

midas NFX CFD 기본유동해석 교육

Part 1. CFD 기본개념의 이해

Part 2. CFD를 위한 올바른 모델링과 해석 수행방법

Part 3. 일반유동 모듈의 이해

Part 4. 예제로 살펴보는 일반유동 모듈

Part 5. 열유동 모듈의 이해

Part 6. 예제로 살펴보는 열유동 모듈

Contents

제품 성능과 유동과의 관계



유체기계의 성능과 직결되는 유동

제품 형상에 따른 유동의 압력과 속도가 유체기계 성능 평가의 기준



제품 안전성에 영향을 미치는 유동



제품 구조 안전성을 저해하는 유동

유동으로 인한 과도하게 큰 압력이나 주기적인 압력 변동이 구조물에 하중으로 작용
액체는 압력과 온도 조건에 따라 공동현상(cavitation) 발생 가능

제품의 냉각 · 가열 성능과 열유동



냉각 · 건조 성능을 좌우하는 “대류”

팬, 블로워, 터빈 등에 의한 강제 대류
동력이 없는 자연 대류

실무 설계 시 유동 분석의 어려움



무색 무형의 매질 특성 - 관찰과 예측이 어려움



유독성·고온·고압 : 위험성



밀폐·고속운동 : 실험이 어려움

$$q = \underbrace{v'_y \rho c_p T'}_{\text{experimental value}} = -k_{\text{turb}} \frac{\partial \bar{T}}{\partial y} \quad u(x) = \int$$

$$\tau = \underbrace{-\rho v'_y v'_x}_{\text{experimental value}}$$

Total kinetic energy

$$E(k) \propto k^{-p}$$

불규칙적인 난류 특성 : 경험식과 수계산 적용이 불가능

CFD 의 정의

CFD

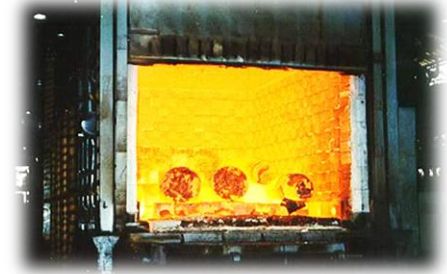
Computational Fluid Dynamics

전산 유체 역학

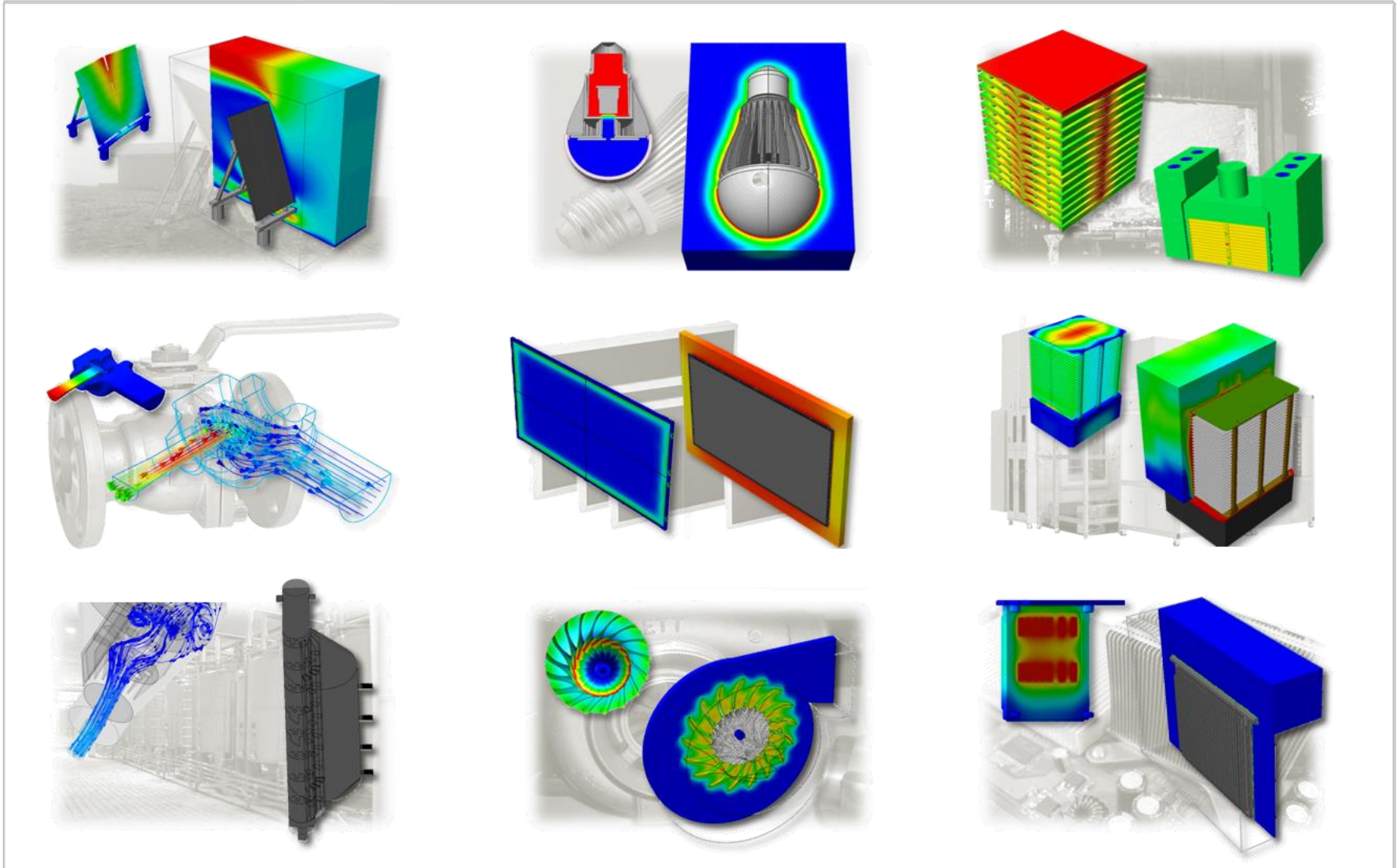
전산 + 유체 + 역학

컴퓨터를 이용 + 유체에 대한 분야 + 유체의 공학적 성질을 분석

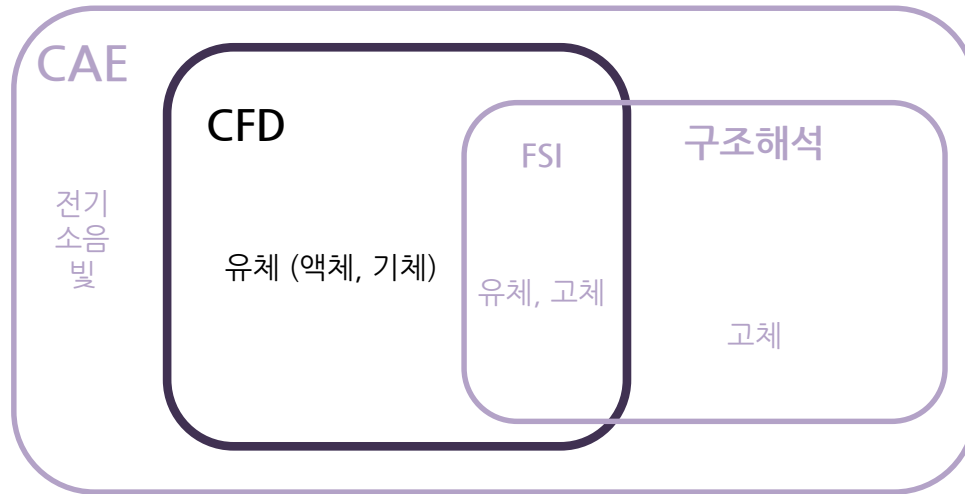
제품 열유동 분석의 TOOL : CFD



제품 열유동 분석의 TOOL : CFD

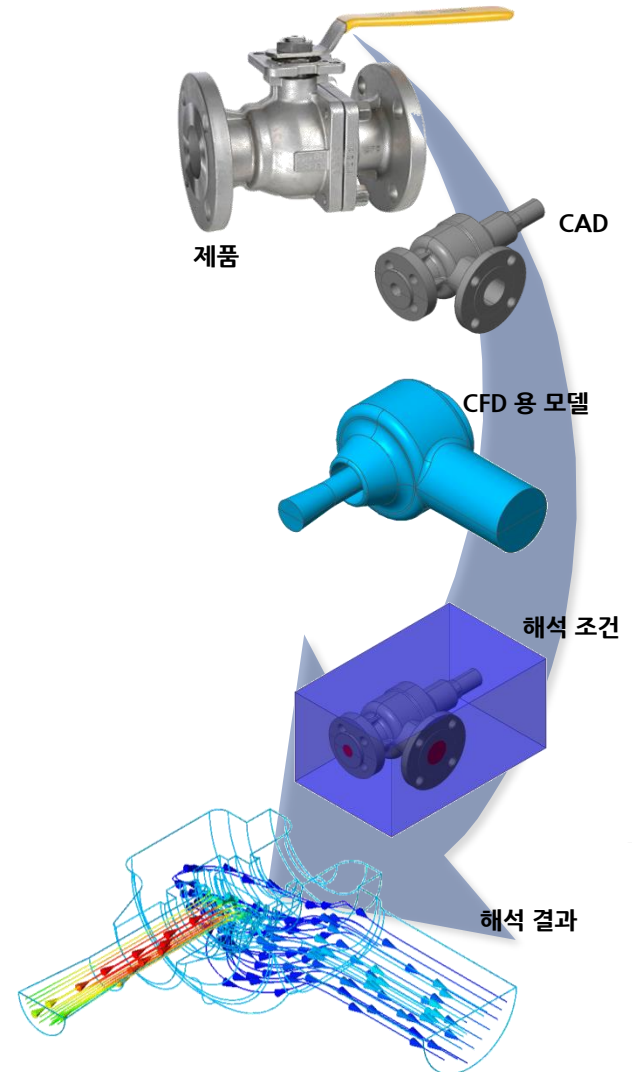


CFD 의 정의

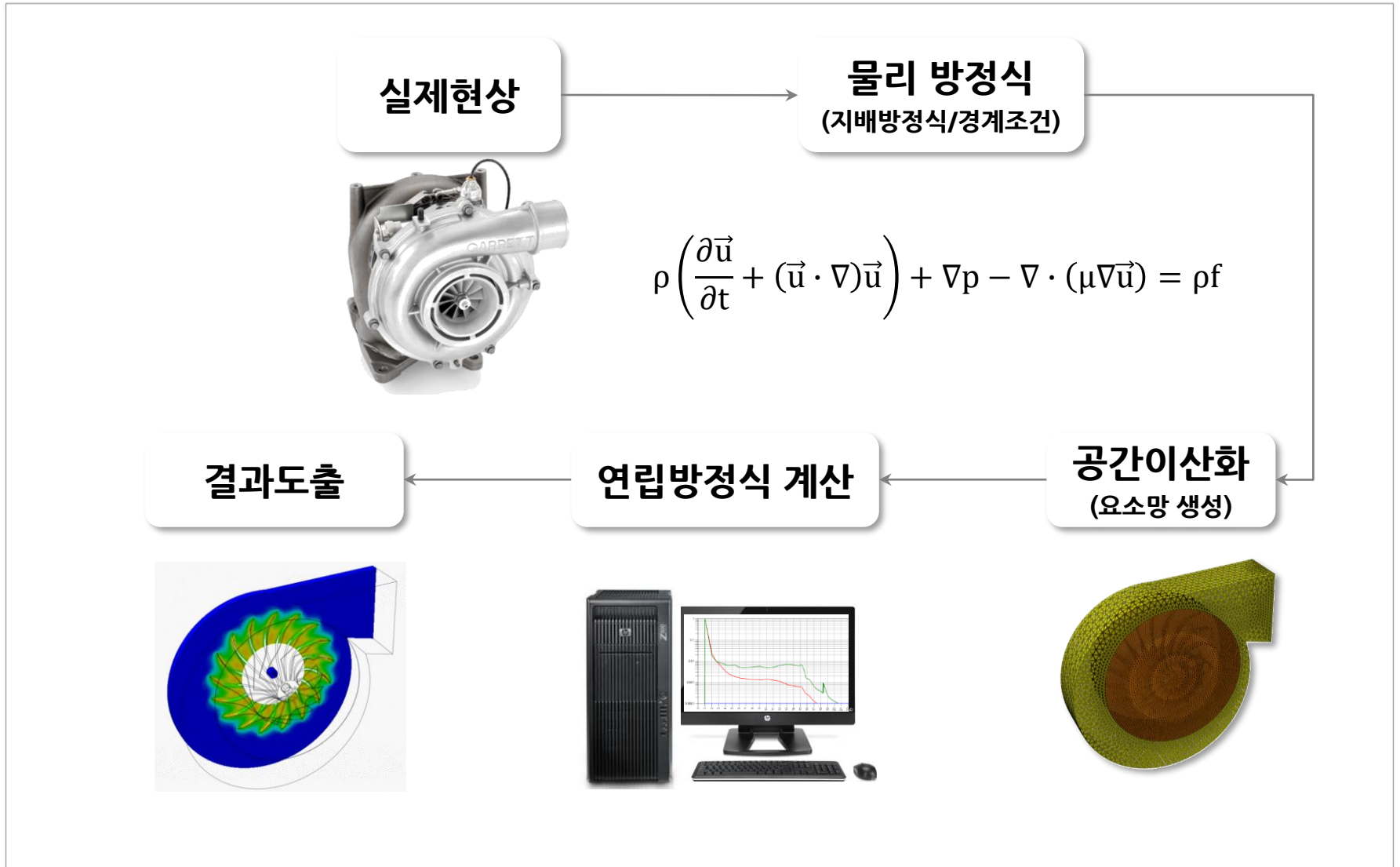


■ 제품 주변 열유동 분석의 4가지 한계와 CFD를 통한 극복

- ① 관찰과 예측이 난해 : 전산 자료이므로 시각화 용이
- ② 위험성 : 가상의 컴퓨터 환경에서 시뮬레이션
- ③ 밀폐 · 고속운동 : 전산 자료이므로 밀폐 용기 내부도 확인 가능
- ④ 불규칙적인 난류 특성 : CFD 컴퓨터 알고리즘으로 계산 가능



CFD 의 정의



CFD 이해를 위한 용어 정리



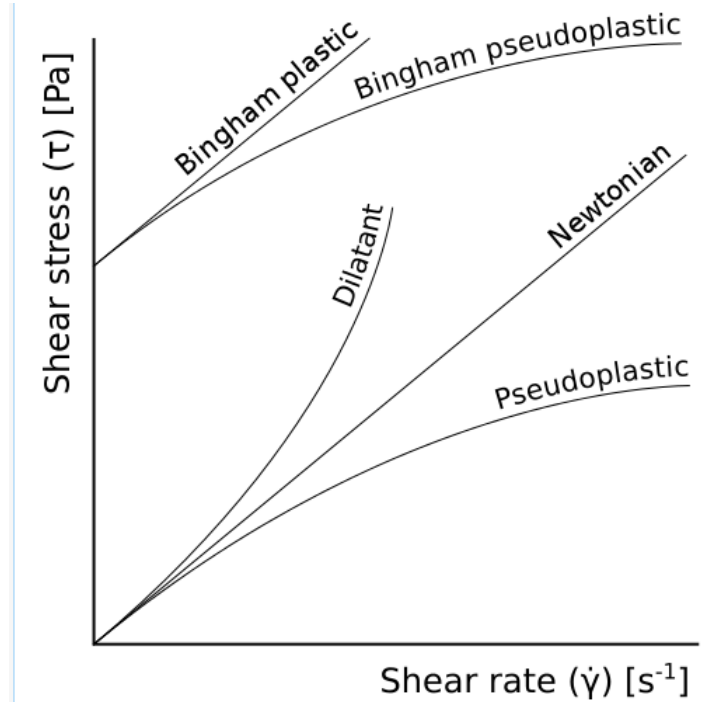
압축성 vs. 비압축성

compressible vs. incompressible

고무 공 내에 공기를 주입하여 주입구를 막고 움켜쥐면 고무공이 압축됨: 기체는 '압축성'
주사기 내에 물을 넣고 바늘구멍을 막은 채 주사기 피스톤을 누르면 압축되지 않음: 액체는 '비압축성'

일반적으로 모든 유체를 압축성이라 가정하고 계산할 수 있지만, 비압축성을 가정할 경우 "밀도 변화가 없으므로"
계산 양을 줄일 수 있어 경제적

CFD 이해를 위한 용어 정리



뉴턴 유체 vs. 비뉴턴 유체

Newtonian fluid vs. Non-Newtonian fluid

뉴턴 유체는 shear rate(유속을 수직 방향으로 미분한 것)에 대해 전단응력이 비례하는 특성을 가짐
 예컨대 어떤 유체에 막대를 넣고 휘젓는다면, 속도가 두 배 증가할 때 마찰에 의한 저항도 두 배 증가하는 유체가 뉴턴 유체

뉴턴 유체: 물, 공기, 알코올, 기름 등
 비뉴턴 유체: 꿀, 혈액, 치약, 페인트 등

CFD 이해를 위한 용어 정리



과도상태 VS 정상상태

transient state VS steady state

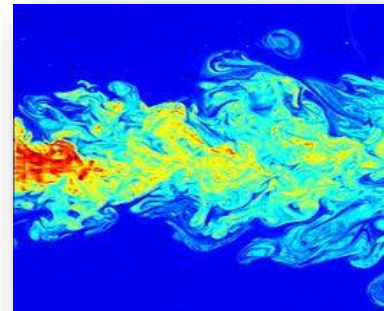
시동을 켜고 고속도로를 진입하는 동안 엔진의 열은 계속해서 상승 함: 온도가 시간에 따라 변하는 과도 상태
고속도로를 오랜 시간 달리면 차는 동작 중이지만 엔진 온도는 일정하게 유지 됨: 온도가 변하지 않는 정상상태

CFD 이해를 위한 용어 정리



난류

층류



난류형태의 예

난류는 복잡한 소용돌이 형태의 랜덤한 운동으로, 에너지를 소산하고 흐름의 다양성을 만들기 때문에 CFD 에서 반드시 난류를 계산해야 함

CFD 이해를 위한 기본 정리 : 난류

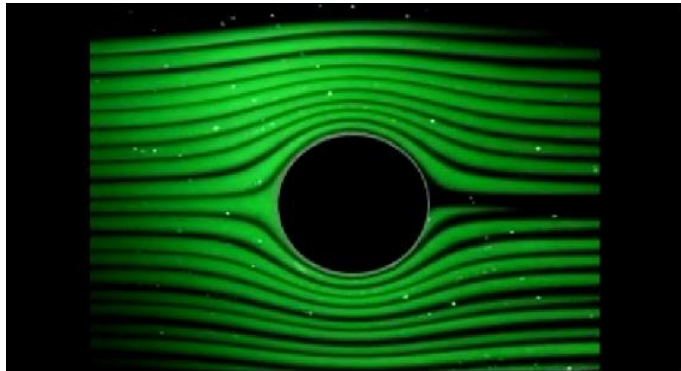
- 층류(Laminar Flow)

- 유체입자들이 가지런하고 정렬된 형태로 움직임(유선 사이에 대류가 일어나지 않음)

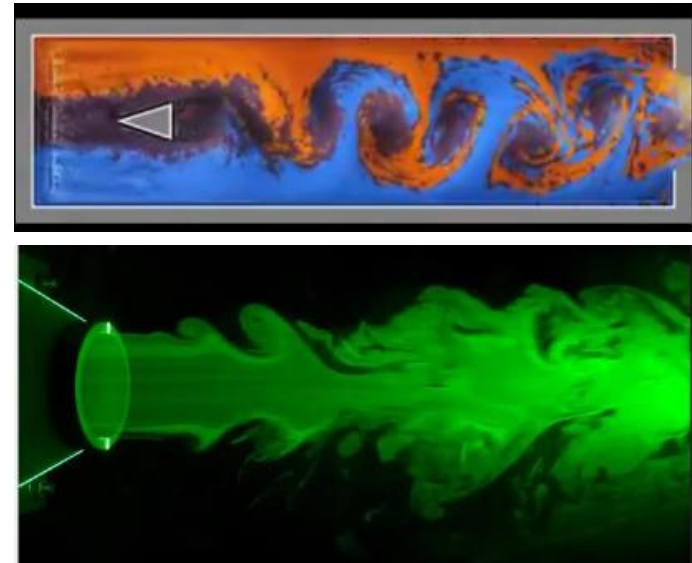
- 난류(Turbulent Flow)

- 유체입자들이 불규칙하고 헝클어진 형태로 움직임(유선 사이에 대류가 활발히 일어남)

층류(Laminar Flow)



난류(Turbulent Flow)



CFD 이해를 위한 기본 정리 : 난류

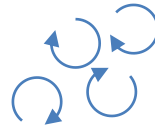
• 난류 와동(소용돌이, Turbulent Eddy)

- 난류는 다양한 크기의 와동으로 구성됨
- 와동은 시간이 지날수록 작은 크기로 나뉘어지며 결국에는 소산(消散)되어 사라짐

Primary Eddy



Secondary Eddy



Small Eddy

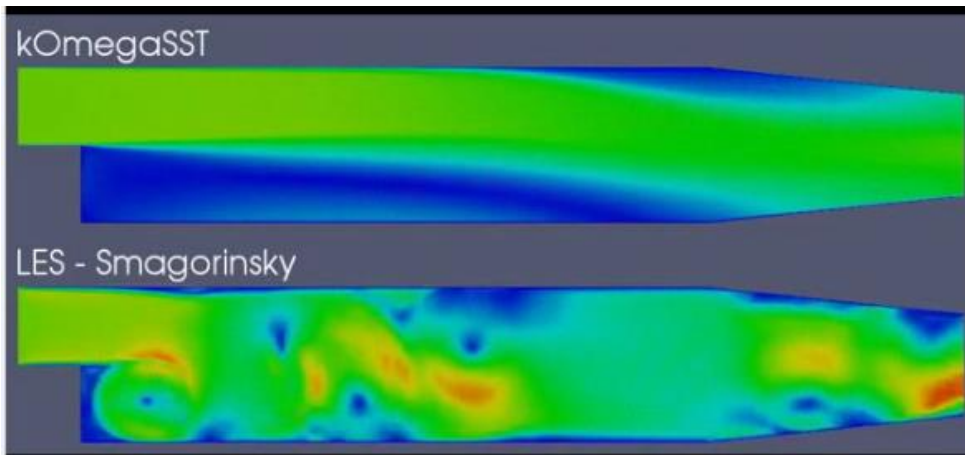


CFD 이해를 위한 기본 정리 : 난류

• 난류모델(Turbulence Model)

- 수많은 작은 와동으로 구성된 난류를 CFD로 해석하는 것은 거의 불가능함
- 난류의 평균적 특성을 수학적으로 묘사한 난류모델을 CFD해석에 이용함
- 이러한 난류모델을 RANS 모델(Reynolds Averaged Navier-Stokes equation)이라고 칭함
 - $k-\epsilon$, $k-\omega$ 등의 난류모델이 많이 사용됨
- 최근 난류의 와동을 직접적으로 계산하는 방법들이 소개되고 있음
 - LES: Large Eddy Simulation, DNS: Direct Numerical Simulation

RANS & LES

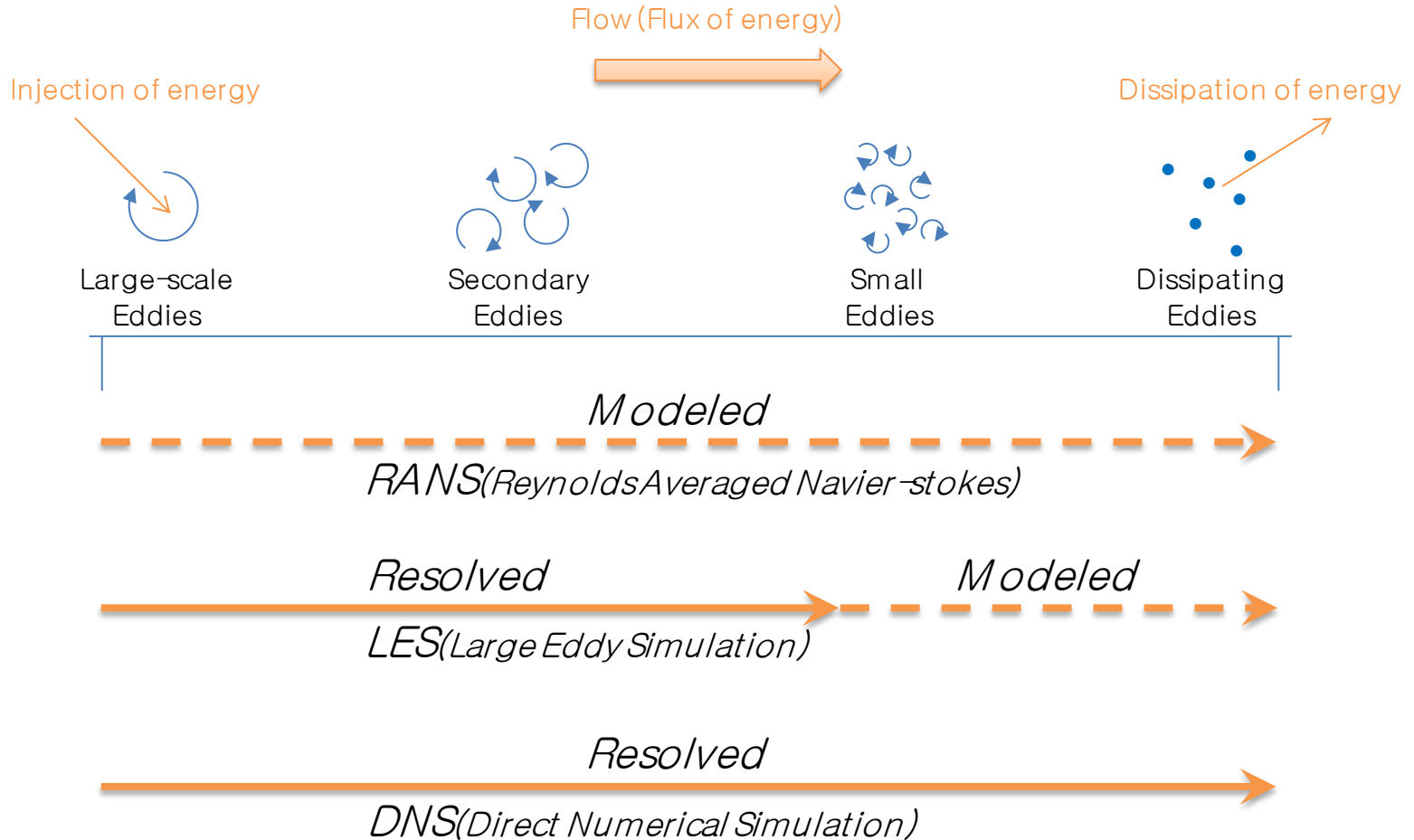


DNS



CFD 이해를 위한 기본 정리 : 난류

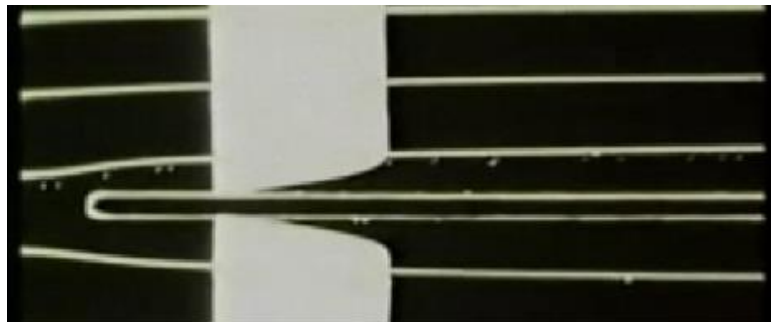
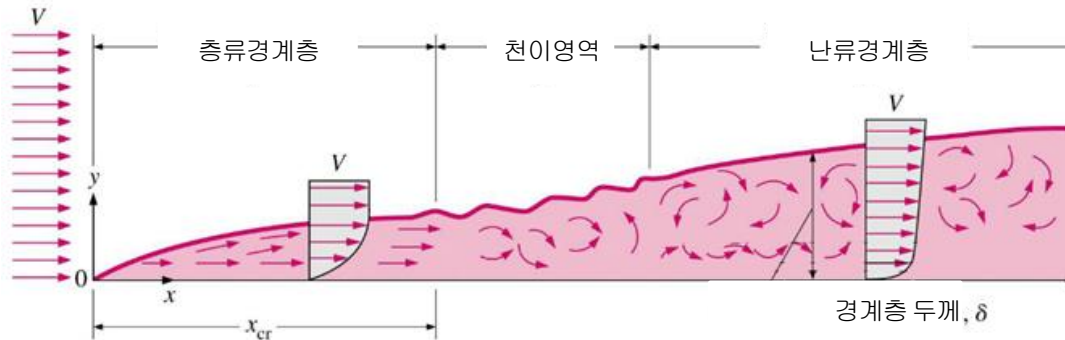
• 난류모델(Turbulence Model)



CFD 이해를 위한 기본 정리 : 경계층

• 경계층과 점성(Boundary Layer & Viscosity)

- 유체의 점성효과로 인하여 벽면 근처에 발생하는, 유속이 느린 층상 영역
- 경계층은 시작시점으로부터 점차 두꺼워 지며, 층류경계층에서 난류경계층으로 발달함
- 벽면에서의 유체의 속도는 Zero(no-slip)이며, 벽면에서 멀어질수록 유속이 점차적으로 증가



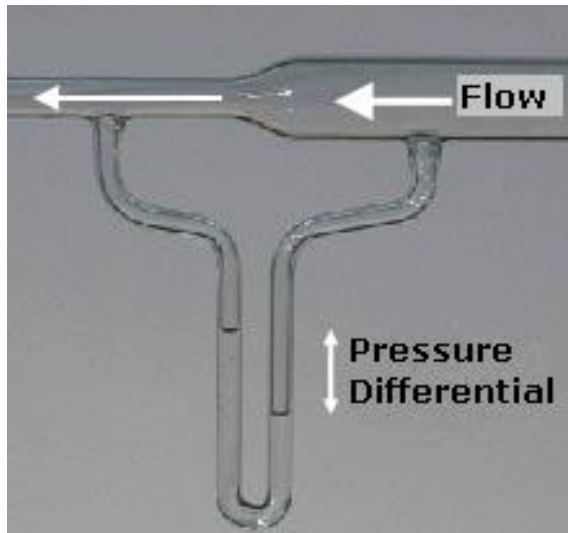
<평판에 대한 경계층 시험 사진>

CFD 이해를 위한 용어 정리

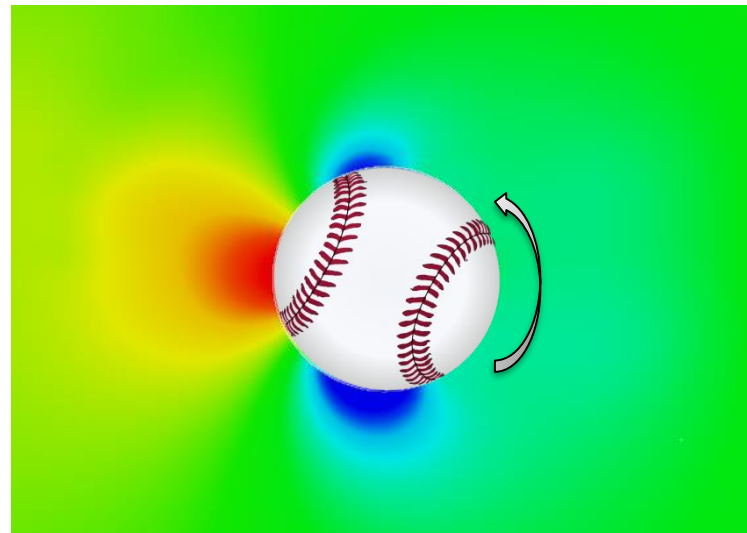
• 베르누이 정리 : 유체운동에 대한 에너지보존 법칙

- 유체에서 속도의 증가는 압력의 감소를 수반함
- 정압(Static Pressure) + 동압(Dynamic Pressure) = 전압(Total Pressure)

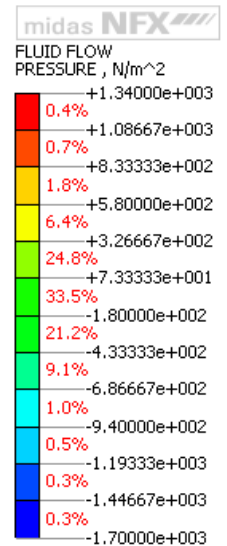
$$P_0 + \frac{1}{2} \rho V^2 = \text{Constant}$$



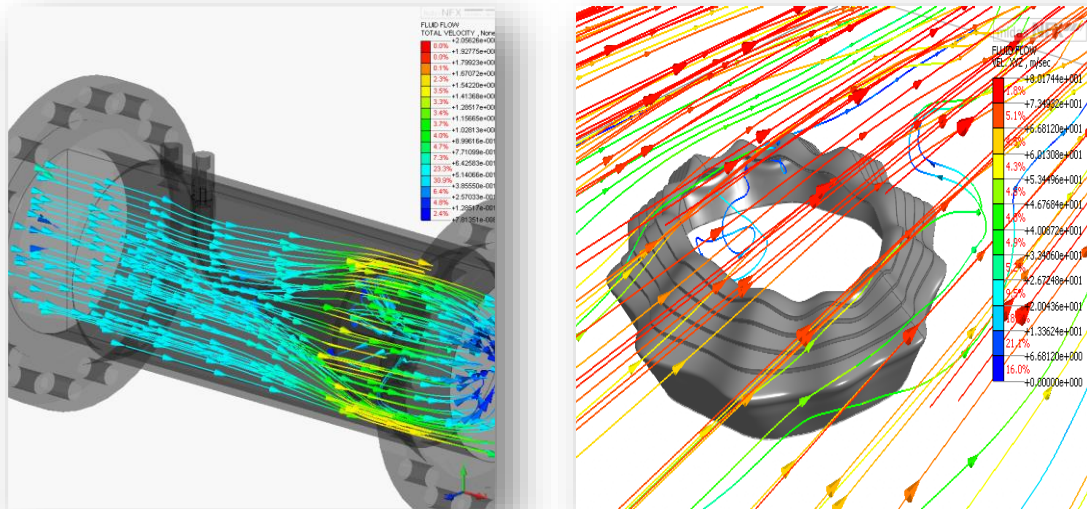
얇은 관의 속도는 굵은 관보다 더 빨라지며, 압력은 낮아진다.



공의 회전으로 윗면 유속은 느려지고, 밑면 유속은 빨라져 압력의 비대칭성이 나타남. 공을 아래로 누르는 힘이 발생하여 공의 경로가 바뀌게 됨



CFD 이해를 위한 용어 정리



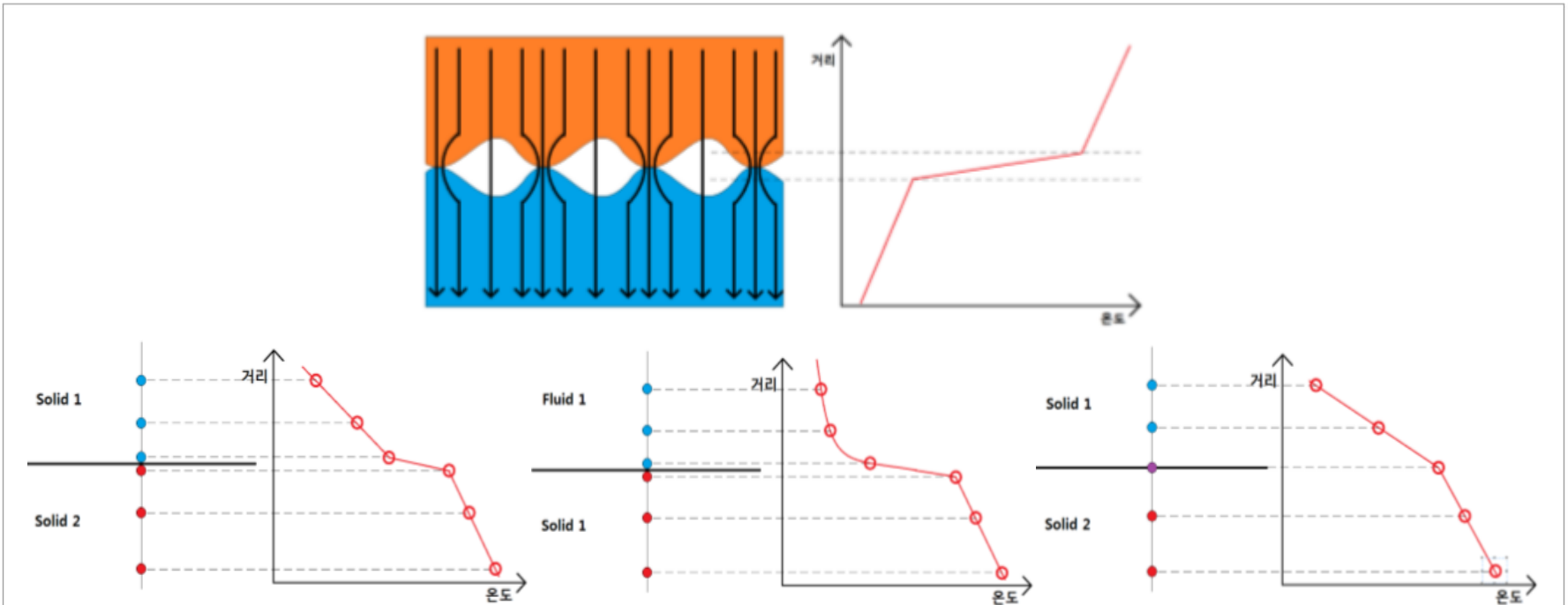
내부유동 VS 외부유동

internal flow VS external flow

내부유동: 벽면으로 유동 영역이 한정되고 유체의 입구와 출구가 명확함
 외부유동: 관심 영역인 벽면을 감싸는 커다란 가상의 공간을 상정하여 유동 영역을 정함

경계조건이 해석 결과에 영향을 미치지 않아야 함

CFD 이해를 위한 용어 정리

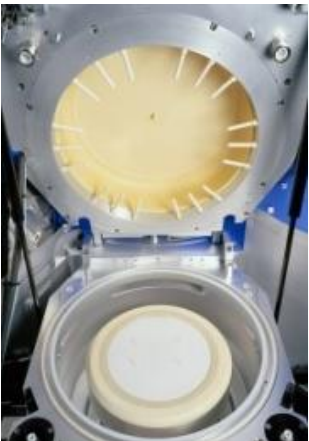
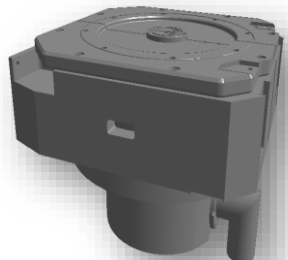
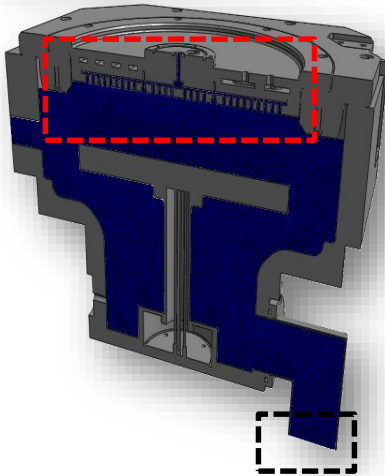
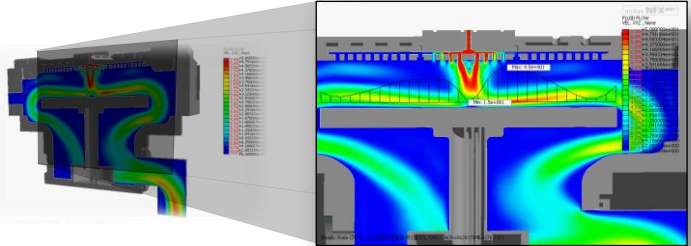
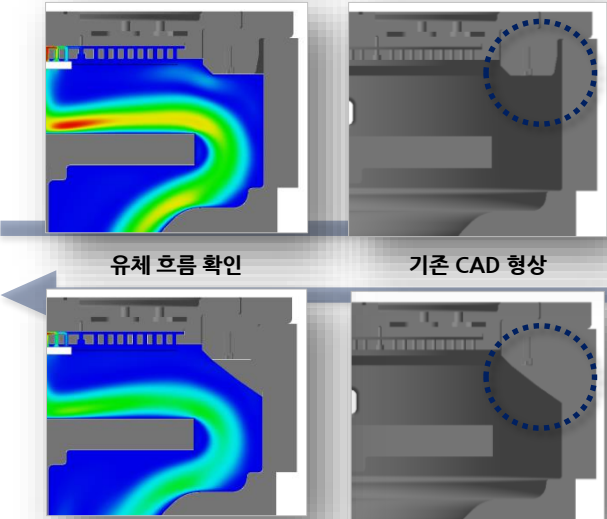


접촉조건 VS 절점병합


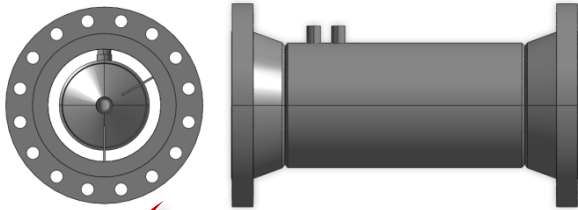
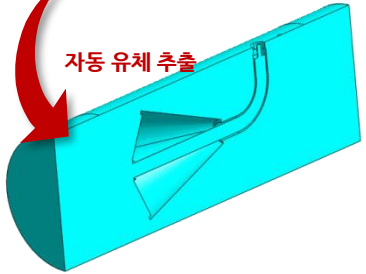
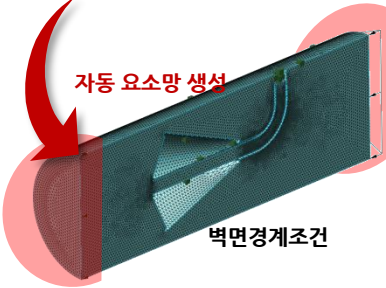
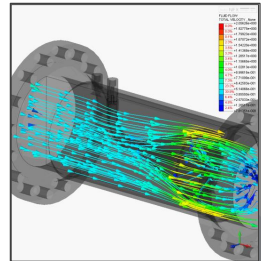
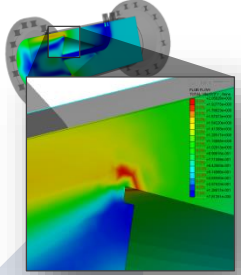
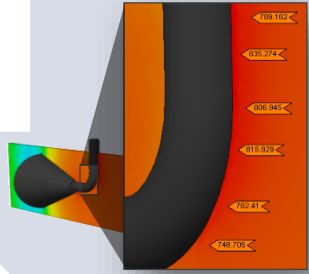
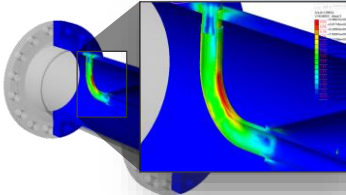
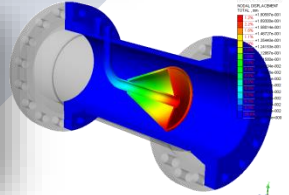
접촉(상수열저항): 각 영역의 절점을 그대로 둔 채 접촉조건 부여, 단순 접촉하는 고체 사이의 경계면에 적용
접촉(열적경계층): 벽면부 유동 물리량을 이용해 유체와 고체 사이의 열유속을 열적 벽함수로 계산해 적용, 유체-고체 사이의 경계면에 적용

절점병합: 경계면 위에서 마주보는 서로의 절점을 하나로 병합하여 열전달을 계산


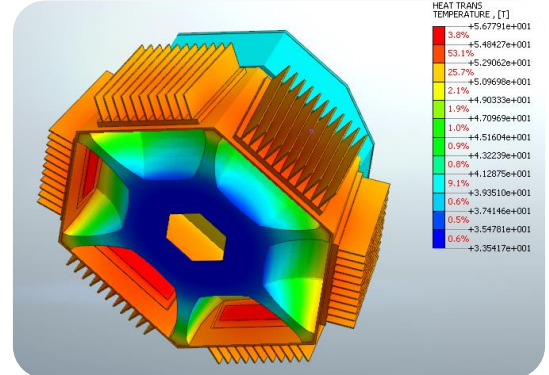
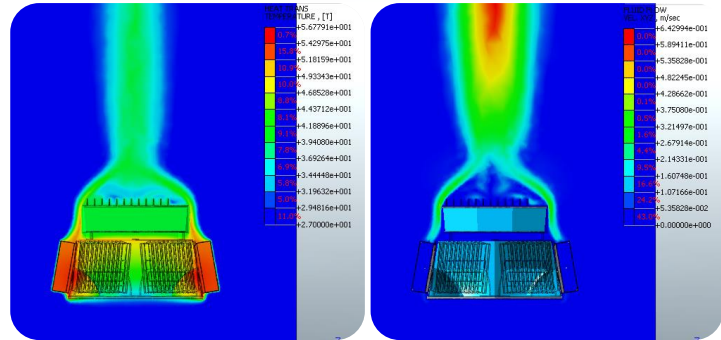
CFD 의 기능 : 속도 분석

Overview	Pre Processing	Post Processing
<p>해석의 목적</p> <p>반도체 CVD 장비의 샤워 노즐에 대한 균일 분사 성능 평가</p> 	<p>MOCVD 장비</p>  <p>샤워 노즐 1140sccm 주입</p>  <p>출구단</p>	<ul style="list-style-type: none"> 유체 균일도 평가를 위해 디스크 위 그래프 생성 유속 및 난류 강도 평가  <p>유체 흐름 및 가스 균일도 가시화</p>  <p>유체 흐름 확인 기존 CAD 형상</p> <p>유체 분포 성능 향상 확인 흐름에 고려한 CAD 설계 수정</p>


CFD 의 기능 : 압력 분석

Overview	Pre Processing	Post Processing
<p>해석의 목적</p> <p>유량 계측에 이용되는 콘미터 내부 특정 부위의 구조 안전성 판단</p> <p>유동해석을 통해서 파이프 부위의 유체력을 산출하여, 구조해석으로 연계</p> 	 <p>자동 유체 추출</p>  <p>자동 요소망 생성</p>  <p>입구단 91.6m³/h (0.5m/s)</p> <p>벽면경계조건</p> <p>출구단 대기압 조건 가정</p>	<ul style="list-style-type: none"> 유체 속도 및 압력 분포 확인 유체 고속 구간 확인 응력 및 변위 결과 확인 : 응력 최대 9.5N/mm², 변위 최대 0.18mm  <p>파이프- 콘미터 유체 흐름</p>  <p>유동 고속 현상 관찰</p>  <p>파이프 부분 유압 산정</p>  <p>응력결과 (Max = 9.5N/mm²)</p>  <p>변위결과 (Max = 0.18mm)</p>


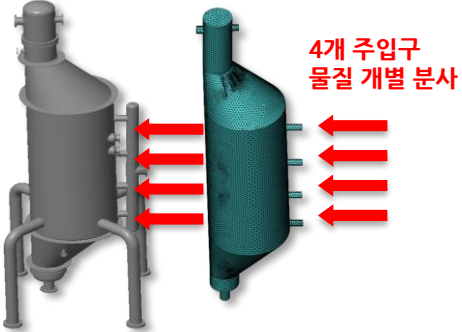
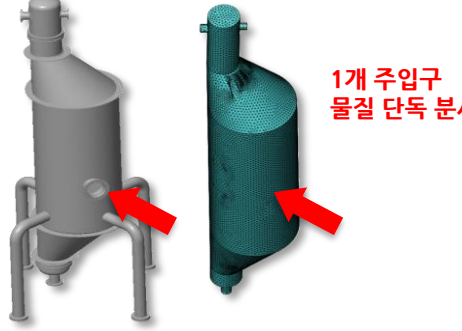
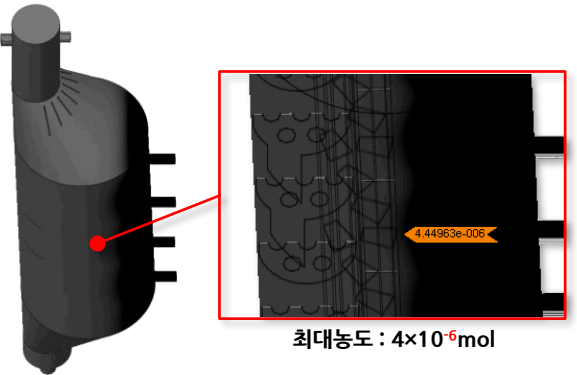
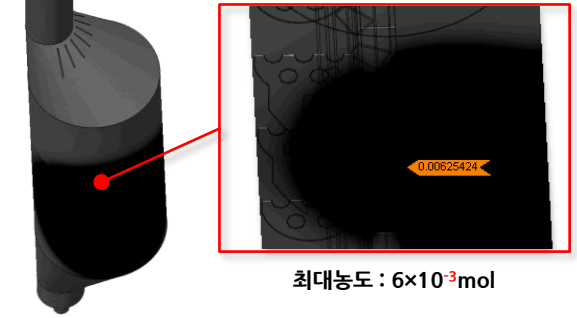
CFD 의 기능 : 온도 분석

Overview	Pre Processing	Post Processing
<p>해석의 목적</p> <p>공기 중 LED 시스템의 자연대류 방열 해석 분석</p> <p>LED 정션 온도 측정을 통한 제품 열 안전성 평가</p> 	 <p style="text-align: center;">해석 모델링</p>  <p style="text-align: center;">요소망 작성</p>	<ul style="list-style-type: none"> 유체의 온도 및 속도 분포 확인 : 히트싱크 성능 평가 고체부 온도 평가를 통한 정션온도 안전성 평가  <p style="text-align: center;">고체부 온도</p>  <p style="text-align: center;">전체 온도 분포 유체 속도 분포</p>


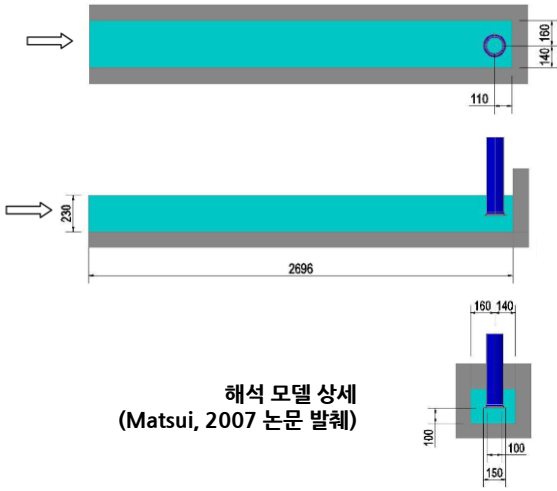
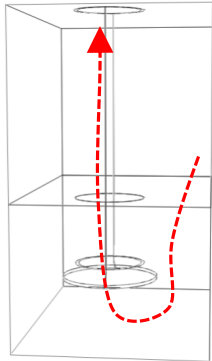
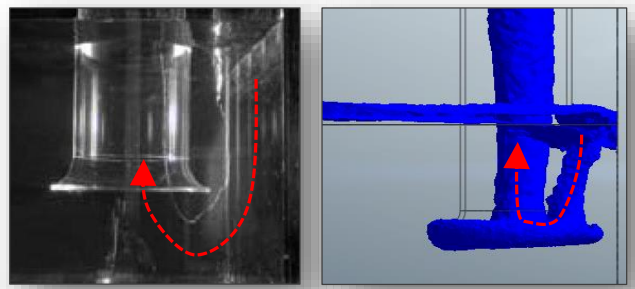
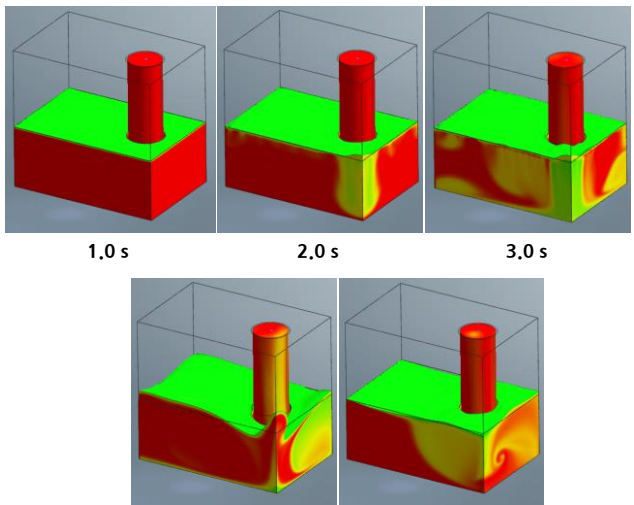
CFD 의 기능 : 제품 이동/회전 영향 분석

Overview	Pre Processing	Post Processing
<p>해석의 목적</p> <p>블레이드 회전에 의한 유동 발생 시스템인 터보차저의 토출 성능 평가</p>   <p>CAD</p> <p>해석모델</p>	Content merged into Pre Processing column	<ul style="list-style-type: none"> • 유량 자동 검토 기능을 통해 유량 확인 가능 • 유체 흐름 검토 가능 • 블레이드 작용 하중 평가를 통한 정성적 구조 안전성 확인 가능  <p>유선 검토</p>  <p>평면1 : 7480.39</p> <p>유량 자동 검토</p>  <p>유압</p>  <p>유압변화율</p>


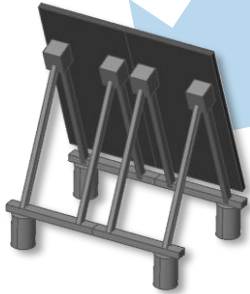
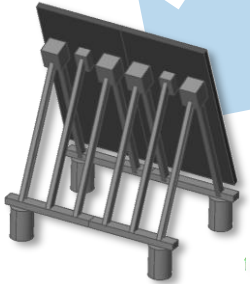
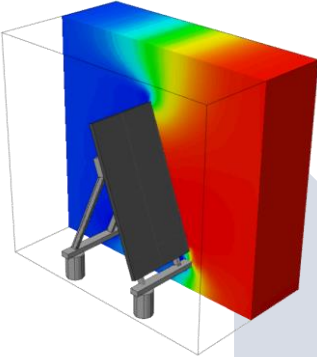
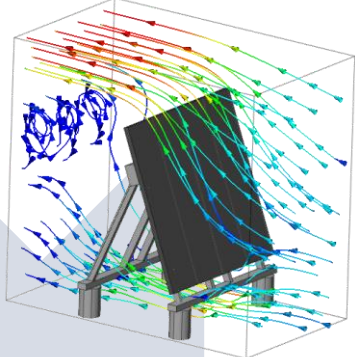
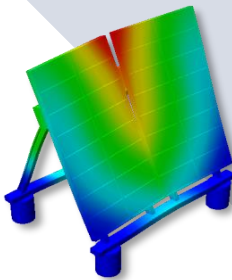
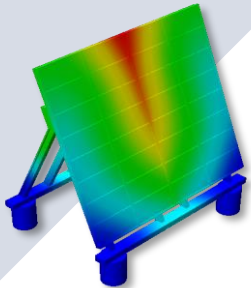
CFD 의 기능 : 물질 농도 분석

Overview	Pre Processing	Post Processing
<p>해석의 목적</p> <p>혼합 탱크의 물질 혼합 성능을 평가하기 위해 CFD 해석 수행</p> <p>형상 수정 및 물질 농도 평가를 통해 혼합 성능 평가</p> 	<p>CASE1</p>  <p>CASE2</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 형상 변경에 대한 목표 지점 농도 평가 유입구 소형 4개 에서 유입구 대형 1개로 설계 변경 시 목표 부위의 농도 상승 <p>CASE1</p>  <p>최대농도 : $4 \times 10^{-6} \text{mol}$</p> <p>CASE2</p>  <p>최대농도 : $6 \times 10^{-3} \text{mol}$</p>


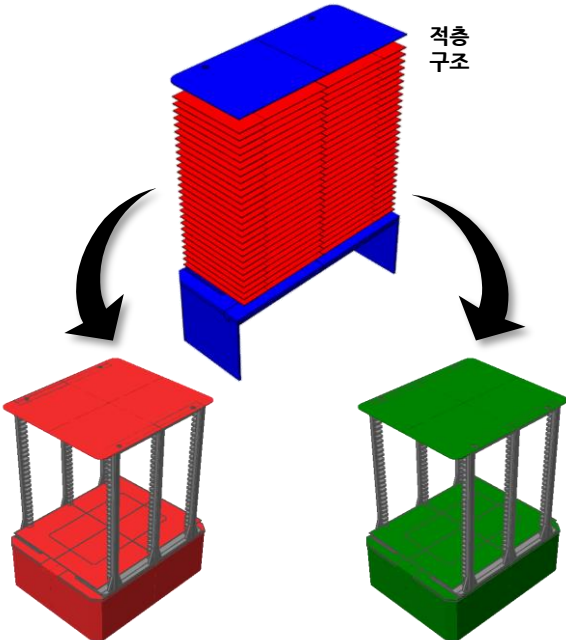
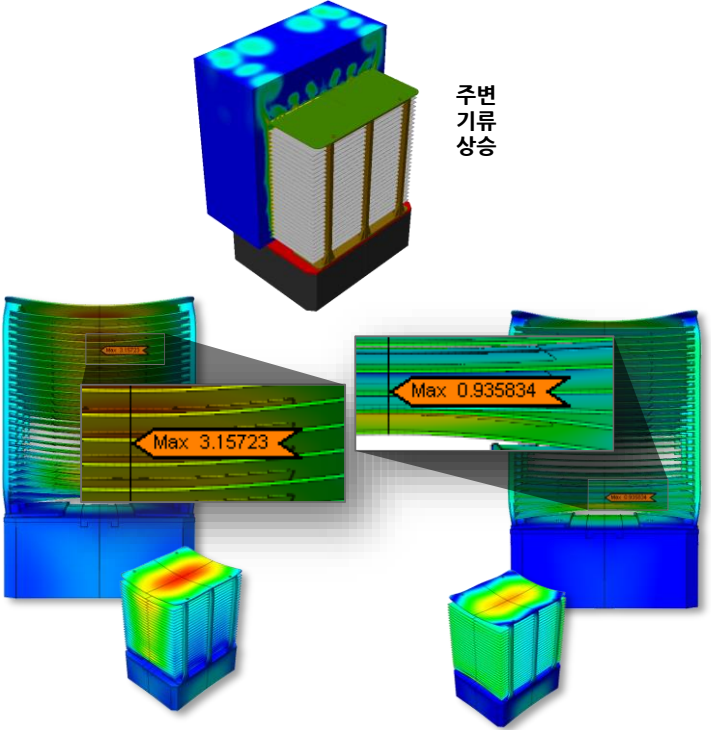
CFD 의 기능 : 수면 거동 분석

Overview	Pre Processing	Post Processing
<p>해석의 목적</p> <p>와류현상 제어를 위한 유동해석 적용</p> <p>와도 결과 항목 검토를 통한 와류 평가 해석 가능성 검토</p> 	 <p>해석 모델 상세 (Matsui, 2007 논문 발췌)</p>  <p>NFX 기하형상 및 유체 흐름 방향</p>	<ul style="list-style-type: none"> 시간에 따른 유체 거동 평가 와도 분석을 통한 펌핑 성능 영향 인자 분석  <p>실험을 통한 와류 평가 (좌) NFX2013 을 이용한 와도 예측 (우)</p> <p>시간 이력에 따른 자유수면 기술</p> 

CFD 의 기능 : 구조해석 연계 (1) - 힘

Overview	Pre Processing	Post Processing
<p>해석의 목적</p> <p>형상이 복잡해 기존의 풍하중 공식 및 데이터를 적용할 수 없는 경우에 대한 풍하중 산출 계산 수행 가능</p> <p>유동해석을 통해 구해진 유체력을 구조해석과 연계하여 구조해석 수행 가능</p> 	<p>CASE1 초기 설계 타입</p>  <p>CASE2 지지부 보강 타입</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 압력 데이터를 통한 풍압 산출 • 형상 변경에 따른 응력 산출 • 형상 변경 전 응력 : $2.88 \times 10^7 \text{Pa}$ / 변경 후 응력 : $2.88 \times 10^7 \text{Pa}$  <p>전지판 전면 풍압 검토</p>  <p>바람 흐름 및 난류 분석</p>  <p>Case1 제품 변형량 최대응력 2.88×10^7</p>  <p>Case2 제품 변형량 최대응력 2.47×10^7</p>

CFD 의 기능 : 구조해석 연계 (2) - 열

Overview	Pre Processing	Post Processing
<p>해석의 목적</p> <p>반도체 적층 장비에 대한 열 안전성 평가</p> <p>열 안전성 확보를 위한 적층지단 재료 변경</p> <p>해석 온도 값 연계를 통한 열 팽창 평가</p> 	<p>적층 구조</p>  <p>CASE 1 재료 A 사용</p> <p>CASE 2 재료 B 사용</p>	<ul style="list-style-type: none"> 재료 A 이용 시 3mm 변형 발생한 설계 문제에 대하여 재료 변형을 통해 열변형을 1mm 이하로 줄임 온도 흐름 평가 및 구조부 고체 온도 파악 가능 <p>주변 기류 상승</p>  <p>CASE 1 3mm 열변형 발생</p> <p>CASE 2 열변형 1mm 이하</p>

모듈에 대한 이해

연기의 확산
[물질확산 모듈]
 물질의 확산에 따른
 농도 변화를 분석

주변의 바람
[일반유동 모듈]
 비압축성 유체의 거동을 분석

뜨거운 굴뚝
[열전달 모듈]
 유체와
 유체가 접해있는 고체의
 열전달을 분석

자유수면의 파도
[자유수면 모듈]
 액체와 기체 사이의 수면을 계산

선박의 움직임
[요소망변형 모듈]
 벽면의 이동이 유체에 미치는
 영향을 파악

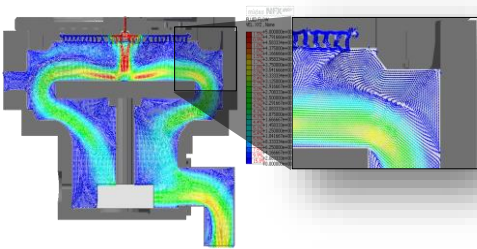
CFD 의 모듈 : CFD 의 기능을 해석 목적 및 확인 결과 항목 따라 구분해 놓은 단위

모듈에 대한 이해

일반유동 모듈

속도/압력/난류 결과 확인

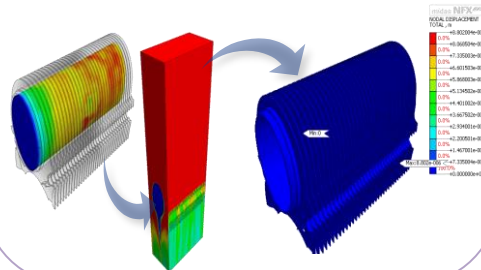
반도체 장비 내부·클린룸 기류 해석
밸브 배관 / 풍동 검토 / 노즐 등



열전달 모듈

온도 결과 확인

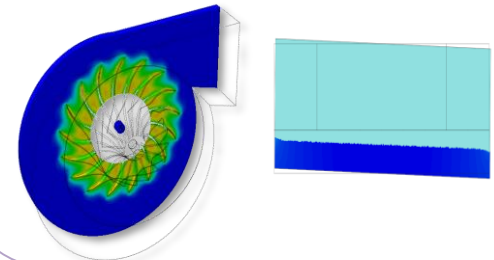
기계 장비 냉각/가열 성능
열교환기 열전달 성능 평가 등



요소망변형 모듈

계산 중 제품 회전/이동 적용

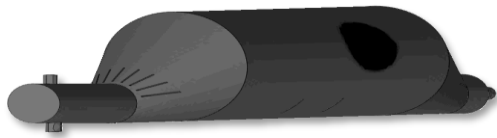
풍력발전 블레이드 구조안정성
로터리 거동에 따른 성능평가 등



물질확산 모듈

농도결과 확인

기계장비 내부 물질 혼합 성능 / 오염확산 평가 등



자유수면 모듈

자유수면 위치 계산

파력, 슬로싱 / 선박 포함 해상부유체 거동 파악 등



midas NFX CFD 기본유동해석 교육

Part 1. CFD 기본개념의 이해

Part 2. CFD를 위한 올바른 모델링과 해석 수행방법

Part 3. 일반유동 모듈의 이해

Part 4. 예제로 살펴보는 일반유동 모듈

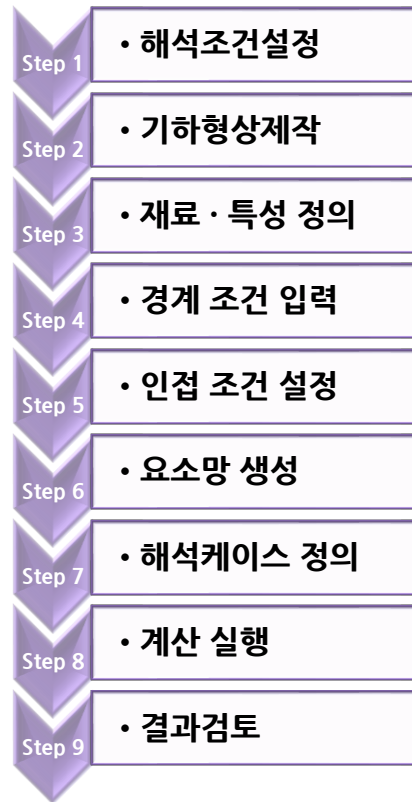
Part 5. 열유동 모듈의 이해

Part 6. 예제로 살펴보는 열유동 모듈

Contents

CFD 해석 과정

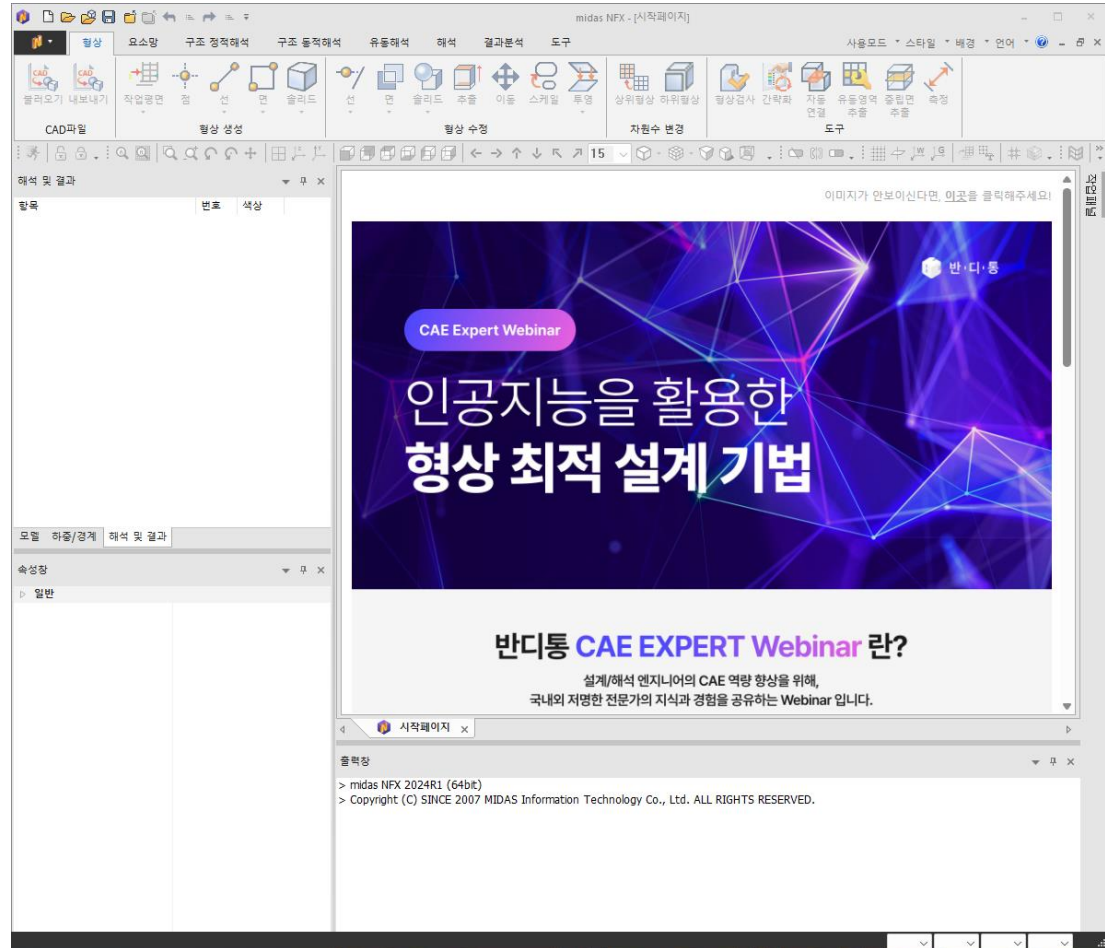
9단계를 통해 모든 CFD 해석 수행 가능



CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

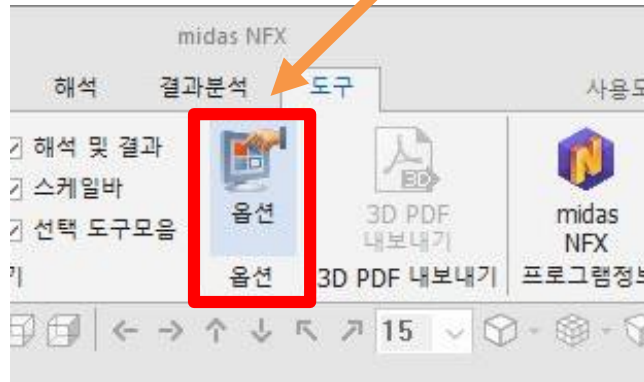
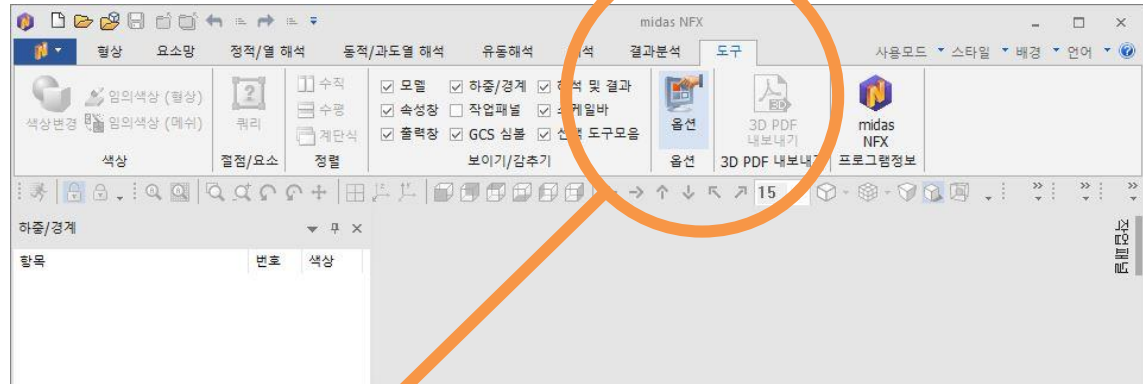
midas NFX 실행



CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

옵션 설정



리본 메뉴 “도구”

=> “옵션” 버튼 클릭

CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

“옵션” 창 > “일반” 탭 > “단위계” 트리

옵션

일반 기하형상/요소망/연결 하중/경계 결과

단위계 및 가속도 확인

기본단위 체계
 N m J sec
 중력가속도(g) 9.80665 m/sec²
 유도단위로 출력 (Hz, MPa, ...)

[주의] 재료 DB 에 정의된 CFD 함수는 SI 단위계를 따르는 상수를 쓰므로 재료 DB 를 사용하려면 반드시 'N-m-J-sec' 단위계를 이용해야 함

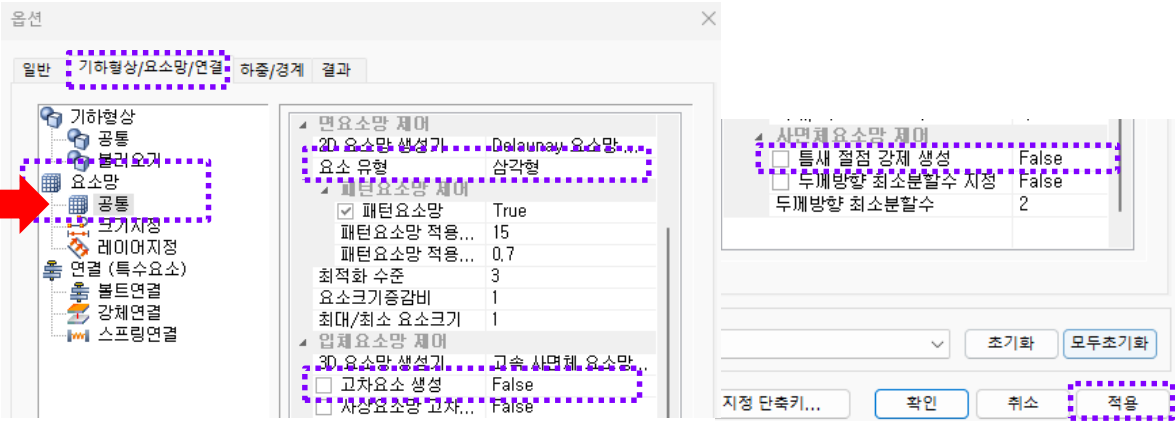
설정 불러오기
 설정파일 CFD 초기화 모두초기화
 사용자 지정 단축키... 확인 취소 **적용**

“적용” 클릭

CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

“옵션” 창 > “기하형상/요소망/연결” 탭 > “요소망” 트리 > “공통” 트리



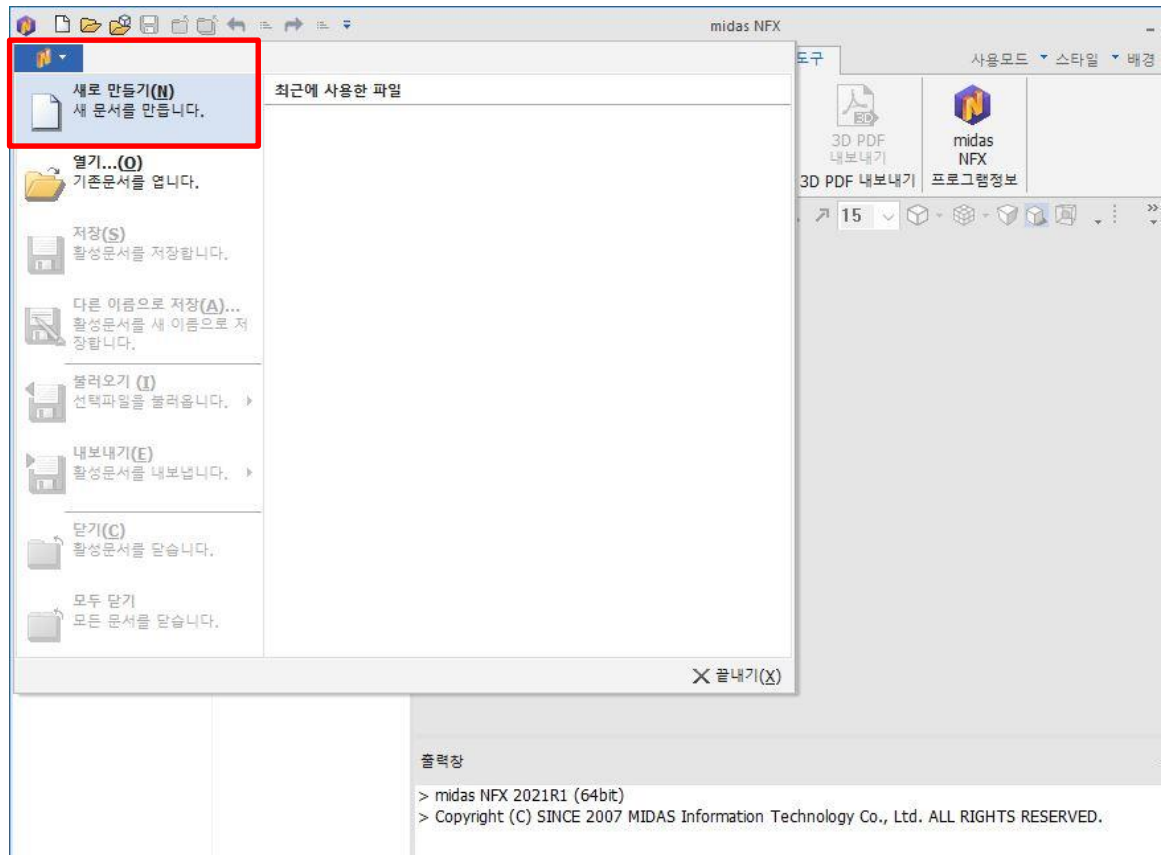
- ✓ “면요소망 제어” 그룹 > “요소유형” > “삼각형”
- ✓ “입체요소망 제어” 그룹 > “고차요소 생성” > 체크 해제 > “특새 절점 강제 생성” > 체크 활성화
- ✓ “적용” 클릭

※ 사면체 요소의 모든 절점이 경계에 놓이지 말아야 하는 이유:
 벽면의 절점은 속도가 0인데, 모든 절점이 벽에 있으면 절점이 구성하는 요소(부피)의 유속이 0으로 고정됨

CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

“새로 만들기” 실행



CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

“해석조건 설정” 정의

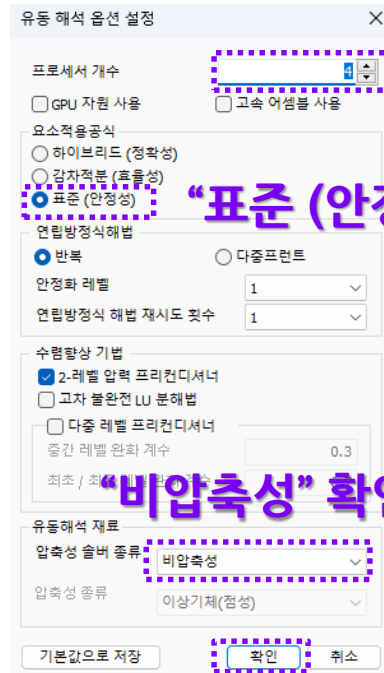
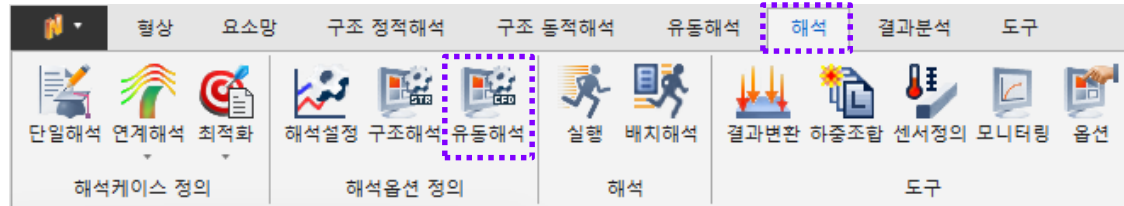
문제에 맞는 모델링 방법 선택

옵션에서 검토된 내용이므로,
 “프로젝트명”, “담당자”, “설명”에 대한
 선택적 기입 후 “확인” 버튼 클릭

CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

“해석”탭 > “유동해석” 클릭



사용 CPU 개수 입력

“표준 (안정성)” 선택

[참고] “하이브리드 (정확성)” 를 선택할 경우 정확도가 올라가며 “표준 (안정성)” 을 선택할 경우 정확도는 떨어지지만 수렴성이 향상 됨

“비압축성” 확인

[참고] 열유동 모듈을 이용하여 자연대류 해석 시, 유동해석 재료는 “압력기반압축성” - “비압축성 이상기체(점성)” 세트가 되어야 함 (밀도 변화에 의한 부력을 적용)

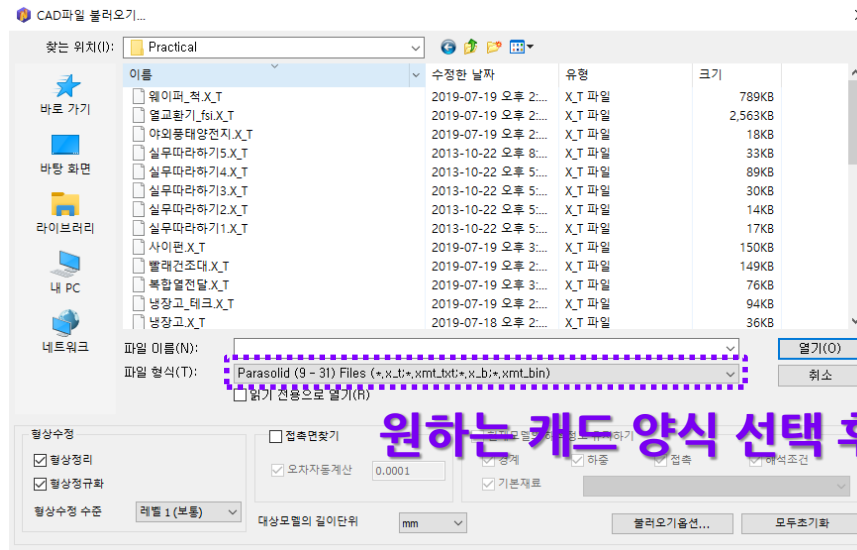
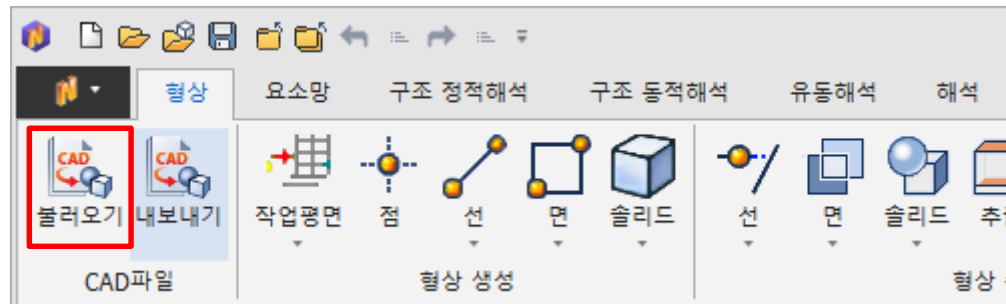
확인

CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

기하형상 제작 방법

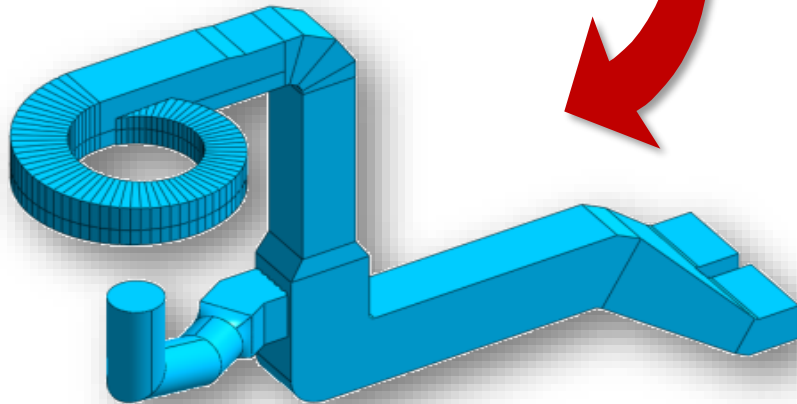
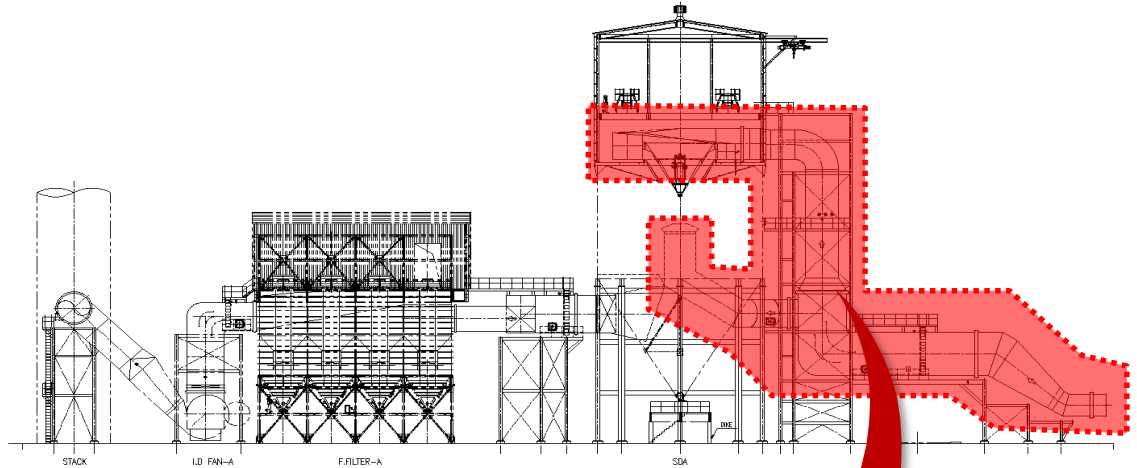
- 캐드 파일을 불러오는 방법



원하는 캐드 양식 선택 후 파일 더블 클릭

CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

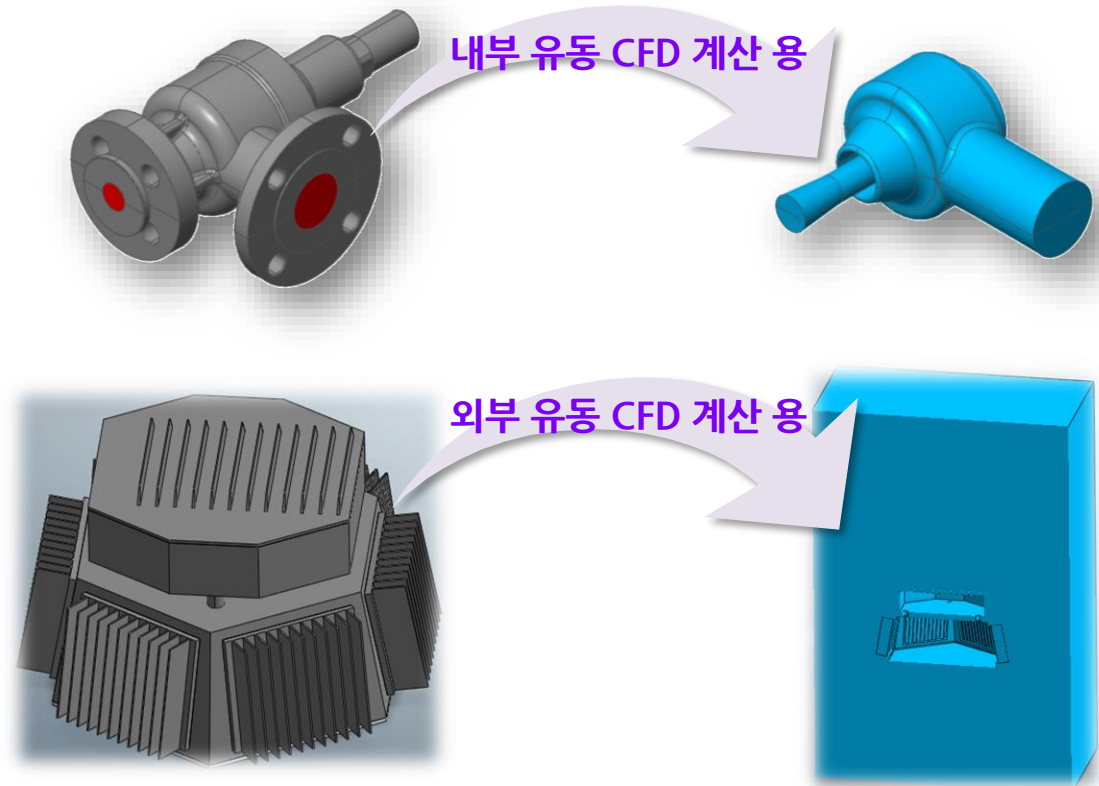


목적에 부합하는 해석 모델 생성 필요

CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

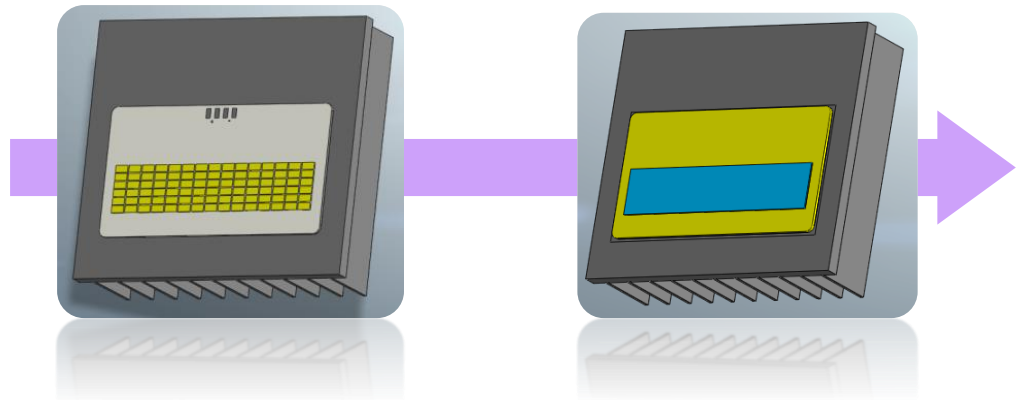
해석을 위한 유체 체적 추출



CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

형상 간략화



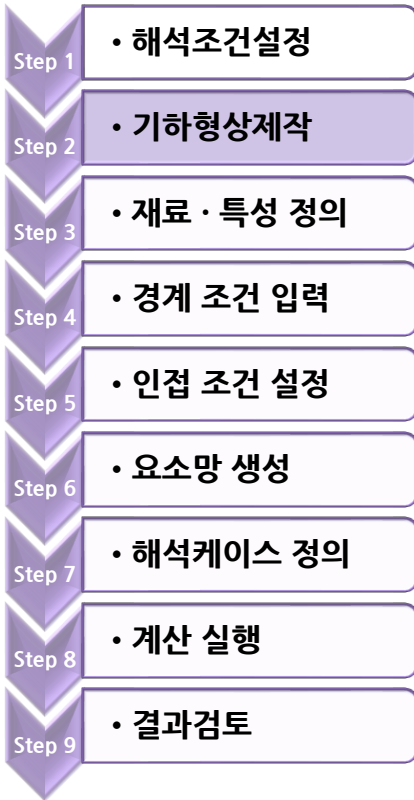
형상 간략화 목적

- ✓실무에서의 해석 시간 단축 : 계산 단위인 요소 개수 감소
- ✓품질 높은 요소망 제작 : 요소망 생성 시 미소형상 부위의 요소 중횡비가 커질 수 있음

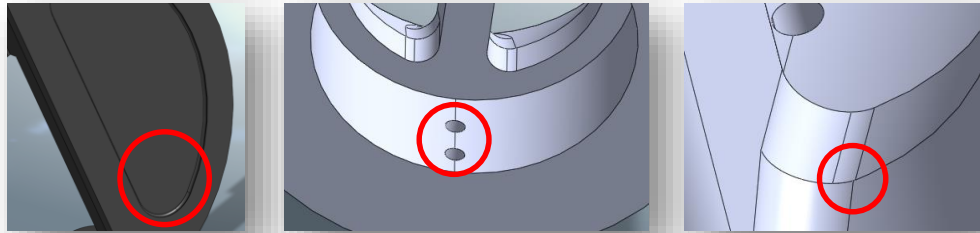
형상 간략화 방법

- ✓CAD 프로그램에서 단순화 후 불러오기
- ✓NFX 내 간략화 기능 사용

CFD 해석 과정



형상 간략화



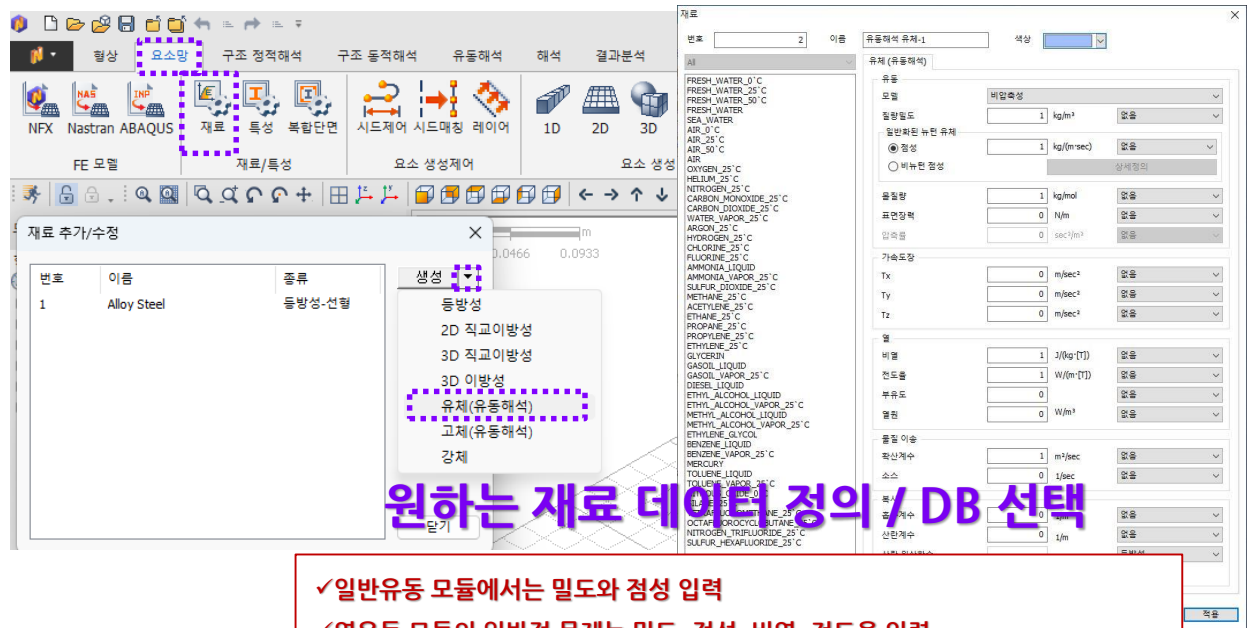
- 열 유동에 큰 영향이 없는 부분 생략(필렛, 구멍, 볼트 등)
- 제품생산을 위한 공차 제거
- 미소 간극, 단차 및 절점 불일치 제거

CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

재료 정의:

“요소망” 탭 > “재료/특성” 리본메뉴 > “재료” 클릭 > 생성 우측 화살표 클릭 > “유체(유동해석)” or “고체(유동해석)” 클릭



원하는 재료 데이터 정의 / DB 선택

- ✓ 일반유동 모듈에서는 밀도와 점성 입력
- ✓ 열유동 모듈의 일반적 문제는 밀도, 점성, 비열, 전도율 입력
- ✓ 열유동 모듈 중 자연대류 문제는 “모델” 콤보박스에서 “비압축성 이상기체” 선택 후 밀도, 점성, 물질량, 비열, 전도율 입력
- ✓ 열유동 모듈 해석 시 열원 정의를 통해 부피 당 발생하는 열원 입력 가능
- ※ 열유동 모듈에서 고체 열전달 고려 필요 시 질량, 밀도, 전도 입력

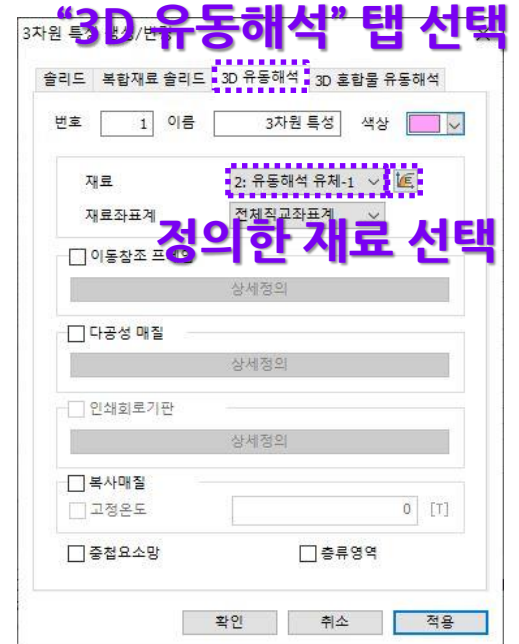
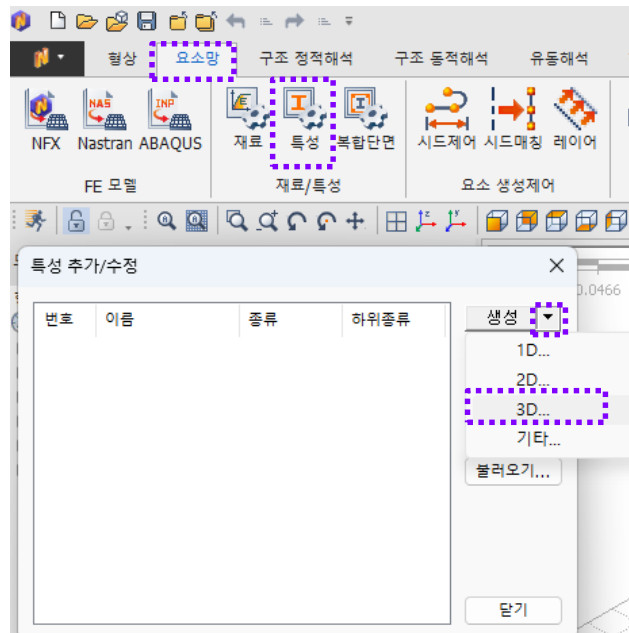
CFD 해석 과정


- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

특성 정의:

“유동해석” 리본메뉴 > “물성/좌표계/함수” 그룹 > “특성” 클릭
 > 생성 우측 화살표 클릭 > “3D...” or “2D...” 클릭

특성은 요소망 단위로 지정되는데, 어떤 영역에 특수 기능을 적용하려 할 때 특성을 통해 부여

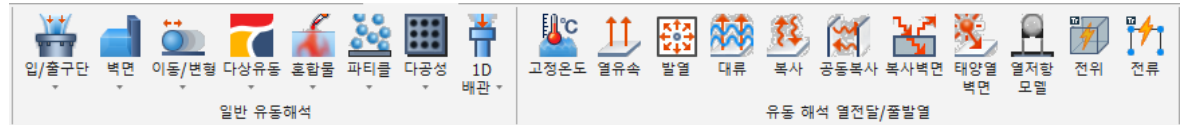


 : 재료를 정의하지 않아도 특성에서 이 버튼을 통해 재료 정의가 가능

CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

유체의 입/출구단, 유체를 막는 벽면 (고체의 표면), 발열, 고정온도 및 열 유속 등 정의 가능



제품의 환경 정보를 프로그램에 입력하는 중요한 과정
실험/현상과 동일한 경계조건 입력으로 해석 타당성 확보

일반유동모듈 경계조건 : 입구단, 출구단, 벽면

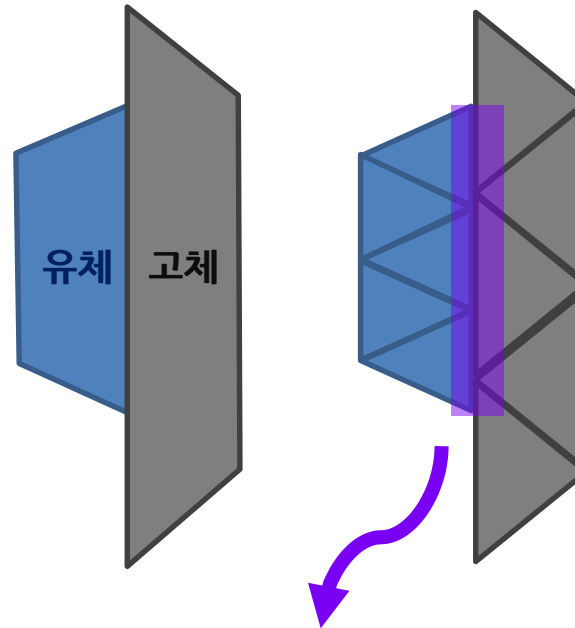
열전달모듈 경계조건: 유동온도, 열유속

CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

유체-고체의 열전달을 계산 하는 방법

1. 유체 요소망 - 고체 요소망 인접면의 “접촉” 조건



접촉면 지정을 통한 열전달

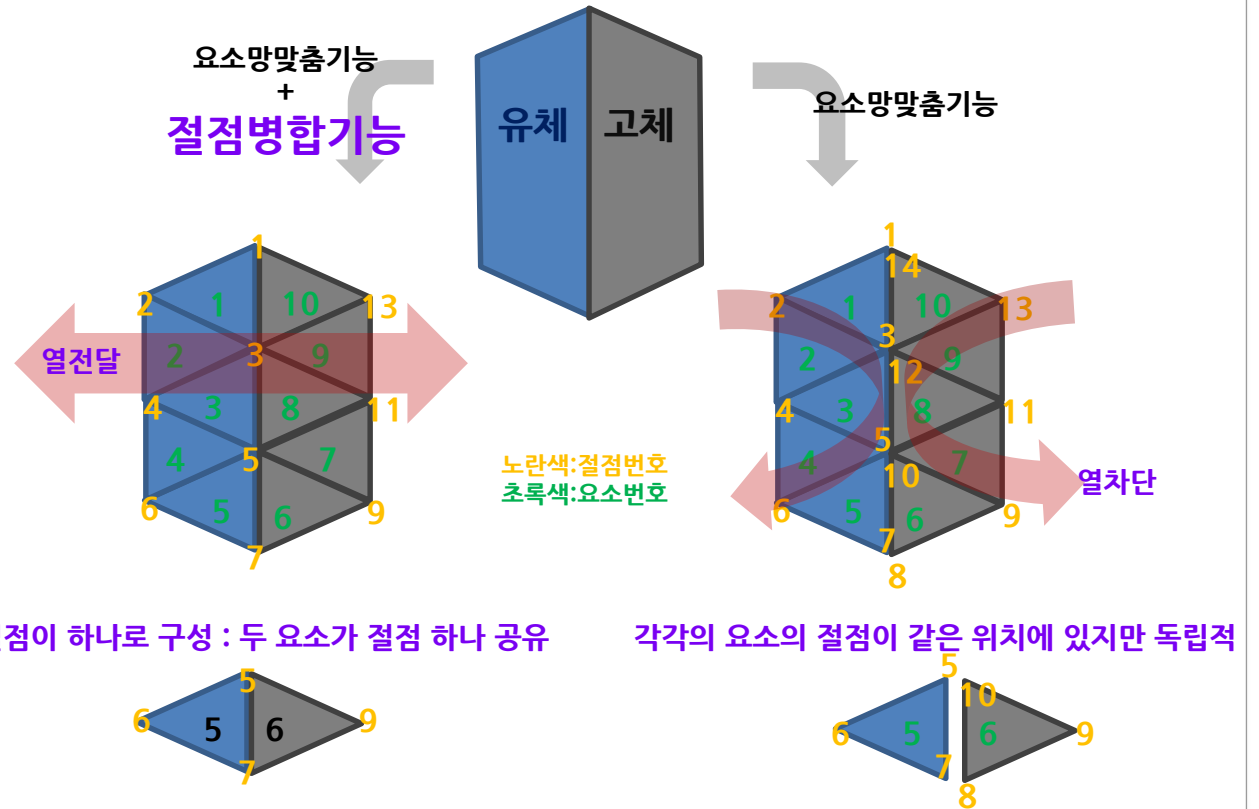
실제 위 그림과 같이 대류를 고려하지 않는 고체는 요소망이 성겨도 됨

CFD 해석 과정

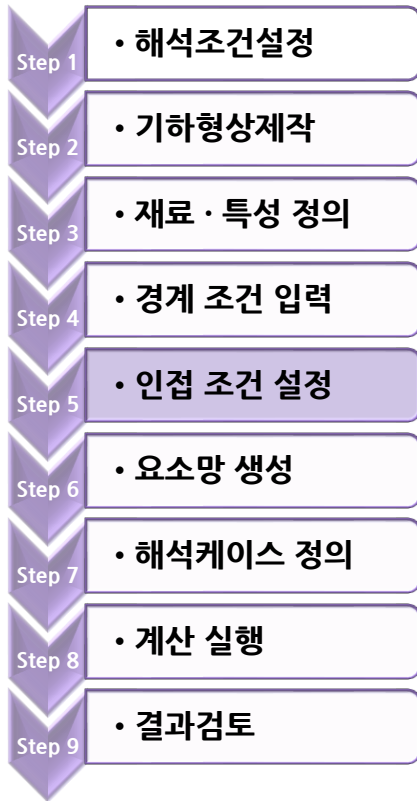
- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

유체-고체의 열전달을 계산 하는 방법

2. 유체 요소망 - 고체 요소망 인접면의 절점 공유



CFD 해석 과정

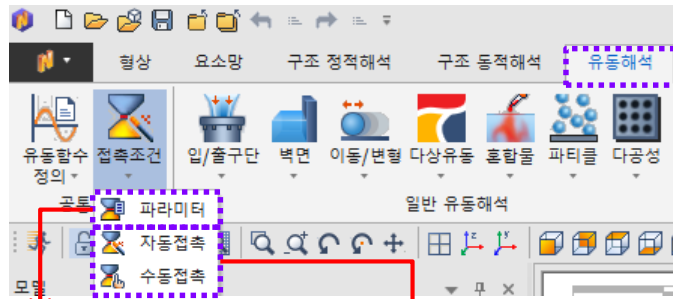


	접촉	절점병합
요소 개수	고체 요소망을 유체 요소망과는 독립적으로 성기게 작성함 : 비교적 적음	고체요소망의 유체요소망과 인접하는 부분을 유체요소망의 표면과 일치하도록 작성함 : 비교적 많음
수렴 안정성	접촉 계산 필요 : 비교적 불안정	접촉 계산 무시 : 비교적 안정
사용	접촉 조건 작업	인접면 절점 맞춤 작업 절점 병합 작업

CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

접촉 정의



접촉파라미터

번호: 2 이름: _____

구조: 유동해석

접촉 공차 1e-005 m

페널티 스케일 1

고급 모델

열저항

값 1e-006 [T] m²/W

열적 경계층

[알림] 열적 경계층은 유체-고체 접촉에서만 사용할 수 있습니다.

요소망 변형 복사강도

전기전도

확인 취소 적용

접촉

자동접촉(유동해석) 수동접촉(유동해석)

이름: 수동-1

면-면 접촉

접촉종류: 유체 - 고체 (유동해석)

주 접촉면

대상종류: 면

대상선택

종속 접촉면

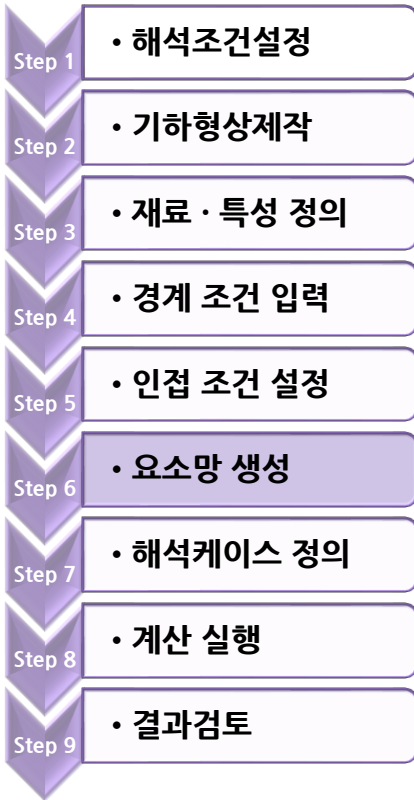
대상종류: 면

대상선택

접촉파라미터: 기본 접촉파라미터

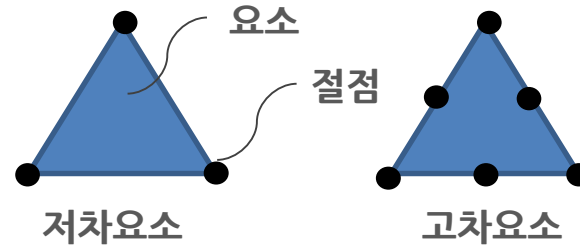
확인 취소 적용

CFD 해석 과정

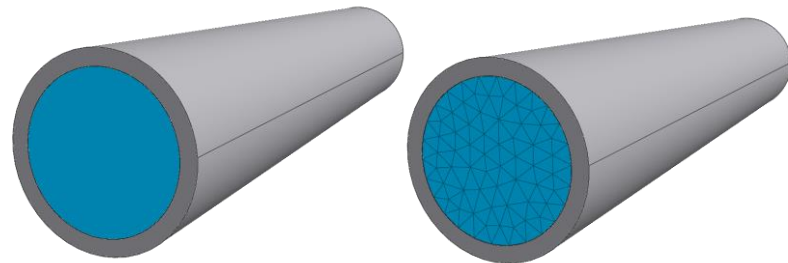


실무 수준에서의 NFX 요소망 생성

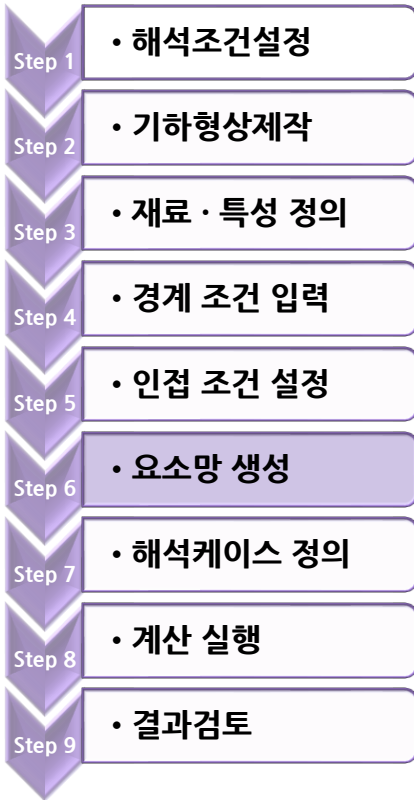
- 1) 사면체 요소망 작성을 기본으로 함
- 2) CFD 는 저차요소만 계산 가능



- 3) 벽면과 벽면 사이(경계면과 경계면 사이)의 유체가 8~10개 절점을 가지도록 생성 (권장사항)

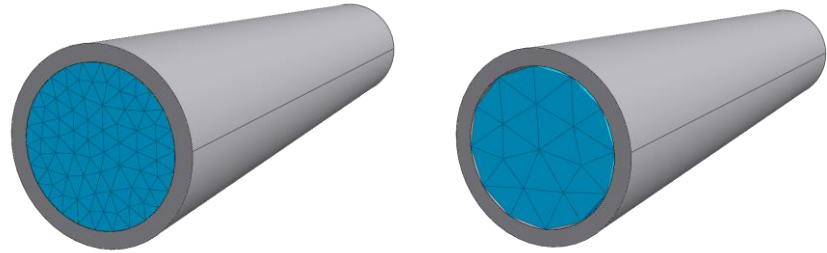


CFD 해석 과정



실무 수준에서의 NFX 요소망 작성

4) 속도, 압력, 온도 등 물리량이 급하게 변하는 구간에 충분히 많은 요소를 넣는 것이 원칙



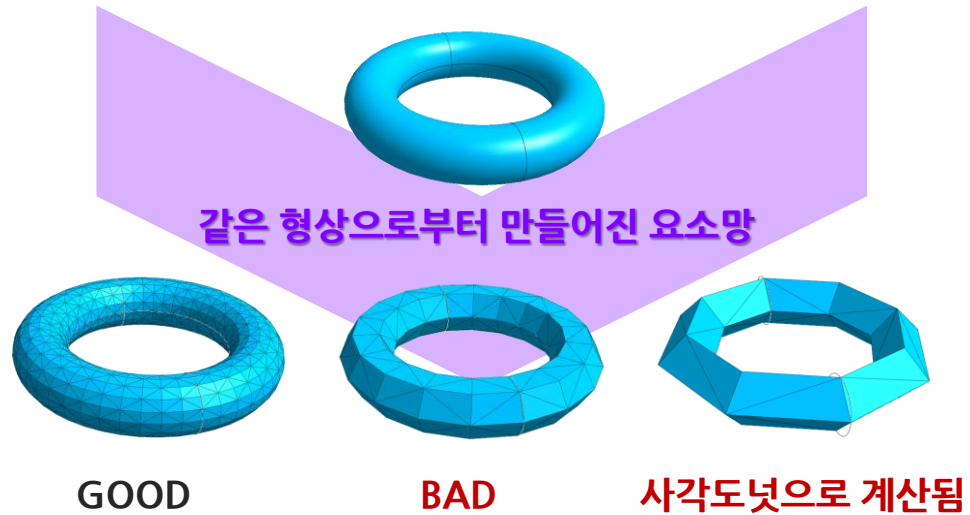
- ✓ [중요] 실제 요소망의 조밀도와 계산의 정확도는 유체가 흐르는 양과 열이 흐르는 양에 따라 상관관계가 다르므로 요소망을 조밀하게 하면서 결과가 얼마나 변하는지 관찰해야 하는 것이 원칙 : 조밀도 상승률 대비 결과 변화율이 낮으면 적정 크기의 요소망이라 판단함
- ✓ [중요] CFD 해석에 있어 점성바닥층 및 난류의 경계층 영향을 고려하는 요소망 작성이 정석이지만 본 기본 교육에서는 실무 중심적 내용을 다루기에 생략 함

CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

실무 수준에서의 NFX 요소망 작성

5) 형상 정보를 반영할 수 있는 수준의 요소망을 작성해야 함



6) 유체-고체 복합 열전달 해석에서 고체 요소망은 경계 사이에 1~2개 요소만 들어가도 됨
(고체 요소는 열전도 계산에만 쓰임)

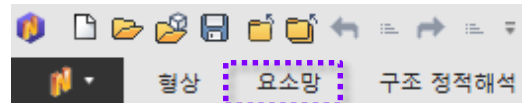
CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

실무 수준에서의 NFX 요소망 생성

7) 품질검사를 수행했을 때 요소망의 종횡비가 충분히 작도록 요소망 생성 (종횡비 15 미만 권장)

▪ 검사 방법:



: “요소망” 리본메뉴



: “도구” 그룹 > 품질검사



“적용” 버튼 클릭

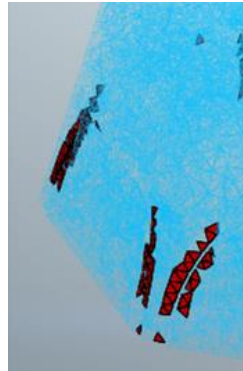
(뒤 페이지에 계속)

CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

실무 수준에서의 NFX 요소망 작성

(앞 페이지와 연결)



화면에는 좌측 그림과 같이 붉은 색으로 위치가 나타남

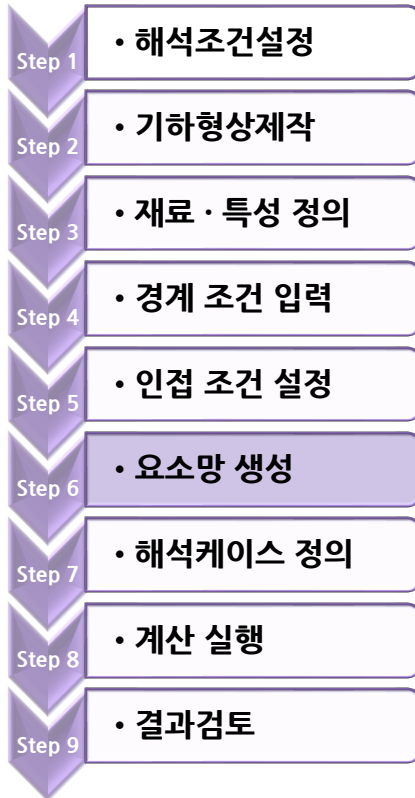
※ '보이기' 처리된 요소망에 한해서 검사가 진행됨

출력창에는 아래와 같이 총횡비 15 이상의 요소 개수 및 최대값 등이 나옴

```
출력창
> 작업 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
> 요소 품질 결과 :
> - {종횡비} 불량요소: 0개, 평균값: 1.41, 최소/최대값: 1.01 / 15
```

(뒤 페이지에 계속)

CFD 해석 과정



실무 수준에서의 NFX 요소망 작성

(앞 페이지와 연결)

▪ 검사 후 개선 방법

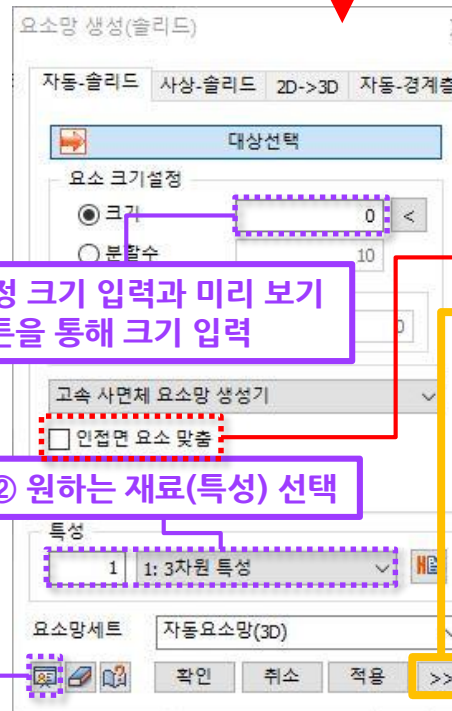
1. 요소망을 지우고 캐드를 수정
 - 앞의 형상 간략화 부분 참고
 - NFX 기본 교육 내용 참고
 - ※ 미소선 미소형상 삭제 중심의 형상 간략화 필요
2. 요소망을 지우고 조금 더 조밀한 요소망을 생성
3. 시딩(Seeding)을 통해 문제가 되는 영역만 조밀한 요소망을 생성

(뒤 페이지에 계속)

CFD 해석 과정

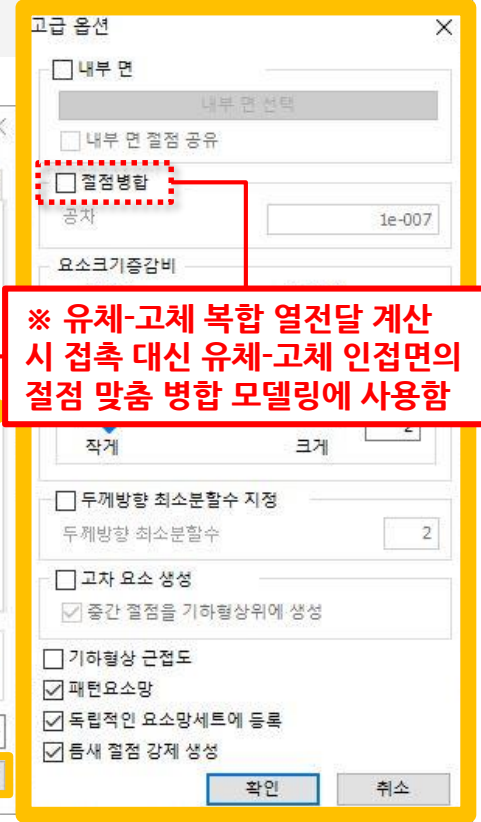
- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

요소 생성



① 적정 크기 입력과 미리 보기 버튼을 통해 크기 입력

② 원하는 재료(특성) 선택

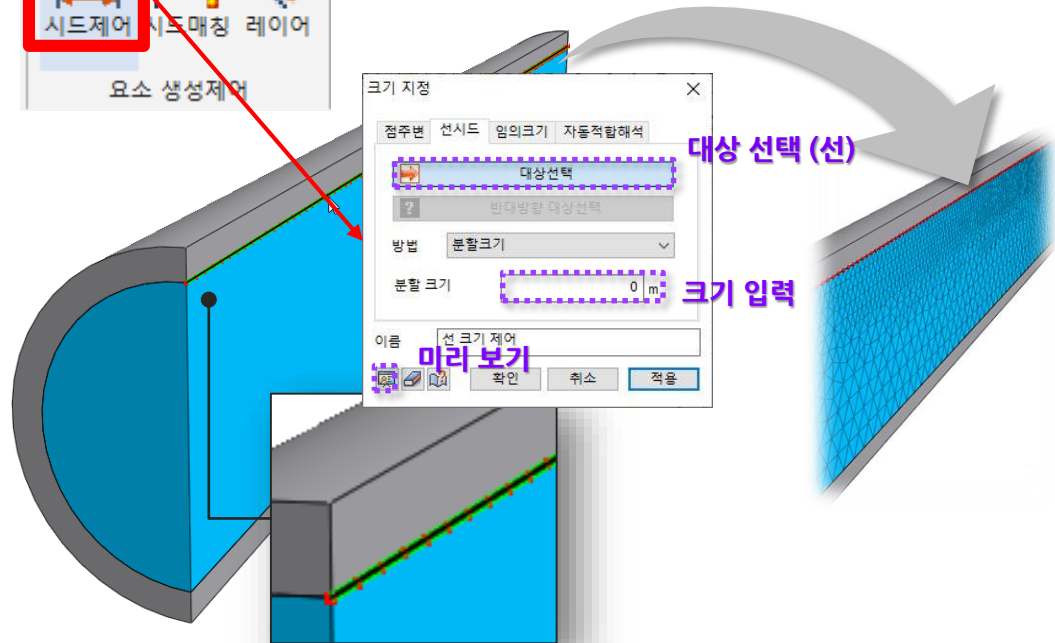


※ 유체-고체 복합 열전달 계산 시 접촉 대신 유체-고체 인접면의 절점 맞춤 병합 모델링에 사용함

CFD 해석 과정

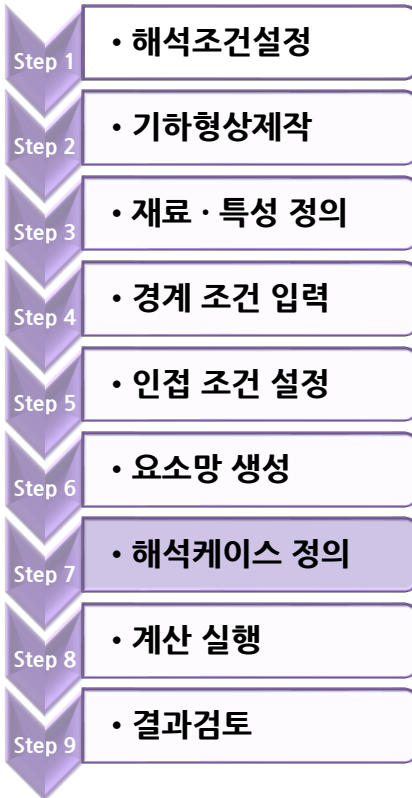
- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

시딩 생성



“미리보기” 버튼을 통한 시딩 미리보기 확대 장면

CFD 해석 과정

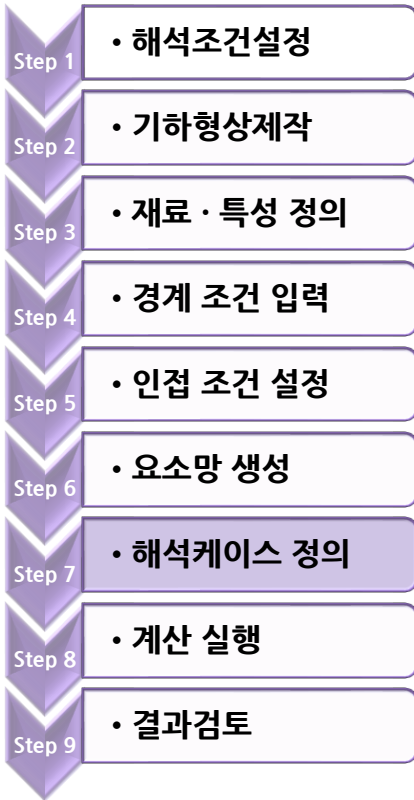


해석 케이스

목적에 맞는 계산을 수행하기 위해 앞서 정의한 재료, 요소망, 경계조건 중 필요한 조건을 조합하고 어떤 결과를 볼 것인지에 따라 필요 모듈을 적용하여 구성한 하나의 계산 단위

- ✓ 정상상태 / 과도상태 선택
- ✓ 입력한 경계조건, 요소망, 접촉조건 중 사용할 대상 선택
- ✓ 해석 목적에 맞는 적용 모듈 선택
- ✓ 계산에 필요한 시간간격 설정
- ✓ 결과 출력 간격 및 결과 출력 항목 설정
- ✓ 초기조건 설정
- ✓ 난류모델 선택

CFD 해석 과정



정상상태와 과도상태

	정상상태	과도상태
해석 목적	최종 결과 확인	시간 경과에 따른 결과 변화
다른 CFD 결과 항목	최종 수렴된 결과 출력	일정 시간 간격으로 결과 출력
NFX 결과 항목	최종 수렴된 결과 출력 + 최종 수렴까지 컴퓨터가 임의로 지정한 시간간격에 대한 결과 출력	일정 시간 간격으로 결과 출력
NFX 사용 방법	1. 시간간격의 값을 정하기 난해할 때 2. 최종해석 결과만 궁금할 때	1. 시간간격을 적절히 줄 수 있을 때 2. 시간에 따른 변화가 궁금할 때

CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

해석케이스 만들기 : 정상상태 / 과도상태의 선택

해석 케이스를 만들 때 최초로 정상상태인지 과도상태인지 선택함

CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

해석 목적에 맞는 적용 모듈 선택

해석케이스 추가/변경

해석 케이스 설정

이름

해석 종류: 정상상태 유동해석

“해석제어” 버튼 클릭

해석 제어

해석모듈

전체세트 << >> 활성화세트

요소망

요소망

요소망

정상상태 유동해석 (필수)

종류: 정상상태 유동해석

유동해석 설정

해석 제어

일반 모듈 정보 파라미터

모듈

일반유동

열전달

고체열전달

고급 모듈...

