

재료공학

굽힘 시험

2017. 2nd semester

5th class

Jihoon Jang

1. 굽힘 시험의 개요

■ 굽힘 시험(bending test) 이란??

: 재료에 굽힘 모멘트가 작용될 경우의 변형저항이나 파단 강도를 측정하는 시험

굽힘 시험의 일례



출처 - <http://www.instron.co.kr/ko-kr/testing-solutions/by-test-type/tension/astm-a370---rebar>

1. 굽힘 시험의 개요

■ 굽힘 시험의 종류

1. 굽힘 시험(bending test)

: 재료의 소성 가공성이나 용접부의 변형 능력을 측정하기 위한 시험
→ 일정 하중에 대한 변형 능력을 측정하기 때문에
재료의 파단이 없음

2. 항절 시험 (transvers test)

: 취성 재료(주철, 초경합금 등)의 굽힘 파단강도를 측정하기 위한 시험
→ 재료가 파단 될 때 까지 하중을 가하며 파단 하중을 이용하여
파단강도를 계산

1. 굽힘 시험의 개요

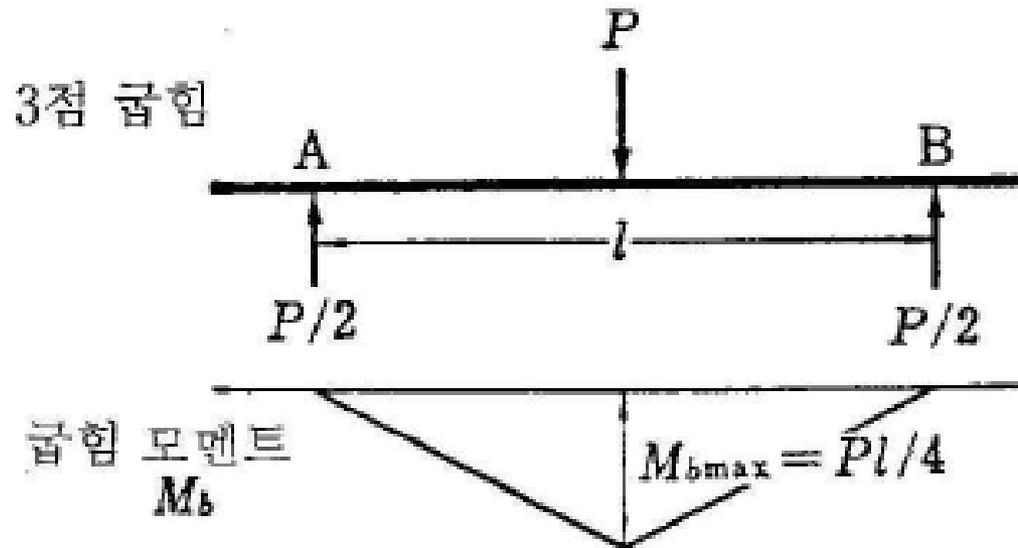
■ 굽힘 시험기의 종류

1. 3점 굽힘 시험기

: 하중 부과를 한 점에서 실시

→ 하중 작용점에 최대 굽힘 모멘트가 작용

→ 하중 작용점(P점) 바로 밑 뒤쪽에서부터 균열이 발생



출처 - 재료시험법, 동명사(스도우 하지메), p.99

1. 굽힘 시험의 개요

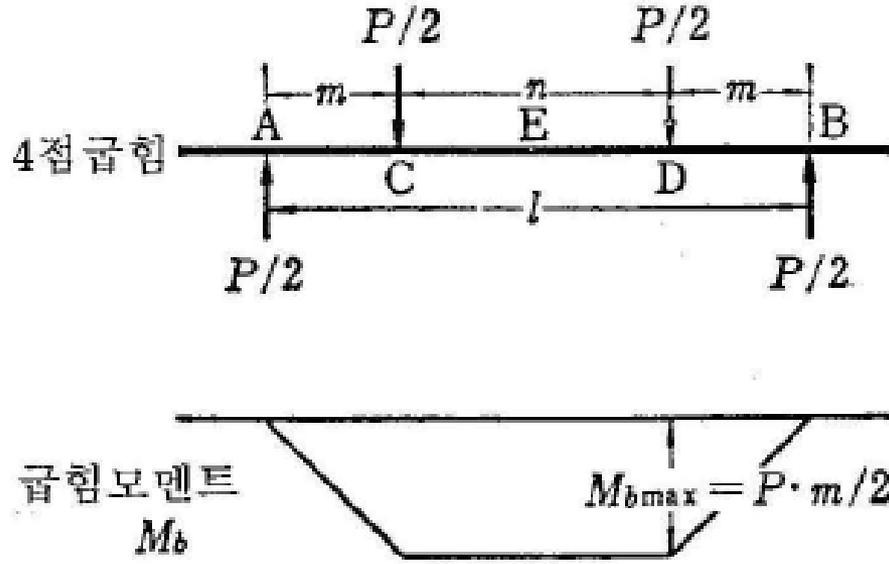
■ 굽힘 시험기의 종류

2. 4점 굽힘 시험기

: 하중 부과를 두 점에서 실시

→ 하중 작용점들 사이에 일정한 굽힘 모멘트가 작용

→ 하중 작용점들(C, D점) 사이 인장응력을 받는 부분에서부터 균열이 발생



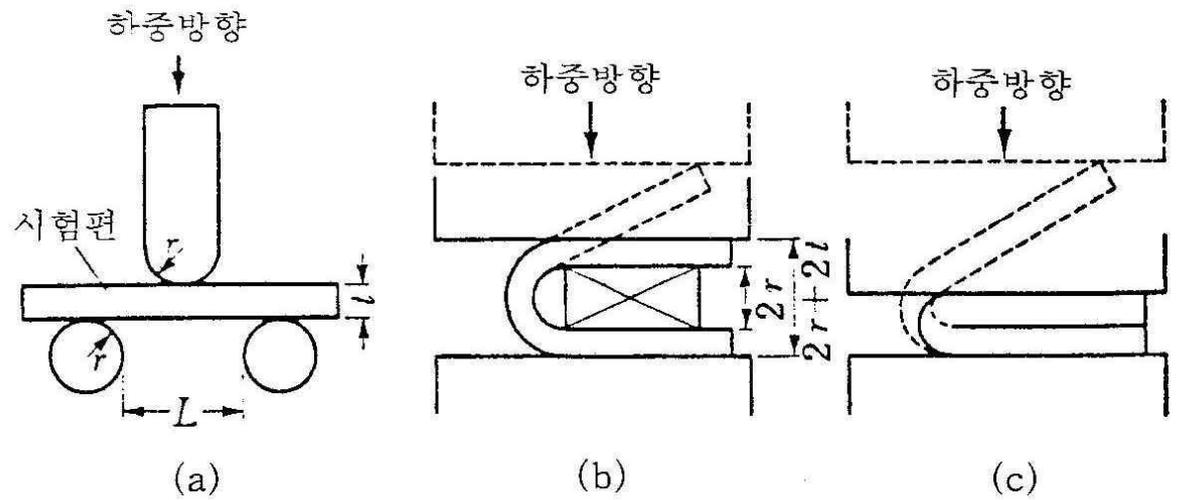
출처 - 재료시험법, 동명사(스도우 하지메), p.99

1. 굽힘 시험의 개요

■ 굽힘 시험의 방법

1. 눌러 굽히는 방법

: 반경이 10 mm 이상인 원통 받침대를 사용하여 대략적으로 170° 가 될 때 까지 구부린 후 시험편 표면의 터짐이나 그 외 발생하는 결함 등을 검사



