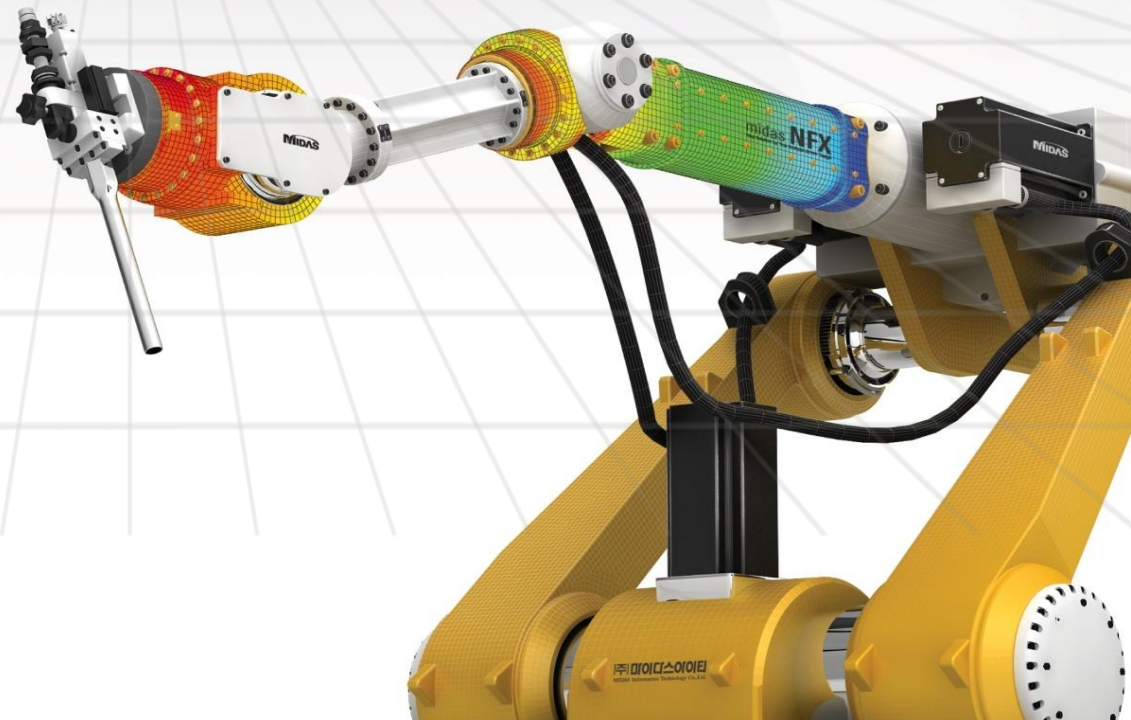


Nonlinear Explicit Analysis (외연적 비선형 동해석)



외연적 비선형 동해석

- 외연적 비선형 동해석은 시간에 따라 작용하는 동적 하중에 대한 구조물의 비선형 거동을 파악하기 위한 해석입니다.
- 대변형을 유발하는 기하비선형과 과대한 접촉이 일어나는 접촉비선형, 그리고 재료의 비선형성을 모두 고려할 수 있습니다.
- 시간 간격은 임계시간간격보다 작은 값으로 선정되어야 하며, 임계시간간격은 탄성계수와 요소 길이에 반비례하고 질량밀도에 비례합니다. 때문에, 해석 시간을 줄이고 대략적인 경향을 파악하기 위하여 질량스케일링 옵션을 사용하여 해석을 수행하기도 합니다.

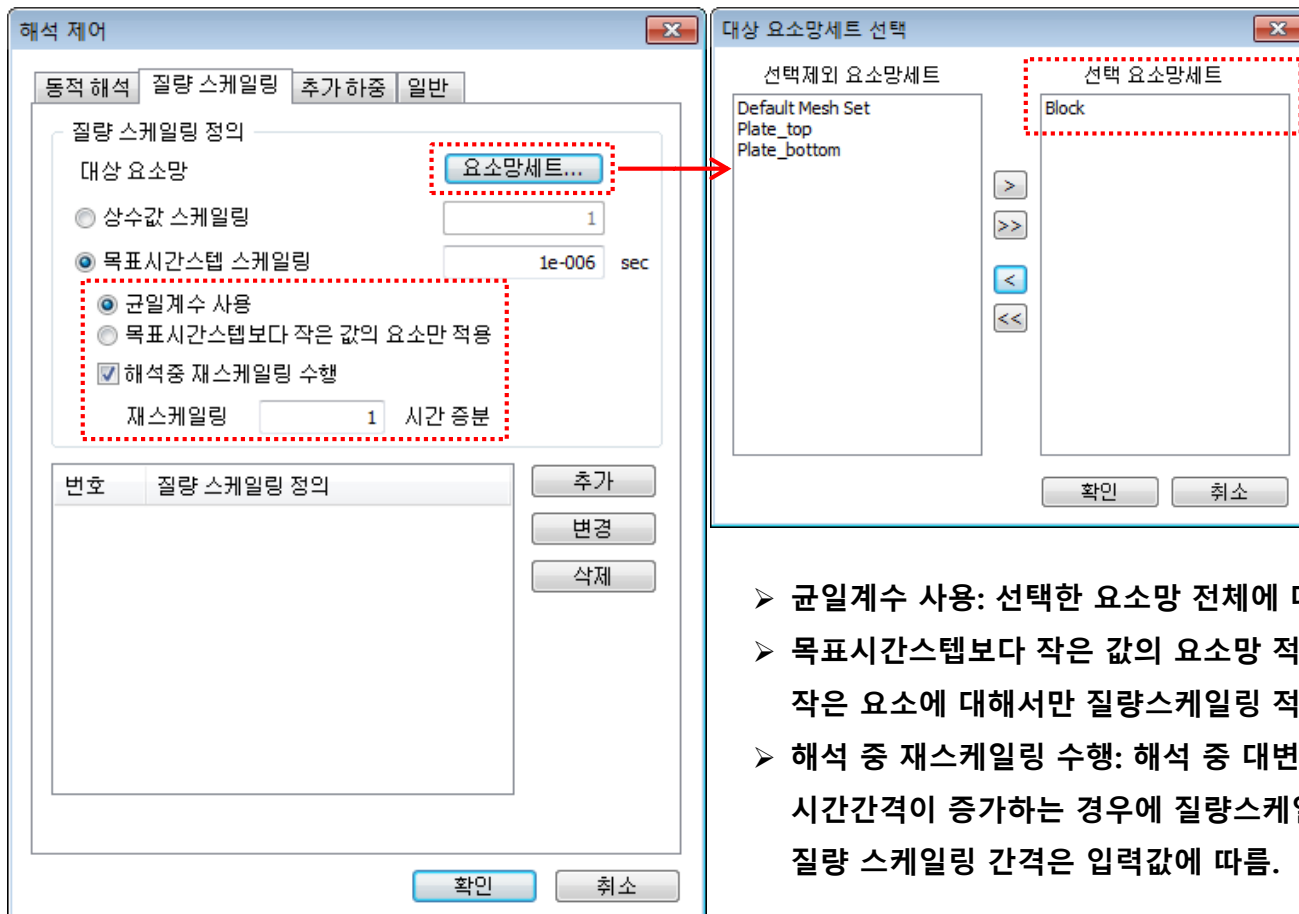
Implicit vs. Explicit

- 내연적(Implicit) 해석과 외연적(Explicit) 해석은 방정식의 해를 구하는 알고리즘에 따라 구분되며, 다음과 같은 특징이 있습니다.

내연적(Implicit) 적분 알고리즘	외연적(Explicit) 적분 알고리즘
<ul style="list-style-type: none"> • 선형 과도응답해석의 경우, 큰 시간 스텝을 적용할 수 있음 • 비선형 과도응답해석의 경우, 수렴성 확보를 위해 작은 시간 스텝을 사용해야 하는 단점이 있음 • 대규모 모델인 경우에는 메모리 사용량 및 하드디스크 용량의 제한이 있을 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> • 수렴성에 대한 문제 없이 해가 구해짐 • 소규모 모델인 경우에는 내연적 방법에 비해 해석 시간이 좀 더 많이 소요되나 대규모 모델에서는 상대적으로 유리함 • 시간 간격은 항상 임계 시간 간격보다 작은 값으로 정의

질량스케일링

- 요소의 품질이 좋지 않거나 해석 중 대변형이 발생하여 요소의 길이가 작아지면서 시간 간격이 증가하는 경우, 질량스케일링을 사용하여 이를 해결할 수 있습니다.



- 균일계수 사용: 선택한 요소망 전체에 대하여 입력한 시간 간격으로 정의
- 목표시간스텝보다 작은 값의 요소망 적용: 선택한 요소망 중에서 입력한 시간보다 작은 요소에 대해서만 질량스케일링 적용
- 해석 중 재스케일링 수행: 해석 중 대변형 등이 발생하여 요소의 길이가 작아지면서 시간간격이 증가하는 경우에 질량스케일링을 재적용.
질량 스케일링 간격은 입력값에 따름.

