

# 청동시험편의 인장시험 (Tensile Testing of Bronze Bar)

교과목 명 : 기계재료실습

조 명 : 6조

조원 : 배승우

손서위(발표)

이한길

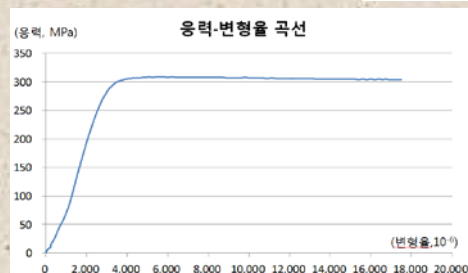
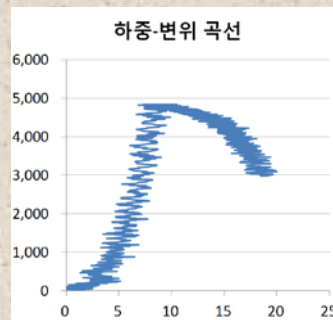
# 목차

- 실험의 목적과 내용
- 인장시험 과정
- 청동시험편의 인장시험 곡선
- 모아원에 따른 파손판단
- 포와송비
- 단면적 수축률
- 실험결과
- 파괴 매커니즘
- 스트레인 게이지
- 그 외 부가적 내용
- 실험 후 감상

# 실험의 목적과 내용

## (1) 실험의 목적과 내용

인장시험을 통하여 인장시험에 대한 이해와 청동의 여러 가지 기계적인 성질을 알고, 파괴 매커니즘을 이해하며, 이론 치와 측정 치의 오차가 생기는 이유를 알고자 함.



# 인장시험 과정

## (1) 시험편 제작



표면 사포처리



금 긋기



표면 세척



Conditioner



Neutralizer



촉매제



# 인장시험 과정

## (1) 시험편 제작



접착제



스트레인게이지  
부착



신호선 납땜



기준선 긋기



두께 측정

# 인장시험 과정

## (2) 시험 과정



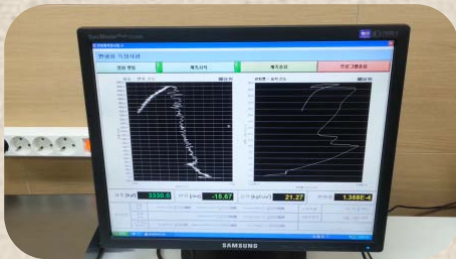
시험기에 고정



신호선 연결



인장시험



데이터 처리



실험 완료



늘어난 길이 측정

## 하중-변위 곡선

하중(kgf)

