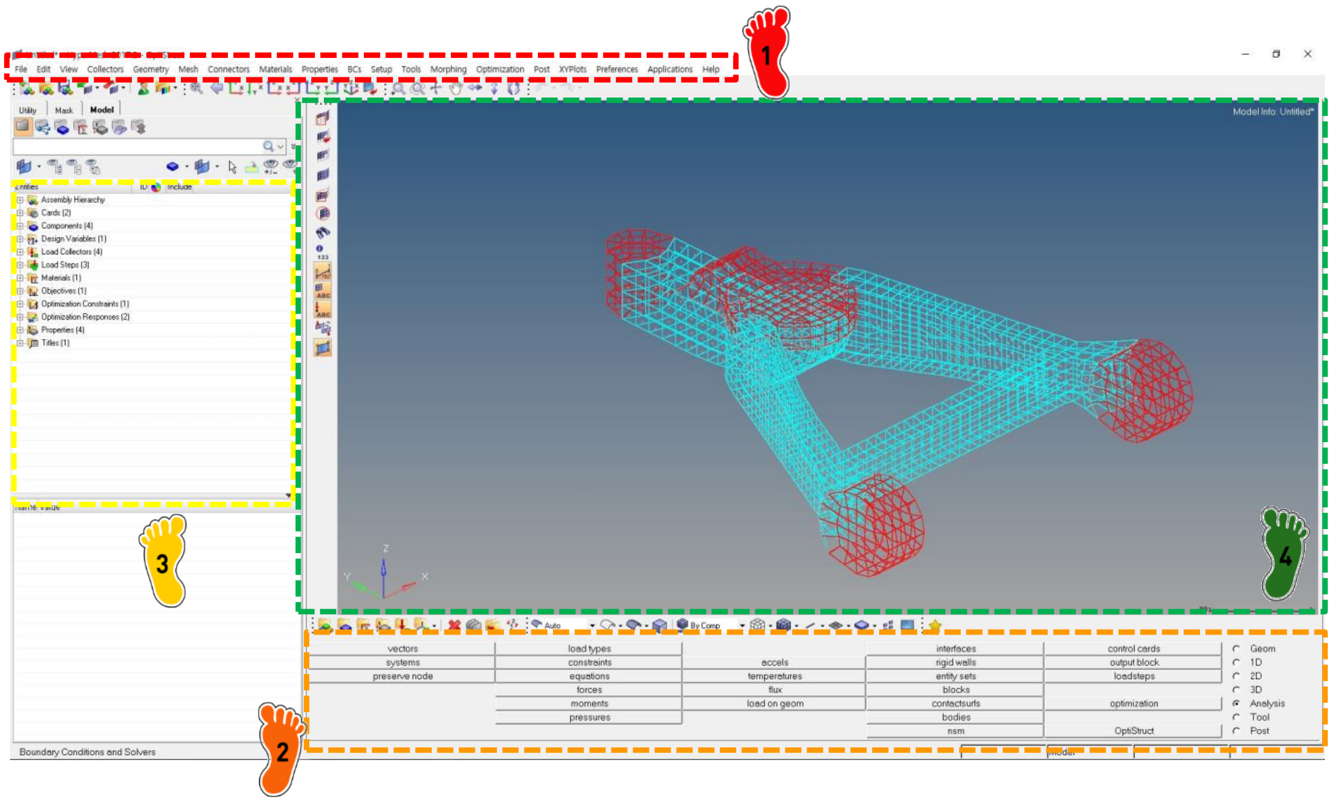
고체역학 기반 해석 프로세스

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

목차

- 메뉴 소개
- 조작법
- 해석 프로세스 (빔 요소)
  - Component-geometry 생성
  - Materials and properties
  - Component-mesh 생성
  - Load collectors-boundary conditions 설정
  - Load collectors-load 설정
  - Load steps 정의 및 해석
  - 후처리

작업 메뉴



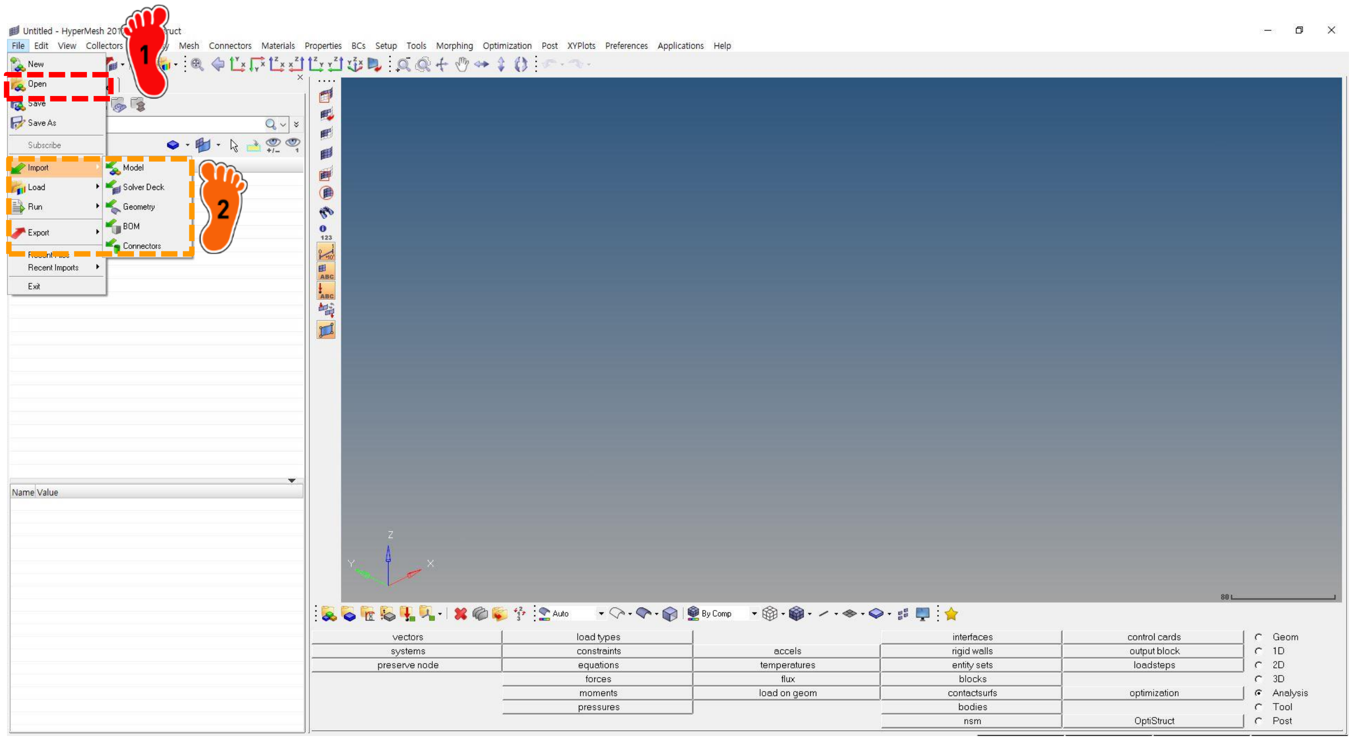
1 주 메뉴
→해석을 위한 모든 메뉴

2 간편 메뉴

3 작업 트리
→ 해석 모델의 정보

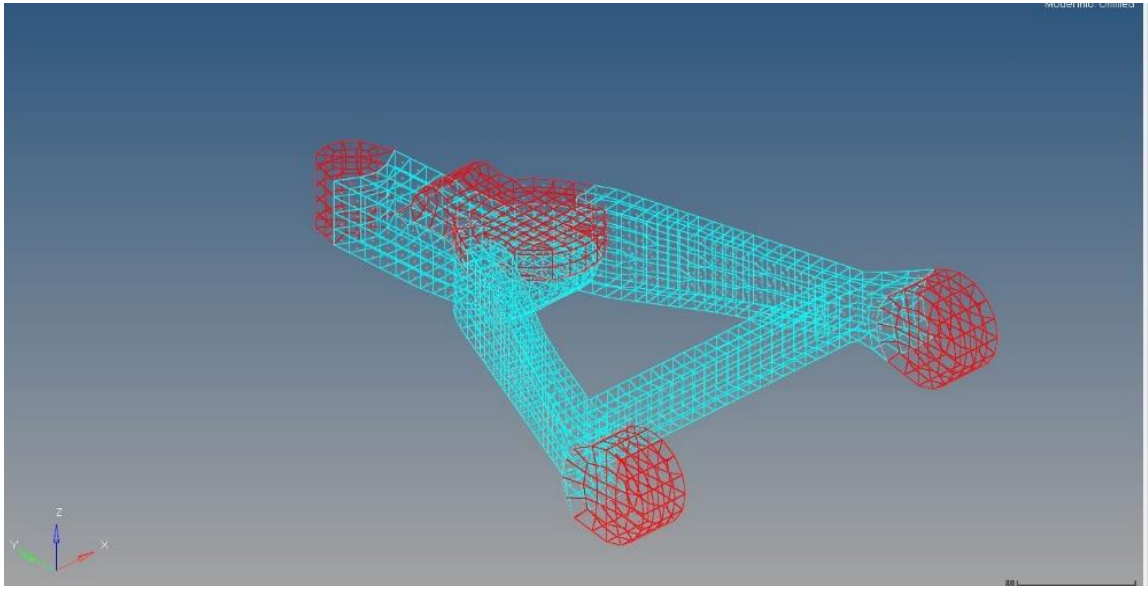
4 작업 창
→ 해석 모델을 보여주는 GUI 창

불러오기



1. HyperMesh 파일의 경우 'Open' 기능 이용
2. CAD 파일 및 외부 유한요소 모델(NASTRAN)의 경우 불러오기 기능 이용

작업 창 마우스 조작법



마우스의 휠을 가지고 조작

1 확대/축소: Ctrl + 마우스 휠 드래그

2 회전: Ctrl + 마우스 왼쪽클릭 후 드래그

3 이동: Ctrl + 마우스 오른쪽클릭 후 드래그

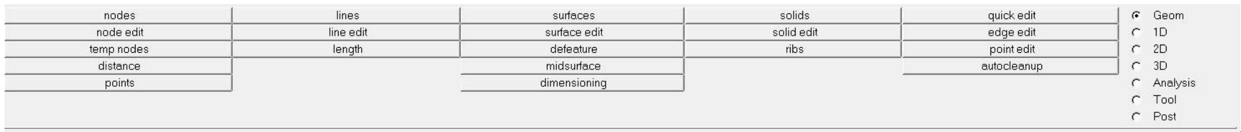
1 확대/축소

2 회전

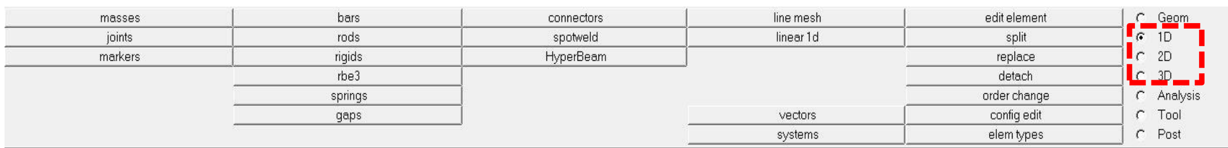
3 이동

모델링 / 해석 순서

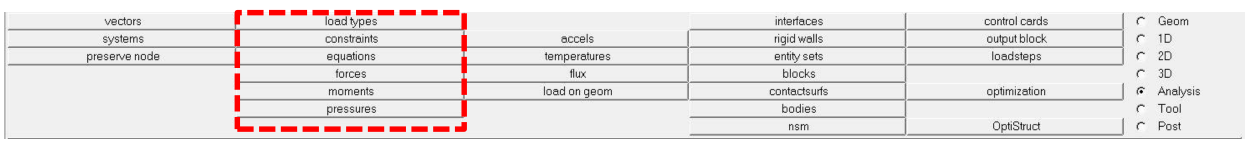
1. 형상 생성



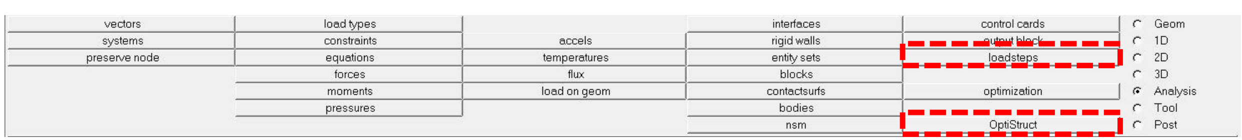
2. 요소 생성



3. 하중/경계 조건 입력



3. 해석 정의 및 실행



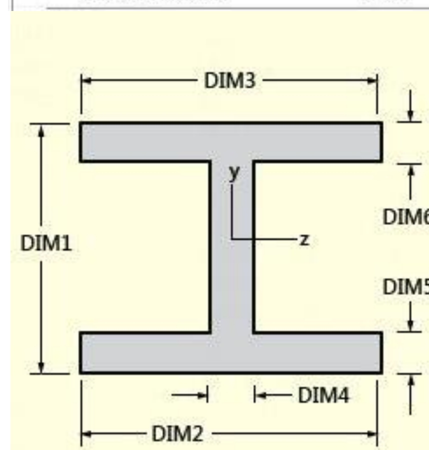
빔 해석 예제

외팔보 예제

빔 단면 정보

: W360 X 101

Name	Value
Name	beamsection1
ID	1
Include	[Master Model]
Collector	(1) beamsectcol1
Config	Standard
Section Type	I
Parameter Definitions	
Dimension DIM1	357.0
Dimension DIM2	255.0
Dimension DIM3	255.0
Thickness DIM4	10.5
Thickness DIM5	18.3
Thickness DIM6	18.3



