

Crashworthiness

Computational Design Laboratory
Department of Automotive Engineering
Hanyang University, Seoul, Korea



한양대학교
HANYANG UNIVERSITY

CDL Computational
Design
Lab

목차

- 예제 문제
 - Non-linear joint moment analysis
 - Mid rail analysis

- 해석 프로세스
 - 기하형상 생성
 - 재료 물성 및 특성 입력
 - 요소망 생성
 - 구속조건 설정
 - 하중조건 설정
 - 해석케이스 정의 및 해석 실행
 - 후처리

FIRST ORDER ANALYSIS: CRASHWORTHINESS

2004-01-1660

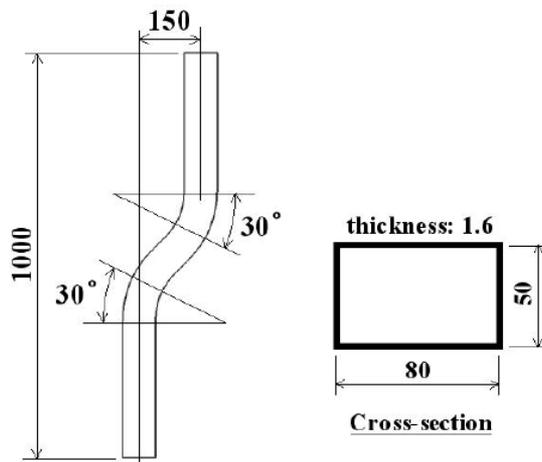
First Order Analysis for Automotive Body Structure Design - Part 3: Crashworthiness Analysis Using Beam Elements

Hidekazu Nishigaki
Toyota Central R&D Labs., Inc.

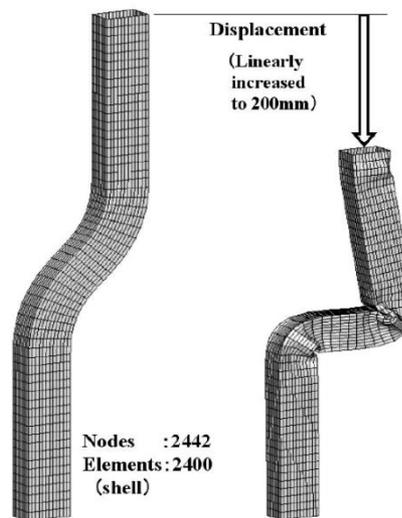
Noboru Kikuchi
The University of Michigan

Copyright © 2003 SAE International

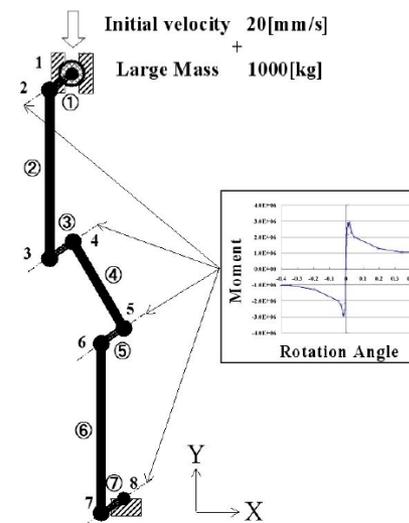
기하 형상 정보



셸 모델 해석



빔 모델 해석

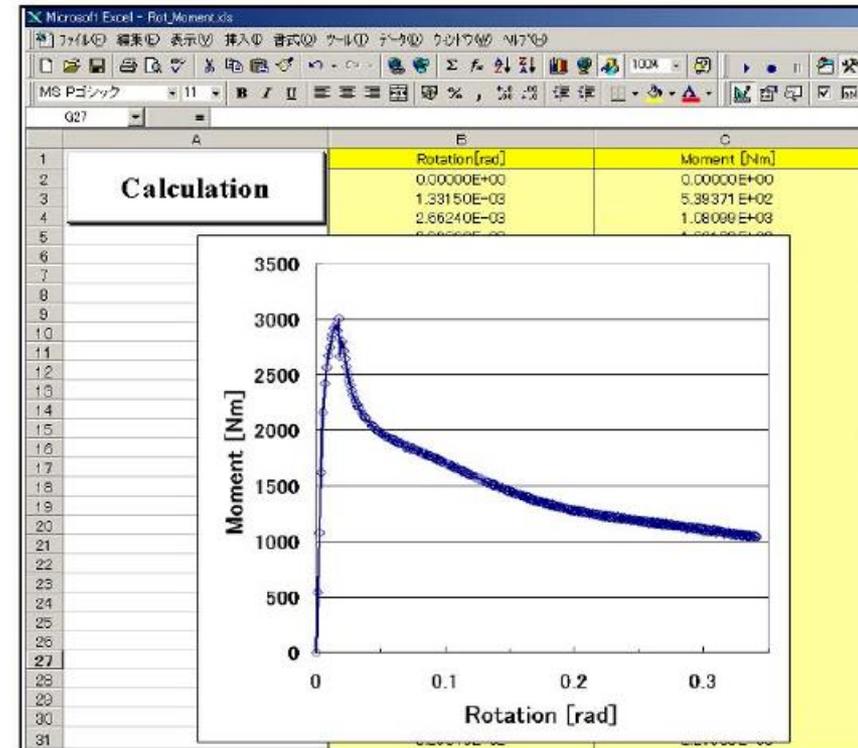
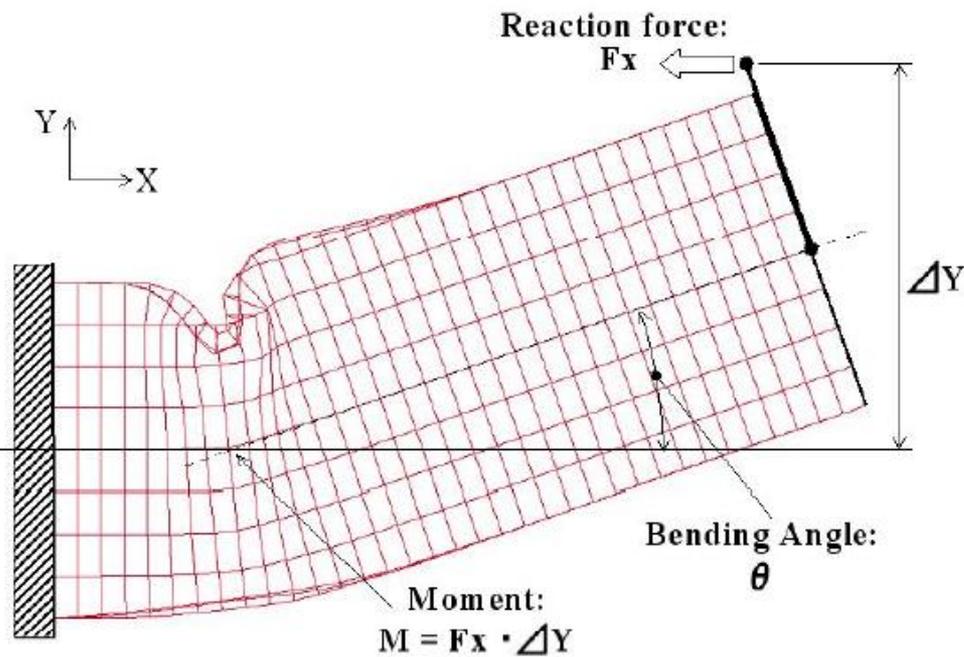


NON-LINEAR JOINT MOMENT

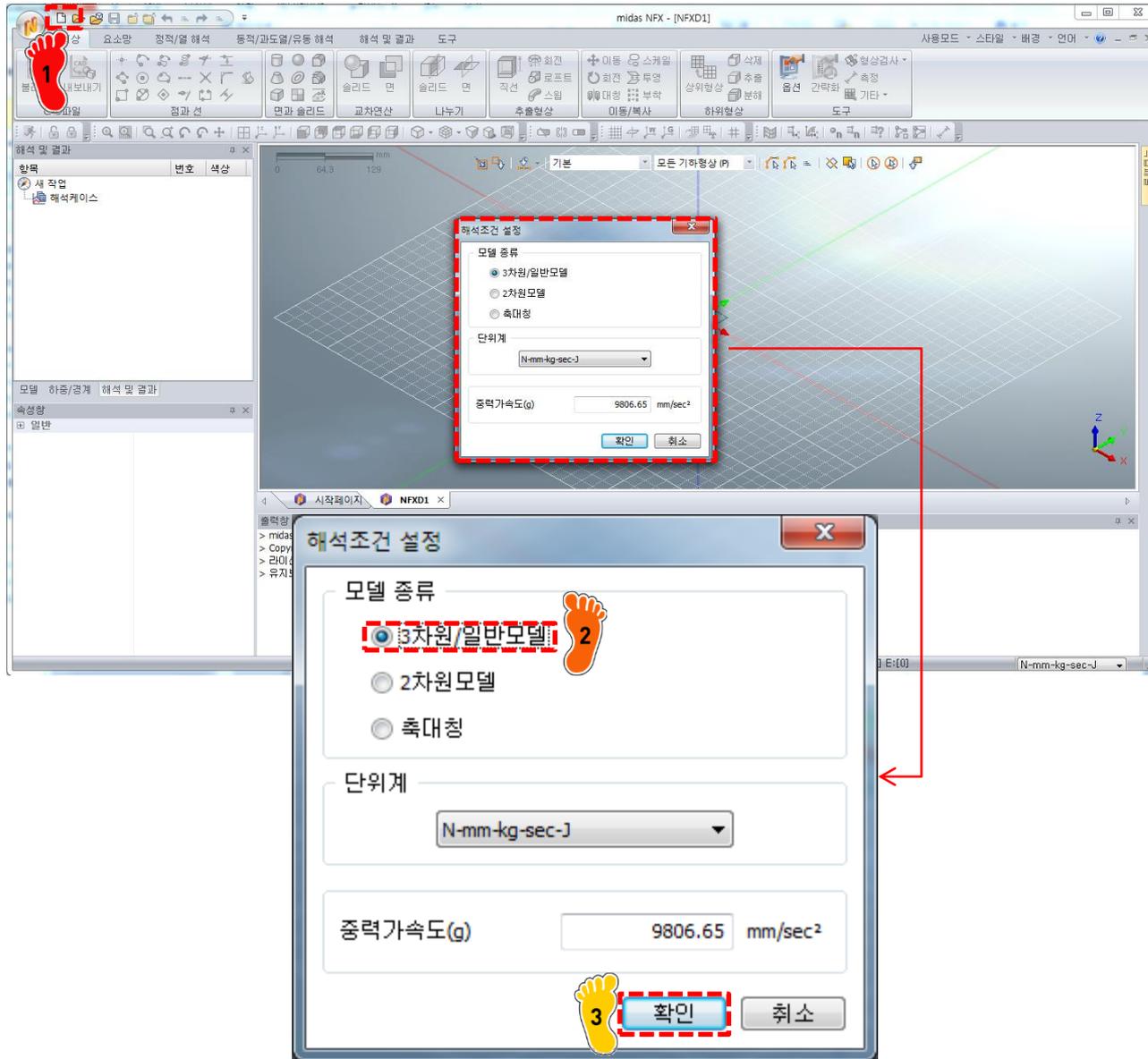
셸 요소

예제: JOINT MOMENT ANALYSIS

- Shell 모델의 등가 강성 계산



기하형상 생성 (1)



1 새로 만들기 클릭

2 3차원/일반모델 선택

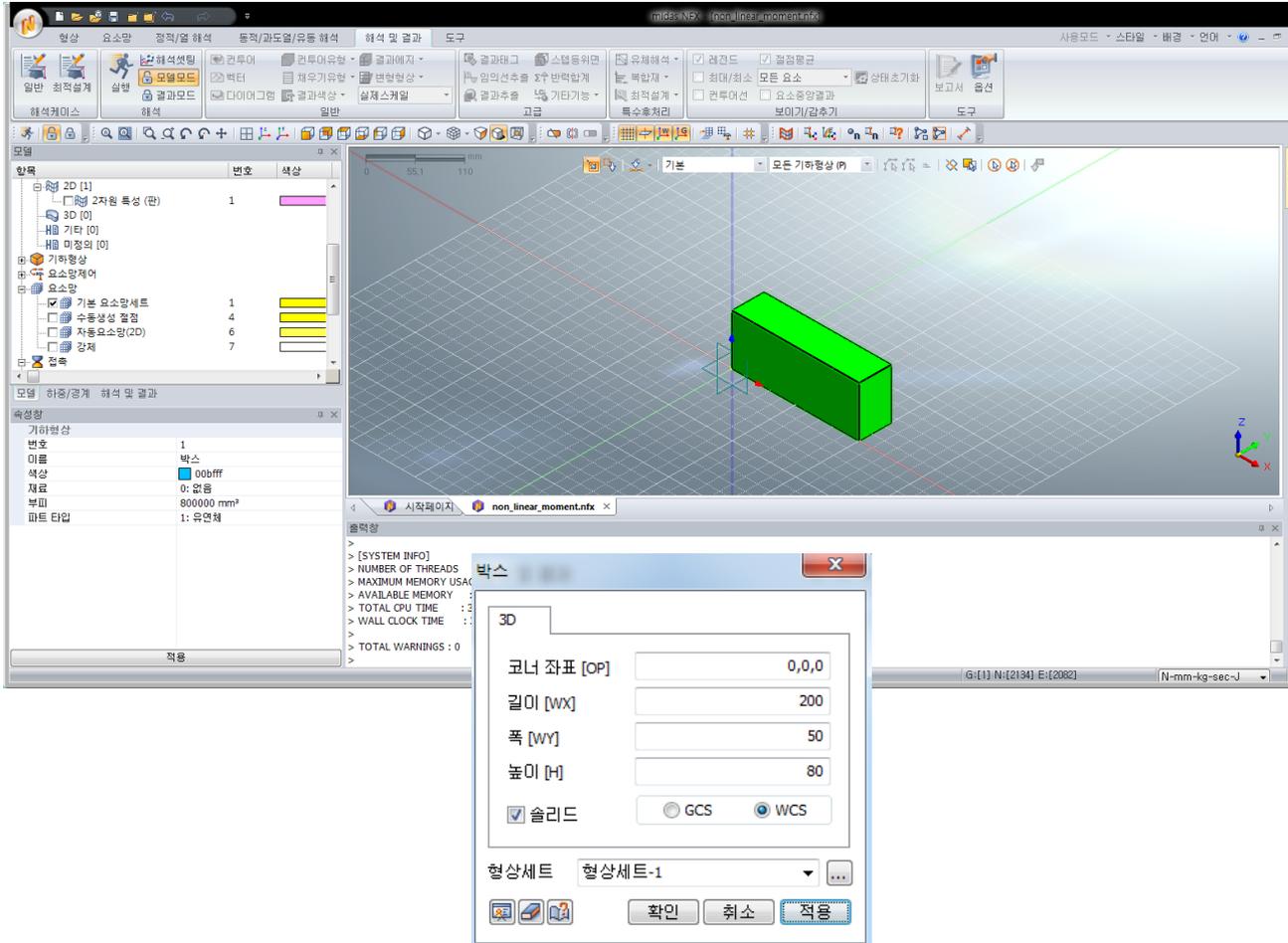
3 확인

기하형상 생성 (2)



