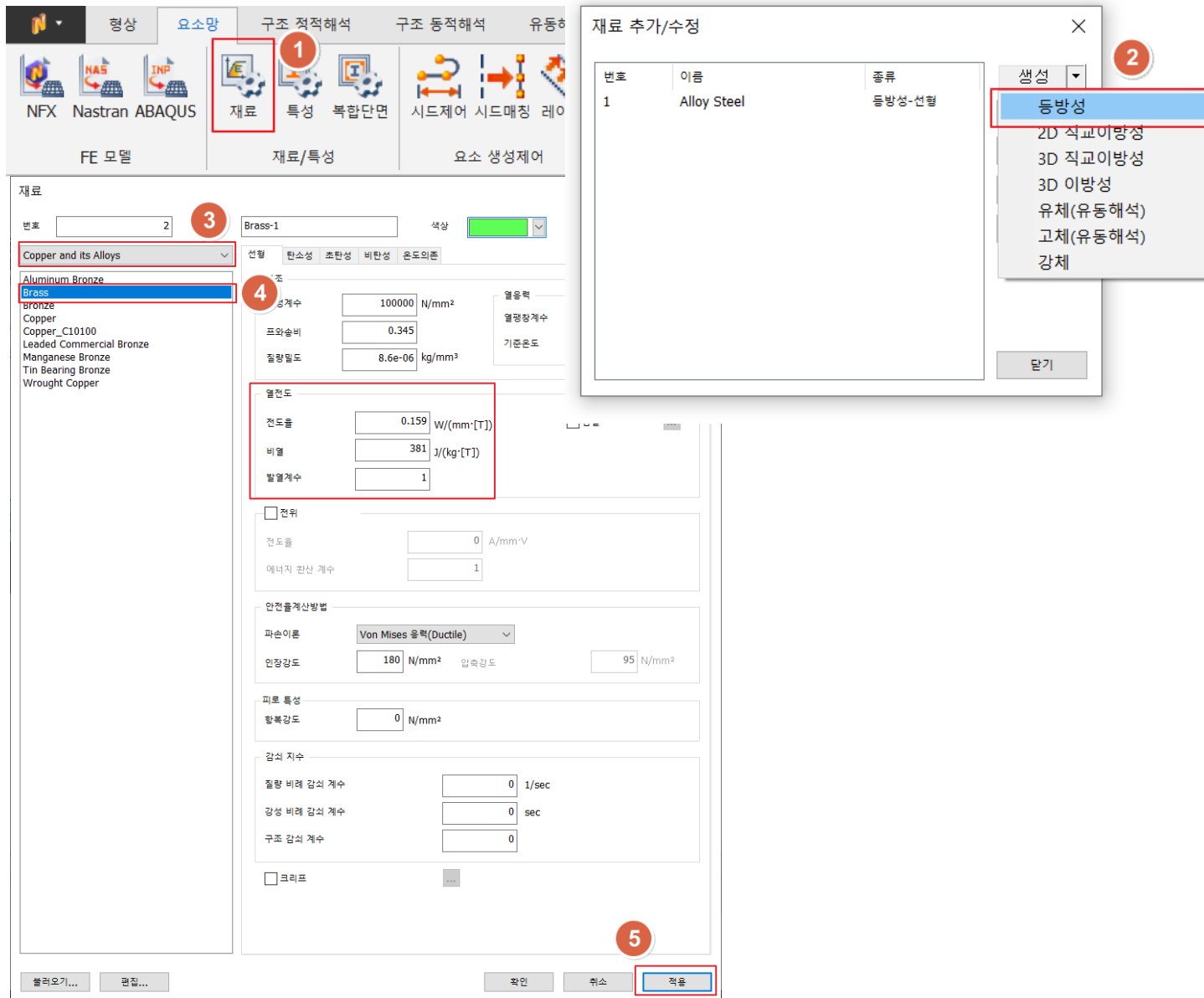
※ 프로그램이 설치된 하위 폴더의
Manuals\Tutorials\Files 폴더 안에
따라하기의 모델들이 있습니다.



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

작업순서

1. [재료] 클릭
2. 생성 >> 등방성 클릭
3. 재료 DB 리스트에서 Copper and its Alloy 선택. 
4. Brass 선택.
5. [적용] 버튼 클릭.



재료 추가/수정

번호	이름	종류	생성
1	Alloy Steel	등방성-선형	생성 ▼ 등방성 2D 직교이방성 3D 직교이방성 3D 이방성 유체(유동해석) 고체(유동해석) 강체

재료

번호: 2 Brass-1 색상:


선택: Copper and its Alloys

Aluminum Bronze
Brass
 Bronze
 Copper
 Copper_C10100
 Leaded Commercial Bronze
 Manganese Bronze
 Tin Bearing Bronze
 Wrought Copper

열전도

전도율: 0.159 W/(mm·[T])
 비열: 381 J/(kg·[T])
 발열계수: 1


적용

 선택한 재료의 물성치가 자동으로 입력됩니다.

열전달해석에서는 전도율과 비열 등의 물성치를 입력해야 합니다.

작업순서

1. 재료 DB 리스트에서 Aluminum Alloys 선택.
2. Al 6063 선택.
3. [확인] 버튼 클릭.

 선택한 재료의 물성치가 자동으로 입력됩니다.
열전달해석에서는 전도율과 비열 등의 물성치를 입력해야 합니다.

번호 이름 색상
재료
✕

1060 Alloy

1345 Alloy

1350 Alloy

2014 Alloy

2018 Alloy

2024 Alloy

3003 Alloy

3003 Alloy

6061 Alloy

7049 Alloy

7079 Alloy

Al 6061-T6

Al 6063

ALDC

ALDC 10

ALDC 12

ALDC 3

ALDC 5

ALDC 7

Aluminum_5085

Aluminum_A356

선택
탄소성
초탄성
비탄성
온도의존

구조

탄성계수 N/mm²

프와솔비

질량밀도 kg/mm³

열전도

전도율 W/(mm·[T])

비열 J/(kg·[T])

발열계수

장열 ...

전위

전도율 A/mm·V

에너지 전산 계수

안전율계산방법

파손이론

인장강도 N/mm² 압축강도 N/mm²

피로 특성

항복강도 N/mm²

감쇠 지수

질량 비례 감쇠 계수 1/sec

강성 비례 감쇠 계수 sec

구조 감쇠 계수

크리프 ...

불러오기...
편집...
확인
취소
적용

작업순서

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

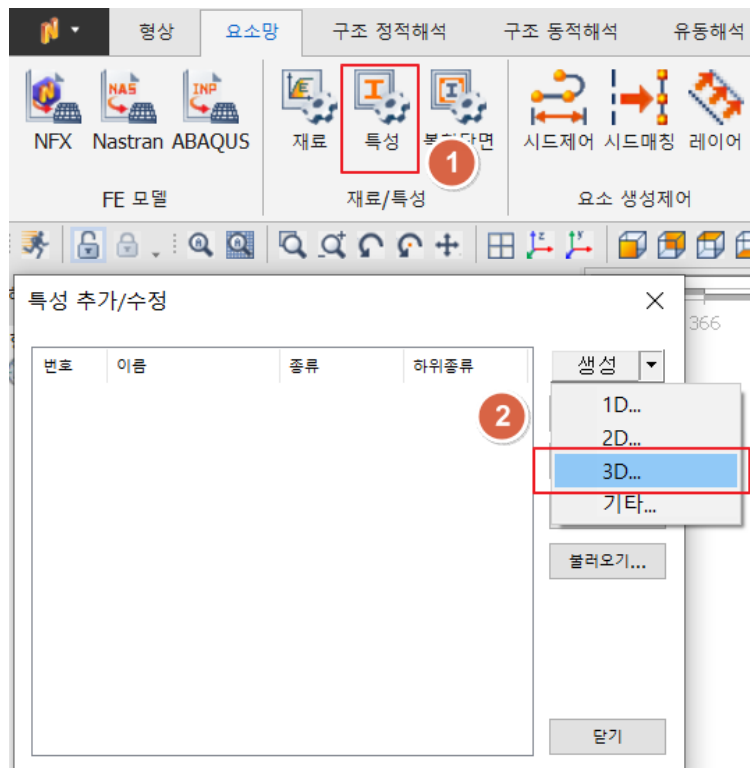
번호	1
이름	Heat Source
재질	2: Brass

5. [적용] 버튼 클릭.

6. 특성 입력

번호	2
이름	Heat Case
재질	3: Al 60635

7. [확인] 버튼 클릭.

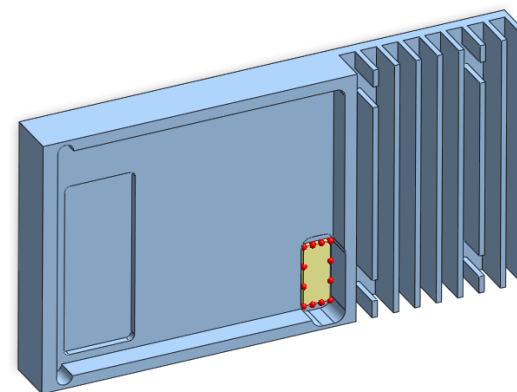
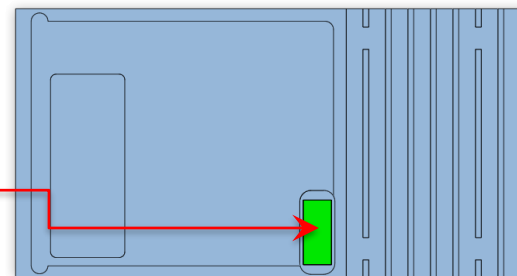


작업순서

1. [발열] 클릭.
2. 발열조건 입력

하중세트	Heat Source
대상종류	파트
대상선택	1개 선택
발열	0.22 (W/mm ³)

3. [확인] 버튼 클릭.



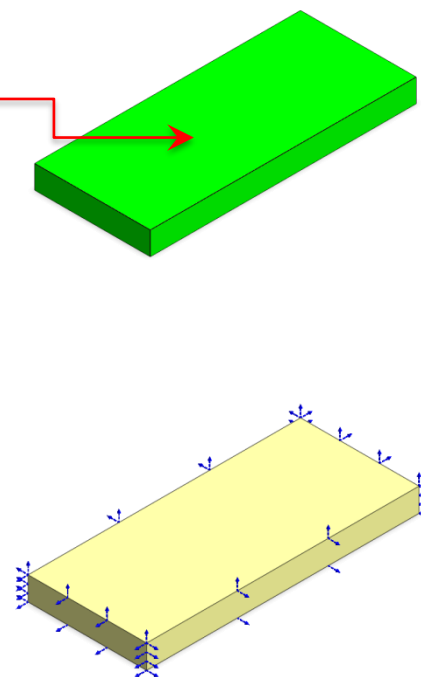
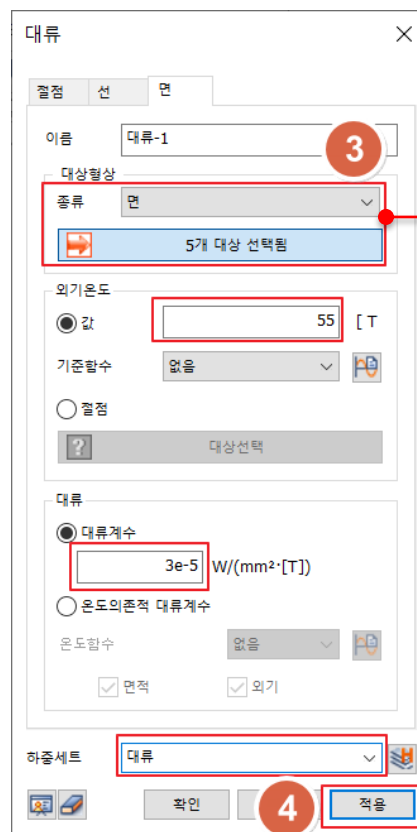
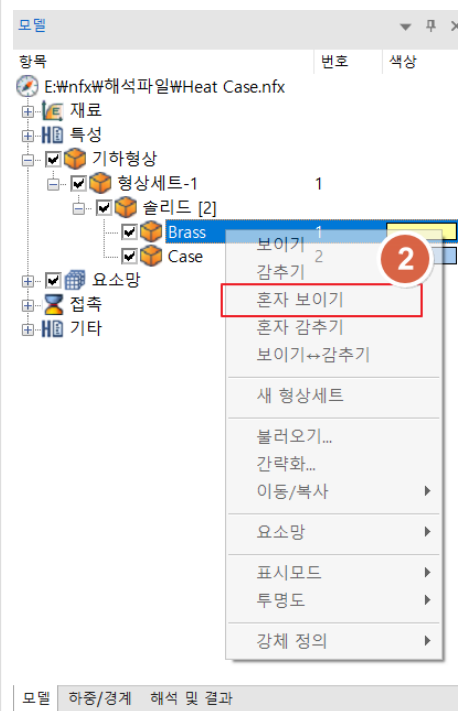
작업순서

1. [대류] 클릭
2. 모델트리 : 지정한 파트만 보이도록
[혼자 보이기] 선택. (그림 참조)
3. 대류조건 입력

하중세트	대류
대상종류	면
대상선택	5개 선택
외기온도	55 (T)
대류계수	3e-5 (W/(mm ² ·[T]))

4. [적용] 버튼 클릭.

💡 파트 상호간의 접촉이 있는 면을 제외한 나머지 면을 선택합니다. 해당 모델에서는 접촉이 있는 아랫면을 제외한 나머지 면을 선택합니다.



작업순서

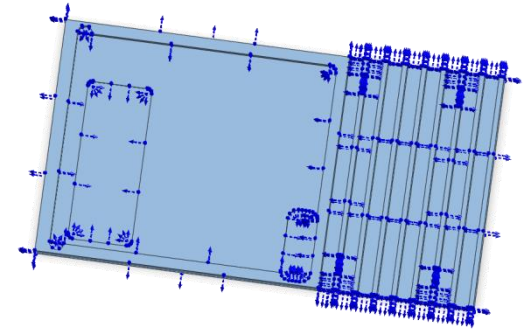
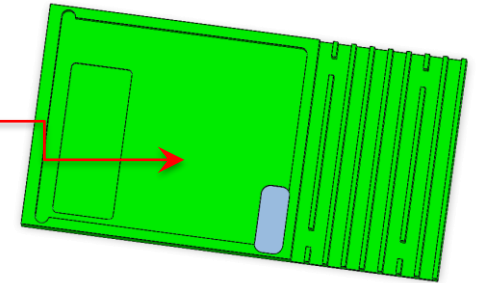
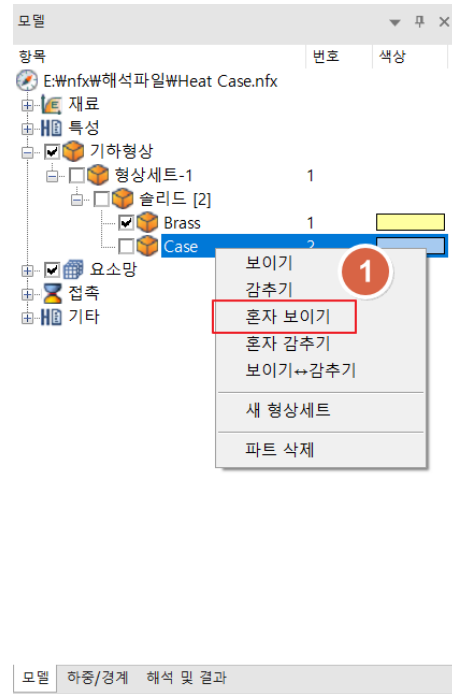
1. 모델트리 : 지정한 파트만 보이도록

[혼자 보이기] 선택. (그림 참조)

2. 대류조건 입력

하중세트	Convection_2
대상종류	면
대상선택	83개 선택
외기온도	55 (T)
대류계수	3e-5 (W/(mm ² ·[T]))

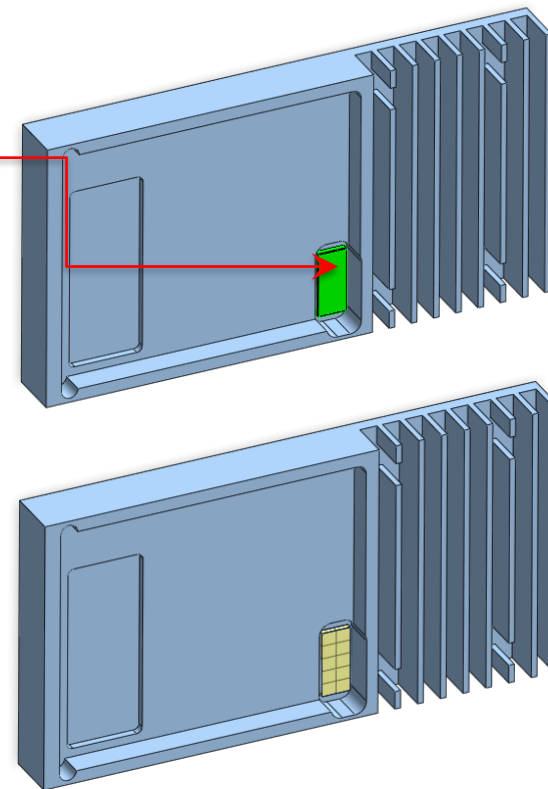
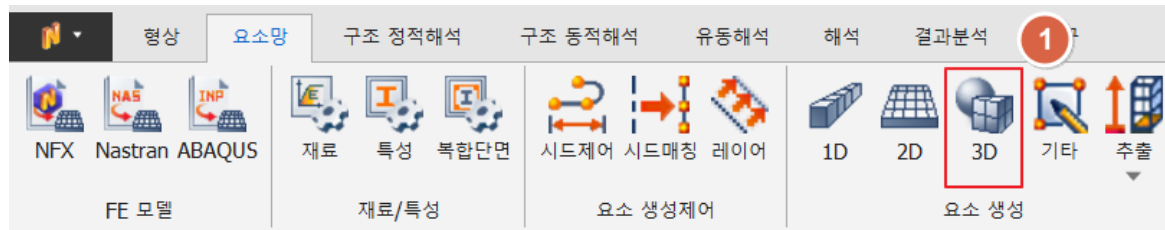
3. [확인] 버튼 클릭.



💡 파트 상호간의 접촉이 있는 면을 제외한 나머지 면을 선택합니다.

작업순서

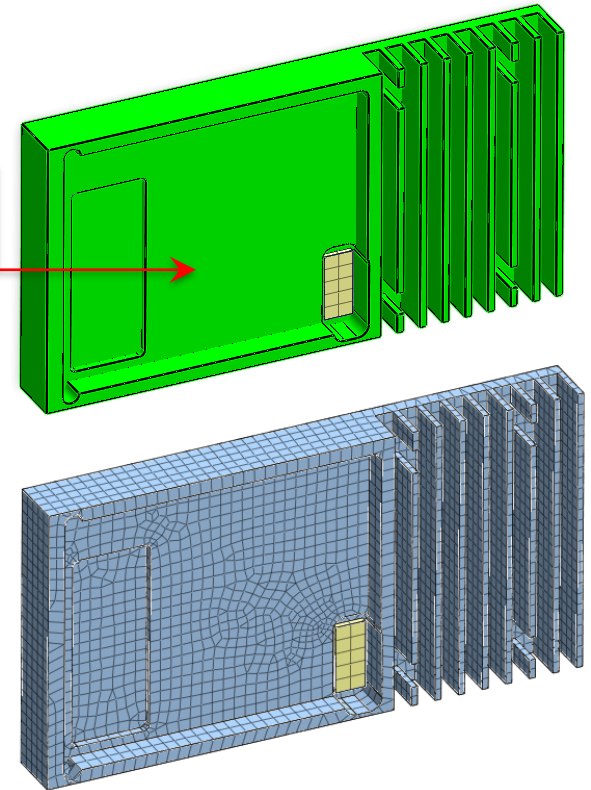
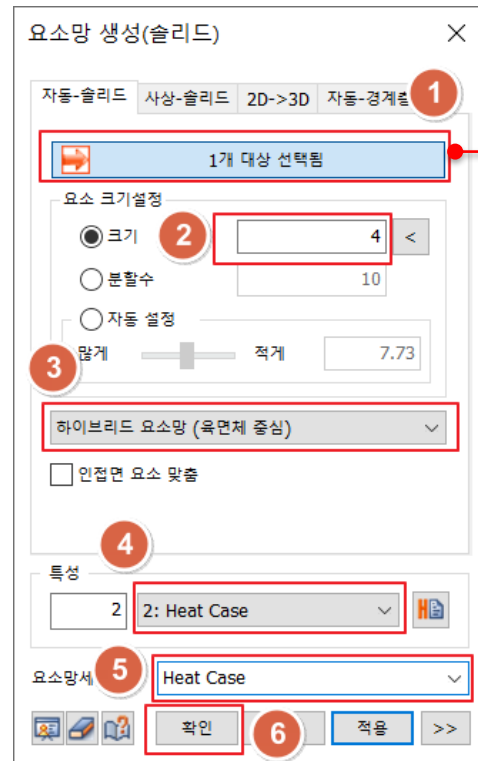
1. [3D] 클릭
2. [자동-솔리드] 클릭
3. 솔리드 1개 선택. (그림 참조)
4. 요소 크기설정: "5" 입력
5. 하이브리드 요소망(육면체 중심) 선택.
6. 특성 : [1: Heat Source] 선택.
7. 요소망세트 : Heat Source 입력.
8. [적용] 버튼 클릭.



선택한 파트에 해당되는 특성을 지정합니다.

작업순서

1. 솔리드 1개 선택. (그림 참조)
2. 요소 크기설정: "4" 입력
3. 하이브리드 요소망(육면체 중심) 선택.
4. 특성 : [2: Heat Case] 선택.
5. 요소망세트 : Heat Case 입력.
6. [확인] 버튼 클릭.

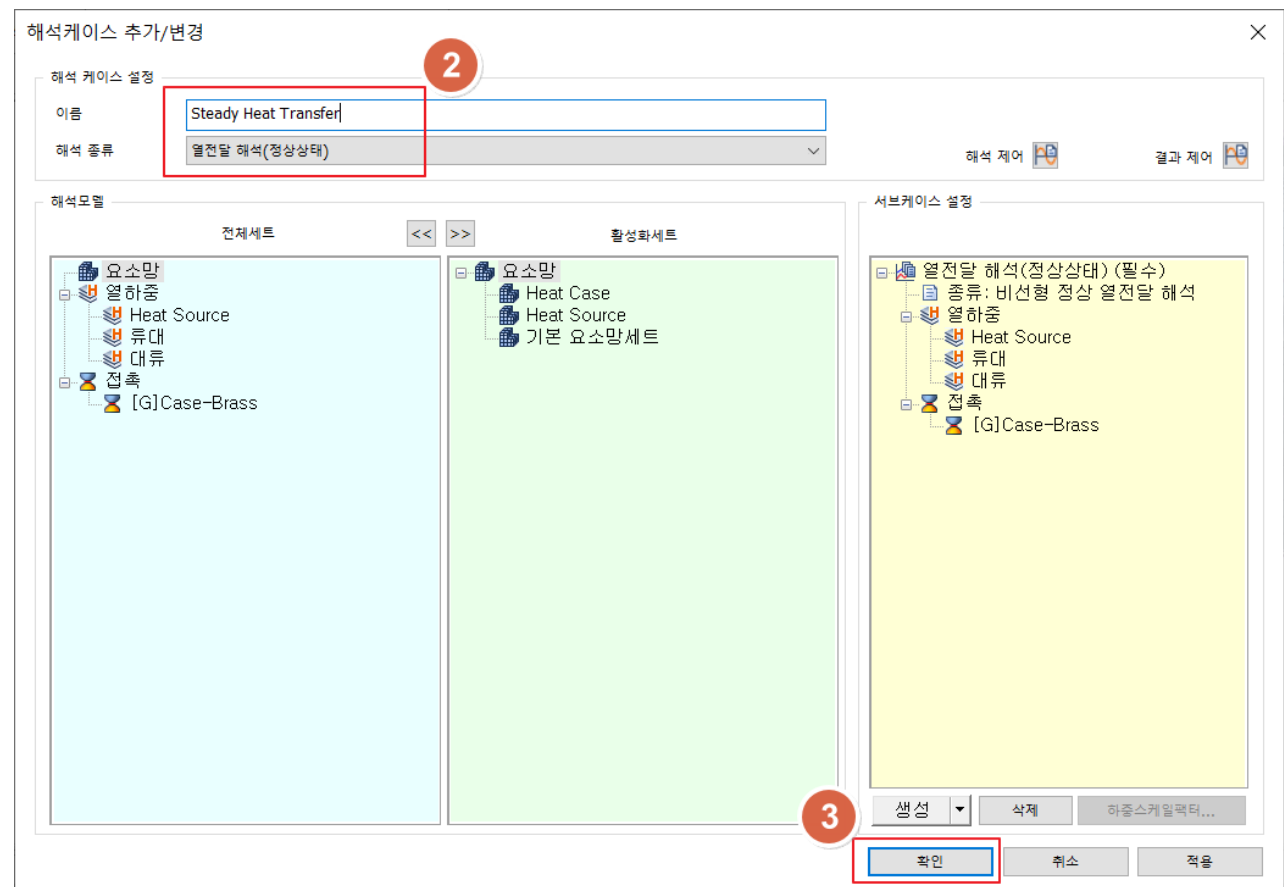
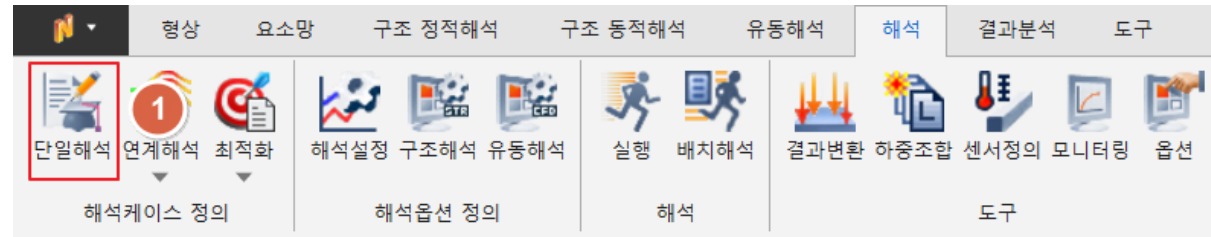


작업순서

1. [단일해석] 클릭
2. 해석케이스 설정

이름	Steady Heat Transfer
해석 종류	열전달 해석(정상상태)

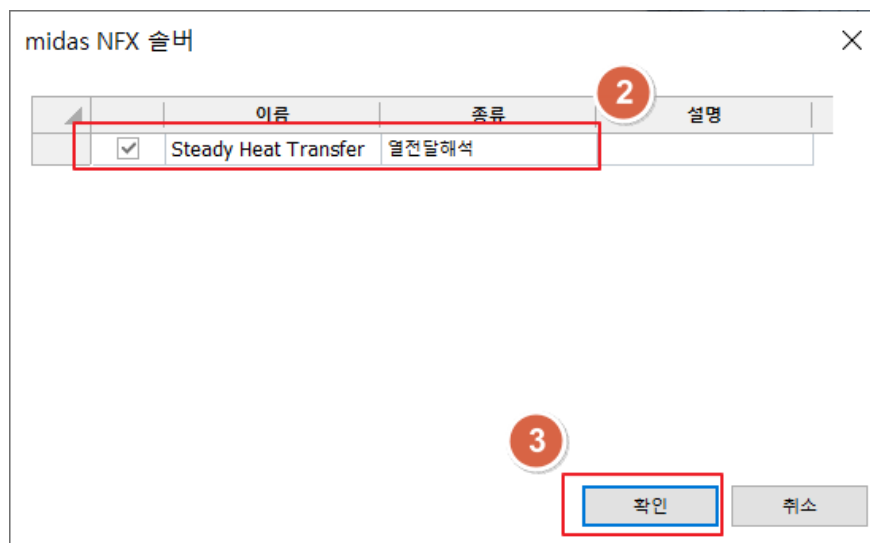
3. [확인] 버튼 클릭.



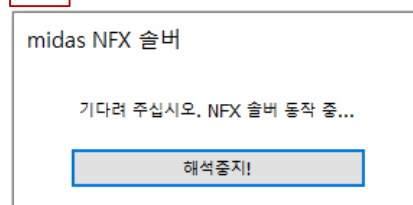
💡 기본적으로 현재 작업된 요소망세트, 경계조건, 하중조건 등이 모두 활성화됩니다.

작업순서

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



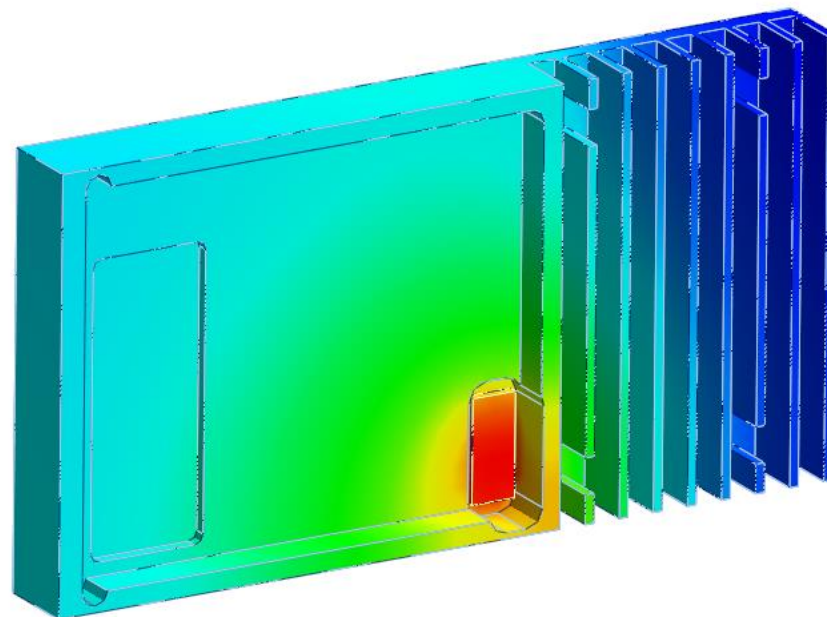
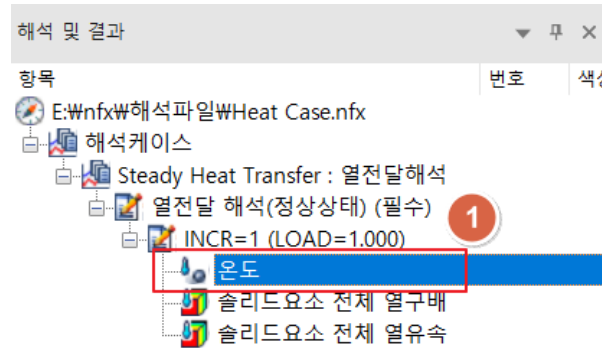
- 💡 해석을 실행하면 midas NFX 슬버가 작동됩니다. [해석중지!] 버튼을 클릭하면 해석이 중지됩니다.



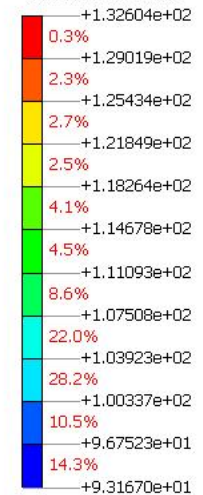
작업순서

1. 해석 및 결과 작업트리에서 온도

더블 클릭.



NODAL THERMAL TEMPERATURE, [T]



Training Session

*예제4.Lamp - 공동복사
(정상상태 열전달해석)*

개요

- 정상상태 열전달해석

- 단위 : N, mm
- 3D 공동복사 해석

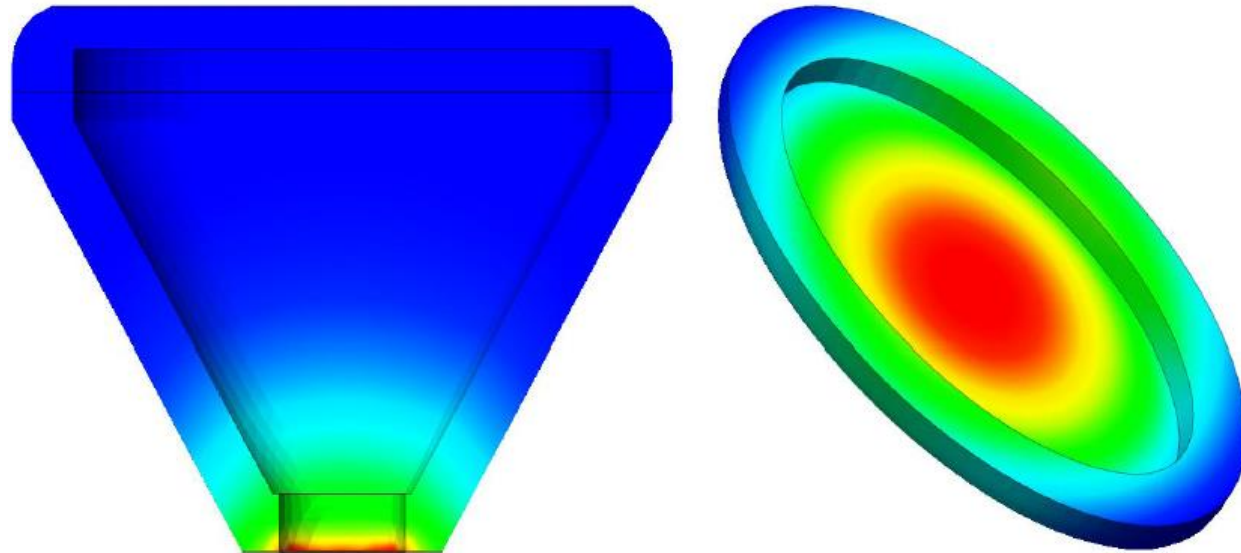
- 경계조건과 하중조건

- Heat Flux
- Convection
- Auto Contact (weld)

- 결과확인

- 온도

Lamp-공동복사 (정상상태 열전달해석)



따라하기 목적

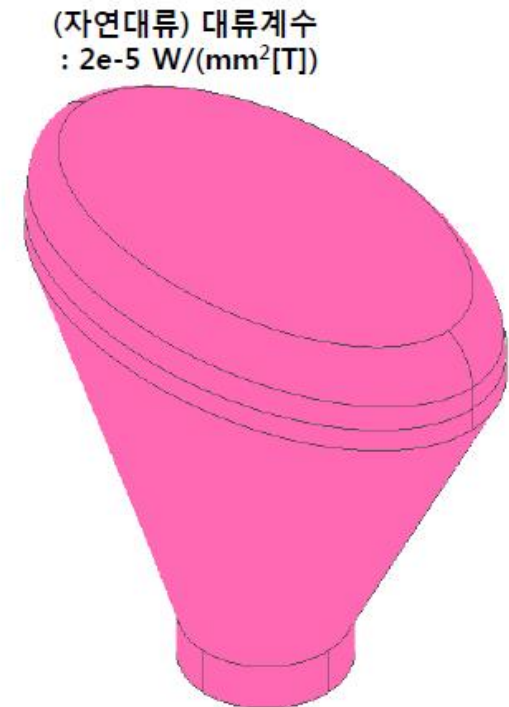
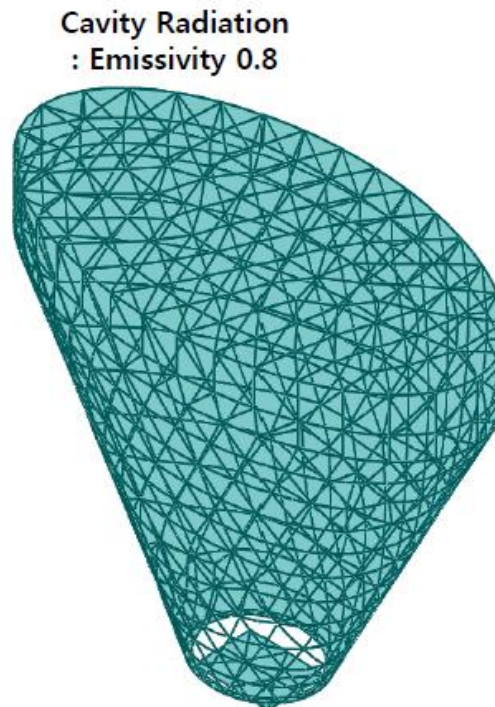
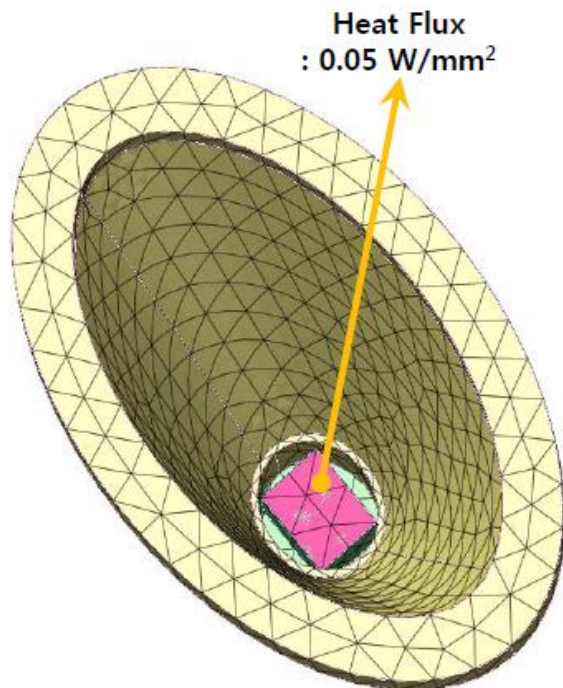
공동복사 해석 예제

- 기본적인 공동복사 해석 수행 방법을 습득합니다.
- 공동복사에서 필요한 해석 조건 및 데이터를 이해합니다.