6,000

5,000

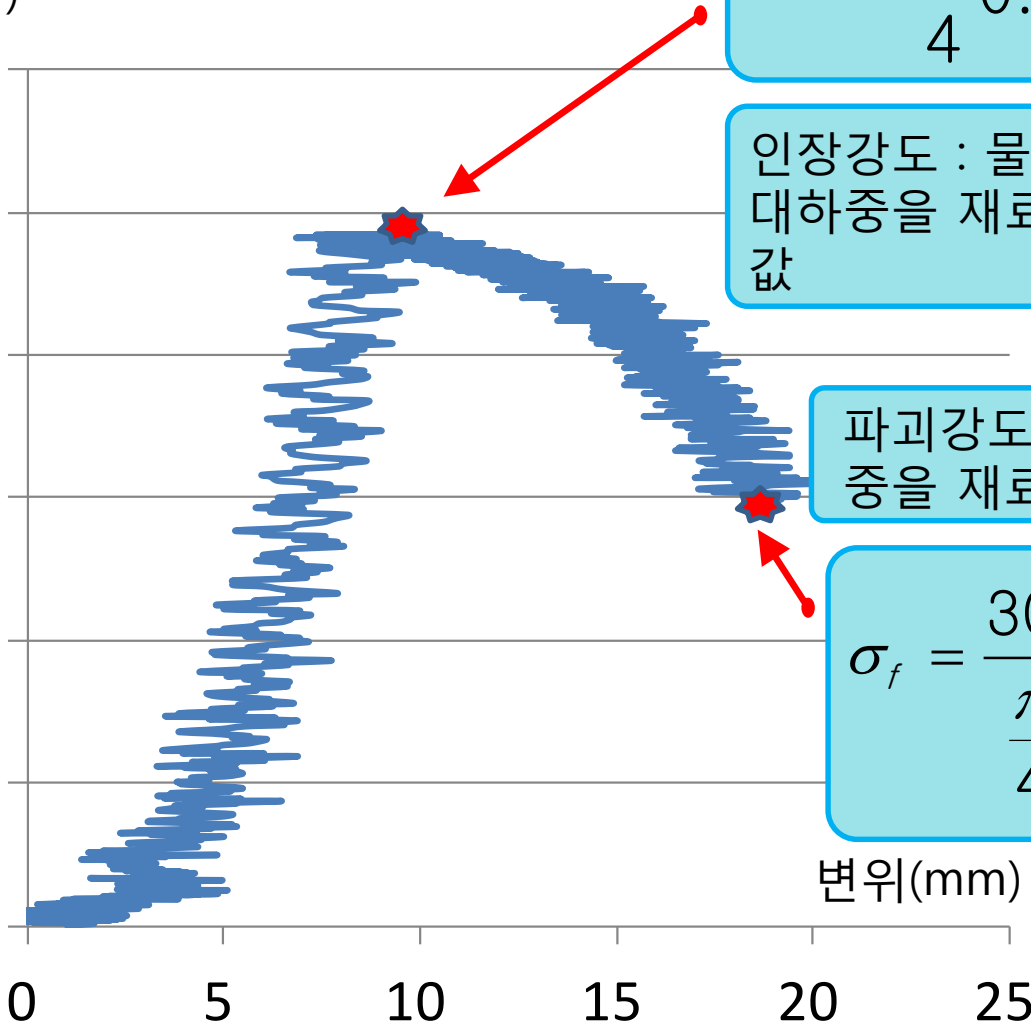
4,000

3,000

2,000

1,000

0



$$\sigma_u = \frac{4950 \times 9.81}{\frac{\pi}{4} 0.0141^2} = 311 MPa$$

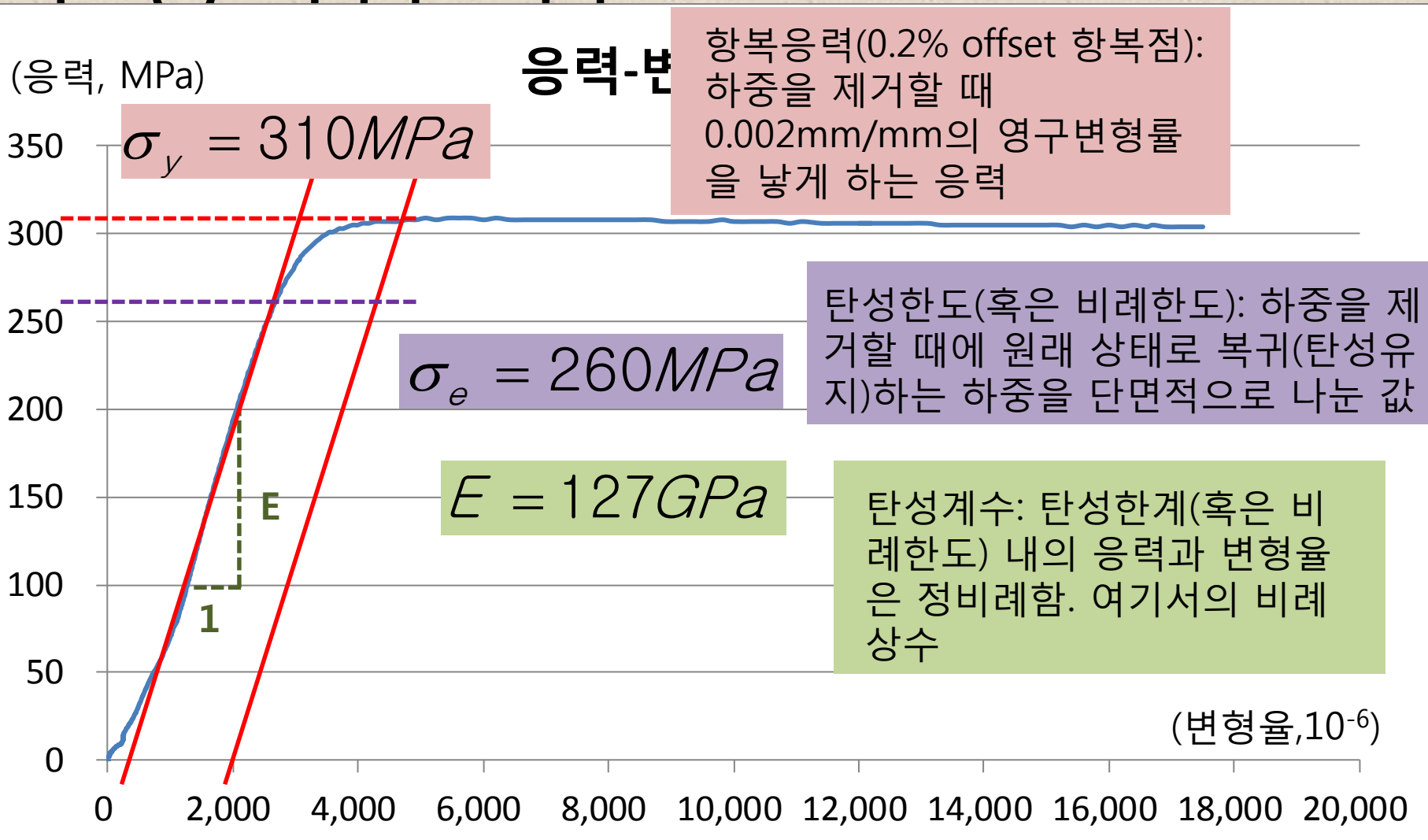
인장강도 : 물체가 견딜 수 있는 최대하중을 재료의 단면적으로 나눈 값

파괴강도 : 물체가 파괴 될 때의 하중을 재료의 단면적으로 나눈 값

$$\sigma_f = \frac{3000 \times 9.81}{\frac{\pi}{4} 0.0141^2} = 189 MPa$$

변위(mm)