기하형상

- L = 5000 mm

재료 : alloy steel

- E = 210 GPa
- v = 0.28

굽힘 하중: 200 kN

이론 해

$$\sigma = \frac{My}{I} = 601.607\ MPa$$

$$y_{\max} = \underbrace{\frac{PL^3}{3EI}}_{-133.744\ mm} + \frac{PL}{GA_s} = -137.267\ mm$$

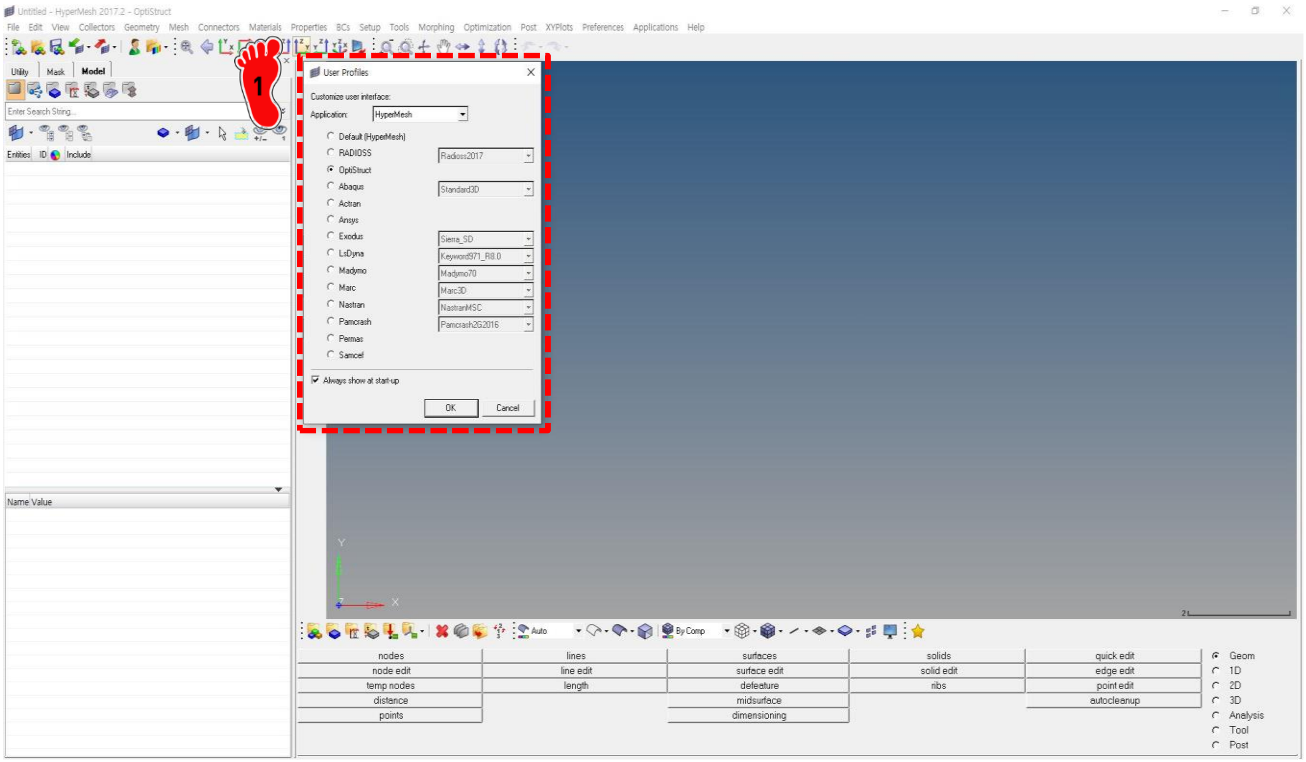
$$A_s = kA : \text{유효전단면적}$$

해석 프로세스

1. 기하형상 생성

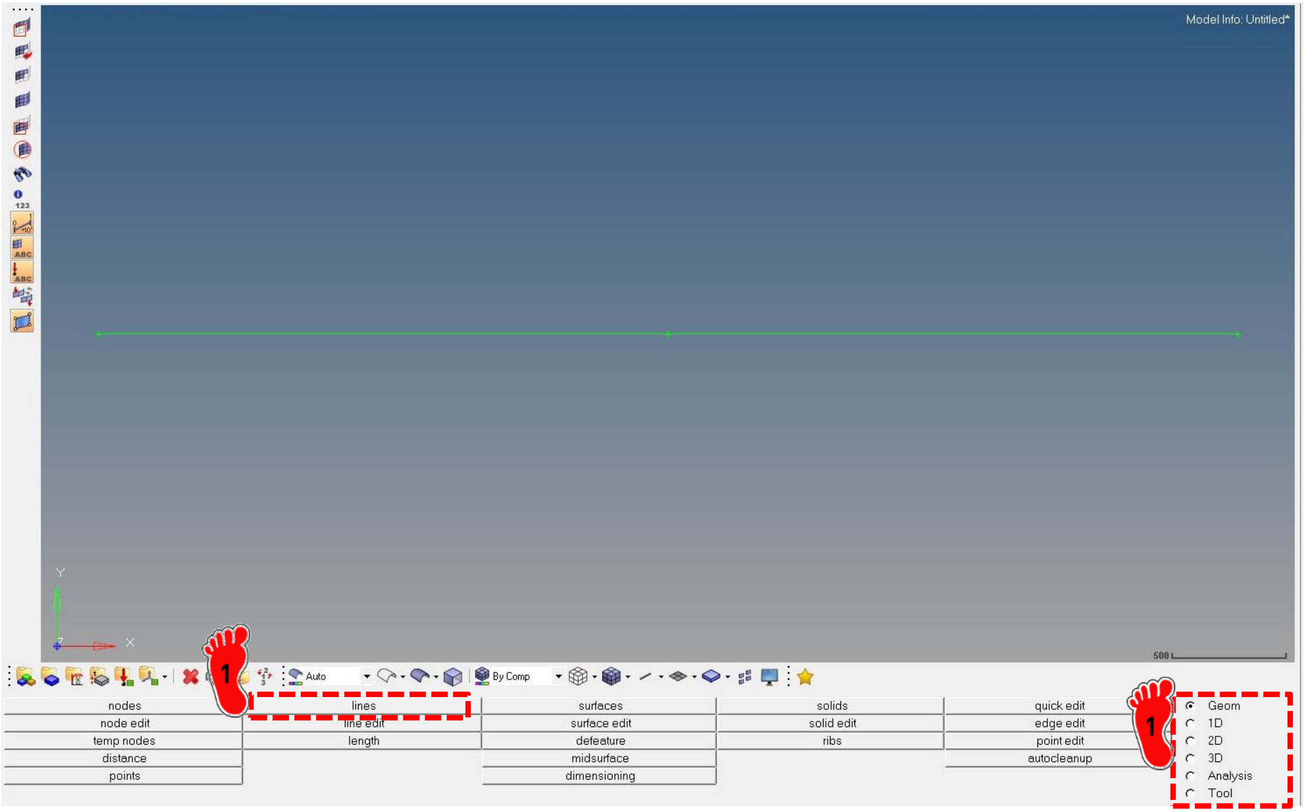
2. 재료 물성 및 특성 입력
3. 요소망 생성
4. 구속조건 설정
5. 하중조건 설정
6. 해석케이스 정의 및 해석 실행
7. 후처리

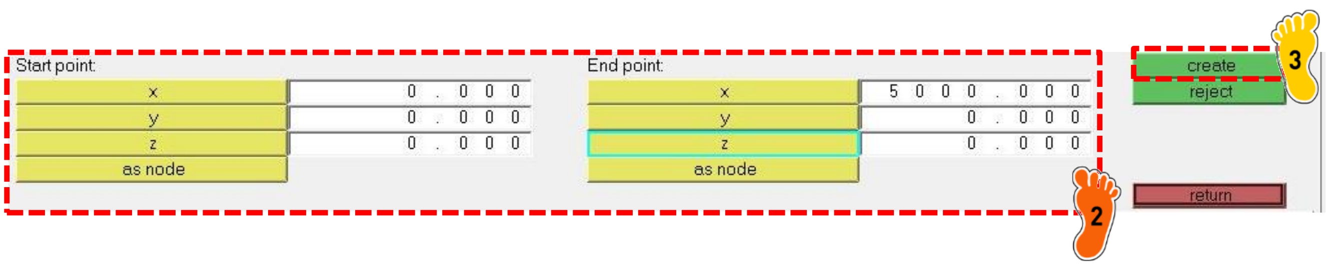
기하형상 생성 (1)



1 OptiStruct 선택, OK

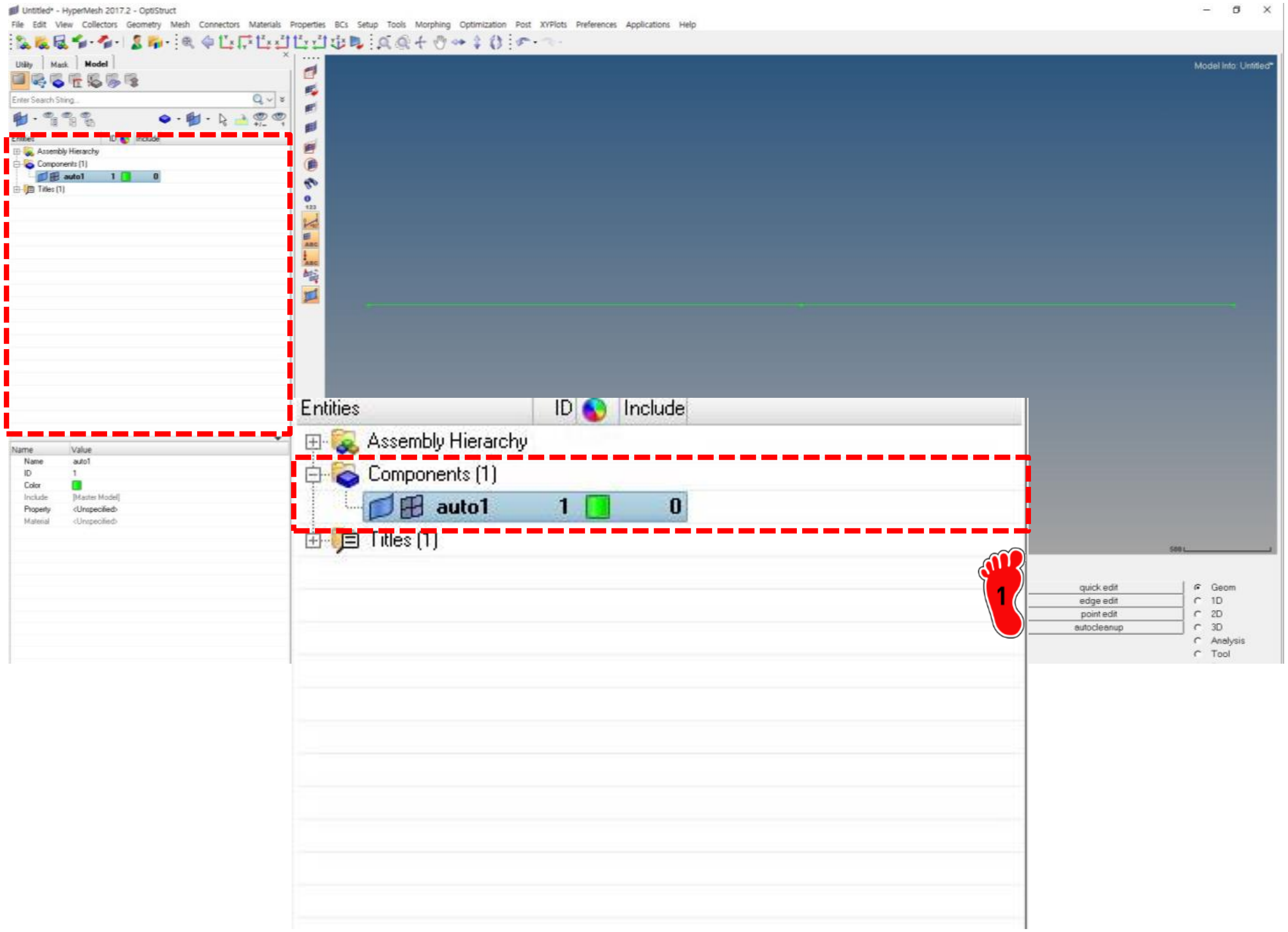
기하형상 생성 (2)