반복계산

시간간격 0.1 sec

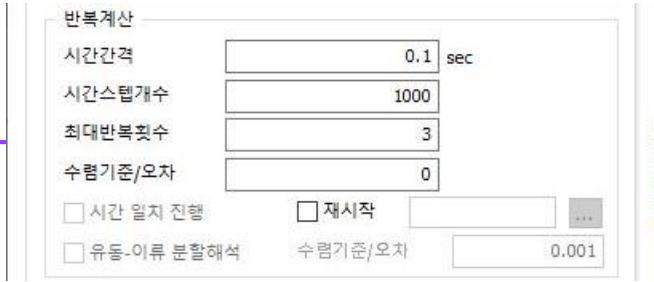
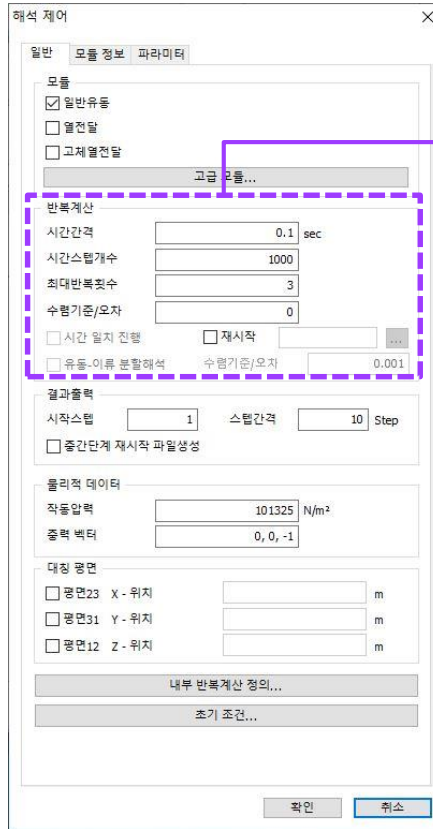
유동-이류 분할해석 수렴기준/오차 0.001

- ✓ 일반유동 문제를 풀 때는 “일반유동” 체크박스 활성화
- ✓ 유체의 열전달 문제를 풀 때는 “일반유동”+ “열전달” 체크박스 활성화
- ✓ 유체 및 고체의 열전달 문제를 풀 때는 “일반유동”+ “열전달” + “고체열전달” 체크박스 활성화
- ※ 강제대류 문제를 빨리 해석하는 2Step 기법에서는 일반유동을 먼저 풀고 이 결과를 이용하여 열전달 해석

CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

계산에 필요한 입력 시간 설정



시간간격 설정

1) 과도상태

$$\text{시간간격} = \text{가장 작은 요소크기 [m]} / \text{가장 큰 유속 [m/s]}$$

가장 작은 요소크기: 해석을 위해 만든 요소망에서 가장 작은 요소 길이
가장 큰 유속: 전체 해석영역에서 예상되는 가장 큰 유속

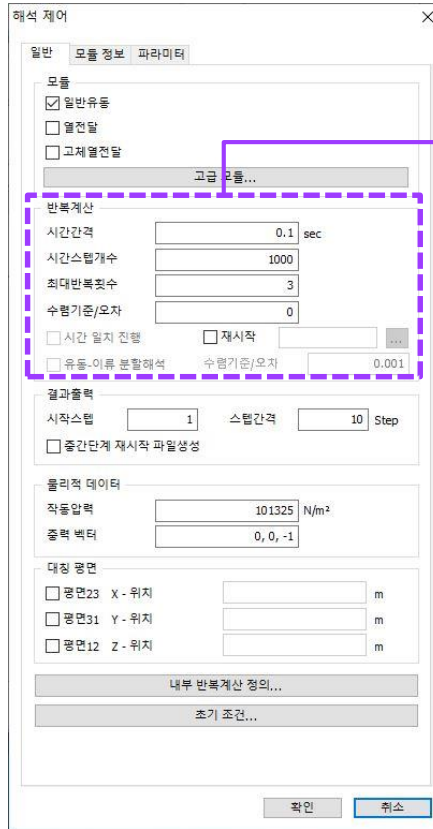
2) 정상상태

정상상태는 솔버가 자체적으로 적당한 시간간격을 설정하여 계산하는데, "시간간격"에 입력된 값은 솔버가 적용할 시간간격의 상한(上限)을 뜻함

CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

계산에 필요한 입력 시간 설정



시간스텝 개수 설정 총 몇 번의 스텝을 계산할지 선택

1. 한 스텝에서의 수렴이 계속되는 시점에 도달할 때 까지 충분한 스텝 필요
2. 원하는 특성치(속도, 압력, 온도 등)가 평형 상태에 도달할 때까지 충분한 스텝 필요
3. 충분한 스텝을 주지 않았을 경우 “재시작” 기능을 이용하여 직전 계산의 마지막 스텝부터 추가 스텝을 계산 (다음 페이지)

CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

계산에 필요한 입력 시간 설정

재시작 설정 계산이 완료된 해석케이스의 재시작



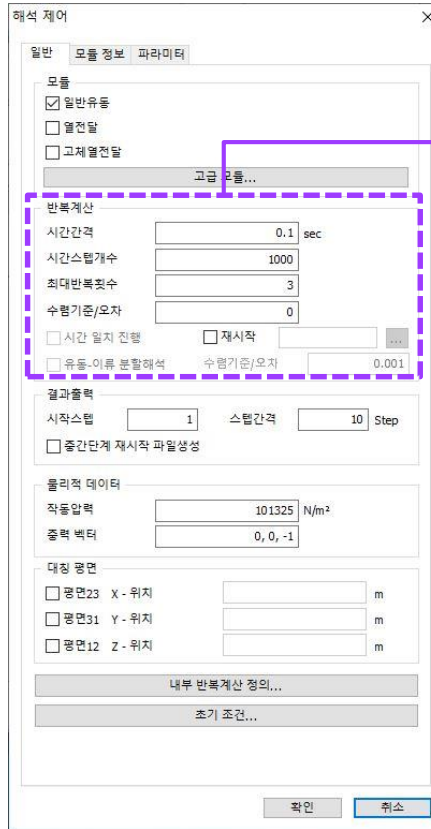
체크박스 활성화 * .rst 파일 불러오기

- ✓ *.rst 파일의 이름은 다음과 같이 적힘
"파일이름_"해석케이스이름".rst
- ✓ 결과 파일인 *.res 가 있으면 이어쓰기를 하고 없으면 새로쓰기
- ✓ 재시작에서 "시간스텝개수" 입력값은 스텝의 총 개수를 의미하는 것이 아니라, 추가 스텝 개수를 의미
(예: 직전해석 1000 스텝 계산 후 재시작해석 500 스텝 계산하려면 재시작해석 "시간스텝개수"에 500 입력)

CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

계산에 필요한 입력 시간 설정



최대반복회수

한 스텝 안에서 수렴하지 않을 때 (Norm이 기준값 이상일 때) 계산을 반복하는 횟수; 3을 기본으로 둬
 Tip. 수렴이 되지 않을 경우 10 → 2 → 1 → 5 로 바꾸어 가며 해석 수행

초기안정화스텝

계산하지 않은 첫 번째 스텝에서의 값인 '초기값' 은 특별한 설정이 없다면 실제 물리량 분포와 다른 "초기안정화스텝"은 경계조건을 반영하여 해석영역 내부 물리량 분포(초기값)를 실제와 가깝게 미리 바꿔두는 작업
 Tip. 수렴 되지 않을 경우 50~100 을 입력함

CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

결과 출력 간격 및 결과 출력 항목 설정

해석 제어

모듈
 일반유동
 열전달
 고체열전달

반복계산
 시간간격 0.1 sec
 시간스텝개수 1000
 최대반복횟수 3
 수렴기준/오차 0
 시간 일치 진행 개시작
 유동-이류 분할해석 수렴기준/오차 0.001

결과 출력
 시작스텝 1 스텝간격 10 Step
 중간단계 재시작 파일생성

물리적 데이터
 작동압력 101325 N/m²
 중력 벡터 0, 0, -1

대칭 평면
 평면23 X - 위치 m
 평면31 Y - 위치 m
 평면12 Z - 위치 m

내부 반복계산 정의...
 초기 조건...

해석케이스 추가/변경

해석 케이스 설정
 이름
 해석 종류 정상상태 유동해석

결과 출력 시작 및 간격 설정

시작스텝 : 결과 출력을 시작하는 스텝

스텝간격 : “시작스텝” 으로부터 결과 출력을 하는 간격

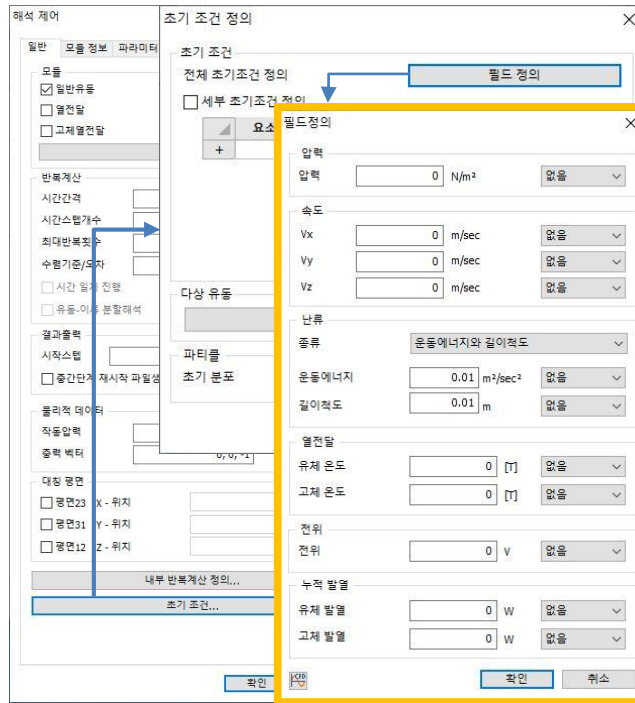
결과 출력 항목 설정

“해석케이스 추가/변경” 창에서 “결과 제어” 버튼 클릭

CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

초기조건 설정




필드 정의

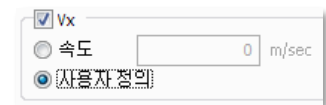
✓ CFD 해석은 현재 스텝을 계산할 때 이전 스텝의 결과값을 이용함

✓ 첫 번째 스텝의 결과값을 계산하기 위해 사용되는 초기값(0 번째 스텝)을 지정하는 창

✓ 실제에 가까운 값을 줄수록 초반에 계산이 빨리 수렴함

ex. 고체가 60°C 에서 25 °C 외기에 의해 식는 현상을 해석할 때에는 “열전달”그룹박스의 “유체 온도”를 “25” 로 입력하고 고체온도를 “60”으로 입력

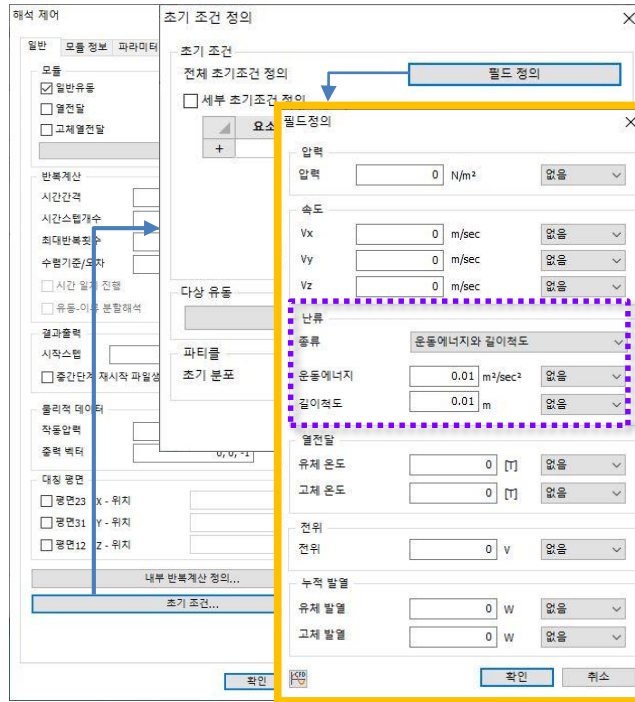
※ 필드 정의 값은 “CFD함수” 버튼  으로 정의한 함수를 입력 창 우측의 콤보박스에서 해당 함수를 선택해 CFD 함수로 입력 가능하며, 이 값은 필드정의 기능과 독립적으로 함수 입력이 안되는 경계조건 (속도, 압력) 등에서 이용할 수 있다.



CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

초기조건 설정



난류 초기값 입력 방법

$$\text{운동에너지} = 1.5 \times (\text{난류강도레벨} \times \text{속도})^2$$

$$\text{길이척도} = 0.07 \times \text{특성길이}$$

※ 난류강도레벨

항공기, 자동차, 잠수함 : 0.003(0.01 이하)

대기층 : 0.3

내부유동, 열교환기, 회전기계 : 0.05~0.15

파이프, 배기구, 저레이놀즈수(단순모델) : 0.01~0.05

※ 특성길이

덕트와 같은 내부유동의 경우 수력직경 사용

CFD 해석 과정

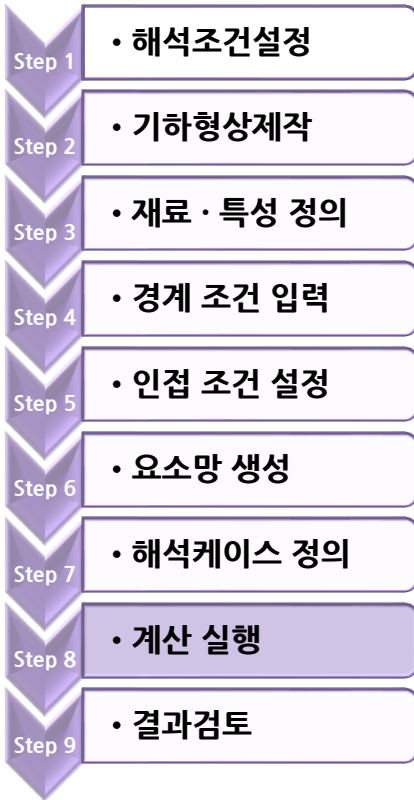
- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

난류 모델 선택

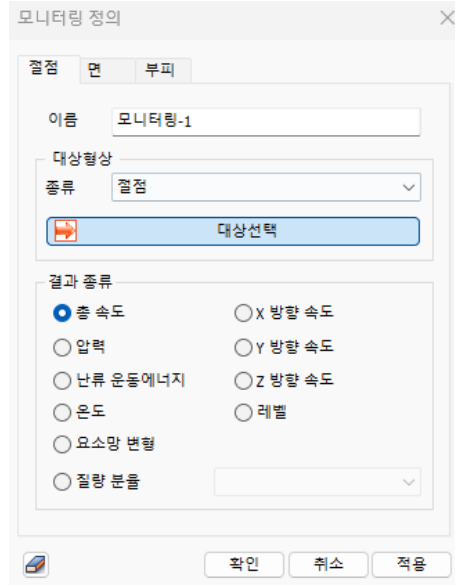
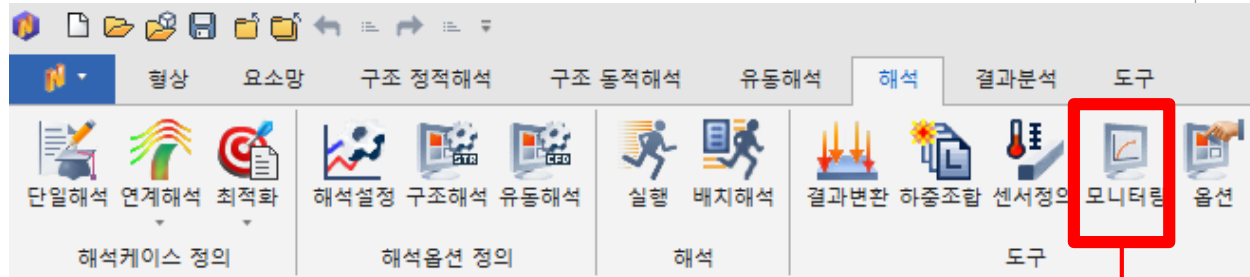


“모듈정보” 탭 이동 후
2차식 k-ε 모델을 이용

CFD 해석 과정



계산 실행 전 모니터링 포인트 정의



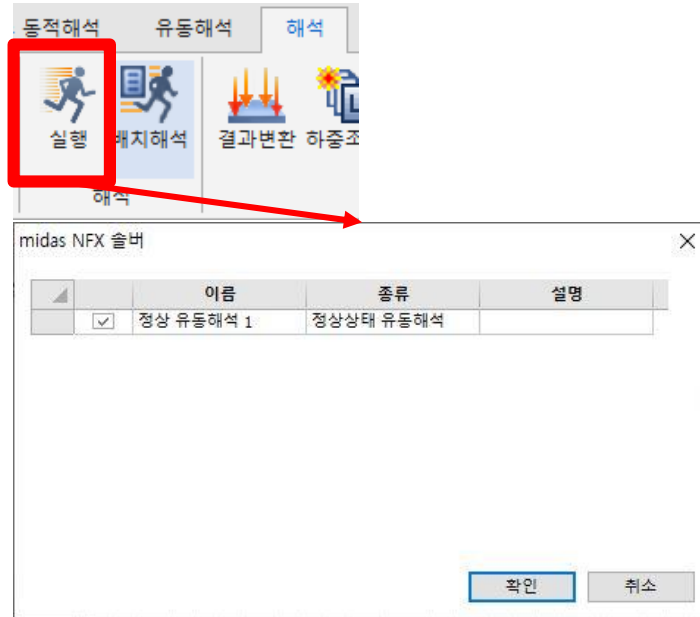
계산 중 특정 절점의 결과값 확인 가능

1. 속도 입구단 - 압력 출구단 문제에서 압력부 토출 속도(토출 유량) 확인을 통한 수렴상태 확인 가능
2. 압력 입구단 문제에서 입구단 유입 속도 확인을 통한 수렴상태 확인 가능
3. 특정 위치 온도 변화 추이를 관찰하여 열 평형 상태를 확인 가능

CFD 해석 과정

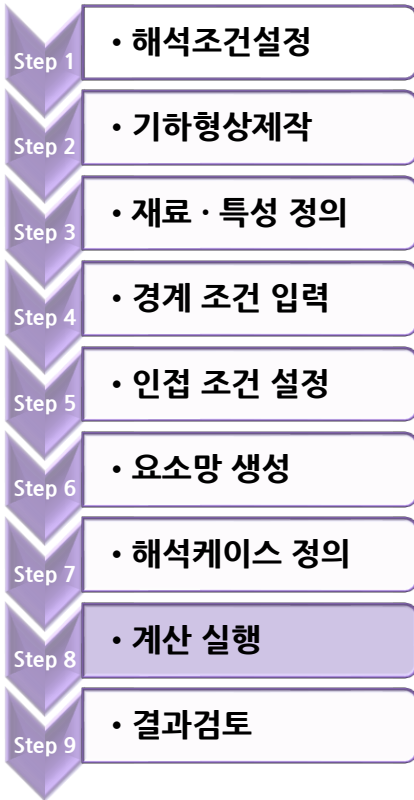
- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

계산 실행



- ✓ 체크 박스를 통해 계산해야 할 해석케이스 선택 가능
- ✓ 중복 선택 시 순차 적으로 해석

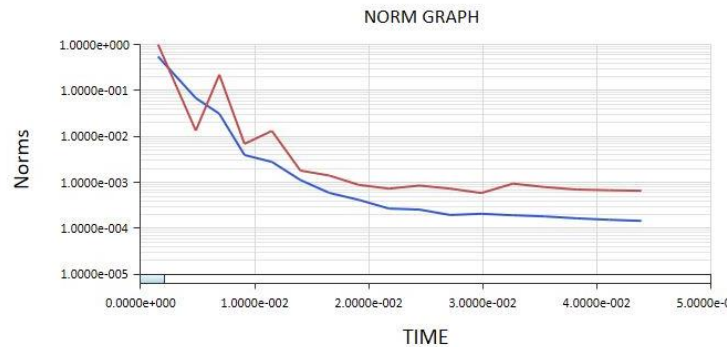
CFD 해석 과정



해석 완료 판단 시점

1. 계산 수렴 기준인 Norm 이 수렴기준(0.001) 이하로 지속적으로 떨어질 때
2. 관심 지점의 결과 값이 정상상태 진입 또는 주기 반복

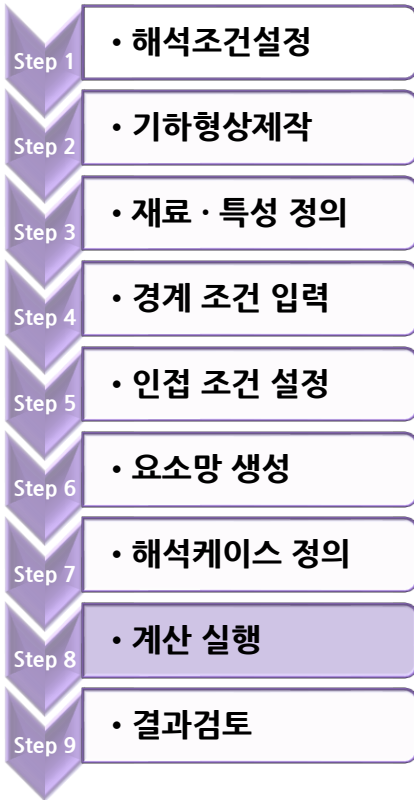
```
출력창
> STEP = 876, FLOW TIME = 2.640E+00 (DT = 3.02E-03), ITER = 1, NORM = VEL(7.539E-05) PRES(5.873E-05) : CONVERGED
> STEP = 877, FLOW TIME = 2.643E+00 (DT = 3.02E-03), ITER = 1, NORM = VEL(7.549E-05) PRES(1.055E-04) : CONVERGED
> STEP = 878, FLOW TIME = 2.646E+00 (DT = 3.02E-03), ITER = 1, NORM = VEL(7.879E-05) PRES(3.524E-05) : CONVERGED
> STEP = 879, FLOW TIME = 2.649E+00 (DT = 3.02E-03), ITER = 1, NORM = VEL(7.492E-05) PRES(4.734E-05) : CONVERGED
> STEP = 880, FLOW TIME = 2.652E+00 (DT = 3.02E-03), ITER = 1, NORM = VEL(7.666E-05) PRES(6.462E-05) : CONVERGED
> WRITING OUTPUT FILE
> STEP = 881, FLOW TIME = 2.655E+00 (DT = 3.02E-03), ITER = 1, NORM = VEL(7.811E-05) PRES(4.264E-05) : CONVERGED
> STEP = 882, FLOW TIME = 2.658E+00 (DT = 3.02E-03), ITER = 1, NORM = VEL(7.749E-05) PRES(2.770E-05) : CONVERGED
> STEP = 883, FLOW TIME = 2.662E+00 (DT = 3.02E-03), ITER = 1, NORM = VEL(7.566E-05) PRES(3.941E-05) : CONVERGED
> STEP = 884, FLOW TIME = 2.665E+00 (DT = 3.02E-03), ITER = 1, NORM = VEL(7.805E-05) PRES(4.786E-05) : CONVERGED
> STEP = 885, FLOW TIME = 2.668E+00 (DT = 3.02E-03), ITER = 1, NORM = VEL(7.703E-05) PRES(6.046E-05) : CONVERGED
> STEP = 886, FLOW TIME = 2.671E+00 (DT = 3.02E-03), ITER = 1, NORM = VEL(7.884E-05) PRES(4.485E-05) : CONVERGED
```



✓ 방법1. 출력창에서 “CONVERGED” 문구 확인

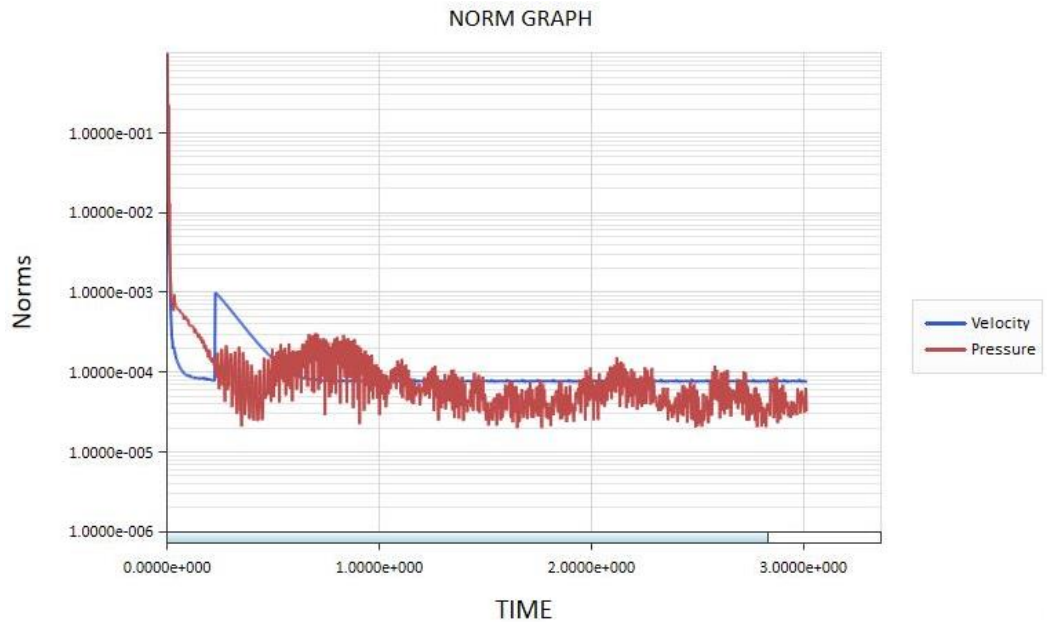
✓ 방법2. CFD Norm그래프 확인

CFD 해석 과정



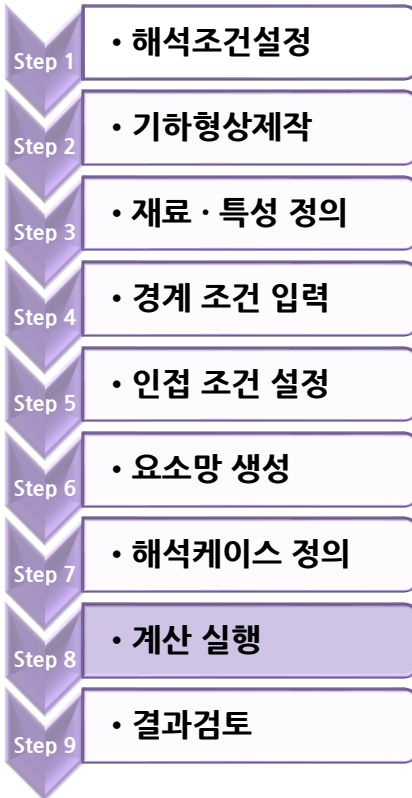
해석 완료 판단 시점

1. 계산 수렴 기준인 Norm 이 수렴기준(0.001) 이하로 지속적으로 떨어질 때
2. 관심 지점의 결과 값이 정상상태 진입 또는 주기 반복



✓ 모니터링 포인트 관찰 (Norm 그래프 탭이동으로 확인 가능)

CFD 해석 과정



발산 : 결과가 수렴하지 않는 현상 (해석 실패)

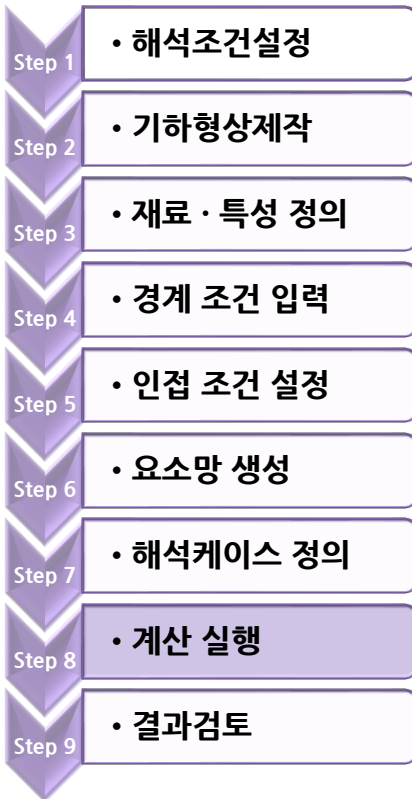
발산 현상의 관찰

- 1) 모델 규모가 크지 않음에도 불구하고 한 스텝에서 계산이 진행되지 않고 멈추어 있는 듯이 지나치게 느린 경우
- 2) 출력창에서 아래와 같이 'WARNING [4004]' 또는 'WARNING [4002]' 가 연속적으로 발생하는 경우

```
> STEP = 2, TIME = 2.000E-001, ITER = 3, NORM = VEL(1.000E+000) PRES(6.122E+003)
> WARNING [4007] : MORE THAN 3 ITERATIONS MAY BE NEEDED.
> WARNING [4009] : TIME INCREMENT MAY BE TOO HIGH.
> WARNING [4004] : TRYING OTHER SOLVER FOR SOLVING VELOCITY X (STABILIZED SOLVER)
> WARNING [4004] : TRYING OTHER SOLVER FOR SOLVING FLUID TURBULENCE: EDDY VISCOSITY (STABILIZED SOLVER)
> WARNING [4002] : ITERATIVE SOLVER CANNOT SOLVE AFTER 1000 ITERATIONS SOLVING FLUID TURBULENCE: EDDY VISCOSITY (RESIDUAL = 9.821E+013)
```

- 3) Norm 그래프의 값이 계속해서 1 이 초과하는 경우

CFD 해석 과정



발산 : 결과가 수렴하지 않는 현상 (해석 실패)

발산 현상의 해결

- 1) 적절한 요소망 생성
 - ✓ 경계 사이의 요소가 8~10 개 이하인 영역에 보다 조밀한 요소망 형성
 - ✓ 요소망 품질 검사를 통해 총횡비가 15 이상인 영역을 찾아 요소 품질 개선 (앞의 “요소망 생성” 부분 참고)
- 2) 시간간격 적절성 확인 및 최대반복횟수 변경
 - ✓ 시간 간격이 적절하게 입력 되었는지 검토
 - ✓ 최대 반복횟수를 변경해가며 해석 (1~10 사잇값 권장)
- 3) 경계조건, 재료조건, 접촉 또는 인접면 맞춤 및 절점 병합 모델링, 초기조건 적절성 여부 검토
- 4) 솔버 변경 고려

※ 발산 직전 해석 결과로부터 트러블슈팅 가능



CFD 해석 과정

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

유체의 속도, 압력, 흐름(난류, 와도 등)을 볼 수 있을 뿐만 아니라, 유체 및 고체의 온도를 확인할 수 있음



구조해석과 동일한 환경

일반유동모듈 활용 실무에 필요한 결과 검토 과정 :
상세 내용 : "Part 3. 일반유동 모듈의 이해"

열유동모듈 활용 실무에 필요한 결과 검토 과정 :
상세 내용 : "Part 5. 열유동 모듈의 이해"

midas NFX CFD 기본유동해석 교육

Part 1. CFD 기본개념의 이해

Part 2. CFD를 위한 올바른 모델링과 해석 수행방법

Part 3. 일반유동 모듈의 이해

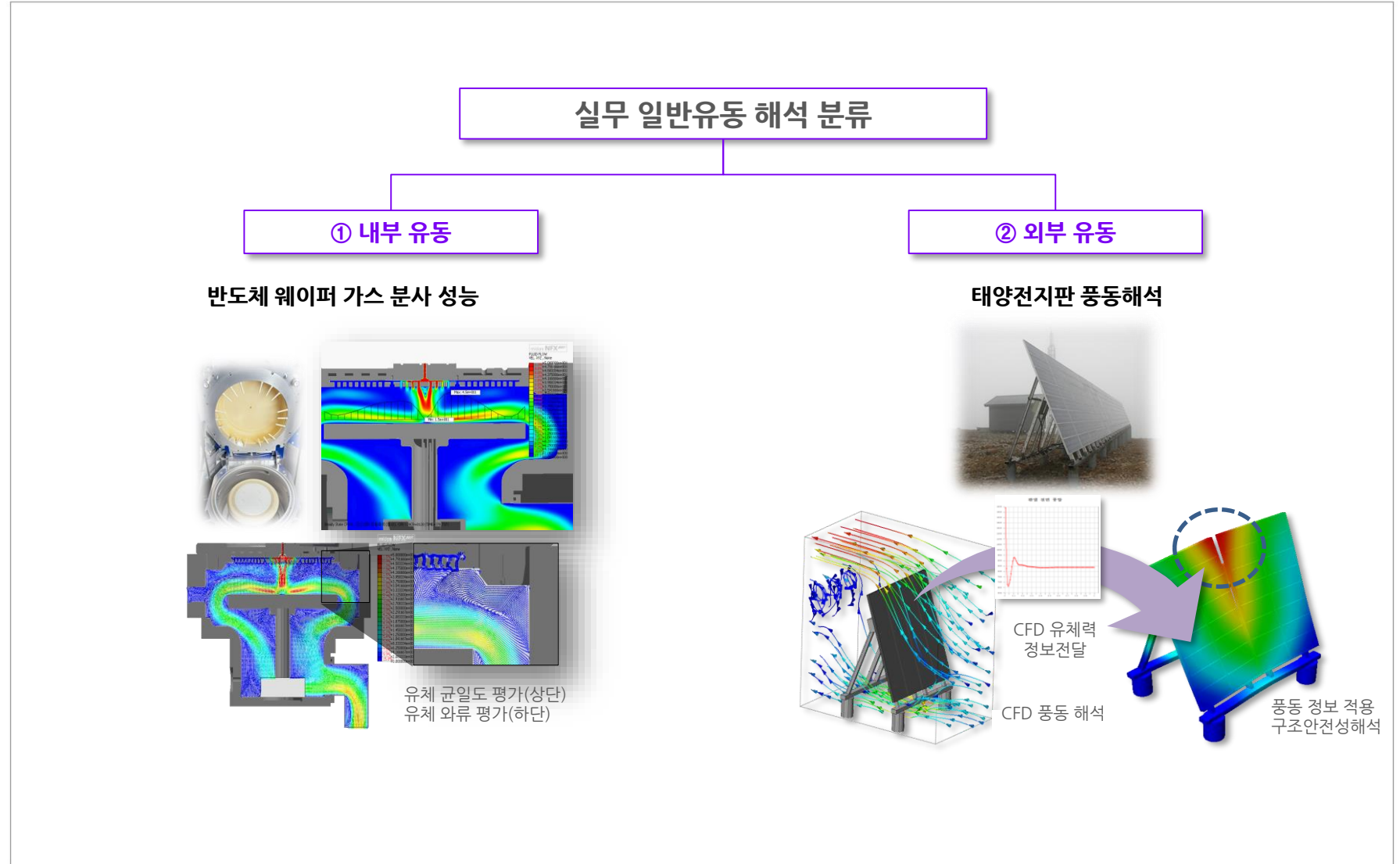
Part 4. 예제로 살펴보는 일반유동 모듈

Part 5. 열유동 모듈의 이해

Part 6. 예제로 살펴보는 열유동 모듈

Contents

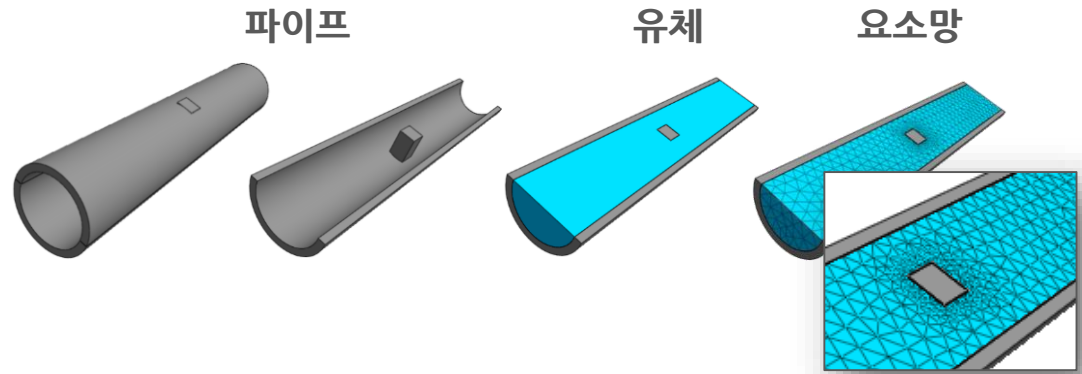
일반유동 모듈을 이용한 실무 해석 분류



① 내부 유동 해석 방법

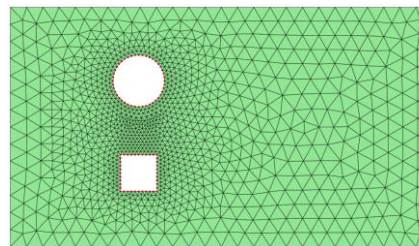
해석 공간 내에 유체의 흐름을 막는 장애물(벽면)이 있을 때

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

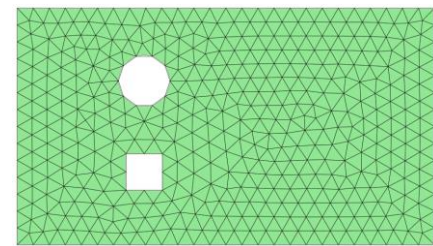


장애물이 있는 부분은 유체가 부딪혀 속도 및 압력 변화가 큼

해당 형상에 대한 유동 변화를 충분히 기술할 수 있는 요소망 필요



Better



Bad

① 내부 유동 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

요소망

시드제어 시드매칭 레이어

요소 생성제어

크기 지정

점주변 선시드 임의크기 자동적합해석

대상선택

반대방향 대상선택

방법 분할크기

분할 크기 0 m

이름 선 크기 제어

미리보기

확인 취소 적용

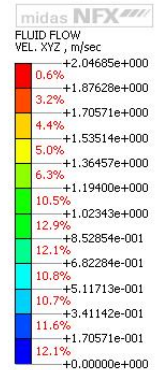
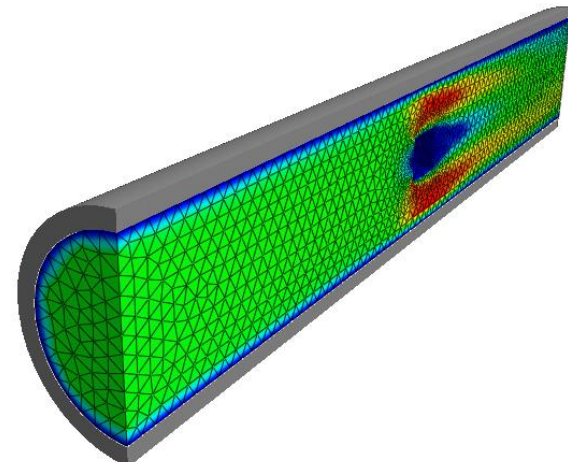
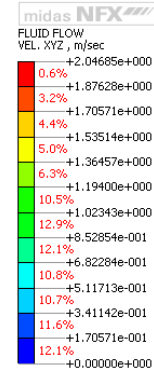
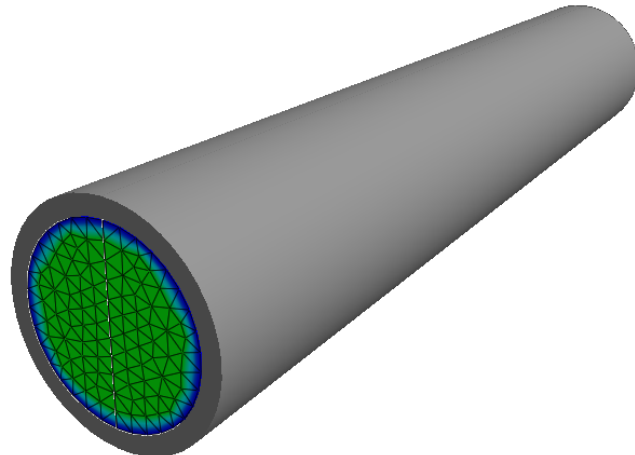
대상 선택 (선)

크기 입력

“미리보기” 버튼을 통한 시딩 미리보기 확대 장면

① 내부 유동 해석 방법

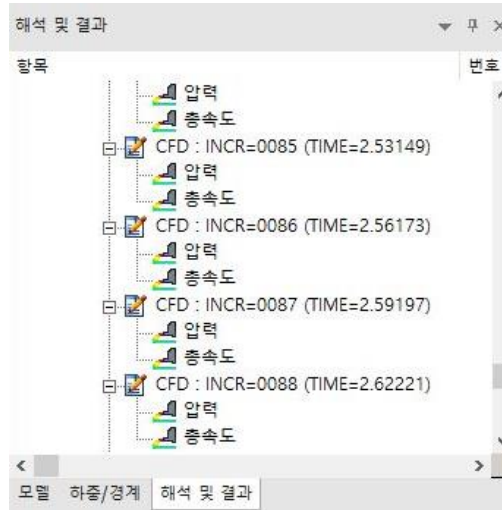
- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토



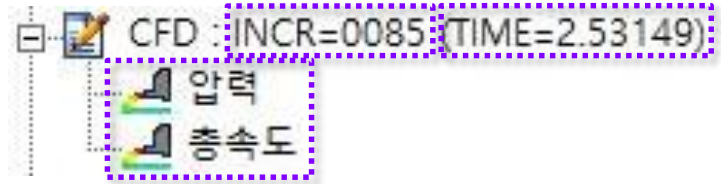
① 내부 유동 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

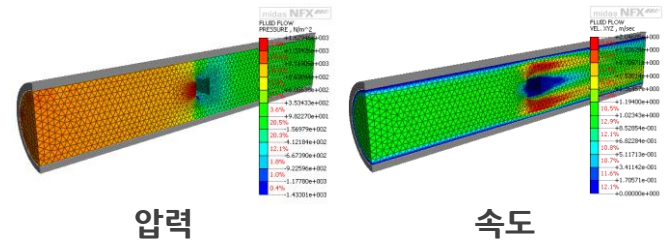
해석 및 결과 창



스텝 시간



결과값 : 더블클릭하면 화면에 출력됨



① 내부 유동 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

결과태그



결과태그

종류: 절점 요소

색상: 태그색상 [선택] / 텍스트색 [선택]

값: 지수표현 / 소수점 [4]

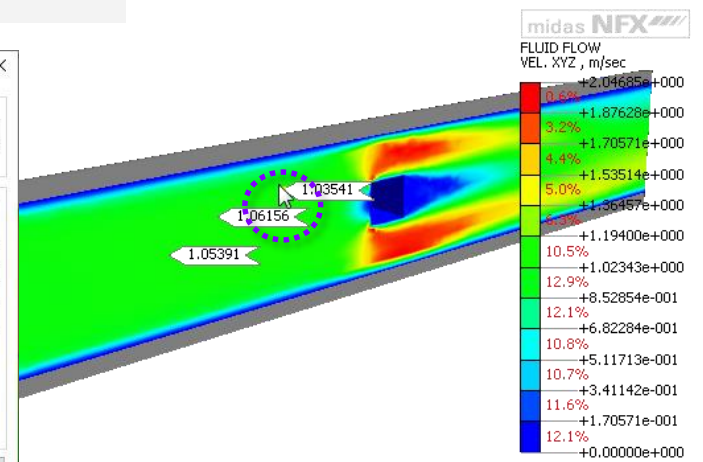
태그종류: [선택]

보이기	종류	번호	값
<input checked="" type="checkbox"/>	절점	1706	0.9445
<input checked="" type="checkbox"/>	절점	269	0.8684
<input checked="" type="checkbox"/>	절점	341	0.9259

최대 | 최소 | 절대최대값 | 모두 지우기

각 파트의 최대/최소

닫기

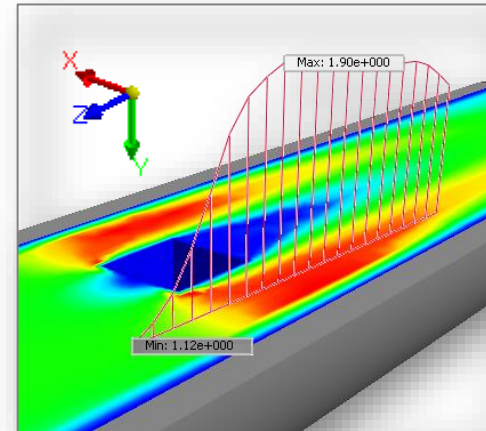


특정 점의 값을 클릭으로 확인

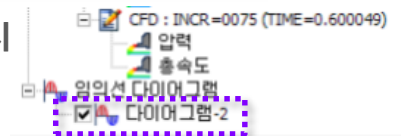
① 내부 유동 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

임의선 추출



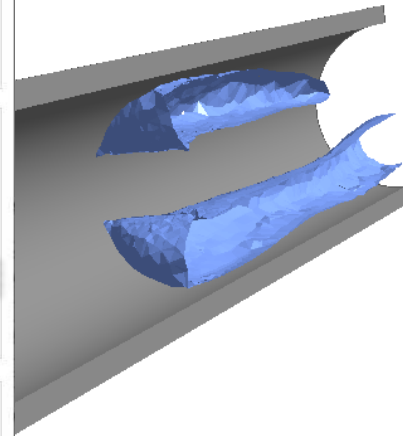
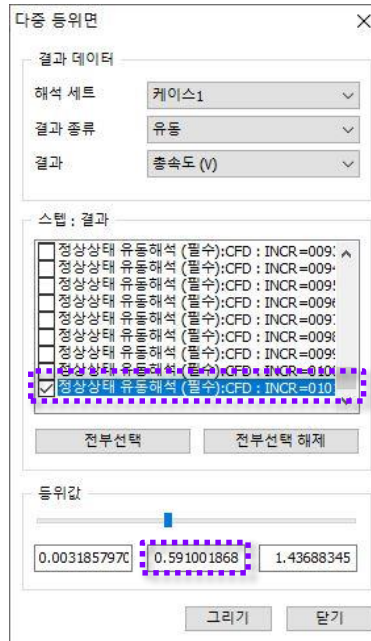
두 점 사이의 결과 값을 그래프로 표시
※ 테이블 출력 가능



① 내부 유동 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

스텝등위면



마지막 스텝에 대한 1.18 속도 동일면 확인

① 내부 유동 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

결과추출

결과분석

결과태그 사용자정의 수식 반력합계
 임의선추출 등력 선형화 스텝등위면
결과추출 임의방향 부재력합계 기타기능
 고급

결과값 추출

결과 데이터
 해석 케이스 케이스1
 결과 종류 유동
 결과 총속도 (V)

스텝 : 결과
 정상상태 유동해석 (필수):CFD : INCR=000
 정상상태 유동해석 (필수):CFD : INCR=000
 정상상태 유동해석 (필수):CFD : INCR=000
 정상상태 유동해석 (필수):CFD : INCR=000
 정상상태 유동해석 (필수):CFD : INCR=000
 정상상태 유동해석 (필수):CFD : INCR=000
 정상상태 유동해석 (필수):CFD : INCR=000
 정상상태 유동해석 (필수):CFD : INCR=000
 정상상태 유동해석 (필수):CFD : INCR=000
 정상상태 유동해석 (필수):CFD : INCR=000

전체선택 전체해제

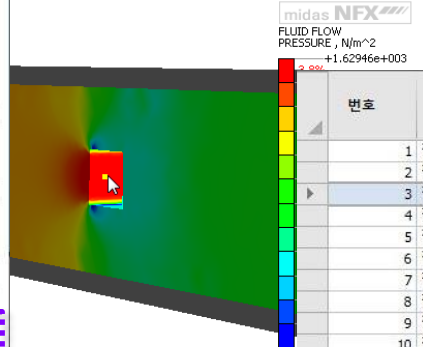
출력기준
 스텝 결점/요소

출력대상
 결점 요소

추출 결점/요소
 사용자 정의
 선택대상
 정렬 X Y Z 우름자수
 최대값 최소값 절대치
 표시중인 요소/출력만

요소 추출위치
 정적결과 내보내기
 데이터 내보내기...

테이블 **결과 추출**



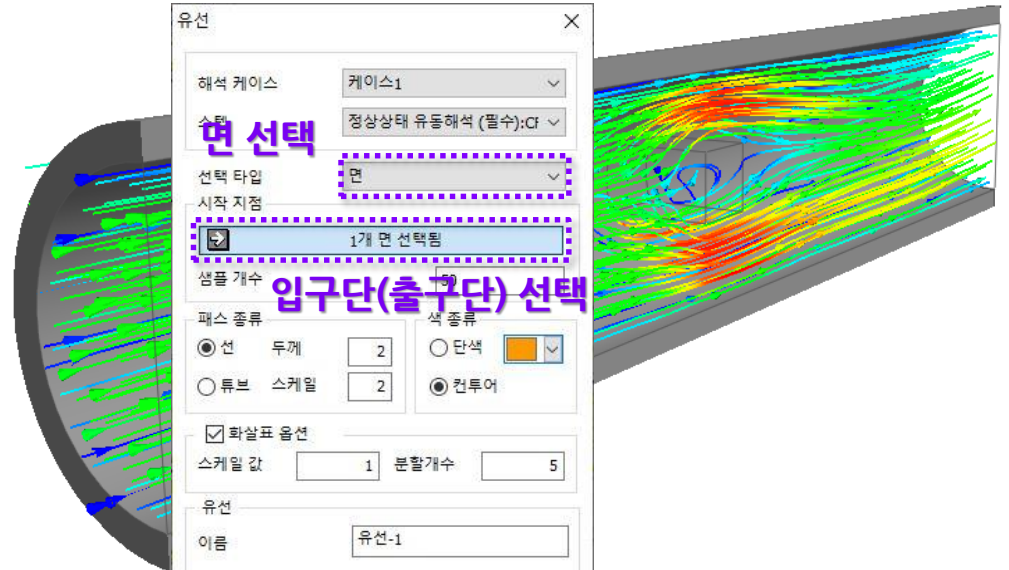
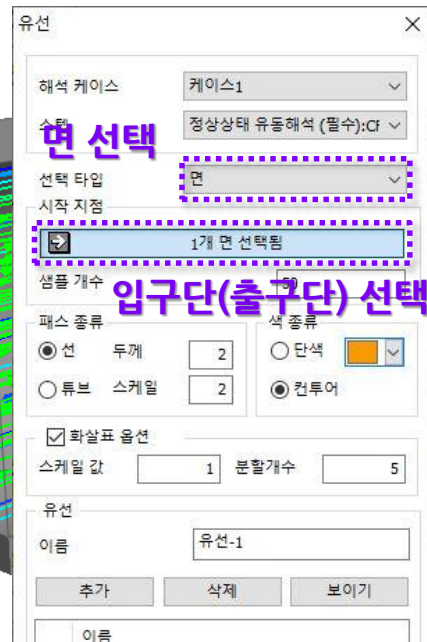
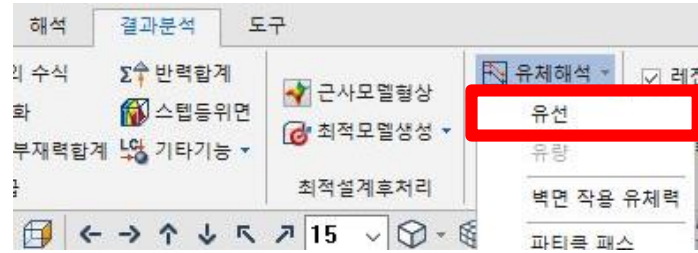
절점 선택 (마우스)

번호	스텝	스텝 값	절점:360 총속도 (V) (m/sec)
1	정상상태 유동해석 (필수):CF...	0.000000e+000	0.000000e+000
2	정상상태 유동해석 (필수):CF...	2.445823e-002	9.868987e-001
3	정상상태 유동해석 (필수):CF...		
4	정상상태 유동해석 (필수):CF...		
5	정상상태 유동해석 (필수):CF...		
6	정상상태 유동해석 (필수):CF...		
7	정상상태 유동해석 (필수):CF...		
8	정상상태 유동해석 (필수):CF...		
9	정상상태 유동해석 (필수):CF...		
10	정상상태 유동해석 (필수):CF...		
11	정상상태 유동해석 (필수):CF...		
12	정상상태 유동해석 (필수):CF...		
13	정상상태 유동해석 (필수):CF...		
14	정상상태 유동해석 (필수):CF...		
15	정상상태 유동해석 (필수):CF...		
16	정상상태 유동해석 (필수):CF...		
17	정상상태 유동해석 (필수):CF...		
18	정상상태 유동해석 (필수):CF...	5.053135e-001	9.137097e-001
19	정상상태 유동해석 (필수):CF...	5.355670e-001	9.135709e-001
20	정상상태 유동해석 (필수):CF...	5.658190e-001	9.135372e-001
21	정상상태 유동해석 (필수):CF...	5.960695e-001	9.134854e-001
22	정상상태 유동해석 (필수):CF...	6.263188e-001	9.134336e-001

① 내부 유동 해석 방법

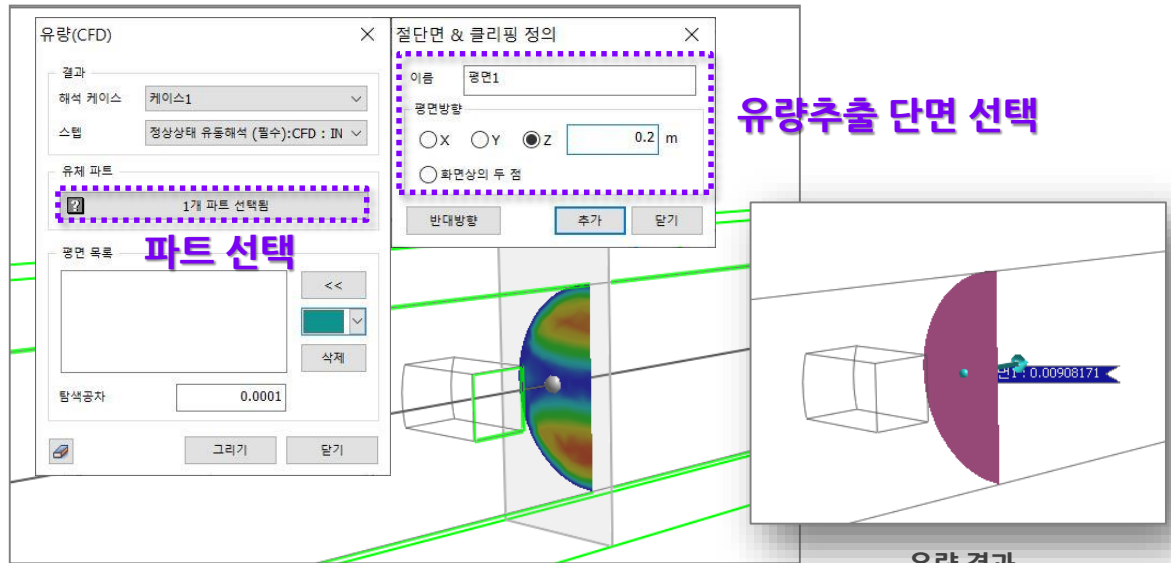
- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

유선



① 내부 유동 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토



유량 추출 대상 단면 선택

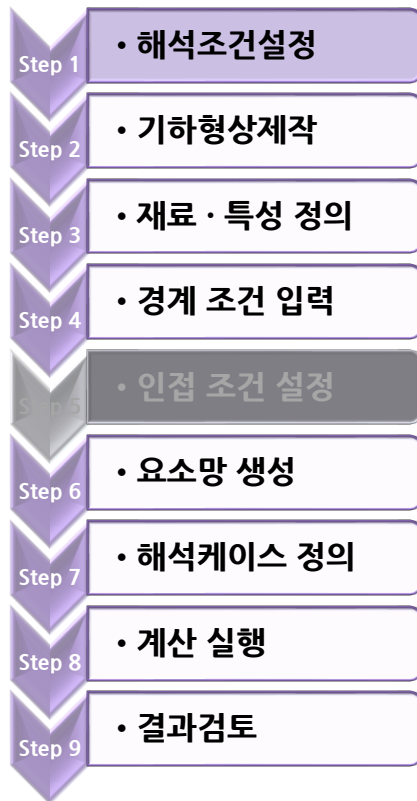
① 내부 유동 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

벽면 작용 유체력

스텝	PFx	PFy	PFz	PMx	PMy
0.001534	-0.006656	0.089424	12.206600	-0.820225	0.0027
0.004841	-0.003179	-0.004	뷰탭에 도킹		0.0000
0.006905	0.025971	0.121	열 순서 초기화		0.0008
0.009113	-0.000304	0.008			-0.0005
0.011515	-0.009272	0.019	복사		-0.0005
0.014015	-0.002909	0.026	붙여넣기		-0.0000
0.016562	0.001931	0.015			0.0001
0.019150	0.001871	0.011	찾기...		0.0001
0.021784	-0.000094	0.011	정렬...		-0.0000
0.024458	-0.001334	0.013	형식...		-0.0001
0.027163	-0.002331	0.015	그래프 보기...		-0.0002
0.029900	-0.002424	0.015	엑셀로 내보내기...		-0.0002
0.032663	-0.002094	0.016			-0.0001
0.035449	-0.001782	0.017			-0.0001
0.038256	-0.001534	0.018			-0.0001
0.041085	-0.001528	0.018533	0.605575	-0.038776	-0.0002
0.043934	-0.001545	0.018794	0.600949	-0.038625	-0.0002
0.046800	-0.001409	0.019053	0.596399	-0.038492	-0.0001
0.049683	-0.001358	0.019261	0.592124	-0.038348	-0.0001
0.052583	-0.001487	0.019491	0.588293	-0.038228	-0.0002
0.055496	-0.001523	0.019813	0.584853	-0.038162	-0.0002
0.058421	-0.001566	0.020191	0.581692	-0.038125	-0.0002

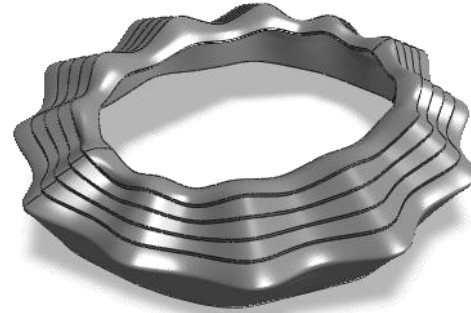
② 외부 유동 해석 방법



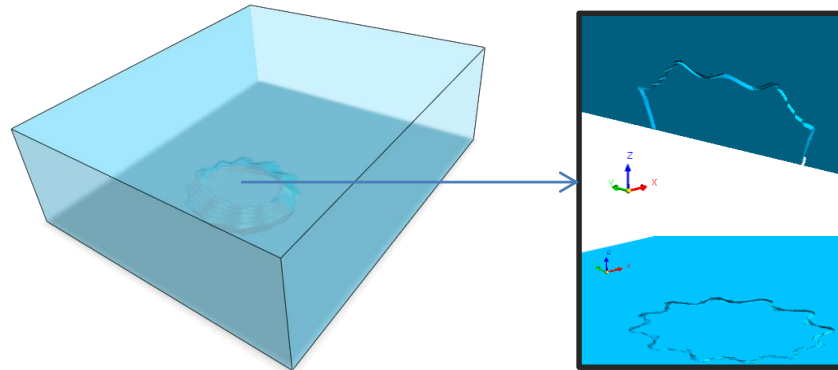
“review_일반유동 모듈의 이해” > “① 내부 유동 해석 방법”

② 외부 유동 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

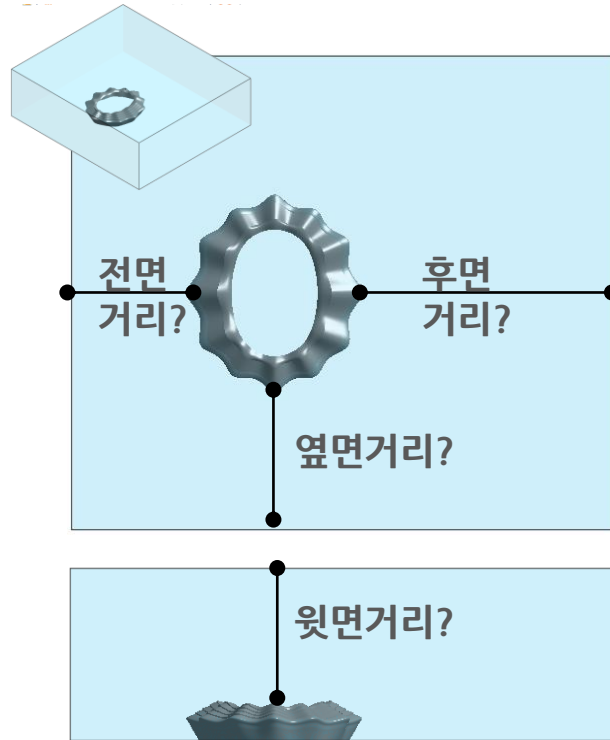
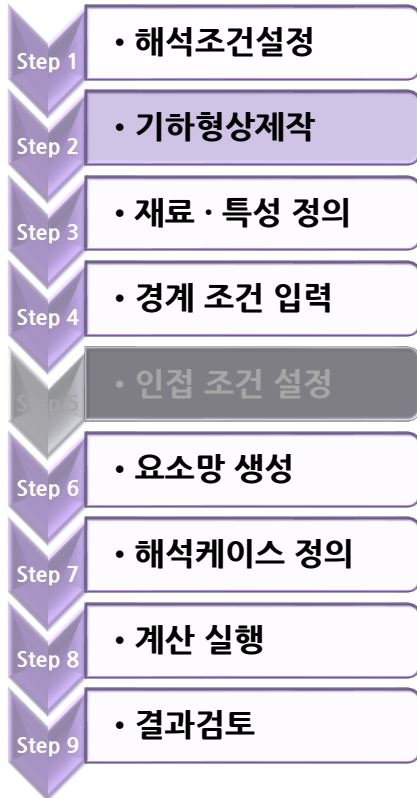


쿠웨이트 올림픽 경기장



외기를 모델링 (고체 부분 제외)

② 외부 유동 해석 방법



외기 기하형상의 사이즈 선택

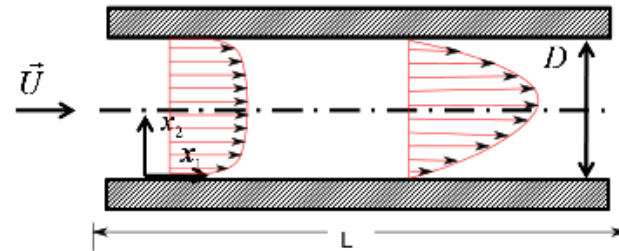
- 1) 유동이 완전히 발달하고 대상을 만나도록 전면거리 설정
- 2) 대상에 의해 생기는 후류가 기하형상 내에서 묘사가 되도록 후면거리, 옆면거리, 윗면거리 설정

② 외부 유동 해석 방법

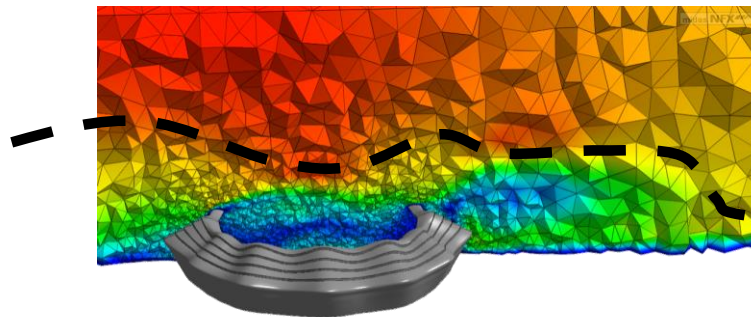
- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

외기 기하형상의 사이즈 선택

1) 전면거리 기준은 유동이 완전히 발달하고 대상을 만나야 함



2) 후면거리, 옆면거리, 뒷면거리의 경우 대상에 의해 생기는 후류가 기하형상 내에서 묘사가 되어야 함



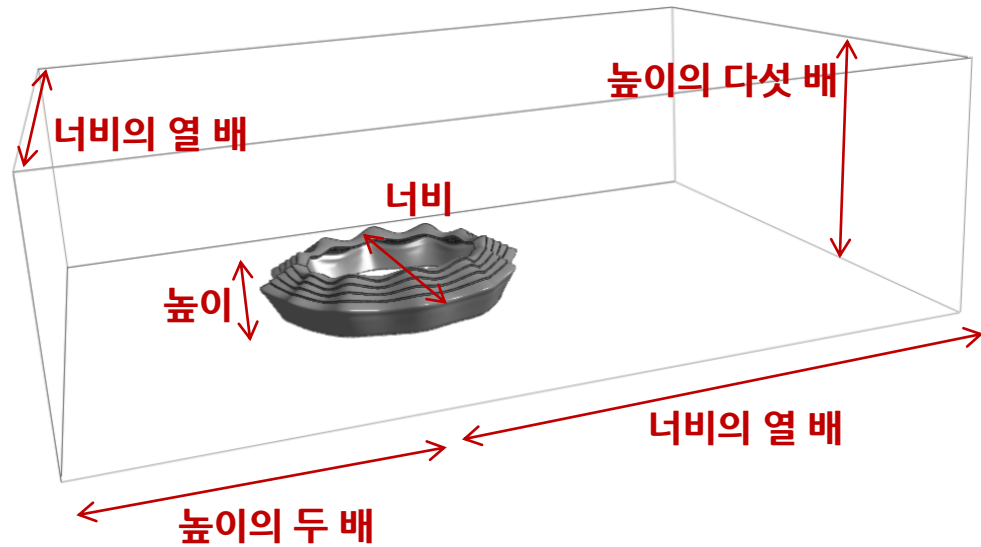
점선 이상의 기하형상을 구성하여 후류 영향을 기하형상이 완전히 포함해야 함

② 외부 유동 해석 방법

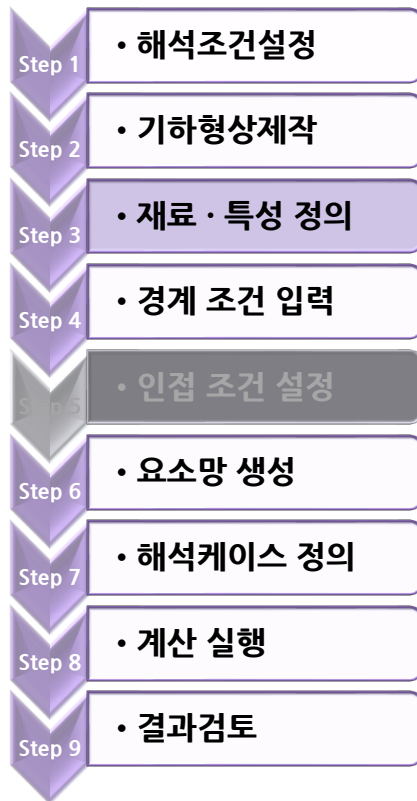
외기 기하형상의 사이즈 선택

이상적인 기하형상 구성

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토



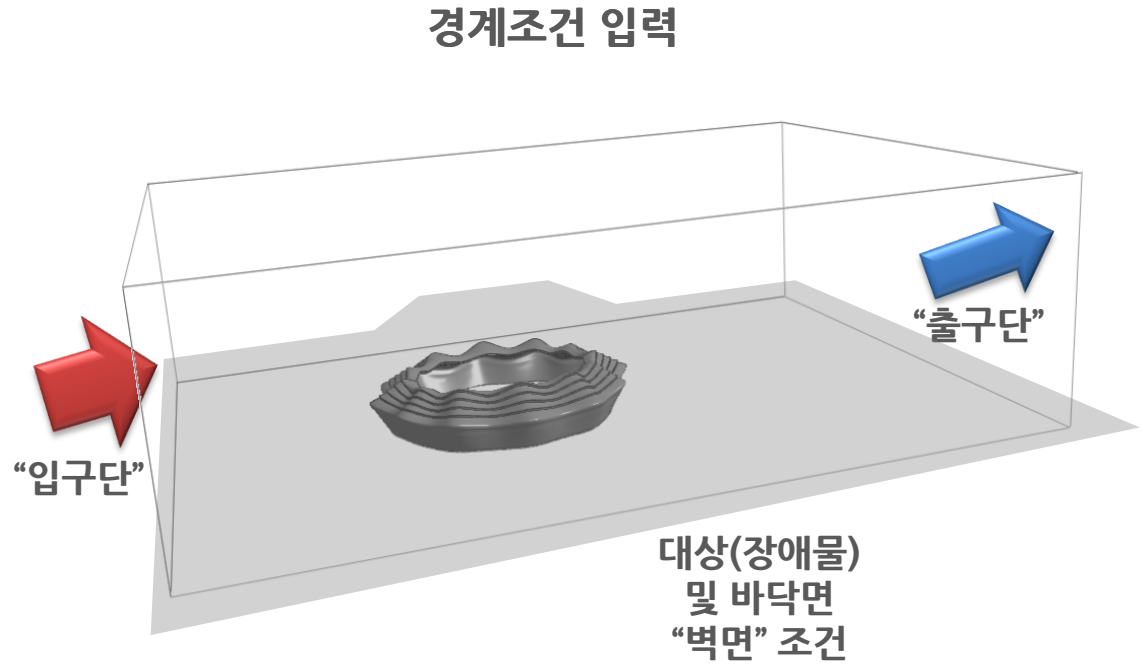
② 외부 유동 해석 방법



“review_일반유동 모듈의 이해” > “① 내부 유동 해석 방법”

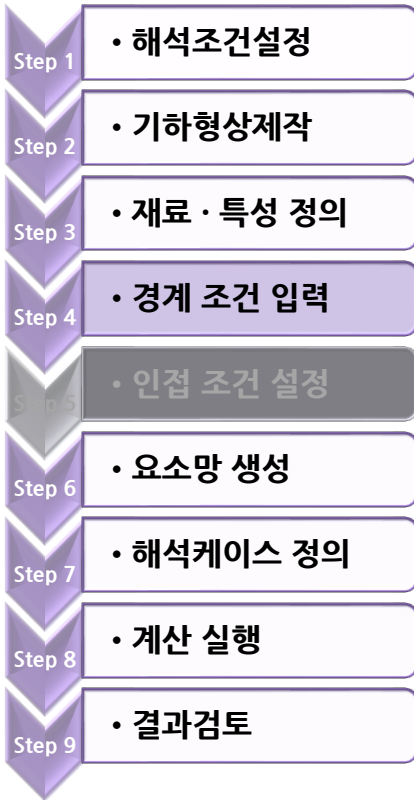
② 외부 유동 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • **경계 조건 입력**
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토



상기 세 가지(입구단, 출구단, 벽면) 조건 참조 :
 “review_일반유동 모듈의 이해” > “① 내부 유동 해석 방법”

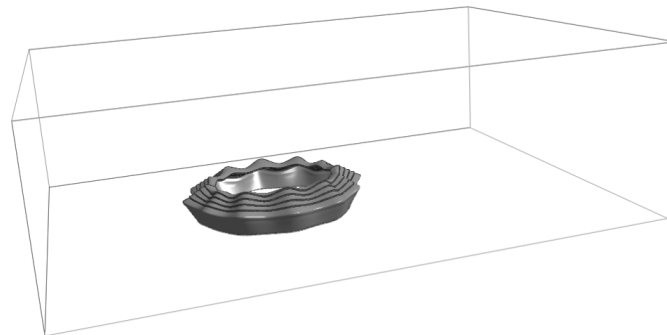
② 외부 유동 해석 방법



경계조건 입력

외부 유동의 경계 조건

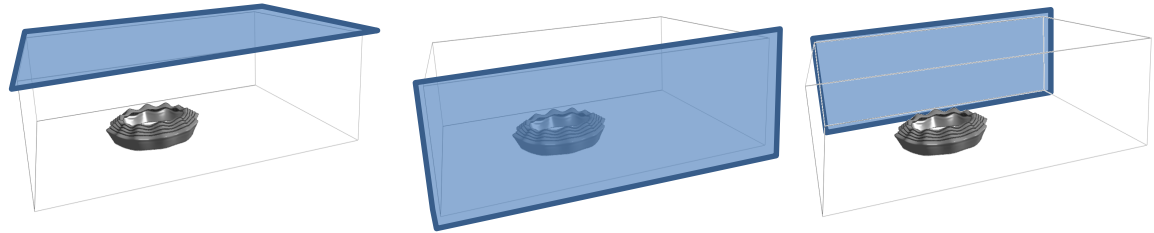
1. 입구단 : 바람이 불어오는 곳
2. 출구단 : 바람이 나가는 곳
3. 벽면 : 바닥부분과 해석 대상
4. 외기 : 입구 출구 바닥을 제외 한 면



② 외부 유동 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • **경계 조건 입력**
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

경계조건 입력



외기 조건 입력 방법 :

수직 속도 0 고정

“벽면” 경계조건으로 각 면에 비점성 벽면 조건 부여

② 외부 유동 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • **경계 조건 입력**
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

경계조건 입력

풍하중 산출 데이터 입력 방법

- 1) 1열은 높이, 2열은 풍속 크기로 구성된 텍스트 파일 작성
- 2) 입구단 경계조건에서 아래 함수 이용 :

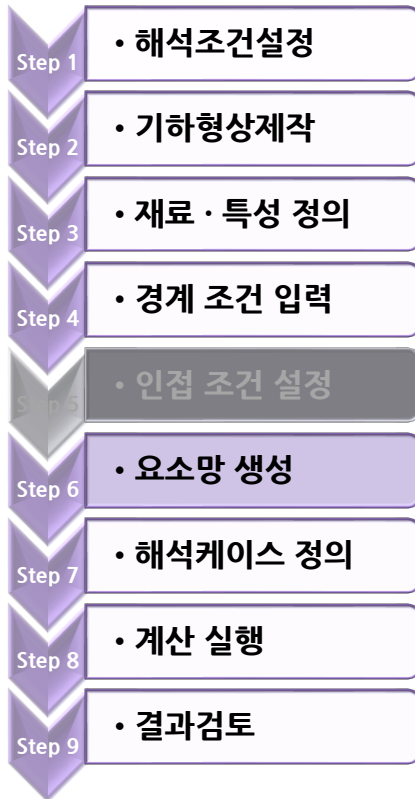
interpolatefile(풍하중.txt,z)

파일이름 ↑
높이방향

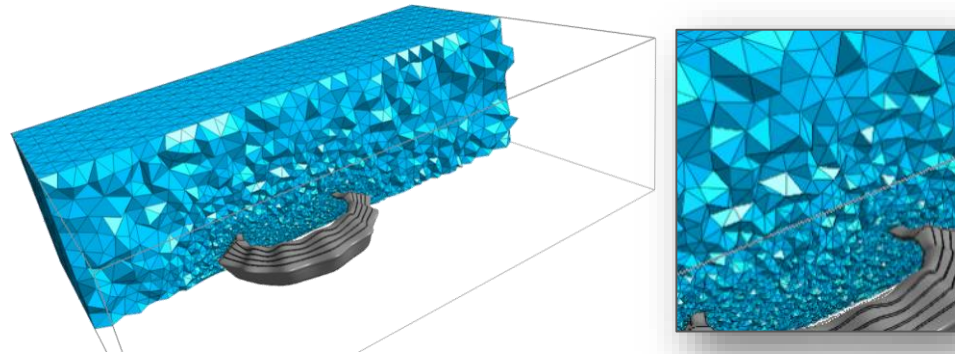
파일(F)	편집(E)	서...
0	34.15	
1.5	34.15	
3	34.15	
4.5	34.15	
6	36.29	
7.5	38.03	
9	39.52	
10.5	40.82	
12	41.99	
13.5	43.04	
15	44.01	
16.5	44.9	
18	45.73	
21	47.24	
24	48.58	
27	49.8	
30	50.92	
36	52.91	
42	54.66	

Ln 20, Col 1 | 100%

② 외부 유동 해석 방법



외기의 요소망이 지나치게 크지 않도록 작성



midas NFX CFD 기본유동해석 교육

Part 1. CFD 기본개념의 이해

Part 2. CFD를 위한 올바른 모델링과 해석 수행방법

Part 3. 일반유동 모듈의 이해

Part 4. 예제로 살펴보는 일반유동 모듈

Part 5. 열유동 모듈의 이해

Part 6. 예제로 살펴보는 열유동 모듈

Contents

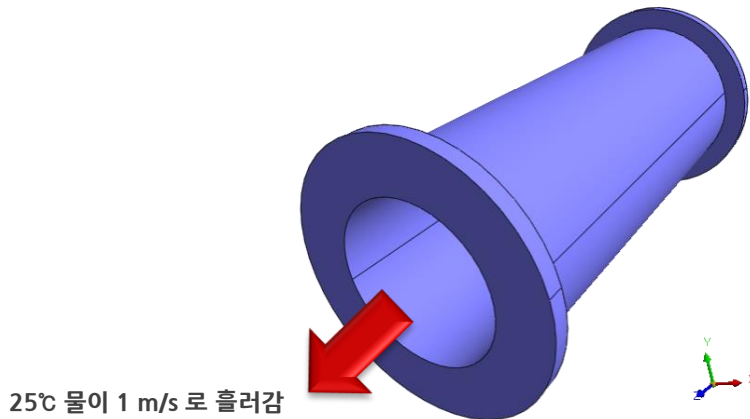
실무 따라하기

내부 유동 해석 기본 예제

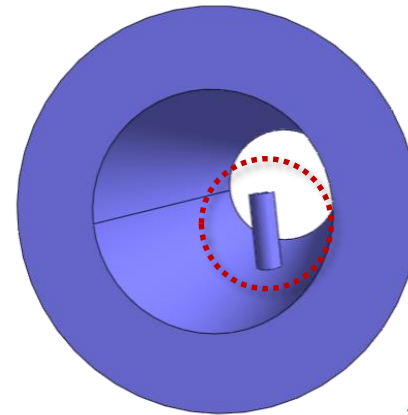
- 일반유동해석

Contents

문제 설명 및 해석 목적



25°C 물이 1 m/s 로 흘러감



파이프 내부에 원기둥 모양의 장애물

문제 설명

- ✓ 파이프 형태
- ✓ 파이프 내부로 25°C 물이 1 m/s로 흐름
- ✓ 파이프 내부에 원기둥 모양 장애물

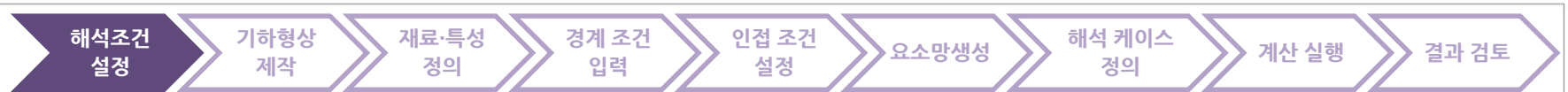
해석 목적

- ✓ 기계 시스템 내부의 유동 특성 파악
- ✓ 구조해석 연계로 구조물 응력 및 변위 확인

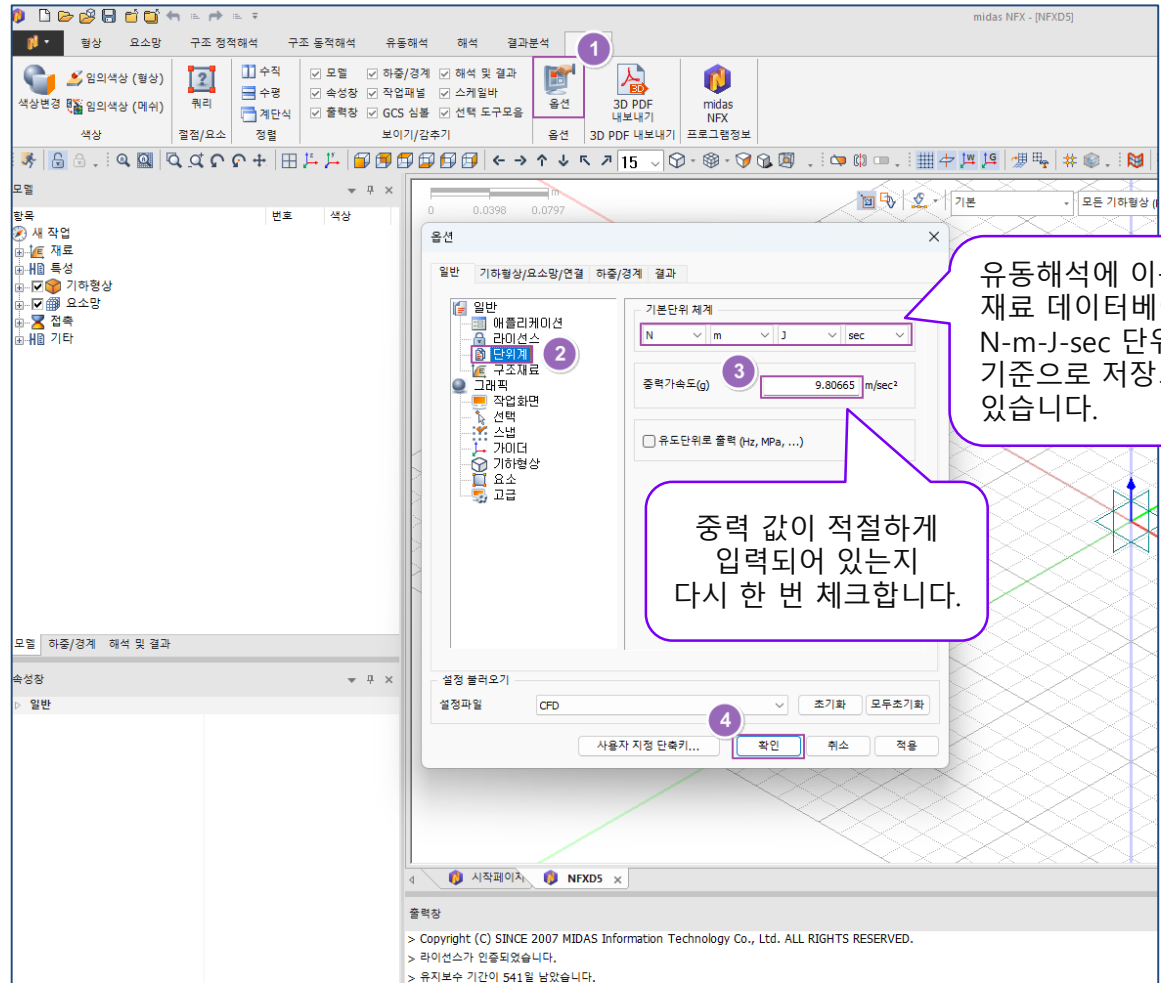
학습 주요 아이템

- ✓ 유동해석에 필요한 NFX 옵션 설정
- ✓ 재료 정의 및 특성 정의
- ✓ 특정 부분 요소망만 조밀하게 하는 방법
- ✓ 내부 유동의 일반적인 경계조건 입력 방법
- ✓ 해석케이스 정의 방법 (정상 상태)
- ✓ 유동해석 결과 검토 방법
- ✓ 구조해석 연계 방법

단위계 옵션 확인



- ① 리본 메뉴 “도구” > 옵션 버튼 선택
- ② 옵션 창 > “일반” 탭 > “단위계” 트리 > “기본단위 체계” 콤보박스 : “N-m-J-sec” 확인
- ③ “중력가속도” 입력 창 : “9.8” 확인
- ④ “적용” 버튼 클릭



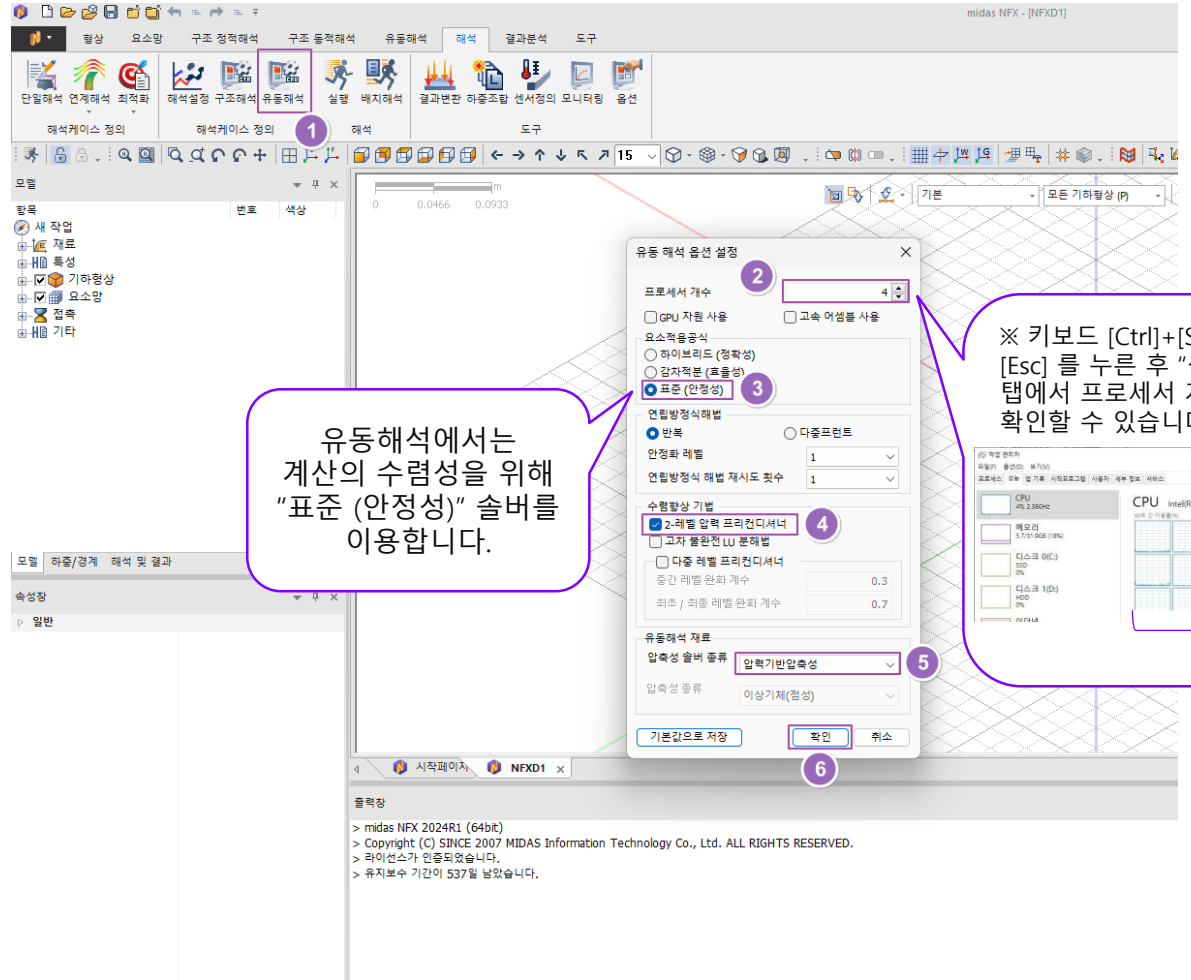
유동해석에 이용되는 재료 데이터베이스는 N-m-J-sec 단위를 기준으로 저장되어 있습니다.

중력 값이 적절하게 입력되어 있는지 다시 한 번 체크합니다.

프로세서 개수 선택 및 솔버 선택



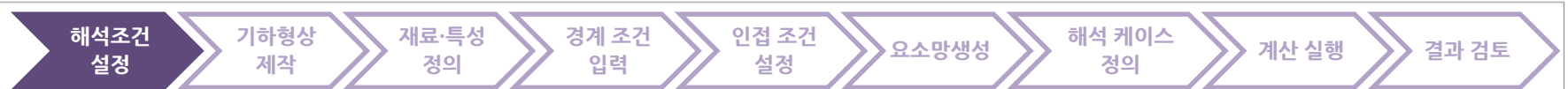
- ① 리본 메뉴 “해석” > 옵션 버튼 선택
- ② “프로세서 개수” 입력창 : 계산에 동원할 CPU 개수를 입력
- ③ “요소적용공식” 그룹박스 > “표준(안정성)” 라디오버튼 선택
- ④ “2-레벨 압력 프리컨디셔너” 클릭
- ⑤ “압축성 솔버 종류” 그룹박스 > “압력기반압축성” 선택
- ⑥ “확인” 버튼 클릭



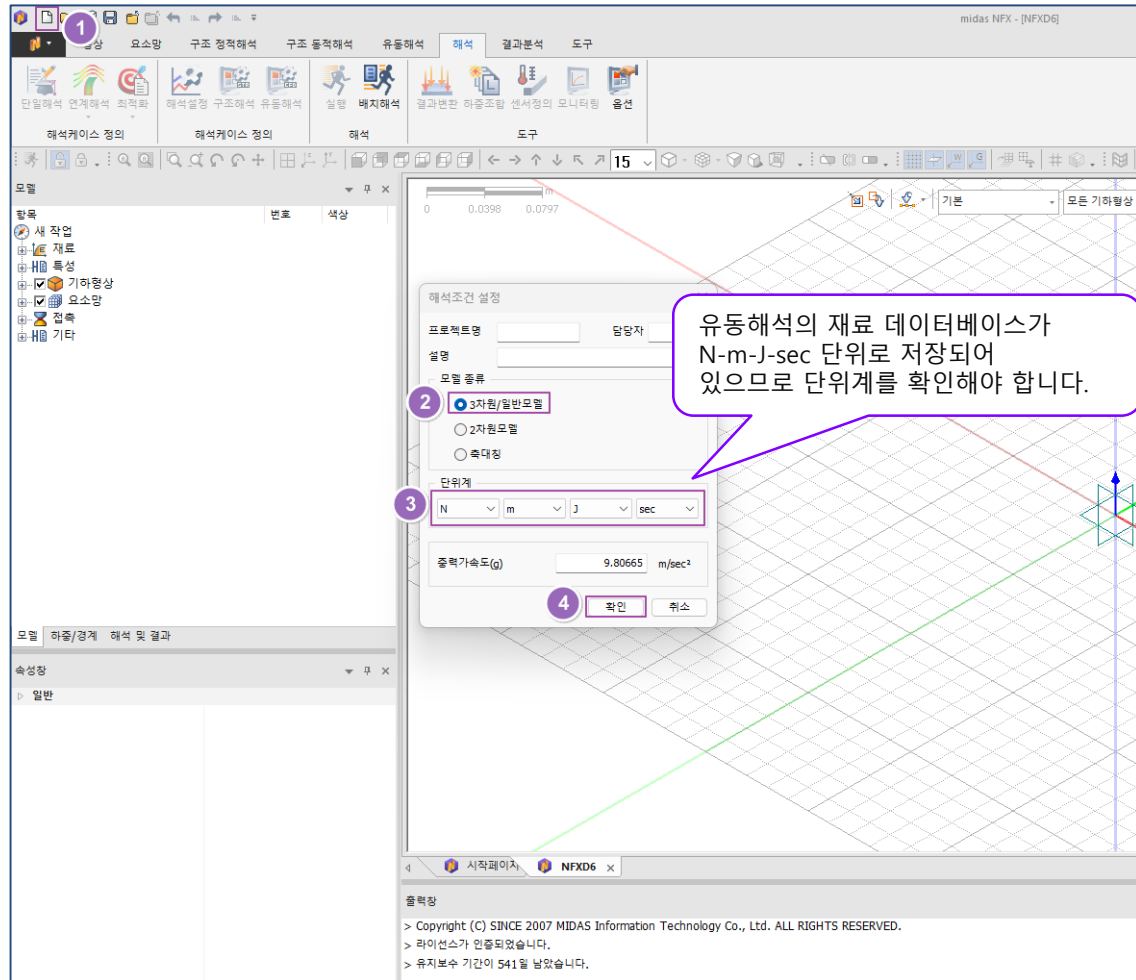
유동해석에서는 계산의 수렴성을 위해 “표준 (안정성)” 솔버를 이용합니다.

※ 키보드 [Ctrl]+[Shift]+[Esc] 를 누른 후 “성능” 탭에서 프로세서 개수를 확인할 수 있습니다.

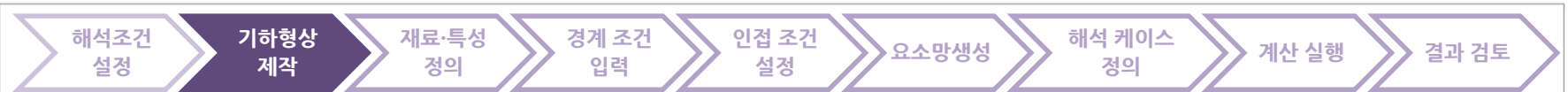
새로 만들기



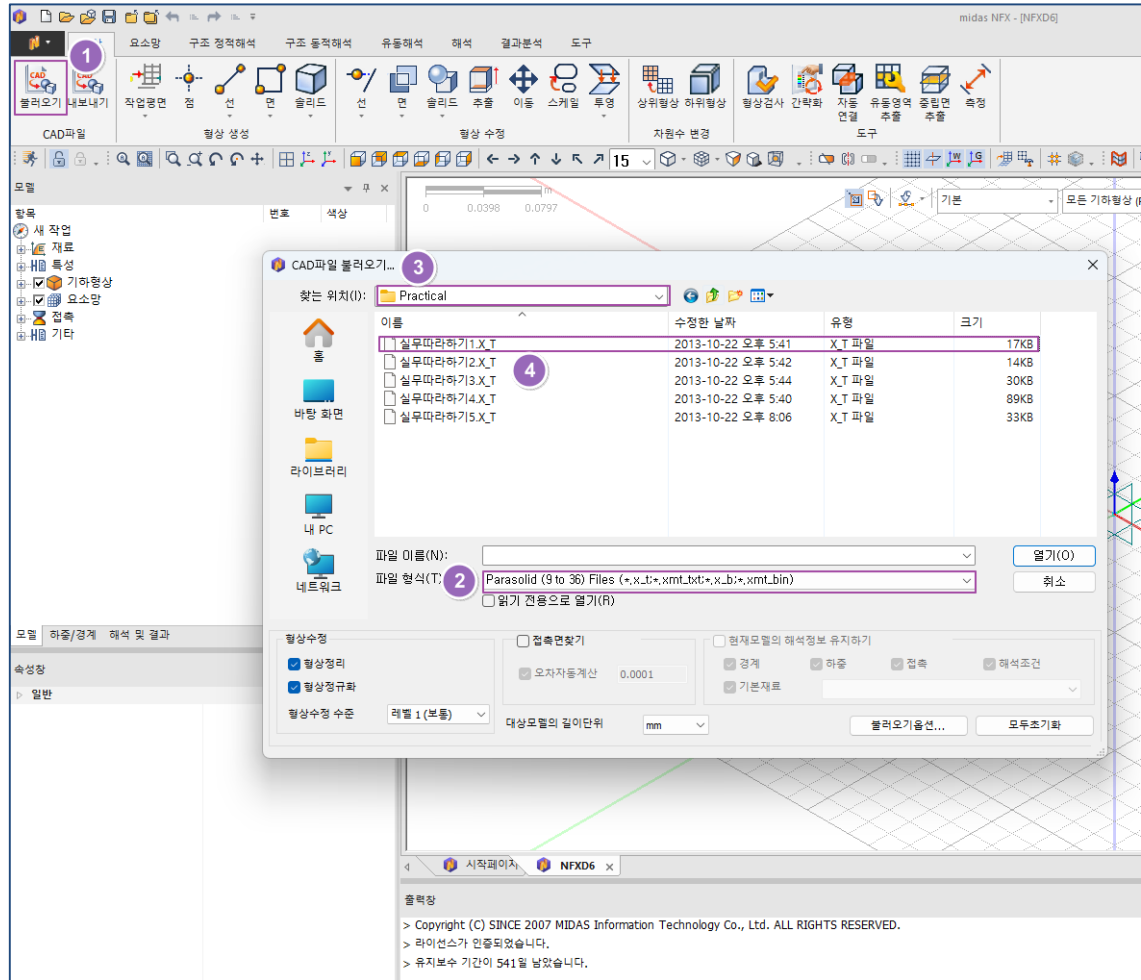
- ① “새로만들기” 버튼 클릭
- ② “3차원/일반모델” 라디오버튼 클릭
- ③ “단위계” 그룹박스 내 : N-m-J-sec 설정
- ④ “확인” 버튼 클릭



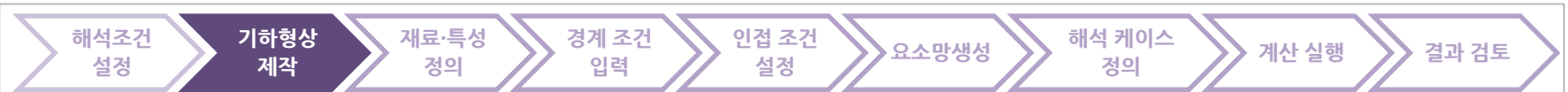
기하형상 불러오기



- ① “형상” 리본메뉴
 > “불러오기” 버튼 클릭
- ② “파일 형식” 콤보박스
 > “Parasolid..” 선택
- ③ CAD 파일이 있는 폴더로 이동
- ④ “실무따라하기1.X_T”
 더블 클릭



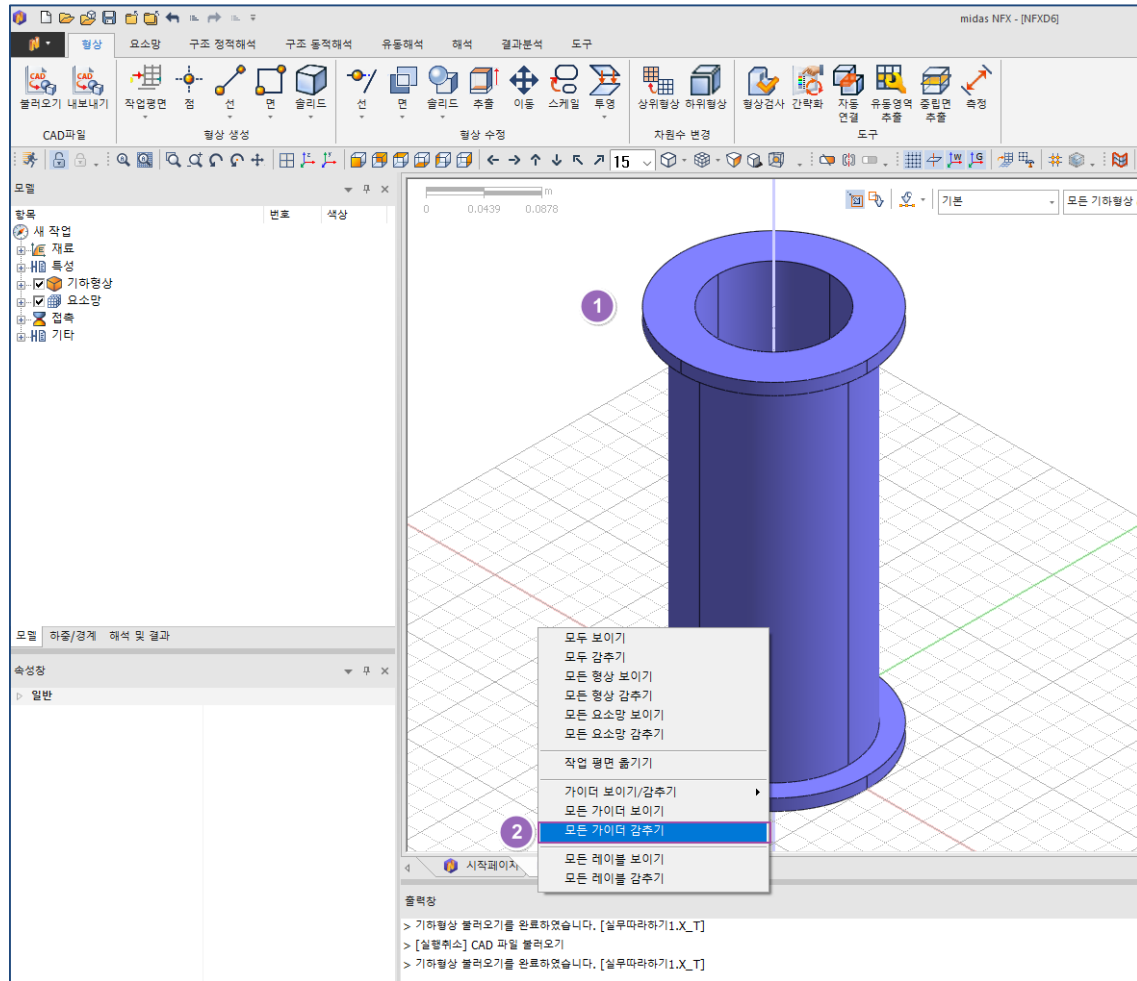
기하형상 불러오기



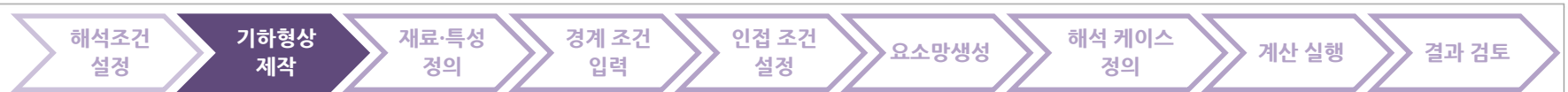
① 기하형상 확인

※ 키보드 마우스 조작을 통해 기하형상을 자세히 관찰합니다.

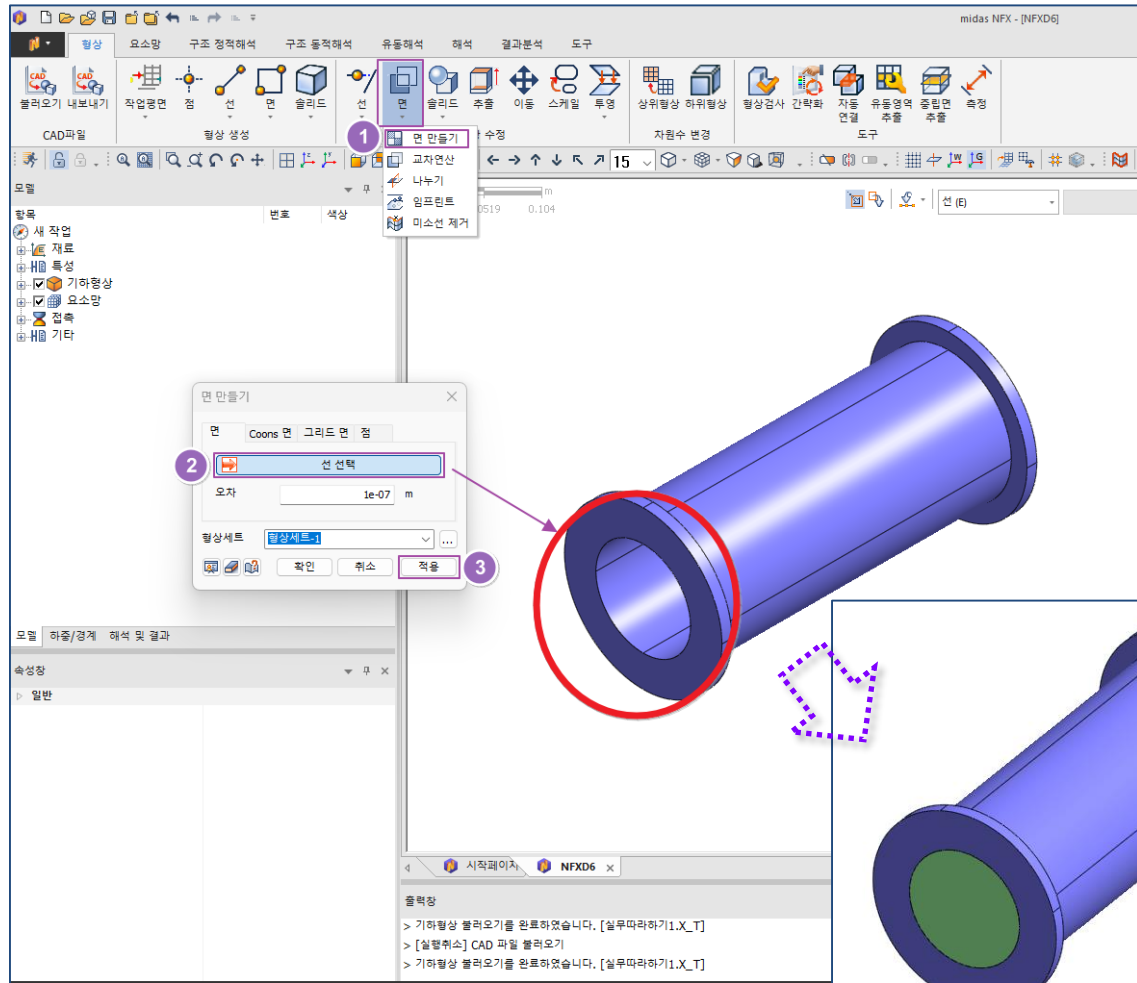
② 마우스 오른쪽 버튼 클릭 > “모든 가이드더 감추기” 클릭



구조 형상으로부터 유체 체적 만들기



- ① “면 만들기” 버튼 클릭
- ② “선 선택” 버튼 클릭
> 배관 앞의 내경을 나타내는 선분 네 개를 선택
- ③ “적용” 버튼 클릭

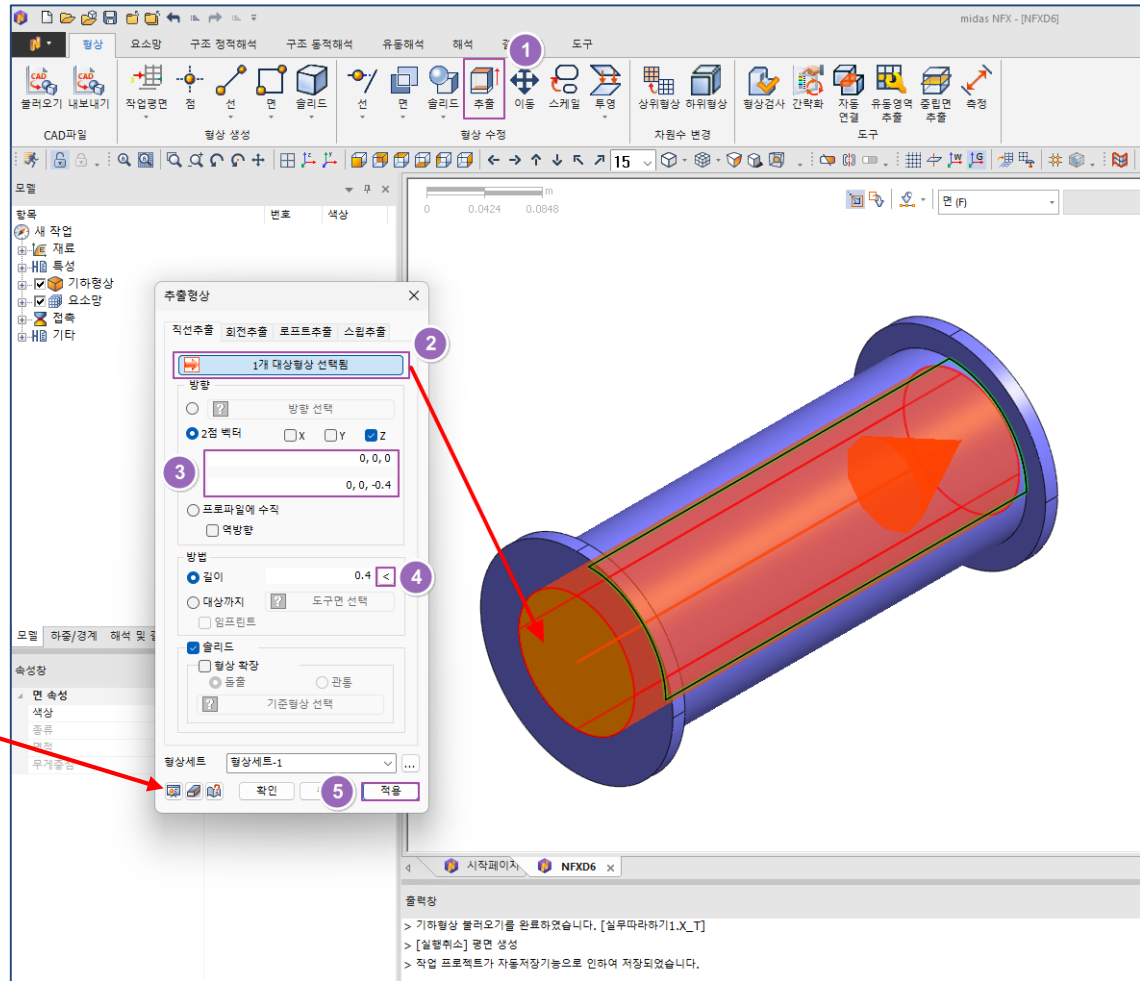


구조 형상으로부터 유체 체적 만들기



- ① “추출” 버튼 클릭
- ② 대상형상 → 생성한 면 선택
- ③ 방향 2점 벡터 ‘Z’ 축만 선택
 > 화살표 방향과 같이 시작점, 끝점 선택
- ④ < 클릭 하여 길이 측정
- ⑤ “적용” 버튼 클릭

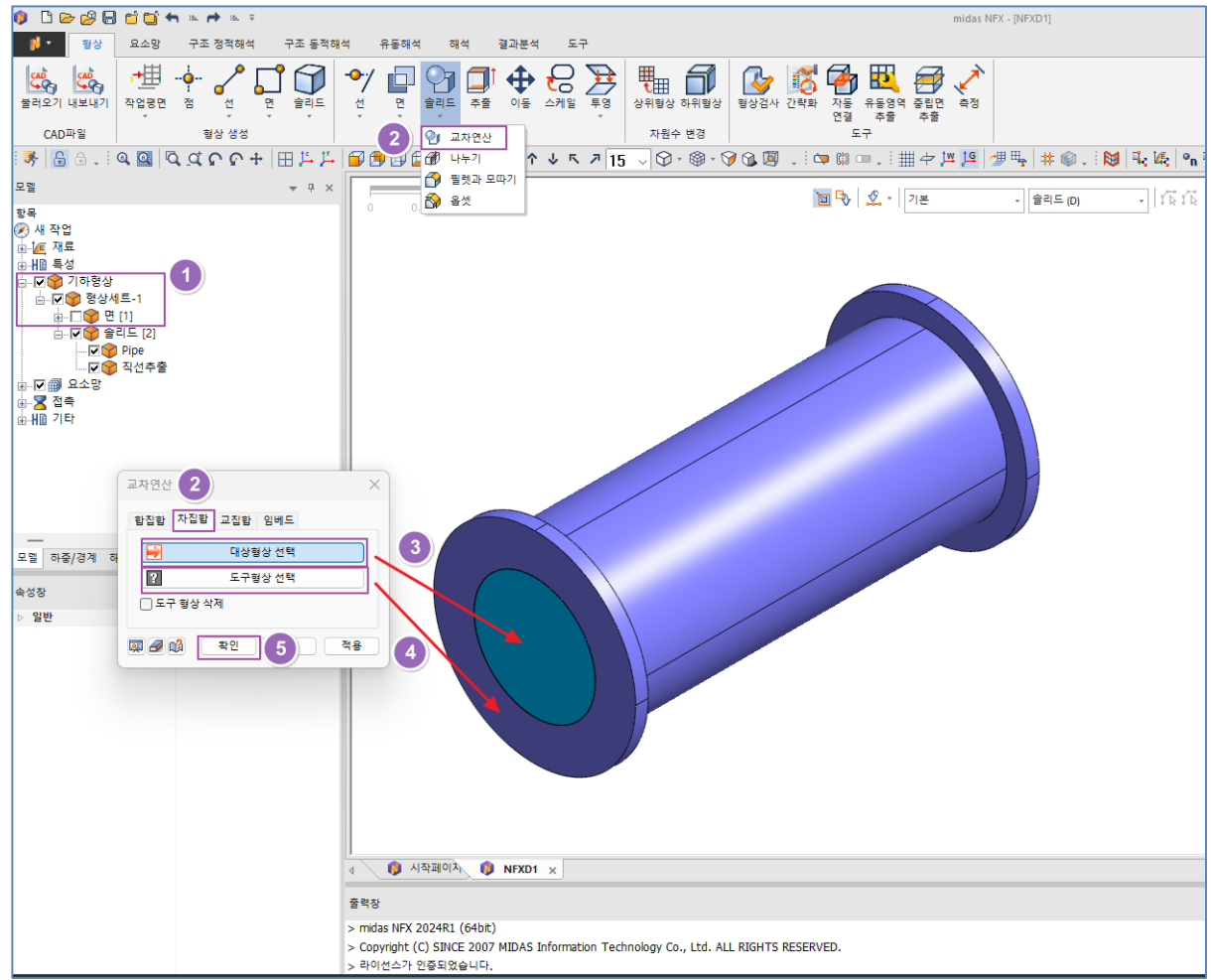
※미리보기 버튼  을 누르면 사진과 같은 빨간색 영역 표시 확인 가능



구조 형상으로부터 유체 체적 만들기



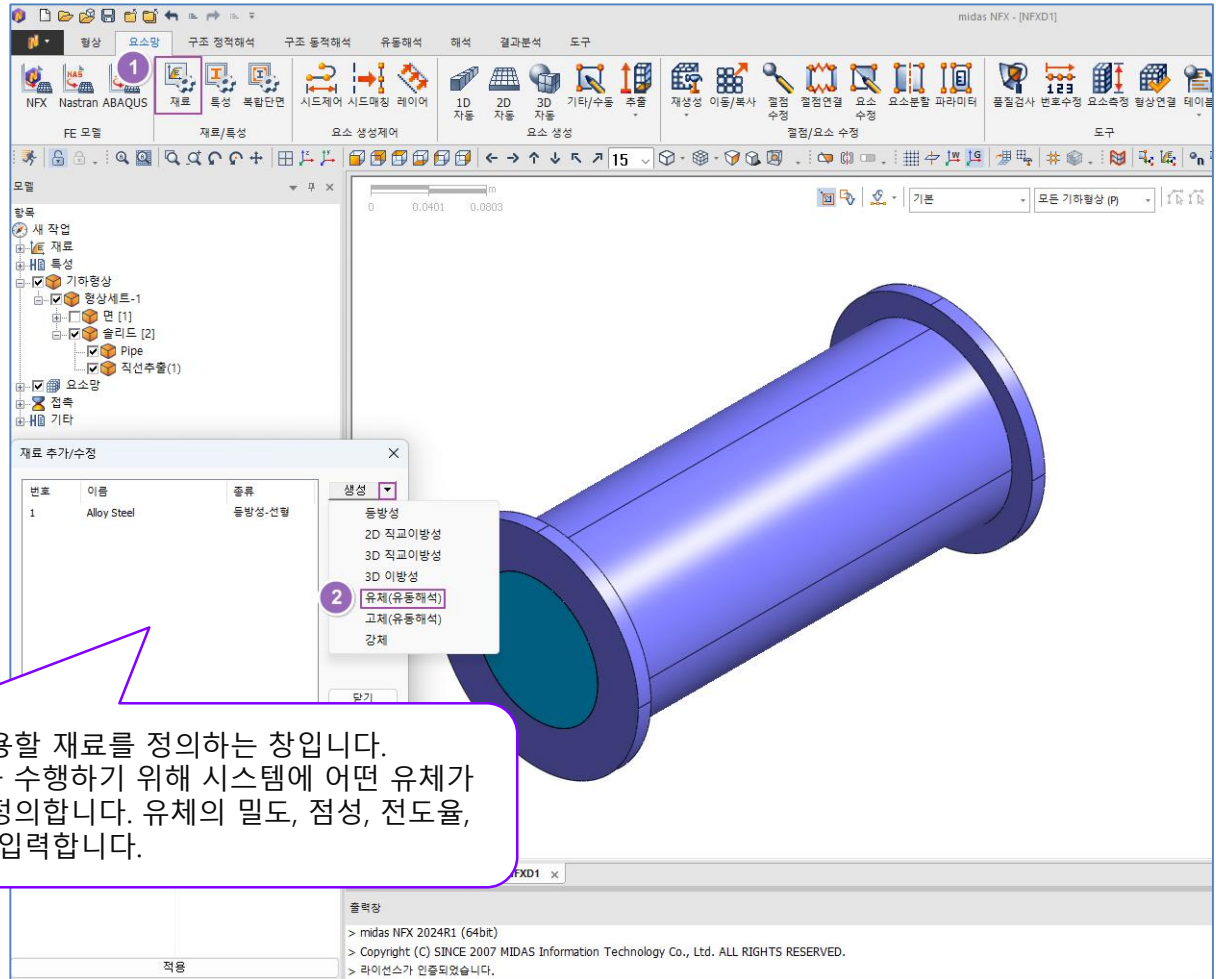
- ① “모델” 트리 메뉴
 - > “기하형상” 트리 메뉴
 - > “형상세트-1” 트리 메뉴
 - > “면” 트리 메뉴
 - > 면 체크 박스 : Off
- ② “솔리드” 클릭
 - > “교차연산” 하위 메뉴
 - > “차집합” 리본 메뉴
 - > 대상형상 내부 직선 부분
 - > 도구형상 외부 파이프 부분
- ③ “도구 형상 삭제” 체크 해제
- ④ “확인” 버튼 클릭



유체/고체 재료 정의하기



- ① “요소망” 리본 메뉴 클릭
> “재료” 버튼 클릭
- ② “재료 추가/수정” 창
> “생성” 옆 화살표 버튼 클릭
> “유체(유동해석)” 선택



해석에 이용할 재료를 정의하는 창입니다. 유체해석을 수행하기 위해 시스템에 어떤 유체가 흐르는지 정의합니다. 유체의 밀도, 점성, 전도율, 비열 등을 입력합니다.

