

차체구조 실습 내용 소개

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

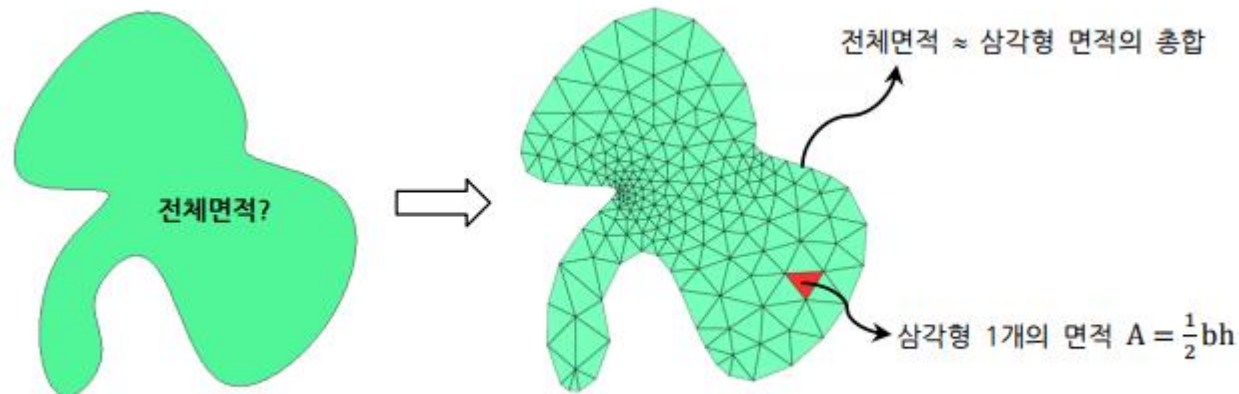


한양대학교
HANYANG UNIVERSITY

CDL Computational
Design
Lab

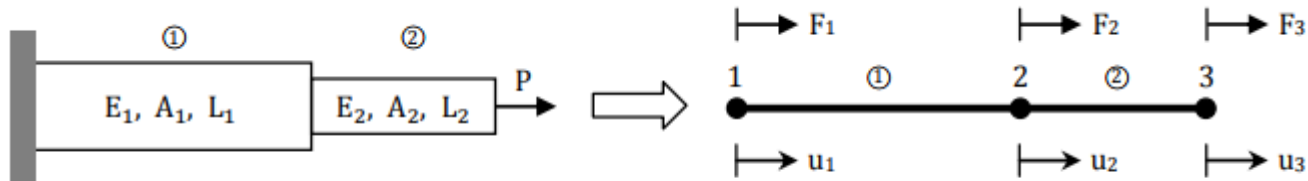
FINITE ELEMENT METHOD

- 유한요소법: 유한개의 요소를 이용하여 근사해를 구하는 수치해석기법



이론해가 없는 문제에 대한 근사해법 방식의 풀이 예

- 특성을 알고 있는 기본 요소들의 조합을 통해 모델 구성 및 해석 수행



2개의 봉요소로 구성된 구조물과 유한요소모델

LINEAR STATIC ANALYSIS

• 선형정적해석

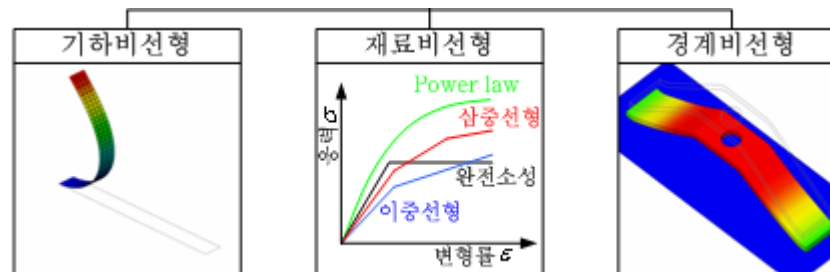
- 모든 해석의 기본이 되는 해석
- 힘, 온도, 자중 등의 작용하중에 대해 **변위, 응력, 안전율** 등의 응답 결과를 분석하여 구조물의 **변형 거동과 항복/파손여부** 등의 **강도 안정성**을 평가

• 정적해석의 조건

- 작용하중이 시간에 따라 변하지 않고 일정함 ($\leftrightarrow$ 동해석)

• 선형의 조건

- **재료물성이 선형 ($\leftrightarrow$ 재료비선형)**
재료물성이 탄성으로, 하중과 변위, 응력과 변형률이 선형비례 관계임
- **기하학적 형상이 선형 ($\leftrightarrow$ 기하비선형)**
변형에 의한 구조물의 강성 변화를 무시할 수 있을 만큼 변위가 작음
- **경계조건이 선형 ($\leftrightarrow$ 경계/접촉비선형)**
하중의 작용시점부터 최종 변형 상태까지 경계조건이 변하지 않음



MODAL ANALYSIS

• 모달해석

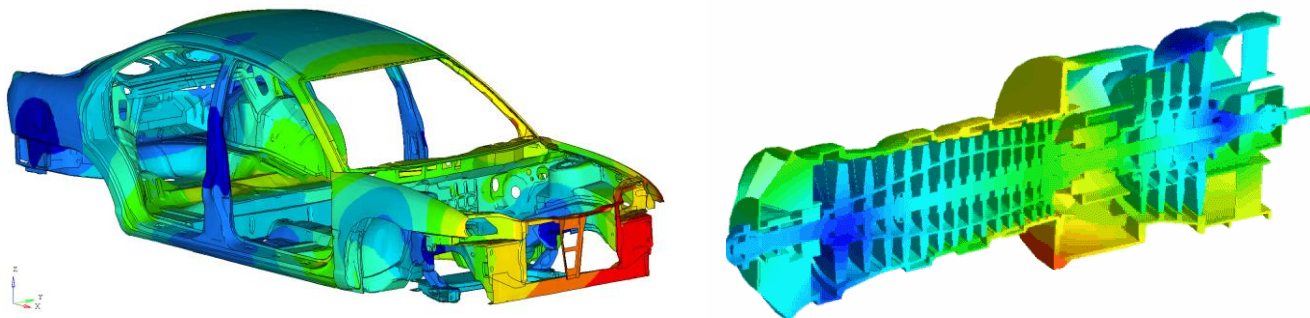
- 모든 동해석의 기본이 되는 자유진동해석
- 외력과 감쇠가 없는 조건에서 구조물의 강성과 질량에 의해 결정되는 고유 진동수와 고유 진동수별 고유 변형형상(모드형상)을 분석

• 구조물의 중요한 동적특성

- 고유 진동수(고유주기), 각 고유 진동수별 모드형상, 모드기여계수 등

• 모달해석의 활용

- 진동이 발생하는 구조물에 장착되는 부품에 대해 공진을 피하도록 설계
→ 부품의 모달해석을 수행하여 부품의 고유진동수를 계산한 후, 구조물의 진동수 또는 작용하중의 진동수와 비교하여 안정성을 파악/개선
- 시스템의 운영 진동수에서의 변형형상을 파악/유도
→ 변형형상이 취약부에 영향을 미치지 않도록 하거나, 반대로 음향기기 같은 제품에서는 운영 진동수에서 원하는 동적변형이 발생하도록 유도
- 모드법 기반의 과도응답해석/주파수응답해석에서 기본 데이터로 활용



BUCKLING ANALYSIS

• 좌굴해석

- 구조물의 불안정성을 유발하는 **임계하중**을 찾고, **안정성을 검토**하는 해석
- **고유치 문제**
임계하중을 계산하기 위하여 작용하중(P_a)에 대한 계수(λ)를 구하며,
이 계수(λ)가 **고유치**임 $\rightarrow$ 임계하중은 둘의 곱으로 계산 ($\lambda \times P_a$)