해석 개요

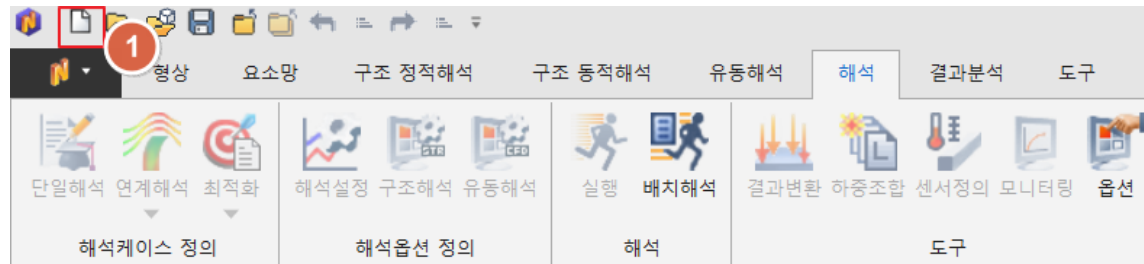
대상 모델

해석조건 (발열조건, 대류조건)



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 가이드더 감추기] 선택.



해석조건 설정

프로젝트명 담당자

설명

모델 종류 2

3차원/일반모델

2차원모델

축대칭

단위계 3

N mm J sec

중력가속도(g) mm/sec²


4


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 5

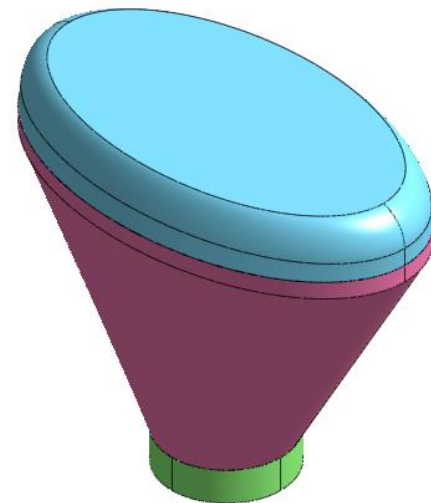
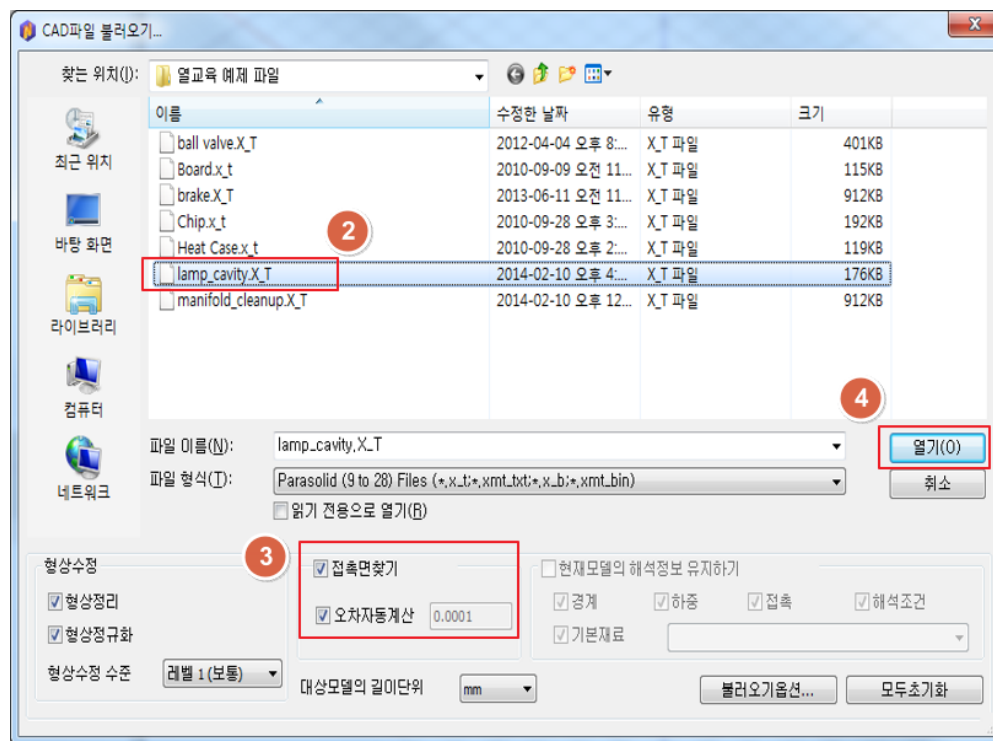
모든 레이블 보이기
모든 레이블 감추기

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

해석조건설정 대화상자는 시작과  함께 자동으로 보여집니다.

작업순서

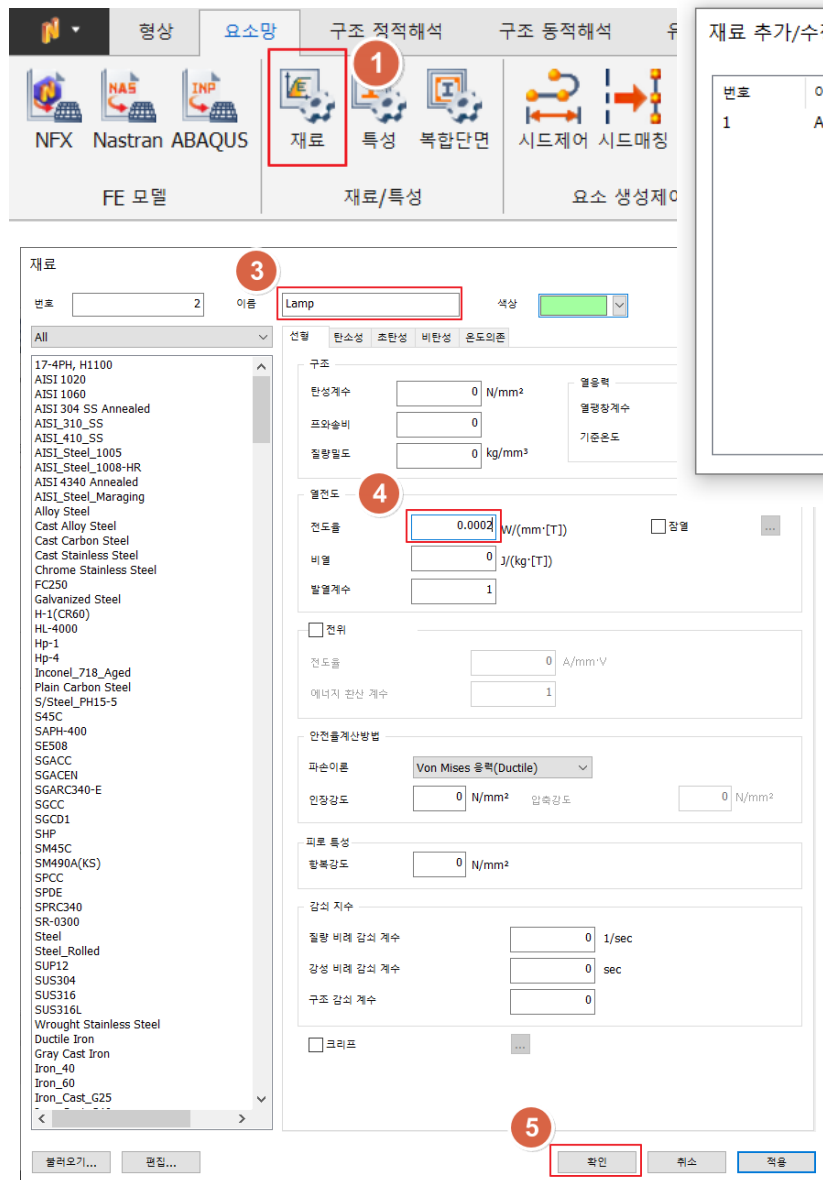
1. [불러오기] 클릭
2. 모델 선택: lamp_cavity.x_t 선택
3. [접촉면찾기] 체크.
4. [열기(O)] 버튼 클릭.



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

작업순서

1. [재료] 클릭
2. 생성 >> 등방성 클릭
3. 이름 : "Lamp" 입력
4. 열전도율 : "0.0002" 입력
5. [확인] 버튼 클릭.



재료 추가/수정

번호	이름	종류	생성
1	Alloy Steel	등방성-선형	<ul style="list-style-type: none"> 등방성 2D 직교이방성 3D 직교이방성 3D 이방성 유체(유동해석) 고체(유동해석) 강체

재료

번호: 2 이름: Lamp 색상: [Green]

재료 목록:

- 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
- SAPHI-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: 0 N/mm² 열충격

포와송비: 0 열팽창계수

중량밀도: 0 kg/mm³ 기준온도

열전도

열전도율: 0.0002 W/(mm·[T]) 잠열

비열: 0 J/(kg·[T])

발열계수: 1

전위

전도율: 0 A/mm·V

에너지 관산 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

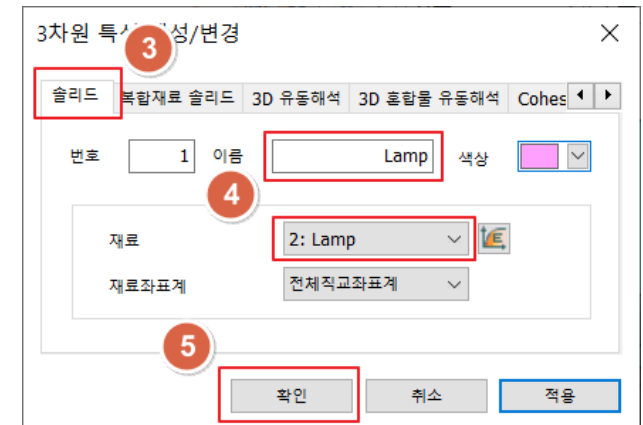
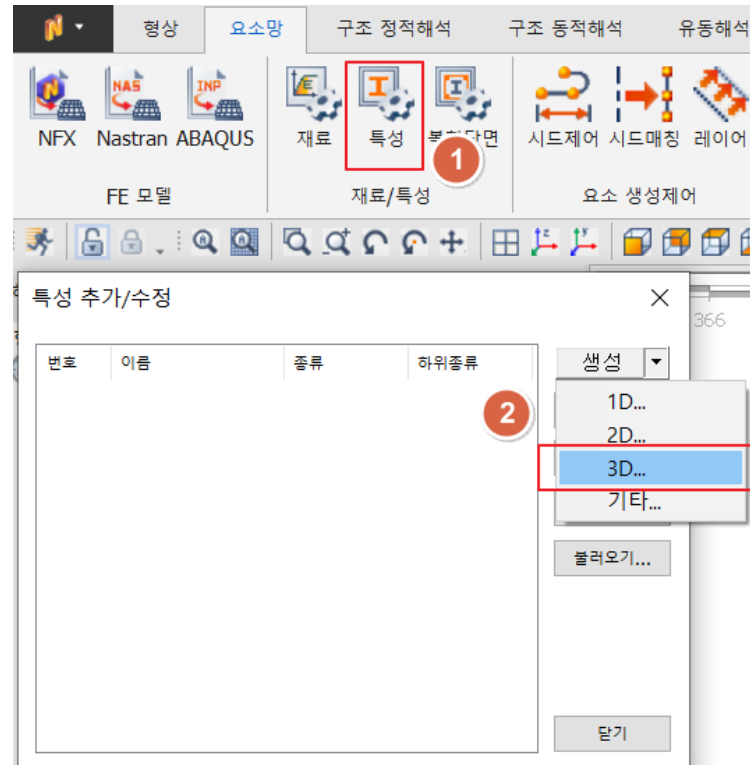
확인 취소 적용

작업순서

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

번호	1
이름	Lamp
재질	2: Lamp

5. [확인] 버튼 클릭.



작업순서

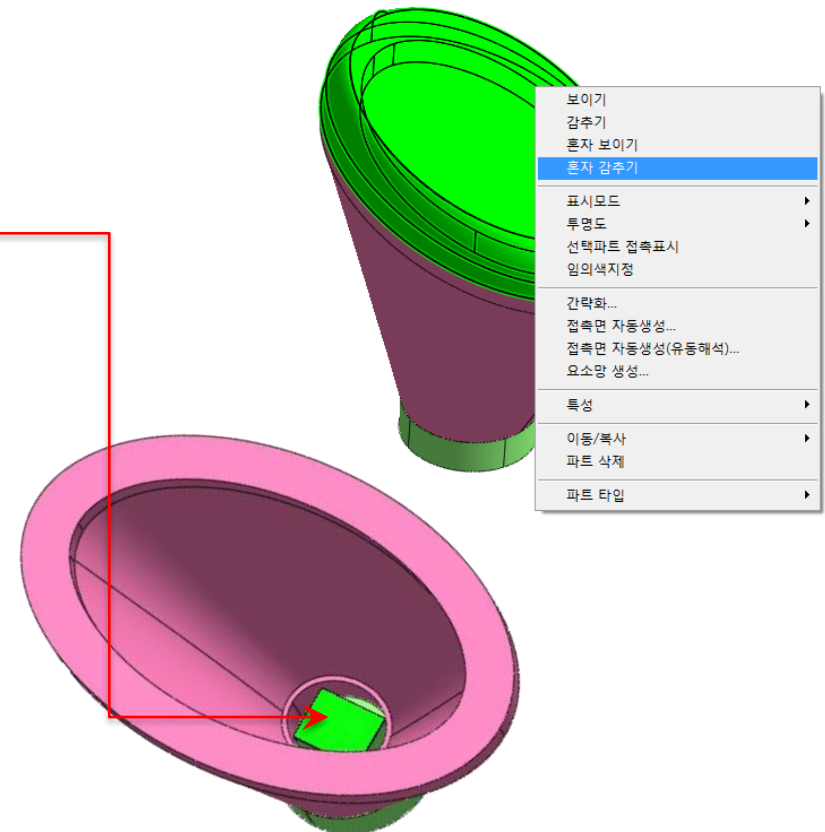
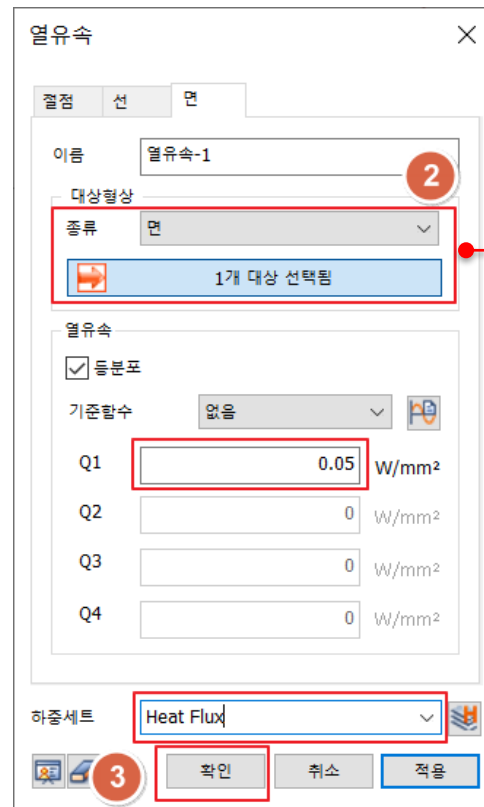
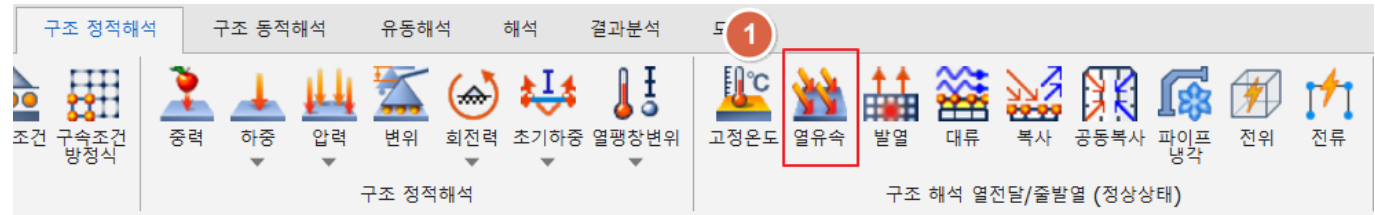
1. [열유속] 클릭

- 파트선택(그림참조) 마우스 우클릭 후,
“혼자감추기” 클릭

2. 발열조건 입력

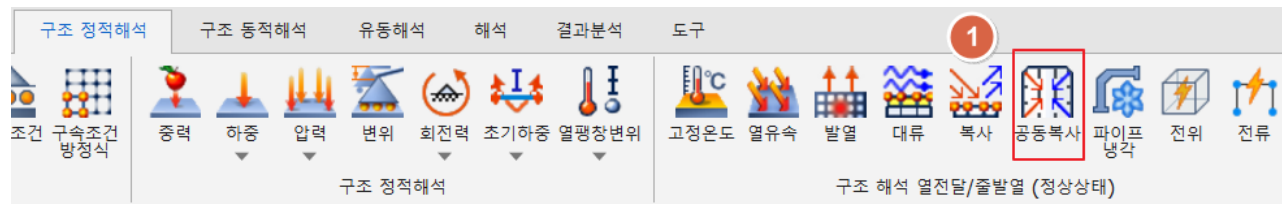
하중세트	Heat Flux
대상종류	면
대상선택	1개 선택 (그림참조)
Q1	0.05 (W/mm ²)

3. [확인] 버튼 클릭.



작업순서

1. [공동복사] 클릭
2. 대상 면 선택
3. "0.8" 입력
4. [추가] 버튼 클릭
5. "Cavity" 이름 입력
6. [확인] 버튼 클릭.



공동복사

하중성분

이름 열린공동-1

대상형상

종류 면

대상선택

복사

방사율 0.8

표면당 최대 면 1

추가 수정 삭제

번호	대상	방사율	면 수
1	6	0.800000	1
2	9	0.800000	1
3	5	0.800000	1

외기온도

열린공동

값 0 [T]

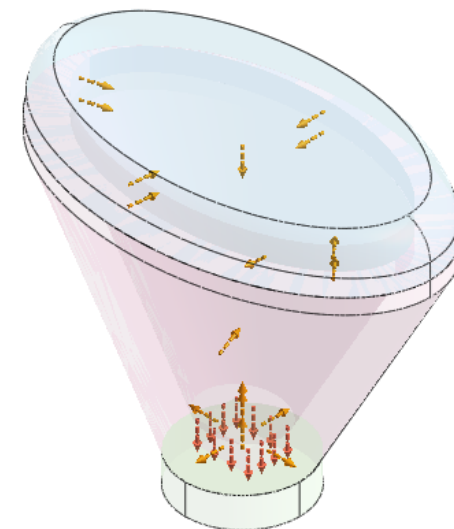
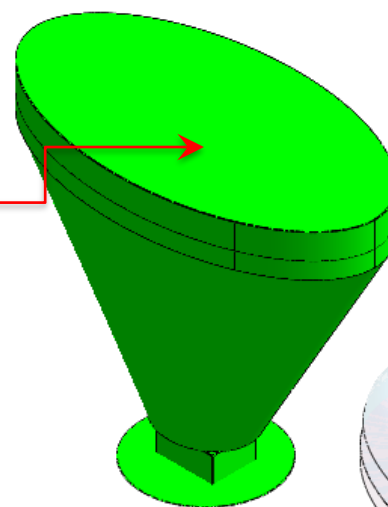
결점

대상선택

대칭 정의

하중세트 cavity

확인 취소 적용



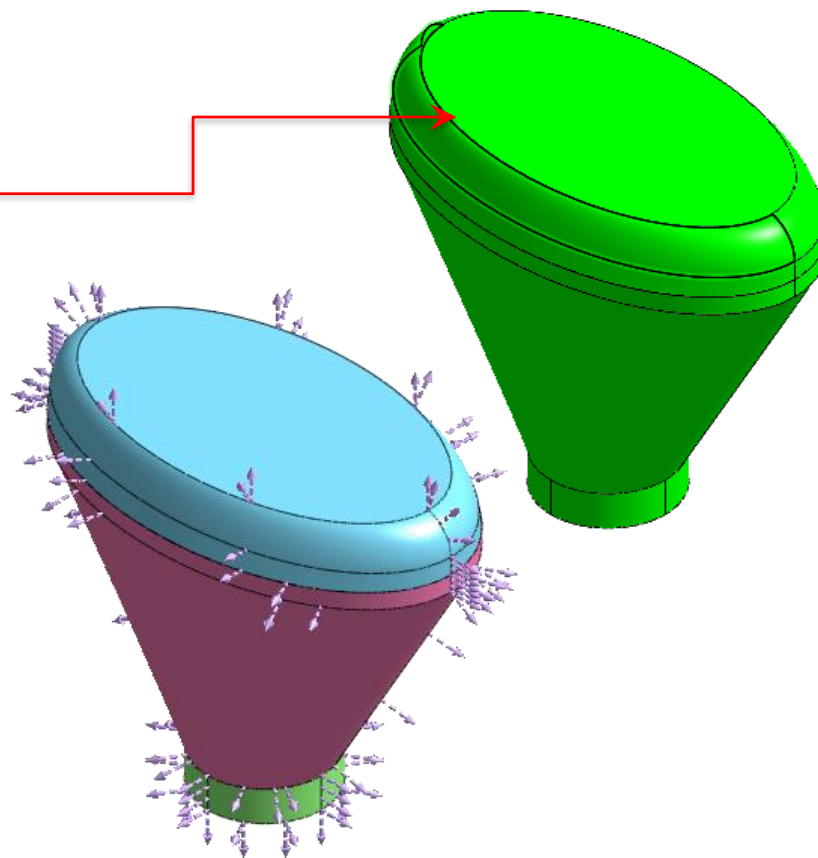
작업순서

1. [대류] 클릭
2. 대류조건 입력

하중세트	Convection
대상종류	면
대상선택	14 선택
외기온도	20(T)
대류계수	2e-5 (W/(mm ² ·[T]))

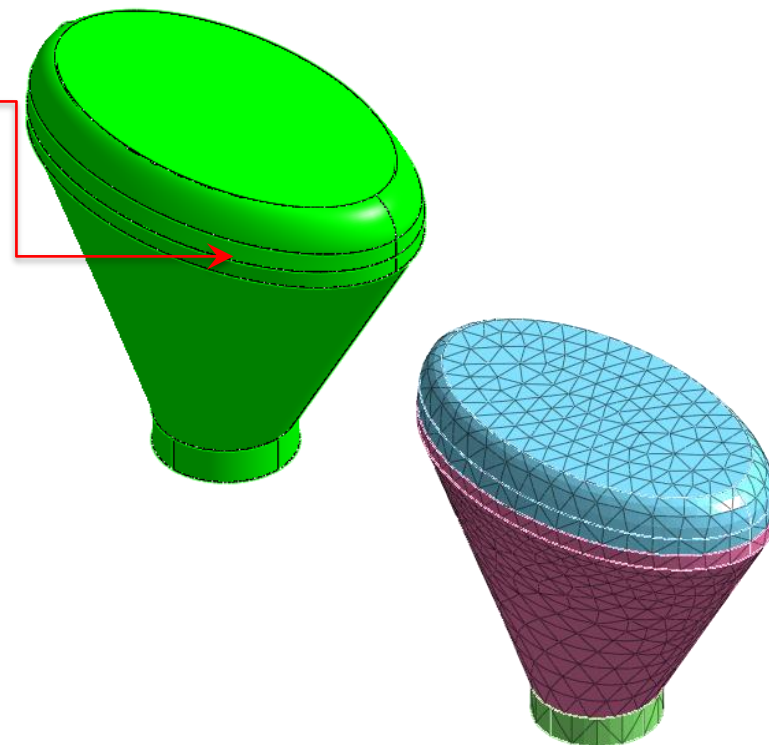
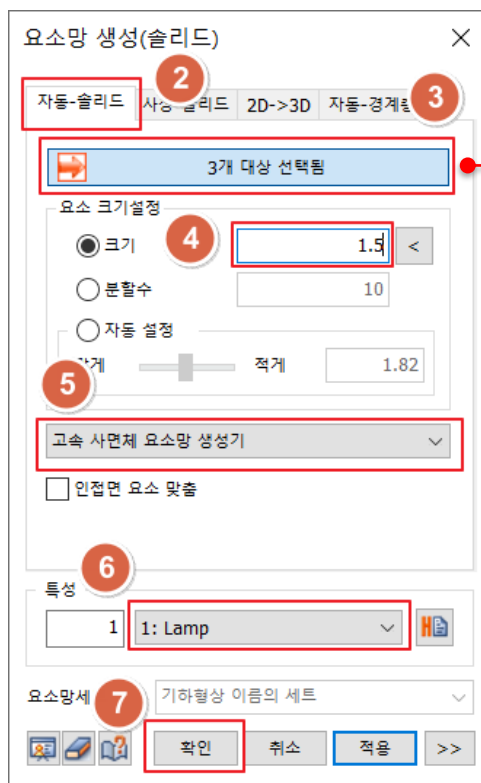
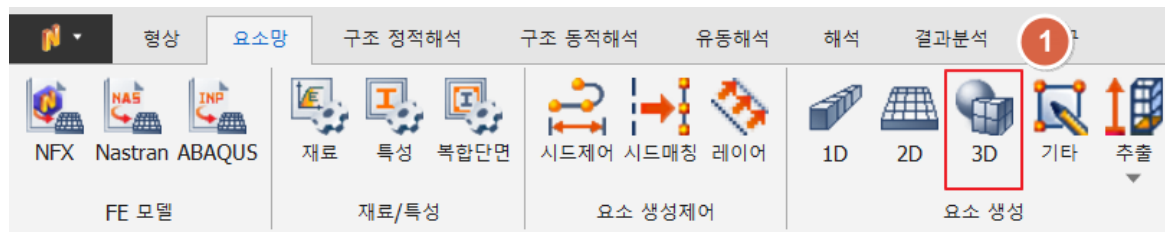
3. [확인] 버튼 클릭.

💡 파트 상호간의 접촉이 있는 면을 제외한 나머지 면을 선택합니다.



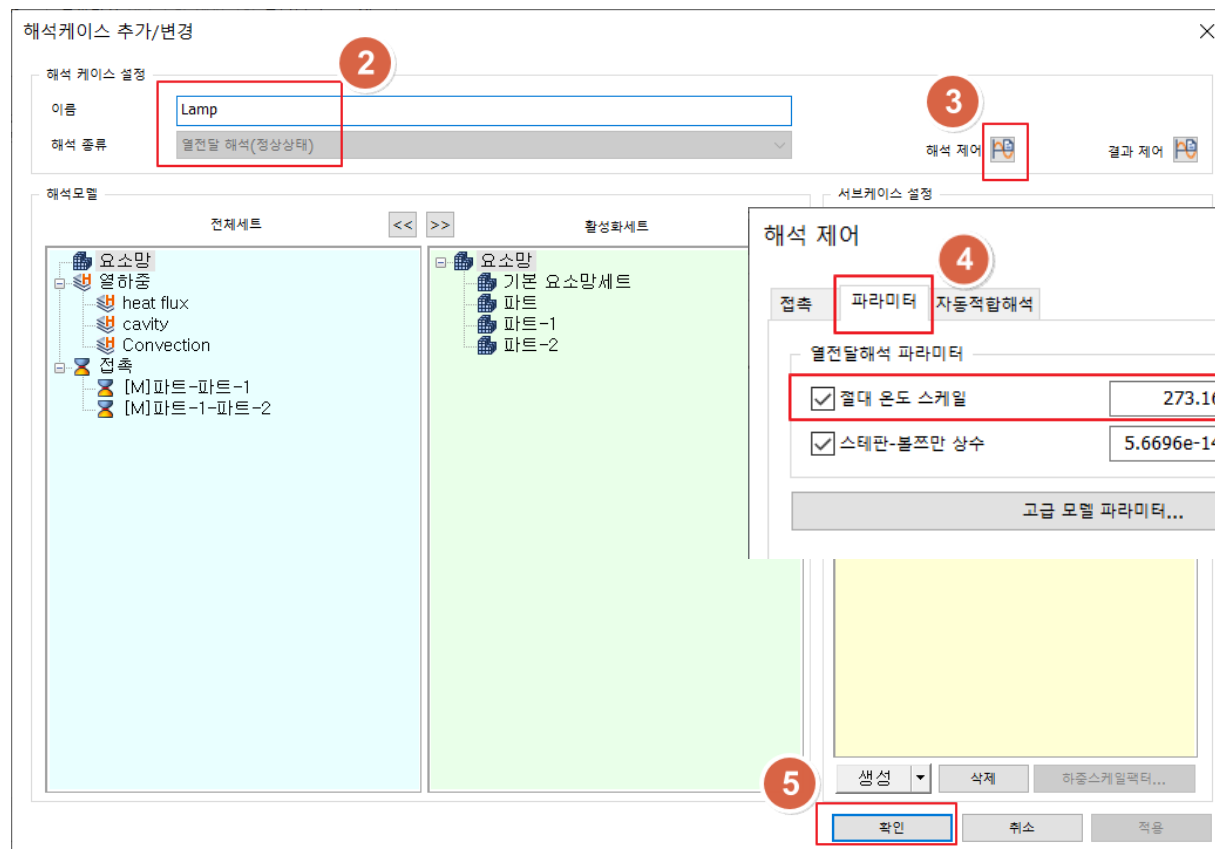
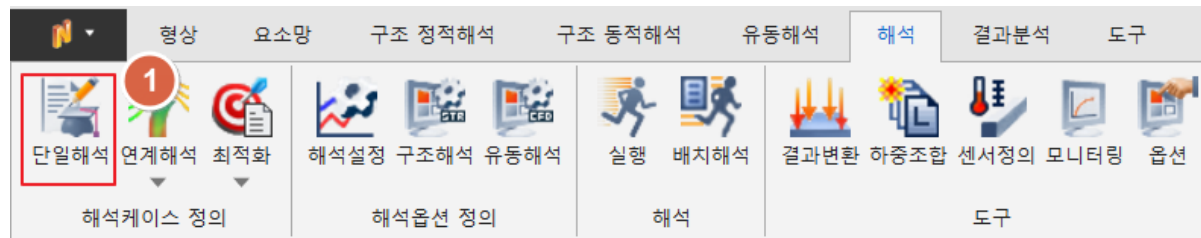
작업순서

1. [3D] 클릭
2. [자동 솔리드] 탭 클릭
3. 파트 3개 선택. (그림 참조)
4. 요소 크기 : “1.5” 입력
5. 고속 사면체 요소망 생성기 선택.
6. 특성 : [1: Lamp] 선택.
7. [확인] 버튼 클릭.



작업순서

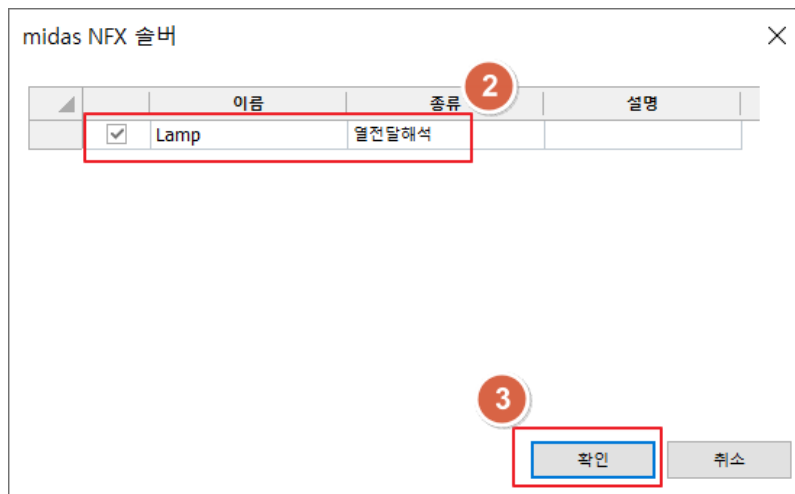
1. 단일해석 클릭
 2. 해석케이스 설정
- | | |
|-------|--------------|
| 이름 | Lamp |
| 해석 종류 | 열전달 해석(정상상태) |
3. [해석제어] 버튼클릭
 4. 파라미터 탭에서
절대온도스케일, 스테판-볼쯔만 상수 체크
 5. [확인] 버튼 클릭.



💡 기본적으로 현재 작업된 요소망세트, 경계조건, 하중조건 등이 모두 활성화됩니다.

작업순서

1. [실행] 클릭
2. 해석케이스 체크
3. [확인] 버튼 클릭.



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



midas NFX 슬버

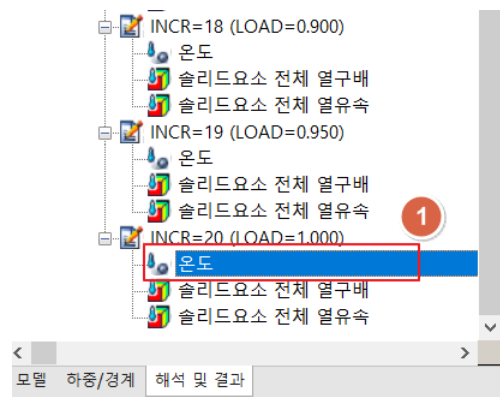
기다려 주십시오. NFX 슬버 동작 중...

해석중지!