유체 재료 정의하기



① 재료 데이터베이스
> "FRESH_WATER_25°C"
선택

② "확인" 버튼 클릭

재료

번호: [] 이름: 유동해석 유체-1 색상: []

All

FRESH_WATER_0°C
FRESH_WATER_25°C
 FRESH_WATER_50°C
 FRESH_WATER
 SEA_WATER
 AIR_0°C
 AIR_25°C
 AIR_50°C
 AIR
 OXYGEN_25°C
 HELIUM_25°C
 NITROGEN_25°C
 CARBON_100°C
 CARBON_DIOXIDE_25°C
 WATER_VAPOR_25°C
 ARGON_25°C
 HYDROGEN_25°C
 CHLORINE_25°C
 FLUORINE_25°C
 AMMONIA_LIQUID
 AMMONIA_VAPOR_25°C
 SULFUR_DIOXIDE_25°C
 METHANE_25°C
 ACETYLENE_25°C
 ETHANE_25°C
 PROPANE_25°C
 PROPYLENE_25°C
 ETHYLENE_25°C
 GLYCERIN
 GASOIL_LIQUID
 GASOIL_VAPOR_25°C
 DIESEL_LIQUID
 ETHYL_ALCOHOL_LIQUID
 ETHYL_ALCOHOL_VAPOR_25°C
 METHYL_ALCOHOL_LIQUID
 METHYL_ALCOHOL_VAPOR_25°C
 ETHYLENE_GLYCOL
 BENZENE_LIQUID
 BENZENE_VAPOR_25°C
 MERCURY
 TOLUENE_LIQUID
 TOLUENE_VAPOR_25°C
 NITROUS_OXIDE_0°C
 SILANE_25°C
 TETRAFLUOROMETHANE_25°C
 OCTAFLUOROCYCLOBUTANE_25°C
 NITROGEN_TRIFLUORIDE_25°C
 SULFUR_HEXAFLUORIDE_25°C

유체 (유동해석)

유동: 비압축성
 모델: 1 kg/m³
 질량밀도: 없음
 일반화된 뉴턴 유체: 1 kg/(m·sec)
 상세정의: 없음
 가압도정: 없음

Tx: 0 m/sec²
 Ty: 0 m/sec²
 Tz: 0 m/sec²

열: 비열: 1 J/(kg·[T])
 전도율: 1 W/(m·[T])
 부유도: 0
 열원: 0 W/m³

물질 이송: 확산계수: 1 m²/sec
 소스: 0 1/sec

복사: 흡수계수: 0 1/m
 산란계수: 0 1/m
 산란 위상할수: 등방성
 굴절률: 0

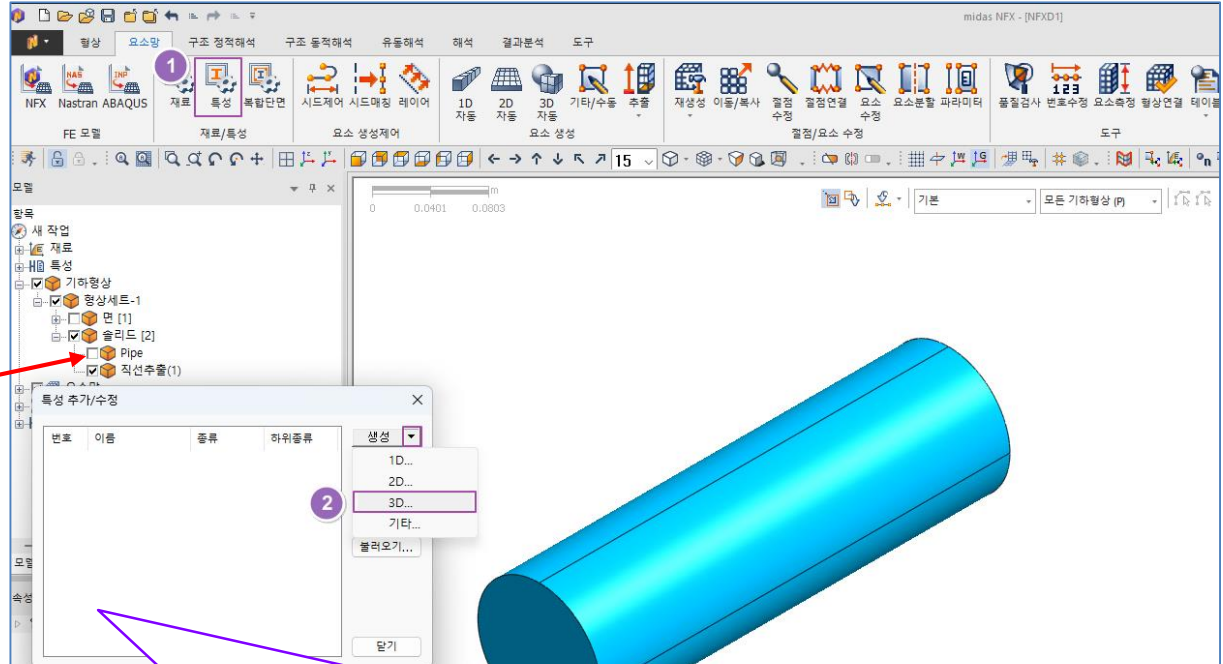
확인

특성 정의하기

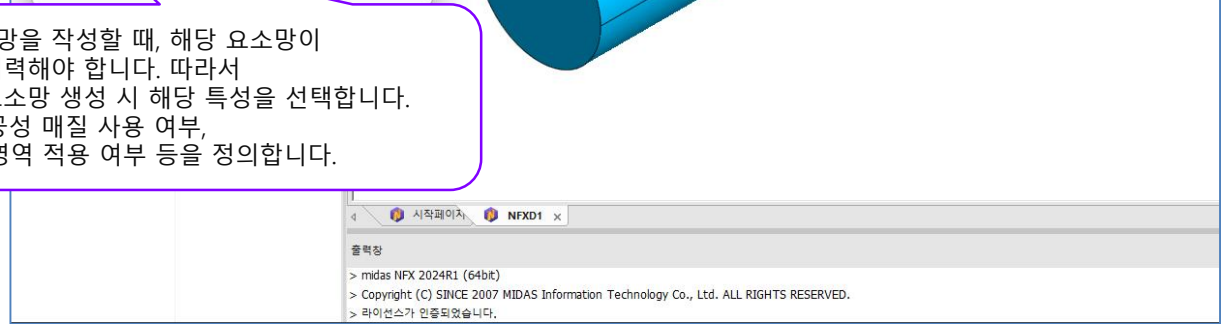


- ① “특성” 버튼 클릭
- ② “특성 추가/수정” 창
> “생성” 옆 화살표 버튼 클릭
> “3D...” 버튼 클릭

※Pipe 부분을 선택 해제하면
따로 직선으로 추출한 유동해석
영역만 표시 가능



유동해석에 필요한 요소망을 작성할 때, 해당 요소망이 어떤 성질을 가지는지 입력해야 합니다. 따라서 특성을 정의하고 이후 요소망 생성 시 해당 특성을 선택합니다. 특성에는 재료 정보, 다공성 매질 사용 여부, MRF (다중참조프레임) 영역 적용 여부 등을 정의합니다.



유체 특성 정의하기

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “3D 유동해석” 탭 선택
- ② 재료 선택 창
: “2: FRESH_WATER_25°C”
선택
- ③ 이름으로 “유동영역” 입력
- ④ “적용” 버튼 클릭



유체 유입 조건 설정 : 입구단

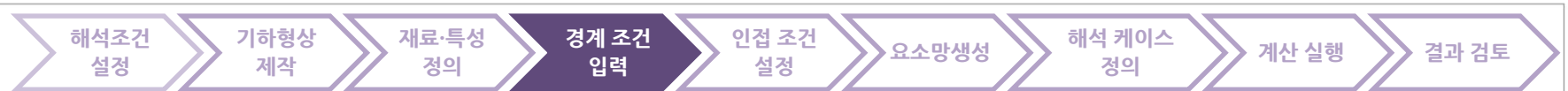


- ① “유동해석” 리본 메뉴 클릭
- ② “입/출구단” 버튼 클릭
 > “입구단” 버튼 클릭
- ③ 기하형상 입구 축 선택
- ④ “속도” > “V” : “1” 입력
- ⑤ “확인” 버튼 클릭

NFX CFD 에서는 경계조건을 요소망 및 기하형상 모두에 줄 수 있습니다. 입구단 경계조건인 경우 요소망의 “2D 요소면” 또는 기하형상의 “면” 에 줄 수 있습니다. 여기에서는 기하형상 입력 방법을 보여주고 있습니다.

CFD 경계세트의 이름은 해석에 큰 영향은 주지 않지만, 여러 개의 해석 케이스를 만들고 조건을 변경하며 유동해석을 수행할 때는 쉽게 입력 조건을 변경할 수 있도록 이름을 구분해야 합니다.

유체 유출 조건 설정 : 출구단



- ① “출구단” 버튼 클릭
- ② 기하형상 출구 측 선택 (입구 측 반대)
- ③ “압력” > “값” : “0” 입력
- ④ “확인” 버튼 클릭

출구단

이름: 면 출구단-1

대상형상: 2

종류: 1개 대상 선택됨

종류: 압력 변화없음(속도)

압력: P 0 N/m² 없음

역류 제어

CFD 경계세트: 유동해석 경계조건 세트-1

확인 4 적용

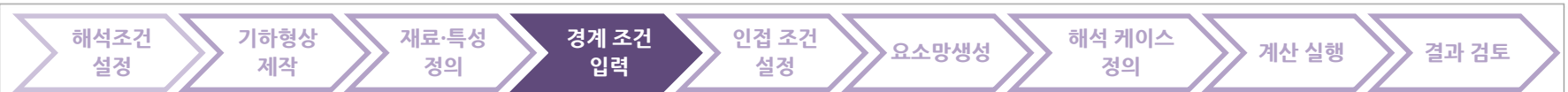
출력항

> [일련번호] 추가: 특성

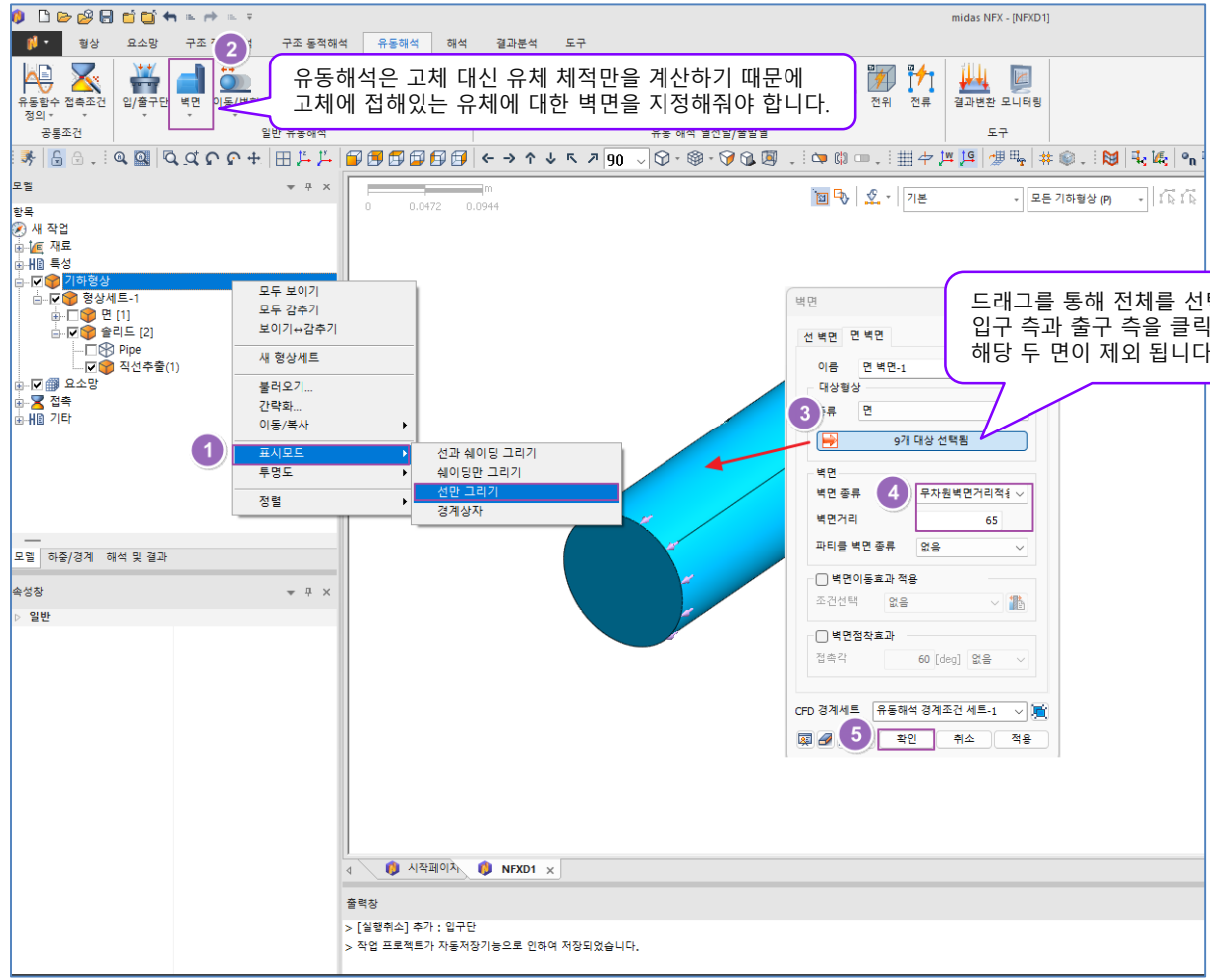
> [일련번호] 추가: 입구단

출구부가 대기압이라 가정하고 0 Pa 을 입력합니다.
실제 유동해석 시 비압축성 유체를 적용해서 풀면, 계산된 전체 영역의 압력 값은 정의된 경계조건의 압력값에 대한 상대적 차이를 나타냅니다.

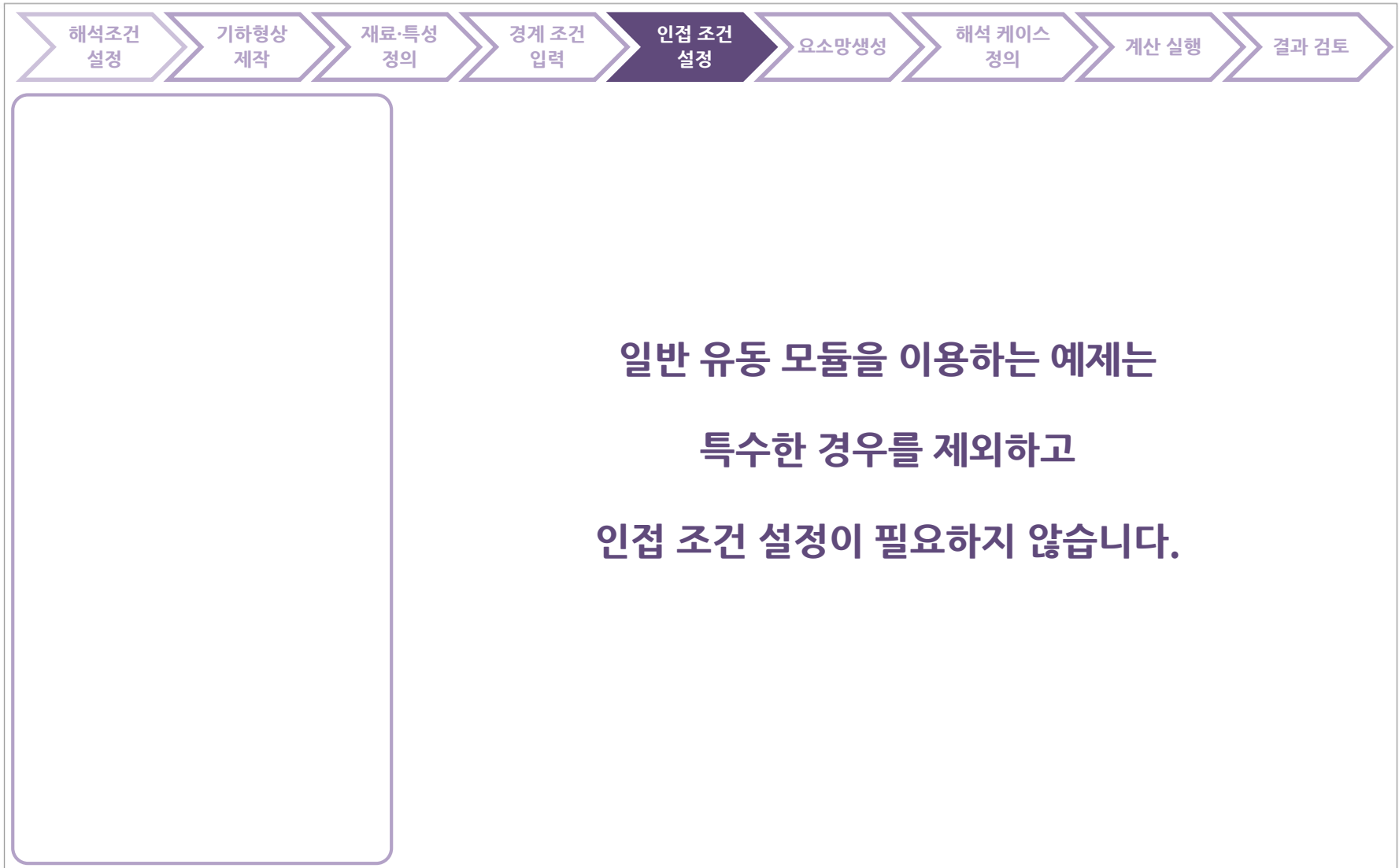
실제 구조 기하와 접하는 벽면 조건 설정



- ① 기하형상 클릭
 > 마우스 오른쪽 버튼 클릭
 > “표시모드” 선택
 > “선만 그리기” 선택
- ② “벽면” 버튼 클릭
- ③ 기하형상 중 구조 기하와 접하는 면 선택 (입구 측과 출구 측을 제외한 전체 면)
- ④ 무차원벽면거리적용 65 입력
- ⑤ “확인” 버튼 클릭



인접 조건 설정 : 필요 없음



요소망 생성 – 작은 형상에 대한 시딩 생성



- ① “요소망” 리본 메뉴 > “시드제어” 버튼 선택
- ② 유체 체적 내 장애물 근처 선분 선택 (유동영역)
- ③ “분할 크기” 입력창 : 0.002 입력
- ④ “미리보기” 버튼 클릭
- ⑤ “확인” 버튼 클릭

요소망을 작성하게 되면 하나의 입력값을 받아 해당 입력 크기로 전체 요소망을 만듭니다. 유동해석에서는 유동이 급격히 변하는 영역이나 복잡한 형상에서는 상대적으로 요소망이 조밀하게 작성되어야 하는데, 특정부분만 조밀하게 작성하기 위해 이 기능을 이용합니다. 선에 시딩을 따로 작성해서 전체 크기와 다르게 요소크기를 지정할 수 있습니다.

해당 영역과 같이, 유동 운동량이 급격하게 변화하는 영역에서는 해당 변화율을 원활히 계산하기 위해 요소망을 보다 조밀하게 작성해야 합니다.

“미리보기” 버튼을 클릭하면 입력된 “분할 크기” 값을 미리 보여줍니다. 임의로 입력한 크기를 눈으로 확인해서 좀 더 조밀하게 작성할 지, 반대로 좀 더 등성하게 작성할 지 판단하게 됩니다. 유동해석에서 요소망은 조밀할 수록 수렴성 및 정확도가 올라가지만 계산에 소요되는 비용(시간, 메모리) 증가합니다.

> [실행취소] 추가 : 입구단
> [실행취소] 추가 : 출구단
> 작업 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
> [실행취소] 추가 : 입구단
> 작업 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.

요소망 생성



- ① “3D” 버튼 클릭
- ② 대상 선택
- ③ 요소 크기 설정
> “크기” 입력 창 : 0.01 입력
- ④ “특성” 선택 창 : “1:유동영역” 확인
- ⑤ “유동영역” 입력
- ⑥ “확인” 버튼 클릭

※ >> 고급옵션 에서 고차요소생성 해제 필수

1: 3D 버튼 클릭

2: 대상 선택

3: 요소 크기 설정 (크기: 0.01)

4: 특성 선택 창 (1: 유동영역)

5: 유동영역 입력

6: 확인 버튼 클릭

계산에 필요한 요소망을 작성합니다.

이름	번호	색상
직선주물(1)	3	00BFFF
직선주물(1)	1	00BFFF
직선주물(1)	2	00BFFF
직선주물(1)	3	00BFFF
직선주물(1)	4	00BFFF
직선주물(1)	5	00BFFF
직선주물(1)	6	00BFFF
직선주물(1)	7	00BFFF
직선주물(1)	8	00BFFF
직선주물(1)	9	00BFFF
직선주물(1)	10	00BFFF
직선주물(1)	11	00BFFF
직선주물(1)	12	00BFFF
직선주물(1)	13	00BFFF
직선주물(1)	14	00BFFF
직선주물(1)	15	00BFFF
직선주물(1)	16	00BFFF
직선주물(1)	17	00BFFF
직선주물(1)	18	00BFFF
직선주물(1)	19	00BFFF
직선주물(1)	20	00BFFF
직선주물(1)	21	00BFFF
직선주물(1)	22	00BFFF
직선주물(1)	23	00BFFF
직선주물(1)	24	00BFFF
직선주물(1)	25	00BFFF
직선주물(1)	26	00BFFF
직선주물(1)	27	00BFFF
직선주물(1)	28	00BFFF
직선주물(1)	29	00BFFF
직선주물(1)	30	00BFFF
직선주물(1)	31	00BFFF
직선주물(1)	32	00BFFF
직선주물(1)	33	00BFFF
직선주물(1)	34	00BFFF
직선주물(1)	35	00BFFF
직선주물(1)	36	00BFFF
직선주물(1)	37	00BFFF
직선주물(1)	38	00BFFF
직선주물(1)	39	00BFFF
직선주물(1)	40	00BFFF
직선주물(1)	41	00BFFF
직선주물(1)	42	00BFFF
직선주물(1)	43	00BFFF
직선주물(1)	44	00BFFF
직선주물(1)	45	00BFFF
직선주물(1)	46	00BFFF
직선주물(1)	47	00BFFF
직선주물(1)	48	00BFFF
직선주물(1)	49	00BFFF
직선주물(1)	50	00BFFF
직선주물(1)	51	00BFFF
직선주물(1)	52	00BFFF
직선주물(1)	53	00BFFF
직선주물(1)	54	00BFFF
직선주물(1)	55	00BFFF
직선주물(1)	56	00BFFF
직선주물(1)	57	00BFFF
직선주물(1)	58	00BFFF
직선주물(1)	59	00BFFF
직선주물(1)	60	00BFFF
직선주물(1)	61	00BFFF
직선주물(1)	62	00BFFF
직선주물(1)	63	00BFFF
직선주물(1)	64	00BFFF
직선주물(1)	65	00BFFF
직선주물(1)	66	00BFFF
직선주물(1)	67	00BFFF
직선주물(1)	68	00BFFF
직선주물(1)	69	00BFFF
직선주물(1)	70	00BFFF
직선주물(1)	71	00BFFF
직선주물(1)	72	00BFFF
직선주물(1)	73	00BFFF
직선주물(1)	74	00BFFF
직선주물(1)	75	00BFFF
직선주물(1)	76	00BFFF
직선주물(1)	77	00BFFF
직선주물(1)	78	00BFFF
직선주물(1)	79	00BFFF
직선주물(1)	80	00BFFF
직선주물(1)	81	00BFFF
직선주물(1)	82	00BFFF
직선주물(1)	83	00BFFF
직선주물(1)	84	00BFFF
직선주물(1)	85	00BFFF
직선주물(1)	86	00BFFF
직선주물(1)	87	00BFFF
직선주물(1)	88	00BFFF
직선주물(1)	89	00BFFF
직선주물(1)	90	00BFFF
직선주물(1)	91	00BFFF
직선주물(1)	92	00BFFF
직선주물(1)	93	00BFFF
직선주물(1)	94	00BFFF
직선주물(1)	95	00BFFF
직선주물(1)	96	00BFFF
직선주물(1)	97	00BFFF
직선주물(1)	98	00BFFF
직선주물(1)	99	00BFFF
직선주물(1)	100	00BFFF

요소망 생성 – 품질 검사



- ① “품질검사” 버튼 클릭
- ② “품질” 탭 클릭
> 중형비 체크, 15 확인
- ③ “적용” 버튼 클릭
- ④ “출력창” 에서 최대값을 확인

The screenshot shows the 'Quality Check' dialog box with the 'Quality' tab selected. The 'Average Ratio' (중형비) is set to 15. The 'Apply' button is highlighted with a red circle and the number 3. The 'Output Window' at the bottom shows the results of the quality check.

중형비는 생성된 요소의 최대길이의 최소길이의 비를 말합니다. 이 비율이 클 경우 수렴성과 정확도에 문제가 발생할 수 있습니다.

중형비가 기준값인 “15”을 넘어도 계산 수렴성이 좋고 정확도가 확보 되기도 하지만, 과도하게 큰 경우 (100 이상) 문제가 생길 수 있으므로 기하형상을 수정하거나 요소망을 더 조밀하게 생성하여 중형비를 낮추는 것이 좋습니다.

```

출력창
> midas NFX 2024R1 (64bit)
> Copyright (C) SINCE 2007 MIDAS Information Technology Co., Ltd. ALL RIGHTS RESERVED.
> 라이선스가 인증되었습니다.
> 유지보수 기간이 540일 남았습니다.
> 11719 개의 결정과 61166 개의 요소가 생성되었습니다.
> 요소 품질 결과:
> - <중형비> 활형요소: 0개, 평균값: 1.48, 최소/최대값: 1.01 / 3.41
    
```

해석케이스 정의



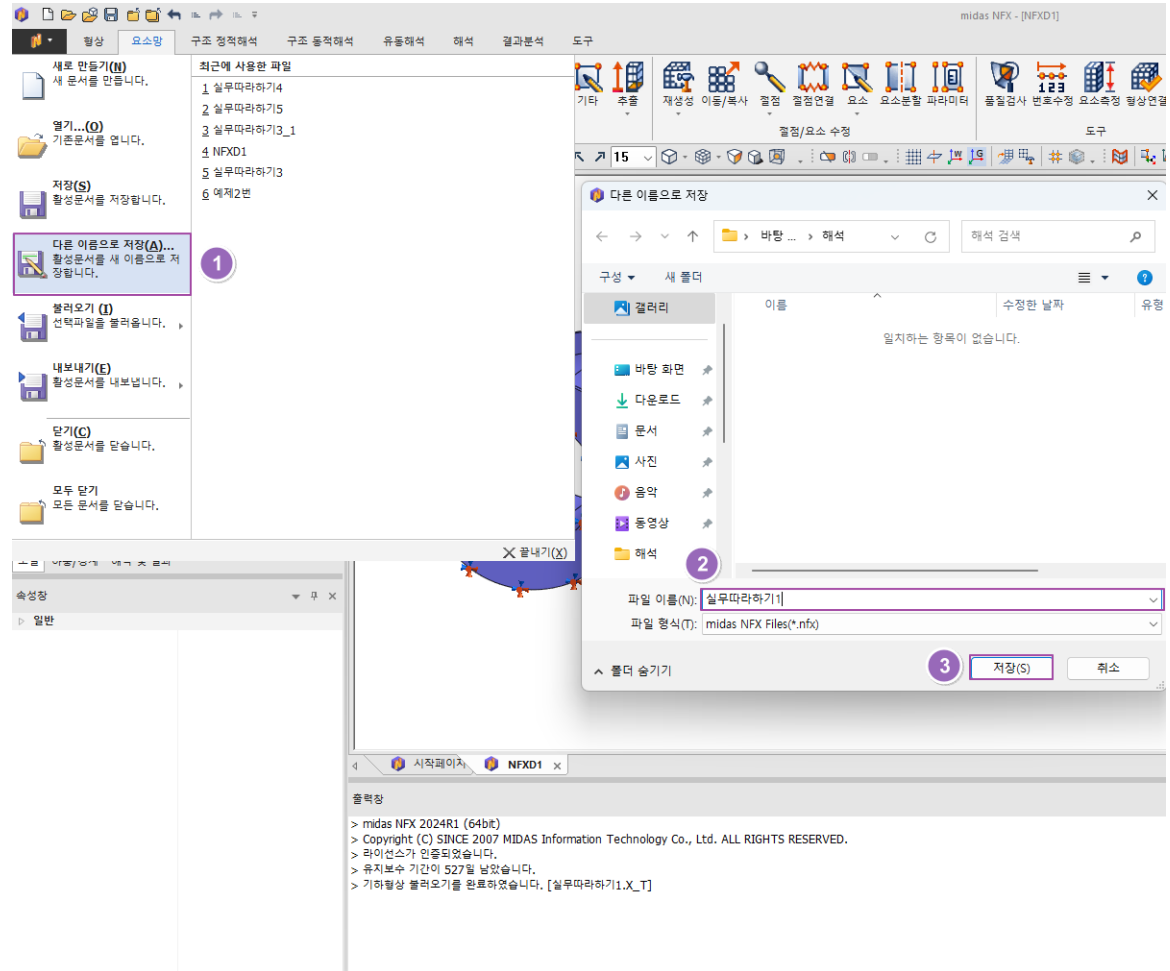
- ① “단일해석” 클릭
- ② “케이스1” 입력
- ③ “정상상태 유동해석” 선택
- ④ “확인” 클릭

※ 유동해석이나 구조해석의 해석 제어 설정은 일반적인 경우에 두루 쓰일 수 있도록 되어있습니다. 실무 따라하기 1 예제는 단순한 문제라 midas NFX의 기본 설정으로도 해석할 수 있습니다만, 일반적인 경우 “해석 제어”에서 계산의 설정을 변경해야 합니다.

계산 실행 – 파일 저장



- ① “메인 메뉴” 버튼 클릭
> “다른 이름으로 저장” 버튼 클릭
- ② “파일 이름” 입력창
: “실무따라하기1.nfx”
- ③ “저장” 버튼 클릭



계산 실행 – 해석케이스 계산 실행

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

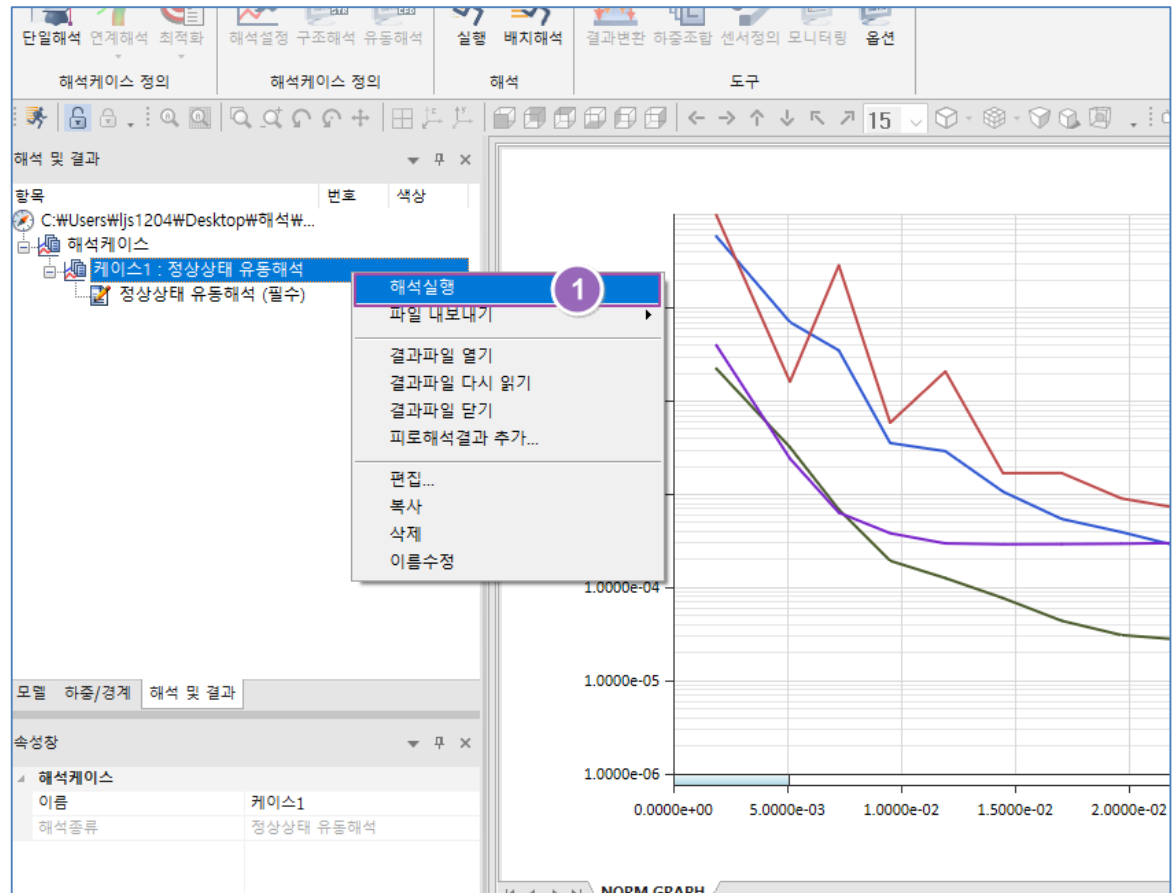
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “해석 및 결과” 창
 > 해석케이스
 > “케이스1”
 : 마우스 오른쪽 버튼 클릭
 > “해석실행” 클릭

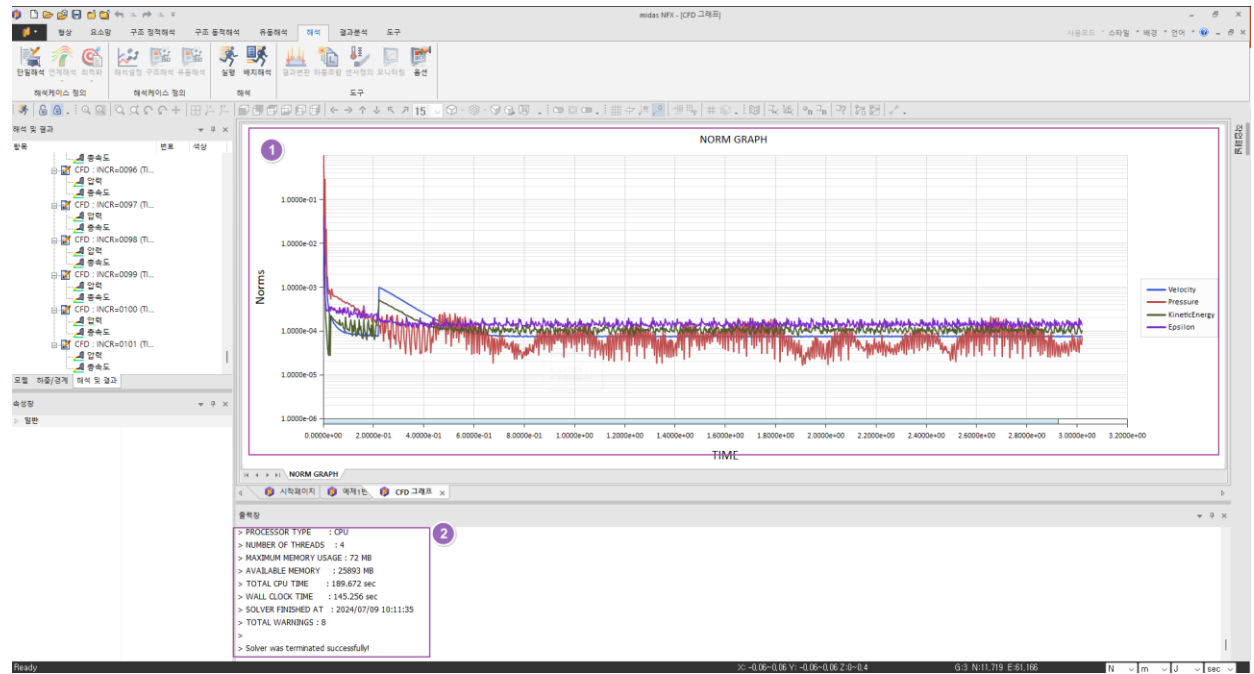


결과 확인

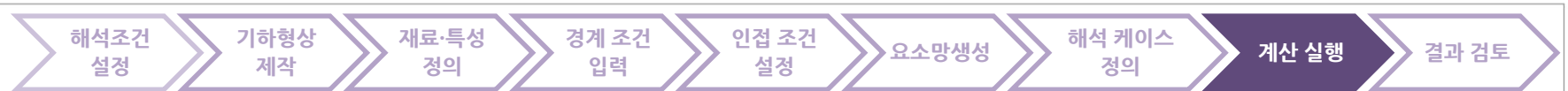


① NORM GRAPH 수렴 확인

② 해석 시간 및 완료 메시지 확인



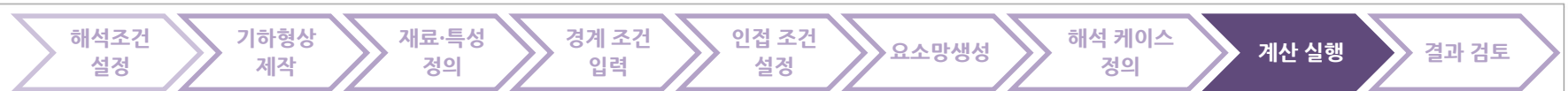
결과 확인 - 유동해석



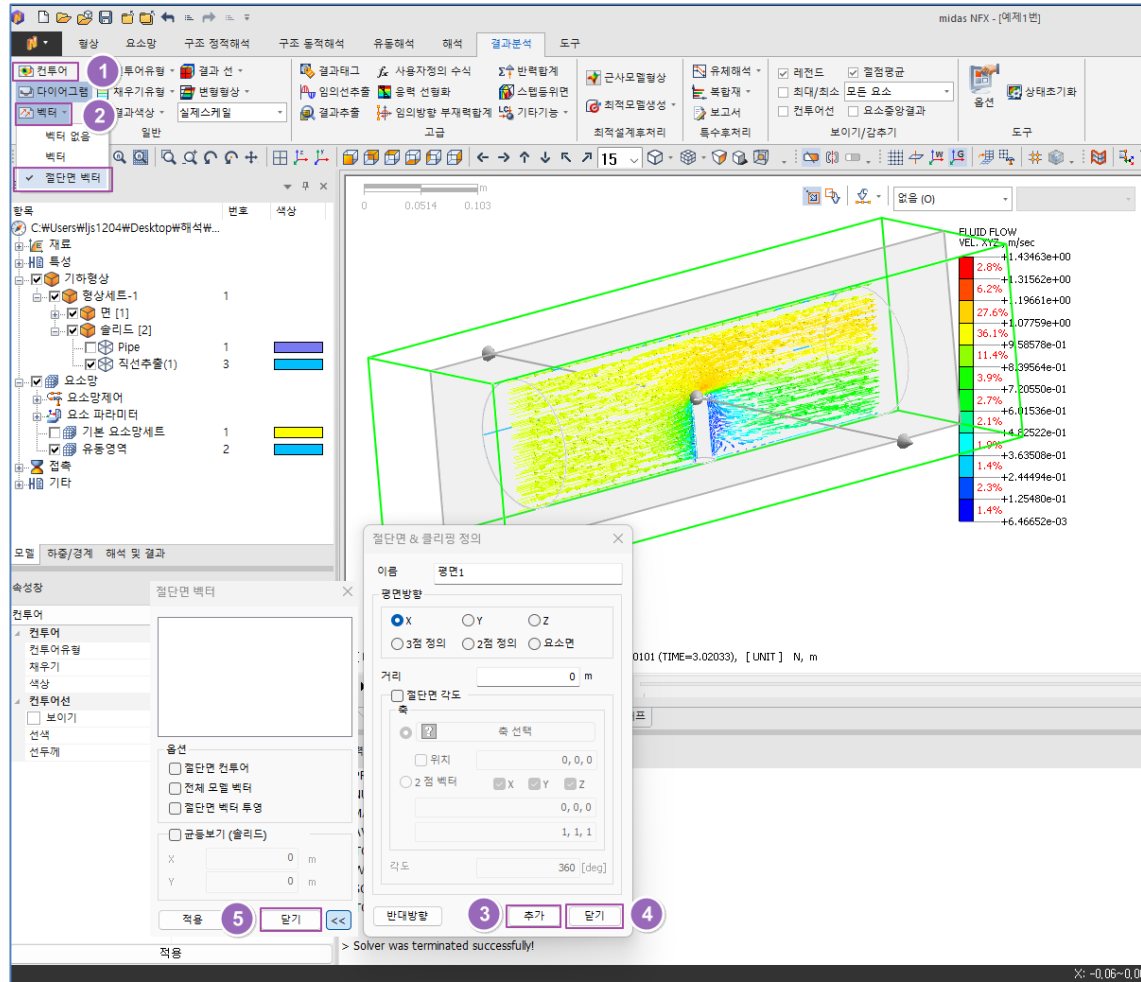
- ① “모델”에서 요소망 “유동영역”만 보이도록 표시
- ② “해석 및 결과”에서 “정상상태 유동해석” 마지막 스텝의 “총 속도” 더블클릭
- ③ “절단모델 보이기” 클릭
- ④ “추가” 클릭
- ⑤ “닫기” 클릭

The screenshot shows the midas NFX software interface. The main window displays a 3D model of a pipe with a flow simulation. The velocity field is visualized with a color scale ranging from blue (low velocity) to red (high velocity). The scale values are: 2.8%, 6.2%, 27.6%, 36.1%, 11.4%, 3.9%, 2.7%, 2.1%, 1.9%, 1.4%, 2.3%, 1.4%, and 6.46652e-03. The interface includes a tree view on the left, a main 3D view, and several dialog boxes for sectioning and viewing options. Numbered callouts 1 through 5 correspond to the steps in the list on the left.

결과 확인 - 유동해석



- ① “컨투어”를 클릭해 선택 해제
- ② “벡터” 클릭 > “절단면 벡터” 클릭
- ③ “추가” 클릭
- ④ “닫기” 클릭
- ⑤ “닫기” 클릭



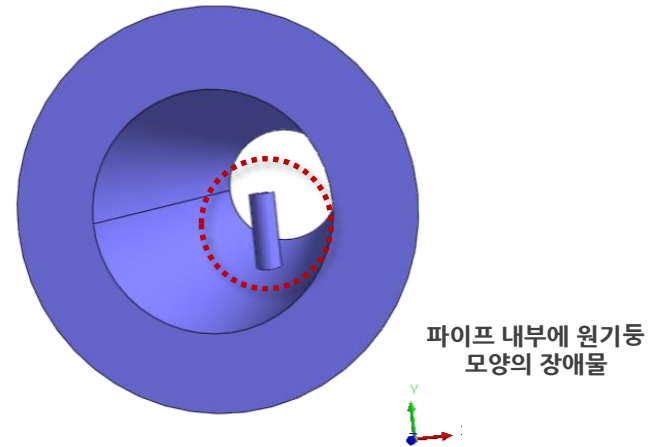
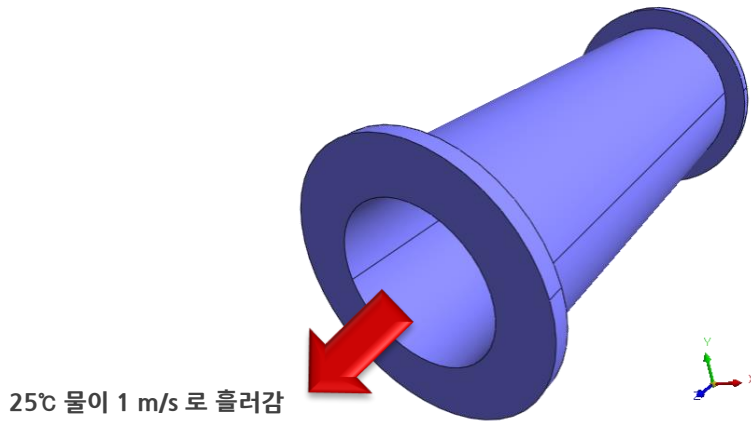
실무 따라하기

내부 유동 해석 기본 예제

- 유체구조연성해석

Contents

문제 설명 및 해석 목적



문제 설명

- ✓ 파이프 형태
- ✓ 파이프 내부로 25°C 물이 1 m/s로 흐름
- ✓ 파이프 내부에 원기둥 모양 장애물

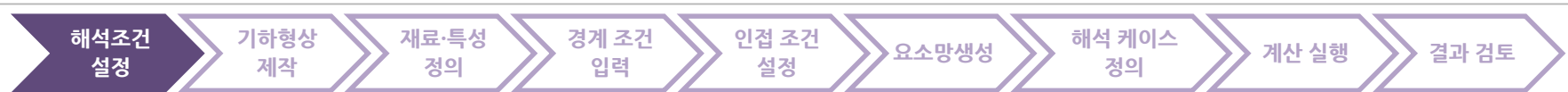
해석 목적

- ✓ 기계 시스템 내부의 유동 특성 파악
- ✓ 구조해석 연계로 구조물 응력 및 변위 확인

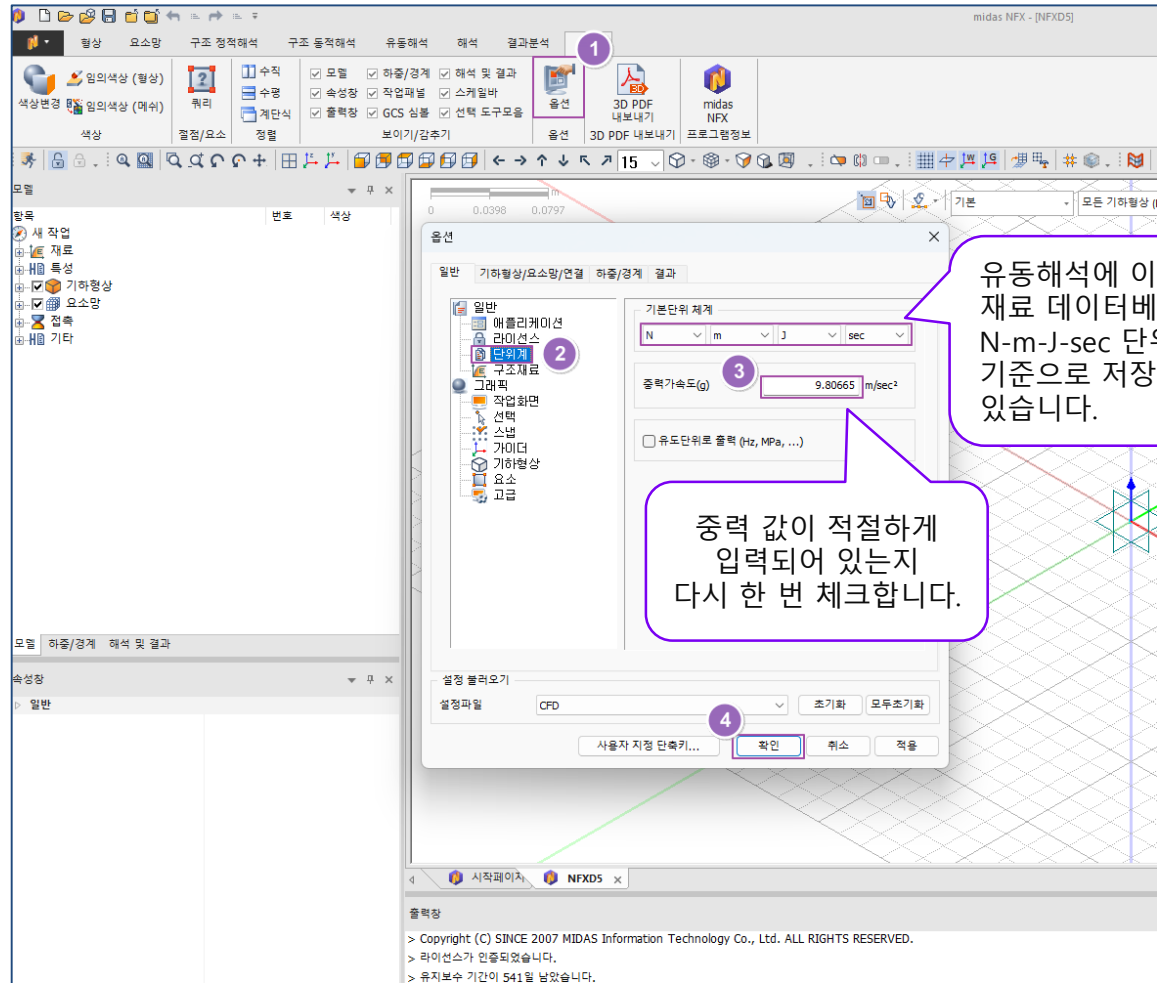
학습 주요 아이템

- ✓ 유동해석에 필요한 NFX 옵션 설정
- ✓ 재료 정의 및 특성 정의
- ✓ 특정 부분 요소망만 조밀하게 하는 방법
- ✓ 내부 유동의 일반적인 경계조건 입력 방법
- ✓ 해석케이스 정의 방법 (정상 상태)
- ✓ 유동해석 결과 검토 방법
- ✓ 구조해석 연계 방법

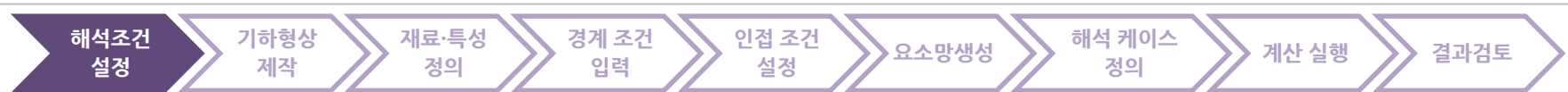
단위계 옵션 확인



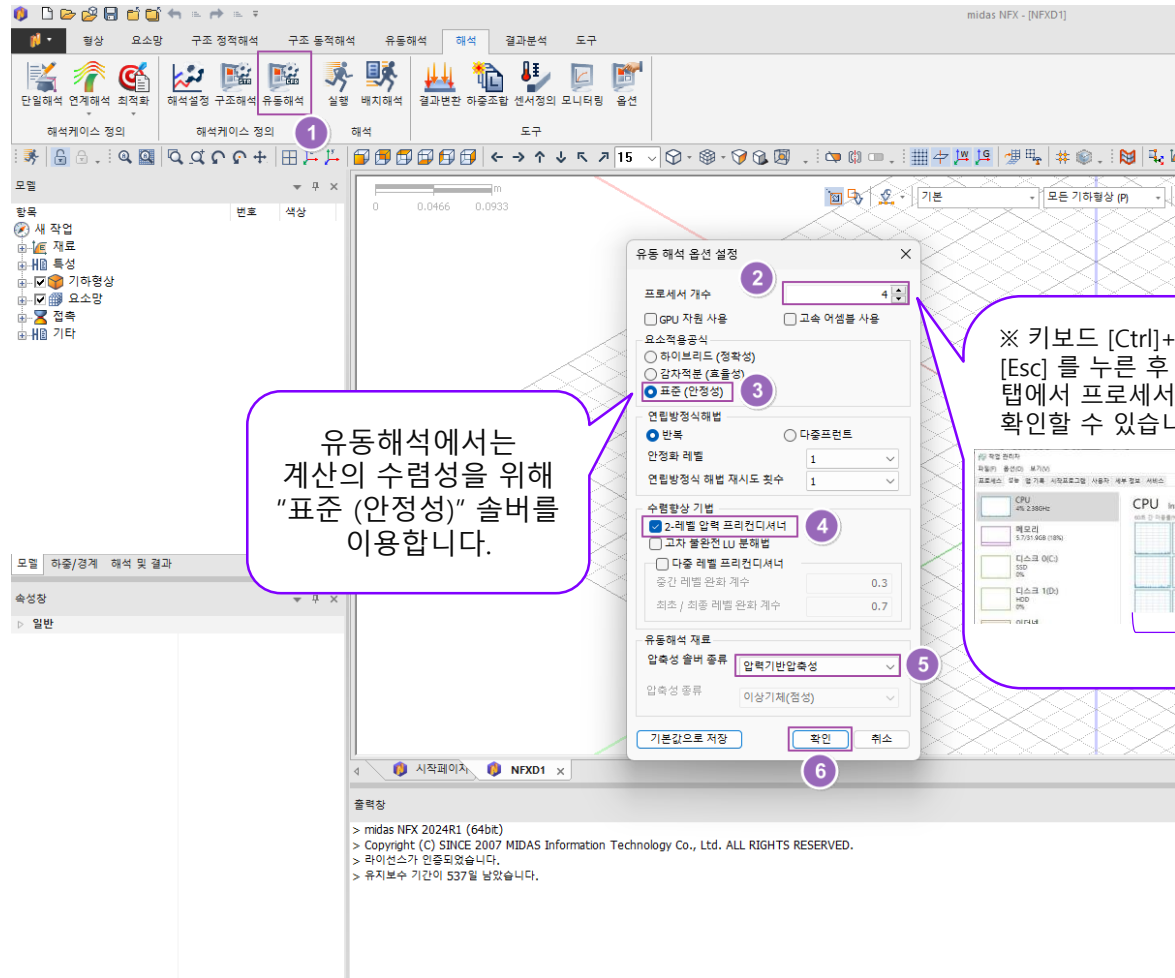
- ① 리본 메뉴 “도구” > 옵션 버튼 선택
- ② 옵션 창 > “일반” 탭 > “단위계” 트리 > “기본단위 체계” 콤보박스 : “N-m-J-sec” 확인
- ③ “중력가속도” 입력 창 : “9.8” 확인
- ④ “적용” 버튼 클릭



프로세서 개수 선택 및 솔버 선택



- ① 리본 메뉴 “해석” > 옵션 버튼 선택
- ② “프로세서 개수” 입력창 : 계산에 동원할 CPU 개수를 입력
- ③ “요소적용공식” 그룹박스 > “표준(안정성)” 라디오버튼 선택
- ④ “2-레벨 압력 프리컨디셔너” 클릭
- ⑤ “압축성 솔버 종류” 그룹박스 > “압력기반압축성” 선택
- ⑥ “확인” 버튼 클릭



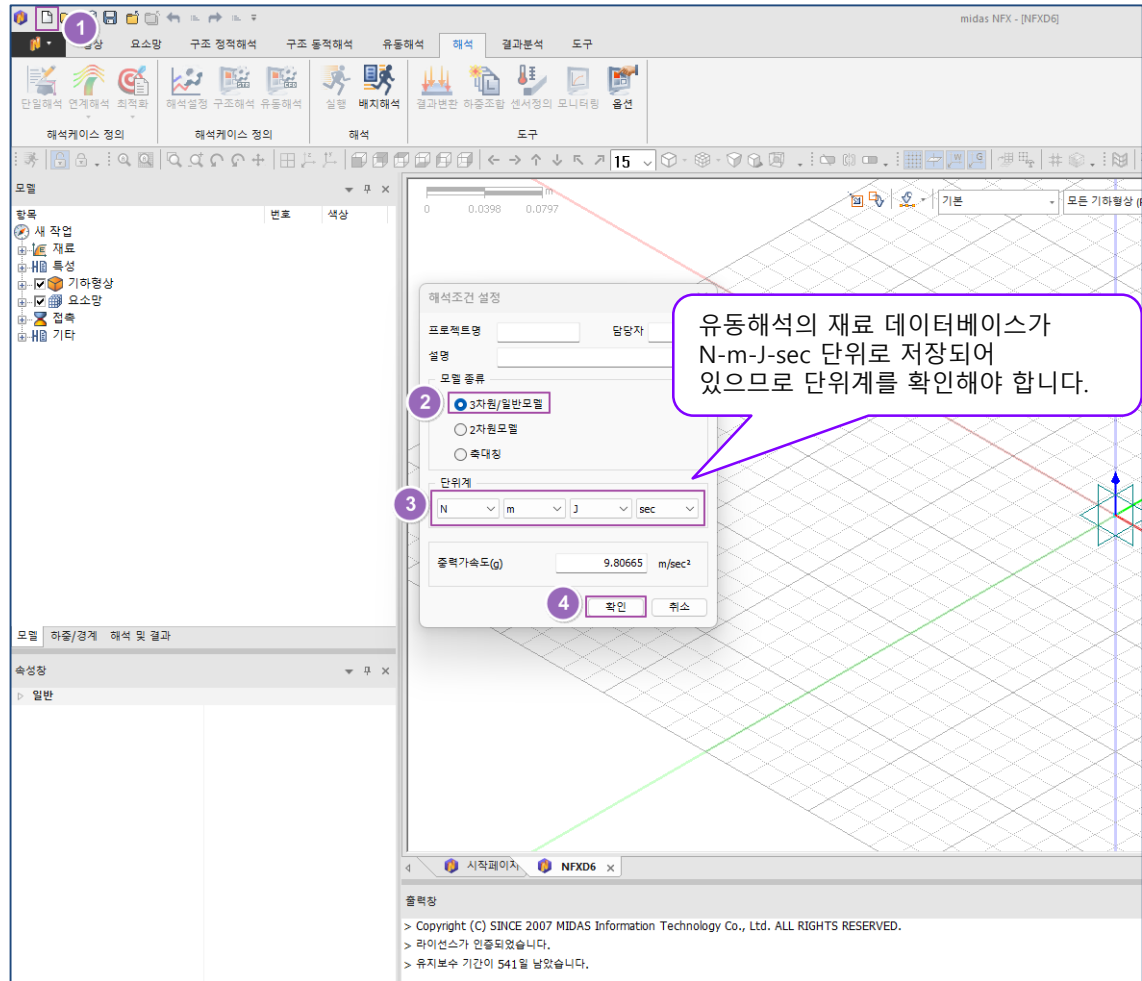
유동해석에서는
계산의 수렴성을 위해
“표준 (안정성)” 솔버를
이용합니다.

※ 키보드 [Ctrl]+[Shift]+
[Esc] 를 누른 후 “성능”
탭에서 프로세서 개수를
확인할 수 있습니다.

새로 만들기



- ① “새로만들기” 버튼 클릭
- ② “3차원/일반모델” 라디오버튼 클릭
- ③ “단위계” 그룹박스 내 : N-m-J-sec 설정
- ④ “확인” 버튼 클릭



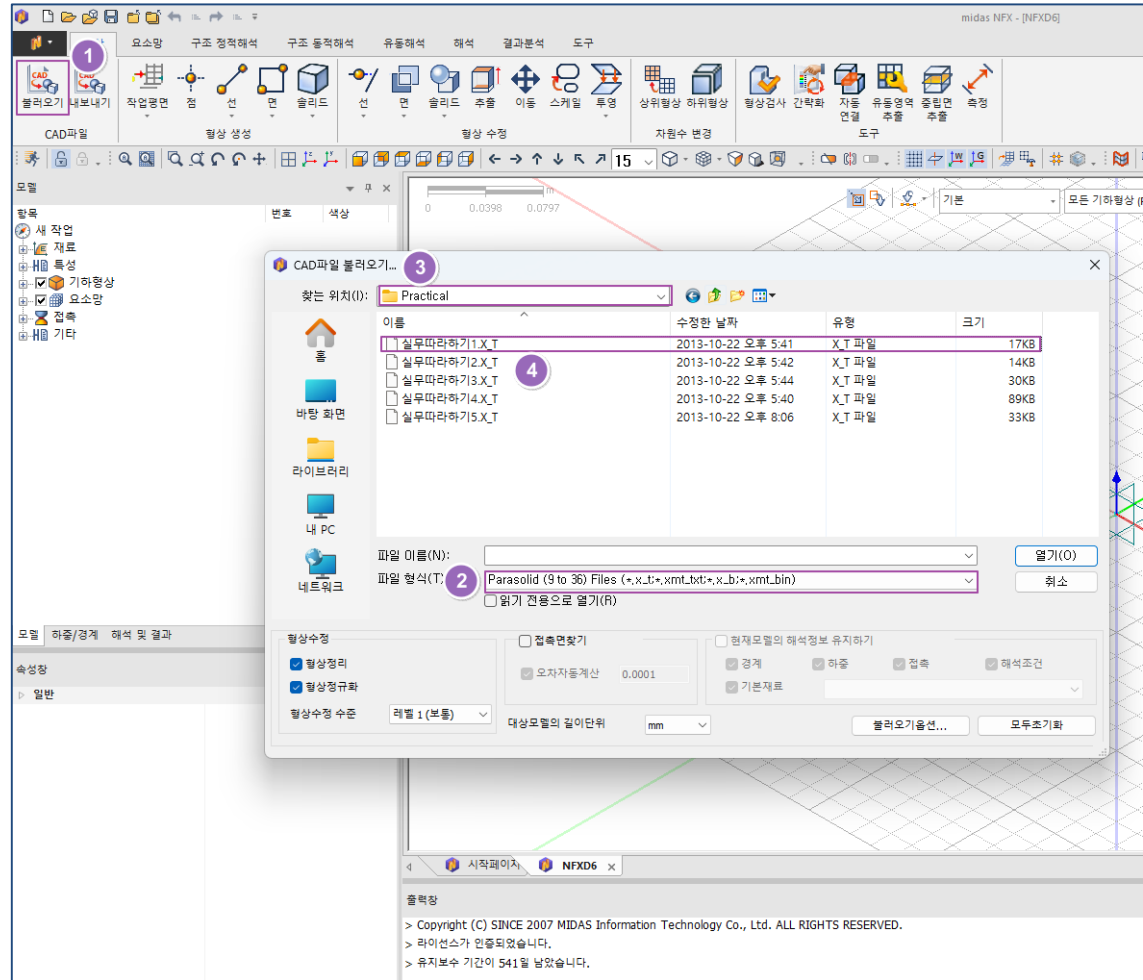
기하형상 불러오기



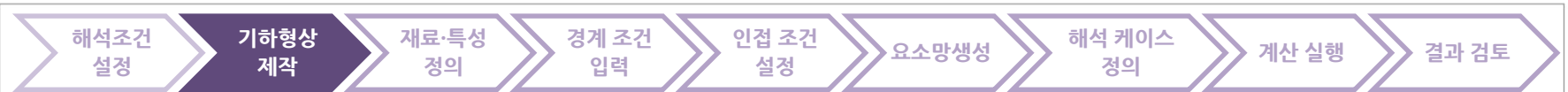
- ① “형상” 리본메뉴
> “불러오기” 버튼 클릭
- ② “파일 형식” 콤보박스
> “Parasolid..” 선택
- ③ CAD 파일이 있는 폴더로 이동
- ④ “실무따라하기1.X_T”
더블 클릭

※예제 파일 위치:

C:\ Program Files\ midas
NFX\ Manual\ Tutorial\ mid
as NFX CFD\ Practical



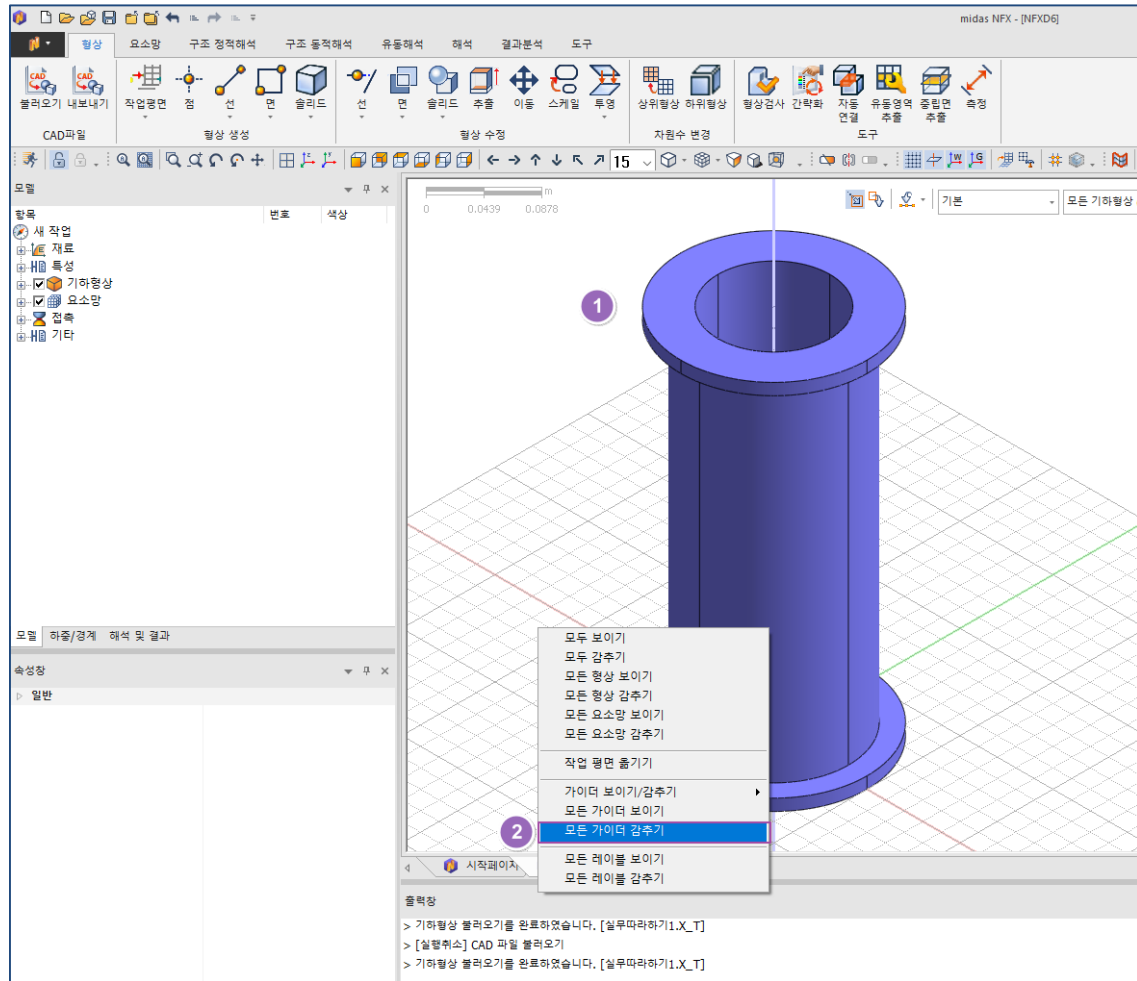
기하형상 불러오기



① 기하형상 확인

※ 키보드 마우스 조작을 통해 기하형상을 자세히 관찰합니다.

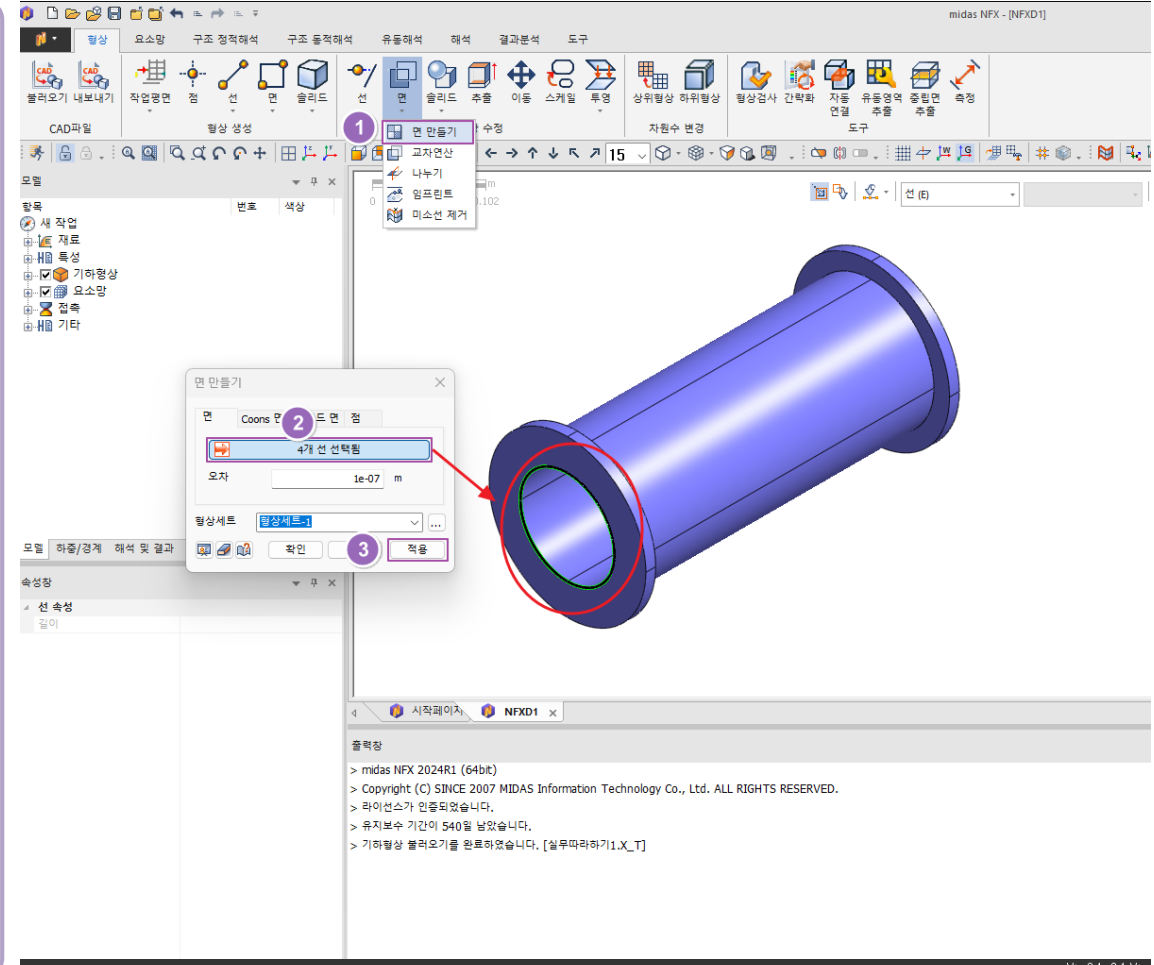
② 마우스 오른쪽 버튼 클릭 > “모든 가이드더 감추기” 클릭



구조 형상으로부터 유체 체적 만들기



- ① “면 만들기” 버튼 클릭
- ② “선 선택” 버튼 클릭
> 배관 앞의 내경을 나타내는 선분 네 개를 선택
- ③ “적용” 버튼 클릭

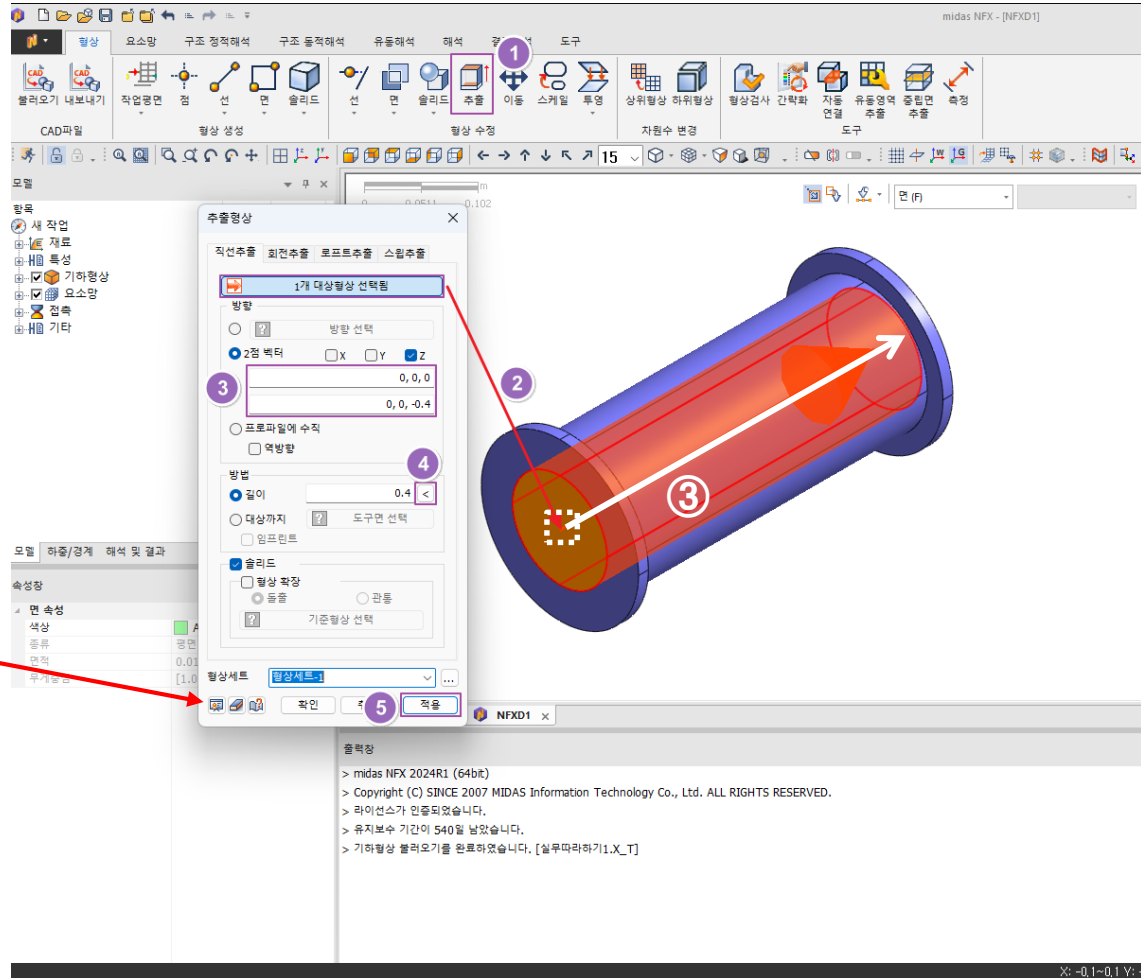


구조 형상으로부터 유체 체적 만들기

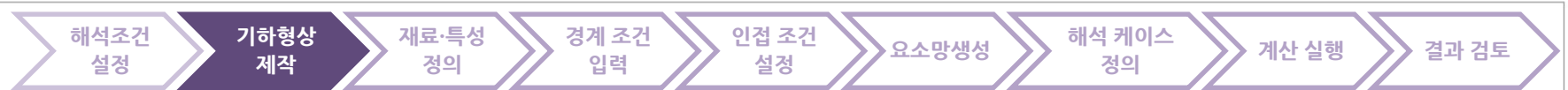


- ① “추출” 버튼 클릭
- ② 대상형상 → 생성한 면 선택
- ③ 방향 ‘z’ 축만 선택
> 시작점, 끝점 선택
- ④ < 클릭 하여 길이 측정
- ⑤ “확인” 버튼 클릭

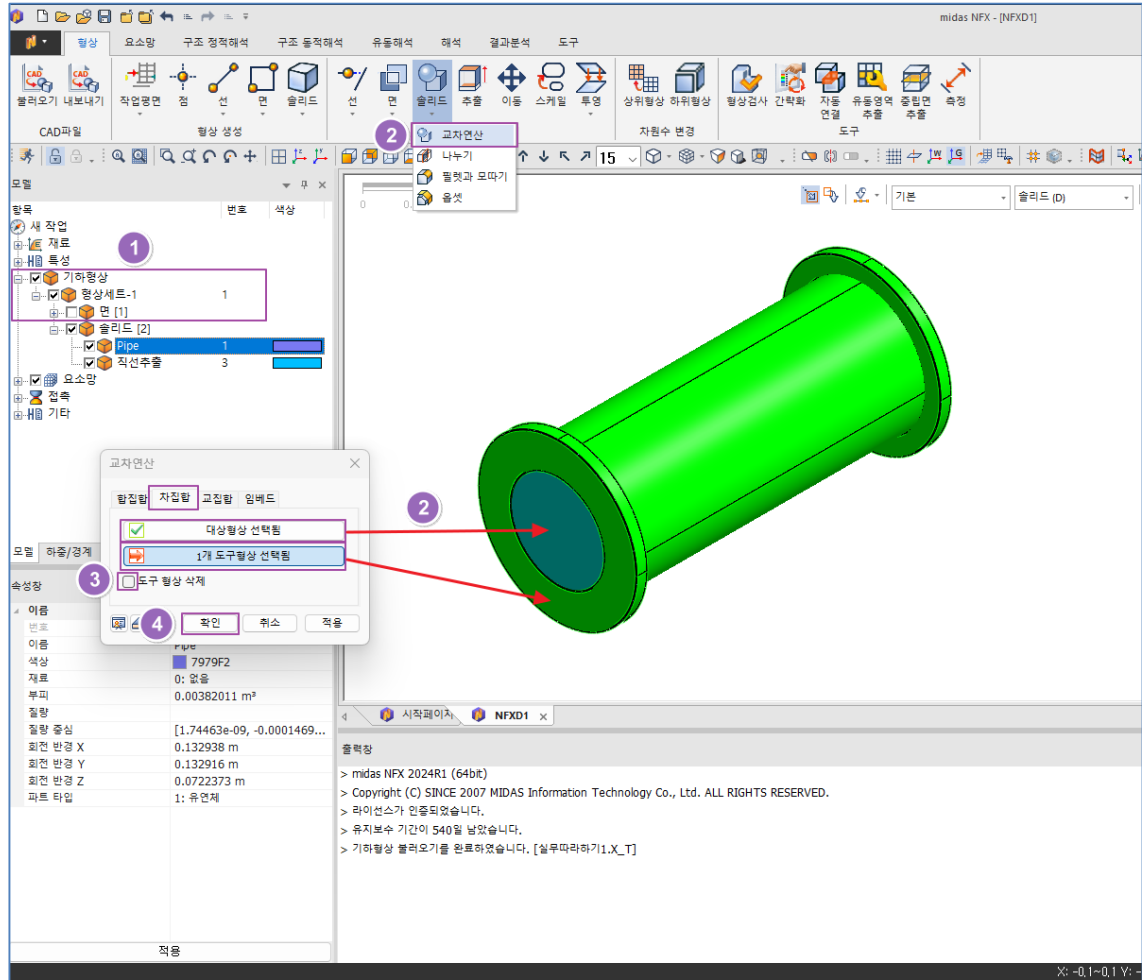
※미리보기 버튼을 누르면 사진과 같은 빨간색 영역 표시 확인 가능



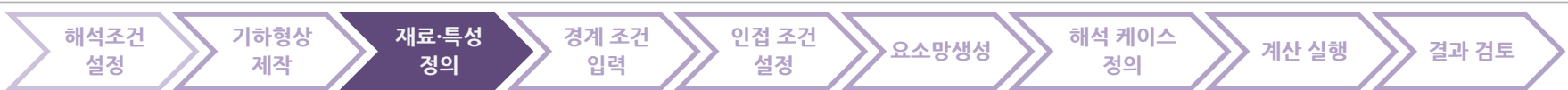
구조 형상으로부터 유체 체적 만들기



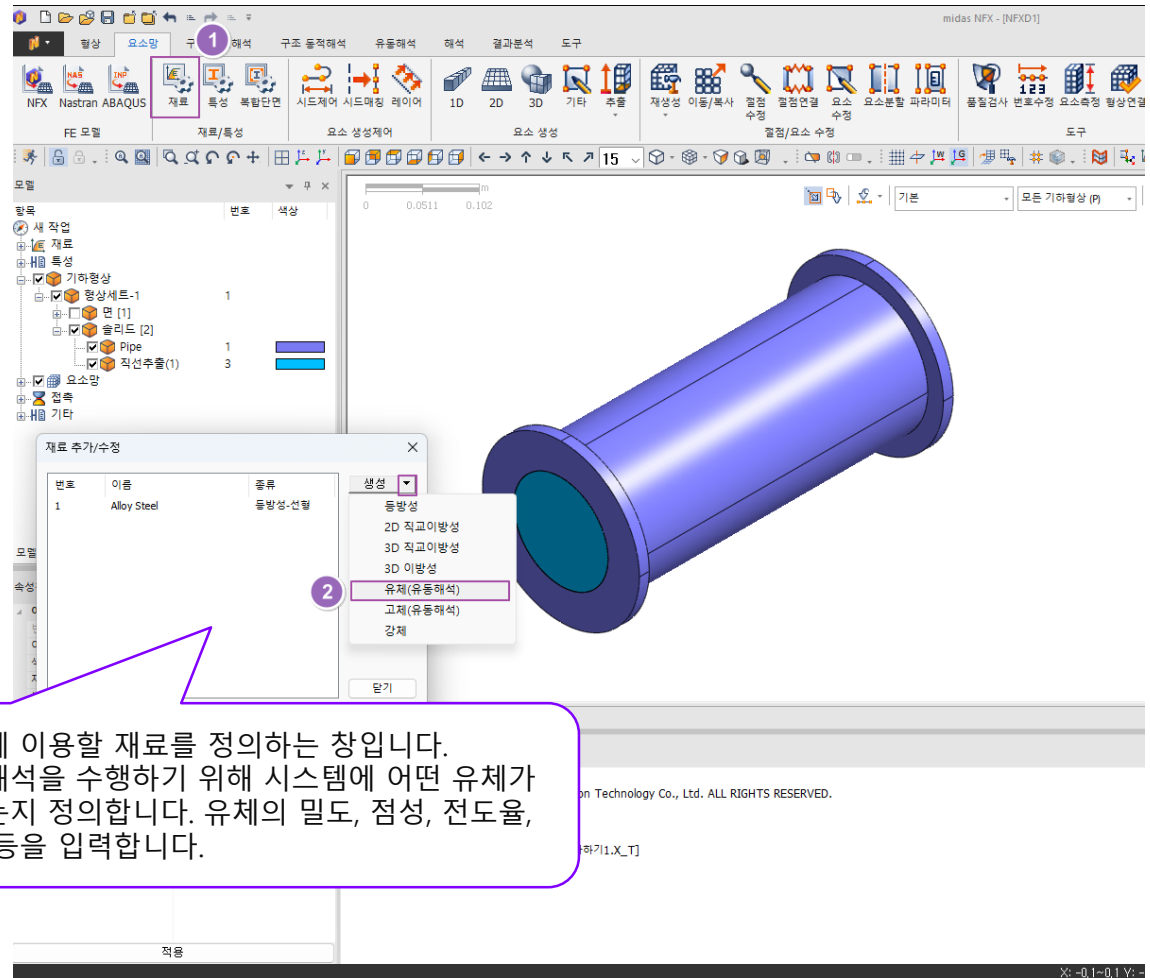
- ① “모델” 트리 메뉴
 - > “기하형상” 트리 메뉴
 - > “형상세트-1” 트리 메뉴
 - > “면” 트리 메뉴
 - > 면 체크 박스 : Off
- ② “솔리드” 클릭
 - > “교차연산” 하위 메뉴
 - > “차집합” 리본 메뉴
 - > 대상형상 내부 직선 부분
 - > 도구형상 외부 파이프 부분
- ③ “도구 형상 삭제” 체크 해제
- ④ “확인” 버튼 클릭



유체/고체 재료 정의하기



- ① “유동해석” 리본 메뉴 클릭
> “재료” 버튼 클릭
- ② “재료 추가/수정” 창
> “생성” 옆 화살표 버튼 클릭
> “유체(유동해석)” 선택



해석에 이용할 재료를 정의하는 창입니다. 유체해석을 수행하기 위해 시스템에 어떤 유체가 흐르는지 정의합니다. 유체의 밀도, 점성, 전도율, 비열 등을 입력합니다.

유체 재료 정의하기



- ① 재료 데이터베이스
> "FRESH_WATER_25'C"
선택
- ② "확인" 버튼 클릭

재료

번호: 2 이름: FRESH_WATER_25'C-1 색상: ■

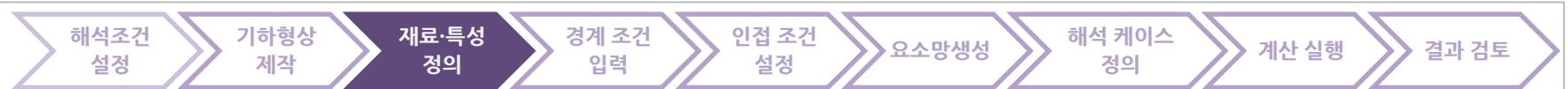
유체 (유동해석)	비압축성	↓
밀도	998.2	kg/m³
점성도	0.001003	kg/(m·sec)
열팽창 계수	0.01802	kg/mol
열전도도	0	W/m
열용량	0	sec²/m²
가속도장		
Tx	0	m/sec²
Ty	0	m/sec²
Tz	0	m/sec²
열		
비열	4182	J/(kg·[T])
전도도	0.6	W/(m·[T])
부유도	0	
열원	0	W/m³
물질 이송		
확산계수	0	m²/sec
소스	0	1/sec
복사		
흡수계수	0	1/m
산란계수	0	1/m
산란 위상할수		들방성
굴절률	0	

 2

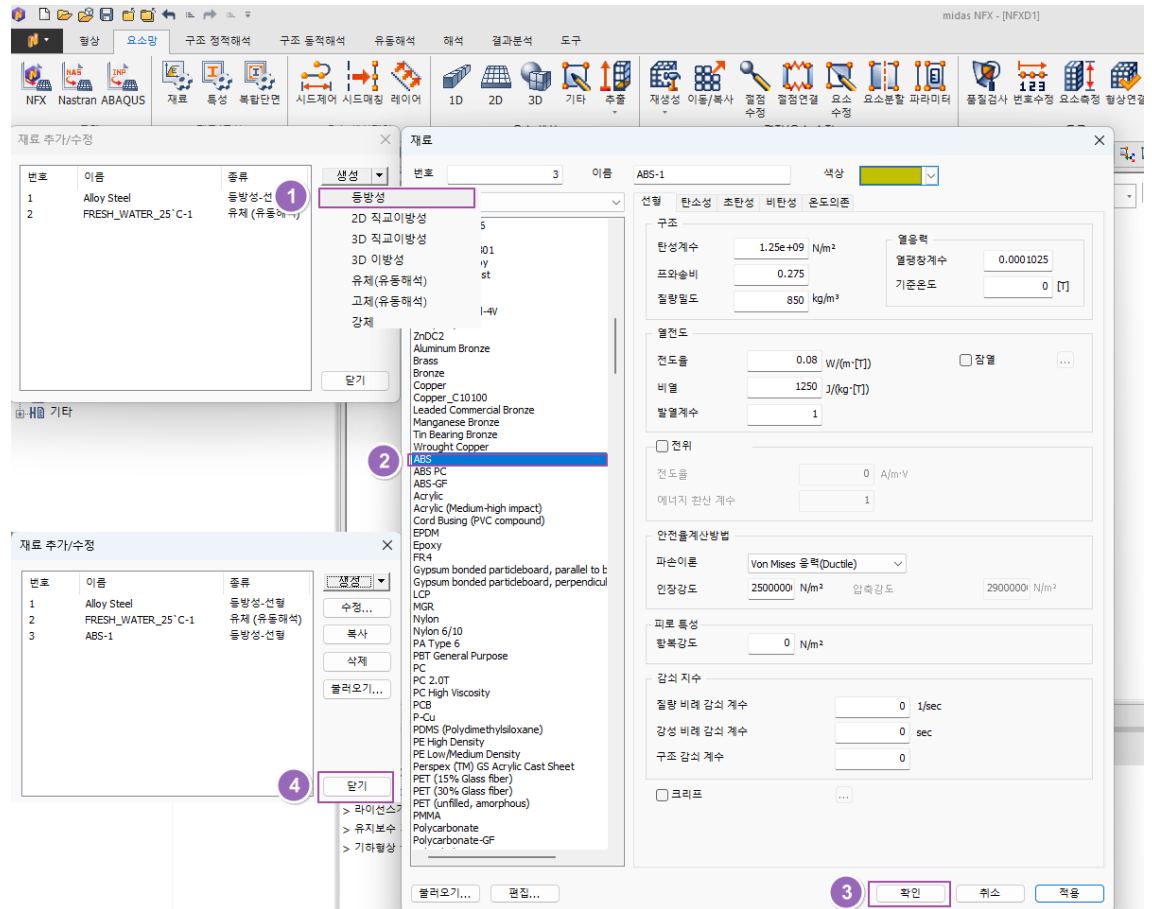
1

재료 데이터베이스를 선택하면 본 해석에 필요한 밀도와 점성이 자동으로 입력 됩니다.

고체 재료 정의하기



- ① “생성” > “등방성” 선택
- ② 재료 데이터베이스에서 “ABS” 선택
- ③ “확인” 버튼 클릭
- ④ “닫기” 버튼 클릭



특성 정의하기



① “특성” 버튼 클릭

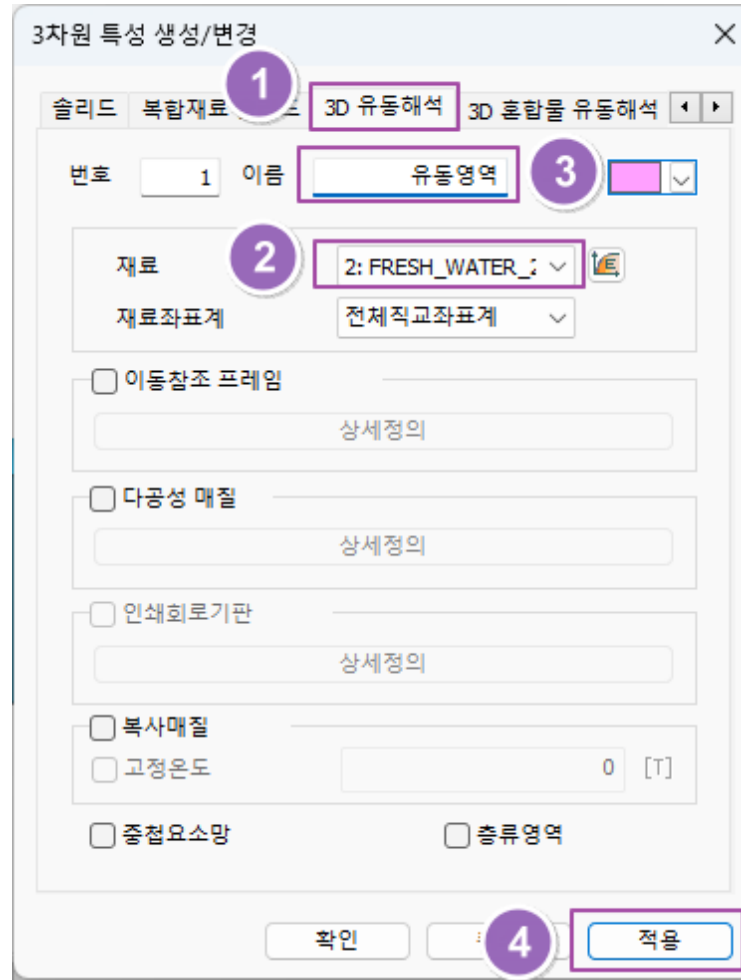
② “특성 추가/수정” 창
> “생성” 옆 화살표 버튼 클릭
> “3D...” 버튼 클릭

유동해석에 필요한 요소망을 작성할 때, 해당 요소망이 어떤 성질을 가지는지 입력해야 합니다. 따라서 특성을 정의하고 이후 요소망 생성 시 해당 특성을 선택합니다. 특성에는 재료 정보, 다공성 매질 사용 여부, MRF (다중참조프레임) 영역 적용 여부 등을 정의합니다.

유체 특성 정의하기



- ① “3D 유동해석” 탭 선택
- ② 재료 선택 창
: “2: FRESH_WATER_25°C”
선택
- ③ “유동영역” 입력
- ④ “적용” 버튼 클릭



고체 특성 정의하기



- ① “솔리드” 탭 선택
- ② 재료 선택 창 : “3: ABS-1” 선택
- ③ “구조물” 입력
- ④ “확인” 버튼 클릭
- ⑤ “닫기” 버튼 클릭
- ⑥ 트리 메뉴에서 해당 특성 확인

3차원 특성 생성/변경

1 솔리드

번호 2 이름 구조물 3

재료 2 3: ABS-1

재료좌표계 전체직교좌표계

4 확인 취소 적용

특성 추가/수정

번호	이름	종류	하위종류
1	유동영역	3D	3D 유동해석
2	구조물	3D	솔리드

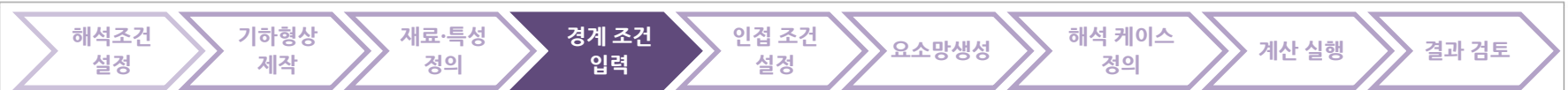
5 닫기

특성 트리 메뉴

- 1D [0]
- 2D [0]
- 3D [2]
 - 유동영역 (3D 유동해... 1
 - 구조물 (솔리드) (미... 2
- 기타 [0]
- 미정의 [0]
- 기하형상
 - 형상세트-1 1
 - 면 [1]
 - 솔리드 [2]
 - Pipe 1
 - 직선추출(1) 3
- 요소망
- 접촉
- 기타

6

유체 유입 조건 설정 : 입구단



- ① “유동해석” 리본메뉴 클릭
 > “입/출구단” 버튼 클릭
 > “입구단” 클릭
- ② 기하형상 입구 축 선택
- ③ “속도” > “V” : “1” 입력
- ④ “확인” 버튼 클릭

NFX CFD 에서는 경계조건을 요소망 및 기하형상 모두에 줄 수 있습니다. 입구단 경계조건인 경우 요소망의 "2D 요소면" 또는 기하형상의 "면" 에 줄 수 있습니다. 여기에서는 기하형상 입력 방법을 보여주고 있습니다.

CFD 경계세트의 이름은 해석에 큰 영향은 주지 않지만, 여러 개의 해석 케이스를 만들고 조건을 변경하며 유동해석을 수행할 때는 쉽게 입력 조건을 변경할 수 있도록 이름을 구분해야 합니다.

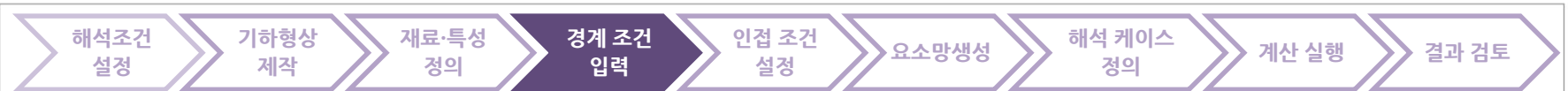
유체 유출 조건 설정 : 출구단



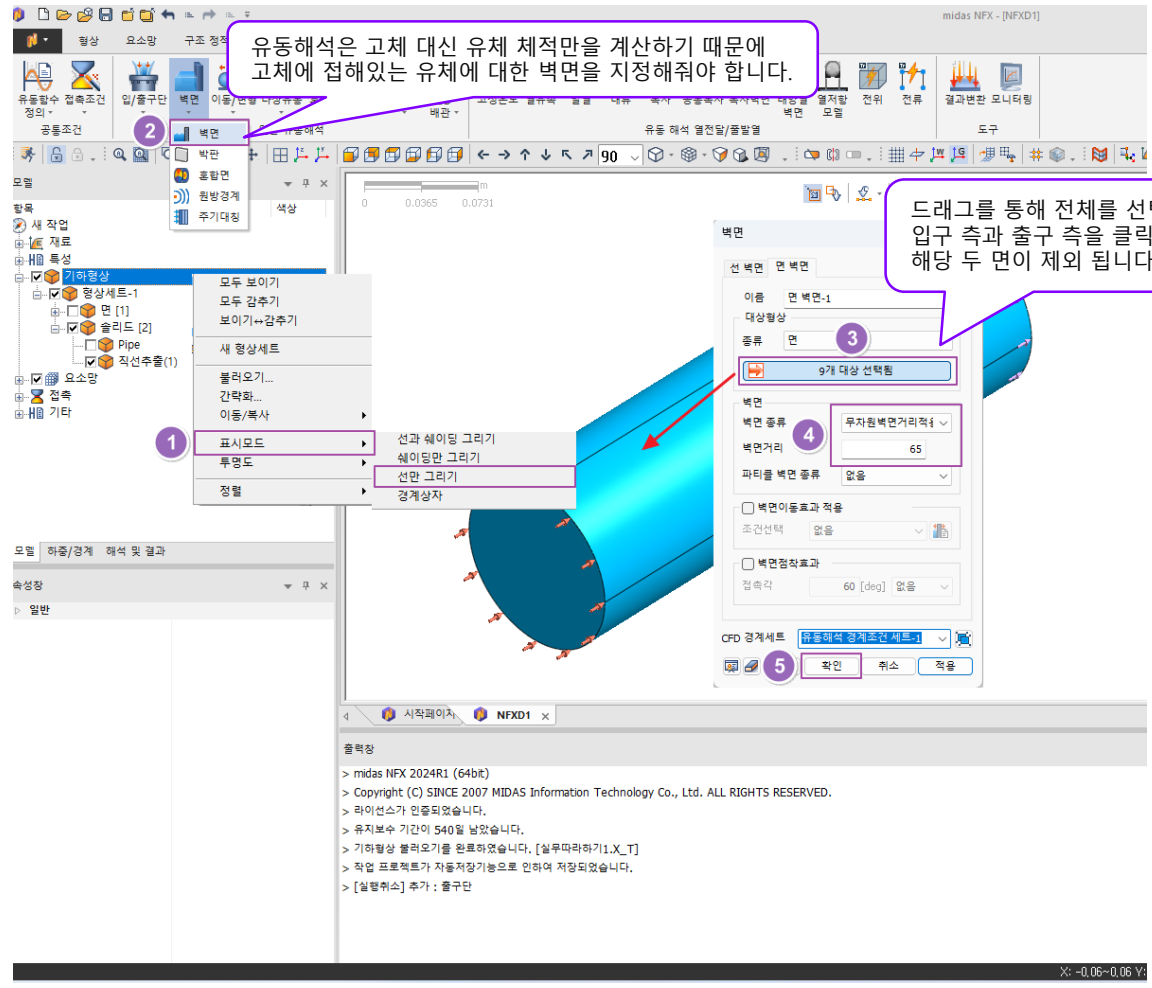
- ① “입/출구단” 버튼 클릭
> “출구단” 하위버튼 클릭
- ② 기하형상 출구 측 선택
(입구 측 반대)
- ③ “압력” > “값” : “0” 입력
- ④ “확인” 버튼 클릭

출구단이 대기압이라 가정하고 0 Pa 을 입력합니다. 실제 유동해석 시 비압축성 유체를 적용해서 풀면, 계산된 전체 영역의 압력 값은 정의된 경계조건인 압력 값에 대한 상대적 차이를 나타냅니다.

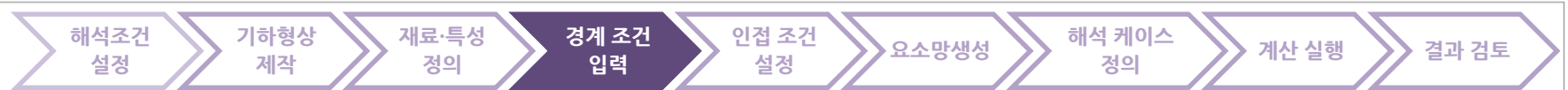
실제 구조 기하와 접하는 벽면 조건 설정



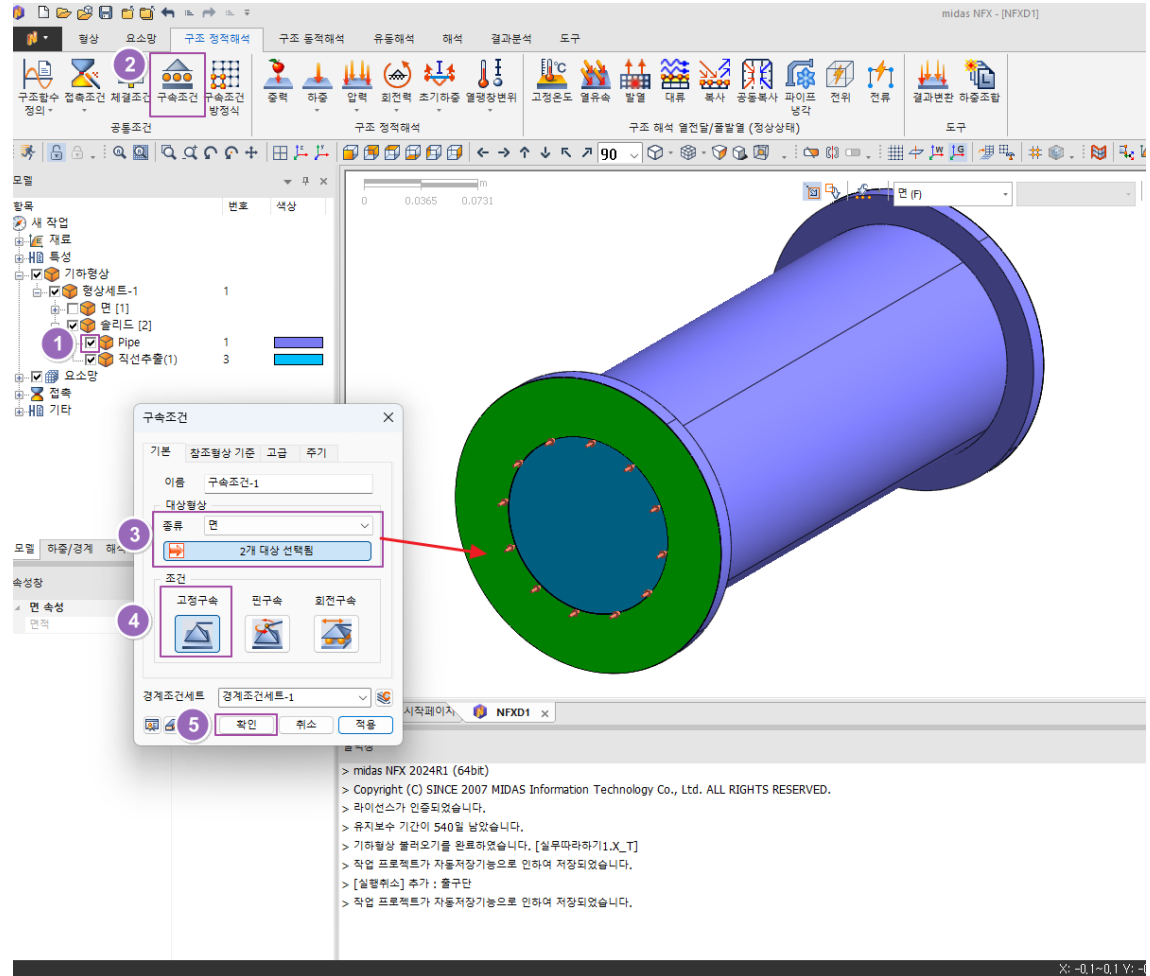
- ① 기하형상 클릭
 > 마우스 오른쪽 버튼 클릭
 > “표시모드” 선택
 > “선만 그리기” 선택
- ② “벽면” 버튼 클릭
- ③ 기하형상 중 구조 기하와 접하는 면 선택 (입구 측과 출구 측을 제외한 전체 면)
- ④ 무차원벽면거리적용 65 입력
- ⑤ “확인” 버튼 클릭



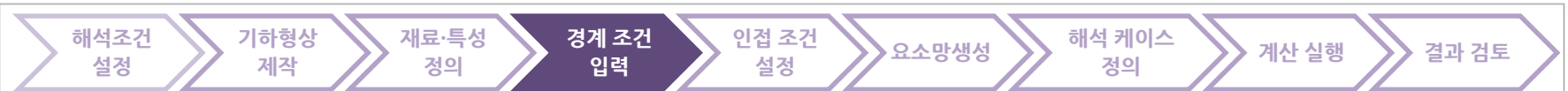
구조해석 조건 설정



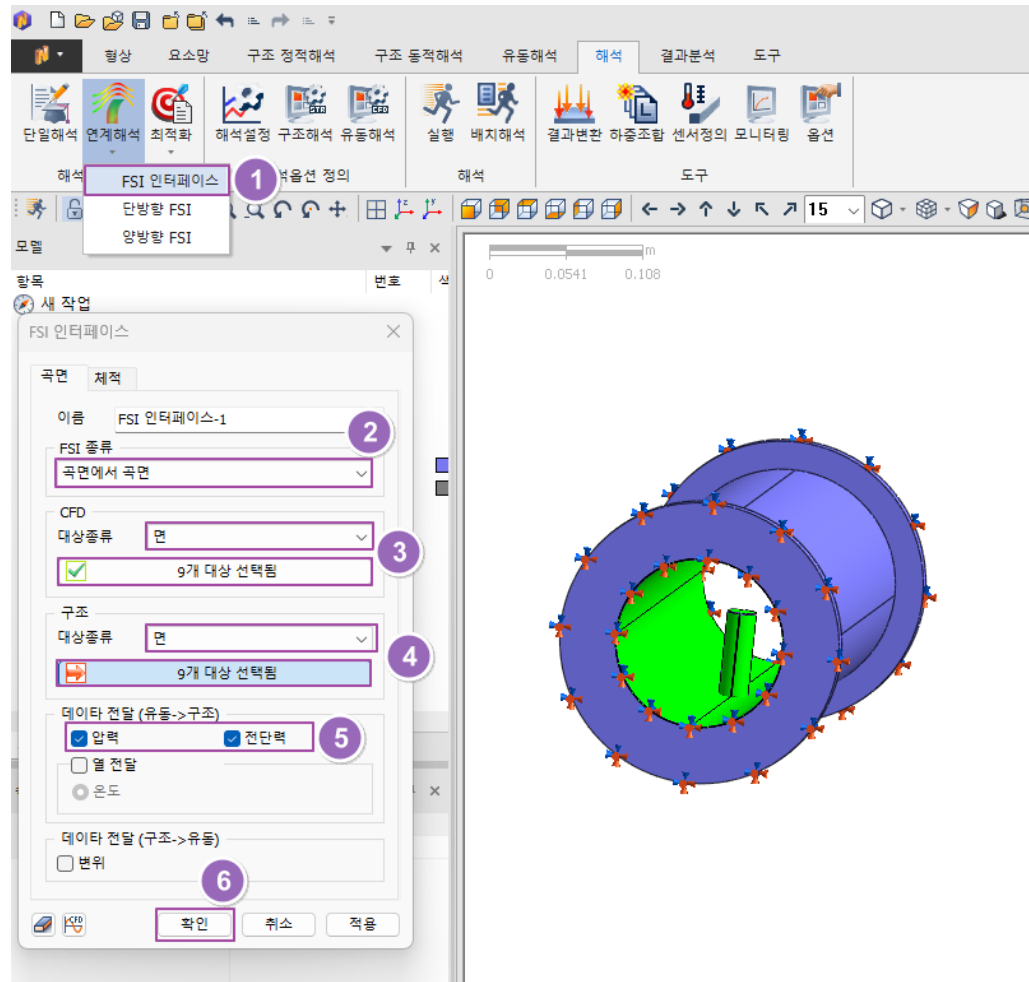
- ① "Pipe"(구조물) 표시
- ② "구조 정적해석" 리본 메뉴 > "구속조건" 클릭
- ③ "면" 선택
- 파이프 양 끝단의 고리모양 면 선택
- ④ "고정구속" 클릭
- ⑤ "확인" 클릭



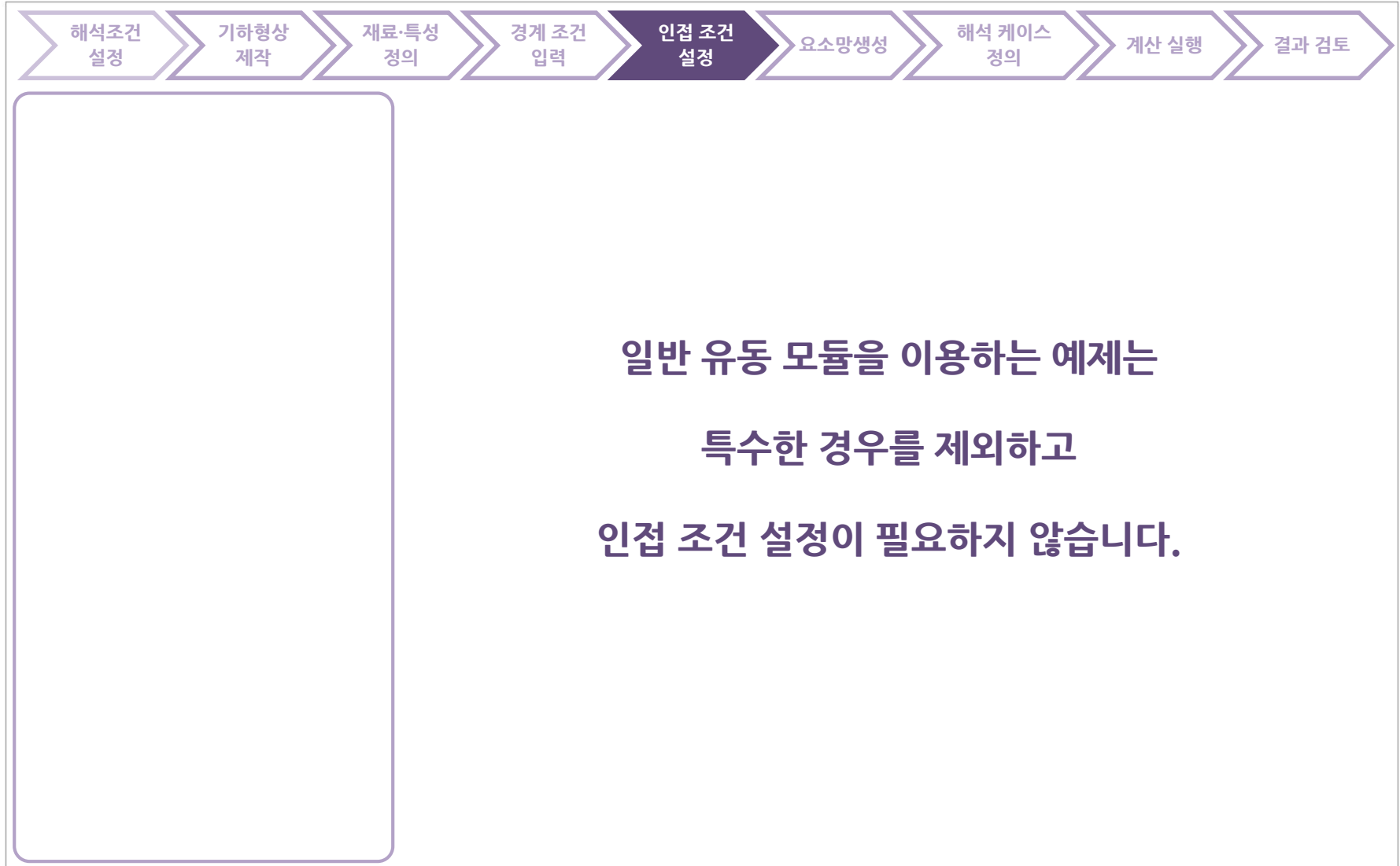
FSI 인터페이스 설정



- ① “해석” 리본 메뉴
 > “연계해석” 버튼 클릭
 > “FSI 인터페이스” 클릭
- ② “곡면에서 곡면” 클릭
- ③ “면” 선택
 - 유동영역의 입구, 출구를 제외한 나머지 면들 선택 (벽면과 동일)
- ④ “면” 선택
 - ③의 면과 접하는 구조물의 면들 선택
- ⑤ “압력”, “전단력” 선택
- ⑥ “확인” 클릭



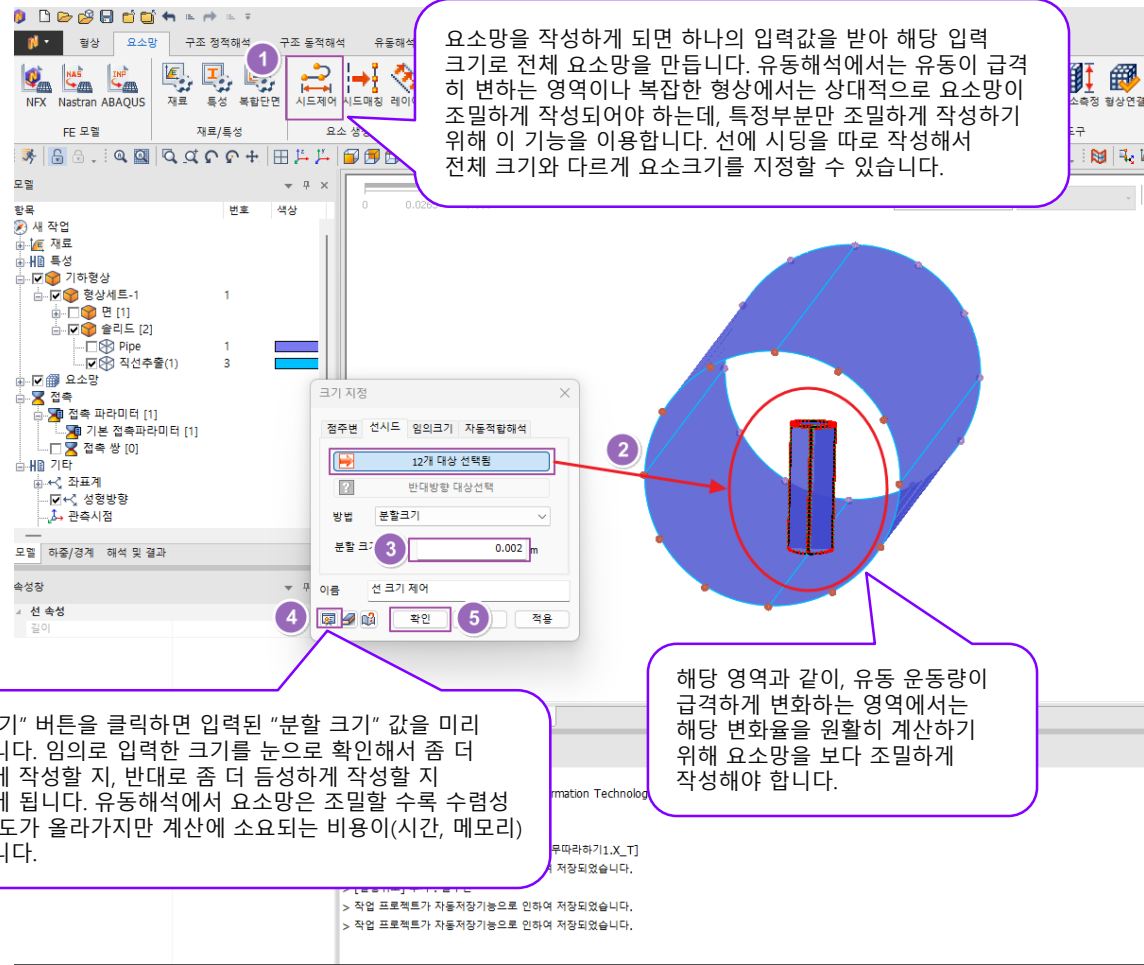
인접 조건 설정 : 필요 없음



요소망 생성 – 작은 형상에 대한 시딩 생성



- ① “요소망” 리본 메뉴 > “시드제어” 버튼 선택
- ② 유체 체적 내 장애물 근처 선분 선택 (유동영역)
- ③ “분할 크기” 입력창 : 0.002 입력
- ④ “미리보기” 버튼 클릭
- ⑤ “확인” 버튼 클릭



요소망을 작성하게 되면 하나의 입력값을 받아 해당 입력 크기로 전체 요소망을 만듭니다. 유동해석에서는 유동이 급격히 변하는 영역이나 복잡한 형상에서는 상대적으로 요소망이 조밀하게 작성되어야 하는데, 특정부분만 조밀하게 작성하기 위해 이 기능을 이용합니다. 선에 시딩을 따로 작성해서 전체 크기와 다르게 요소크기를 지정할 수 있습니다.

“미리보기” 버튼을 클릭하면 입력된 “분할 크기” 값을 미리 보여줍니다. 임의로 입력한 크기를 눈으로 확인해서 좀 더 조밀하게 작성할 지, 반대로 좀 더 듬성하게 작성할 지 판단하게 됩니다. 유동해석에서 요소망은 조밀할 수록 수렴성 및 정확도가 올라가지만 계산에 소요되는 비용(시간, 메모리) 증가합니다.

해당 영역과 같이, 유동 운동량이 급격하게 변화하는 영역에서는 해당 변화율을 원활히 계산하기 위해 요소망을 보다 조밀하게 작성해야 합니다.

요소망 생성



- ① “3D” 버튼 클릭
- ② 대상 선택
- ③ 요소 크기 설정
> “크기” 입력 창
: 0.01 입력
- ④ “특성” 선택 창
: “1:유동영역” 확인
- ⑤ “유동영역” 입력
- ⑥ “확인” 버튼 클릭

계산에 필요한 요소망을 작성합니다.

요소망 생성(슬리드)

요소 크기설정

크기 0.01

특성 1: 유동영역

확인

Copyright (C) SINCE 2007 MIDAS Information Technology Co., Ltd. ALL RIGHTS RESERVED.

> 라이선스가 인증되었습니다.

> 유지보수 기간이 540일 남았습니다.

> 기하형상 불러오기를 완료하였습니다. [실무따라하기1.X_T]

> 작업 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.