개요

➤ 비선형 외연적 동해석

- 단위 : N, m
- 모델: Impact Model.nfx

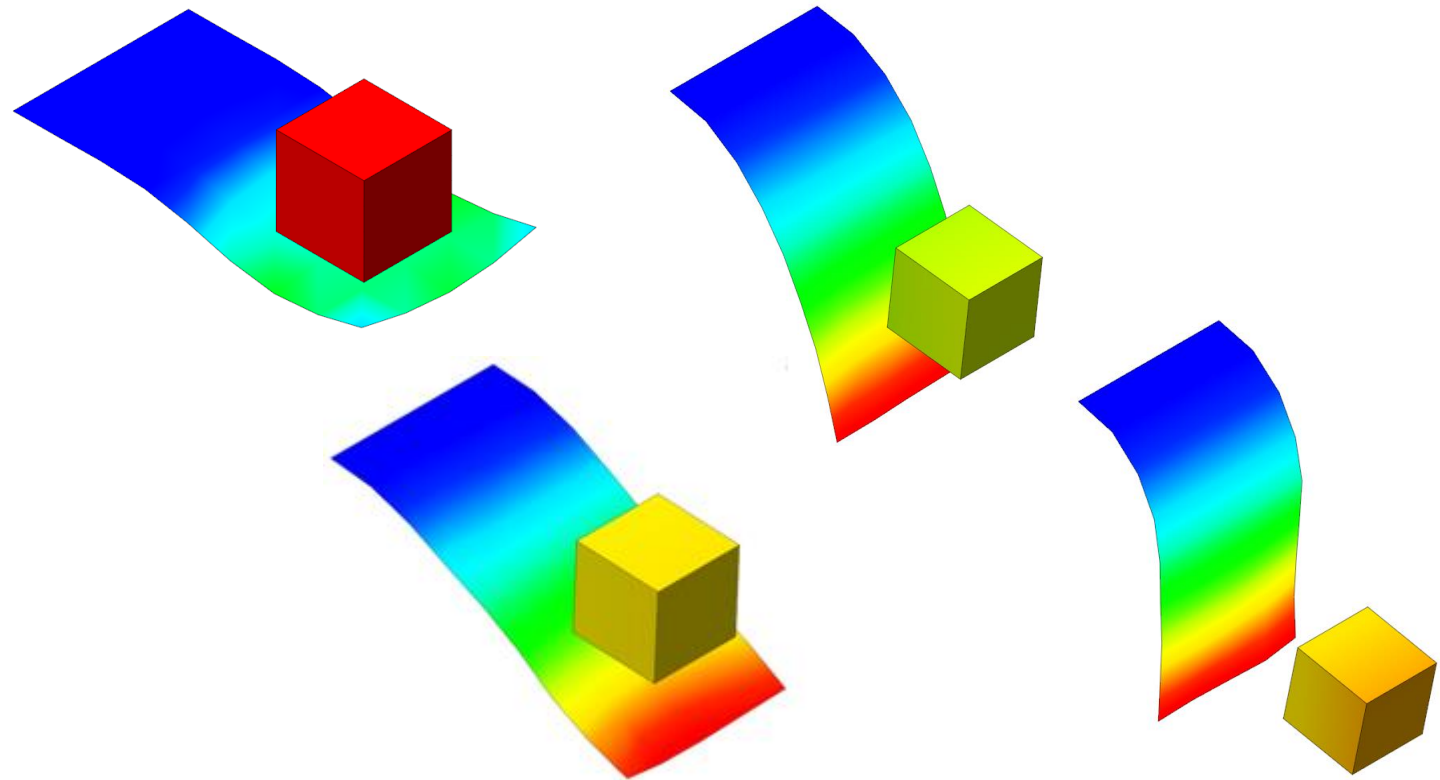
➤ 경계조건과 하중조건

- 고정구속
- 초기 절점속도

➤ 결과확인

- 변위 (실제 변형형상)
- 결과세트 슬라이드

Impact



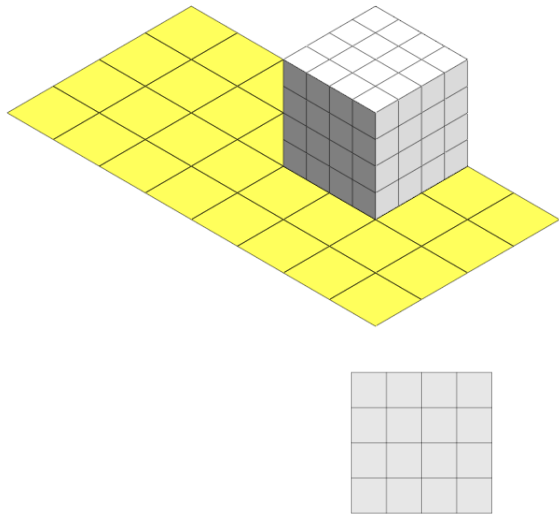
따라하기 목적

➤ midas NFX를 이용한 기본적인 외연적 비선형 동해석의 수행 및 기능 이해

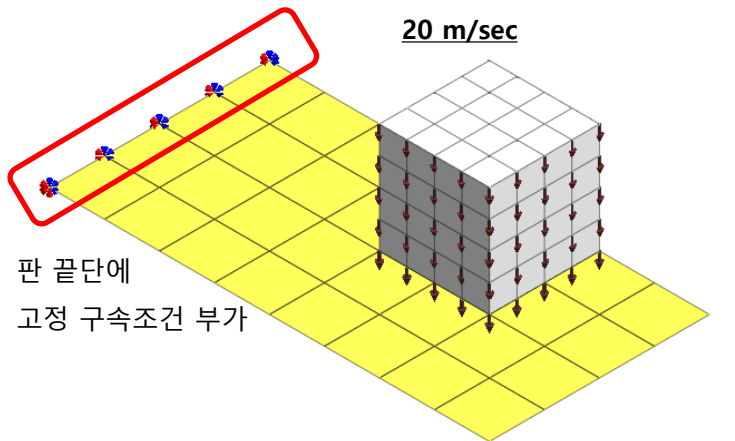
- 외연적 비선형 동해석은 충돌이나 부품의 낙하에 대한 설계 검증 시에 주로 이용합니다.
- 시간에 따라 작용하는 동적 하중에 대한 구조물의 비선형 거동을 파악하는 것이 목적으로 합니다.
- 외연적 비선형 동해석의 주요 결과물로는 절점의 변위, 속도, 가속도와 요소의 응력 등이 있습니다.
- 본 따라하기에서는 간단한 구조물에서의 충돌을 묘사하고 이를 통해서 구조물의 거동을 스텝별로 손쉽게 파악하는 법을 익히도록 합니다.

해석 개요

➤ 대상 모델

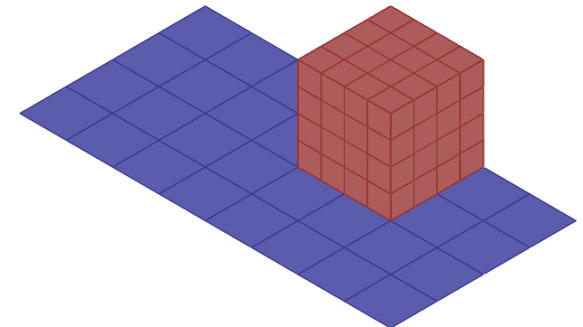


➤ 구속조건 (고정구속)



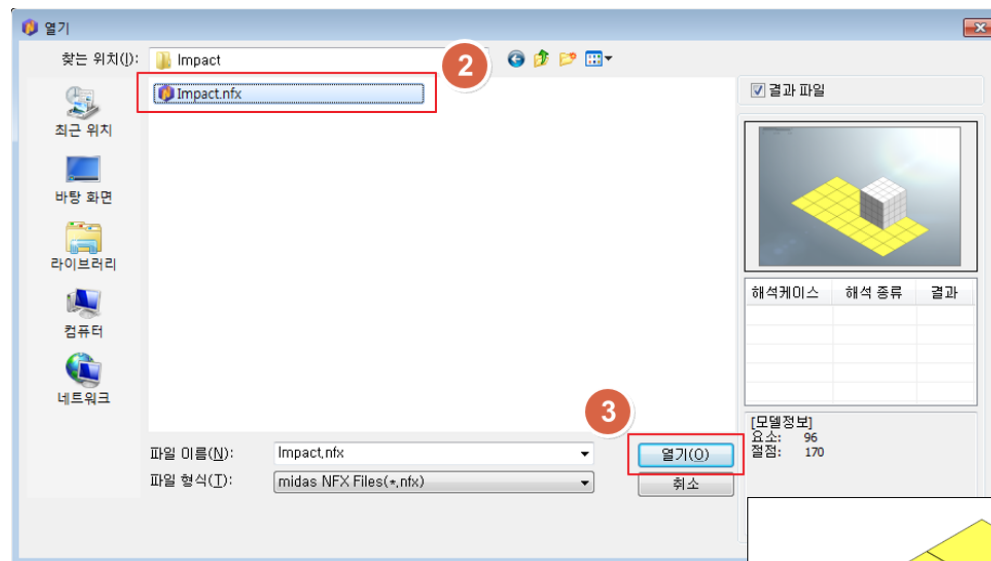
➤ 하중조건 (초기 절점속도)

➤ 접촉조건 (일반접촉)



작업순서

1. [열기] 클릭.
2. 모델: Impact.nfx 선택.
3. [열기] 버튼 클릭.
4. 작업 윈도우에서 마우스 오른쪽 버튼 클릭 후, [모든 가이드더 감추기] 선택.



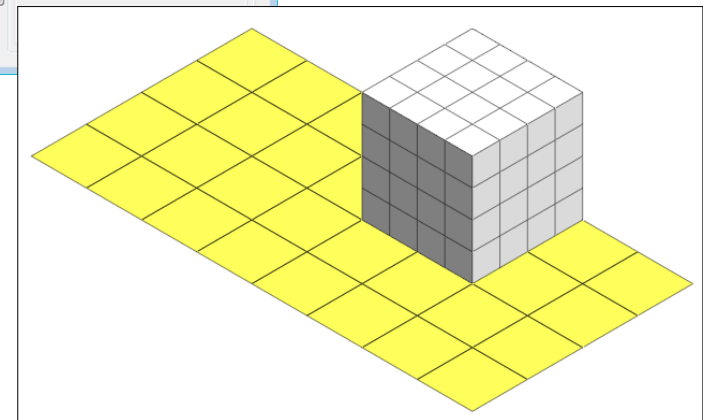
모두 보이기
모두 감추기
모든 형상 보이기
모든 형상 감추기
모든 요소망 보이기
모든 요소망 감추기

작업 평면 옮기기

가이드더 보이기/감추기
모든 가이드더 보이기
모든 가이드더 감추기

모든 레이블 보이기
모든 레이블 감추기

💡 미리 생성해 둔 해석모델을 불러와
경계조건과 동적 하중 조건을 입력하
여 해석을 진행합니다.