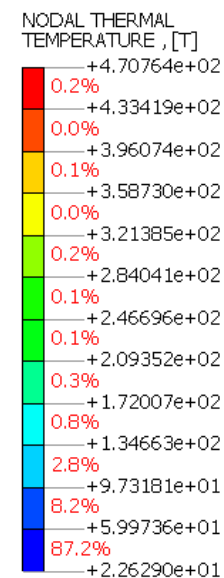
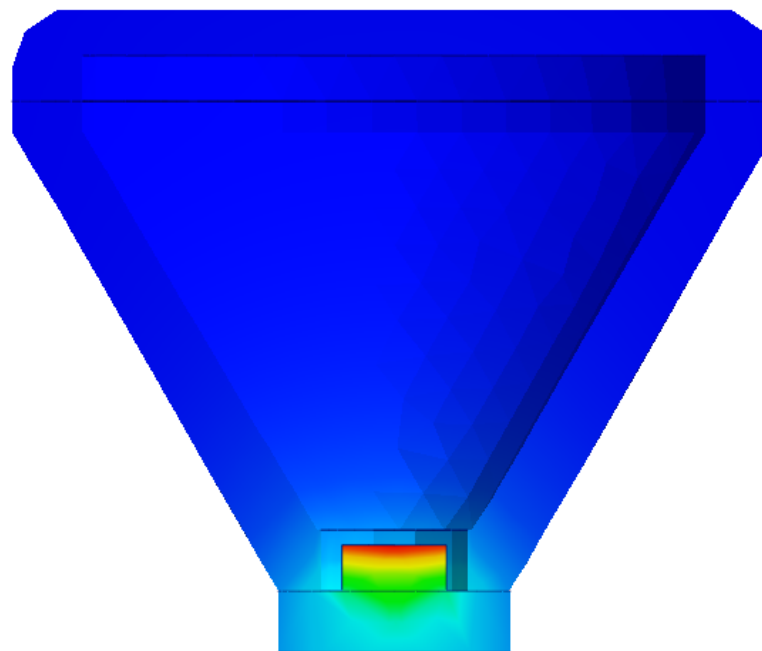
작업순서

1. 해석 및 결과 작업트리에서 온도

더블 클릭.



💡 비선형 조건인 복사조건이 없는 경우에는 선형해석과 같이 증분개수가 1로 자동 조절됩니다.



midas NFX 열전달

Part 1. 열전달 기초이론

Part 2. 열전달 해석(정상상태)

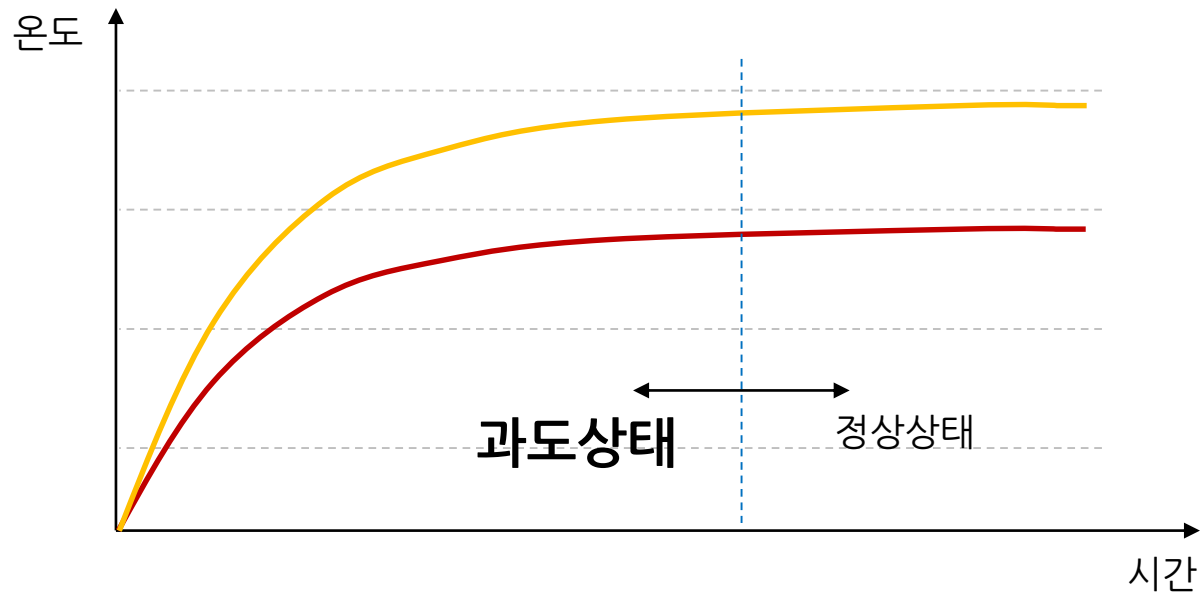
Part 3. 열전달 해석(과도상태)

Part 4. 열응력 해석

Contents

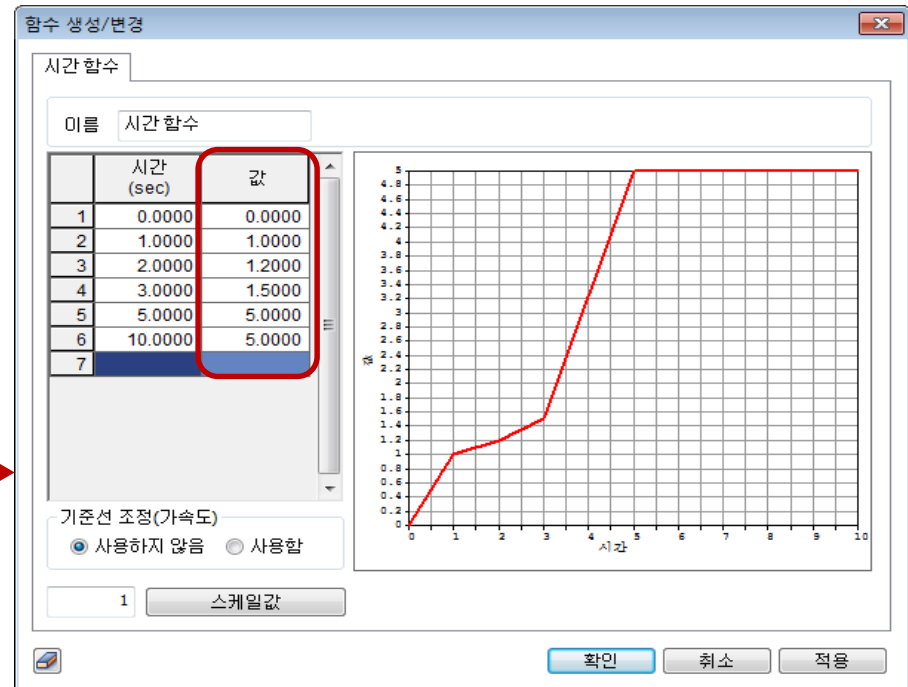
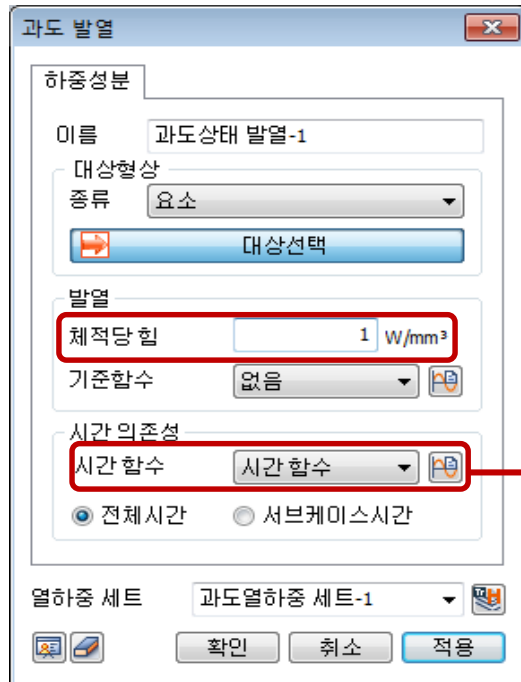
과도상태 열전달 해석

- 시간에 따라 열흐름 및 열속, 온도분포가 변하는 상태
- 경계조건 및 하중이 시간에 따라 변하는 경우
- 시간에 따른 온도변화를 구하는 경우 또는 온도가 정상상태에 도달하는 시간을 구하는 경우 사용



시간 함수

- 시간함수 정의 : 시간에 따라 해석 조건(고정온도, 대류, 열속, 발열 등)이 다른 경우 시간함수를 정의
- 실제 적용되는 하중값 = 열하중 값 X 시간함수 값



목표시간스텝 설정

- 과도상태 열전달 해석을 수행할 때에는 해석할 시간 및 시간 간격을 설정해 주어야 함
- 전체시간 : 총 해석 시간을 입력
- 시간 스텝 개수 : 전체 시간을 몇 개의 구간으로 나누어 해석할 것인지 입력
- 중간결과 출력 : N번째 마다 결과를 출력할 것인지 입력

해석 제어

과도상태 비선형 일반

목표시간스텝 설정

전체 시간 300 sec

시간 스텝 개수 60

중간 결과 출력 1

자동 시간 스텝

증분당 최대 온도 변화 5

초기시간 증분대비 최대시간 증분 5

수렴기준 / 오류오차

변위 (U) 0.001

하중 (P) 0.001

일량 (W) 1e-006

종료 조건

센서 없음 <= 값 0

온도변화가 다음 값보다 작은 경우 0 1/sec

고급 비선형 파라미터...

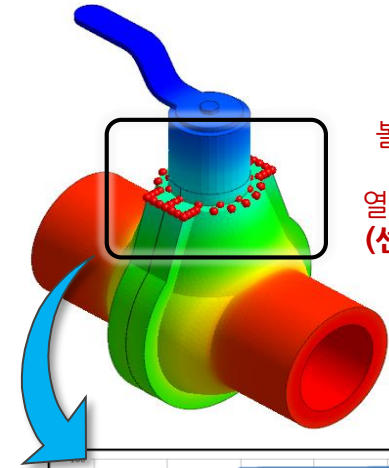
확인 취소

열해석 센서

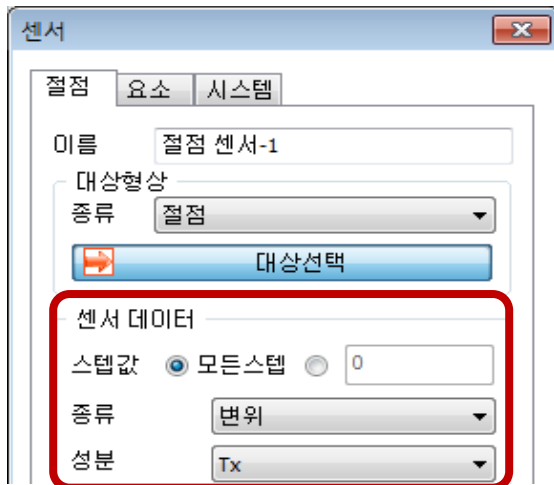
• 특정 절점의 온도가 지정한 온도에 도달하면 해석을 중단시키는 조건

※ 특정 위치가 일정 온도에 도달하는 시간을 계산하고자 할 때

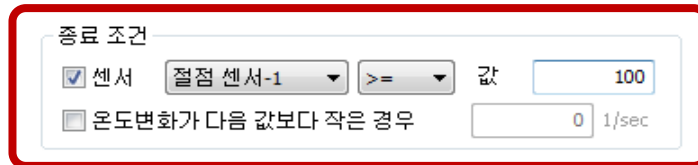
- (1) 해당 위치의 기준 절점(들)에 센서 조건 설정 (→ 최대/최소/평균 등 설정 가능)
- (2) 충분히 긴 시간에 대해 비정상 열전달 해석 수행
- (3) 지정 온도에 도달하면 센서가 작동하여 해석 종료
- (4) 센서의 작동시간을 이용하여 도달 시간 파악



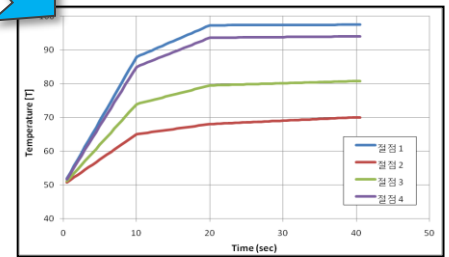
볼 밸브의 비정상 열전달 해석 (센서 적용)



<센서에 의한 종료 조건>



- (1) 온도 값 기준의 종료
- (2) 온도 변화 기준의 종료 (→ 열평형 상태 도달)



지정 온도 도달 후, 해석 종료 (40.5초)

Training Session

예제5. Ball Valve

(과도상태 열전달해석)

개요

➤ 과도상태 열응력 해석

- 단위 : N, mm
- 기하모델: Ball Value.x_t

➤ 재질

- SUS 304
- SUS 316

➤ 경계조건과 하중조건

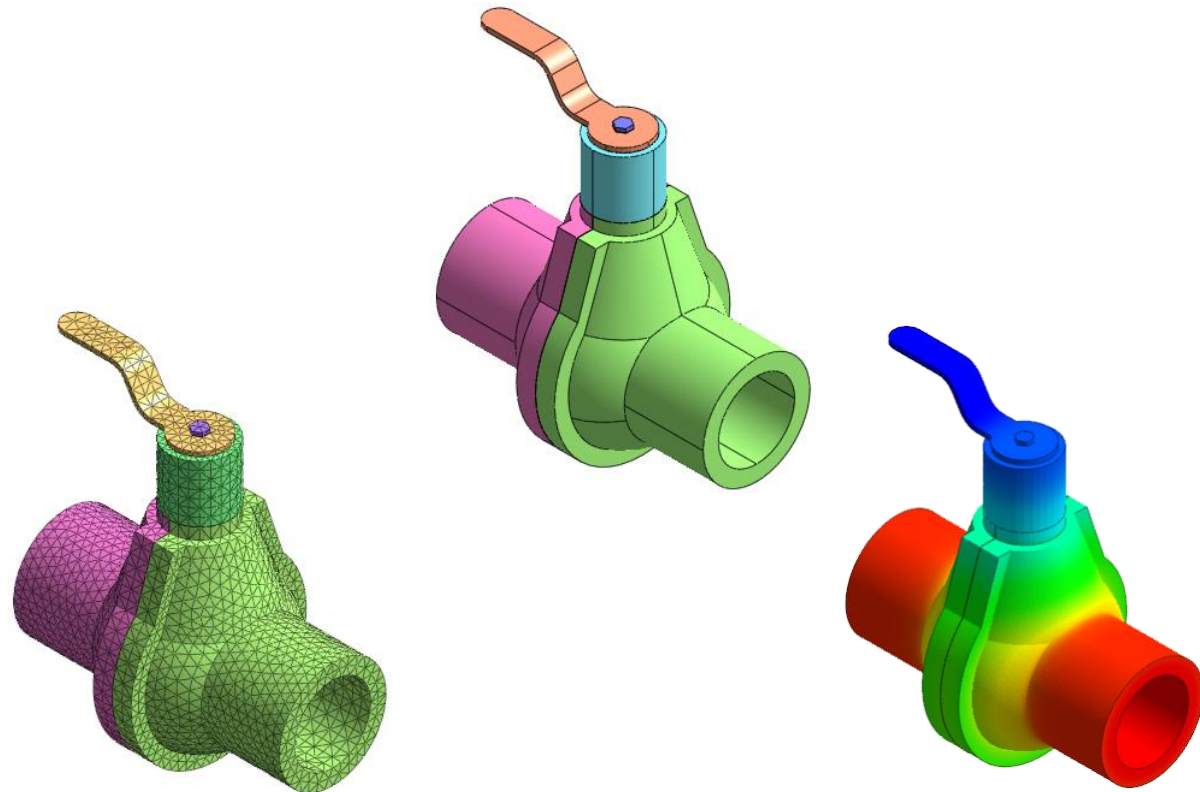
- 온도, 대류 조건

➤ 결과확인

- 온도 분포
- 결과 추출 (그래프 보기)

Ball Valve

(과도상태 열전달해석)

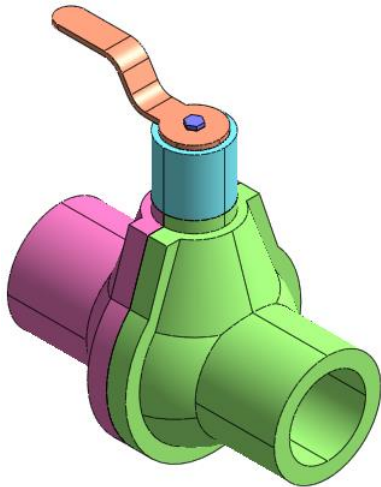


따라하기 목적

- midas NFX를 이용한 과도상태 열전달해석의 수행 및 기능 이해
 - 시간에 따라 변하는 과도열하중(온도, 대류)을 정의하는 방법에 대해 습득합니다.
 - 내부면과 외곽면을 효과적으로 선택하는 기능에 대해 알아봅니다.
 - 과도상태 열전달해석의 주요 결과인 온도를 시간에 따른 그래프로 확인합니다.

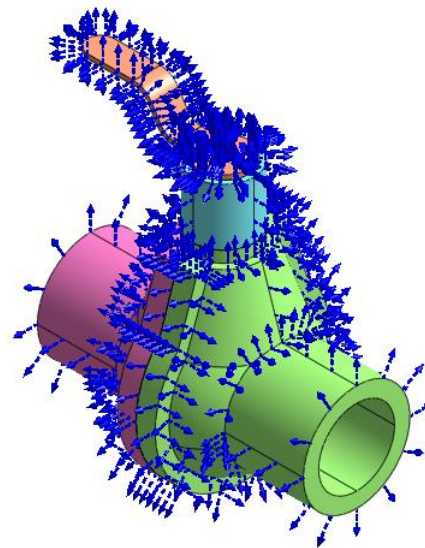
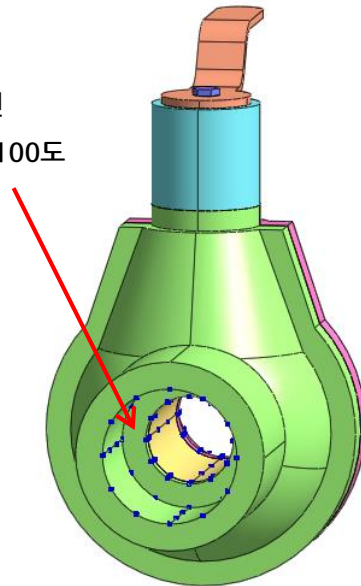
해석 개요

➢ 대상 모델



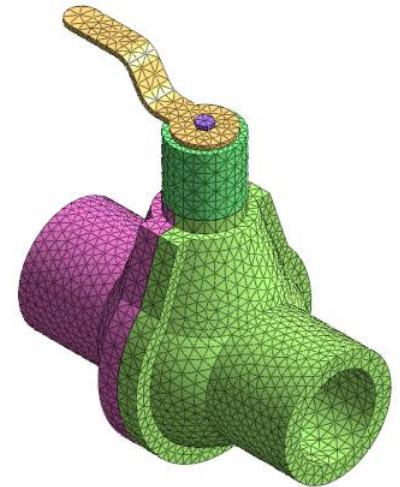
➢ 해석조건 (과도상태)

온도조건
: 50 → 100도





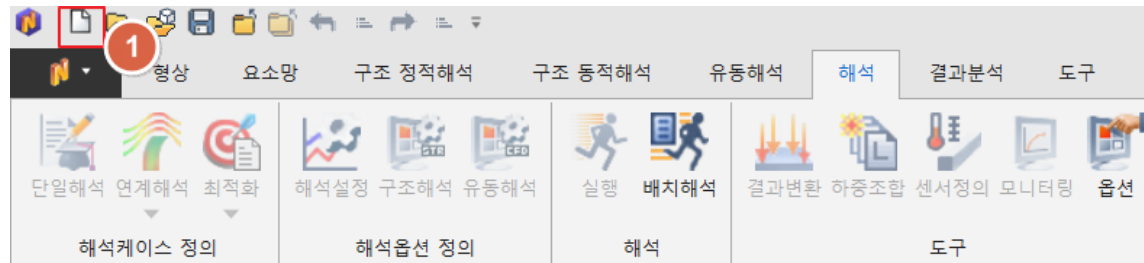
대류조건
외부온도 : 50 → 70도
대류계수 : 3e-005 W/mm²[T]

➢ 유한요소 모델



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 가이드더 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

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

5 모든 가이드더 감추기

모든 레이블 보이기

모든 레이블 감추기

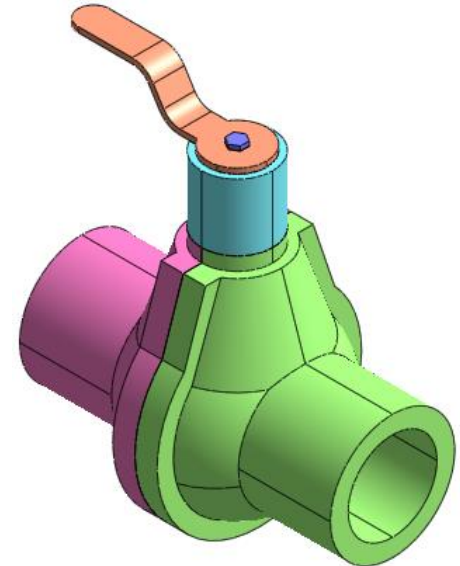
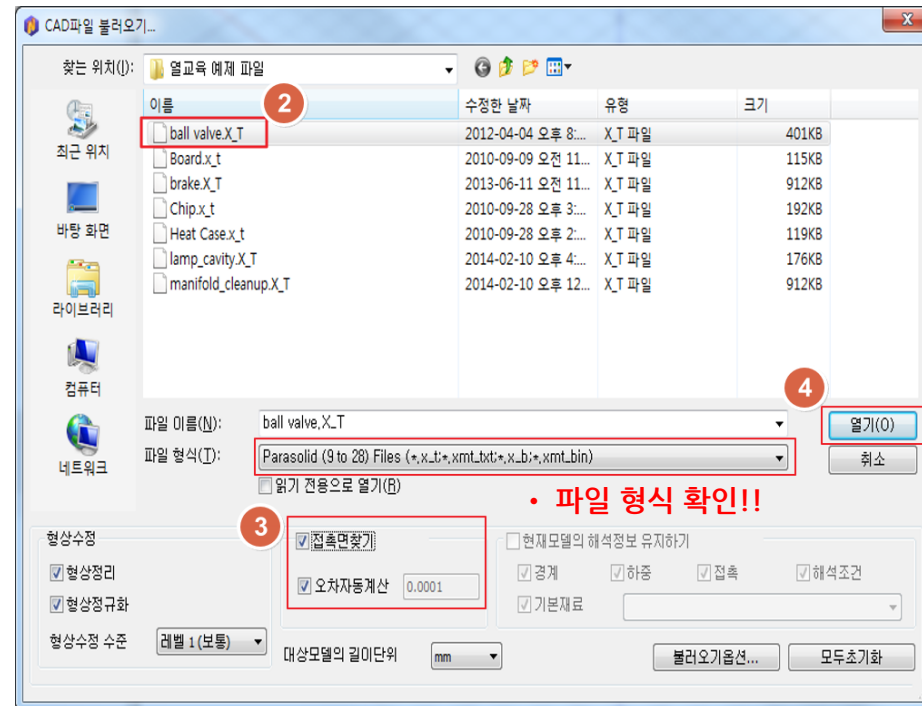
 프로그램을 실행시킨 후 [새로 만들기]를 클릭하면 모든 메뉴가 활성화 됩니다.

해석조건설정 대화상자는 시작과 함께 자동으로 보여집니다.

작업순서

1. [불러오기] 클릭
2. 모델 선택: Ball value.x_t 선택
3. [접촉면찾기] 체크.
4. [열기(O)] 버튼 클릭.

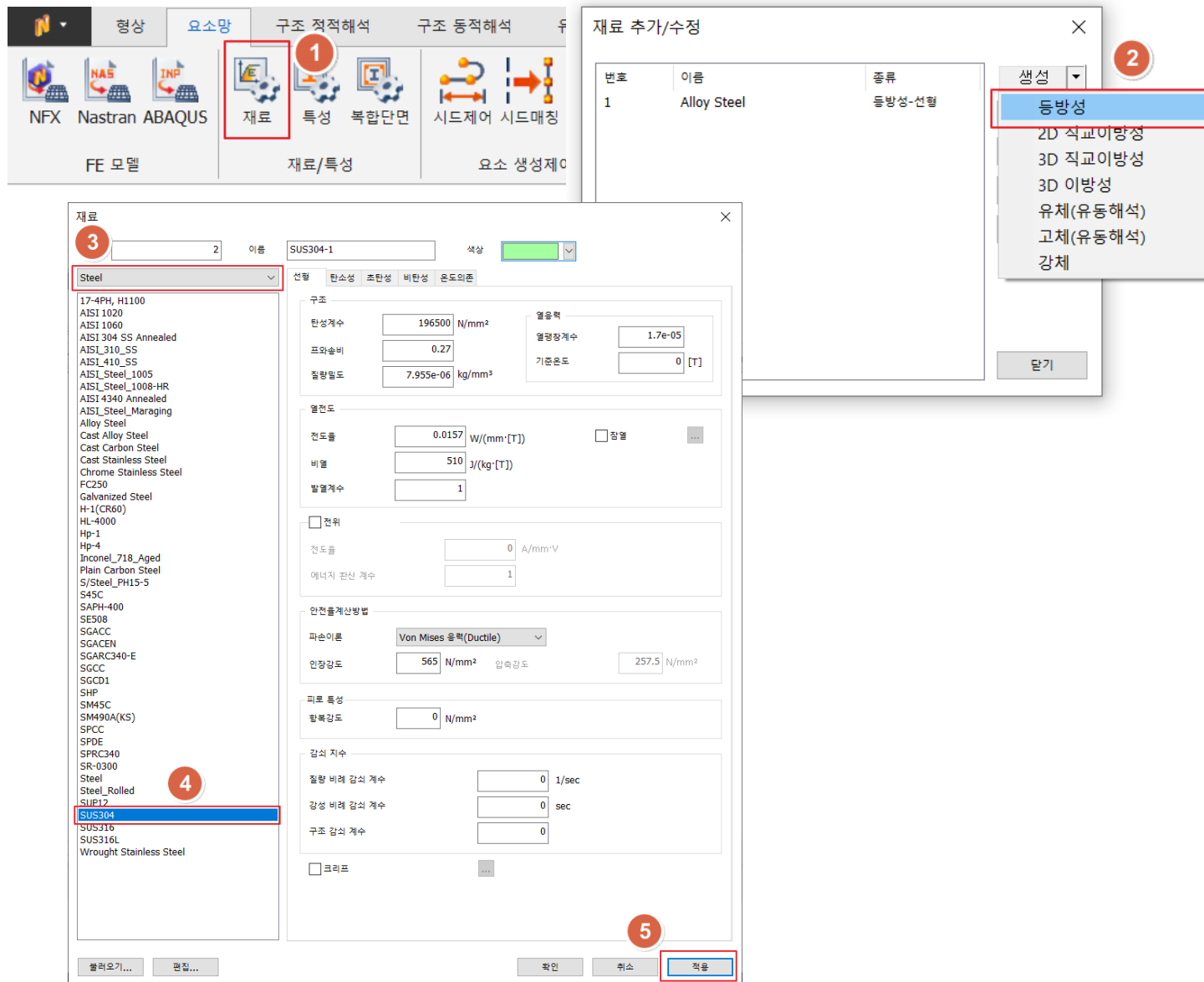
※ 프로그램이 설치된 하위 폴더의
Manuals\Tutorials\Files 폴더 안에
따라하기의 모델들이 있습니다.



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

작업순서

1. 재료 클릭
2. 생성 >> 등방성 클릭
3. 재료 DB 리스트에서 Steel를 선택.
4. SUS304 선택.
5. [적용] 버튼 클릭.



재료 추가/수정

번호	이름	종류
1	Alloy Steel	등방성-선택형

생성 ▼

- 등방성
- 2D 직교이방성
- 3D 직교이방성
- 3D 이방성
- 유체(유동해석)
- 고체(유동해석)
- 강체

닫기

재료

이름 SUS304-1 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
SU1P2
SUS304
SUS316
SUS316L
Wrought Stainless Steel

구조

탄성계수 196500 N/mm² 열팽창계수 1.7e-05
프와송비 0.27 기준온도 0 [T]
질량밀도 7.955e-06 kg/mm³

열전도

전도율 0.0157 W/(mm*[T]) 잠열 ...
비열 510 J/(kg*[T])
발열계수 1

전위

전도율 0 A/mm*[V]
에너지 전산 계수 1

안전율계산방법

파손이론 Von Mises 응력(Ductile) ▼
인장강도 565 N/mm² 압축강도 257.5 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 ...

적용

💡 과도상태 열전달해석을 위해서는 반드시 비열과 밀도가 입력되어 있어야 합니다.

작업순서

1. SUS316 선택.
2. [확인] 버튼 클릭.
3. [닫기] 버튼 클릭.

재료

번호: 이름: 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 탄소성 초탄성 비탄성 온도 의존

구조

탄성계수: N/mm² 열팽창 계수:

프와솔비: 기준온도: [T]

질량밀도: kg/mm³

열전도

전도율: W/(mm·[T]) 정열

비열: J/(kg·[T])

발열계수:

전위

전도율: A/mm·V

에너지 전산 계수:

안전율계산방법

파손이론:

연장강도: N/mm² 입력강도:

피로 특성

항복강도: N/mm²

감쇠 지수

질량 비례 감쇠 계수: 1/sec

강성 비례 감쇠 계수: sec

구조 감쇠 계수:

크리프

블러오기... 편집... **확인** 취소 적용

재료 추가/수정

번호	이름	종류	재질
1	Alloy Steel	등방성-선형	<input type="text" value="재질"/>
2	SUS304-1	등방성-선형	
3	SUS316-1	등방성-선형	

수정... 복사 삭제 블러오기...

닫기

💡 과도상태 열전달해석을 위해서는 반드시 비열과 밀도가 입력되어 있어야 합니다.

작업순서

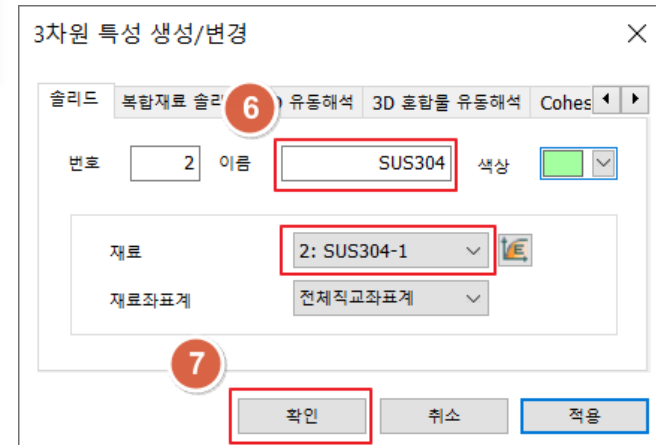
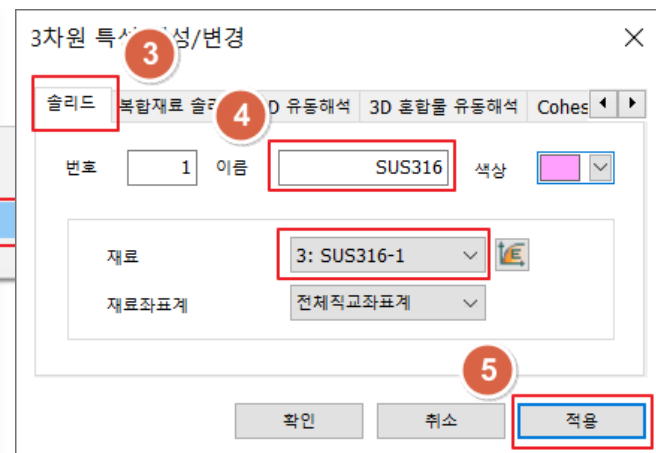
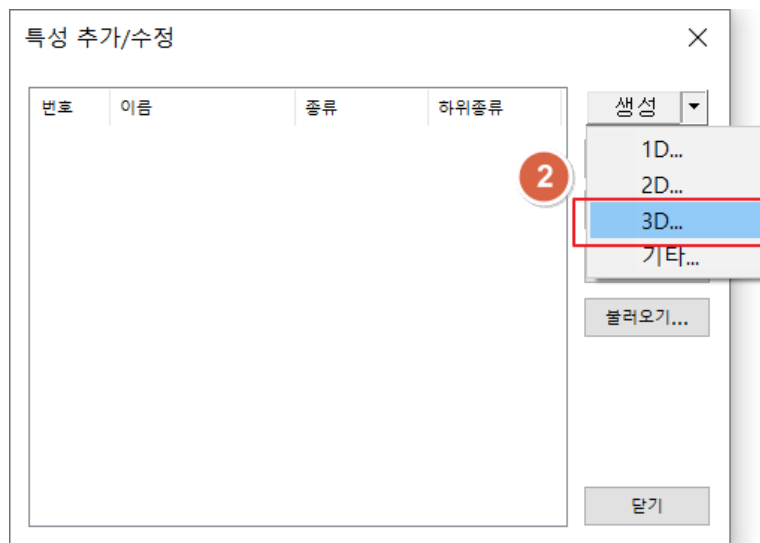
1. [특성] 클릭
2. 생성 >> 3D 클릭
3. [솔리드] 탭 선택..
4. 특성 입력

번호	1
이름	SUS316
재질	3: SUS316-1

5. [적용] 버튼 클릭.
6. 특성 입력

번호	2
이름	SUS304
재질	2: SUS304-1

7. [확인] 버튼 클릭.



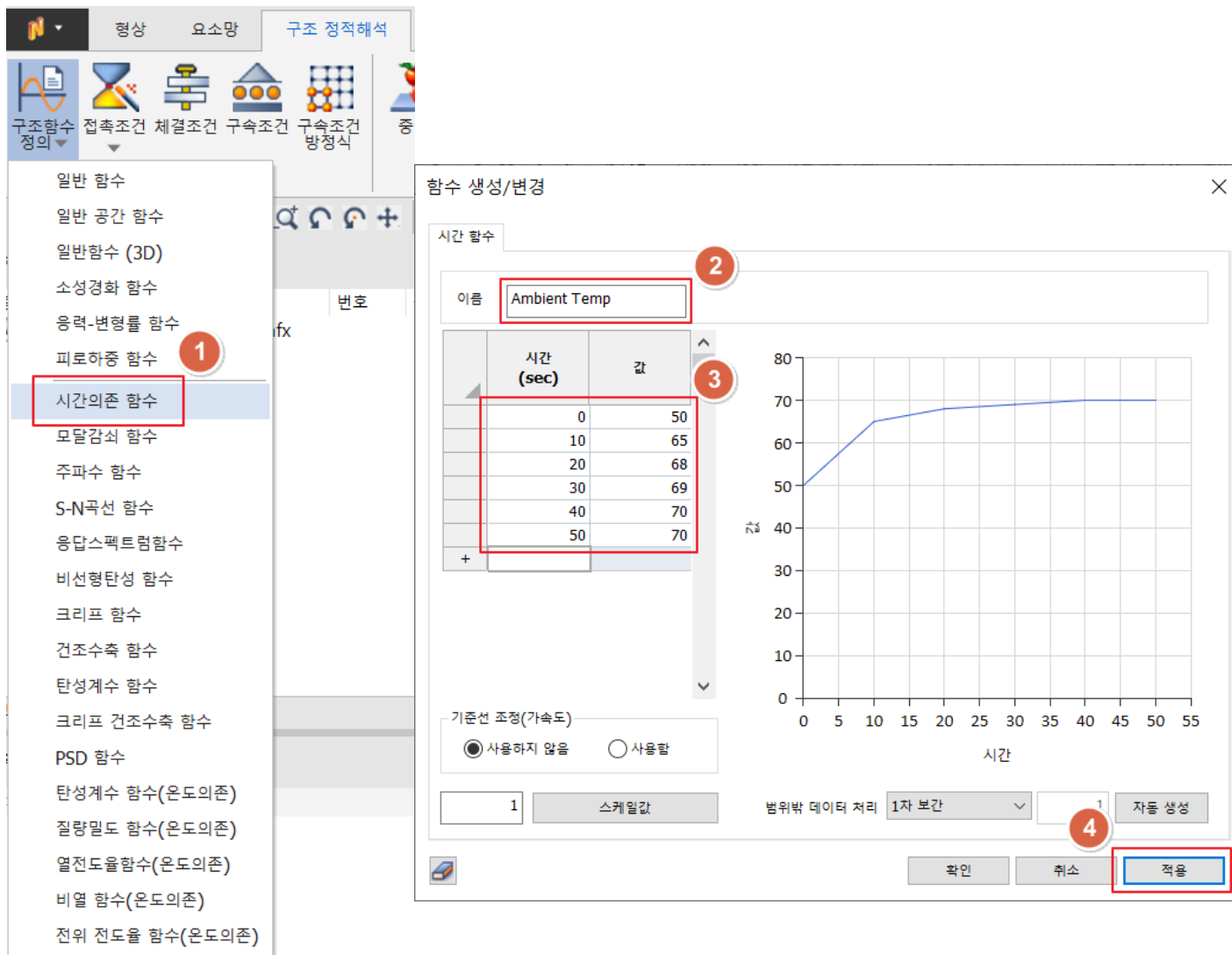
작업순서

1. [시간의존 함수] 클릭.
2. 이름: "Ambient Temp" 입력.
3. 시간 함수 입력

시간 (sec)	값
0	50
10	65
20	68
30	69
40	70
50	70

4. [적용] 버튼 클릭.