> [실행취소] 추가 : 출구단

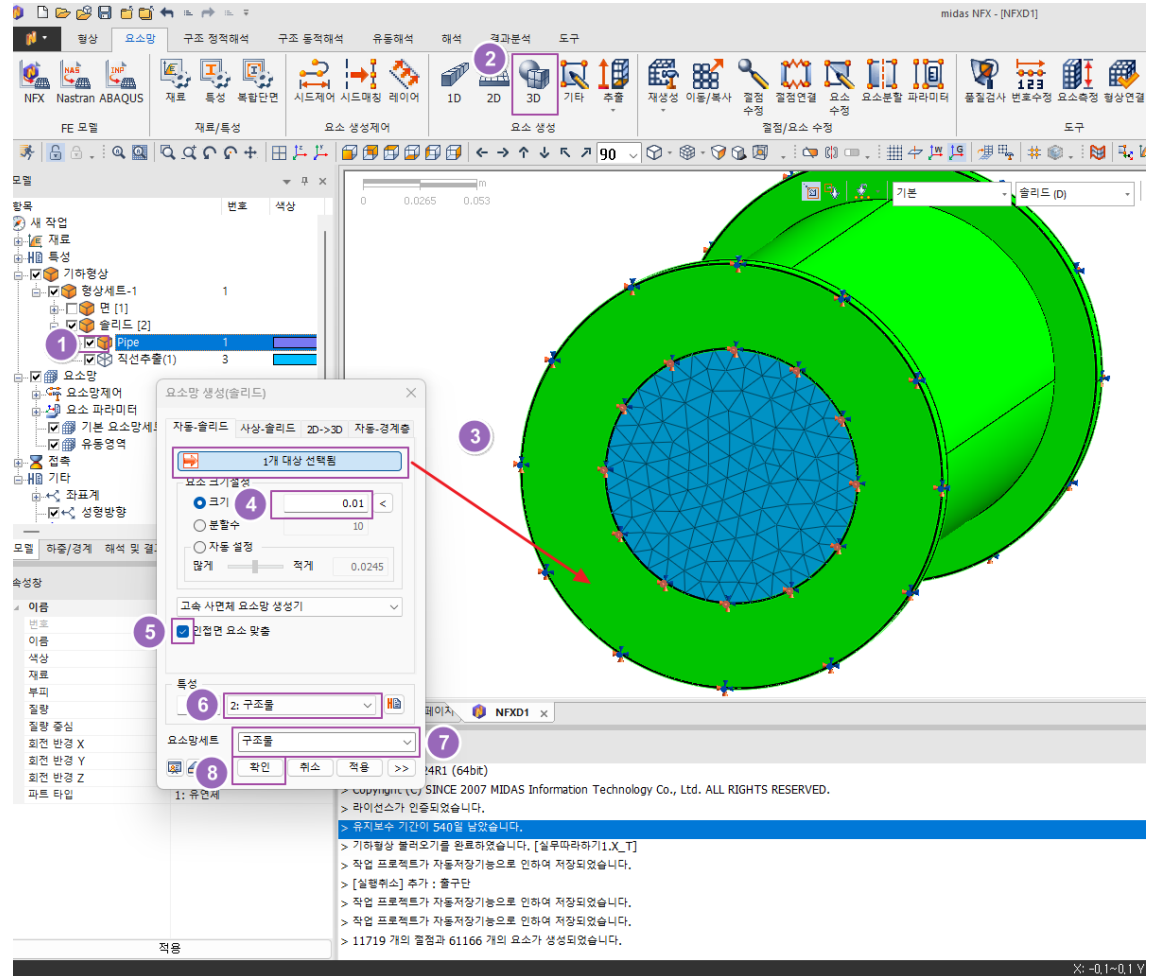
> 작업 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.

> 작업 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.

요소망 생성



- ① “Pipe”(구조물) 표시
- ② “3D” 클릭
- ③ 대상 선택
- ④ 요소 크기 설정
 > “크기” 입력 창
 : 0.01 입력
- ⑤ “인접면 요소 맞춤” 체크
- ⑥ “특성” 선택 창
 : “2:구조물” 확인
- ⑦ “구조물” 입력
- ⑧ “확인” 버튼 클릭



요소망 생성 – 품질 검사



- ① “품질검사” 버튼 클릭
 > “품질” 클릭
- ② 종횡비 체크, 15 확인
- ③ “적용” 버튼 클릭
- ④ “출력창” 에서 최대값을 확인

중횡비는 생성된 요소의 최대길이와 최소길이의 비를 말합니다. 이 비율이 클 경우 수렴성과 정확도에 문제가 발생할 수 있습니다.

종류	기준값	색상
<input checked="" type="checkbox"/> 종횡비	15	Red
<input type="checkbox"/> 기온각	45	Blue
<input type="checkbox"/> 뒤롤림	25	Green
<input type="checkbox"/> 테이퍼	0.25	Yellow
<input type="checkbox"/> 차크버안비	0.7	Orange
<input type="checkbox"/> 비틀림(솔리드)	30	Purple
<input type="checkbox"/> 요소 길이		
<input type="radio"/> 최소	0.0001 m	
<input type="radio"/> 최대	0.1 m	

요소망세트: [선택요소] 보내기

적용 닫기

출력창
 > 기하형상 불러오기를 완료하였습니다. [실무마라하기1.X_T]
 > 작업 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
 > [실행취소] 추가 : 불구단
 > 작업 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
 > 작업 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
 > 11719 개의 결함과 61166 개의 요소가 생성되었습니다.
 > 작업 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
 > 10664 개의 결함과 46830 개의 요소가 생성되었습니다.
 > 요소 품질 결과 :
 > - <종횡비> [선택요소: 0개, 평균값: 1.49, 최소/최대값: 1.01 / 3.48]

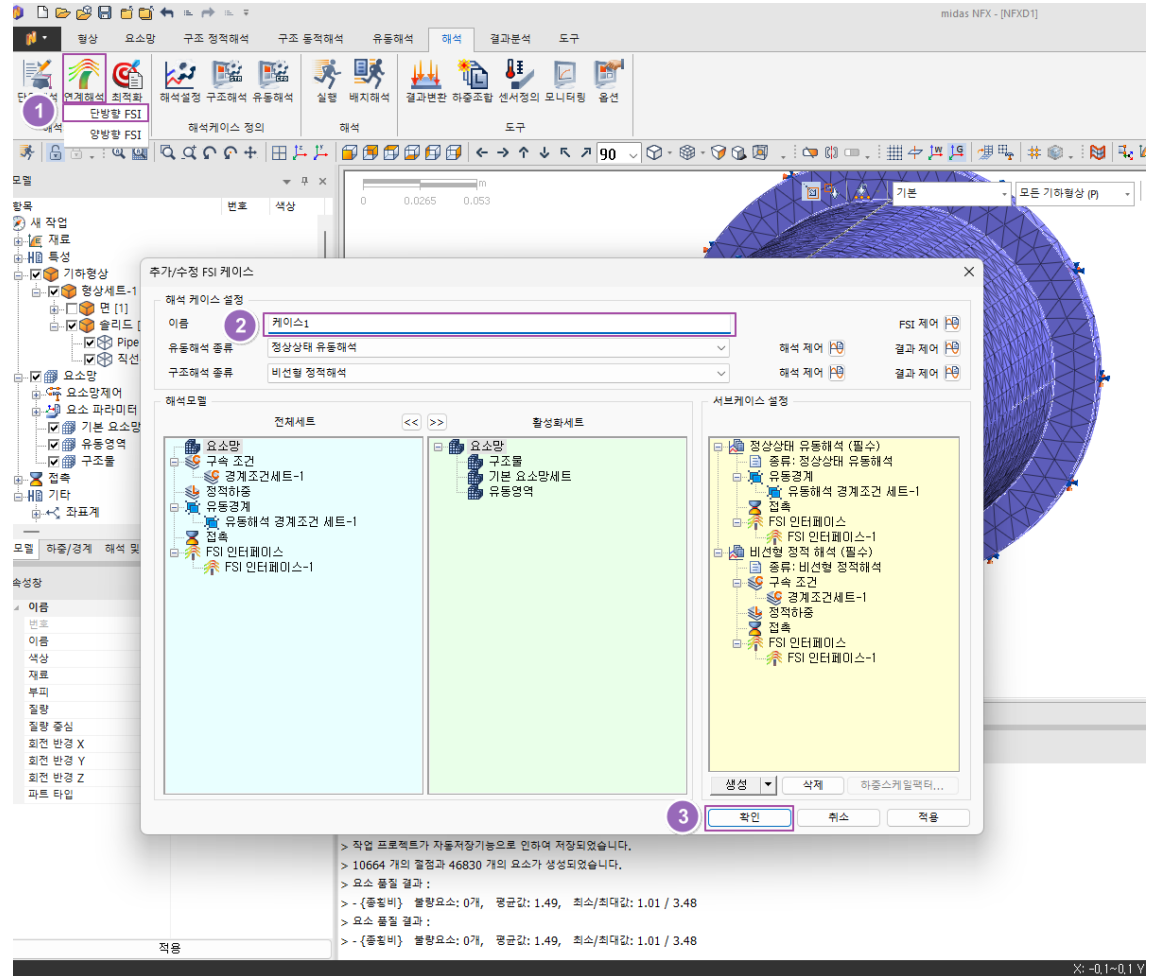
종횡비가 기준값인 “15”을 넘어도 계산 수렴성이 좋고 정확도가 확보 되기도 하지만, 과도하게 큰 경우 (100 이상) 문제가 생길 수 있으므로 기하형상을 수정하거나 요소망을 더 조밀하게 생성하여 종횡비를 낮추는 것이 좋습니다.

해석케이스 정의



- ① “연계해석” 클릭-단방향 FSI 선택
- ② “케이스1” 입력
- ③ “확인” 클릭

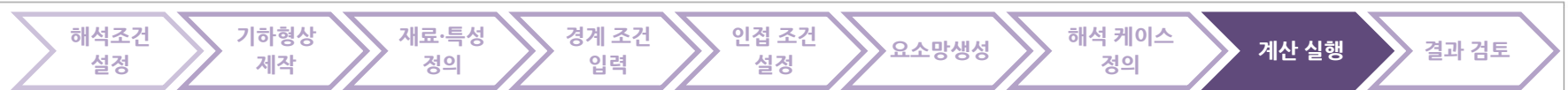
※ 유동해석이나 구조해석의 해석 제어 설정은 일반적인 경우에 두루 쓰일 수 있도록 되어있습니다. 실무따라하기 1 예제는 단순한 문제라 midas NFX의 기본 설정으로도 해석할 수 있습니다만, 일반적인 경우 “해석 제어”에서 계산의 설정을 변경해야 합니다.



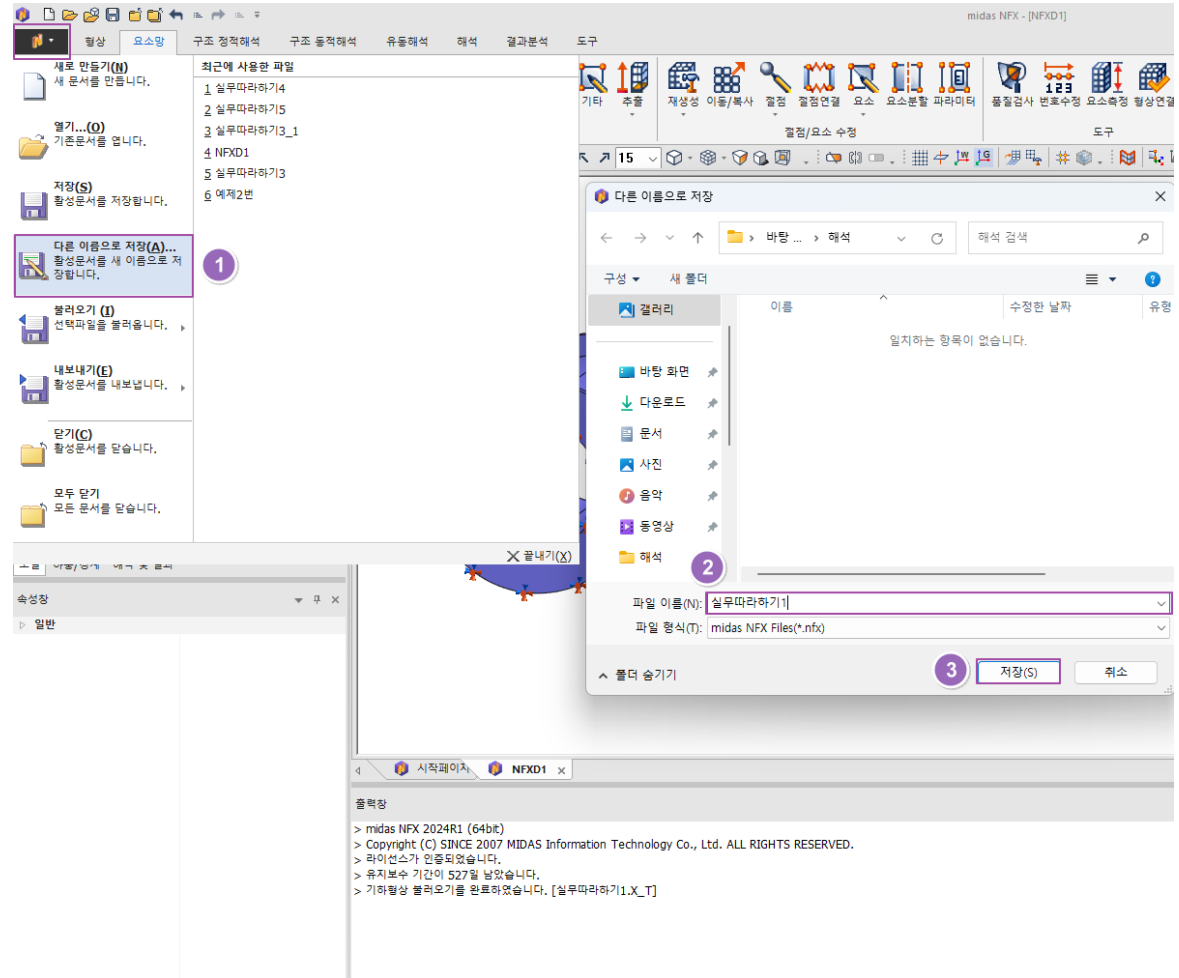
> 작업 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
 > 10664 개의 절점과 46830 개의 요소가 생성되었습니다.
 > 요소 품질 결과 :
 > - {품질비} 불량요소: 0개, 평균값: 1.49, 최소/최대값: 1.01 / 3.48
 > 요소 품질 결과 :
 > - {품질비} 불량요소: 0개, 평균값: 1.49, 최소/최대값: 1.01 / 3.48

X: -0.1~0.1 Y

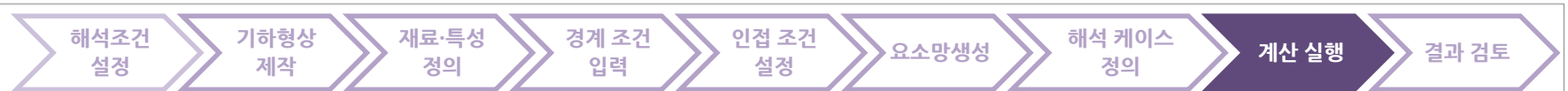
계산 실행 – 파일 저장



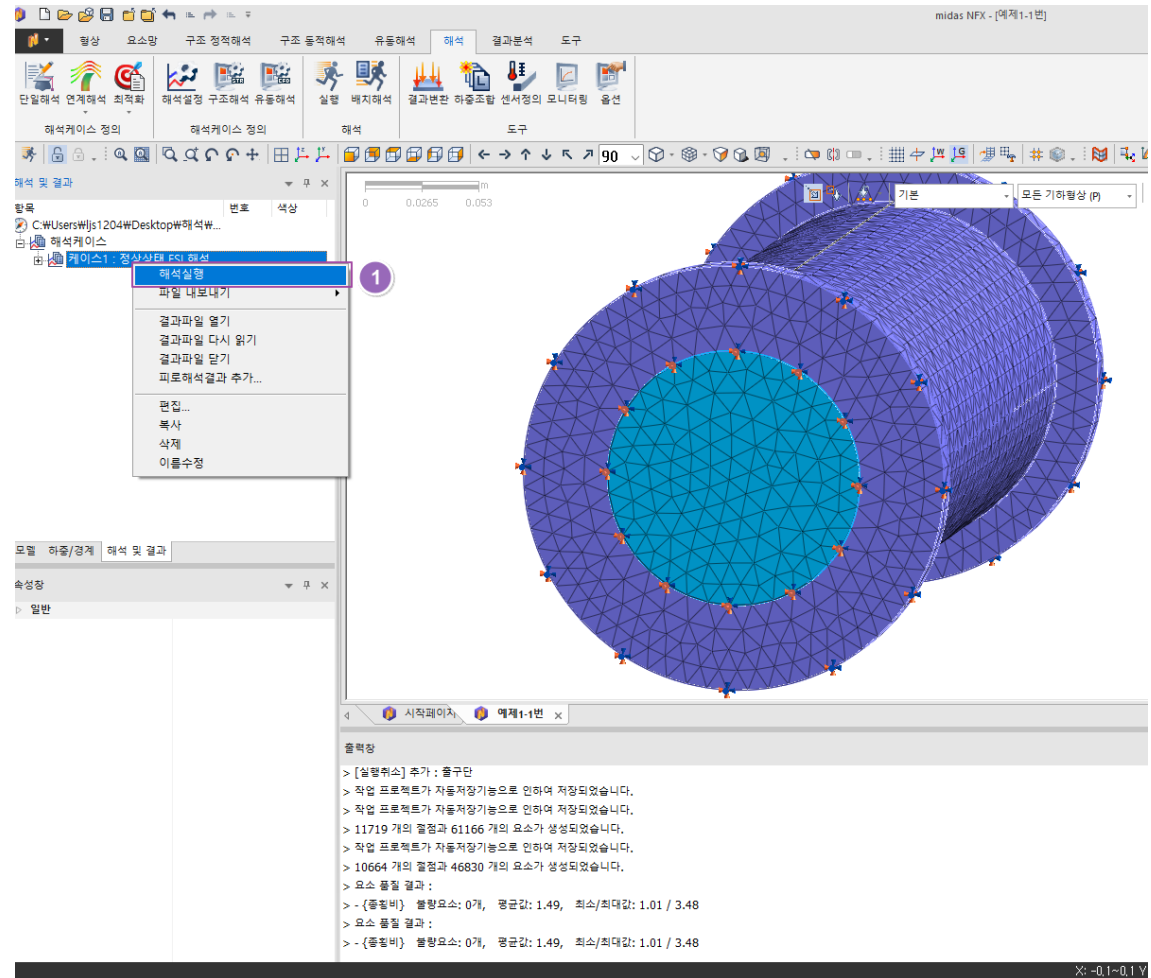
- ① “메인 메뉴” 버튼 클릭
 > “다른 이름으로 저장” 버튼 클릭
- ② “파일 이름” 입력창
 : “실무따라하기1.nfx”
- ③ “저장” 버튼 클릭



계산 실행 – 해석케이스 계산 실행



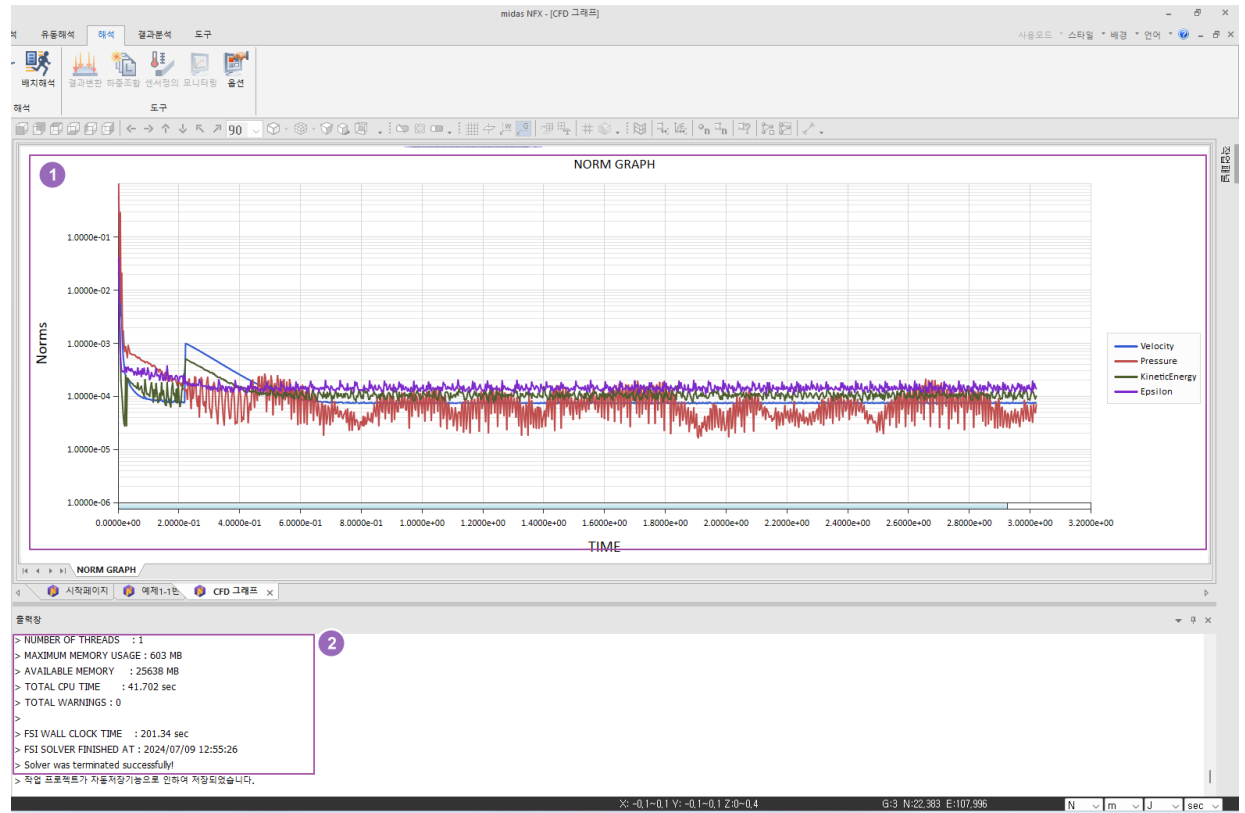
- ① “해석 및 결과” 창
- > 해석케이스
- > “케이스1”
- : 마우스 오른쪽 버튼 클릭
- > “해석실행” 클릭



결과 확인



- ① NORM GRAPH 수렴 확인
- ② 해석 시간 및 완료 메시지 확인

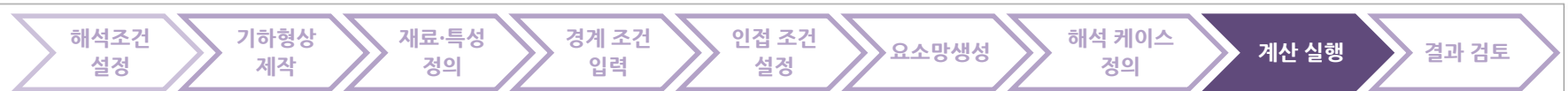


결과 확인 - 유동해석



- ① “모델”에서 요소망 “유동영역”만 보이도록 표시
- ② “해석 및 결과”에서 “정상상태 유동해석” 마지막 스텝의 “총 속도” 더블클릭
- ③ “절단모델 보이기” 클릭
- ④ “추가” 클릭
- ⑤ “닫기” 클릭

결과 확인 - 유동해석



- ① “컨투어”를 클릭해 선택 해제
- ② “벡터” 클릭 > “절단면 벡터” 클릭
- ③ “추가” 클릭
- ④ “닫기” 클릭
- ⑤ “닫기” 클릭

FLUID FLOW
VEL. XYZ, m/sec

2.8%	+1.43463e+00
6.2%	+1.31562e+00
27.6%	+1.19661e+00
36.1%	+1.07759e+00
11.4%	+9.58578e-01
3.9%	+8.39564e-01
2.7%	+7.20550e-01
2.1%	+6.01536e-01
1.9%	+4.82522e-01
1.4%	+3.63508e-01
2.3%	+2.44494e-01
1.4%	+1.25480e-01
	+6.46652e-03

절단면 & 클리핑 정의

이름: 평면1

평면방향: X Y Z

거리: 0 m

절단면 라도: 위지 절단면 키투어 전체 모델 벡터 절단면 벡터 투명 균등보기 (솔리드)

라도: 360 [deg]

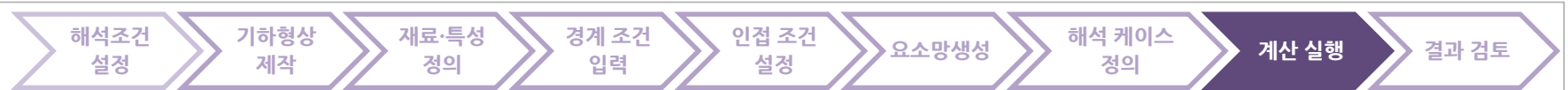
반대방향: 추가 닫기

적용 닫기

> solver was terminated successfully!
> 작업 프로세스가 자동저장기 문제로 인하여 저장되었습니다.

X: -0.1~0.1 Y

결과 확인 - 구조해석



- ① “모델”에서 요소망 “구조물”만 보이도록 표시
- ② “컨투어” 선택
- ③ “벡터”에서 “벡터 없음” 클릭
- ④ “해석 및 결과”에서 “비선형 정적 해석” 마지막 스텝 “전체 변위” 더블클릭
- ⑤ “절단면 보이기”가 선택되어 있는지 확인
- ⑥ “자동스케일” 또는 “실제스케일”을 선택

midas NFX - [예제1-1번]

상황 요소망 구조 정적해석 구조 동적해석 유동해석 해석 결과분석 도구

1 2 3 4 5 6

결과 및 데이터

결과 태그 사용자정의 수식 2D 반력합계 근사모델링 유체해석 레전드 절점평균 최대/최소 모든 요소 컨투어선 요소중앙결과 보고서 최적설계결과 특수표처리 보이기/감추기 도구

벡터 없음

절단면 벡터

목록 번호 색상

- 솔리드요소 von-M.
- INCR=15 (LOAD=0.7... 전체 변위
- 솔리드요소 von-M.
- INCR=16 (LOAD=0.8... 전체 변위
- 솔리드요소 von-M.
- INCR=17 (LOAD=0.8... 전체 변위
- 솔리드요소 von-M.
- INCR=18 (LOAD=0.9... 전체 변위
- 솔리드요소 von-M.
- INCR=19 (LOAD=0.9... 전체 변위
- 솔리드요소 von-M.
- INCR=20 (LOAD=1.0... 전체 변위

모델 하중/경계 해석 및 결과

속도

- 요소망
- 요소망제어
- 요소 파라미터
- 기본 요소망세트 1
- 유동영역 2
- 구조물 3

컨투어선

보이기 False

선색 FFFFFFFF

선두께 1

적용

0 0.0325 0.065

90

응용 (O)

NODAL DISP TOTAL, m

- 2.3% +2.19048e-06
- 2.4% +2.00794e-06
- 2.2% +1.82540e-06
- 2.2% +1.64286e-06
- 2.3% +1.46032e-06
- 2.4% +1.27778e-06
- 2.2% +1.09524e-06
- 2.3% +9.12698e-07
- 2.3% +7.30159e-07
- 2.4% +5.47619e-07
- 2.8% +3.65079e-07
- 3.5% +1.82540e-07
- 73.2% +0.00000e+00

[DATA] 케이스1, 비선형 정적 해석 (할수), INCR=20 (LOAD=1.000), [UNIT] N, m

레벨 3 (보통)

시작페이지, 예제 1-1번 x, CFD 그래픽

출력창

```

> NUMBER OF THREADS : 1
> MAXIMUM MEMORY USAGE : 603 MB
> AVAILABLE MEMORY : 25638 MB
> TOTAL CPU TIME : 41.702 sec
> TOTAL WARNINGS : 0
>
> FSI WALL CLOCK TIME : 201.34 sec
> FSI SOLVER FINISHED AT : 2024/07/09 12:55:26
> Solver was terminated successfully!
> 작업 프로세스가 자동정지가능으로 인하여 정지되었습니다.
    
```

X: -0.1-0.1 Y

결과 확인 - 구조해석



① “해석 및 결과”에서 “비선형 정적 해석” 마지막 스텝의 “솔리드요소 von-Mises 응력” 더블클릭

midas NFX - [예제 1-1 번]

항목

- INCR=15 (LOAD=0.750)
 - 전체 변위
 - 솔리드요소 von-Mises 응력
- INCR=16 (LOAD=0.800)
 - 전체 변위
 - 솔리드요소 von-Mises 응력
- INCR=17 (LOAD=0.850)
 - 전체 변위
 - 솔리드요소 von-Mises 응력
- INCR=18 (LOAD=0.900)
 - 전체 변위
 - 솔리드요소 von-Mises 응력
- INCR=19 (LOAD=0.950)
 - 전체 변위
 - 솔리드요소 von-Mises 응력
- INCR=20 (LOAD=1.000)
 - 전체 변위
 - 솔리드요소 von-Mises 응력

출력창

```

> NUMBER OF THREADS : 1
> MAXIMUM MEMORY USAGE : 603 MB
> AVAILABLE MEMORY : 25638 MB
> TOTAL CPU TIME : 41.702 sec
> TOTAL WARNINGS : 0
>
> FSI WALL CLOCK TIME : 201.34 sec
> FSI SOLVER FINISHED AT : 2024/07/09 12:55:26
> Solver was terminated successfully!
> 작업 프로세스가 자동정지기능으로 인하여 정지되었습니다.
    
```

Ready X: -0.1 ~ 0.1 Y

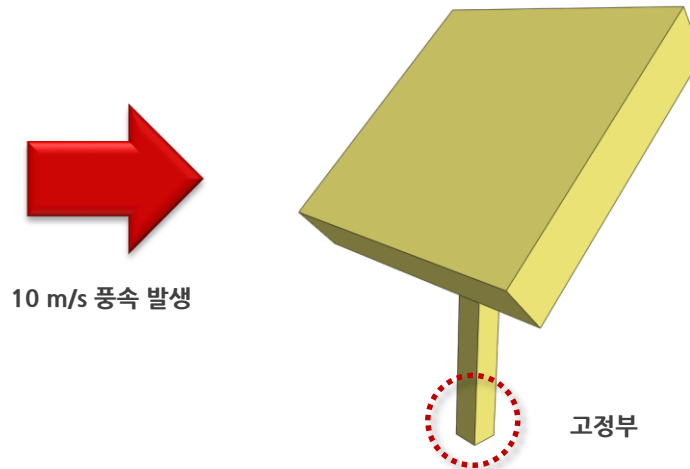
실무 따라하기

외부 유동 해석 기본 예제

★ 본 예제는 반드시 “내부 유동 해석 기본 예제” 선행 학습이 필요합니다.

Contents

문제 설명 및 해석 목적



문제 설명

- ✓ 태양전지판 형태
- ✓ 바닥에 태양전지판 고정
- ✓ 전면부에서 10m/s 풍속 발생

해석 목적

- ✓ 기계 시스템 외부에 흐르는 유체 특성 파악

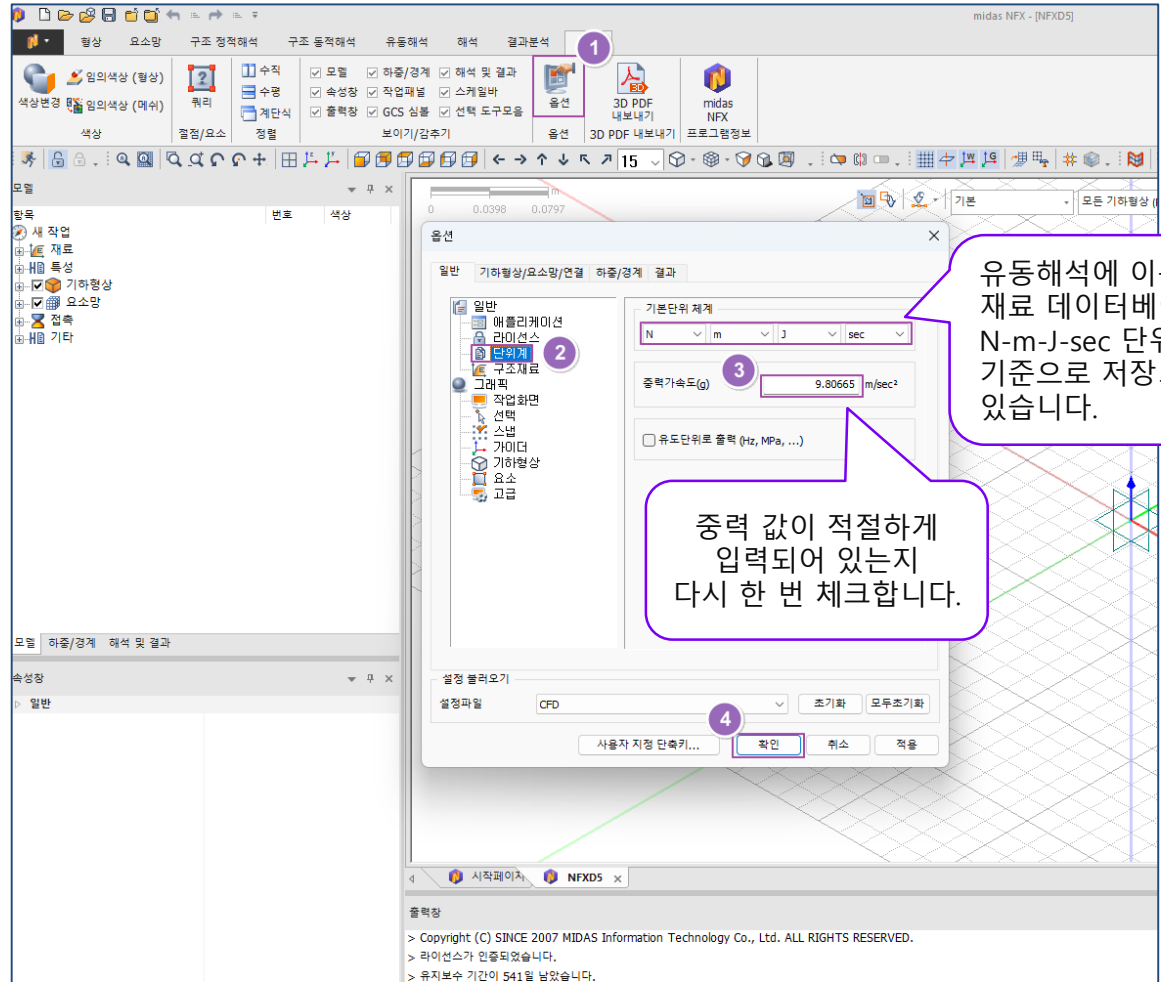
학습 주요 아이템

- ✓ 외기 조건 입력 방법
- ✓ 정상상태 해석 수행 방법

단위계 옵션 확인



- ① 리본 메뉴 “도구” > 옵션 버튼 선택
- ② 옵션 창 > “일반” 탭 > “단위계” 트리 > “기본단위 체계” 콤보박스 : “N-m-J-sec” 확인
- ③ “중력가속도” 입력 창 : “9.8” 확인
- ④ “적용” 버튼 클릭



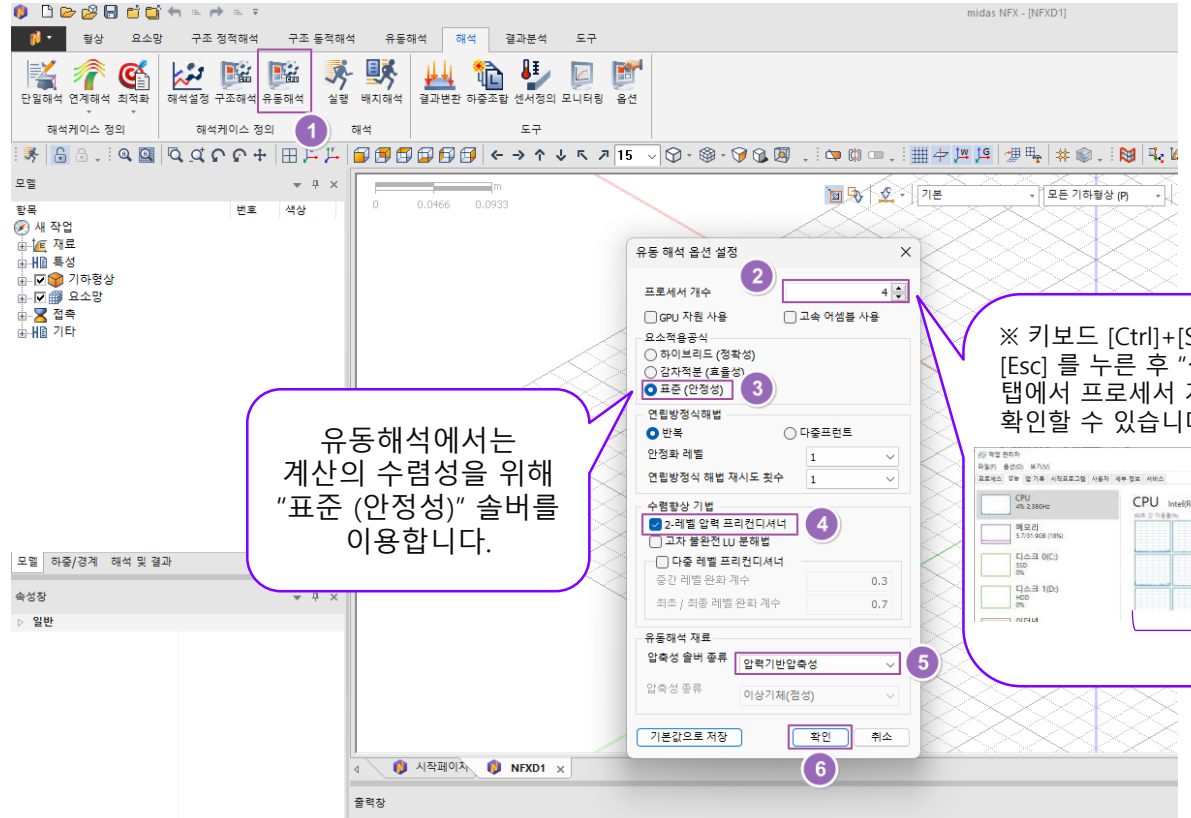
유동해석에 이용되는 재료 데이터베이스는 N-m-J-sec 단위를 기준으로 저장되어 있습니다.

중력 값이 적절하게 입력되어 있는지 다시 한 번 체크합니다.

프로세서 개수 선택 및 솔버 선택



- ① 리본 메뉴 “해석” > 옵션 버튼 선택
- ② “프로세서 개수” 입력창 : 계산에 동원할 CPU 개수를 입력
- ③ “요소적용공식” 그룹박스 > “표준(안정성)” 라디오버튼 선택
- ④ “2-레벨 압력 프리컨디셔너” 클릭
- ⑤ “압축성 솔버 종류” 그룹박스 > “압력기반압축성” 선택
- ⑥ “확인” 버튼 클릭



유동해석에서는 계산의 수렴성을 위해 “표준 (안정성)” 솔버를 이용합니다.

※ 키보드 [Ctrl]+[Shift]+[Esc] 를 누른 후 “성능” 탭에서 프로세서 개수를 확인할 수 있습니다.

새로 만들기

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

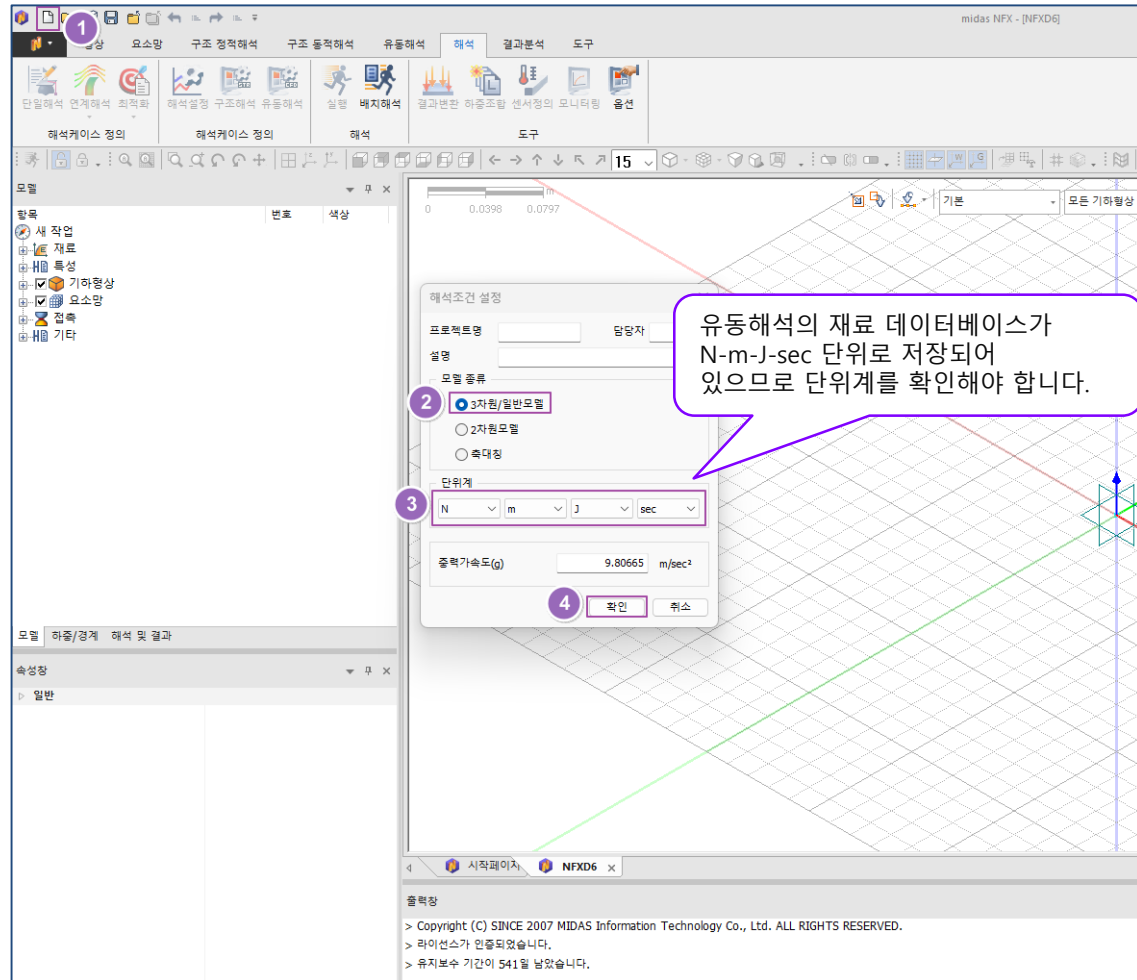
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “새로만들기” 버튼 클릭
- ② “3차원/일반모델” 라디오버튼 클릭
- ③ “단위계” 그룹박스 내 : N-m-J-sec 설정
- ④ “확인” 버튼 클릭



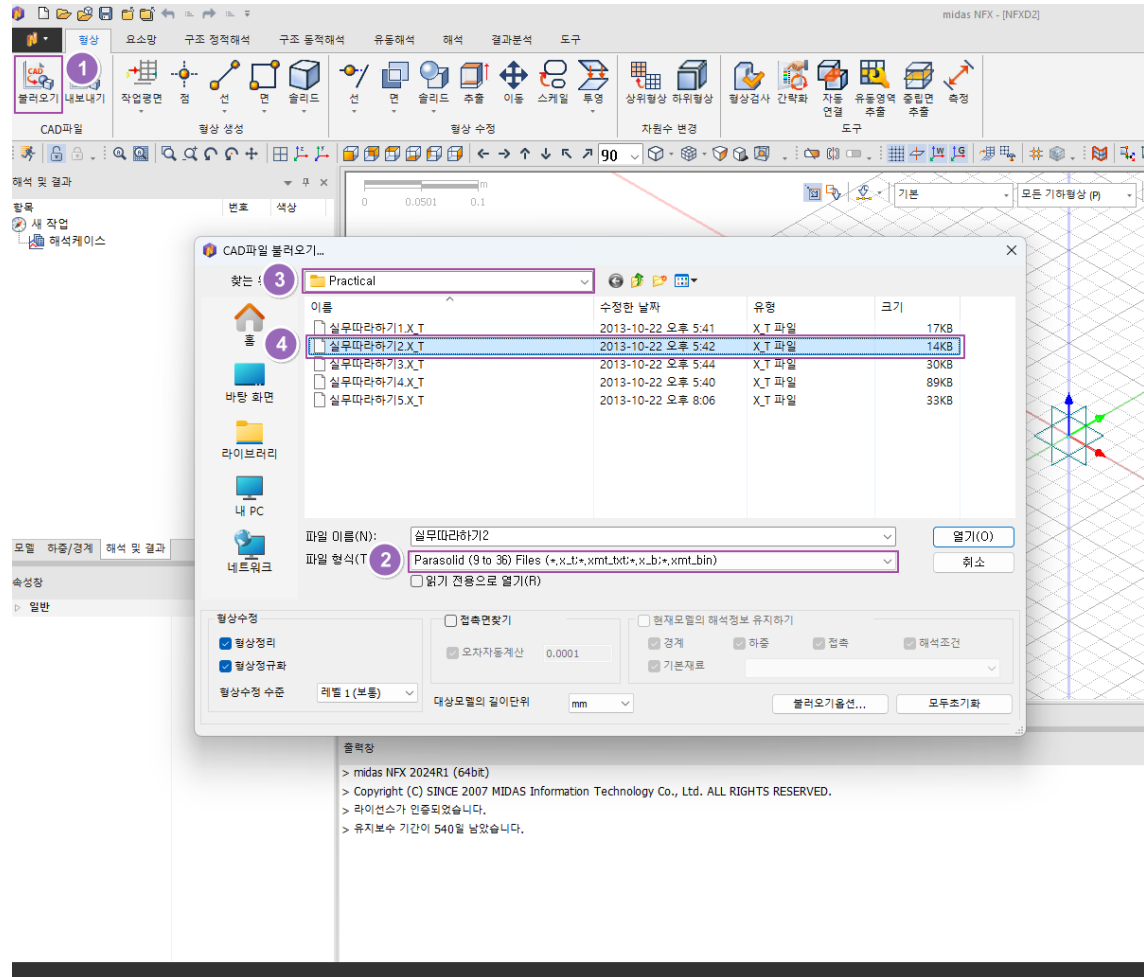
기하형상 불러오기



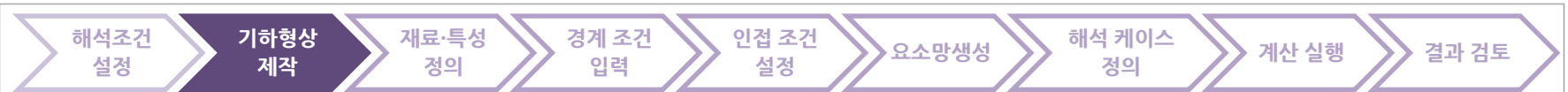
- ① “형상” 리본메뉴
 > “불러오기” 버튼 클릭
- ② “파일 형식” 콤보박스
 > “Parasolid..” 선택
- ③ CAD 파일이 있는 폴더로 이동
- ④ “실무따라하기2.X_T”
 더블 클릭

※예제 파일 위치:

C:\ Program Files\ midas
 NFX\ Manual\ Tutorial\ mid
 as NFX CFD\ Practical



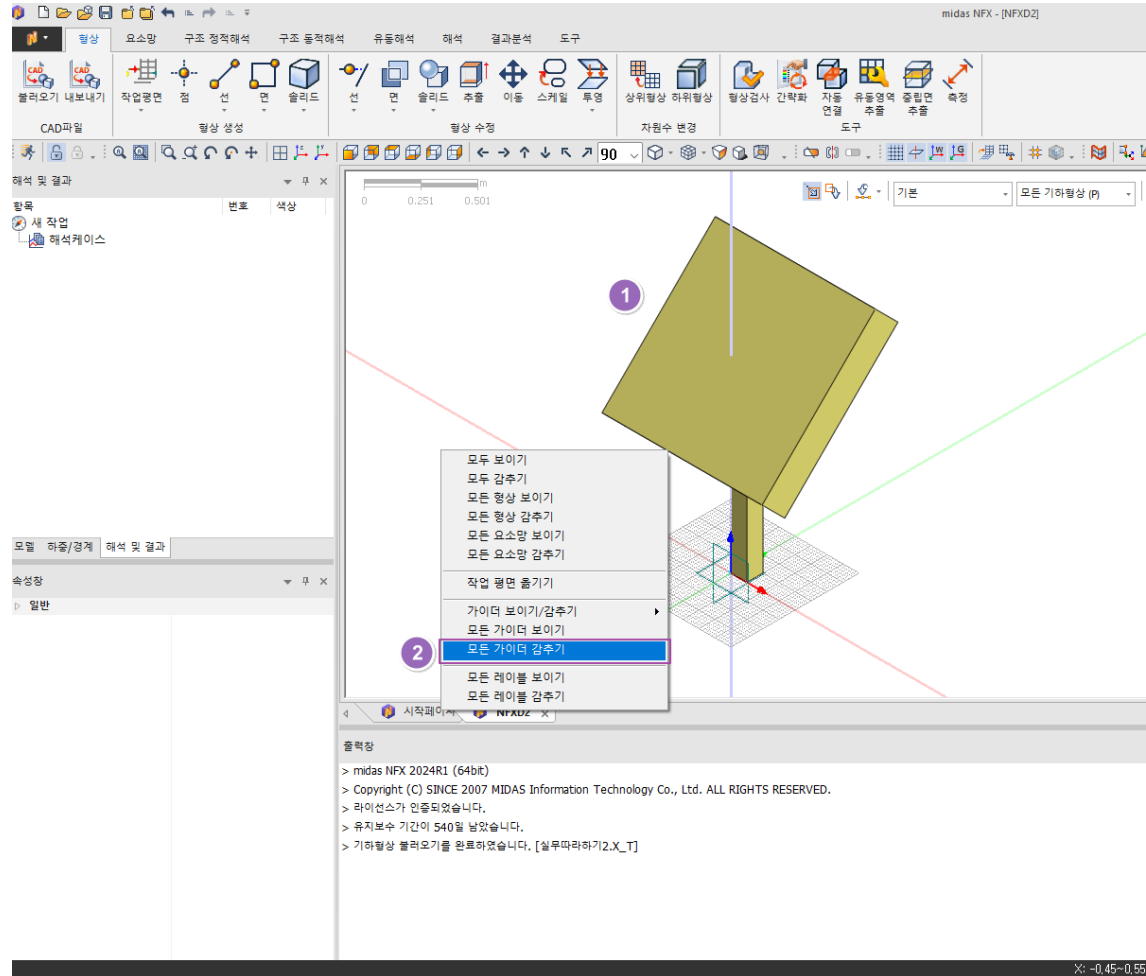
기하형상 불러오기



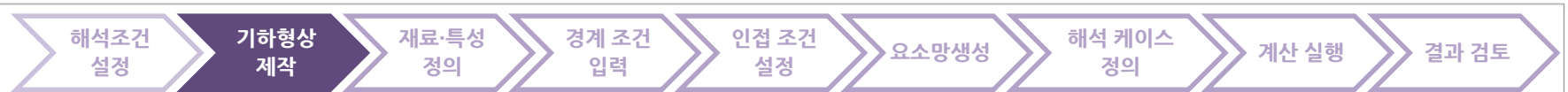
① 기하형상 확인

※ 키보드 마우스 조작을 통해 기하형상을 자세히 관찰합니다.

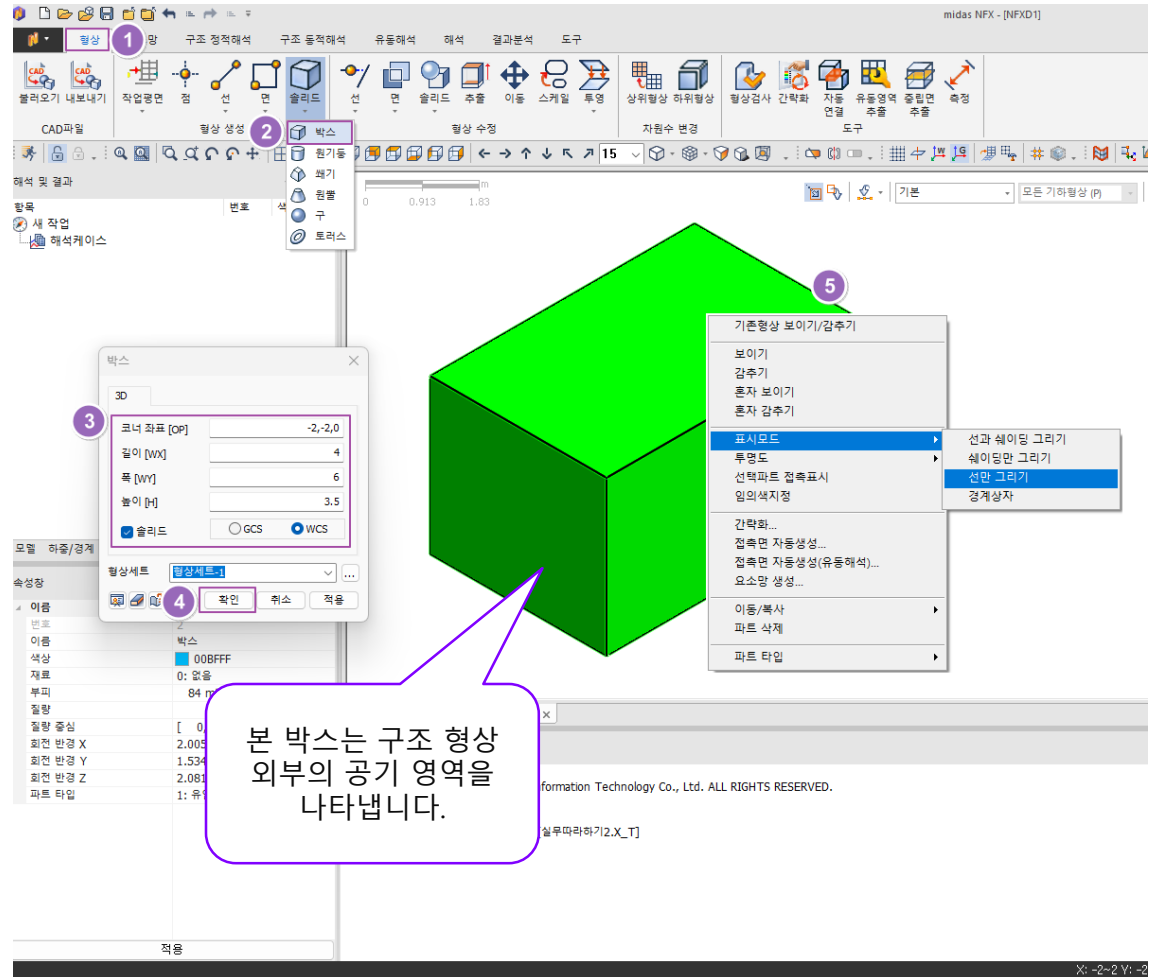
② 마우스 오른쪽 버튼 클릭 > “모든 가이드더 감추기” 클릭



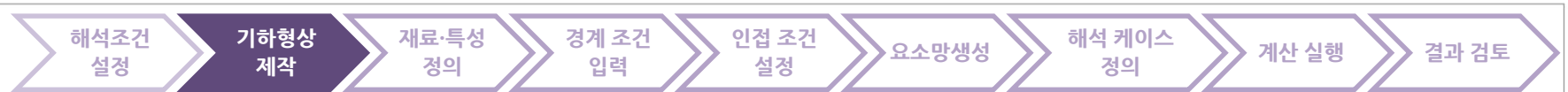
유체 체적 만들기 - 외부 체적 박스 만들기



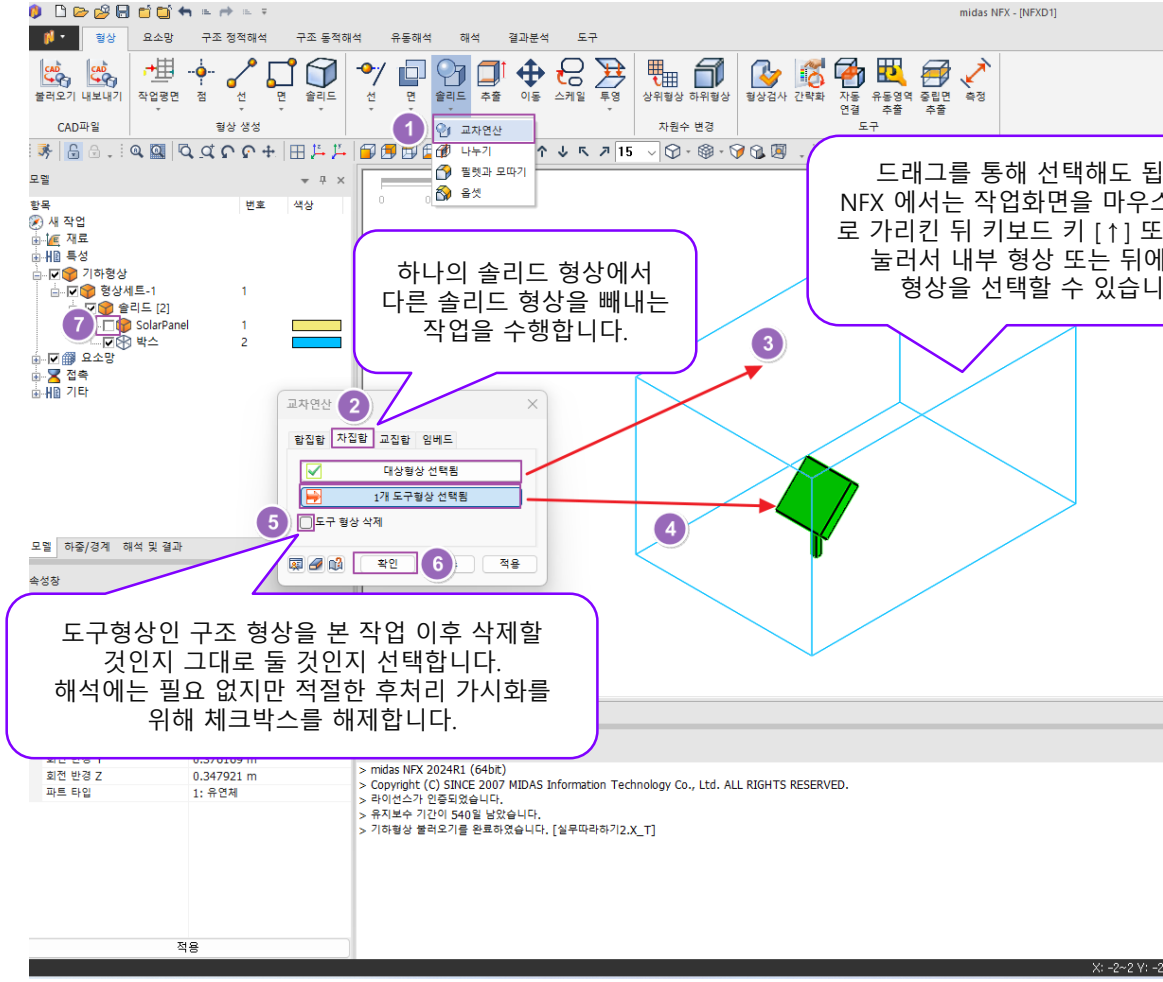
- ① “형상” 리본 메뉴 선택
- ② “박스” 버튼 선택
- ③ GCS 선택
 “코너 좌표 [OP]” 입력창
 : “-2, -2, 0” 입력
 > “길이 [WX]” 입력창
 : “4” 입력
 > “폭 [WY]” 입력창
 : “6” 입력
 > “높이 [H]” 입력창
 : “3.5” 입력
- ④ “확인” 버튼 클릭
- ⑤ 생성된 박스 클릭
 > 마우스 오른쪽 버튼 클릭
 > “표시모드” 선택
 > “선만 그리기” 선택



유체 체적 만들기 - 외부 체적 박스 만들기



- ① “솔리드” 버튼 클릭
> “교차연산” 클릭
- ② “차집합” 탭 선택
- ③ 박스 클릭
 (“대상형상 선택됨” 확인)
- ④ 구조 형상 클릭
 (“1개 도구형상 선택됨” 확인)
- ⑤ “도구 형상 삭제” 체크박스 : Off
- ⑥ “확인” 버튼 클릭
- ⑦ “모델” 트리메뉴
> “SolarPanel” 구조 형상 비활성화



하나의 솔리드 형상에서 다른 솔리드 형상을 빼내는 작업을 수행합니다.

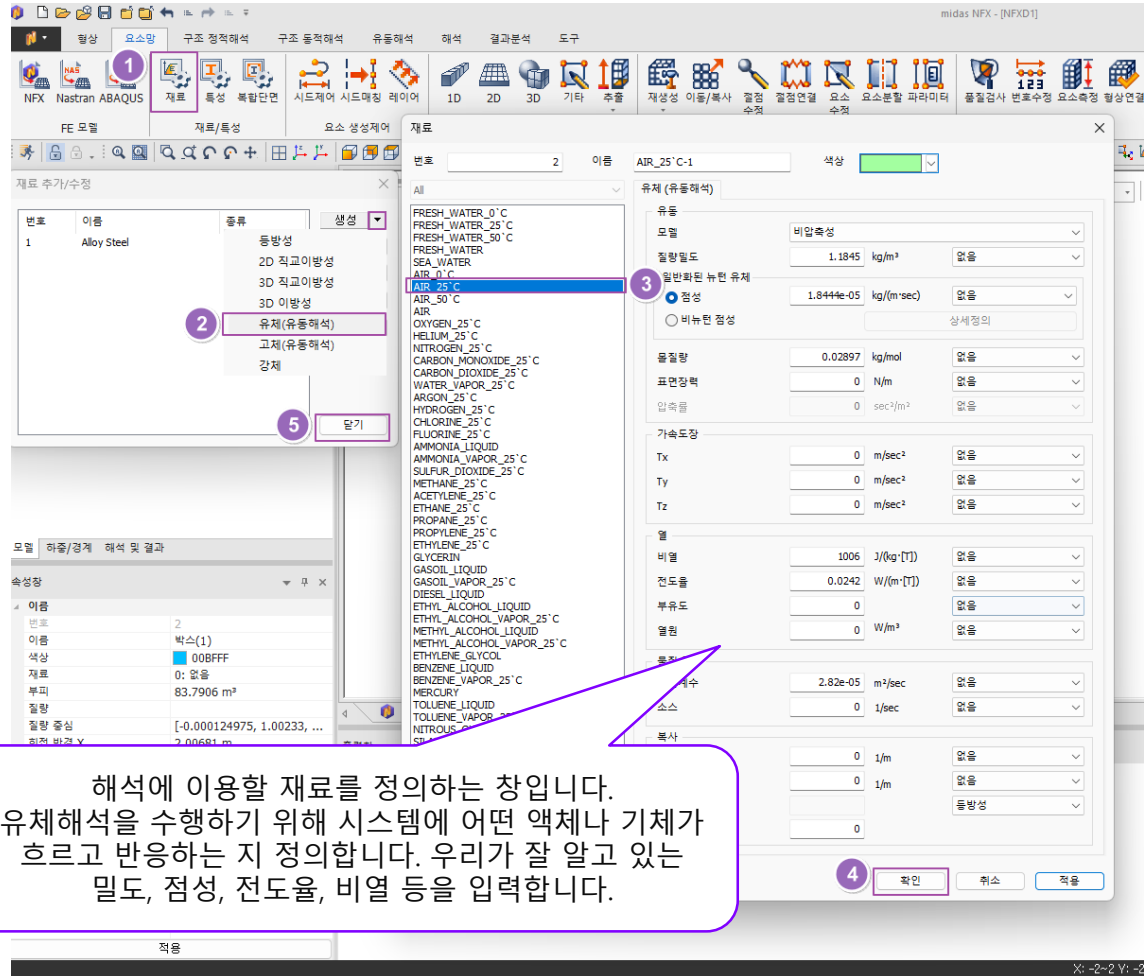
드래그를 통해 선택해도 됩니다. NFX 에서는 작업화면을 마우스 화살표로 가리킨 뒤 키보드 키 [↑] 또는 [↓]를 눌러서 내부 형상 또는 뒤에 있는 형상을 선택할 수 있습니다.

도구형상인 구조 형상을 본 작업 이후 삭제할 것인지 그대로 둘 것인지 선택합니다. 해석에는 필요 없지만 적절한 후처리 가시화를 위해 체크박스를 해제합니다.

유체 재료 정의하기

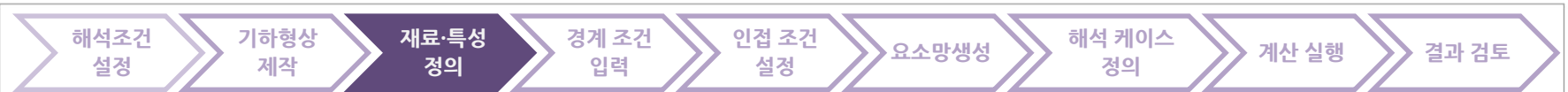


- ① “요소망” 리본 메뉴 클릭
 > “재료” 버튼 클릭
- ② “재료 추가/수정” 창
 > “생성” 옆 화살표 버튼 클릭
 > “유체(유동해석)” 선택
- ③ 재료 데이터베이스
 > “AIR_25°C” 선택
- ④ “확인” 버튼 클릭
- ⑤ “닫기” 버튼 클릭

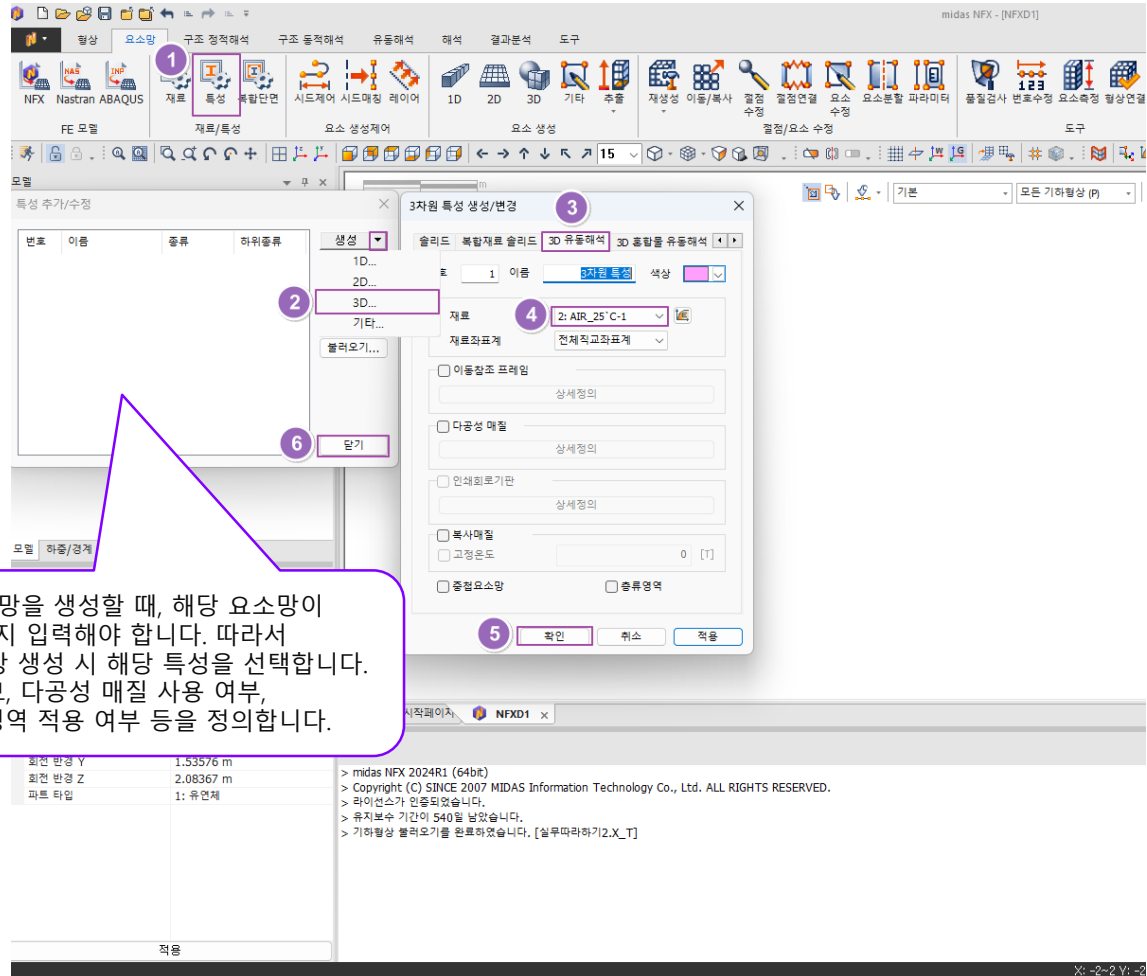


해석에 이용할 재료를 정의하는 창입니다. 유체해석을 수행하기 위해 시스템에 어떤 액체나 기체가 흐르고 반응하는 지 정의합니다. 우리가 잘 알고 있는 밀도, 점성, 전도율, 비열 등을 입력합니다.

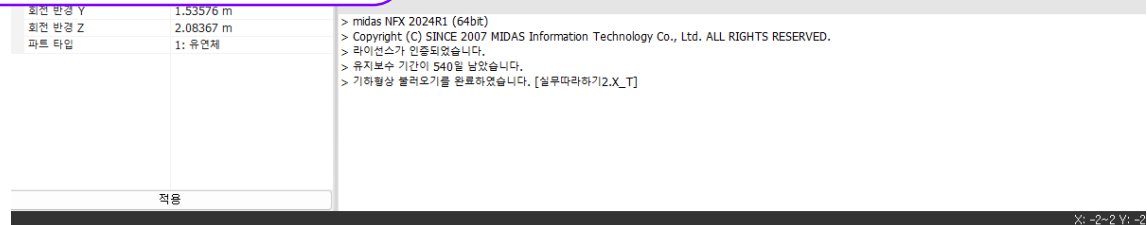
특성 정의하기



- ① “특성” 버튼 클릭
- ② “특성 추가/수정” 창
> “생성” 옆 화살표 버튼 클릭
> “3D...” 버튼 클릭
- ③ “3D 유동해석” 탭 선택
- ④ 재료 선택 창
: “2: AIR_25°C”
선택
- ⑤ “확인” 버튼 클릭
- ⑥ “닫기” 버튼 클릭



유동해석에 필요한 요소망을 생성할 때, 해당 요소망이 어떤 성질을 가지는 지 입력해야 합니다. 따라서 특성을 정의하고 이후 요소망 생성 시 해당 특성을 선택합니다. 특성에는 재료 정보, 다공성 매질 사용 여부, MRF (다중참조프레임) 영역 적용 여부 등을 정의합니다.



유체 유입 조건 설정 : 입구단



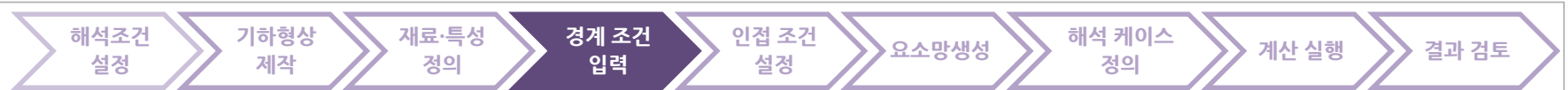
- ① “입구단” 버튼 클릭
- ② “대상형상” > “종류” 선택 창 > “면” 선택
- ③ 구조 형상을 차집합한 박스의 전면부를 선택
- ④ “속도” > “V” : “10” 입력
- ⑤ “CFD 경계세트” 입력 창 > “입구단” 입력
- ⑥ “확인” 버튼 클릭

NFX CFD 에서는 경계조건을 요소망 및 기하형상 모두에 줄 수 있습니다. 입구단 경계조건인 경우 요소망의 "2D 요소면" 또는 기하형상의 "면"에 줄 수 있습니다. 여기에서는 기하형상 입력 방법을 보여주고 있습니다.

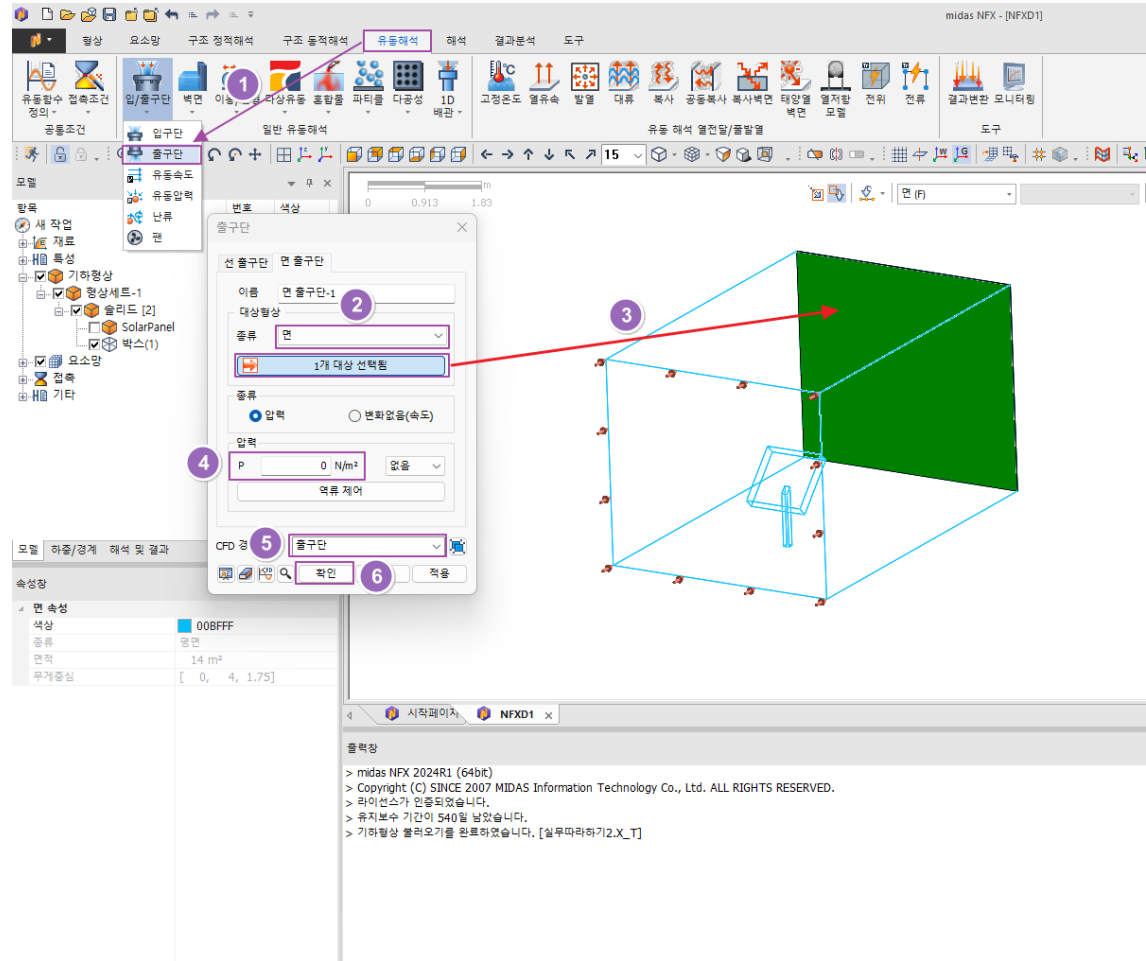
태양전지판 전면부에서 10m/s의 바람이 불어 오는 조건입니다.

CFD 경계세트의 이름은 해석에 큰 영향은 주지 않지만, 여러 개의 해석케이스를 만들고 조건을 변경하며 유동해석을 수행할 때는 쉽게 입력 조건을 변경할 수 있도록 이름을 구분해야 합니다.

유체 유출 조건 설정 : 출구단



- ① “출구단” 버튼 클릭
- ② “대상형상” > “종류” 선택 창 > “면” 선택
- ③ 구조 형상 후면 선택
- ④ “압력” > “값” : “0” 입력
- ⑤ “CFD 경계세트” 입력 창 > “출구단” 입력
- ⑥ “확인” 버튼 클릭



실제 구조 형상과 접하는 벽면 조건 설정



- ① “벽면” 버튼 클릭
- ② “대상형상” > “종류” 선택 창 > “면” 선택
- ③ 구조 형상 추출 부분 및 바닥면 선택

주의 : 총 11 개가 선택되는 지 확인 필요
- ④ 벽면 > 벽면종류 선택 창 : “무차원벽면거리” 확인
- ⑤ “CFD 경계세트” 입력창 : “벽면” 입력
- ⑥ “확인” 버튼 클릭

유동해석은 고체 대신 유체 체적만을 계산하기 때문에 고체에 접해있는 유체에 대한 벽면과 바닥 부분을 설정해야 합니다.

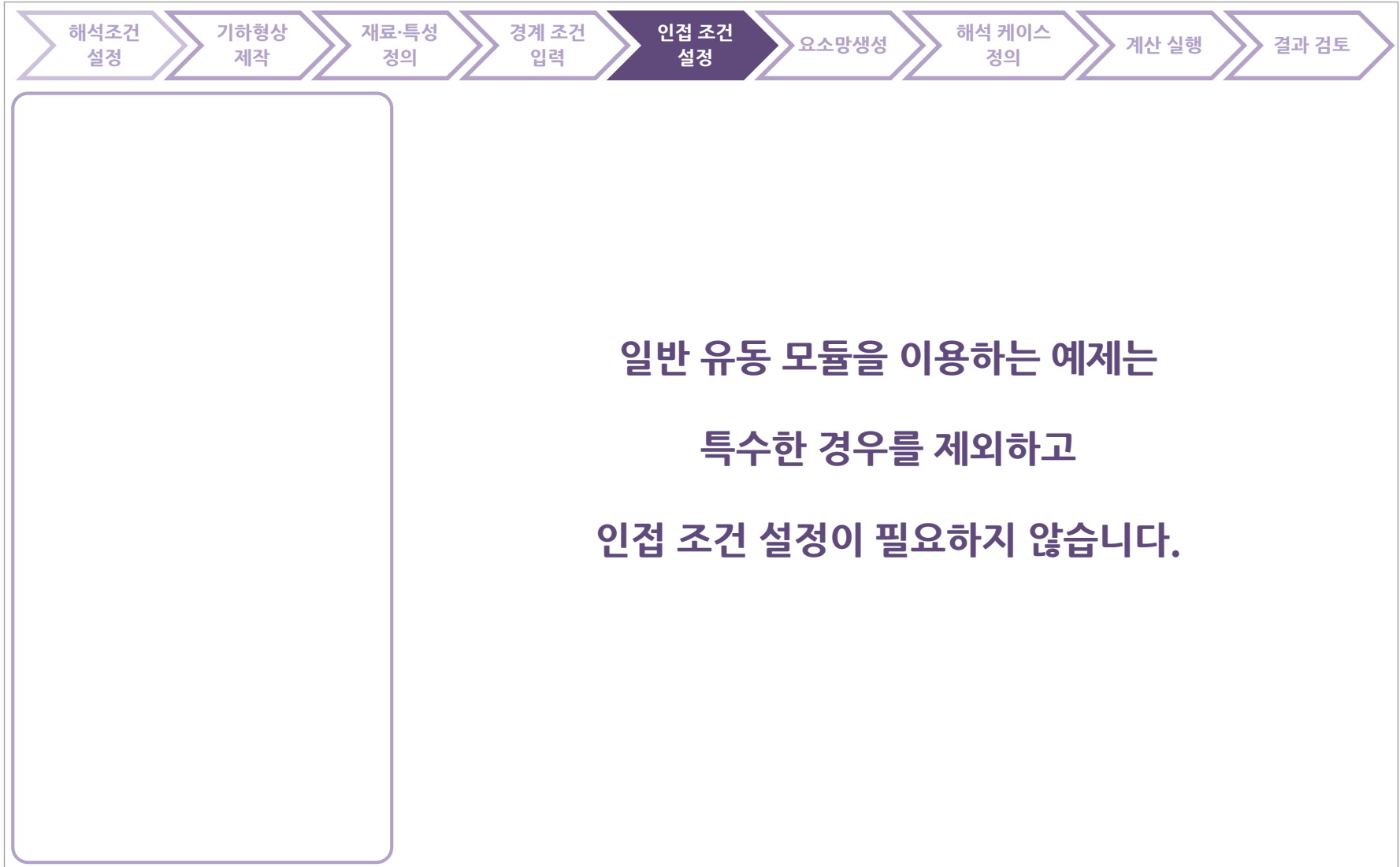
외기 조건 설정 : 구조 형상의 벽면 부분



- ① “벽면” 버튼 클릭
- ② “대상형상” > “종류” 선택 창 > “면” 선택
- ③ 구조 형상 상단, 측면부 선택
- ④ 벽면 > 벽면종류 선택 창 : “비점성” 확인
- ⑤ “CFD 경계세트” 입력창 : “상단외기” 입력
- ⑥ “확인” 버튼 클릭

외부유동에서는 입구, 출구, 벽면 외에 외기 조건을 입력해야 합니다. 왜냐하면 실제 구조 형상 외부 공기 영역은 무한히 넓지만 해석에서는 이 영역의 크기를 한정해야 하고 한정된 영역에 대해 '실제로는 무한히 넓은 공간이다' 라는 가정에 대한 조건을 입력해야 하기 때문입니다. 이러한 조건은 "유동속도" 경계조건을 이용해서 해당 면의 수직 속도만을 "0" 으로 입력해 구현할 수 있습니다. 실제 이 조건은 해당 면을 기준으로 반대쪽에 같은 형상과 같은 조건이 있는 '대칭 조건' 을 구현하는 것이지만, 구조 형상과 외기 조건 입력 대상면 이 충분히 멀다는 조건 하에 외기조건으로 가정될 수 있습니다.

인접 조건 설정 : 필요 없음



요소망 생성 – 작은 형상에 대한 시딩 생성



- ① “요소망” 리본 메뉴 > “시드제어” 버튼 선택
- ② 구조 형상부 에지 전체 선택
- ③ “분할 크기” 입력창 : 0.05 입력
- ④ “미리보기” 버튼 클릭
- ⑤ “확인” 버튼 클릭

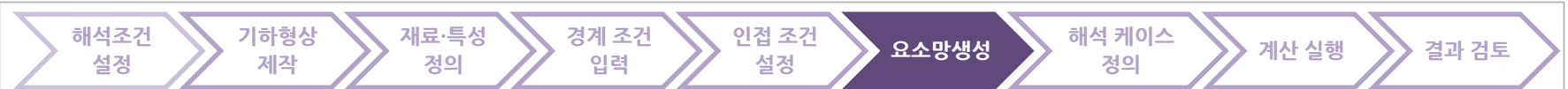
요소망을 작성하게 되면 하나의 입력값을 받아 해당 입력 크기로 전체 요소망을 만듭니다. 유동해석에서는 유동이 급격히 변하는 영역이나 복잡한 형상에서는 상대적으로 요소망이 조밀하게 작성되어야 하는데, 특정부분만 조밀하게 작성하기 위해 이 기능을 이용합니다. 에지에 시딩을 따로 작성해서 전체 크기와 다르게 요소크기를 작성할 수 있습니다.

해당 영역과 같이, 유동 운동량이 급격하게 변화하는 영역에서는 해당 변화율을 원활히 계산하기 위해 요소망을 보다 조밀하게 작성해야 합니다.

“미리보기” 버튼을 클릭하면 입력된 “분할 크기” 값을 미리 보여줍니다. 임의로 입력한 크기를 눈으로 확인해서 좀 더 조밀하게 작성할 지, 반대로 좀 더 듬성하게 작성할 지 판단하게 됩니다. 유동해석에서 요소망은 조밀할 수록 수렴성 및 정확도가 올라가지만 계산에 소요되는 비용이 (시간, 메모리) 증가합니다.

유지보수 기간이 540일 남았습니다.
 > 기하형상 불러오기를 완료하였습니다. [실무따라하기2.X_1]
 > 작업 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.

요소망 생성



- ① “3D” 버튼 클릭
- ② 대상 선택
- ③ 요소 크기 설정
 > “크기” 입력 창
 : 0.2 입력
- ④ “특성” 선택 창
 : “1:3차원 특성” 확인
- ⑤ “확인” 버튼 클릭

계산에 필요한 요소망을 작성합니다.

앞에서 정의했던 특성을 요소망에 지정합니다.

요소망 생성 - 품질 검사



- ① “품질검사” 버튼 클릭
- ② “요소망 도구” 창
 - > “기운각” 체크박스 : Off
 - > “뒤틀림” 체크박스 : Off
- ③ “적용” 버튼 클릭
- ④ “출력창” 에서 최대값을 확인

중형비는 생성된 요소의 최대길이의 최소길이의 비를 말합니다. 이 비가 클 경우 수렴성과 정확도에 문제가 발생할 수 있습니다.

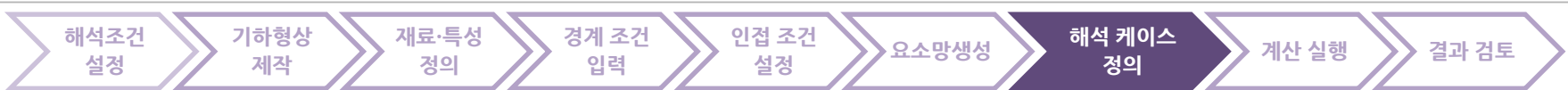
중형비가 기준값인 “15”을 넘어도 계산 수렴성이 좋고 정확도가 확보 되기도 하지만 15 보다 많이 큰 경우 (100 이상) 문제가 생길 수 있으므로 해당 요소 발생 시, 기하형상을 수정하거나 요소망을 더 조밀하게 작성해야 합니다.

출력창

```

> midas NFX 2024R1 (64bit)
> Copyright (C) SINCE 2007 MIDAS Information Technology Co., Ltd. ALL RIGHTS RESERVED.
> 라이선스가 인증되었습니다.
> 유지보수 기간이 540일 남았습니다.
> 기하형상 불러오기를 완료하였습니다. [실무따라하기2_X_T]
> 작업 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
> 11963 개의 결점과 61790 개의 요소가 생성되었습니다.
> 요소 품질 결과 :
> - {품질비} 불량요소: 0개, 평균값: 1.45, 최소/최대값: 1.01 / 3.3
    
```

해석케이스 정의



- ① “해석” 리본메뉴 선택
 > “단일해석” 버튼 선택
- ② “해석케이스 추가/변경” 창
 > 해석 케이스 설정
 > “이름” 입력 창:
 “해석케이스1” 이름 입력
- ③ “해석케이스 추가/변경” 창
 > 해석 케이스 설정
 > “해석 종류” 입력 창:
 “정상상태 유동해석” 선택
- ④ “해석 제어” 버튼 클릭

① 단일해석

② 이름: 해석케이스1

③ 해석 종류: 정상상태 유동해석

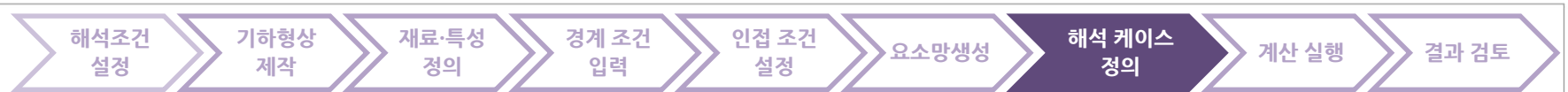
④ 해석 제어

원쪽 “전체세트” 에 있는 트리메뉴는 본 “해석케이스 추가/변경” 창을 열기전에 정의한 “요소망” “유동경계” 그리고 “접촉” 조건이 모두 나타나 있습니다. 해당 꺾쇠 “>>” 표시를 누르면 정의된 모든 조건이 본 해석케이스에 활성화 됩니다. (“활성화 세트” 트리메뉴에 요소망이 들어가며, “유동해석 설정” 트리메뉴에 유동경계와 접촉이 들어갑니다. 반대 꺾쇠 (“<<”) 를 누르면 모두 비활성화 되며 그 후 아래 그림과 같이 개별적으로 마우스 드래그를 통해 선별적으로 조건 활성화가 가능하며 이를 통해 다양한 해석케이스를 구성할 수 있습니다.

드래그 앤 드롭

입력된 조건을 기반으로 계산을 수행하는 단위를 만듭니다. “정상 상태” 해석은 최종적인 결과가 중요할 때 이용합니다. 이에 반해 “과도 상태” 해석은 시간에 따른 변화가 중요할 때 이용합니다. 차이점은 “과도 상태”는 계산에 필요한 시간간격을 직접 입력해야 하지만 “정상 상태”는 계산에 필요한 시간간격을 컴퓨터가 스스로 변경해줍니다.

해석케이스 정의 – 해석 제어 정의



- ① “시간간격” 입력창 : “1” 입력
- ② “시간스텝개수” 입력창 : “1000” 입력
- ③ 결과출력 > “스텝간격” 입력창 : 10 입력
- ④ “초기 조건” 버튼 클릭

해석 제어 창에서는 해당 해석케이스의 전반적인 계산 조건을 입력합니다.
ex) 사용 모듈, 시간 정보, 대칭 조건, 초기 조건, 난류 조건 등

앞선 예제는 과도상태 해석이기 때문에 시간 간격을 알맞게 계산해서 넣어야 하지만 정상상태 해석의 경우 컴퓨터가 적절한 시간간격을 계산해서 적용하기 때문에 시간간격 입력이 따로 필요하지 않습니다. 단, 시간간격이 컴퓨터가 계산한 적정 시간간격보다 짧을 경우 사용자가 입력한 시간간격을 이용하게 됩니다.

결과출력 > “시작스텝” 입력창은 결과를 찍어내는 첫 시작스텝을 의미하며, “스텝간격” 입력창은 결과 출력 간격을 나타냅니다.

주어진 시간 간격으로 몇 번을 계산할 것인지 지정합니다.

계산 진행 시간 = “시간간격” × “시간스텝개수”

충분히 입력한 다음 뒤 페이지에 계산 실행 단계의 수렴 조건을 만족하면 중지시키고 결과를 확인하고 입력한 “시간스텝개수” 이내에 수렴하지 않을 경우 재시작을 통해 최종스텝부터 해석을 추가적으로 진행하면 됩니다. (추후 설명)

해석케이스 정의 – 해석 제어 정의 : 필드 정의



- ① “필드정의” 창 > 난류 > “운동에너지” 입력창 : “0.00135” 입력
- ② “필드정의” 창 > 난류 > “길이척도” 입력창 : “0.0034” 입력
- ③ “확인” 버튼 클릭

초기 조건 정의

초기 조건
 전체 초기조건 정의
 세부 초기조건 정의

필드 정의

유동해석에서는 현재 스텝에서 계산을 위해 직전 스텝의 결과 값을 계산 입력값으로 사용합니다. 처음 계산 스텝에서는 앞선 스텝이 없으므로 초기값 입력이 필요합니다. 초기값 입력은 “필드정의” 창에서 할 수 있으며, 주어진 경계조건에 부합하는 (실제 현상과 유사한) 값을 입력할수록 계산이 빨리 수렴됩니다.

유체의 불규칙적인 소용돌이 운동과 관련된 난류는 난류운동에너지와 길이척도 입력이 필요합니다. 난류운동에너지의 경우 아래 식으로 계산됩니다.

$$\text{난류운동에너지} = 1.5 * (\text{속도} * \text{난류강도레벨})^2$$

<난류 강도 레벨>
 항공기, 자동차, 잠수함 : 0.003 (0.01이하)
 대기층 : 0.3
 내부유동, 열교환기, 회전기계 : 0.05~0.15
 파이프, 배기구, 저레이놀즈수(단순) : 0.01~0.05

$$\text{길이척도} = \text{특성길이} * 0.07$$

필드정의

압력
 압력 0 N/m² 없음

속도
 Vx 0 m/sec 없음
 Vy 0 m/sec 없음
 Vz 0 m/sec 없음

난류
 종류 운동에너지와 길이척도
 운동에너지 1 0.00135 m²/sec² 없음
 길이척도 2 0.0034 m 없음

열전달
 유체 온도 0 [K] 없음
 고체 온도 0 [K] 없음

전위 0 V 없음

누적 발열
 유체 발열 0 W 없음
 고체 발열 0 W 없음

3 확인 취소

해석케이스 정의 – 해석 제어 정의 : 난류 정의

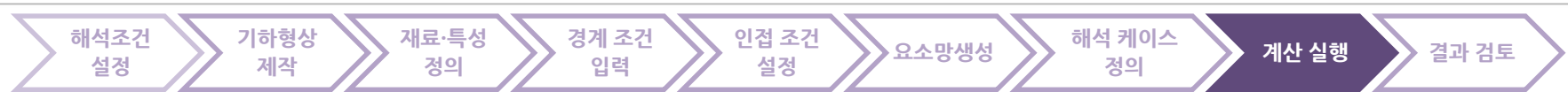


- ① “모듈 정보” 탭 이동
- ② “난류 모델” 선택 창 : “2차식 k-ε” 선택
- ③ “확인” 버튼 클릭
- ④ “확인” 버튼 클릭
- ⑤ “해석 및 결과” 창 > “해석케이스1” 정의 확인

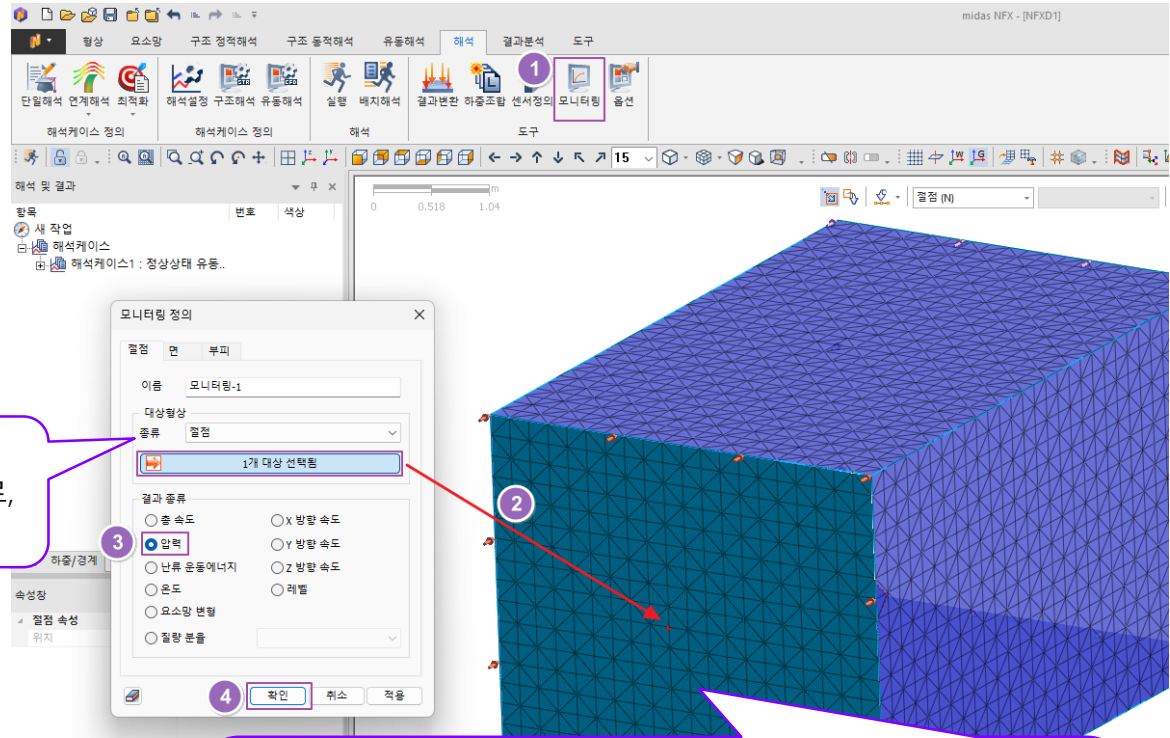
간단한 유동 문제는 2차식 k-ε 모델을 이용하여 해석합니다.

회전 반경 X	2.00681 m
회전 반경 Y	1.53576 m
회전 반경 Z	2.08367 m
파트 타입	1: 유연체

계산 실행 – 수렴 판단을 위한 모니터링 포인트



- ① “결과 모니터링” 버튼 클릭
- ② 입구 부분 가운데 절점 선택
- ③ “압력” 체크박스 : On
- ④ “적용” 버튼 클릭



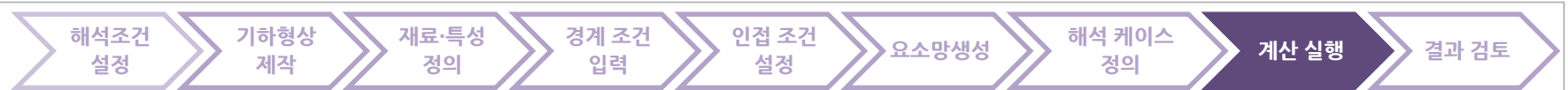
입구 측에는 속도를 10 m/s 고정했으므로, 압력을 관찰합니다.

계산 중에 결과 검토가 가능한 시점을 판단하는 기준은

1. 계산 중 Norm 그래프가 0.001 이하로 지속적으로 떨어질 경우
2. 관심영역 물리량에 큰 변화가 없거나 주기를 가질 경우

입니다. 이 중 2번 조건을 확인하기 위해 “모니터링 포인트”를 지정해 해당 영역의 물리량을 계산 중에 관찰 할 수 있습니다.

계산 실행 – 수렴 판단을 위한 모니터링 포인트



- ① 출구 부분 가운데 절점 선택
- ② “압력” 체크박스 : Off
“총속도” 체크박스 : On
- ③ “확인” 버튼 클릭

출구 측에는 압력을 0 Pa 로 고정했으므로, 총속도를 관찰합니다.

모니터링 정의

이름: 모니터링-2

대상형상: [선택된 형상]

종류: 절점

결과 종류: 총속도

압력

난류 운동에너지

온도

요소망 변형

X 방향 속도

Y 방향 속도

Z 방향 속도

레벨

율방 분율

1개 대상 선택됨

확인 취소 적용

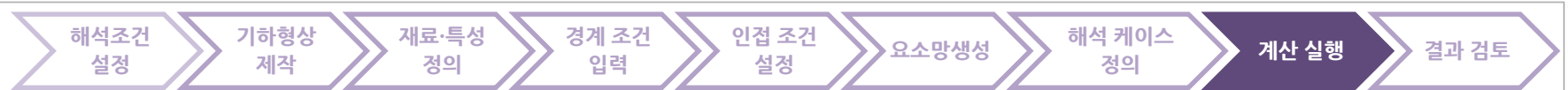
출력창

> midas NFX 2024R1 (64bit)

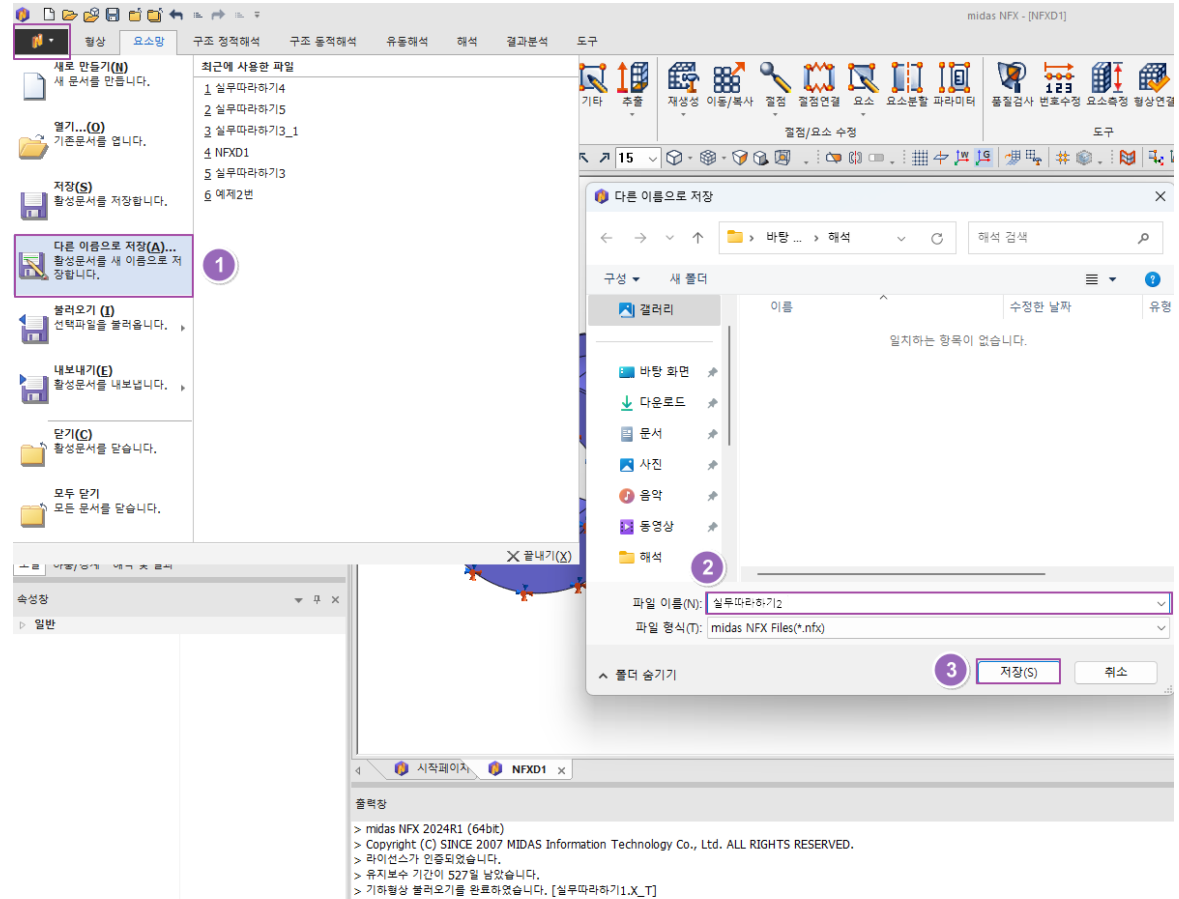
> Copyright (C) SINCE 2007 MIDAS Information Technology Co., Ltd. ALL RIGHTS RESERVED.

> 라이선스가 인종되었습니다.

계산 실행 – 파일 저장



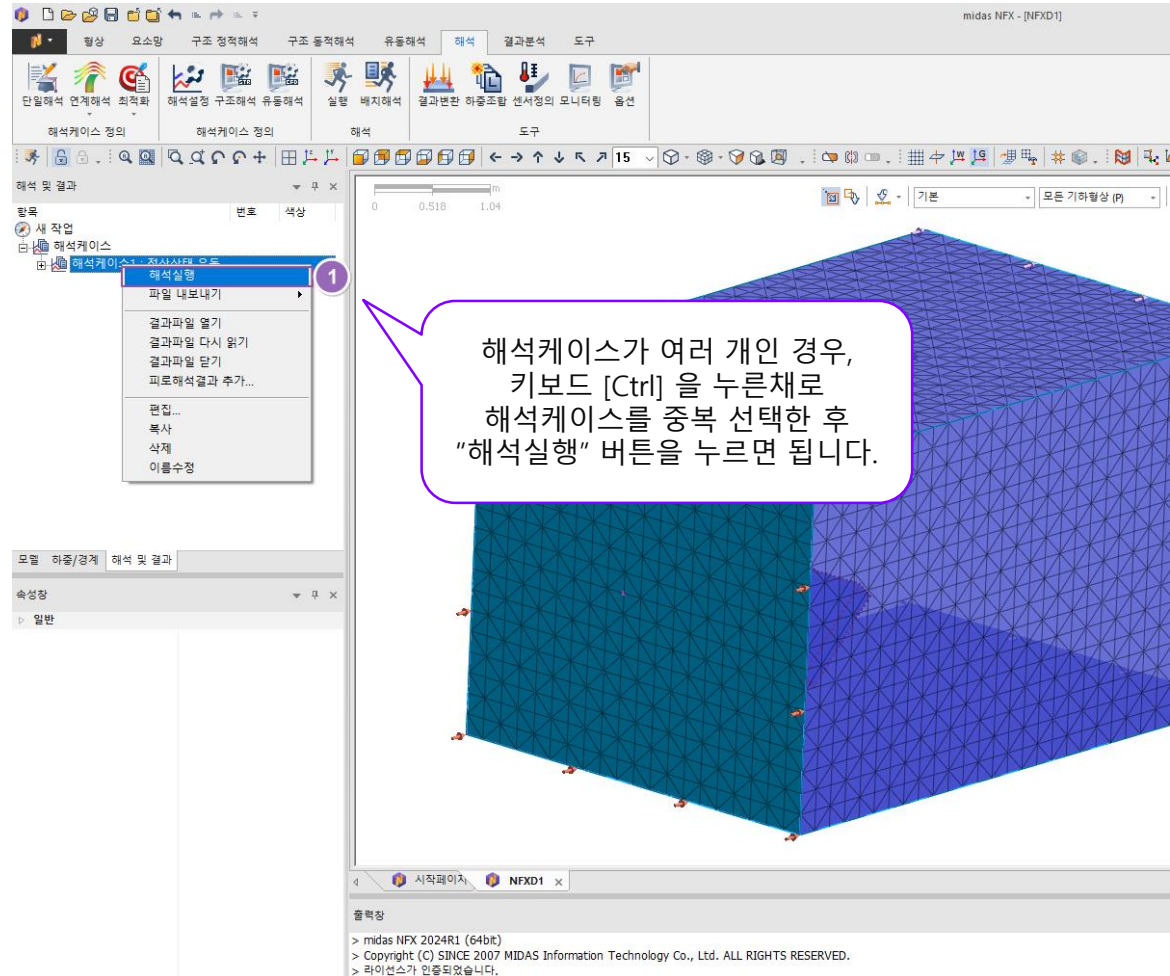
- ① “메인 메뉴” 버튼 클릭
 > “다른 이름으로 저장” 버튼 클릭
- ② “파일 이름” 입력창
 : “실무따라하기2.nfx”
- ③ “저장” 버튼 클릭



계산 실행 – 해석케이스 계산 실행



- ① “해석 및 결과” 창
- > 해석케이스
- > “해석케이스1”
- : 마우스 오른쪽 버튼 클릭
- > “해석실행” 클릭



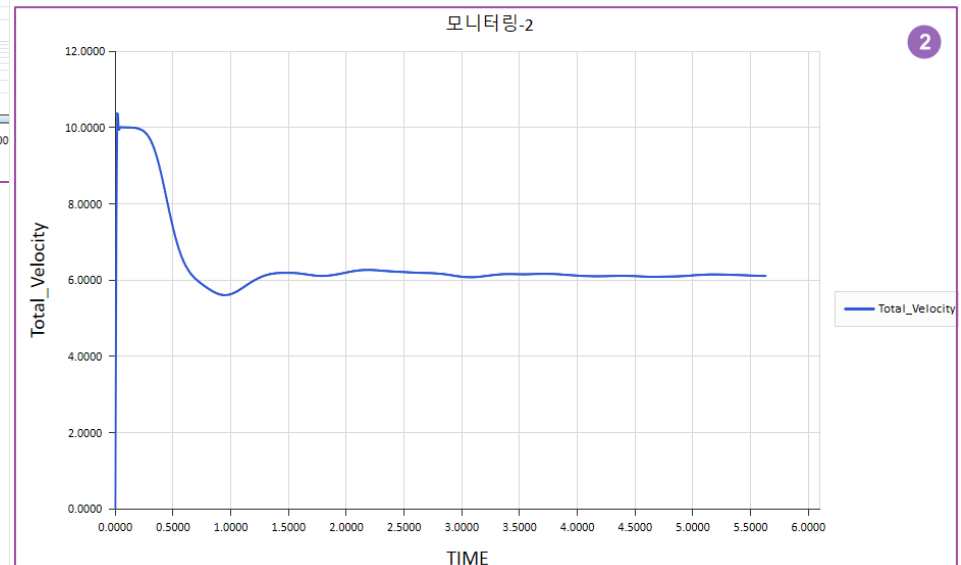
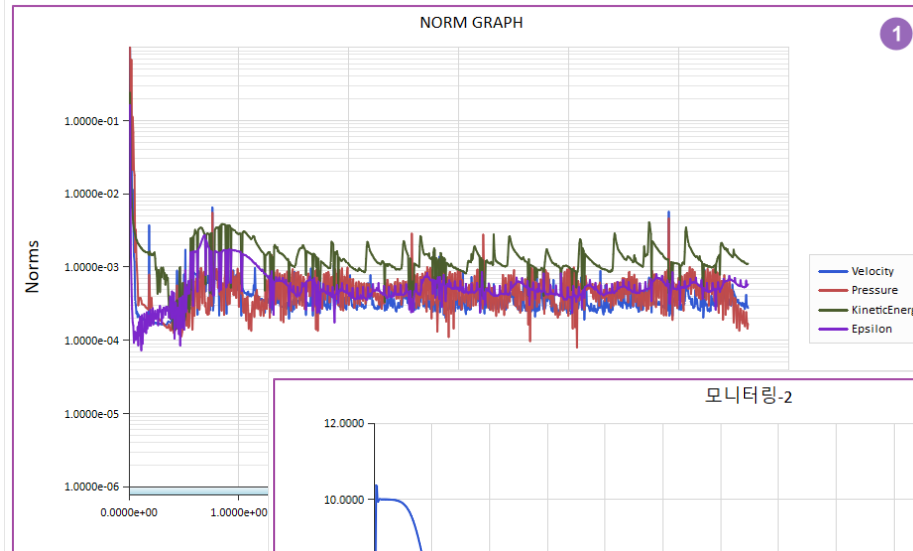
계산 실행 – 계산 과정 검토 및 수렴 판단



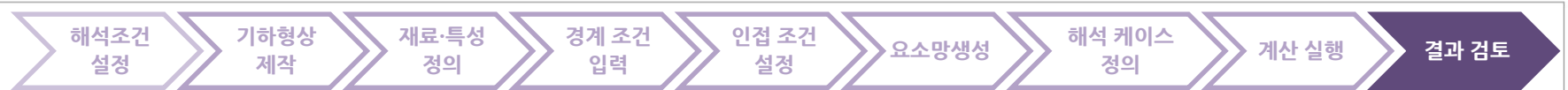
- ① “CFD Norm 그래프” 및 출력창을 통해 Norm 그래프 수렴 확인 (Norm 값이 0.001 이하로 지속적으로 떨어지는 현상 관찰)
- ② 모니터링 포인트 측정 값이 정상상태에 도달하거나 주기가 반복되는 경우 확인

계산 중에 결과 검토가 가능한 시점을 판단하는 기준

- 1. 계산 중 Norm 그래프가 0.001 이하로 지속적으로 떨어질 경우
- 2. 관심영역 특성치가 큰 변화가 없거나 주기를 가질 경우

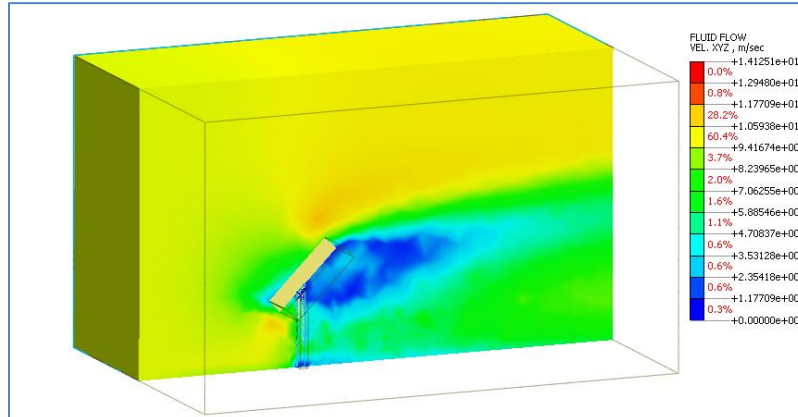


결과검토

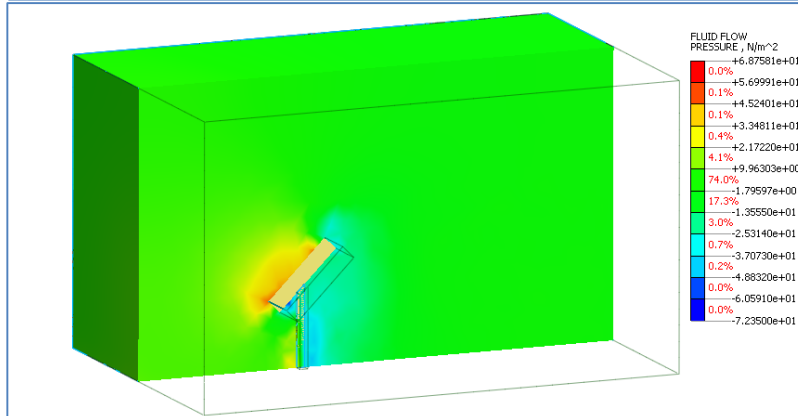


① 각종 결과 확인

기본적이지만 필수적인 결과 검토 기능은 “NFX 모델링 교육” 또는 “NFX 기본교육” 그리고 매뉴얼을 통해 사전 숙지가 되어야 합니다.



[DATA] 해석케이스1, 정상상태 유동해석 (필수), CFD : INCR=0101 (TIME=5.63068), [UNIT] N, m



[DATA] 해석케이스1, 정상상태 유동해석 (필수), CFD : INCR=0101 (TIME=5.63068), [UNIT] N, m

midas NFX CFD 기본유동해석 교육

Part 1. CFD 기본개념의 이해

Part 2. CFD를 위한 올바른 모델링과 해석 수행방법

Part 3. 일반유동 모듈의 이해

Part 4. 예제로 살펴보는 일반유동 모듈

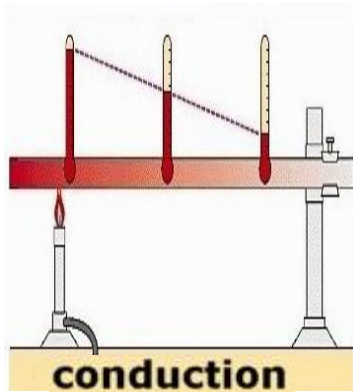
Part 5. 열유동 모듈의 이해

Part 6. 예제로 살펴보는 열유동 모듈

Contents

열유동 모듈과 열전달 개념

전도



분자가 열에너지로 인해 진동하여 이웃한 분자에 충돌하여 열에너지를 전달

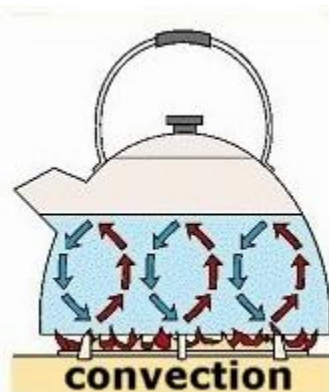
$$\vec{q} = -k\nabla T$$

\vec{q} : 열유속

k : 전도율

∇T : 온도차

대류



열에너지를 지닌 유체가 직접 이동하여 열에너지 전달

$$\frac{dQ}{dt} = h \cdot A(T_{env} - T(t))$$

Q : 열 에너지

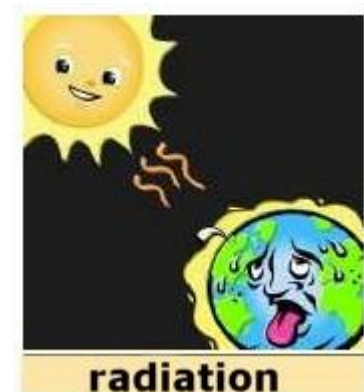
h : 대류계수

A : 열전달 대상의 면적

T_{env} : 주변 온도

T : 열전달 대상의 표면 온도

복사



열에너지가 매질 없이 전자기파 형태로 전달

$$\dot{Q}_{1 \rightarrow 2} = \sigma A_1 F_{1 \rightarrow 2} (T_1^4 - T_2^4)$$

σ : 스테판-볼츠만 상수

$F_{1 \rightarrow 2}$: 형상 계수

열유동 모듈과 열전달 개념

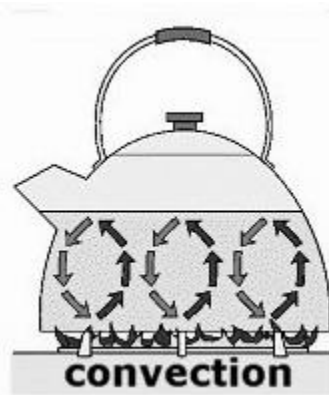
자연대류 VS 강제대류

자연대류



동력원 無

대류



열에너지를 지닌 유체가 직접 이동하여 열에너지 전달

$$\frac{dQ}{dt} = h \cdot A(T_{env} - T(t))$$

- Q: 열 에너지
- h: 대류계수
- A: 열전달 대상의 면적
- T_{env} : 주변 온도
- T: 열전달 대상의 표면 온도

강제대류



동력원 有

열유동 모듈과 대류

대류 현상 : 뉴턴의 냉각 법칙

$$\frac{dQ}{dt} = h \cdot A(T_{env} - T(t)) = -h \cdot A\Delta T(t)$$

Q : 열 에너지

h : 대류계수

A : 열전달 대상의 면적

T_{env} : 주변 온도

T : 열전달 대상의 표면 온도

정의 : 물체의 가열/냉각 속도는 물체와 주변의 온도차에 비례

✓ 열전달 계수를 정의하여 대류 열전달을 기술

✓ 실험을 통해 열전달 계수를 산출

ex) 뜨거운 물체를 10°C 에 두는 것 보다 0°C 에 두는 것이 훨씬 빨리 식는다.

