

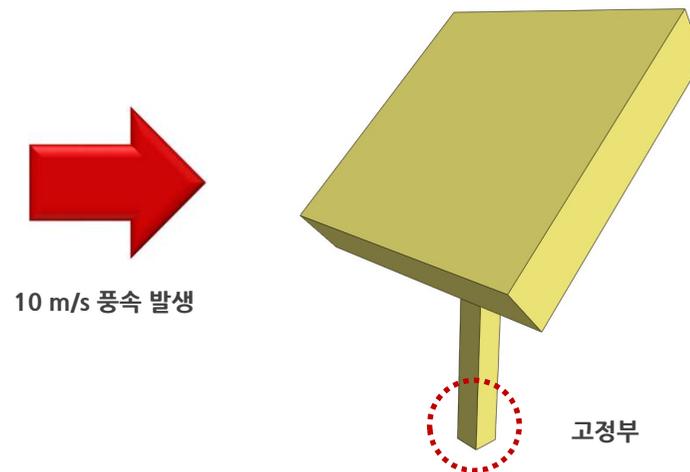
실무 따라하기

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

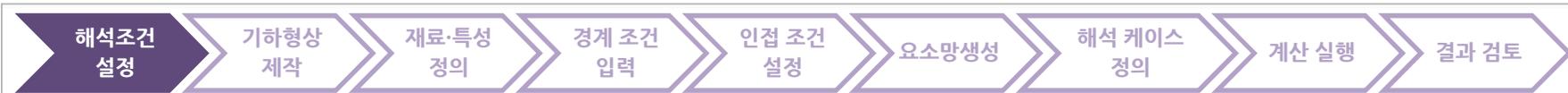
해석 목적

- ✓ 기계 시스템 외부에 흐르는 유체 특성 파악

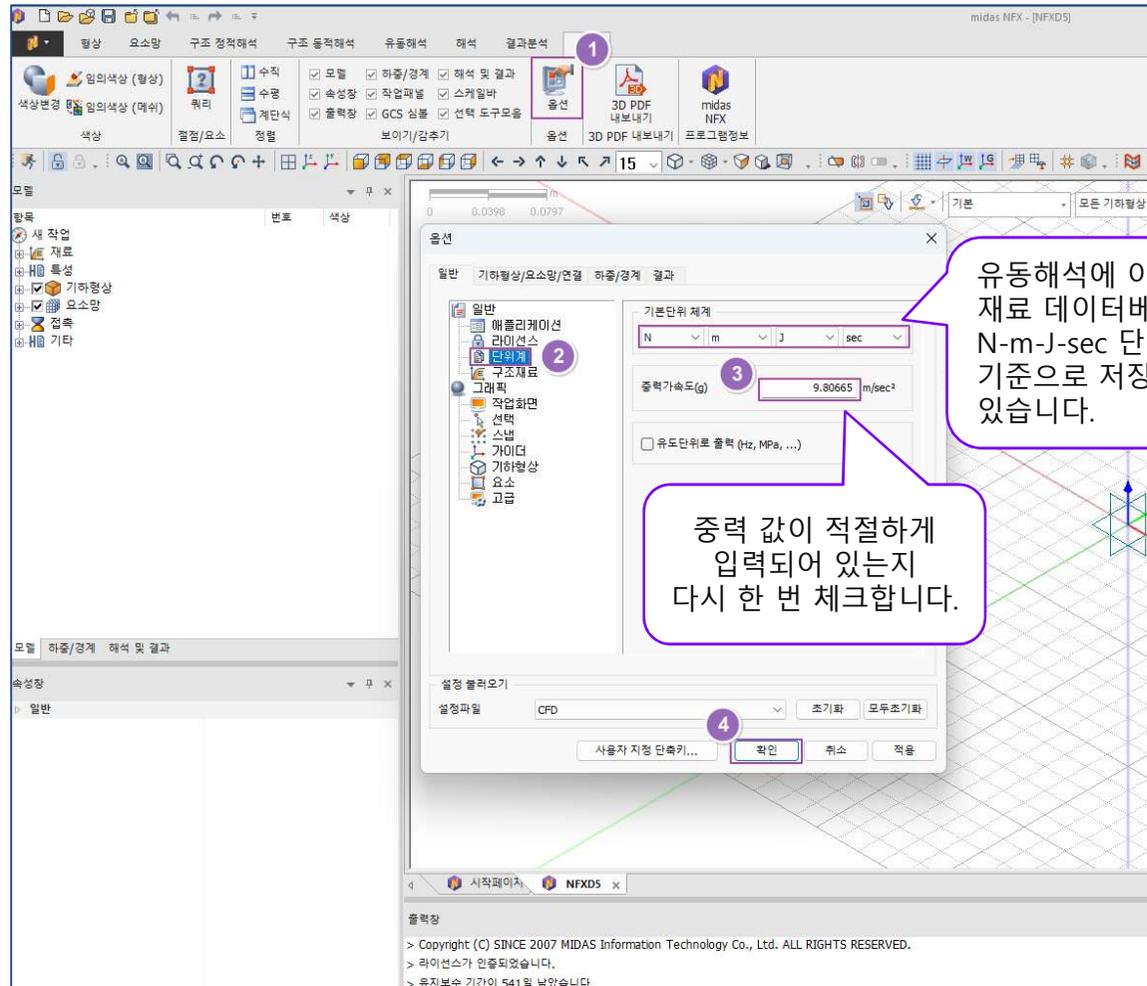
학습 주요 아이템

- ✓ 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



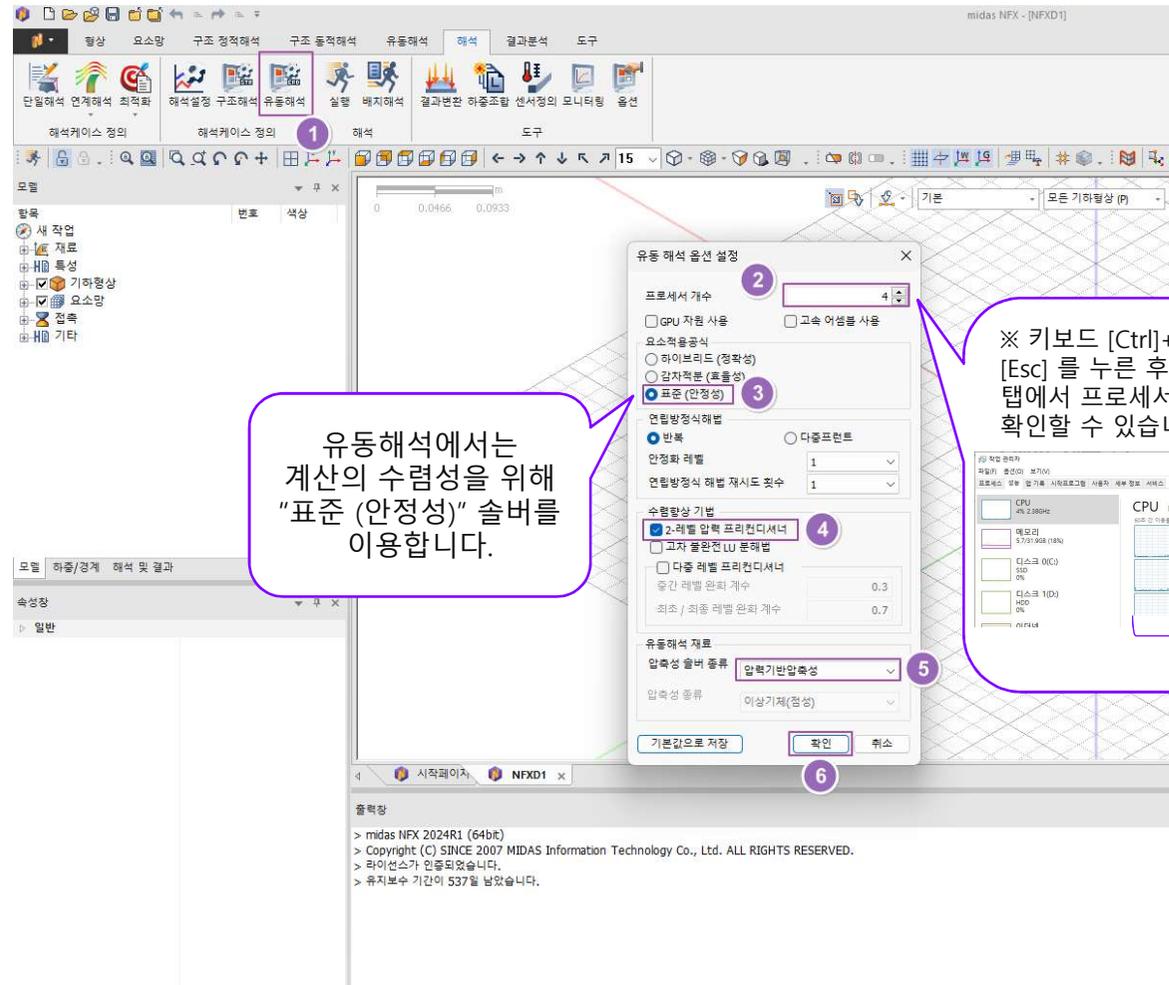
유동해석에 이용되는 재료 데이터베이스는 N-m-J-sec 단위를 기준으로 저장되어 있습니다.

중력 값이 적절하게 입력되어 있는지 다시 한 번 체크합니다.