가로: 50 mm
 세로: 80 mm
 길이: 200 mm

인 사각형 생성



재료 물성 및 특성 입력 (불러오기 기능)

재료 번호: 1 이름: **등방성-1** 색상:

All 탄소성

구조

탄성계수	206000	N/mm ²	열팽창계수	0	열응력
프와송비	0.3		기준온도	0 [T]	
질량밀도	7.85e-006	kg/mm ³			

항복기준: Von Mises

소성경화 곡선 소성경화 함수: 함수

응력-변형률 곡선 없음 함수

경화규칙: 등방성

합수 생성/변경

소성경화 함수

이름: 소성경화 함수

소성변형률	응력 (N/mm ²)
0.0000	350.0000
0.0200	423.7000
0.0400	455.0000
0.0600	480.9000
0.0800	500.8000
0.1600	557.5000
0.3000	579.0000

응력

소성변형률

1 스케일값

[확인] [취소] [적용]

- 1 탄소성 탭메뉴
탄성계수 206 GPa
푸와송비 0.3
질량밀도 7.85e-6 kg/mm³
입력
- 2 소성경화 곡선 생성
- 3 2차원 특성 생성 (두께 1.6 mm)

2차원 특성 생성/변경

번호: 1 이름: **2차원특성** 색상:

재료: 1: 등방성-1

재료좌표계: 좌표계 전체직교좌표계 각도: 0 [도]

두께: 균일두께 기준합수: 없음

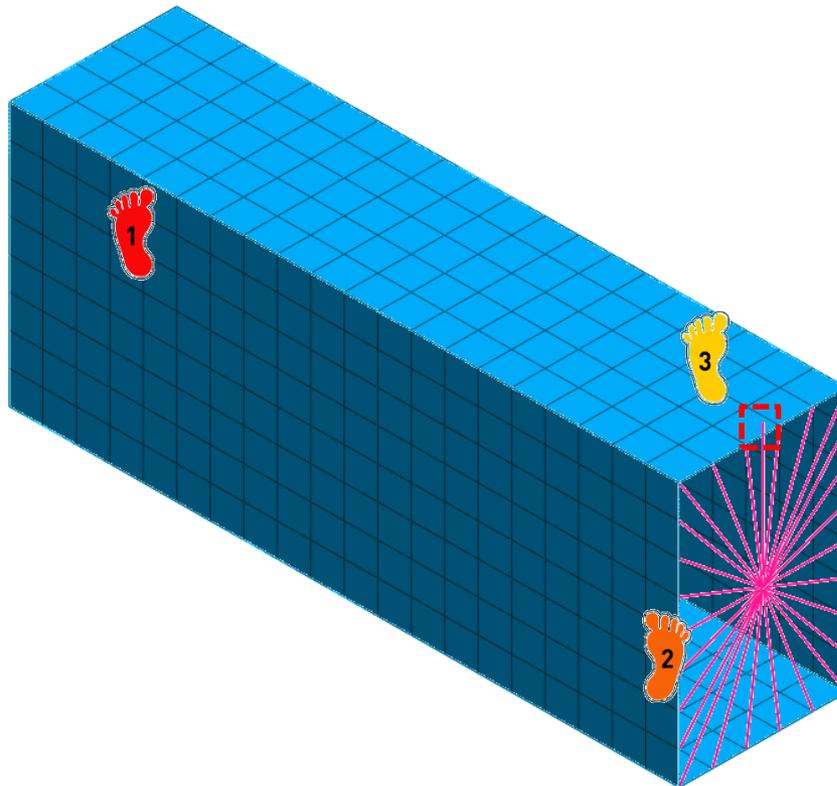
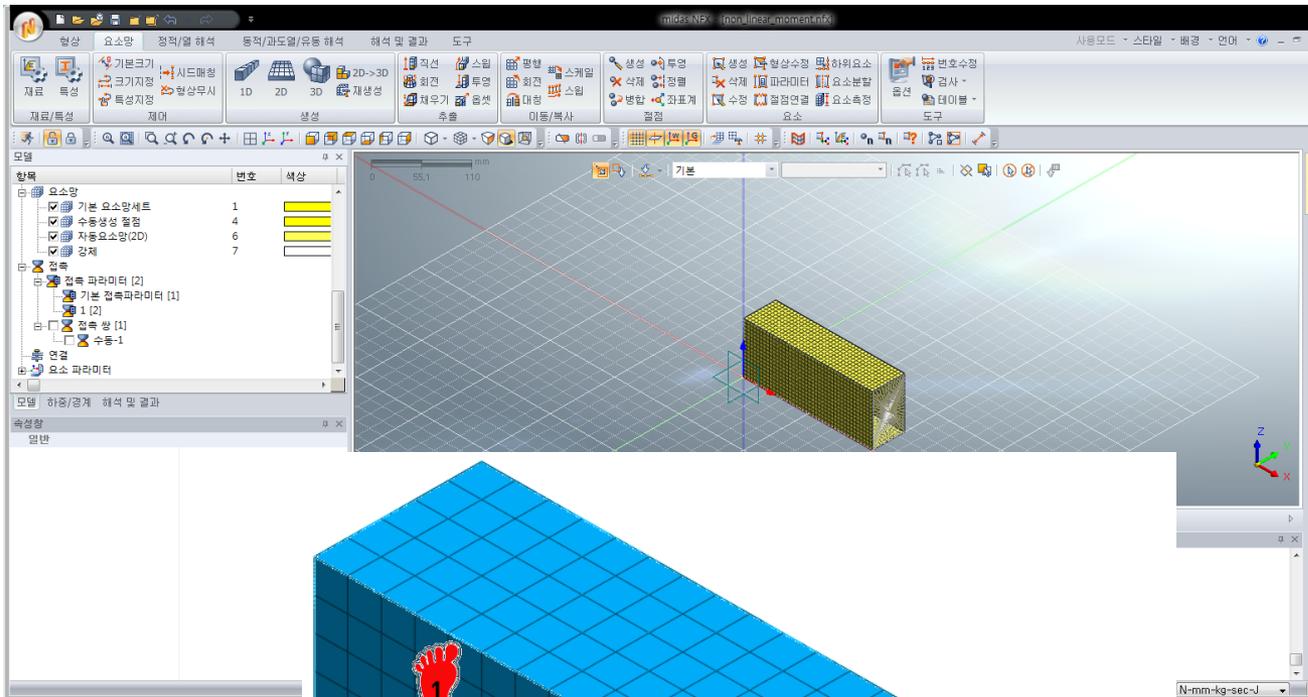
T/T1: 1.6 mm T2: 1 mm
T3: 1 mm T4: 1 mm

비구조질량: 0 kg/mm³

면내회전자유도 포함

[확인] [취소] [적용]

요소망 생성



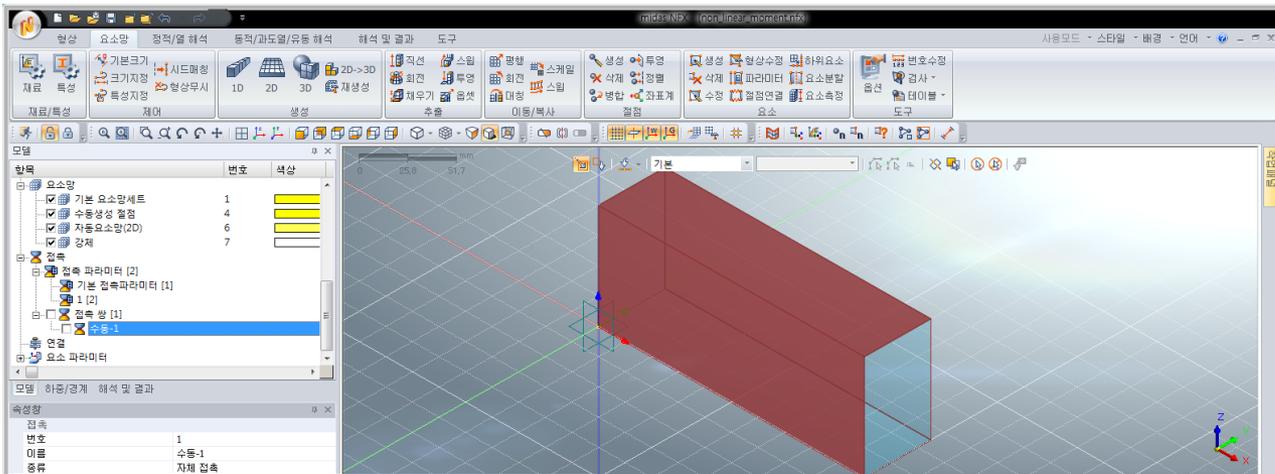
1 기본 형상은 요소크기 10으로 요소 생성

2 빔 형상 끝부분에 강체요소 생성

3 좌표 (200,25,83.3) 에 절점 생성 후 강체요소 중앙부분과 연결
: 좌표절점->주절점
: 강체중앙->중속절점

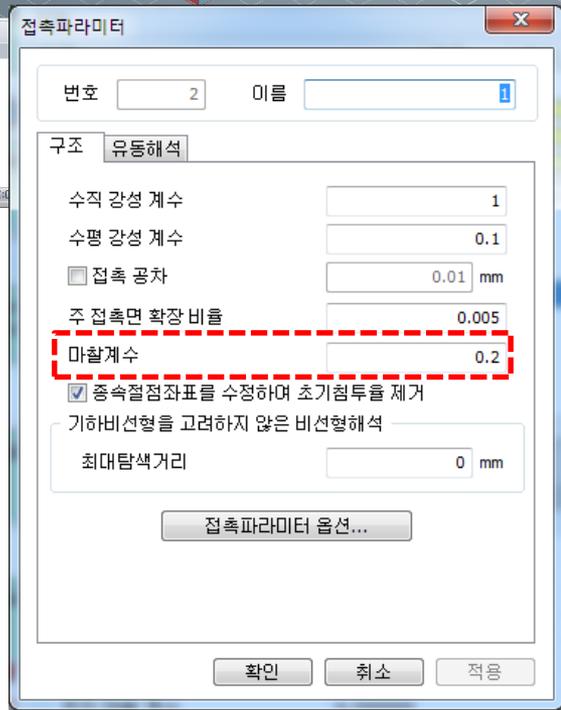
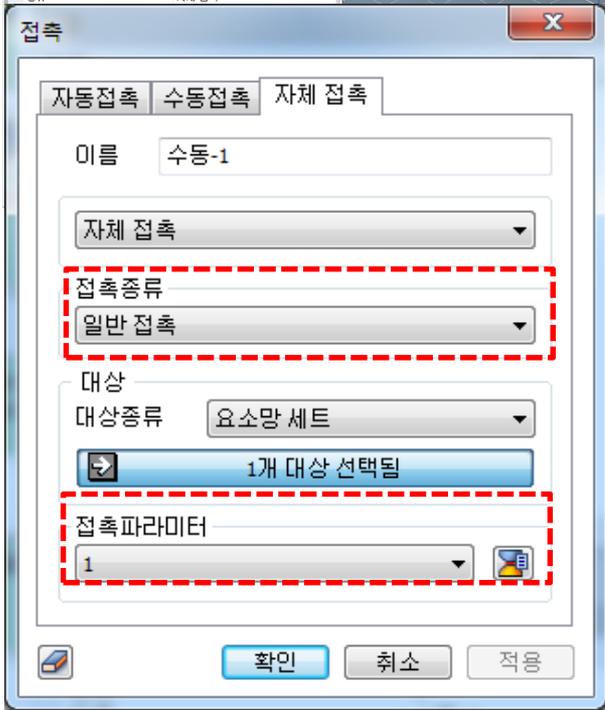
(주절점인 부분에만 하중 및 구속조건 부여 가능)

접촉조건 설정

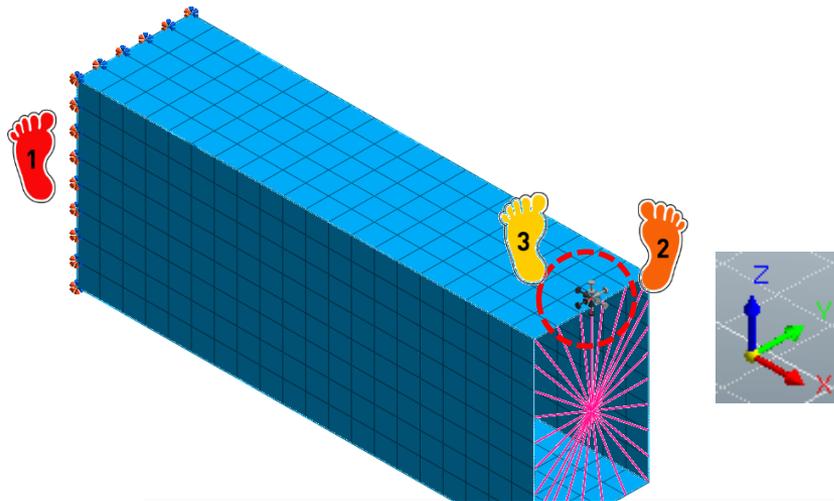


마찰계수 0.2로 자체 접촉면 생성

(프로그램 오류 발생시 접촉 파라미터를 기본으로 생성하고 이후에 편집으로 수정)