열유동 모듈과 대류

자연대류

대류계수 $h \propto \Delta T^x$
($\frac{1}{4} < x < \frac{1}{3}$)

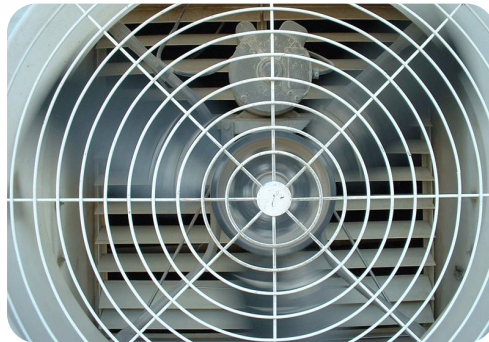
$4 < h < 4,000$



강제대류

대류계수 $h = \text{상수}$

$80 < h < 75,000$



끓임대류

대류계수 $h \propto \Delta T^2$

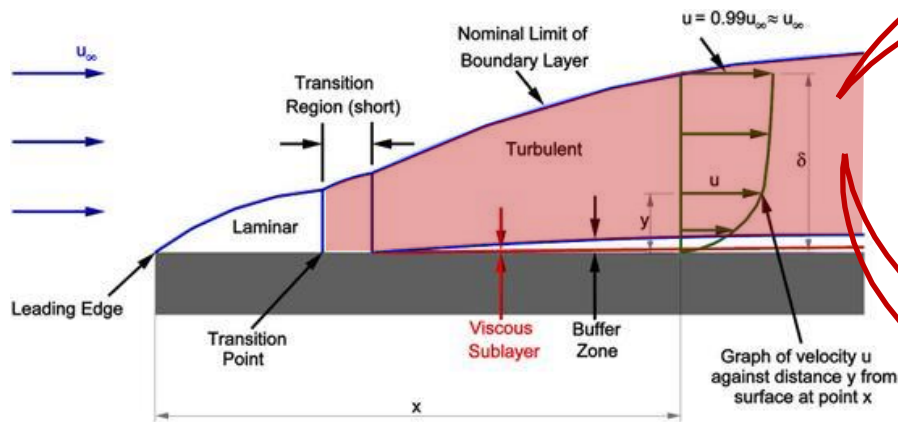
$300 < h < 900,000$



실험적/경험적 평가 없이 정확한 대류계수 산출 근거 부족

열유동 모듈과 대류

경계층의 난류 현상



균일한 속도의 유동이 벽면을 만나 난류를 발생하는 경우

복잡한 난류로 인해 열전달 성질이 변함

대류 계수 예측 불가

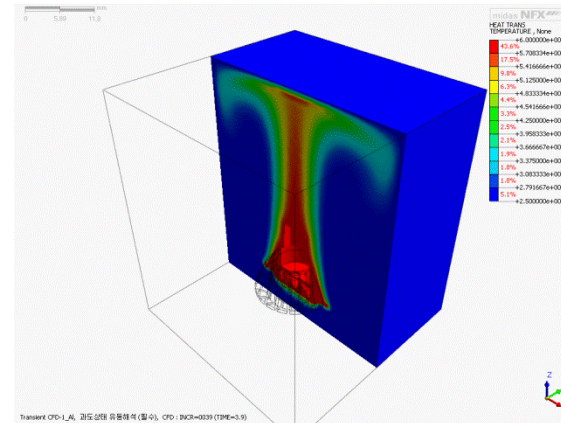
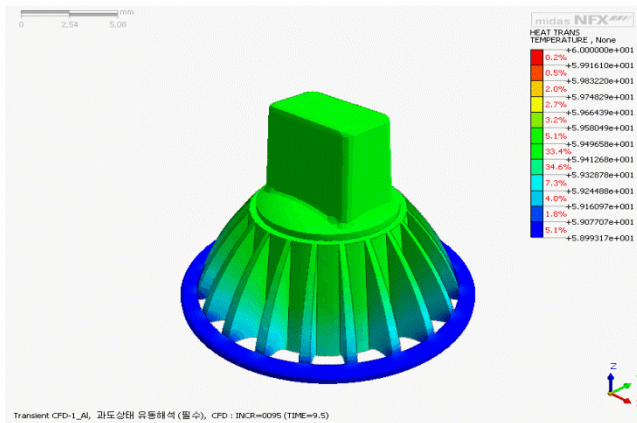
열유동 모듈과 대류

구조 열전달 해석과 CFD 열유동 해석

구조 열전달 해석

열유동 해석

계산
결과



비교

대류계수를 통해 공기를 가정

공기를 직접 모델링 하여 열전달 분석

특징

예측된 대류계수 입력을 통해
해석 가능

공기 유동 추가 계산 - 대류계수 입력 불필요

구조 열전달 해석은 대류 계수 가정으로 인한 오차가 있음

열유동 모듈과 대류

강제대류 환경에서의 대류 계수 범위

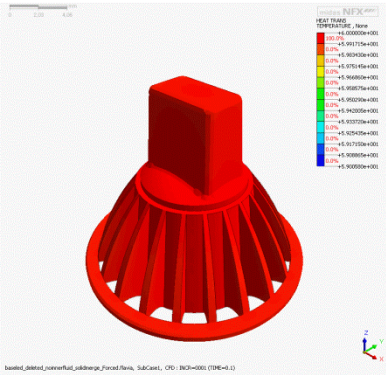
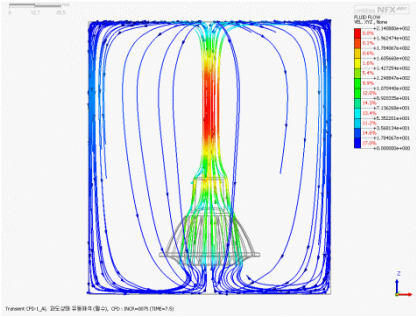
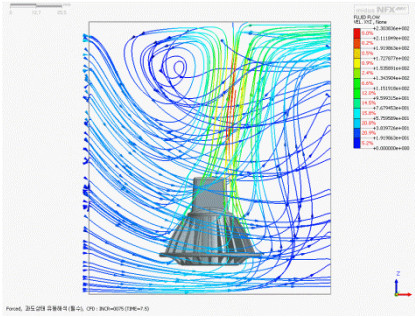
$$80 < h < 75,000$$



강제대류 환경의 대류 계수는 속도와 환경에 따라 천차만별

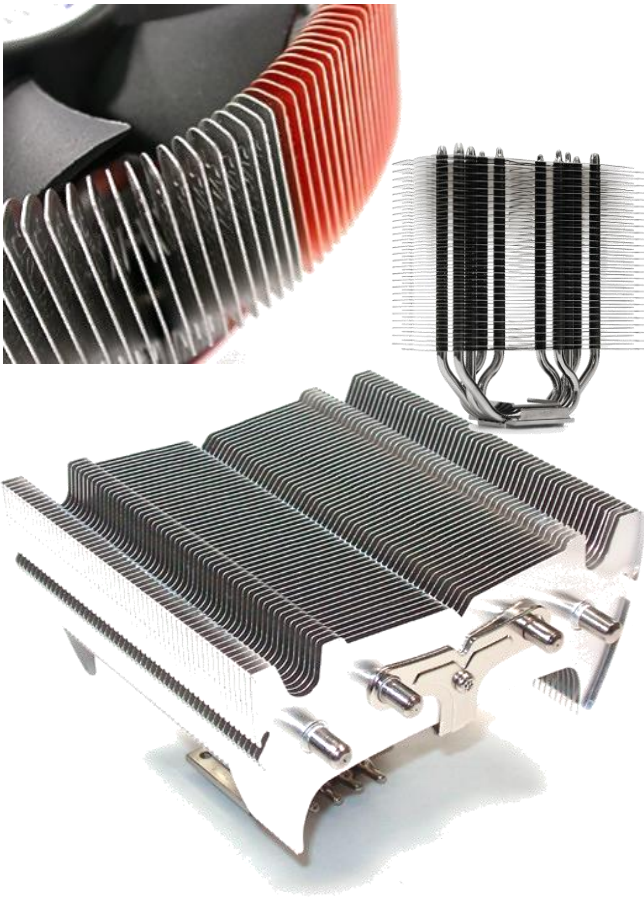
대류 계수 예측 불가

열유동 모듈과 대류

	자연대류	강제대류	
	구조 열전달 해석	열유동 해석	
계산 결과			
비교	대류계수 입력	공기층을 직접 모델링 하여 열전달 분석	
특징	대류계수의 정확한 입력 필요	대류계수 입력 필요 없음	대류계수 입력 필요 없음
<p>구조해석은 정확도가 낮지만 대류 계수 입력을 통해 쉬운 해석이 가능함 강제대류일 경우에는 대류계수 산출이 어려워 반드시 유동해석 수행 필요</p>			

열유동 모듈과 열간섭 현상

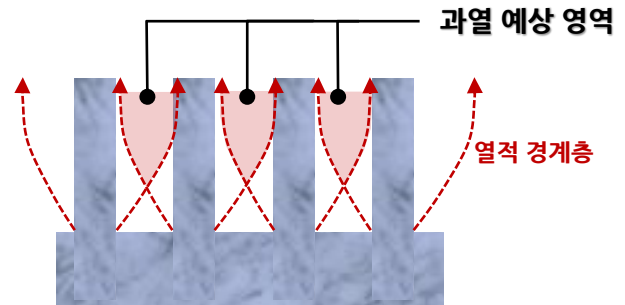
히트싱크 Fin 의 열유동 특성 일반



- ① 이론 : Fin 사이 간격이 촘촘해질 경우
면적이 증가하여 열전달 효율 증가

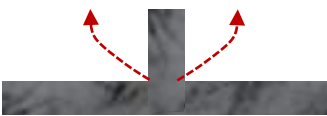
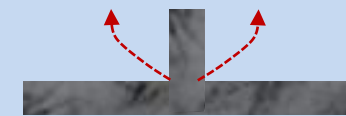


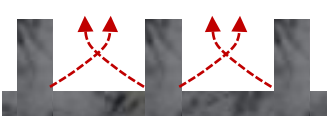
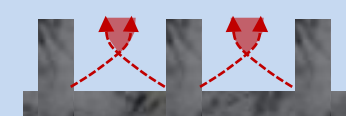


$$\frac{dQ}{dt} = h \cdot A (T_{env} - T(t))$$

- ② 실제 : Fin 사이 간격이 촘촘해질 경우
Fin 사이 벽면효과로 인해 공기흐름 감소 : 과열



※ 실제 용접으로 인치(inch) 당 22개의 Fin 을 붙일 수 있음

열유동 모듈과 열간섭 현상

핀의 개수	핀의 형태	구조 열전달 해석	실제 : 열간섭 현상	비고
N		<p>면적 $A \approx 1$</p> $h A (T_{env} - T(t)) = \frac{dQ}{dt}$ <p>1배</p>	<p>1배</p> 	일치
2N		<p>면적 $A \approx 2$</p> $h A (T_{env} - T(t)) = \frac{dQ}{dt}$ <p>2배</p>	<p>2배</p> 	일치
3N		<p>면적 $A \approx 3$</p> $h A (T_{env} - T(t)) = \frac{dQ}{dt}$ <p>3배</p>	<p>열간섭 발생</p> <p>3배</p> 	오차 발생
4N		<p>면적 $A \approx 4$</p> $h A (T_{env} - T(t)) = \frac{dQ}{dt}$ <p>4배</p>	<p>열간섭 발생</p> <p>4배</p> 	오차 발생

열유동 모듈과 열간섭 현상

히트싱크 대류계수 산출이론

대류계수 산출

$$h_c = 0.72 C_p G \left(\frac{GD}{\mu} \right)^{-0.7} \left(\frac{C_p \mu}{K} \right)^{-\frac{2}{3}}$$

C_p : 공기비열 μ : 공기점성

G : 질량유량 D : 특성길이

대류계수 산출을 위한
정보 수집이 어려움

히트싱크 대류 계수 실험

실험장비 (TD 1005)



강제대류, 자연대류 실험
열교환 표면 효율 실험
열교환 계수 측정가능

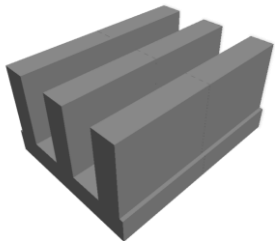
고가의 장비, 사용 전문성 필요
실험 구축 시간 소요

열유동 모듈과 열간섭 현상

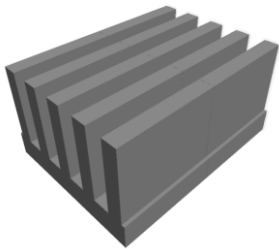
사례로 보는 열간섭 현상

해석목적 :
히트싱크 방열 핀 개수 증가에 따른 온도 변화 관찰

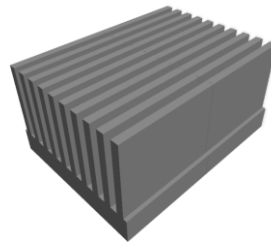
열간섭 현상 해석



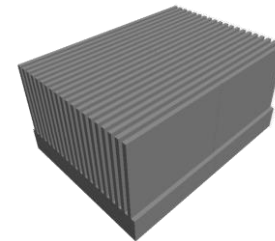
3



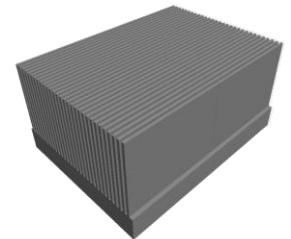
5



10



20



30

총 5 개의 CASE: 핀 형상에 따른 최대 온도 예측

열유동 모듈과 열간섭 현상

■ 해석 결과

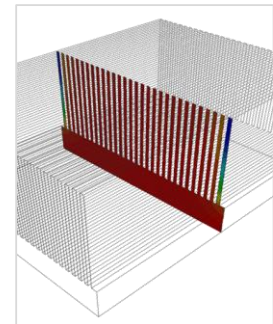
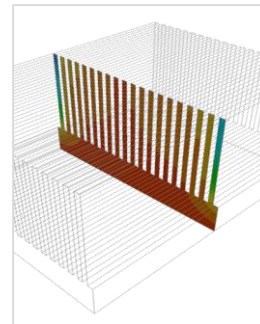
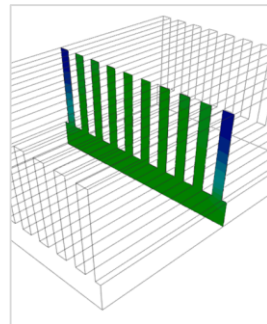
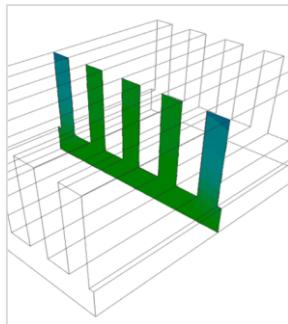
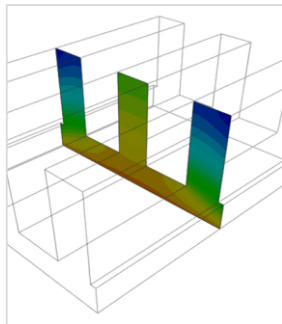
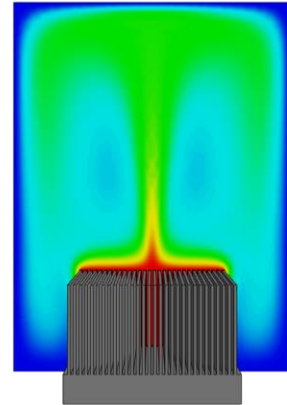
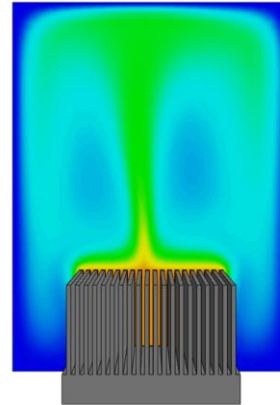
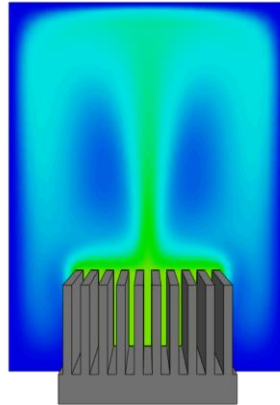
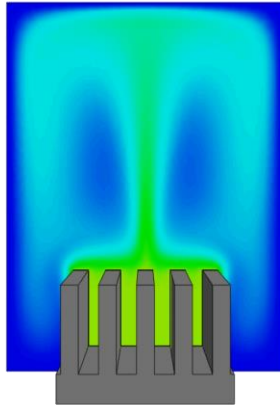
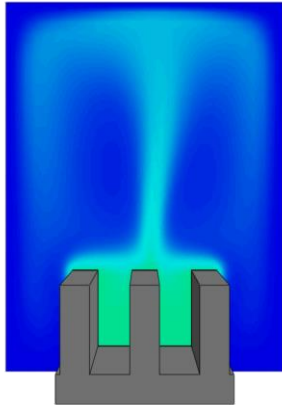
Fin = 3

Fin = 5

Fin = 10

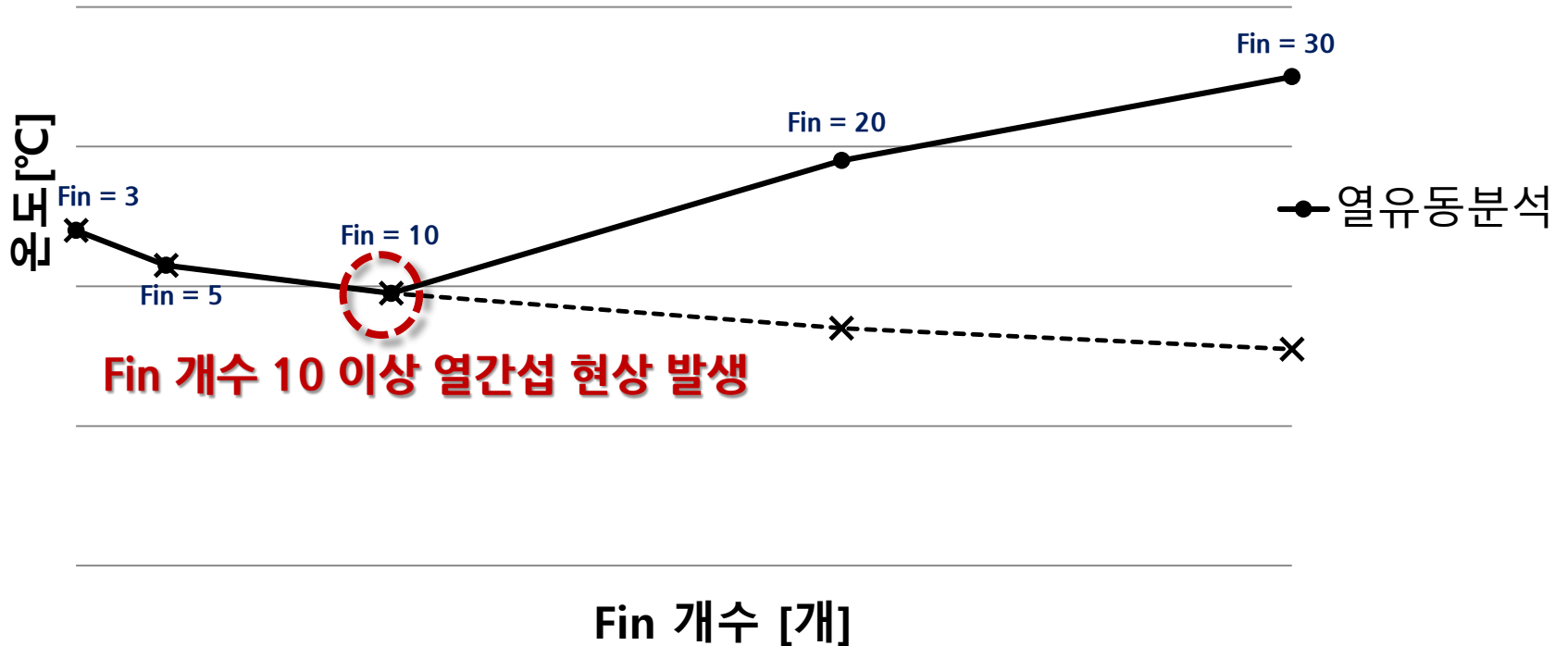
Fin = 20

Fin = 30



열유동 모듈과 열간섭 현상

히트싱크 발열부 온도



Fin 개수 10 이상 열간섭 현상 발생

Fin 개수가 일정수 이상 증가할 경우 열간섭 현상 발생 :

열 간섭 현상이 반영된 히트싱크 설계를 위한 열유동 해석 필요

열유동 모듈을 이용한 실무 해석 분류

실무 열유동 해석 분류

강제 대류

④ 자연대류

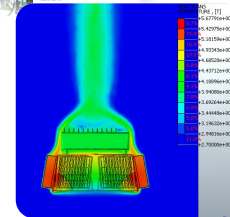
⑤ 열교환기

① 수랭

공랭



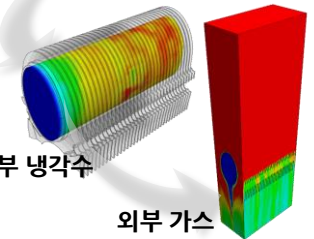
LED



LED 및 주변기류 온도

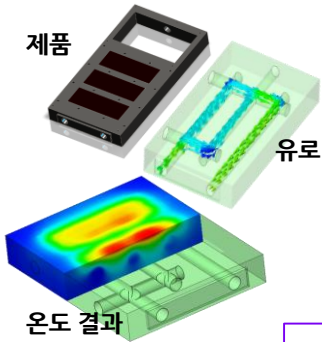


보일러



내부 냉각수

외부 가스



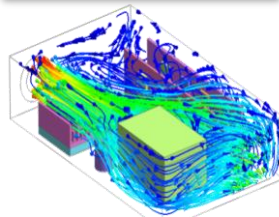
제품

유로

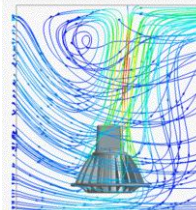
온도 결과

② 내부 유동

③ 외부 유동



장비 내부 팬에 의한 냉각

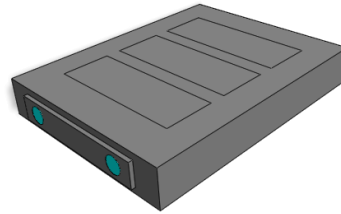


우측으로 강제대류 발생

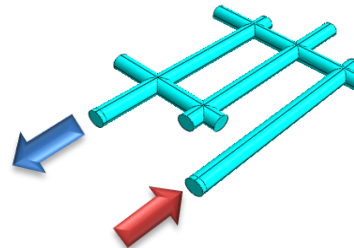
① 강제대류 - 수랭 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

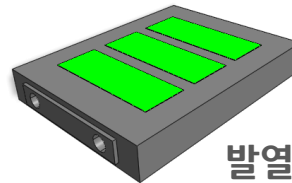
수랭 해석의 기하형상 정의



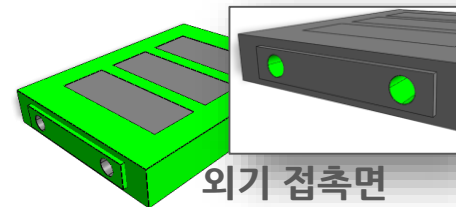
1) 유체 부분 : 냉매 유입



2) 고체 부분 : 발열 및 냉각 조건부



발열부



외기 접촉면

내부 냉매유로

① 강제대류 - 수랭 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

수랭 해석의 재료 정의

- 1) 유체 부분 : 냉매 유입
- 2) 고체 부분 : 발열 및 냉각 조건부

재료 추가/수정

번호	이름	종류
1	Alloy Steel	등방성-선형

생성

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

밀도 및 점성 정의

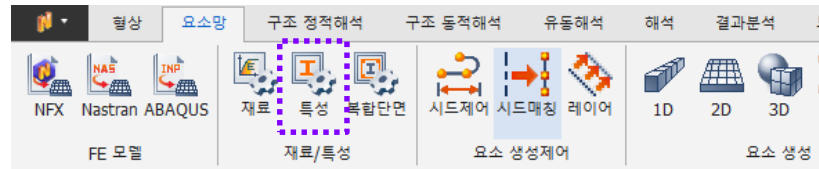
비열 및 전도율 정의

① 강제대류 - 수랭 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

수랭 해석의 재료 정의

- 1) 유체 부분 : 냉매 유입
- 2) 고체 부분 : 발열 및 냉각 조건부



재료 추가/수정

번호	이름	종류
1	Alloy Steel	등방성-선형

생성

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

고체 (유동해석)

밀도	1 kg/m ³	없음
비열	1 J/(kg·[T])	없음
부피도	0	없음
열전도율	0 W/m ²	없음

전도율

1000	없음	0	없음	0	없음
------	----	---	----	---	----

대칭

1000	없음	0	없음
------	----	---	----

단위: W/(m²[T])

온도계수

0	1/[T]
---	-------

밀도, 비열, 전도율 정의

① 강제대류 - 수랭 해석 방법

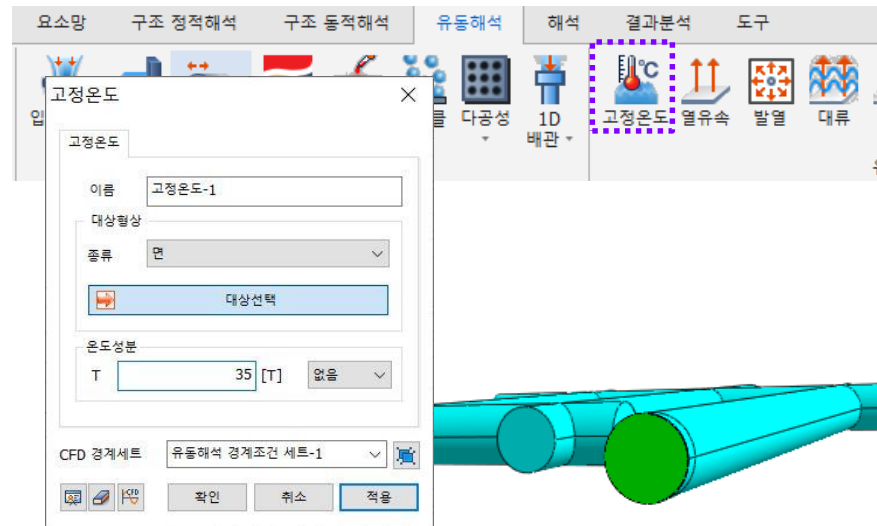
수랭 해석의 경계조건

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

- 1) 유체 부분 : 냉매 유입
- 2) 고체 부분 : 발열 및 냉각 조건부

내부유동과 동일하게 입력 + 입구 온도 조건 지정

✓ 아래와 같이 입구 온도 지정



① 강제대류 - 수랭 해석 방법

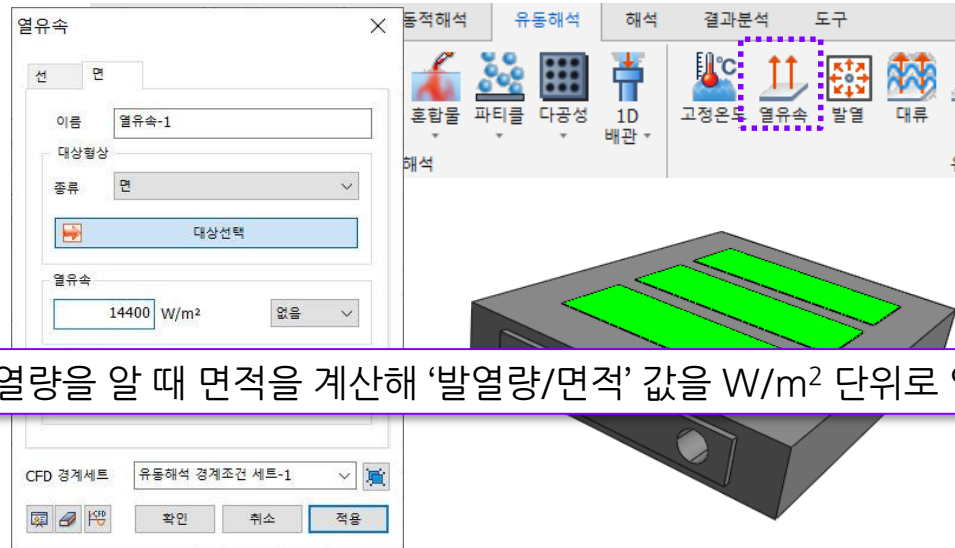
수랭 해석의 경계조건

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

- 1) 유체 부분 : 냉매 유입
- 2) 고체 부분 : 발열 및 냉각 조건부

발열 정의하기

- A. 열유속으로 면에 정의하는 방법
- B. 재료 정의 시 부피에 정의하는 방법



발열량을 알 때 면적을 계산해 '발열량/면적' 값을 W/m² 단위로 입력

① 강제대류 - 수랭 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • **경계 조건 입력**
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

수랭 해석의 경계조건

- 1) 유체 부분 : 냉매 유입
- 2) 고체 부분 : 발열 및 냉각 조건부

발열 정의하기

- A. 열유속으로 면에 정의하는 방법
- B. **재료 정의 시 부피에 정의하는 방법**

고체 (유동해석)

발열량을 알 때 부피를 계산해 '발열량/부피' 값을 W/m³ 단위로 입력

비열	1	J/(kg·[T])	없음
부유도	0		없음
열원	3223000	W/m ³	없음

열원 정의

① 강제대류 - 수랭 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

수랭 해석의 경계조건

- 1) 유체 부분 : 냉매 유입
- 2) 고체 부분 : 발열 및 냉각 조건부

뉴턴 냉각법칙 대류 조건 정의

수랭 해석에 있어 외기는 모델링 할 경우 더 정확하지만,
일반적으로 뉴턴 냉각법칙을 적용하여 외기를 모델링하지 않고
대류 경계조건을 입력함



$$\frac{dQ}{dt} = h \cdot A(T_{env} - T(t)) = -h \cdot A\Delta T(t)$$

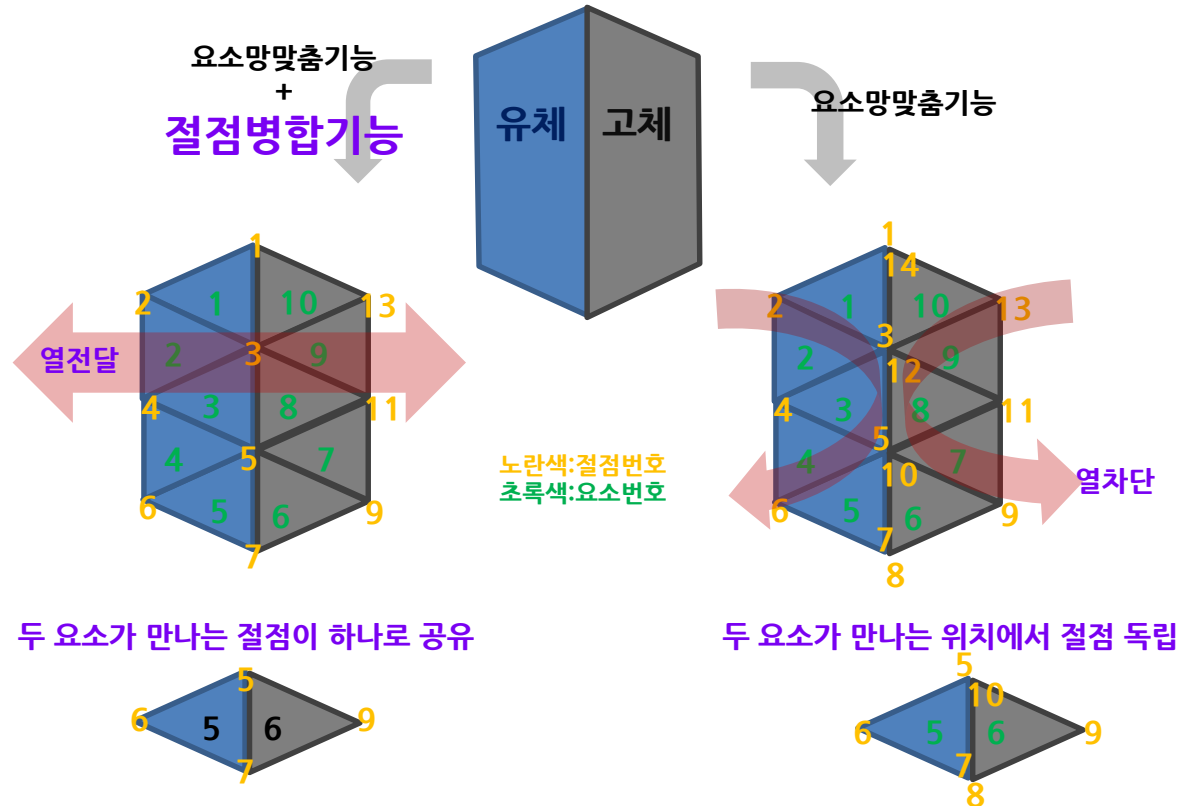
① 강제대류 - 수랭 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

	접촉	절점병합
요소 개수	고체 요소망을 유체 요소망과는 독립적으로 등성하게 생성함 : 비교적 적음	유체에 인접하는 고체요소망을 유체요소망에 맞춰 생성함 : 비교적 많음
수렴 안정성	접촉 계산 필요 : 비교적 불안정	접촉 계산 없음 : 비교적 안정
사용	접촉 조건 작업	인접면 절점 맞춤 작업 절점 병합 작업

① 강제대류 - 수랭 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토



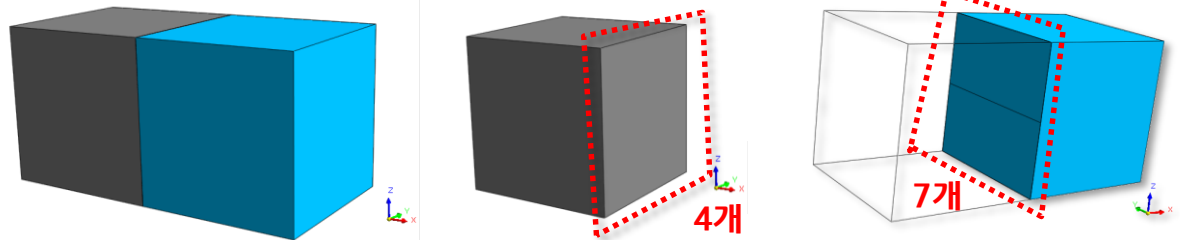
① 강제대류 - 수랭 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

인접면 요소 맞춤 및 절점 병합은
'Step 6 요소망 생성' 에서 다룸

[중요] 요소망 작업 전 필수 작업

인접면 간 구성 선 일치 작업
(면 확인 → 불일치 시 "자동연결" 작업)

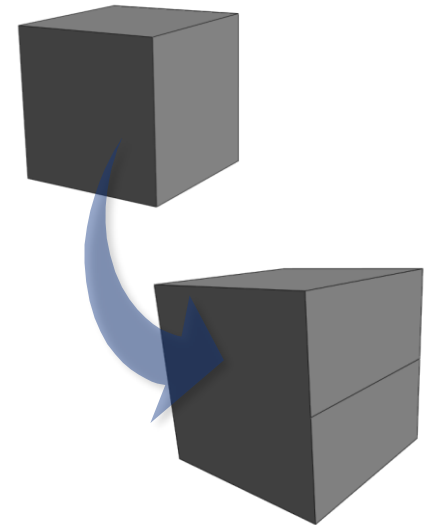
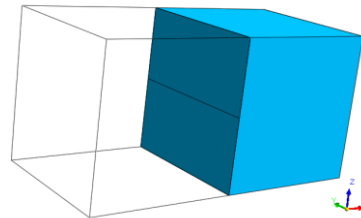
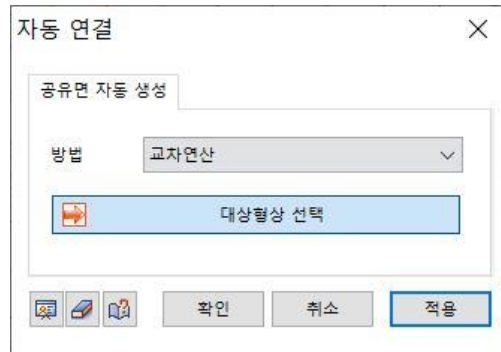


두 개의 박스의 각 인접하는 면이 선이 일치하지 않음
: 파란박스의 인접면은 선이 7개로 구성

① 강제대류 - 수랭 해석 방법

인접면 간 구성 선 일치 작업 (면 확인 → 불일치 시 “자동연결” 작업)

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토



① 강제대류 - 수랭 해석 방법

Tip. 솔더, 본딩과 같은 얇은 막에 대한 모델링 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

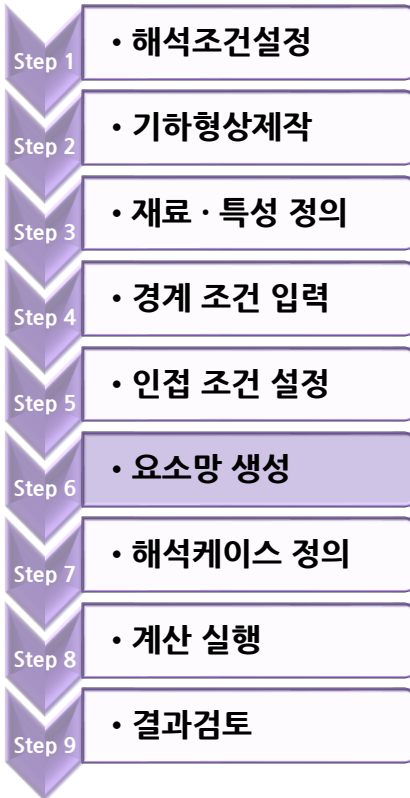
The image shows a software interface for modeling a chip on a PCB. The 3D model shows a chip on a PCB with a solder layer. Labels indicate '칩' (chip) and 'PCB', and a note says '두께 L, 전도율 K' (Thickness L, Conductivity K). A red dashed box highlights the chip area with the label '고체-고체접속' (Solid-Solid Contact).

The '접속조건' (Contact Condition) dialog box is open, showing the '구조' (Structure) tab set to '유동해석' (Fluid Analysis). The '고급 옵션' (Advanced Options) section has '열저항 값에 L/K 를 입' (Input L/K to thermal resistance value) written next to it. The '열저항' (Thermal Resistance) is set to '있' (Yes) with a value of $1e-006$ [T]·m²/W. The '열적 경계종' (Thermal Boundary Type) is set to '열적 경계종' (Thermal Boundary Type). The '요소망 변형' (Mesh Deformation) checkbox is checked.

The '접속' (Contact) dialog box is also open, showing the '수동접속(유동해석)' (Manual Contact (Fluid Analysis)) tab. The '이름' (Name) is '수동-1'. The '접속종류' (Contact Type) is '고체 - 고체 (유동해석)' (Solid - Solid (Fluid Analysis)). The '주 접촉면' (Main Contact Surface) and '대상종류' (Target Type) are both set to '3D 요소면' (3D Element Surface).

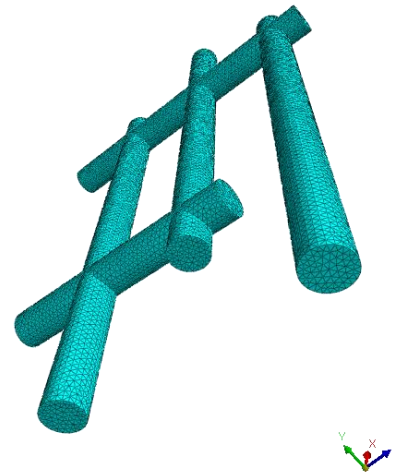
① 강제대류 - 수랭 해석 방법

수랭 해석의 요소망생성 조건



- 1) 유체 부분 : 냉매 유입
- 2) 고체 부분 : 발열 및 냉각 조건부

“내부 유동 해석 방법” 과 동일

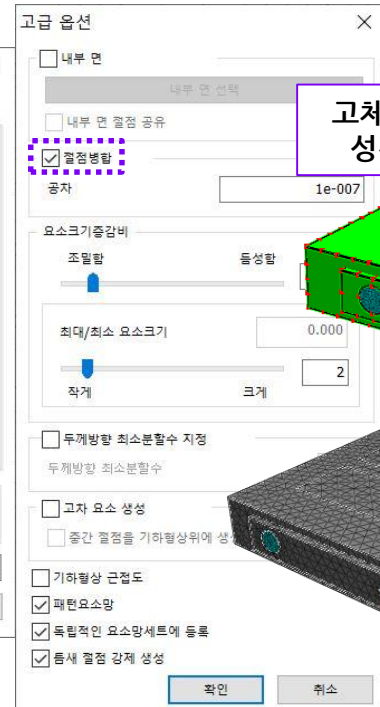
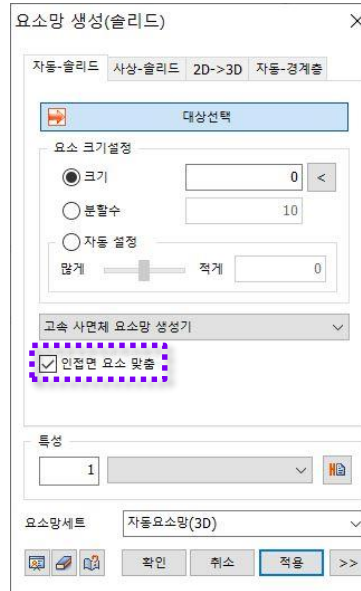


① 강제대류 - 수랭 해석 방법

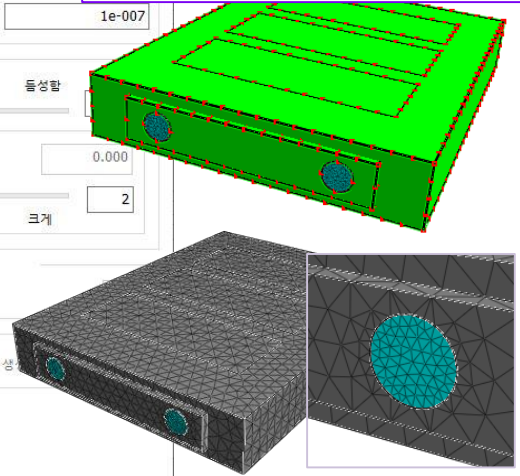
수랭 해석의 요소망생성 조건

- 1) 유체 부분 : 냉매 유입
- 2) 고체 부분 : 발열 및 냉각 조건부

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토



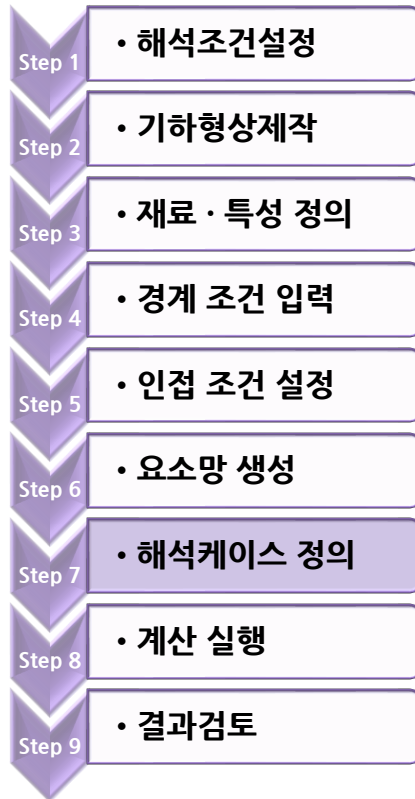
고체는 전도만 일어나기 때문에 성긴 요소망으로도 해석가능



① 강제대류 - 수랭 해석 방법

아래를 제외한 해석케이스의 기본적인 설정은
타 일반유동모듈의 해석방법과 동일

[중요] 강제 수랭 해석은 2-Step 복합열전달 해석을 추천



1) 1st Step : 일반유동만 해석 후 수렴

- ✓ 일반유동 모듈만 활성화
- ✓ 문제를 수렴 시킴
- ✓ 일반유동 모듈 개념에 따라 시간 간격이 짧음

2) 2nd Step : 수렴된 일반유동 결과(속도, 압력)를 이용해 열전달 해석

- ✓ 일반유동 모듈 비활성화
- ✓ 열전달 · 고체열전달 모듈 활성화
- ✓ '1st Step' 에서 해석한 결과를 '재시작'으로 초기값 이용
- ✓ '2nd Step' 에서는 속도 및 압력을 계산하지 않기 때문에 시간간격이 길어도 됨

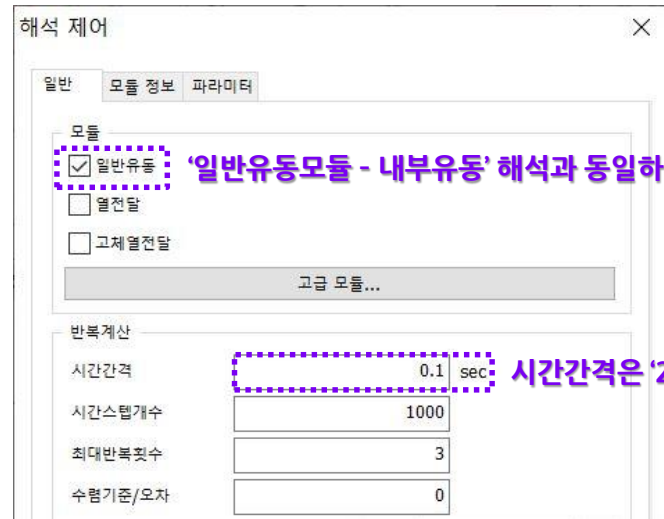
※ 이렇게 해석하는 이유는 일반적으로 제품이 열적 정상상태에 도달하기 위해서는 수 초에서 수 분이 걸리는 데, 단일 과정으로 풀 경우 속도, 압력 계산에 필요한 짧은 시간 간격이 온도 계산에는 비효율적이기 때문

① 강제대류 - 수랭 해석 방법

[중요] 강제 수랭 해석은 2-Step 복합열전달 해석을 추천

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

- 1) 1st Step : 일반유동만 해석 후 수렴
- 2) 2nd Step : 수렴된 일반유동 결과 (속도, 압력)를 이용해 열전달 해석



Part 1, 2 를 참고하여, 일반유동만 해석을 수렴 시킴
:내부유동 해석 참고 : Norm Graph & Monitoring 포인트 수렴

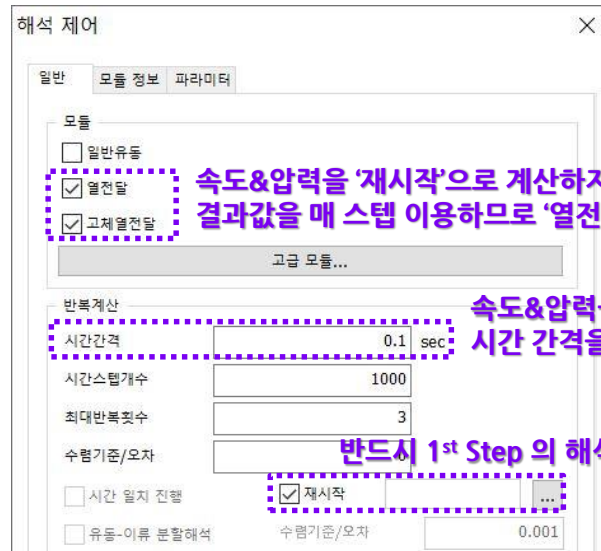
- I. 요소망은 유체부분과 고체부분 중 유체부분만 이용
- II. 경계조건은 온도를 제외한 유체부분 경계조건만 포함

① 강제대류 - 수랭 해석 방법

[중요] 강제 수랭 해석은 2-Step 복합열전달 해석을 추천

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

- 1) 1st Step : 일반유동만 해석 후 수렴
- 2) 2nd Step : 수렴된 일반유동 결과 (속도, 압력)를 이용해 열전달 해석



속도&압력을 '재시작'으로 계산하지 않고 결과값을 매 스텝 이용하므로 '열전달', '고체열전달' 만 작동

속도&압력을 풀지 않아도 되기 때문에 시간 간격을 넉넉하게 입력하여 해석

반드시 1st Step 의 해석 결과를 불러와야 함

관심 영역의 온도를 모니터링 하여 정상상태 진입 확인

- I. 정의한 모든 요소망과 경계조건을 들고 옴
- II. 필드정의에서 온도에 대한 초기조건을 명확하게 줘야 함

열유동 모듈을 이용한 실무 해석 분류

실무 열유동 해석 분류

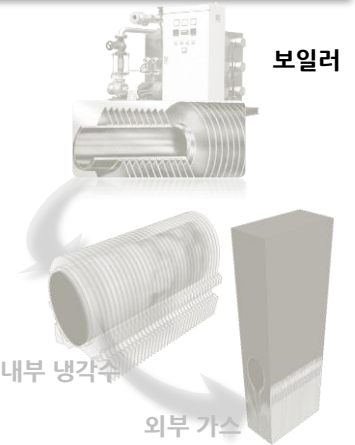
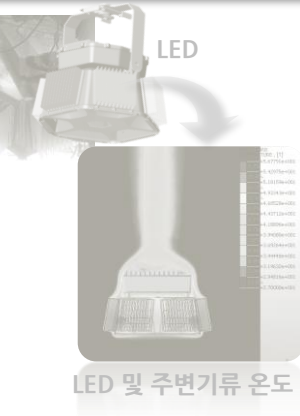
강제 대류

④ 자연대류

⑤ 열교환기

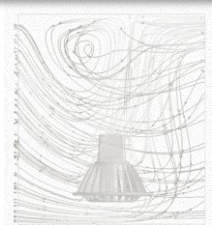
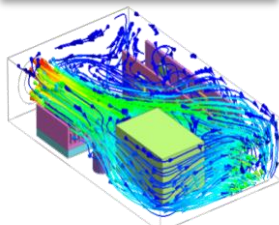
① 수랭

공랭

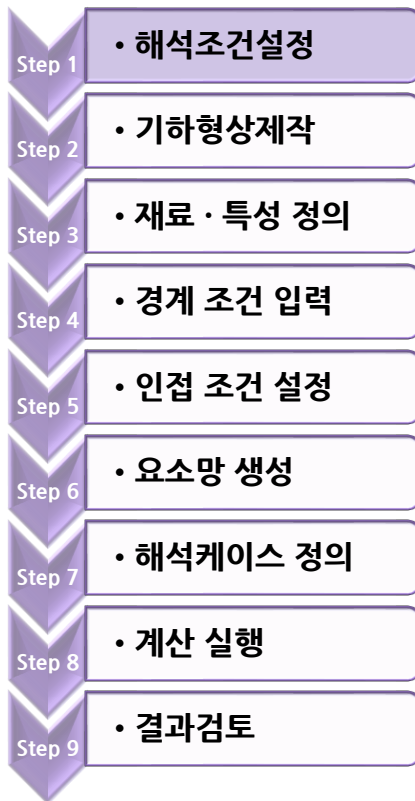


② 내부 유동

③ 외부 유동



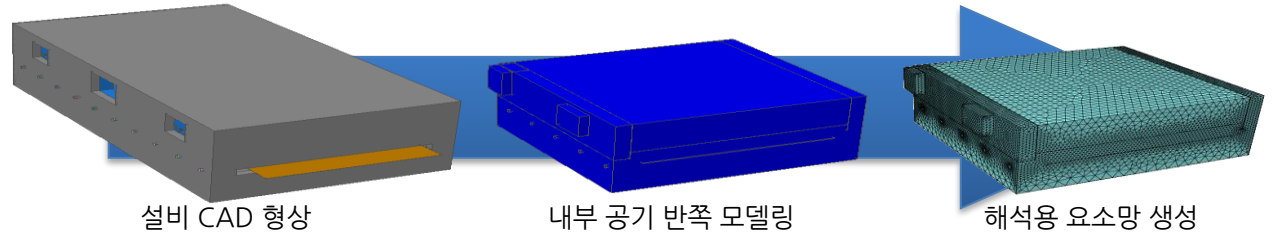
② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”

② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법

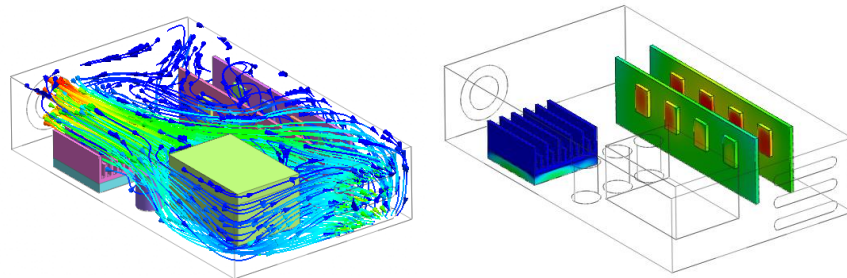
- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토



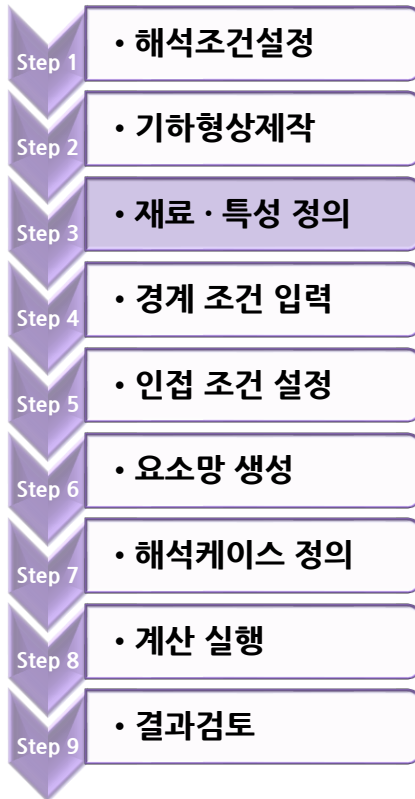
유체 파트는 '내부유동 해석'과 동일하며,
차이점은 내부유동해석에서 생략됐던 구조물(고체)이

'강제대류 공랭'에서는 **모델링에 반영됨**

EX. 전자 장비 내 PCB나 칩의 경우 모델링 되어 유체와 열전달 계산됨



② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법



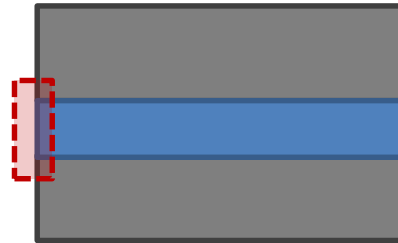
“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”

② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법

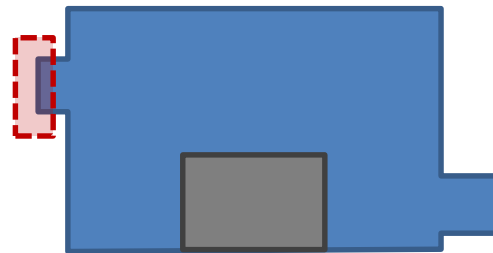
입구단 동일 개념

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법”

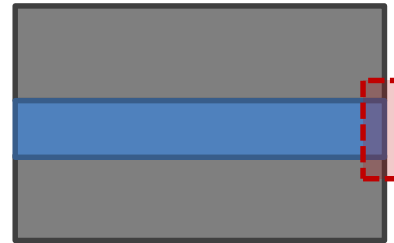


② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법

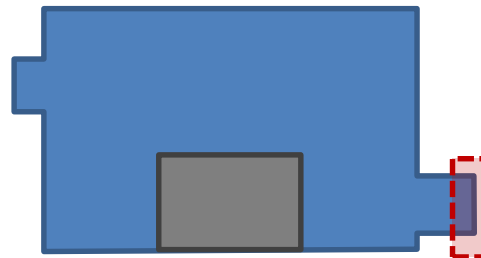
출구단 동일 개념

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법”



② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법

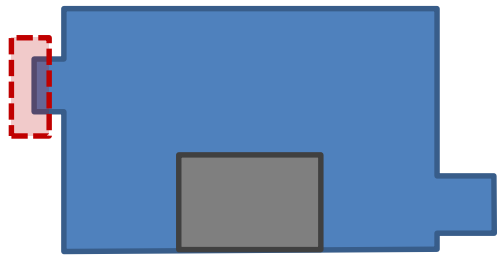
입구 온도 동일 개념

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법”

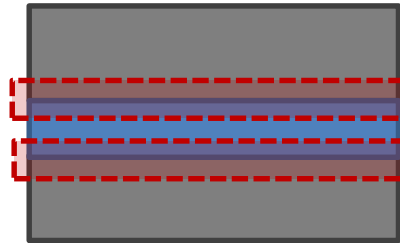


② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법

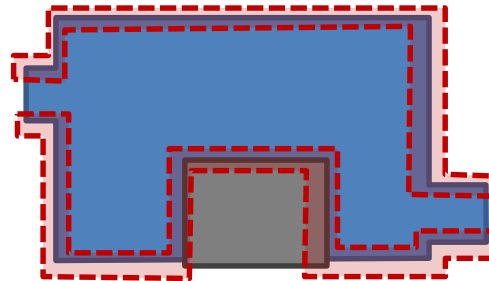
벽면 조건 동일 개념

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법”



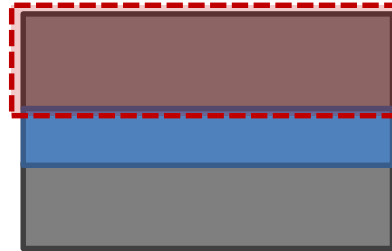
[주의]고체 부분이 아닌 유체부분에 들어감

② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법

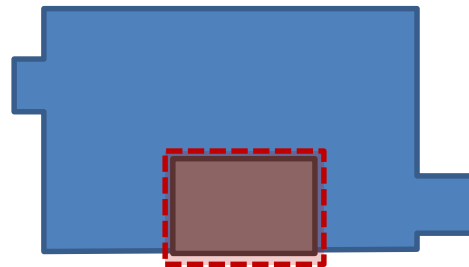
발열 조건 동일 개념

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법”



[주의] 유체 부분이 아닌 고체부분에 들어감

② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법

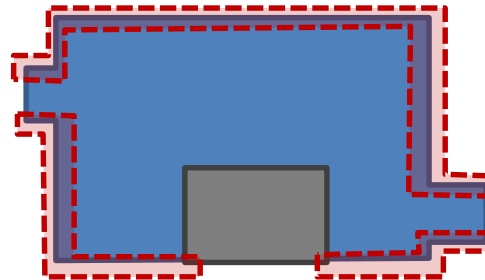
대류 조건 동일 개념

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법”



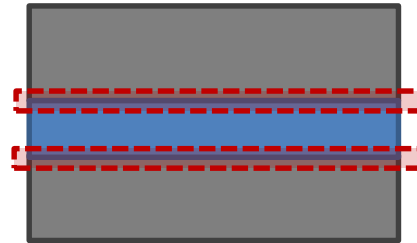
Tip. 고체를 모델링하지 않고 대류계수 5~15를 사용

② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법

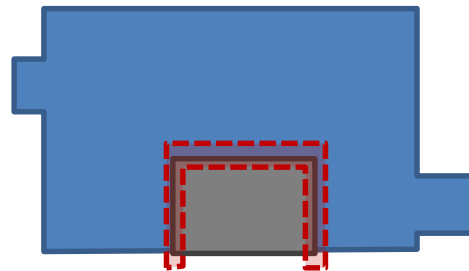
인접 조건 설정 동일 개념

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법”

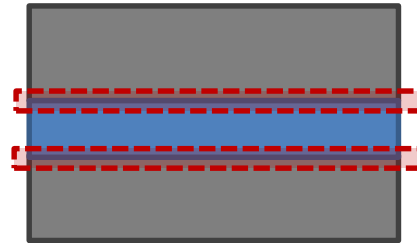


② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법

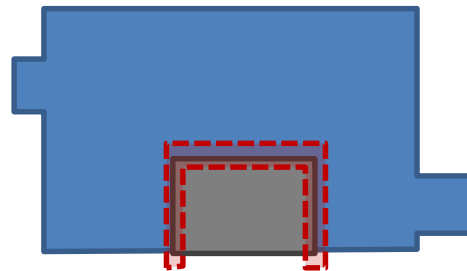
인접면 요소 맞춤 및 절점 병합 동일 개념

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법”

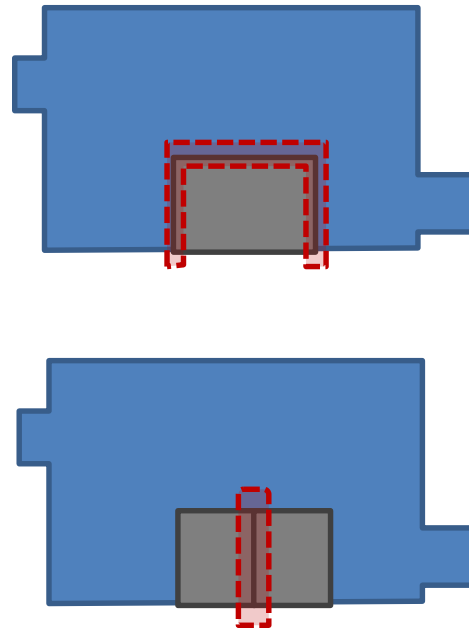


② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법

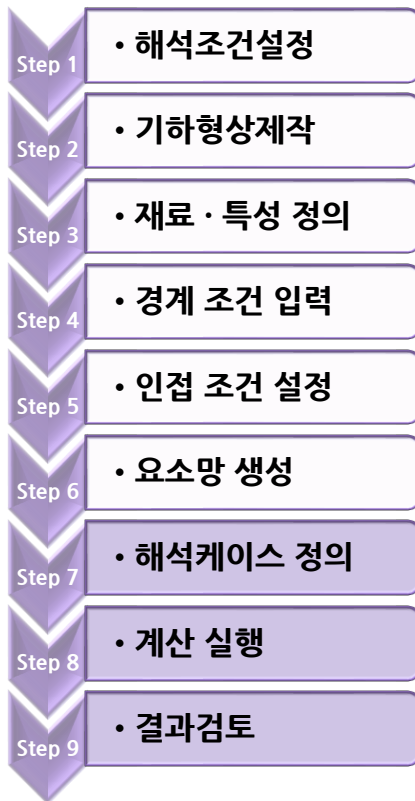
고체 파트가 두 개 이상일 경우

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

“인접면 요소망 맞춤 + 절점병합” 을 통해 요소망을 작성함



② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”

열유동 모듈을 이용한 실무 해석 분류

실무 열유동 해석 분류

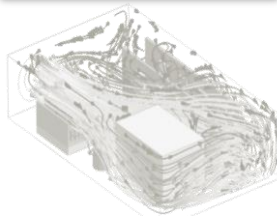
강제 대류

① 수랭

제품



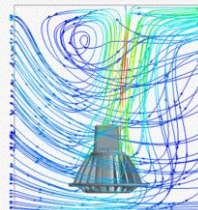
② 내부 유동



장비 내부 팬에 의한 냉각

공랭

③ 외부 유동



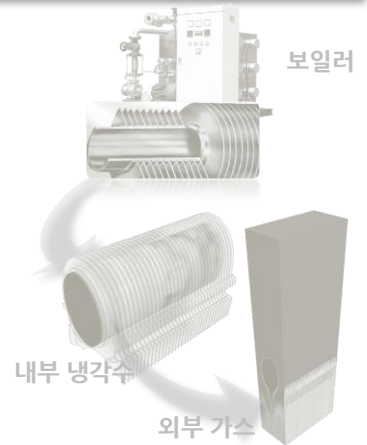
우측으로 강제대류 발생

④ 자연대류



LED 및 주변기류 온도

⑤ 열교환기

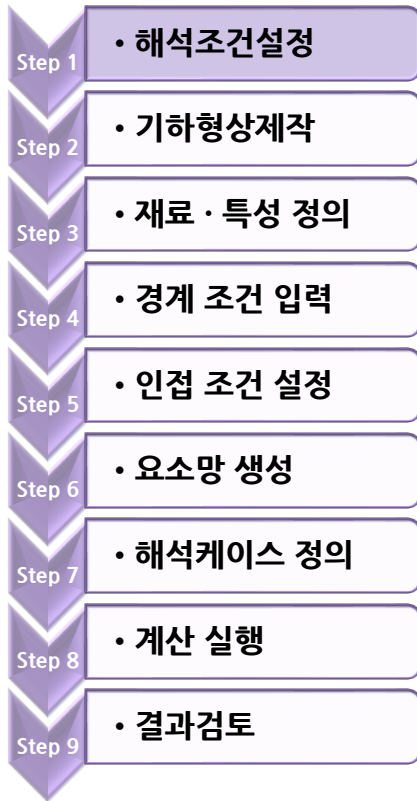


보일러

내부 냉각수

외부 가스

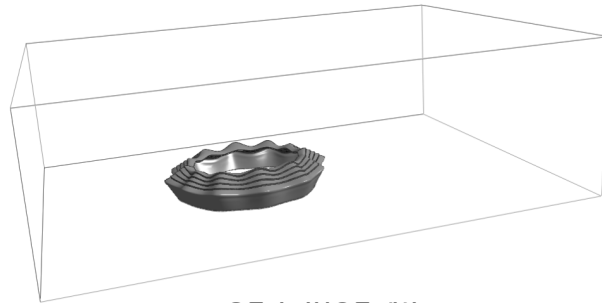
③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법



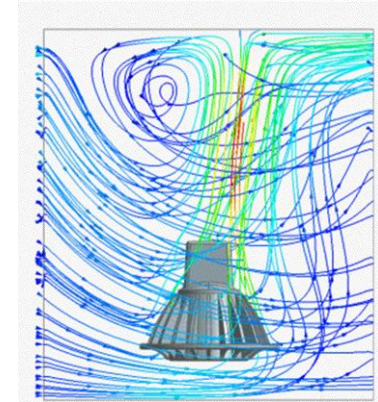
“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”

③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토



운동장 외부유동 해석



LED 조명의 강제 대류 해석

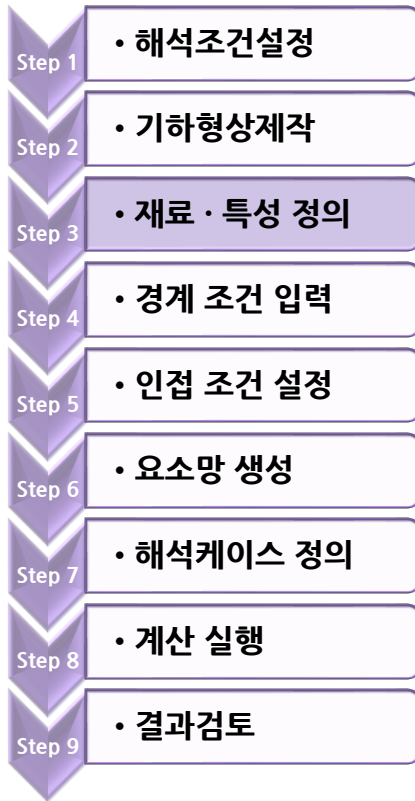
강제대류-공랭-외부유동해석의 경우

일반유동 외부유동해석과 모델링 흡사

차이점은 해석 대상 부분

- 1) 외부유동 해석대상 : 삭제 → 유동의 벽면경계조건으로 유동 차단 효과
- 2) 강제대류-공랭-외부유동 해석대상 : 유지 → 유체와 인접면 요소맞춤(절점병합) 으로 열전달 발생

③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법



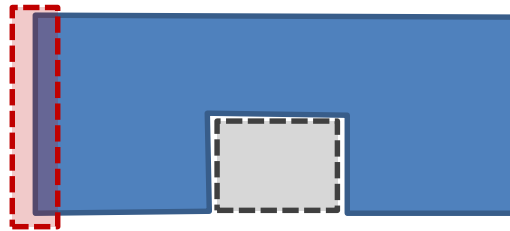
“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”

③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법

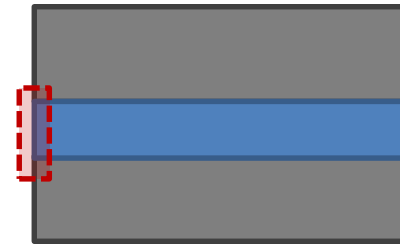
입구단 개념

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

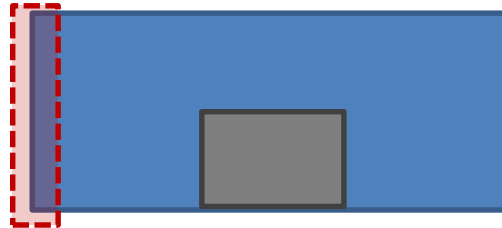
“review_일반유동 모듈의 이해”
> “② 외부 유동 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해”
> “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법”



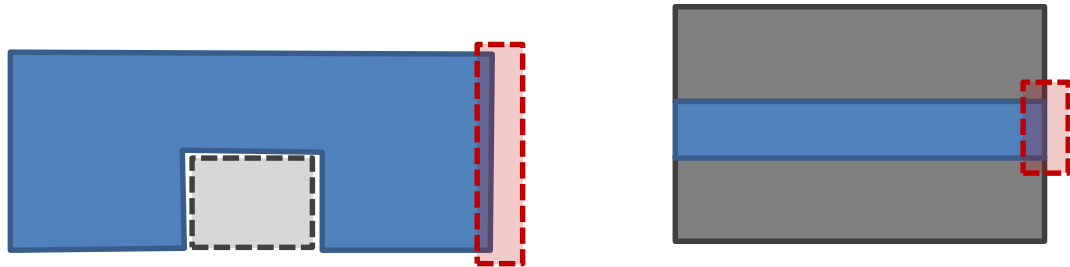
③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법

출구단 개념

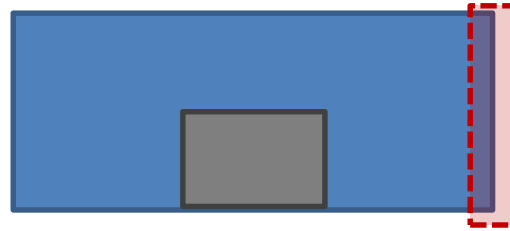
- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

“review_일반유동 모듈의 이해”
 > “② 외부 유동 해석 방법”

“Part 1. 열유동 모듈의 이해”
 > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법”

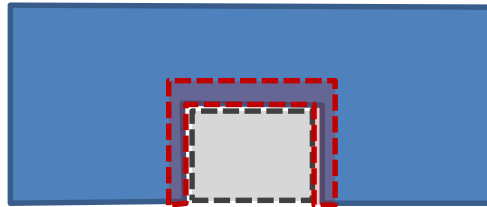


③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법

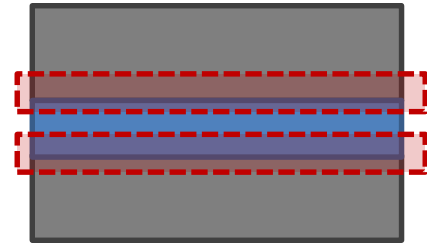
벽면 개념

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

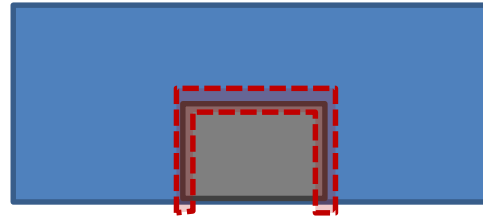
“review_일반유동 모듈의 이해”
 > “② 외부 유동 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해”
 > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법”



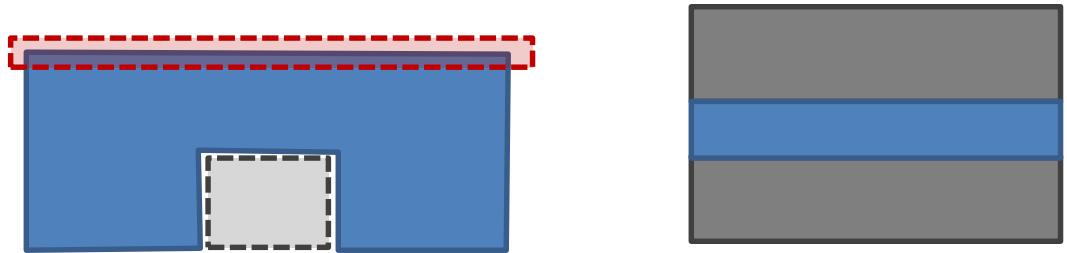
③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법

외기 개념

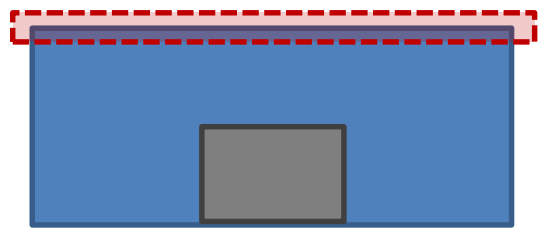
- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

“review_일반유동 모듈의 이해”
> “② 외부 유동 해석 방법”

“Part 1. 열유동 모듈의 이해”
> “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법”

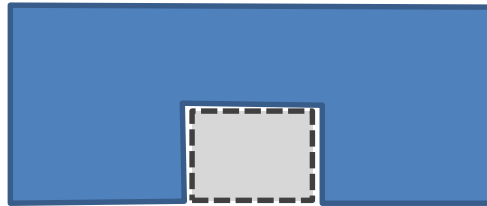


③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법

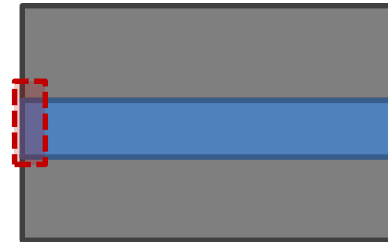
입구 온도 개념

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

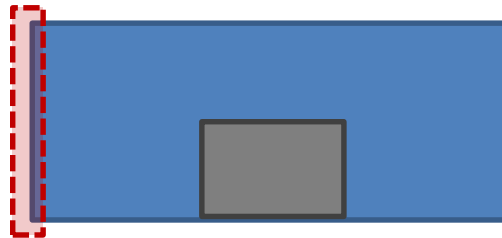
“review_일반유동 모듈의 이해”
> “② 외부 유동 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해”
> “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법”

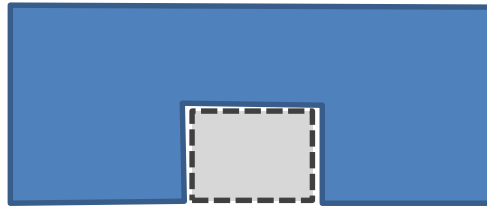


③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법

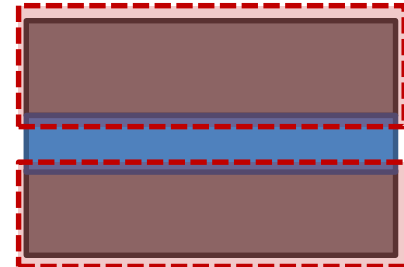
발열 개념

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

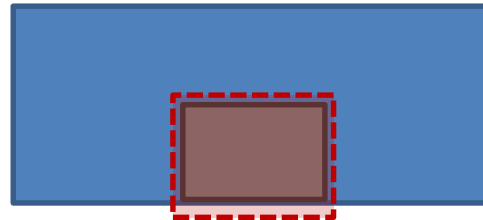
“review_일반유동 모듈의 이해”
> “② 외부 유동 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해”
> “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”



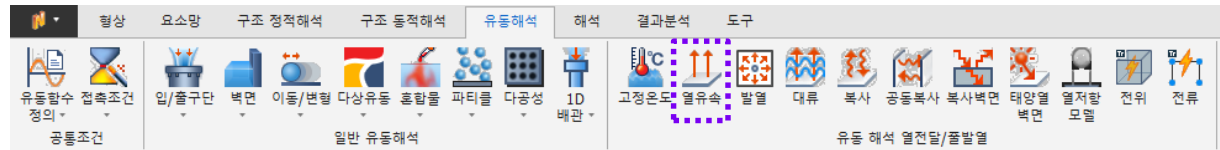
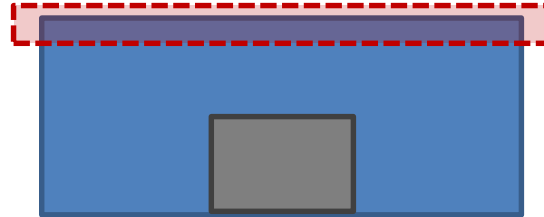
“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법”



③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

외기의 열전달 조건



열유속

이름 열유속-1

대상형상

종류 면

대상선택

열유속 0 W/m² 없음

반응열유속 0 W/(m²·[T]) 없음

CFD 경계세트 유동해석 경계조건 세트-1

확인 취소 적용

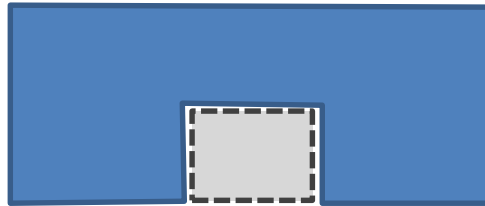
열유속 및 반응성열유속을 '0' 으로 입력함

③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법

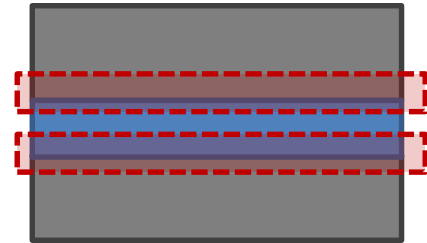
인접 조건 설정 동일 개념

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

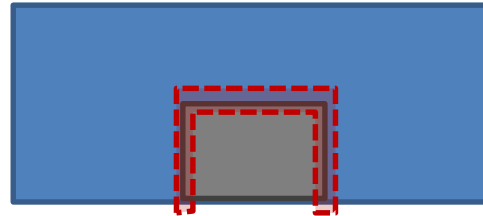
“review_일반유동 모듈의 이해”
> “② 외부 유동 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해”
> “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법”

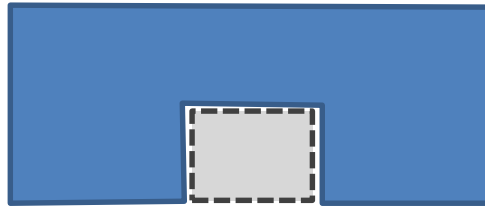


③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법

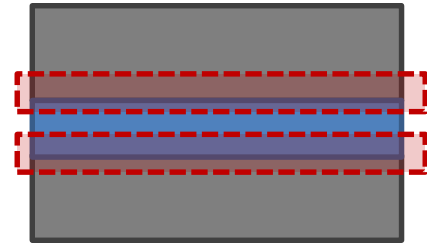
인접면 요소 맞춤 및 절점 병합 동일 개념

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

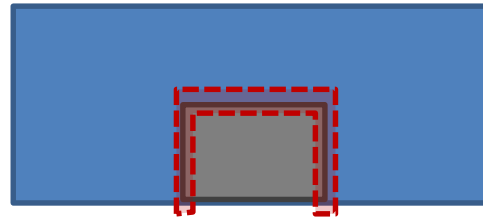
“review_일반유동 모듈의 이해”
> “② 외부 유동 해석 방법”



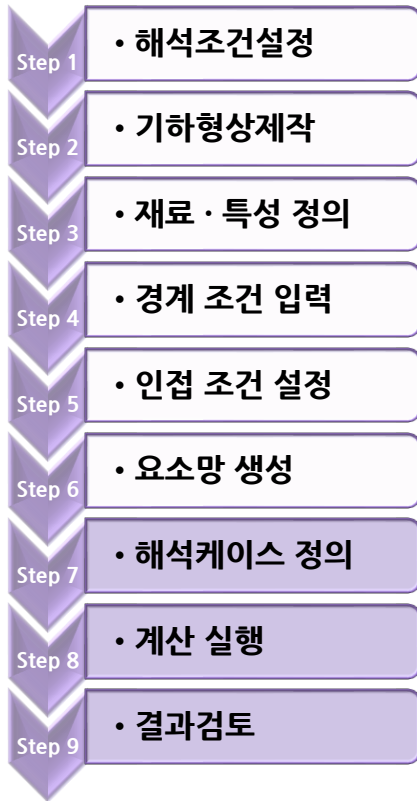
“Part 1. 열유동 모듈의 이해”
> “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법”



③ 강제대류 - 공랭 - 외부 유동 해석 방법



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “① 강제대류 - 수랭 해석 방법”

열유동 모듈을 이용한 실무 해석 분류

실무 열유동 해석 분류

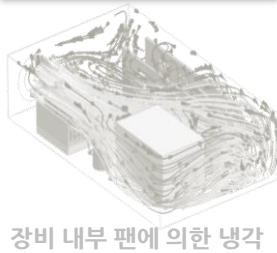
강제 대류

① 수랭



공랭

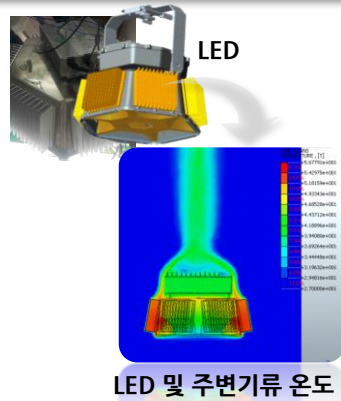
② 내부 유동



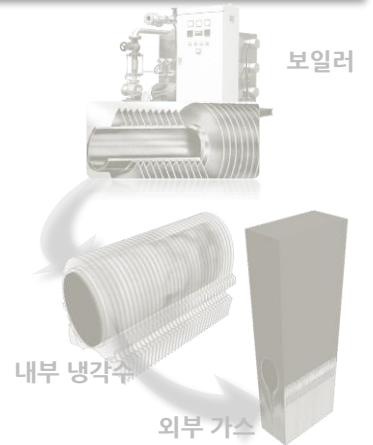
③ 외부 유동



④ 자연대류



⑤ 열교환기



④ 자연 대류 해석 방법

자연대류의 핵심

비압축성 이상기체 적용을 통해 부유도를 표현

1. 해석조건설정 중 옵션 조절에서 압력기반 압축성 솔버 선택
2. 재료 입력을 통해 '비압축성 이상기체' 설정
3. 외기 : 하단부 입구단 압력 0 + 나머지 출구단 압력0 입력
4. 정상상태 단일 해석 (유동-열전달 한꺼번에 해석)
5. 해석케이스에서 "부유도 적용" 활성화

④ 자연 대류 해석 방법

자연대류의 핵심

비압축성 이상기체 적용을 통해 부유도를 표현

1. 해석조건설정 중 옵션 조절에서 압축성 솔버 선택

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

유동 해석 옵션 설정

정적해석 구조 동적해석 유동해석 **해석** 결과분석 도구

구조해석 **유동해석** 실행 배치해석 결과변환 하중조합 센서정의 모니터링 옵션

해석옵션 정의 해석 도구

유동해석 옵션 설정

프로세서 개수: 4

GPU 자원 사용 고속 어셈블 사용

요소적용공식

하이브리드 (정확성)

감차적분 (효율성)

표준 (안정성)

연립방정식해법

반복 다중프론트

안정화 레벨: 1

연립방정식 해법 재시도 횟수: 1

수렴할상 기법

2-레벨 압력 프리컨디셔너

고차 불완전 LU 분해법

다중 레벨 프리컨디셔너

중간 레벨 완화 계수: 0.3

최초 / 최종 레벨 완화 계수: 0.7

유동해석 재료

압축성 솔버 종류: **압력기반압축성**

압축성 종류: 이상기체(점성)

기본값으로 저장 확인 취소

“압축성 솔버 종류” 선택 창 : “압력기반압축성” 선택

타 내용은 “Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법” 참조

④ 자연 대류 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토



※ 해석 대상 내부에 공기 공간 Cavity가 있을 경우?
Tip. 공기의 밀도, 비열, 열전도율을 갖는 고체로 모델링 (열전도만 해석)
 ; 적은 수의 요소를 쓸 수 있어 실무적으로 계산 효율 상승

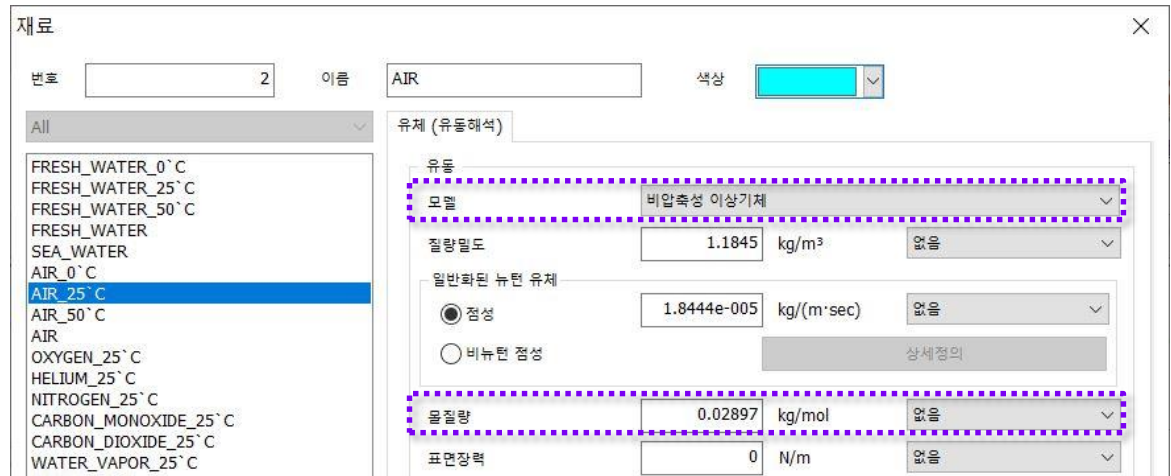
④ 자연 대류 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

자연대류의 핵심

비압축성 이상기체 적용을 통해 부유도를 표현

2. 재료 입력을 통해 '비압축성 이상기체' 설정



“모델” 선택 창 : “비압축성 이상기체” 선택
 “물질량” 입력 창 : 물질량 (공기=0.02897kg/mol) 입력

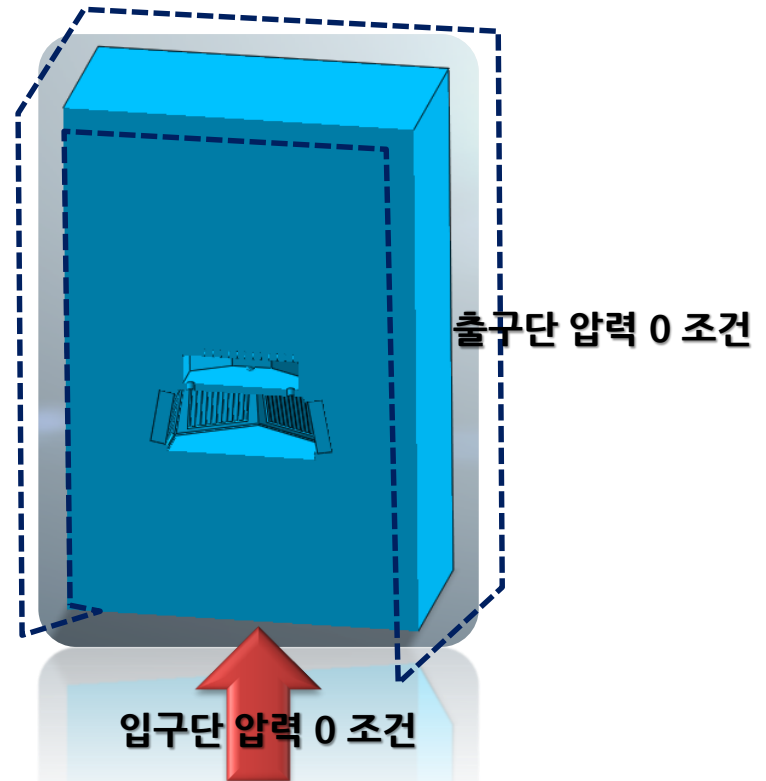
④ 자연 대류 해석 방법

자연대류의 핵심

비압축성 이상기체 적용을 통해 부유도를 표현

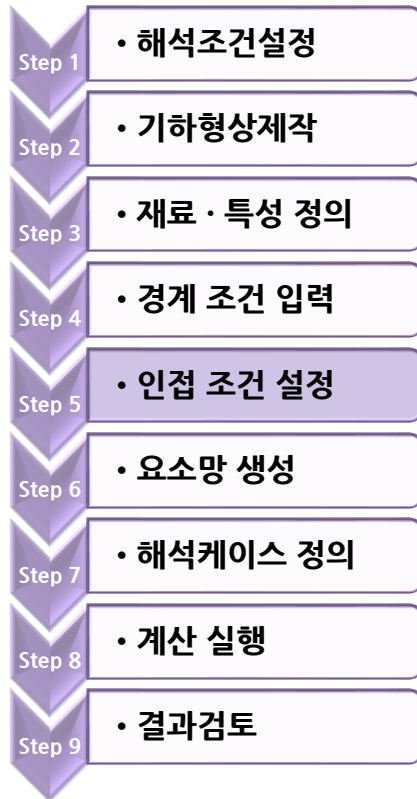
3. 외기 : 하단부 입구단 압력 0 + 나머지 출구단 압력 0 입력

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토



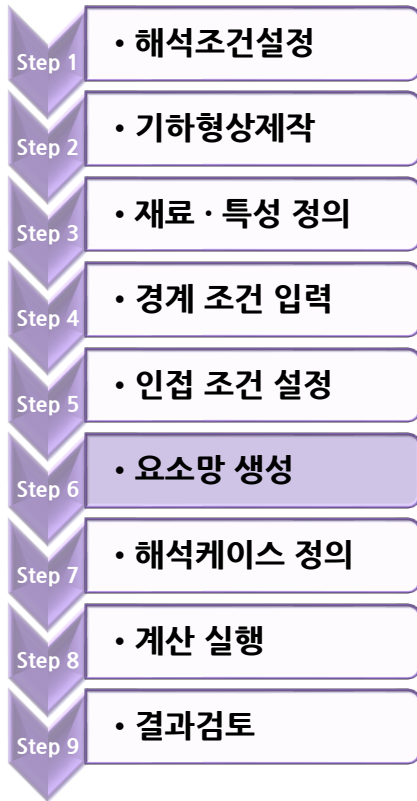
타 내용은 “Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법” 참조

④ 자연 대류 해석 방법



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법”

④ 자연 대류 해석 방법



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법”

④ 자연 대류 해석 방법

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토

자연대류의 핵심

비압축성 이상기체 적용을 통해 부유도를 표현

4. 정상상태 1WAY 해석



열에 의한 부유도로 속도가 발생하기 때문에 일반유동과 열유동을 동시에 풀어야 함

타 내용은 “Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법” 참조

④ 자연 대류 해석 방법

자연대류의 핵심

비압축성 이상기체 적용을 통해 부유도를 표현

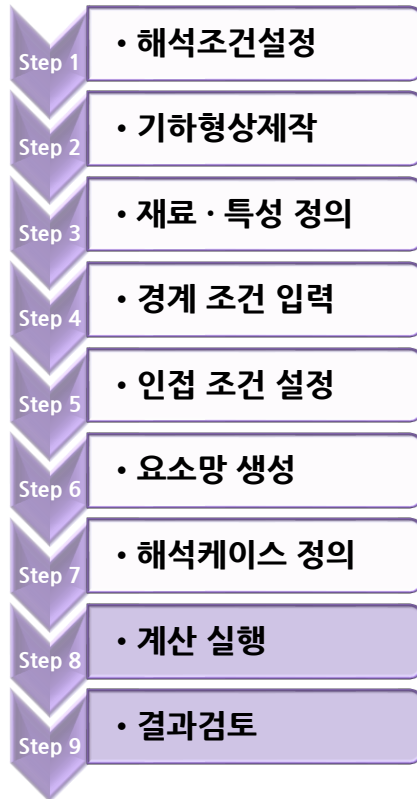
5. 해석케이스에서 “부유도 적용” 활성화

- Step 1 • 해석조건설정
- Step 2 • 기하형상제작
- Step 3 • 재료 · 특성 정의
- Step 4 • 경계 조건 입력
- Step 5 • 인접 조건 설정
- Step 6 • 요소망 생성
- Step 7 • 해석케이스 정의
- Step 8 • 계산 실행
- Step 9 • 결과검토



타 내용은 “Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법” 참조

④ 자연 대류 해석 방법



“Part 1. 열유동 모듈의 이해” > “② 강제대류 - 공랭 - 내부 유동 해석 방법”

열유동 모듈을 이용한 실무 해석 분류

실무 열유동 해석 분류

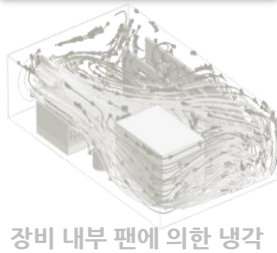
강제 대류

① 수랭



공랭

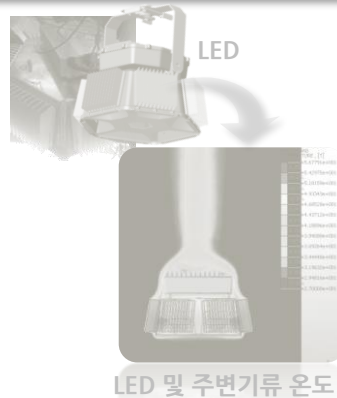
② 내부 유동



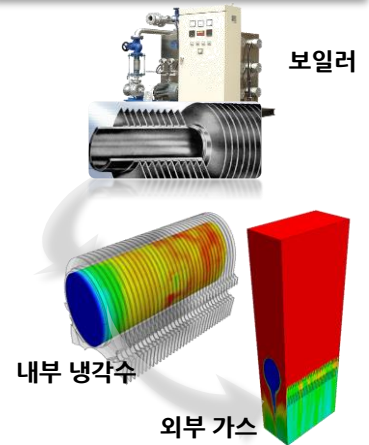
③ 외부 유동



④ 자연대류



⑤ 열교환기



midas NFX CFD 기본유동해석 교육

Part 1. CFD 기본개념의 이해

Part 2. CFD를 위한 올바른 모델링과 해석 수행방법

Part 3. 일반유동 모듈의 이해

Part 4. 예제로 살펴보는 일반유동 모듈

Part 5. 열유동 모듈의 이해

Part 6. 예제로 살펴보는 열유동 모듈

Contents

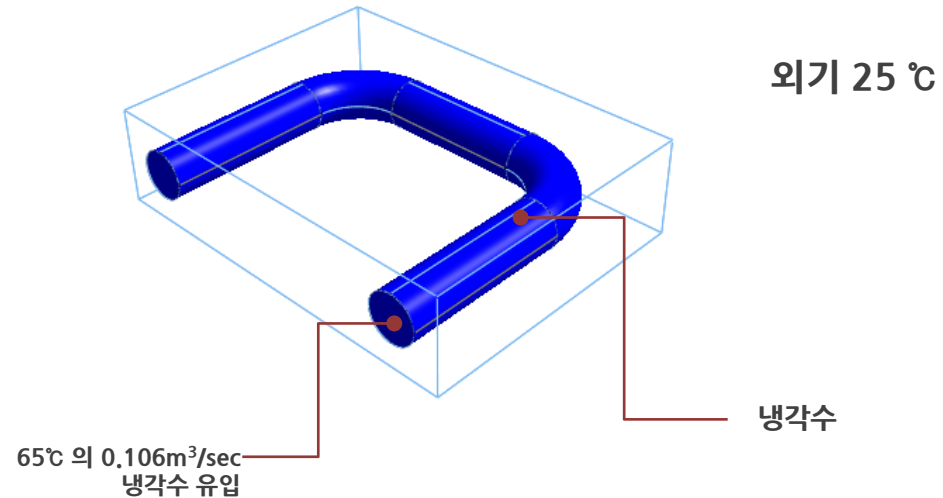
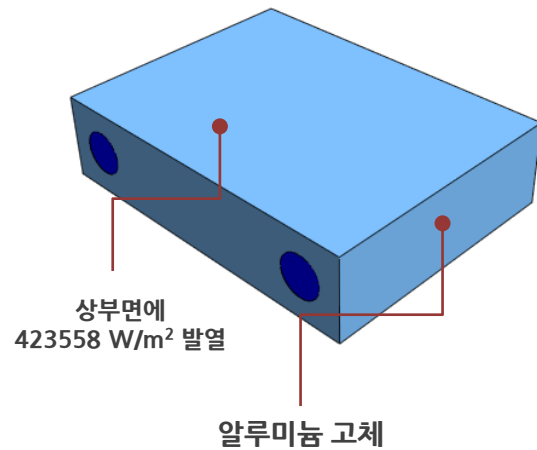
실무 따라하기

강제 수랭 해석 기본 예제


- ★ 본 예제는 반드시 “내부 유동 해석 기본 예제” 선행 학습이 필요합니다.
- ★ 본 예제는 반드시 “외부 유동 해석 기본 예제” 선행 학습이 필요합니다.

Contents

문제 설명 및 해석 목적



문제 설명

- ✓ 육면체 알루미늄 상부면 발열
- ✓ 육면체에 “” 자 배관으로 냉각수 유입

해석 목적

- ✓ 발열 고체를 냉각수로 식히는 수랭해석 방법을 익힘

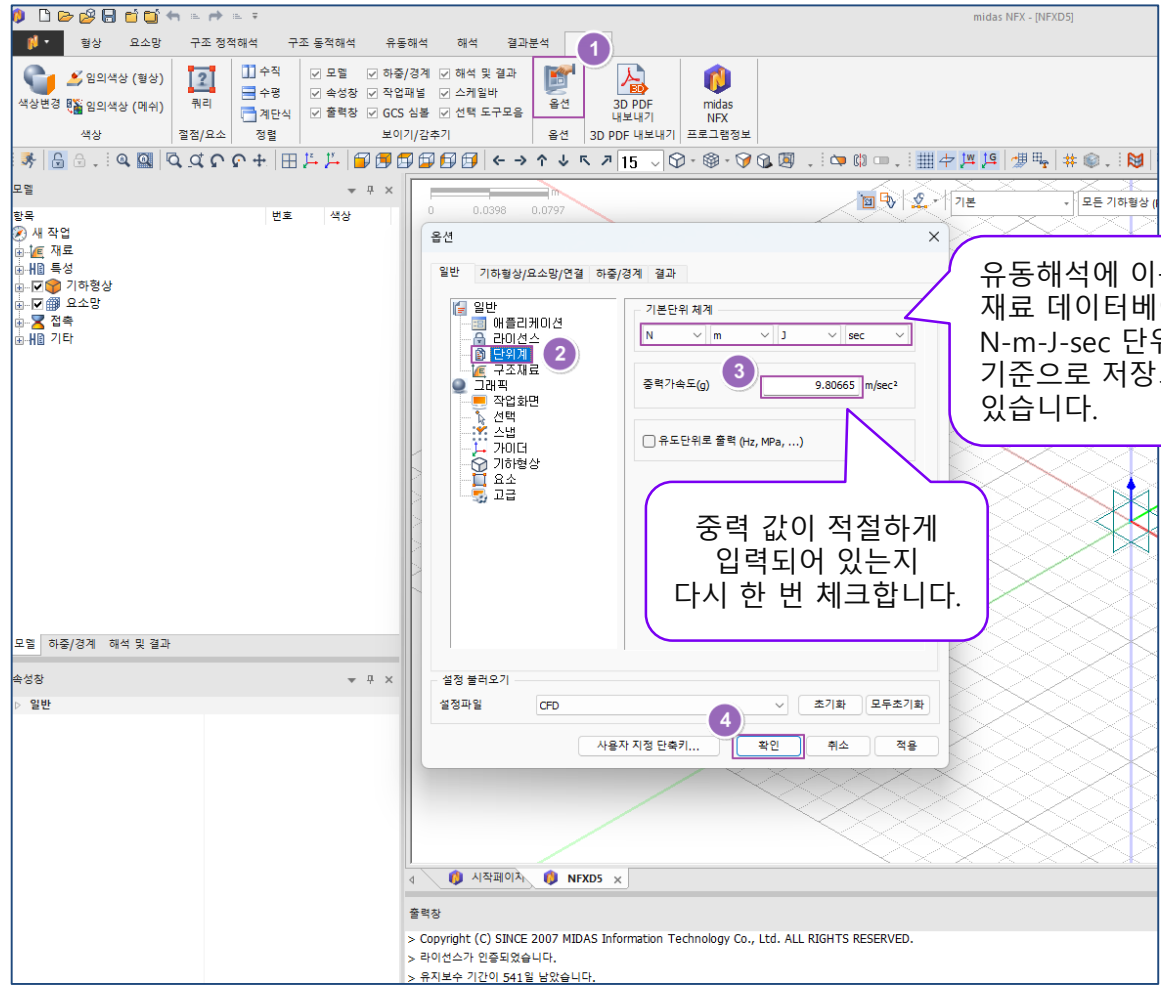
학습 주요 아이템

- ✓ 복합열전달 계산
- ✓ 발열조건 입력
- ✓ 온도조건 입력
- ✓ 2 Step 과도열전달 해석 수행방법

단위계 옵션 확인



- ① 리본 메뉴 “도구” > 옵션 버튼 선택
- ② 옵션 창 > “일반” 탭 > “단위계” 트리 > “기본단위 체계” 콤보박스 : “N-m-J-sec” 확인
- ③ “중력가속도” 입력 창 : “9.8” 확인
- ④ “적용” 버튼 클릭



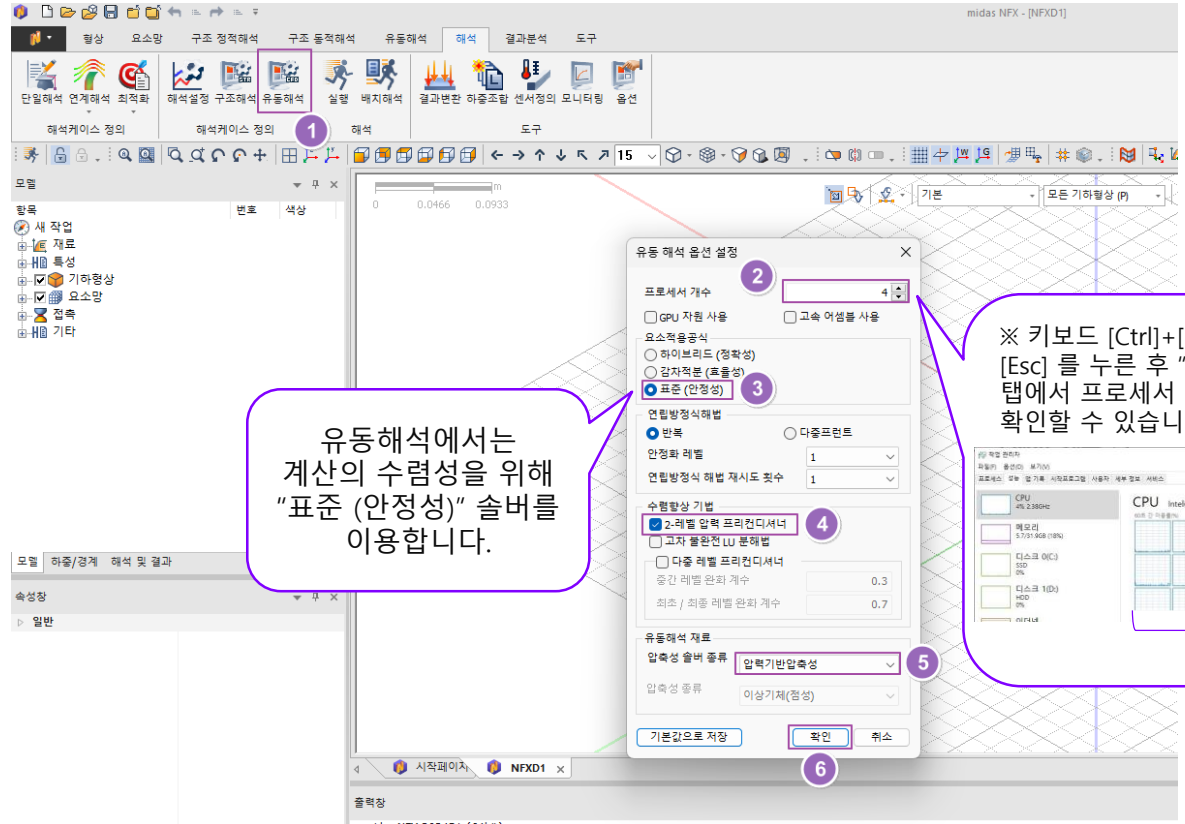
유동해석에 이용되는 재료 데이터베이스는 N-m-J-sec 단위를 기준으로 저장되어 있습니다.

중력 값이 적절하게 입력되어 있는지 다시 한 번 체크합니다.

프로세서 개수 선택 및 솔버 선택



- ① 리본 메뉴 “해석” > 옵션 버튼 선택
- ② “프로세서 개수” 입력창 : 계산에 동원할 CPU 개수를 입력
- ③ “요소적용공식” 그룹박스 > “표준(안정성)” 라디오버튼 선택
- ④ “2-레벨 압력 프리컨디셔너” 클릭
- ⑤ “압축성 솔버 종류” 그룹박스 > “압력기반압축성” 선택
- ⑥ “확인” 버튼 클릭



유동해석에서는 계산의 수렴성을 위해 “표준 (안정성)” 솔버를 이용합니다.

※ 키보드 [Ctrl]+[Shift]+[Esc] 를 누른 후 “성능” 탭에서 프로세서 개수를 확인할 수 있습니다.

새로 만들기

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

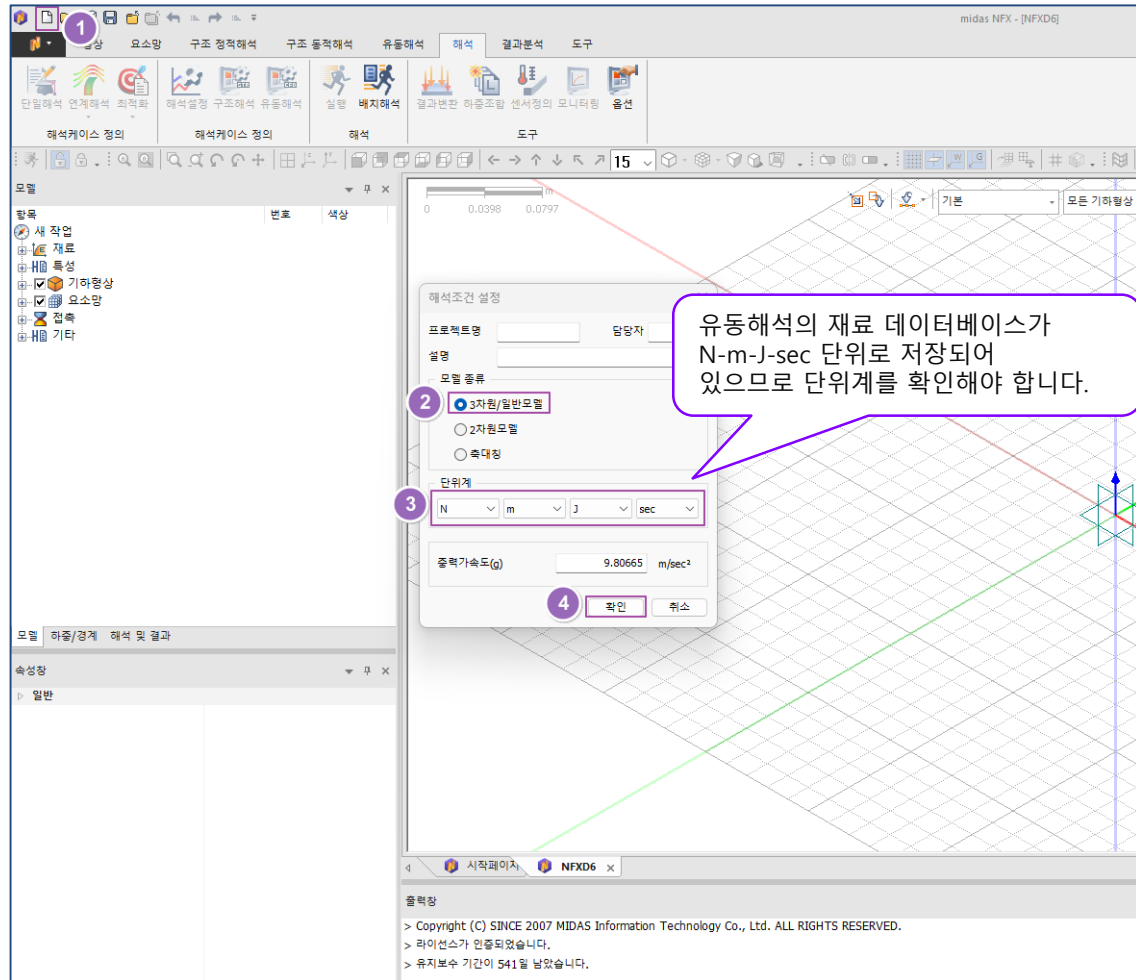
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “새로만들기” 버튼 클릭
- ② “3차원/일반모델” 라디오버튼 클릭
- ③ “단위계” 그룹박스 내 : N-m-J-sec 설정
- ④ “확인” 버튼 클릭



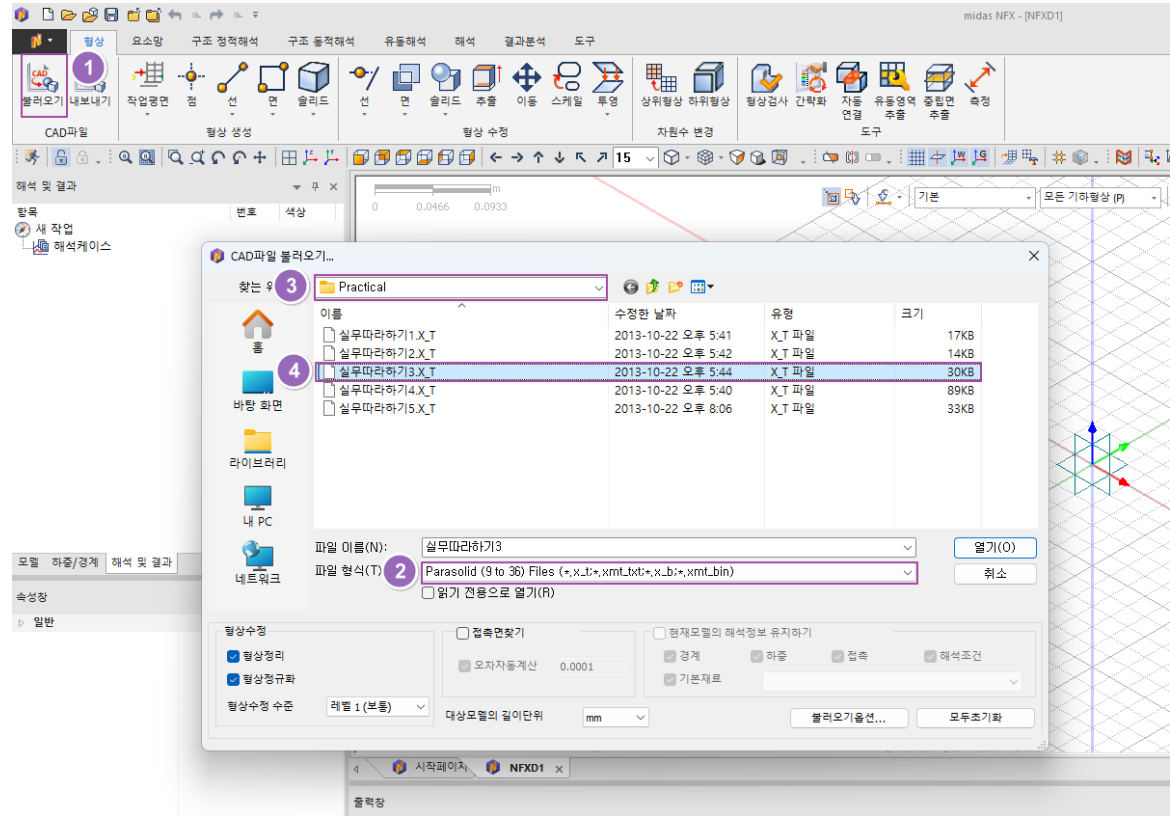
기하형상 불러오기



- ① “형상” 리본메뉴 > “불러오기” 버튼 클릭
- ② “파일 형식” 콤보박스 > “Parasolid..” 선택
- ③ CAD 파일이 있는 폴더로 이동
- ④ “실무따라하기3.X_T” 더블 클릭

※예제 파일 위치:

C:\ Program Files\ midas NFX\ Manual\ Tutorial\ mid as NFX CFD\ Practical



기하형상 불러오기

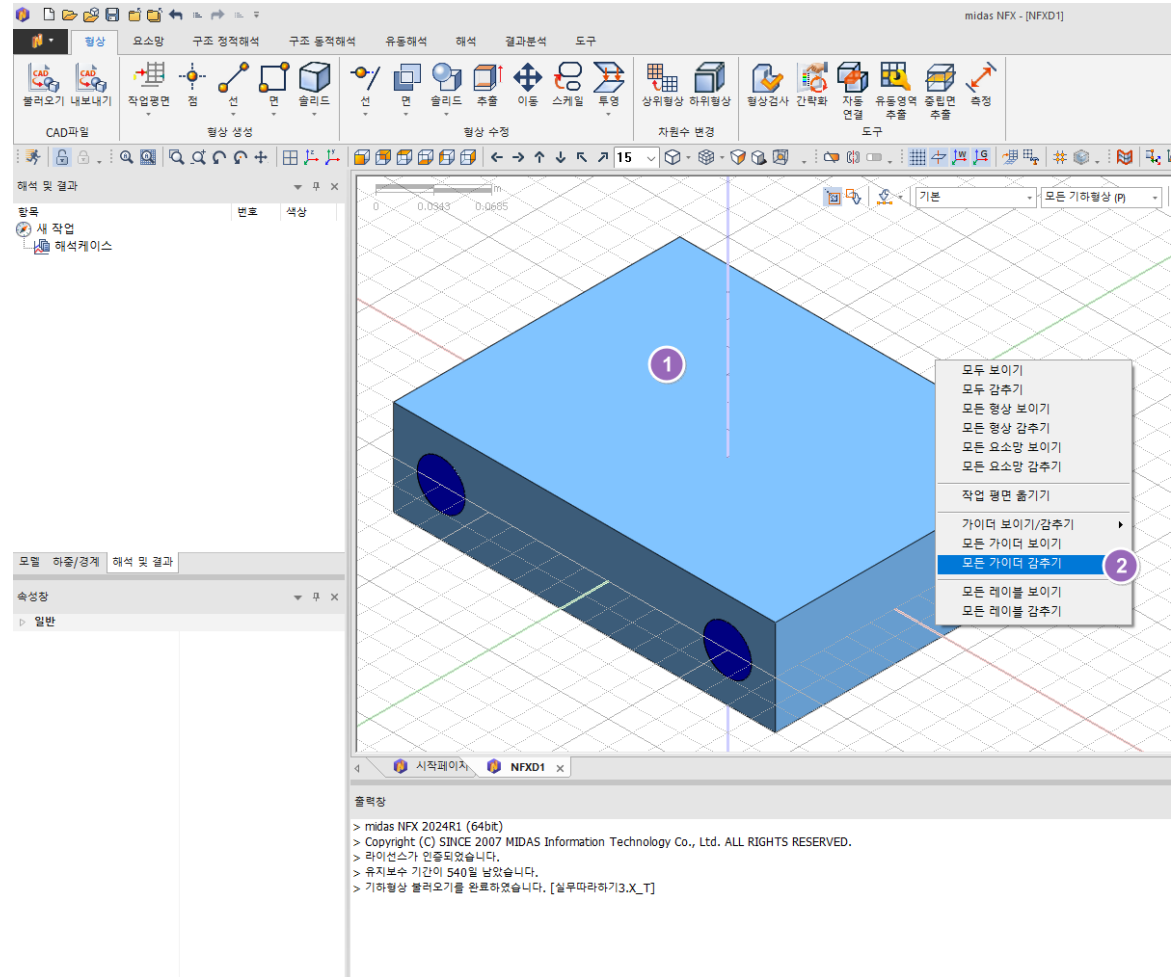


① 기하형상 확인

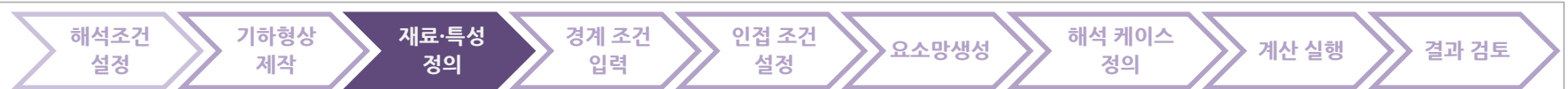
※ 키보드 마우스 조작을 통해 기하형상을 자세히 관찰합니다.

② 마우스 오른쪽 버튼 클릭 > “모든 가이드 감추기” 클릭

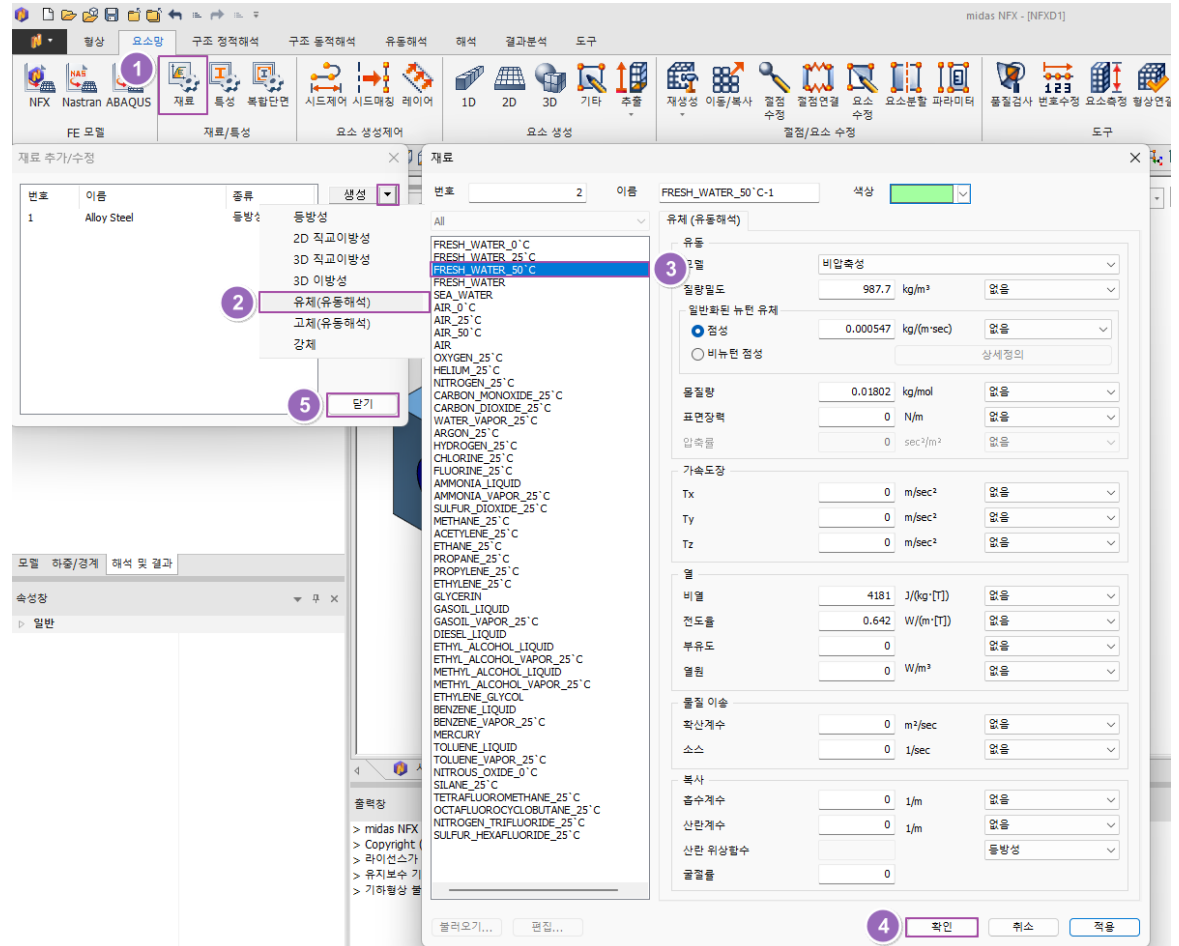
※ 실무에서는 냉각수 부분에 해당하는 유체체적이 없을 경우 앞선 예제를 참고하여 유체체적을 만들어야 합니다.



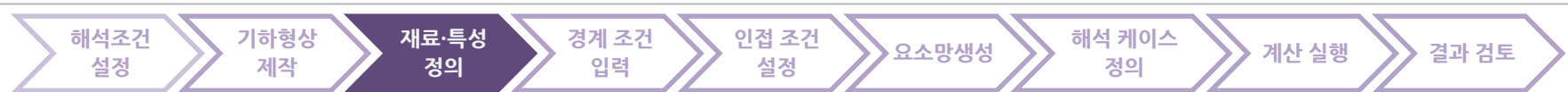
유체 재료 정의하기



- ① “요소망” 리본 메뉴 클릭
 > “재료” 버튼 클릭
- ② “재료 추가/수정” 창
 > “생성” 옆 화살표 버튼 클릭
 > “유체(유동해석)” 선택
- ③ 재료 데이터베이스
 > “FRESH_WATER_50C” 선택
- ④ “확인” 버튼 클릭
- ⑤ “닫기” 버튼 클릭



고체 재료 정의하기



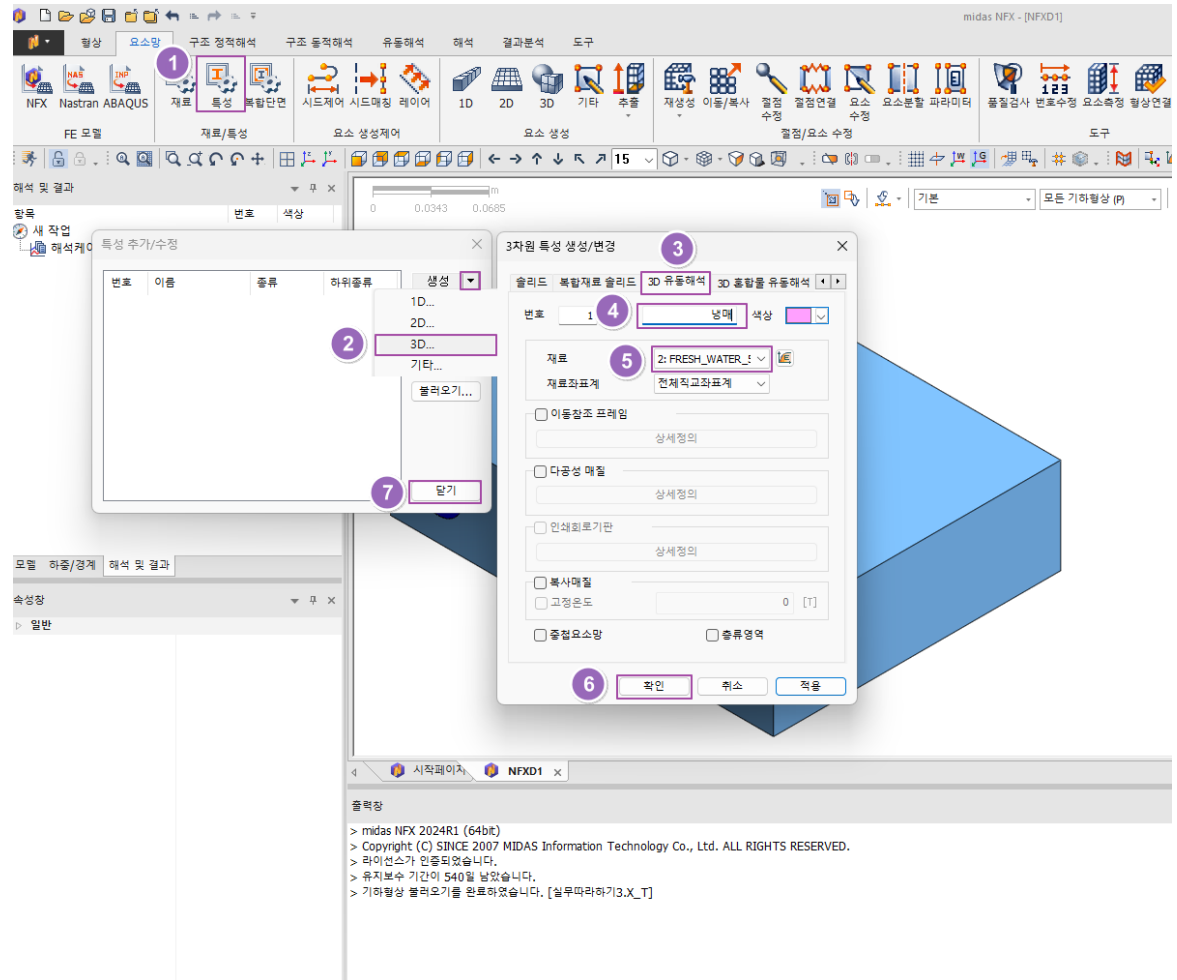
- ① “요소망” 리본 메뉴 클릭
> “재료” 버튼 클릭
- ② “재료 추가/수정” 창
> “생성” 옆 화살표 버튼 클릭
> “고체(유동해석)” 선택
- ③ 재료 데이터베이스
> “ALUMINIUM” 선택
- ④ “확인” 버튼 클릭
- ⑤ “닫기” 버튼 클릭

CFD 는 유동해석이지만 온도를 계산하는 열전달의 경우 고체도 해석 가능합니다. 이 때 고체 재료를 정의해야 하기 때문에 본 창을 이용하여 고체를 정의합니다.