# 인장시험 곡선

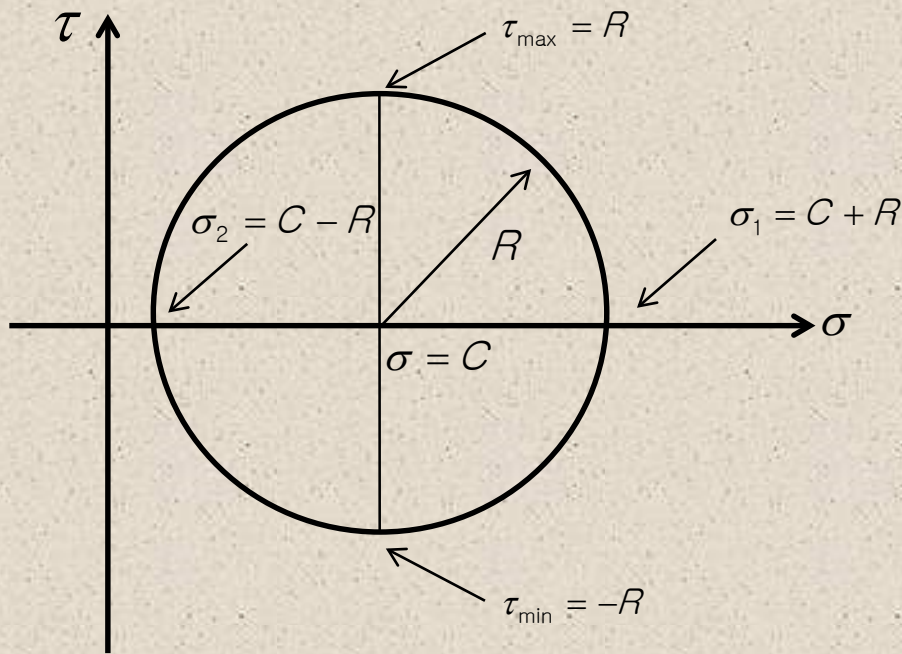




# 모아원에 따른 파손판단

## (1) 모아원이란?

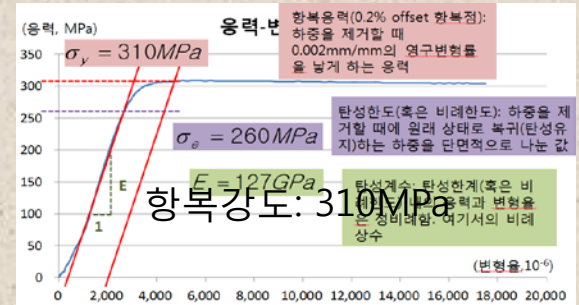
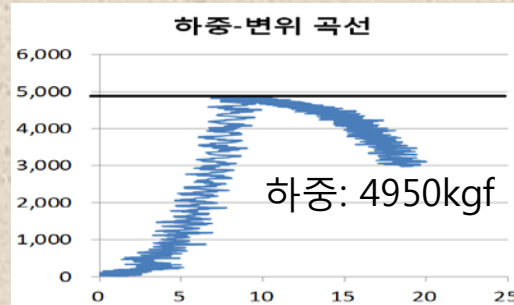
Mohr에 의해 제안되었으며, 하나의 원에 수직응력과 전단응력을 나타내는 것.  
주로 파손여부를 판단하기 위해 쓰임.



$$\left\{ \begin{aligned} C &= \frac{\sigma_{xx} + \sigma_{yy}}{2} \\ R &= \sqrt{\left( \frac{\sigma_{xx} - \sigma_{yy}}{2} \right)^2 + (\tau_{xy})^2} \end{aligned} \right.$$

# 모아원에 따른 파손판단

## (2) 모아원에 따른 파손판단



$$\sigma_{xx} = \frac{F}{A} = \frac{4950 \times 9.81}{\frac{\pi}{4} \cdot 0.0141^2} = 311 \text{ MPa}$$

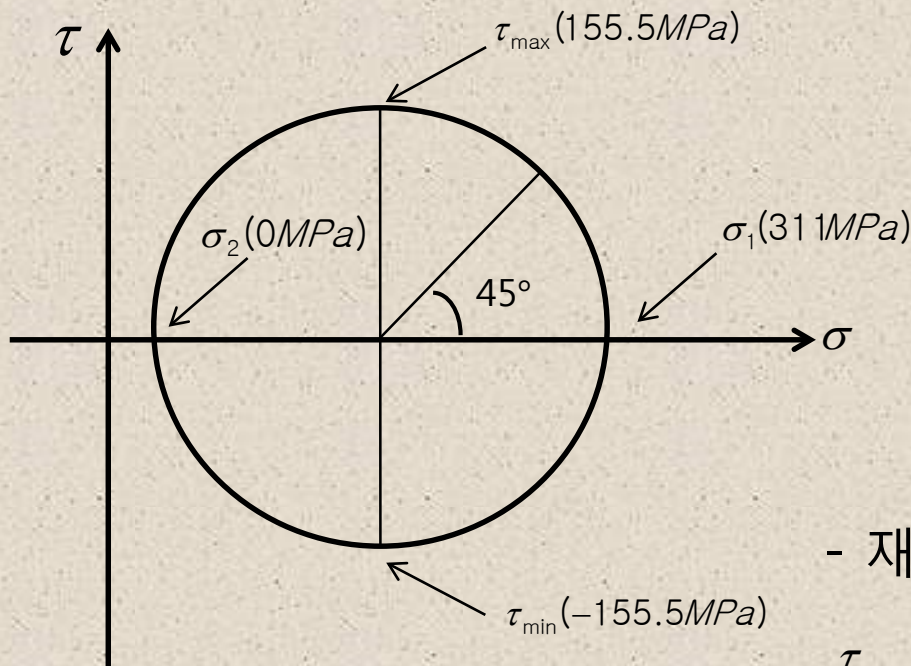
$$\begin{cases} \sigma_{xx} = 311 \text{ MPa} \\ \sigma_{yy} = 0 \\ \tau_{xy} = 0 \end{cases}$$

$$C = \frac{\sigma_{xx} + \sigma_{yy}}{2} = \frac{311 + 0}{2} = 155.5 \text{ MPa}$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{xx} - \sigma_{yy}}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2} = \sqrt{\left(\frac{311 + 0}{2}\right)^2 + (0)^2} = 155.5 \text{ MPa}$$

# 모아원에 따른 파손판단

## (2) 모아원에 따른 파손판단



- 재료가 연성재료(청동)이므로,

$$\tau_{max} = 155.5MPa > \tau_y = \frac{1}{2}\sigma_y = 155MPa$$

➡ 파괴됨.

# 포와송비

## (1) 포와송비 란?

포와송비는 재료에 따라 정해지는 물성치를 뜻함.  
강은 대략 0.3 고무는 대략 0.4~0.5의 값을 가짐.

포와송비는 0.5가 최대이고 이 값 이상의 포와송비를 갖는 재료는 존재하지 않다고 봐도 무방하며,  
포와송비가 0.5에 가까운 물질은 변형으로 인한 체적변화가 없는 물질이라는 의미를 가짐.

포와송비를  $\nu$ , 각각 길이, 직경 변형율을  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  로 표기할 때, 포와송비는 다음과 같음.

$$\text{포와송비}(\nu) = \frac{\varepsilon_2(\text{직경 변형률})}{\varepsilon_1(\text{길이 변형률})}$$



# 포와송비

## (2) 포와송비 구하기

지점 번호	늘어난 길이	길이 방향 변형율	줄어든 직경	직경 방향 변형율	포와송비
1	10.25mm/ 0.25mm	$\varepsilon_1 = \frac{0.25}{10} = 0.025$	14.05mm/ 0.05mm	$\varepsilon_2 = \frac{0.05}{14.1} = 3.54 \times 10^{-3}$	0.14
2	10.25mm/ 0.25mm	$\varepsilon_1 = \frac{0.25}{10} = 0.025$	14mm/ 0.1mm	$\varepsilon_2 = \frac{0.1}{14.1} = 7.09 \times 10^{-3}$	0.28
3	10.7mm/ 0.7mm	$\varepsilon_1 = \frac{0.7}{10} = 0.07$	14mm/ 0.1mm	$\varepsilon_2 = \frac{0.1}{14.1} = 7.09 \times 10^{-3}$	0.1
4	15mm/ 5mm	$\varepsilon_1 = \frac{5}{10} = 0.5$	14.95mm/ 1.05mm	$\varepsilon_2 = \frac{1.05}{14.1} = 0.07$	0.14
시험편 초기 길이: 10mm			시험편 초기 두께: 14.1mm		

# 단면수축률

## (1) 단면수축률이란?

단면수축률이란 인장 시험에 있어서 시험편 절단 후에 생기는 최소 단면적( $A'$ )과 그의 원단면적( $A$ )과의 차와 원단면적에 대한 백분율을 말함.

단면수축률을  $\varepsilon_A$ , 포와송비를  $\nu$ , 직경변형률을  $\varepsilon$  라고 할 때 단면수축률은 다음과 같음.

$$\varepsilon_A = \frac{A - A'}{A} \times 100 = 2 \cdot \nu \cdot \varepsilon$$

# 단면수축률

## (2) 단면수축률 구하기

지점 번호	단면수축률
1	$\frac{(\frac{\pi}{4} \times 14.1^2) - (\frac{\pi}{4} \times 14.05^2)}{\frac{\pi}{4} \times 14.1^2} \times 100 = 0.71\%$
2	$\frac{(\frac{\pi}{4} \times 14.1^2) - (\frac{\pi}{4} \times 14^2)}{\frac{\pi}{4} \times 14.1^2} \times 100 = 0.41\%$
3	$\frac{(\frac{\pi}{4} \times 14.1^2) - (\frac{\pi}{4} \times 14^2)}{\frac{\pi}{4} \times 14.1^2} \times 100 = 0.41\%$
4	$\frac{(\frac{\pi}{4} \times 14.1^2) - (\frac{\pi}{4} \times 12.95^2)}{\frac{\pi}{4} \times 14.1^2} \times 100 = 15.65\%$

# 실험결과

## (1) 실험결과

명칭	인장강도 ( $\sigma_u$ )	파괴강도 ( $\sigma_f$ )	항복응력 ( $\sigma_y$ )	탄성한도 ( $\sigma_e$ )	탄성계수 ( $E$ )
값	311MPa	189MPa	310MPa	260MPa	127GPa

지점번호	포와송비( $\nu$ )	단면수축률( $\epsilon_A$ )
1	0.14	0.17%
2	0.28	0.41%
3	0.1	0.41%
4	0.14	15.65%



# 실험결과

## (2) 이론 치와 실험결과 비교

	실험치	이론치	오차율
인장강도 ( $\sigma_u$ )	311MPa	241MPa	29%
파괴강도 ( $\sigma_f$ )	189MPa	110MPa	71%
항복응력 ( $\sigma_y$ )	310MPa	138MPa	124%
탄성한도 ( $\sigma_e$ )	260MPa	41MPa	534%
탄성계수 ( E )	127MPa	117MPa	8%

# 실험결과

## (2) 이론 치와 실험결과 비교

지점번호	실험치 포와송비	이론치 포와송비	오차율
1	0.14	0.34	28%
2	0.28	0.34	17%
3	0.1	0.34	70%
4	0.14	0.34	58%

지점번호	실험치 단면수축률	이론치 단면수축률	오차율
1	0.17%	0.24%	29%
2	0.41%	0.48%	15%
3	0.41%	0.48%	15%
4	15.65%	4.76%	228%

# 실험결과

## (3) 이론 치와 실험결과의 오차 원인

- ① 부정확한 표점거리 표시에 의한 오차
- ② 게이지 설치에 의한 오차
- ③ 인장시험기에 시편의 엇물림에 의한 오차
- ④ 두 파단시편 사이의 단면 불일치에 의한 오차
- ⑤ 측정오차, 시편제작 자체의 오차
- ⑥ 스트레인게이지 접착에 의한 오차
- ⑦ 기계적 오차(인장시험기, 기계의 진동, 프로그램 등)

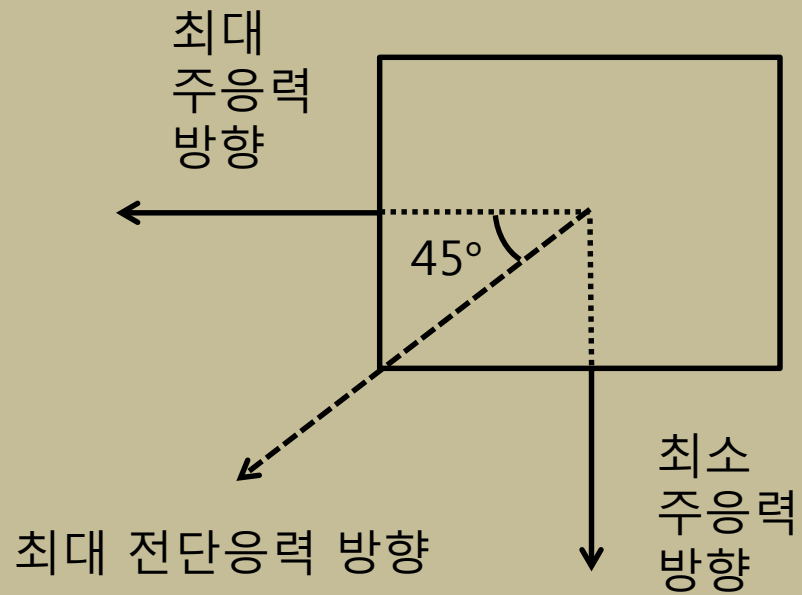
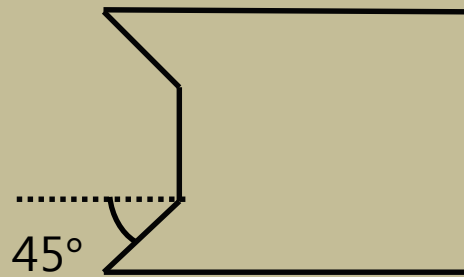
# 실험결과

## (3) 이론 치와 실험결과의 오차 원인

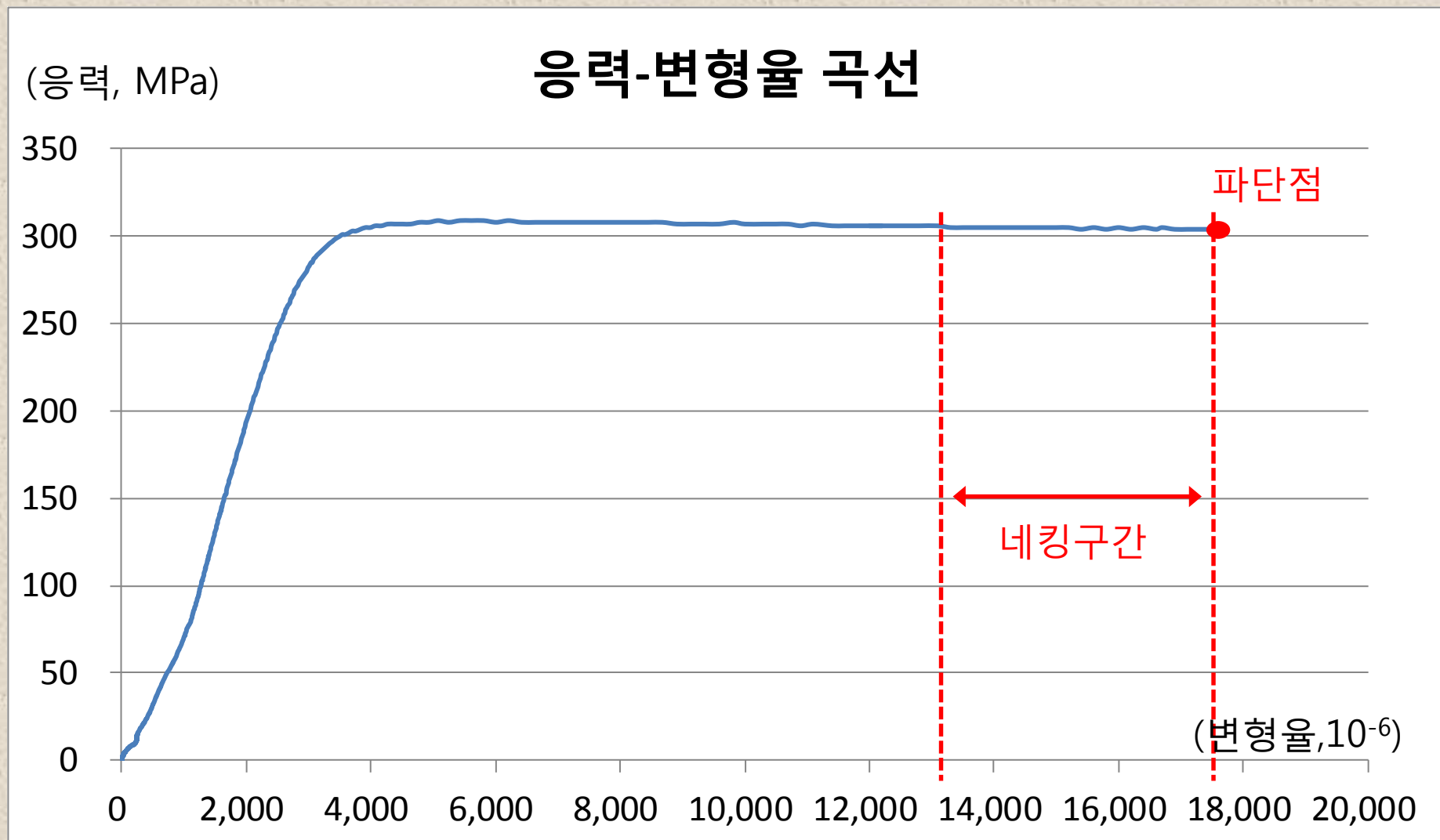
- ⑧ 그림이 시편을 잡았을 때 시편 손상에 의한 오차
- ⑨ 하중을 받을 시 비틀림에 의한 오차
- ⑩ 그림 된 부분의 온도상승으로 인한 오차
- ⑪ 이론 치를 구할 때와 온도와 실험 시 온도와의 차에 의한 오차  
(환경적 오차)
- ⑫ 오차를 판단하는 이론 치와 시편의 재료 불일치에 의한 오차
- ⑬ 스트레인게이지가 온도에 민감하기 때문에 스트레인게이지에  
의한 오차



# 파괴 메커니즘



# 파괴 메커니즘



# 스트레인 게이지

## (1) 스트레인 게이지란?

전기저항 스트레인 게이지의 약칭.

기계적인 미세한 변화를 전기 신호로 검출하는 센서.

가는 저항선을 얇은 종이에 붙인 것으로, 기계나 구조물의 표면에 접촉해 두면 그 표면에 생기는 미세한 치수의 변화.

즉 저항치가 변화하는 물리현상을 응용하여 스트레인을 측정하여, 그 크기로부터 강도나 안정성의 확인을 하는데 중요한 응력을 알 수 있게 함.

# 스트레인 게이지

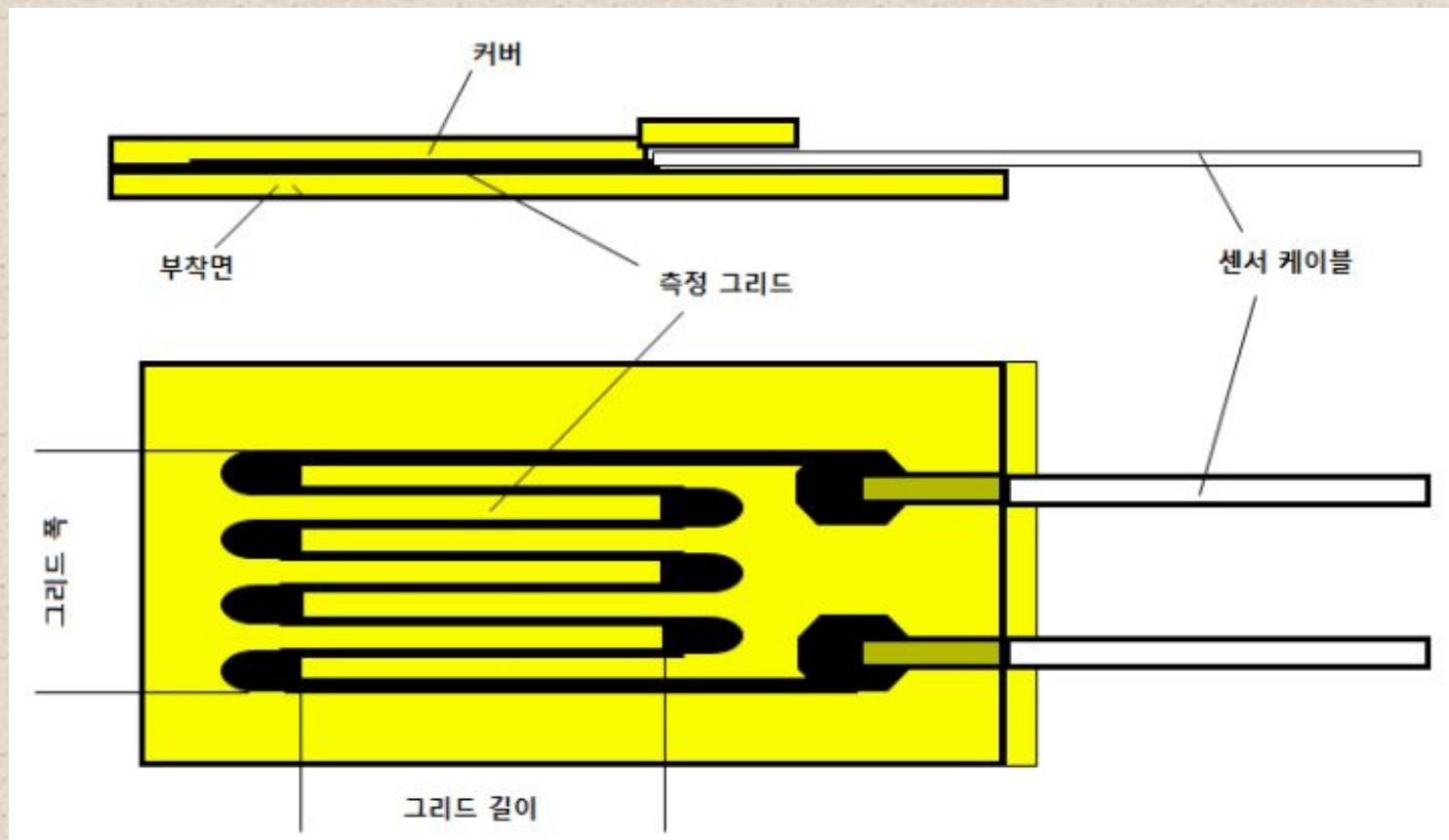
## (2) 스트레인 게이지의 원리

- 스트레인 게이지는 저항으로 이루어진 센서로서 피 측정물에 부착되어 피 측정물의 물리적인 변형율을 휘스톤 브릿지 방식으로 전기적인 신호로 바꾸어 측정물의 변화량을 측정하는 저항센서
- 스트레인 게이지의 전기 저항체는 전류를 흐르지 않도록 하는 저항을 갖고 있는 것으로 이 값은 저항체의 재질 종류에 따라 다르지만 일반적으로 저항체는 가늘고, 길어질수록 저항의 값이 커짐.



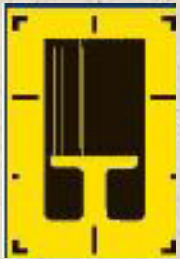
# 스트레인 게이지

## (3) 스트레인 게이지의 구조



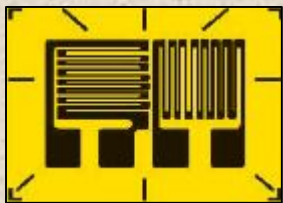
# 스트레인 게이지

## (4) 스트레인 게이지의 종류



### 단축게이지

가장 많이 사용되는 스트레인 게이지이며 보통 주응력(응력 발생 위치, 방향)을 알고 있을 때 사용하며 그 리드가 하나이기 때문에 한 방향에 대한 측정만 가능.



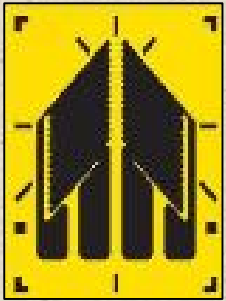
### 2축 0°, 90° 게이지

T 로젯게이지 라고도 불리우며 보통 주응력과 반대되는 부응력을 알고 있을 때 사용.

일반적으로 측정물(재료)의 포와송비를 구하고자 할 때 많이 사용.

# 스트레인 게이지

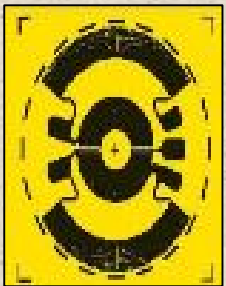
## (4) 스트레인 게이지의 종류



### 2축 비틀림 게이지

보통의 스트레인 게이지와 다르게 그리드의 방향이 45° 방향으로 비틀어져 있는 형태.

2축 비틀림 게이지는 회전 또는 비회전되는 원형축의 비틀림을 측정하여 **토크(비틀림 모멘트) 값을 산출**하기 위해 주로 사용.



### 면압 게이지

면압게이지는 측정물(재료)에 걸리는 **하중, 압력 등을 측정하고자 할 때 사용.**

원형으로 되어 있는 그리드는 압력 및 하중이 생기게 되면 늘어나는 형식으로 압력 또는 하중에 사용.

# 그 외 부가적 내용

## (1) 인장하중시험기



제작 사: (주) 나노텍

최대 하중: 200kN

시험기 무게: 1.1ton

가격: 2,780만원

시험 내용: 인장, 압축, 굴곡

# 그 외 부가적 내용

## (1) 인장하중시험기



제작 사: 큐로

최대 하중: 300kN

시험기 무게: 1ton

가격: 6,045만원

시험 내용: 인장, 압축, 굴곡



# 그 외 부가적 내용

## (1) 인장하중시험기



제작 사: (주) 솔트

최대 하중: 300kN

시험기 무게: 0.9ton

가격: 6,000만원 이상

시험 내용: 인장, 압축, 굴곡

# 그 외 부가적 내용

## (1) 인장하중시험기



제작 사: 코아테크

최대 하중: 4.9kN

시험기 무게: 90kg

가격: 1,000만원 이하

시험 내용: 인장, 압축, 박리강도,  
필름, 마찰계수

# 그 외 부가적 내용

## (1) 인장하중시험기



제작 사: 와이어하네스  
최대 하중: 0.49kN  
시험기 무게: 60kg  
가격: 87만원  
시험 내용: 인장, 압축

# 그 외 부가적 내용

## (2) 청동의 종류 및 특성

청동이란 구리의 주석이 혼합된 합금으로, 인류  
나임

주석  
석을



하여 주  
있음.



# 그 외 부가적 내용

## (2) 청동의 종류 및 특성

청동은 주석(Sn)의 함량에 따라 다음과 같은 특징을 가짐.

0~3%	3~10%	10~12%	12~15%	15~20%
구리색, 붉은색	붉은색을 띤 노란색	회색빛을 띤 노란색	흰빛과 노란 빛의 얼룩색	붉은색을 띤 노란색

20~27%	27~32%	32~49%	49~90%	90%~
붉은색을 띤 회색	은박색	은회색	푸른회색	은박색



# 그 외 부가적 내용

## (2) 청동의 종류 및 특성

청동의 분류는 다음과 같음.