💡 시간에 따라 변화하는 외기온도를 함수로 정의합니다.



함수 생성/변경

시간 함수

이름: Ambient Temp

시간 (sec)	값
0	50
10	65
20	68
30	69
40	70
50	70

기준선 조정(가속도)
 사용하지 않음 사용할

범위 밖 데이터 처리 1차 보간

적용

시간

값

작업순서

1. 이름: "Temp_100" 입력.

2. 시간 함수 입력

시간 (sec)	값
0	50
10	90
20	100
40	100
50	100

3. [확인] 버튼 클릭.

💡 시간에 따라 변화하는 고정온도를 함수로 정의합니다.

함수 생성/변경 ×

시간 함수

이름 1

	시간 (sec)	값
	0	50
	10	90
	20	100
	40	100
	50	100

기준선 조정(가속도)

사용하지 않음 사용함

1




시간

범위밖 데이터 처리: 1차 보간


3

작업순서

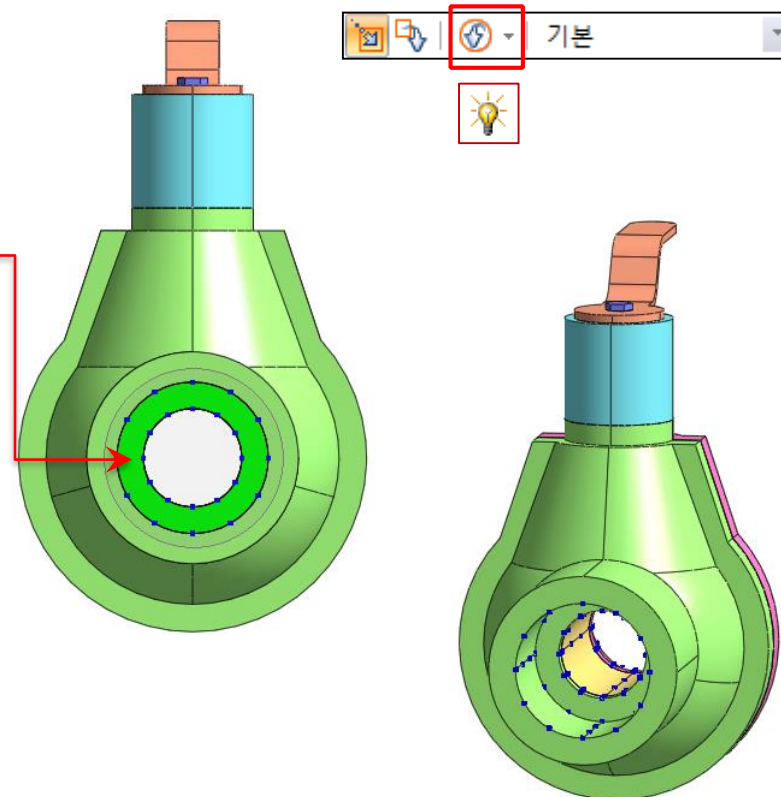
1. [고정온도] 클릭
2. 과도 온도 입력

하중세트	고정온도 
대상종류	면
대상선택	22개 선택
온도 계수	1 (T)
시간 함수	Temp_100 선택

3. [확인] 버튼 클릭.

 우측면 보기 상태에서 선택방법을 원형으로 하여 밸브 내부의 면들을 선택합니다.

시간 함수에 온도 입력값을 곱하여 과도 온도로 적용됩니다.



작업순서

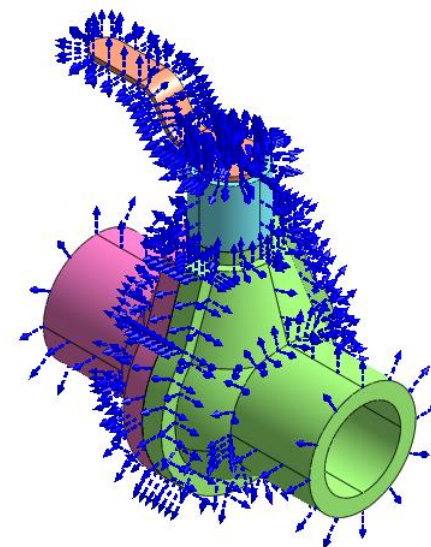
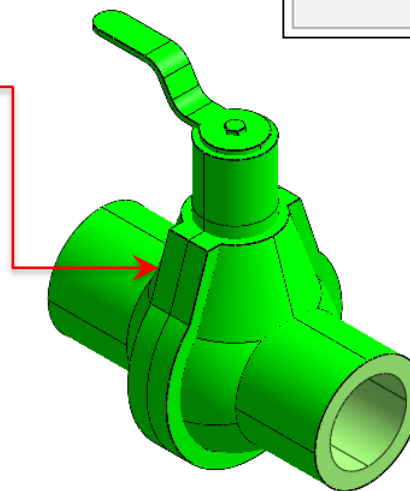
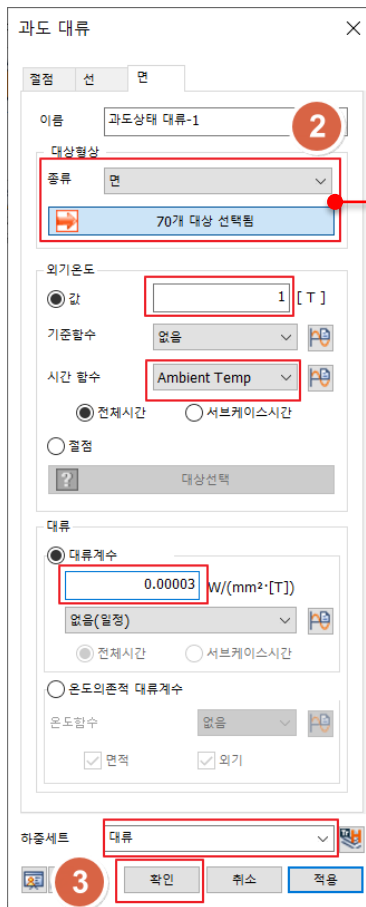
1. [대류] 클릭.
2. 과도 대류 입력

하중세트	대류
대상종류	면
대상선택	70개 선택
외기온도	1 (T)
시간 함수	Ambient Temp 선택
대류계수	3e-5 (W/(mm ² ·[T]))

3. [확인] 버튼 클릭.

💡 파트 상호간의 접촉이 있는 면을 제외한 밸브 외곽면들을 선택합니다. 임의의 면을 선택한 후에 “**피쳐각도 내의 인접한 선 또는 면 선택**” 을 클릭하면 주변의 면들을 편리하게 선택할 수 있습니다.

💡 시간 함수에 외기온도를 곱하여 과도 대류의 외기온도로 적용됩니다.

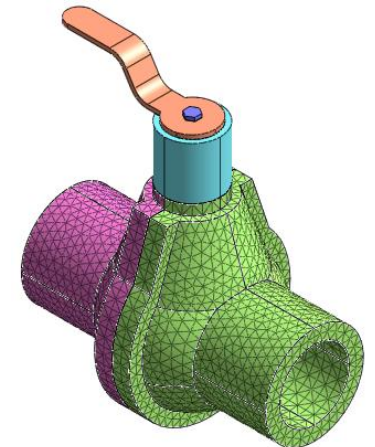
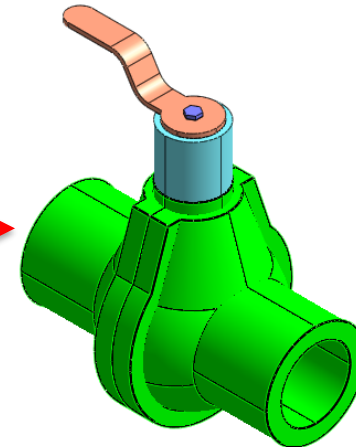


작업순서

1. [3D] 클릭
2. 솔리드 3개 선택. (그림 참조)
3. 요소 크기설정: "2.5" 입력
4. 고속 사면체 요소망 생성기 선택.
5. 특성 : [1: SUS316] 선택.
6. [적용] 버튼 클릭.

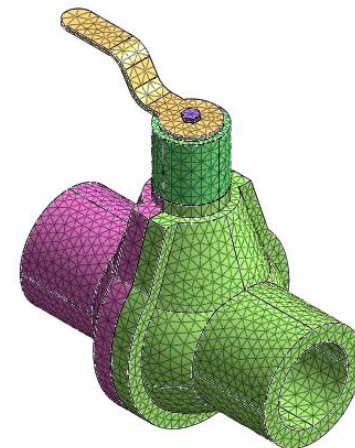
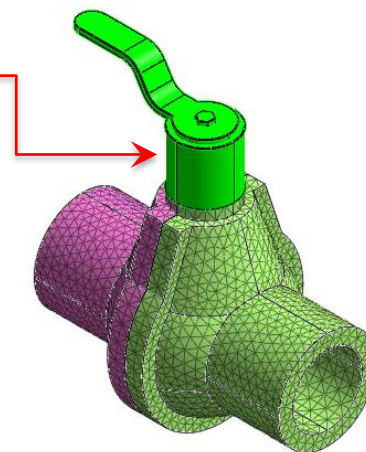
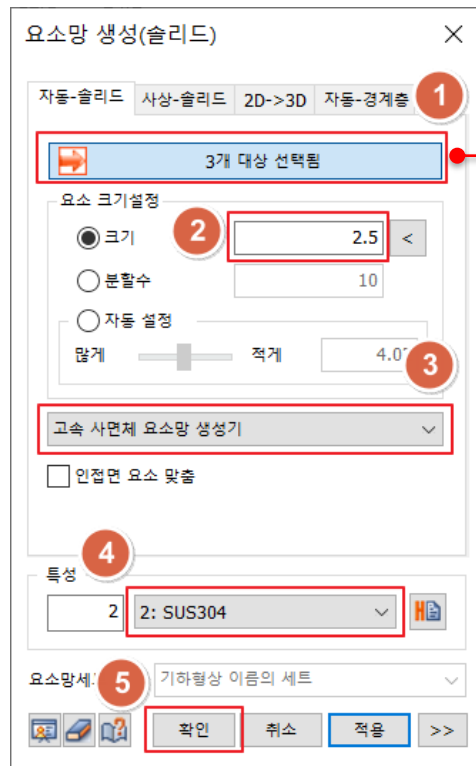
💡 '교차선택' 기능을 사용하여 내부의 파트까지 총 3개를 선택합니다.

💡 선택한 파트에 해당되는 특성을 지정합니다.



작업순서


1. 솔리드 3개 선택. (그림 참조)
2. 요소 크기설정: "2.5" 입력
3. 고속 사면체 요소망 생성기 선택.
4. 특성 : [2: SUS304] 선택.
5. [확인] 버튼 클릭.

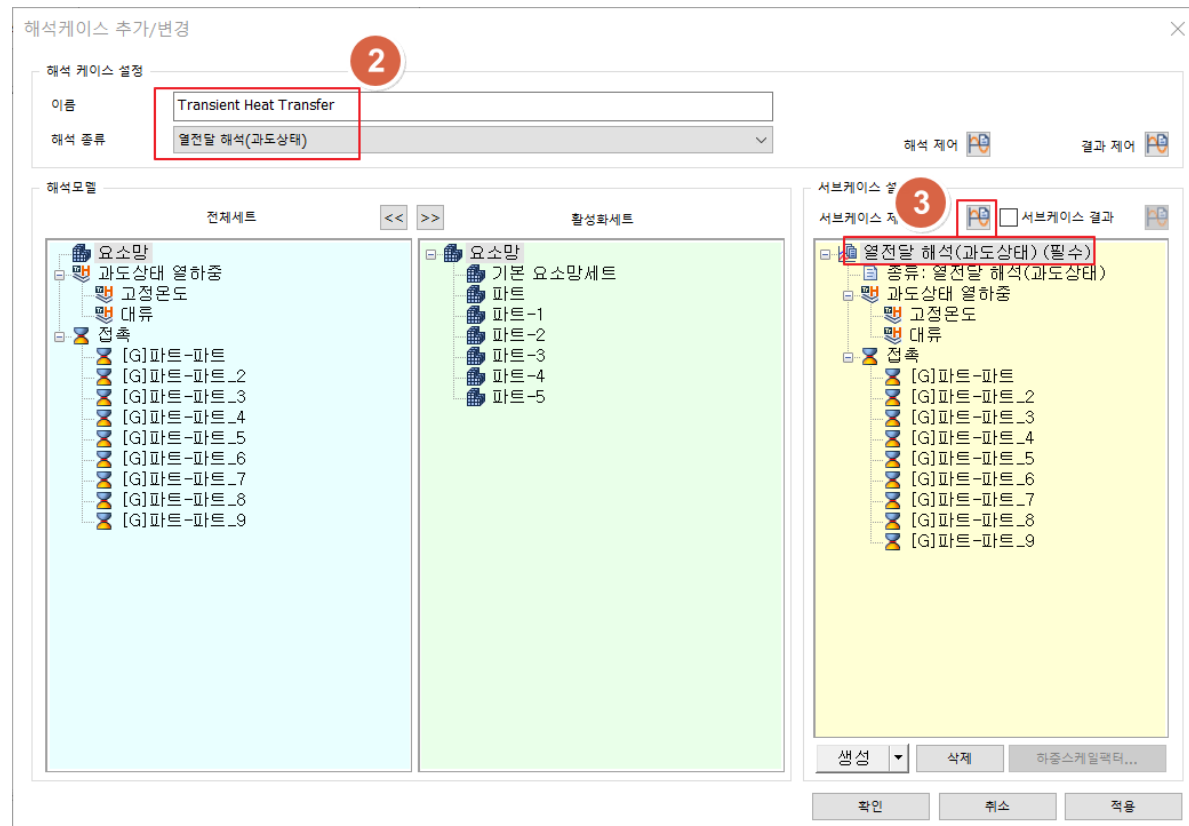


작업순서

1. [단일해석] 클릭
2. 해석케이스 설정

이름	Transient Heat Transfer
해석 종류	열전달 해석(과도상태)

3. [] (서브케이스 제어) 버튼 클릭.
(“열전달 해석(과도상태) (필수)” 서브케이스를 클릭해야 활성화됩니다.)



💡 기본적으로 현재 작업된 요소망세트, 경계조건, 하중조건 등이 모두 활성화됩니다.

작업순서

1. [과도상태 비선형] 탭 선택.
2. 목표시간스텝 설정
3. [일반] 탭 선택.
4. [초기온도] 체크 후, 50 입력..
5. [확인] 버튼 클릭.
6. [확인] 버튼 클릭.

전체 시간	300
시간 스텝 개수	60
중간 결과 출력	1

서브케이스 제어

과도상태 비선형 일반

목표시간스텝 설정

등간격

전체 시간: 300 sec

시간 스텝 개수: 60

중간 결과 출력: 1

자동 시간 스텝

중분당 최대 온도 변화: 5

초기시간 중분대비 최대시간 중분: 5

사용자 정의

시간스텝정의...

수렴기준 / 오류오차

변위 (U): 0.001

하중 (P): 0.001

일항 (W): 1e-06

종료 조건

센서: 없음 <= 값: 0

온도변화가 다음 값보다 작은 경우: 0 1/sec

고급 비선형 파라미터...

확인 취소

서브케이스 제어

과도상태 비선형 일반

초기온도(온도차=온도하중-초기온도)

초기 온도: 50 [T]

하중세트에 의한 초기온도: 없음

열전달 결과 저장하기

시작스텝: 0 스텝간격: 0

열전달 결과 불러오기

결과 제어

키스 결과

수) 상태)

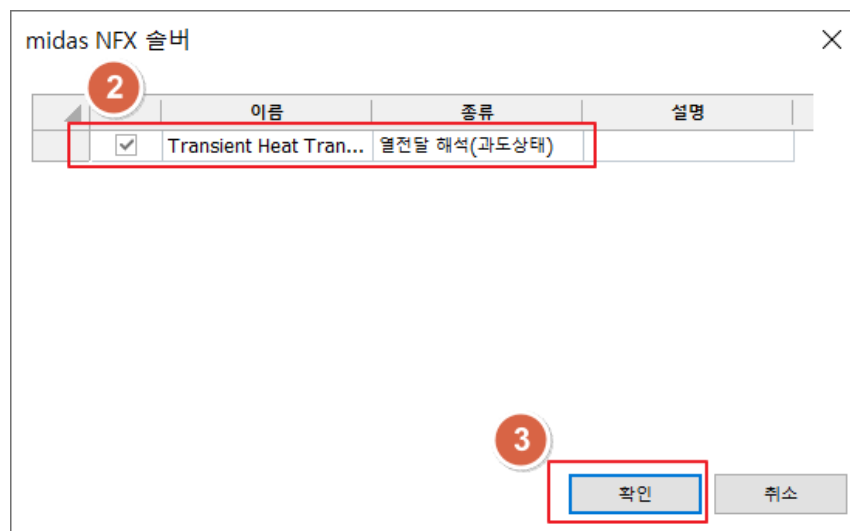
확인 취소

생성 삭제 하중스케일링...

확인 취소 적용

작업순서

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



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



midas NFX 슬버

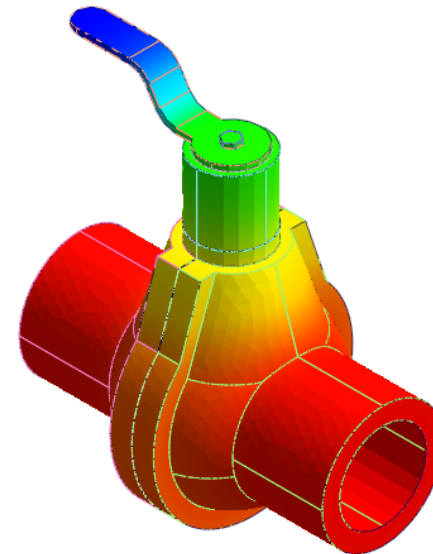
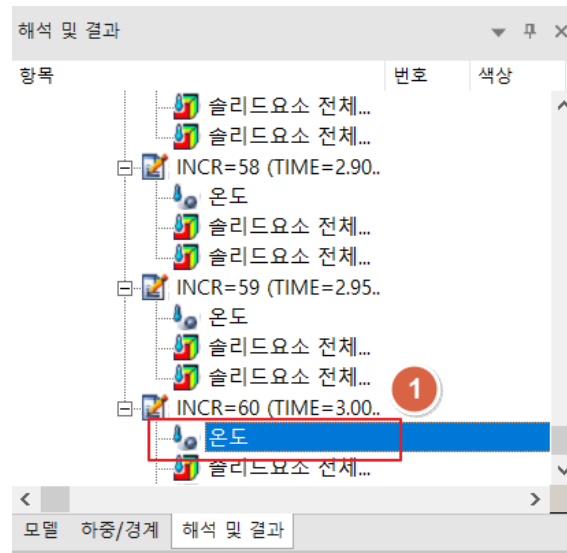
기다려 주십시오. NFX 슬버 동작 중...

해석중지!

작업순서

1. 해석 및 결과 작업트리에서 온도

더블 클릭.



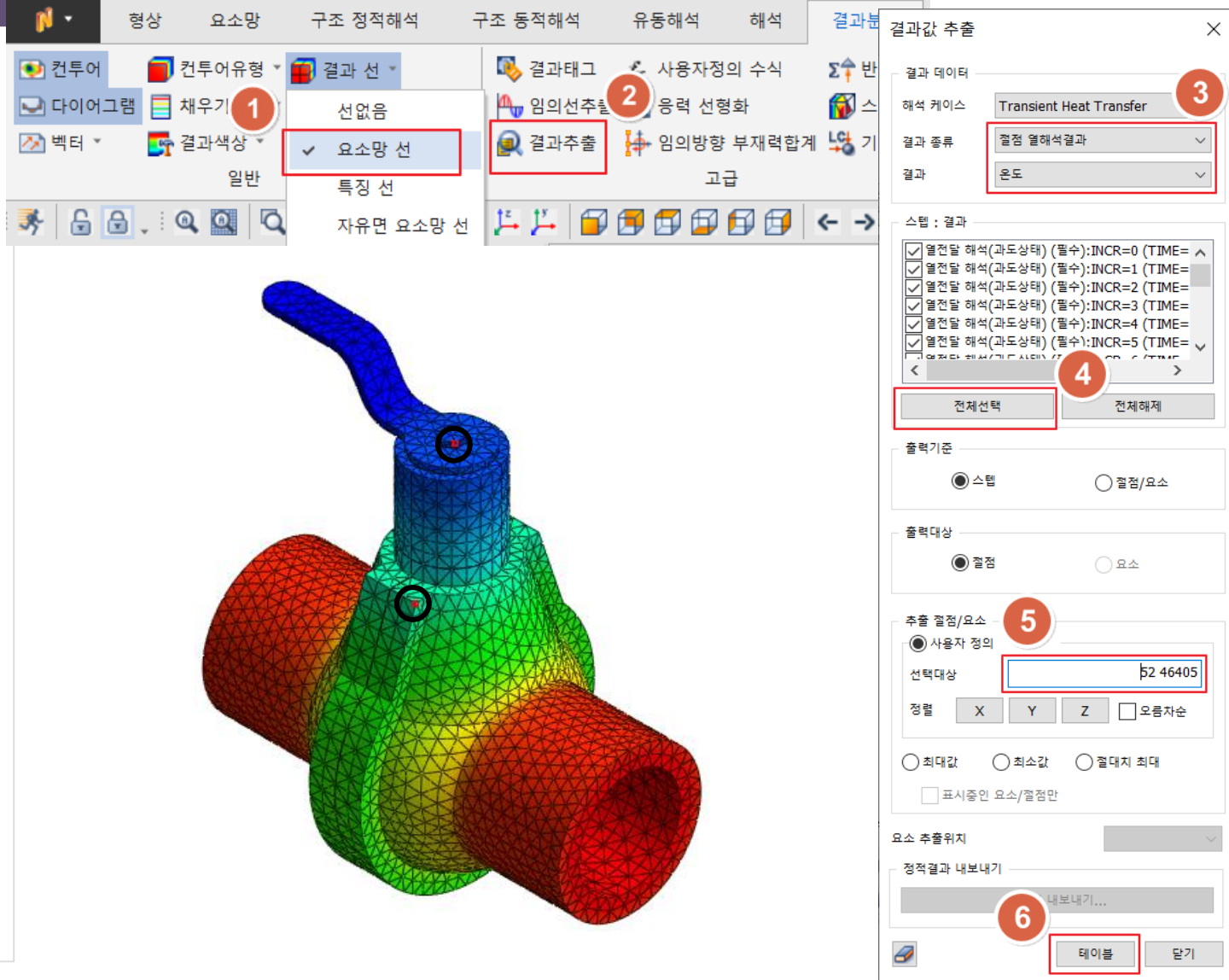
NODAL THERMAL TEMPERATURE, [T]

59.3%	+1.00000e+02
19.8%	+9.78039e+01
7.4%	+9.56078e+01
2.7%	+9.34117e+01
3.9%	+9.12156e+01
6.1%	+8.90195e+01
0.1%	+8.68234e+01
0.1%	+8.46273e+01
0.1%	+8.24312e+01
0.1%	+8.02351e+01
0.1%	+7.80390e+01
0.1%	+7.58429e+01
0.4%	+7.36468e+01

[DATA] Transient Heat Transfer, 열전달 해석(과도상태) (필수), INCR=60 (TIME=3.000e+02), [UNIT] N, mm

작업순서

1. 결과 선 : [요소망 선] 선택
2. 결과추출 클릭
3. 결과 종류 : [절점 열해석결과] 선택.
결과 : [온도] 선택.
4. [전부선택] 버튼 클릭.
5. 추출 절점/요소 : [O] 표시된 2개의 절점 선택. (그림참조)
6. [테이블] 버튼 클릭 후 결과값 확인.



결과값 추출

결과 데이터

해석 케이스: Transient Heat Transfer

결과 종류: 절점 열해석결과

결과: 온도

스텝 : 결과

열전달 해석(과도상태) (필수):INCR=0 (TIME=...)
 열전달 해석(과도상태) (필수):INCR=1 (TIME=...)
 열전달 해석(과도상태) (필수):INCR=2 (TIME=...)
 열전달 해석(과도상태) (필수):INCR=3 (TIME=...)
 열전달 해석(과도상태) (필수):INCR=4 (TIME=...)
 열전달 해석(과도상태) (필수):INCR=5 (TIME=...)
 열전달 해석(과도상태) (필수):INCR=... (TIME=...)

전체선택

전체해제

출력기준

스텝
 절점/요소

출력대상

절점
 요소

추출 절점/요소

사용자 정의

선택대상: 52 46405

정렬: X Y Z 오름차순

최대값
 최소값
 절대지 최대

표시중인 요소/결정만

요소 추출위치

정적결과 내보내기

내보내기...

테이블

닫기

작업순서

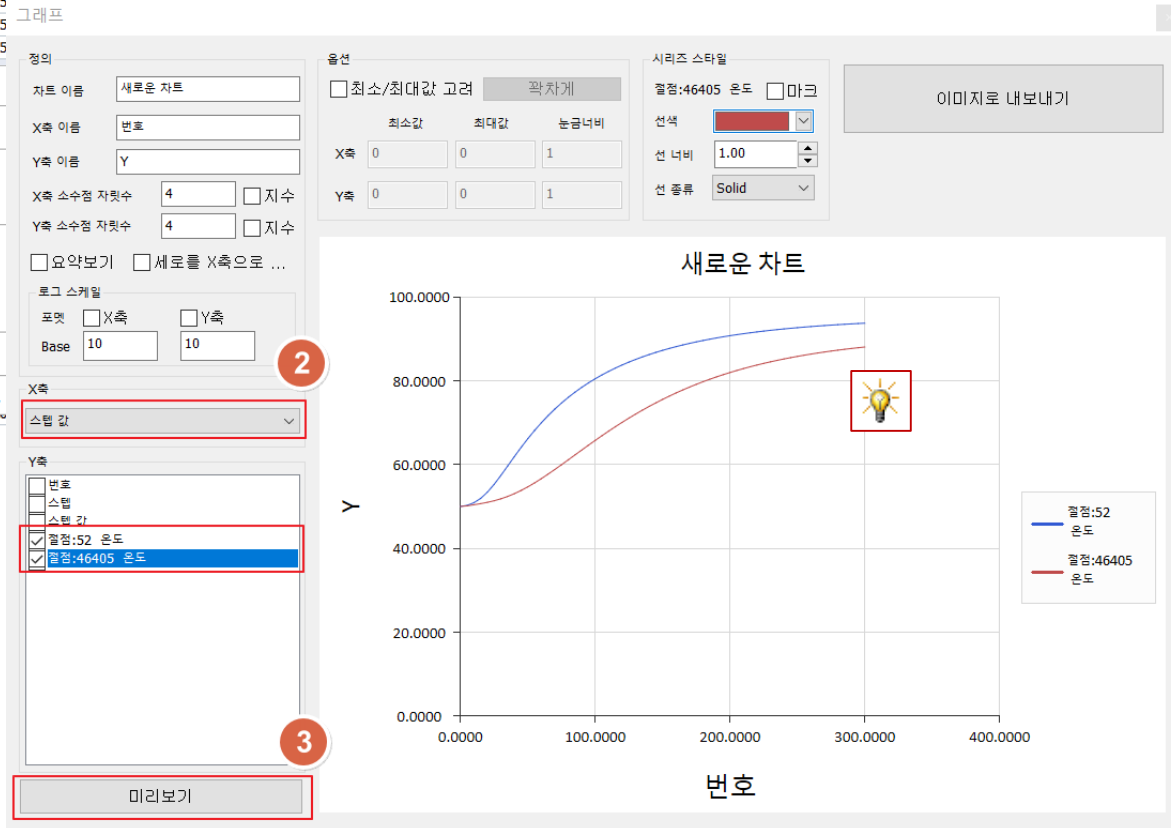
1. 마우스 오른쪽 클릭하여 [그래프 보기] 선택.

2. 그래프 옵션 설정

X축	스텝 값
Y축	절점 2개 체크

3. [미리보기] 버튼 클릭.

스텝 값	절점:52 온도 (T)	절점:46405 온도 (T)
0.000000e+00	5.000000e+01	5.000000e+01
5.000000e+00	5.025740e+01	5.014185e+01
1.000000e+01	5.089362e+01	5.039882e+01
1.500000e+01	5.191502e+01	5.066502e+01
2.000000e+01	5.340649e+01	5
2.500000e+01	5.527399e+01	5
3.000000e+01	5.739473e+01	5
3.500000e+01		
4.000000e+01		
4.500000e+01		
5.000000e+01		
5.500000e+01		
6.000000e+01		
6.500000e+01		
7.000000e+01		
7.500000e+01		
8.000000e+01		
8.500000e+01		
9.000000e+01		
9.500000e+01		
1.000000e+02		
1.050000e+02		
1.100000e+02		



정의

차트 이름: 새로운 차트

X축 이름: 번호

Y축 이름: Y

X축 소수점 자릿수: 4 지수

Y축 소수점 자릿수: 4 지수

요약보기 세로를 X축으로 ...

로그 스케일

포맷 X축 Y축

Base: 10 10

X축: 스텝 값

Y축:

- 번호
- 스텝
- 스텝 값
- 절점:52 온도
- 절점:46405 온도

미리보기

옵션

최소/최대값 고려 짝차게

최소값: 0 최대값: 1 눈금너비: 1

X축: 0 0 1

Y축: 0 0 1

시리즈 스타일

절점:46405 온도 마크

선색:

선 너비: 1.00

선 종류: Solid

이미지로 내보내기

새로운 차트

100.0000

80.0000

60.0000

40.0000

20.0000

0.0000

0.0000 100.0000 200.0000 300.0000 400.0000

번호

Y

절점:52 온도
 절점:46405 온도

💡 온도가 점차 증가하다가 더 이상 변화가 없는 정상상태에 접어들었음을 확인할 수 있습니다.

midas NFX 열전달

Part 1. 열전달 기초이론

Part 2. 열전달 해석(정상상태)

Part 3. 열전달 해석(과도상태)

Part 4. 열응력 해석

Contents

열변형률

- 온도가 상승하면 물체는 팽창, 온도가 하강하면 물체는 수축
- 열변형률(Thermal Strain)

$$\varepsilon_T = \alpha(\Delta T)$$

α : 열팽창계수

ΔT : 온도 변화량

- 열팽창계수 (coefficient of thermal expansion, [1/°C])
단위 온도당 발생하는 법선 변형률
- 길이가 L인 물체의 모든 영역의 온도변화가 균일할 때, 열변형량

$$\delta_T = \varepsilon_T L = \alpha(\Delta T)L$$

열응력

- 온도 변화에 의해 팽창/수축하는 물체에 어떤 제한도 없을 경우 물체에는 어떠한 내력도 발생하지 않음



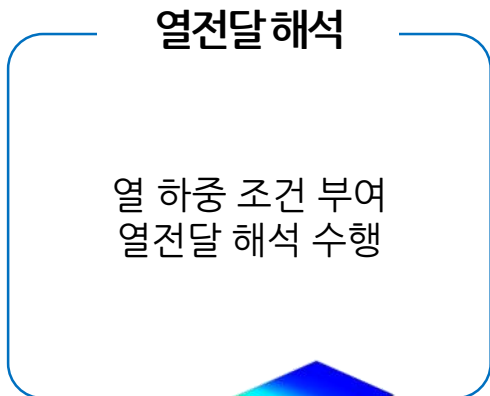
- 온도 변화에 의해 팽창/수축하는 물체의 변형이 제한되는 경우 내력이 발생하고, 내력에 의해 발생하는 응력이 열응력(Thermal Stress)



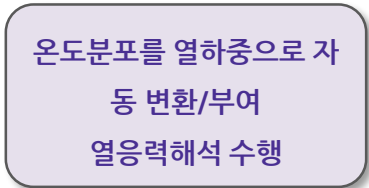
$$\sigma_T = \varepsilon_T \times E = \alpha(\Delta T) \times E \quad (\text{Hook's Law : } \sigma = E\varepsilon)$$

열응력 해석

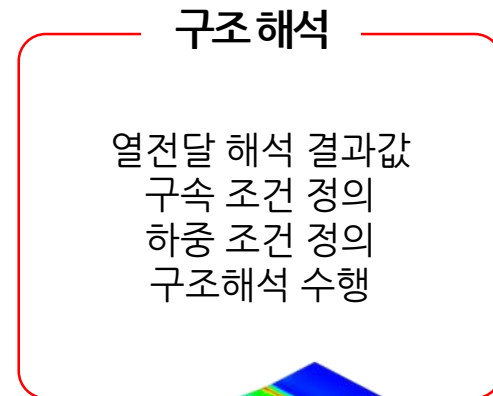
- 열전달 해석을 수행하여 온도분포 결과를 열하중으로 변환하여 구조해석을 수행, 열변형/열응력을 구하는 해석



열전달 해석을 통한
온도 분포 결과



열전달 해석과 정적해석 연계



온도하중에 따른 변형 확인

열응력 해석 조건

- 열팽창계수 입력 : 열응력 해석을 수행하기 위해서는 기본적인 구조물성값 (탄성계수, 푸아송비, 밀도)과 함께 열팽창계수를 입력해야 함
- 초기온도 : 열전달이 시작되기 전 모든 절점의 초기온도를 지정 (ΔT 를 계산하기 위해 초기온도가 반드시 입력되어야 함)

AISI 1060 색상

선형 탄소성 초탄성 온도 의존

구조		열응력	
탄성계수	212000 N/mm ²	열팽창계수	1.1e-005
푸아송비	0.29	참조온도	0 [T]
질량밀도	7.85e-006 kg/mm ³		

구조해석 물성

열전도	
전도율	0.0505 W/(mm·[T])
비열	500 J/(kg·[T])
발열계수	1

열해석 물성

<열응력해석을 수행하기 위해 입력해야 하는 재료값>

해석 제어 결과 제어

서브케이스 설정 서브케이스 제어 서브케이스 결과

비선형 전사 열전달 해석 (필수)

해석 제어

비선형 일반

초기온도

초기 온도 25 [T]

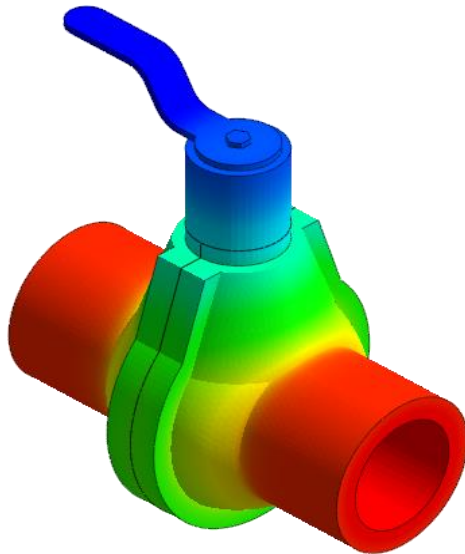
하중세트에 의한 초기온도 없음

<모든 절점의 초기 온도를 25도로 설정>

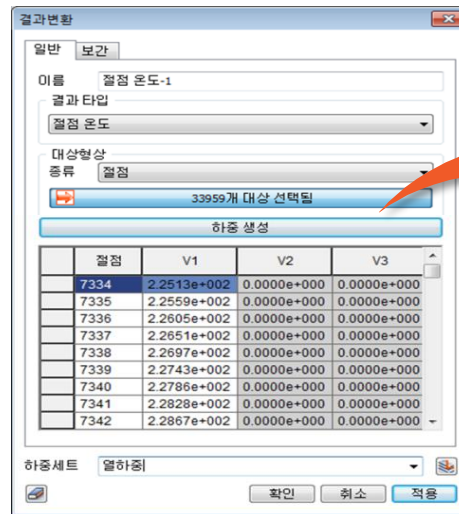
열응력 해석 조건

- 구속조건 : 물체의 변형을 제한하는 구속조건이 입력되어야 함
- 하중조건 : 온도변화 이외에 변형을 일으키는 하중조건을 입력
- 열하중 : 온도차를 구조해석의 하중으로 변환하여 부여함

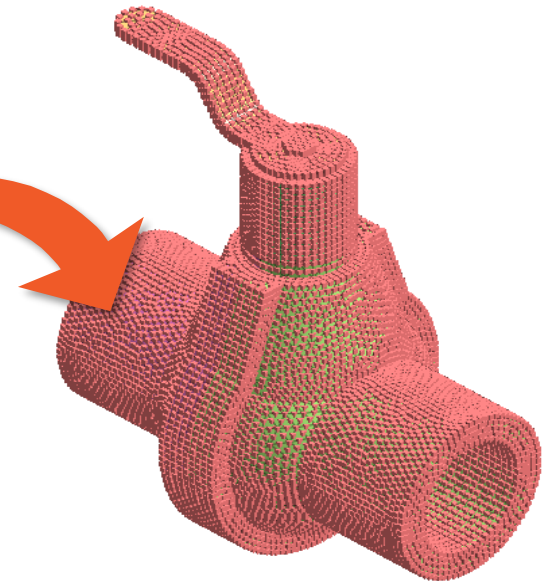
(열응력 해석케이스로 결과 변환 과정 자동화)



<열해석 수행>

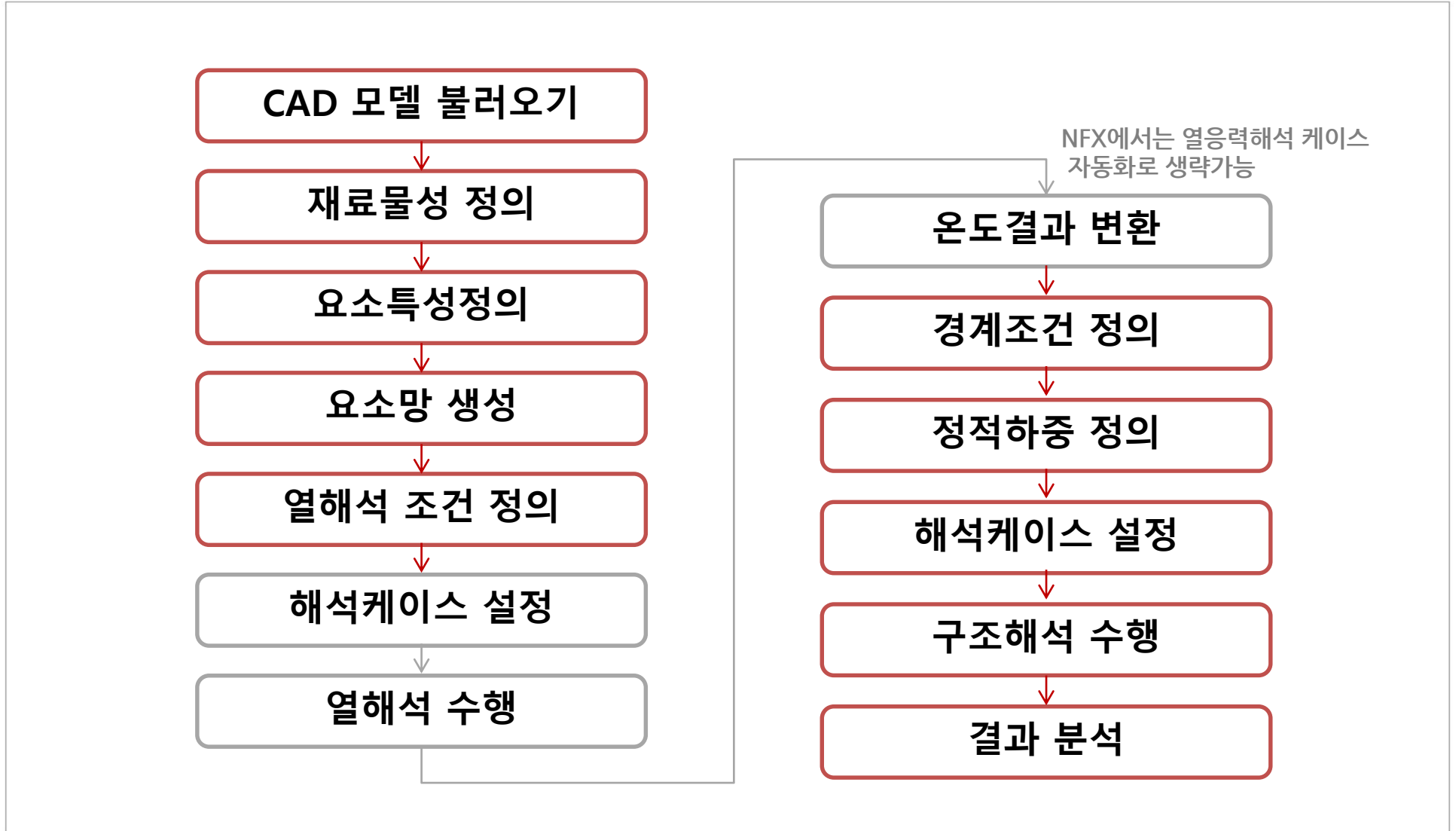


<절점 온도를 열하중으로 변환>



<열하중 적용>

열응력 해석 순서



Training Session

예제6. Chip

(정상상태 열응력해석)

개요

➤ 정상상태 열응력해석

- 단위 : N, mm
- 기하모델: Chip.x_t
- 재질 : Copper
Ceramic

➤ 경계조건과 하중조건

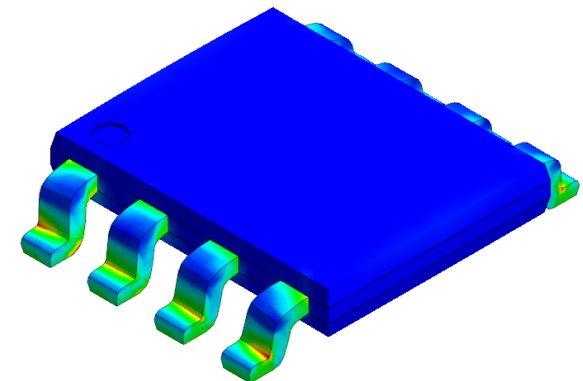
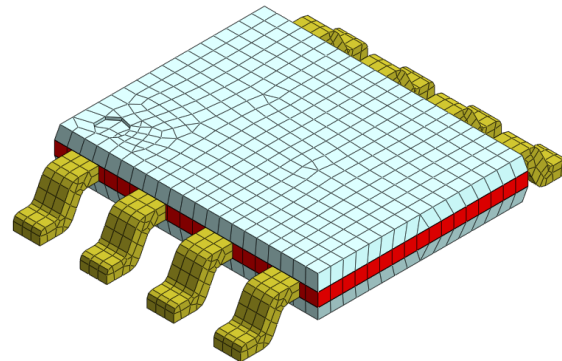
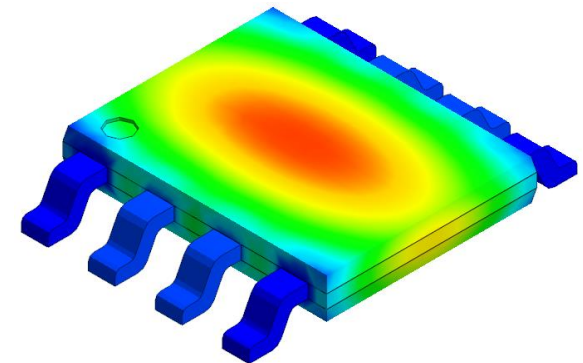
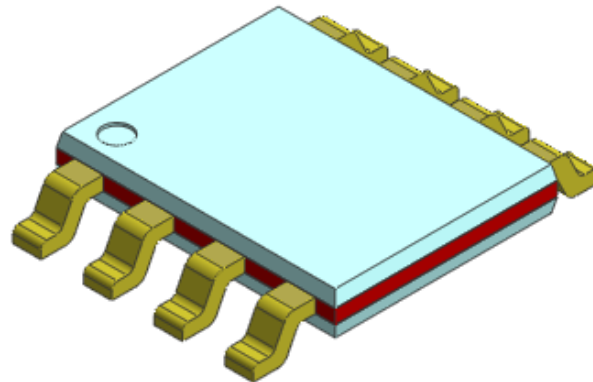
- 발열조건 : $0.01\text{W}/\text{mm}^3$
- 대류조건
- 외부온도 : 20도
- 대류계수 : $2e-5\text{ W}/\text{mm}^2[\text{T}]$
- 구속조건 : 고정(하단)

➤ 결과확인

- 온도
- 변위
- 응력

Chip

(정상상태 열응력해석)



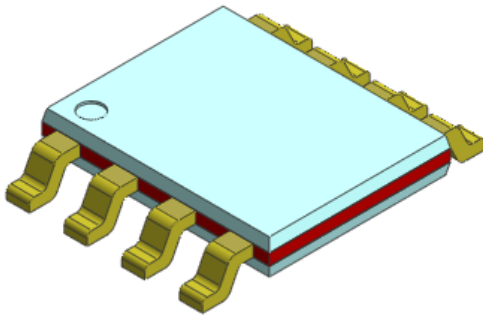
따라하기 목적

➤ midas NFX를 이용한 정상상태 열응력해석의 수행 및 기능 이해

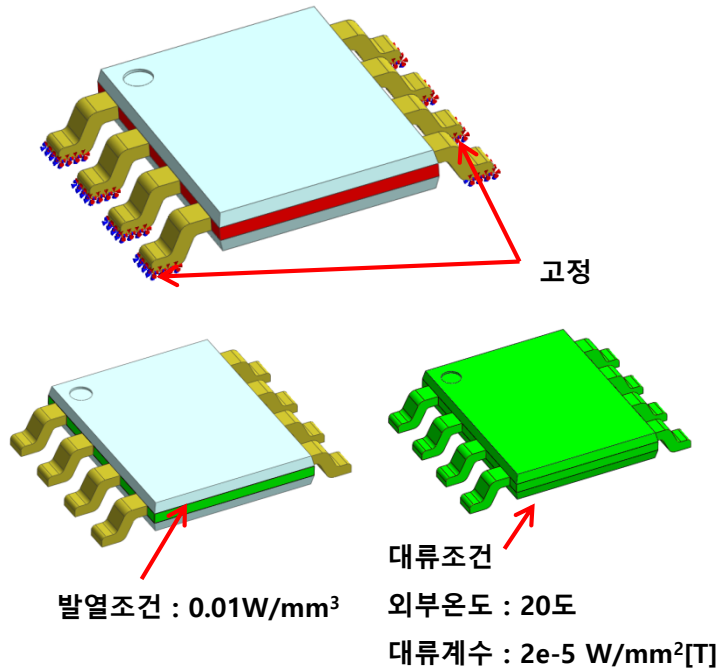
- 열전달해석의 온도 결과를 하중으로 자동 변환하여 열응력해석을 수행합니다.
- 열전달해석에서 사용하는 해석조건(발열, 대류)과 열응력해석에 필요한 구속조건을 한 번에 정의합니다.
- 열전달해석과 열응력해석의 주요 결과들을 확인합니다.

해석 개요

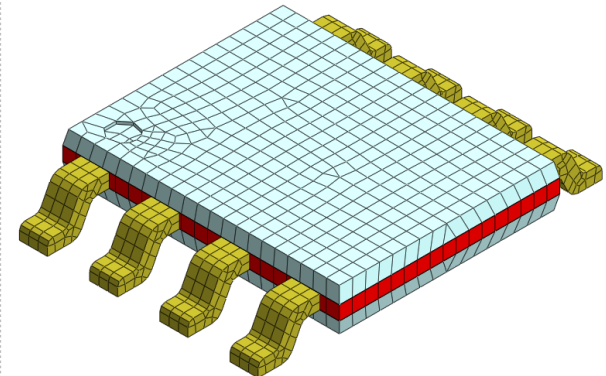
➤ 대상 모델





➤ 해석조건 (발열조건, 대류조건, 고정구속)

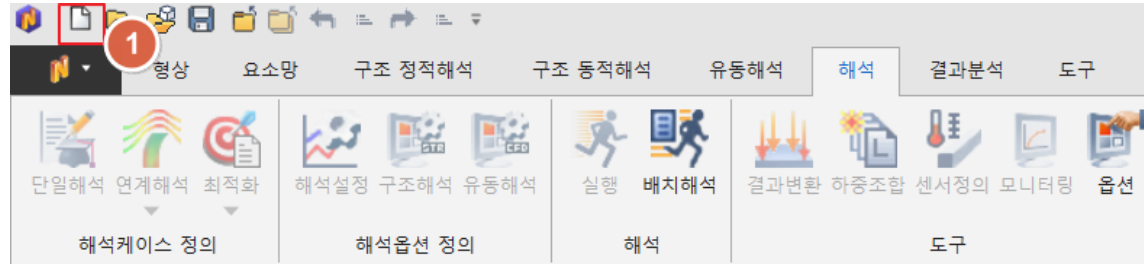


➤ 유한요소 모델



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.



해석조건 설정

프로젝트명 담당자

설명

모델 종류

3차원/일반모델 2

2차원모델

축대칭

단위계 3

N mm J sec

중력가속도(g) mm/sec²

4

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

5 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: **Chip.x_t** 선택
3. [열기(O)] 버튼 클릭.

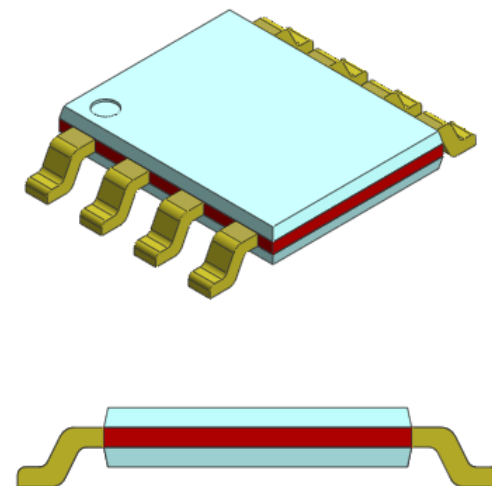
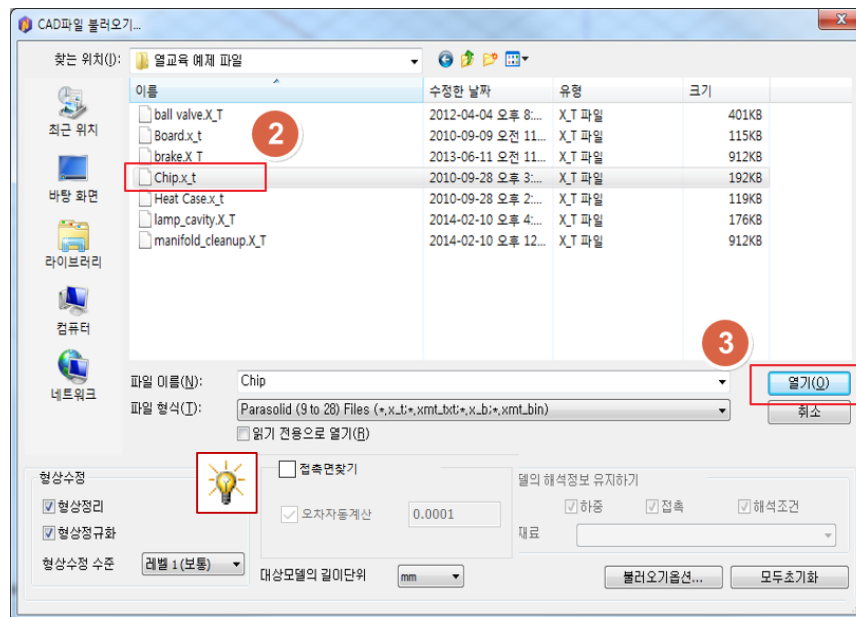
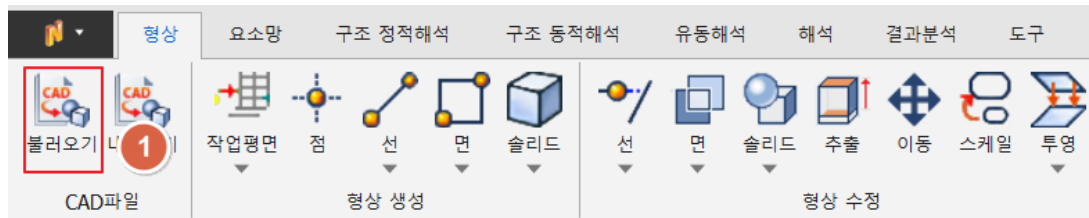
💡 [접촉면찾기] 체크 해제.

※ 프로그램이 설치된 하위 폴더의

ManualsWTutorialsWFiles 폴더 안에
따라하기의 모델들이 있습니다.

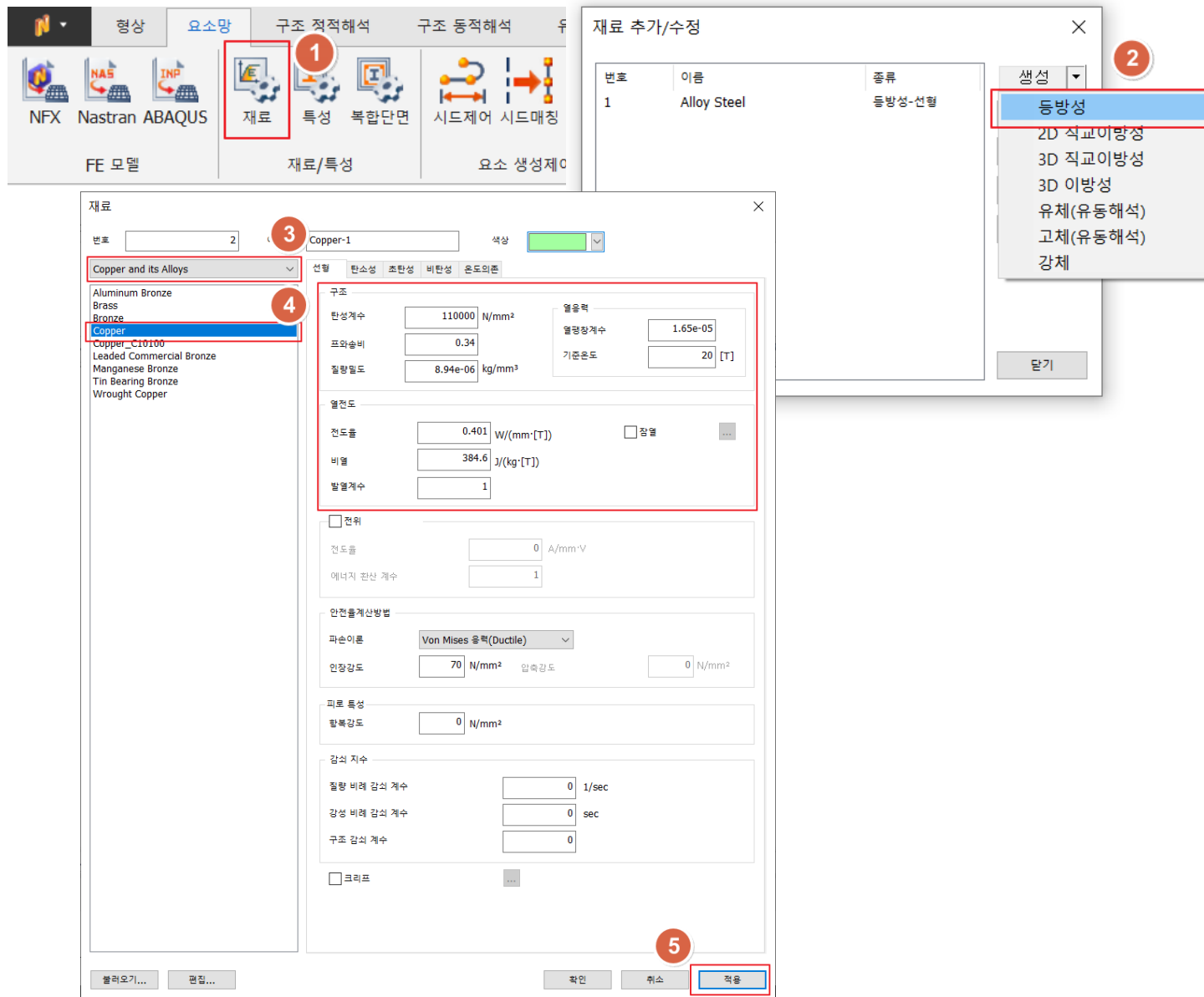
💡 모델을 불러올 때 [접촉면 찾기]를
체크하면, 파트 별 접촉이 [일체거동
접촉]으로 자동 설정됩니다.

본 따라하기에서는 대류조건을 위한
슬리드 교차연산 작업을 위하여 별도
로 접촉조건을 정의하도록 합니다.



작업순서

1. [재료] 클릭
2. 생성 >> 등방성 클릭
3. 재료 DB 리스트에서 **Copper and its Alloy** 선택.
4. **Copper** 선택.
5. [적용] 버튼 클릭.



재료 추가/수정

번호	이름	종류	생성
1	Alloy Steel	등방성-선형	등방성

등방성

- 2D 직교이방성
- 3D 직교이방성
- 3D 이방성
- 유체(유동해석)
- 고체(유동해석)
- 강체

닫기

재료

번호 2 Copper-1 색상

Copper and its Alloys

- Aluminum Bronze
- Brass
- Bronze
- Copper**
- Copper_C10100
- Leaded Commercial Bronze
- Manganese Bronze
- Tin Bearing Bronze
- Wrought Copper

구조

탄성계수	110000	N/mm ²	열팽창계수	1.65e-05
프와슬비	0.34		기준온도	20 [T]
질량밀도	8.94e-06	kg/mm ³		

열전도도

전도율	0.401	W/(mm·[T])	<input type="checkbox"/> 잠열
비열	384.6	J/(kg·[T])	
발열계수	1		

전위

전도율	0	A/mm·V
에너지 전산 계수	1	

안전율계산방법

파손이론 Von Mises 응력(Ductile)

안전강도	70	N/mm ²	입속강도	0	N/mm ²
------	----	-------------------	------	---	-------------------

피로 특성

활복강도	0	N/mm ²
------	---	-------------------

감시 지수

질량 비례 감시 계수	0	1/sec
강성 비례 감시 계수	0	sec
구조 감시 계수	0	

크리프


적용

💡 선택한 재료의 물성치가 자동으로 입력됩니다.

열전달과 열응력해석에 필요한 모든 물성치가 입력되어야 합니다.

작업순서

1. 재료 DB 리스트에서 **Other Non-metals**를 선택.
2. **Ceramic Porcelain** 선택.
3. **[확인]** 버튼 클릭.

 선택한 재료의 물성치가 자동으로 입력됩니다.
열전달과 열응력해석에 필요한 모든 물성치가 입력되어야 합니다.

재료
×

번호 1

Other Non-metals 2

- Air
- Ceramic Porcelain
- GEZ14
- Glass
- Glass ceramic-0330
- Glass ceramic-9606
- Glass ceramic-9658
- Glass ceramic-MCR
- Rubber
- Water

Ceramic Porcelain-1 색상

선택 탄소성 조탄성 비탄성 온도 의존

구조

탄성계수 N/mm² 열팽창계수

프와솔비 기준온도 [T]

중량밀도 kg/mm³

열전도

전도율 W/(mm·[T]) 참열 ...

비열 J/(kg·[T])

발열계수

전위

전도율 A/mm·V

에너지 환산 계수

안전율계산방법

파손이론 입속강도 N/mm²

인장강도 N/mm²

피로 특성

발목강도 N/mm²

감쇠 지수

질량 비례 감쇠 계수 1/sec

강성 비례 감쇠 계수 sec

구조 감쇠 계수

크리프 ...

불러오기...
편집...
3
확인
취소
적용

작업순서

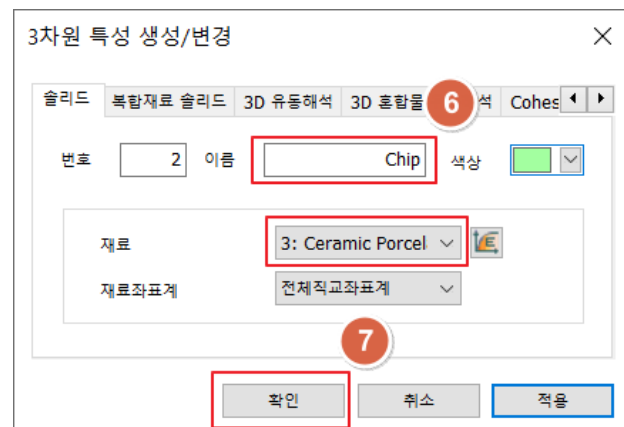
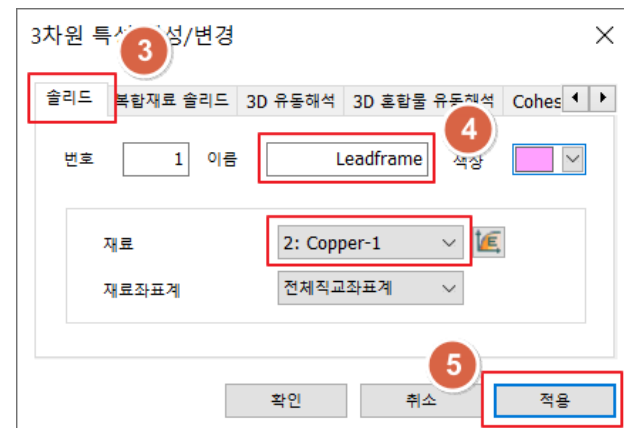
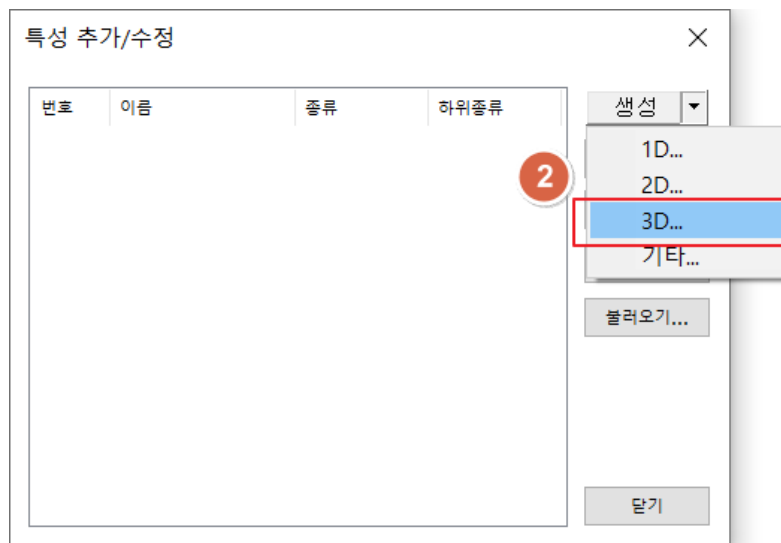
1. [특성] 클릭
2. 생성 >> 3D 클릭
3. [솔리드] 탭 선택..
4. 특성 입력

번호	1
이름	Leadframe
재질	2: Copper-1


5. [적용] 버튼 클릭.
6. 특성 입력

번호	2
이름	Chip
재질	3: Ceramic Porcelain-1

7. [확인] 버튼 클릭.




작업순서

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

경계조건세트	고정구속
대상종류	면 
대상선택	8개 선택
조건	고정구속

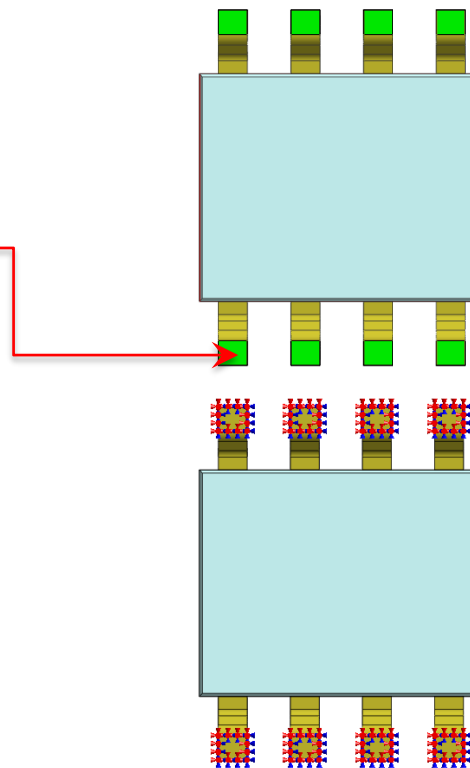
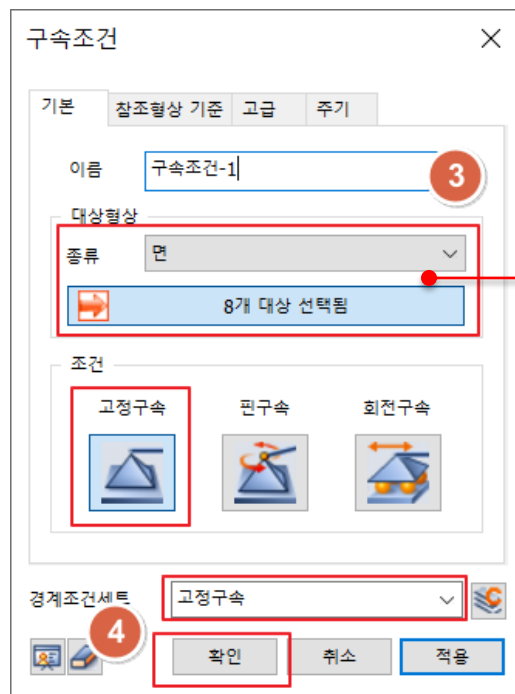
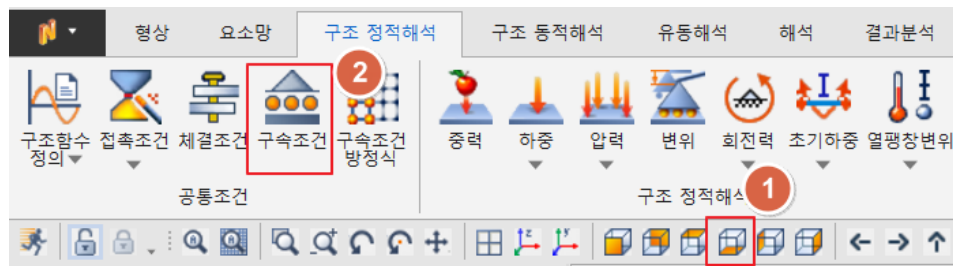
4. [확인] 버튼 클릭.

 열응력해석을 위한 구속조건을 입력합니다.

고정구속: X, Y, Z 병진자유도 및 회전 자유도 구속

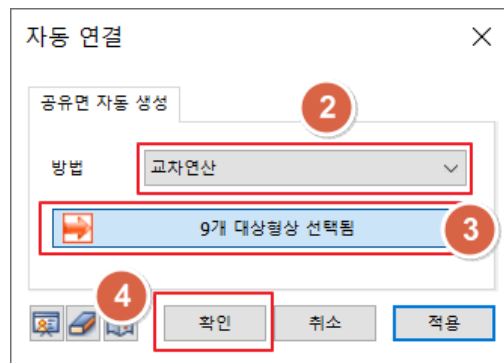
핀구속: X, Y, Z 병진자유도만 구속

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

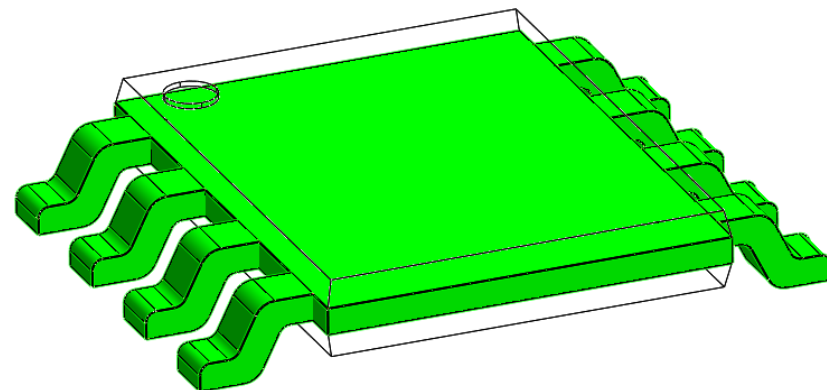


작업순서

1. [자동연결] 클릭.
2. 교차연산 선택
3. 솔리드 9개 선택. (그림 참조)
4. [확인] 버튼 클릭.



💡 파트 상호 간의 접촉이 있는 면은 대류조건에서 제외되어야 합니다. 교차연산을 통해 접해 있는 면을 분할하여 대류조건 정의 시에 해당 면을 제외할 수 있도록 합니다.

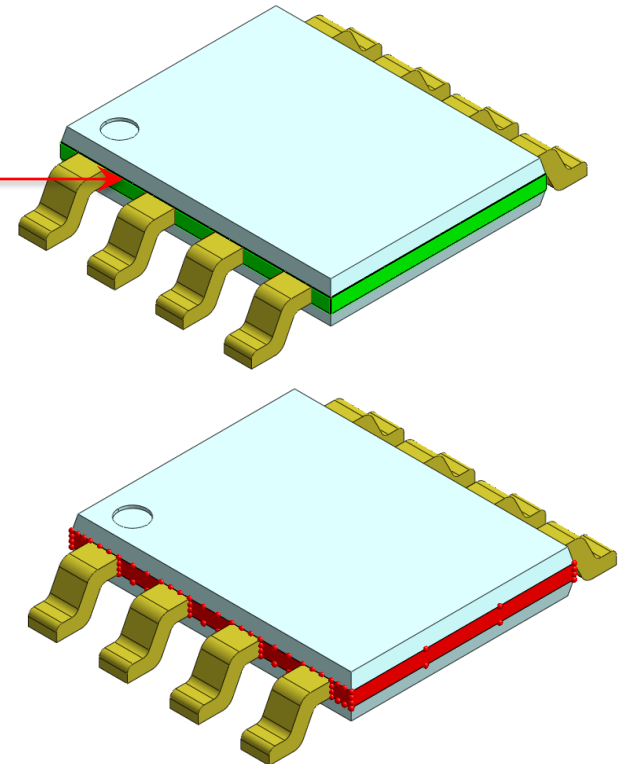
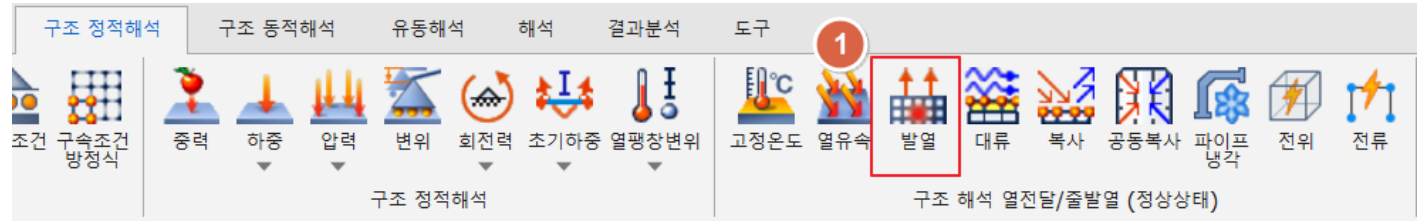


작업순서

1. 발열조건 입력

하중세트	Heat Source
대상종류	파트
대상선택	1개 선택
발열	0.01 (W/mm ³)


2. [확인] 버튼 클릭.



