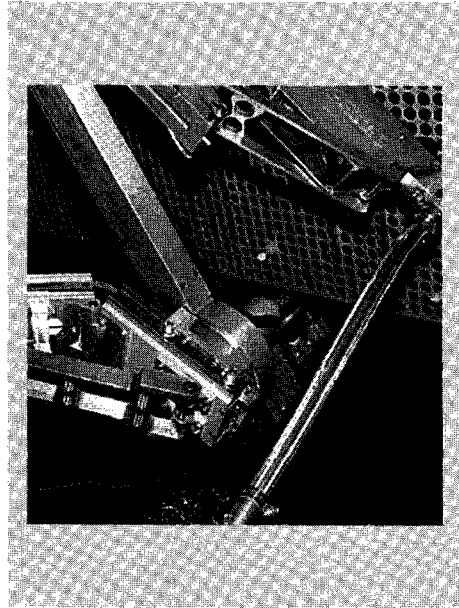


특집 : '94ANS 冬季年次대회 발표 논문



## 소형편치 시험중의 초기 변형시 압축응력의 역할

소형 편치시험에 사용된 재료는 한국중공업에서 제조된 ASME A-508 cl.3鋼이었다.

0.5mm 두께뿐 아니라 1mm 두께시편으로도 시험  
1mm시편 평균압력 일정하나 「불」접촉후 약간 증가 경향

김 인 섭

천 진 식

한국과학기술원 교수

김 준 구

한국원자력안전기술원

### 서 론

최근 원자력 분야에서 여러 가지 이유로 인하여 소형시험법이 관심을 끌고 있다.

소형편치시험(이하 SP시험)방법은 소형시험법 중의 하나로, 시험 중 측정된 하중-중심변위( $P-\delta$ ) 값을 이용하여 재료의 기계적 성질을 도출한

다.

SP시험으로부터 재료의 일축인장 성질을 구하기 위해  $P-\delta$ 곡선의 초기 단계에 유한요소법<sup>2</sup>이나 해석식<sup>3</sup>을 적용하여 응력장을 계산한다.

그들의 논문에서 초기  $P-\delta$ 곡선의 선형성에서 벗어나는 지점을 탄성 굽힘 영역에서 소성굽힘 영역의 천이점이라고 판단하였다.

그러나 초기 변형 단계에서 시편의

매우 국부적인 부분에만 볼이 접촉하여 하중이 전달되므로 SP시편이 굽힘 변형만으로 변형이 발생할 것인지가 의문시된다.

이러한 이유로 P- $\delta$ 곡선의 초기 단계에서 SP시편의 변형 거동을 조사하였다.

든 시험은 0.1mm/min의 크로스헤드 속도로 수행하였다.

시편의 크기는  $10 \times 10 \times 0.5 \text{mm}^3$  and  $10 \times 10 \times 1.0 \text{mm}^3$ 이었다. 시험 중간에 시험을 중단하면서 변형거동 특히 SP볼과 시편 사이의 접촉면적 C를 관찰하였다.

## 실 험

실험에 사용된 재료는 한국중공업에서 제조된 ASME A-508 Class 3강으로 항복응력은 434 MPa이었다.

본 연구에서 사용된 SP 지그는 편치와 하부 다이에 스트레인지지를 부착시켜 중심변위  $\delta$ 를 측정할 것 이외에는 다른 연구자<sup>2,3</sup>들의 장치와 유사하였다.