1. 'Geom' > 'lines' 클릭
2. 시작점 위치 (0,0,0), 끝점 위치 (5000,0,0) 입력 (길이 기본 단위는 mm)
3. 생성

기하형상 생성 (3)



1 작업 트리의 Components 항목에서 기하형상 생성된 것을 확인

단위

Quantity	Symbol	Dimension	SI-System (MKS)	System mm-t-s Unit	Mult.	System mm-kg-ms Unit	Mult.
Length	l	L	m	mm	10^{3}	mm	10^{3}
Mass	m	M	kg	t (tonne)	10^{-3}	kg	1
Time	t	T	s	s	1	ms	10^{3}
Temperature	T	degrees	K	K	1	K	1
Work, Energy	W, E	$ML^{2}T^{-2}$	J=Nm=W • s	mJ	10^{3}	J	1
Acceleration	a	LT^{-2}	m • s^{-2}	mm • s^{-2}	10^{3}	mm • ms^{-2}	10^{-3}
Area	A	L^{2}	m^{2}	mm^{2}	10^{6}	mm^{2}	10^{6}
Frequency	f	T^{-1}	Hz=s^{-1}	Hz=s^{-1}	1	ms^{-1}	10^{-3}
Velocity	v	LT^{-1}	m • s^{-2}	mm*s^{-1}	10^{3}	mm • ms^{-1}	1
Volume	V	L^{3}	m^{3}	mm^{3}	10^{9}	mm^{3}	10^{9}
Angular Acceleration	α	T^{-2}	rad • s^{-2}=s^{-2}	rad • s^{-2}=s^{-2}	1	rad • ms^{-2}=ms^{-2}	10^{-6}
Angular Velocity	ω	T^{-1}	rad • s^{-1}=s^{-1}	rad • s^{-1}=s^{-1}	1	rad • ms^{-1}=ms^{-1}	10^{-3}
Density	ρ	ML^{-3}	kg • m^{-3}	t • mm^{-3}	10^{-12}	kg • mm^{3}	10^{-9}
Pressure, Stress, Young's Modulus	p, σ, τ, E	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa=N • m^{-2}	MPa=N • mm^{-2}	10^{-6}	GPa=kN • mm^{2}	10^{-9}
Force	F	MLT^{-2}	N=kg • m • s^{-2}	N	1	kN	10^{-3}
Moment	M	$ML^{2}T^{-2}$	N • m	N • mm	10^{3}	kN • mm	1
Stiffness	c	MT^{-2}	N • m^{-1}	N • mm^{-1}	10^{-3}	kN • mm^{-1}	10^{-6}

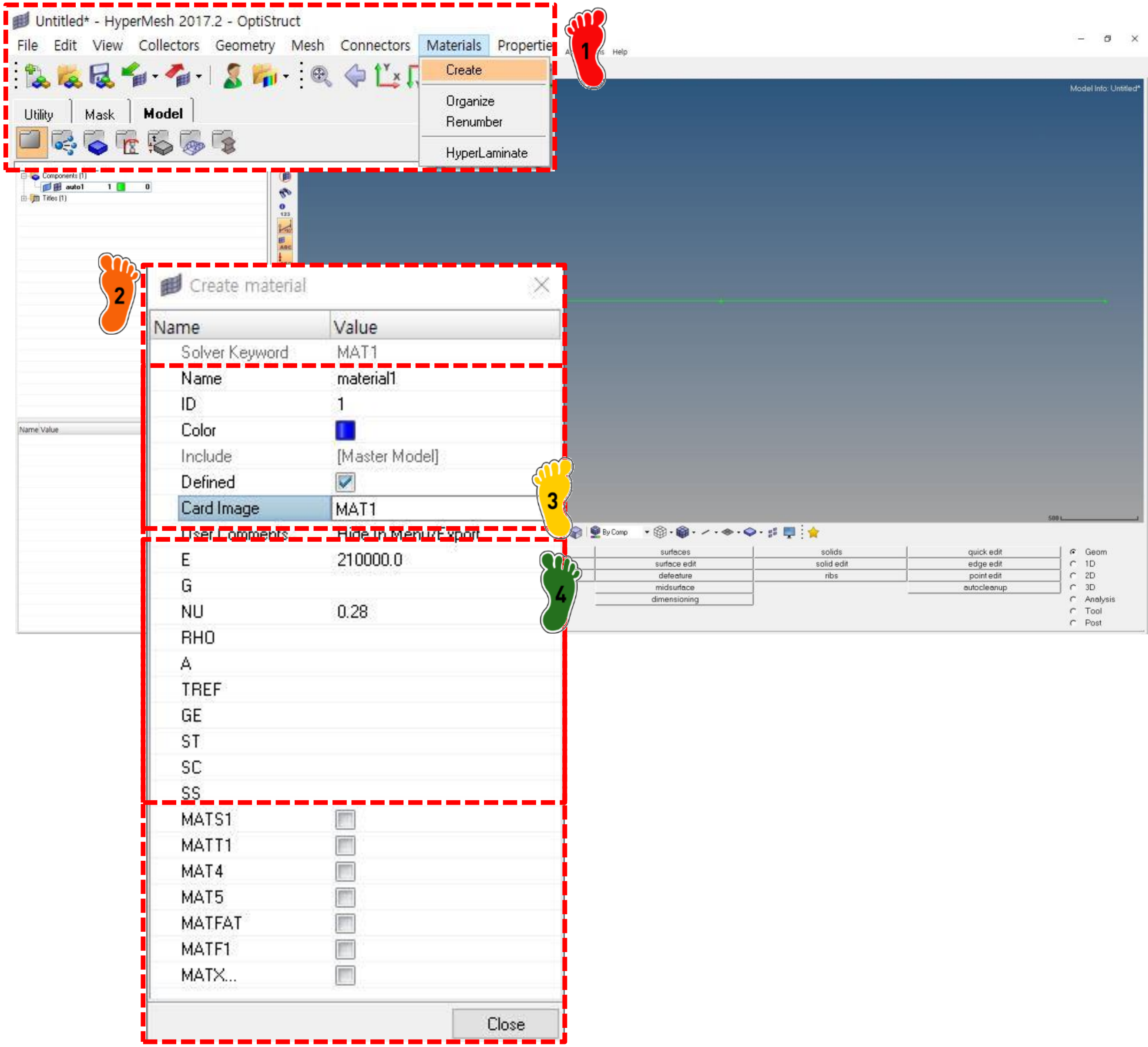
해석 프로세스

1. 기하형상 생성

2. 재료 물성 및 특성 입력

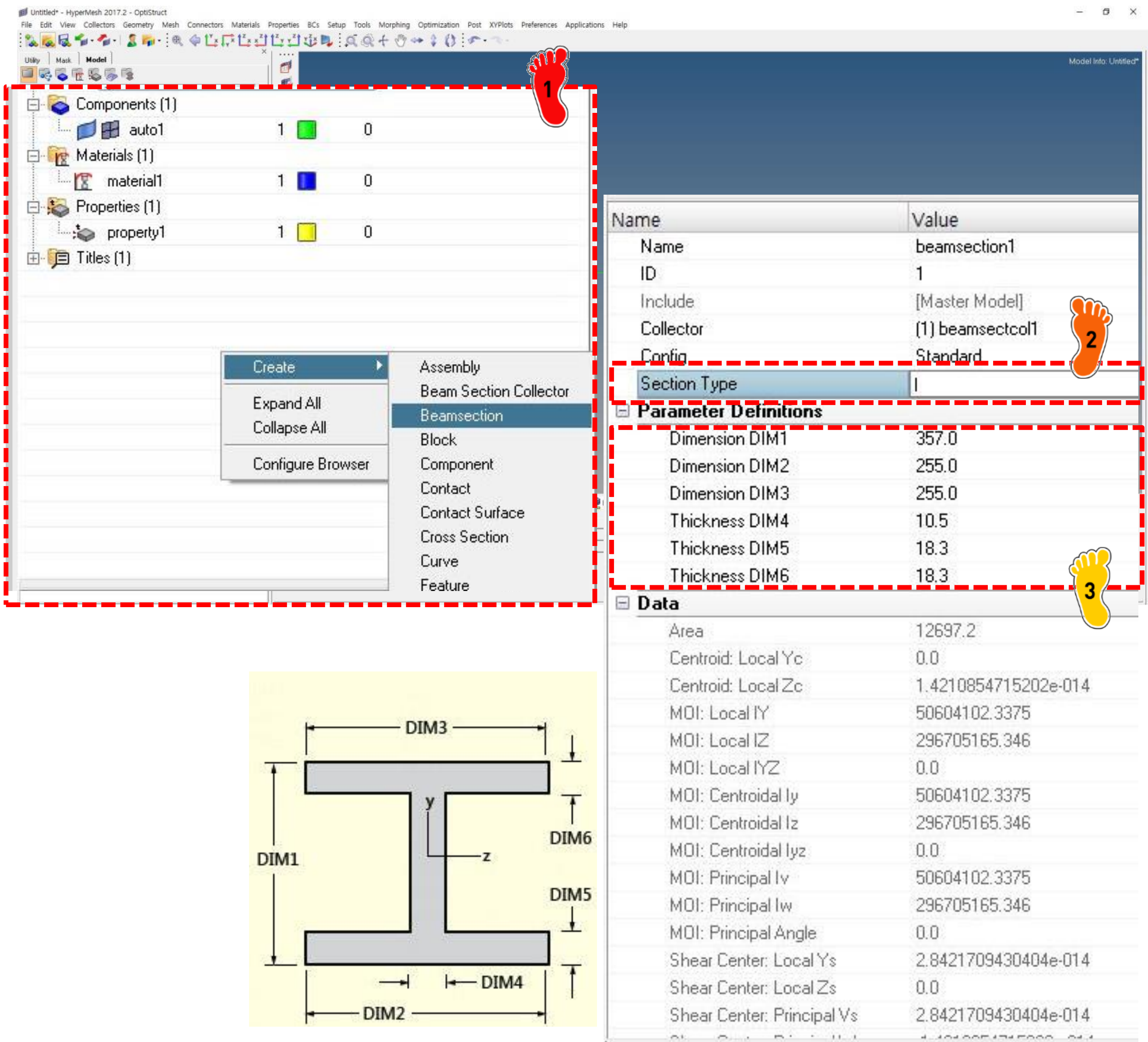
3. 요소망 생성
4. 구속조건 설정
5. 하중조건 설정
6. 해석케이스 정의 및 해석 실행
7. 후처리

재료 물성 및 특성 입력 (1)