구속조건 및 하중조건 설정



1 빔 형상 끝단부분 고정 구속으로 구속

2 강제요소로 연결된 절점은 Y 방향 구속

3 강제요소로 연결된 절점에 시간의존 절점변위 입력

3

동적 하중

변위 속도 가속도

이름: 시간의존 절점변위-3

대상형상 종류: 절점

1개 대상 선택됨

하중성분 기준함수: 없음

Tx: -1 Rx: 0

Ty: 0 Ry: 0

Tz: 0 Rz: 0

단위: mm [rad]

위중 공식: 시간함수: 변위

전체시간 서브케이스시간

동적하중세트: 동적하중 세트-1

확인 취소 적용

함수 생성/변경

시간함수 이름: 변위

이름	시간 (sec)	값
1	0.0000	0.0000
2	0.1000	35.0000
3		

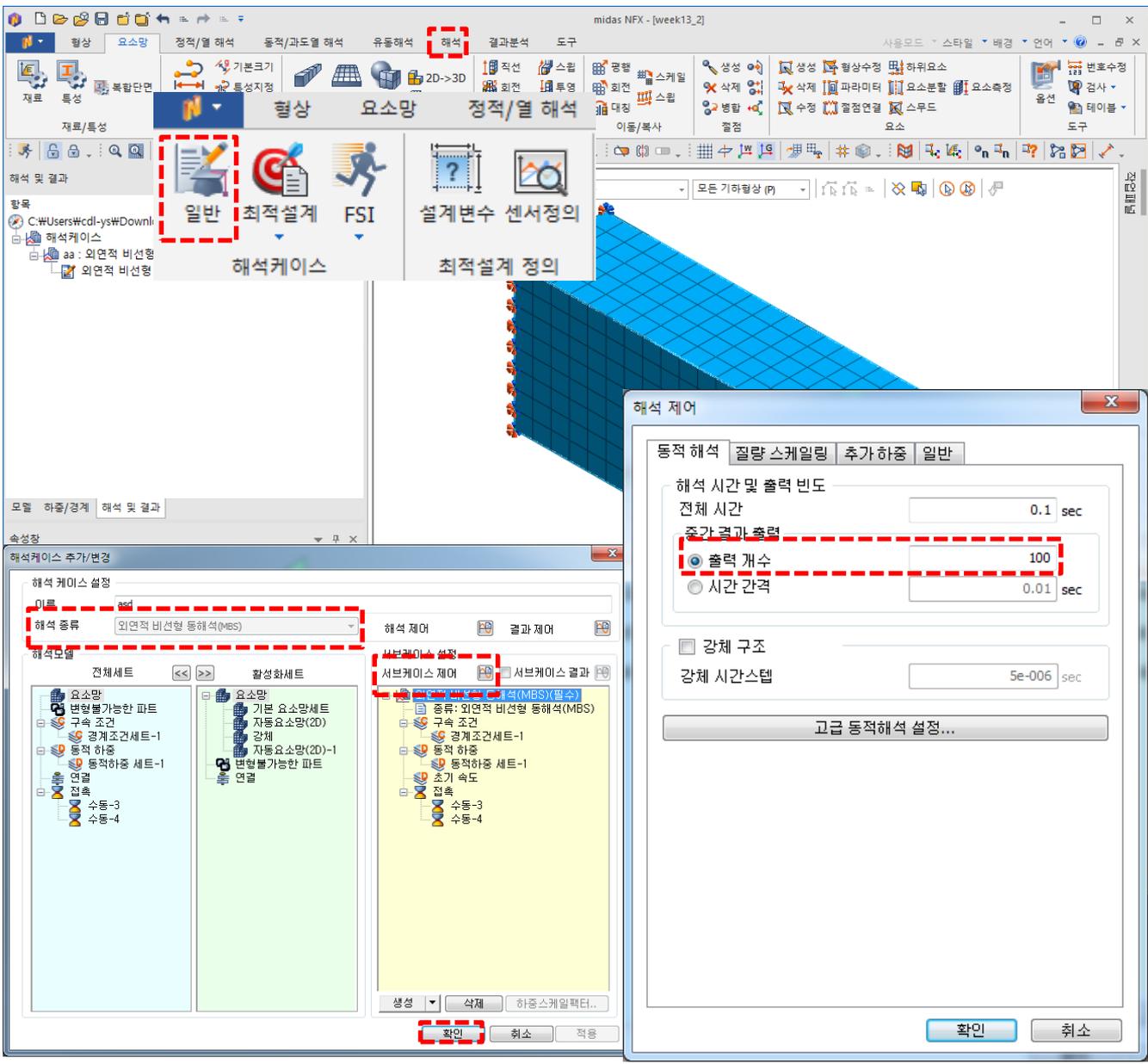
기준선 조정(가속도): 사용하지 않음 사용함

1 스케일값

확인 취소 적용

시간 (sec)	값 (mm)
0.0000	0.0000
0.1000	35.0000

해석 케이스 정의 및 해석 실행

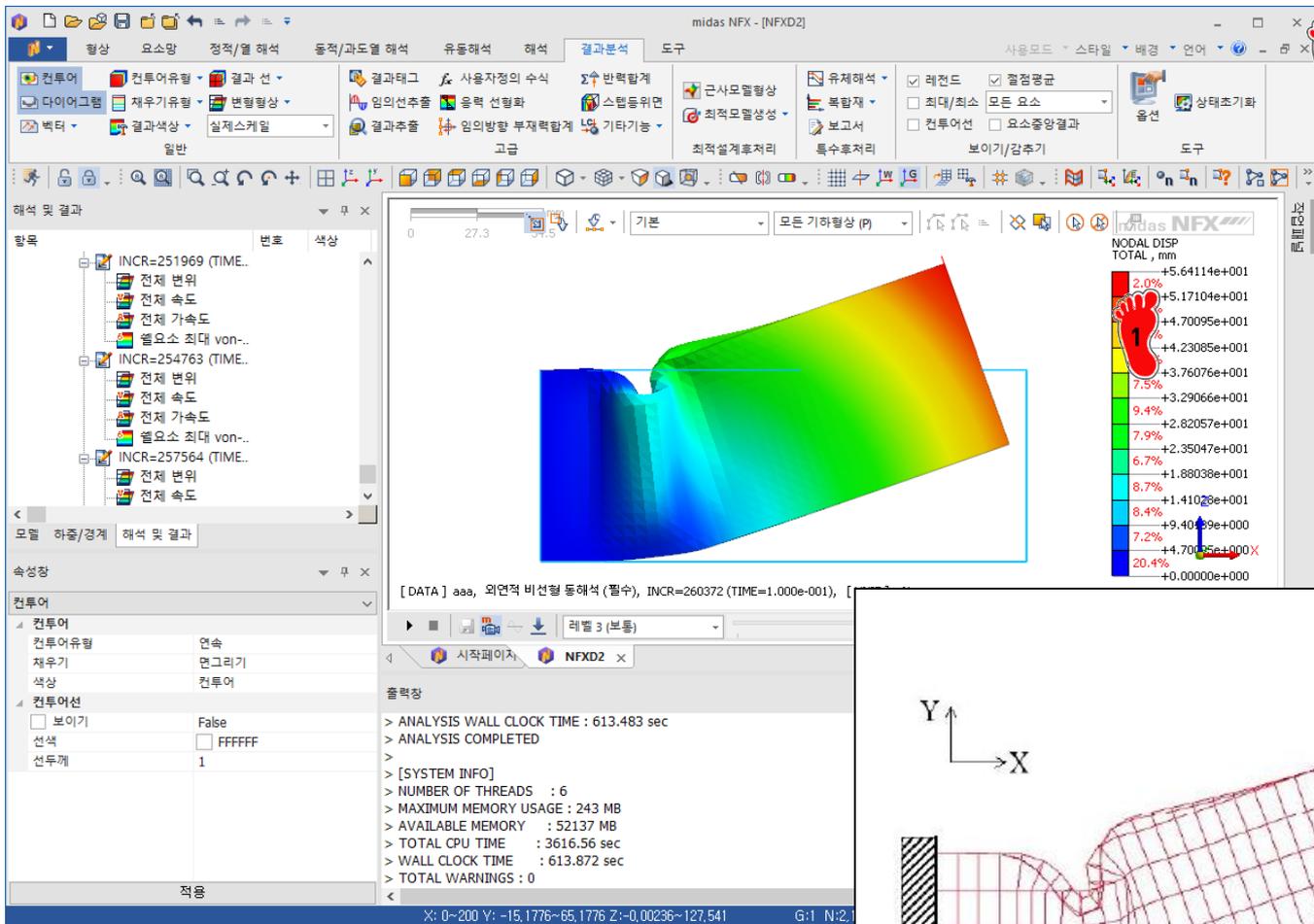


1 해석 케이스 외연적 비선형 동해석 선택

서브 케이스 제어에서 출력 개수 100으로 변경

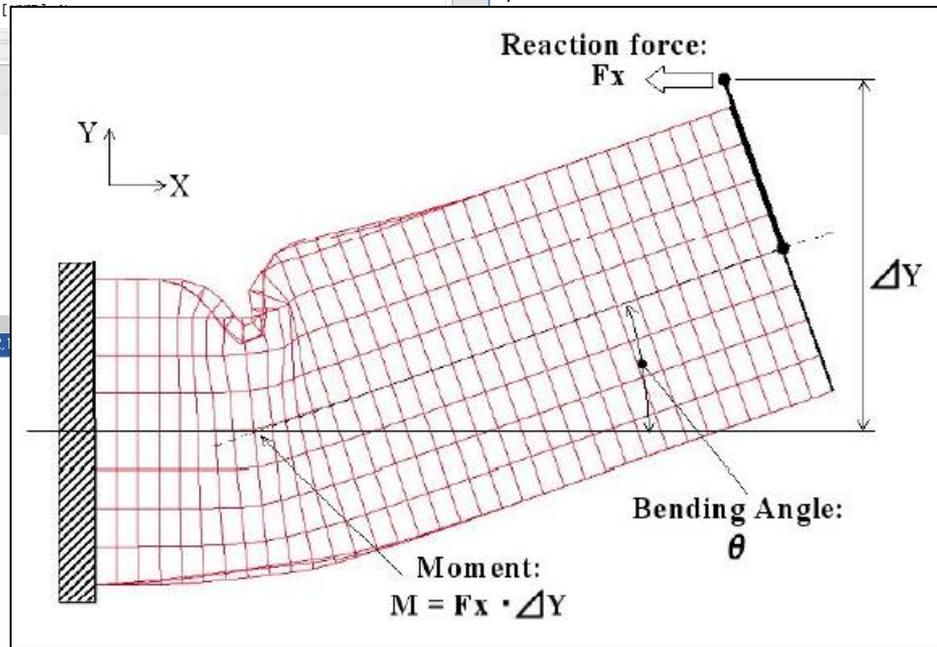
해석 수행

후처리 (1)



변형된 형상 확인

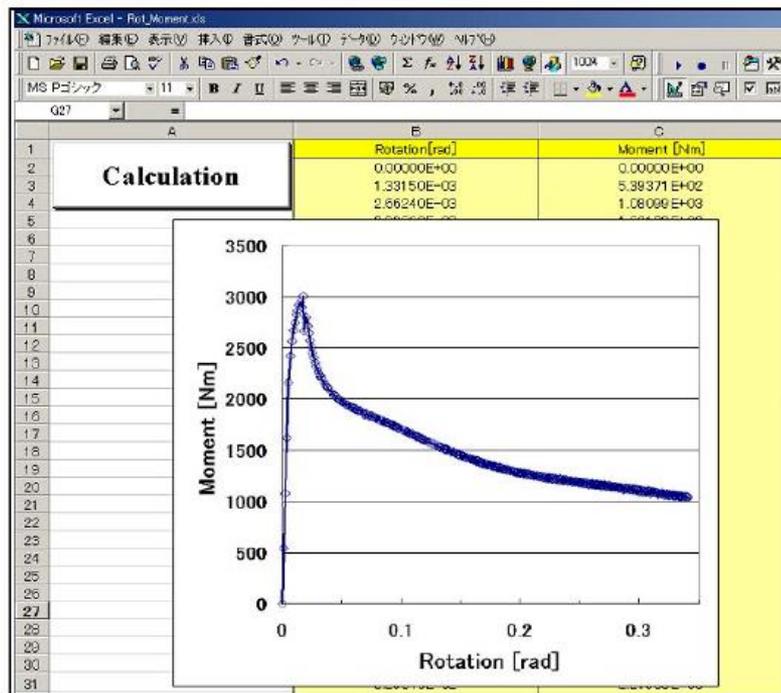
결과 추출 기능을 이용하여
반력, 회전변위, 변위 출력
($\Delta Z = Z$ 방향 변위 +43.3)



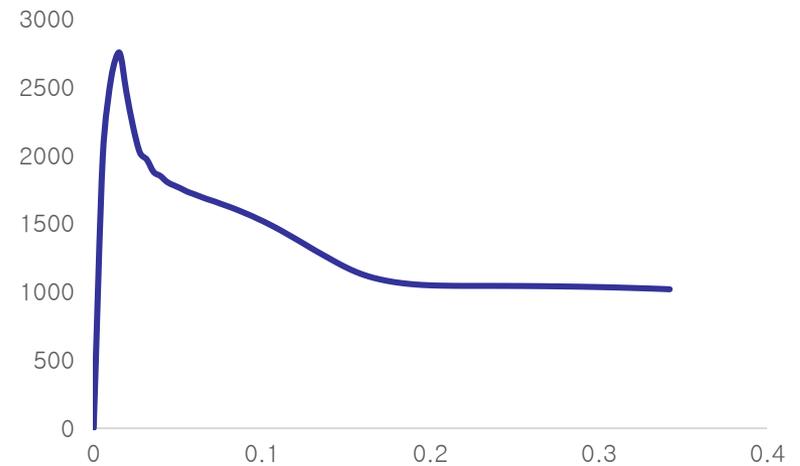
후처리 (2)