작업순서


1. [발열] 클릭

2. 모델 작업트리 >> 기하형상 >> 형상


세트 >> 솔리드 에서  을 제외한


솔리드에 체크 해제.

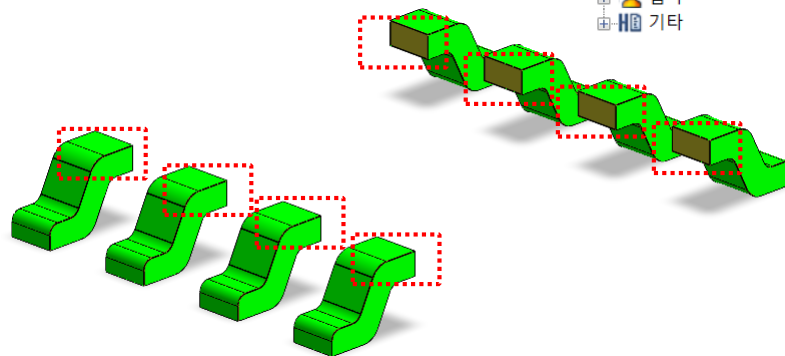
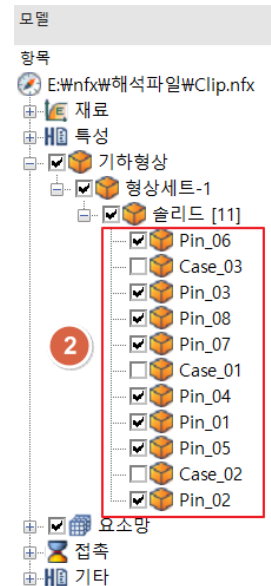
3. 대류조건 입력

이름	Convection
대상종류	면 
대상선택	112개 면 선택
외기온도	20 (T)
대류계수	2e-5 (W/mm ² ·[T])


4. [적용] 버튼 클릭.

 보이기/감추기를 이용하여 파트 별로 대류조건을 입력합니다.

 전체선택 후에 Case와 접하는 8개의 면을 선택제외 합니다.




작업순서


1. 모델 작업트리 >> 기하형상 >> 형상 세트 >> 솔리드 에서 Case_01과 Case_02 에만 체크 

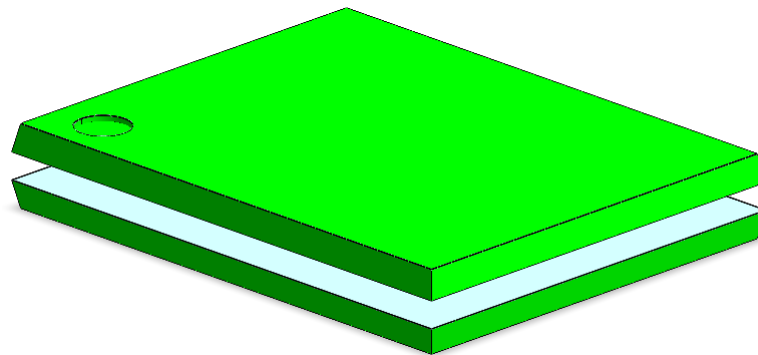
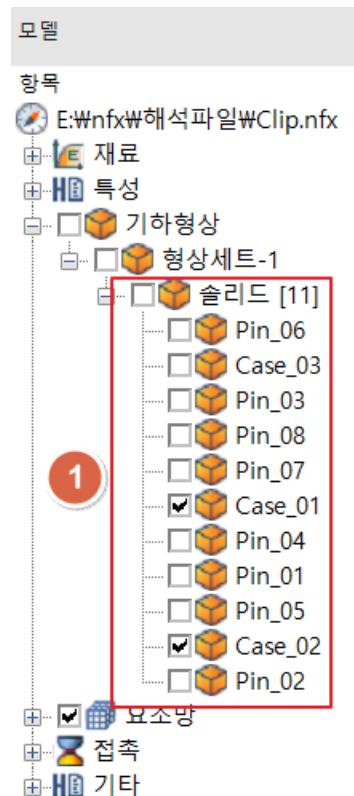
2. 대류조건 입력

하중세트	Convection
대상종류	면
대상선택	15개 면 선택
외기온도	20 (T)
대류계수	2e-5 (W/mm ² ·[T])


3. [적용] 버튼 클릭.

 보이기/감추기를 이용하여 파트 별로 대류조건을 입력합니다.


 전체선택 후에 Case03과 접하는 중앙 2개의 면을 선택제외 합니다.




작업순서


1. 모델 작업트리 >> 기하형상 >> 형상 세트 >> 솔리드 에서 Case_03 에만 체크. 

2. 대류조건 입력

하중세트	Convection
대상종류	면
대상선택	12개 면 선택 
외기온도	20 (T)
대류계수	2e-5 (W/mm ² ·[T])

3. [확인] 버튼 클릭.

 보이기/감추기를 이용하여 파트 별로 대류조건을 입력합니다.

 전체선택 후에 Pin, Case01, Case02와 접하는 좌우 8개의면, 상하 2개의 면을 선택제외 합니다.

대류

대상형상: 대류-3

종류: 면 12개 대상 선택됨

외기온도: 값 [T]

기준함수: 없음

결점

? 대상선택

대류: 대류계수 W/(mm²·[T])

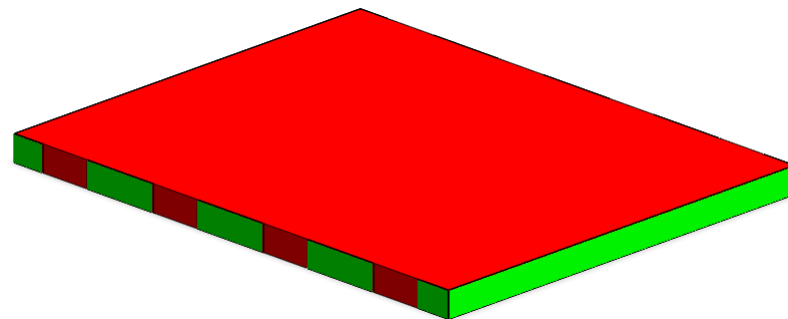
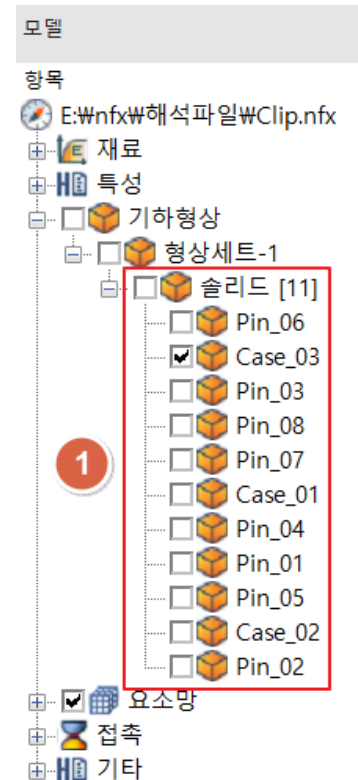
온도의존적 대류계수

온도함수: 없음

면적 외기

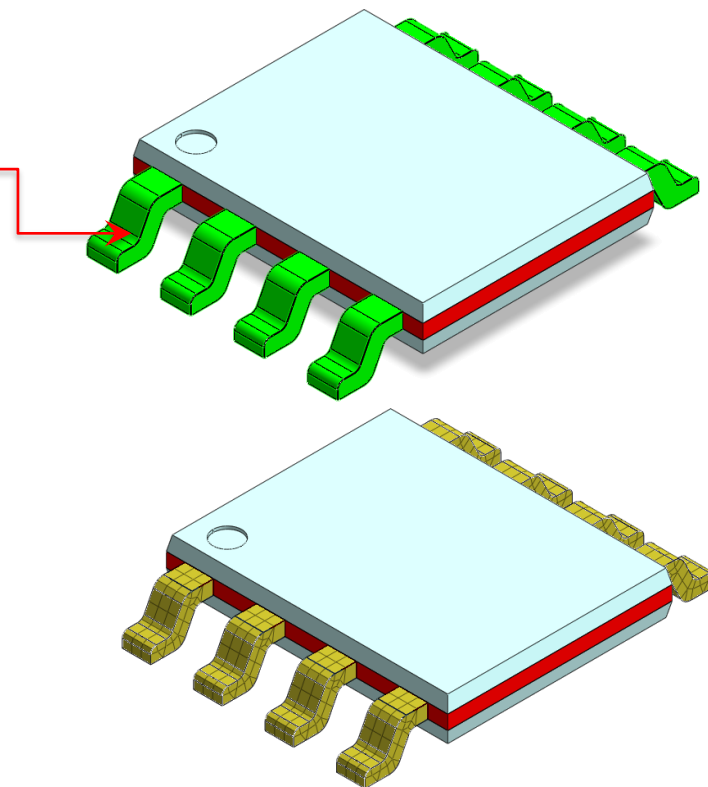
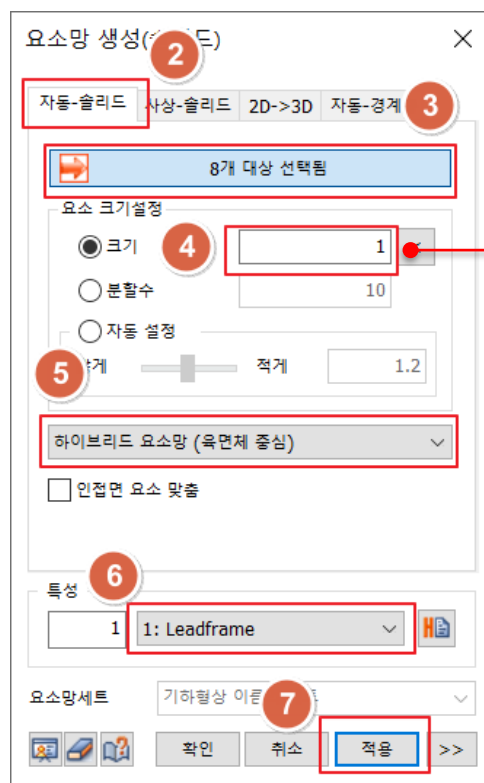
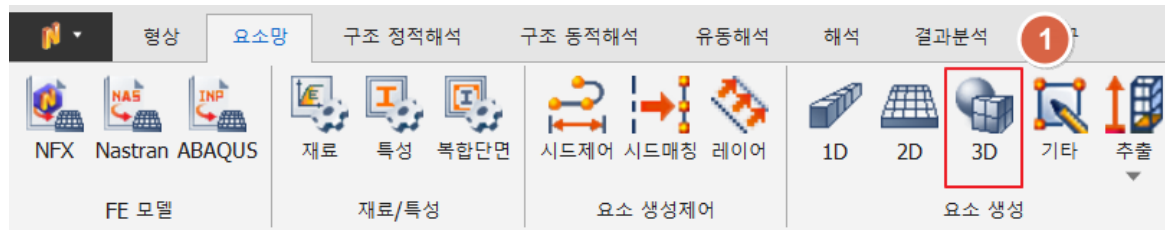
하중세트: Convection

3
확인
취소
적용



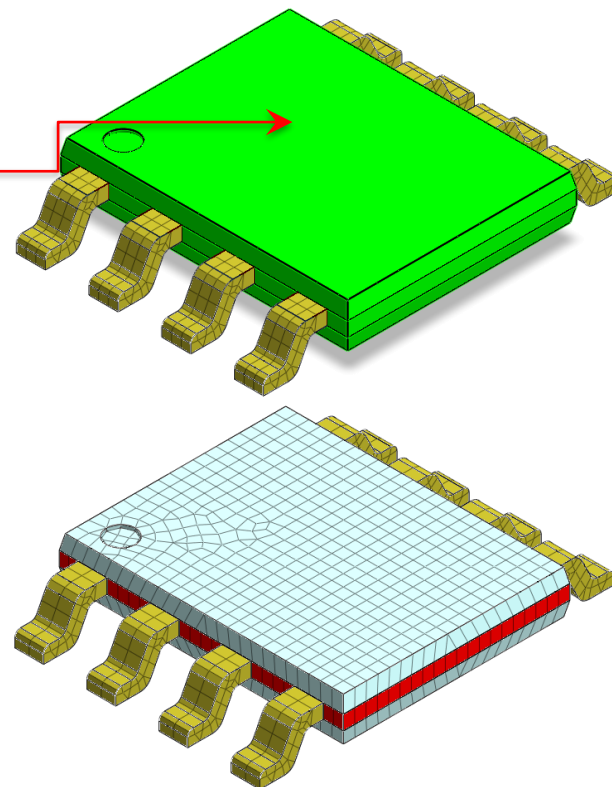
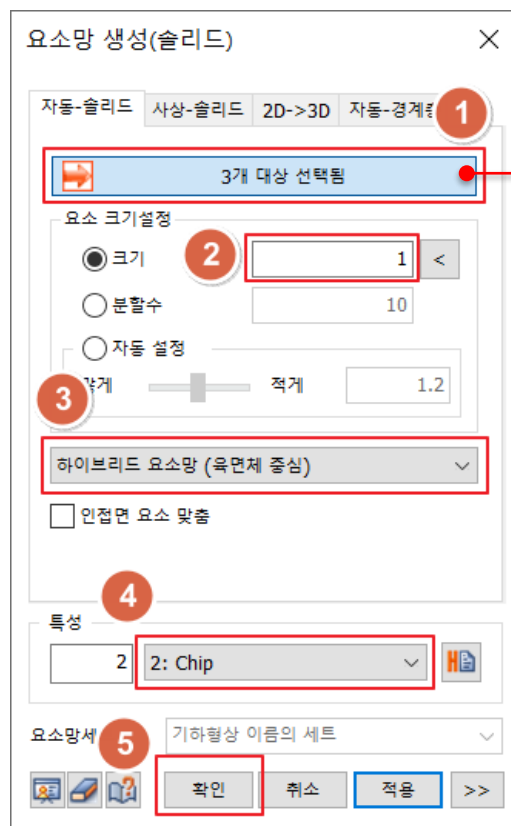
작업순서

1. [3D] 클릭
2. 자동솔리드 탭 선택
3. 솔리드 8개 선택. (Pin, 그림 참조)
4. 크기 "1" 입력
5. 하이브리드 요소망(육면체 중심) 선택.
6. 특성 : [1: Leadframe] 선택.
7. [적용] 버튼 클릭.



작업순서

1. 솔리드 3개 선택. (Case, 그림 참조)
2. 크기 "1" 입력
3. 하이브리드 요소망(육면체 중심) 선택.
4. 특성 : [2: Chip] 선택.
5. [확인] 버튼 클릭.

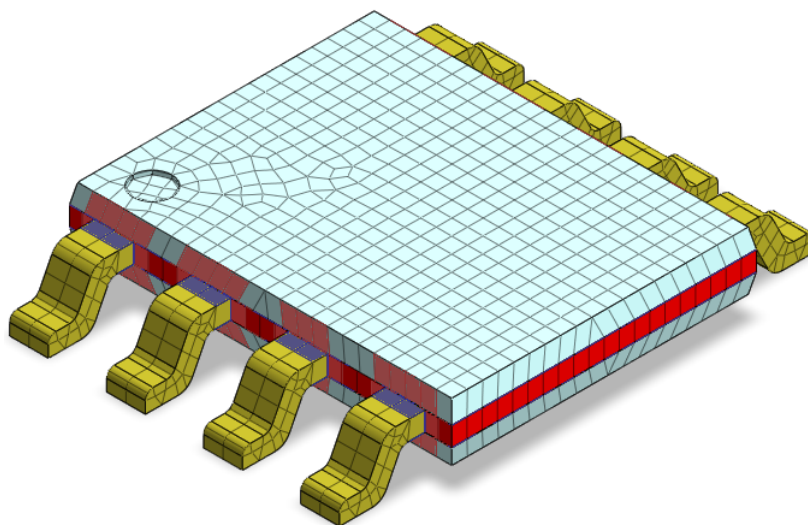
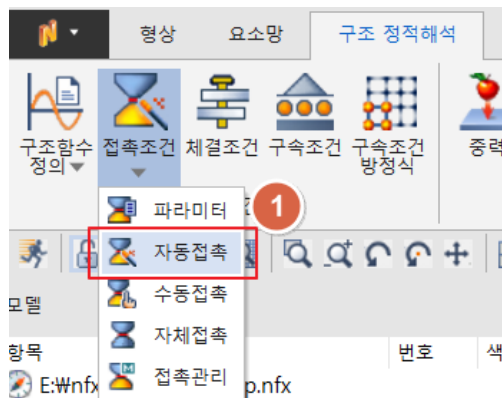


작업순서

1. [자동접촉] 클릭
2. 자동접촉조건 입력

접촉종류	일체거동
대상 종류	요소망 세트
대상 선택	전체선택
검색 범위	0.01

3. [확인] 버튼 클릭



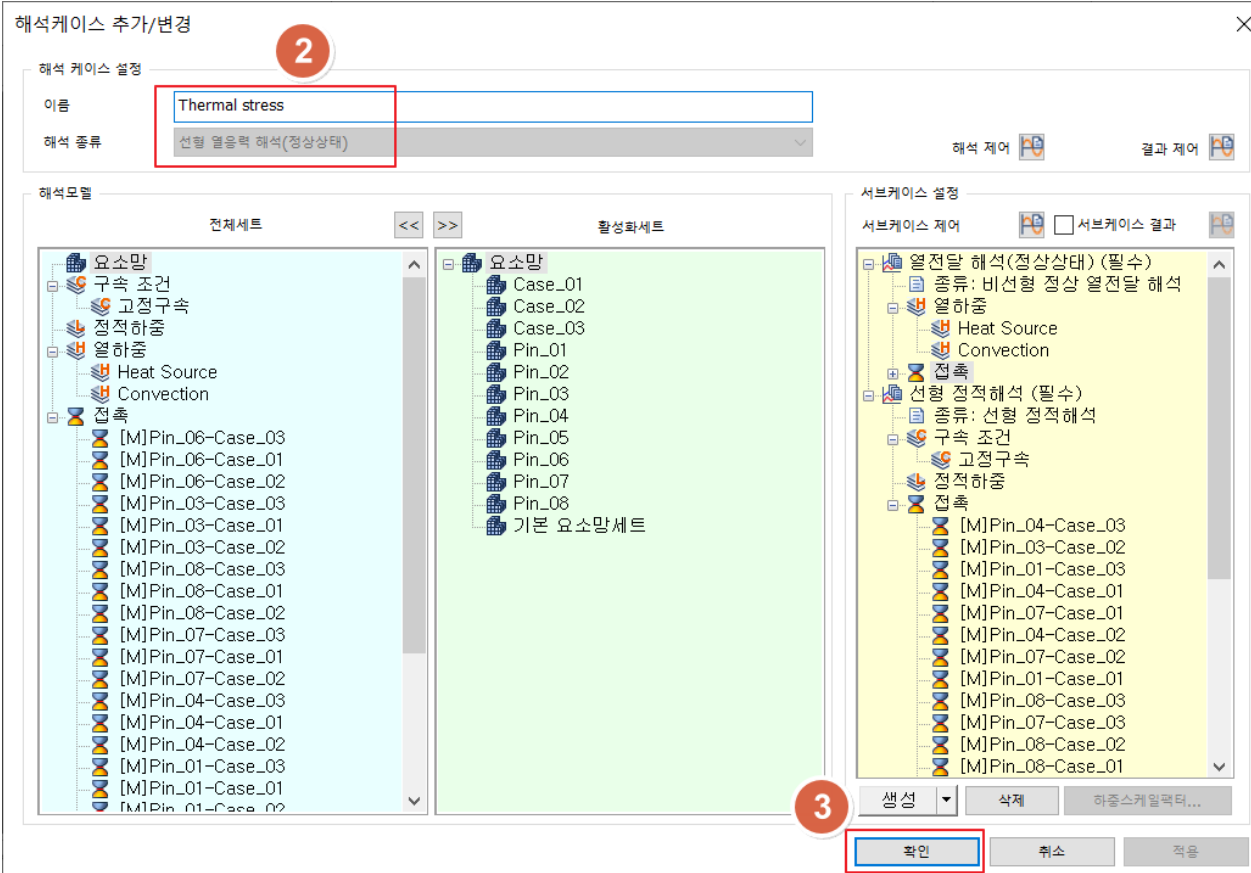
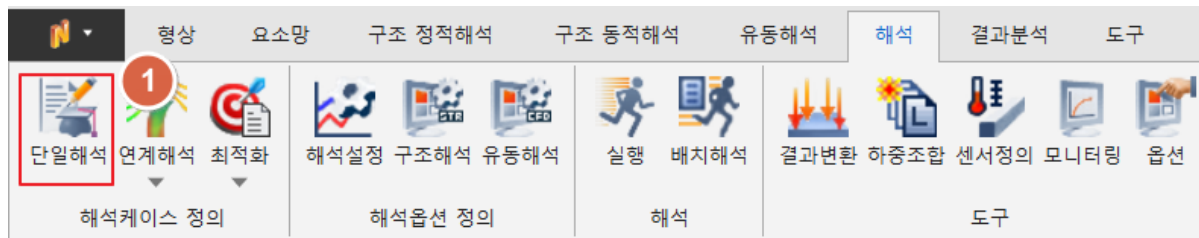
💡 검색범위 내에 있는 요소 간의 접촉을 자동으로 정의합니다.

작업순서

1. [단일해석] 클릭
2. 해석케이스 설정

이름	Thermal Stress
해석 종류	열응력 해석(정상상태)

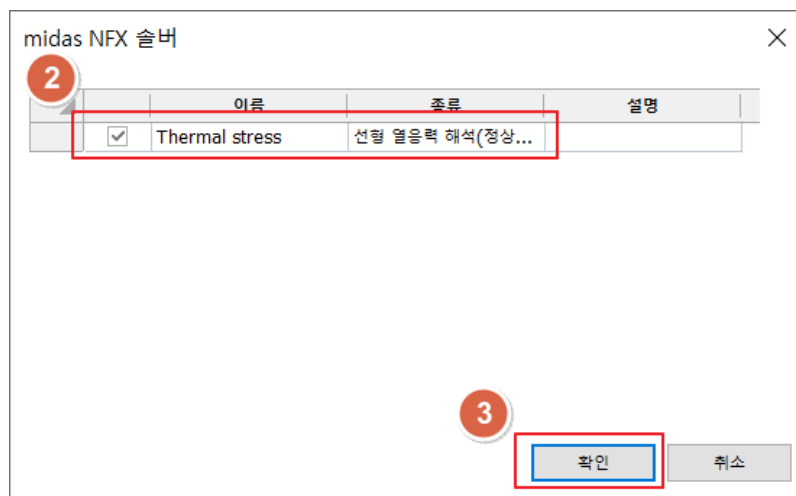
3. [확인] 버튼 클릭.



💡 열전달해석과 선형정적해석, 2개의 서브케이스가 자동으로 정의됩니다. 열전달해석을 수행한 후에 온도결과를 자동으로 하중으로 변환하여 선형정적해석을 이어서 수행합니다.

작업순서

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



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



midas NFX 슬버

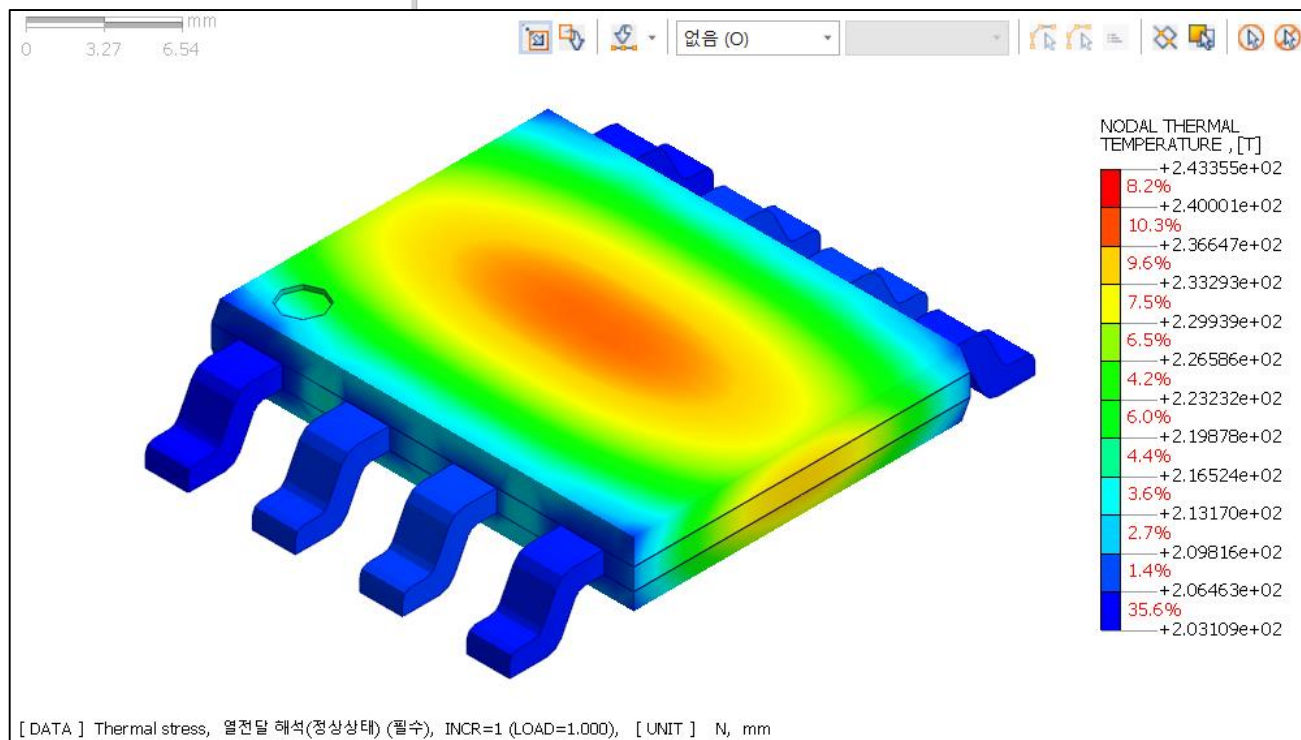
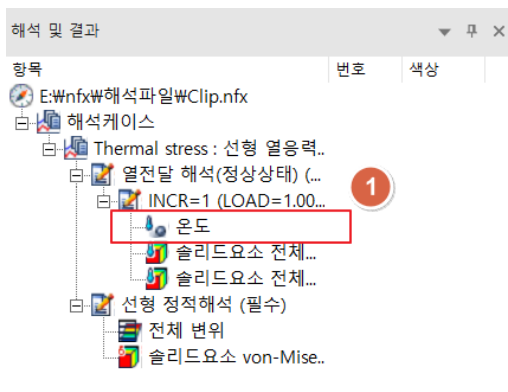
기다려 주십시오. NFX 슬버 동작 중...

해석중지!

작업순서

1. 해석 및 결과 작업트리에서 온도

더블 클릭.

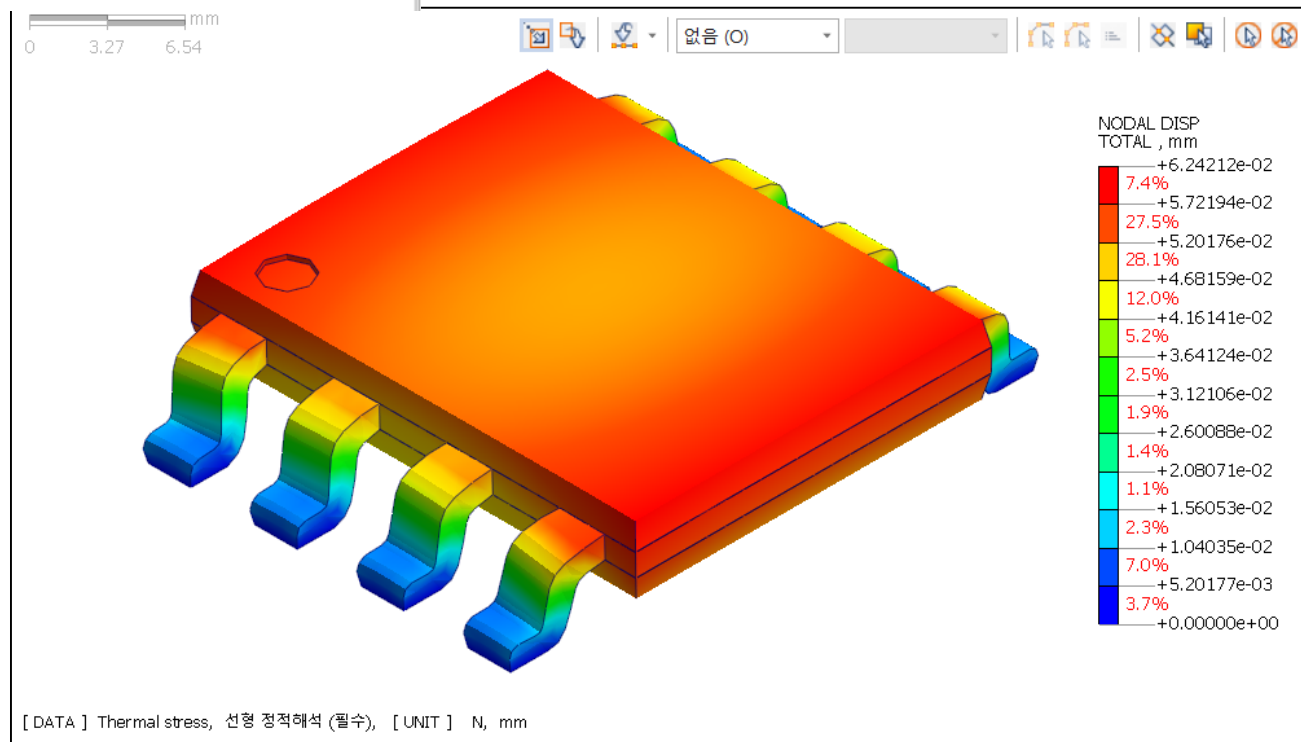
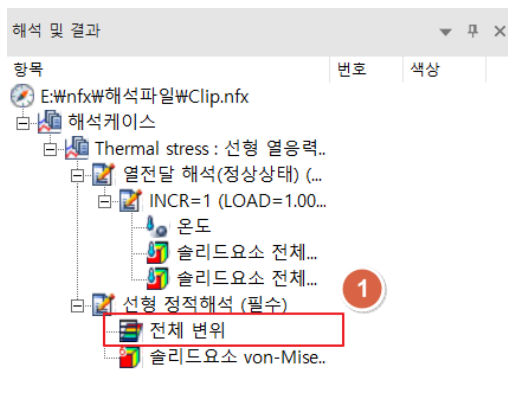


💡 각 절점의 온도가 하중으로 변환되어 다음 서브케이스(선형정적해석)로 전달됩니다.

작업순서

1. 해석 및 결과 작업트리에서 전체변위

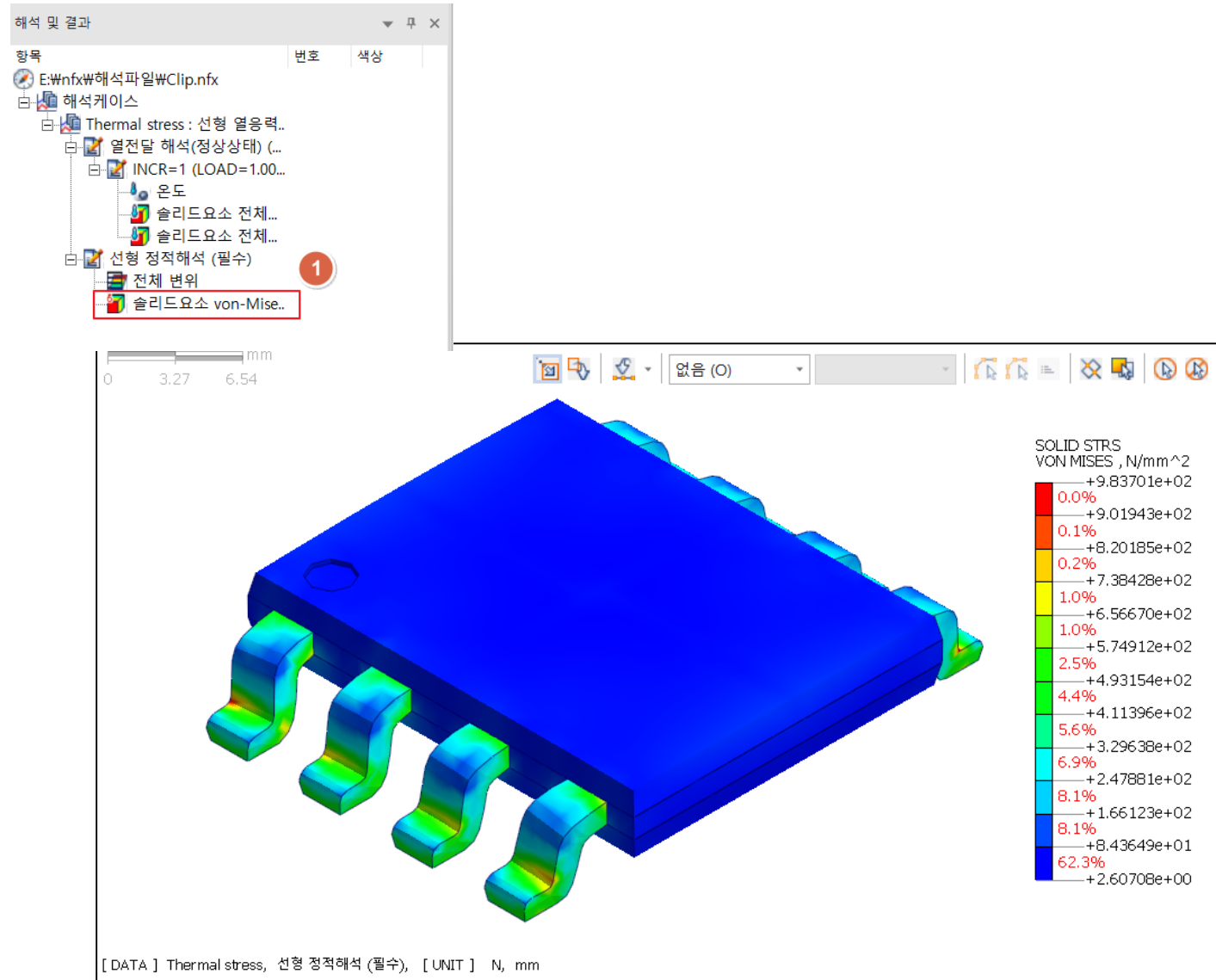
더블 클릭.



작업순서

1. 해석 및 결과 작업트리에서 Von-Mises

응력 더블 클릭.