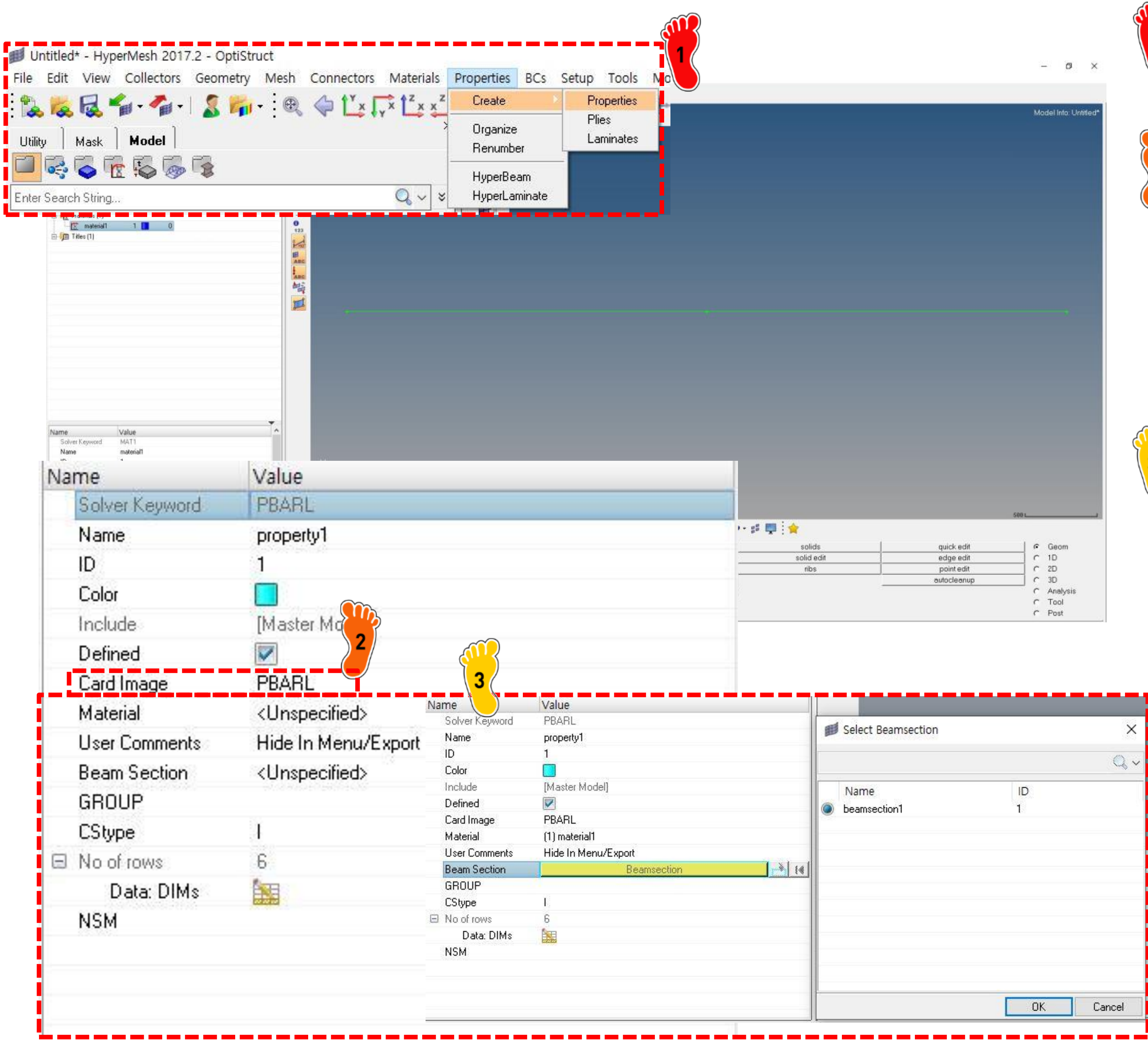
1. 주 메뉴 창에서 ‘Materials’ 탭 메뉴 클릭, ‘Create’ 클릭
2. 재료 물성치 입력 화면
3. ‘Card Image’ MAT1 선택
4. 현재 예제는 Alloy Steel 과 동일한 물성치를 가지므로 해당 값 입력

재료 물성 및 특성 입력 (2)



1. 작업 트리 창에서 마우스 우클릭, ‘Create’ > ‘Beamsection’ 클릭
2. ‘Section Type’ 항목에서 ‘I’ 선택
3. 앞서 주어진 단면 형상 치수들 입력 (‘Section Type’에 마우스를 두면 형상 확인 가능)

재료 물성 및 특성 입력 (3)



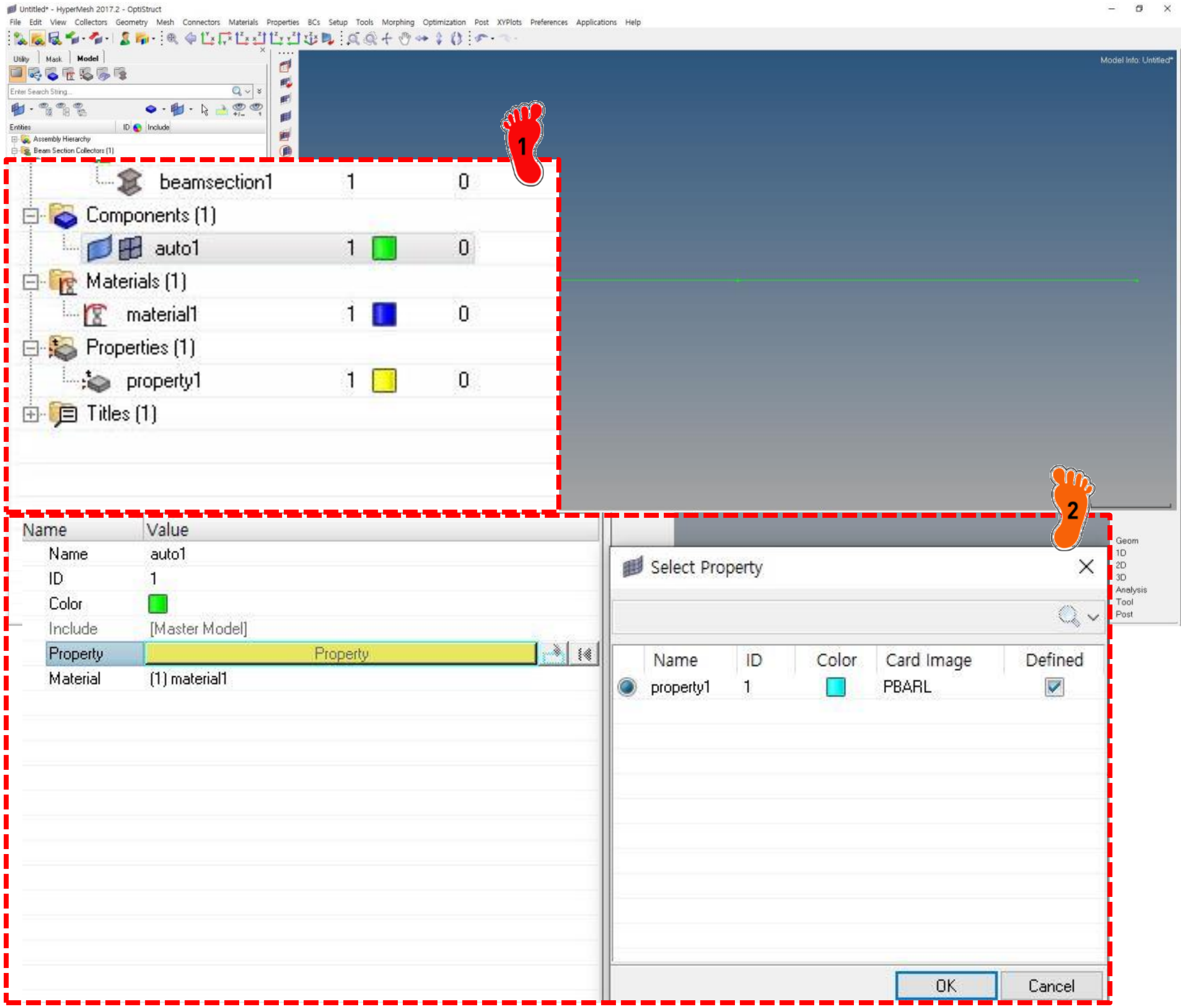
1 주 메뉴 창에서 'Properties' 탭 메뉴 클릭, 'Create' 클릭

2 'Card Image' 항목에서 'PBARL' 선택 ('PBAR'은 축 방향 응력 해석 결과를 포함하지 않음)

3 'Material' 항목에 '<Unspecified>' 클릭하여 생성한 재료 적용

'Beam Section' 항목에 '<Unspecified>' 클릭하여 생성한 단면 형상 적용

재료 물성 및 특성 입력 (4)



1. 작업 트리 창에서 'Components' > 생성한 기하형상 선택

2. 'Property' 항목에서 생성한 'Property1' 적용

TYPES OF 1D ELEMENTS

Types Of 1D Elements:

Rod	Bar	Beam	*Pipe*	*Axisymmetric shell*
Tension/ compression (and Torque for some software) U_x , R_x (1,4)	All 6 dofs U_x , U_y , U_z , R_x , R_y , R_z (123456) Applicable for symmetric c/s	Same as bar but also support unsymmetric sections i.e. shear center and warpage	*Same as beam. Except it has internal non zero diameter*	*U_x , U_z , R_y (1,3,5) Z- axis of symmetry, X as radial axis. For objects symmetric about the axis of rotation and subjected to the axisymmetric boundary conditions.*
Tension compression members (truss), Shafts subjected to Torque, Connection elements	Shaft subjected to multiaxial loading, bolted, welded joints, connection elements	Same as bar + for unsymmetric c/s	*Piping systems, Structural analysis*	*Thin shell pressure vessels, cylindrical, conical objects etc.*