참고 논문 결과

NFX 결과



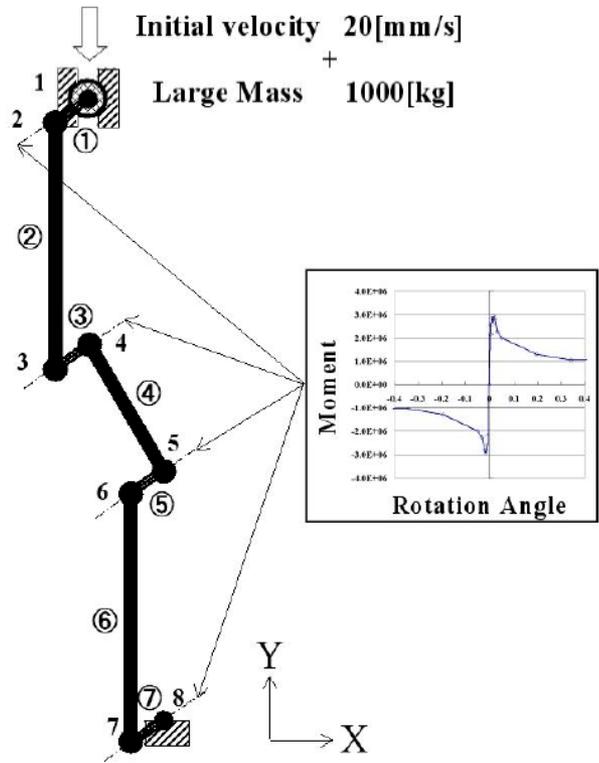
Moment vs. Rotation graph



FIRST ORDER ANALYSIS

빔 요소

예제: JOINT MOMENT ANALYSIS



Microsoft Excel - Trial_F0A_v1001.xls

1. Input Data into below Sheet

2. Modify Cross-section / B.C.

3. Produce Beam model

LS-I

Nodes	Elements	Load, Constr.	L+ Value, (Example L10)	Yes = 1	Elem. No.	Node1	Node2	E[N/mm ²]	ν	ρ [kg/mm ³]
1	2				1	1	2	208000	0.3	7.85E-06
2	3				2	2	3	208000	0.3	7.85E-06
3	4				3	3	4	208000	0.3	7.85E-06
4	5				4	4	5	208000	0.3	7.85E-06
5	6				5	5	6	208000	0.3	7.85E-06
6	7				6	6	7	208000	0.3	7.85E-06
7	8				7	7	8	208000	0.3	7.85E-06

Node No. X [mm] Y [mm] Z [mm] X Y Z rot-X rot-Y rot-Z

1 0.00000E+00 1.00000E+08 0.00000E+00 1 0 0 1 1 1

2 0.00000E+00 1.00000E+08 1.00000E+00 1 1 1 1 1 1

3 0.00000E+00 8.00000E+02 1.00000E+00 1 1 1 1 1 1

4 0.00000E+00 8.00000E+02 0.00000E+00 1 1 1 1 1 1

5 1.50000E+02 4.00000E+02 0.00000E+00 1 1 1 1 1 1

6 1.50000E+02 4.00000E+02 1.00000E+00 1 1 1 1 1 1

7 1.50000E+02 0.00000E+00 1.00000E+00 1 1 1 1 1 1

8 1.50000E+02 0.00000E+00 0.00000E+00 1 1 1 1 1 1

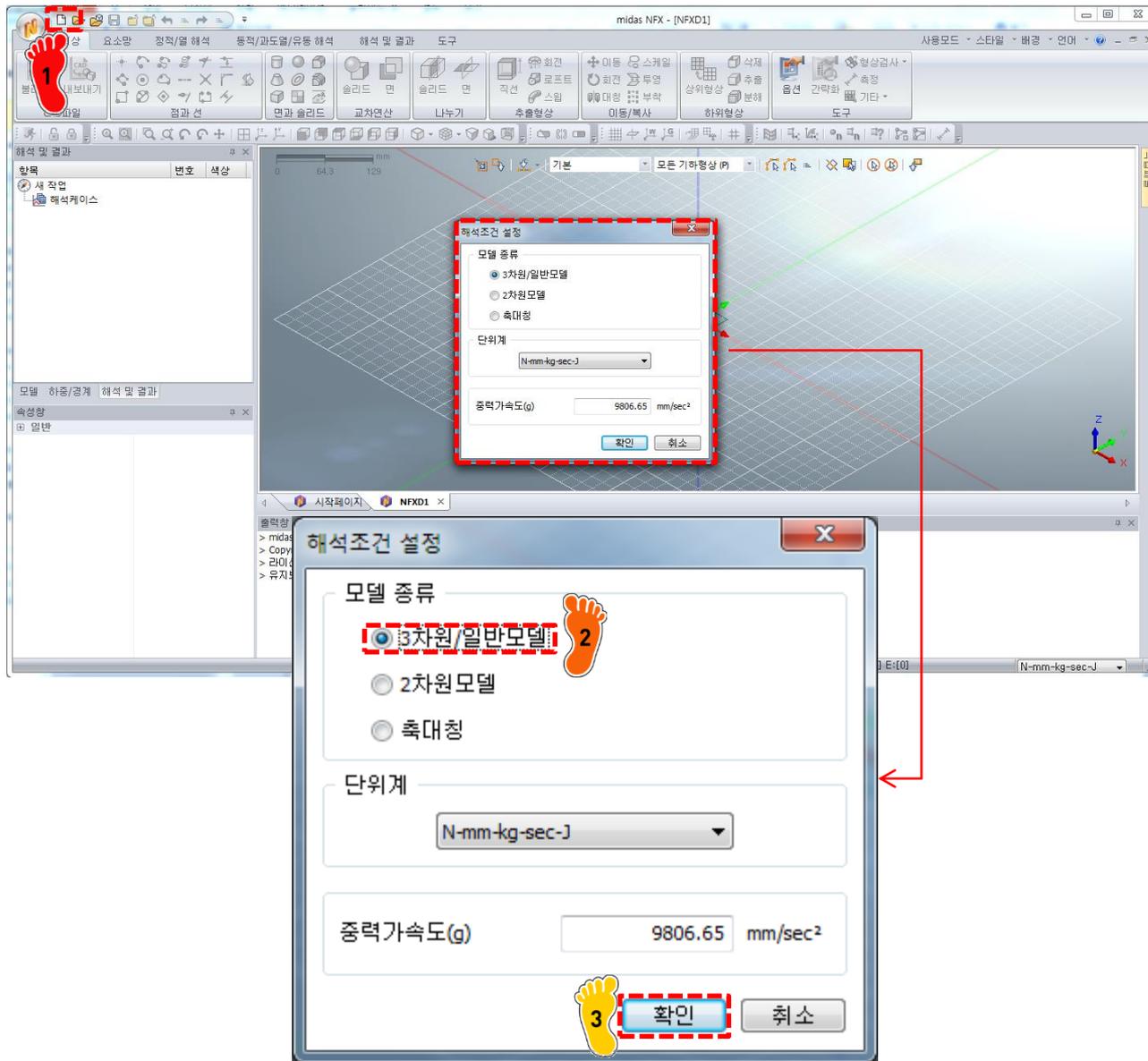
Total Masses= 3.44194E+00

Click!

END

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet with a 3D model of the assembly. The spreadsheet contains input data for nodes and elements, including coordinates (X, Y, Z) and material properties (E, nu, rho). A 3D model of the assembly is shown, with a red arrow pointing to a specific node. A dialog box is open, showing a 3D view of the assembly and a 'Click!' label. The spreadsheet has tabs for '1. Input Data into below Sheet', '2. Modify Cross-section / B.C.', '3. Produce Beam model', and 'LS-I'. The spreadsheet also has a 'View Angle [deg]' dialog box open, showing a 3D view of the assembly.

기하형상 생성 (1)

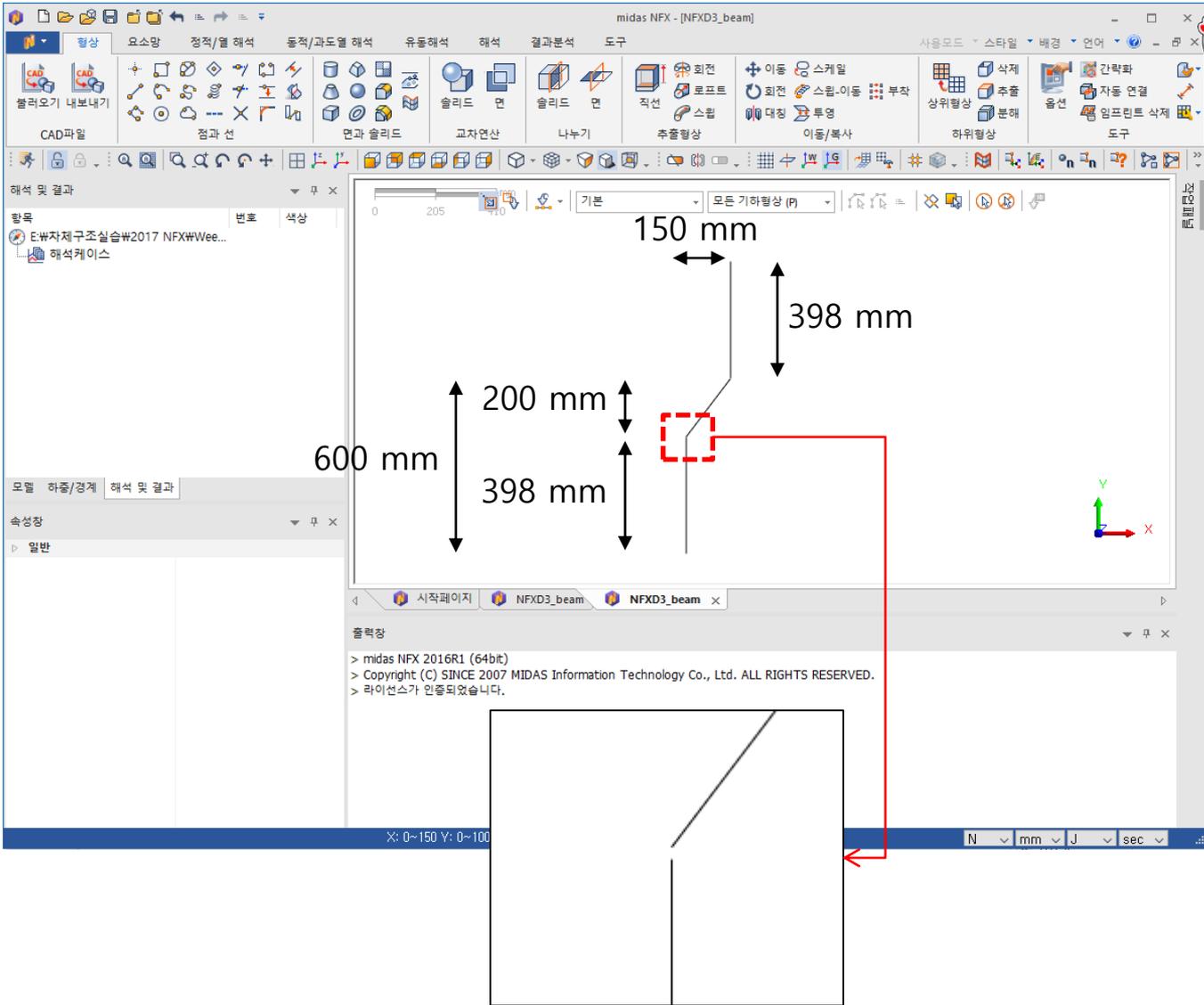


1 새로 만들기 클릭

2 3차원/일반모델 선택

3 확인

기하형상 생성 (2)



1 3개의 직선을 이용하여 빔 모델 생성

조인트 연결을 위해 1 mm 정도의 간격 생성 (빔 사이 / 상단 / 하단)

또는 z-방향으로 평행 이동 하여 생성

재료 물성 및 특성 입력

재료 번호 1 이름 Alloy Steel 색상

구조

탄성계수 206000 N/mm²

프와송비 0.3

질량밀도 7.85e-6 kg/mm³

열팽창계수 1.3e-005

기준온도 0 [T]

열전도도 0.05 W/(mm·[T])

비열 460 J/(kg·[T])

발열계수 1

전위 전도도 0 A/mm·V

에너지 환산 계수 1

안전율계산방법 파손이론 Von Mises 응력(Ductile)

인장 723.83 N/mm² 압축

감쇠 지수

질량 비례 감쇠 계수 0

강성 비례 감쇠 계수 0

구조 감쇠 계수 0

크리프

플러오기... 편집... 확인 취소

1 탄소성 탭메뉴
탄성계수 206 GPa
프와송비 0.3
질량밀도 7.85e-6 kg/mm³
입력 (선형재료)

2 1차원 특성 생성
(사각 단면 구조 적용)