특성 정의하기



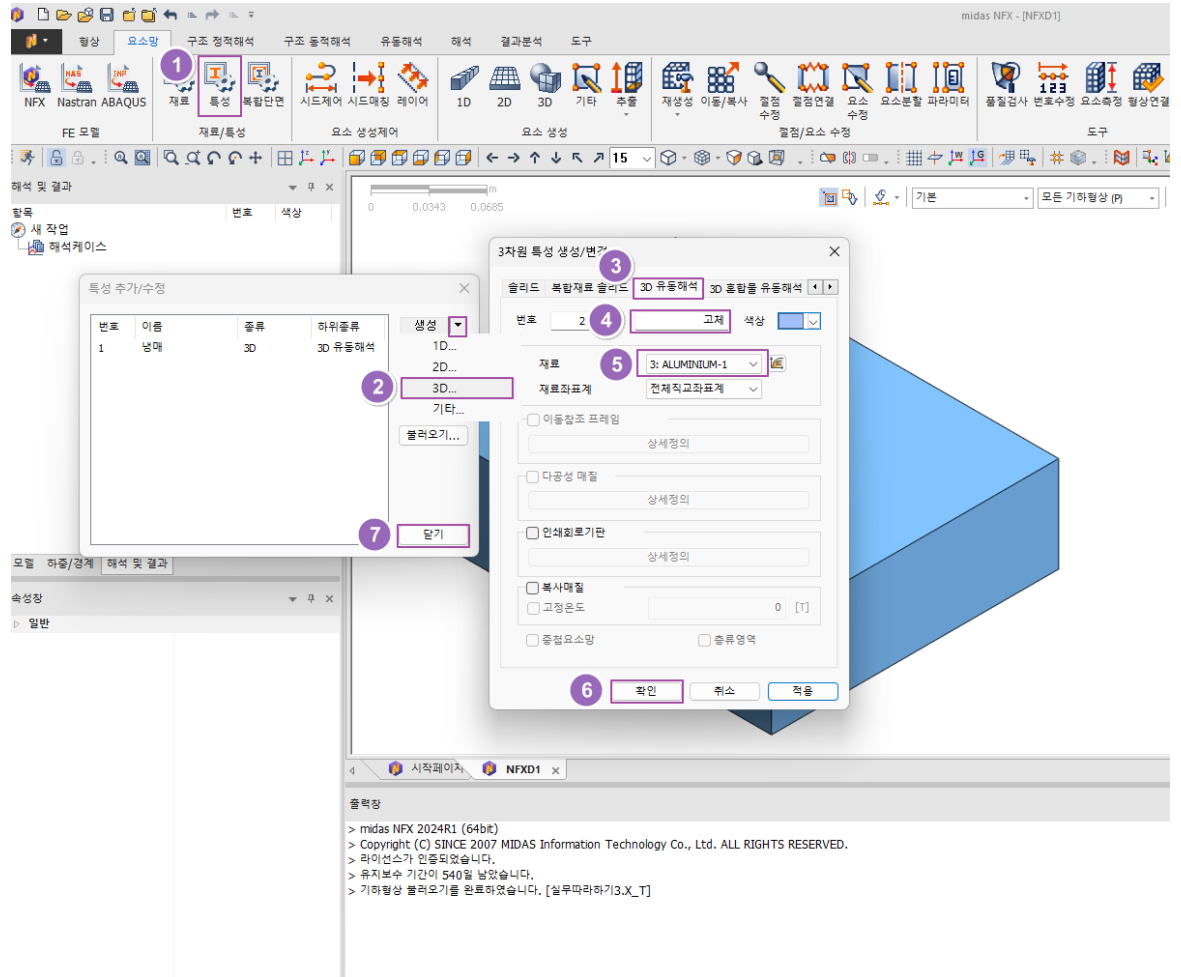
- ① “특성” 버튼 클릭
- ② “특성 추가/수정” 창
> “생성” 옆 화살표 버튼 클릭
> “3D...” 버튼 클릭
- ③ “3D 유동해석” 탭 선택
- ④ 이름 입력창 : “냉매” 입력
- ⑤ 재료 선택 창
: “2: FRESH_WATER_50°C” 선택
- ⑥ “확인” 버튼 클릭
- ⑦ “닫기” 버튼 클릭



특성 정의하기



- ① “특성” 버튼 클릭
- ② “특성 추가/수정” 창
> “생성” 옆 화살표 버튼 클릭
> “3D...” 버튼 클릭
- ③ “3D 유동해석” 탭 선택
- ④ 이름 입력창 : “고체” 입력
- ⑤ 재료 선택 창
: “ALUMINIUM” 선택
- ⑥ “확인” 버튼 클릭
- ⑦ “닫기” 버튼 클릭



유체 유입 조건 설정 : 입구단



- ① “입구단” 버튼 클릭
- ② “대상형상” > “종류” 선택 창 > “면” 선택
- ③ 냉각수 입구 부분 선택
- ④ “속도” > “V” : “0.106” 입력
- ⑤ “CFD 경계세트” 입력 창 > “입구단” 입력
- ⑥ “확인” 버튼 클릭

유체 유출 조건 설정 : 출구단



- ① “출구단” 버튼 클릭
- ② “대상형상” > “종류” 선택 창 > “면” 선택
- ③ 구조 형상 후면 선택
- ④ “압력” > “값” : “0” 입력
- ⑤ “CFD 경계세트” 입력 창 > “출구단” 입력
- ⑥ “확인” 버튼 클릭

실제 구조 기하와 접하는 벽면 조건 설정



① “모델” 트리메뉴 > “기하형상” > “형상세트-1” > “솔리드” > “Solid” 기하형상 체크박스 : 비활성화

② “벽면” 버튼 클릭

③ “대상형상” > “종류” 선택 창 > “면” 선택

④ 전체 선택 후 입구부와 출구부 제외

주의 : 총 14 개가 선택되는지 확인 필요

⑤ 벽면 > 벽면종류 선택 창 : “벽면거리적용” 변경

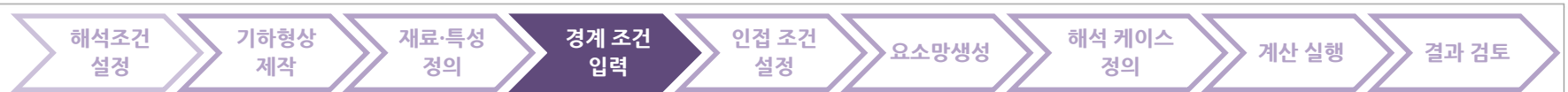
⑥ “벽면거리” 입력창 : 0.0045 입력

⑦ “CFD 경계세트” 입력창 : “벽면” 입력

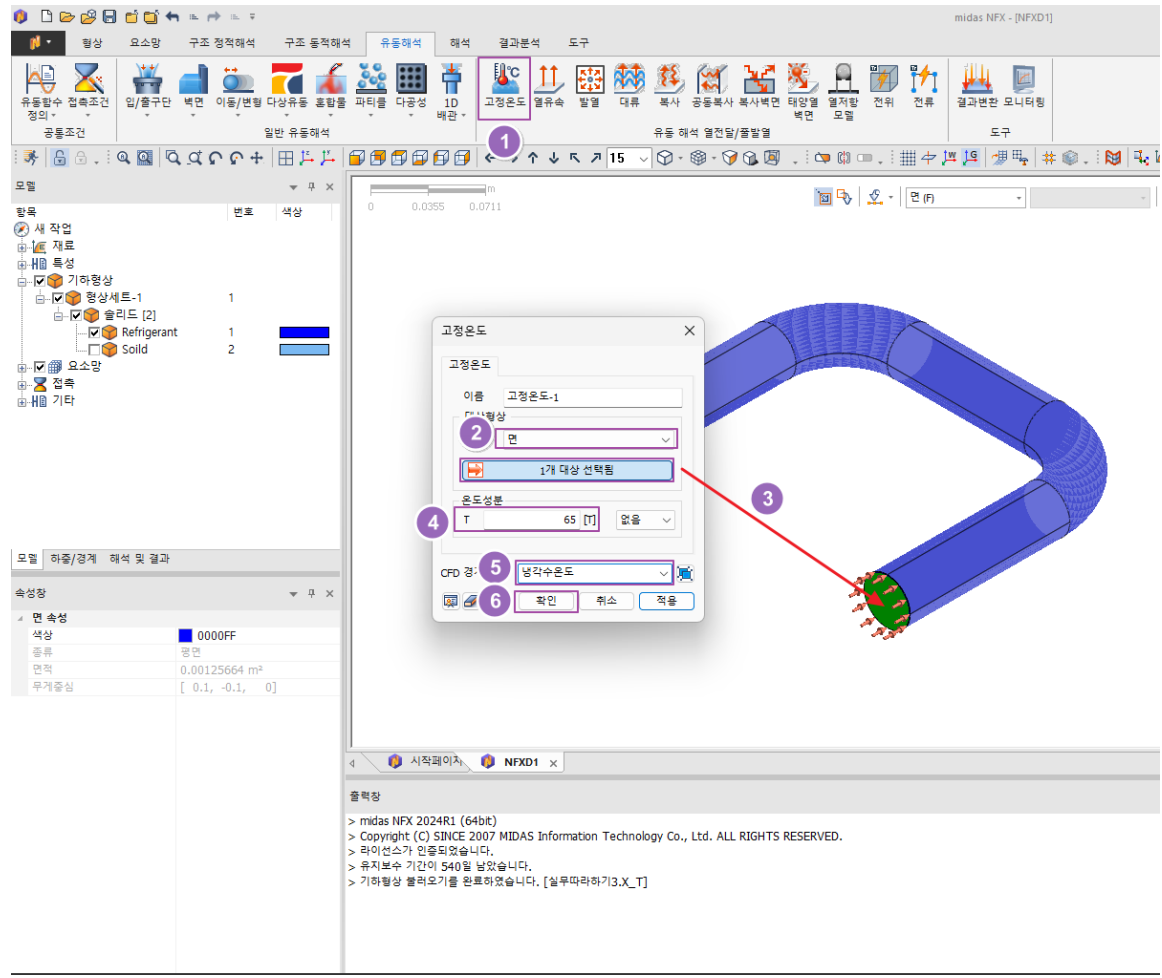
⑧ “확인” 버튼 클릭

“벽면거리적용” 옵션을 활성화 할 경우 점성바닥층(viscous sublayer) 영역을 계산하기 위한 벽함수가 적용됩니다. 즉, 벽에 있는 절점에서의 속도가 “점착” 조건과 같이 0 이 아니라 벽함수가 적용된 값이 정해지는 것입니다. 자세한 내용은 매뉴얼을 통해 확인 가능합니다. 여기에서 입력된 값은 벽면에서 가장 가까운 절점 사이 거리의 1/4~1/3 정도를 입력한 것입니다. 요소가 벽함수를 따라갈 수 없는 등성향 요소라고 할지라도 벽함수를 통해 보다 해를 안정적으로 가져갈 수 있습니다.

냉각수 유입 온도 정의



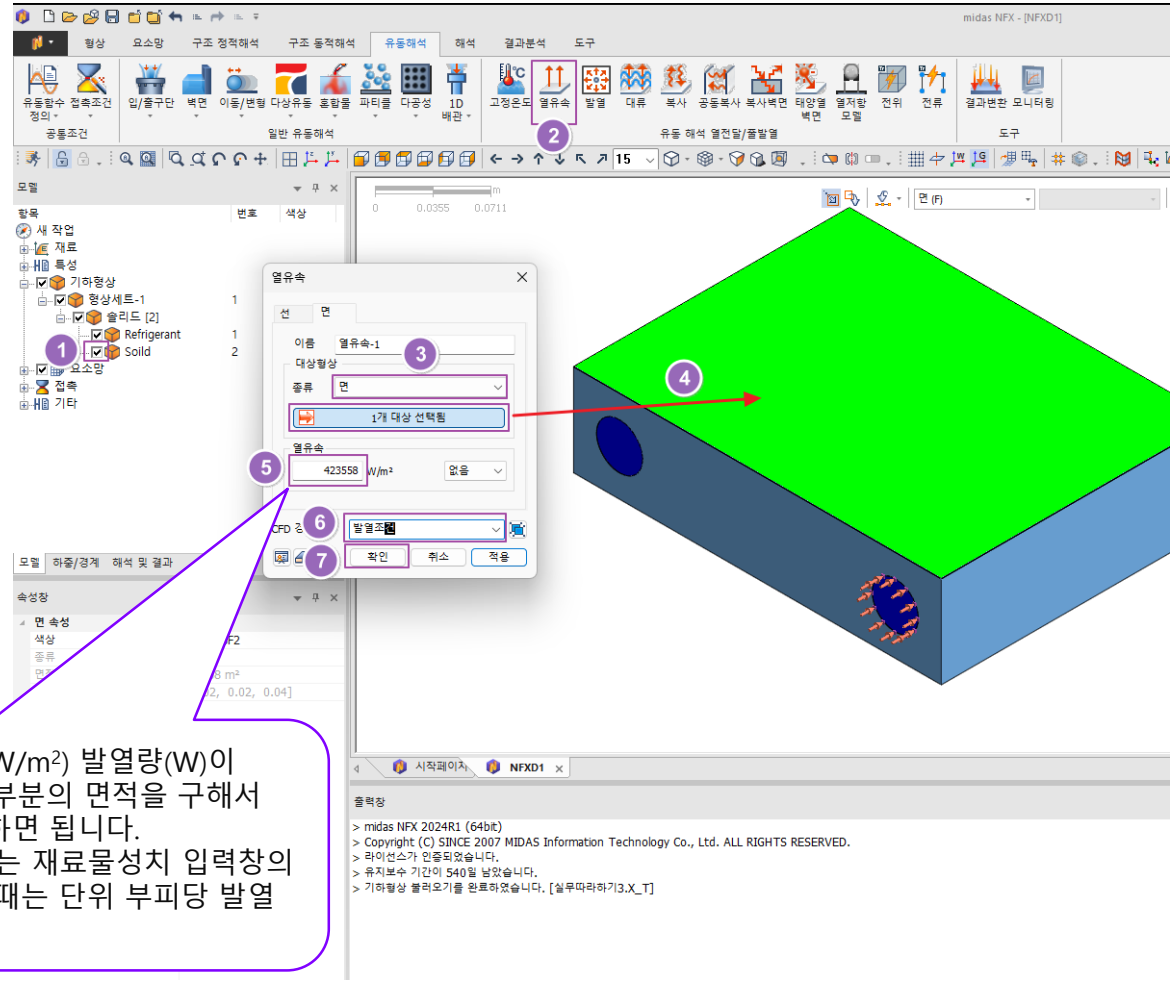
- ① “고정온도” 버튼 클릭
- ② “대상형상” > “종류” 선택 창 > “면” 선택
- ③ 입구부 선택
- ④ “온도” 입력 창 : “65” 입력
- ⑤ “CFD 경계세트” 입력창 : “냉각수온도” 입력
- ⑥ “확인” 버튼 클릭



고체 발열조건 지정

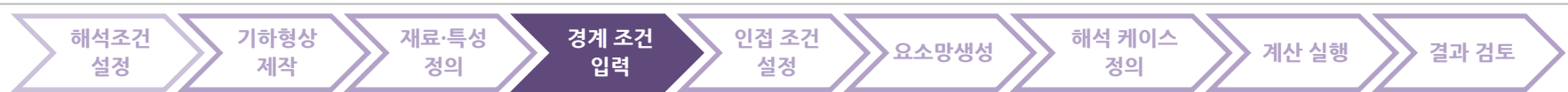


- ① “모델” 트리메뉴 > “기하형상” > “형상세트-1” > “솔리드” > “Solid” 기하형상 체크박스 : 활성화
- ② “열유속” 버튼 클릭
- ③ “대상형상” > “종류” 선택 창 > “면” 선택
- ④ 고체 상부면 선택
- ⑤ “열유속” 입력창 : “423558” 입력
- ⑥ “CFD 경계세트” 입력창 : “발열조건” 입력
- ⑦ “확인” 버튼 클릭

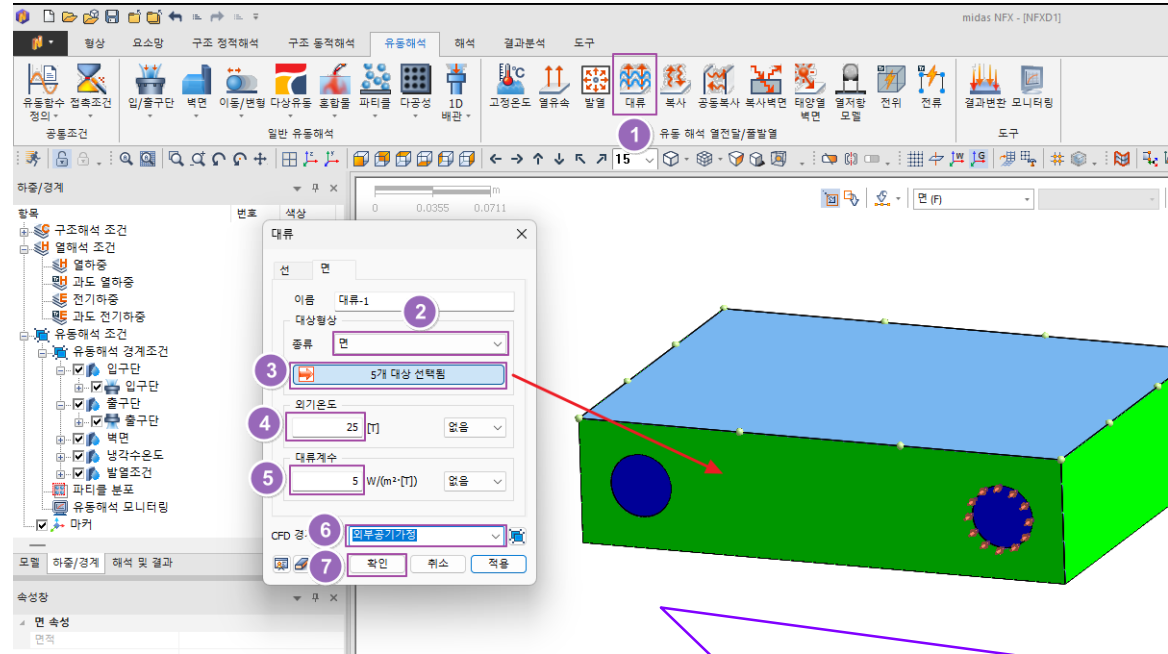


단위 면적당 발열량을 입력합니다.(W/m²) 발열량(W)이 주어졌을 때, 경계조건이 입력되는 부분의 면적을 구해서 발열량을 면적으로 나눈 값을 입력하면 됩니다. 만약 부피에 발열량을 주고 싶을 때는 재료물성치 입력창의 "열원" 항목에 입력하면 됩니다. 이 때는 단위 부피당 발열량을 구해 입력합니다.

외부 대류조건 가정 (뉴턴 냉각 법칙 적용)



- ① “대류” 버튼 클릭
- ② “대상형상” > “종류” 선택 창 > “면” 선택
- ③ 고체 외부 6 면 중 상부면을 제외한 5 면 선택
- ④ “외기온도” 입력창 : 25 입력
- ⑤ “대류계수” 입력창 : 5 입력
- ⑥ “CFD 경계세트” 입력창 : “외부공기가정” 입력
- ⑦ “확인” 버튼 클릭

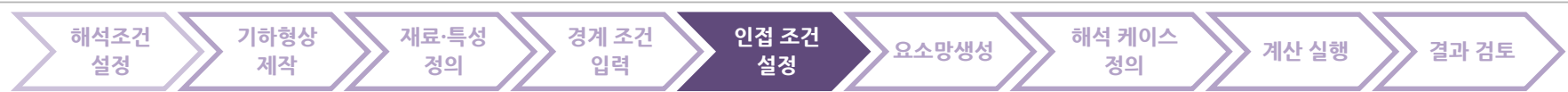


CFD 가 아닌 구조해석에서는 공기를 모델링 할 수 없기 때문에 제품 주변의 공기로 빠져나가는 열전달을 뉴턴의 냉각법칙을 이용해서 해석에 적용할 수 있습니다. CFD 에서도 마찬가지로 발열과 냉각되는 주요인자가 주변 공기로 빠져나가는 열전달이 아닐 경우 외기를 직접 모델링하지 않고 열유속 경계조건을 통하여 주변에 공기가 있다고 가정할 수 있습니다. 뉴턴의 냉각법칙이란 시간에 따른 물체의 온도변화는 그 물체의 온도와 주위 물체의 온도차에 비례한다는 법칙으로써 아래와 같이 표현할 수 있습니다.

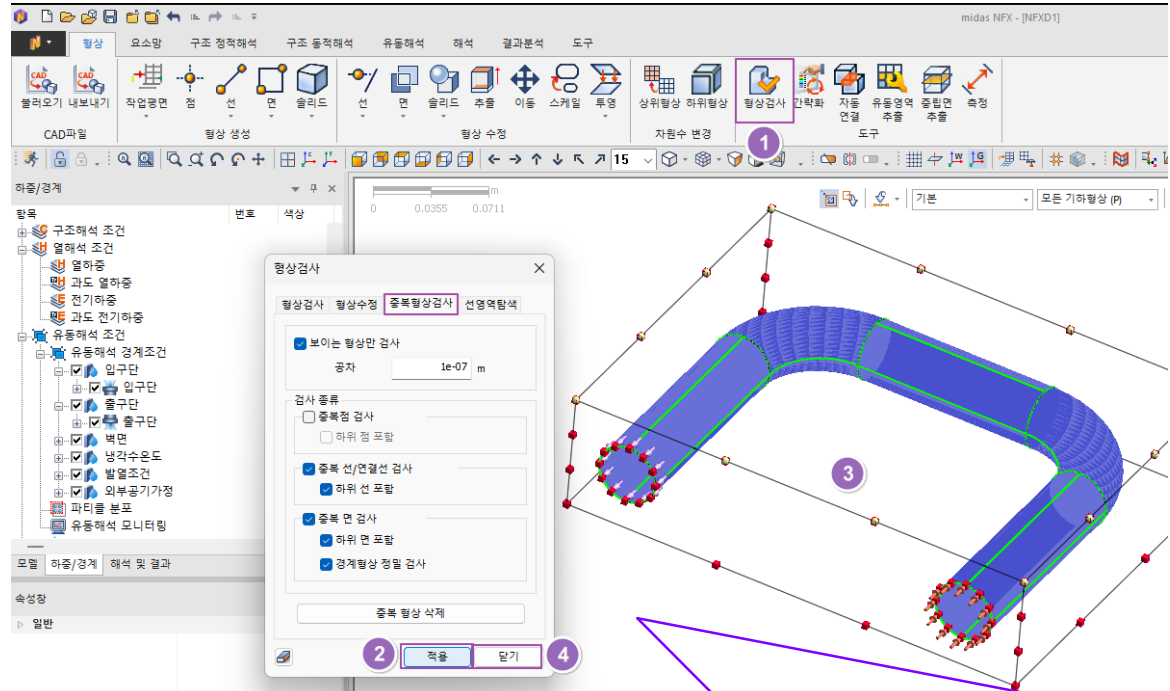
$$q = h A (T_s - T)$$

이 때, h 는 사용자가 정하는 대류계수이며, A 는 표면적, T_s 는 외기온도, T 는 구조물 표면 온도입니다. 대류계수는 기체 자연대류의 경우 3~10 정도, 액체 자연대류의 경우 10~1000 정도, 기체 강제대류일 경우 25~250 정도, 액체 강제대류일 경우 50~20000, 끓거나 응축이 수반되는 경우 2500~100000 정도입니다. 본 예제에서는 대류계수를 5, 외기 온도를 25°C 로 가정한 조건을 보여주고 있습니다. 위에서 열유속에 입력한 125 라는 값은 $h \times T_s$ 값이며, 반응열유속에 입력한 5 라는 값은 $h \times T$ 값 중 T 는 해당 절점을 컴퓨터가 자동 계산하므로 h 값만을 나타내고 있습니다.

인접 조건 설정 : 확인

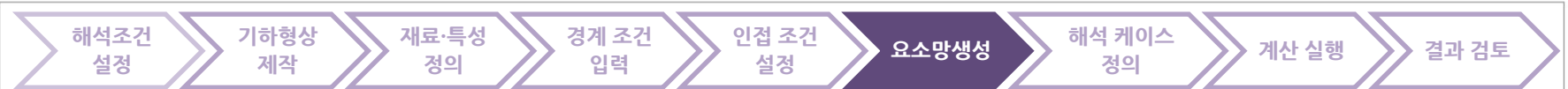


- ① “형상” 리본메뉴 > 형상검사 버튼 클릭
- ② “적용” 버튼 클릭
- ③ 고체와 유체가 접하는 모든 면이 중복형상으로 나오는지 확인
- ※ 모든 면이 중복형상으로 나타나지 않을 경우 “형상” 리본메뉴 > “도구” 그룹박스 > “자동연결” 선택 후 전체 기하형상 선택 후 “확인”
- ④ “닫기” 버튼 클릭



고체와 유체를 동시에 계산하는 복합열전달의 경우, 고체와 유체 사이의 열전달을 위해 인접 조건을 설정해야 합니다. 인접조건을 설정하는 방법은 두 가지인데 하나는 접촉조건을 설정하는 것이고, 다른 하나는 고체와 유체의 인접면에서 절점을 같은 위치에 두고 해당 절점을 하나로 병합하는 것입니다. 접촉조건 정의는 수렴성을 저해시킬 수 있으므로, 두 번째 방법을 선택합니다. midas NFX CFD 에서는 요소망 생성 시 '절점을 같은 곳에 위치시키는 기능' 과 '같은 곳에 위치한 절점을 하나로 병합시키는 기능' 을 체크박스 활성화만으로 작동할 수 있습니다. 단, 인접면은 완전히 중복되어야 합니다. 즉 모든 인접면이 같은 모양을 가지고 있으며 동시에 같은 모서리를 가지고 있어야 하는 것인데 “중복형상검사” 를 통해 해당 인접면이 완전히 일치하는 지 확인할 수 있습니다. 만약 본 예제와는 달리 인접면이 중복되지 않는다면 midas NFX 의 CAD 기능을 통해 인접면을 완전히 일치시켜야 합니다.

요소망 생성



- ① “요소망” 리본 메뉴 > “3D” 버튼 클릭
- ② 냉각수 부분 선택
- ③ 요소 크기 설정 > “크기” 입력 창 : 0.006 입력
- ④ “특성” 선택 창 : “1:냉매” 선택
- ⑤ “확인” 버튼 클릭

일반적으로 고체보다 유체의 요소망을 먼저 작성합니다. 복합열전달을 풀 때는 앞의 인접 조건 설정에서 설명했듯이 midas NFX CFD 의 기능을 통해 고체와 유체의 인접면에서 절점 같은 곳에 위치시켜야 하는데 고체는 전도만 풀고, 유체는 전도와 대류를 동시에 풀기 때문에 유체가 더 많은 요소(절점)가 필요하기 때문입니다. 따라서 유체의 조밀한 요소망을 먼저 작성한 후 고체가 인접면에서 유체의 요소망을 따라오도록 합니다.

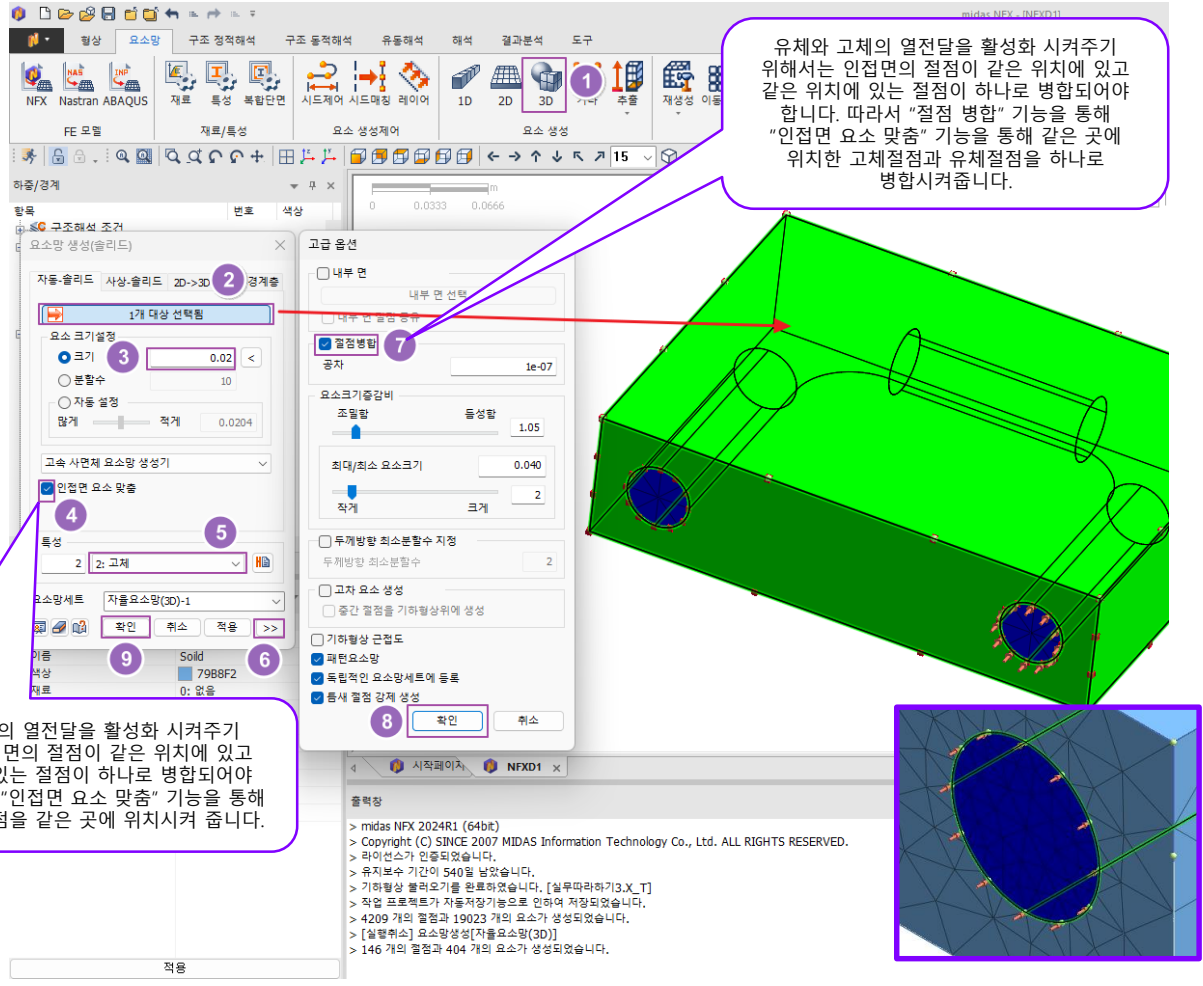
요소망 생성



- ① “3D” 버튼 클릭
- ② 고체 부분 선택
- ③ 요소 크기 설정
> “크기” 입력 창 : 0.02 입력
- ④ “인접면 요소 맞춤” 체크박스 : 활성화
- ⑤ “특성” 선택 창 : “2: 고체” 확인
- ⑥ “>>” (고급옵션) 버튼 클릭
- ⑦ “절점병합” 체크박스 : 활성화
- ⑧ 고급옵션 창 > “확인” 버튼 클릭
- ⑨ “확인” 버튼 클릭

유체와 고체의 열전달을 활성화 시켜주기 위해서는 인접면의 절점이 같은 위치에 있고 같은 위치에 있는 절점이 하나로 병합되어야 합니다. 따라서 “인접면 요소 맞춤” 기능을 통해 인접면에서 절점을 같은 곳에 위치시켜 줍니다.

유체와 고체의 열전달을 활성화 시켜주기 위해서는 인접면의 절점이 같은 위치에 있고 같은 위치에 있는 절점이 하나로 병합되어야 합니다. 따라서 “절점 병합” 기능을 통해 “인접면 요소 맞춤” 기능을 통해 같은 곳에 위치한 고체절점과 유체절점을 하나로 병합시켜줍니다.



요소망 생성 - 품질 검사



- ① “검사” 버튼 클릭
 > “요소품질” 클릭
- ② “요소망 도구” 창
 > “기운각” 체크박스 : Off
 > “뒤틀림” 체크박스 : Off
- ③ “적용” 버튼 클릭
- ④ “출력창” 에서 최대값을 확인

중횡비는 생성된 요소의 최대길이와 최소길이의 비를 말합니다. 이 비가 클 경우 수렴성과 정확도에 문제가 발생할 수 있습니다.

종횡비가 기준값인 “15”를 넘어도 계산 수렴성이 좋고 정확도가 확보 되기도 하지만 15 보다 많이 벗어난 경우 (50 이상) 문제가 생길 수 있으므로 해당 요소 발생 시, 기하형상을 수정하거나 요소망을 더 조밀하게 작성해야 합니다.

출력창

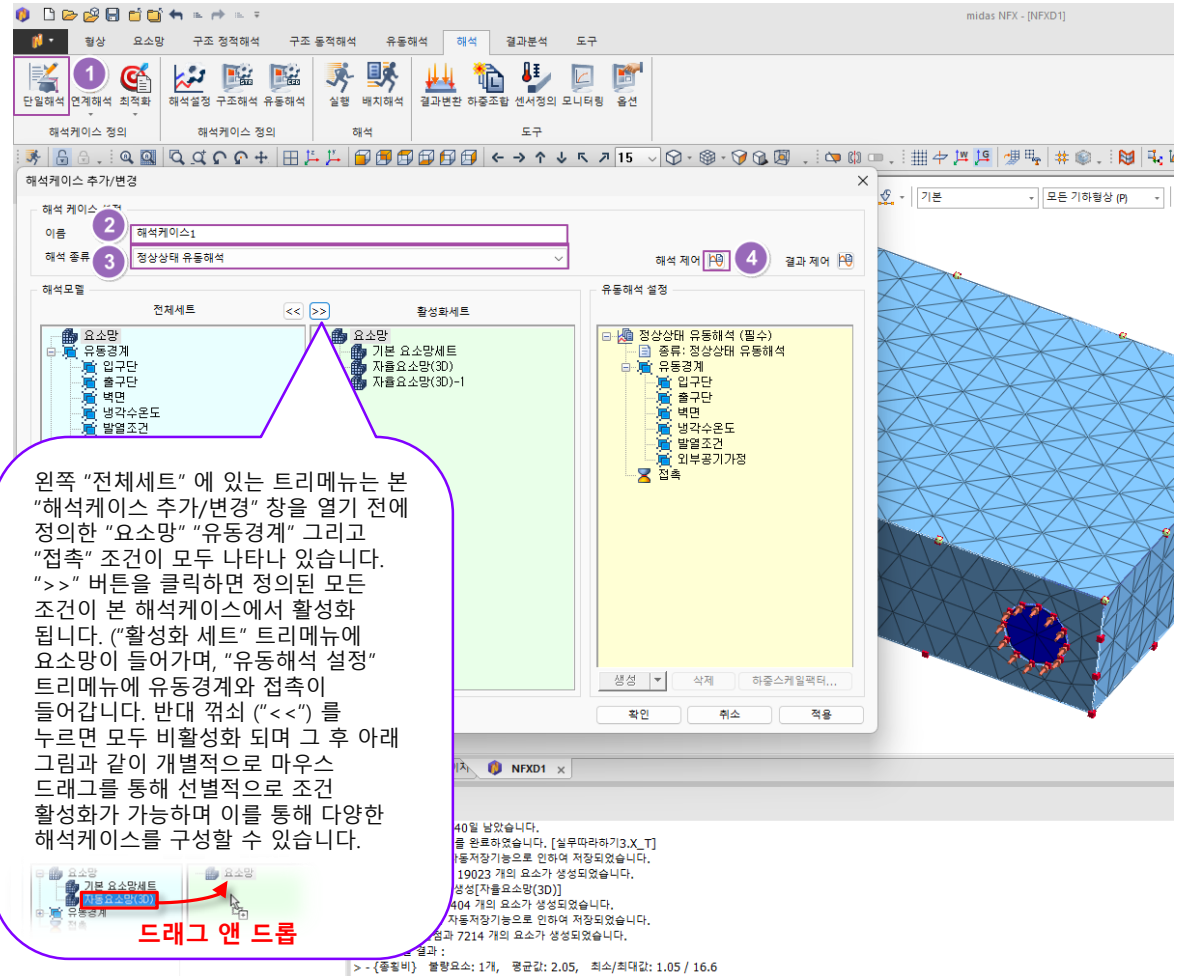
```

midas NFX 2024R1 (64bit)
Copyright (C) SINCE 2007 MIDAS Information Technology Co., Ltd. ALL RIGHTS RESERVED.
라이선스가 인증되었습니다.
유지보수 기간이 539일 남았습니다.
기하형상 불러오기를 완료하였습니다. [실무파라하기3_X_T]
4209 개의 절점과 19023 개의 요소가 생성되었습니다.
2699 개의 절점과 19655 개의 요소가 생성되었습니다.
요소 품질 결과 :
-(종횡비) 절망요소: 0개, 평균값: 1.61, 최소/최대값: 1.01 / 4.61
    
```

해석케이스 정의



- ① “유동해석” 리본메뉴 선택
 > “정상” 버튼 선택
- ② “해석케이스 추가/변경” 창
 > 해석 케이스 설정
 > “이름” 입력 창
 : “해석케이스1” 이름 입력
- ③ “해석케이스 추가/변경” 창
 > 해석 케이스 설정
 > “해석종류” 입력 창
 : “정상상태 유동해석” 선택
- ④ “해석 제어” 버튼 클릭



왼쪽 “전체세트” 에 있는 트리메뉴는 본 “해석케이스 추가/변경” 창을 열기 전에 정의한 “요소망” “유동경계” 그리고 “접촉” 조건이 모두 나타나 있습니다. “>>” 버튼을 클릭하면 정의된 모든 조건이 본 해석케이스에서 활성화 됩니다. (“활성화 세트” 트리메뉴에 요소망이 들어가며, “유동해석 설정” 트리메뉴에 유동경계와 접촉이 들어갑니다. 반대 꺾쇠 (“<<”) 를 누르면 모두 비활성화 되며 그 후 아래 그림과 같이 개별적으로 마우스 드래그를 통해 선별적으로 조건 활성화가 가능하며 이를 통해 다양한 해석케이스를 구성할 수 있습니다.

드래그 앤 드롭

해석케이스 정의 – 해석 제어 정의

해석조건 설정
기하형상 제작
재료·특성 정의
경계 조건 입력
인접 조건 설정
요소망생성
해석 케이스 정의
계산 실행
결과 검토

- ① “시간간격” 입력창 : “1” 입력
- ② “시간스텝개수” 입력창 : “1000” 입력
- ③ 결과출력 > “스텝간격” 입력창 : 10 입력
- ④ “초기 조건” 버튼 클릭

해석 제어 창에서는 해당 해석케이스의 전반적인 계산 조건을 입력합니다.
ex) 사용 모듈, 시간 정보, 대칭 조건, 초기 조건, 난류 조건 등

앞 선 예제는 과도상태 해석이기 때문에 시간 간격을 알맞게 계산해서 넣어야 하지만 정상상태 해석의 경우 컴퓨터가 적절한 시간간격을 계산해서 입력하기 때문에 시간간격 입력이 따로 필요하지 않습니다. 단, 시간간격이 컴퓨터가 계산한 적절 시간 보다 짧을 경우 해당 사용자 입력 시간을 이용하게 됩니다.

주어진 시간 간격으로 몇 번을 계산할 것인지 지정합니다.

계산 진행 시간 = “시간간격” × “시간스텝개수”

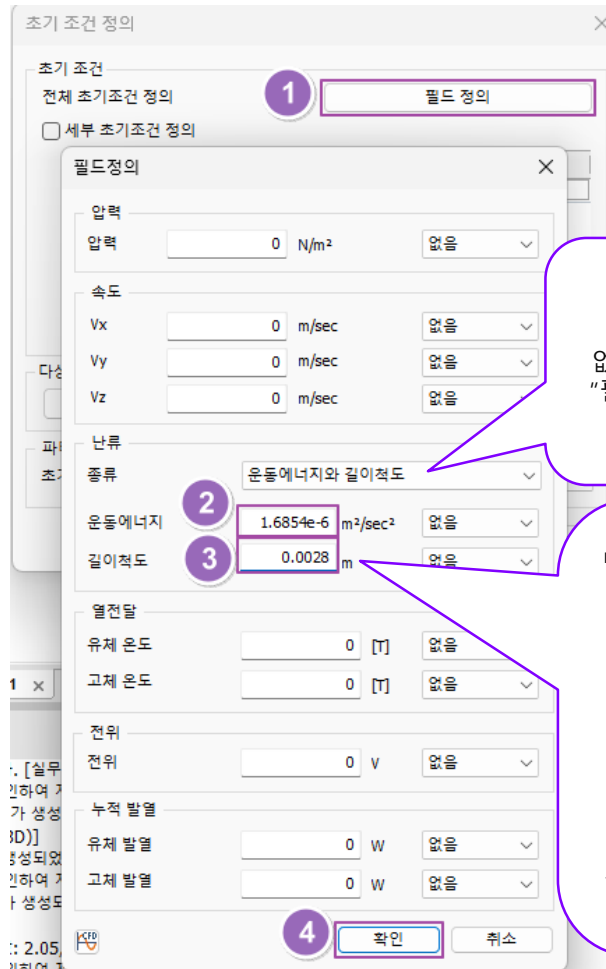
충분히 큰 값을 입력한 다음 뒤 페이지에 계산 실행 단계의 수렴 조건을 만족하면 중지시킬 수 있습니다. 만약 결과를 확인했는데 입력한 “시간스텝개수” 이내에 결과가 수렴하지 않으면 재시작을 통해 최종스텝부터 해석을 추가적으로 진행하면 됩니다.

결과출력 > “시작스텝” 입력창은 결과를 출력하는 첫 시작스텝을 의미하며, “스텝간격” 입력창은 결과 출력 간격을 나타냅니다.

해석케이스 정의 – 해석 제어 정의 : 필드 정의



- ① “필드정의” 클릭
- ② “운동에너지” 입력창 : “1.6854e-6” 입력
- ③ “길이척도” 입력창 : “0.0028” 입력
- ④ “확인” 버튼 클릭



유동해석에서는 현재 스텝에서 계산을 위해 직전 스텝의 결과 값을 계산 입력값으로 사용합니다. 따라서 제일 처음 계산 스텝에서는 앞선 스텝이 없으므로 초기값 입력이 필요합니다. 초기값 입력은 “필드정의” 창에서 할 수 있으며, 주어진 경계조건과 부합하는 (실제 현상과 유사한) 값을 입력할수록 빨리 계산이 수렴됩니다.

유체의 불규칙적인 소용돌이 운동을 기술하는 난류는 운동에너지와 길이척도 입력이 필요합니다. 운동에너지의 경우 아래 식으로 계산됩니다.

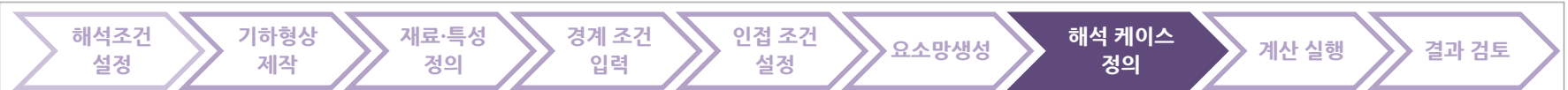
$$\text{운동에너지} = 1.5 * (\text{속도} * \text{난류강도레벨})^2$$

<난류 강도 레벨>
 항공기, 자동차, 잠수함 : 0.003(0.01이하)
 대기층 : 0.3
 내부유동, 열교환기, 회전기계 : 0.05~0.15
 파이프, 배기구, 저레이놀즈수(단순) : 0.01~0.05

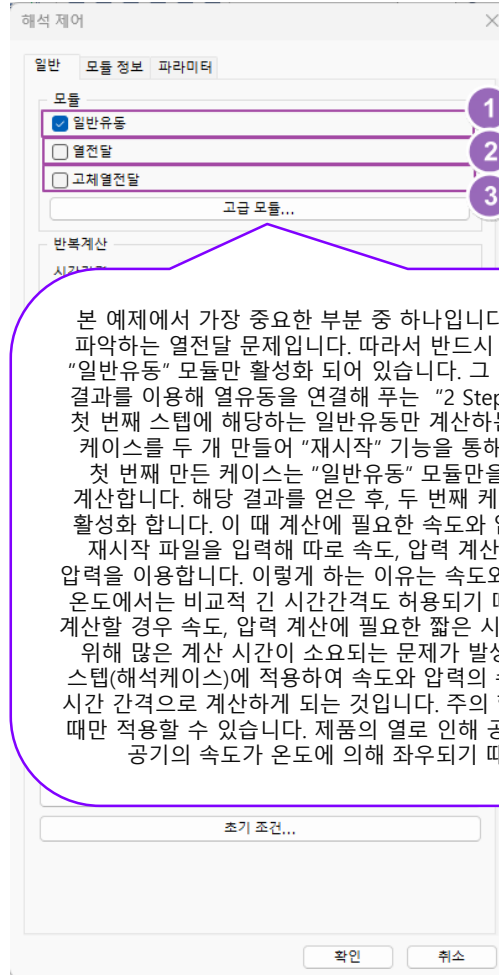
$$\text{배관 길이척도} = \text{특성길이} * 0.07$$

$$\text{외부유동의 길이척도} = 10 * \text{점성} / (\text{밀도} * [\text{운동에너지}]^{1/2})$$

해석케이스 정의 – 해석 제어 정의



- ① “모듈” 그룹박스 > “일반유동” 체크박스 : 활성화 확인
- ② “모듈” 그룹박스 > “열전달” 체크박스 : 비활성화 확인
- ③ “모듈” 그룹박스 > “고체열전달” 체크박스 : 비활성화 확인



본 예제에서 가장 중요한 부분 중 하나입니다. 본 예제는 냉각수에 의한 시스템 냉각을 파악하는 열전달 문제입니다. 따라서 반드시 열전달을 풀어야 하는데, 이 해석케이스는 “일반유동” 모듈만 활성화 되어 있습니다. 그 이유는 본 예제가 먼저 일반유동만 풀고 그 결과를 이용해 열유동을 연결해 푸는 “2 Step” 방식이기 때문입니다. 이 페이지는 그 중 첫 번째 스텝에 해당하는 일반유동만 계산하는 해석케이스입니다. “2 Step” 방식은 해석케이스를 두 개 만들어 “재시작” 기능을 통해 두 개의 케이스를 연계하는 방법입니다. 첫 번째 만든 케이스는 “일반유동” 모듈만을 활성화 하여 시스템의 속도와 압력만을 계산합니다. 해당 결과를 얻은 후, 두 번째 케이스에서 “열전달” 과 “고체열전달” 모듈만 활성화 합니다. 이 때 계산에 필요한 속도와 압력 값은 첫 번째 스텝에서 계산한 결과인 재시작 파일을 입력해 따로 속도, 압력 계산 없이 첫 번째 스텝의 최종결과 속도와 압력을 이용합니다. 이렇게 하는 이유는 속도와 압력 계산에는 짧은 시간간격이 필요하고, 온도에서는 비교적 긴 시간간격도 허용되기 때문입니다. 그래서 속도, 압력, 온도를 같이 계산할 경우 속도, 압력 계산에 필요한 짧은 시간간격 때문에 온도가 정상상태에 도달하기 위해 많은 계산 시간이 소요되는 문제가 발생합니다. 따라서 짧은 시간간격을 첫 번째 스텝(해석케이스)에 적용하여 속도와 압력의 수렴해를 얻고, 이 해를 이용해서 온도를 큰 시간 간격으로 계산하게 되는 것입니다. 주의 할 점은 본 예제와 같이 유체가 강제 대류일 때만 적용할 수 있습니다. 제품의 열로 인해 공기가 위로 상승하여 열을 뺀 자연대류는 공기의 속도가 온도에 의해 좌우되기 때문에 2 Step 을 이용할 수 없습니다.

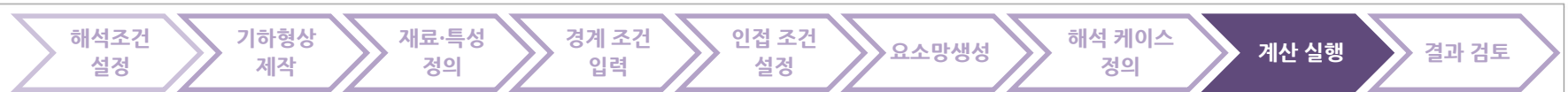
해석케이스 정의 – 해석 제어 정의 : 난류 정의



- ① “모듈 정보” 탭 이동
- ② “난류 모델” 선택 창 : “2차식 k-ε” 선택
- ③ “확인” 버튼 클릭
- ④ “확인” 버튼 클릭
- ⑤ “해석 및 결과” 창 > “해석케이스1” 정의 확인

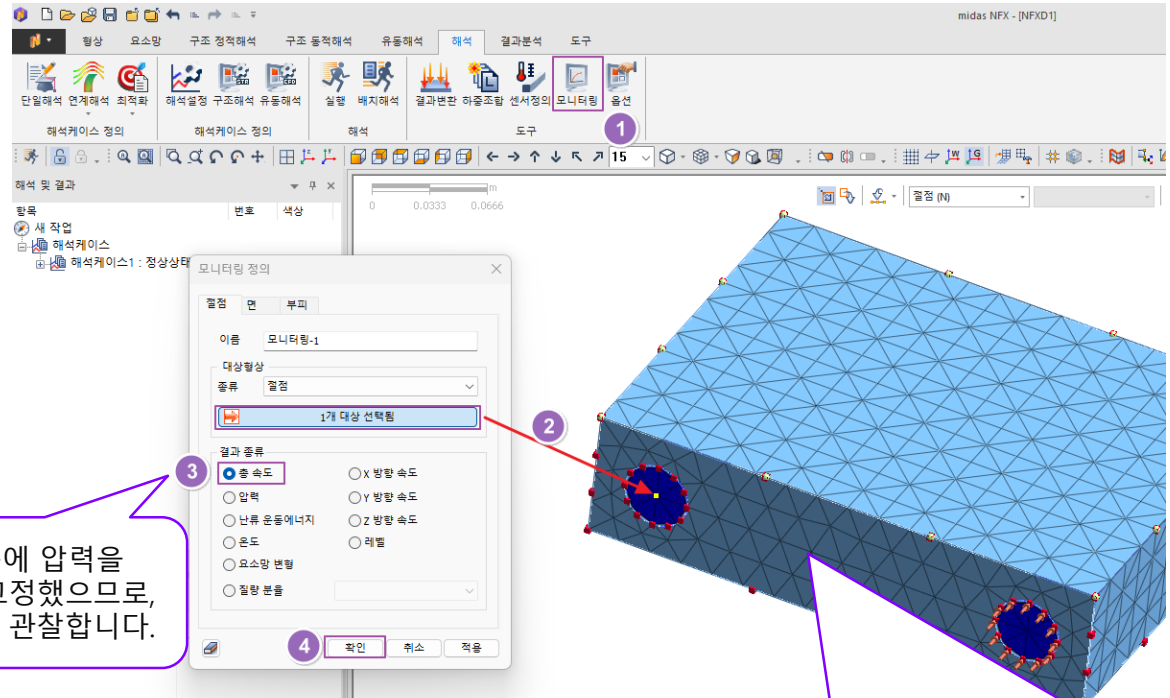
간단한 유동 문제는 2차식 k-ε 모델을 이용하여 해석합니다.

계산 실행 – 수렴 판단을 위한 모니터링 포인트



- ① “모니터링” 버튼 클릭
- ② 출구 부분 가운데 절점 선택
- ③ “총 속도” 체크박스 : On
- ④ “확인” 버튼 클릭

출구 측에 압력을 0 Pa 로 고정했으므로, 총 속도를 관찰합니다.

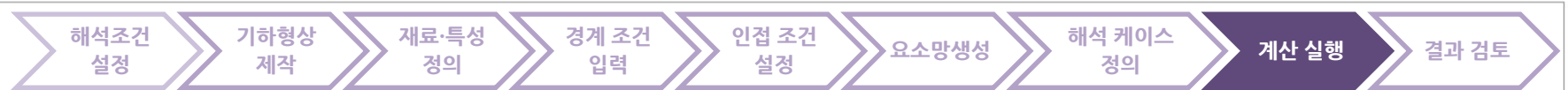


계산 중에 결과 검토가 가능한 시점을 판단하는 기준은

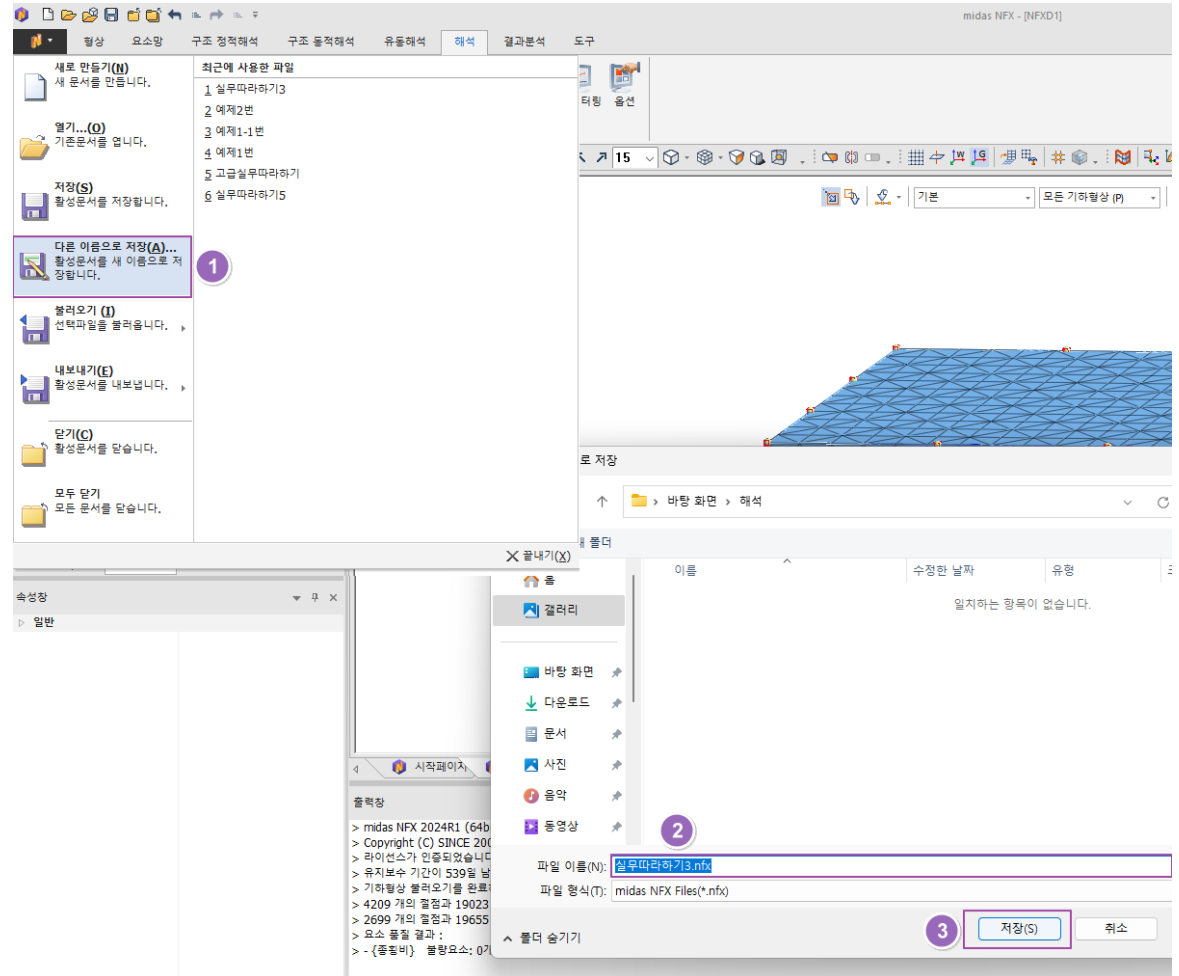
1. 계산 중 Norm 그래프가 0.001 이하로 지속적으로 떨어질 경우
2. 관심영역 특성치가 큰 변화가 없거나 주기를 가질 경우

입니다. 이 중 2번 조건을 만족하기 위해 “모니터링 포인트”를 지정해 해당 영역의 특성치를 계산 중에 관찰 할 수 있습니다.

계산 실행 – 파일 저장



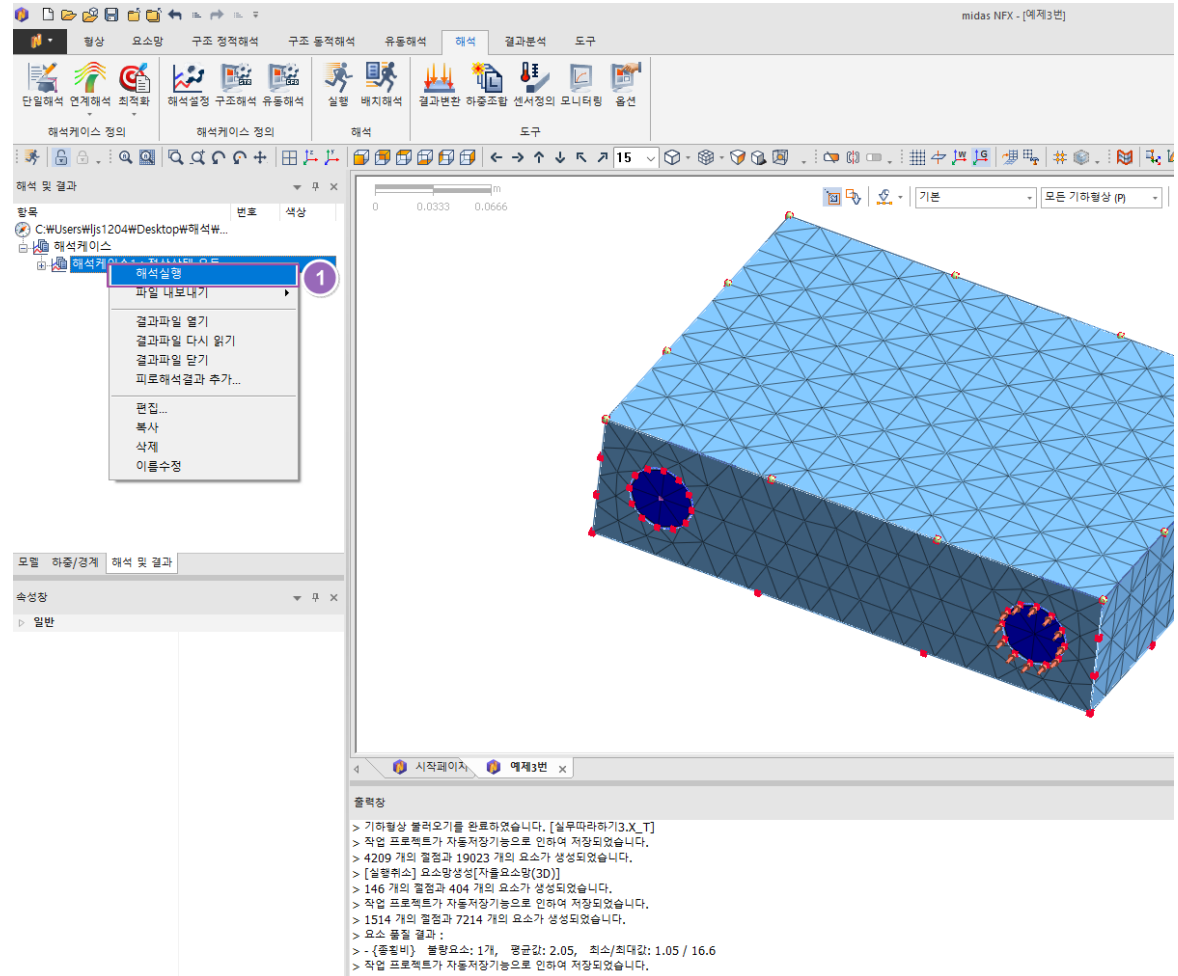
- ① “메인 메뉴” 버튼 클릭
 > “다른 이름으로 저장” 버튼 클릭
- ② “파일 이름” 입력창
 : “실무따라하기3.nfx”
- ③ “저장” 버튼 클릭



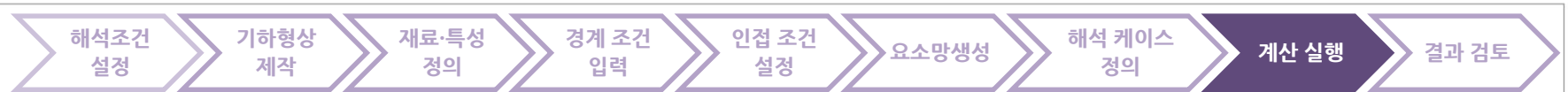
계산 실행 – 해석케이스 계산 실행



- ① “해석 및 결과” 창
- > 해석케이스
- > “해석케이스1”
- : 마우스 오른쪽 버튼 클릭
- > “해석실행” 클릭



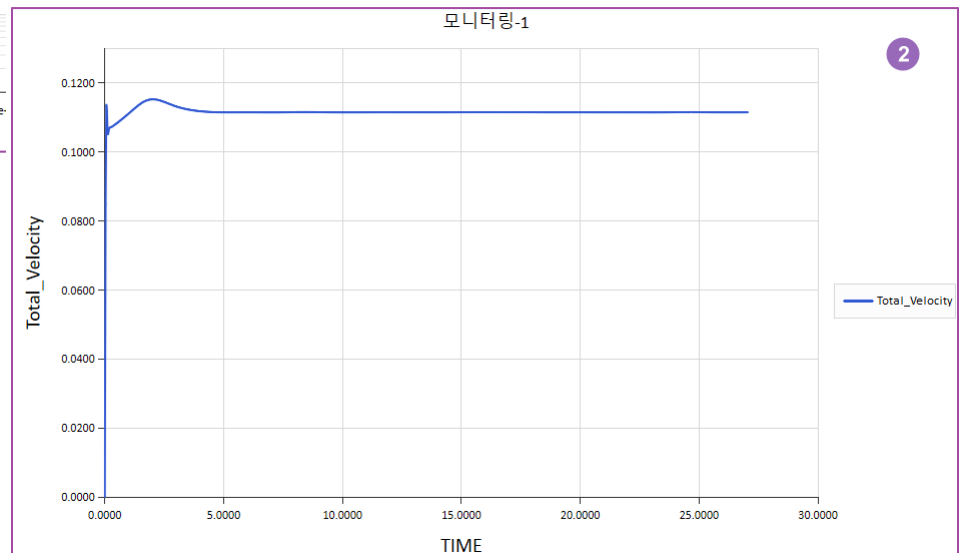
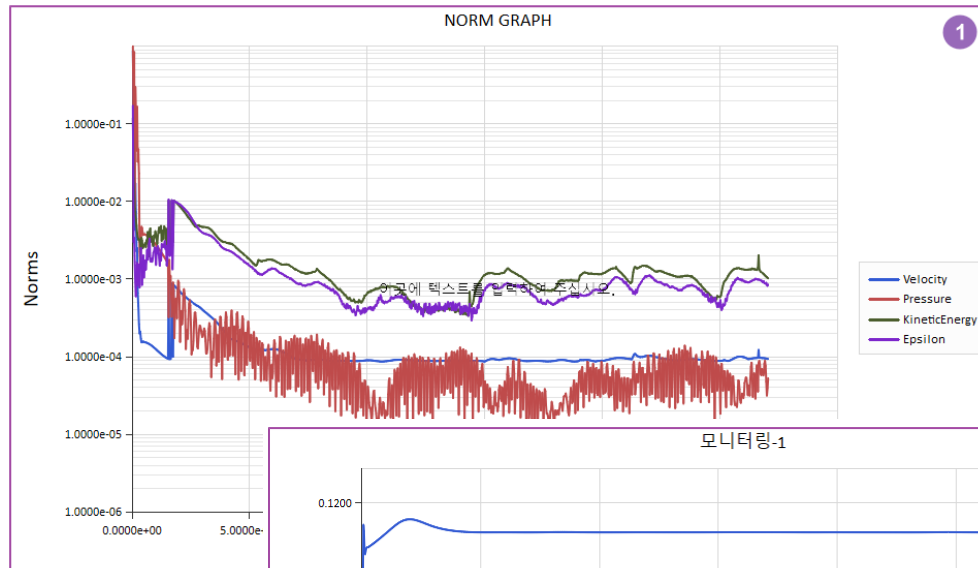
계산 실행 – 계산 과정 검토 및 수렴 판단



- ① “CFD Norm 그래프” 및 출력창을 통해 Norm 그래프 수렴 확인 (Norm 값이 0.001 이하로 지속적으로 떨어지는 현상 관찰)
- ② 모니터링 포인트 측정 값이 정상상태에 도달하거나 주기가 반복되는 경우 확인

계산 중에 결과 검토가 가능한 시점을 판단하는 기준

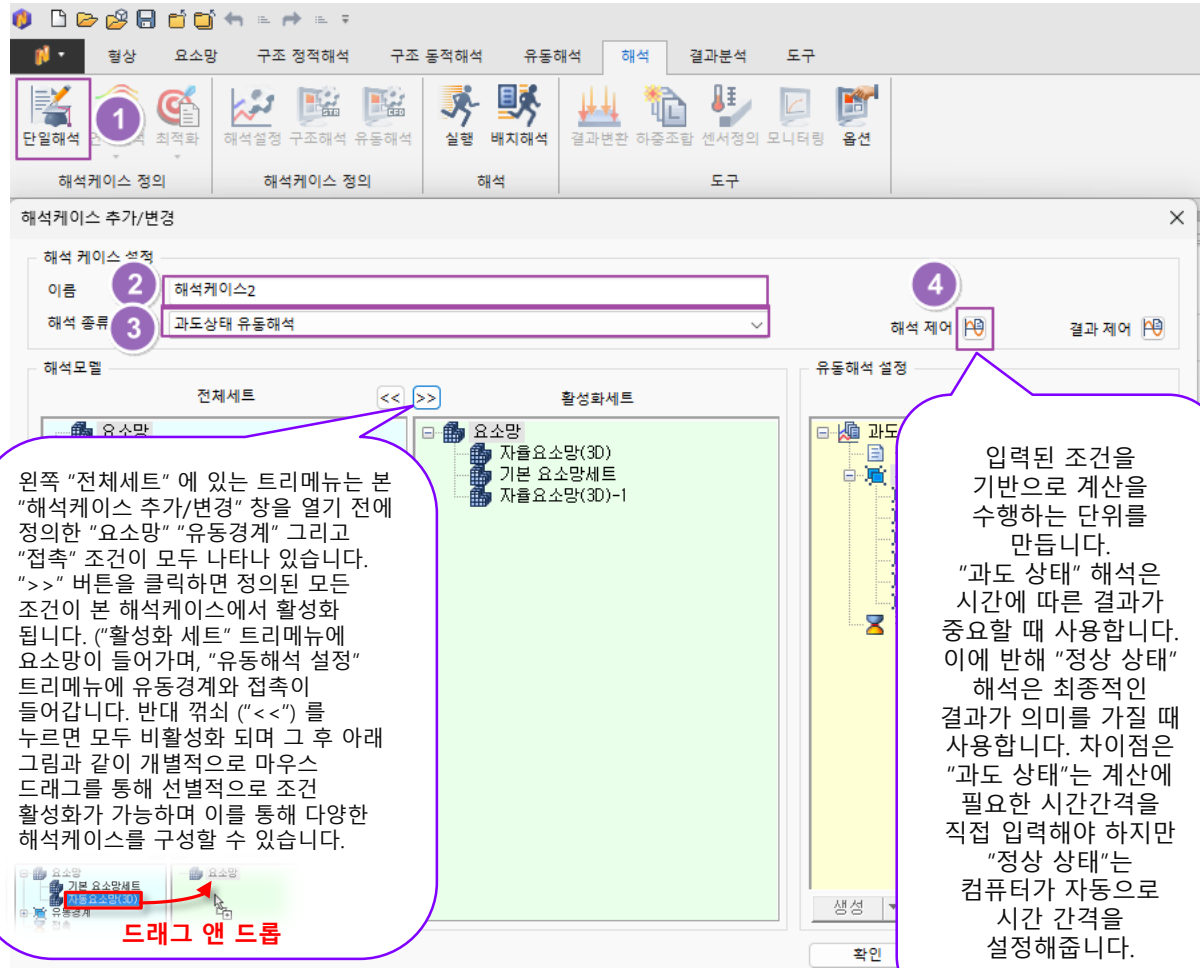
- 1. 계산 중 Norm 그래프가 0.001 이하로 지속적으로 떨어질 경우
- 2. 관심영역 특성치가 큰 변화가 없거나 주기를 가질 경우



해석케이스 정의



- ① “해석” 리본메뉴 선택
 > “단일해석” 버튼 선택
- ② “해석케이스 추가/변경” 창
 > 해석 케이스 설정
 > “이름” 입력 창
 : “해석케이스2” 이름 입력
- ③ “해석케이스 추가/변경” 창
 > 해석 케이스 설정
 > “해석종류” 입력 창
 : “과도상태 유동해석” 이름 입력
- ④ “해석 제어” 버튼 클릭

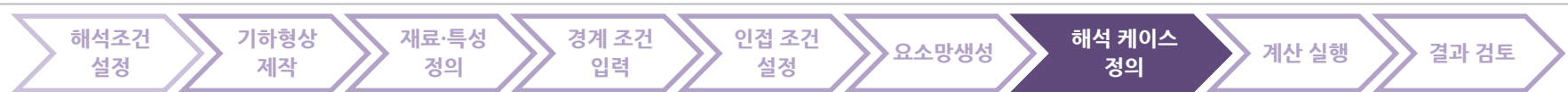


왼쪽 “전체세트” 에 있는 트리메뉴는 본 “해석케이스 추가/변경” 창을 열기 전에 정의한 “요소망” “유동경계” 그리고 “접촉” 조건이 모두 나타나 있습니다. “>>” 버튼을 클릭하면 정의된 모든 조건이 본 해석케이스에서 활성화 됩니다. (“활성화 세트” 트리메뉴에 요소망이 들어가며, “유동해석 설정” 트리메뉴에 유동경계와 접촉이 들어갑니다. 반대 꺾쇠 (“<<”) 를 누르면 모두 비활성화 되며 그 후 아래 그림과 같이 개별적으로 마우스 드래그를 통해 선별적으로 조건 활성화가 가능하며 이를 통해 다양한 해석케이스를 구성할 수 있습니다.

드래그 앤 드롭

입력된 조건을 기반으로 계산을 수행하는 단위를 만듭니다. “과도 상태” 해석은 시간에 따른 결과가 중요할 때 사용합니다. 이에 반해 “정상 상태” 해석은 최종적인 결과가 의미를 가질 때 사용합니다. 차이점은 “과도 상태”는 계산에 필요한 시간간격을 직접 입력해야 하지만 “정상 상태”는 컴퓨터가 자동으로 시간 간격을 설정해줍니다.

해석케이스 정의 – 해석 제어 정의



- ① “일반유동” 모듈 체크박스 : 해제
“열전달” : 활성화
“고체열전달” : 활성화
- ② “시간간격” 입력 창 : “1” 입력
“시간스텝개수” : “1000” 입력
“최대반복횟수” : “10” 입력
- ③ “재시작” 체크박스 : 활성화
- ④ 파일 선택 버튼 클릭 >
“실무따라하기3_해석케이스1.rst” 파일 선택
- ⑤ “결과출력” >
“스텝간격” 입력창 : “5” 입력
- ⑥ “초기조건” 버튼 클릭
- ⑦ “필드 정의” 버튼 클릭
- ⑧ “유체온도” & “고체온도” :
“25” 입력
- ⑨ “필드정의” 창 “확인” 버튼 클릭
> “해석제어” 창 “확인” 버튼 클릭
> “해석케이스 추가/변경” 창
“확인” 버튼 클릭

기존에 계산된 결과를 영역으로 가져와 그 시점부터 계산을 수행합니다.

계산 실행 – 수렴 판단을 위한 모니터링 포인트



- ① “실무따라하기3.nfx” 탭 메뉴 선택
- ② “모니터링” 버튼 클릭
- ③ 온도를 평가하고자 하는 절점 선택
- ④ “온도” 체크박스 : 활성화
- ⑤ “확인” 버튼 클릭

※ 실제로는 모니터링 절점의 수는 한 번에 하나만 가능

1 실무따라하기3 x CFD 그래프

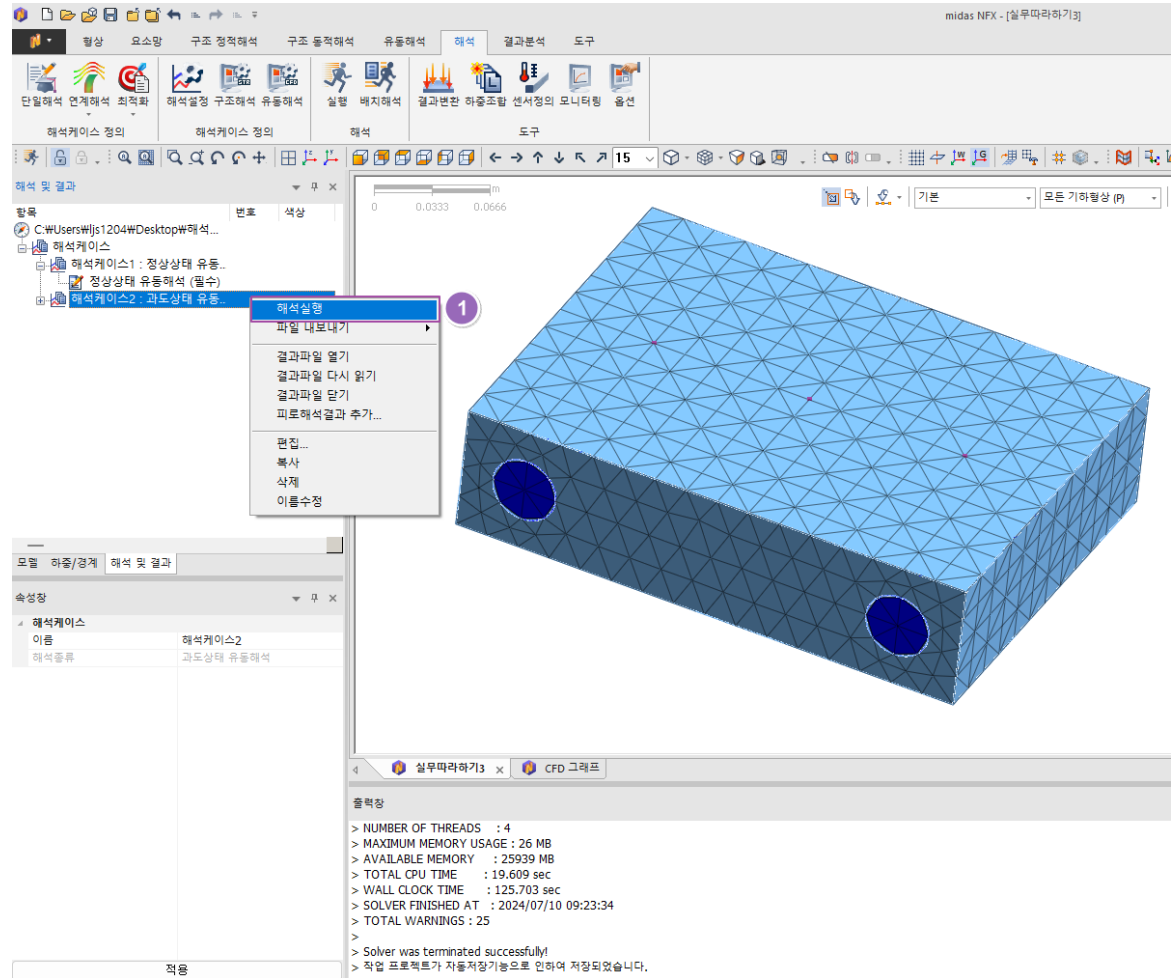
```

출력창
> NUMBER OF THREADS : 4
> MAXIMUM MEMORY USAGE : 26 MB
> AVAILABLE MEMORY : 25939 MB
> TOTAL CPU TIME : 19.609 sec
> WALL CLOCK TIME : 125.703 sec
> SOLVER FINISHED AT : 2024/07/10 09:23:34
> TOTAL WARNINGS : 25
>
> Solver was terminated successfully!
> 작업 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
    
```

계산 실행 – 해석케이스 계산 실행



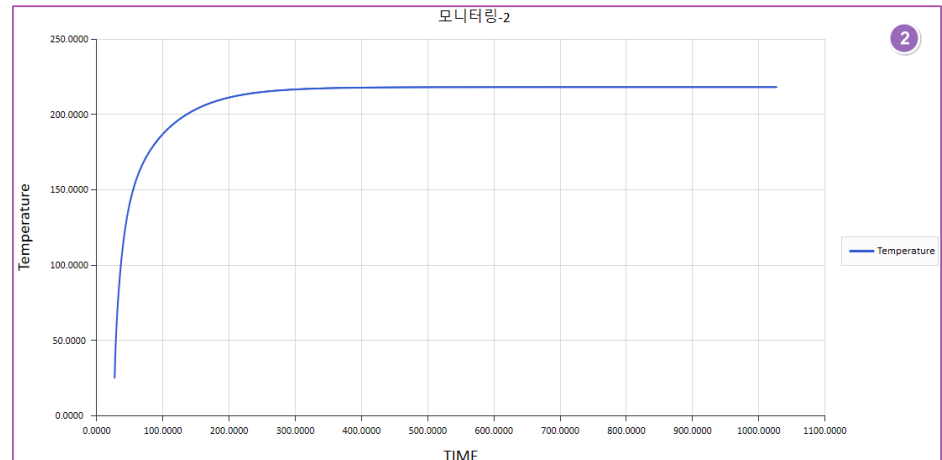
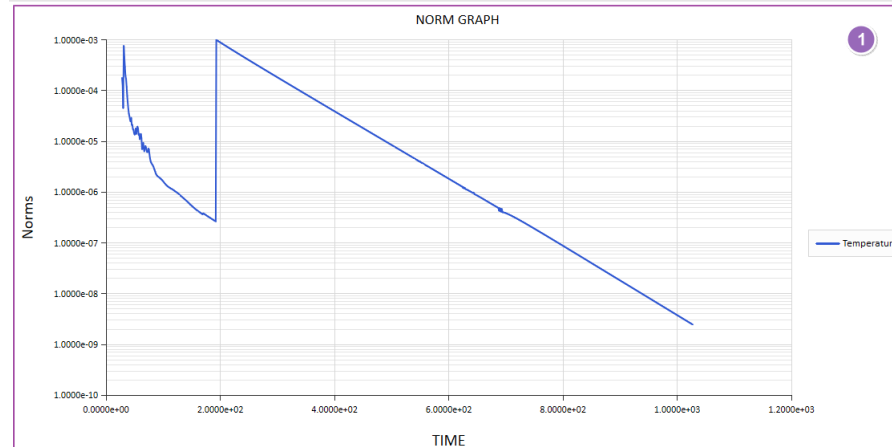
- ① “해석 및 결과” 창
- > 해석케이스
- > “해석케이스2”
- : 마우스 오른쪽 버튼 클릭
- > “해석실행” 클릭



계산 실행 – 계산 과정 검토 및 수렴 판단



- ① “CFD Norm 그래프” 및 출력창을 통해 Norm 그래프 수렴 확인 (Norm 값이 0.001 이하로 지속적으로 떨어지는 현상 관찰)
- ② 모니터링 포인트 측정 값이 정상상태에 도달하거나 주기가 반복되는 경우 확인



계산 중에 결과 검토가 가능한 시점을 판단하는 기준

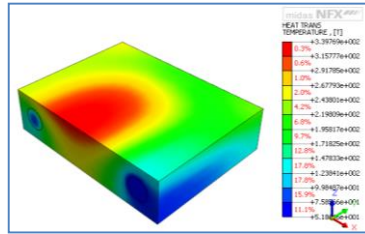
1. 계산 중 Norm 그래프가 0.001 이하로 지속적으로 떨어질 경우
2. 관심영역 특성치가 큰 변화가 없거나 주기를 가질 경우

결과검토

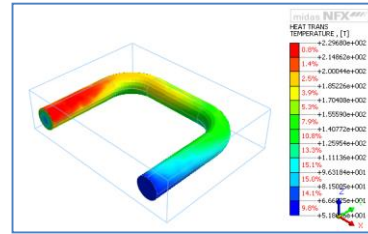


① 각종 결과 확인

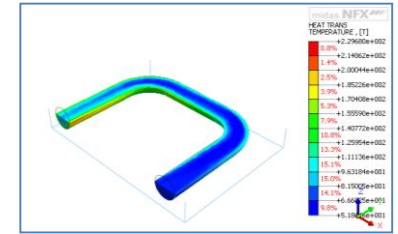
기본적이지만 필수적인 결과 검토 기능은 “NFX 모델링 교육” 또는 “NFX 기본교육” 그리고 매뉴얼을 통해 사전 숙지가 되어야 합니다.
결과 확인은 시연 영상을 보시겠습니다.



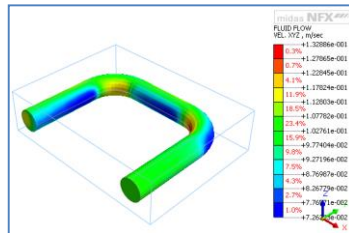
온도



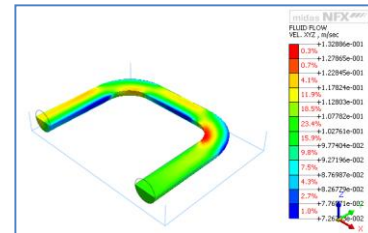
온도



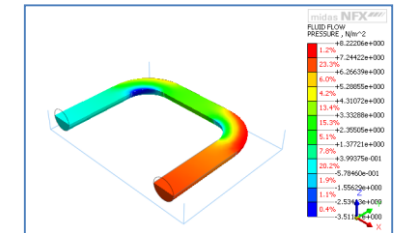
온도



속도



속도



압력

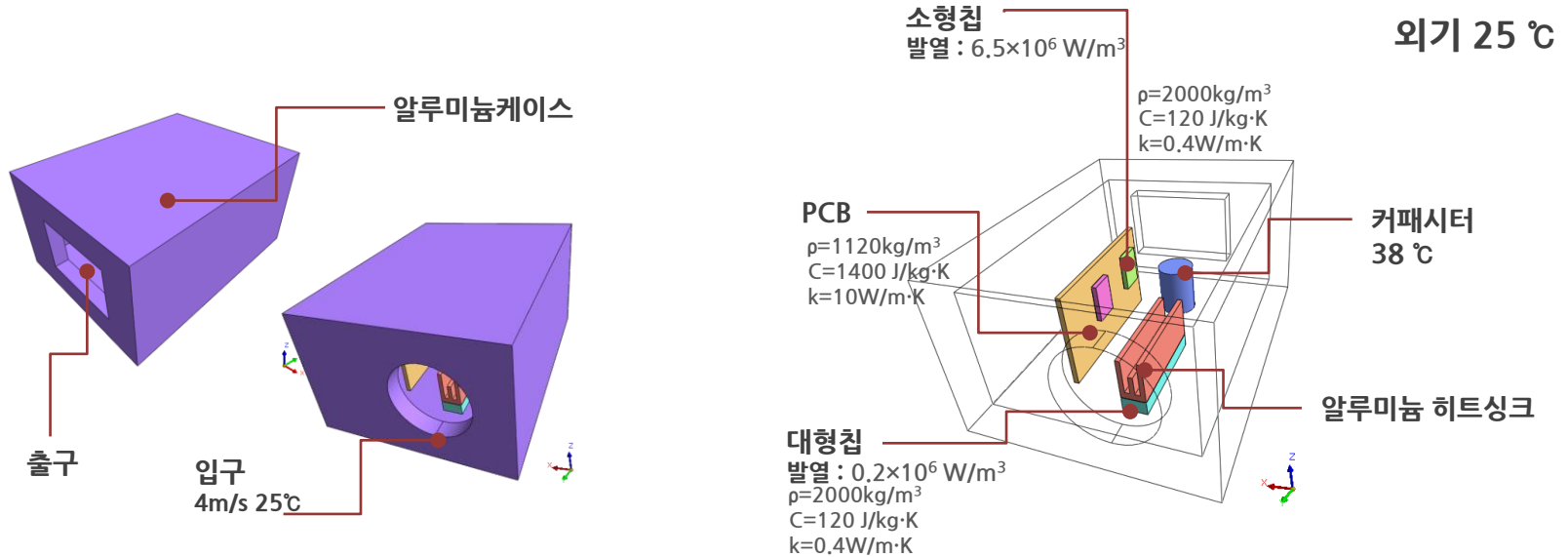
실무 따라하기

강제 공랭 해석 기본 예제 (절점병합)

- ★ 본 예제는 반드시 “내부 유동 해석 기본 예제” 선행 학습이 필요합니다.
- ★ 본 예제는 반드시 “외부 유동 해석 기본 예제” 선행 학습이 필요합니다.
- ★ 본 예제는 반드시 “강제 수랭 해석 기본 예제” 선행 학습이 필요합니다.

Contents

문제 설명 및 해석 목적



문제 설명

- ✓ 반도체 시스템 · 케이싱 해석

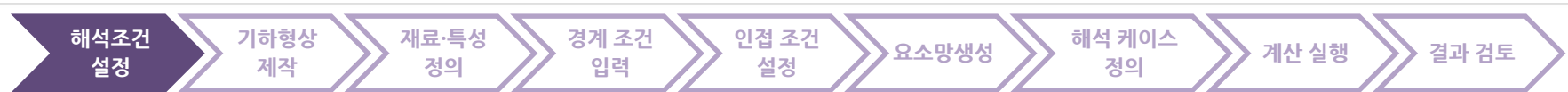
해석 목적

- ✓ 강제 대류에 의한 칩 정선 온도 예측

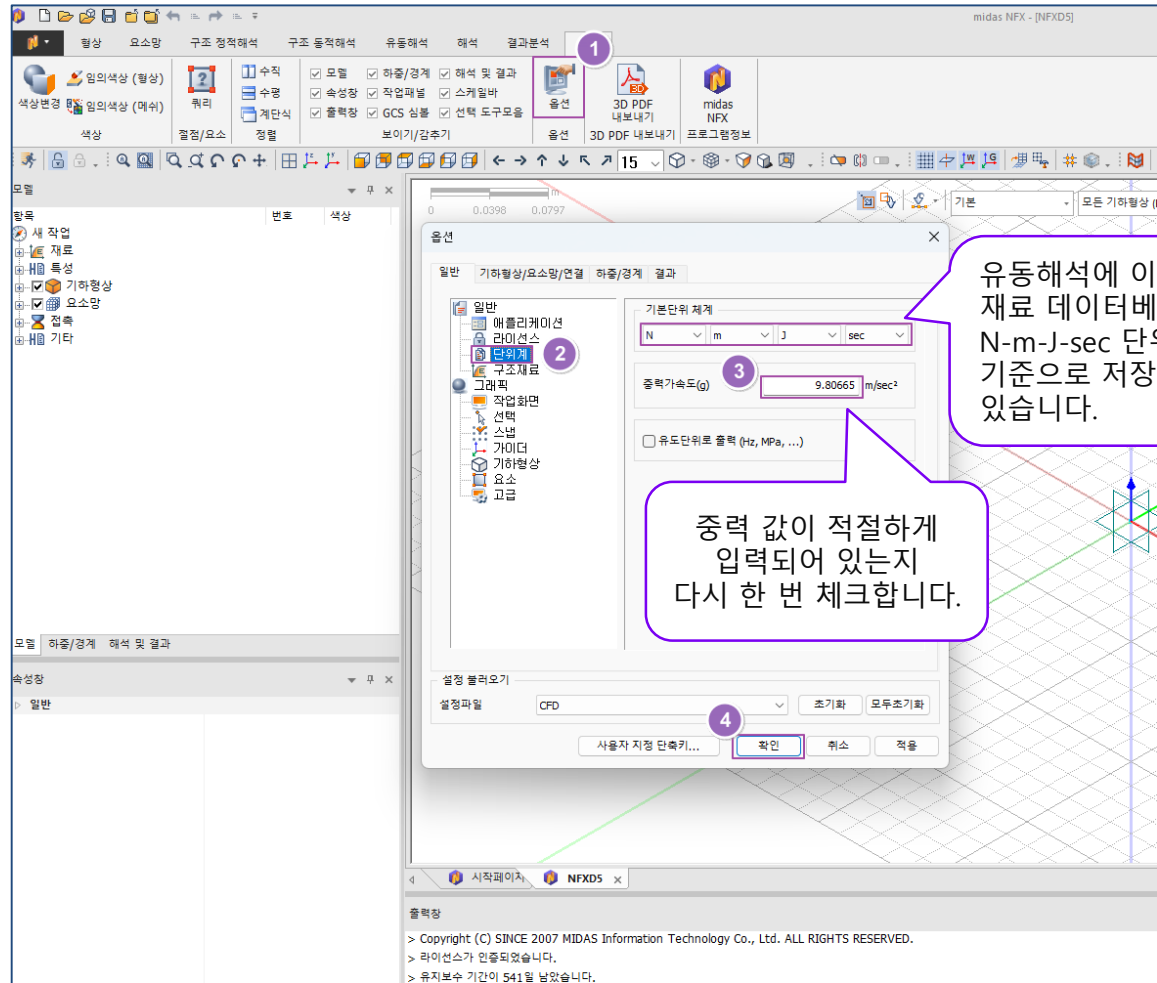
학습 주요 아이템

- ✓ 복합열전달 계산
- ✓ 발열조건 입력
- ✓ 온도조건 입력
- ✓ 2 Step 과도열전달 해석 수행방법

단위계 옵션 확인



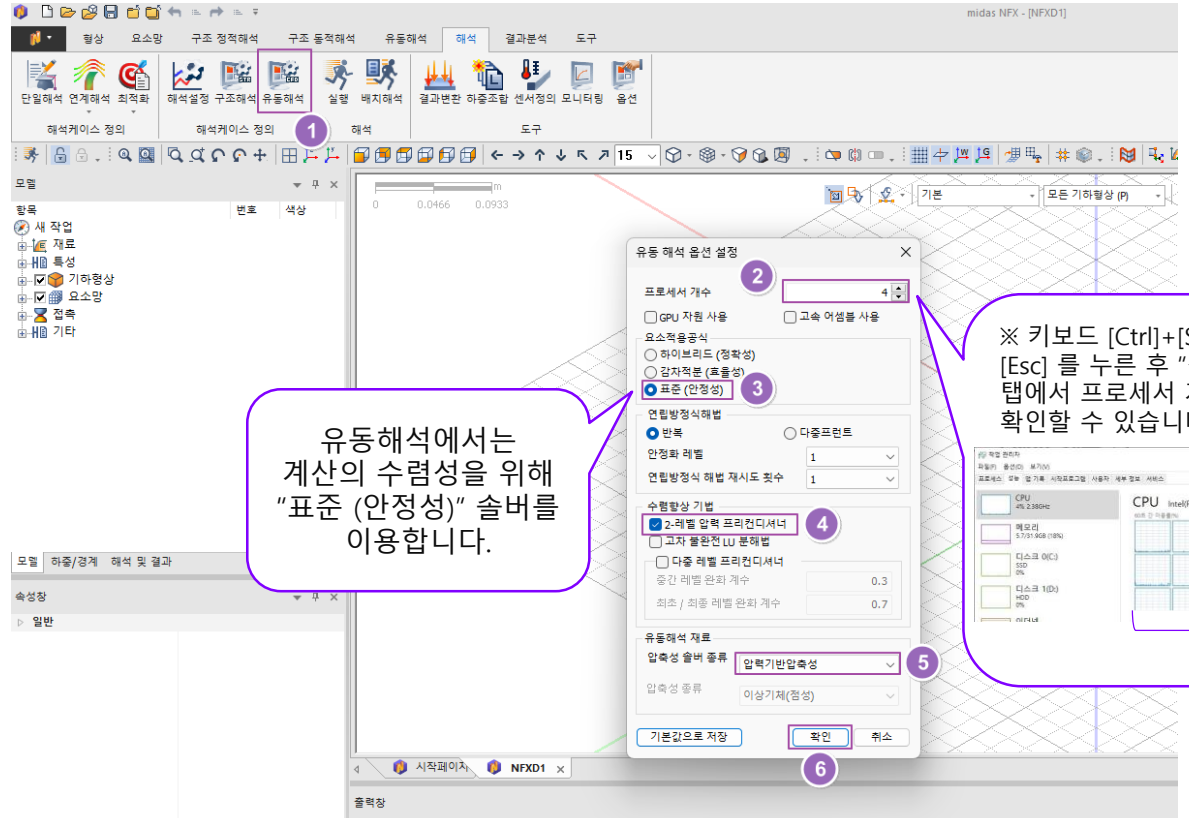
- ① 리본 메뉴 “도구” > 옵션 버튼 선택
- ② 옵션 창 > “일반” 탭 > “단위계” 트리 > “기본단위 체계” 콤보박스 : “N-m-J-sec” 확인
- ③ “중력가속도” 입력 창 : “9.8” 확인
- ④ “적용” 버튼 클릭



프로세서 개수 선택 및 솔버 선택



- ① 리본 메뉴 “해석” > 옵션 버튼 선택
- ② “프로세서 개수” 입력창 : 계산에 동원할 CPU 개수를 입력
- ③ “요소적용공식” 그룹박스 > “표준(안정성)” 라디오버튼 선택
- ④ “2-레벨 압력 프리컨디셔너” 클릭
- ⑤ “압축성 솔버 종류” 그룹박스 > “압력기반압축성” 선택
- ⑥ “확인” 버튼 클릭



유동해석에서는 계산의 수렴성을 위해 “표준 (안정성)” 솔버를 이용합니다.

※ 키보드 [Ctrl]+[Shift]+[Esc] 를 누른 후 “성능” 탭에서 프로세서 개수를 확인할 수 있습니다.

새로 만들기

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

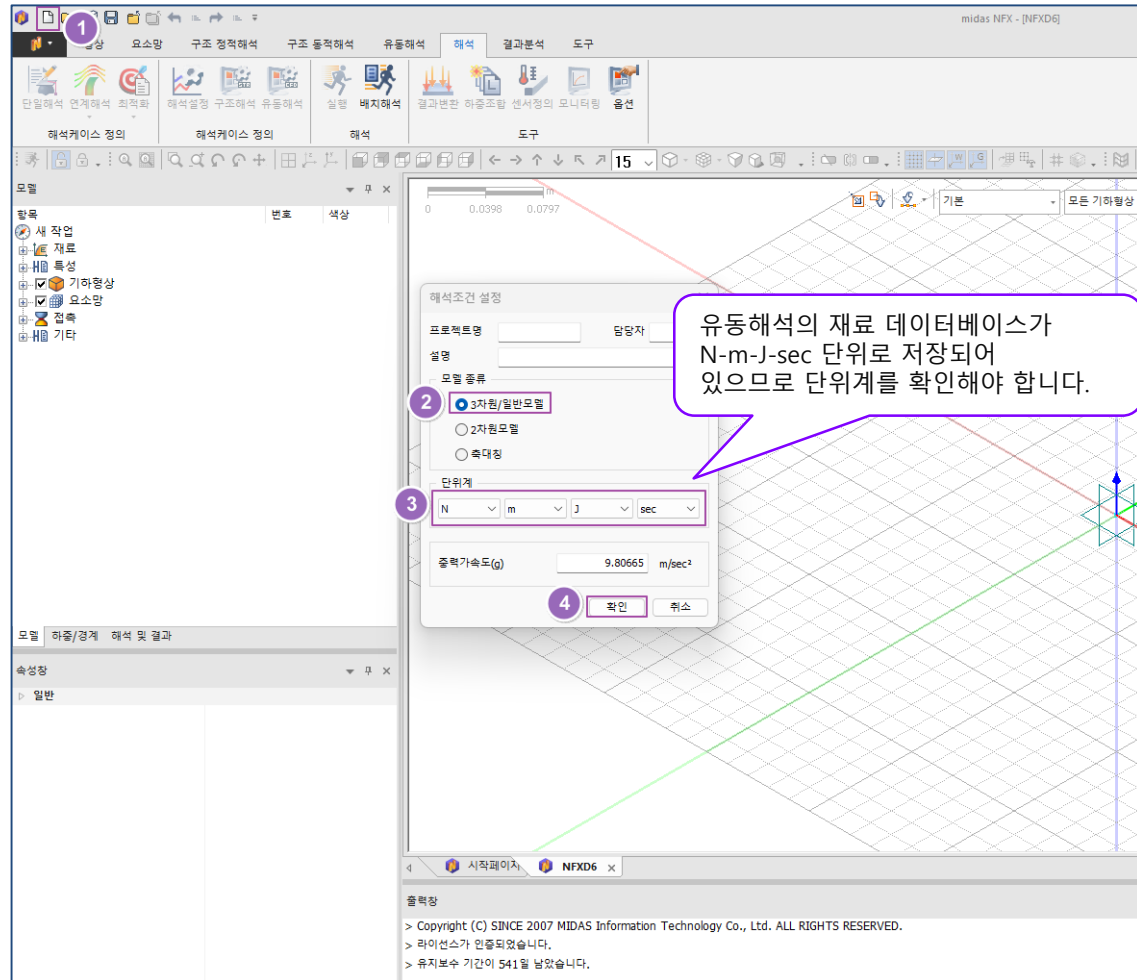
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “새로만들기” 버튼 클릭
- ② “3차원/일반모델” 라디오버튼 클릭
- ③ “단위계” 그룹박스 내 : N-m-J-sec 설정
- ④ “확인” 버튼 클릭



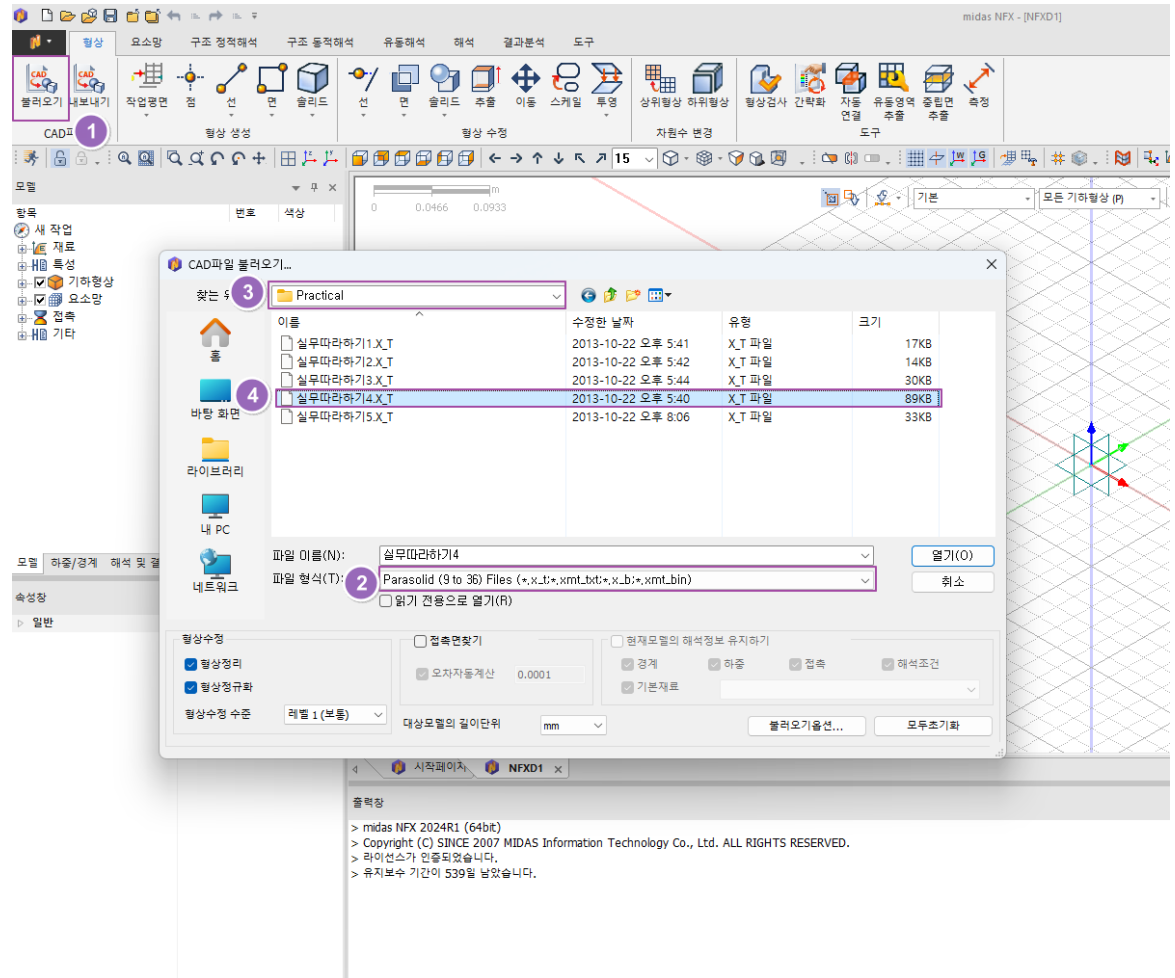
기하형상 불러오기



- ① “형상” 리본메뉴
> “불러오기” 버튼 클릭
- ② “파일 형식” 콤보박스
> “Parasolid..” 선택
- ③ CAD 파일이 있는 폴더로 이동
- ④ “실무따라하기3.X_T”
더블 클릭

※예제 파일 위치:

C:\ Program Files\ midas
NFX\ Manual\ Tutorial\ mid
as NFX CFD\ Practical



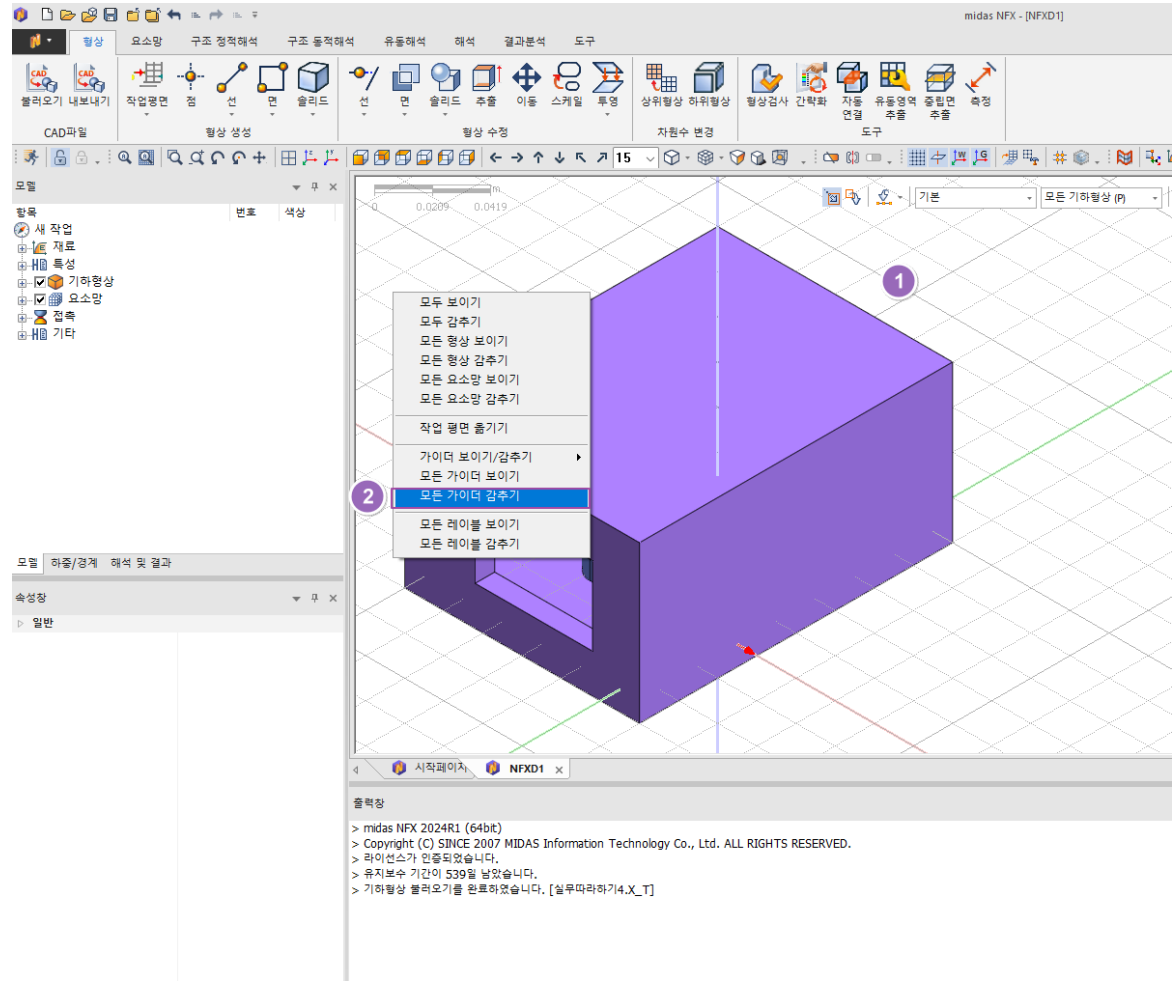
기하형상 확인하기



① 기하형상 확인

※ 키보드 마우스 조작을 통해 기하형상을 자세히 관찰합니다.

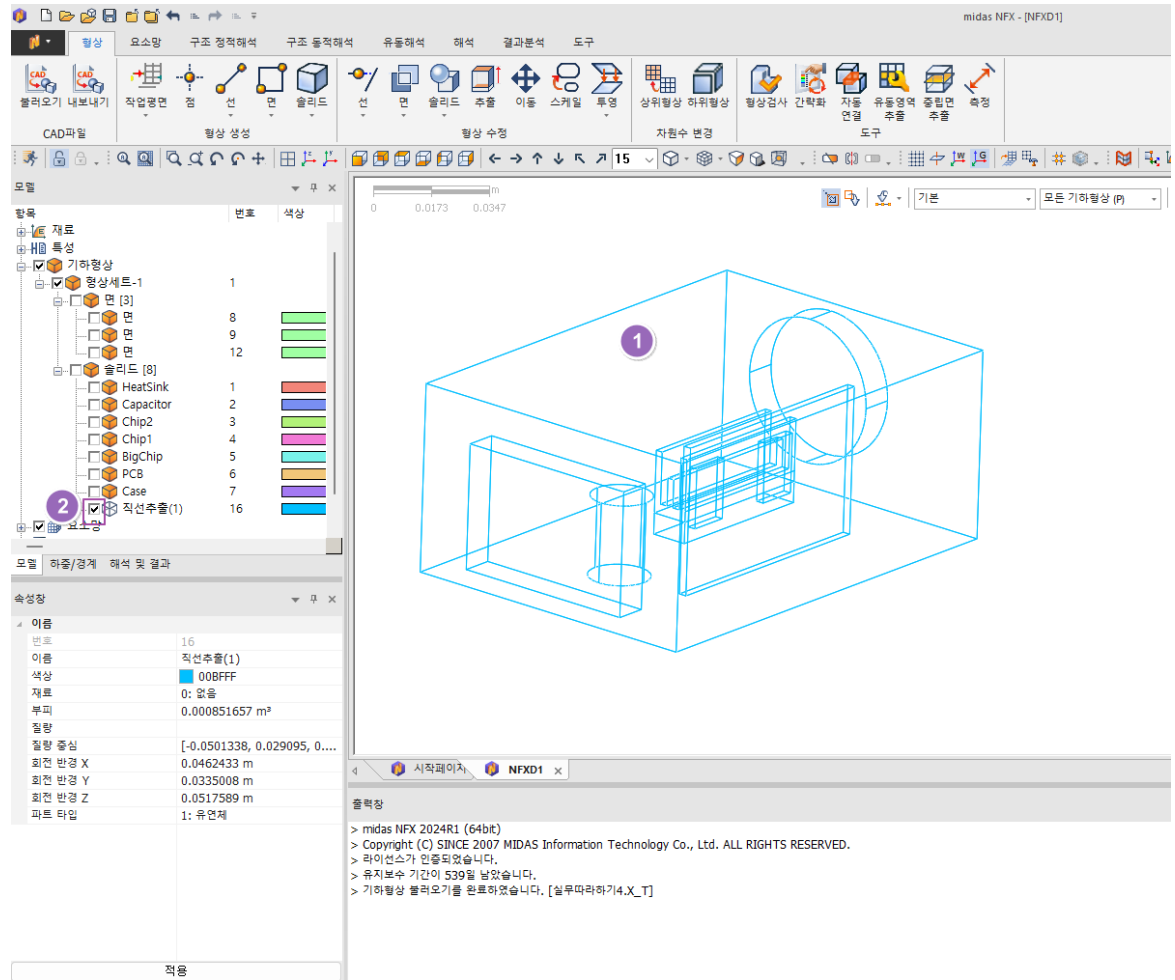
② 마우스 오른쪽 버튼 클릭 > "모든 가이드더 감추기" 클릭



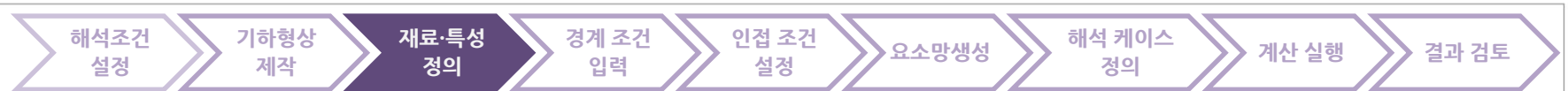
유동영역 추출하기



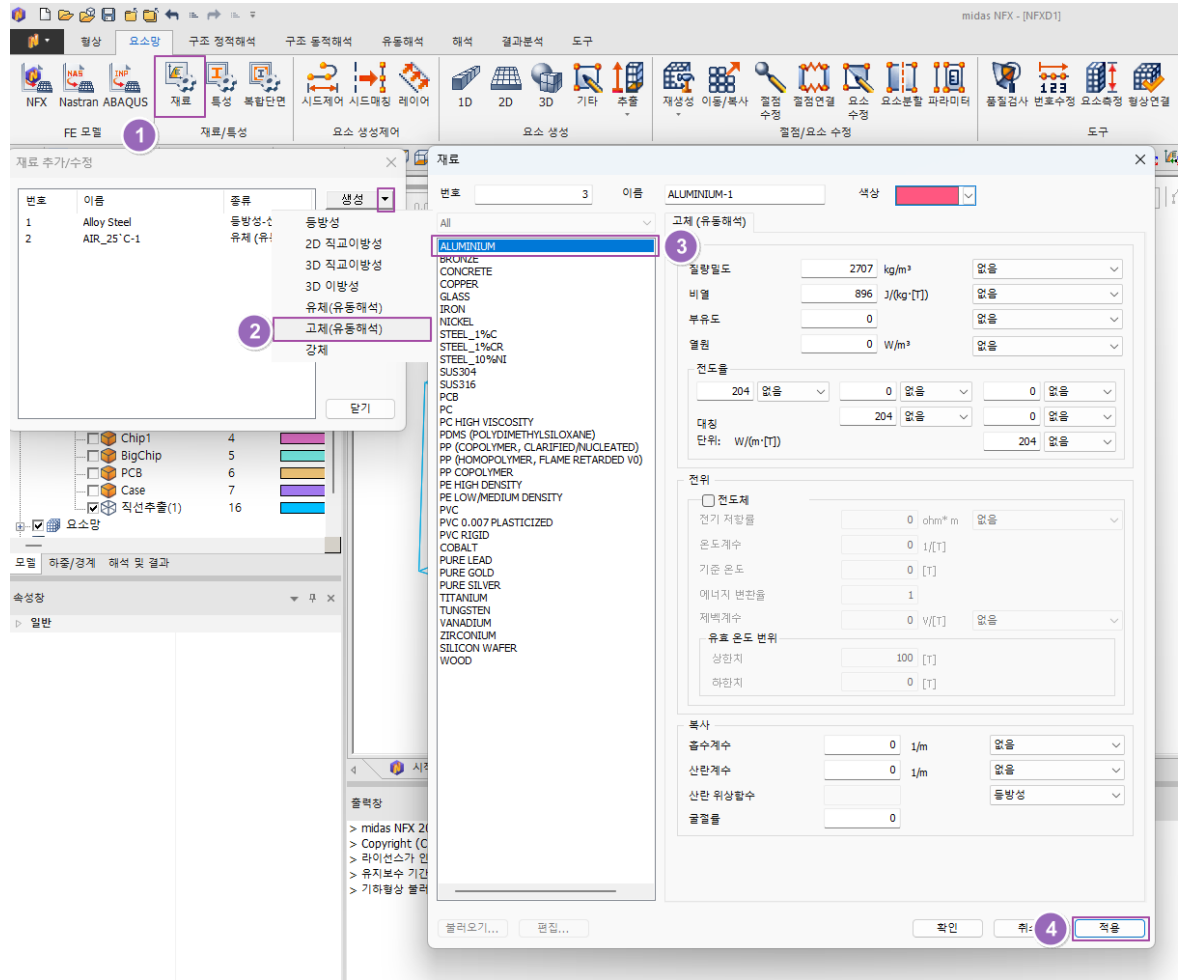
- ① 반드시 “내부 유동 해석 기본 예제” 를 참고하여 그림과 같이 유동해석 영역 추출
- ② “유동해석 영역” 솔리드만 활성화



고체 재료 정의하기



- ① “유동해석” 리본 메뉴 클릭
 > “재료” 버튼 클릭
- ② “재료 추가/수정” 창
 > “생성” 옆 화살표 버튼 클릭
 > “고체(유동해석)” 선택
- ③ 재료 데이터베이스
 > “ALUMINIUM” 선택
- ④ “적용” 버튼 클릭



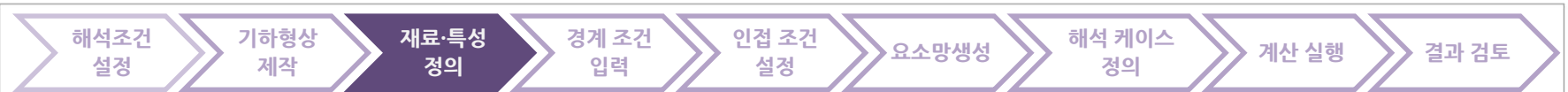
고체 재료 정의하기



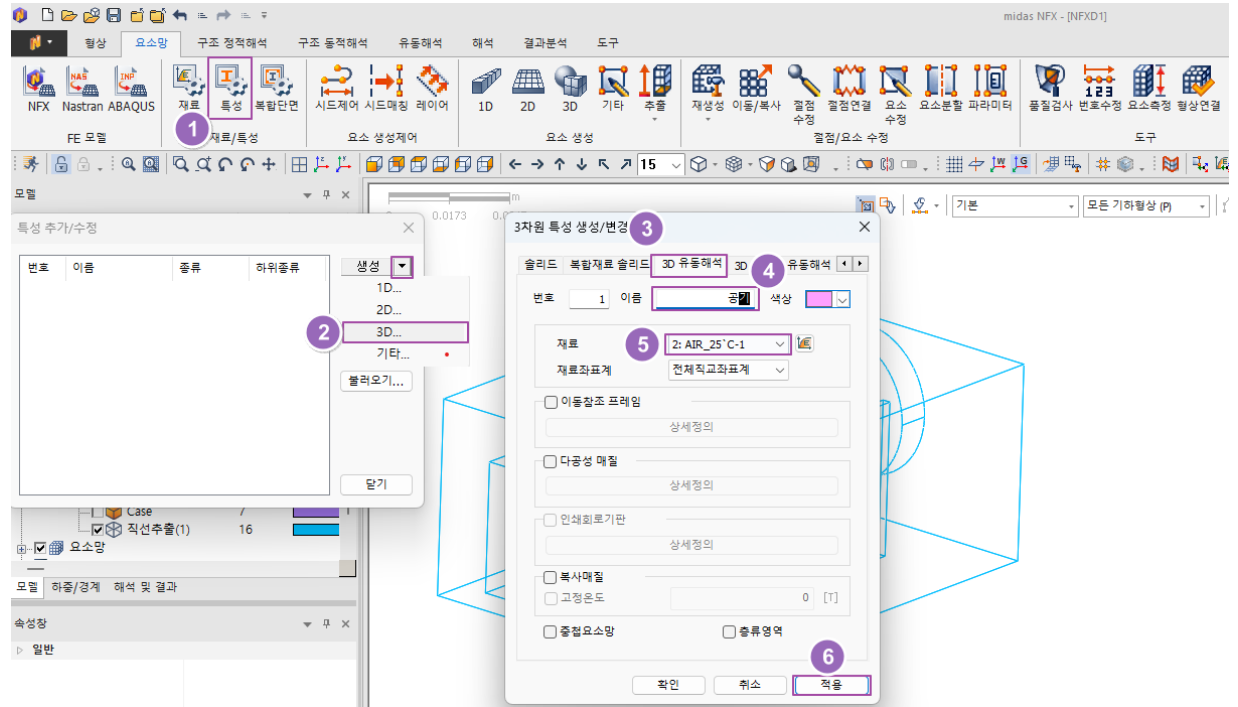
- ① “이름” 입력창 : “Material_Big_Chip” 입력
- ② “질량밀도” 입력 창 : “2000” 입력
- ③ “비열” 입력창 : “120” 입력
- ④ “열원” 입력창 : “0.2e6” 입력
- ⑤ “전도율” 입력창 : “0.4” 입력
- ⑥ “적용” 버튼 클릭
- ⑦ 표를 참고 하여 추가 재료 생성 후 “확인” 버튼 클릭 “닫기” 버튼 클릭

이름	Material_Small_Chips	PCB
질량밀도	2000	1120
비열	120	140
전도율	0.4	10
열원	6.5e6	0

특성 정의하기



- ① “특성” 버튼 클릭
- ② “특성 추가/수정” 창
> “생성” 옆 화살표 버튼 클릭
> “3D...” 버튼 클릭
- ③ “3D 유동해석” 탭 선택
- ④ 이름 입력창 : “공기” 입력
- ⑤ 재료 선택 창
: “2: AIR_25°C” 선택
- ⑥ “적용” 버튼 클릭
- ⑦ 표를 참고 하여 추가 특성 생성 후 “확인” 버튼 클릭
“닫기” 버튼 클릭



⑦

이름	알루미늄	큰칩	작은칩	PCB
재료	3: ALUMINIUM-1	4:Material_Big_Chips	5:Material_Small_Chips	6:Material_PCB

유체 유입 조건 설정 : 입구단



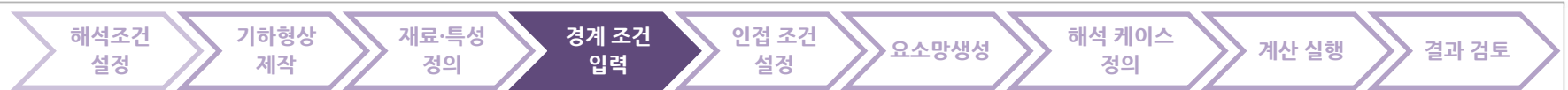
- ① “입구단” 버튼 클릭
- ② “대상형상” > “종류” 선택 창 > “면” 선택
- ③ 팬 위치 선택
- ④ “속도” > “V” : “4” 입력
- ⑤ “CFD 경계세트” 입력 창 > “입구단” 입력
- ⑥ “확인” 버튼 클릭

출력창

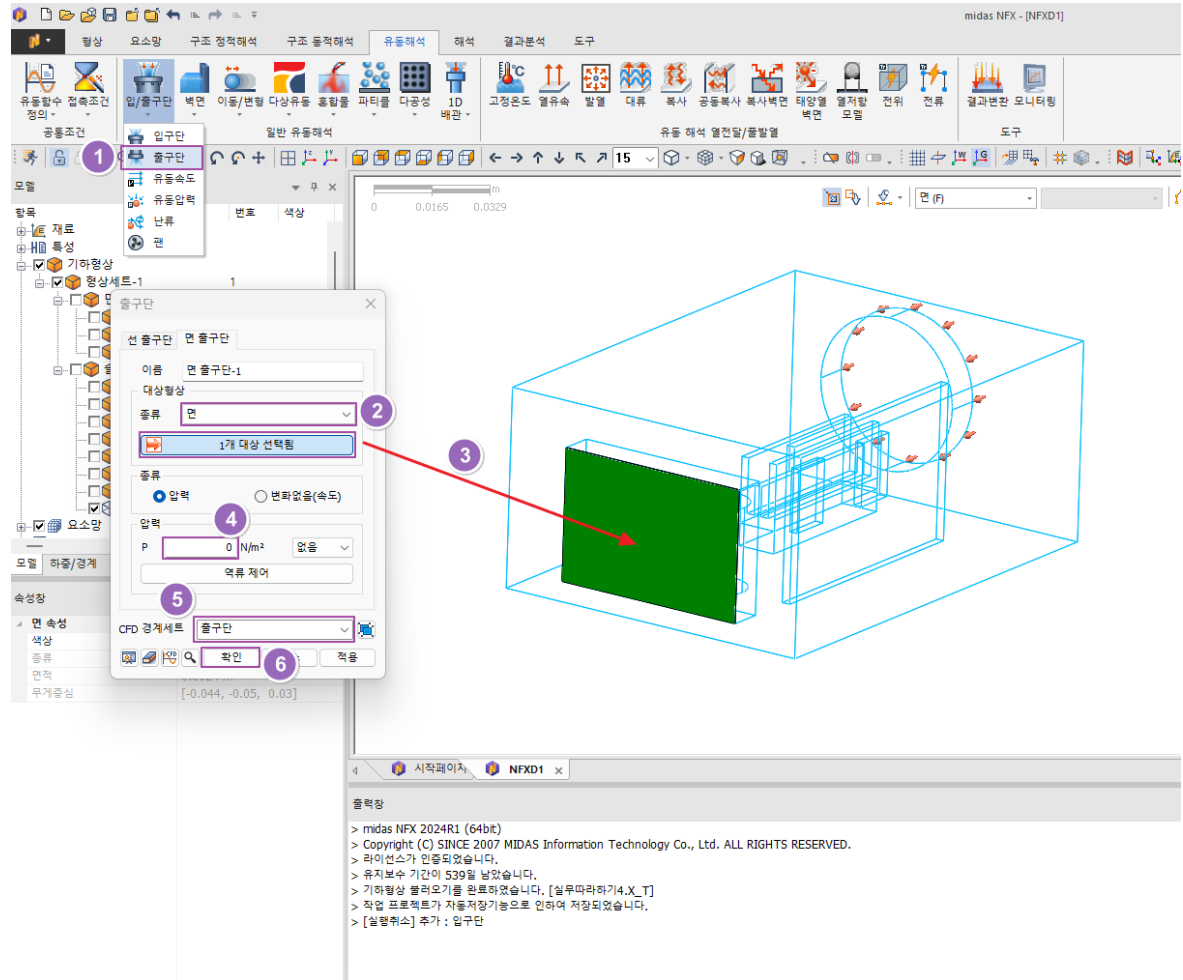
```

> midas NFX 2024R1 (64bit)
> Copyright (C) SINCE 2007 MIDAS Information Technology Co., Ltd. ALL RIGHTS RESERVED.
> 라이선스가 인증되었습니다.
> 유지보수 기간이 539일 남았습니다.
> 기하형상 불러오기를 완료하였습니다. [실무따라하기4.X_T]
> 작업 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
> [실패취소] 추가 : 입구단
    
```

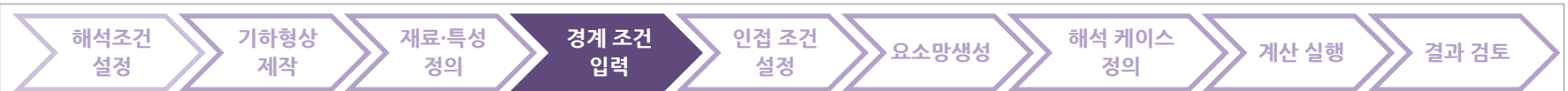
유체 유출 조건 설정 : 출구단



- ① “출구단” 버튼 클릭
- ② “대상형상” > “종류” 선택 창 > “면” 선택
- ③ 출구 부분 선택
- ④ “압력” > “값” : “0” 입력
- ⑤ “CFD 경계세트” 입력 창 > “출구단” 입력
- ⑥ “확인” 버튼 클릭



실제 구조 기하와 접하는 벽면 조건 설정



- ① “벽면” 버튼 클릭
- ② “대상형상” > “종류” 선택 창 > “면” 선택
- ③ 전체 선택 후 입구부와 출구부 제외
주의 : 총 52 개가 선택되는 지 확인 필요
- ④ 벽면 > 벽면종류 선택 창 : “무차원벽면거리적용” 변경
- ⑤ “벽면거리” 입력창 : “65” 입력
- ⑥ “CFD 경계세트” 입력창 : “벽면” 입력
- ⑦ “확인” 버튼 클릭

출력창

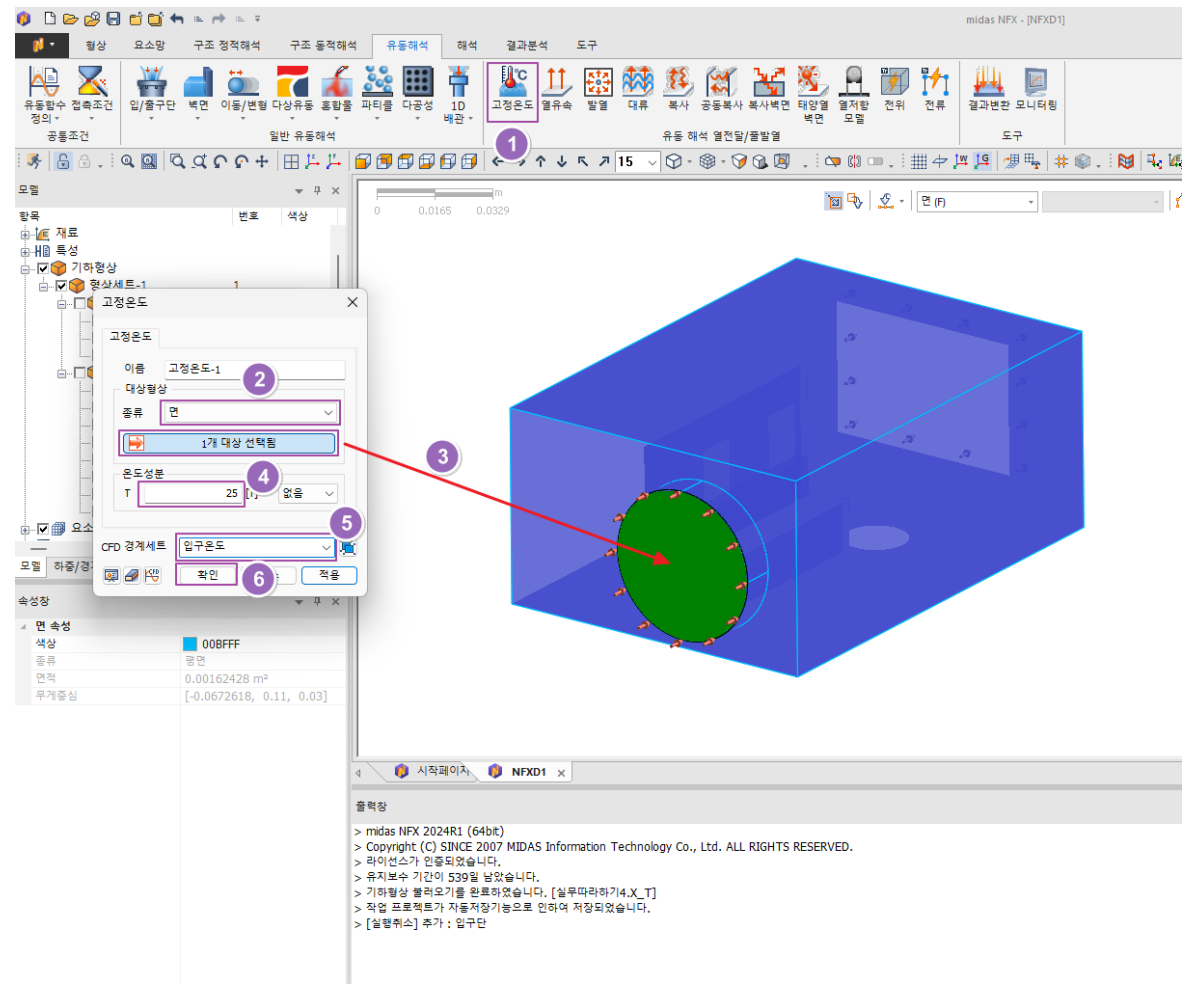
```

> midas NFX 2024R1 (64bit)
> Copyright (C) SINCE 2007 MIDAS Information Technology Co., Ltd. ALL RIGHTS RESERVED.
> 라이선스가 인증되었습니다.
> 유지보수 기간이 539일 남았습니다.
> 기하형상 불러오기를 완료하였습니다. [실무따라하기4_X_T]
> 작업 프로세스가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
> [실무취소] 추가 : 일구단
    
```

유입 기체 온도 설정



- ① “고정온도” 버튼 클릭
- ② “대상형상” > “종류” 선택 창 > “면” 선택
- ③ 입구부 선택
- ④ “온도” 입력 창 : “25” 입력
- ⑤ “CFD 경계세트” 입력창 : “입구온도” 입력
- ⑥ “확인” 버튼 클릭



외부 대류조건 가정 (뉴튼 냉각 법칙 적용)



- ① “대류” 버튼 클릭
- ② “대상형상” > “종류” 선택 창 > “면” 선택

- ③ 입구 출구를 제외한 외부 면 14 개 선택

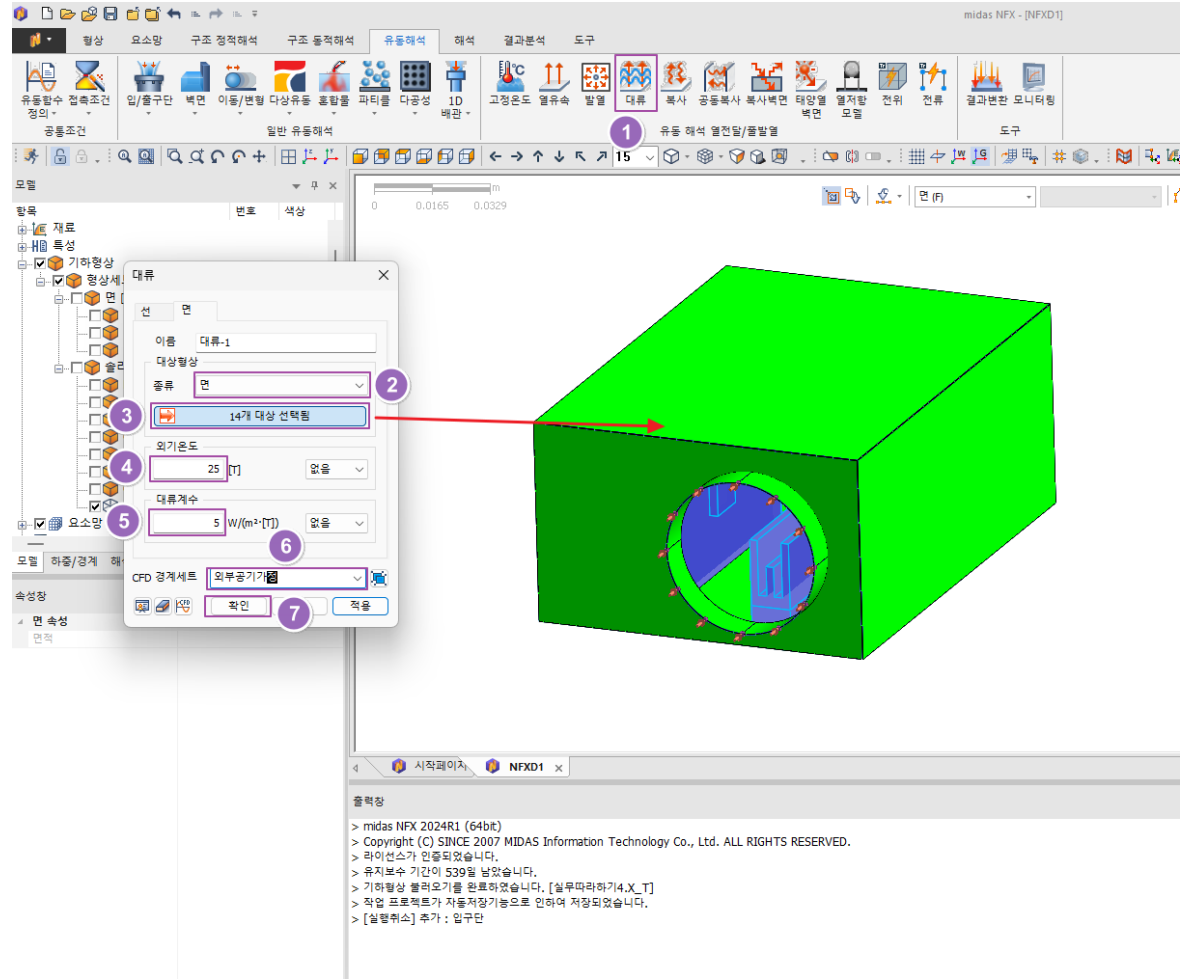
※주의 : 내부 히트싱크, PCB 등 부품과의 접촉면을 제외한 14개 대상이 선택 되는 것을 확인해야 합니다.