Training Session

예제7. Manifold

(정상상태 열응력해석)

개요

➤ 정상상태 열응력해석

- 단위 : N, mm
- 기하모델: manifold.x_t

➤ 재질

- 사용자 정의 재질

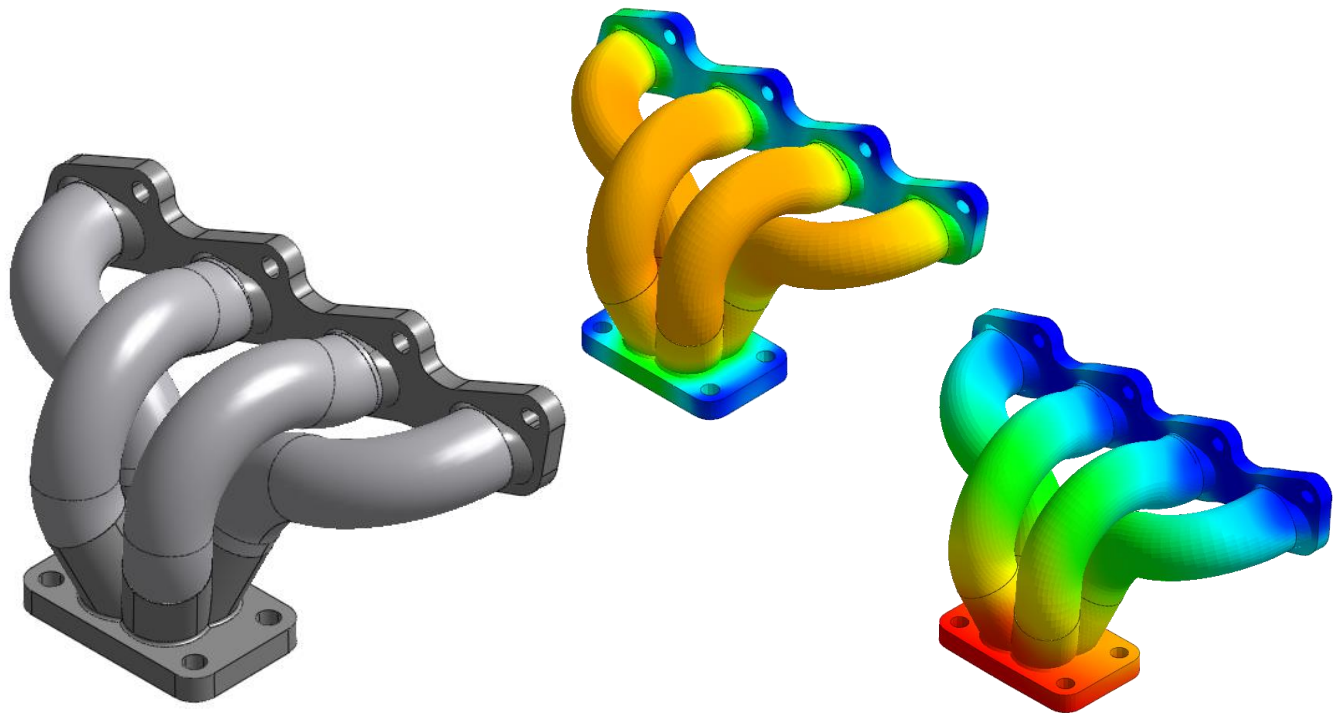
➤ 경계조건과 하중조건

- 구속조건 (고정구속)
- 대류

➤ 결과확인

- 온도 분포
- 전체 변위, Von-Mises 응력

Manifold (정상상태 열응력해석)



따라하기 목적

➤ midas NFX를 이용한 정상상태 열응력해석의 수행 및 기능 이해

- 열전달해석의 온도 결과를 하중으로 자동 변환하여 열응력해석을 수행합니다.
- 열전달해석에서 사용하는 해석조건(발열, 열속, 온도, 대류)과 열응력해석에 필요한 구속조건, 자중을 한 번에 정의합니다.
- 열전달해석과 열응력해석의 주요 결과들을 확인합니다.

해석 개요

➤ 대상 모델



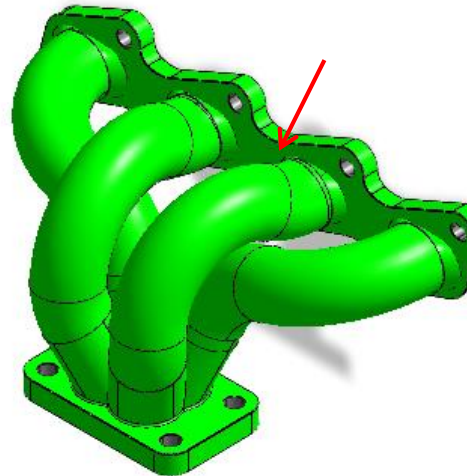
➤ 유한요소 모델



➤ 해석조건

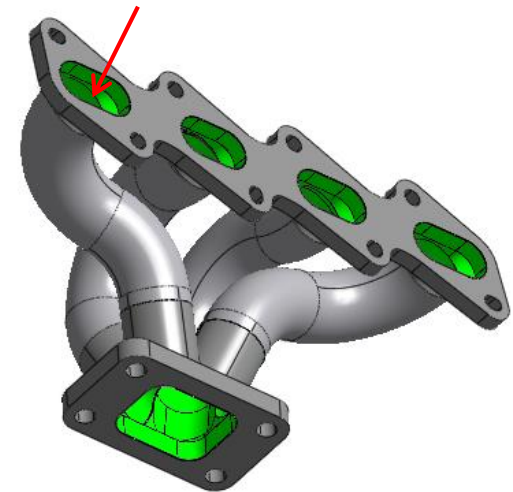
외부온도 : 30도

대류계수 : 10[W/m²·T]





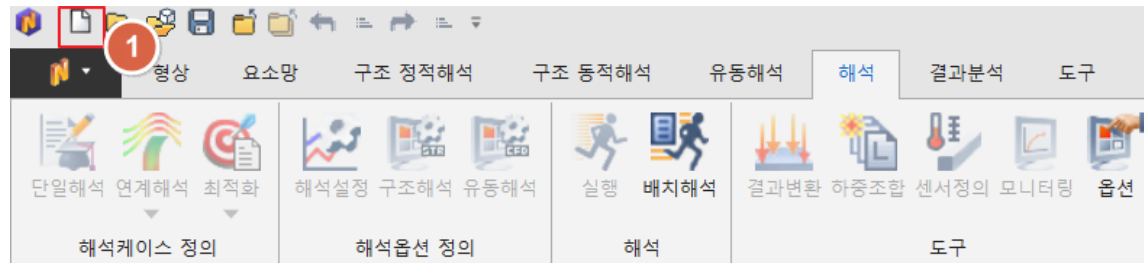
내부 가스 온도 : 850도

대류계수 : 200[W/m²·T]



작업순서

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



해석조건 설정

프로젝트명 담당자

설명

모델 종류 2

3차원/일반모델

2차원모델

축대칭

단위계 3

N mm J sec

중력가속도(g) mm/sec²

4

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 5

모든 레이블 보이기

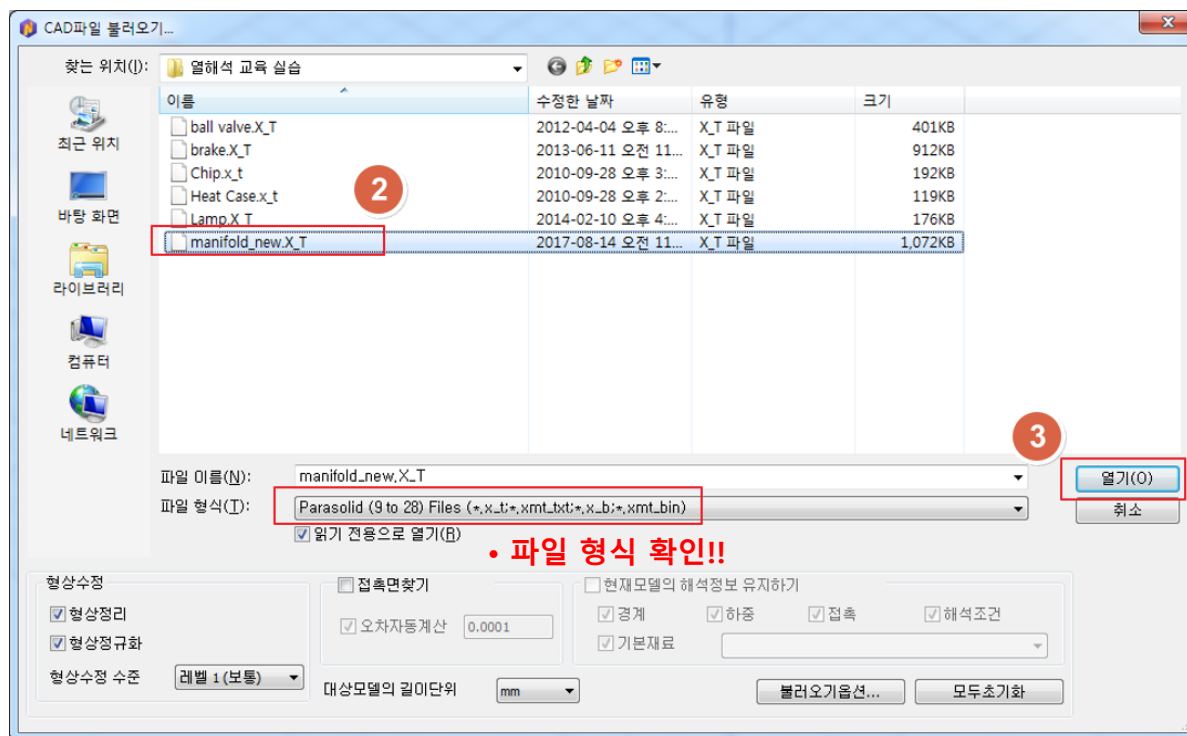
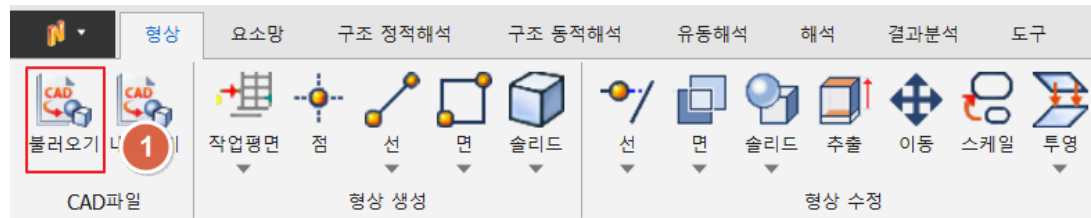
모든 레이블 감추기

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

 해석조건설정 대화상자는 시작과 함께 자동으로 보여집니다.

작업순서

1. [불러오기] 클릭
2. 모델 선택: manifold_new.x_t 선택
3. [열기(O)] 버튼 클릭.



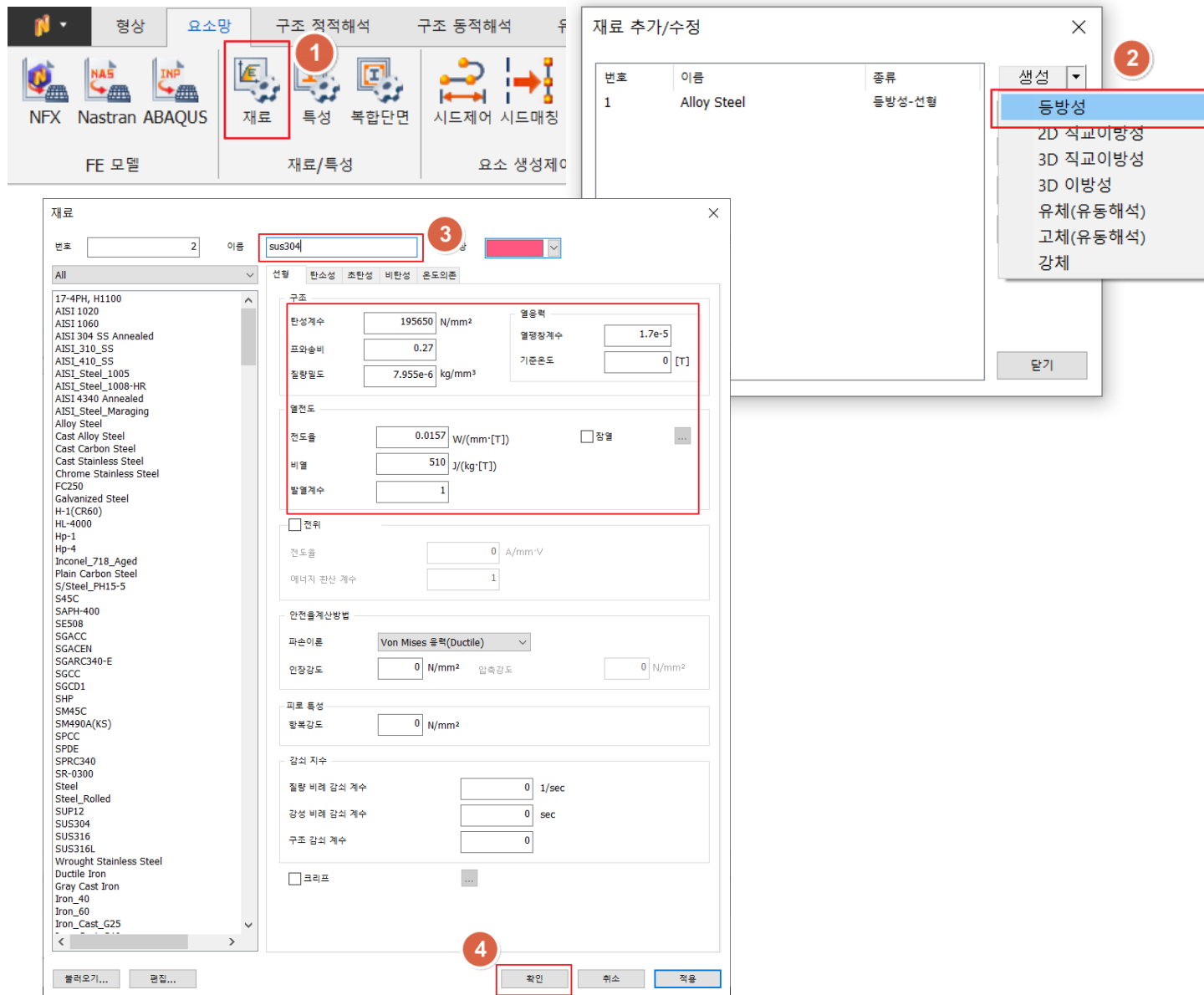
작업순서

1. [재료] 클릭
2. 생성 >> 등방성 클릭.
3. 재질 입력

번호	2
이름	sus304
탄성계수	195,650 (N/mm ²)
프와송비	0.27
질량밀도	7.955e-6 (kg/mm ³)
열팽창계수	1.7e-5
전도율	0.0157 (W/(mm ² ·[T]))
비열	510 (J/(kg ² ·[T]))

4. [확인] 버튼 클릭

💡 열전달과 열응력해석에 필요한 모든 물성치가 입력되어야 합니다.



The screenshot shows the software interface with the following elements:

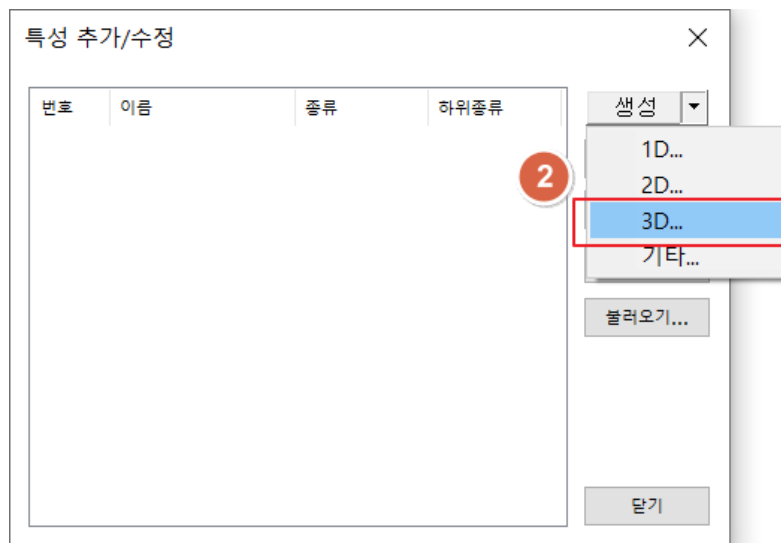
- Top Bar:** Includes '형상' (Shape), '요소망' (Mesh), '구조 적적해석' (Structural Analysis), and '구조 동적해석' (Structural Dynamic Analysis).
- Toolbars:** Contains icons for '재료' (Material), '특성' (Properties), '복합단면' (Composite Section), '시드제어' (Seed Control), and '시드매칭' (Seed Matching).
- 재료 추가/수정 (Add/Edit Material) Dialog:**
 - 번호 (No.): 1
 - 이름 (Name): Alloy Steel
 - 종류 (Type): 등방성-선택 (Isotropic-Selected)
 - 생성 (Generate) dropdown menu is open, showing options: 등방성 (Isotropic), 2D 직교이방성 (2D Orthotropic), 3D 직교이방성 (3D Orthotropic), 3D 이방성 (3D Anisotropic), 유체(유동해석) (Fluid (Flow Analysis)), 고체(유동해석) (Solid (Flow Analysis)), 강체 (Rigid).
- 재료 (Material) Window:**
 - 번호 (No.): 2
 - 이름 (Name): sus304
 - Material list on the left includes various steel grades like AISI 1020, AISI 1060, etc.
 - Properties input fields:
 - 탄성계수 (Elastic Modulus): 195650 N/mm²
 - 프와송비 (Poisson's Ratio): 0.27
 - 질량밀도 (Density): 7.955e-6 kg/mm³
 - 열팽창계수 (Coefficient of Thermal Expansion): 1.7e-5
 - 전도율 (Thermal Conductivity): 0.0157 W/(mm²·[T])
 - 비열 (Specific Heat): 510 J/(kg²·[T])
 - 안전율계산방법 (Safety Factor Calculation Method): Von Mises 응력(Ductile)
 - 인장강도 (Tensile Strength): 0 N/mm²
 - 피로 특성 (Fatigue Properties): Fatigue strength input field is 0 N/mm².
 - 확인 (Confirm) button is highlighted with a red box and a circled '4'.

작업순서

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

번호	1
이름	sus304
재질	2: sus304

5. [확인] 버튼 클릭.



작업순서

1. [대류] 클릭
2. 대류조건 입력

하중세트	외부대류
대상종류	면 
대상선택	외부 표면
외기온도	25 (T)
대류계수	1e-5 (W/mm ² ·[T])

3. [적용] 버튼 클릭.



대류

결점 선 면

이름 **2** 대류-1

대상영역

종류 면

125개 대상 선택됨

외기온도

값 [T

기준함수 없음

결점

대류

대류계수 W/(mm²·[T])

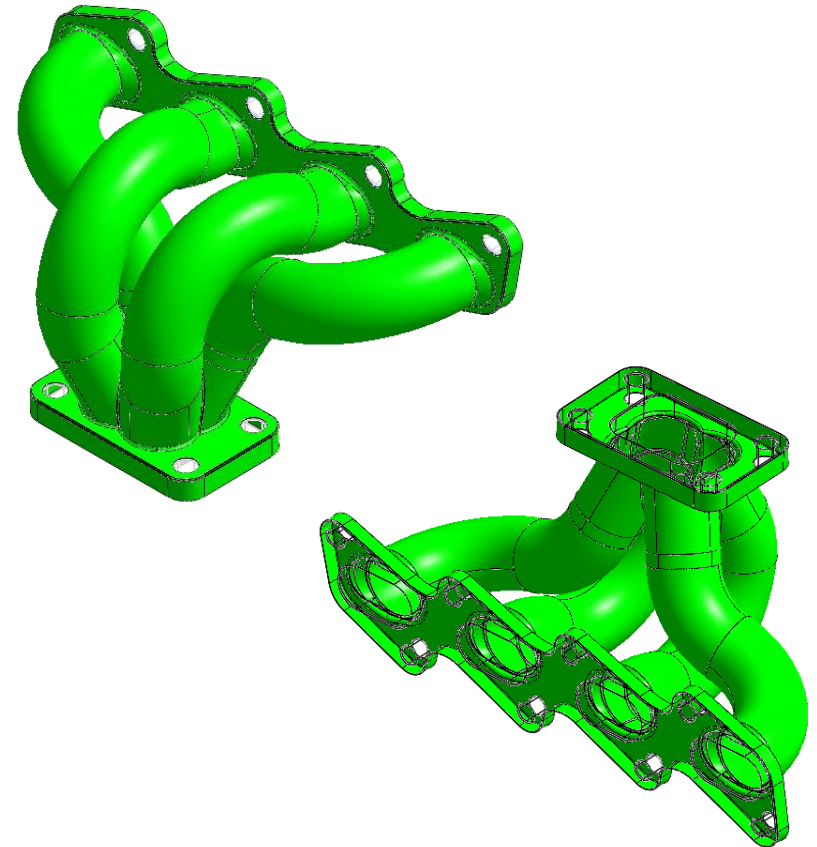
온도의존적 대류계수


온도함수 없음

면적 외기

하중세트 외부대류


3



 파트 상호간의 접촉이 있는 면을 제외한 나머지 면을 선택합니다. 정면보기 상태에서 교차선택 옵션을 이용하여 마우스 드래그로 선택하시면 수월하게 선택할 수 있습니다.

작업순서

1. 대류조건 입력

하중세트	내부대류
대상종류	면
대상선택	내부면 선택 
외기온도	850 (T)
대류계수	0.0002(W/mm ² ·[T])

2. [확인] 버튼 클릭.

대류
×

결점
선
면

1

대상형상
종류

면

66개 대상 선택됨

외기온도

값
 [T

기준할수

없음

결점

대상선택

대류

대류계수
 W/(mm²·[T])

온도의존적 대류계수

온도할수

없음

면적
 외기

하중세트


내부대류

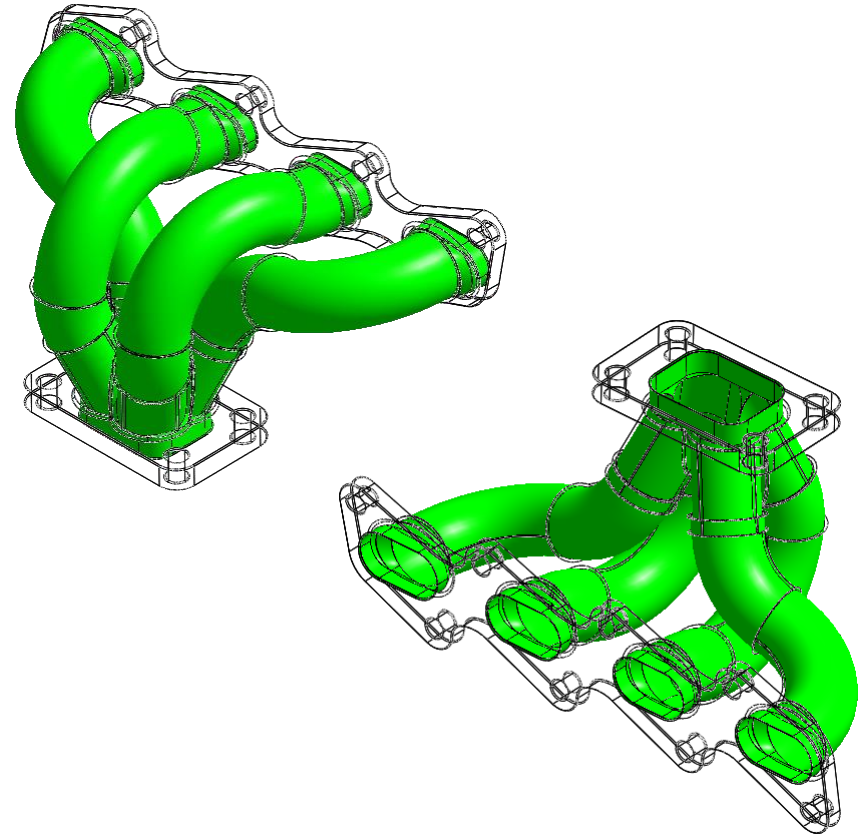
2

확인

취소

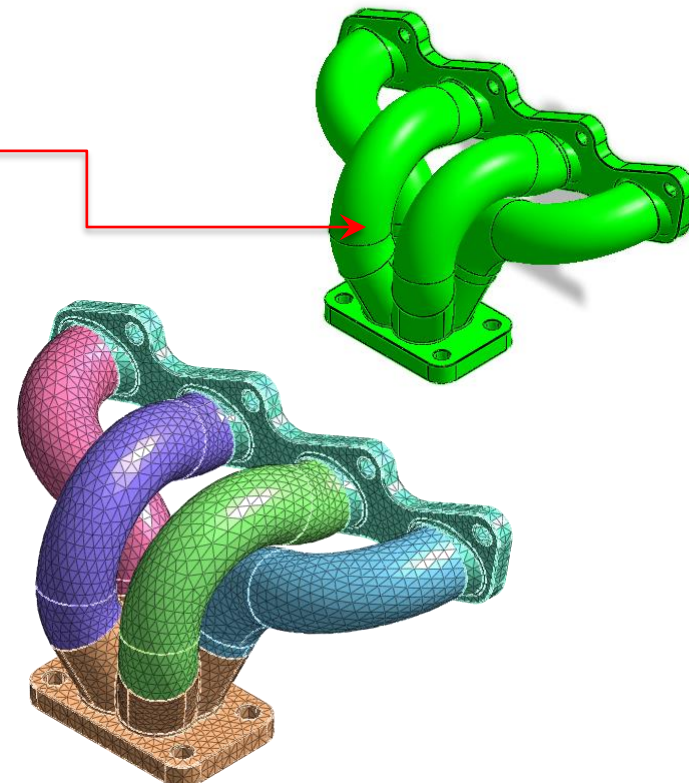
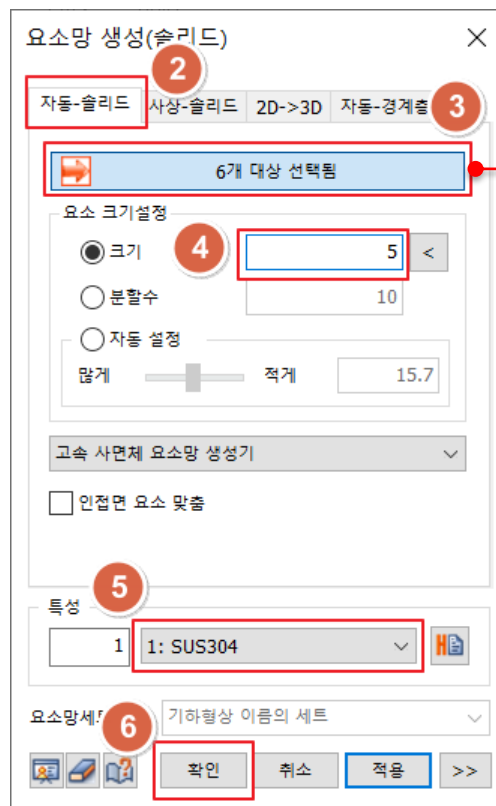
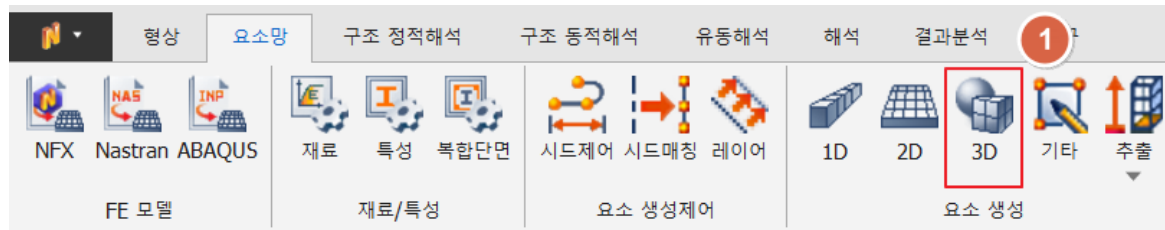
적용

 파트 상호간의 접촉이 있는 면을 제외한 나머지 면을 선택합니다.
정면보기 상태에서 교차선택 옵션을 이용하여 마우스 드래그로 선택하시면 수월하게 선택할 수 있습니다.



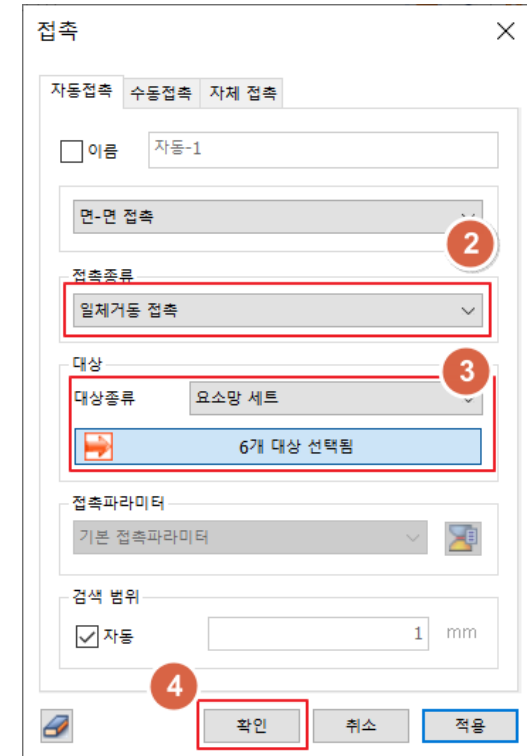
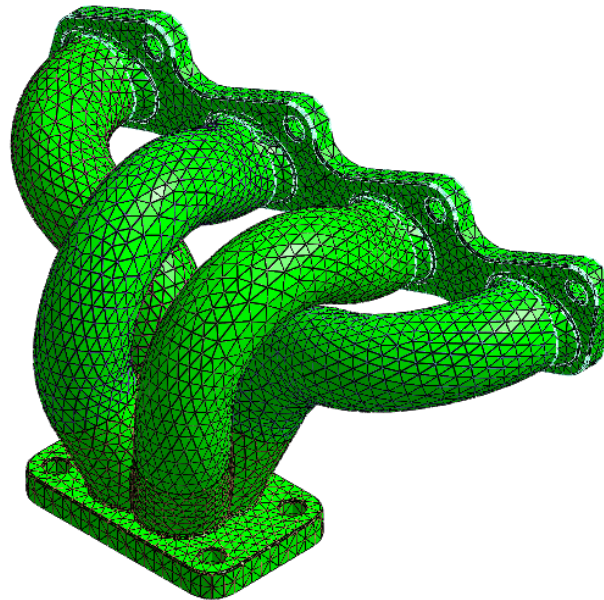
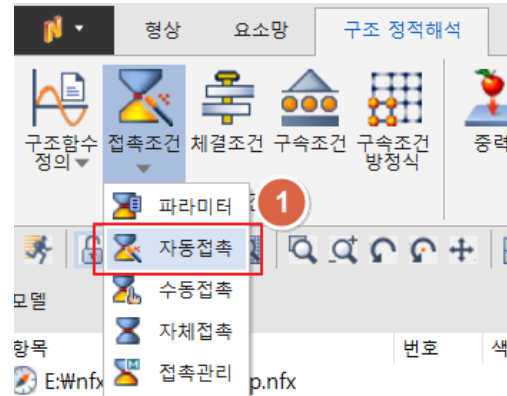
작업순서

1. [3D] 클릭
2. 자동-솔리드 탭 클릭
3. 솔리드 6개 선택. (그림 참조)
4. 요소 크기 : "5" 입력
5. 특성 : [1: sus304] 선택.
6. [적용] 버튼 클릭.




작업순서

1. [자동접촉] 클릭
2. 일체거동접촉 선택
3. 전체 요소망세트(6개)를 선택
4. [확인] 버튼 클릭.





작업순서

1. [구속조건] 클릭
2. 기본탭 클릭 후 구속조건 입력

경계조건세트	고정구속
대상종류	면
대상선택	38개 선택 
조건	고정구속

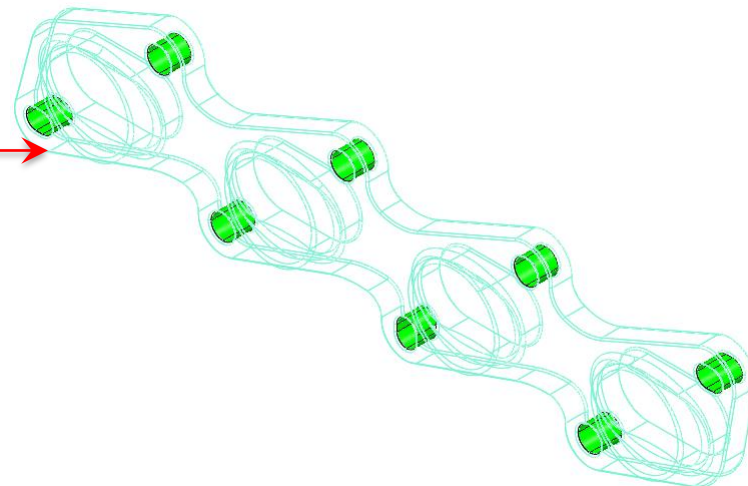
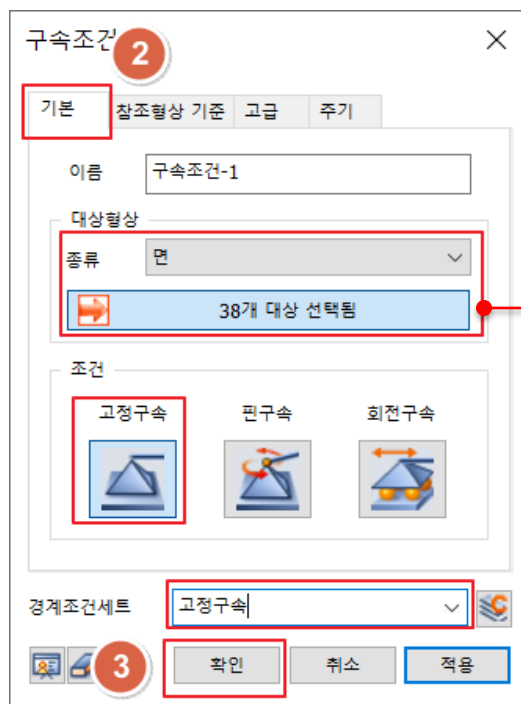
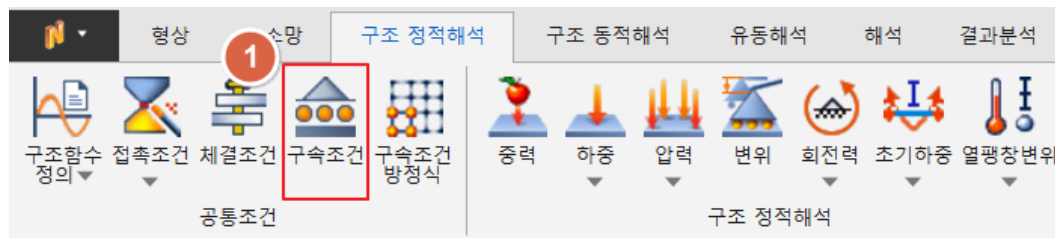
3. [확인] 버튼 클릭.

 8개의 홀 내부의 면들을 모두 선택합니다.