단면템플릿

Box

DIM1 30 mm

DIM2 50 mm

DIM3 1.6 mm

DIM4 1.6 mm

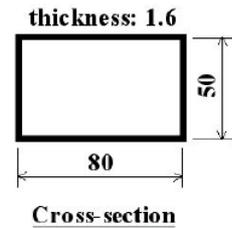
절점에서 전단중심의 거리

DY 0 mm

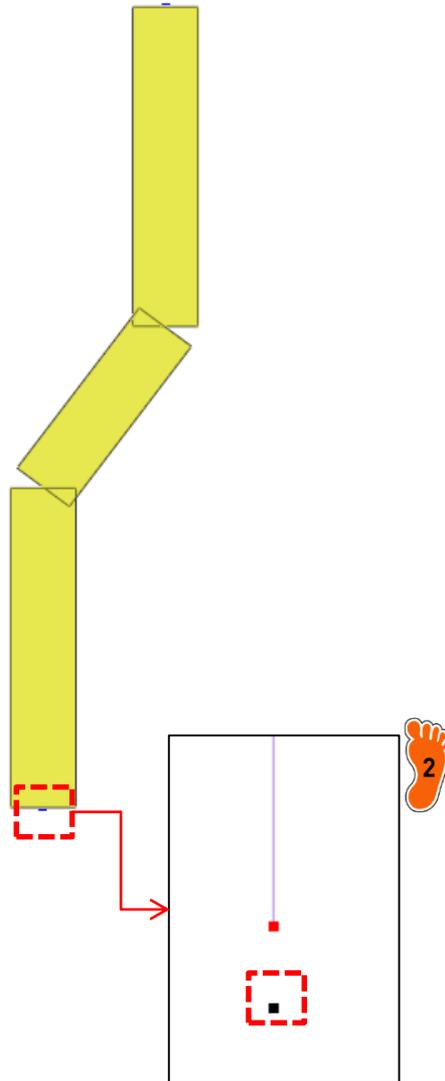
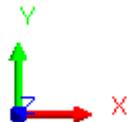
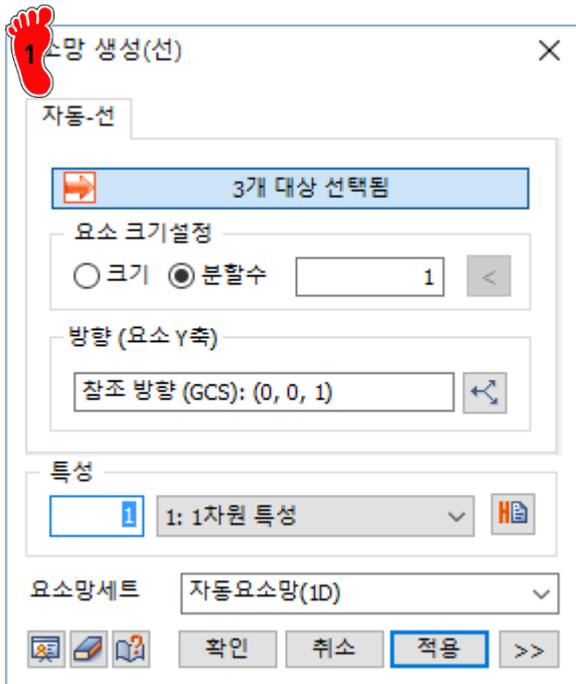
DZ 0 mm

전단중심

확인 취소



요소망 생성



1 분할수 1로 요소 생성

2 양 끝에 조인트 연결을 위한 절점 생성 (1mm 간격)

요소망 이동(복사) 기능 또는 절점 생성 기능 사용

조인트 요소 생성

요소 수정

요소번호를 입력하세요. 변경

요소

요소 수정 : 부위

요소 번호

종류와 연결정보

2절점 결점 [6]...

그라운드 ? 결점을 선택하세요

방향 (요소 Y축)

참조 절점 ? 결점을 선택하세요

참조 방향 ? 방향벡터성분

좌표계 전체직교좌표계

직접입력

스프링/댐퍼 위치

비율

음셋 전체직교좌표계

(S1,S2,S3) mm

특성

2: 기타 특성

비선형성

일반

변위에 따른 힘

1 없음 2 없음 3 없음

4 없음 5 없음 6 일반함수

속도에 따른

1 없음 4 없음

함수 생성/변경

공간 비공간

이름 일반함수 독립 변수 변위(d) 대 힘

방정식

시작 끝 증분

값 계산

변위 (mm)	힘 (N)
-0.3421	-1018901.6170
-0.3392	-1020299.3950
-0.3363	-1021654.6900
-0.3334	-1022973.4570
-0.3305	-1024236.1590
-0.3276	-1025444.6820
-0.3247	-1026636.3950
-0.3217	-1027782.4670
-0.3188	-1028905.3250
-0.3159	-1029961.0660
-0.3129	-1031000.0640
-0.3100	-1031966.4700
-0.3070	-1032914.5260

방정식

시작 끝 증분

값 계산

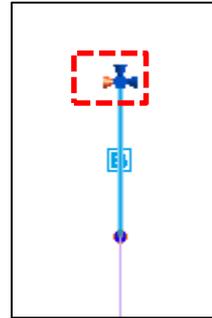
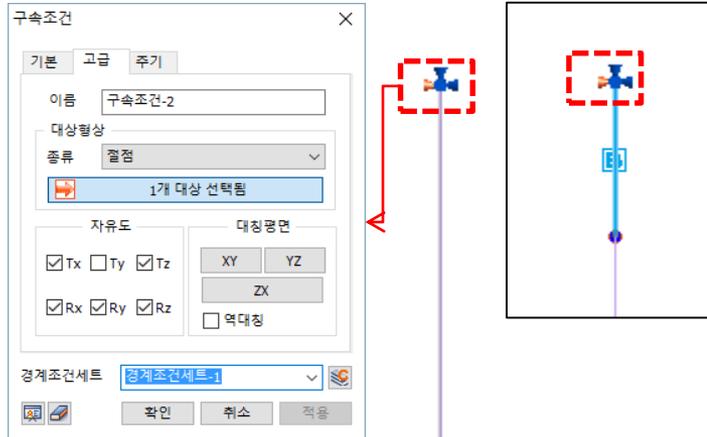
확인 취소 적용



1 조인트 생성 후 비선형성 적용

기본 강성도 모두 입력 (1e10)

경계조건 및 하중 적용

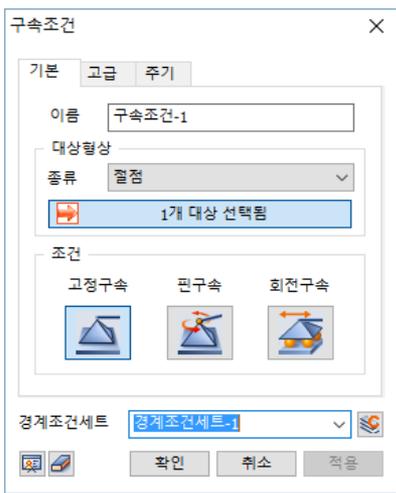
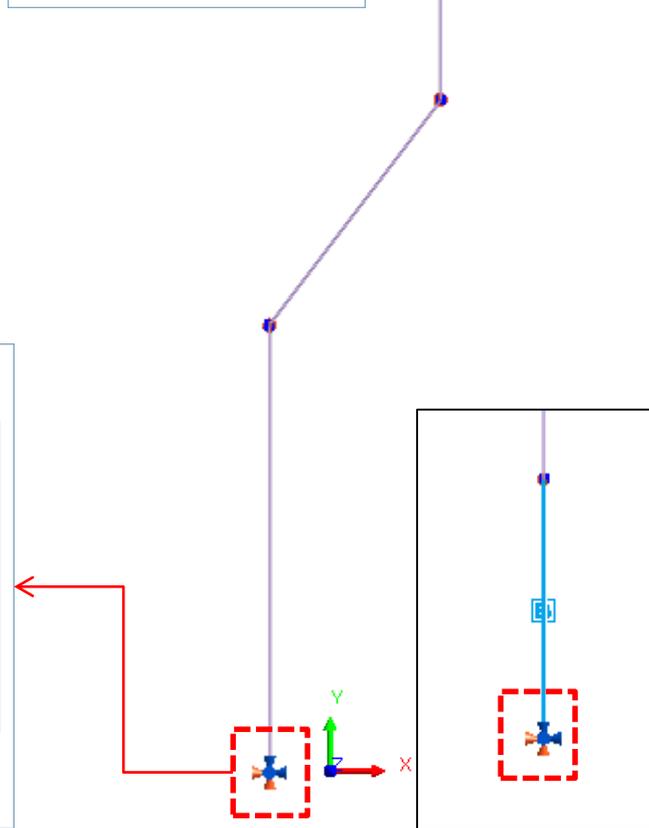


- 전체 절점 z방향 구속
- 하단부 고정구속
- 하중점 하중방향 외 구속



하중은 쉘 모델과 마찬가지로 강제 변위 0-200 mm 적용 (시간은 0-1로 설정)

	시간 (sec)	값
	0.0000	0.0000
	1.0000	200.0000
+		



해석 케이스 정의 및 해석 실행

해석케이스 추가/변경

해석 케이스 설정
 이름: aaa
 해석 종류: 외연적 비선형 동해석

해석 모델
 전체세트: 요소망, 복사된 요소망, 구속 조건, 경계조건세트-1, 동적 하중, 동적하중 세트-1, 압축
 활성화세트: 요소망, 기본 요소망세트, 부쉬, 스프링 선택, 서버케이스 제어

서브케이스 설정
 서버케이스 제어: 서버케이스 결과

서브케이스 제어
 외연적 비선형 동해석 (필수)
 종류: 외연적 비선형 동해석
 구속 조건
 경계조건세트-1

동적 해석 | 질량 스케일링 | 추가 하중 | 일반

해석 시간 및 출력 빈도

전체 시간	1 sec
중간 결과 출력	
<input checked="" type="radio"/> 출력 개수	100
<input type="radio"/> 시간 간격	0.01 sec

강제 구조
 강제 시간스텝: 5e-006 sec

고급 동적해석 설정...

확인 취소

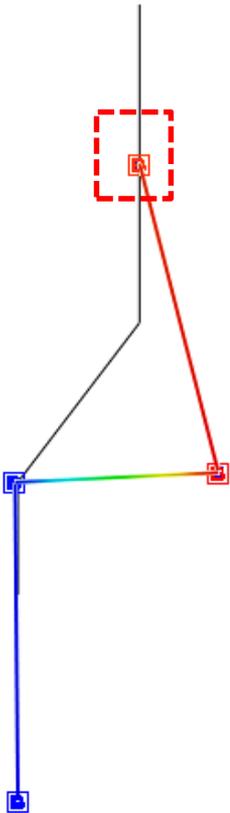


해석 케이스 외연적 비선형 동해석 선택

전체시간: 1 sec
출력 개수: 100

해석 수행

후처리 (1)



결과값 추출

결과 데이터
 해석 케이스: aaa
 결과 종류: 반력
 결과: 전체 구속력

스텝: 결과
 외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=0 (TIME=0.000e+000)
 외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=53199 (TIME=1.000e-002)
 외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=106397 (TIME=2.000e-002)
 외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=159595 (TIME=3.000e-002)
 외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=212793 (TIME=4.000e-002)
 외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=265991 (TIME=5.000e-002)
 외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=319189 (TIME=6.000e-002)
 외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=372387 (TIME=7.000e-002)
 외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=425585 (TIME=8.000e-002)
 외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=478783 (TIME=9.000e-002)
 외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=531981 (TIME=1.000e-001)
 외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=585179 (TIME=1.100e-001)
 외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=638377 (TIME=1.200e-001)
 외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=691575 (TIME=1.300e-001)
 외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=744773 (TIME=1.400e-001)
 외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=797971 (TIME=1.500e-001)
 외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=851169 (TIME=1.600e-001)
 외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=904367 (TIME=1.700e-001)
 외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=957565 (TIME=1.800e-001)
 외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=1010763 (TIME=1.900e-001)
 외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=1063961 (TIME=2.000e-001)
 외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=1117159 (TIME=2.100e-001)
 외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=1170357 (TIME=2.200e-001)
 외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=1223555 (TIME=2.300e-001)

전체선택 전체해제

출력기준
 스텝 절점

추출 절점/요소
 사용자 정의
 절점: 8
 정렬: X Y Z 오름차순

최대값 최소값 절대치 최대
 표시중인 요소/절점만

요소 추출위치: [선택]
 정적결과 내보내기: [데이터 내보내기...]

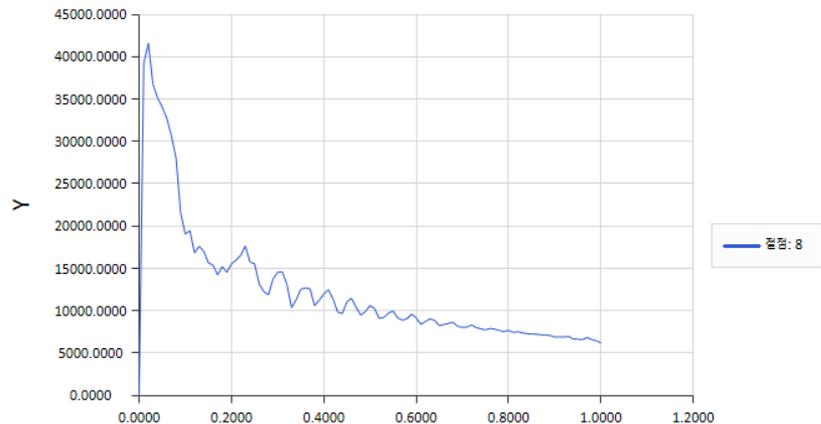
테이블 닫기



변형된 형상 확인

결과 추출 기능을 이용하여 하중점 반력 출력

번호	스텝	스텝 값	절점: 8 (N)
1	외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=0 (TIME=0.000e+000)	0.000000e+000	0.000000e+000
2	외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=53199 (TIME=1.000e-002)	1.000000e-002	3.919455e+004
3	외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=106397 (TIME=2.000e-002)	2.000000e-002	4.156484e+004
4	외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=159595 (TIME=3.000e-002)	3.000000e-002	3.673639e+004
5	외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=212793 (TIME=4.000e-002)	4.000000e-002	3.511172e+004
6	외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=265991 (TIME=5.000e-002)	5.000000e-002	3.403854e+004
7	외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=319189 (TIME=6.000e-002)	6.000000e-002	3.271746e+004
8	외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=372387 (TIME=7.000e-002)	7.000000e-002	3.062953e+004
9	외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=425585 (TIME=8.000e-002)	8.000000e-002	2.801930e+004
10	외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=478783 (TIME=9.000e-002)	9.000000e-002	2.152620e+004
11	외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=531981 (TIME=1.000e-001)	1.000000e-001	1.903095e+004
12	외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=585179 (TIME=1.100e-001)	1.100000e-001	1.944593e+004
13	외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=638377 (TIME=1.200e-001)	1.200000e-001	1.680465e+004
14	외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=691575 (TIME=1.300e-001)	1.300000e-001	1.759123e+004
15	외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=744773 (TIME=1.400e-001)	1.400000e-001	1.699837e+004
16	외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=797971 (TIME=1.500e-001)	1.500000e-001	1.564032e+004
17	외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=851169 (TIME=1.600e-001)	1.600000e-001	1.536877e+004
18	외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=904367 (TIME=1.700e-001)	1.700000e-001	1.422114e+004
19	외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=957565 (TIME=1.800e-001)	1.800000e-001	1.517665e+004
20	외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=1010763 (TIME=1.900e-001)	1.900000e-001	1.452659e+004
21	외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=1063961 (TIME=2.000e-001)	2.000000e-001	1.552295e+004
22	외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=1117159 (TIME=2.100e-001)	2.100000e-001	1.596260e+004
23	외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=1170357 (TIME=2.200e-001)	2.200000e-001	1.652567e+004
24	외연적 비선형 동해석 (필수):INCR=1223555 (TIME=2.300e-001)	2.300000e-001	1.762801e+004