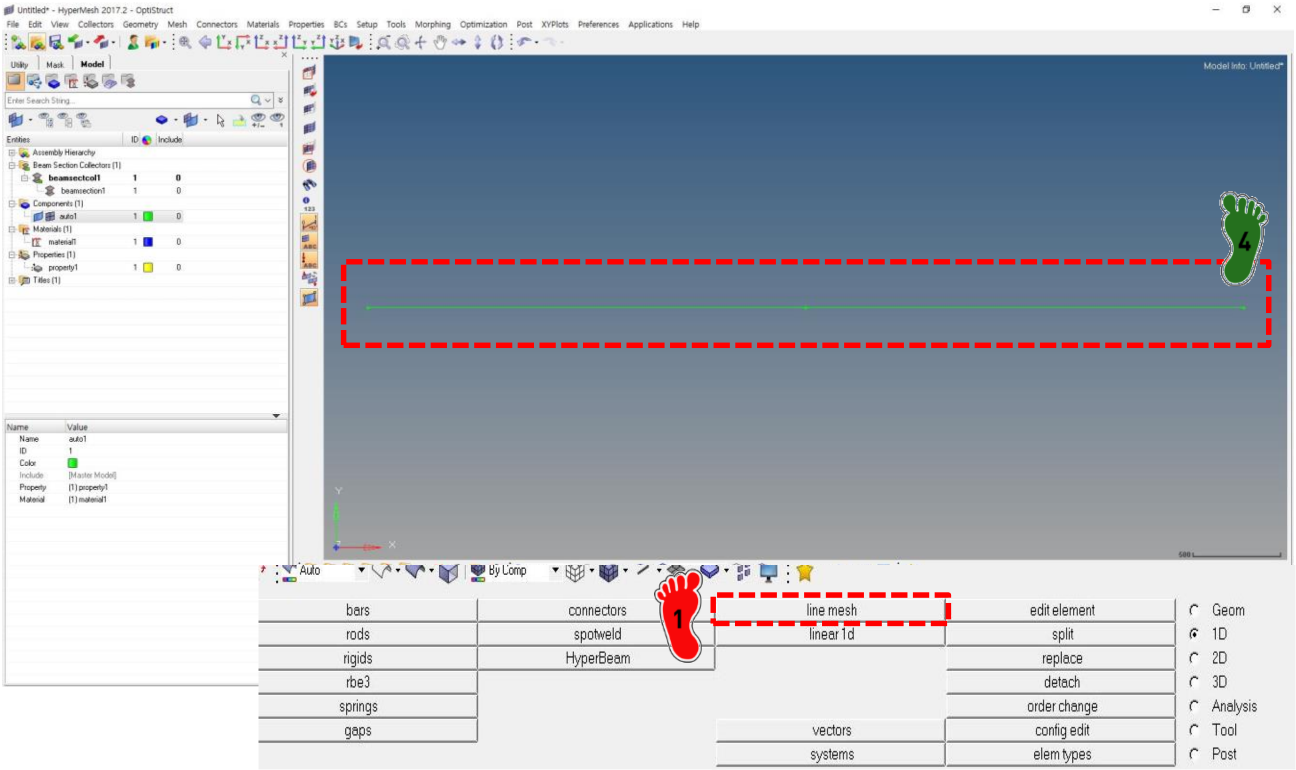
해석 프로세스

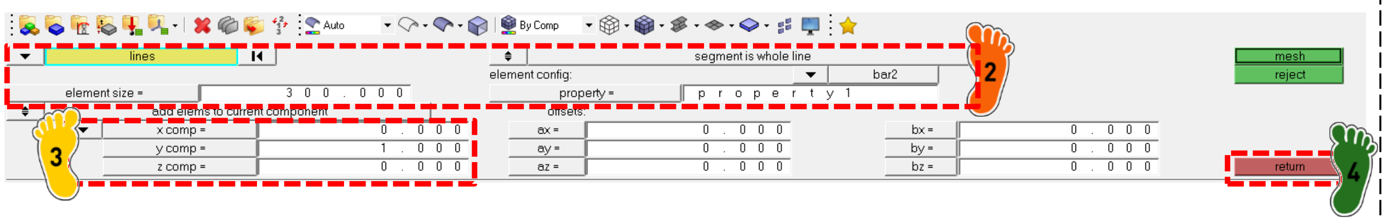
1. 기하형상 생성
2. 재료 물성 및 특성 입력

3. 요소망 생성

4. 구속조건 설정
5. 하중조건 설정
6. 해석케이스 정의 및 해석 실행
7. 후처리

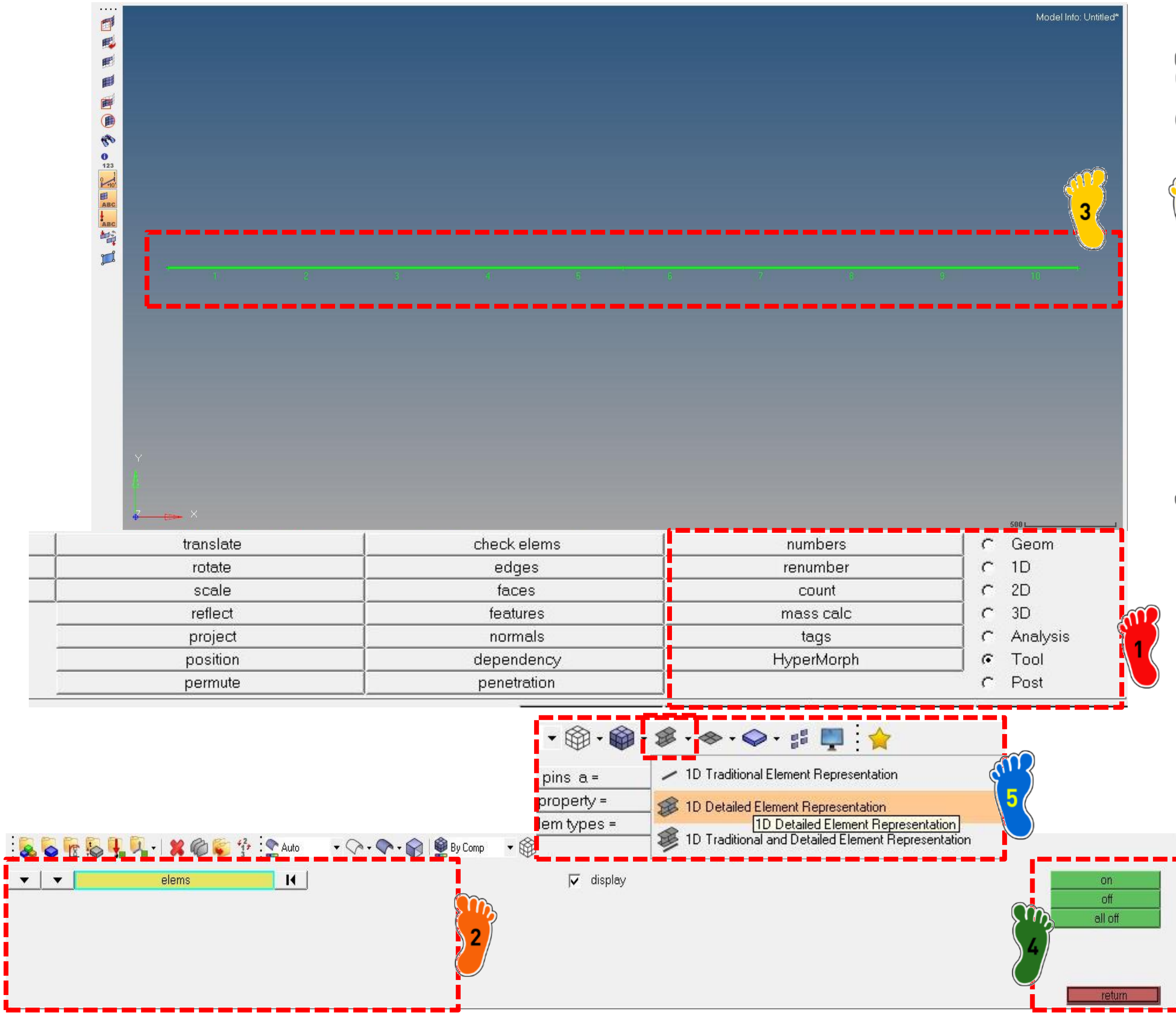
요소망 생성 (1)





1. '1D' > 'line mesh' 클릭
2. 'lines' 선택, 'bar2' 확인, 'element size' 300mm 설정, Property 설정
3. Components (0,1,0) 입력 (Beam section의 y축 설정)
4. 'mesh' 클릭 후 'return'

요소망 생성 (2)



1 'Tool' > 'numbers' 클릭

2 'element' 선택

3 요소망 선택

4 'on' 클릭하여 요소망 번호 확인

5 bar 단면 형상 표시 기능

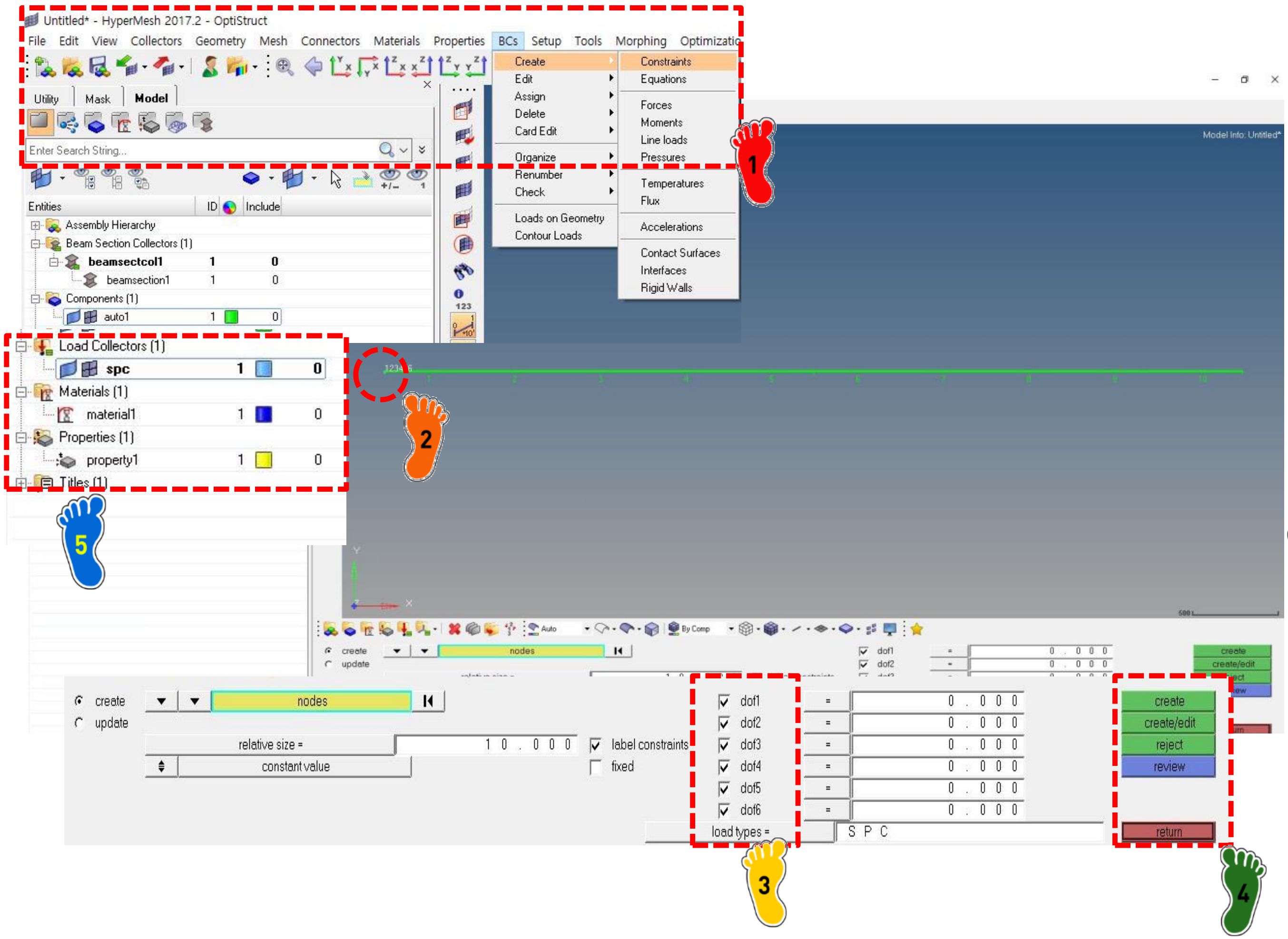
해석 프로세스

1. 기하형상 생성
2. 재료 물성 및 특성 입력
3. 요소망 생성

4. 구속조건 설정

5. 하중조건 설정
6. 해석케이스 정의 및 해석 실행
7. 후처리

구속조건 설정



1 주 메뉴 창에서 'BCs' > 'Create' > 'Constraints'클릭

2 원점에 있는 절점 선택

3 모든 자유도 구속

4 'create' 클릭 후 'return'

5 구속조건 이름 변경

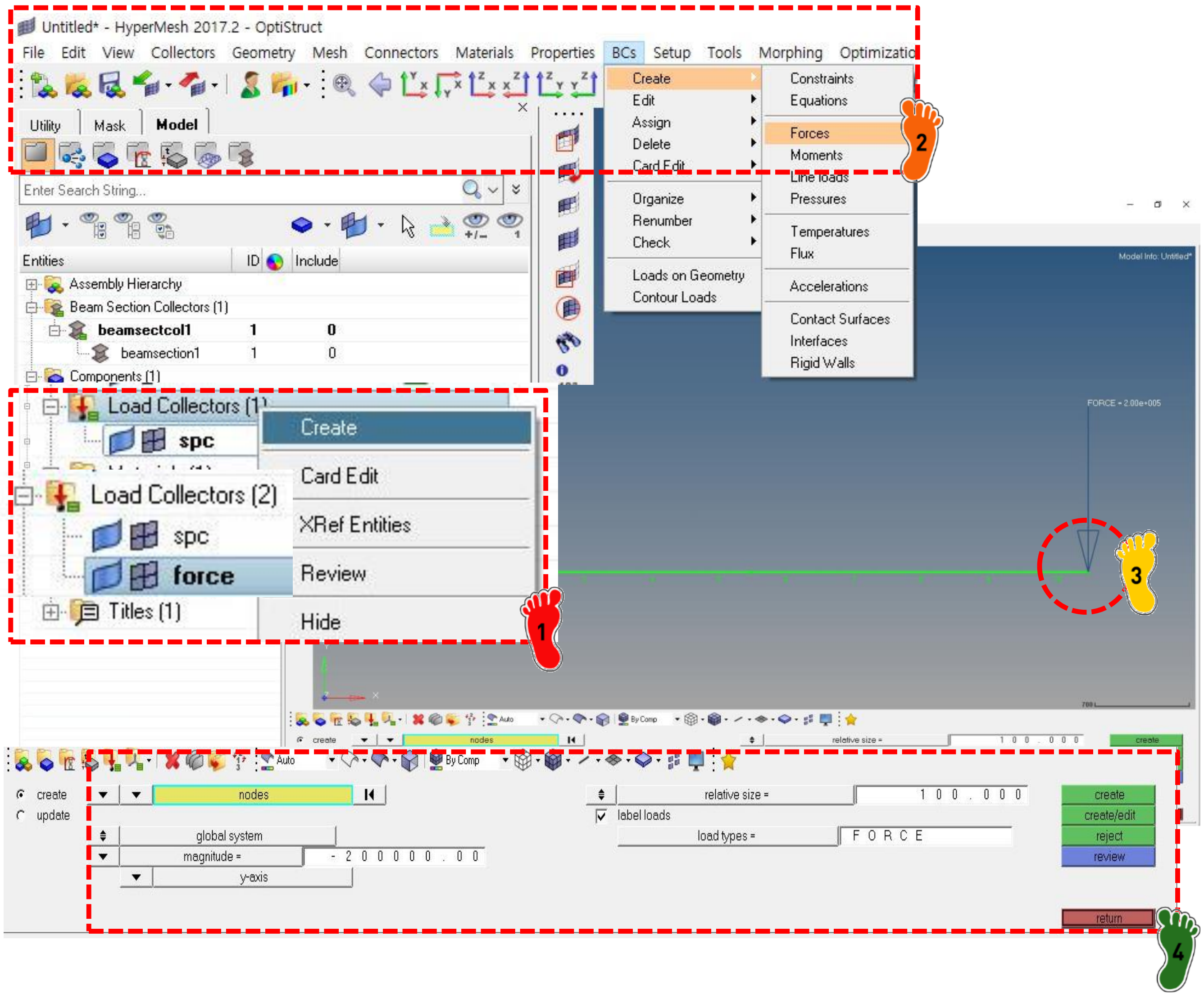
해석 프로세스

1. 기하형상 생성
2. 재료 물성 및 특성 입력
3. 요소망 생성
4. 구속조건 설정

5. 하중조건 설정

6. 해석케이스 정의 및 해석 실행
7. 후처리

하중조건 설정



1 'Load Collecotrs' 우클릭, 'Create'. force로 이름 변경

2 주 메뉴 창에서 'BCs' > 'Create' > 'Forces' 클릭

3 하중을 적용할 절점 선택

4 하중 값 -200kN 입력, 'create' 클릭, 'return'

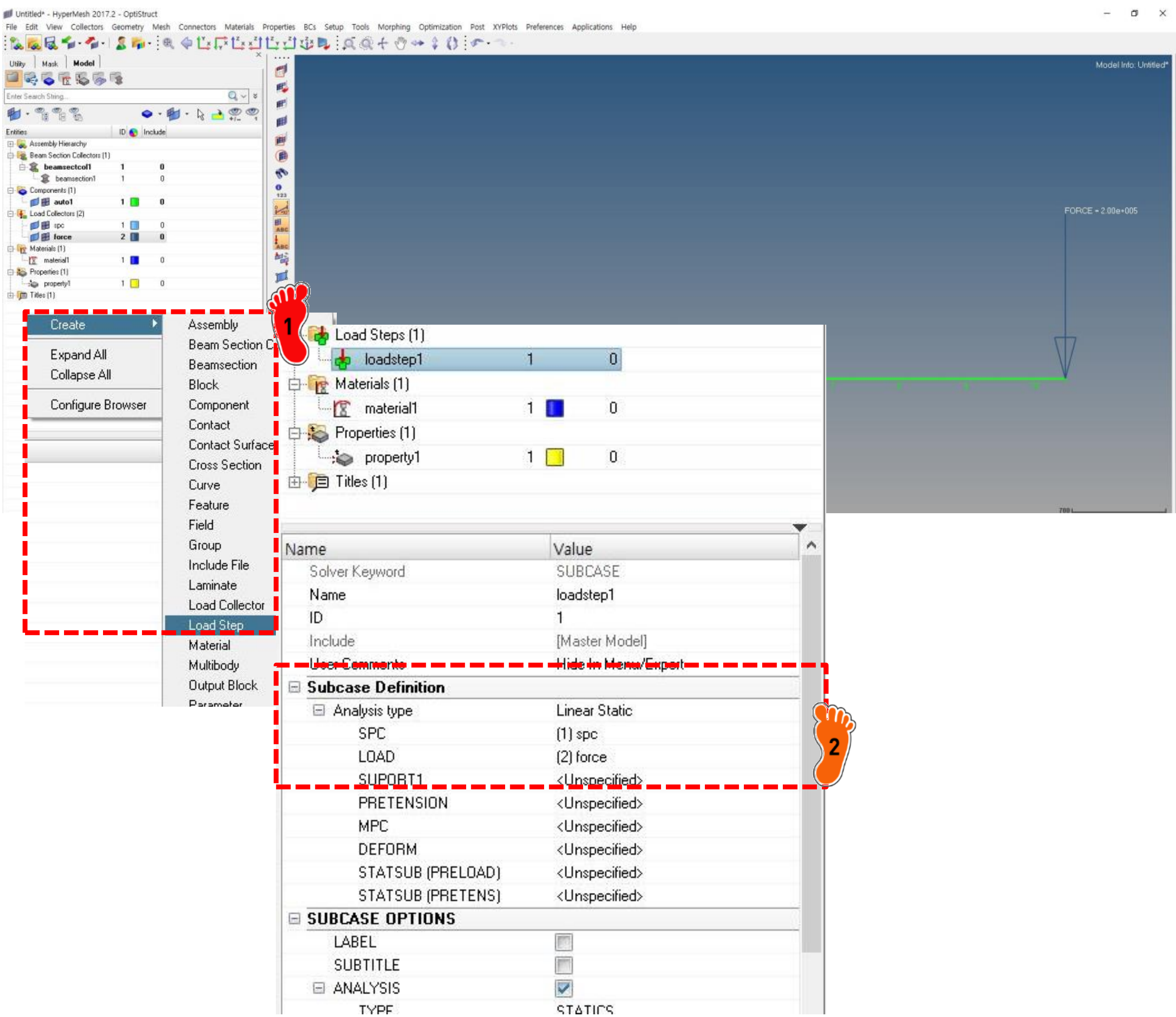
해석 프로세스

1. 기하형상 생성
2. 재료 물성 및 특성 입력
3. 요소망 생성
4. 구속조건 설정
5. 하중조건 설정

6. 해석케이스 정의 및 해석 실행

7. 후처리

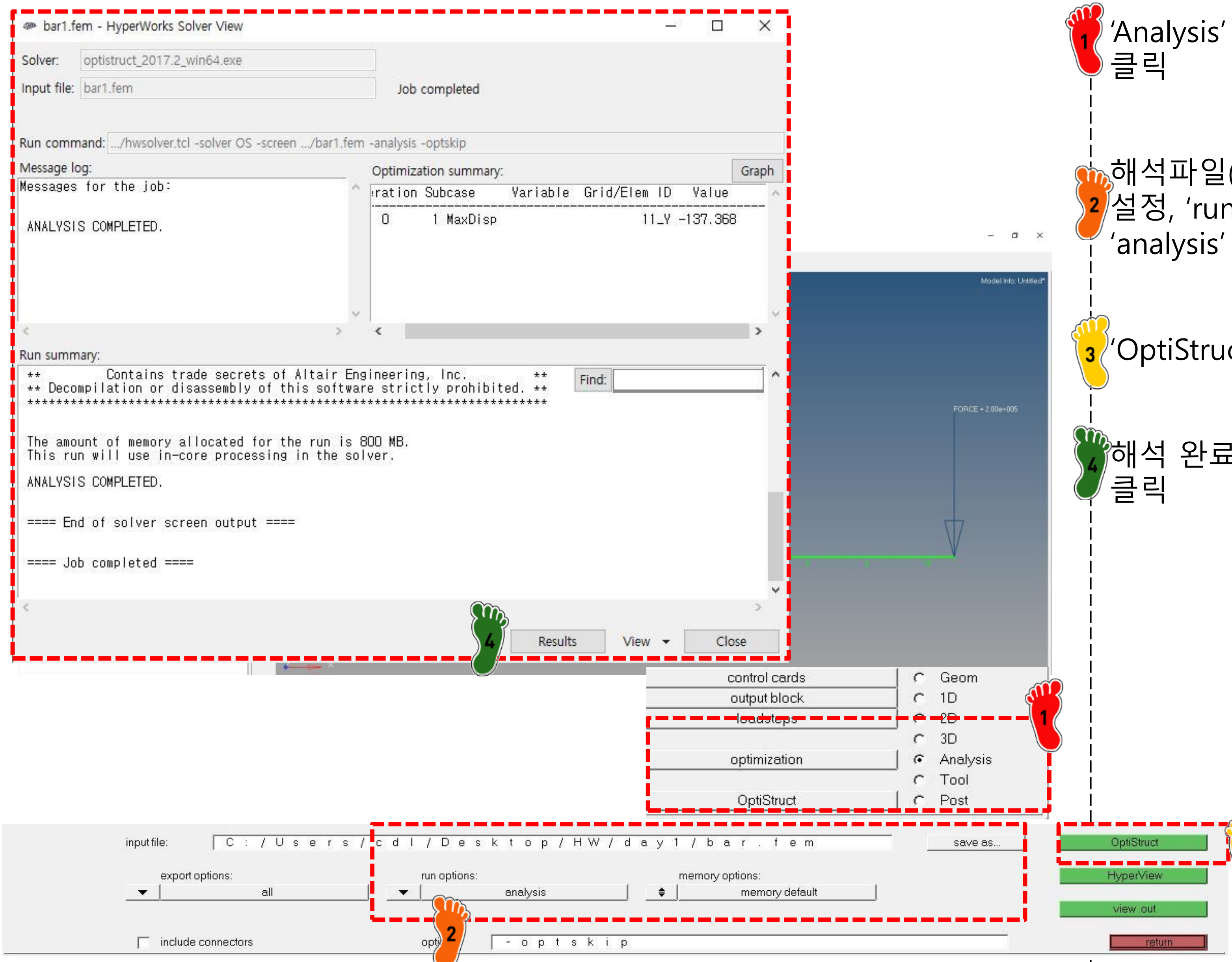
해석 케이스 정의 및 해석 실행 (1)



1 작업 트리 창 우클릭,
'Create' > 'Load Step' 클릭

2 'Analysis type', 'SPC', 'LOAD'
항목 설정

해석 케이스 정의 및 해석 실행 (2)