- ④ “외기온도” 입력창 : 25 입력

- ⑤ “대류계수” 입력창 : 5 입력

- ⑥ “CFD 경계세트” 입력창 : “외부공기가정” 입력

- ⑦ “확인” 버튼 클릭



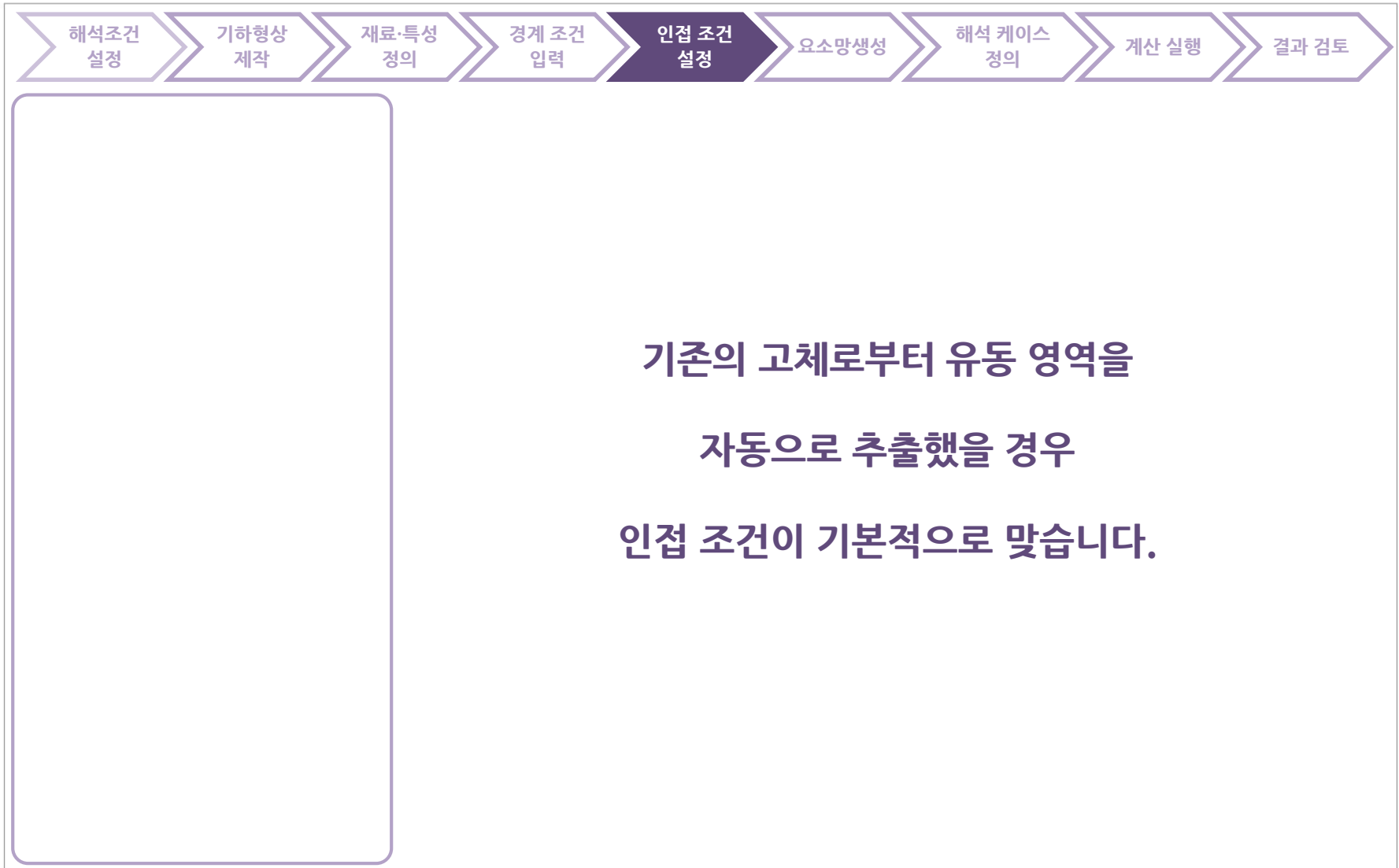
커패시터 온도 정의



- ① “고정온도” 버튼 클릭
- ② “대상형상” > “종류” 선택 창 > “면” 선택
- ③ 커패시터 부위 5개면 선택
- ④ “온도” 입력 창 : “38” 입력
- ⑤ “CFD 경계세트” 입력창 : “커패시터” 입력
- ⑥ “확인” 버튼 클릭

유체에 접하는 해당 부품의 온도가 고정 조건으로 줄 수 있을 경우 따로 요소망을 모델링 하지 않고 유체에 접해있는 면에 온도 경계조건을 입력합니다.

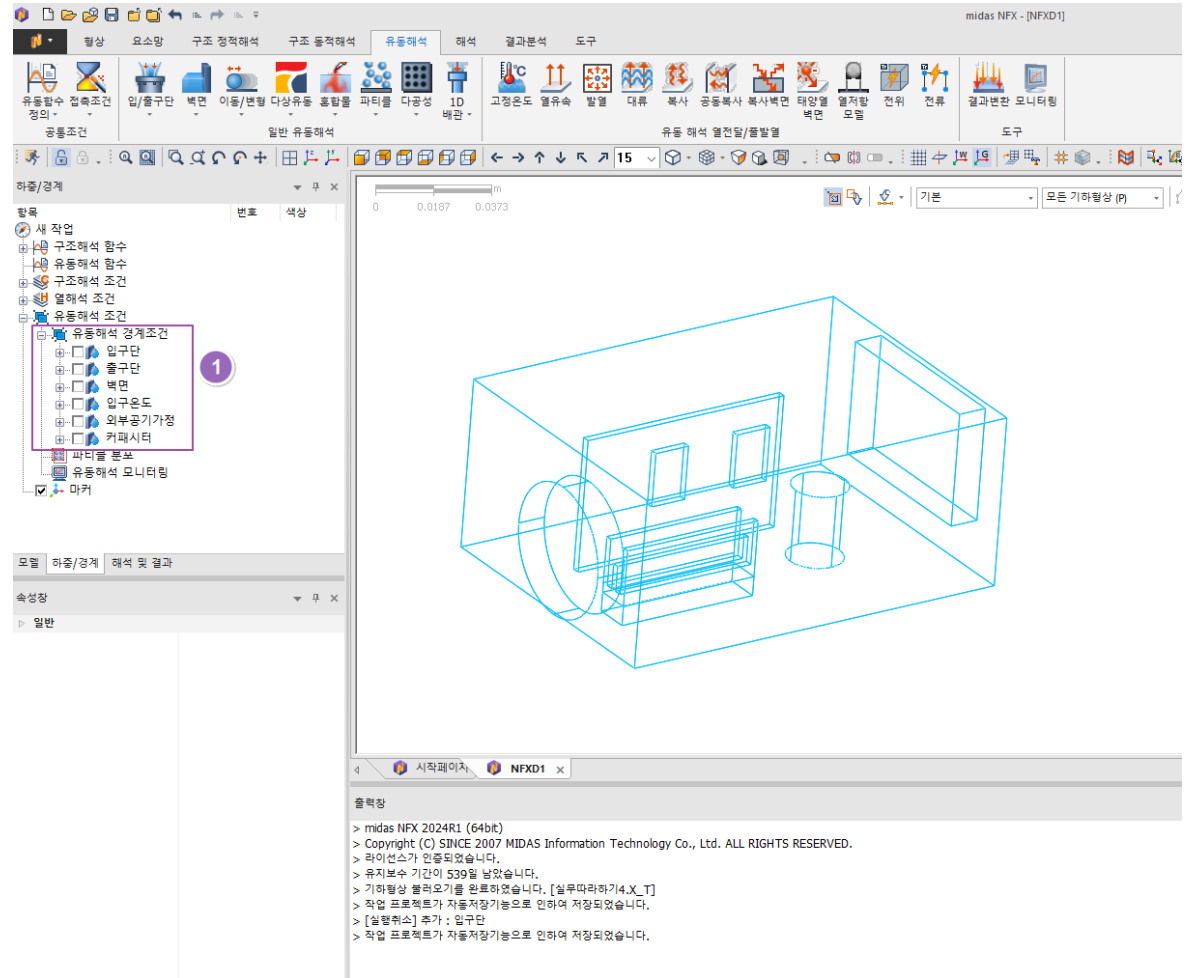
인접 조건 설정 : 확인



기하형상 보이기 모드 변환



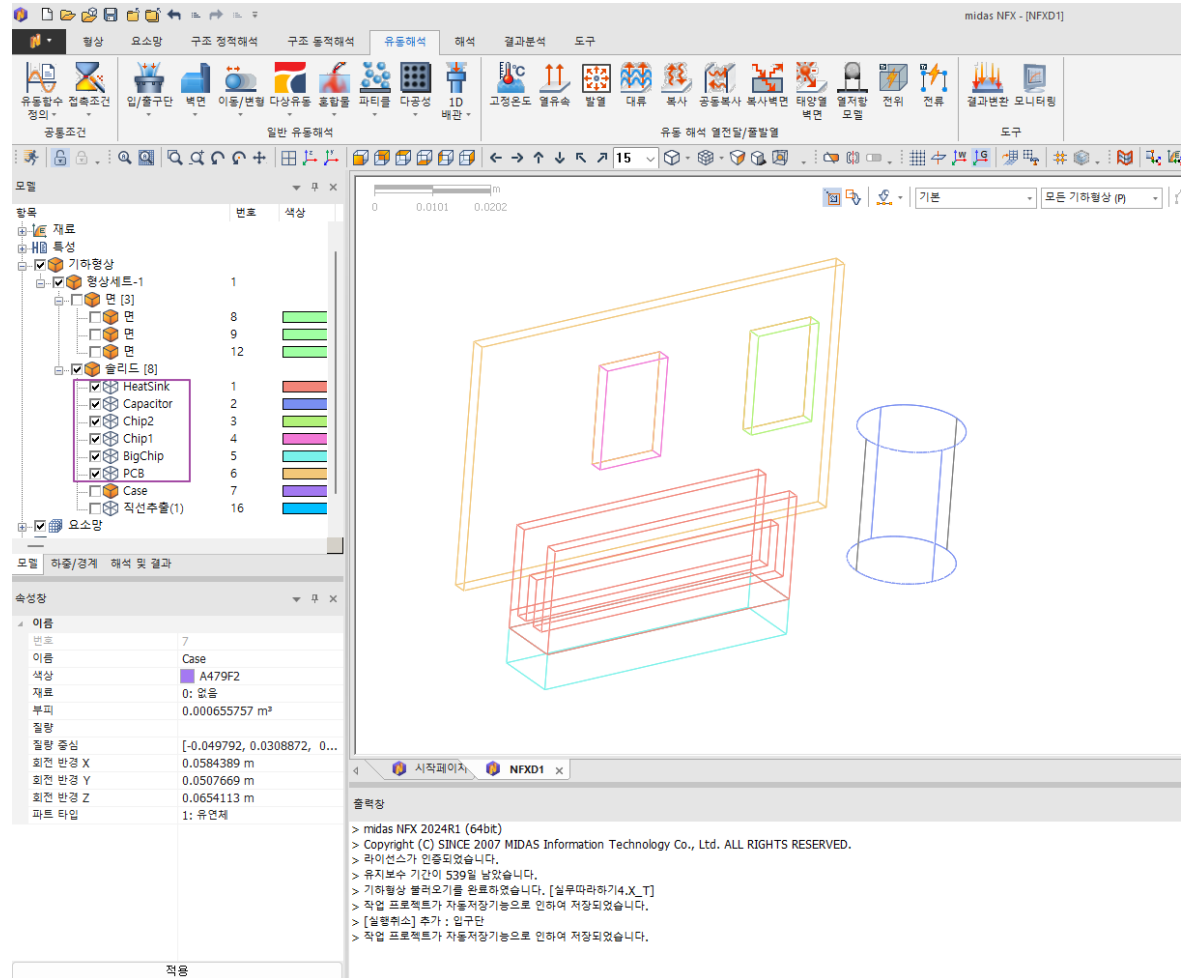
① 유동해석 경계조건 항목 비활성화 하여 우측 모델처럼 선만 보이기 상태 확인



기하형상 보이기 모드 변환



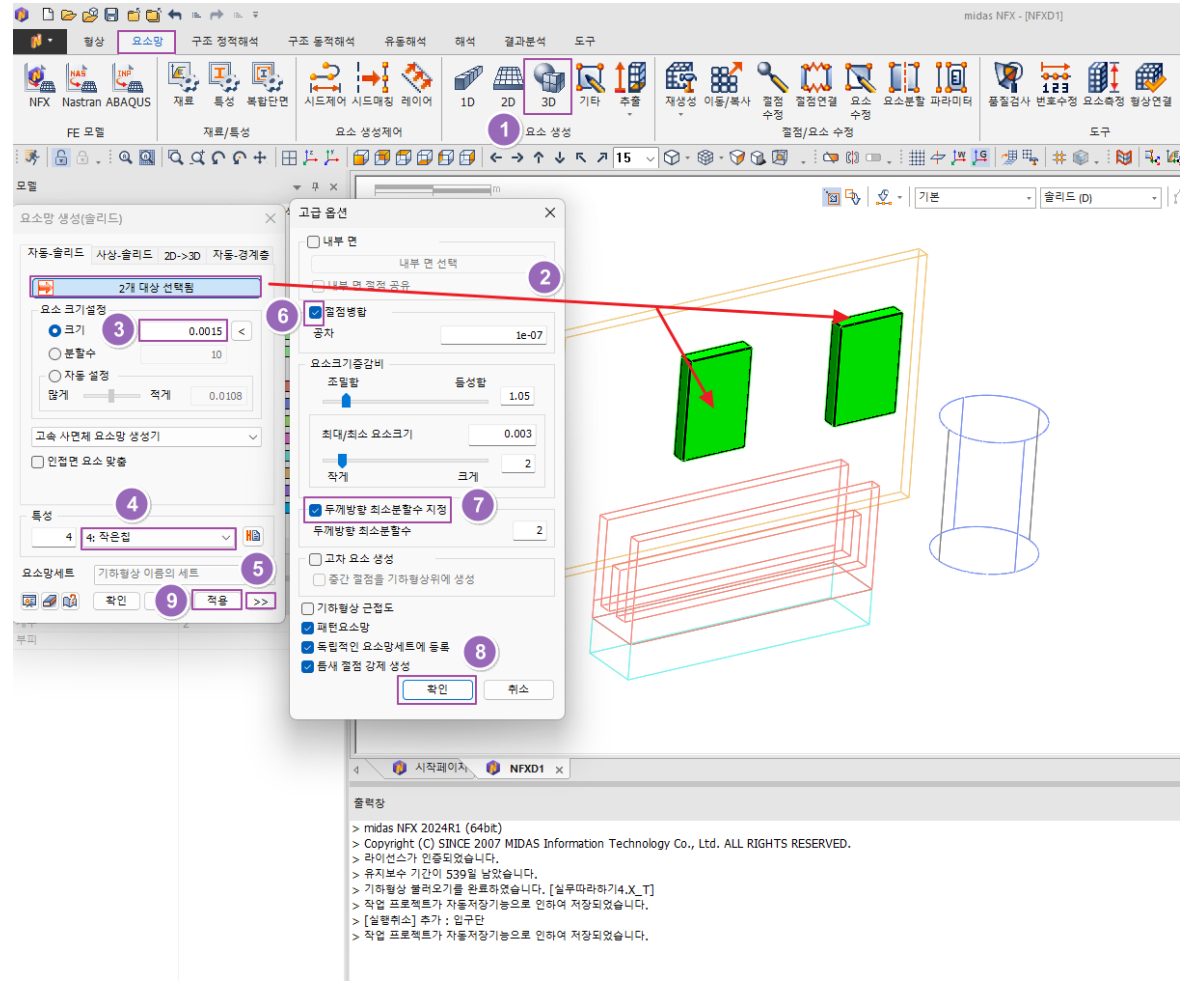
① 솔리드 Case, 직선추출을 제외한 고체 파트 활성화하여 우측 모델과 같은 형상 확인



고체 요소망 생성



- ① “요소망” 리본 메뉴 선택 > “3D” 버튼 클릭
- ② 2개 “Small Chip” 선택
- ③ 크기 “0.0015” 입력
- ④ 특성 “4: 작은칩” 설정
- ⑤ 고급옵션 “>>” 버튼 클릭
- ⑥ “절점병합” 체크
- ⑦ “두께방향 최소분할수” 지정 체크
- ⑧ “확인” 클릭
- ⑨ “적용” 클릭



고체 요소망 생성

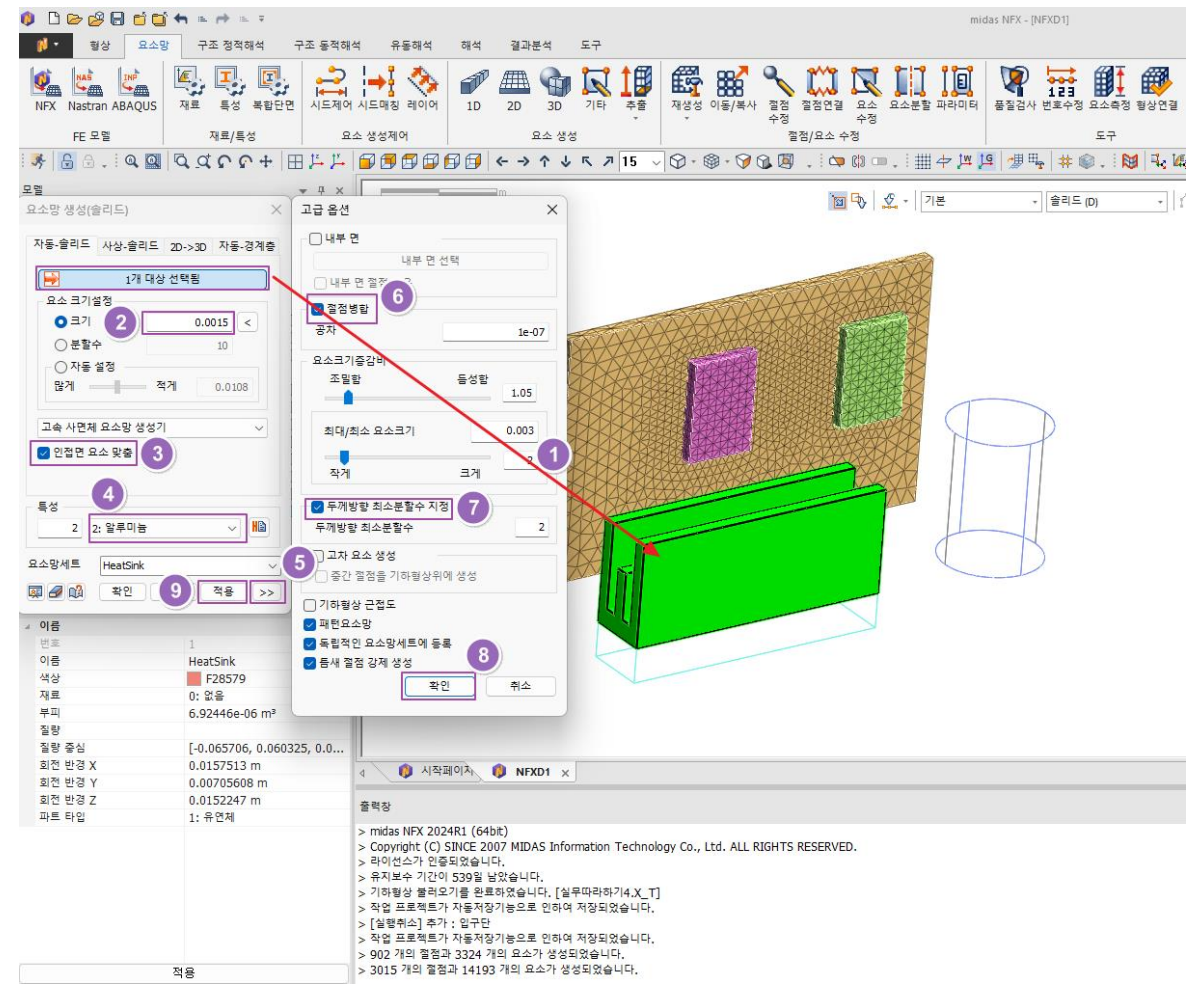


- ① 1개 “PCB” 선택
- ② 크기 “0.003” 입력
- ③ “인접면 요소 맞춤” 체크
- ④ 특성 “5: PCB” 설정
- ⑤ 고급옵션 “>>” 버튼 클릭
- ⑥ “절점병합” 체크
- ⑦ “두께방향 최소분할수” 지정 체크
- ⑧ “확인” 클릭
- ⑨ “적용” 클릭

고체 요소망 생성



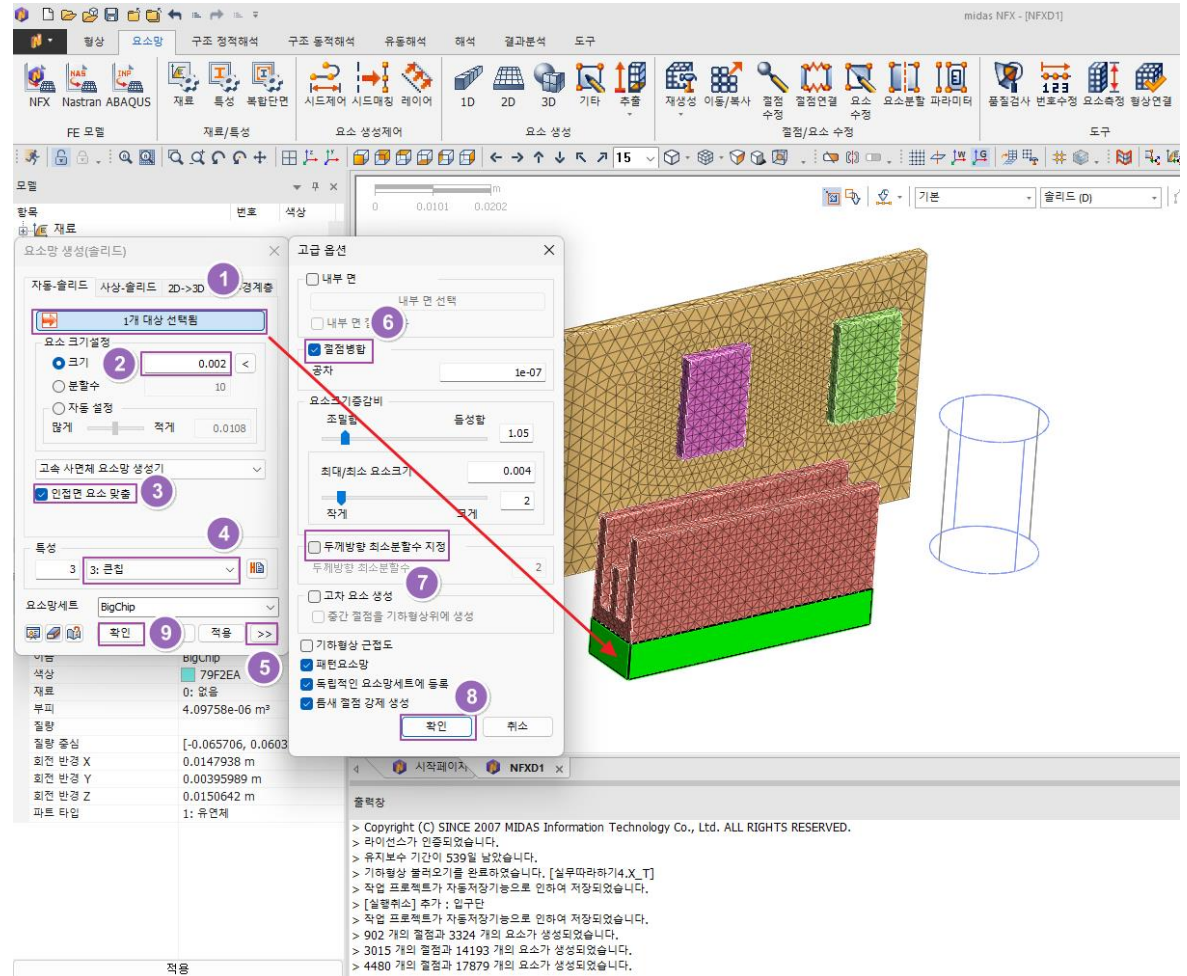
- ① 1개 “HeatSink” 선택
- ② 크기 “0.0015” 입력
- ③ “인접면 요소 맞춤” 체크
- ④ 특성 “2: 알루미늄” 설정
- ⑤ 고급옵션 “>>” 버튼 클릭
- ⑥ “절점병합” 체크
- ⑦ “두께방향 최소분할수” 지정 체크
- ⑧ “확인” 클릭
- ⑨ “적용” 클릭



고체 요소망 생성



- ① 1개 “BigChip” 선택
- ② 크기 “0.002” 입력
- ③ “인접면 요소 맞춤” 체크
- ④ 특성 “3: 큰칩” 설정
- ⑤ 고급옵션 “>>” 버튼 클릭
- ⑥ “절점병합” 체크
- ⑦ “두께방향 최소분할수” 지정 해제
- ⑧ “확인” 클릭
- ⑨ “확인” 클릭



기하형상 보이기 모드 변환



① 솔리드
직선추출 부분만 선으로 보이게
우측 모델과 같은 형상 확인

중력장

- > 라이선스가 인증되었습니다.
- > 유지보수 기간이 539일 남았습니다.
- > 기하형상 불러오기를 완료하였습니다. [실무따라하기4.X_T]
- > 작업 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
- > [실황위소] 추가 : 입구단
- > 작업 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
- > 902 개의 열점과 3324 개의 요소가 생성되었습니다.
- > 3015 개의 열점과 14193 개의 요소가 생성되었습니다.
- > 4480 개의 열점과 17879 개의 요소가 생성되었습니다.
- > 1277 개의 열점과 7032 개의 요소가 생성되었습니다.

유체 요소망 생성



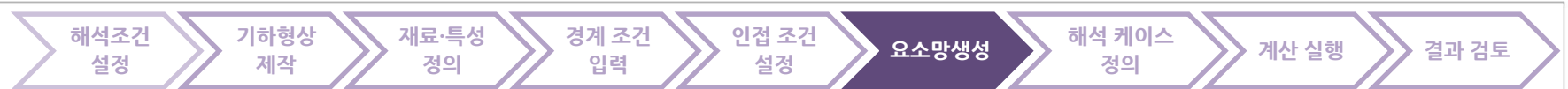
- ① “요소망” 리본 메뉴 선택 > “3D” 버튼 클릭
- ② 1개 “직선추출” 선택
- ③ 크기 “0.005” 입력
- ④ “인접면 요소 맞춤” 체크
- ⑤ 특성 “1: 공기” 설정
- ⑥ 고급옵션 “>>” 버튼 클릭
- ⑦ “절점병합” 체크
- ⑧ “확인” 클릭
- ⑨ “확인” 클릭

재료	부피	질량 중심	회전 반경 X	회전 반경 Y	회전 반경 Z	파트 타입
0: 없음	0.000851659	[-0.0501338, 0.0299	0.0462433 m	0.0335008 m	0.0517589 m	1: 유연체

출력창

- > 유지보수 기간이 539일 남았습니다.
- > 기하형상 불러오기를 완료하였습니다. [실무따라하기4.X_T]
- > 작업 프로퍼트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
- > [실황취소] 추가 : 입구단
- > 작업 프로퍼트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
- > 902 개의 결점과 3324 개의 요소가 생성되었습니다.
- > 3015 개의 결점과 14193 개의 요소가 생성되었습니다.
- > 4480 개의 결점과 17879 개의 요소가 생성되었습니다.
- > 1277 개의 결점과 7032 개의 요소가 생성되었습니다.
- > 작업 프로퍼트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.

요소망 생성 – 품질 검사



- ① “품질검사” 버튼 클릭
- ② “요소망 도구” 창
 > “기운각” 체크박스 : Off
 > “뒤틀림” 체크박스 : Off
- ③ “적용” 버튼 클릭
- ④ “출력창” 에서 최대값을 확인

The screenshot shows the midas NFX software interface. A dialog box titled '요소망 도구' (Element Mesh Tool) is open, with the '품질' (Quality) tab selected. The '뒤틀림' (Distortion) checkbox is checked, and its value is 25. The '적용' (Apply) button is highlighted with a red circle and the number 3. In the background, a 3D model of a mechanical part is shown with a blue mesh. The '출력창' (Output Window) at the bottom right shows the following text:

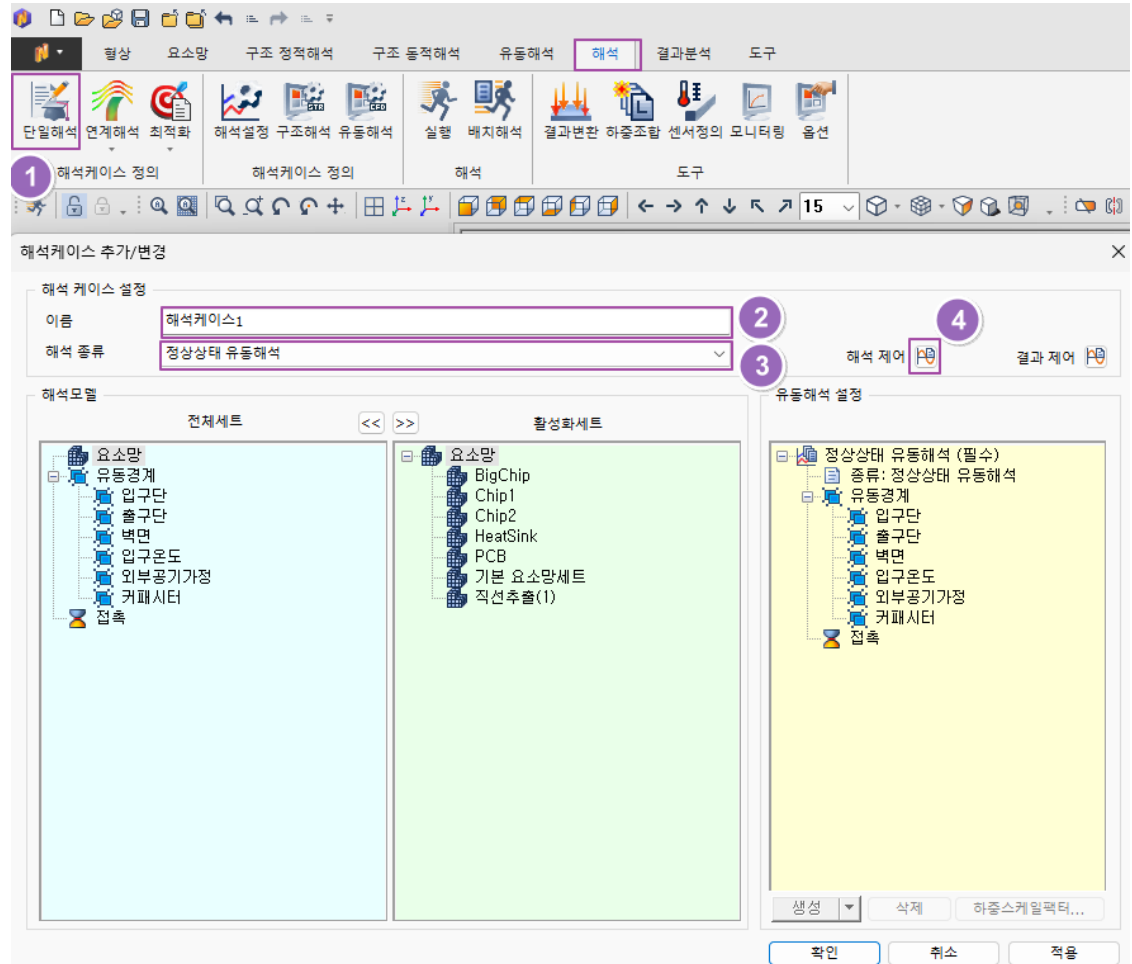
```

출력창
> [실패위스] 추가 : 일구단
> 작업 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
> 902 개의 결점과 3324 개의 요소가 생성되었습니다.
> 3015 개의 결점과 14193 개의 요소가 생성되었습니다.
> 4480 개의 결점과 17879 개의 요소가 생성되었습니다.
> 1277 개의 결점과 7032 개의 요소가 생성되었습니다.
> 작업 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
> 25834 개의 결점과 159098 개의 요소가 생성되었습니다.
> 요소 품질 결과 :
> - (품질비) 유효요소: 0개, 평균값: 1.47, 최소/최대값: 1 / 12.6
    
```

해석케이스 정의



- ① “유동해석” 리본메뉴 선택
 > “정상” 버튼 선택
- ② “해석케이스 추가/변경” 창
 > 해석 케이스 설정
 > “이름” 입력 창
 : “해석케이스1” 이름 입력
- ③ “해석 제어” 버튼 클릭



해석케이스 정의 – 해석 제어 정의



- ① “시간간격” 입력창 : “1” 입력
- ② “시간스텝개수” 입력창 : “1000” 입력
- ③ 결과출력 > “스텝간격” 입력창 : 10 입력
- ④ “초기 조건” 버튼 클릭
- ⑤ “필드 정의” 버튼 클릭
- ⑥ “운동에너지” 입력창 : “0.06” 입력
- ⑦ “길이척도” 입력창 : “0.003192” 입력
- ⑧ “확인” 버튼 클릭

해석 제어

모듈 정보 파라미터

모듈
 일반유동
 열전달
 고체열전달
 고급 모듈...

반복계산
 시간간격 ① 1 sec
 시간스텝개수 ② 1000
 최대반복횟수 3
 수렴기준/오차 0
 시간 일시 진행 재시작
 유동-이류 분할해석 수렴기준/오차 0.001

결과출력
 시작스텝 1 스텝간격 ③ 10 Step
 중간단계 재시작 파일생성

물리적 데이터
 작동압력 101325 N/m²
 중력 벡터 0, 0, -1

대칭 평면
 평면23 X - 위치 m
 평면31 Y - 위치 m
 평면12 Z - 위치 m

내부 반복계산 정의...
 초기 조건... ④

초기 조건 정의

전체 초기조건 정의 ⑤ 필드 정의
 세부 초기조건 정의

필드 정의

입력
 압력 0 N/m² 없음
 속도
 Vx 0 m/sec 없음
 Vy 0 m/sec 없음
 Vz 0 m/sec 없음

다상
 난류
 종류 운동에너지와 길이척도
 운동에너지 ⑥ 0.06 m²/sec² 없음
 길이척도 ⑦ 0.003192 m 없음

열전달
 유체 온도 0 [T] 없음
 고체 온도 0 [T] 없음

전위
 전위 0 V 없음

누적 발열
 유체 발열 0 W 없음
 고체 발열 0 W 없음

시작점
 초기 조건... ⑧ **확인** 취소

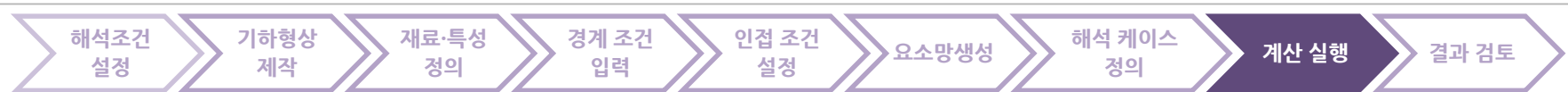
[*] 추가 : 입구단 압력이 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
 [] 점점과 3324 개의 요소가 생성되었습니다.
 [] 점점과 14193 개의 요소가 생성되었습니다.
 [] 점점과 17879 개의 요소가 생성되었습니다.
 [] 점점과 7272 개의 요소가 생성되었습니다.

해석케이스 정의 – 해석 제어 정의 : 난류 정의

해석조건 설정
기하형상 제작
재료·특성 정의
경계 조건 입력
인접 조건 설정
요소망생성
해석 케이스 정의
계산 실행
결과 검토

- ① “모듈 정보” 탭 이동
- ② “난류 모델” 선택 창 : “2차식 k-ε” 선택
- ③ “확인” 버튼 클릭
- ④ “확인” 버튼 클릭
- ⑤ “해석 및 결과” 창 > “해석케이스1” 정의 확인

계산 실행 – 수렴 판단을 위한 모니터링 포인트



- ① “결과 모니터링” 버튼 클릭
- ② 출구 부분 가운데 절점 선택
- ③ “총 속도” 체크박스 : On
- ④ “확인” 버튼 클릭

출구 측에 압력을 0 Pa 로 고정했으므로, 총속도를 관찰합니다.

출력창

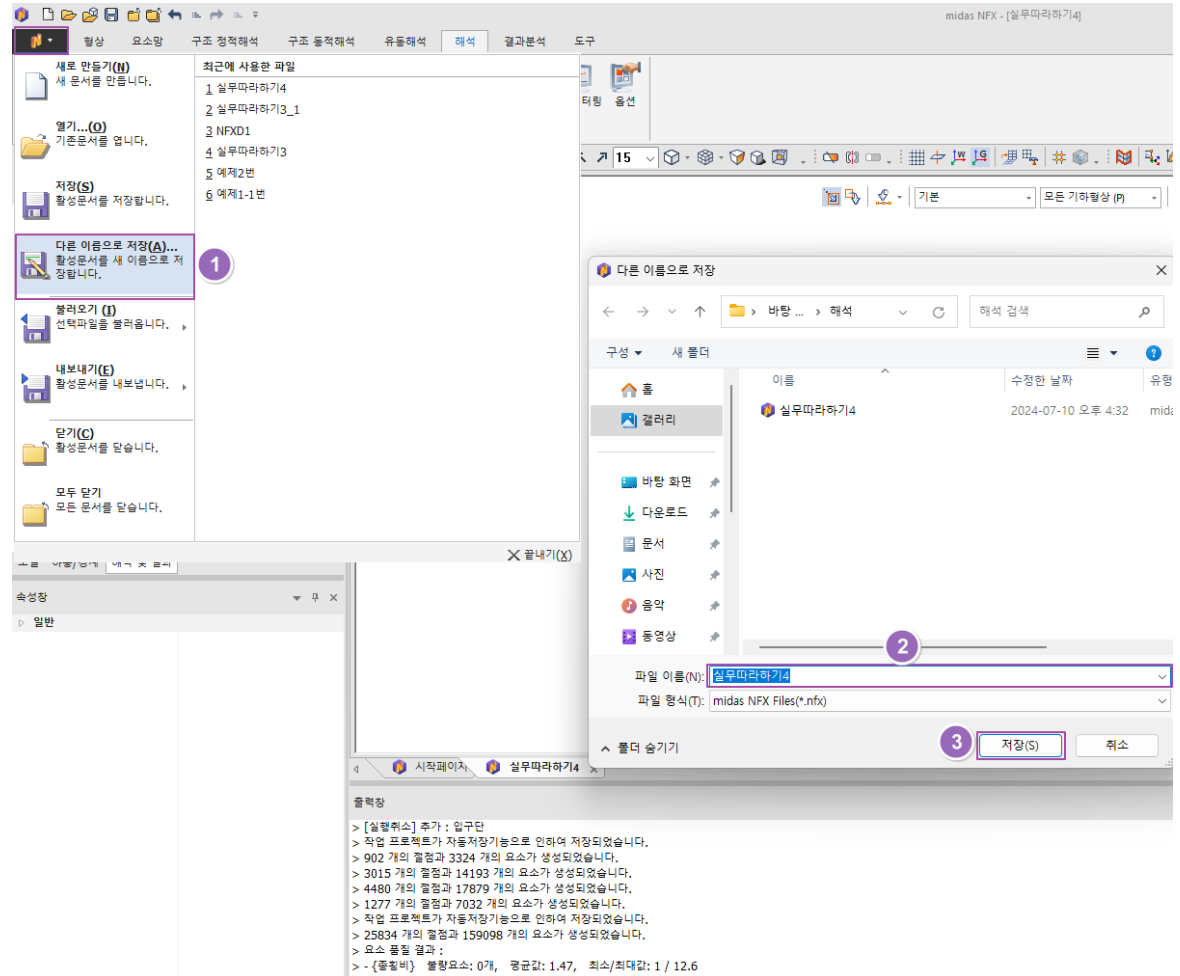
```

> [실행취소] 추가 : 일구단
> 작업 프로세스가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
> 902 개의 절점과 3324 개의 요소가 생성되었습니다.
> 3015 개의 절점과 14193 개의 요소가 생성되었습니다.
> 4480 개의 절점과 17879 개의 요소가 생성되었습니다.
> 1277 개의 절점과 7032 개의 요소가 생성되었습니다.
> 작업 프로세스가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
> 25834 개의 절점과 159098 개의 요소가 생성되었습니다.
> 요소 돌림 결과 :
> - {돌림비} 불합요소: 0개, 평균값: 1.47, 최소/최대값: 1 / 12.6
    
```

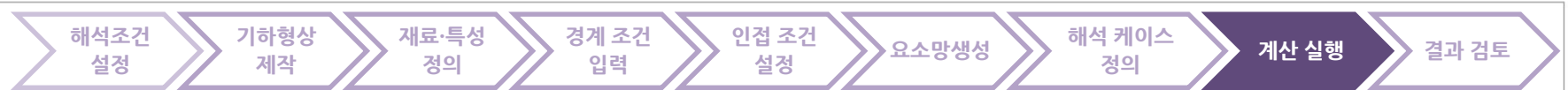
계산 실행 – 파일 저장



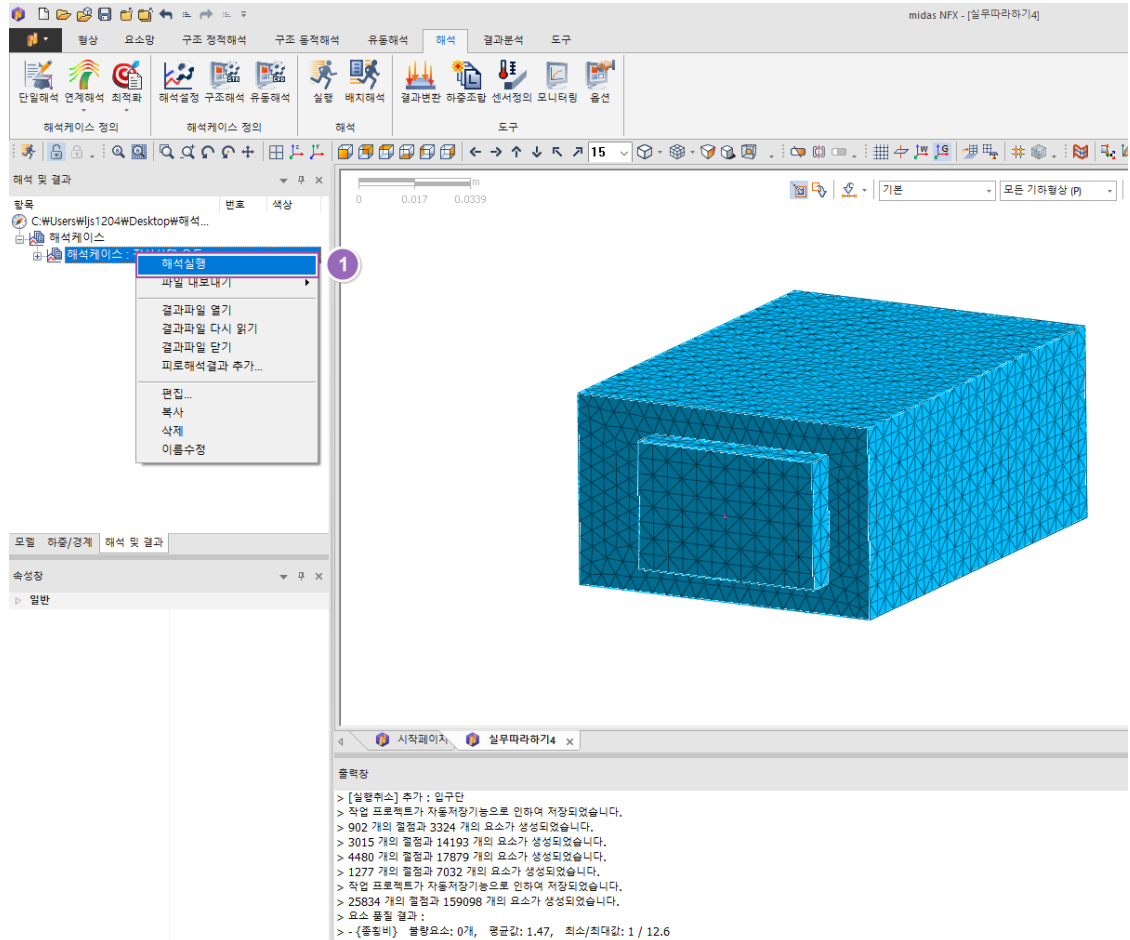
- ① “메인 메뉴” 버튼 클릭
 > “다른 이름으로 저장” 버튼 클릭
- ② “파일 이름” 입력창
 : “실무따라하기4.nfx”
- ③ “저장” 버튼 클릭



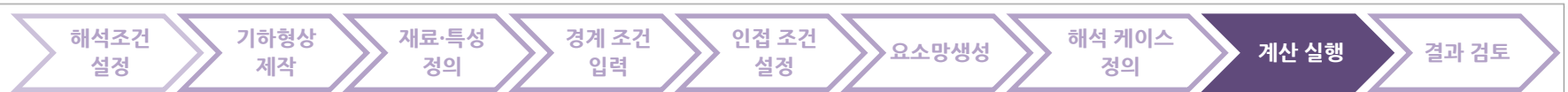
계산 실행 – 해석케이스 계산 실행



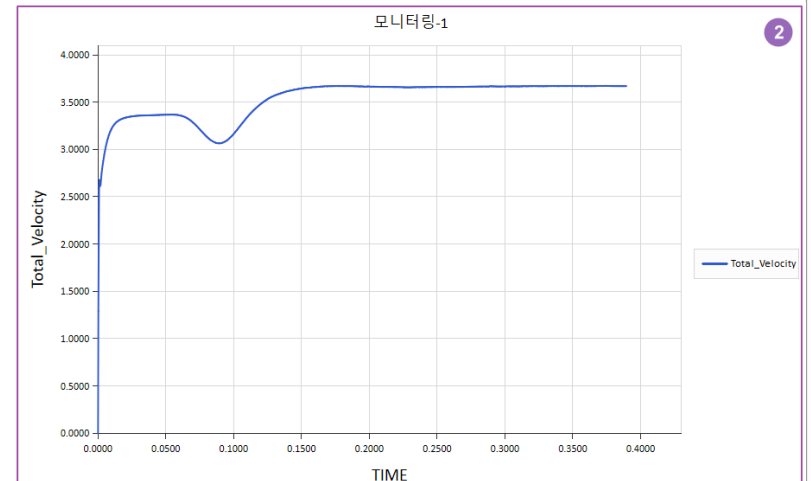
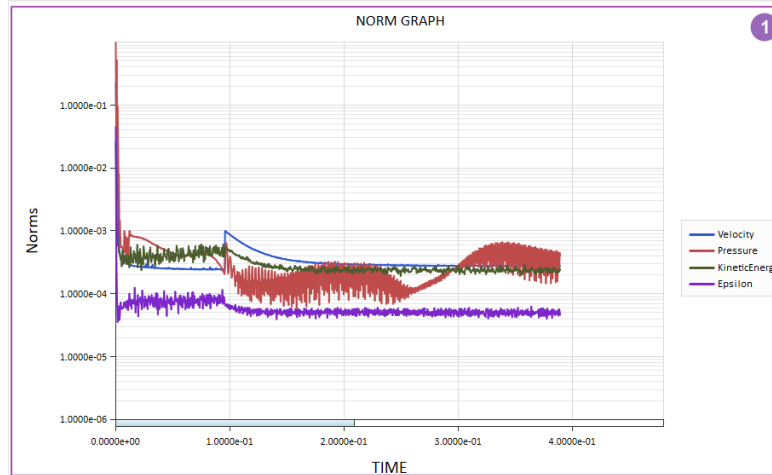
- ① “해석 및 결과” 창
 > 해석케이스
 > “해석케이스1”
 : 마우스 오른쪽 버튼 클릭
 > “해석실행” 클릭



계산 실행 – 계산 과정 검토 및 수렴 판단



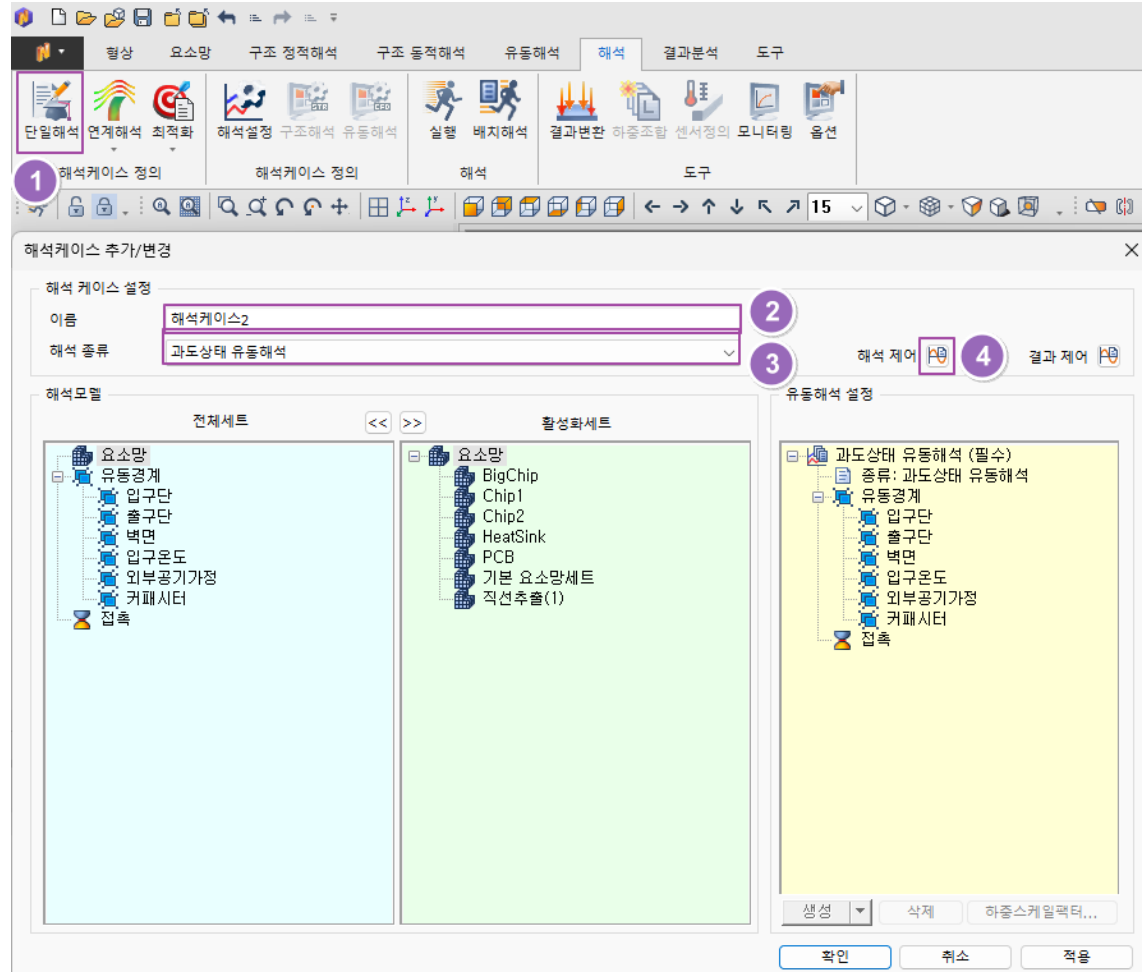
- ① “CFD Norm 그래프” 및 출력창을 통해 Norm 그래프 수렴 확인 (Norm 값이 0.001 이하로 지속적으로 떨어지는 현상 관찰)
- ② 모니터링 포인트 측정 값이 정상상태에 도달하거나 주기가 반복되는 경우 확인



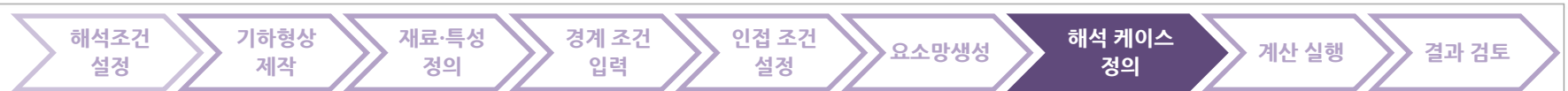
해석케이스 정의



- ① “유동해석” 리본메뉴 선택
 > “과도” 버튼 선택
- ② “해석케이스 추가/변경” 창
 > 해석 케이스 설정
 > “이름” 입력 창
 : “해석케이스2” 이름 입력
- ③ “해석케이스 추가/변경” 창
 > 해석 케이스 설정
 > “해석종류” 입력 창
 : “과도상태 유동해석” 선택
- ④ “해석 제어” 버튼 클릭



해석케이스 정의 – 해석 제어 정의



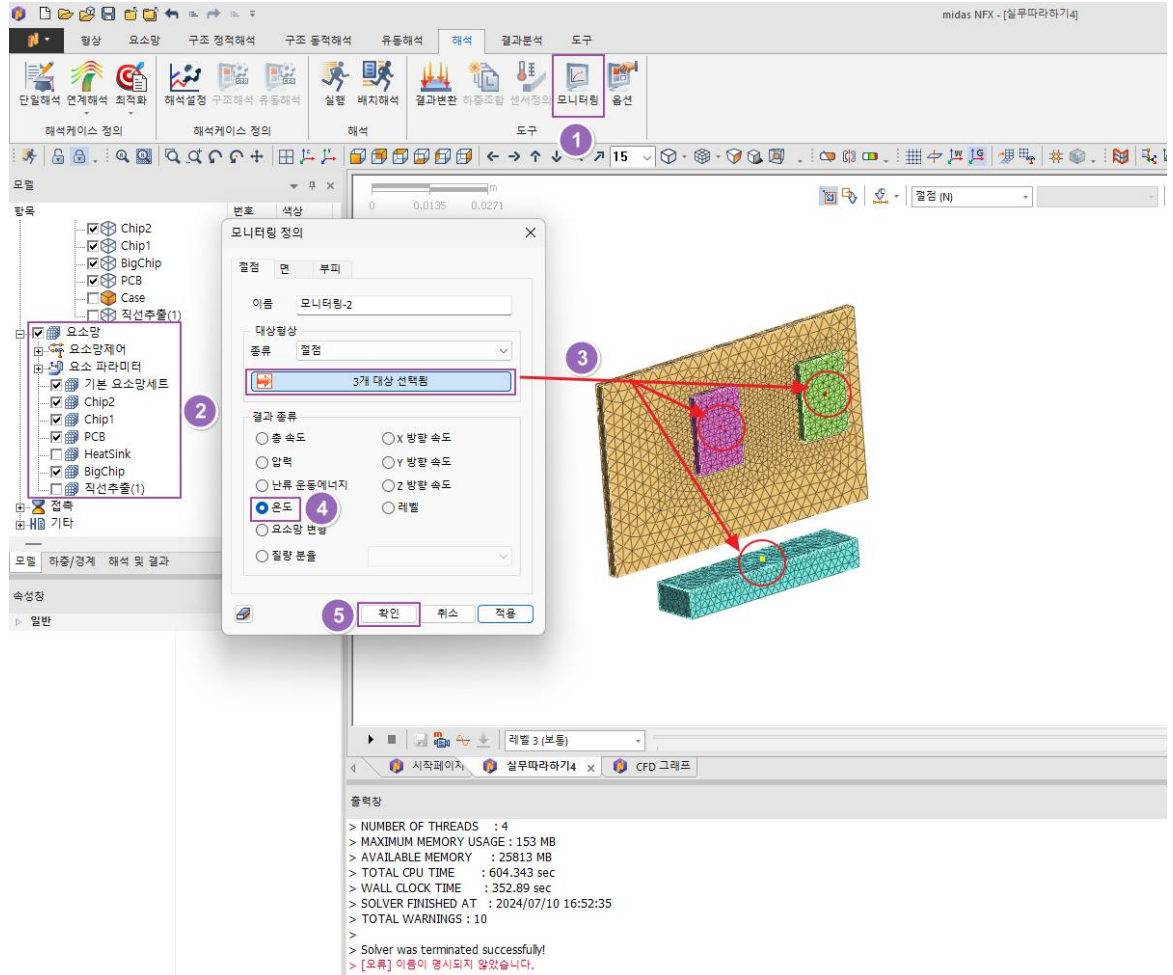
- ① “일반유동” 모듈 체크박스 : 해제
“열전달” : 활성화
“고체열전달” : 활성화
- ② “시간간격” 입력 창 : “1” 입력
“시간스텝개수” : “1000” 입력
“최대반복횟수” : “10” 입력
- ③ “재시작” 체크박스 : 활성화
- ④ 파일 선택 버튼 클릭 >
“실무따라하기4_해석케이스1.rst” 파일 선택
- ⑤ “결과출력” >
“스텝간격” 입력창 : “5” 입력
- ⑥ “초기조건” 버튼 클릭
- ⑦ “필드 정의” 버튼 클릭
- ⑧ “유체온도” & “고체온도” :
“25” 입력
- ⑨ “필드정의” 창 “확인” 버튼 클릭
> “해석제어” 창 “확인” 버튼 클릭
> “해석케이스 추가/변경” 창 “확인” 버튼 클릭

기존에 계산된 결과를 영역으로 가져와 그 시점부터 계산을 수행합니다.

계산 실행 – 수렴 판단을 위한 모니터링 포인트



- ① “결과 모니터링” 버튼 클릭
- ② 히트싱크 부분 및 유체 부분 요소망 숨기기
- ③ 세 개의 칩에 대한 상부 절점 선택
- ④ “온도” 체크박스 : 활성화
- ⑤ “확인” 버튼 클릭



※ 실제로는 모니터링 절점의 수는 한 번에 하나만 가능

계산 실행 – 해석케이스 계산 실행



- ① “해석 및 결과” 창
- > 해석케이스
- > “해석케이스2”
- : 마우스 오른쪽 버튼 클릭
- > “해석실행” 클릭

출력창

```

> NUMBER OF THREADS : 4
> MAXIMUM MEMORY USAGE : 153 MB
> AVAILABLE MEMORY : 25813 MB
> TOTAL CPU TIME : 604.343 sec
> WALL CLOCK TIME : 352.89 sec
> SOLVER FINISHED AT : 2024/07/10 16:52:35
> TOTAL WARNINGS : 10
>
> Solver was terminated successfully!
> [오류] 이름이 명시되지 않았습니다.
    
```

계산 실행 – 계산 과정 검토 및 수렴 판단

해석조건
설정기하형상
제작재료·특성
정의경계 조건
입력인접 조건
설정

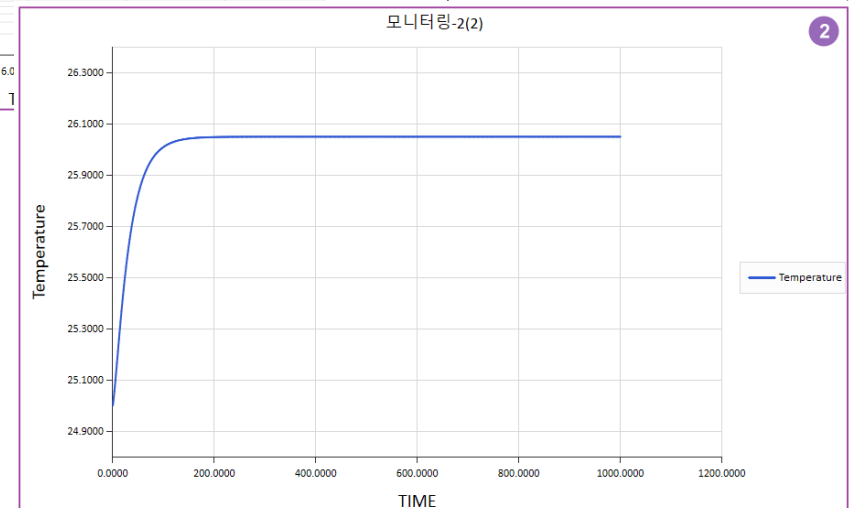
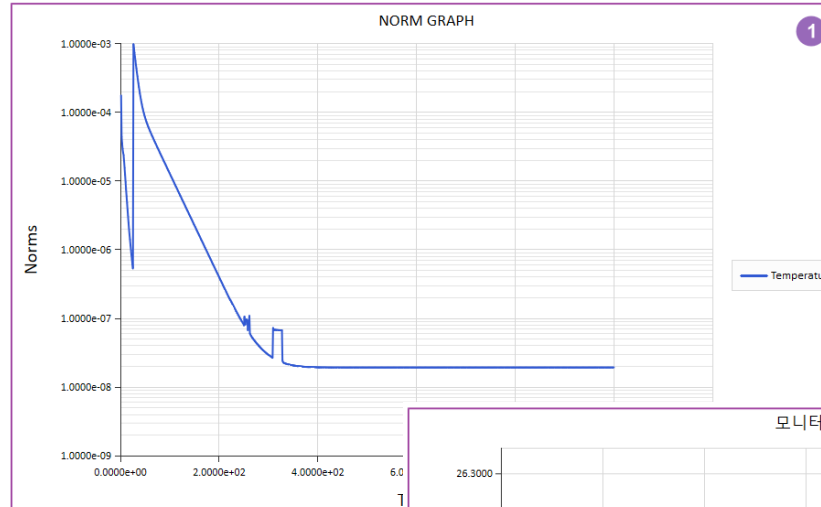
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “CFD Norm 그래프” 및 출력창을 통해 Norm 그래프 수렴 확인
(Norm 값이 0.001 이하로 지속적으로 떨어지는 현상 관찰)
- ② 모니터링 포인트 측정 값이 정상상태에 도달하거나 주기가 반복되는 경우 확인

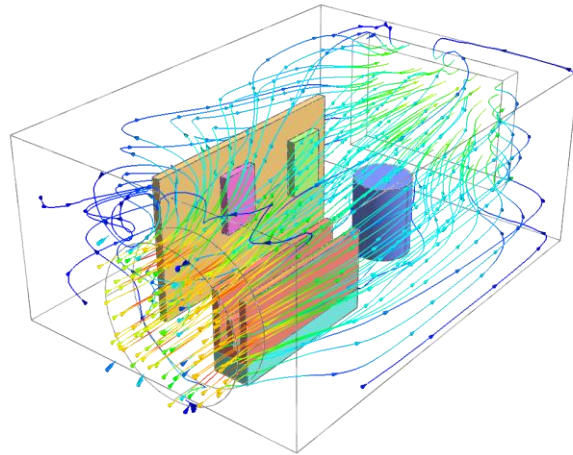


결과검토

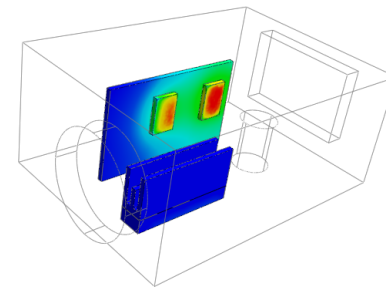


① 각종 결과 확인

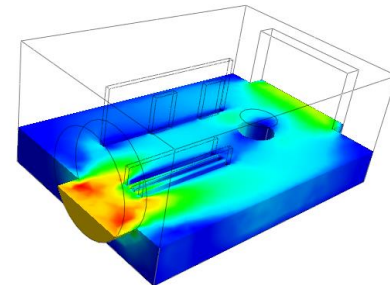
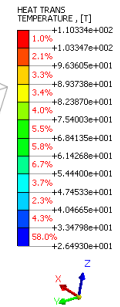
기본적이지만 필수적인 결과 검토 기능은 “NFX 모델링 교육” 또는 “NFX 기본교육” 그리고 매뉴얼을 통해 사전 숙지가 되어야 합니다. 결과 확인은 시연 영상을 보시겠습니다.



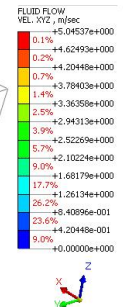
유선



온도



속도



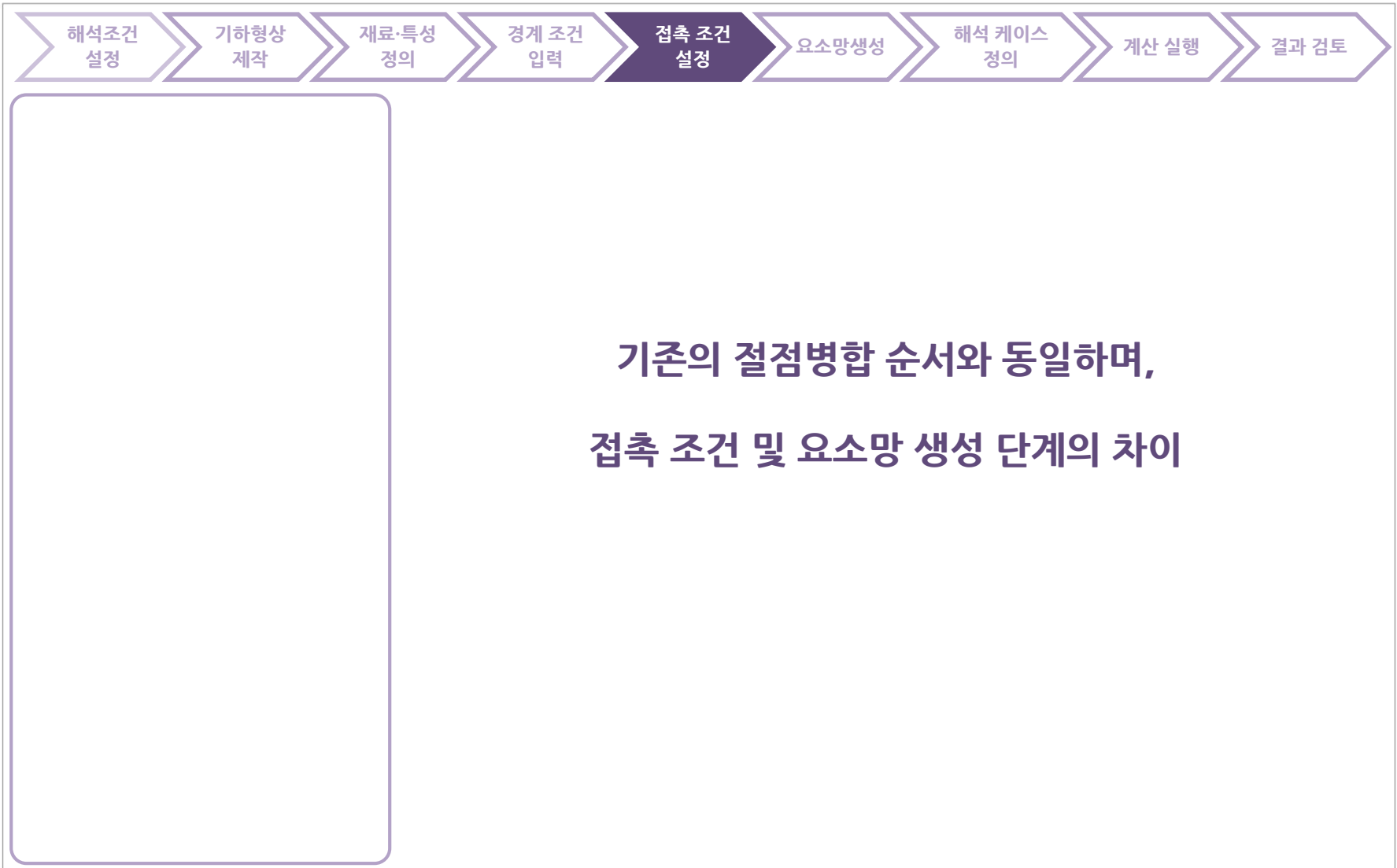
실무 따라하기

강제 공랭 해석 기본 예제 (접촉)

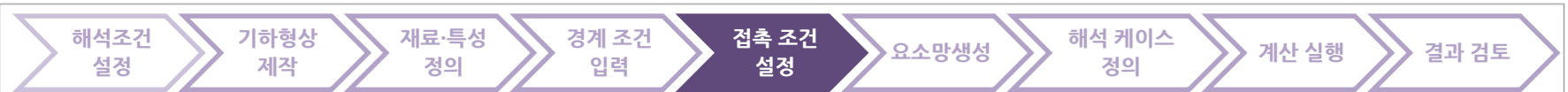
- ★ 본 예제는 반드시 “내부 유동 해석 기본 예제” 선행 학습이 필요합니다.
- ★ 본 예제는 반드시 “외부 유동 해석 기본 예제” 선행 학습이 필요합니다.
- ★ 본 예제는 반드시 “강제 수랭 해석 기본 예제” 선행 학습이 필요합니다.

Contents

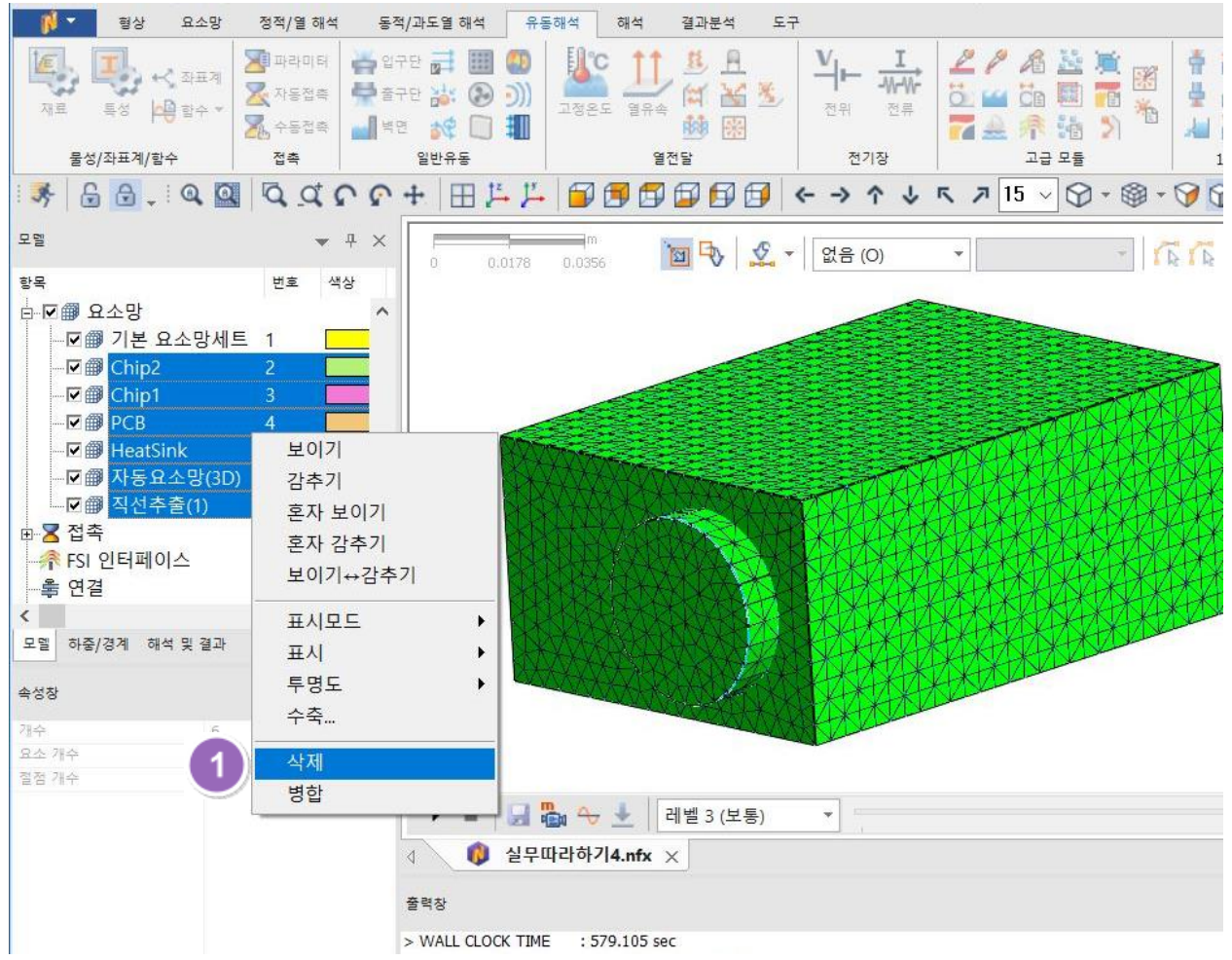
강제 공랭 해석 (접촉)



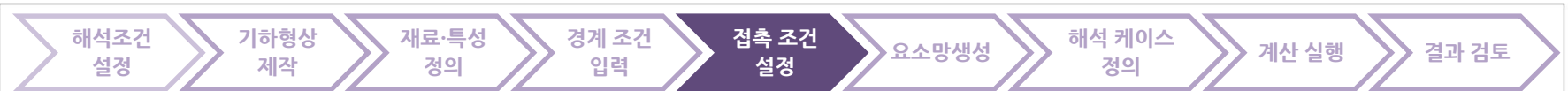
기존 요소망 삭제



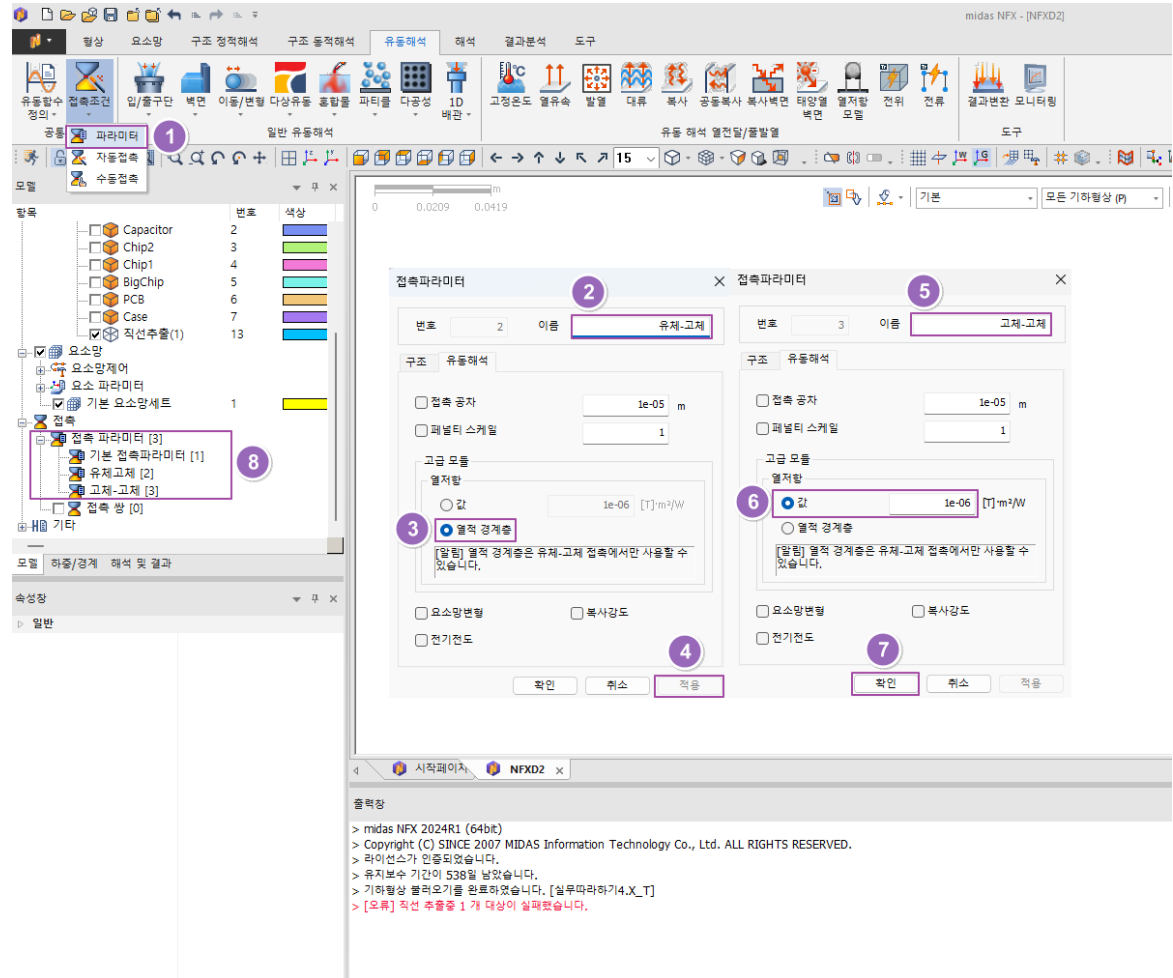
① 요소망 하위
기본 요소망세트 제외한
모든 요소망 선택 → 삭제



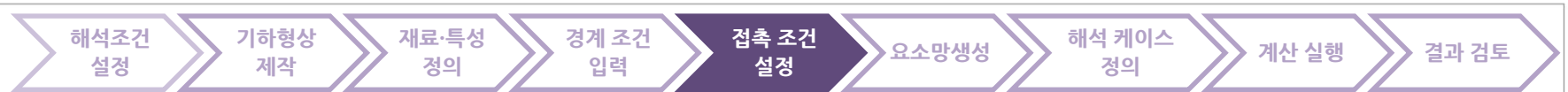
접촉 조건 설정



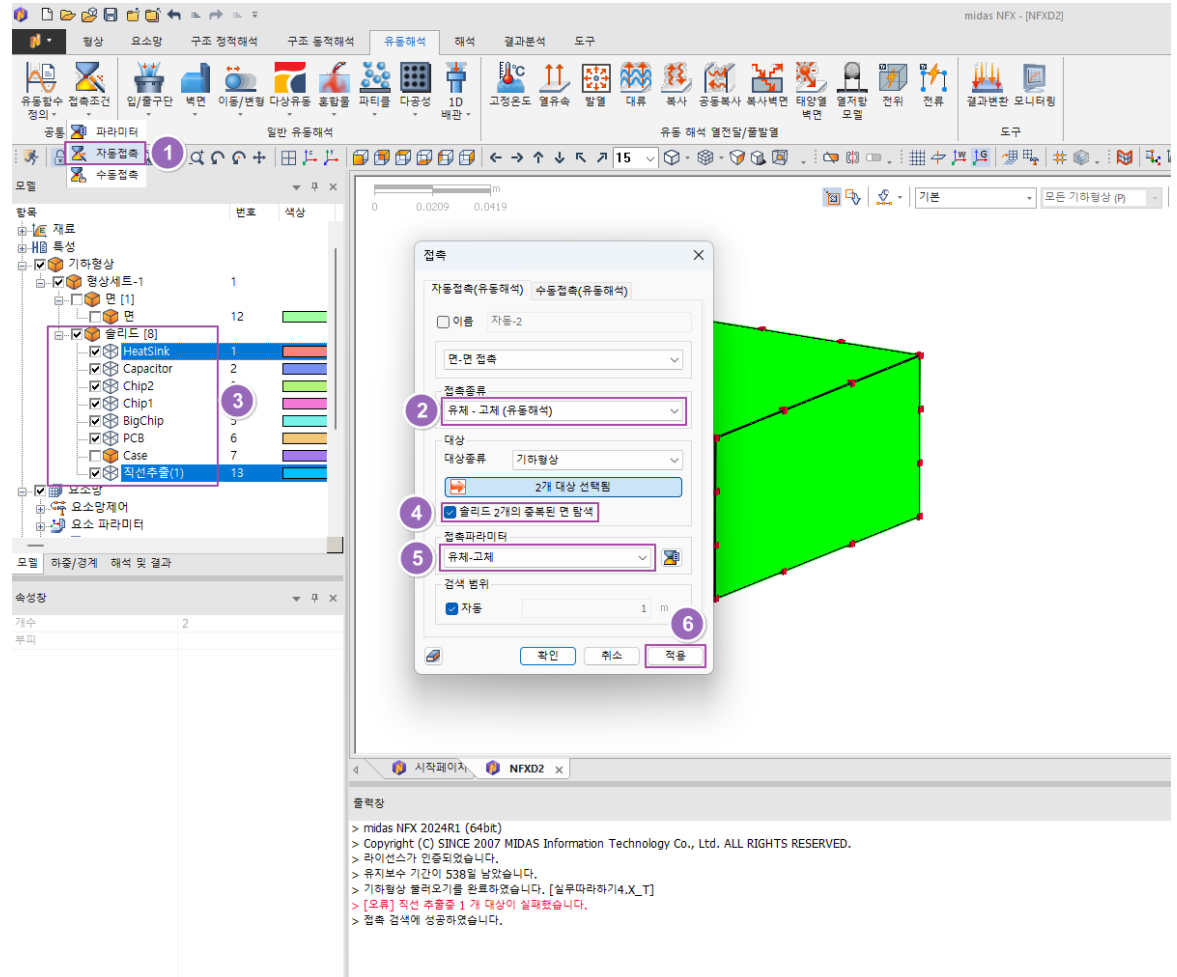
- ① “유동해석” → “파라미터” 선택
- ② 이름 “유체-고체” 입력
- ③ “열적 경계층” 선택
- ④ “적용” 버튼 클릭
- ⑤ 이름 “고체-고체” 입력
- ⑥ “값 : 1e-006” 선택
- ⑦ “확인” 버튼 클릭
- ⑧ 접촉 파라미터 생성 확인



접촉 조건 설정



- ① “유동해석” → “자동접촉” 선택
- ② 접촉종류 “유체-고체” 선택
- ③ “HeatSink”, “직선추출” 선택
- ④ “솔리드 2개의 중복된 면 탐색” 선택
- ⑤ 접촉파라미터 “유체-고체” 선택
- ⑥ “적용” 선택
- ⑦ 동일한 방법으로
 “Chip2” + “직선추출”
 “Chip1” + “직선추출”
 “BigChip” + “직선추출”
 “PCB” + “직선추출”
 접촉 조건 부여



접촉 조건 설정



- ① “유동해석” → “자동접촉” 선택
- ② 접촉종류 “고체-고체” 선택
- ③ “HeatSink”, “BigChip” 선택
- ④ “솔리드 2개의 중복된 면 탐색” 선택
- ⑤ 접촉파라미터 “고체-고체” 선택
- ⑥ “적용” 선택
- ⑦ 동일한 방법으로 “Chip2” + “PCB”
“Chip1” + “PCB”
접촉 조건 부여

출력창

```

> 라이선스가 인증되었습니다.
> 유지보수 기간이 538일 남았습니다.
> 기하형상 불러오기를 완료하였습니다. [실무파라미터4_X_T]
> [무료] 칩선 추출용 1개 대상이 실패했습니다.
> 접촉 검색에 성공하였습니다.
> 좌입 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
> 접촉 검색에 성공하였습니다.
> 접촉 검색에 성공하였습니다.
> 접촉 검색에 성공하였습니다.
> 접촉 검색에 성공하였습니다.
> 접촉 검색에 성공하였습니다.
    
```

고체 요소망 생성



- ① “요소 생성” 리본 메뉴 > “3D” 버튼 클릭
- ② 2개 “Small Chip” 선택
- ③ 크기 “0.0015” 입력
- ④ 특성 “4: 작은칩” 설정
- ⑤ 고급옵션 “>>” 버튼 클릭
- ⑥ “두께방향 최소분할수” 지정 체크
- ⑦ “확인” 클릭
- ⑧ “적용” 클릭

고체 요소망 생성



- ① 1개 “PCB” 선택
- ② 크기 “0.003” 입력
- ③ “인접면 요소 맞춤” 체크
- ④ 특성 “5: PCB” 설정
- ⑤ 고급옵션 “>>” 버튼 클릭
- ⑥ “두께방향 최소분할수” 지정 체크
- ⑦ “확인” 클릭
- ⑧ “적용” 클릭

고체 요소망 생성



- ① 1개 “HeatSink” 선택
- ② 크기 “0.0015” 입력
- ③ “인접면 요소 맞춤” 체크
- ④ 특성 “2: 알루미늄” 설정
- ⑤ 고급옵션 “>>” 버튼 클릭
- ⑥ “두께방향 최소분할수” 지정 체크
- ⑦ “확인” 클릭
- ⑧ “적용” 클릭

요소망 생성(솔리드) 대화상자 내용:

- 대상: 1개 대상 선택됨
- 요소 크기 설정: 크기 0.0015
- 인접면 요소 맞춤:
- 특성: 2: 알루미늄
- 고급 옵션: 두께방향 최소분할수 지정
- 확인, 적용, 취소, >> 버튼

속성창 (HeatSink):

이름	HeatSink
이름	F28579
색상	0: 없음
재료	6.92446e-06 m³
부피	
질량 중심	[-0.065706, 0.060325, 0.0...]
회전 반경 X	0.0157513 m
회전 반경 Y	0.00705608 m
회전 반경 Z	0.0152247 m
파트 타입	1: 유연체

출력창:

- > 작업 프로세스가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
- > 접촉 검색에 성공하였습니다.
- > 접촉 검색에 성공하였습니다.
- > 접촉 검색에 성공하였습니다.
- > 접촉 검색에 성공하였습니다.
- > 접촉 검색에 성공하였습니다.
- > 접촉 검색에 성공하였습니다.
- > 접촉 검색에 성공하였습니다.
- > 접촉 검색에 성공하였습니다.
- > 902 개의 돌출과 3324 개의 요소가 생성되었습니다.
- > 3267 개의 절점과 14193 개의 요소가 생성되었습니다.

고체 요소망 생성



- ① 1개 “BigChip” 선택
- ② 크기 “0.002” 입력
- ③ “인접면 요소 맞춤” 체크
- ④ 특성 “3: 큰칩” 설정
- ⑤ 고급옵션 “>>” 버튼 클릭
- ⑥ “두께방향 최소분할수 지정” 해제
- ⑦ “확인” 클릭
- ⑧ “확인” 클릭

요소망 생성(솔리드) 대화상자 내용:

- 요소 크기 설정: 0.002
- 분할수: 10
- 자동 설정: 선택
- 특성: 3: 큰칩
- 고급 옵션:
 - 인접면 요소 맞춤:
 - 두께방향 최소분할수 지정: (해제)

고급 옵션 대화상자 내용:

- 인접면 요소 맞춤:
- 두께방향 최소분할수 지정: (해제)
- 고차 요소 생성:
- 중간 결정을 기하형상위에 생성:
- 기하형상 근접도:
 - 곡면요소망:
 - 특립적인 요소망세트에 들뜬:
 - 틈새 결점 강제 생성:

기하형상 보이기 모드 변환

해석조건 설정 기하형상 제작 재료·특성 정의 경계 조건 입력 인접 조건 설정 **요소망생성** 해석 케이스 정의 계산 실행 결과 검토

① 솔리드 직선추출 부분만 선으로 보 우측 모델과 같은 형상 확인

삭제

부피	질량	중심	회전 반경 X

유체 요소망 생성



- ① “요소망” 리본 메뉴 선택 > “3D” 버튼 클릭
- ② 1개 “직선추출” 선택
- ③ 크기 “0.005” 입력
- ④ “인접면 요소 맞춤” 체크
- ⑤ 특성 “1: 공기” 설정
- ⑥ 고급옵션 “>>” 버튼 클릭
- ⑦ “확인” 클릭
- ⑧ “확인” 클릭

The screenshot shows the midas NFX software interface. The '요소망 생성 (슬리드)' dialog box is open, and the following settings are highlighted with numbered red circles:

- 1: '요소망 생성 (슬리드)' dialog box title
- 2: '1개 대상 선택됨' button
- 3: '크기' input field set to 0.005
- 4: '인접면 요소 맞춤' checkbox (checked)
- 5: '특성' dropdown menu set to '1: 공기'
- 6: '>>' button in the dialog
- 7: '확인' button in the dialog
- 8: '확인' button in the '고급 옵션' dialog

The background shows a 3D model of a mechanical part with a mesh being generated. The '요소망 생성 (슬리드)' dialog box is open, and the following settings are highlighted with numbered red circles:

Below the dialog boxes, a list of properties is visible:

이름	직선추출(1)
번호	13
색상	00BFFF
재료	0: 없음
부피	0.000851657 m³
질량 중심	[-0.0501338, 0.029095, 0...
회전 반경 X	0.0462433 m
회전 반경 Y	0.0335008 m
회전 반경 Z	0.0517589 m
파트 타입	1: 유연체

At the bottom, a log window shows the following messages:

```

> 접촉 검색에 성공하였습니다.
> 접촉 검색에 성공하였습니다.
> 접촉 검색에 성공하였습니다.
> 접촉 검색에 성공하였습니다.
> 접촉 검색에 성공하였습니다.
> 접촉 검색에 성공하였습니다.
> 902 개의 결함과 3324 개의 요소가 생성되었습니다.
> 3267 개의 결함과 14193 개의 요소가 생성되었습니다.
> 4480 개의 결함과 17879 개의 요소가 생성되었습니다.
> 1592 개의 결함과 7032 개의 요소가 생성되었습니다.
    
```

요소망 생성 – 품질 검사



- ① “품질검사” 버튼 클릭
- ② “요소망 도구” 창
 > “기운각” 체크박스 : Off
 > “뒤틀림” 체크박스 : Off
- ③ “적용” 버튼 클릭
- ④ “출력창” 에서 최대값을 확인

The screenshot shows the midas NFX software interface. The '요소망 도구' (Element Mesh Tool) dialog box is open, with the '품질' (Quality) tab selected. The '기운각' (Skewness) checkbox is unchecked, and the '뒤틀림' (Distortion) checkbox is also unchecked. The '적용' (Apply) button is highlighted with a red circle and the number 3. The '출력창' (Output Window) at the bottom shows the results of the mesh generation process.

요소망 도구 - 품질

검사	기준값	색상
<input checked="" type="checkbox"/> 품질비	15	Red
<input type="checkbox"/> 기운각	45	Blue
<input type="checkbox"/> 뒤틀림	25	Blue
<input type="checkbox"/> 테이퍼	0.25	Blue
<input type="checkbox"/> 차코비안비	0.7	Blue
<input type="checkbox"/> 비틀림(솔리드)	30	Blue
<input type="checkbox"/> 요소 길이		Blue
<input type="radio"/> 최소: 0.0001 m <input type="radio"/> 최대: 0.1 m		

요소망세트: **물량요소** **보내기**

3 **적용** 닫기

출력창

```

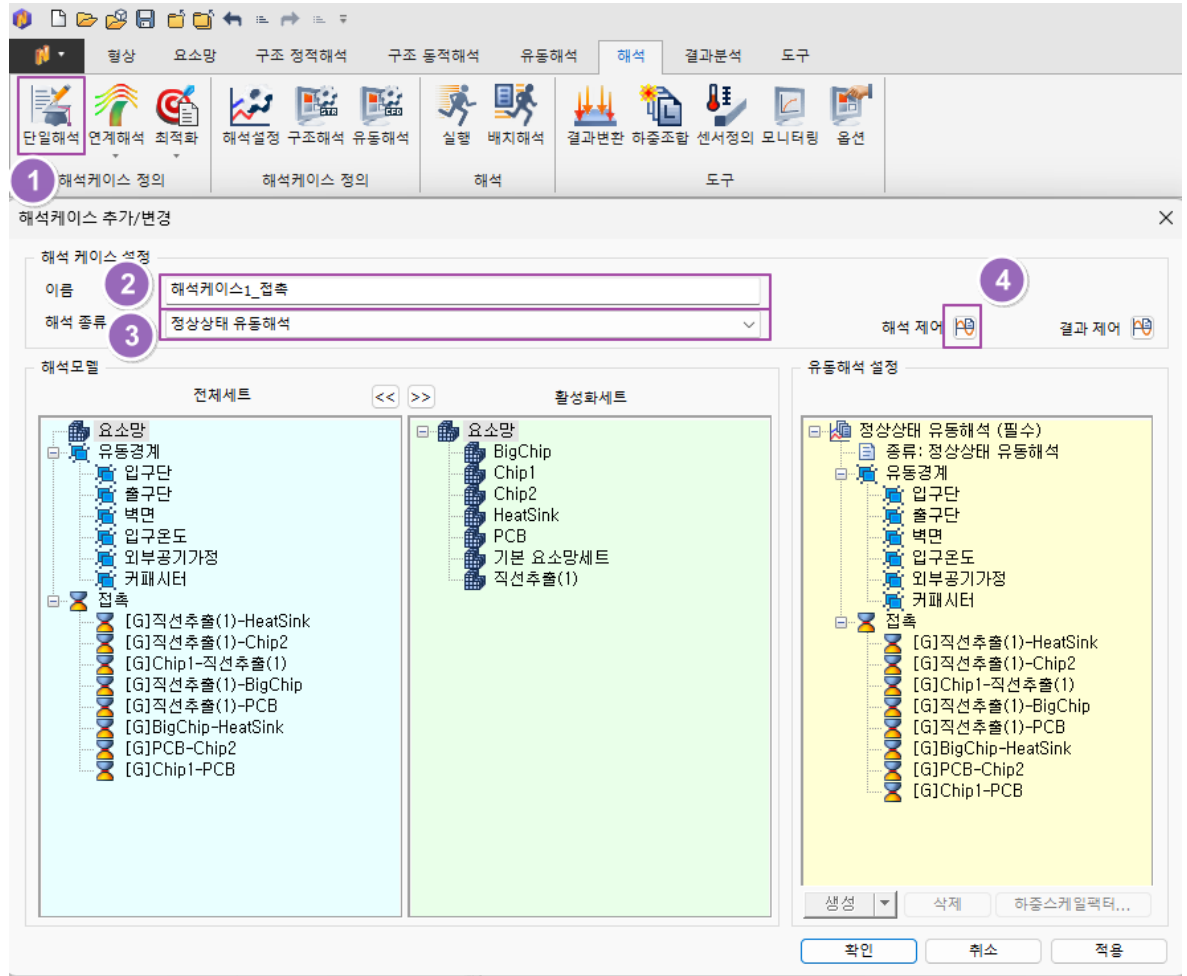
> 902 개의 결점과 3324 개의 요소가 생성되었습니다.
> 3267 개의 결점과 14193 개의 요소가 생성되었습니다.
> 4480 개의 결점과 17879 개의 요소가 생성되었습니다.
> 1592 개의 결점과 7032 개의 요소가 생성되었습니다.
> 30361 개의 결점과 159097 개의 요소가 생성되었습니다.
> 작업 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
> [실행취소] 요소망생성[직선추출(1)]
> [다시실행] 요소망생성[직선추출(1)]
> 요소 생성 결과:
> - <품질비> 물량요소: 0개, 평균값: 1.47, 최소/최대값: 1 / 12.6
    
```

4

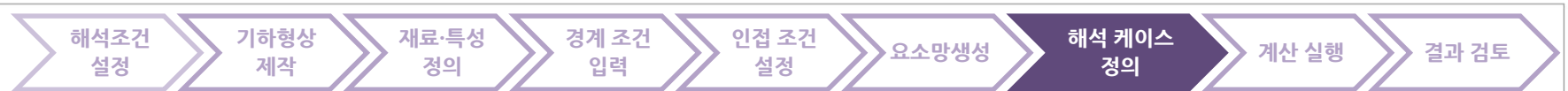
해석케이스 정의



- ① “유동해석” 리본메뉴 선택
 > “단일해석” 버튼 선택
- ② “해석케이스 추가/변경” 창
 > 해석 케이스 설정
 > “이름” 입력 창
 : “해석케이스1_접촉” 이름 입력
- ③ “해석케이스 추가/변경” 창
 > 해석 케이스 설정
 > “해석 종류” 입력 창
 : “정상상태 유동해석” 선택
- ④ “해석 제어” 버튼 클릭



해석케이스 정의 – 해석 제어 정의



- ① “시간간격” 입력창 : “1” 입력
- ② “시간스텝개수” 입력창 : “1000” 입력
- ③ 결과출력 > “스텝간격” 입력창 : 10 입력
- ④ “초기 조건” 버튼 클릭
- ⑤ “필드 정의” 버튼 클릭
- ⑥ “운동에너지” 입력창 : “0.06” 입력
- ⑦ “길이척도” 입력창 : “0.003192” 입력
- ⑧ “확인” 버튼 클릭

해석케이스 정의 – 해석 제어 정의 : 난류 정의



- ① “모듈 정보” 탭 이동
- ② “난류 모델” 선택 창 : “2차식 k-ε” 선택
- ③ “확인” 버튼 클릭
- ④ “확인” 버튼 클릭
- ⑤ “해석 및 결과” 창 > “해석케이스1_접촉” 정의 확인

간단한 유동 문제는 2차식 k-ε 모델을 이용하여 해석합니다.

① 모듈 정보 탭 이동

② 난류 모델 선택 창 : 2차식 k-ε 선택

③ 확인 버튼 클릭

④ 확인 버튼 클릭

⑤ 해석 및 결과 창 > 해석케이스1_접촉 정의 확인

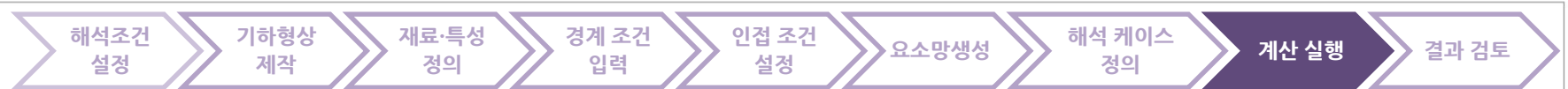
계산 실행 – 수렴 판단을 위한 모니터링 포인트



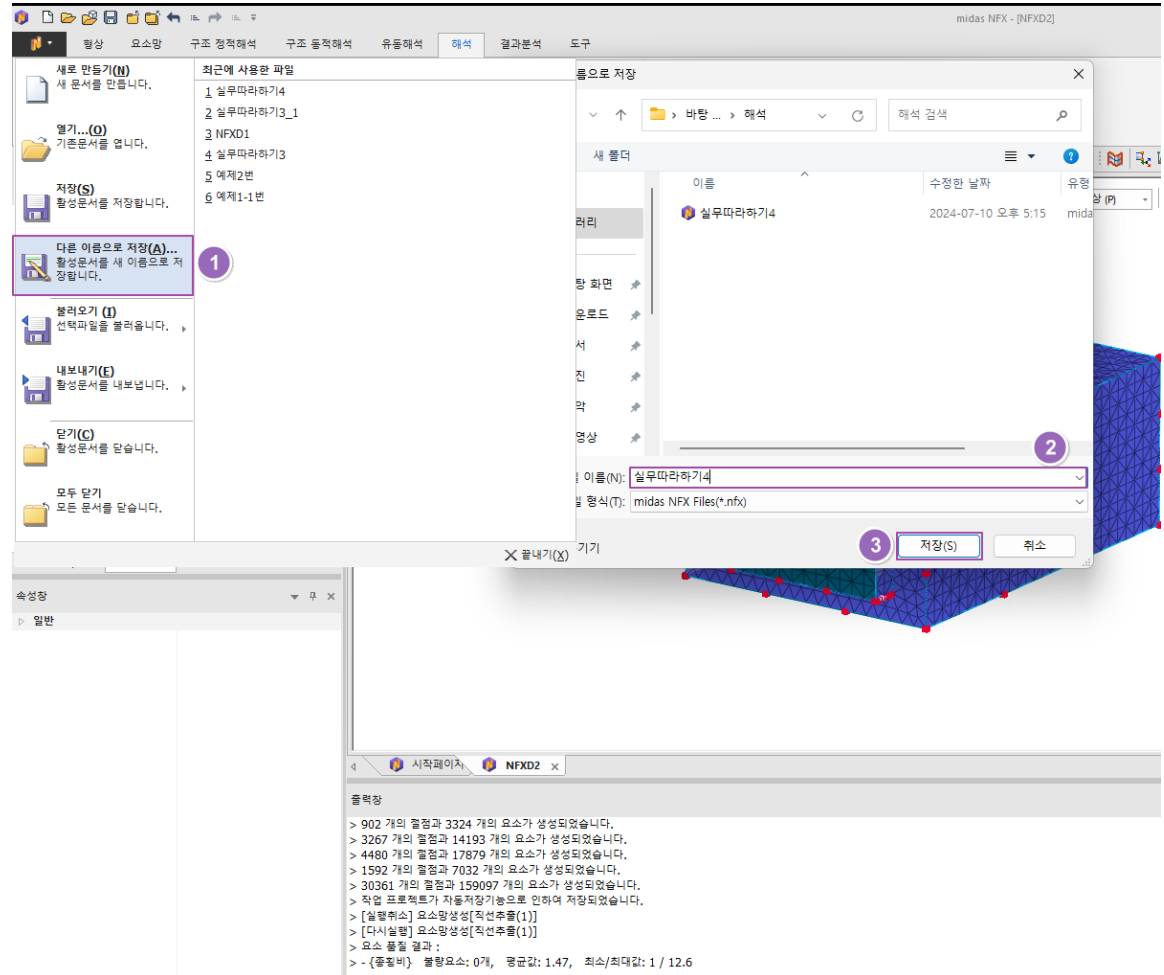
- ① “모니터링” 버튼 클릭
- ② 출구 부분 가운데 절점 선택
- ③ “총 속도” 체크박스 : On
- ④ “확인” 버튼 클릭

출구 측에 압력을 0 Pa로 고정했으므로, 총속도를 관찰합니다.

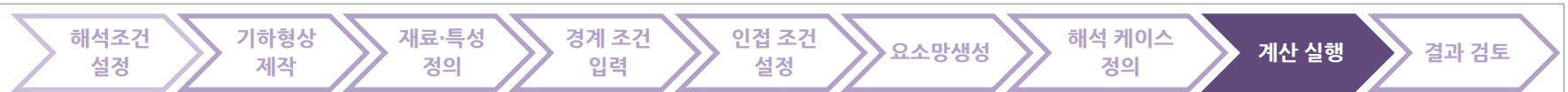
계산 실행 – 파일 저장



- ① “메인 메뉴” 버튼 클릭
 > “다른 이름으로 저장” 버튼 클릭
- ② “파일 이름” 입력창
 : “실무따라하기4.nfx”
- ③ “저장” 버튼 클릭



계산 실행 – 해석케이스 계산 실행



- ① “해석 및 결과” 창
- > 해석케이스
- > “해석케이스1”
- : 마우스 오른쪽 버튼 클릭
- > “해석실행” 클릭

출력창

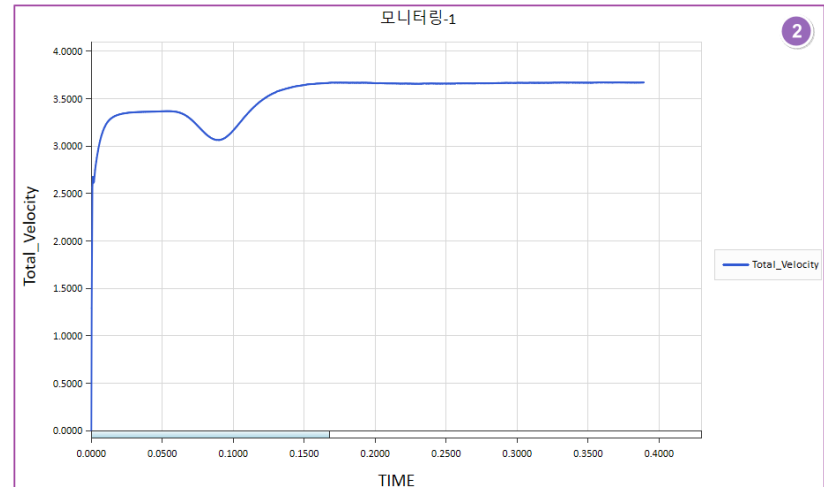
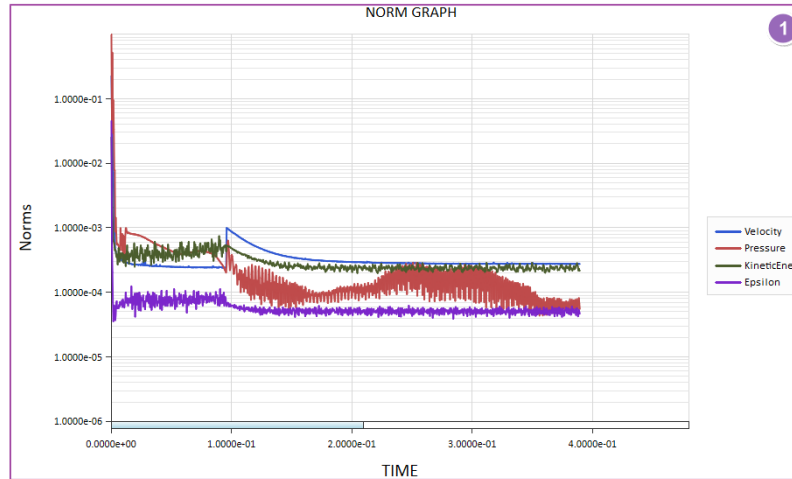
```

> 902 개의 결점과 3324 개의 요소가 생성되었습니다.
> 3267 개의 결점과 14193 개의 요소가 생성되었습니다.
> 4480 개의 결점과 17879 개의 요소가 생성되었습니다.
> 1592 개의 결점과 7032 개의 요소가 생성되었습니다.
> 30361 개의 결점과 159097 개의 요소가 생성되었습니다.
> 직접 프로젝트가 자동저장기용으로 인하여 저장되었습니다.
> [실행 취소] 요소망생성[직선추출(1)]
> [다시실행] 요소망생성[직선추출(1)]
> 요소 풀림 결과 :
> -{중립축} 불량요소: 0개, 평균값: 1.47, 최소/최대값: 1 / 12.6
    
```

계산 실행 – 계산 과정 검토 및 수렴 판단



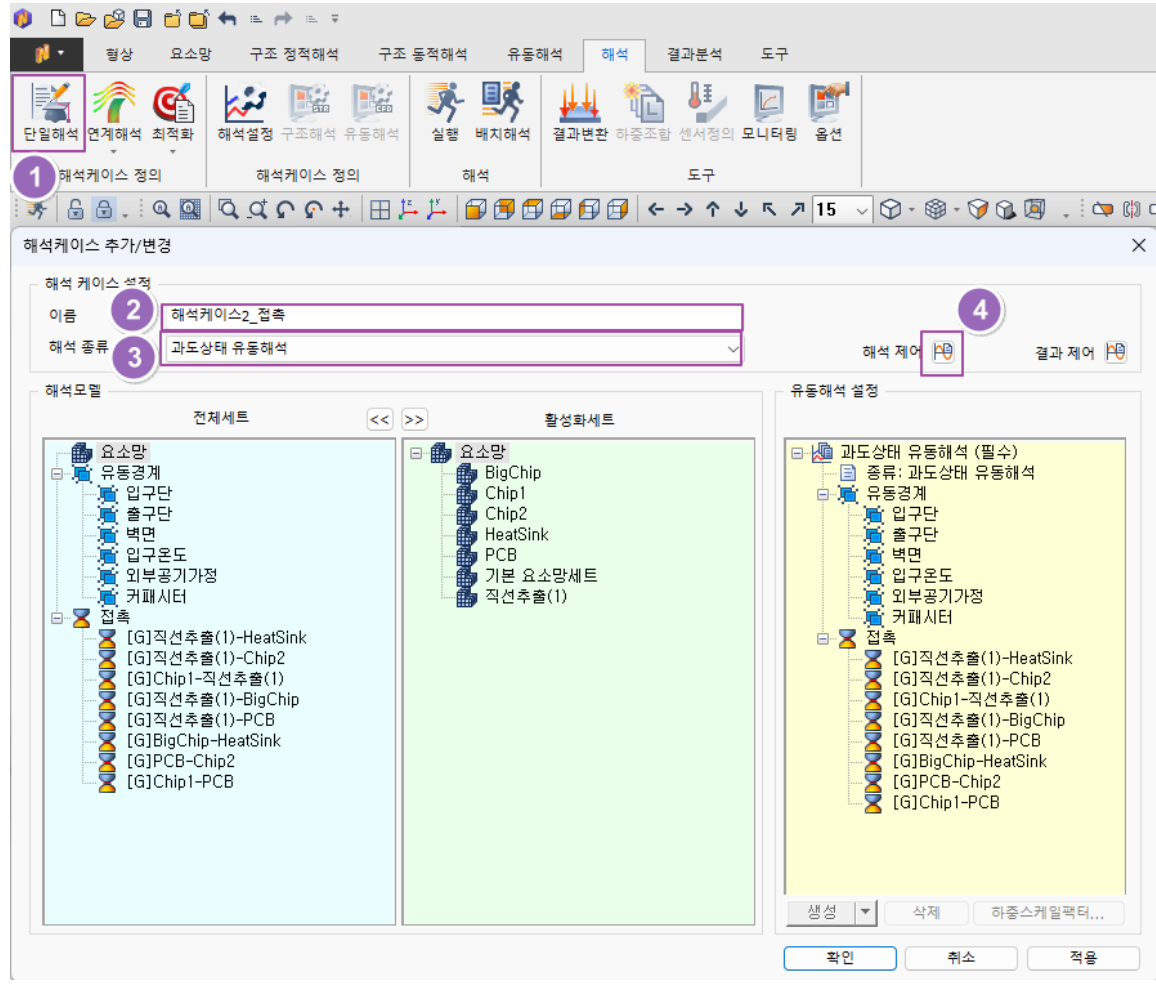
- ① “CFD Norm 그래프” 및 출력창을 통해 Norm 그래프 수렴 확인 (Norm 값이 0.001 이하로 지속적으로 떨어지는 현상 관찰)
- ② 모니터링 포인트 측정 값이 정상상태에 도달하거나 주기가 반복되는 경우 확인



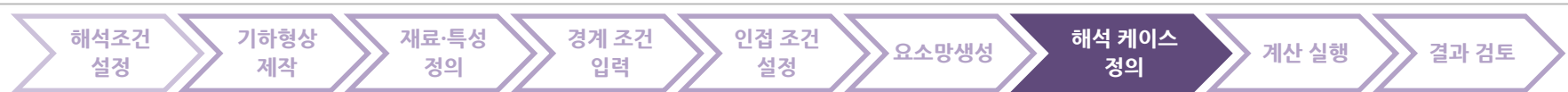
해석케이스 정의



- ① “유동해석” 리본메뉴 선택
 > “단일해석” 버튼 선택
- ② “해석케이스 추가/변경” 창
 > 해석 케이스 설정
 > “이름” 입력 창
 : “해석케이스2_접촉” 이름 입력
- ③ “해석케이스 추가/변경” 창
 > 해석 케이스 설정
 > “해석 종류” 입력 창
 : “과도상태 유동해석” 선택
- ④ “해석 제어” 버튼 클릭



해석케이스 정의 – 해석 제어 정의



- ① “일반유동” 모듈 체크박스 : 해제
“열전달” : 활성화
“고체열전달” : 활성화
- ② “시간간격” 입력 창 : “1” 입력
“시간스텝개수” : “1000” 입력
“최대반복횟수” : “10” 입력
- ③ “재시작” 체크박스 : 활성화
- ④ 파일 선택 버튼 클릭 >
“실무따라하기4_해석케이스1_접촉 .rst” 파일 선택
- ⑤ “결과출력” >
“스텝간격” 입력창 : “5” 입력
- ⑥ “초기조건” 버튼 클릭
- ⑦ “필드 정의” 버튼 클릭
- ⑧ “유체온도” & “고체온도” :
“25” 입력
- ⑨ “필드정의” 창 “확인” 버튼 클릭
> “해석제어” 창 “확인” 버튼 클릭
> “해석케이스 추가/변경” 창
“확인” 버튼 클릭

기존에 계산된 결과를 영역으로 가져와 그 시점부터 계산을 수행합니다.