EXPLICIT VS. IMPLICIT

해석케이스 추가/변경

이름: 내연적
해석 종류: 내연적 비선형 동해석

서브케이스 제어

서브케이스 제어

출력 증분 (횟수X)

중간 결과 출력: 10

전체 시간: 1 sec
시간 스텝 개수: 1000

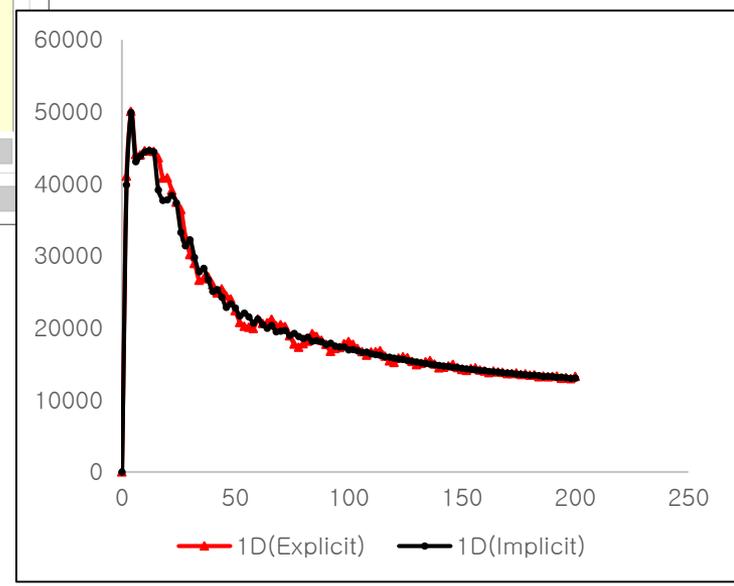
초기 시간 증분대비 최대시간 증분 비: 10

초기 시간 증분대비 최소시간 증분 비: 0.03125

수렴기준 / 오류오차

변위 (U): 0.001
하중 (P): 0.001
일량 (W): 1e-006

반력 결과

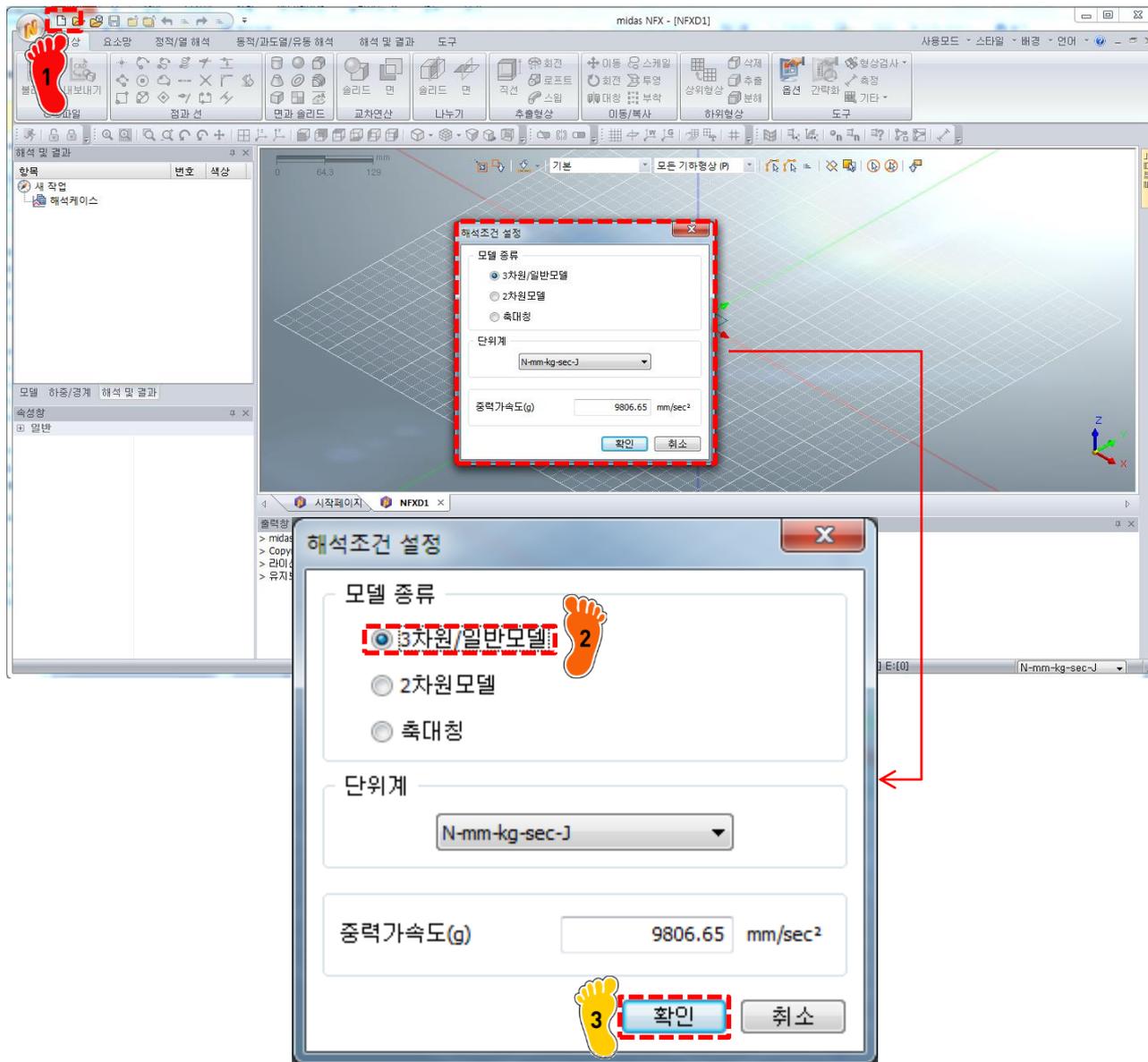


초기 시간 스텝 = 전체시간 / 시간 스텝 개수
결과 출력 개수 = 시간 스텝 개수 / 중간 결과 출력

MID RAIL ANALYSIS

셸 요소

기하형상 생성 (1)

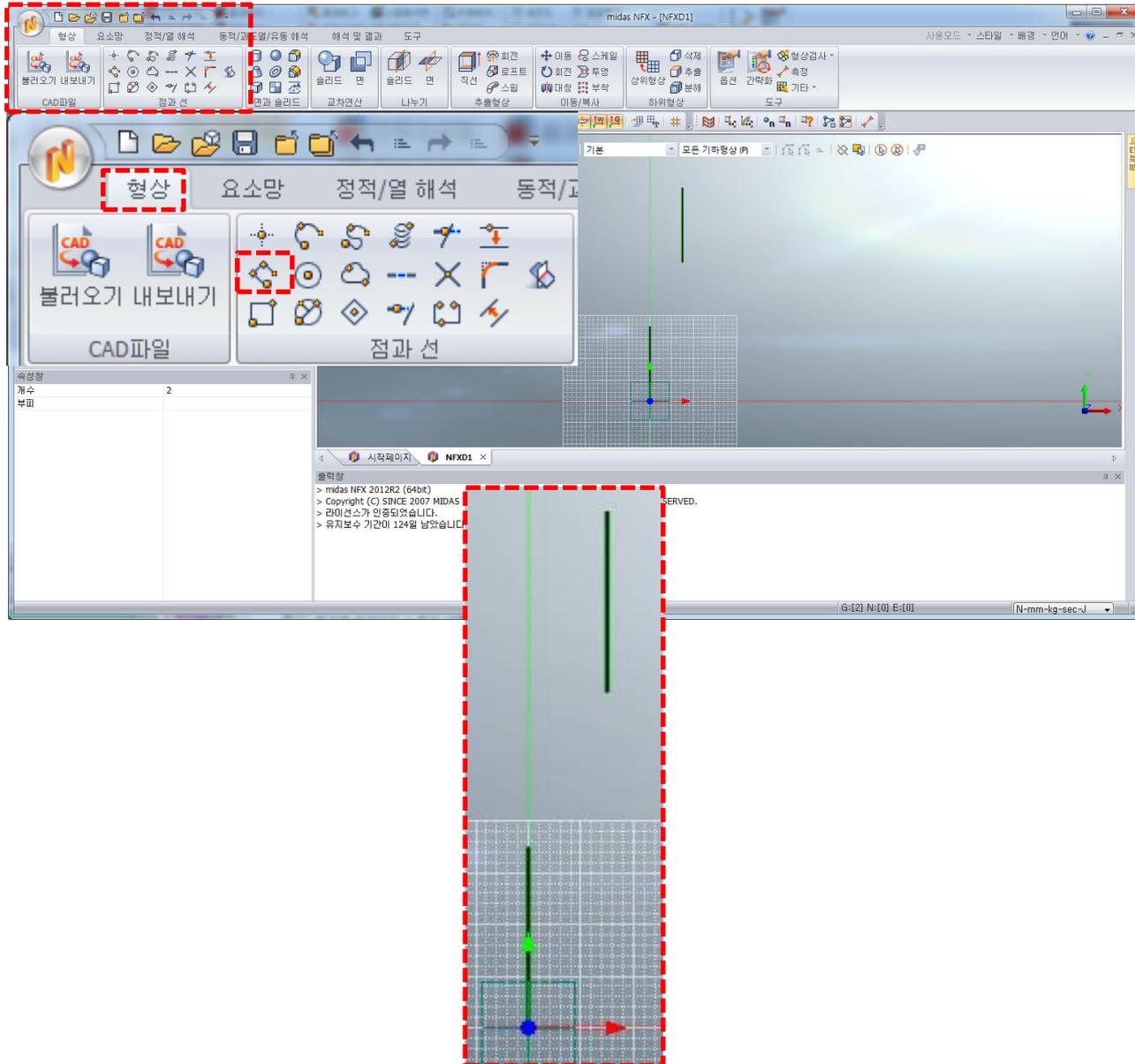


1 새로 만들기 클릭

2 3차원/일반모델 선택

3 확인

기하형상 생성 (2)



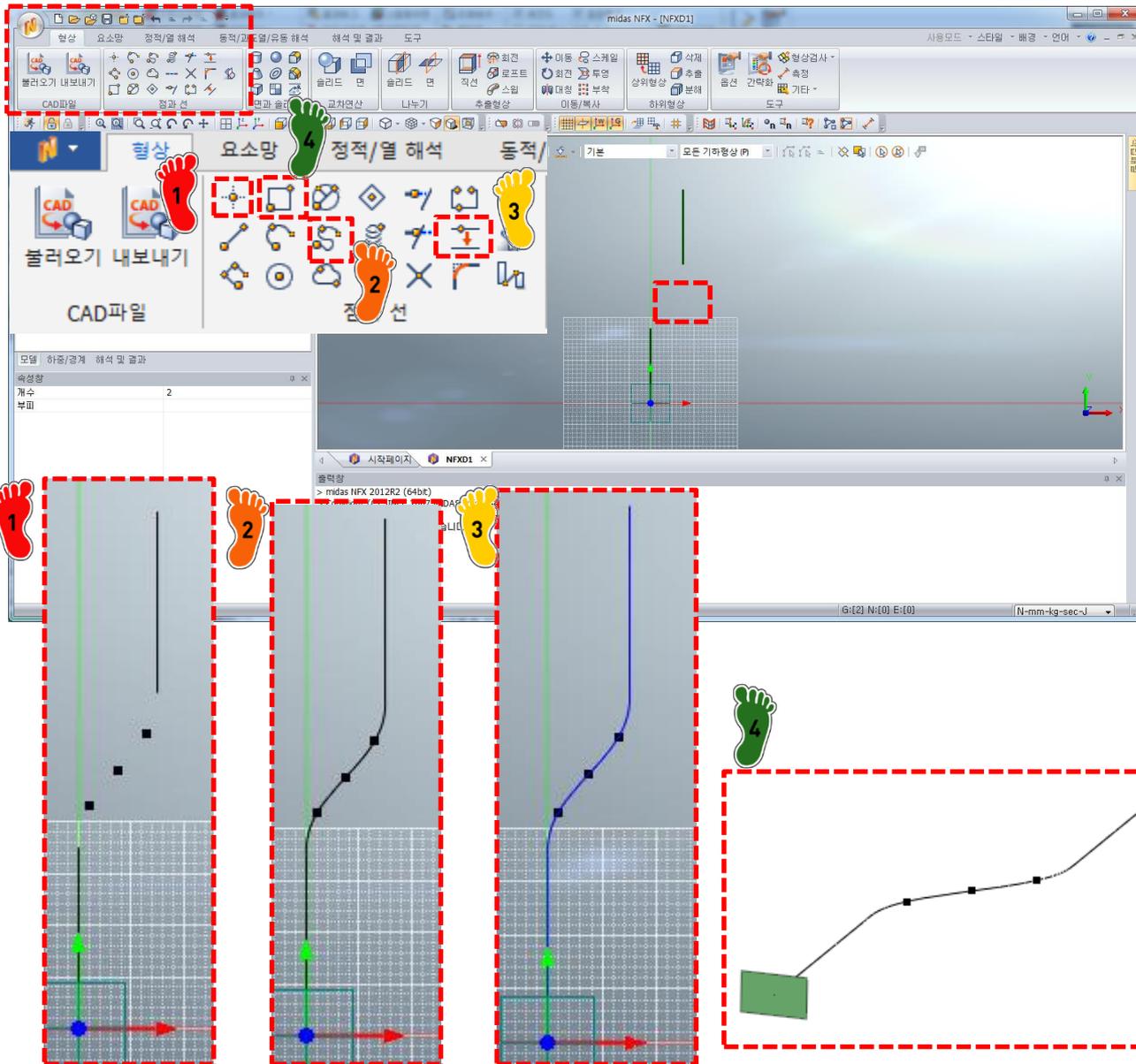
연결선 생성 메뉴를 통해

선1
 시작위치 (0,0)
 끝 위치 (0,350)