프로세서 개수 선택 및 솔버 선택



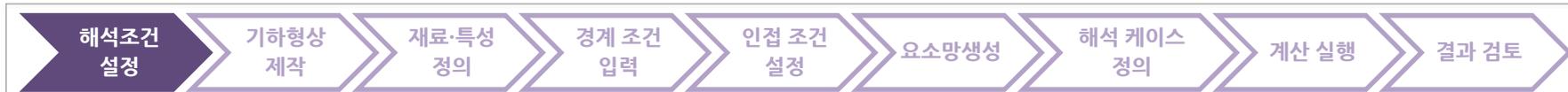
- ① 리본 메뉴 “해석” > 옵션 버튼 선택
- ② “프로세서 개수” 입력창 : 계산에 동원할 CPU 개수를 입력
- ③ “요소적용공식” 그룹박스 > “표준(안정성)” 라디오버튼 선택
- ④ “2-레벨 압력 프리컨디셔너” 클릭
- ⑤ “압축성 솔버 종류” 그룹박스 > “압력기반압축성” 선택
- ⑥ “확인” 버튼 클릭



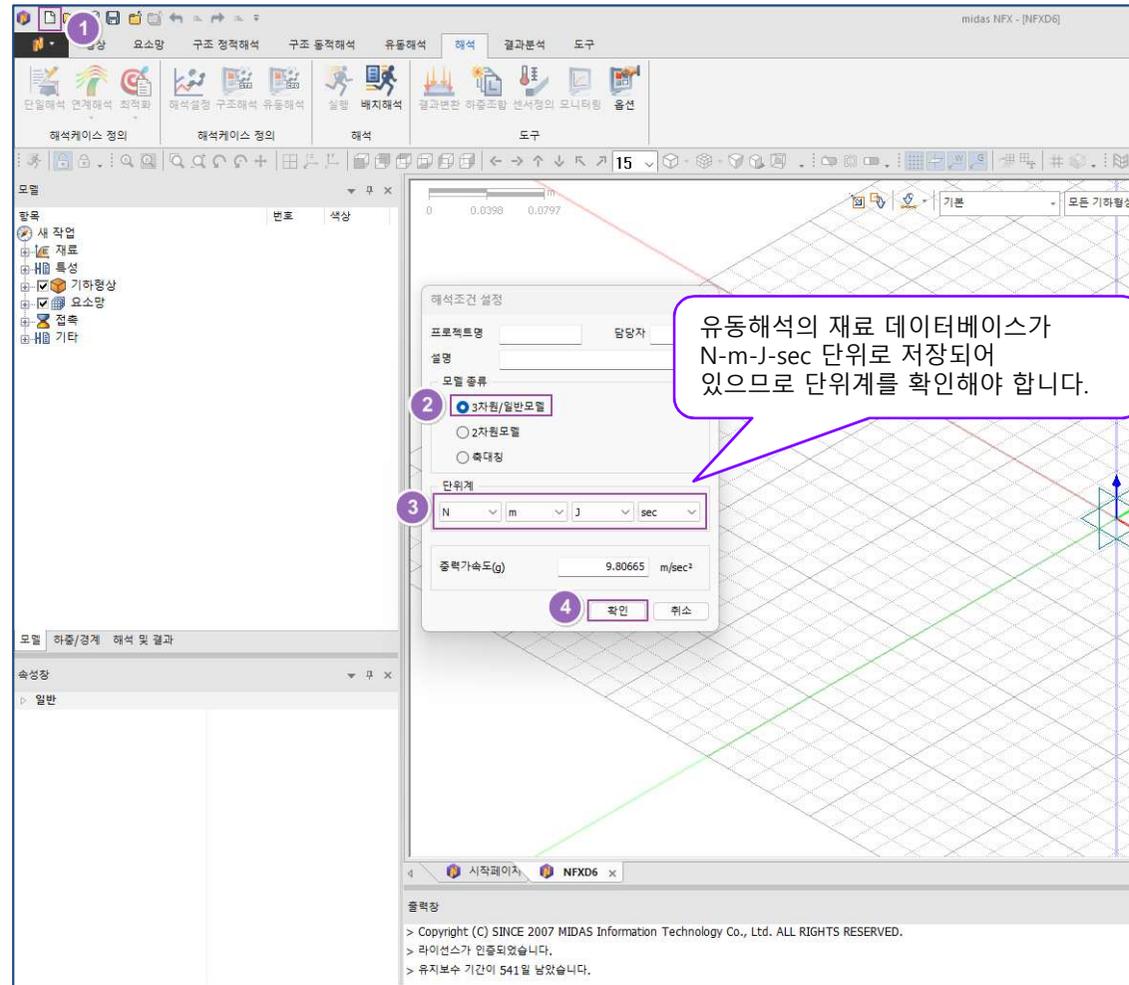
유동해석에서는 계산의 수렴성을 위해 “표준 (안정성)” 솔버를 이용합니다.

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

새로 만들기



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



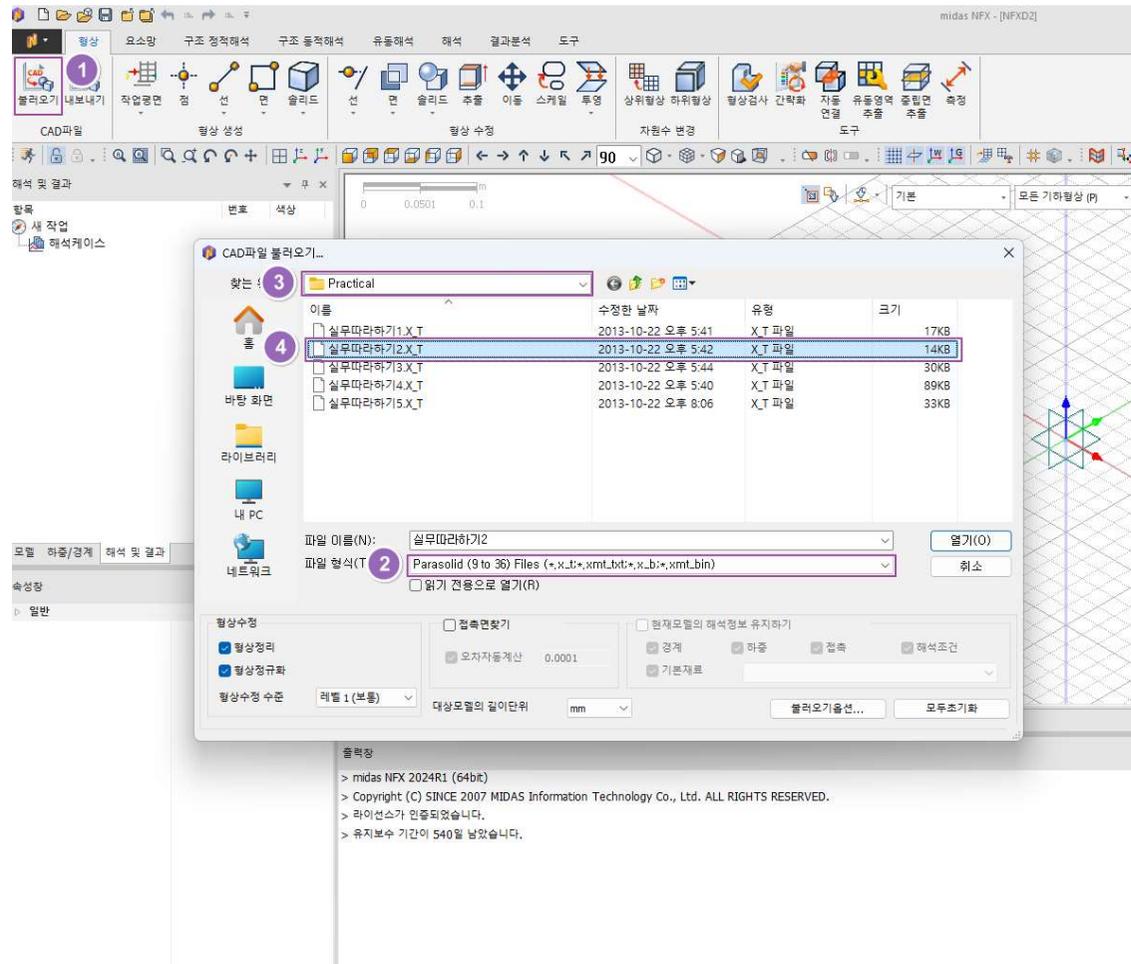
기하형상 불러오기



- 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:\WProgram Files\midas NFX\Manual\Tutorial\midas NFX CFD\Practical