 고정구속: X, Y, Z 병진자유도 및 회전 자유도 구속

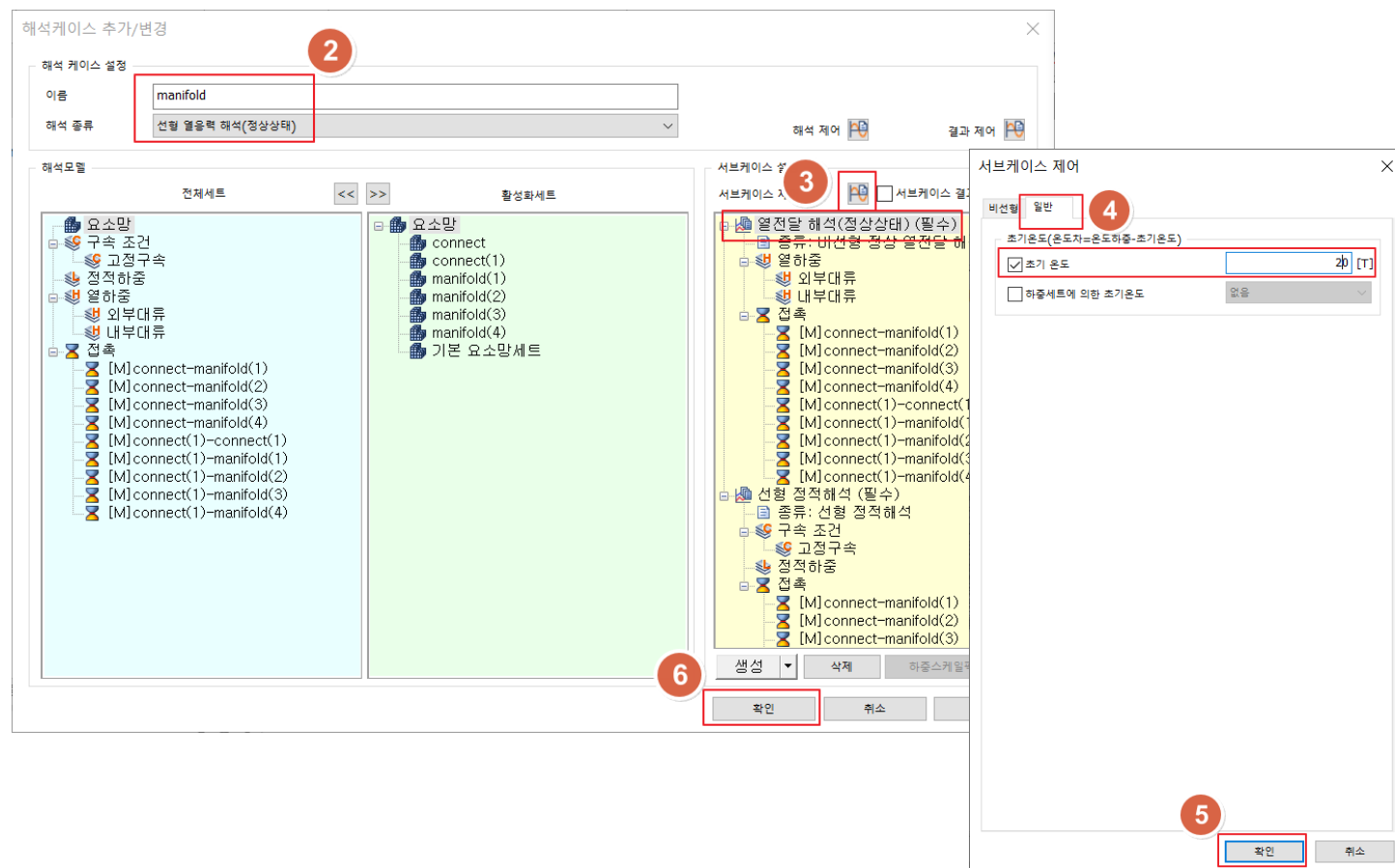
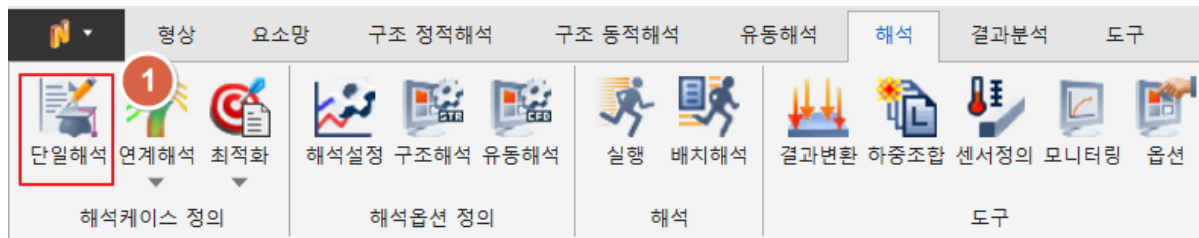
핀구속: X, Y, Z 병진자유도만 구속

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



작업순서

1. [단일해석] 클릭
2. 해석케이스 설정
3. 서브케이스제어 클릭
4. [일반] 탭에서 초기온도 20도 입력
5. [확인] 버튼 클릭.
6. [확인] 버튼 클릭.



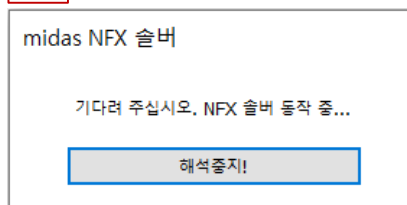
💡 열전달해석과 선형정적해석, 2개의 서브케이스가 자동으로 정의됩니다. 열전달해석을 수행한 후에 온도결과를 자동으로 하중으로 변환하여 선형정적해석을 이어서 수행합니다.

작업순서

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

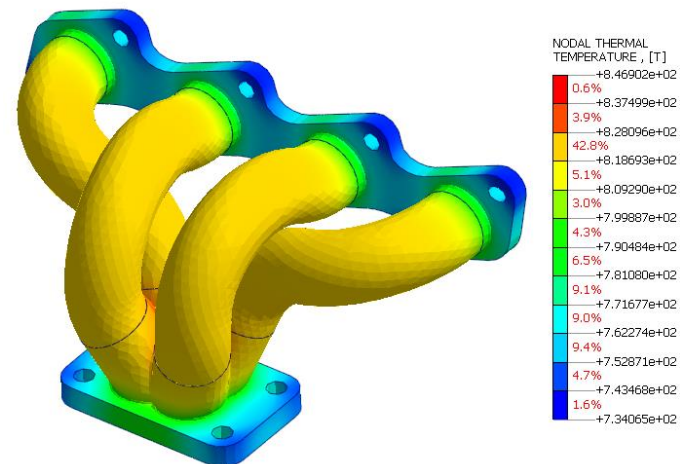
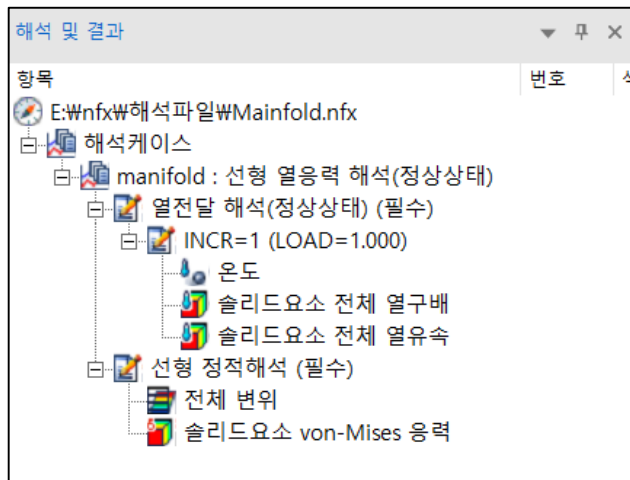


💡 해석을 실행하면 midas NFX 슬버가 작동됩니다. [해석중지!] 버튼을 클릭하면 해석이 중지됩니다.

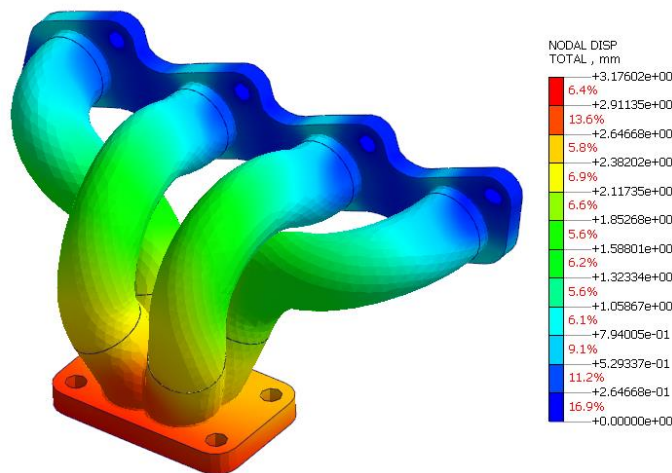


작업순서

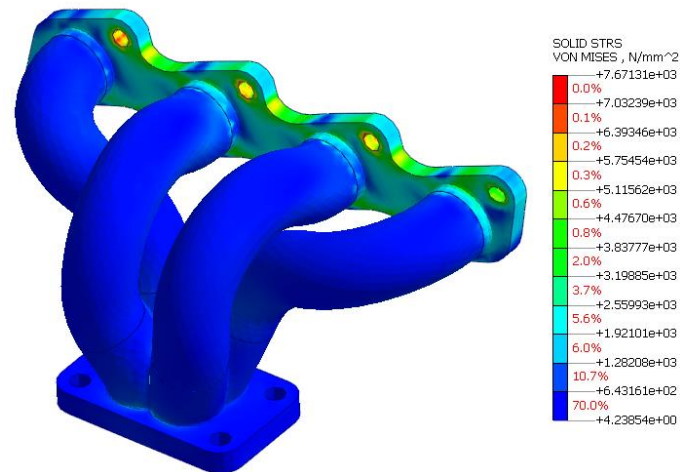
1. 해석 및 결과 작업트리에서 온도, 변위, 응력 결과 더블 클릭.



[온도 결과]



[변위 결과]



[응력 결과]

💡 각 절점의 온도가 하중으로 변환되어 다음 서브케이스(선형정적해석)로 전달됩니다.

Training Session

예제8. Brake Disc

(과도상태 열전달해석&열응력해석)

개요

➤ 정상상태 열응력해석

- 단위 : N, mm
- 기하모델: manifold.x_t

➤ 재질

- 사용자 정의 재질

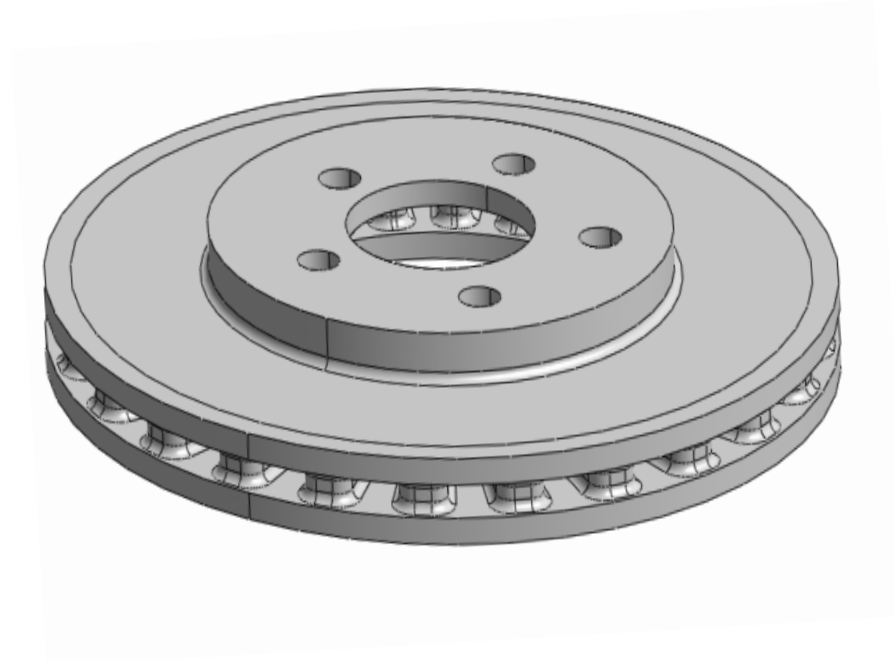
➤ 경계조건과 하중조건

- 구속조건 (고정구속)
- 대류

➤ 결과확인

- 온도 분포
- 전체 변위, Von-Mises 응력

Brake Disc (정상상태 열응력해석)



해석 목적

- 브레이크 디스크 저더 현상의 한 원인인 열변형 예측과 개선을 위함
- 브레이크 작동으로 차량 속도가 최대에서 정지할 때까지 디스크 열변형 측정



다이내모 테스트



실차 테스트

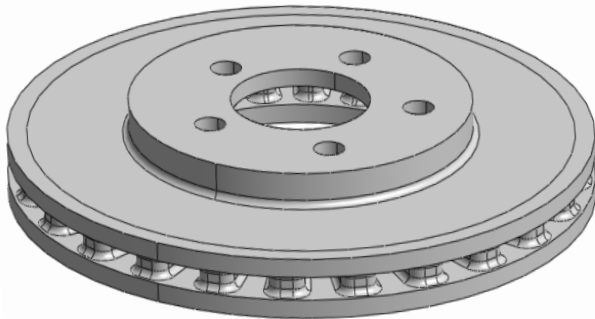
예제 목적

▶ 과도상태 열전달 해석의 수행 및 기능 이해

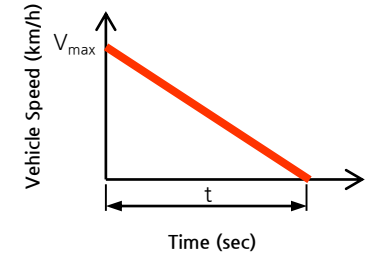
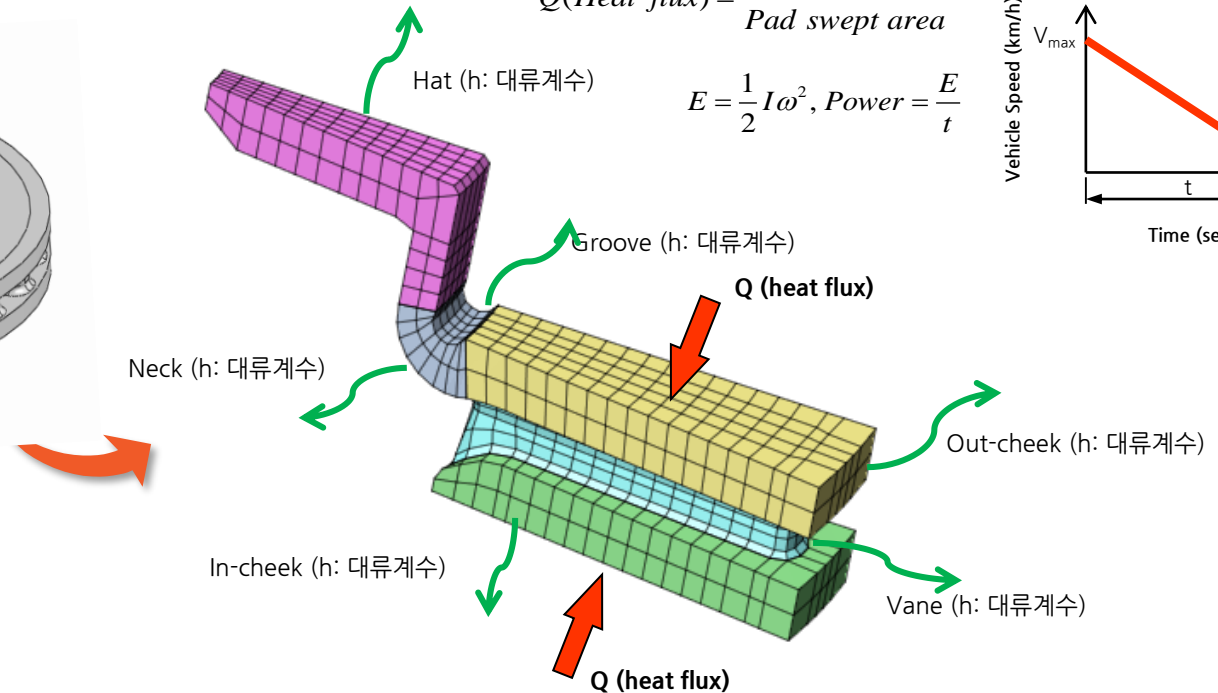
- 시간에 따라 변하는 과도열하중을 정의하는 방법에 대해 습득합니다.
- 과도상태 열전달해석의 주요 결과인 온도를 시간에 따른 그래프로 확인합니다.

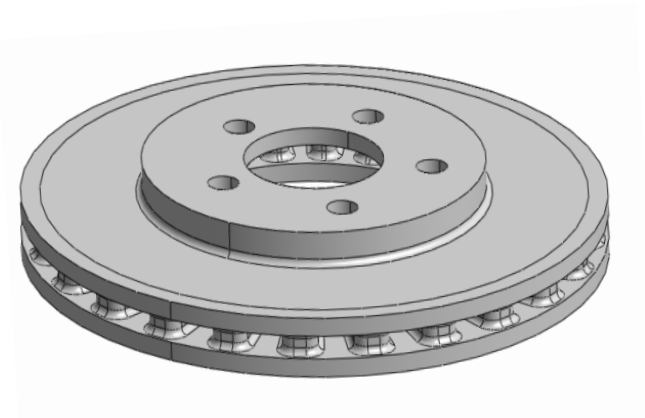
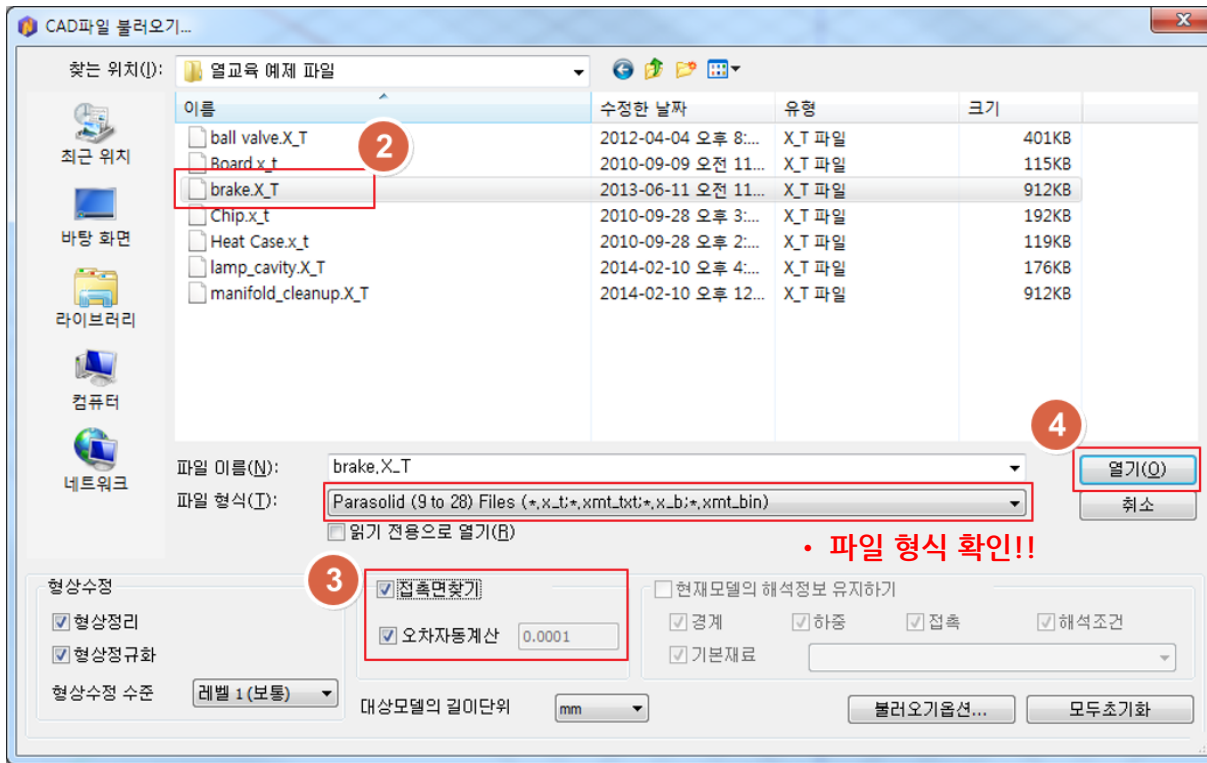
실습 개요

▶ 해석 모델



▶ 해석 경계조건





CAD파일을 불러옵니다.

Step **02** 요소망 >> 재료/특성 >> 재료



영상 요소망 구조 적적해석 구조 동적해석 유동해석
NFX Nastran ABAQUS 재료 특성 복합단면 시드제어 시드매칭 레이어
 FE 모델 재료/특성 요소 생성제어

재료 추가/수정

번호	이름	종류	생성
1	Alloy Steel	등방성-선형	등방성 2D 직교이방성 3D 직교이방성 3D 이방성 유체(유동해석) 고체(유동해석) 강체

닫기

재료

번호: 2 이름: 온도의존재료

All | 선형 탄소성 초탄성 비탄성 온도의존
 구조: 탄성계수, 프와송비, 팽창률도, 열팽창계수, 기준온도
 열전도: 전도율, 비열, 열확산계수
 전위: 전도율
 크리프

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

불러오기... 편집... 확인 취소 적용

재료를 선택 후 재료명에 “온도의존재료” 를 입력한다.
 각 입력값 별로 ... 를 클릭하여 함수 정의를 통해 각각의 재료 물성치의 함수를 정의한다.

함수 생성/변경

온도의존

이름

온도 (T)	탄성계수(온도의존) (N/mm ²)
0	2.1e+05
100	2.1e+05

방정식 시작 끝 증분

값 계산

탄성계수(온도의존)



스케일값

확인 취소 적용

함수 생성/변경

공간 비공간

이름

독립 변수 온도(e)

온도 (T)	값
0	0.3
100	0.3

방정식 시작 끝 증분

값 계산

값



스케일값

확인 취소 적용

... 버튼을 클릭하여 그림과 같이 탄성계수, 푸아송비 함수를 정의

함수 생성/변경

온도의존

이름 **질량밀도**

온도 (T)	질량밀도 (온도의존) (kg/mm ³)
0	7.7e-06
100	7.7e-06

방정식
시작 1 끝 10 증분 1
값 계산

스케일값 1

확인 취소 적용



함수 생성/변경

온도의존

이름 **전도율**

온도 (T)	열전도율 (온도의존) (W/(mm·K))
20	0.73
200	0.61
400	0.485
600	0.352

방정식
시작 1 끝 10 증분 1
값 계산

스케일값 1

확인 취소 적용



... 버튼을 클릭하여 그림과 같이 질량밀도, 전도율 함수를 정의

함수 생성/변경

온도의존

이름

온도 ([T])	비열(온도의존) (J/(kg·[T]))
20	500
200	560
400	670
600	785
800	830

방정식 시작 끝 증분

계산



1 스케일값

2

3 확인 취소 적용

재료

번호 이름 온도의존재료 색상

All

선택할 탄소성 초탄성 비탄성 온도의존

구조 탄성계수 열용력
 프와송비 열팽창계수
 질량밀도 기준온도 [T]

열전도도 전도율 잠열
 비열
 발열계수

전위 전도율
 에너지 편산 계수

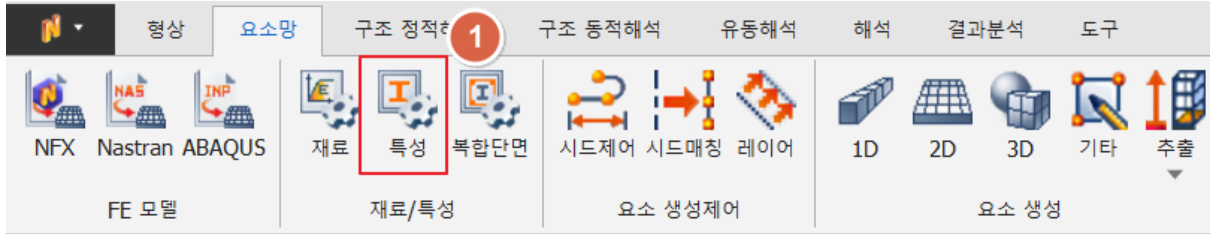
크리프

4

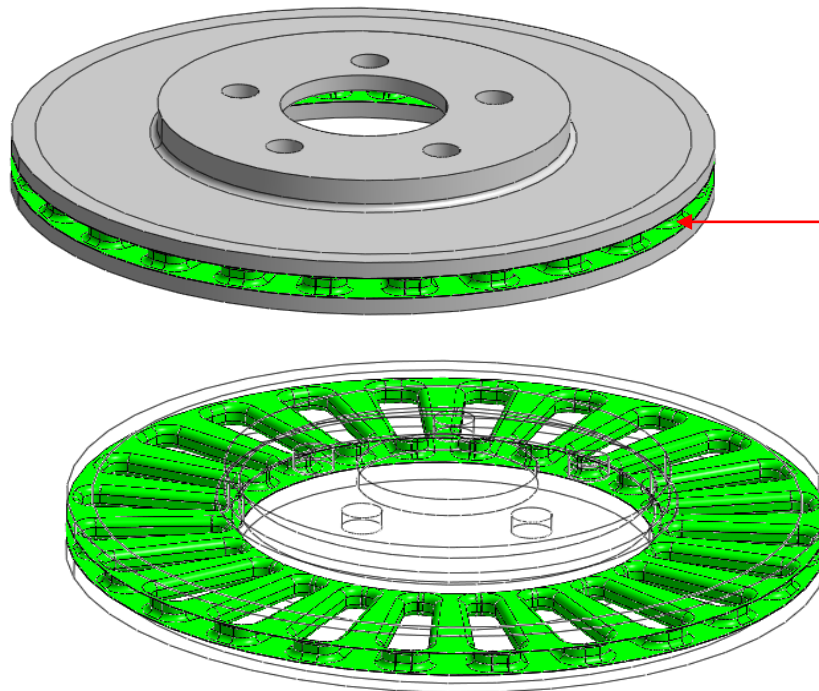
5

확인 취소 적용

... 버튼을 클릭하여 그림과 같이 비열 함수를 정의, 각 물성치별로 함수를 선택



앞서서 정의한 온도의존재료를 선택한다.



브레이크 내부 면에 대류조건을 적용합니다. (그림참조)

온도 값 : 15도, 대류계수 : 3e-5 입력

하중세트 : "in-convection" 입력

과도 대류

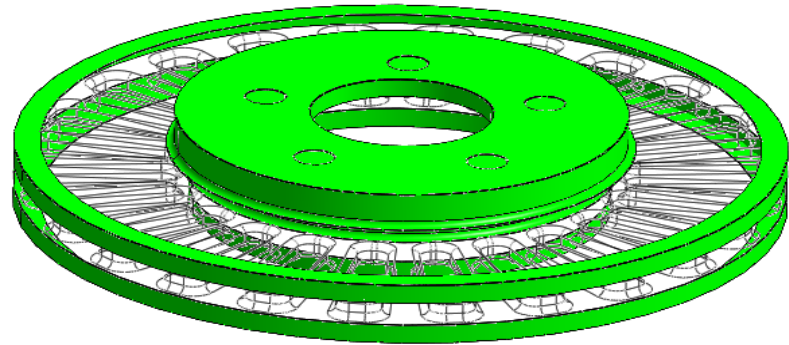
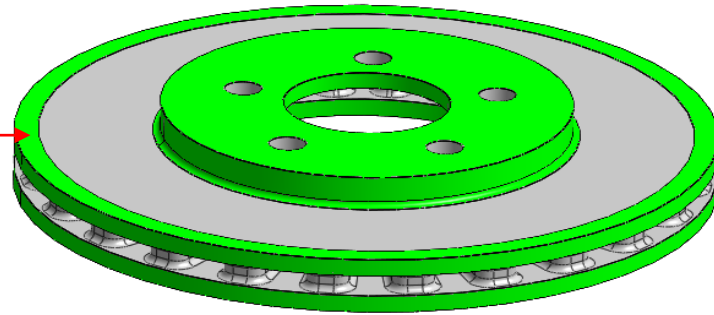
이름 과도상태 대류-2 ①

대상할상
종류 면
27개 대상 선택됨

외기온도
② 값 15 [T]
기준할수 없음
시간 할수 없음(일정)
전체시간 서브케이스시간
결정
대상선택

대류 ③
대류계수 0.00012 W/(mm²·[T])
없음(일정)
전체시간 서브케이스시간
온도의존적 대류계수
온도할수 없음
면적 외기

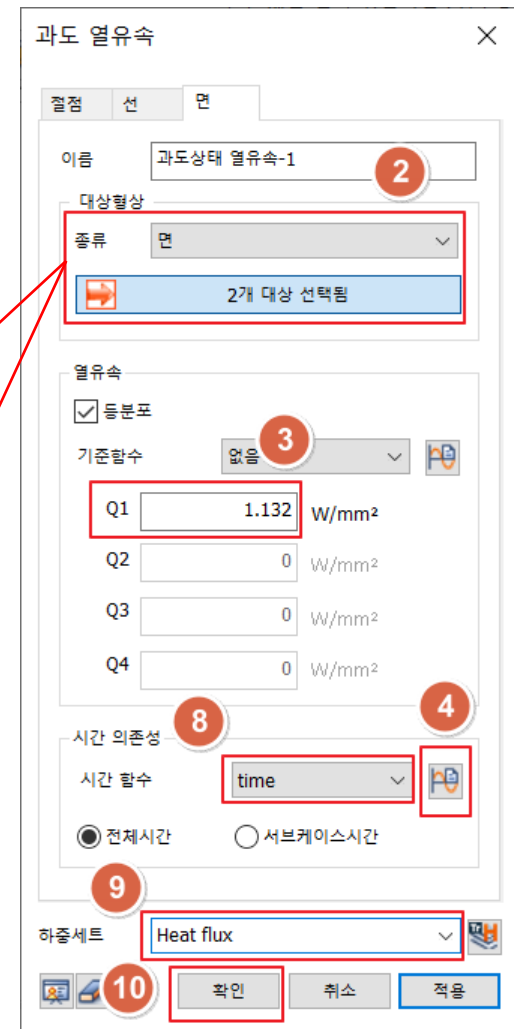
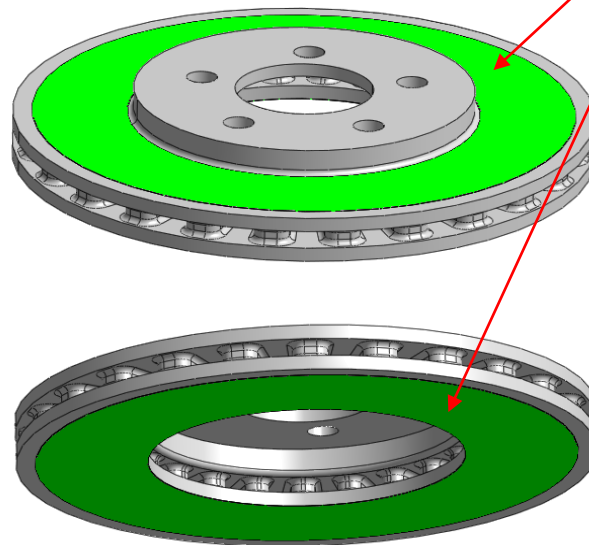
하중세트 Out convection
확인 ⑤



브레이크 외부 면에 대류조건을 적용합니다. (그림참조)

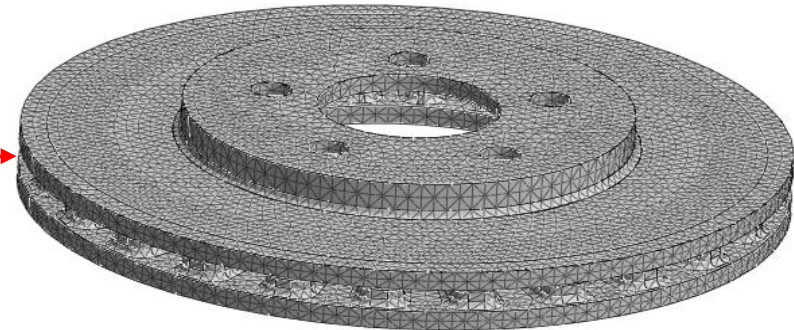
온도 값 : 15도, 대류계수 : 0.00012 입력

하중세트 : “out-convection” 입력



브레이크 상/하부 면에 열유속 “1.132W/mm²” 을 적용합니다. (그림참조)
 시간함수 정의 버튼을 클릭하고 시간함수를 그림과 같이 정의 한 후, 정의한 함수를 선택합니다.

Step 10 요소망 >> 요소 생성 >> 3D



요소크기를 “5”로 설정한 뒤 확인을 클릭합니다.



영상 요소망 구조 정적해석 구조 동적해석 유동해석 **해석** 결과분석 도구

1 단일해석 연계해석 최적화

해석설정 구조해석 유동해석

실행 배치해석

결과변환 하중조합 센서정의 모니터링 옵션

해석케이스 정의 해석옵션 정의 해석 도구

해석케이스 추가/변경

해석 케이스 설정

이름 **2** 과도열전달

해석 종류 열전달 해석(과도상태)

해석모델

전체세트 << >> 활성화세트

요소망

- 과도상태 열하중
 - In convection
 - Out convection
 - Heat flux
- 전축

요소망

- 기본 요소망세트
- 파트

서브케이스 설정

서브케이스 제어 서브케이스 결과

- 3** 열전달 해석(과도상태) (필수)
 - 종류: 열전달 해석(과도상태)
 - 과도상태 열하중
 - In convection
 - Out convection
 - Heat flux
 - 전축
- 서브케이스 #1
 - 종류: 열전달 해석(과도상태)
 - 과도상태 열하중
 - Out convection
 - Heat flux
 - In convection
 - 전축
- 서브케이스 #2
 - 종류: 열전달 해석(과도상태)
 - 과도상태 열하중
 - Out convection
 - Heat flux
 - In convection
 - 전축

7 확인 취소 적용

서브케이스 제어

과도상태 비선택 일반

목표시간스텝 설정

등간격

전체 시간 1 sec

시간 스텝 개수 100

중간 결과 출력 10

서브케이스 제어

과도상태 비선택 일반

목표시간스텝 설정

등간격

전체 시간 11 sec

시간 스텝 개수 50

중간 결과 출력 5

서브케이스 제어

과도상태 비선택 일반

목표시간스텝 설정

등간격

전체 시간 1 sec

시간 스텝 개수 500

중간 결과 출력 50

서브케이스 설정 >> 생성 >> 열전달 해석 (과도상태)를 클릭하여 서브케이스를 생성합니다. (총 2개 생성) >> 를 클릭하여 서브케이스에 열하중을 적용한다.

서브케이스 정의 버튼을 클릭하여 각 서브케이스별 전체시간/시간간격/출력개수 정의

형상 요소망 구조 정적해석 구조 동적해석 유동해석 **해석** 결과분석 도구

단일해석 연계해석 최적화 해석설정 구조해석 유동해석 **실행** 배치해석 결과변환 하중조합 센서정의 모니터링 옵션

해석케이스 정의 해석옵션 정의 **해석** 도구

midas NFX 슬버

	이름	종류	설명
<input checked="" type="checkbox"/>	과도열전달	열전달 해석(과도상태)	

확인 취소

해석 파일을 저장해야만 해석이 실행된다.

Step 13 결과분석



해석 및 결과

102 mm

없음 (O)

항목

- 슬리드요소 전체 열..
- INCR=400 (TIME=1.28...
- 온도
- 슬리드요소 전체 열..
- 슬리드요소 전체 열..
- INCR=450 (TIME=1.29...
- 온도
- 슬리드요소 전체 열..
- 슬리드요소 전체 열..
- INCR=500 (TIME=1.30...
- 온도**
- 슬리드요소 전체 열..
- 슬리드요소 전체 열..

모델 하중/경계 해석 및 결과

3

2

5

4

1

전부선택

전부선택 해제

모든 서브케이스

스텝 간격 0

확인 취소

[UNIT] N, mm

NODAL THERMAL TEMPERATURE, [T]

68.3%	+2.02199e+02
10.7%	+1.92077e+02
6.8%	+1.81955e+02
2.5%	+1.71832e+02
0.8%	+1.61710e+02
1.0%	+1.51587e+02
1.7%	+1.41465e+02
1.6%	+1.31343e+02
1.6%	+1.21220e+02
1.1%	+1.11098e+02

시작페이지 Brake.nfx

해석 및 결과 작업트리에서 “온도” 결과 더블클릭
 “멀티-스텝 애니메이션 녹화” 클릭 후, 재생버튼 클릭