선2
 시작위치 (150,1000)
 상대 위치 (0,-350)

길이를 갖는 2개의 선 생성

기하형상 생성 (3)



1 점 생성 메뉴를 통해

(20,430)
(75,500)
(130,570)

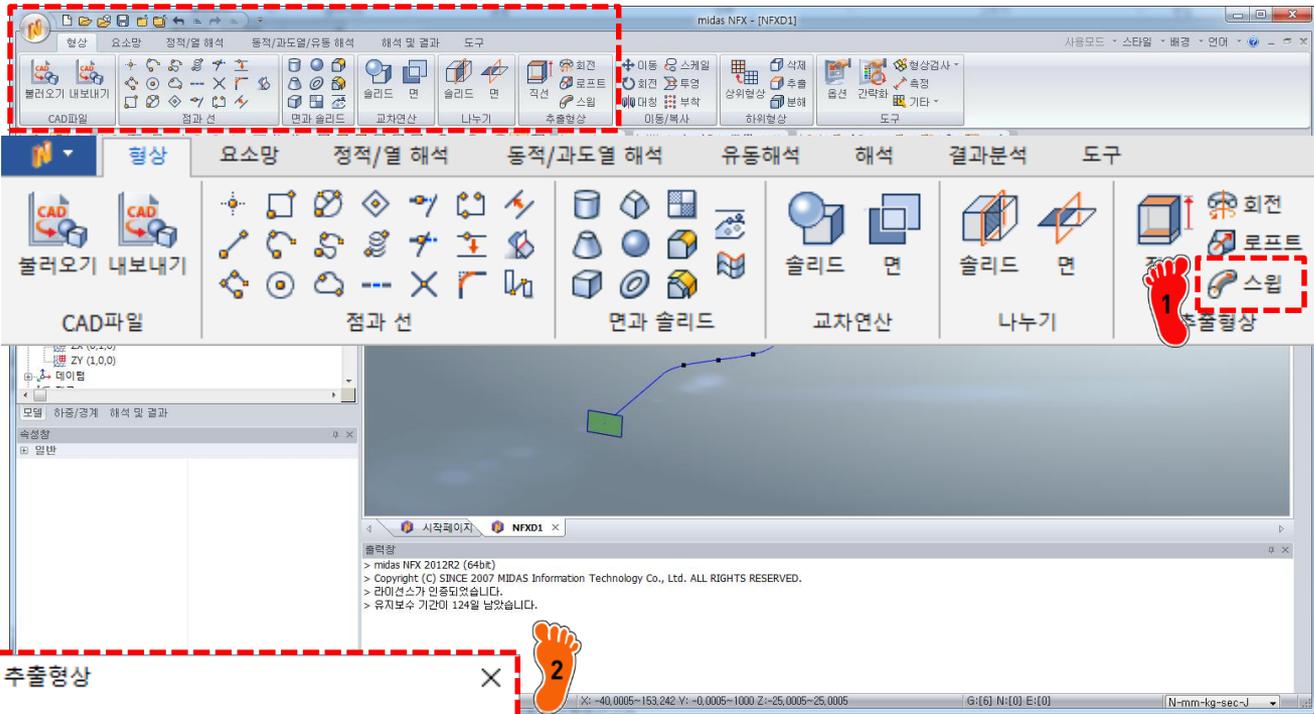
세 개의 점 생성

2 '자유곡선' 메뉴를 통해 자유곡선 생성

3 와이어 생성 메뉴 **---** 를 통해 생성한 선들을 와이어로 변환

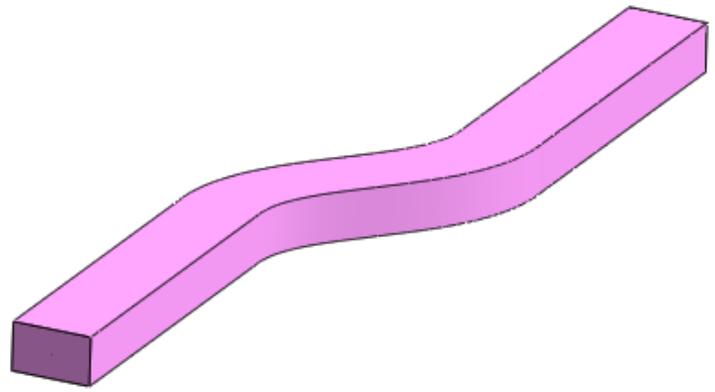
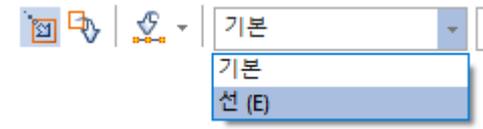
4 원점에서 가로 80 mm 세로 50 mm 인 직사각형을 수직하게 생성

기하형상 생성 (4)



1 스윙 메뉴를 이용하여 슬리드 모델 생성 경로에 수직 체크

2 단면 및 안내선 선택 (안내선 선택 시 선택 기본 메뉴→선으로 변경)



재료 물성 및 특성 입력

재료 번호: 1 이름: **등방성-1** 색상:

All 탄소성

구조

탄성계수	206000	N/mm ²
프와송비	0.3	
질량밀도	7.85e-006	kg/mm ³

열응력 열팽창계수: 0 기준온도: 0 [T]

항복기준: Von Mises

소성경화 곡선 응력-변형률 곡선

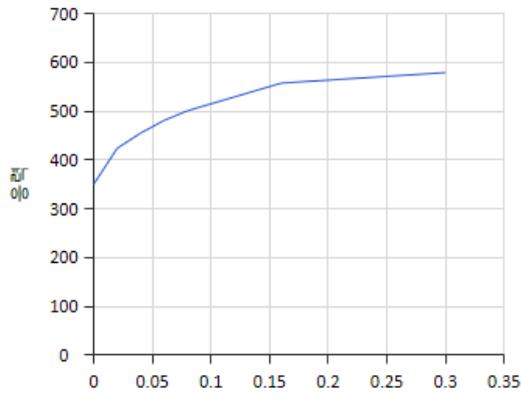
경화규칙: 등방성

합수 생성/변경

소성경화 합수

이름: 소성경화 합수

소성변형도	응력 (N/mm ²)
0.0000	350.0000
0.0200	423.7000
0.0400	455.0000
0.0600	480.9000
0.0800	500.8000
0.1600	557.5000
0.3000	579.0000



응력

소성변형도

1 스케일값

[확인] 취소 적용

1 탄소성 탭메뉴
 탄성계수 206 GPa
 푸와송비 0.3
 질량밀도 7.85e-6 kg/mm³
 입력

2 소성경화 곡선 생성

3 2차원 특성 생성
 (두께 1.6 mm)

2차원 특성 생성/변경

번호: 1 이름: **2차원특성** 색상:

재료: 1: 등방성-1

재료좌표계: 좌표계 전체직교좌표계

각도: 0 [도]

두께: 균일두께

기준합수: 없음

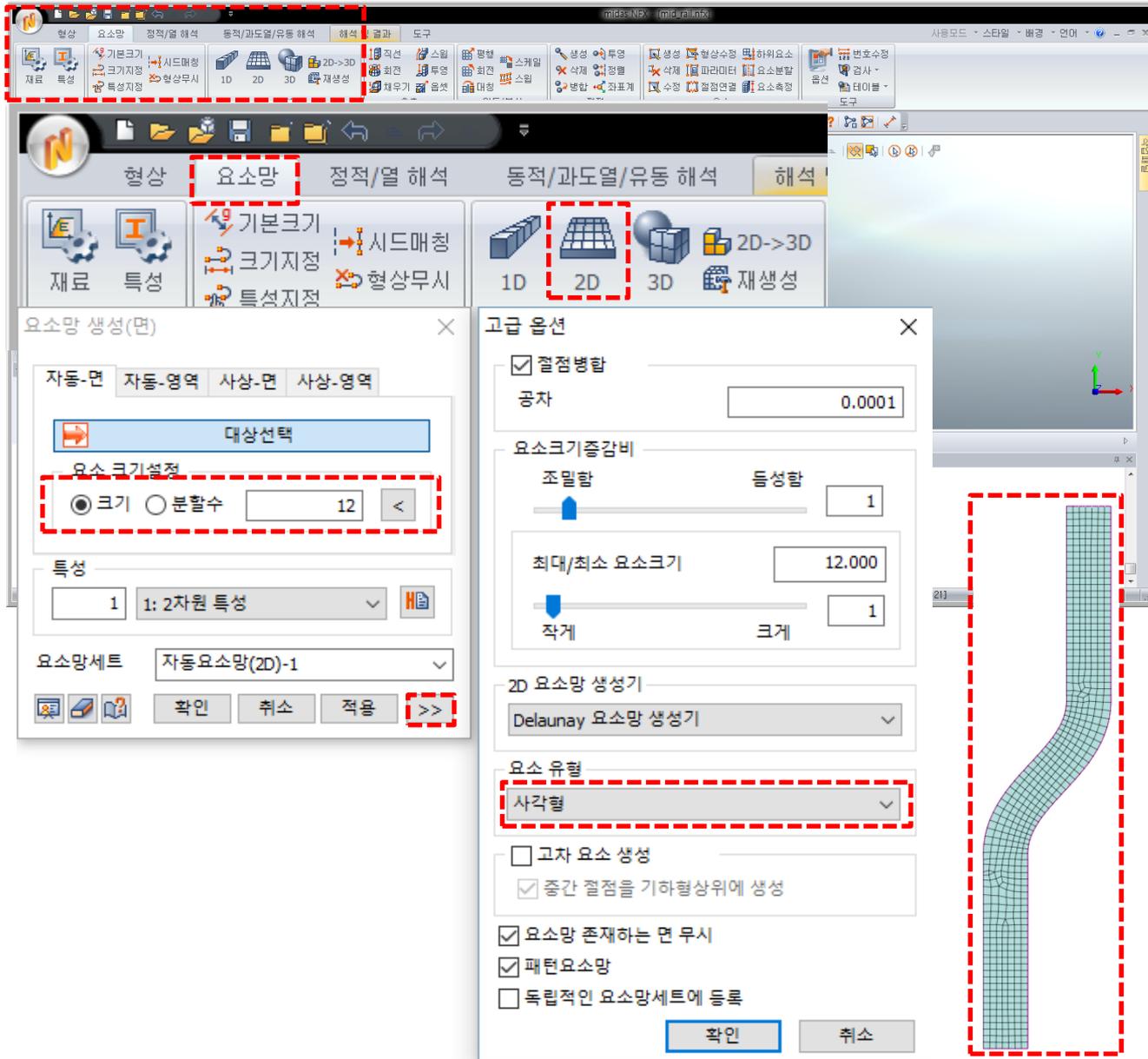
T/T1: 1.6 mm T2: 1 mm
 T3: 1 mm T4: 1 mm

비구조질량: 0 kg/mm³

면내회전자유도 포함

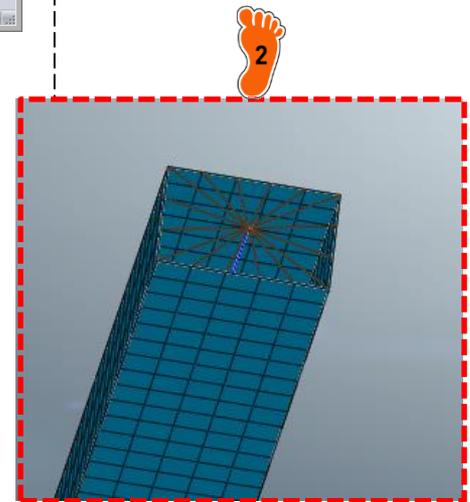
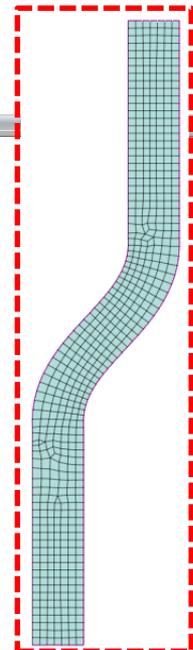
[확인] 취소 적용

요소망 생성



1 크기 12인 요소망 생성 ('사상-면' 오류 발생 시 '자동-면' 에서 사각형 요소로 생성)