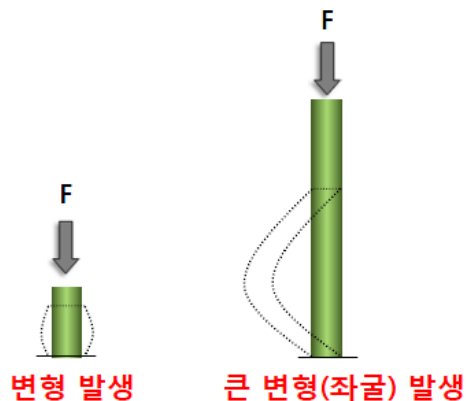
• 좌굴해석을 통한 안정성 검토가 필요한 경우

- 구조물이 크기가 큰 압축하중을 받는 경우
- 구조물의 형상이 길고 가는 경우, 구조물의 두께가 얇은 경우

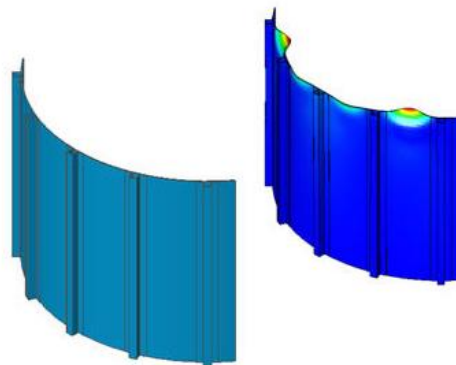
<예> 축방향의 압축하중을 받는 기둥, 외부압력을 받는 박판 원통 등



빔의 좌굴



얇은 판재의 좌굴



NONLINEAR ANALYSIS

- **선형해석과 비선형해석의 차이**

- **선형해석:** 선형근사에 의한 비교/경향을 파악하는 해석
- **비선형해석:** 보다 정확한 결과와 성능 파악을 목적으로 하는 해석
- 작동조건/결과 등이 선형근사해석으로 충분하지 못할 경우, 비선형해석 수행

- **재료비선형**

- 응력-변형률의 관계가 선형탄성이 아닌 재료물성에 대한 해석
 <예> 항복응력을 넘어 소성영역까지 고려한 해석, 고무 등의 해석

- **기하비선형**

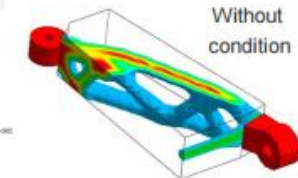
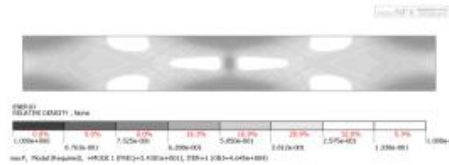
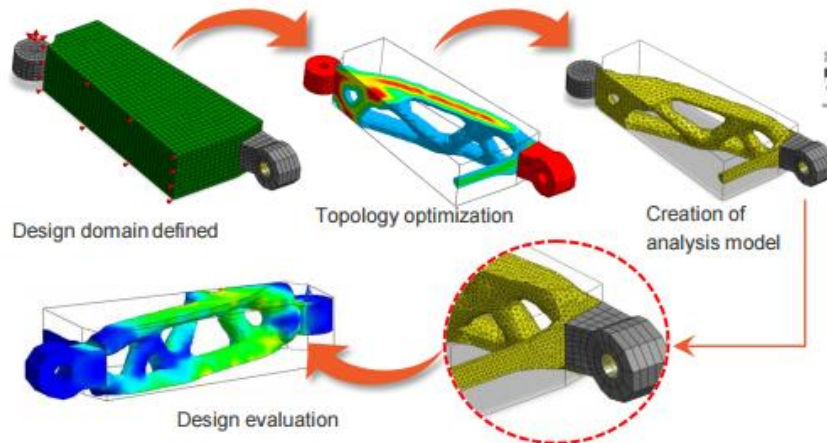
- 구조물의 강성변화를 유발할 수 있는 대변형 거동에 대한 해석