계산 실행 – 수렴 판단을 위한 모니터링 포인트



- ① “결과 모니터링” 버튼 클릭
- ② 히트싱크 부분 및 유체 부분 요소망 숨기기
- ③ 세 개의 칩에 대한 상부 절점 선택
- ④ “온도” 체크박스 : 활성화
- ⑤ “확인” 버튼 클릭

※ 실제로는 모니터링 절점의 수는 한 번에 하나만 가능

모니터링 정의

이름: 모니터링-2

대상형상: 절점

종류: 3개 대상 선택됨

결과 종류:

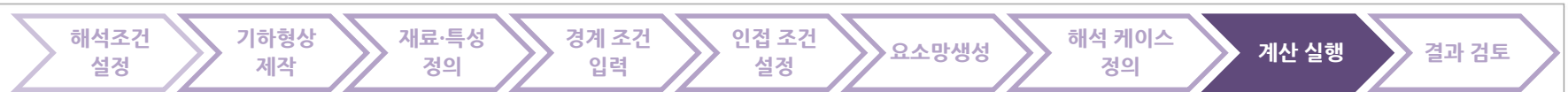
- 총 속도
- 압력
- 난류 운동에너지
- 온도
- 요소망 변형
- 질량 분율
- X 방향 속도
- Y 방향 속도
- Z 방향 속도
- 레벨

확인 취소 적용

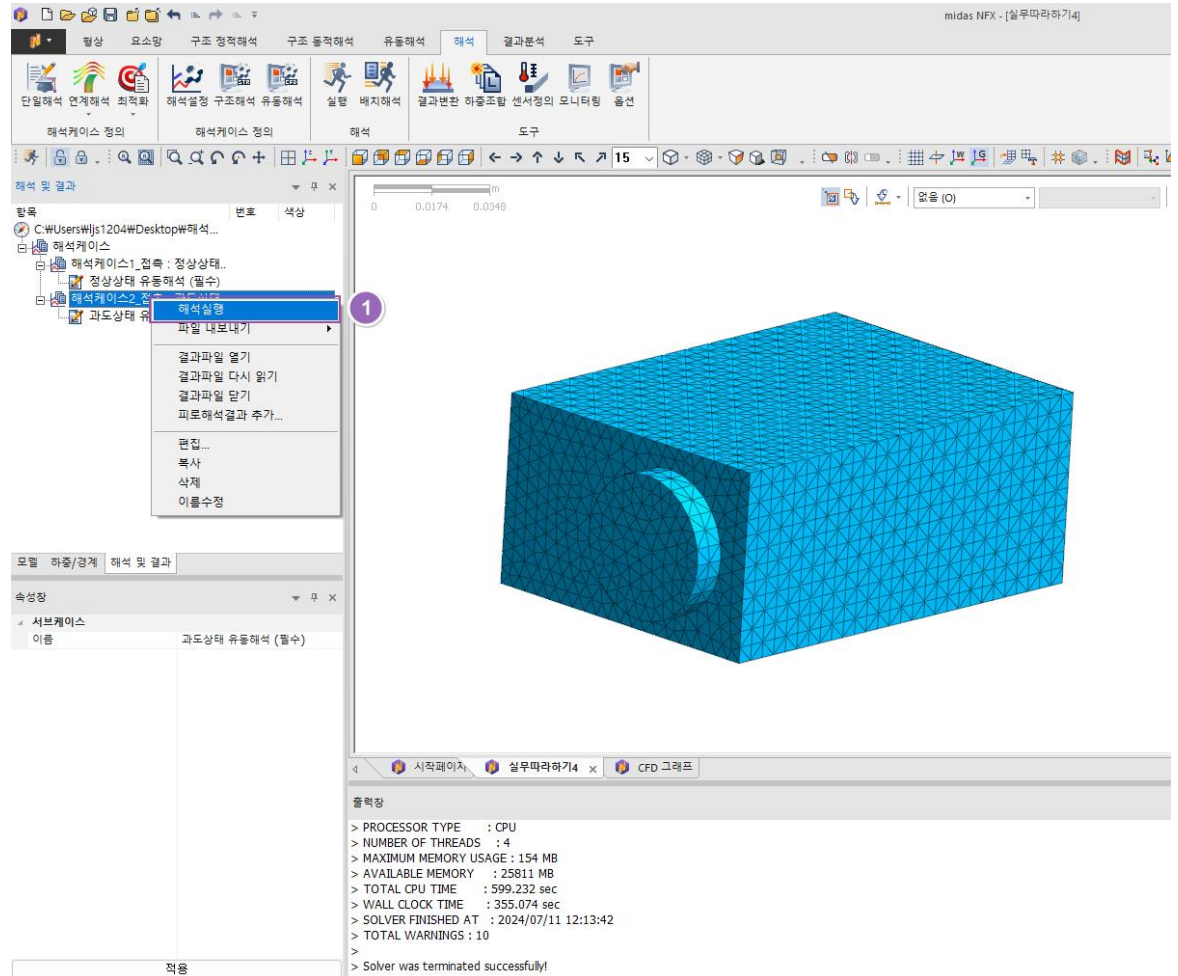
```

> PROCESSOR TYPE : CPU
> NUMBER OF THREADS : 4
> MAXIMUM MEMORY USAGE : 154 MB
> AVAILABLE MEMORY : 25811 MB
> TOTAL CPU TIME : 599.232 sec
> WALL CLOCK TIME : 355.074 sec
> SOLVER FINISHED AT : 2024/07/11 12:13:42
> TOTAL WARNINGS AT : 10
>
> Solver was terminated successfully!
    
```

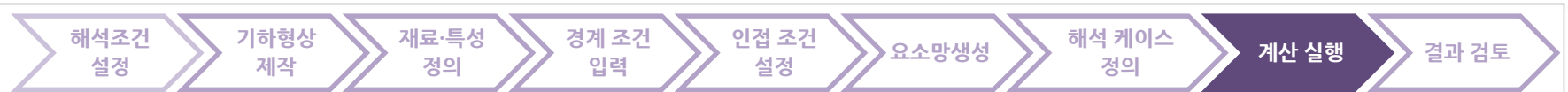
계산 실행 – 해석케이스 계산 실행



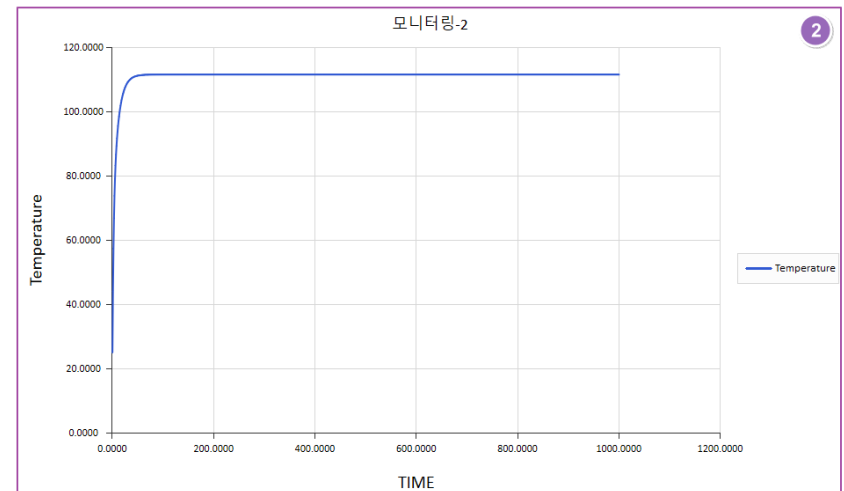
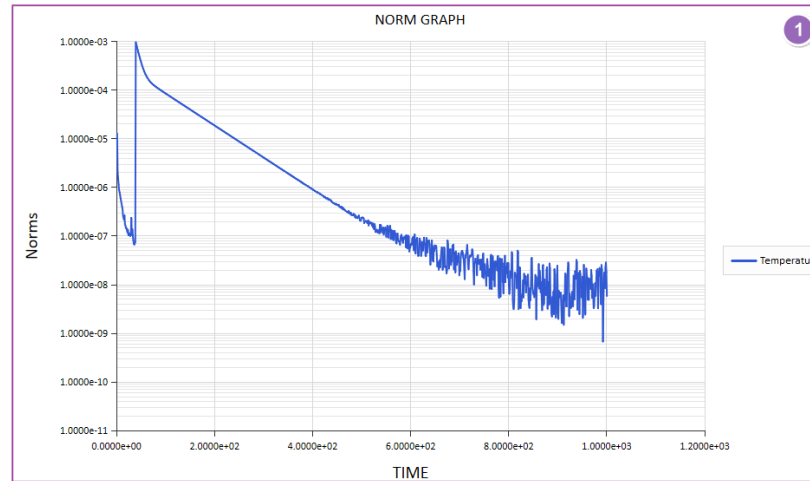
- ① “해석 및 결과” 창
- > 해석케이스
- > “해석케이스2”
- : 마우스 오른쪽 버튼 클릭
- > “해석실행” 클릭



계산 실행 – 계산 과정 검토 및 수렴 판단



- ① “CFD Norm 그래프” 및 출력창을 통해 Norm 그래프 수렴 확인 (Norm 값이 0.001 이하로 지속적으로 떨어지는 현상 관찰)
- ② 모니터링 포인트 측정 값이 정상상태에 도달하거나 주기가 반복되는 경우 확인

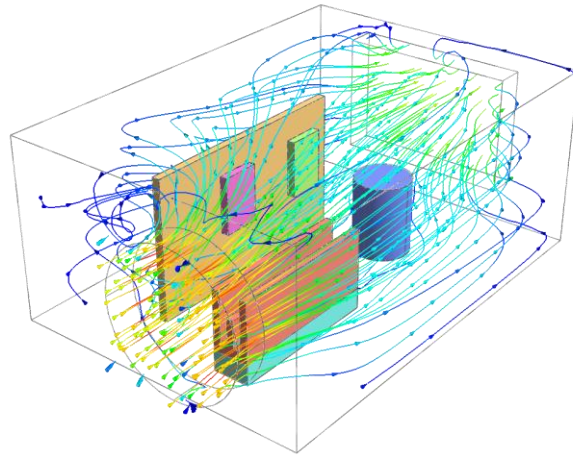


결과검토

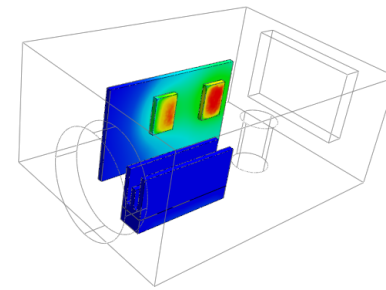


① 각종 결과 확인

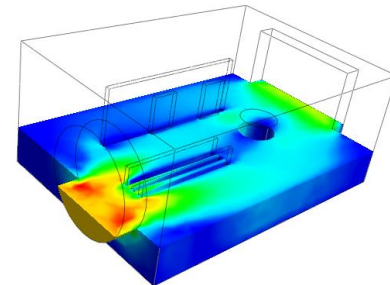
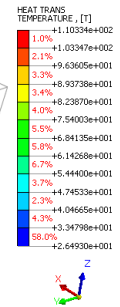
기본적이지만 필수적인 결과 검토 기능은 “NFX 모델링 교육” 또는 “NFX 기본교육” 그리고 매뉴얼을 통해 사전 숙지가 되어야 합니다. 결과 확인은 시연 영상을 보시겠습니다.



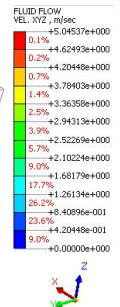
유선



온도



속도



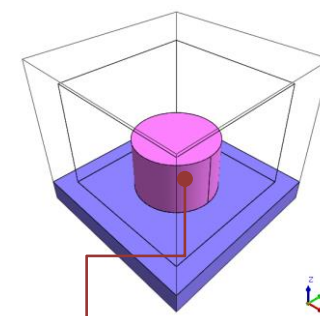
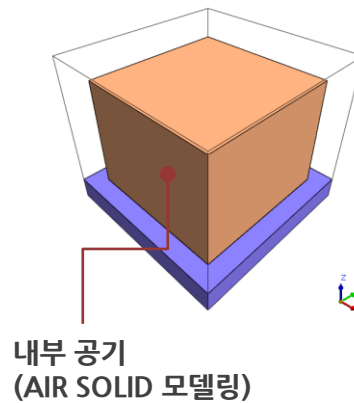
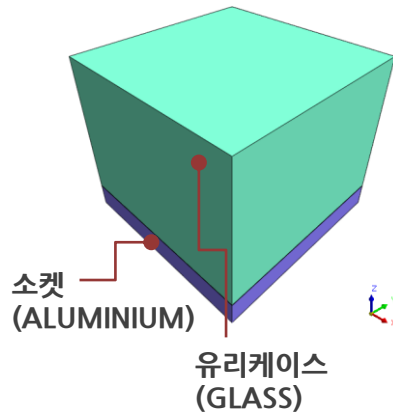
실무 따라하기

자연 대류 해석 (공랭) 예제

- ★ 본 예제는 반드시 “내부 유동 해석 기본 예제” 선행 학습이 필요합니다.
- ★ 본 예제는 반드시 “외부 유동 해석 기본 예제” 선행 학습이 필요합니다.
- ★ 본 예제는 반드시 “강제 수랭 해석 기본 예제” 선행 학습이 필요합니다.
- ★ 본 예제는 반드시 “강제 수랭 해석 기본 예제” 선행 학습이 필요합니다.

Contents

문제 설명 및 해석 목적



▪외부 공기 25 °C

$\rho=2000\text{kg/m}^3$
 $C=120\text{ J/kg}\cdot\text{K}$
 $k=0.4\text{W/m}\cdot\text{K}$
 발열 : $6.5\times 10^6\text{ w/m}^3$

문제 설명

- ✓ 간단화 된 LED 조명이 공기중에서 발열하고 있을 때 이에 대한 자연 냉각 성능 확인

해석 목적

- ✓ 비압축성 이상기체를 이용한 자연 대류 해석 법 터득

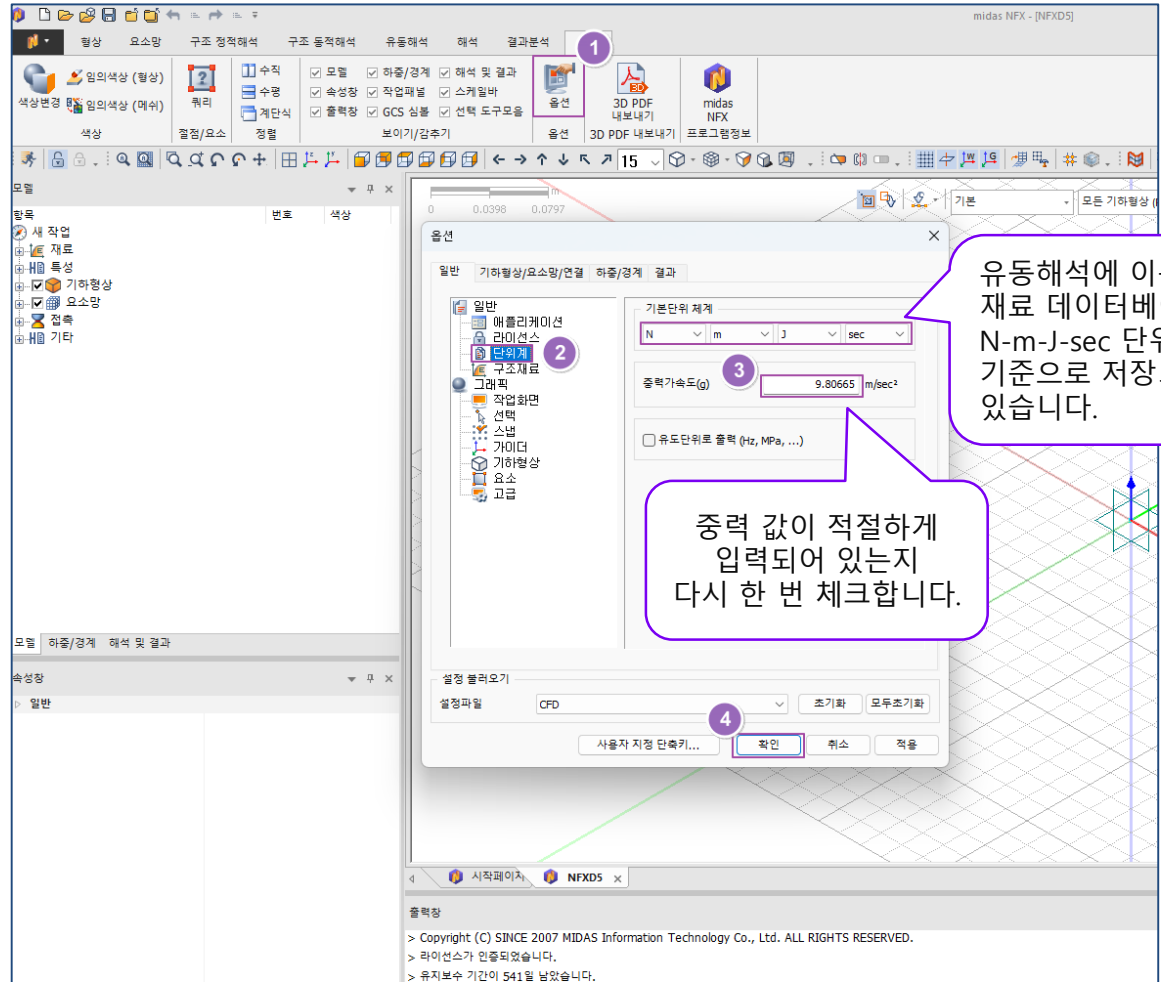
학습 주요 아이템

- ✓ 비압축성 이상기체 사용
- ✓ 부유도 설정하기
- ✓ 에어슬리드 설정

단위계 옵션 확인



- ① 리본 메뉴 “도구” > 옵션 버튼 선택
- ② 옵션 창 > “일반” 탭 > “단위계” 트리 > “기본단위 체계” 콤보박스 : “N-m-J-sec” 확인
- ③ “중력가속도” 입력 창 : “9.8” 확인
- ④ “적용” 버튼 클릭



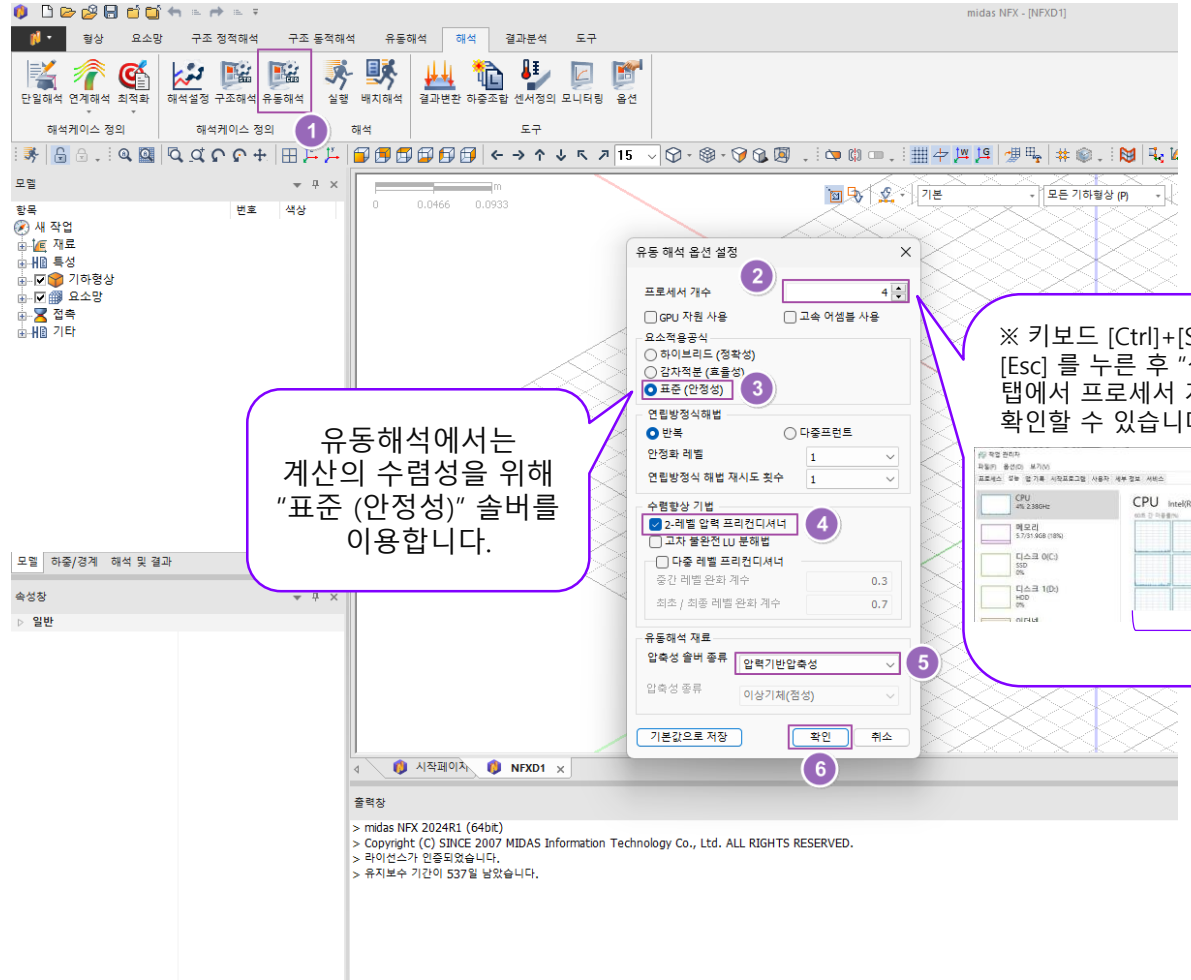
유동해석에 이용되는 재료 데이터베이스는 N-m-J-sec 단위를 기준으로 저장되어 있습니다.

중력 값이 적절하게 입력되어 있는지 다시 한 번 체크합니다.

프로세서 개수 선택 및 솔버 선택



- ① 리본 메뉴 “해석” > 옵션 버튼 선택
- ② “프로세서 개수” 입력창 : 계산에 동원할 CPU 개수를 입력
- ③ “요소적용공식” 그룹박스 > “표준(안정성)” 라디오버튼 선택
- ④ “2-레벨 압력 프리컨디셔너” 클릭
- ⑤ “압축성 솔버 종류” 그룹박스 > “압력기반압축성” 선택
- ⑥ “확인” 버튼 클릭



유동해석에서는
계산의 수렴성을 위해
“표준 (안정성)” 솔버를
이용합니다.

※ 키보드 [Ctrl]+[Shift]+
[Esc] 를 누른 후 “성능”
탭에서 프로세서 개수를
확인할 수 있습니다.

새로 만들기

해석조건
설정

기하형상
제작

재료·특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

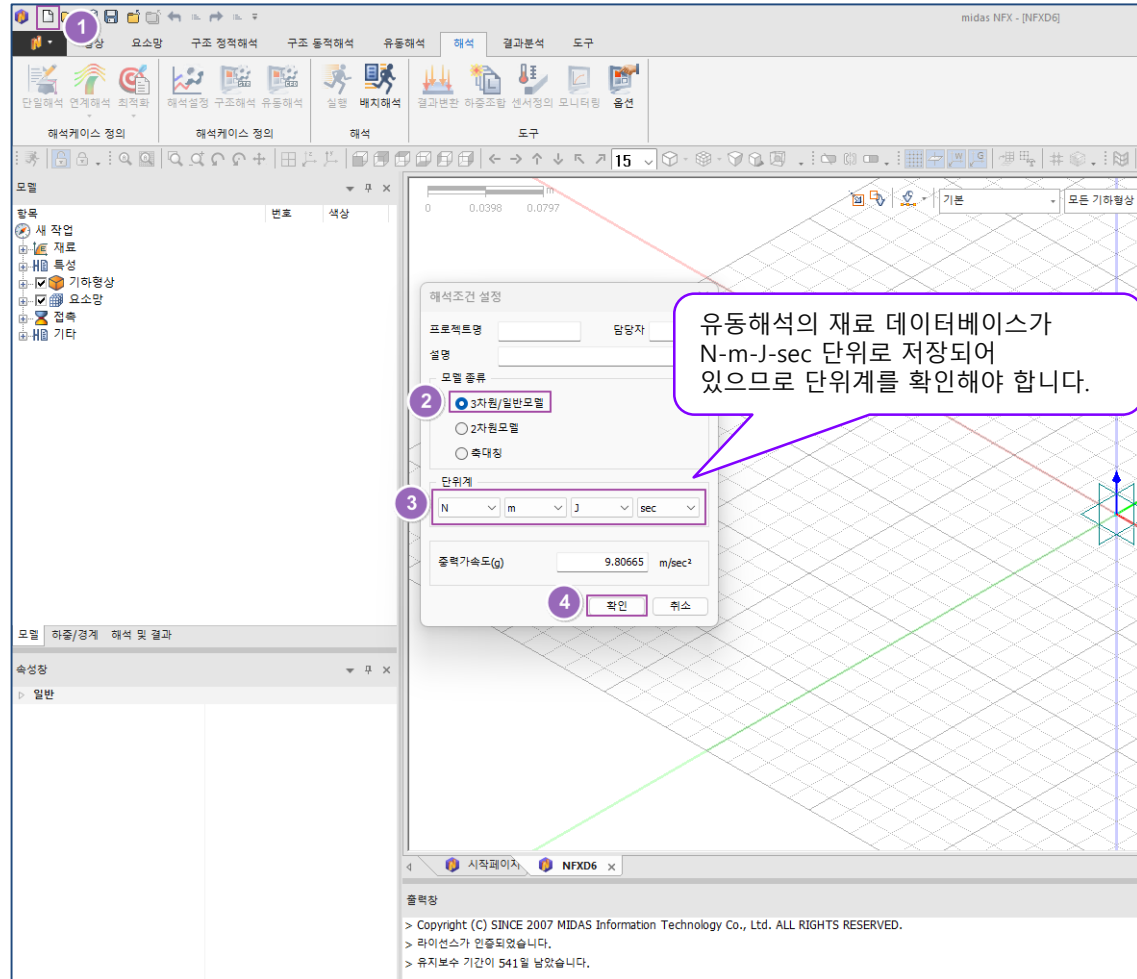
요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “새로만들기” 버튼 클릭
- ② “3차원/일반모델” 라디오버튼 클릭
- ③ “단위계” 그룹박스 내 : N-m-J-sec 설정
- ④ “확인” 버튼 클릭



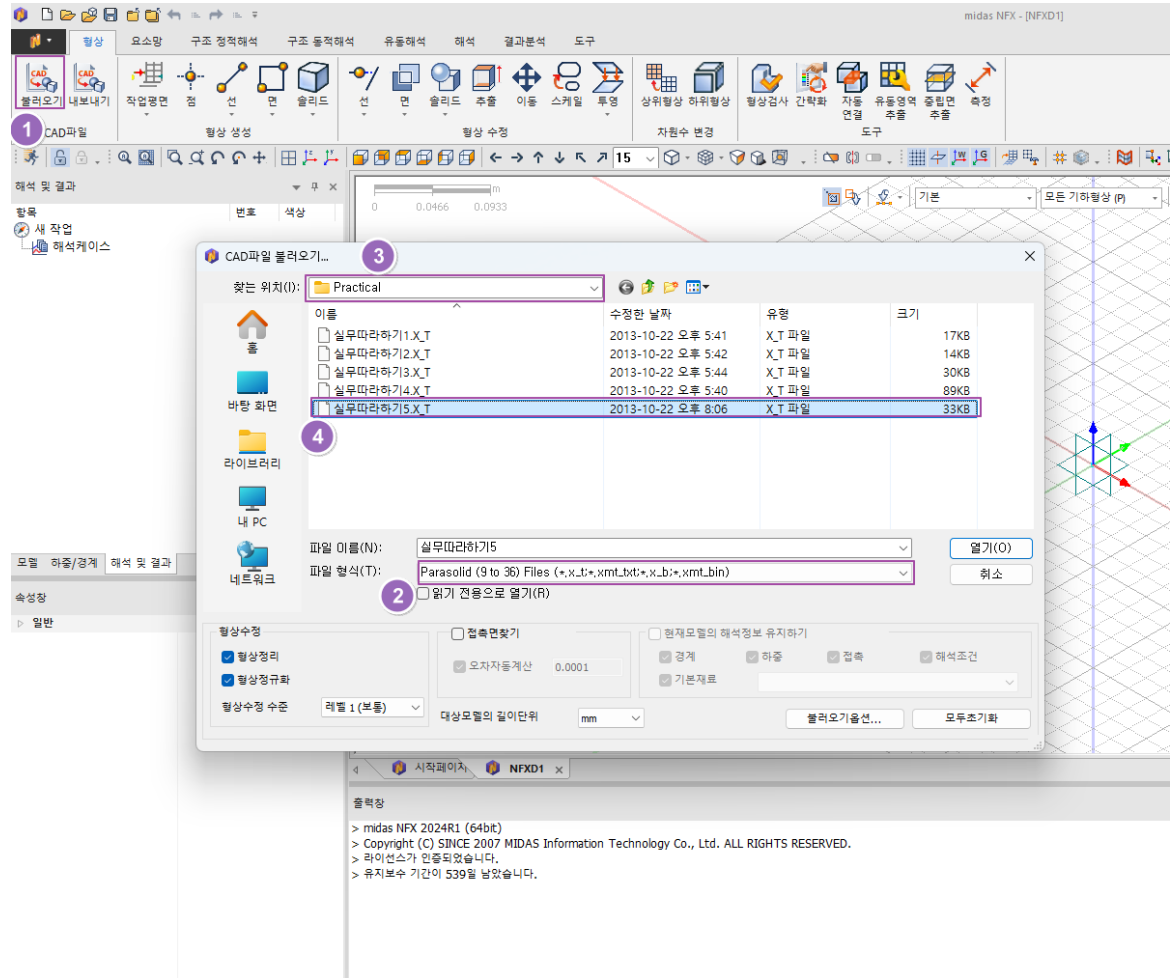
기하형상 불러오기



- ① “형상” 리본메뉴
 > “불러오기” 버튼 클릭
- ② “파일 형식” 콤보박스
 > “Parasolid..” 선택
- ③ CAD 파일이 있는 폴더로 이동
- ④ “실무따라하기1.X_T”
 더블 클릭

※예제 파일 위치:

C:\ Program Files\ midas
 NFX\ Manual\ Tutorial\ mid
 as NFX CFD\ Practical



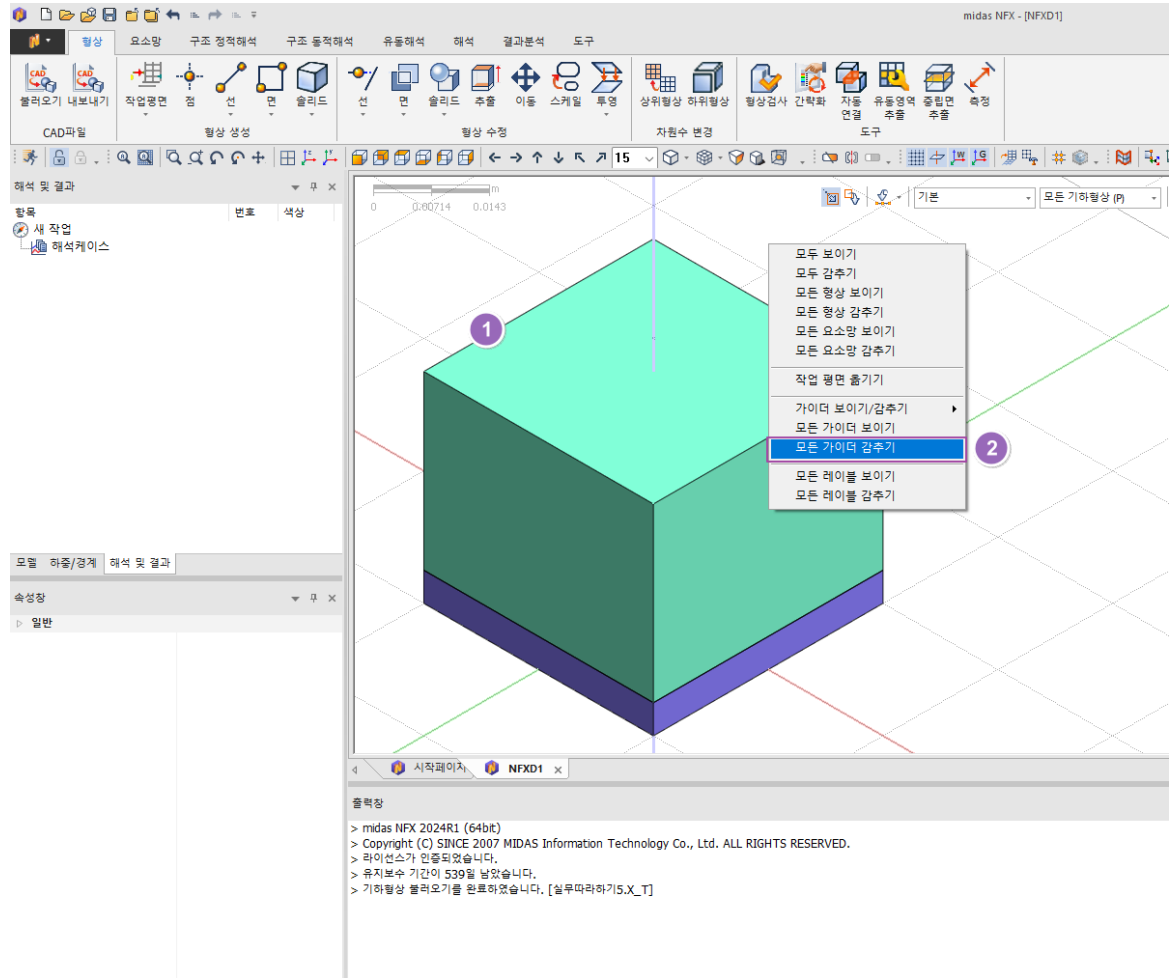
기하형상 불러오기



① 기하형상 확인

※ 키보드 마우스 조작을 통해 기하형상을 자세히 관찰합니다.

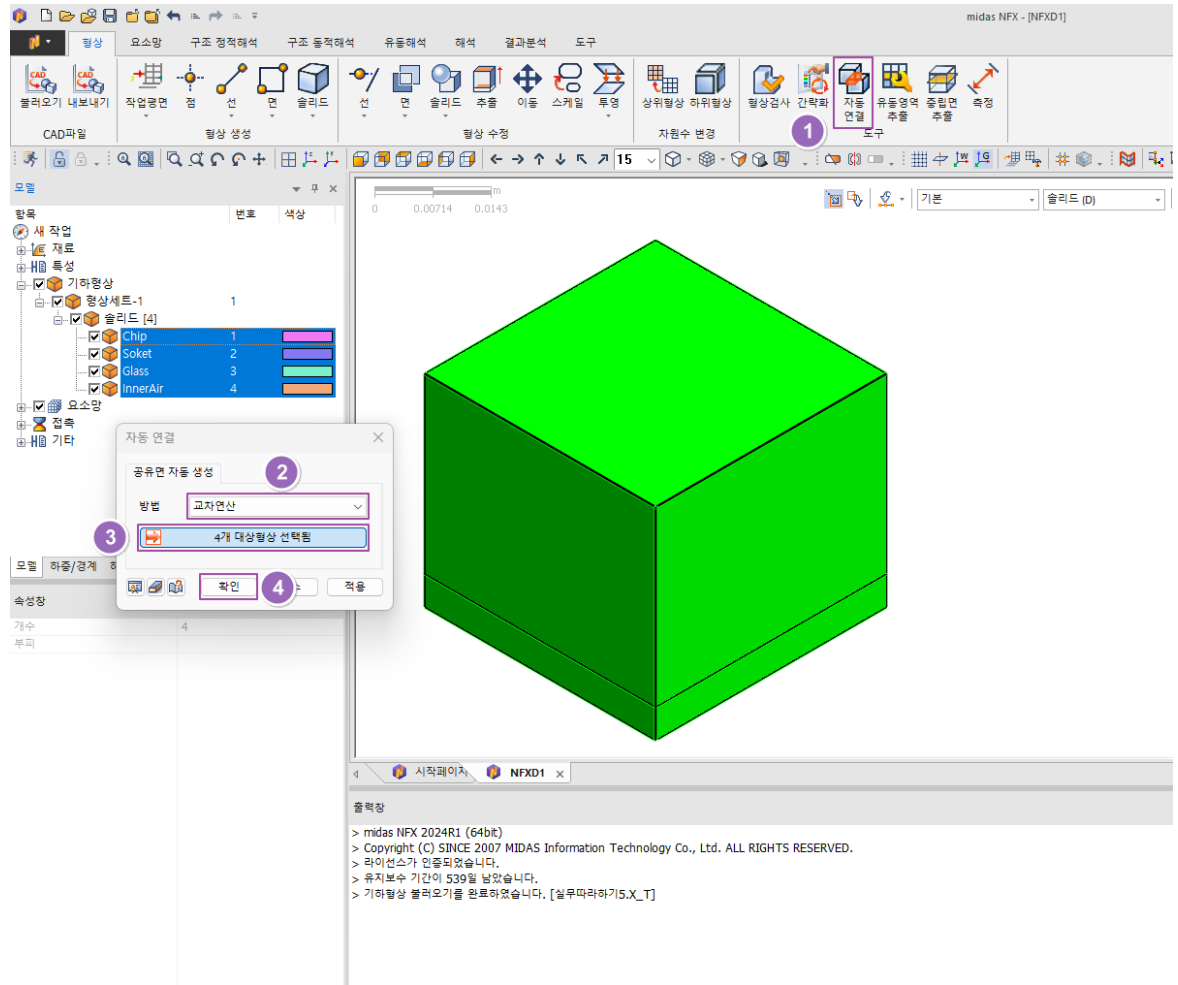
② 마우스 오른쪽 버튼 클릭 > “모든 가이드 감추기” 클릭



기하형상 불러오기



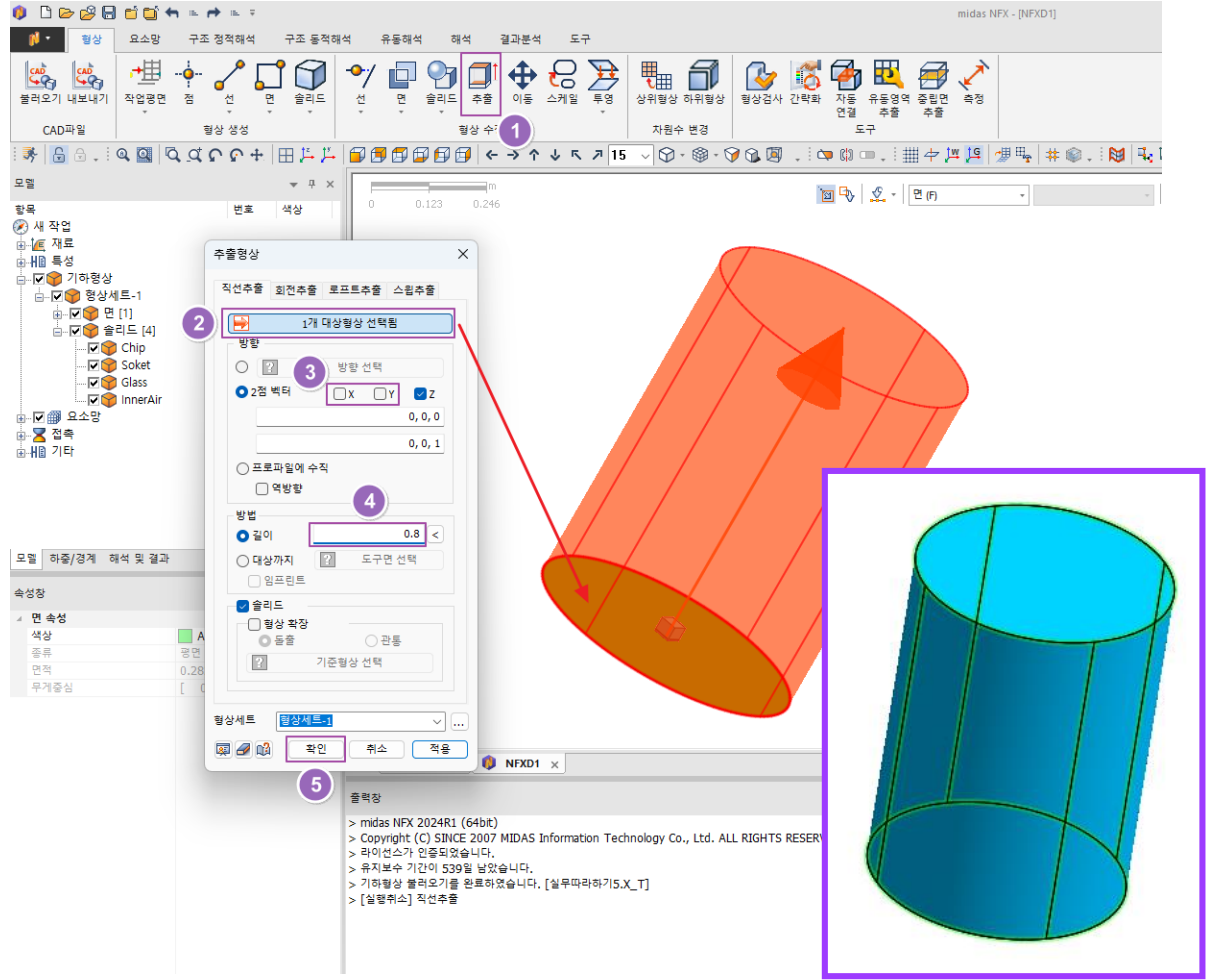
- ① 자동연결 클릭
- ② 방법 "교차연산" 선택
- ③ 4개 대상형상 선택
- ④ 확인 클릭



유동영역 추출하기



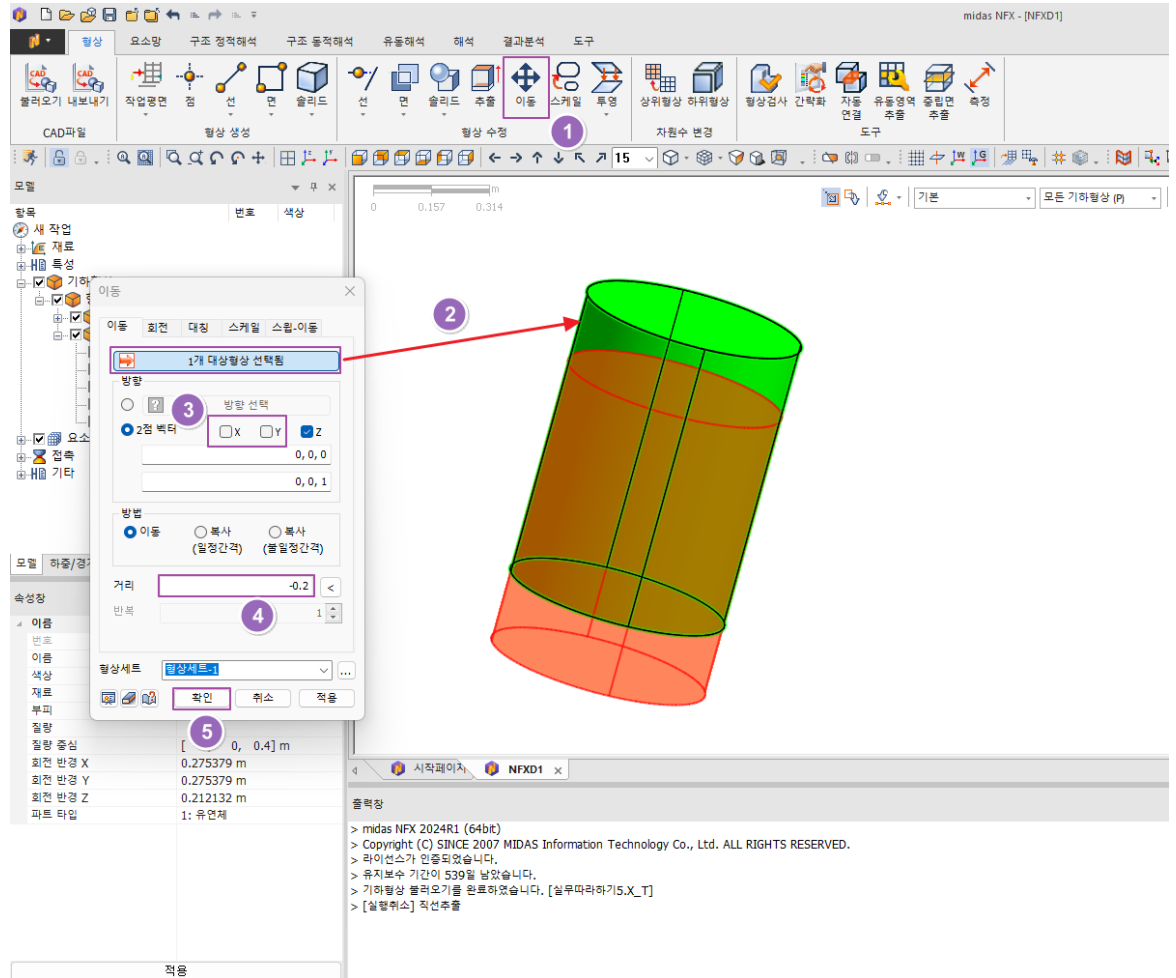
- ① 직선 클릭
- ② 면 선택
- ③ X, Y축 해제
- ④ 길이 0.8 입력
- ⑤ 확인 클릭



유동영역 추출하기



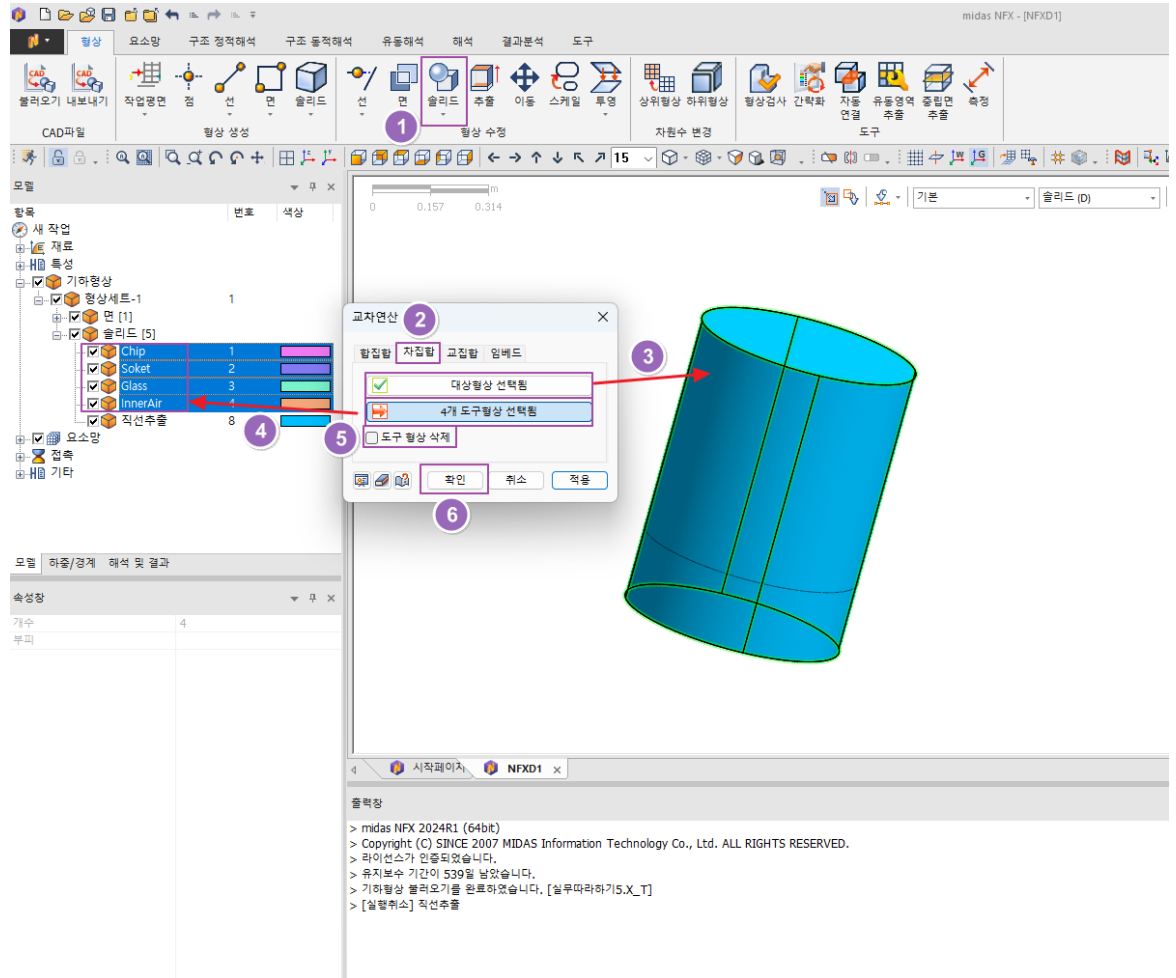
- ① 이동 버튼 클릭
- ② 대상형상 선택
- ③ X, Y축 체크 해제
- ④ 거리 -0.2 입력
- ⑤ 확인 클릭



유동영역 추출하기



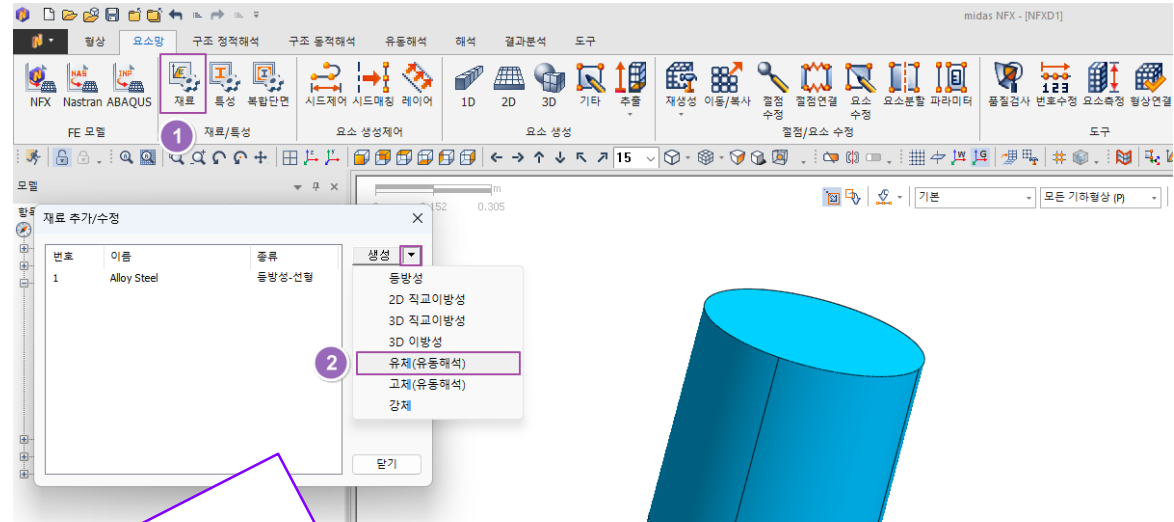
- ① 교차연산-솔리드 클릭
- ② 차집합 클릭
- ③ 원기둥 “직선추출” 선택
- ④ 4개 도구형상 선택
- ⑤ 도구 형상 삭제 체크 해제
- ⑥ 확인 클릭



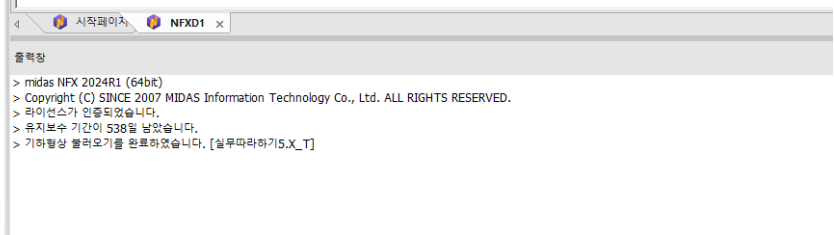
유체 재료 정의하기



- ① “요소망” 리본 메뉴 클릭
 > “재료” 버튼 클릭
- ② “재료 추가/수정” 창
 > “생성” 옆 화살표 버튼 클릭
 > “유체(유동해석)” 선택



해석에 이용할 재료를 정의하는 창입니다. 유체해석을 수행하기 위해 시스템에 어떤 액체나 기체가 흐르고 반응하는 지 정의합니다. 우리가 잘 알고 있는 밀도, 점성, 전도율, 비열 등을 입력합니다.



유체 재료 정의하기



- ① “모델” 콤보박스 : “비압축성 이상기체” 선택
- ② 재료 데이터베이스 > “AIR_25°C” 선택
- ③ “물질량” : 0.02897
- ④ “확인” 버튼 클릭
- ⑤ “닫기” 버튼 클릭

온도 변화에 따른 부유도를 고려하기 위한 옵션으로 본 예제에서 가장 중요한 부분입니다.

재료 데이터베이스를 선택하면 본 해석에 필요한 밀도, 점성비열, 부유도가 자동으로 입력 됩니다.

이상기체를 해석하기 위해 물질량을 입력합니다.

고체 재료 정의하기



- ① “요소망” 리본 메뉴 클릭
 > “재료” 버튼 클릭
- ② “재료 추가/수정” 창
 > “생성” 옆 화살표 버튼 클릭
 > “고체(유동해석)” 선택

번호	이름	종류
1	Alloy Steel	등방성-선형
2	유동해석 유체-1	유체 (유동해석)
3	AIR_25° C-1	유체 (유동해석)

CFD 는 유동해석이지만 온도를 계산하는 열전달의 경우 고체도 해석 가능합니다. 이 때 고체에 대한 재료를 정의해야 하기 때문에 본 창을 이용하여 고체를 정의할 수 있습니다.

4 시작페이지 NFXD1 x

출력창

```

> midas NFX 2024R1 (64bit)
> Copyright (C) SINCE 2007 MIDAS Information Technology Co., Ltd. ALL RIGHTS RESERVED.
> 라이선스가 인증되었습니다.
> 유지보수 기간이 538일 남았습니다.
> 기하형상 불러오기를 완료하였습니다. [실무파라하기S_X_T]
            
```

고체 재료 정의하기



- ① 재료 데이터베이스 > "ALUMINIUM" 선택
- ② "적용" 버튼 클릭
- ③ 동일한 방법으로 재료 데이터베이스 > "GLASS" 선택
- ④ "적용" 버튼 클릭

재료

번호: 8 이름: ALUMINIUM-2 색상: ■

All

- ALUMINIUM
- BRONZE
- CONCRETE
- COPPER
- GLASS
- IRON
- NICKEL
- STEEL_1%C
- STEEL_1%CR
- STEEL_10%NI
- SUS304
- SUS316
- PCB
- PC
- PC HIGH VISCOSITY
- PDMS (POLYDIMETHYLSILOXANE)
- PP (COPOLYMER, CLARIFIED/NUCLEATED)
- PP (HOMOPOLYMER, FLAME RETARDED V0)
- PP COPOLYMER
- PE HIGH DENSITY
- PE LOW/MEDIUM DENSITY
- PVC
- PVC 0.007 PLASTICIZED
- PVC RIGID
- COBALT
- PURE LEAD
- PURE GOLD
- PURE SILVER
- TITANIUM
- TUNGSTEN
- VANADIUM
- ZIRCONIUM
- SILICON WAFER
- WOOD

고체 (유동해석)

1 질량밀도: 2707 kg/m³

3 비열: 896 J/(kg·[T])

부유도: 0

열팽: 0 W/m³

전도율

204 없음 0 없음

대칭 204 없음

단위: W/(m·[T]) 204 없음

전위

전도체

전기 저항률: 0 ohm·m 없음

온도계수: 0 1/[T]

기준 온도: 0 [T]

에너지 변환율: 1

제백계수: 0 V/[T] 없음

유효 온도 범위

상한치: 100 [T]

하한치: 0 [T]

복사

흡수계수: 0 1/m 없음

산란계수: 0 1/m 없음

산란 위상합수: 등방성

굴절률: 0

확인 취소 **적용**

재료 데이터베이스를 선택하면 본 해석에 필요한 고체의 밀도, 비열, 전도율이 자동 입력됩니다.

고체 재료 정의하기



- ① “이름” 입력창 : “Chip” 입력
- ② “질량밀도” 입력 창 : “2000” 입력
- ③ “비열” 입력창 : “120” 입력
- ④ “열원” 입력창 : “6.5e6” 입력
- ⑤ “전도율” 입력창 : “0.4” 입력
- ⑥ “적용” 버튼 클릭

재료

번호: 7 이름: Chip 1 상

All

- ALUMINIUM
- BRONZE
- CONCRETE
- COPPER
- GLASS
- IRON
- NICKEL
- STEEL_1%C
- STEEL_1%CR
- STEEL_10%NI
- SUS304
- SUS316
- PCB
- PC
- PC HIGH VISCOSITY
- PDMS (POLYDIMETHYLSILOXANE)
- PP (COPOLYMER, CLARIFIED/NUCLEATED)
- PP (HOMOPOLYMER, FLAME RETARDED V0)
- PP COPOLYMER
- PE HIGH DENSITY
- PE LOW/MEDIUM DENSITY
- PVC
- PVC 0.007 PLASTICIZED
- PVC RIGID
- COBALT
- PURE LEAD
- PURE GOLD
- PURE SILVER
- TITANIUM
- TUNGSTEN
- VANADIUM
- ZIRCONIUM
- SILICON WAFER
- WOOD

고체 (유동해석)

질량밀도: 2000 kg/m³ 2

비열: 120 J/(kg·[T]) 3

부유도: 0

열원: 6.5e6 W/m³ 4

전도율

5	0.4	없음	0	없음	0	없음
	대칭	0.4	없음	0	없음	
	단위: W/(m			0.4	없음	

에너지 변환율: 1

제백계수: 0 V/[T] 없음

유효 온도 범위

상한치: 100 [T]

하한치: 0 [T]

복사

흡수계수: 0 1/m 없음

산란계수: 0 1/m 없음

산란 위상합수: 등방성

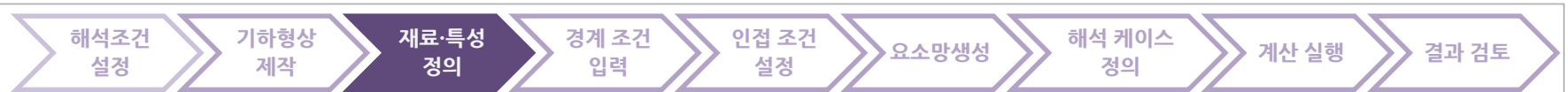
굴절률: 0

6

[확인] [취소] [적용]

앞선 “강제 수행 해석 기본 예제”와는 달리 발열 조건이 단위 부피당 열량이므로 재료를 정의할 때 입력해줍니다.

에어솔리드 정의하기



- ① “이름” 입력창 : “AirSolid” 입력
- ② “질량밀도” 입력 창 : “1.17” 입력
- ③ “비열” 입력창 : “1006” 입력
- ④ “열원” 입력창 : “0” 입력
- ⑤ “전도율” 입력창 : “0.022” 입력
- ⑥ “확인” 버튼 클릭
- ⑦ “닫기” 버튼 클릭

재료 추가/수정

번호	이름	종류
1	Alloy Steel	동반성-선택
3	AIR_25° C-1	유체 (유동해석)
4	Chip	고체 (유동해석)
5	ALUMINIUM-1	고체 (유동해석)
6	GLASS	고체 (유동해석)
7	AirSolid	고체 (유동해석)

재료

번호: 7 이름: AirSolid 색상: [Blue]

고체 (유동해석)

열

질량밀도: 1.17 kg/m³

비열: 1006 J/(kg·[T])

부유도: 0

열원: 0 W/m³

전도율

0.022 없음

대칭 단위: W/(m·[T])

0.022 없음

전위

전기 저항률: 0 ohm·m

복사

흡수계수: 0 1/m

산란계수: 0 1/m

산란 위상합수

굴절률: 0

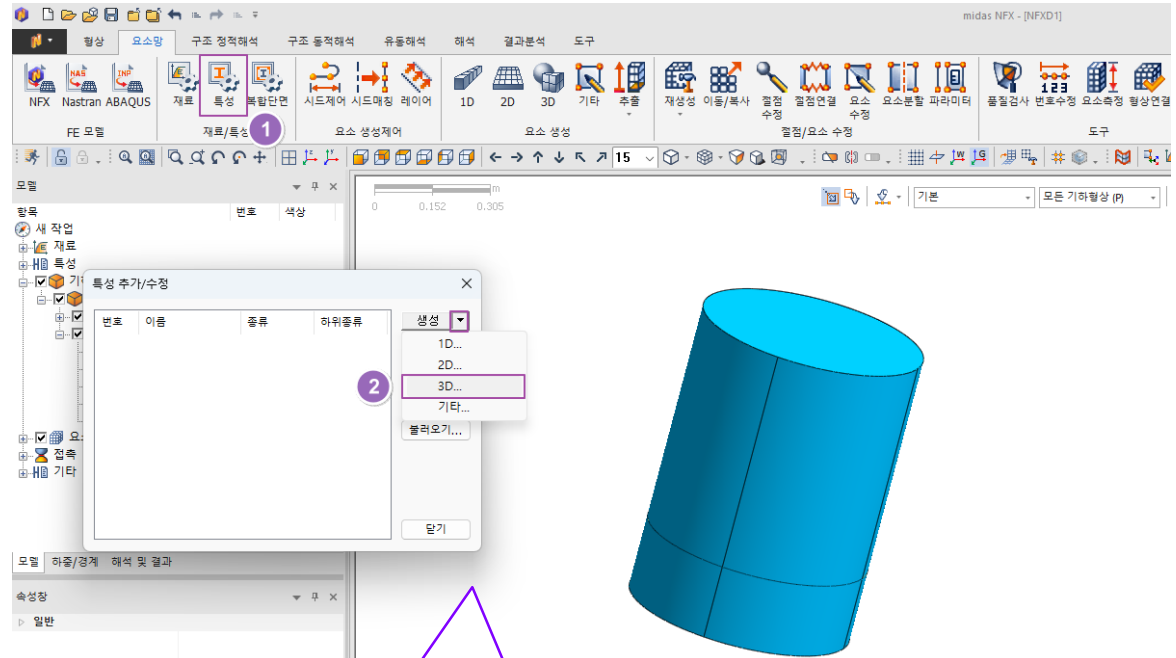
확인 취소 적용

실제는 없지만 CFD 에서 가정할 수 있는 공기의 고체 가정은 대류를 풀지 않고 전도만을 풀기 때문에 고체 재료 입력 창에서 점성을 제외한 나머지 항목을 입력합니다.

특성 정의하기



- ① “특성” 버튼 클릭
- ② “특성 추가/수정” 창
 > “생성” 옆 화살표 버튼 클릭
 > “3D...” 버튼 클릭



유동해석에 필요한 요소망을 작성할 때, 해당 요소망이 어떤 특성을 가지는지 입력해야 합니다. 따라서 특성을 정의하고 이후 요소망 생성 시 해당 특성을 선택합니다. 특성에는 재료 정보, 다공성 매질 사용 여부, MRF (다중참조프레임) 영역 적용 여부 등을 정의합니다.

특성 정의하기

해석조건
설정

기하형상
제작

재료-특성
정의

경계 조건
입력

인접 조건
설정

요소망생성

해석 케이스
정의

계산 실행

결과 검토

- ① “3D 유동해석” 탭 선택
- ② 이름 입력창 : “공기” 입력
- ③ 재료 선택 창
: “2: AIR_25'C”
선택
- ④ “적용” 버튼 클릭

3차원 특성 생성/변경

솔리드 복합재료 날리드 3D 유동해석 3D 혼합물 유동해석

번호 1 이름 공기 색상

재료 2 3: AIR_25'C-1

재료좌표계 3 전체직교좌표계

이동참조 프레임 상세정의

다공성 매질 상세정의

인쇄회로기판 상세정의

복사매질

고정온도 0 [T]

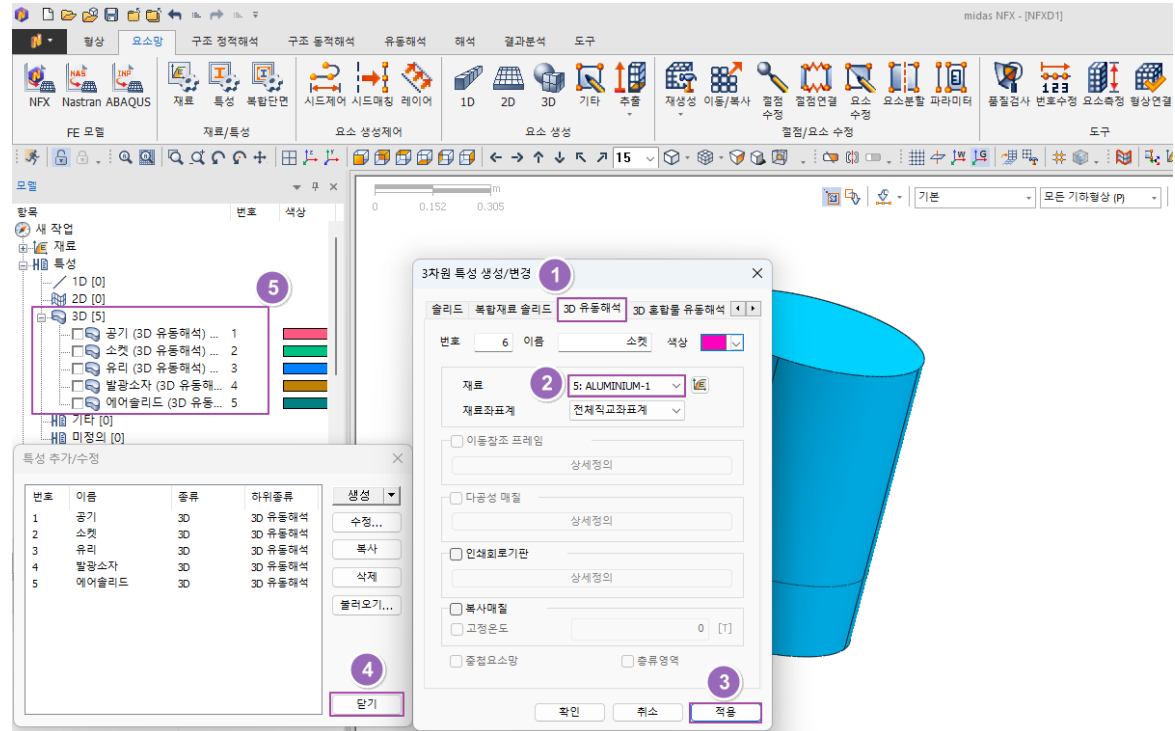
중첩요소망 층류영역

확인 취소 적용

특성 정의하기

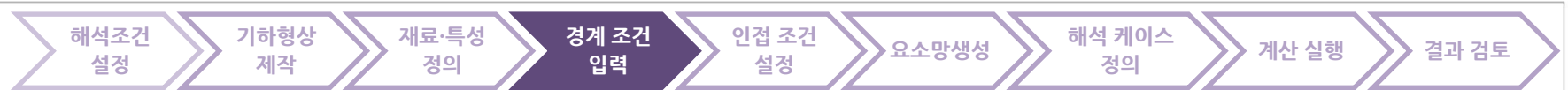


- ① “3D 유동해석” 탭 선택
- ② 이름 입력창 : “소켓” 입력
- ③ 재료 선택 창 : “ALUMINIUM” 선택
- ④ “적용” 버튼 클릭
- ⑤ 표를 참고 하여 추가 특성 생성 후 “확인” 버튼 클릭
“닫기” 버튼 클릭

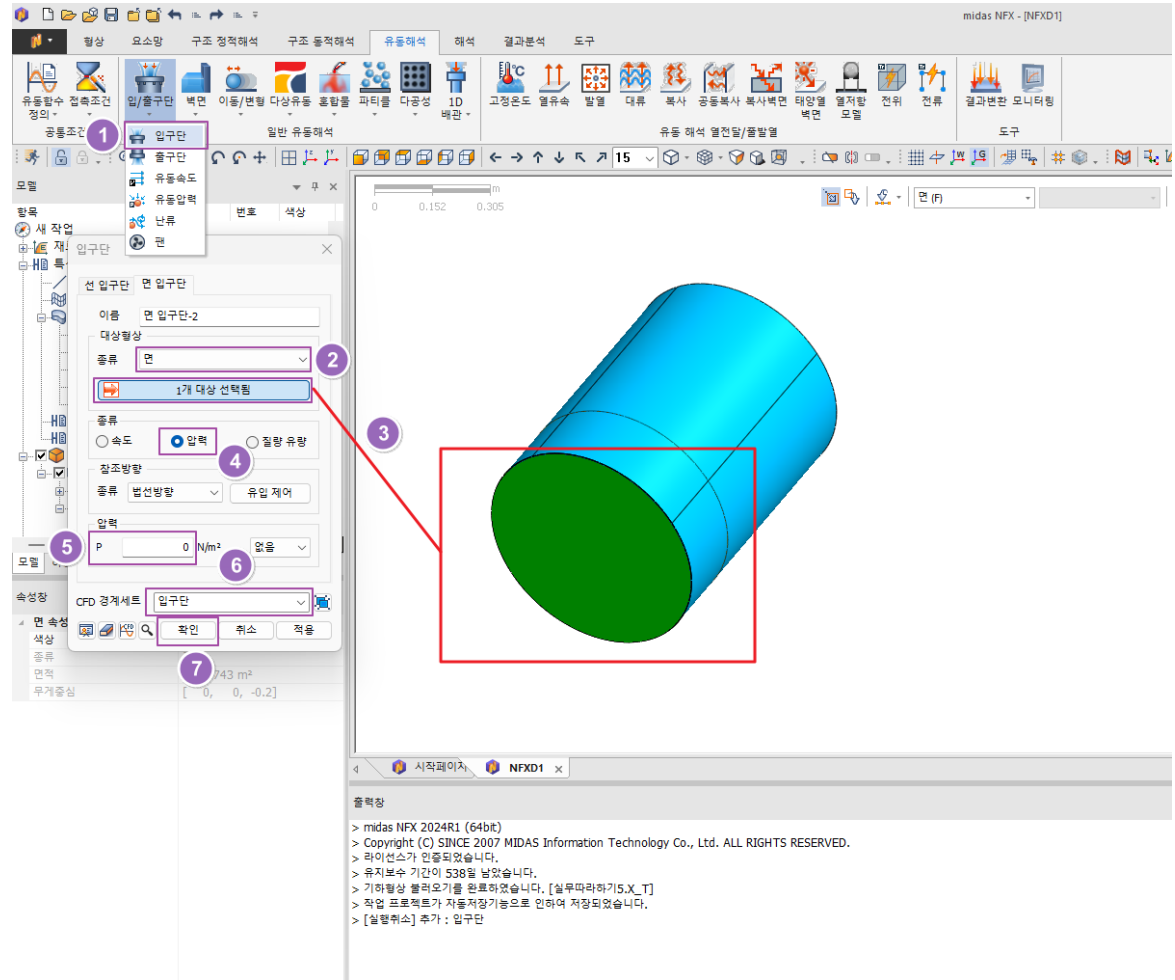


이름	유리	발광소자	에어슬리드
재료	4:GLASS	5:Chip	6:AirSolid

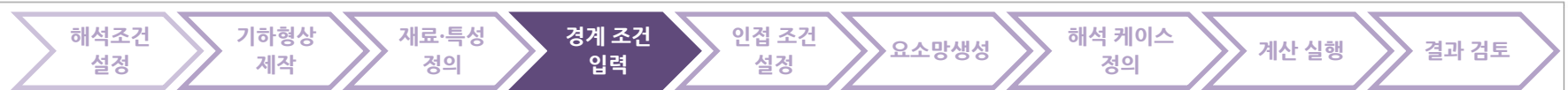
외기 조건 설정 : 압력



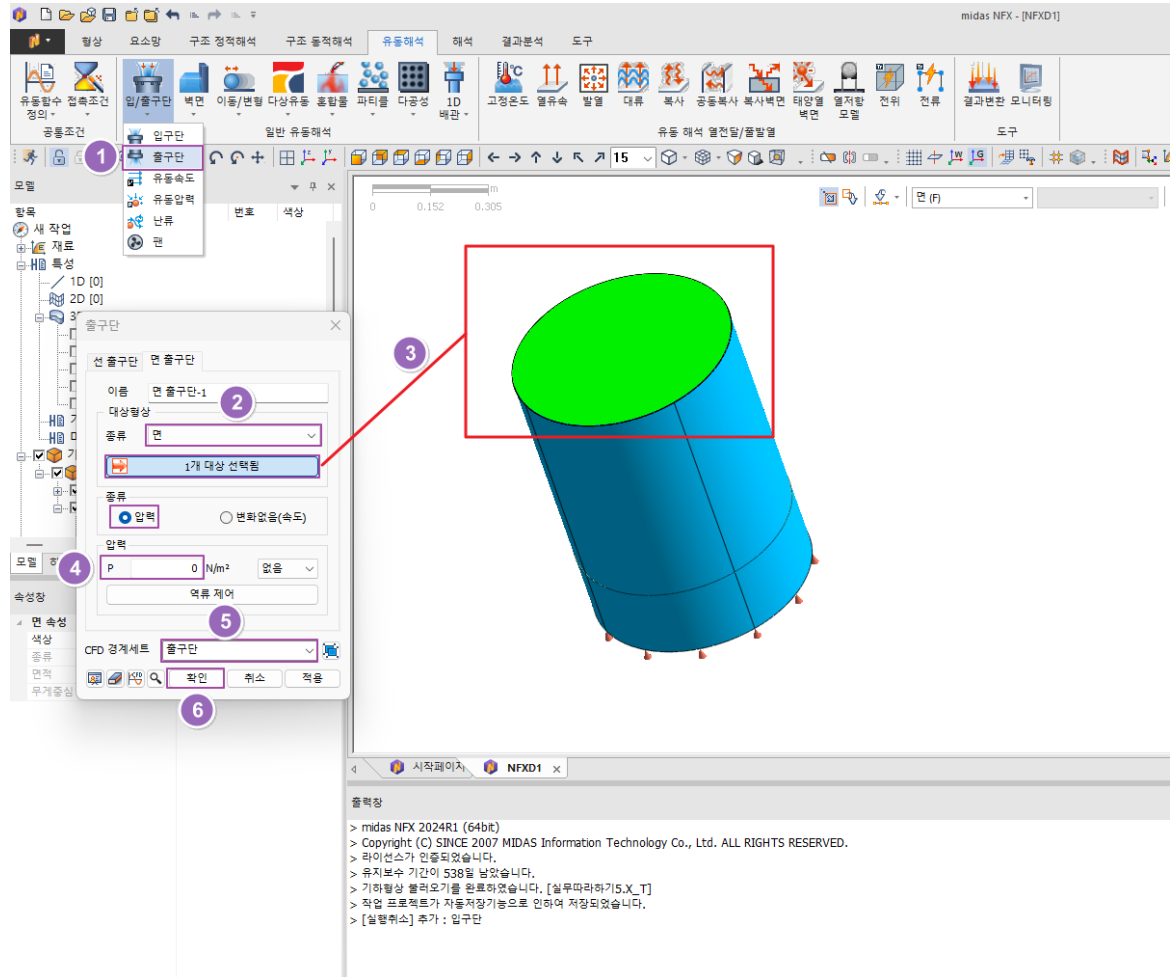
- ① “유동해석” 리본 메뉴 클릭
 > “입구단” 버튼 클릭
- ② “면” 선택
- ③ 아래면 선택
- ④ “압력” 선택
- ⑤ “0” 확인
- ⑥ “유동해석 경계조건 세트”
 입력 창 > “입구단” 입력
- ⑦ “확인” 버튼 클릭



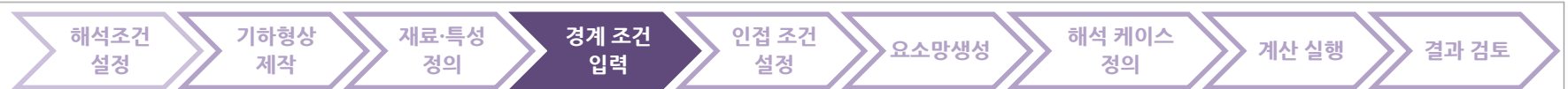
외기 조건 설정 : 압력



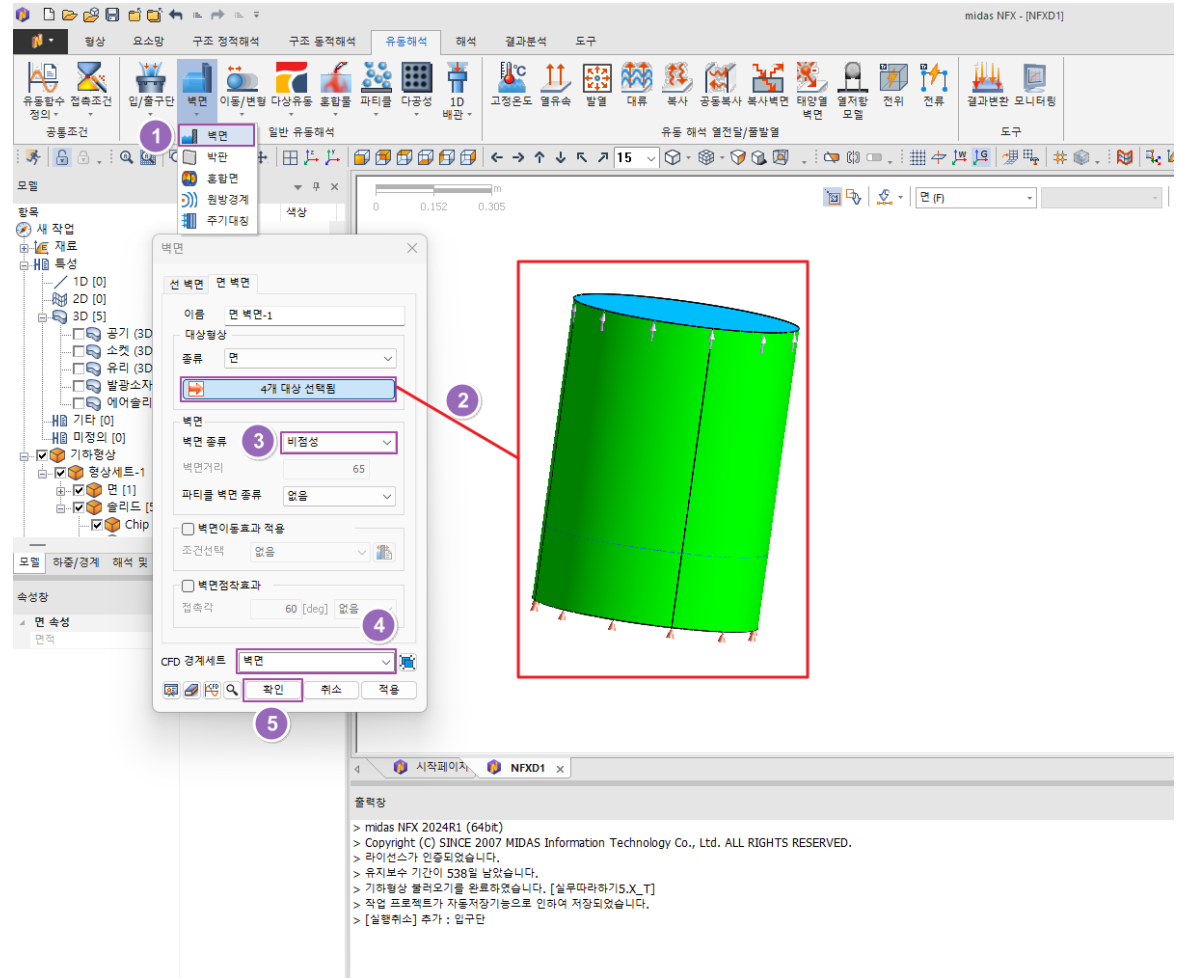
- ① “출구단” 버튼 클릭
- ② “면” 선택
- ③ 윗면 선택
- ④ “압력” 입력 창 : “0” 확인
- ⑤ “유동해석 경계조건 세트” 입력 창 > “출구단” 입력
- ⑥ “확인” 버튼 클릭



외기 조건 설정 : 벽면



- ① “벽면” 버튼 클릭
- ② 옆면 선택
- ③ “벽면 종류” 선택: “비점성” 선택
- ④ “유동해석 경계조건 세트” 입력 창 > “벽면” 입력
- ⑤ “확인” 버튼 클릭



외기 조건 설정 : 벽면



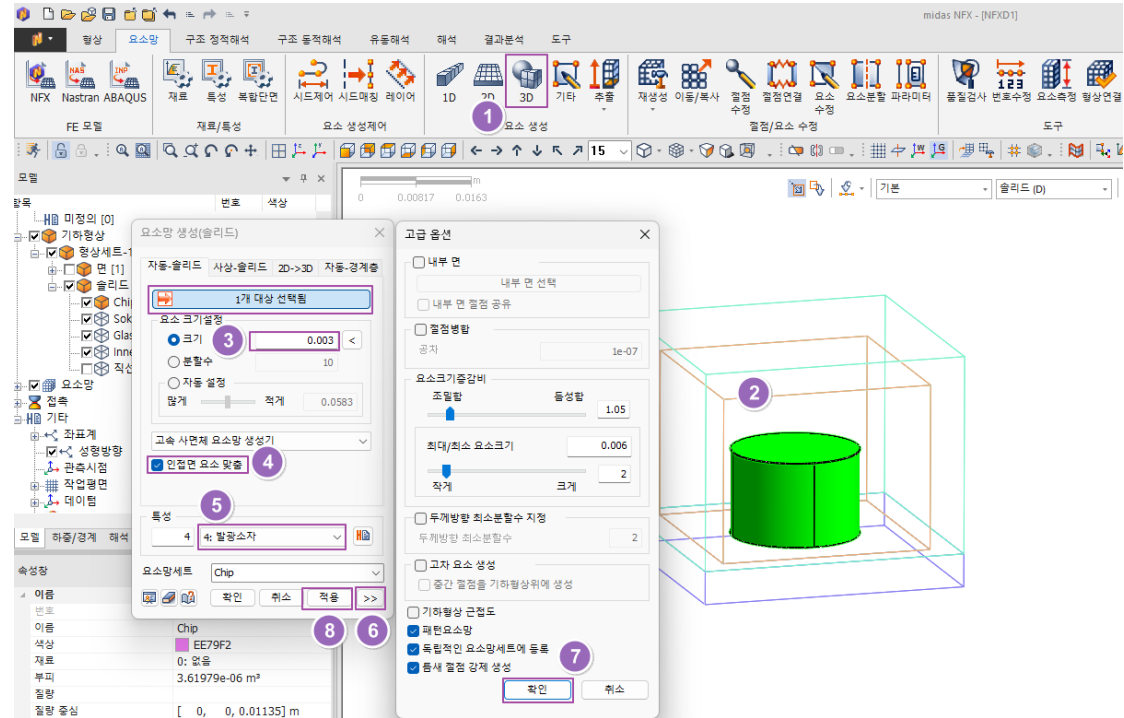
- ① “벽면” 버튼 클릭
- ② “대상형상” > “종류” 선택 창 > “면” 선택
- ③ 내부 고체부와 닿아 있는 10 개 대상 선택
- ④ “벽면종류” 콤보박스 : “무차원벽면거리적용” 선택
- ⑤ “벽면거리” 입력 창 : “65” 입력
- ⑥ “CFD 경계세트” 입력창 : “외기벽면” 입력
- ⑦ “확인” 버튼 클릭

The screenshot shows the '벽면' (Surface) dialog box in the midas NFX software. The dialog is used to define boundary conditions for a CFD simulation. The '대상형상' (Target Shape) is set to '면' (Surface). The '벽면종류' (Surface Type) is set to '무차원벽면거리적용' (Dimensionless surface distance application). The '벽면거리' (Surface Distance) is set to 65. The 'CFD 경계세트' (CFD Boundary Set) is set to '외기벽면' (External surface). The '확인' (OK) button is highlighted.

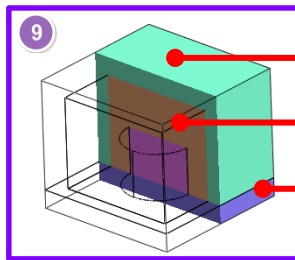
고체 요소망 생성



- ① “요소망” 리본 메뉴 클릭 > “3D” 버튼 클릭
- ② Chip 형상 선택
- ③ “크기” 입력창 : “0.003” 입력
- ④ 인접면 요소 맞춤 체크
- ⑤ “특성” 콤보박스 : “4:발광소자” 선택
- ⑥ “>>” 고급 옵션 버튼 클릭
- ⑦ “고급 옵션” 창 > “확인” 버튼 클릭
- ⑧ “적용” 버튼 클릭
- ⑨ 같은 방법으로 표를 참고하여 나머지 고체 부분 요소망 생성



* 요소 생성시 “인접면 요소 맞춤” 체크



- 1) “특성” 콤보박스 : “3:유리” 선택 후 위와 같이 생성
- 2) “특성” 콤보박스 : “5:에어슬리드” 선택 후 위와 같이 생성
- 3) “특성” 콤보박스 : “2:소켓” 선택 후 위와 같이 생성

고체 요소망 생성



- ① “3D” 버튼 클릭
- ② 원기둥 형상 선택
- ③ “크기” 입력창 : “0.02” 입력
- ④ “인접면 요소 맞춤” 체크
- ⑤ “특성” 콤보박스 : “1:공기” 선택
- ⑥ “>>” 고급 옵션 버튼 클릭
- ⑦ “절점병합” 체크박스 : 활성화
- ⑧ “고급 옵션” 창 > “확인” 버튼 클릭
- ⑨ “확인” 버튼 클릭

출력창

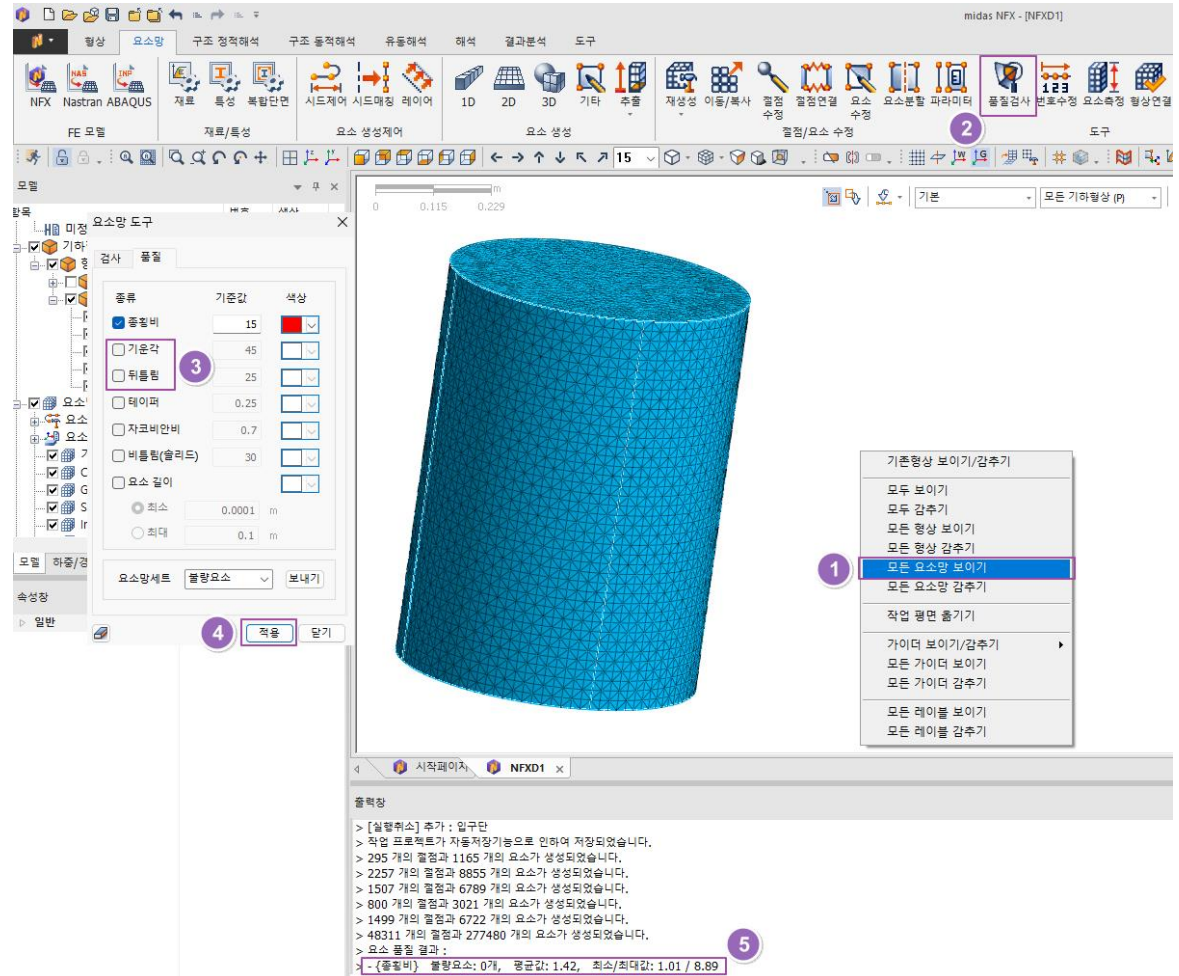
```

> 유지보수 기간이 538일 남았습니다.
> 기하형상 불러오기를 완료하였습니다. [실무파라기5.X_T]
> 작업 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
> [실물취소] 추가 : 실패한
> 작업 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
> 295 개의 절점과 1165 개의 요소가 생성되었습니다.
> 2257 개의 절점과 8855 개의 요소가 생성되었습니다.
> 1507 개의 절점과 6789 개의 요소가 생성되었습니다.
> 800 개의 절점과 3021 개의 요소가 생성되었습니다.
> 1499 개의 절점과 6722 개의 요소가 생성되었습니다.
    
```

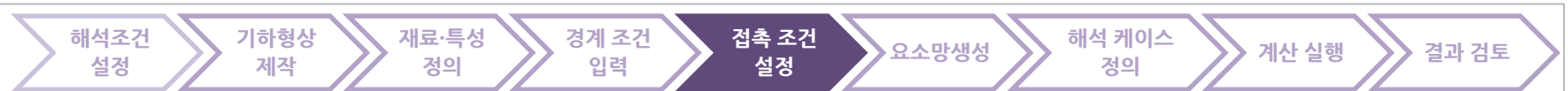
요소망 생성 – 품질 검사



- ① 작업 화면 빈 공간 클릭 후
 > 마우스 오른쪽 버튼 클릭
 > “모든 요소망 보이기” 클릭
- ② “품질검사” 버튼 클릭
- ③ “요소망 도구” 창
 > “기운각” 체크박스 : Off
 > “뒤틀림” 체크박스 : Off
- ④ “적용” 버튼 클릭
- ⑤ “출력창” 에서 최대값을 확인



접촉 조건 설정



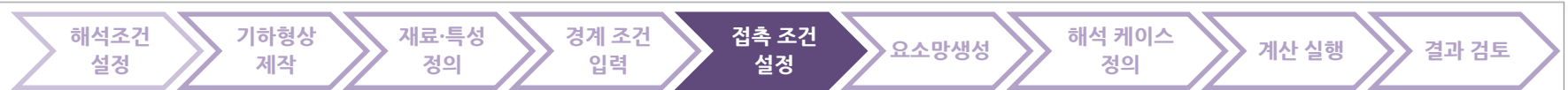
- ① “유동해석” → “파라미터” 선택
- ② 이름 “유체-고체” 입력
- ③ “열적 경계층” 선택
- ④ “적용” 버튼 클릭
- ⑤ 이름 “고체-고체” 입력
- ⑥ “값 : 1e-006” 선택
- ⑦ “확인” 버튼 클릭
- ⑧ 접촉 파라미터 생성 확인

중략창

```

> [실행취소] 추가 : 일구단
> 작업 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
> 295 개의 절점과 1165 개의 요소가 생성되었습니다.
> 2257 개의 절점과 8855 개의 요소가 생성되었습니다.
> 1507 개의 절점과 6789 개의 요소가 생성되었습니다.
> 800 개의 절점과 3021 개의 요소가 생성되었습니다.
> 1499 개의 절점과 6722 개의 요소가 생성되었습니다.
> 48311 개의 절점과 277480 개의 요소가 생성되었습니다.
> 요소 물질 결과 :
> - {물질비} 물질요소: 0개, 평균값: 1.42, 최소/최대값: 1.01 / 8.89
    
```

접촉 조건 설정



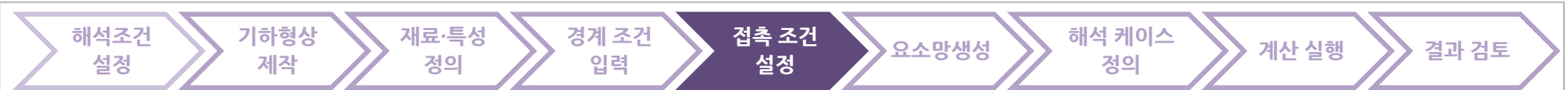
- ① “유동해석” → “자동접촉” 선택
- ② 접촉종류 “유체-고체” 선택
- ③ “Socket”, “직선추출” 선택
- ④ “솔리드 2개의 중복된 면 탐색” 선택
- ⑤ 접촉파라미터 “유체-고체” 선택
- ⑥ “적용” 선택
- ⑦ 동일한 방법으로 “Glass” + “직선추출” 접촉 조건 부여

출력창

```

> [실행취소] 추가 : 일구단
> 작업 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
> 295 개의 절점과 1165 개의 요소가 생성되었습니다.
> 2257 개의 절점과 8855 개의 요소가 생성되었습니다.
> 1507 개의 절점과 6789 개의 요소가 생성되었습니다.
> 800 개의 절점과 3021 개의 요소가 생성되었습니다.
> 1499 개의 절점과 6722 개의 요소가 생성되었습니다.
> 48311 개의 절점과 277480 개의 요소가 생성되었습니다.
> 요소 물결 결과 :
> - {물결번호} 물결요소: 0개, 평균값: 1.42, 최소/최대값: 1.01 / 8.89
    
```

접촉 조건 설정



- ① “유동해석” → “자동접촉” 선택
- ② 접촉종류 “고체-고체” 선택
- ③ “Socket”, “Chip” 선택
- ④ “솔리드 2개의 중복된 면 탐색” 선택
- ⑤ 접촉파라미터 “고체-고체” 선택
- ⑥ “적용” 선택
- ⑦ 동일한 방법으로 “Socket” + “InnerAir”
“Socket” + “Glass”
“Glass” + “InnerAir”
“Chip” + “InnerAir”
접촉 조건 부여

출력창

```

> 295 개의 절점과 1165 개의 요소가 생성되었습니다.
> 2257 개의 절점과 8855 개의 요소가 생성되었습니다.
> 1507 개의 절점과 6789 개의 요소가 생성되었습니다.
> 800 개의 절점과 3021 개의 요소가 생성되었습니다.
> 1499 개의 절점과 6722 개의 요소가 생성되었습니다.
> 48311 개의 절점과 277480 개의 요소가 생성되었습니다.
> 요소 물질 결과 :
> - {물질명} 불함요소: 0개, 평균값: 1.42, 최소/최대값: 1.01 / 8.89
> 접촉 검색에 성공하였습니다.
> 접촉 검색에 성공하였습니다.
    
```

해석케이스 정의



- ① “유동해석” 리본메뉴 선택
 > “정상” 버튼 선택
- ② “해석케이스 추가/변경” 창
 > 해석 케이스 설정
 > “이름” 입력 창
 : “해석케이스1” 이름 입력
- ③ “>>” 꺾쇠 표시를 선택
- ④ “해석 제어” 버튼 클릭

원쪽 “전체세트” 에 있는 트리 메뉴는 본 “해석케이스 추가/변경” 창을 열기전에 정의한 “요소망” “유동경계” 그리고 “접촉” 조건이 모두 나타나 있습니다. 해당 꺾쇠 “>>” 표시를 누르면 정의된 모든 조건이 본 해석케이스에 활성화 됩니다. (“활성화 세트” 트리메뉴에 요소망이 들어가며, “유동해석 설정” 트리메뉴에 유동경계와 접촉이 들어갑니다. 반대 꺾쇠 (“<<”) 를 누르면 모두 비활성화 되며 그 후 아래 그림과 같이 개별적으로 마우스 드래그를 통해 선별적으로 조건 활성화가 가능하며 이를 통해 다양한 해석케이스를 구성할 수 있습니다.

입력된 조건을 기반으로 계산을 수행하는 단위를 만듭니다. “정상 상태” 해석은 최종적인 결과가 중요할 때 이용합니다. 이에 반해 “과도 상태” 해석은 시간에 따른 변화가 중요할 때 이용합니다. 차이점은 “과도 상태”는 계산에 필요한 시간간격을 직접 입력해야 하지만 “정상 상태”는 시간 입력을 하지만 계산에 알맞지 않은 경우 컴퓨터가 자동으로 시간 간격을 변경해줍니다.

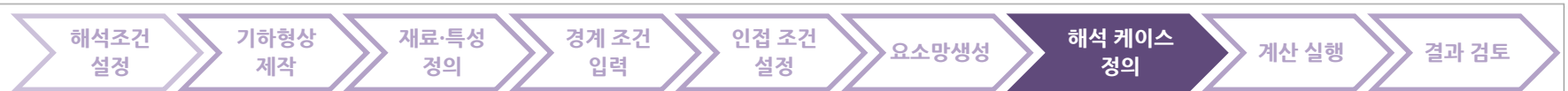
드래그 앤 드롭

해석케이스 정의 – 해석 제어 정의



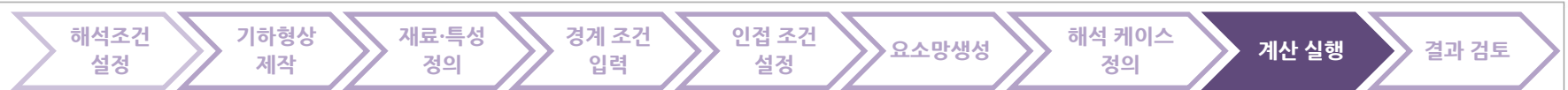
- ① “열전달” 모듈 체크박스 : 활성화
“고체열전달” 모듈 체크박스 : 활성화
- ② “시간간격” 입력 창 : “1” 입력
“시간스텝개수” : “1000” 입력
“최대반복횟수” : “3” 입력
- ③ “결과출력” > “스텝간격” 입력창 : “10” 입력
- ④ “초기조건” 버튼 클릭
- ⑤ “필드정의” 버튼 클릭
- ⑥ “유체온도” & “고체온도” : “25” 입력
- ⑦ “필드정의” 창 “확인” 버튼 클릭

해석케이스 정의 – 난류 및 부유도 정의

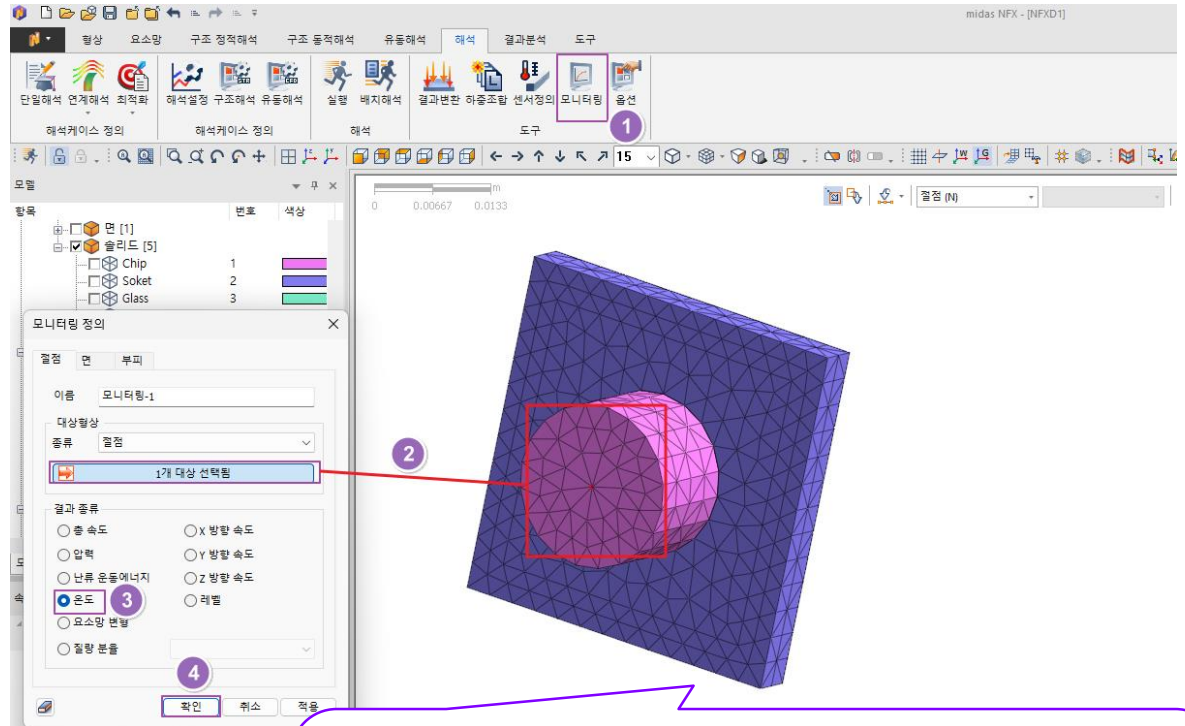


- ① “모듈 정보” 탭 이동
- ② “난류 모델” 선택 창 : “2차식 k-ε” 선택
- ③ “부유도 적용” 체크박스 : 활성화
- ④ “확인” 버튼 클릭
- ⑤ “확인” 버튼 클릭
- ⑥ “해석 및 결과” 창 > “해석케이스1” 정의 확인

계산 실행 – 수렴 판단을 위한 모니터링 포인트



- ① “결과 모니터링” 버튼 클릭
- ② 발광소자 선택
- ③ “온도” 체크박스 : On
- ④ “확인” 버튼 클릭



계산 중에 결과 검토가 가능한 시점을 판단하는 기준은

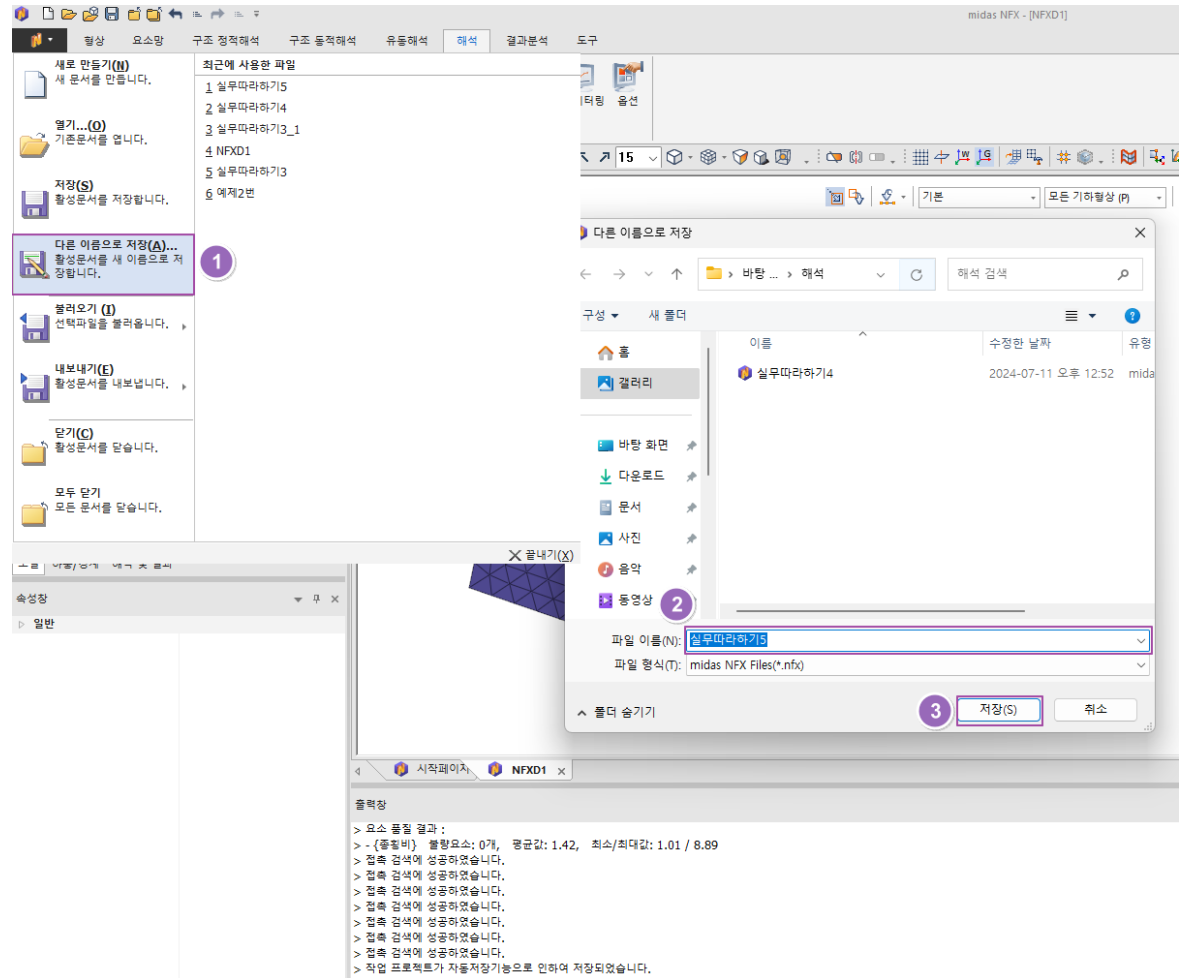
- 1. 계산 중 Norm 그래프가 0.001 이하로 지속적으로 떨어질 경우
- 2. 관심영역 특성치가 큰 변화가 없거나 주기를 가질 경우

입니다. 이 중 2번 조건을 만족하기 위해 “모니터링 포인트”를 지정해 해당 영역의 특성치를 계산 중에 관찰 할 수 있습니다.

계산 실행 – 파일 저장



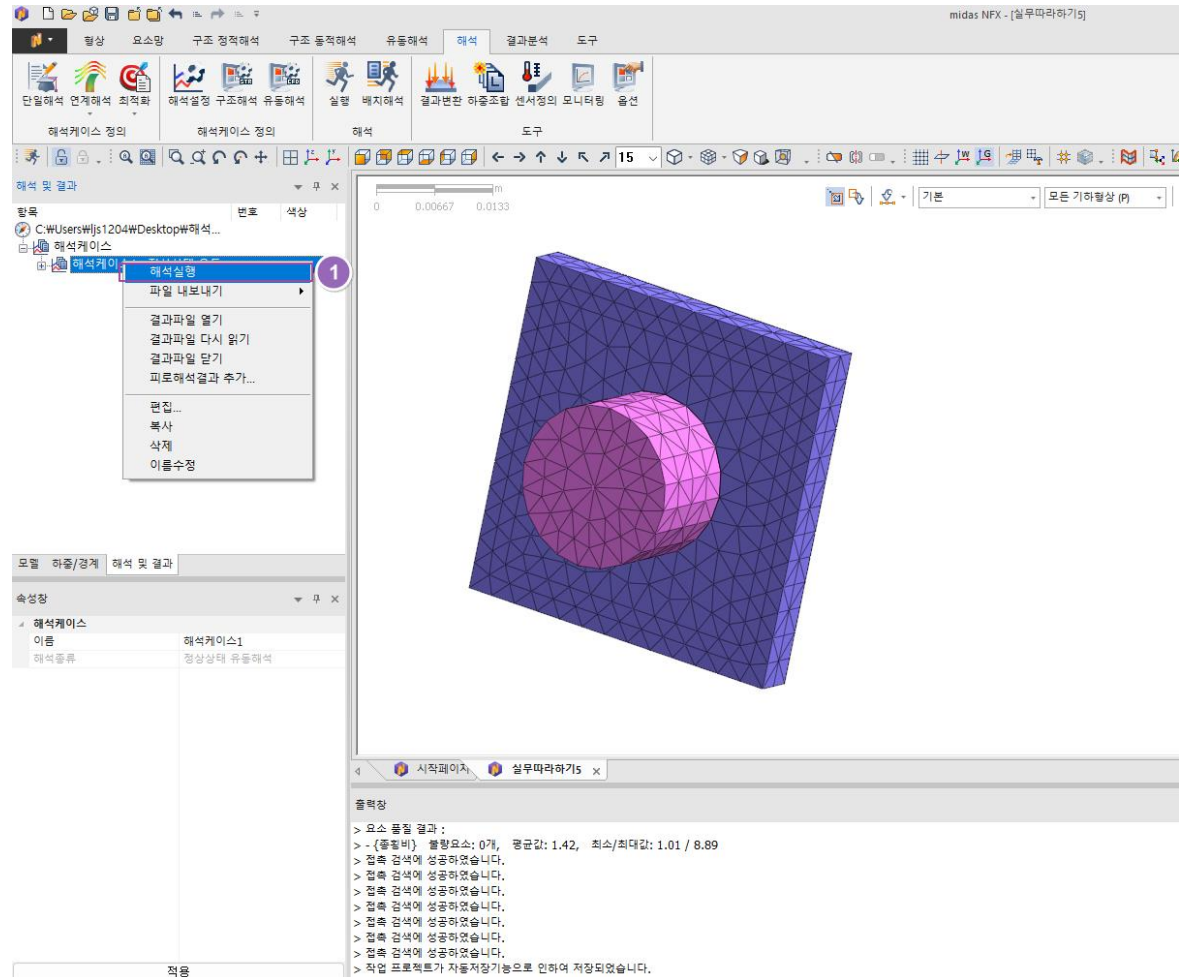
- ① “메인 메뉴” 버튼 클릭
 > “다른 이름으로 저장” 버튼 클릭
- ② “파일 이름” 입력창
 : “실무따라하기5.nfx”
- ③ “저장” 버튼 클릭



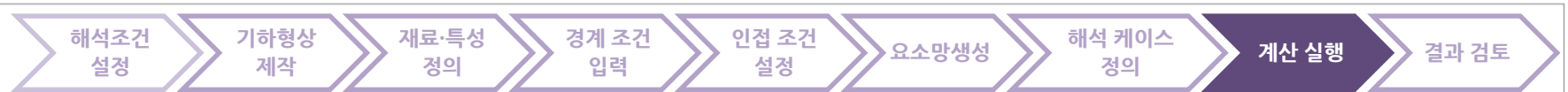
계산 실행 – 해석케이스 계산 실행



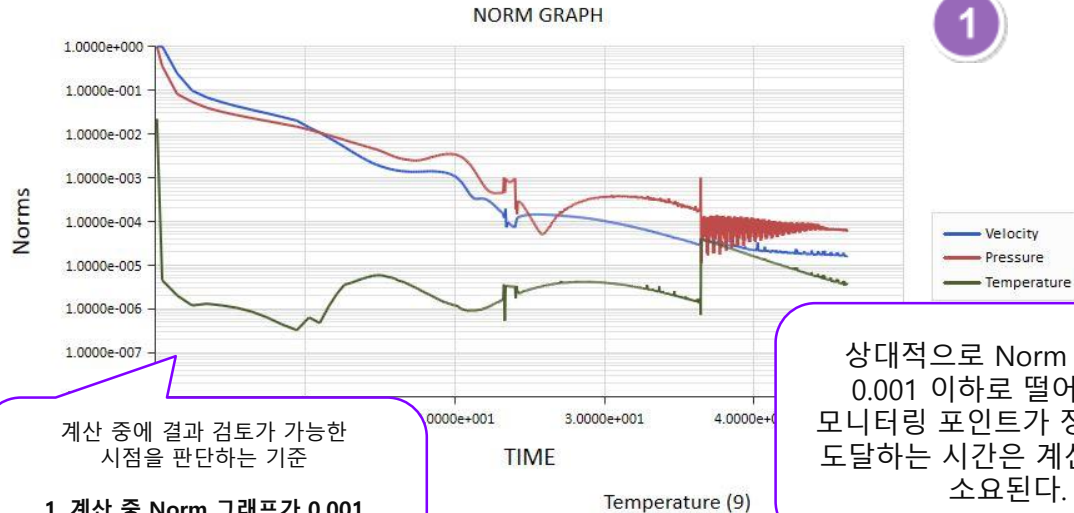
- ① “해석 및 결과” 창
- > 해석케이스
- > “해석케이스1”
- : 마우스 오른쪽 버튼 클릭
- > “해석실행” 클릭



계산 실행 – 계산 과정 검토 및 수렴 판단

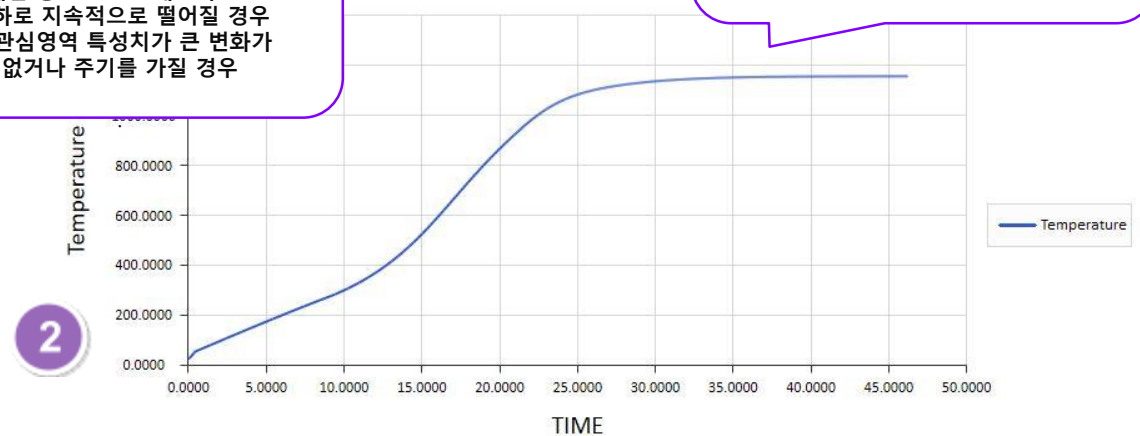


- ① “CFD Norm 그래프” 및 출력창을 통해 Norm 그래프 수렴 확인 (Norm 값이 0.001 이하로 지속적으로 떨어지는 현상 관찰)
- ② 모니터링 포인트 측정 값이 정상상태에 도달하거나 주기가 반복되는 경우 확인



계산 중에 결과 검토가 가능한 시점을 판단하는 기준

- 1. 계산 중 Norm 그래프가 0.001 이하로 지속적으로 떨어질 경우
- 2. 관심영역 특성치가 큰 변화가 없거나 주기를 가질 경우

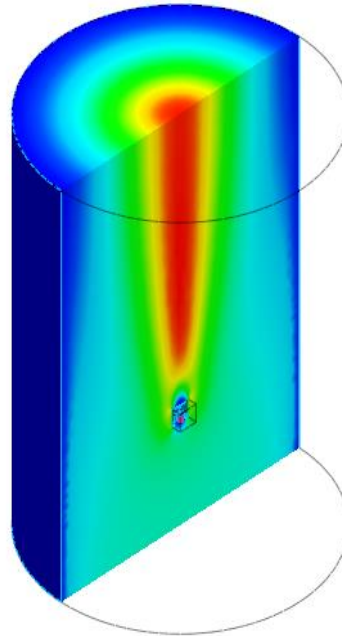


결과검토



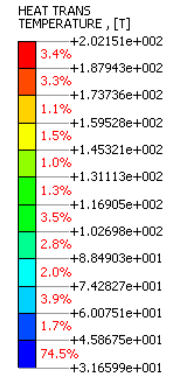
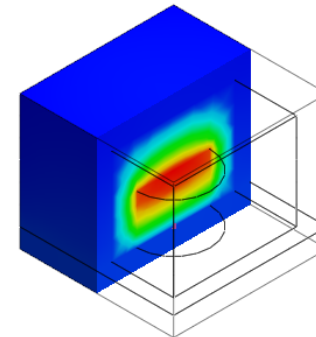
① 각종 결과 확인

기본적이지만 필수적인 결과 검토 기능은 “NFX 모델링 교육” 또는 “NFX 기본교육” 그리고 매뉴얼을 통해 사전 숙지가 되어야 합니다.
결과 확인은 시연 영상을 보시겠습니다.



속도

본 예제는 히트싱크 및 기타 방열 소재에 대한 단순화로 인해 온도가 실무와 많은 차이가 납니다.



온도