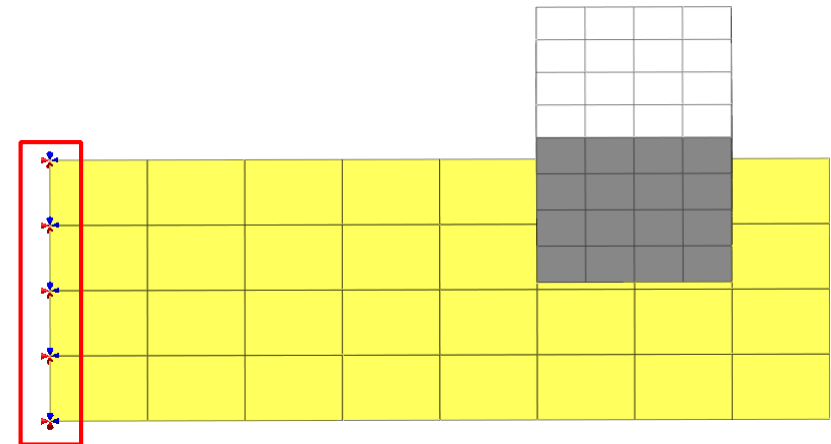
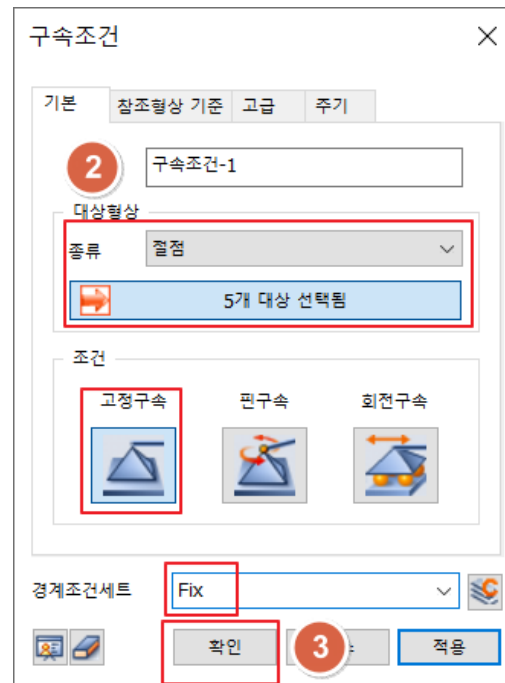
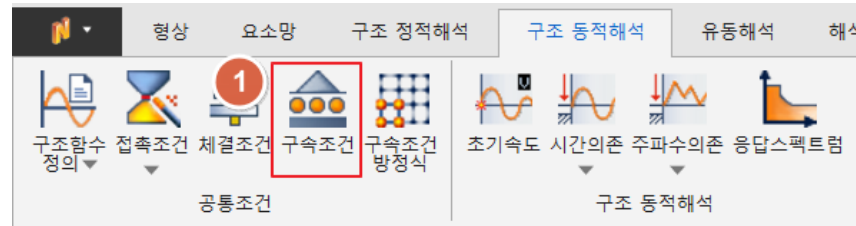
작업순서


1. [구속조건] 클릭.

2. 구속조건 입력

경계조건세트	Fix
대상종류	절점
대상선택	5개 선택 
조건	고정구속


3. [확인] 버튼 클릭



 작업화면에서 마우스 드래그로 박스에 포함되는 대상을 선택할 수 있습니다.


작업순서

1. [수동접촉] 클릭.

2. 접촉 조건 입력 

이름	접촉
접촉종류	면-면 접촉 일반접촉
주 접촉면	3D 요소면 96개 대상 선택
종속 접촉면	2D 요소 32개 대상 선택

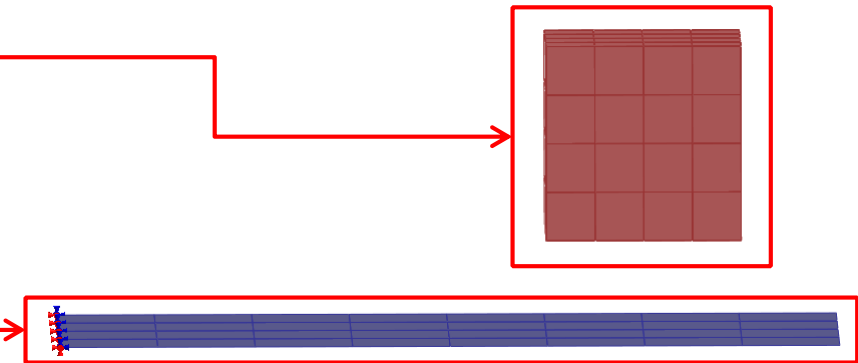
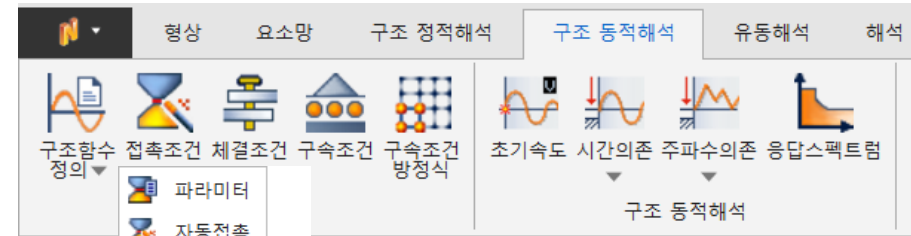
3. [확인] 버튼 클릭

 주 접촉면에 육면체 요소들을, 종속 접촉면에 판 요소들을 선택합니다.
주 접촉면은 붉은색, 종속 접촉면은 파란색의 레이블로 표기됩니다.



The dialog box '접촉' (Contact) is shown with the following settings:

- 이름 (Name): **접촉** (Circled in red with a red '2')
- 접촉종류 (Contact Type): 면-면 접촉 (Face-Face Contact)
- 접촉종류 (Contact Type): 일반 접촉 (General Contact)
- 주 접촉면 (Master Contact Surface): 대상종류 (Object Type): 3D 요소면 (3D Element Surface)
- 주 접촉면 (Master Contact Surface): 대상 (Object): 96개 대상 선택됨 (96 objects selected)
- 종속 접촉면 (Slave Contact Surface): 대상종류 (Object Type): 2D 요소 (2D Element)
- 종속 접촉면 (Slave Contact Surface): 대상 (Object): 32개 대상 선택됨 (32 objects selected)
- 확인 (OK) button is circled in red with a red '3'.

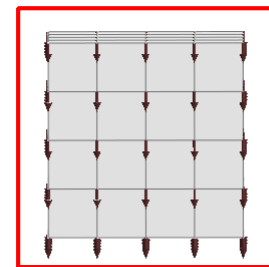
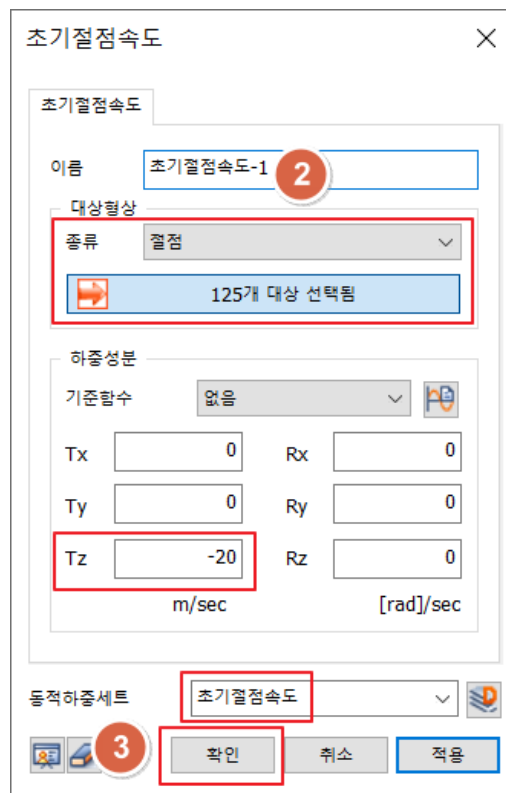
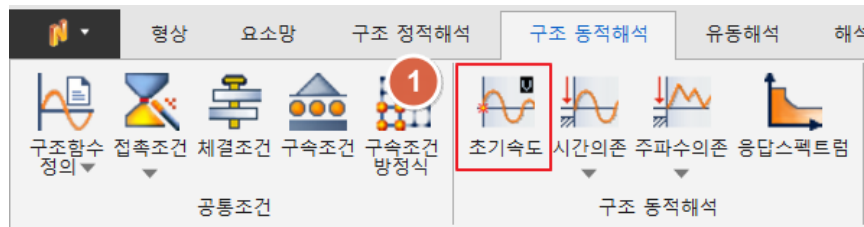