합금명	합금 성분	특성 및 용도
기계용 청동	Sn 8~12%	포신재료로 사용 강도, 내식성 우수 기계 부품, 밸브, 콕
베어링 청동	Sn 6.3~7%	연성감소, 경도 내마멸성 우수 공작기계, 베어링 등
화폐용 청동	Sn 3~8%	단조성 우수, 프레스 작업 용이

# 그 외 부가적 내용

## (2) 청동의 종류 및 특성

합금명	합금 성분	특성 및 용도
미술용 청동	Sn 2~8% Zn 1~12% Pb	Zn: 유동성 우수, 정밀 주조에 적당 Pb: 절삭성 증가, 동상, 실내 장식, 건축물 등
인 청동	Sn 9% Pb 0.6% 이하	내마멸성 우수, 인장강도 탄성한도 증가 스프링 제품 베어링, 밸브 시트에 주로 사용
알루미늄 청동	Al 8~12%	내식성, 내열성, 내마멸성 우수 고급기계부품에 사용
니켈 청동	Ni	점성, 내식성 우수, 표면 평활 정밀 전기기기의 저항선에 사용 열전대 전기 저항성 우수

# 그 외 부가적 내용

## (2) 청동의 종류 및 특성

합금명	합금 성분	특성 및 용도
규소 청동	Si 4% 이하	내식성, 강도 우수 화학공업 재료에 적합
베빌륨 청동	Be 2~3%	시효경화성, 강도, 내식성, 도전성, 내피로성 우수 베어링, 고급스프링 등에 사용
망간 청동	Mn 3~12%	강도 증가 Mn 10%까지는 냉간가공 용이 Mn 3~5%는 고온강도 증가
티탄 청동	Ti 4~6%	내열성, 내마멸성 우수 도전율이 낮음.

# 그 외 부가적 내용

## (3) 시험기의 종류



### 피로 시험기

재료의 피로 크기를 구하는 시험기.

시험편에 가한 응력을 어느 최대값과 최소값 사이에 반복해서 변화 시켰을 때, 시험편이 견디는 반복횟수를 구함.

# 그 외 부가적 내용

## (3) 시험기의 종류



### 비틀림 시험기

재료의 비틀림에 대한 저항력이나 탄성계수 등을 구하는 시험기.

시험편에 비틀림 모멘트를 가하여 그 저항력을 측정하는 것인데, 비틀림에 의해 축 방향으로 늘어나므로 그 방향에는 저항을 주지 않도록 함.



# 그 외 부가적 내용

## (3) 시험기의 종류



### 경도 시험기

경도를 측정하기 위해서 사용하는 기계를 경도 시험기 또는 경도계라함.

경도 시험기의 종류로는 브리넬 경도 시험기, 로크웰 경도 시험기, 비커스 경도 시험기, 미소 경도 시험기, 쇼어 경도 시험기 등이 있음.

# 그 외 부가적 내용

## (3) 시험기의 종류



### 충격 시험기

금속재료의 충격값을 구하는 시험기로는 충격 인장, 충격 압축, 충격 굽힘, 충격 비틀림 등의 각 시험기가 있음.

가장 널리 사용되는 것은 충격 굽힘 시험기로 그 대표적인 것은 샤르피 충격 시험기와 아이조드 충격 시험기가 있음.

# 실험 후 감상

## (1) 21501013 배승우

그 제품에 맞는 재료를 사용목적에 따라 선택 하기 위해선 인장 시험의 중요성과 필요성을 알았으며, 이론 시간에 배운 포화송 비 항복강도 인장강도 변형률 등이 인장시험 실습에 쓰이는 것을 알게 되어 실습을 통해 이해 할 수 있었습니다.

청동이란 재료를 조사하여 주석에 함유량에 따라 종류 색깔 경도가 변하는 것을 알았으며, 기어, 베어링 등에 사용되는 걸 알 수 있었습니다.

# 실험 후 감상

## (2) 21501016 손서위

응력-변형률 선도와 스트레인게이지의 중요성을 깨달았다.

응력-변형률 선도는 항복응력, 탄성한도, 인장강도, 파괴강도 등을 알수있으며, 알아낸 값들로 인해 여러가지 기계적 성질이라던가, 특성을 알아 낼 수 있다.

기계적 성질은 재료로서 사용범위에 따라 굉장히 중요하기 때문에 그 것들을 알아낼 수 있는 응력-변형률 선도 또한 굉장히 중요하다고 느꼈다.

이러한 응력-변형률 선도는 변형률을 알 수 있는 스트레인게이지를 부착한 시험편을 이용하여 인장시험기를 통해 컨디셔너를 거쳐 데이터 값으로 환산함에따라 알 수 있는데, 이 말은 결국 인장시험이란 것 자체가 재료에 관하여 알기 위한 가장 기본적이고, 필수적인 시험이라고 느꼈다.

아쉬웠던 점은 재료의 정확한 재료기호(ex SM45C)를 알고 실험 값에 대한 이론 값을 비교해 보는 시간을 한번 더 가졌다면 더욱 좋았을 것 같다.



# 실험 후 감상

(3) 21501070 이한길

인장시험이 가장 기본적인 시험으로 기계적인 특성을 잘 알 수 있는 시험이라는 것을 실습을 통해 알 수 있었고, 재료역학 시간에 이론으로 배웠던 모어의 응력 원, 인장 강도, 파괴강도 등을 이번 인장시험으로 나온 데이터 가지고 직접이론치와 비교하여 계산 해보며 더욱 배울 수 있는 시간이 이었다.

스트레인 게이지에 대해 자료를 찾아 보면서 종류와 쓰임이 다양하다는 것을 알 수 있었다.



감사합니다.