- **접촉비선형**

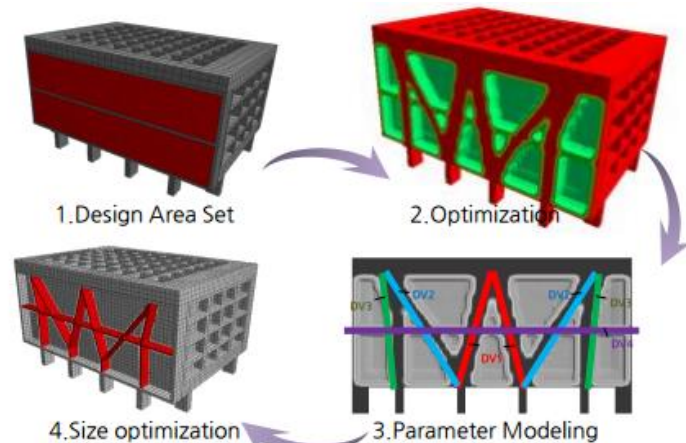
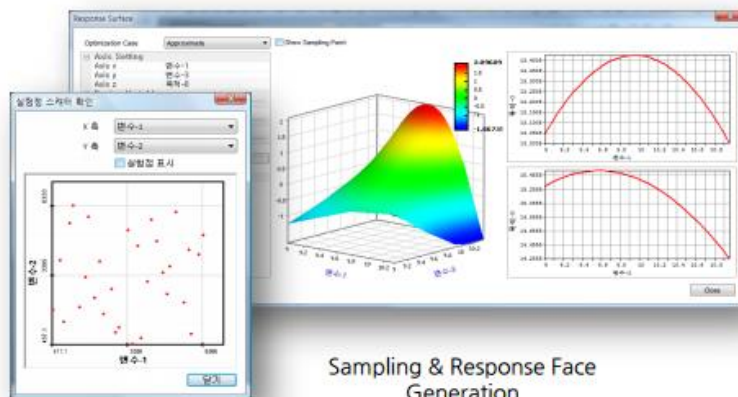
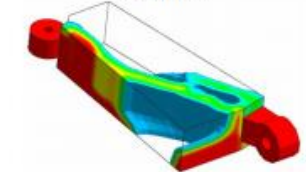
- 하중이 작용하는 동안 경계조건/접촉조건이 변하는 거동에 대한 해석
 <예> 파트간 접촉면에서 충돌, 미끄러짐, 분리 등의 거동이 발생하는 경우

OPTIMIZATION

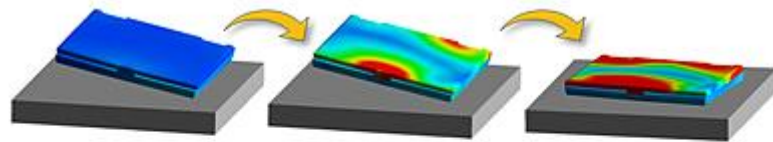
Process of using topology optimization design



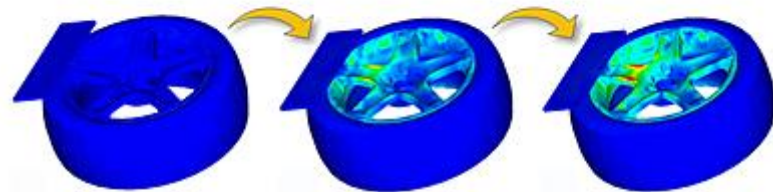
Manufacturing (Draw direction) condition