작업순서

1. [초기속도] 클릭.
2. 초기절점속도 조건 입력

동적하중세트	초기절점속도
대상종류	절점
대상선택	125개 선택
하중성분	Tz: -20 m/sec

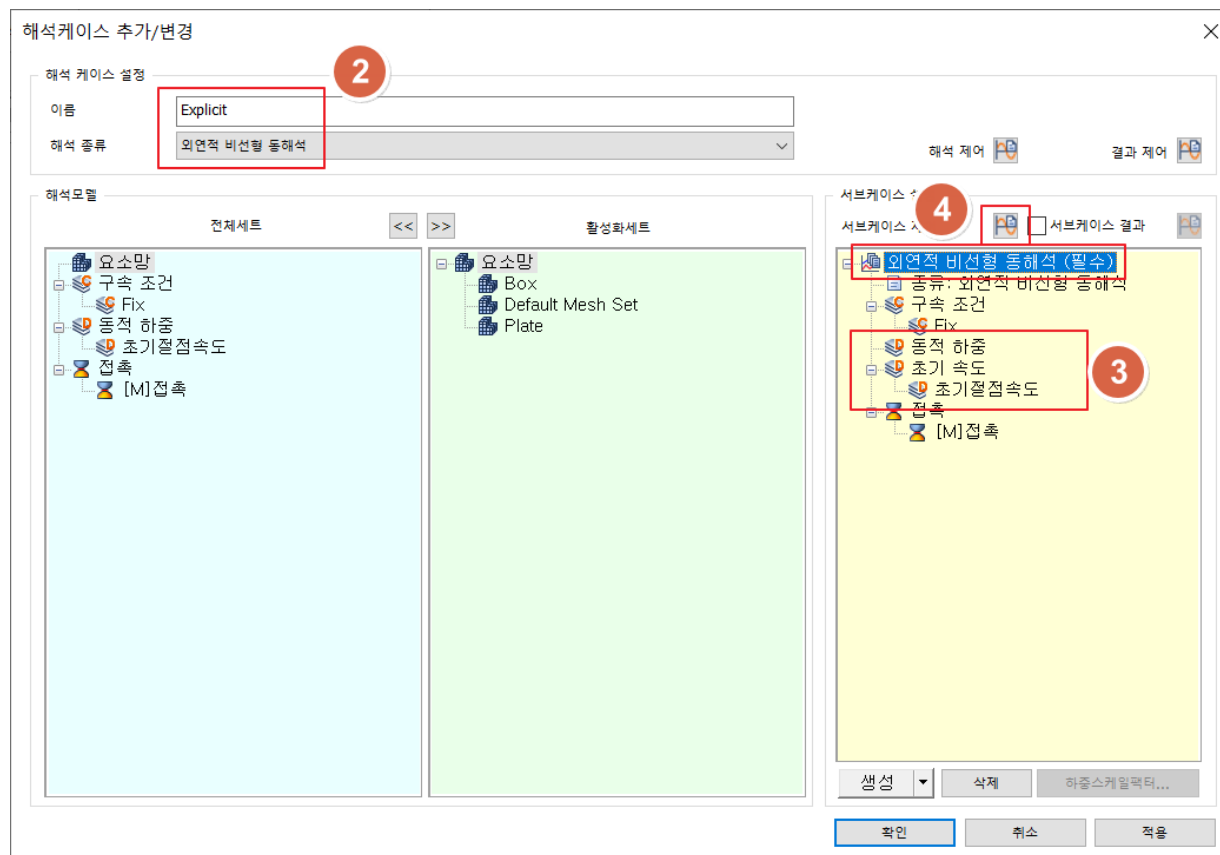
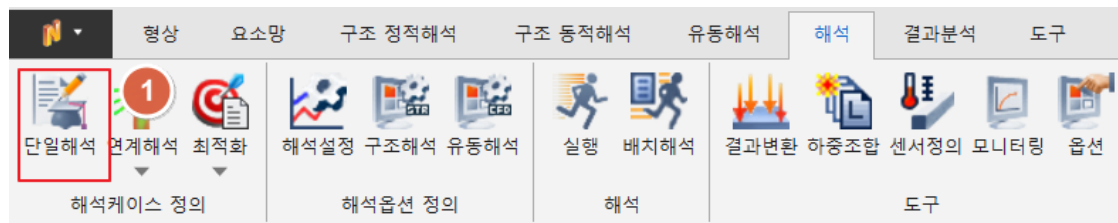
3. [확인] 버튼 클릭



💡 작업화면에서 마우스 드래그로 육면체 요소의 절점들을 모두 선택합니다.

작업순서

1. [단일해석] 클릭.
 2. 해석케이스 설정
- | | |
|-------|-------------|
| 이름 | Explicit |
| 해석 종류 | 외연적 비선형 동해석 |
3. 마우스 드래그로 “초기절점속도”을 초기 속도 항으로 이동.
 4. 서브케이스 설정의 “외연적 비선형 동해석 (필수)”를 클릭.
- 활성화된 서브케이스 제어 버튼 클릭.



작업순서

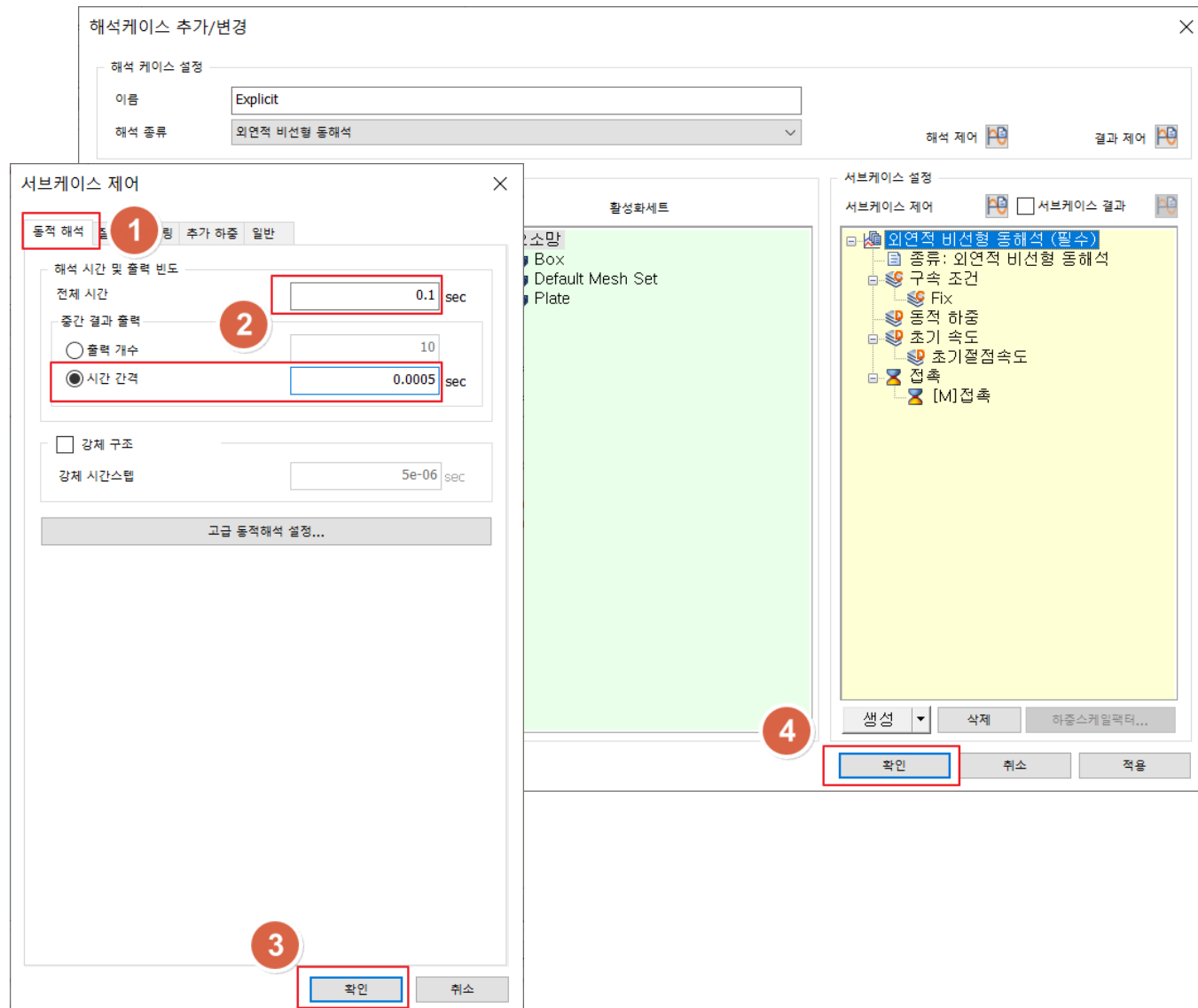
1. [동적 해석] 탭 선택.

2. 해석 시간 및 출력 빈도 설정

전체 시간	0.1 sec
시간 간격	0.0005 sec

3. [확인] 버튼 클릭.

4. [확인] 버튼 클릭.



해석케이스 추가/변경

해석 케이스 설정

이름: Explicit

해석 종류: 외연적 비선형 동해석

해석 제어 결과 제어

서브케이스 제어

동적 해석

1

해석 시간 및 출력 빈도

전체 시간: 0.1 sec

2

중간 결과 출력

출력 개수: 10

시간 간격: 0.0005 sec

강제 구조

강제 시간스텝: 5e-06 sec

고급 동적해석 설정...

3

확인

취소

서브케이스 설정

서브케이스 제어

서브케이스 결과

외연적 비선형 동해석 (필수)

종류: 외연적 비선형 동해석

구속 조건

Fix

동적 하중

초기 속도

초기절점속도

전속

[M]절속

4

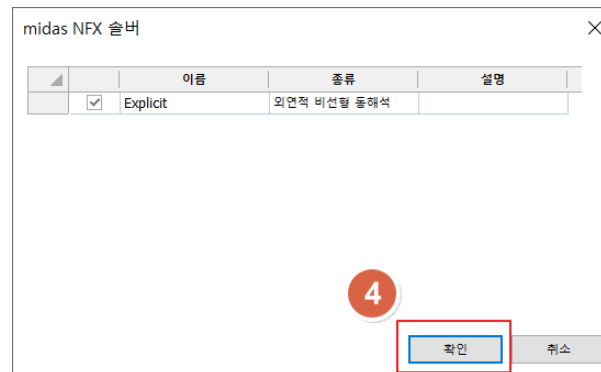
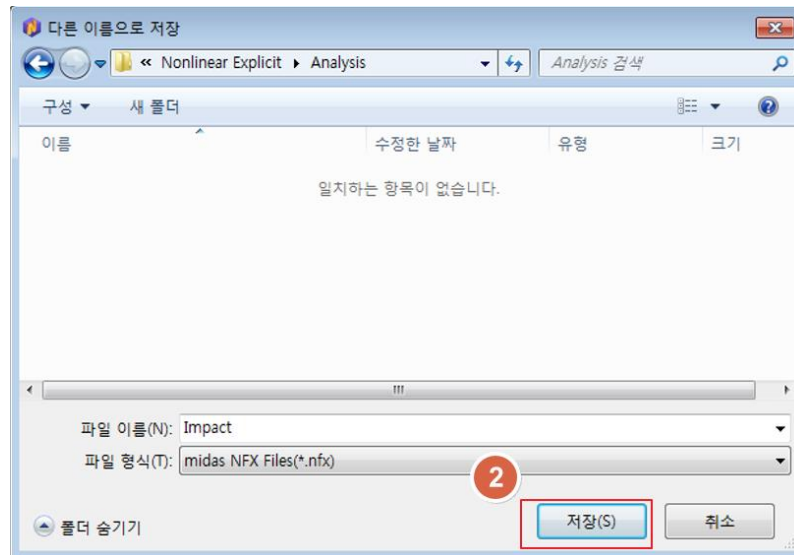
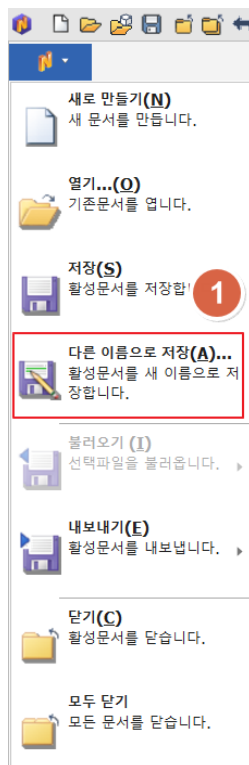
확인