SP시험은 Instron 4204 인장시험기를 사용하여 하중을 가하면서 5 kN용량 로드셀로 하중을 측정하였다. 모

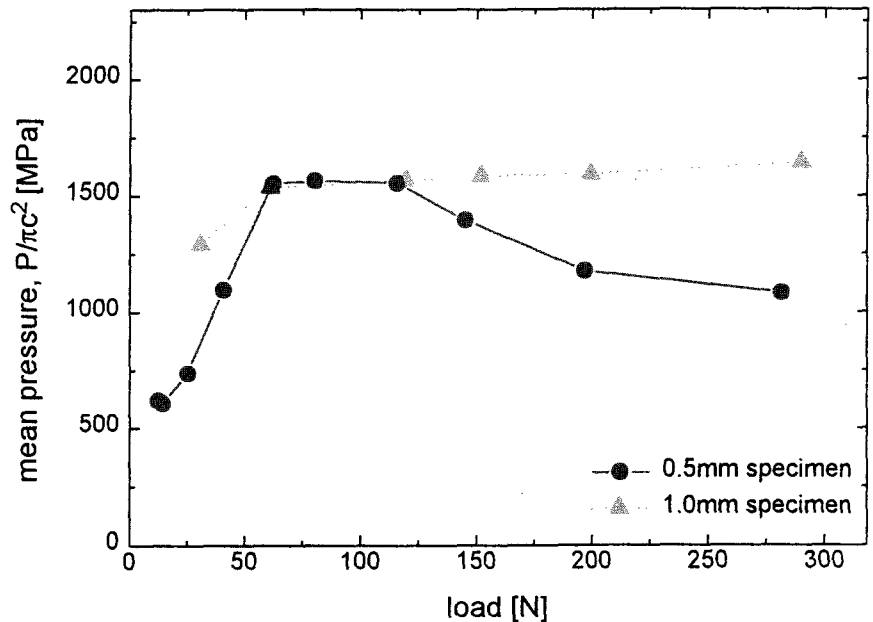
## 결과 및 고찰

먼저 SP시편이 단지 굽힘 모멘트<sup>2</sup>에 의하여 변형이 발생되고 P- $\delta$ 의 선형 영역의 하중과 기울기를 단순굽힘이론에서 유도된 식에 대입하여 초기 변형의 응력 상태를 해석<sup>3</sup>할 수 있다고 가정하였다.

만약 접촉면적 c가 매우 작다면, 최대굽힘응력  $s_b^{\max}$ 는 다음 식<sup>4</sup>으로 표현된다.

$$\sigma_s^{\max} = \frac{P}{I^2} (1+V) (0.485 \ln \frac{R}{l} + 0.52) \quad (1)$$

그림 1 :  
Variation of  
the mean  
Pressure with  
the applied  
load



## 소형편치시험중 압축응력의 역할

여기서

$P$ =최대 하중

$t$ =시편 두께

$\nu$ =포화충비

$R$ =하부 다이의 반경

선형성에서 벗어나는 지점의 하중을 식 (1)에 대입하여 계산한  $s_b^{max}$ 는 668 MPa이었으며, 이 값은 항복응력에 비하여 매우 크다.

초기  $P$ - $\delta$ 곡선으로부터  $P/\delta$  값은 측정하기가 용이하므로 해석식을 이용하여 계산한 값과 비교가 가능하다. 측정된 값은 계산한 값에 비하여 4분의 1보다 작았다.

이러한 불일치는 변형거동을 고려하지 않고 단순굽힘 이론을 현재의 문제에 적용한 결과 때문이다.

굽힘 이론의 식을 유도할 때 사용한 기본 가정 중의 하나는 시편에 수직하는 압축응력은 굽힘응력에 비하여 무시할 수 있다는 것이다. 그러나 비록  $P$ - $\delta$  관계가 선형의 관계를 유지하고 있음에도 불구하고 볼 아래 SP 시편에는 심하게 변형된 영역이 관찰되었다.

SP시편을 주의깊게 관찰한 결과  $P$ - $\delta$ 곡선이 선형성에서 벗어나기 전까지 시편의 반대 면에서 소성변형을 관찰하지 못하였지만, 볼 아래의 소성적으로 변형된 영역에서는 작은 기공들을 관찰할 수 있었다.

압축응력의 영향을 평가하기 위하여 0.5mm 두께뿐만 아니라 1mm 두께 시편으로도 SP시험을 수행하였다.

그림 1은 시편에 가한 하중에 따른 볼이 시편과 접촉한 이후부터 거의 일정하지만 약간씩 증가하였다. 이것은 Meyer<sup>5</sup>의 압흔경도시험 결과와 일치하는 것이다.

반면에 0.5mm 두께 시편은  $P$ - $\delta$ 의 선형성으로부터 벗어나는 지점의 하중까지는 1.0mm 두께 시편의 경우와 동일하였고 그 이후부터는 감소하였다.

그리고 초기  $P$ - $\delta$  기울기가 선형성을 벗어나는 지점까지 두가지 시편에 대하여 유사하였다.

이러한 비교는 초기 변형 단계에서 0.5mm와 1.0mm

두께 시편 공히 굽힘응력보다는 주로 압축응력에 의하여 변형이 발생되며 0.5mm 두께 시편에서 인가하중을 증가시킴에 따라 굽힘응력이 선형성을 이탈하는 점 이후부터 주된 역할을 함을 시사하고 있다.

그러므로 선형성을 벗어나는 지점은 주된 변형이 압축에서 굽힘으로 변형이 천이하는 위치라고 판단된다.

### 참고문헌

1. G. E. Lucas, "Review of small Specimen Test Techniques for Irradiation Testing", *Metall. Trans.*, 21A, 1105(1190).
2. O. K. harling et al., "The MIT Miniaturized Disk Bend Test", ASTM STP 888, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, p. 50 (1983).
3. H. Li, F. C. