

Stress and strain: Basic concepts

강의명: 소성가공 (MSA0026)

정영웅

창원대학교 신소재공학부

YJEONG@CHANGWON.AC.KR

연구실: #52-212 전화: 055-213-3694

HOME PAGE: [HTTP://YOUNGUNG.GITHUB.IO](http://youngung.github.io)

Objectives

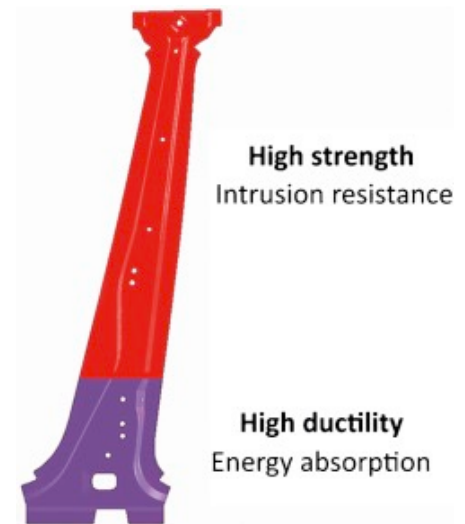
- 공칭 응력(engineering stress)과 공칭 변형률 (engineering strain)의 정의
- Hooke's law
- Poisson ratio
- 탄성계수 (elastic stiffness, elastic constants, elastic modulus)
- 항복 강도(yield stress, yield strength)
- 인장 강도 (tensile stress, tensile strength)
- 길이 신장률 (Total elongation)
- 실린더형 연성 재료 시편의 변형에 따른 형상 변화
- 파손된 인장 시편에 대한 길이 신장률과 단면적 감소율 산출
- 탄력 계수 및 인성의 정의와 단위
- ... more to come

Some background

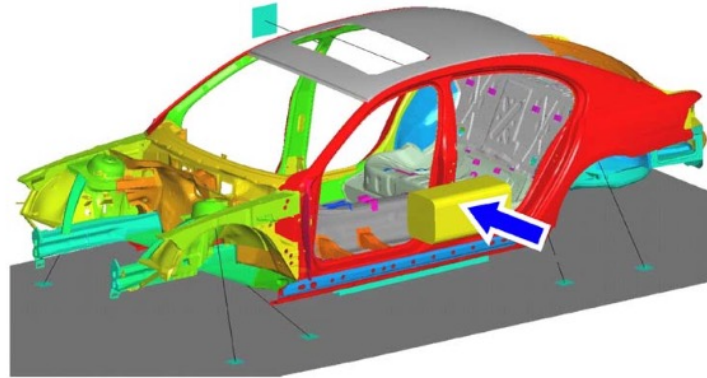
- 다양한 구조용 금속 제품 (structural metallic products)이 다양한 용도로 다양한 engineering structure에 쓰인다.
 - Alconic의 Aluminum 제품
 - Alcan의 Aluminum 제품
 - POSCO의 steel 제품
 - Hyundai steel의 제품
- Q) What engineering structure? (건축, 비행, 자동차 ...)
- Q) 금속 제품의 객관적인 성능은 어떻게 표현될 수 있을까?
- Q) 더욱 구체적으로, 금속 제품의 기계적 성능은 어떻게 측정되고 표현될 수 있을까?

Recap: mechanical property

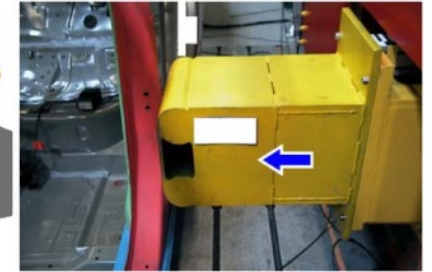
- Q) What is a property?
- Q) What principle is applied when obtaining a mechanical property? – **stimulus and response.**
- When load is applied, the shape of metal might change. (힘이 가해지면 모양이 변화)



Roles of Government and engineers



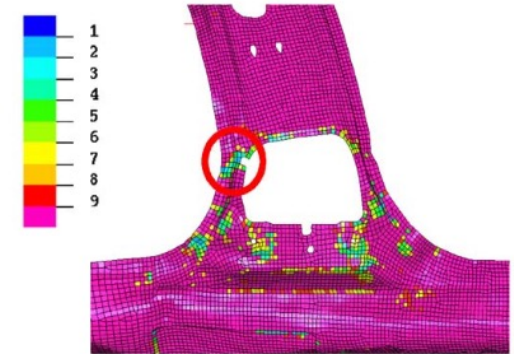
(a)



(b)



(c)