취소

적용

작업순서

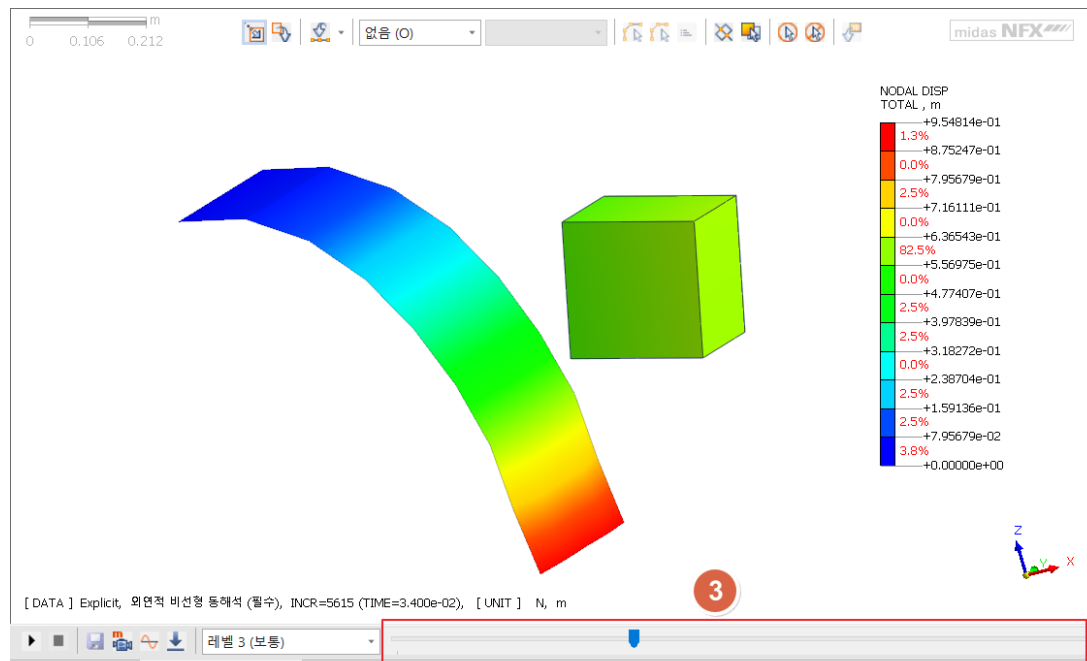
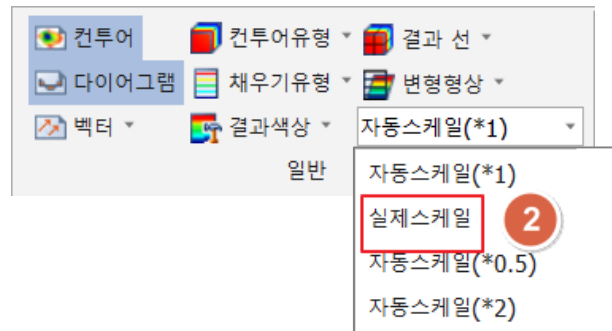
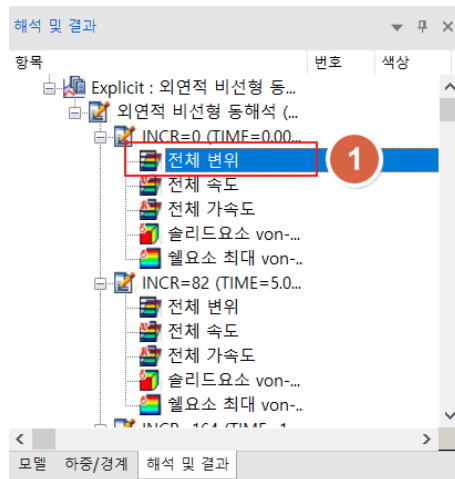
1. 다른 이름으로 저장: "Impact" 입력.
2. [저장(S)] 버튼 클릭.
3. 해석 >> 실행 클릭.
4. [확인] 버튼 클릭.



💡 따라하기 시작파일을 보존하기 위하여 해석파일을 다른 이름으로 저장합니다.

작업순서

1. [전체 변위 (V)] 더블 클릭.
2. 결과분석 >> 일반 에서 [실제스케일] 선택.
3. 작업윈도우 하단의 슬라이드 바를 이동하여 스텝별 변위 결과 확인.



외연적 비선형의 거동은 반드시 [실제스케일]로 설정하여 확인하도록 합니다.

슬라이드 바를 마우스로 드래그하여 이동하면 손쉽게 스텝별 결과를 확인할 수 있습니다.

개요

➤ 비선형 외연적 동해석

- 단위 : N, m
- 모델: Block Drop Model.nfx

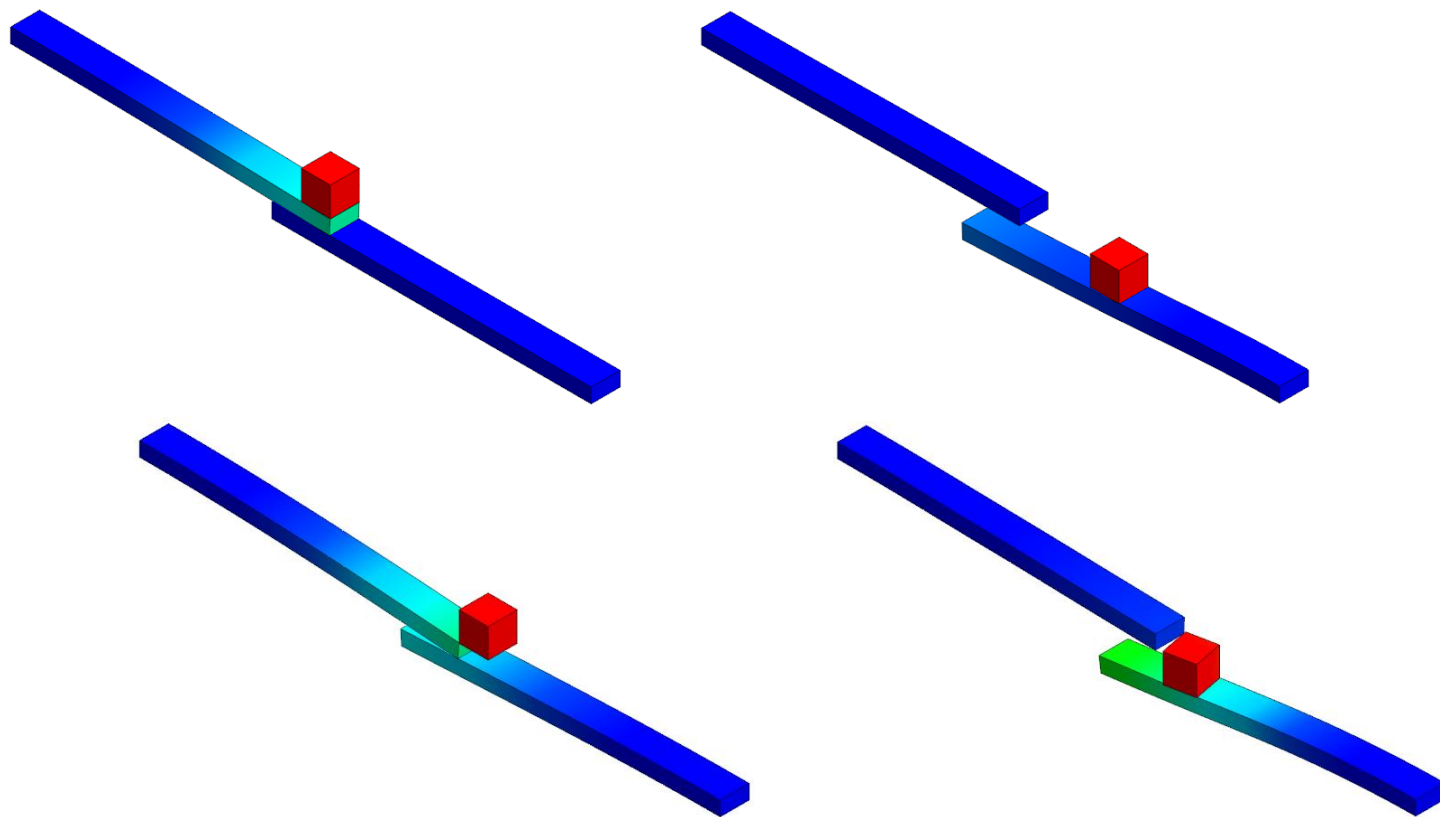
➤ 경계조건과 하중조건

- 고정구속
- 시간의존 절점가속도

➤ 결과확인

- 변위 (실제 변형형상)
- 멀티스텝 애니메이션

Block Drop



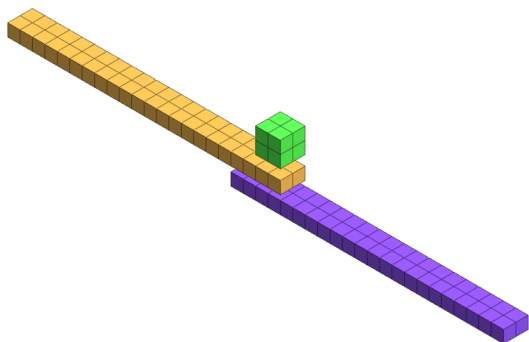
따라하기 목적

➤ midas NFX를 이용한 기본적인 외연적 비선형 동해석의 수행 및 기능 이해

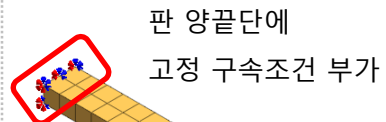
- 외연적 비선형 동해석은 충돌이나 부품의 낙하에 대한 설계 검증 시에 주로 이용합니다.
- 시간에 따라 작용하는 동적 하중에 대한 구조물의 비선형 거동을 파악하는 것이 목적으로 합니다.
- 외연적 비선형 동해석의 주요 결과물로는 절점의 변위, 속도, 가속도와 요소의 응력 등이 있습니다.
- 본 따라하기에서는 간단한 구조물에서의 낙하를 묘사하고 이를 통해서 구조물의 스텝별 거동을 애니메이션으로 확인하는 법을 익히도록 합니다.