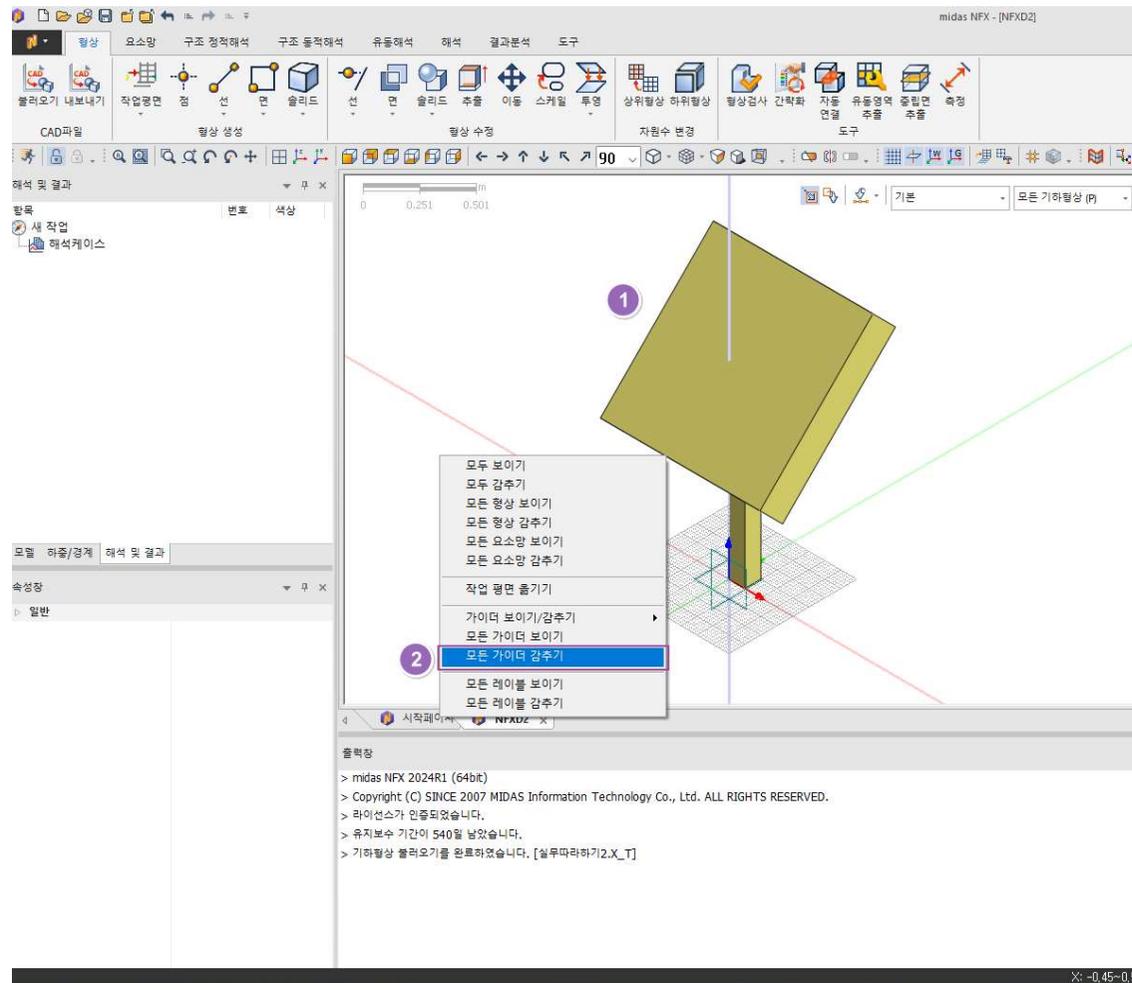
기하형상 불러오기



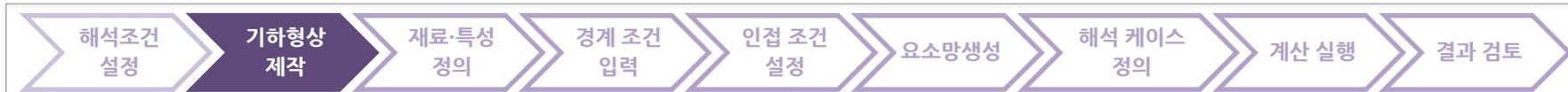
① 기하형상 확인

※ 키보드 마우스 조작을 통해 기하형상을 자세히 관찰합니다.

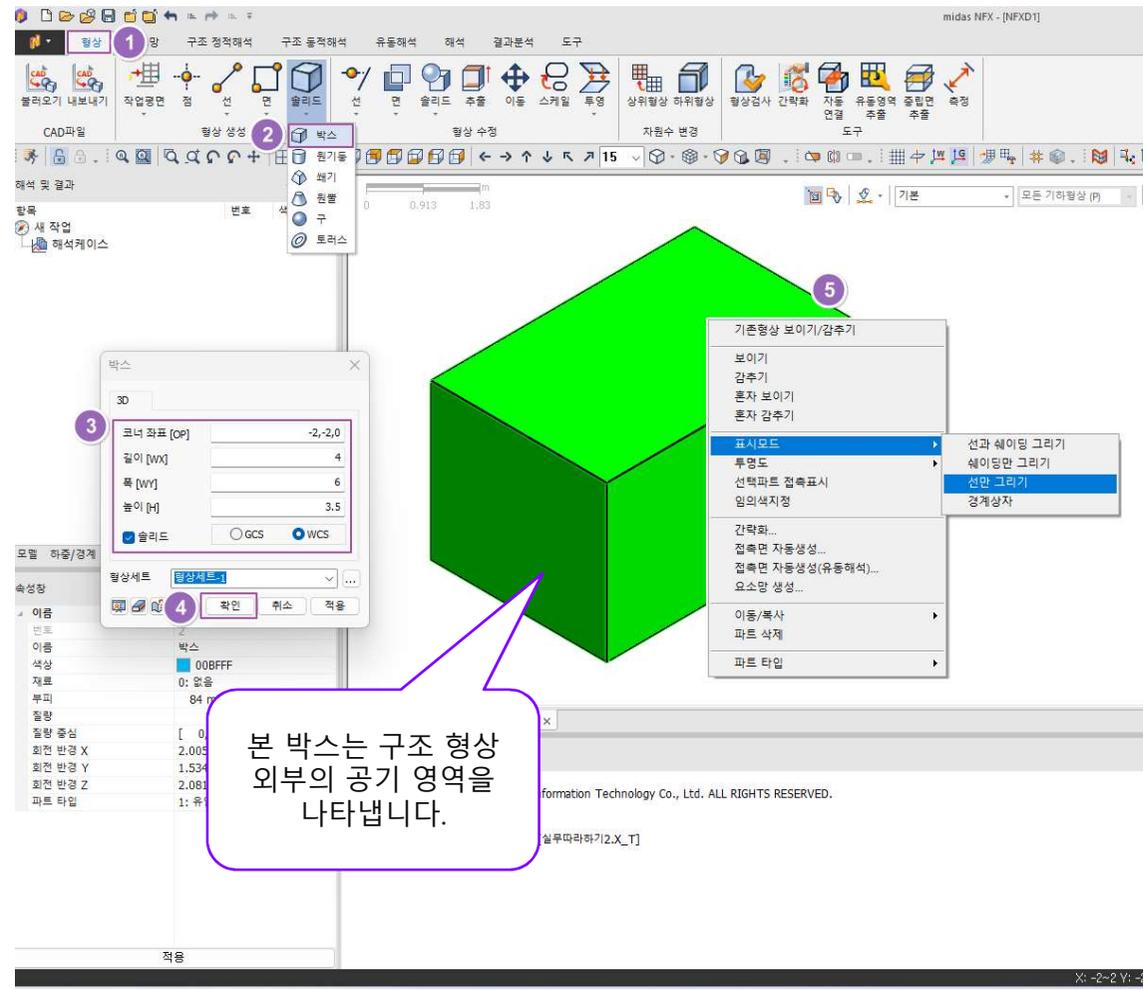
- ② 마우스 오른쪽 버튼 클릭
> “모든 가이드더 감추기” 클릭



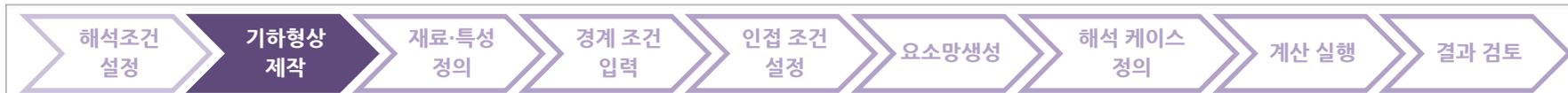
유체 체적 만들기 - 외부 체적 박스 만들기



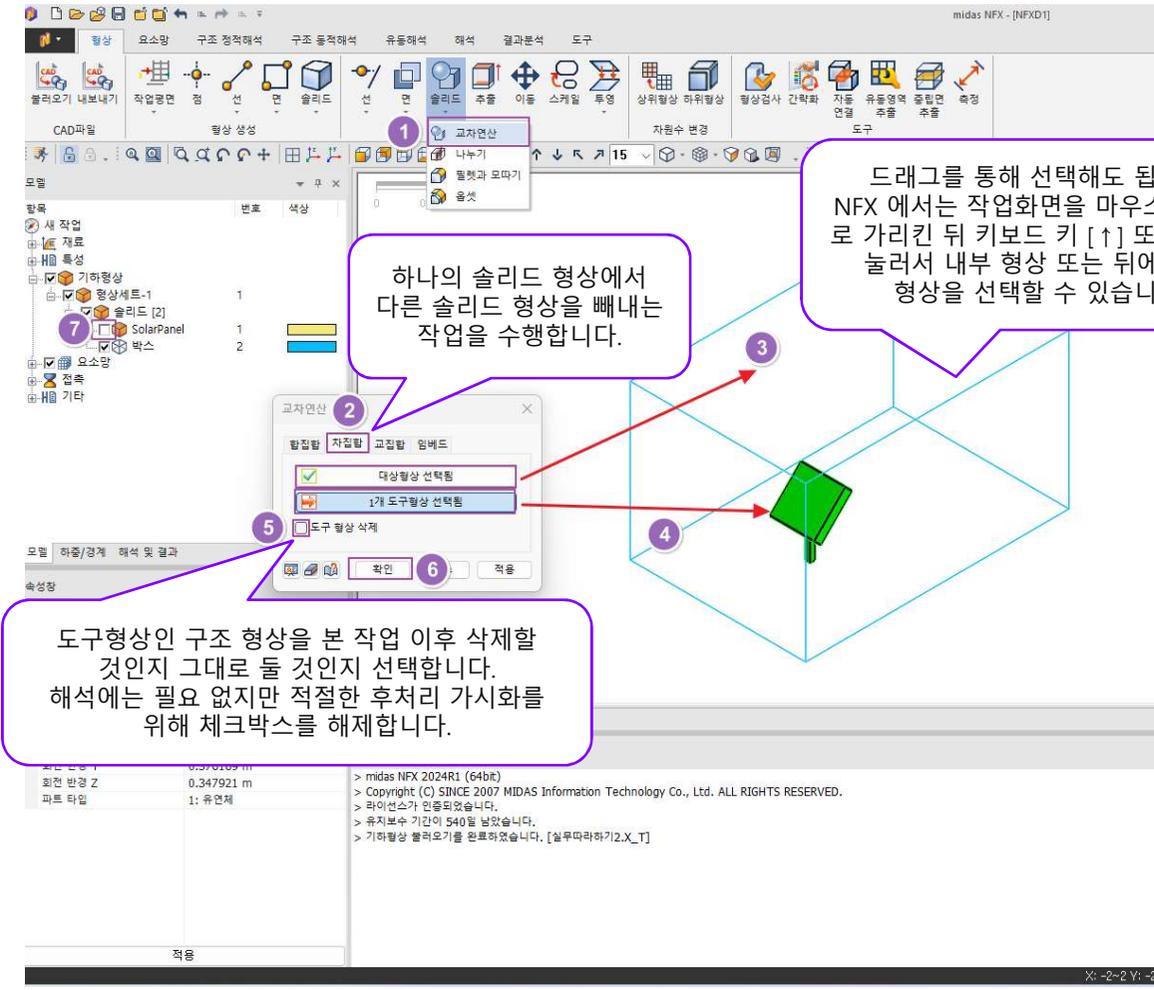
- ① “형상” 리본 메뉴 선택
- ② “박스” 버튼 선택
- ③ GCS 선택
 “코너 좌표 [OP]” 입력창 : “-2, -2, 0” 입력
 > “길이 [WX]” 입력창 : “4” 입력
 > “폭 [WY]” 입력창 : “6” 입력
 > “높이 [H]” 입력창 : “3.5” 입력
- ④ “확인” 버튼 클릭
- ⑤ 생성된 박스 클릭
 > 마우스 오른쪽 버튼 클릭
 > “표시모드” 선택
 > “선만 그리기” 선택



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

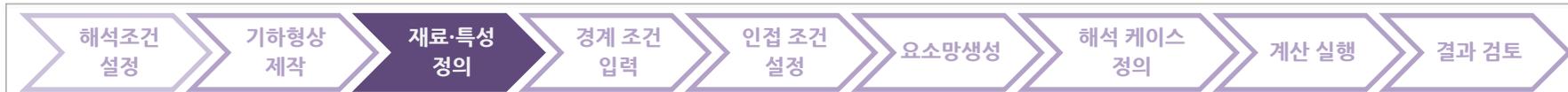


하나의 솔리드 형상에서 다른 솔리드 형상을 빼내는 작업을 수행합니다.