Regulations

Comply with the rules

How? With/without knowledges

Pickett et al., Int. J. Impact Eng. 30, 2004 p853-872

Mechanical stimulus/response

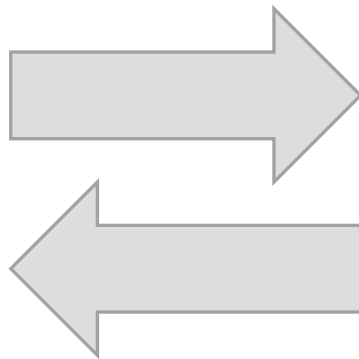
Force
Deformation

Size-dependent

Stress
Strain

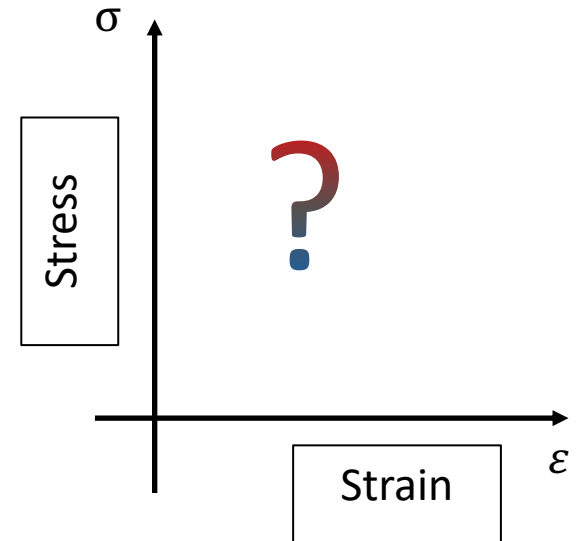
Size-independent

Stress



Strain

관계: material property



Constitutive model;
Constitutive equation
구성방정식

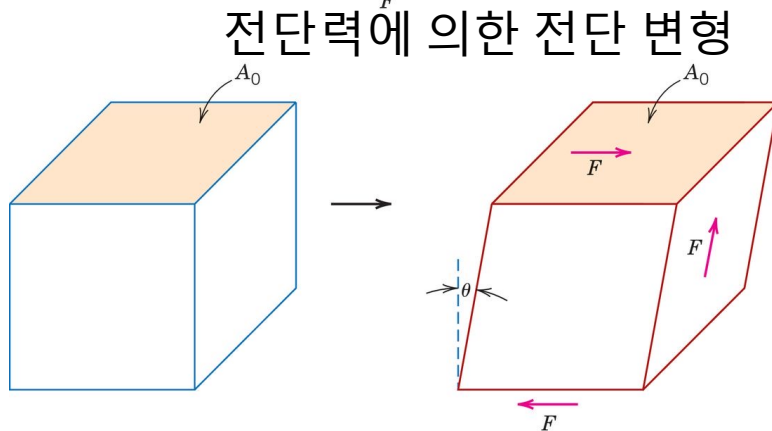
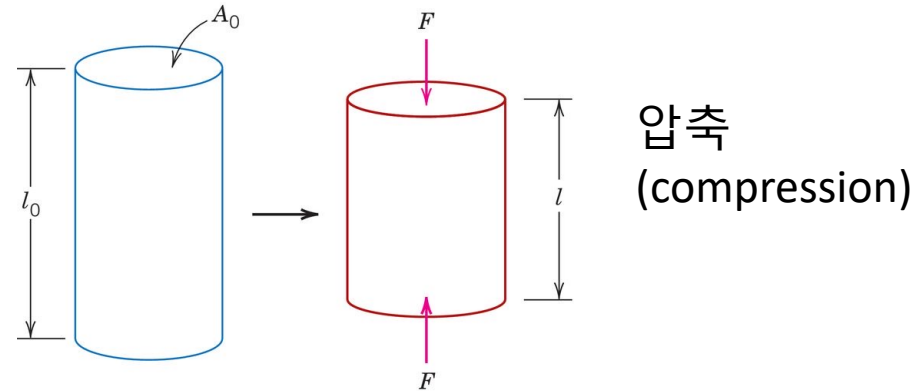
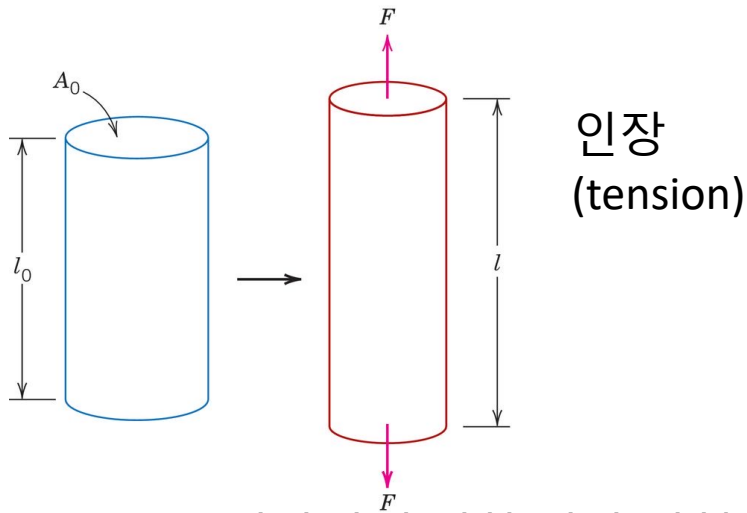
Mechanical stimulus/response + property