해석 개요

➤ 대상 모델



➤ 구속조건 (고정구속)



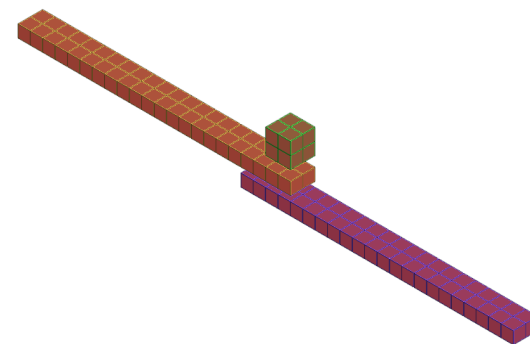
판 양끝단에

고정 구속조건 부가

➤ 하중조건 (초기 절점속도)

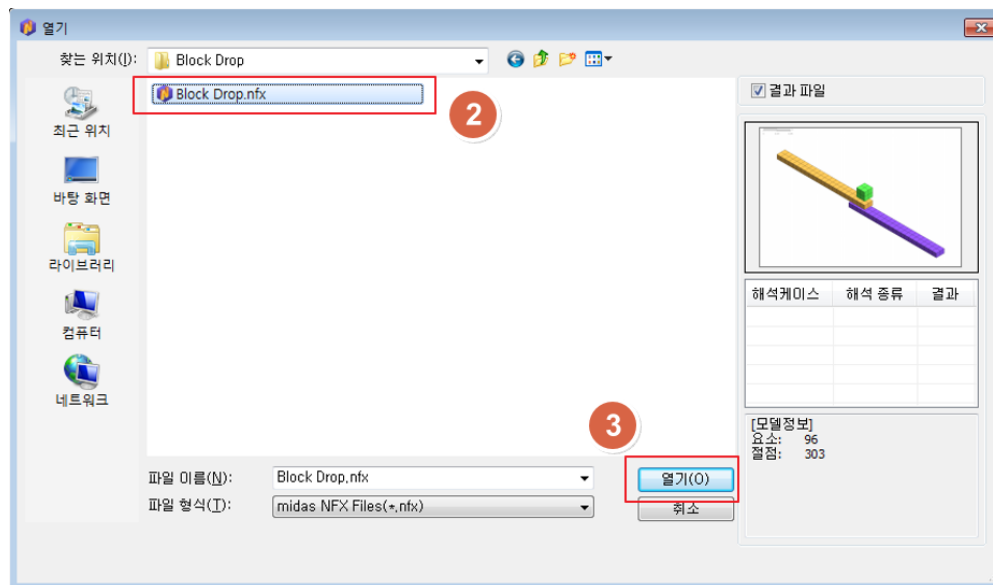
Block에 시간의존
절점가속도 적용
9.8 m/sec² (중력)

➤ 접촉조건 (자기접촉)



작업순서

1. [열기] 클릭.
2. 모델: **Block Drop Model.nfx** 선택.
3. [열기] 버튼 클릭.
4. 작업 윈도우에서 마우스 오른쪽 버튼 클릭 후, [모든 가이드더 감추기] 선택.



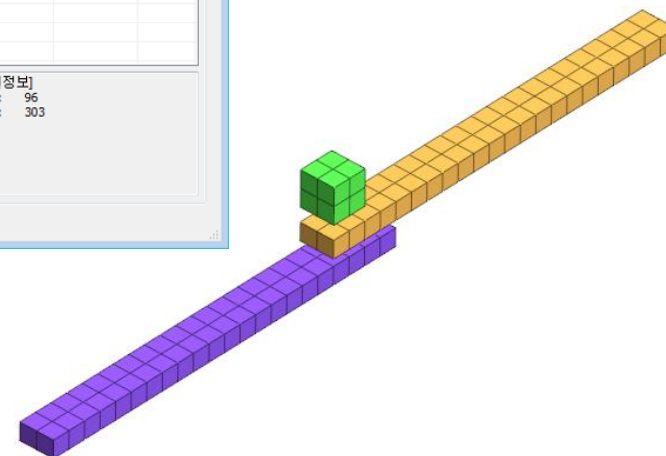
모두 보이기
모두 감추기
모든 형상 보이기
모든 형상 감추기
모든 요소망 보이기
모든 요소망 감추기

작업 평면 옮기기

가이드더 보이기/감추기
모든 가이드더 보이기
모든 가이드더 감추기


모든 레이블 보이기
모든 레이블 감추기

💡 미리 생성해 둔 해석모델을 불러와
경계조건과 동적 하중 조건을 입력하
여 해석을 진행합니다.

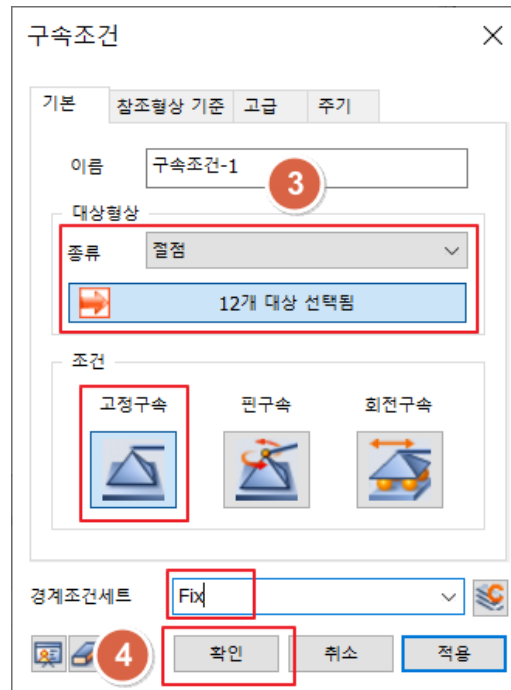
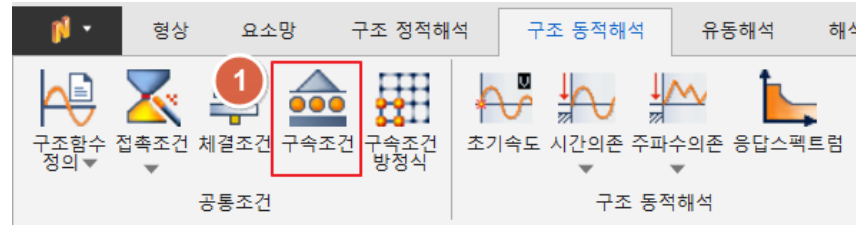



작업순서

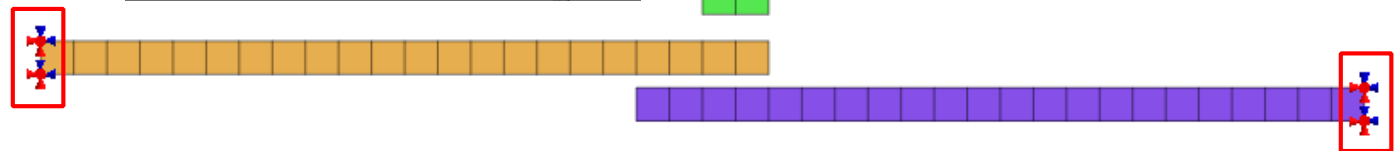
1. [구속조건] 클릭.
2. [정면] (정면) 클릭.
3. 구속조건 입력

경계조건세트	Fix
대상종류	절점
대상선택	12개 선택 
조건	고정구속

4. [확인] 버튼 클릭




 마우스 드래그로 Plate 끝단의 절점들을 선택합니다.



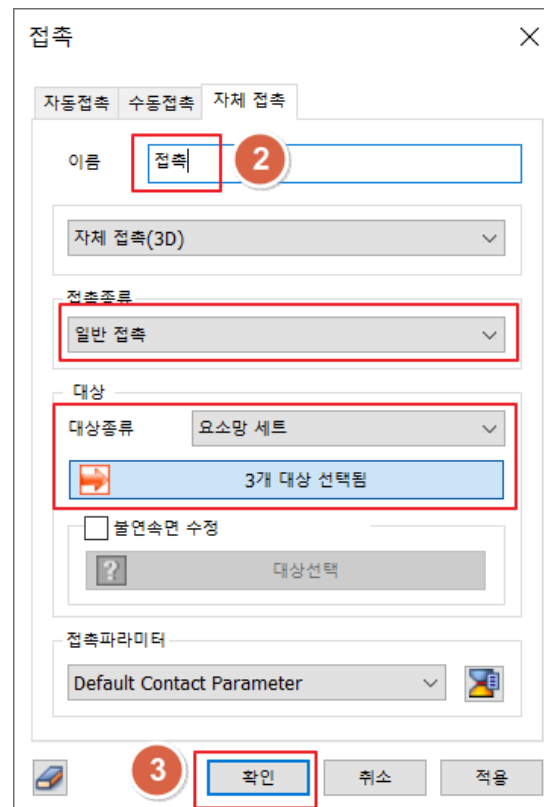
작업순서


1. [자체접촉] 클릭.

2. 접촉 조건 입력 

이름	접촉
접촉종류	자체 접촉
	일반접촉
주 접촉면	모든 요소망 세트 선택



3. [확인] 버튼 클릭




 자기(자체)접촉은 대변형으로 인하여 어느 곳에서 접촉이 발생하는지 예측이 어려운 경우, 요소망세트 단위로 선택하여 효과적으로 접촉을 정의할 수 있습니다.