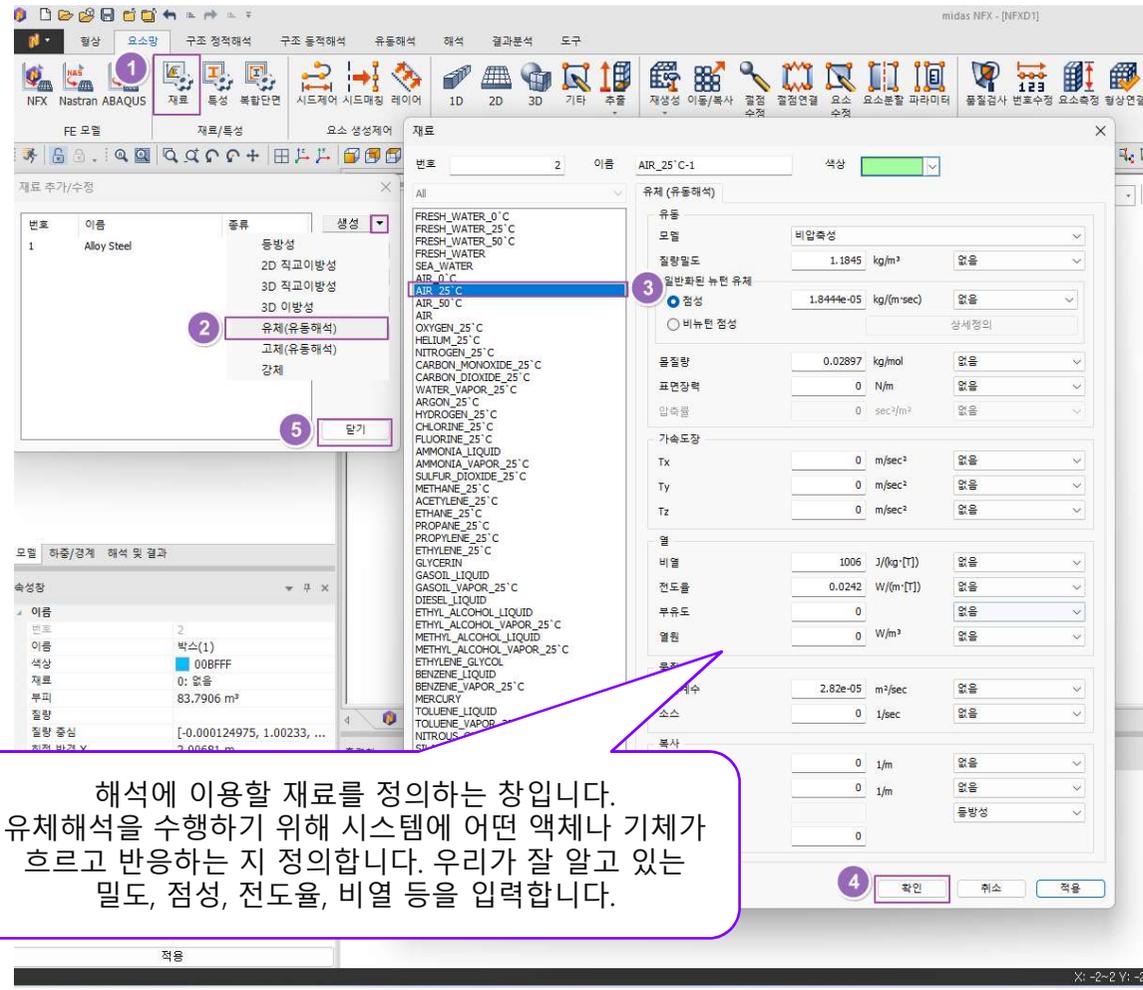
드래그를 통해 선택해도 됩니다. NFX 에서는 작업화면을 마우스 화살표로 가리킨 뒤 키보드 키 [↑] 또는 [↓]를 눌러서 내부 형상 또는 뒤에 있는 형상을 선택할 수 있습니다.

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

유체 재료 정의하기

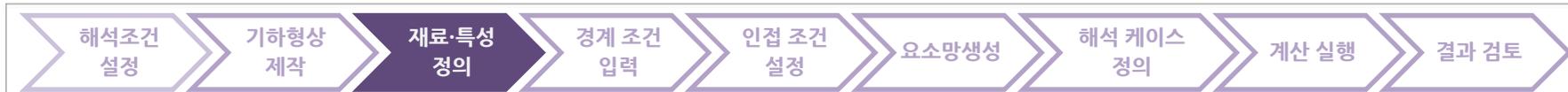


- ① “요소망” 리본 메뉴 클릭
 > “재료” 버튼 클릭
- ② “재료 추가/수정” 창
 > “생성” 옆 화살표 버튼 클릭
 > “유체(유동해석)” 선택
- ③ 재료 데이터베이스
 > “AIR_25’C” 선택
- ④ “확인” 버튼 클릭
- ⑤ “닫기” 버튼 클릭

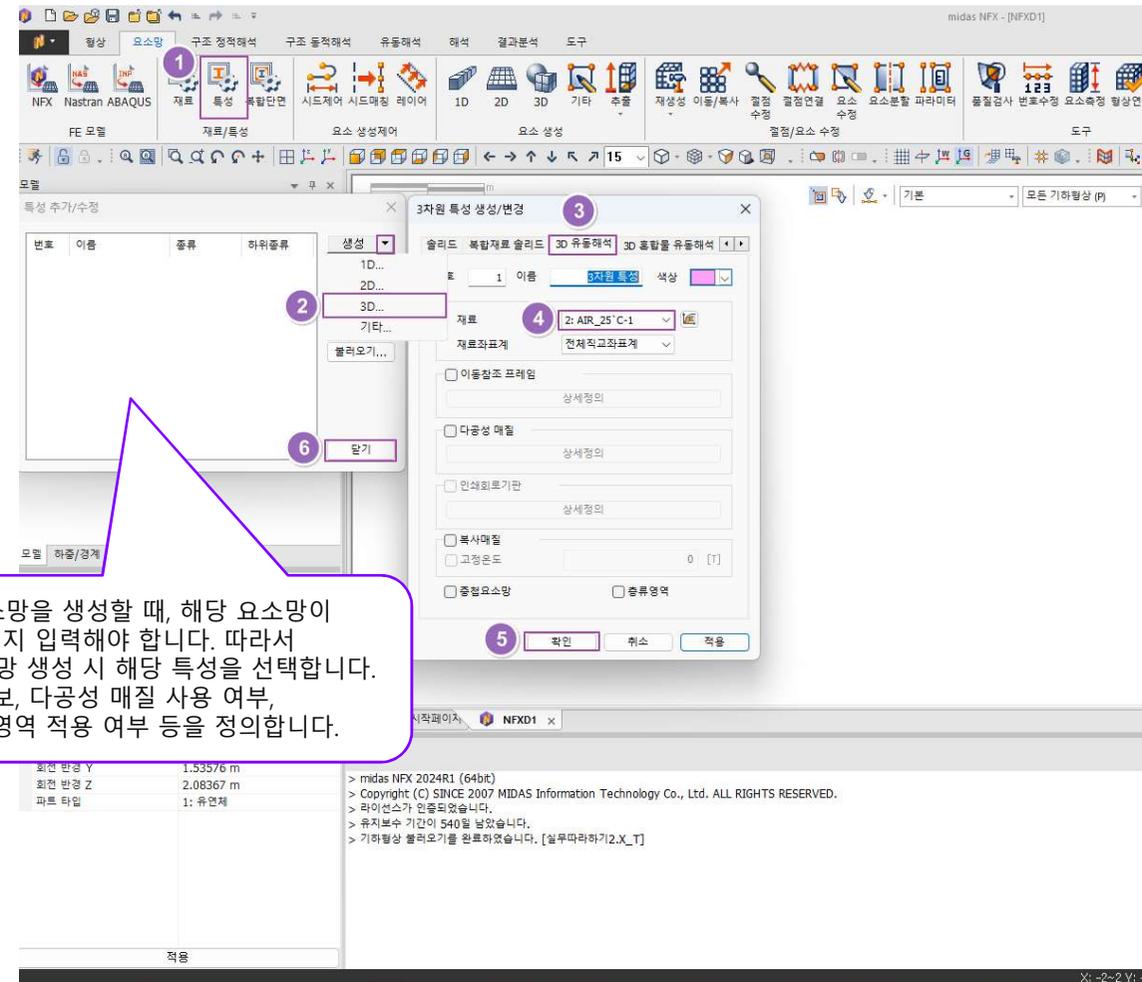


해석에 이용할 재료를 정의하는 창입니다. 유체해석을 수행하기 위해 시스템에 어떤 액체나 기체가 흐르고 반응하는 지 정의합니다. 우리가 잘 알고 있는 밀도, 점성, 전도율, 비열 등을 입력합니다.