1 'Analysis' > 'OptiStruct' 클릭

2 해석파일(.fem)저장 경로 설정, 'run options' 항목 'analysis' 선택

3 'OptiStruct' 클릭

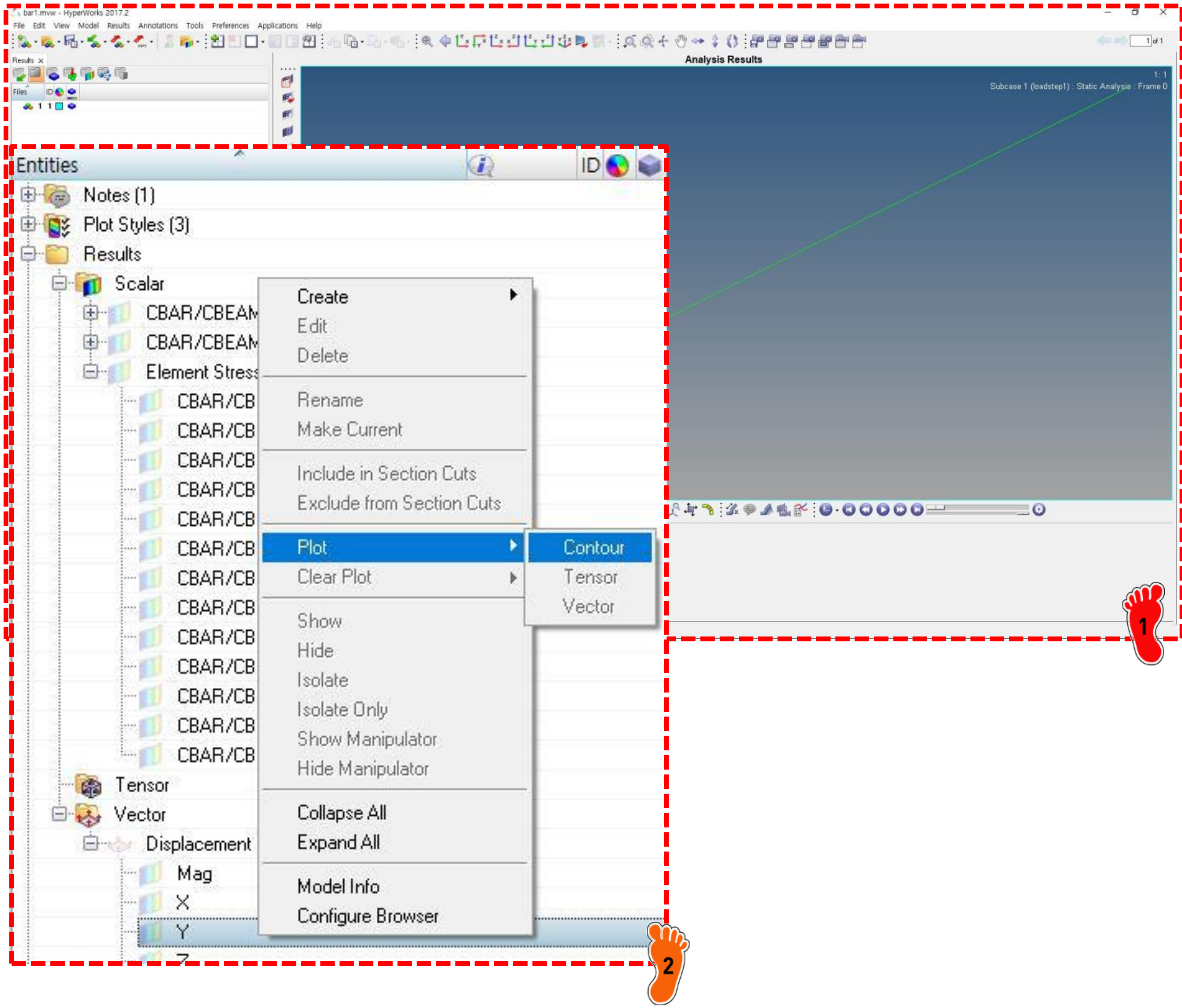
4 해석 완료 확인 후 'Results' 클릭

해석 프로세스

1. 기하형상 생성
2. 재료 물성 및 특성 입력
3. 요소망 생성
4. 구속조건 설정
5. 하중조건 설정
6. 해석케이스 정의 및 해석 실행

7. 후처리

후처리 (1)

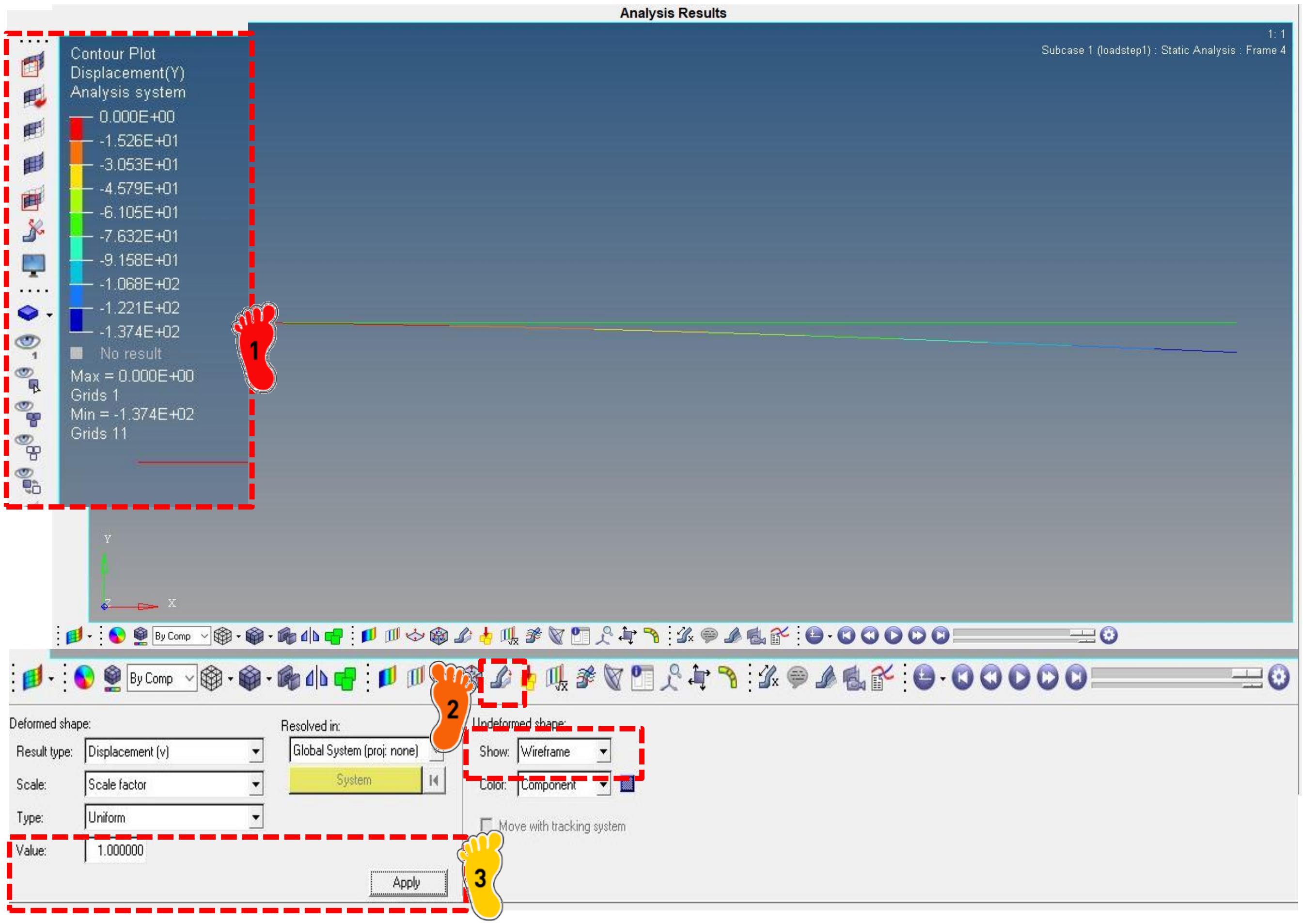


1 .mvw 파일 자동저장 후 결과 창이 열림

변위, 응력 등의 결과값 확인 가능

2 원하는 결과값 우클릭 후 'Plot' > 'Contour' 클릭

후처리 (2)



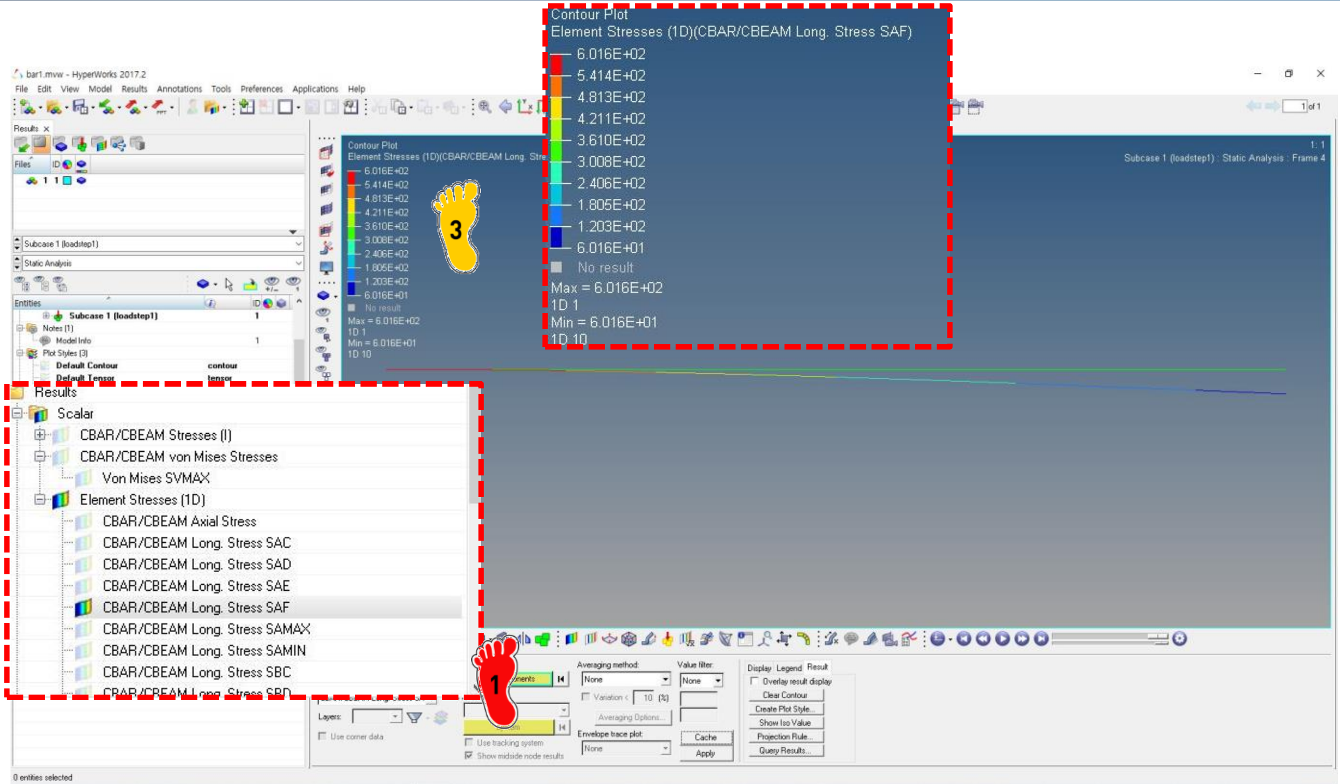
1. Y방향 최대 변위 결과값은 -137.4 mm 확인

   이론값과의 오차는 0.002%

2. 'Deformation' 클릭, 'Wireframe' 선택

3. Value값 조절하여 시각적 효과 적용

후처리 (3)



Stress SAC - The longitudnal (extensional) stress at end A for point C.
Stress SAD - The longitudnal (extensional) stress at end A for point D.
Stress SAE - The longitudnal (extensional) stress at end A for point E.
Stress SAF - The longitudnal (extensional) stress at end A for point F.
Stress SBC - The longitudnal (extensional) stress at end B for point C.
Stress SBD - The longitudnal (extensional) stress at end B for point D.
Stress SBE - The longitudnal (extensional) stress at end B for point E.
Stress SBF - The longitudnal (extensional) stress at end B for point F.

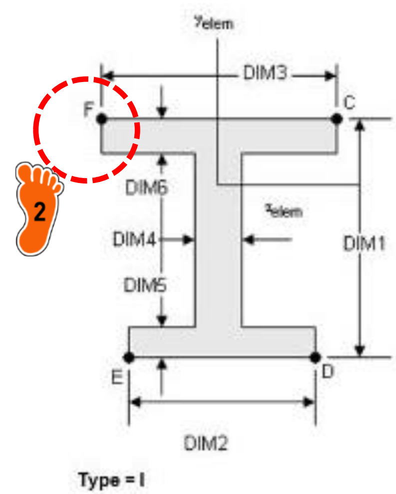
Stress SAMIN - Minimum value of longitudnal stress over points C, D, E and F at end A.
Stress SAMAX - Maximum value of longitudnal stress over points C, D, E and F at end A.

Stress SBMIN - Minimum value of longitudnal stress over points C, D, E and F at end B.
Stress SBMAX - Maximum value of longitudnal stress over points C, D, E and F at end B.