시험조건의설정
 $L = 2r + 3t$ L : 원통 받침대사이의거리
 r : 원통 받침대및 하중기의반지름
 t : 시험편의두께

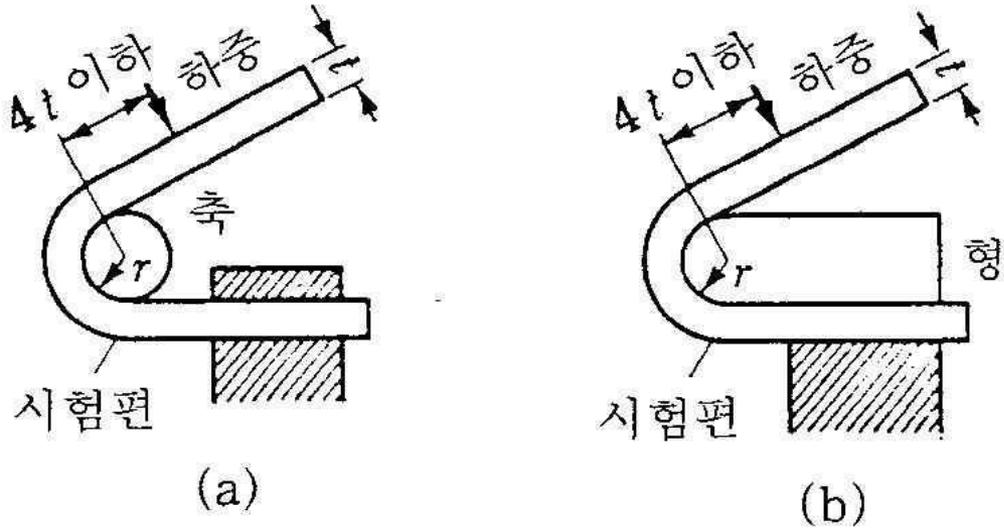
출처 - 재료시험법, 동명사스도우 하지메, p.138

1. 굽힘 시험의 개요

■ 굽힘 시험의 방법

2. 감아 굽히는 방법

: 시험편 중앙부가 규정 형태로 되도록 시험편을 환봉이나 적절한 보조 시험 장치에 맞게 시험편의 한 쪽을 눌러 고정시키고 시험편의 다른 쪽을 서서히 구부려 규정 굽힘 각도까지 감아 구부림



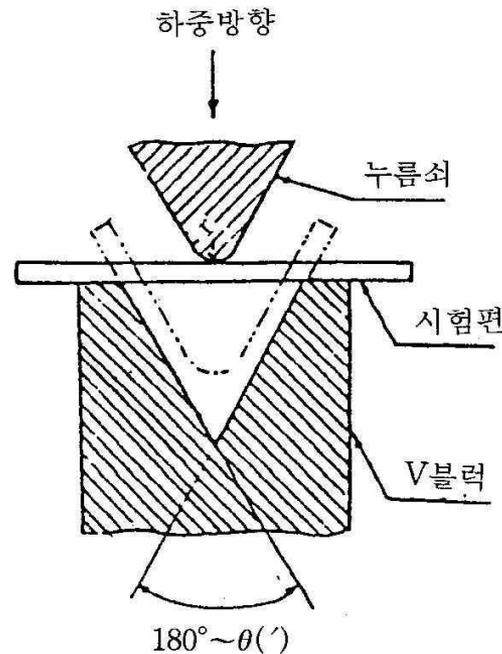
출처 - 재료시험법, 동명사(스도우 하지메), p.138

1. 굽힘 시험의 개요

■ 굽힘 시험의 방법

3. V 블록 사용 방법

: V블록 위에 시험편을 위치시키고 시험편 중앙 부분을 누름쇠를 이용하여 서서히 하중을 가하여 규정된 형태로 구부림



출처 - 재료시험법, 동명사(스도우 하지메), p.139

2. 굽힘 시험의 실시

1. 굽힘 시험 방법을 선택

: 굽힘 시험은 원형, 정사각형, 직사각형 또는 다각형 단면의 시험편을 하중 방향의 변화 없이 규정된 각도까지 굽히는 시험으로서 요구 조건에 맞추어 다음 중 한 가지 방법을 선택

굽힘 시험의 선택

- 1) 주어진 조건과 하중에서 규정된 굽힘 각도로 구부리는 방법
- 2) 하중을 가하는 동안 시험편의 끝 부분이 규정된 거리만큼 떨어져 평행이 되도록 구부리는 방법
- 3) 하중을 가하는 동안 시험편의 끝 부분이 직접 밀착되도록 구부리는 방법

2. 굽힘 시험의 실시

2. 굽힘 시험편의 준비 및 확인

: 굽힘 시험에는 원형, 정사각형, 직사각형 또는 다각형 단면의 시험편이 사용됨

1. 직사각형 시험편의 준비

1) 모서리 부분은 반지름이 시험편 두께의 1/10을 넘지 않도록 라운딩
하고 시험 결과에 영향을 주지 않도록 표면 가공을 실시

2) 시험편의 너비가 20mm 초과하고 규격에 따로 정하지 않았을 경우
아래 조건을 만족해야 함

→ 두께 3 mm 미만 시편의 너비 : 20 ± 5 mm

→ 두께 3 mm 이상 시편의 너비 : 20 ~ 50 mm

2. 굽힘 시험의 실시

2. 굽힘 시험편의 준비 및 확인

: 굽힘 시험에는 원형, 정사각형, 직사각형 또는 다각형 단면의 시험편이 사용됨

1. 직사각형 시험편의 준비

3) 판이나 띠 및 단면으로부터 만든 시험편

: 두께를 시험할 제품의 두께와 같게 준비

4) 굽힘을 할 때는 가공하지 않은 면이 인장 응력을 받는 면이 되도록 함

2. 굽힘 시험의 실시

2. 굽힘 시험편의 준비 및 확인

: 굽힘 시험에는 원형, 정사각형, 직사각형 또는 다각형 단면의 시험편이 사용됨

2. 원형 또는 다각형 단면 시험편

: 원형 또는 다각형 단면 시험편의 단면 크기는 아래 조건에 맞추어 준비

- (1) 지름 또는 내접원 지름이 50 mm 이하 : 제품의 지름과 동일한 크기 설정
- (2) 지름 또는 내접원 지름이 30 ~ 50 mm : 25 mm 이하로 단면 크기 설정
- (3) 지름 또는 내접원 지름이 50 mm 초과 : 25 mm 이상으로 단면 크기 설정