특성 정의하기

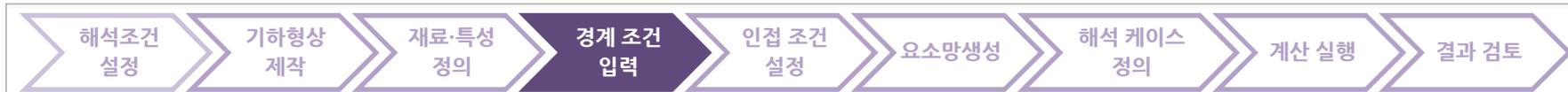


- ① “특성” 버튼 클릭
- ② “특성 추가/수정” 창
> “생성” 옆 화살표 버튼 클릭
> “3D...” 버튼 클릭
- ③ “3D 유동해석” 탭 선택
- ④ 재료 선택 창
: “2: AIR_25°C” 선택
- ⑤ “확인” 버튼 클릭
- ⑥ “닫기” 버튼 클릭



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



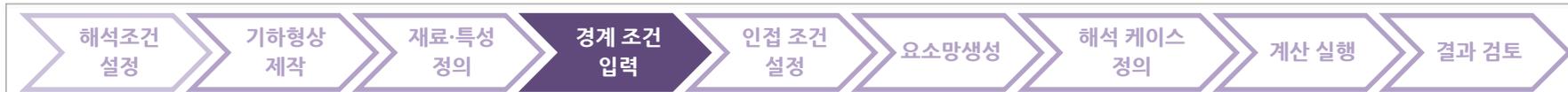
- ① “입구단” 버튼 클릭
- ② “대상형상” > “종류” 선택 창 > “면” 선택
- ③ 구조 형상을 차집합한 박스의 전면부를 선택
- ④ “속도” > “V” : “10” 입력
- ⑤ “CFD 경계세트” 입력 창 > “입구단” 입력
- ⑥ “확인” 버튼 클릭

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

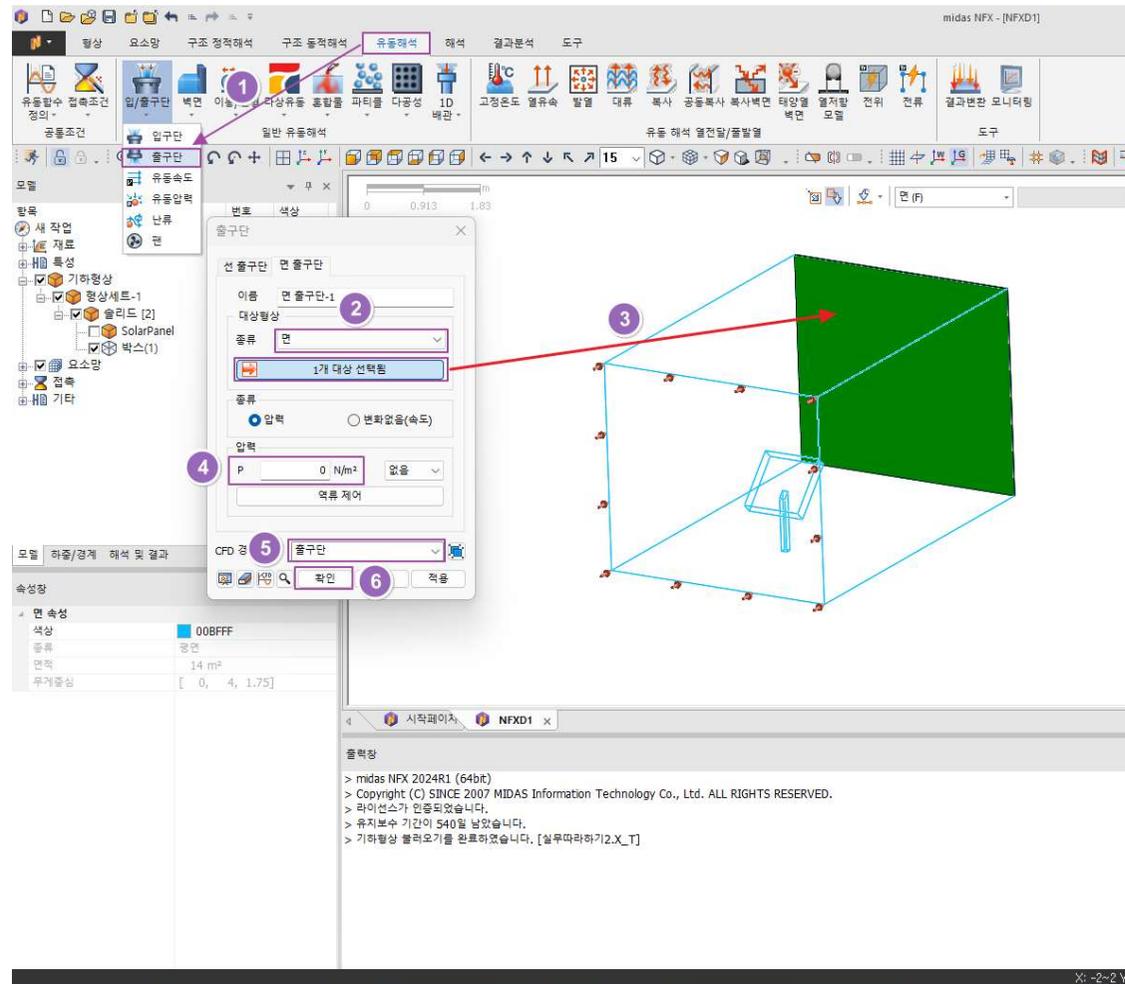
태양전자판 전면부에서 10m/s의 바람이 불어 오는 조건입니다.

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.

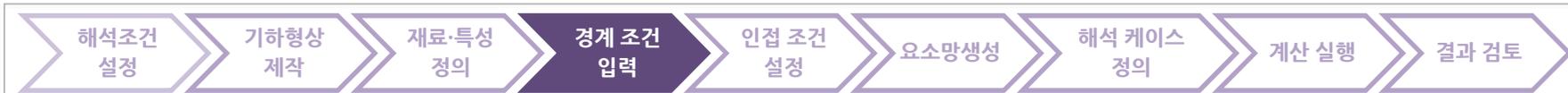
유체 유출 조건 설정 : 출구단



- 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

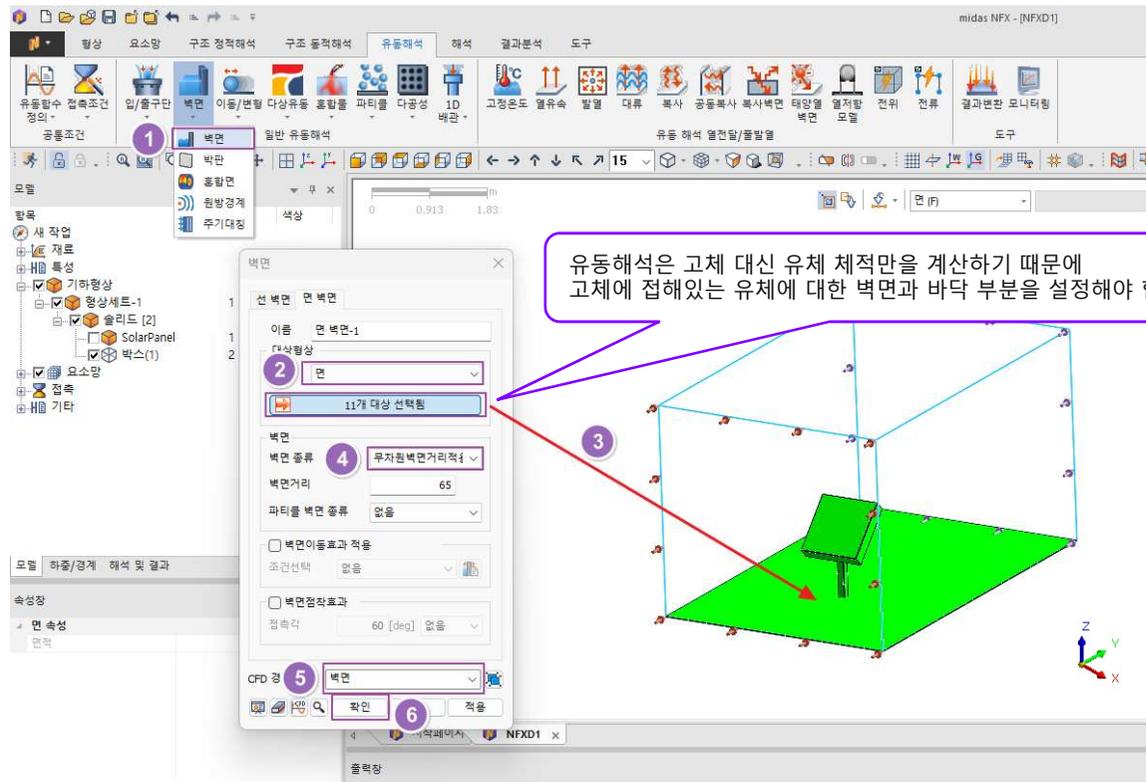
③ 구조 형상 추출 부분 및 바닥면 선택

주의 : 총 11 개가 선택되는 지 확인 필요

④ 벽면 > 벽면종류 선택 창
: “무차원벽면거리” 확인

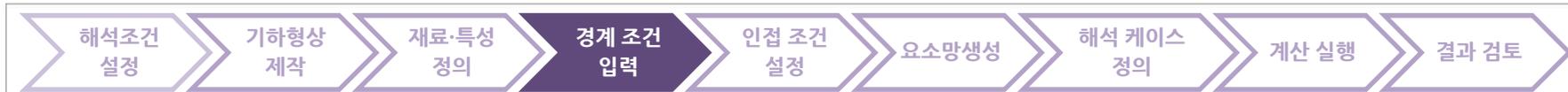
⑤ “CFD 경계세트” 입력창
: “벽면” 입력

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



일반 유동 모듈을 이용하는 예제는
특수한 경우를 제외하고
인접 조건 설정이 필요하지 않습니다.