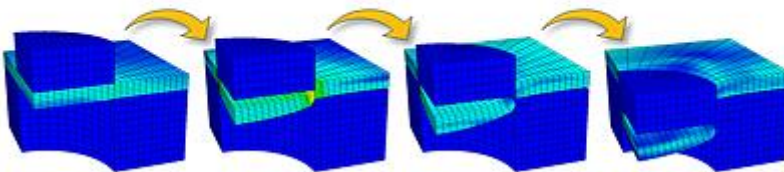
CRASH ANALYSIS



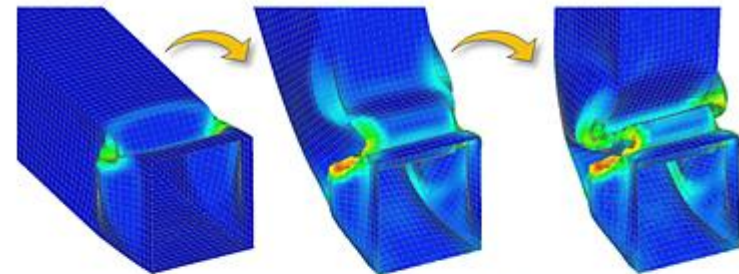
노트북의 낙하해석



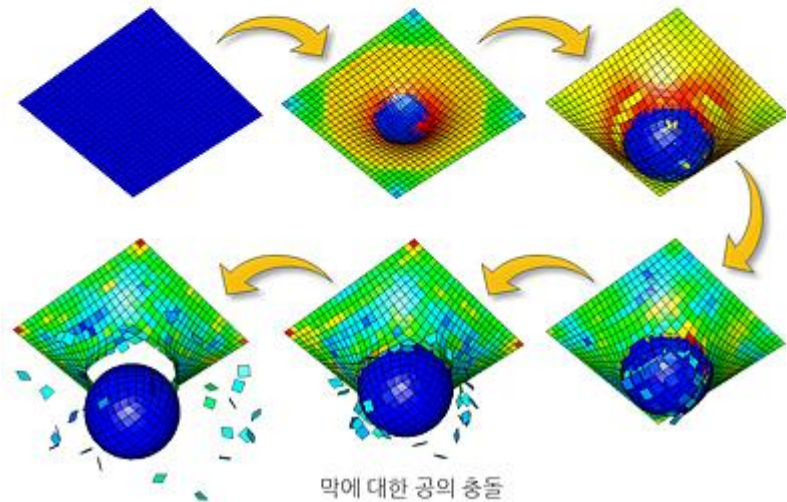
휠의 충격하중 테스트 (고무재료, 고체 사면체요소 사용)



성형 및 생산공정의 시뮬레이션



박스형 튜브의 Post-Buckling 해석



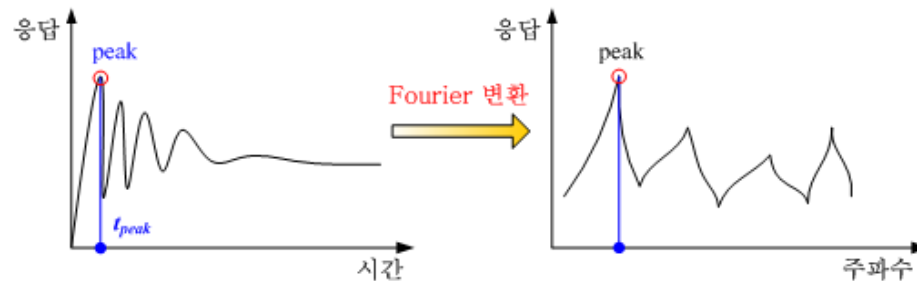
막에 대한 공의 충돌

FREQUENCY RESPONSE ANALYSIS

동해석 (Dynamic)	$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = f(t)$ 구조물 고유 특성 (운동 무관) 운동시 발생	· 전체 항을 포함 (관성력과 감쇠력 모두 고려) · 시간에 따라 변하는 하중 조건
		과도응답 (Transient-Response) 시간 영역에서 해석 → 하중/결과: 시간 함수
		주파수응답 (Frequency-Response) 주파수 영역에서 해석 → 하중/결과: 주파수 함수

시간영역 분석

주파수영역 분석



운동 방정식

$$[\mathbf{M}]\{\ddot{\mathbf{x}}(t)\} + [\mathbf{C}]\{\dot{\mathbf{x}}(t)\} + [\mathbf{K}]\{\mathbf{x}(t)\} = \{\mathbf{F}(t)\}$$

주파수 응답 해석의 운동 방정식

$$(-\omega^2[\mathbf{M}] + \omega[\mathbf{C}] + [\mathbf{K}])\{\mathbf{x}(\omega)\} = \{\mathbf{F}(\omega)\}$$

단순조화운동 가정

$$\{\mathbf{x}(t)\} = \{\mathbf{x}(\omega)\}e^{i\omega t} \quad \{\mathbf{F}(t)\} = \{\mathbf{F}(\omega)\}e^{i\omega t}$$