1 바요소 F지점 축 방향 응력 결과 우클릭, 'Plot' > 'Contour'

2 F 지점의 의미는 단면 형상을 입력할 때 나오는 F 를 의미함

3 결과값은 601.6 MPa 이론값과의 오차는 0.00% 확인



(단면 형상 정보: PBEAML Help 참고)

참고: 단면 형상 정보 (1)

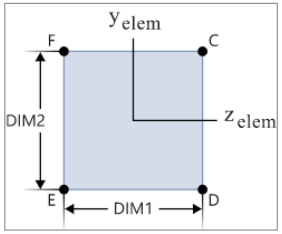


Figure 1. TYPE = BAR

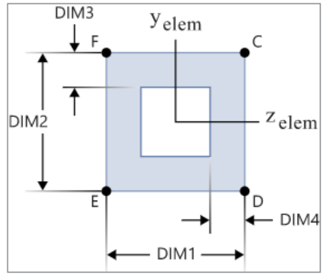


Figure 2. TYPE = BOX

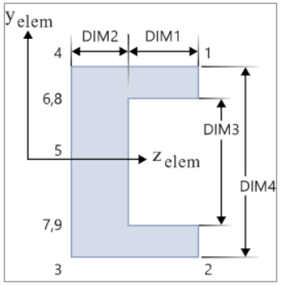


Figure 5. TYPE = CHAN1

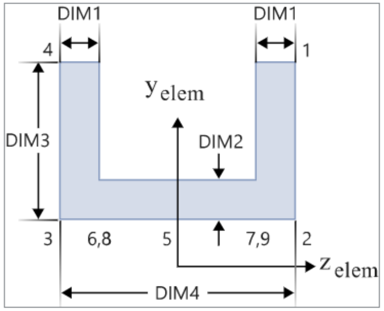


Figure 6. TYPE = CHAN2

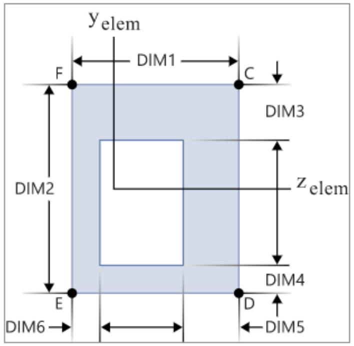


Figure 3. TYPE = BOX1

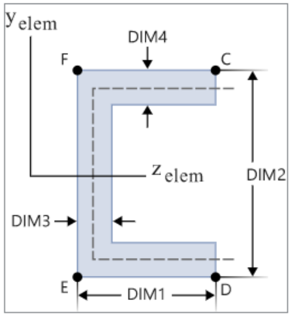


Figure 4. TYPE = CHAN

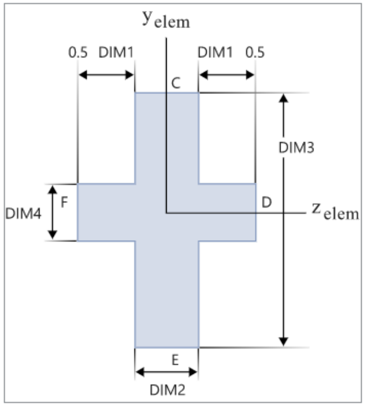


Figure 7. TYPE = CROSS

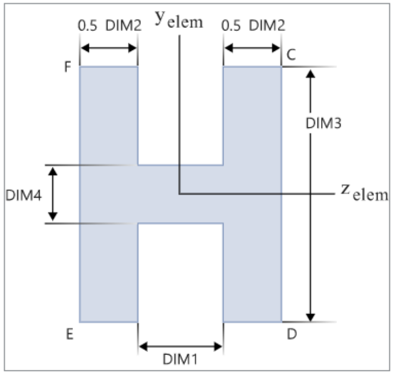


Figure 8. TYPE = H

참고: 단면 형상 정보 (2)

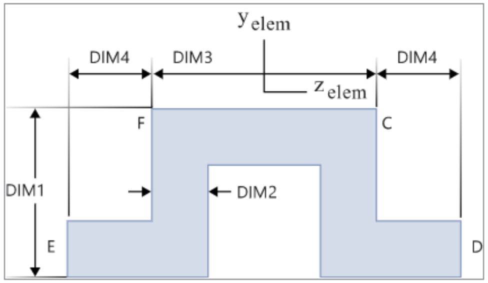


Figure 9. TYPE = HAT

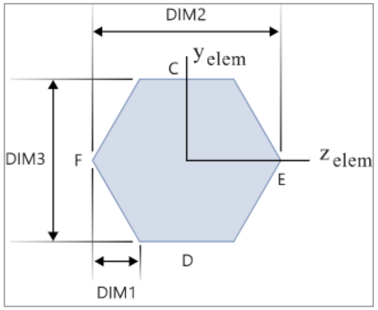


Figure 10. TYPE = HEXA

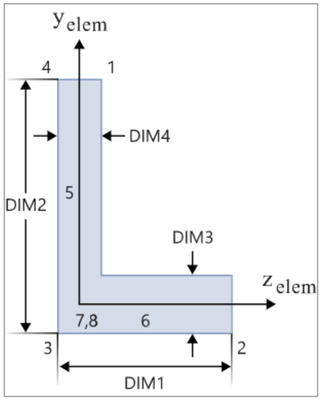


Figure 13. TYPE = L

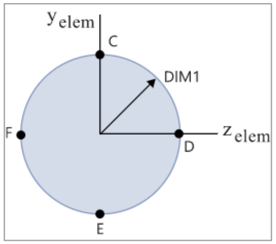


Figure 14. TYPE = ROD

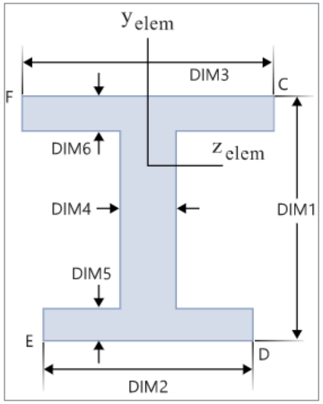


Figure 11. TYPE = I

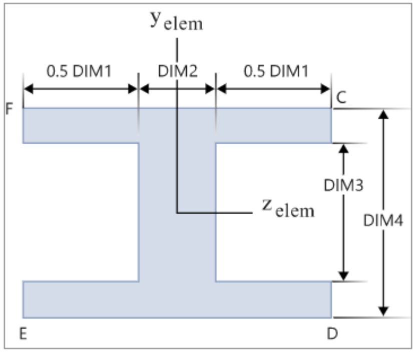


Figure 12. TYPE = I1

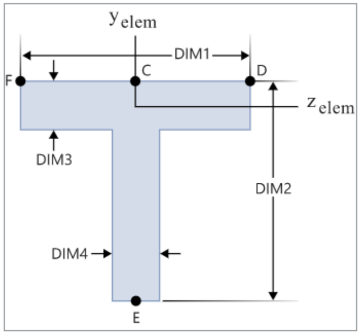


Figure 15. TYPE = T

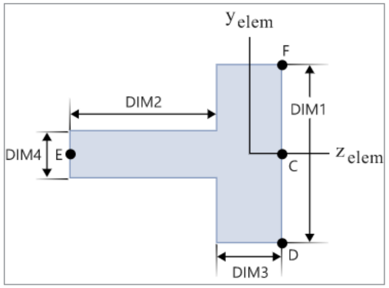


Figure 16. TYPE = T1

참고: 단면 형상 정보 (3)

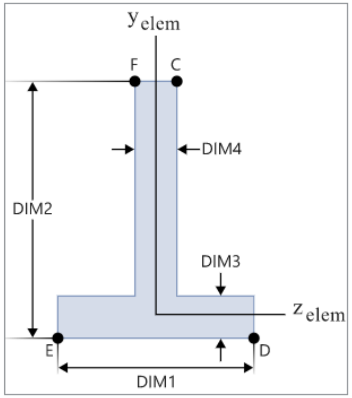


Figure 17. TYPE = T2

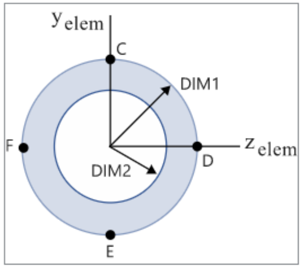


Figure 18. TYPE = TUBE

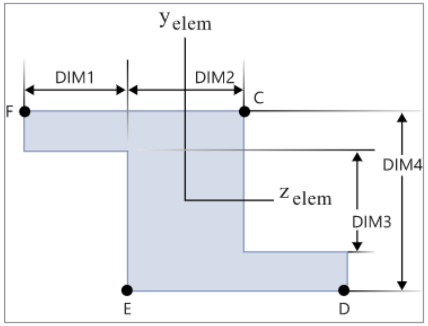


Figure 19. TYPE = Z

연습문제

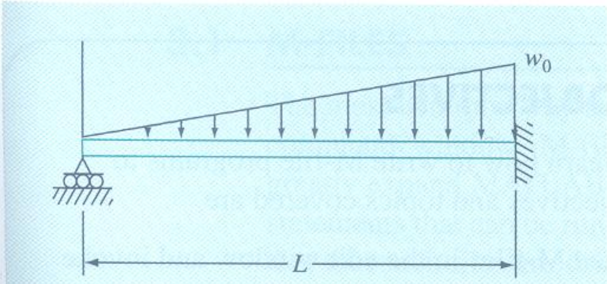
2.21 Figure P2.21*a* shows a uniform beam subject to a linearly increasing distributed load. As depicted in Fig. P2.21*b*, deflection y (m) can be computed with

$$y = \frac{w_0}{120EIL}(-x^5 + 2L^2x^3 - L^4x)$$

where E = the modulus of elasticity and I = the moment of inertia (m^4). Employ this equation and calculus to generate MATLAB plots of the following quantities versus distance along the beam:

(a) displacement (y),
(b) slope [$\theta(x) = dy/dx$],
(c) moment [$M(x) = EId^2y/dx^2$],
(d) shear [$V(x) = EId^3y/dx^3$], and
(e) loading [$w(x) = -EId^4y/dx^4$].

Use the following parameters for your computation: $L = 600$ cm, $E = 50{,}000$ kN/cm^2, $I = 30{,}000$ cm^4, $w_0 = 2.5$ kN/cm, and $\Delta x = 10$ cm. Employ the `subplot`



(a)

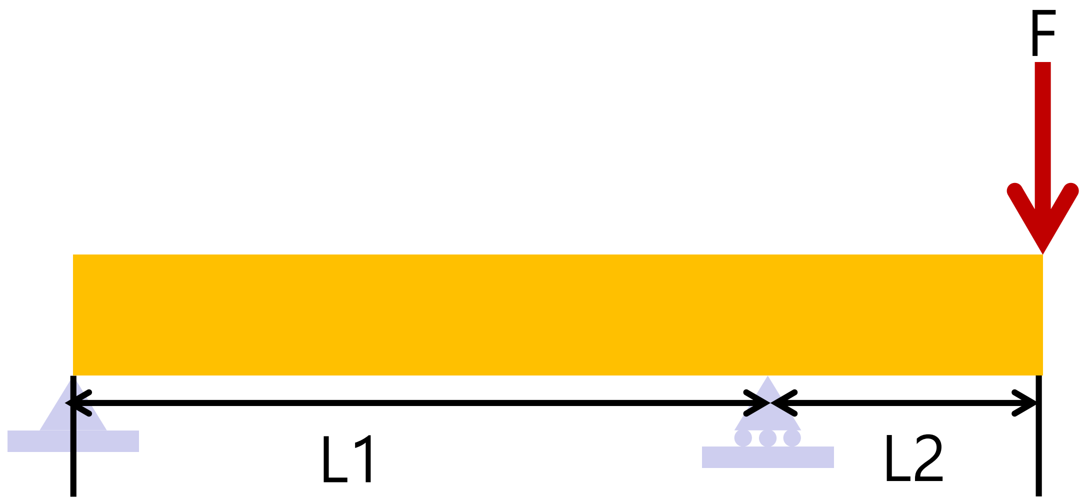
L = 6000 mm
E = 500,000 MPa
I = 300,000,000 mm^4
w_0=2500N/mm

Beam section: ROD (Radius: 139.8 mm)

$$y_{\max} = y(\frac{L}{\sqrt{5}} = 268.328) = 0.515\ cm$$

숙제

이론 해와 유한요소 해를 비교하고 오차를 분석하시오



빔 단면 정보
: W360 X 101

기하형상
- L1 = 4500 mm
- L2 = 1200 mm

재료 : alloy steel
- E = 210 GPa
- v = 0.28

굽힘 하중: 200kN

이론 해

$y_{max} = ?$

과제제출 ftp://cdl.hanyang.ac.kr→cdl/cdl
→ VehicleStructure→lab