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 등성하게 작성할 지 판단하게 됩니다. 유동해석에서 요소망은 조밀할 수록 수렴성 및 정확도가 올라가지만 계산에 소요되는 비용이 (시간, 메모리) 증가합니다.

요소망 생성

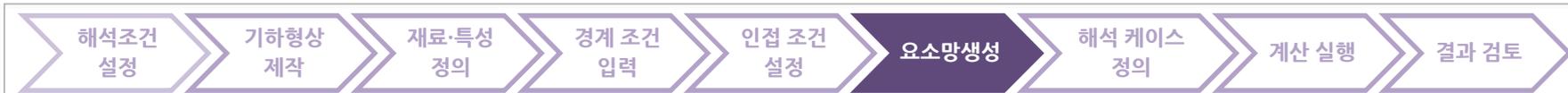


- ① “3D” 버튼 클릭
- ② 대상 선택
- ③ 요소 크기 설정
> “크기” 입력 창
: 0.2 입력
- ④ “특성” 선택 창
: “1:3차원 특성” 확인
- ⑤ “확인” 버튼 클릭

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

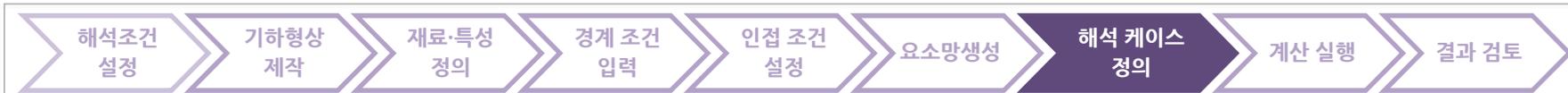
중형비는 생성된 요소의 최대길이의와 최소길이의 비를 말합니다. 이 비가 클 경우 수렴성과 정확도에 문제가 발생할 수 있습니다.