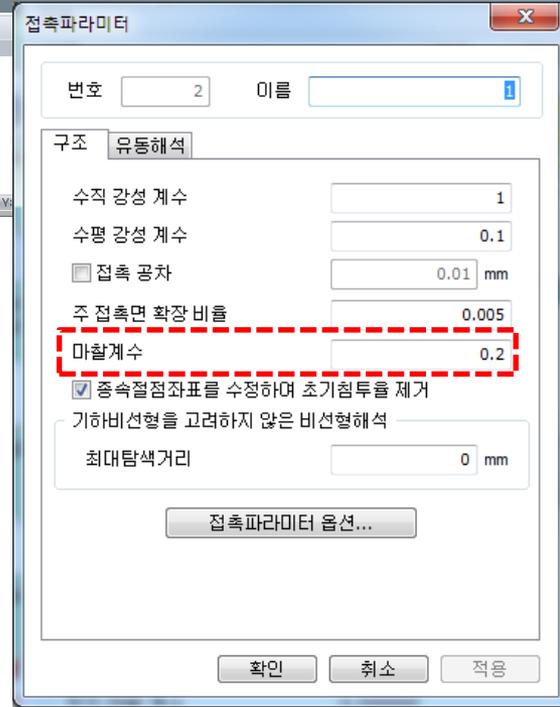
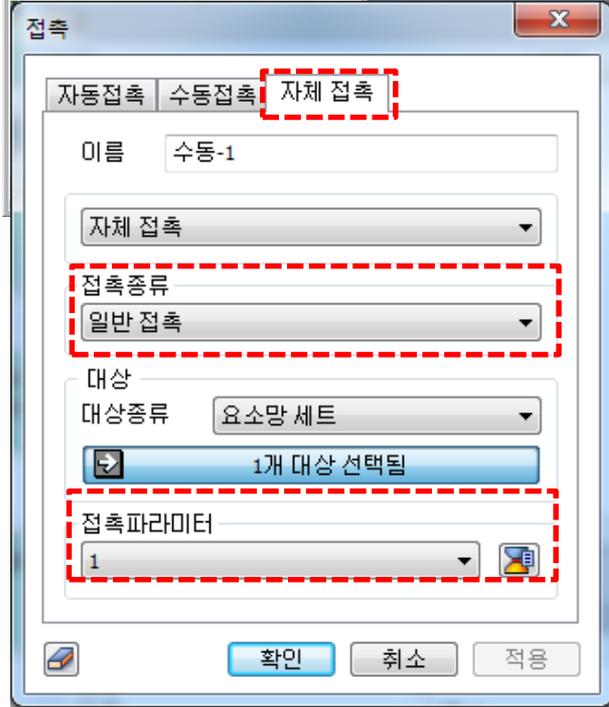
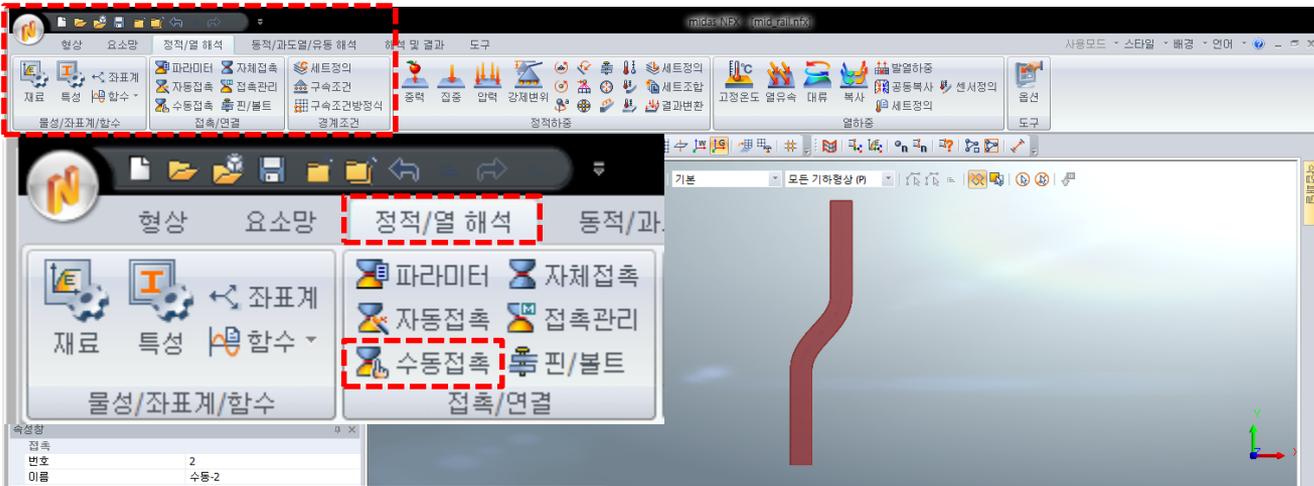
2 상단 부분은 강제 요소 생성



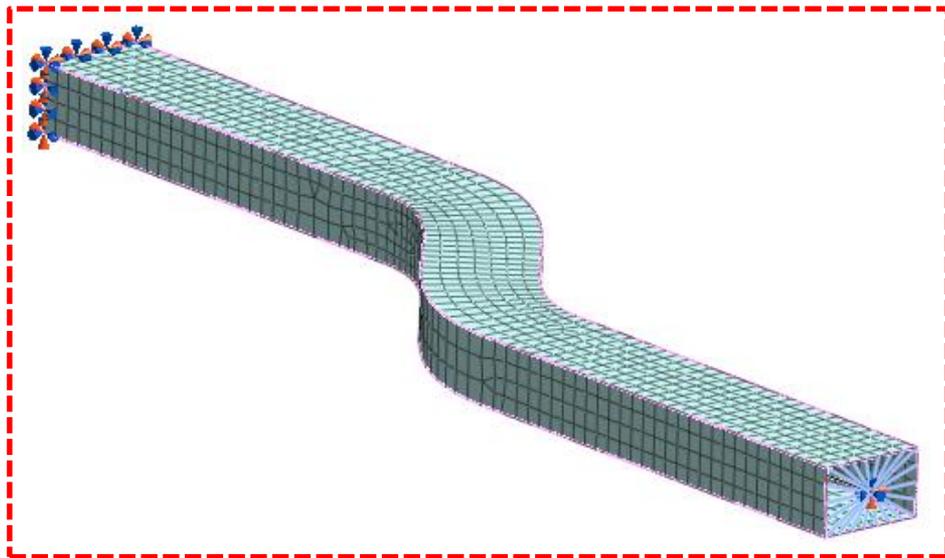
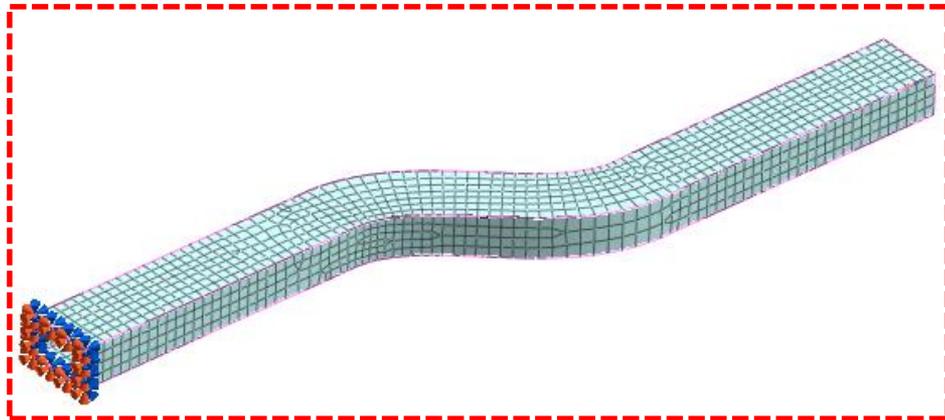
접촉조건 설정



마찰계수 0.2 를 갖는 자체 접촉 설정



구속조건 및 하중조건 설정 (1)



아래쪽 끝 부분은 고정구속으로 설정



강체 중심 절점은 Y 방향 구속조건을 제외한 모든 자유도 구속
(Tx, Tz, Rx, Ry, Rz 구속)

구속조건 및 하중조건 설정 (2)



강체 요소 중앙의 절점에 시간의존 변위 입력

The screenshot shows the software interface with several key elements highlighted by red dashed boxes:

- Top Menu Bar:** Includes '형상' (Shape), '요소망' (Mesh), '정적/열 해석' (Static/Thermal Analysis), '동적/과도열/유동 해석' (Dynamic/Transient/Fluid Analysis), '해석 및 결과' (Analysis and Results), and '도구' (Tools).
- Toolbars:** Contains various analysis and visualization tools like '초기속도' (Initial Velocity), '시간의존 변위' (Time-dependent Displacement), '주파수의존 변위' (Frequency-dependent Displacement), and '동적하중' (Dynamic Load).
- Dynamic Load Dialog (동적 하중):**
 - Tab: '변위' (Displacement)
 - Name: '시간의존 절점변위-4' (Time-dependent Node Displacement-4)
 - Target Type: '절점' (Node)
 - Component: 'Ty' is selected with a value of -1.
 - Units: 'mm'.
 - Time Function: '변위' (Displacement) is selected.
- Time Function Dialog (시간함수):**
 - Name: '변위' (Displacement)
 - Table:

시간 (sec)	값
1	0.0000
2	0.1000
3	200.0000

 - Graph: A linear ramp function plot showing displacement increasing from 0 at 0 seconds to 200 at 0.1 seconds.

해석 케이스 정의 및 해석 실행

The screenshot displays the midas NFX software interface. The main window shows a 3D model of a curved beam with a mesh. On the left, the '해석케이스' (Analysis Case) tree is visible, with '최적설계' (Optimization) highlighted. Below the main window, two dialog boxes are open:

- 해석케이스 추가/변경** (Analysis Case Add/Modify): Shows the '해석 종류' (Analysis Type) set to '외연적 비선형 동해석(MBS)' (External Nonlinear Dynamic Analysis (MBS)). The '해석 제어' (Analysis Control) tab is active, and the '출력 개수' (Number of Output) is set to 100.
- 해석 제어** (Analysis Control): Shows the '동적 해석' (Dynamic Analysis) tab. The '해석 시간 및 출력 빈도' (Analysis Time and Output Frequency) section is visible, with '출력 개수' (Number of Output) set to 100 and '시간 간격' (Time Interval) set to 0.01 sec.



해석 케이스 외연적 비선형 동해석 선택

서브 케이스 제어에서 출력 개수 100으로 변경

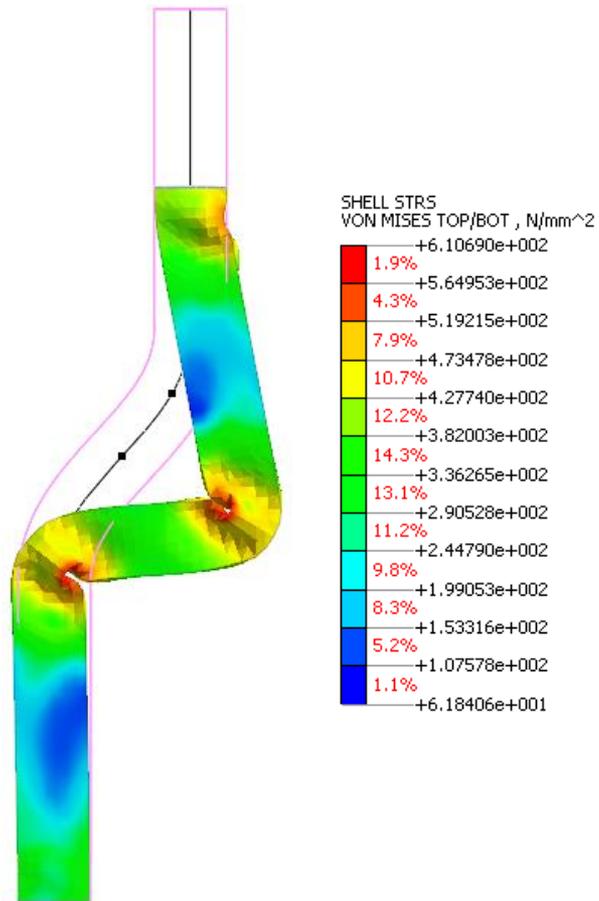
해석 수행

후처리 (1)

참고 논문 결과



NFX 결과



해석 및 결과 탭 메뉴의 일반 메뉴에서 변형 스케일을 실제스케일로 변경



제일 마지막 시간 스텝의 변형 형상 확인

후처리 (2)

결과분석 도구
 결과태그 사용자정의 수식 반력합계
 임의선추출 응력 선형화 스텝등위면
 결과추출 임의방향 부재력합계 기타기능

근사모델형상
 최적모델생성

최적설계후처리



강체 중앙 절점의 Y 방향 반력을 테이블로 추출

결과값 추출

결과 데이터

해석 케이스: aaa

결과 종류: 반력

결과: 전체 구속력

스텝: 결과

모든절점 비선형해석요소 (필수): INCR=0 (TIME
 모든절점 비선형해석요소 (필수): INCR=1619 (T
 모든절점 비선형해석요소 (필수): INCR=3238 (T
 모든절점 비선형해석요소 (필수): INCR=4857 (T
 모든절점 비선형해석요소 (필수): INCR=6476 (T
 모든절점 비선형해석요소 (필수): INCR=8095 (T
 모든절점 비선형해석요소 (필수): INCR=9714 (T

전체선택 전체해제

출력기준

스텝 절점

추출 절점/요소

사용자 정의

절점: 9074

정렬: X Y Z 오름차순

최대값 최소값 절대치 최대

표시중인 요소/절점만

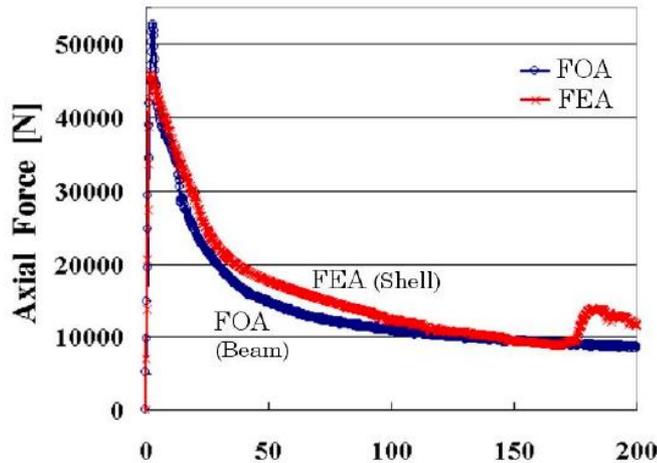
요소 추출위치

정적결과 내보내기

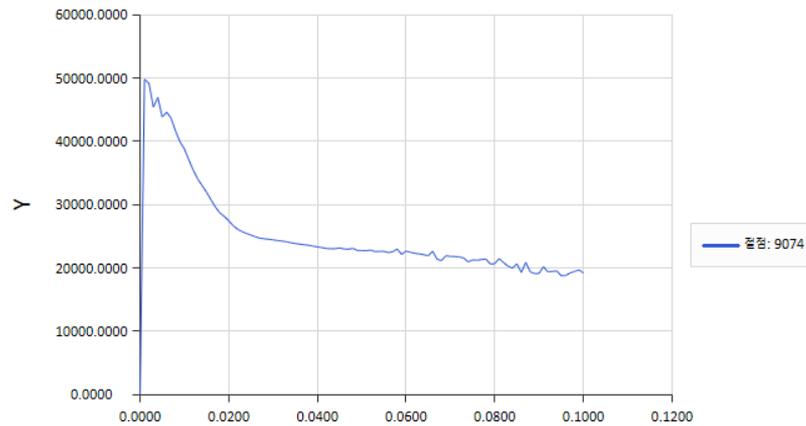
데이터 내보내기...

테이블 닫기

참고 논문 결과



NFX 결과



후처리 (2)

1 기존 3D 결과와 비교