작업순서

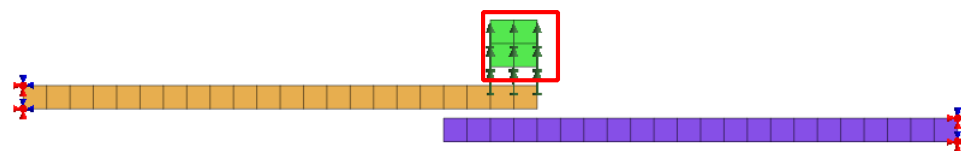
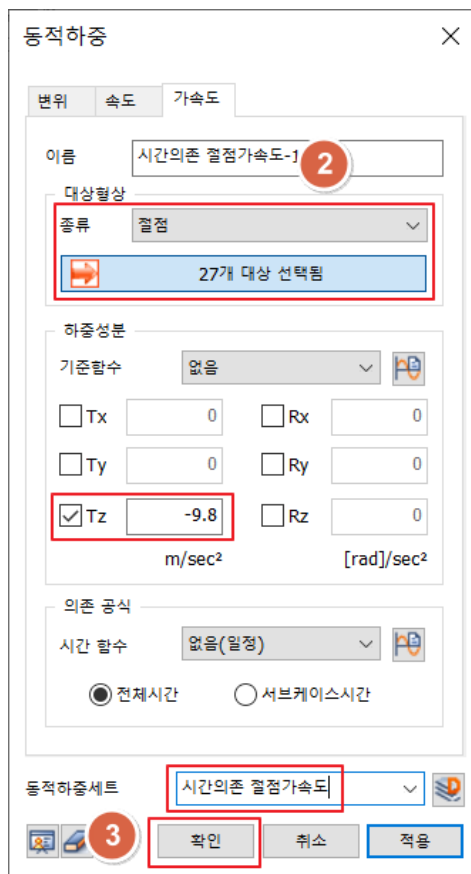
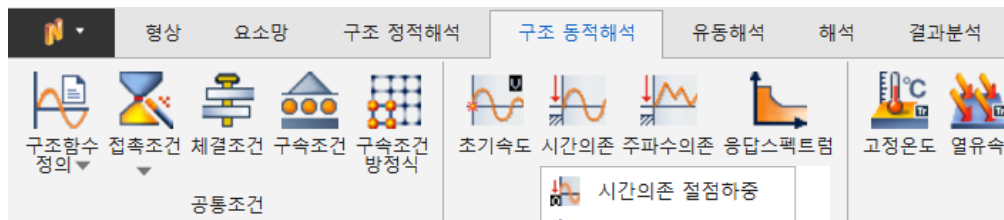
1. [시간의존 절점가속도] 클릭.
2. 시간의존 절점가속도 조건 입력

이름	시간의존 절점가속도
대상종류	절점
대상선택	27개 선택 
하중성분	Tz: -9.8 m/sec ² 

3. [확인] 버튼 클릭

 작업화면에서 마우스 드래그로 Block의 절점들을 모두 선택합니다.

 Tz를 제외하고 모두 체크 해제한 후, 자유낙하를 고려한 중력가속도 값을 입력합니다.



작업순서

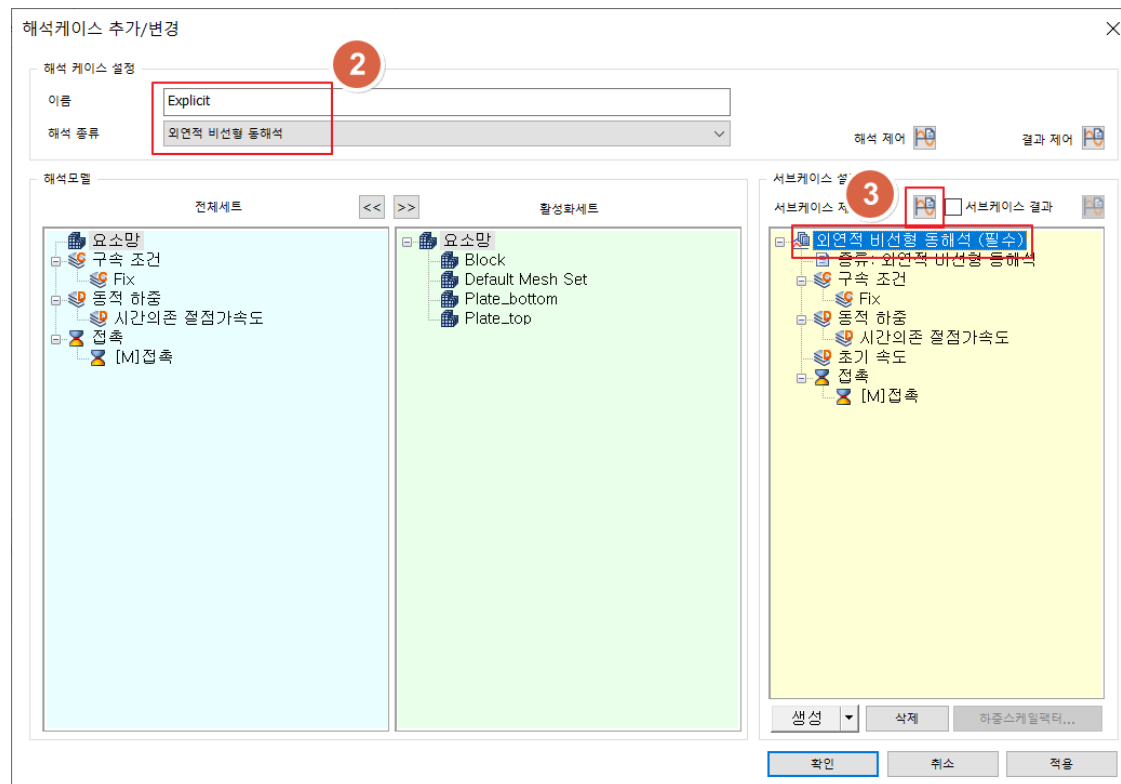
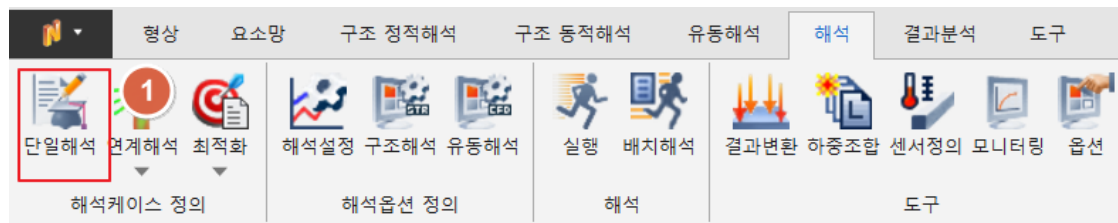
1. [단일해석] 클릭.

2. 해석케이스 설정

이름	Explicit
해석 종류	외연적 비선형 동해석

3. 서브케이스 설정의 “외연적 비선형 동 해석 (필수)”를 클릭.

활성화된 서브케이스 제어 버튼 클릭.