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.

```

> midas NFX 2024R1 (64bit)
> Copyright (C) SINCE 2007 MIDAS Information Technology Co., Ltd. ALL RIGHTS RESERVED.
> 라이선스가 인증되었습니다.
> 유지보수가 완료되었습니다.
> 기하형상 불러오기를 완료하였습니다. [실무따라하기2_X_T]
> 작업 프로젝트가 자동저장기능으로 인하여 저장되었습니다.
> 11963 개의 결점과 61790 개의 요소가 생성되었습니다.
> 요소 품질 결과 :
> - (중형비) 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

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.

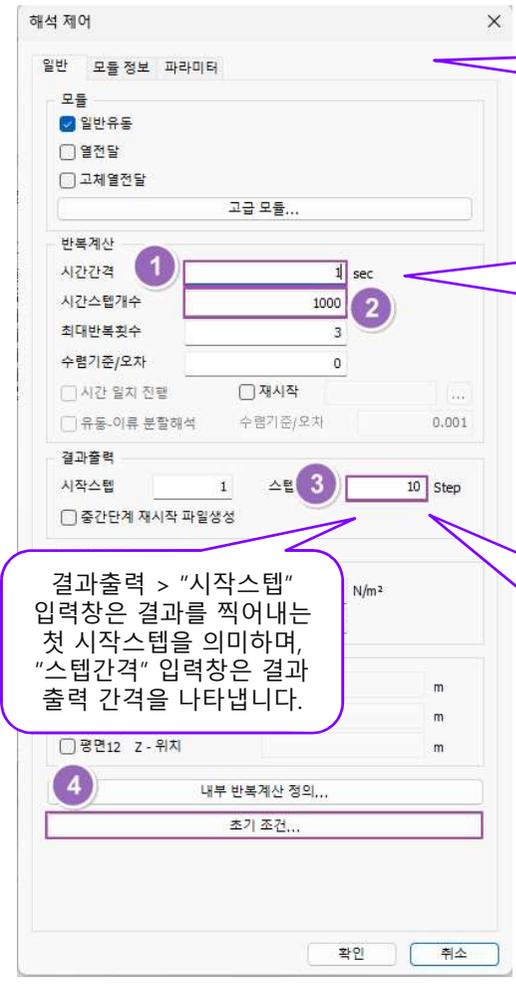
드래그 앤 드롭

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.
$$\text{계산 진행 시간} = \text{“시간간격”} \times \text{“시간스텝개수”}$$

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

전체 초기조건 정의 필드 정의

세부 초기조건 정의

다상 유동

필드정의

압력: 0 N/m²

속도: Vx: 0 m/sec, Vy: 0 m/sec, Vz: 0 m/sec

난류 종류: 운동에너지와 길이척도

운동에너지: 1 0.00135 m²/sec²

길이척도: 2 0.0034 m

열전달: 유체 온도: 0 [T], 고체 온도: 0 [T]

전압: 0 V

누적 발열: 유체 발열: 0 W, 고체 발열: 0 W

3

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.

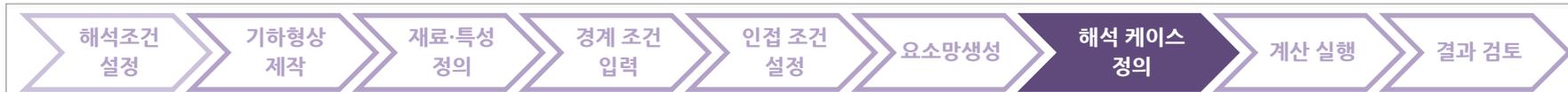
유체의 불규칙적인 소용돌이 운동과 관련된 난류는 난류운동에너지와 길이척도 입력이 필요합니다. 난류운동에너지의 경우 아래 식으로 계산됩니다.

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

<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

$$\text{길이척도} = \text{특성길이} * 0.07$$

해석케이스 정의 – 해석 제어 정의 : 난류 정의

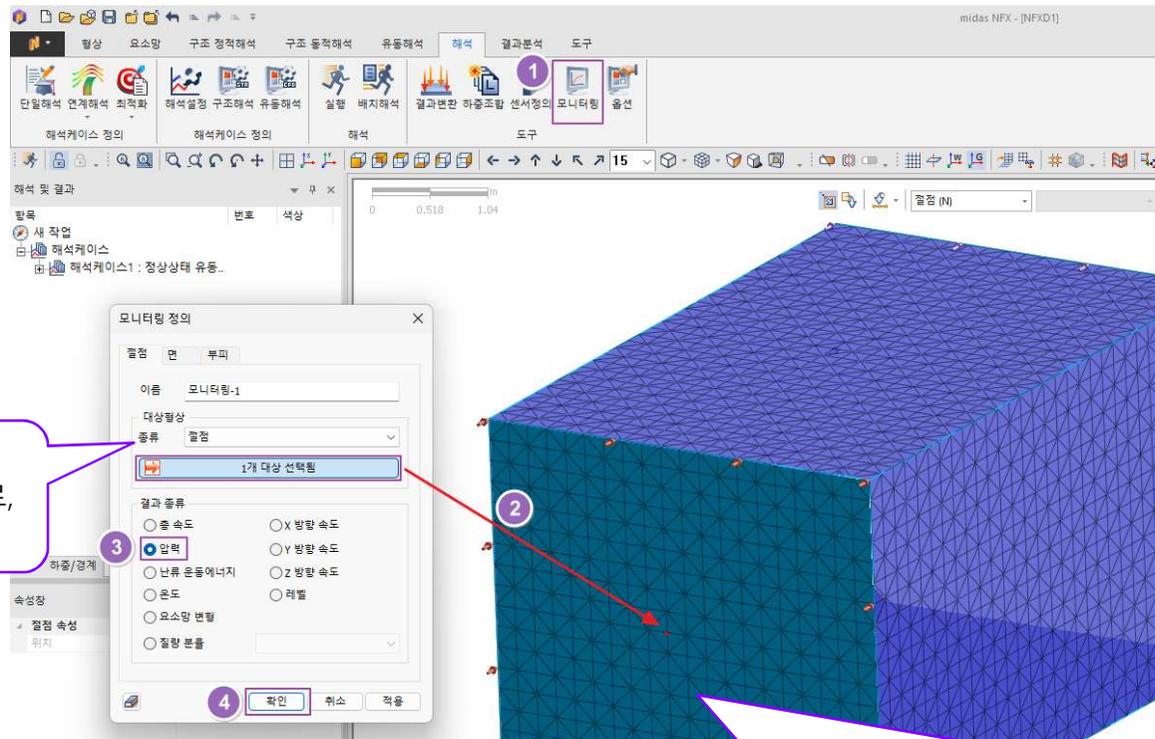


- ① “모듈 정보” 탭 이동
- ② “난류 모델” 선택 창 : “2차식 k-ε” 선택
- ③ “확인” 버튼 클릭
- ④ “확인” 버튼 클릭
- ⑤ “해석 및 결과” 창 > “해석케이스1” 정의 확인

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



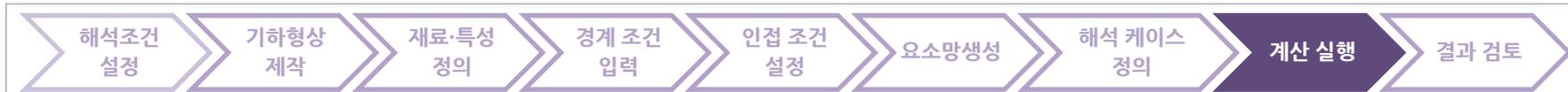
입구 측에는 속도를 10 m/s 고정했으므로, 압력을 관찰합니다.

계산 중에 결과 검토가 가능한 시점을 판단하는 기준은

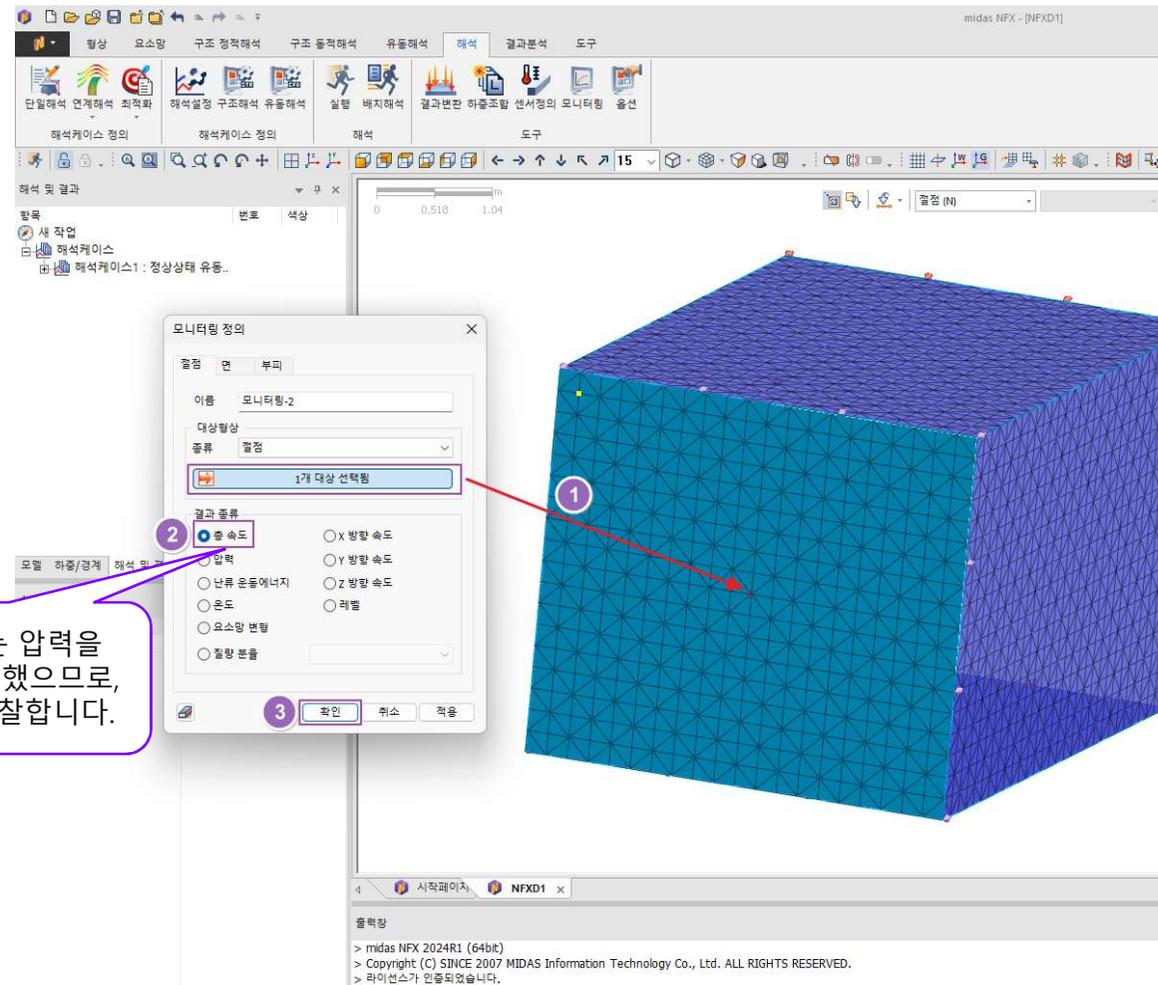
1. 계산 중 Norm 그래프가 0.001 이하로 지속적으로 떨어질 경우
2. 관심영역 물리량에 큰 변화가 없거나 주기를 가질 경우

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

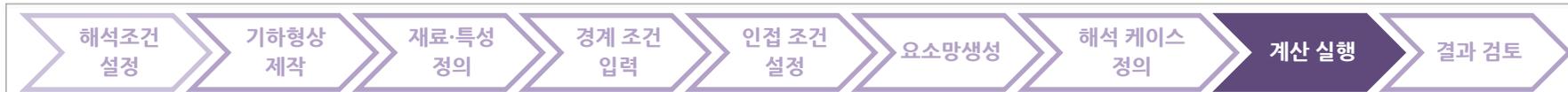


- ① 출구 부분 가운데 절점 선택
- ② “압력” 체크박스 : Off
“총속도” 체크박스 : On
- ③ “확인” 버튼 클릭

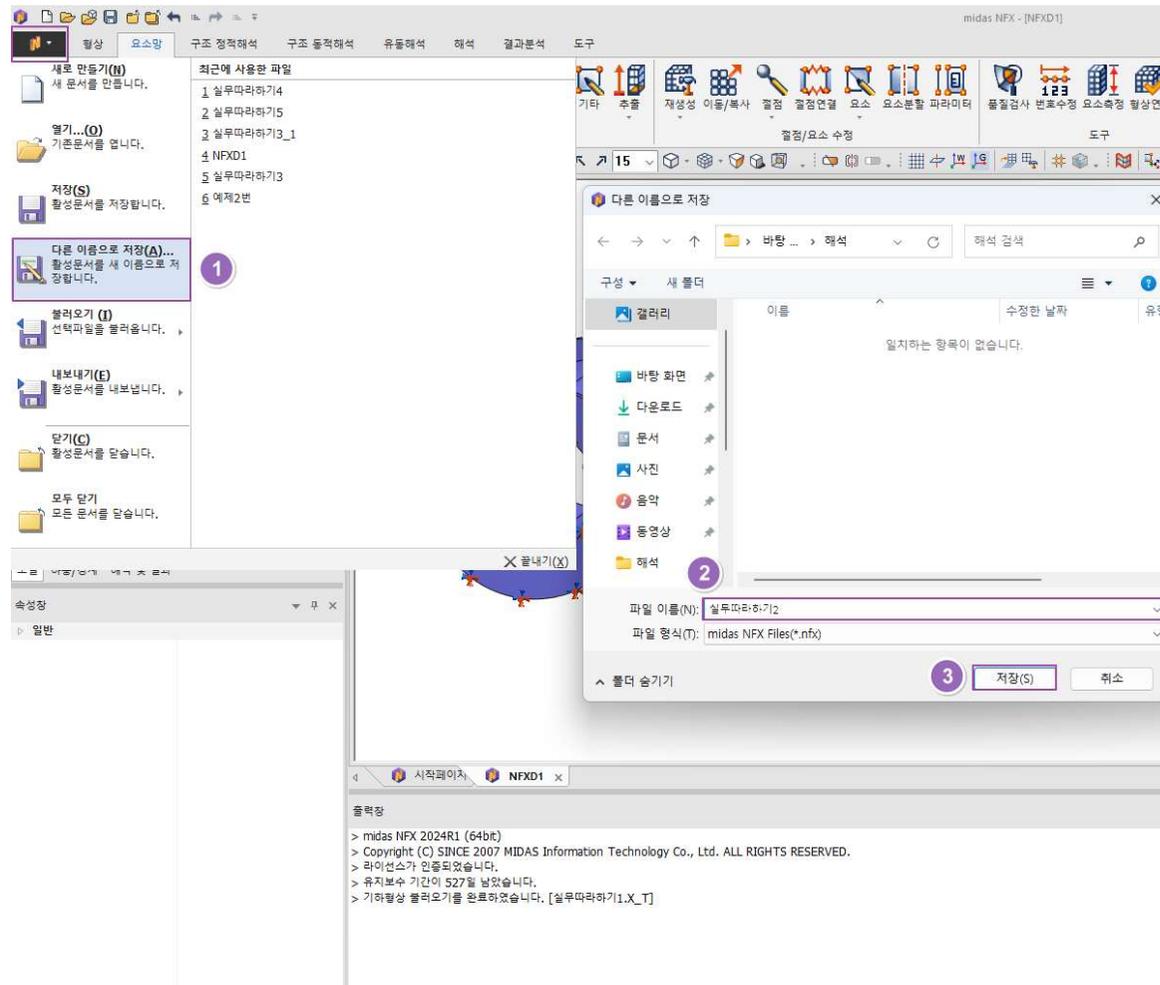


출구 측에는 압력을 0 Pa 로 고정했으므로, 총속도를 관찰합니다.

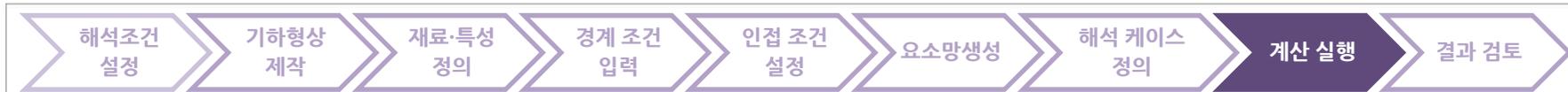
계산 실행 – 파일 저장



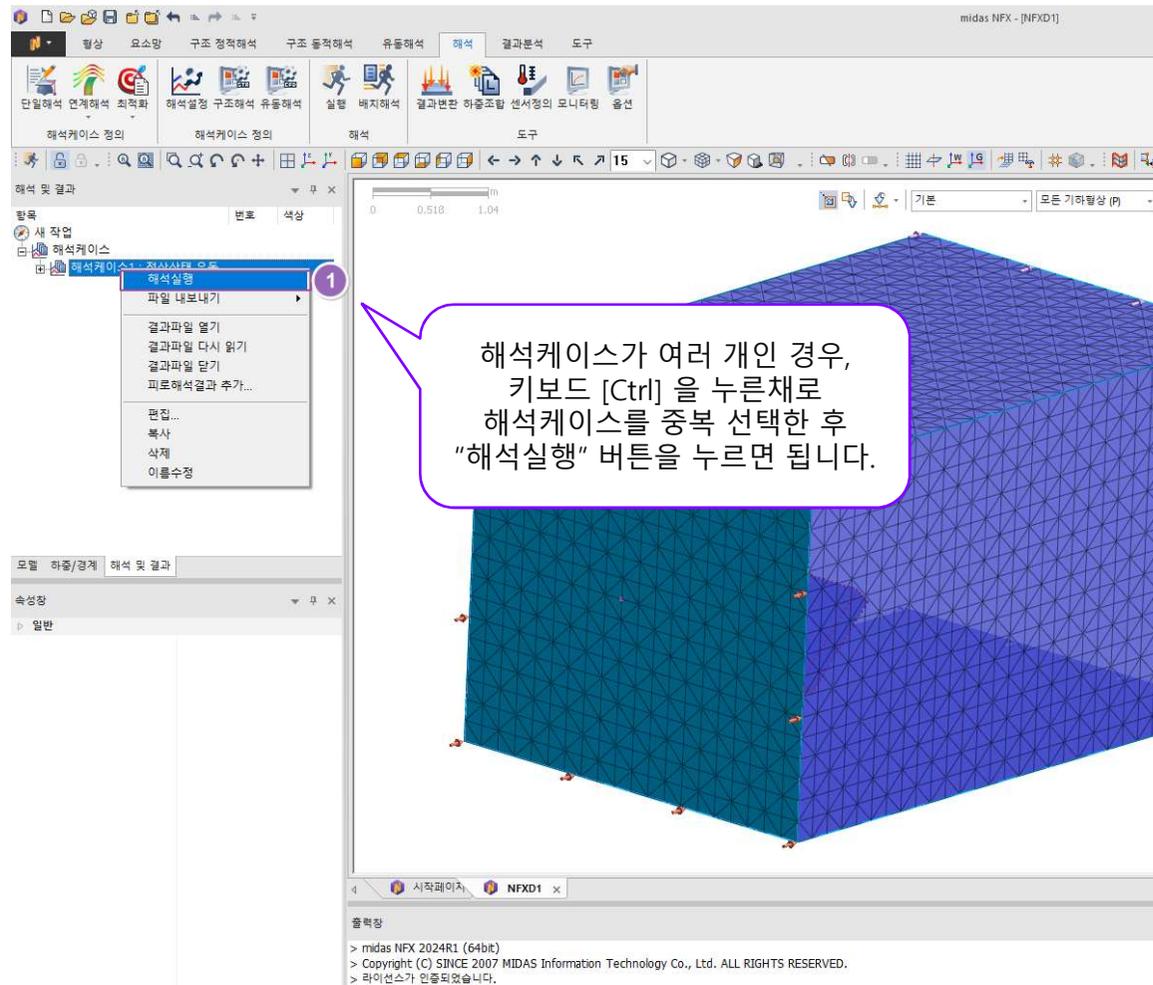
- ① “메인 메뉴” 버튼 클릭
> “다른 이름으로 저장” 버튼 클릭
- ② “파일 이름” 입력창
: “실무따라하기2.nfx”
- ③ “저장” 버튼 클릭



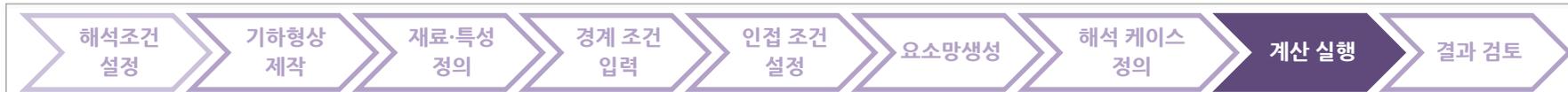
계산 실행 – 해석케이스 계산 실행



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



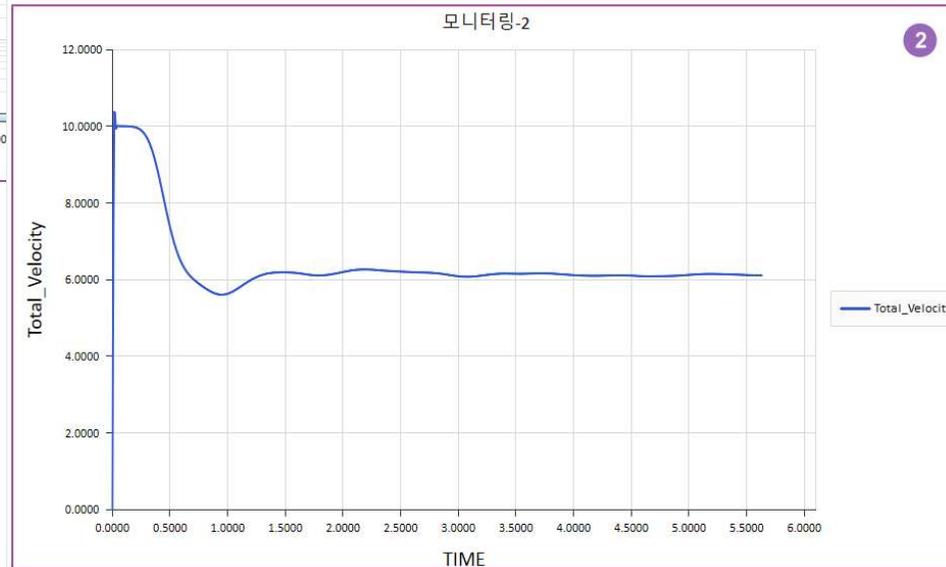
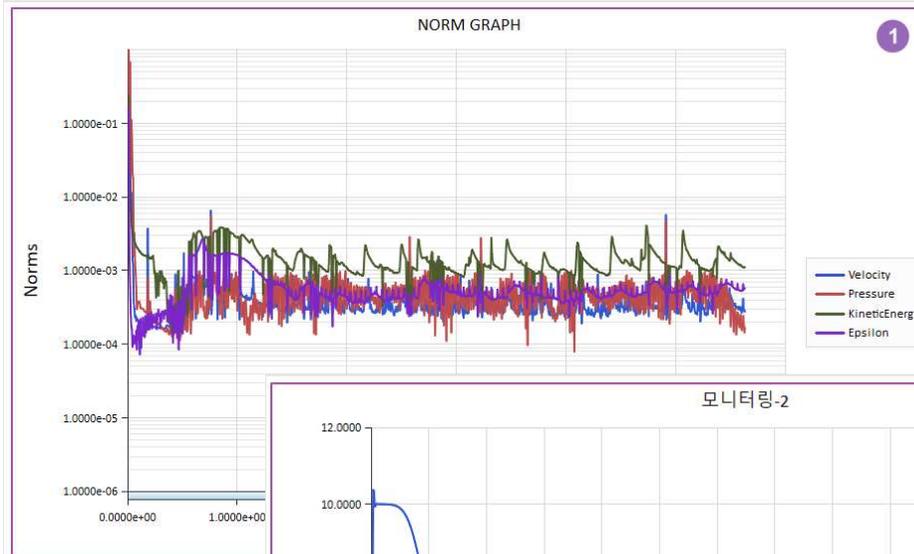
계산 실행 – 계산 과정 검토 및 수렴 판단



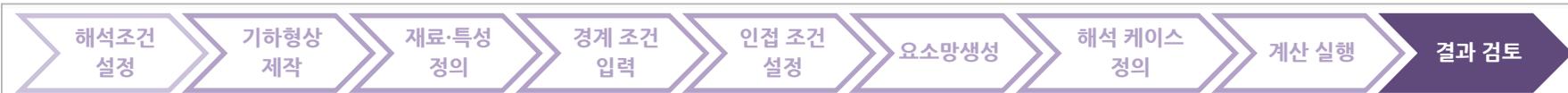
- ① “CFD Norm 그래프” 및 출력창을 통해 Norm 그래프 수렴 확인 (Norm 값이 0.001 이하로 지속적으로 떨어지는 현상 관찰)
- ② 모니터링 포인트 측정 값이 정상상태에 도달하거나 주기가 반복되는 경우 확인

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

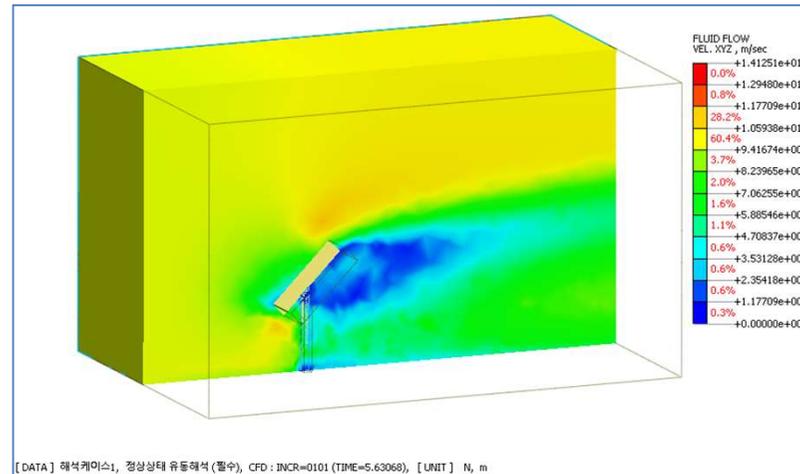


결과검토

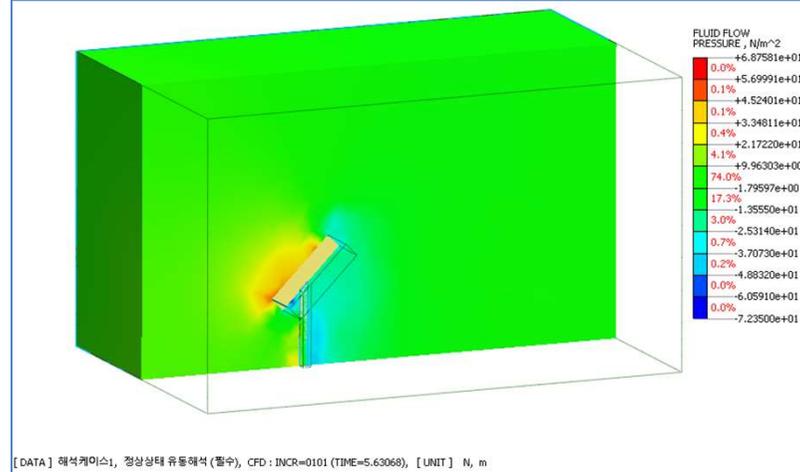


① 각종 결과 확인

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