2. 굽힘 시험의 실시

3. 굽힘 시험의 실시

1. 시험 온도를 확인

: 일반적으로 굽힘 시험은 10~35 °C 사이의 대기온도에서 수행

2. 누름 굽힘 시험의 경우 굽힘의 실시

: 시험편을 받침이나 V 블럭에 올려놓고 재료가 자유롭게 소성 유동 할 수 있도록 서서히 굽힘 하중을 가함

3. 끝 부분을 평행하게 구부리는 경우 굽힘의 실시

: 2번의 방식으로 실시하고 프레스의 평행판 사이에 놓고 연속적으로 하중을 증가시켜서 시험편의 끝 부분을 평행하게 하여도 무방

4. 굽힘 시험이 완료되면 육안으로 균열이 보이지 않을 경우 이상이 없는 것으로 간주

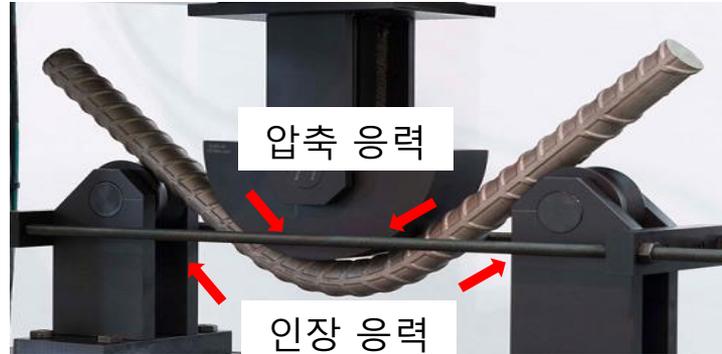
3. 굽힘 시험의 해석

4. 안전 유의사항

- 1) 굽힘 시험편 양끝의 축은 굽힘축에 수직으로 위치시킨다.
- 2) 굽힘 시험기 받침의 길이와 심봉의 나비는 시험편의 나비 또는 지름보다 커야 한다. 이때 심봉의 지름은 재료 규격에 따르며 시험편 받침과 심봉은 충분한 경도를 유지해야 한다.
- 3) 특별한 규정이 없는한 받침 사이의 거리 l 은 다음을 유지해야 한다.
- 4) V 블록의 테이퍼진 면들은 $(180 - \alpha)^\circ$ 를 이루어야 한다. 또한 V블록의 모서리는 시험편 두께의 1~10배 사이의 반지름을 갖고 충분한 경도를 유지해야 한다.

3. 굽힘 시험의 해석

■ 굽힘 시험에서 응력의 계산



출처 - <http://www.instron.co.kr/ko-kr/testing-solutions/by-test-type/tension/astm-a370---rebar>

굽힘 시험의 응력 계산식

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{b\max} \cdot e}{I}$$

σ : 인장(압축) 응력
 M_b : 굽힘 모멘트
 e : 중성축에서부터 표면까지의 거리
 I : 관성 모멘트

3. 굽힘 시험의 해석

■ 굽힘 시험에서 응력의 계산

1. 높이 h , 폭 b 인 각재의 응력, 휨, 종탄성계수 계산

1) 3점 굽힘 방식

$$M_{b_{\max}} = \frac{Pl}{4} \Rightarrow \sigma_{b_{\max}} = \frac{3Pl}{2bh^2} \quad P: \text{하중}$$
$$\Rightarrow E = \frac{Pl^3}{4bh^3\delta} \quad E: \text{종탄성계수}, \delta: \text{휨}$$

2) 4점 굽힘 방식

$$M_{b_{\max}} = \frac{Pm}{2} \Rightarrow \sigma_{b_{\max}} = \frac{3Pm}{bh^2} \quad P: \text{하중}$$
$$\Rightarrow \delta_1 = \frac{Pl^2m}{16IE} \quad \delta_1: \text{시험편 중앙부의 하중점 C, D에 대한 휨}$$
$$\Rightarrow \delta_2 = \frac{Pm^2m + 1.5(l - 2m)}{6IE} \quad \delta_2: \text{지점 A, B에 대한 휨}$$

3. 굽힘 시험의 해석

■ 굽힘 시험에서 응력의 계산

2. 지름 d 인 봉재의 응력, 휨, 종탄성계수 계산

1) 3점 굽힘 방식

$$M_{b\max} = \frac{Pl}{4} \Rightarrow \sigma_{b\max} = \frac{8Pl}{\pi d^3}$$
$$\Rightarrow E = \frac{4Pl^3}{3\pi d^4 \delta}$$

2) 4점 굽힘 방식

$$M_{b\max} = \frac{Pm}{2} \Rightarrow \sigma_{b\max} = \frac{16Pm}{\pi d^3}$$
$$\Rightarrow \delta_1 = \frac{Pl^2 m}{16IE}$$
$$\Rightarrow \delta_2 = \frac{Pm^2 m + 1.5(l - 2m)}{6IE}$$

3. 굽힘 시험의 해석

■ 굽힘 시험의 해석

1. 굽힘 시험의 해석은 재료 규격의 요구 사항에 따라 실시하여야 하며 특별한 규정이 없다면 육안으로 균열이 보이지 않을 경우 이상이 없는 것으로 간주
2. 3점 및 4점 굽힘 방식에 따라 해석
: 3점과 4점 굽힘 시험결과는 해당되는 관계식으로 최대 인장(압축)응력을 산출
3. 휨 시험의 해석 및 종 탄성계수의 계산

3. 굽힘 시험의 해석

■ 시험 보고서의 작성

: 시험 보고서에는 다음 사항이 포함되어야 함

1. 굽힘 시험 관련 규격의 표기
2. 시험편에 관한 정보
→ 재료의 형태, 주소번호, 제품에 대한 시험편의 채취 방향 등
3. 시험편의 형상 및 치수
4. 시험 방법
5. 시험 결과

감사합니다