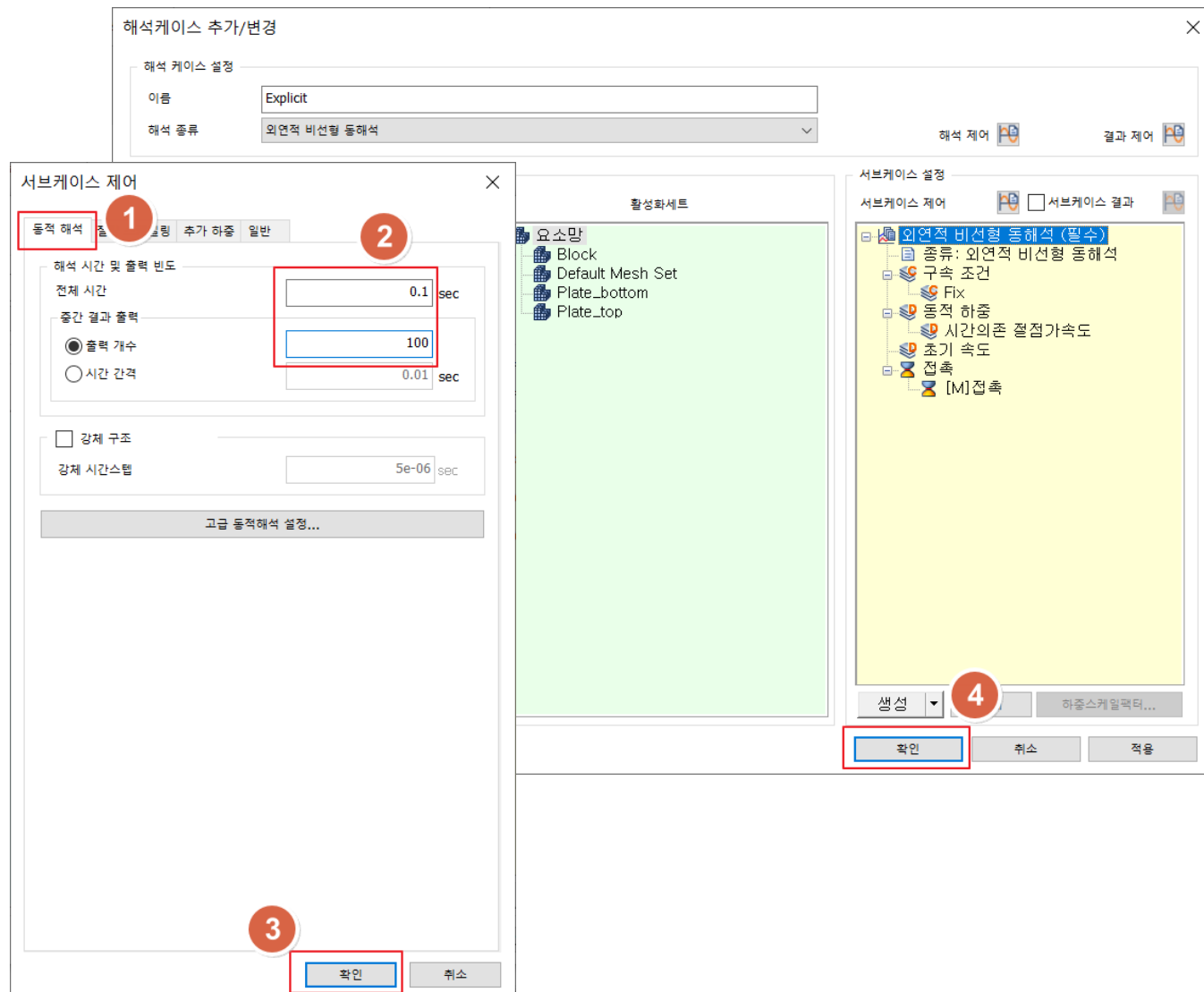


작업순서

1. [동적 해석] 탭 선택.
2. 해석 시간 및 출력 빈도 설정

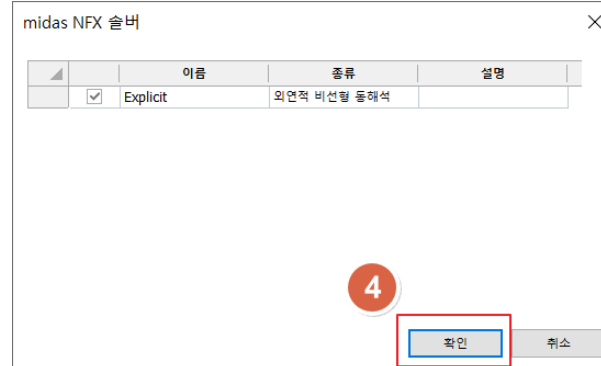
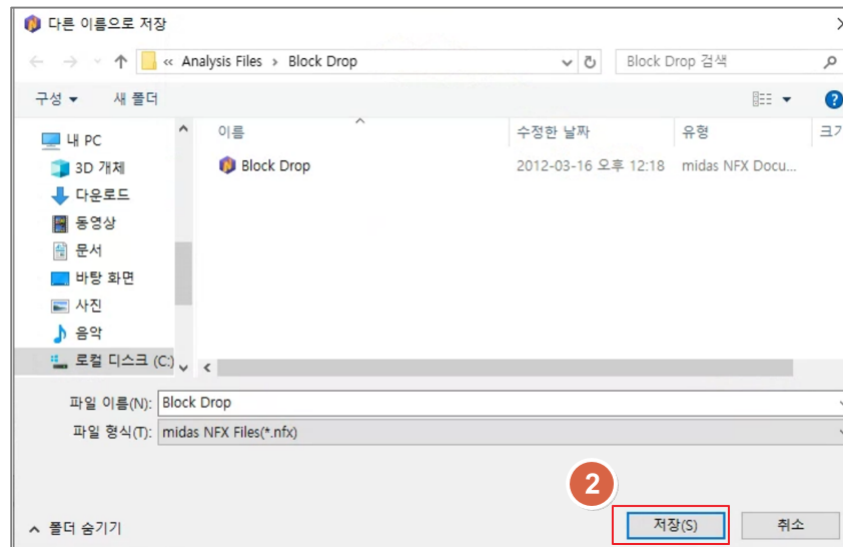
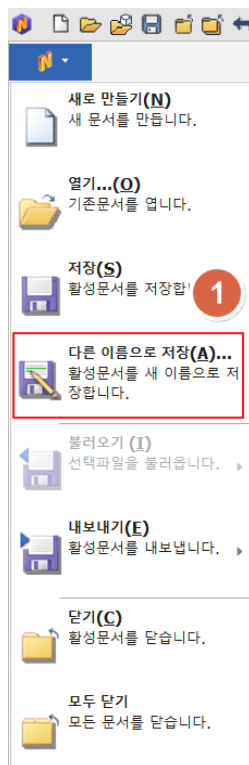
전체 시간	0.1 sec
출력 개수	100

3. [확인] 버튼 클릭.
4. [확인] 버튼 클릭.







작업순서

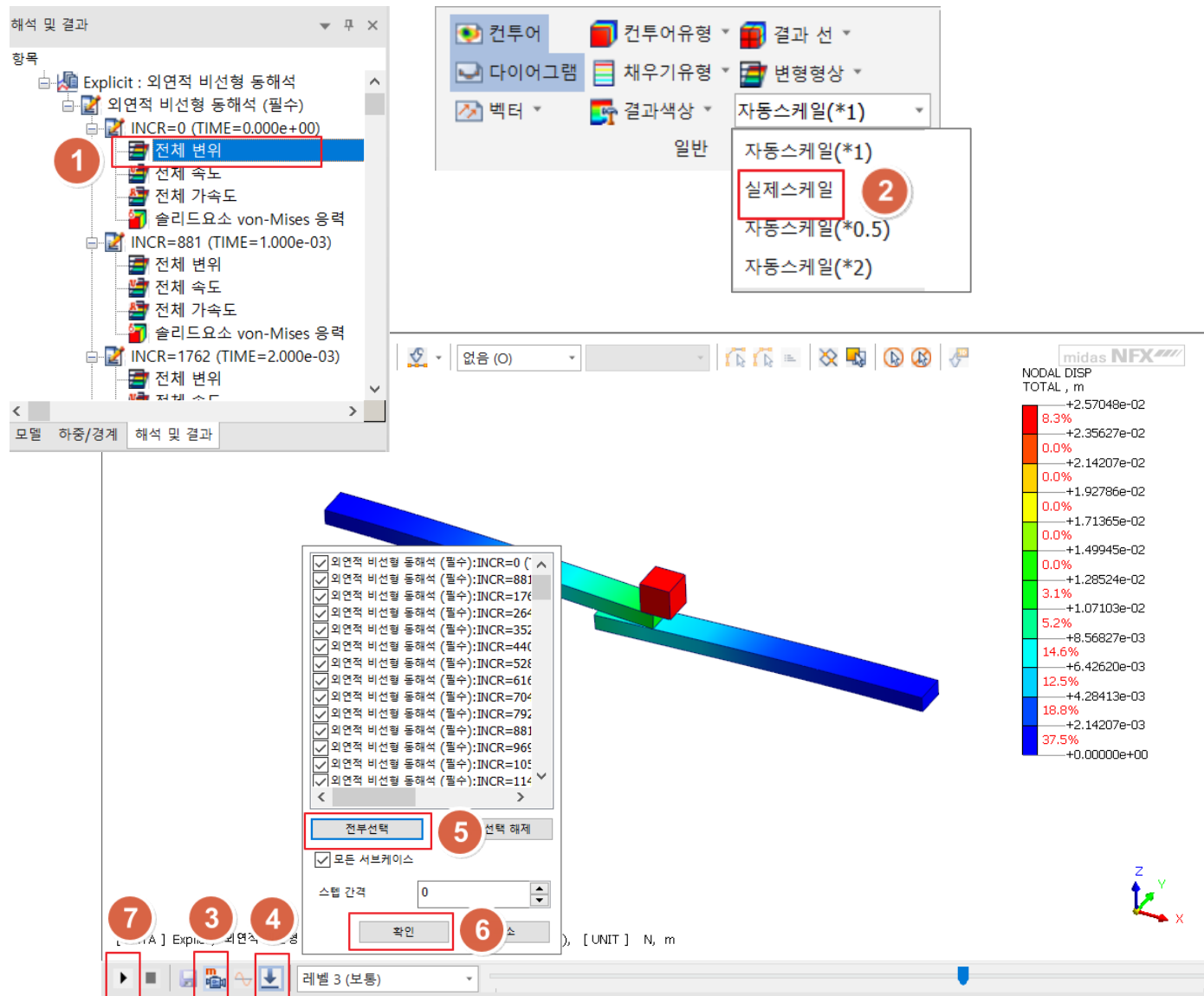
1. 다른 이름으로 저장: "Block Drop" 입력.
2. [저장(S)] 버튼 클릭.
3. 해석 >> 실행 클릭.
4. [확인] 버튼 클릭.



💡 따라하기 시작파일을 보존하기 위하여 해석파일을 다른 이름으로 저장합니다.

작업순서

1. [전체 범위 (V)] 더블 클릭.
2. 해석 및 결과 >> 일반 에서 [실제스케일] 선택. 
3. 작업윈도우 하단의 애니메이션 도구 모음에서 [] (멀티-스텝 애니메이션 녹화) 버튼 클릭.
4. 활성화된 [] 버튼 클릭.
5. [전부선택] 버튼 클릭.
6. [확인] 버튼 클릭.
7. 애니메이션 도구모음에서 [] (재생) 버튼 클릭.



해석 및 결과

항목

- Explicit : 외연적 비선형 동해석
- 외연적 비선형 동해석 (필수)
- INCR=0 (TIME=0.000e+00)
- 전체 범위
- 전체 속도
- 전체 가속도
- 솔리드요소 von-Mises 응력
- INCR=881 (TIME=1.000e-03)
- 전체 범위
- 전체 속도
- 전체 가속도
- 솔리드요소 von-Mises 응력
- INCR=1762 (TIME=2.000e-03)
- 전체 범위
- 전체 속도
- 전체 가속도

컨투어, 컨투어유형, 결과 선, 다이어그램, 채우기유형, 변형형상, 벡터, 결과색상, 일반

자동스케일(*1), 실제스케일, 자동스케일(*0.5), 자동스케일(*2)

없음 (O)

midas NFX

NODAL DISP TOTAL, m

8.3%	+2.57048e-02
0.0%	+2.35627e-02
0.0%	+2.14207e-02
0.0%	+1.92786e-02
0.0%	+1.71365e-02
0.0%	+1.49945e-02
0.0%	+1.28524e-02
3.1%	+1.07103e-02
5.2%	+8.56827e-03
14.6%	+6.42620e-03
12.5%	+4.28413e-03
18.8%	+2.14207e-03
37.5%	+0.00000e+00

외연적 비선형 동해석 (필수): INCR=0 (TIME=0.000e+00)

외연적 비선형 동해석 (필수): INCR=881 (TIME=1.000e-03)

외연적 비선형 동해석 (필수): INCR=1762 (TIME=2.000e-03)

외연적 비선형 동해석 (필수): INCR=264 (TIME=3.000e-03)

외연적 비선형 동해석 (필수): INCR=352 (TIME=4.000e-03)

외연적 비선형 동해석 (필수): INCR=440 (TIME=5.000e-03)

외연적 비선형 동해석 (필수): INCR=528 (TIME=6.000e-03)

외연적 비선형 동해석 (필수): INCR=616 (TIME=7.000e-03)

외연적 비선형 동해석 (필수): INCR=704 (TIME=8.000e-03)

외연적 비선형 동해석 (필수): INCR=792 (TIME=9.000e-03)

외연적 비선형 동해석 (필수): INCR=881 (TIME=1.000e-02)

외연적 비선형 동해석 (필수): INCR=969 (TIME=1.100e-02)

외연적 비선형 동해석 (필수): INCR=1057 (TIME=1.200e-02)

외연적 비선형 동해석 (필수): INCR=1145 (TIME=1.300e-02)


전부선택, 선택 해제, 모든 서브케이스

스텝 간격: 0

확인, 취소

레벨 3 (보통)

재생, 일시정지, 종료, 다운로드, 애니메이션 도구모음

 외연적 비선형의 거동은 반드시 [실제스케일]로 설정하여 확인하도록 합니다.