- 기계적 성능은, 기계적 자극과 그 자극으로 기인한 기계적 반응사이의 관계를 연결해주는 연결고리다.
 - 그러한 연결고리는 여러 형태의 '수학적' 모형으로 나타낼 수 있다.
 - 여러분들이 다룰 수학적 모형은 주로 '선형'적이다 (일차 함수의 형태)
- 만약 기계적 자극과 반응이 선형적이라면??
 - 자극 = 성질1 x 반응 + 성질2
 - $y = ax + b$ 의 형태: y 와 x 는 각각 반응과 자극, a 와 b 는 물질의 성질 (줄여서 물성)
- 기계적 자극과 기계적 반응, 그리고 그 둘의 관계가 선형(linear)을 띄는 경우
 - 예: 금속의 탄성 – 기계적 자극이 충분히 작을 때 나타남
 - $\sigma = E\varepsilon$ (σ : 응력 E : elastic constants (modulus), ε : 변형률, Hooke's law)
- 기계적 자극과 기계적 반응이 매우 비선형적인 관계를 가진 경우
 - 예: 금속의 소성 – 기계적 자극이 충분히 클 때 나타남
 - $\dot{\varepsilon}^{pl} = \dot{\gamma}_0 \sum_s \left(\frac{\sigma}{\tau_s} \right)^{20}$: 응력 σ 와 소성변형률 $\dot{\varepsilon}^{pl}$; 매우 비선형적(non-linear) 관계
- 기계적 자극과 전기적 반응, 그리고 그 둘의 관계 (piezo electricity)
 - $\varepsilon = dE$ (ε : strain, d : piezoelectricity constants; E : electric field)

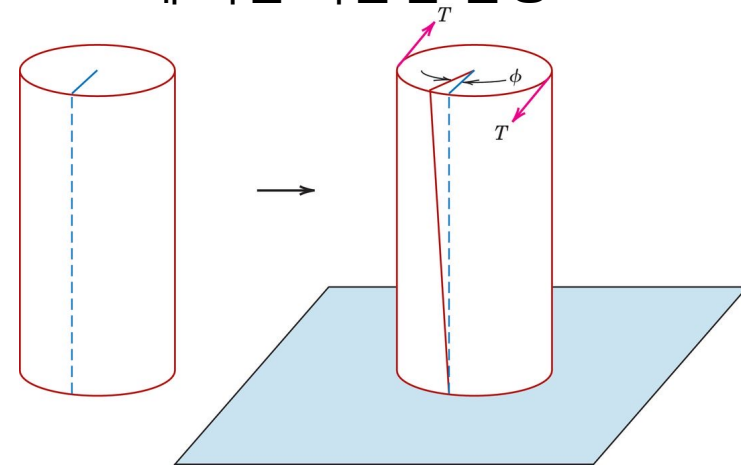
Notations; symbols; terminologies

- 변형률은 주로 Greek letter ε , 혹은 ϵ (엡실론)으로 나타낸다.
 - ε 을 진변형률, ϵ 을 공칭변형률로 구분하는 경우도 있으나, 우리 강의에서는 따로 설명되지 않은한 ε 을 구분하지 않고 변형률로 간주하겠다. *간혹 e 기호를 사용하기도..
- 응력의 경우 σ (sigma, 시그마)로 표현하겠다.
 - 마찬가지로 공칭과 진응력이 존재한다. 때에 따라 σ^{engi} 와 σ^{true} 등의 윗첨자 (superscript)를 사용하여 구분하겠다.
- 탄성 계수들
 - E 와 G 를 각각 (압축/인장) 탄성 계수와 전단 탄성 계수로 구분하여 사용하겠다
 - ν 를 푸아송 비 (Poisson ratio)
- σ^Y : yield stress (strength)는 Y 윗첨자를 사용하여 나타내겠다.
- ϵ^Y (혹은 ε^Y): yield point 에 해당하는 변형률
- σ, τ : 압축/인장 응력 성분 (normal stress component) 그리고 전단 응력 성분 (shear stress component)를 구분할 때 사용
- $\epsilon(\varepsilon), \gamma$: 압축 인장 변형률 성분 (normal strain component) 그리고 전단 변형률 성분 (shear strain component)를 구분할 때 사용하겠다.

구조물에 작용하는 하중의 종류 (from Callister textbook)



토크에 의한 비틀림 변형



Images from Callister, Int. MSE

수직 응력과 전단 응력

■ 응력 구성 성분 (stress component)

- **수직 응력 성분** (normal stress component) 은 관심 있는 물질 면의 '**법선**' 방향으로 작용하는 인장 (혹은 압축) 응력 구성요소.
- **전단 응력 성분** (shear stress component) 은 관심 있는 **물질 면과 평행한 방향**으로 작용하는 응력 구성 요소

■ 변형률 구성 성분 (strain component)

- **수직 변형률 성분** (normal strain component) 은 관심 있는 물질 '길이'가 **본래의 그 길이 방향**으로 얼마만큼 인장 되거나, 압축되는 변형의 종류(요소)를 알려준다.
- **전단 변형률 성분** (shear strain component) 은 관심 있는 물질 '길이'가 **본래의 그 길이 방향과 '수직' 방향으로** 얼마나 변화하였는지 알려준다.

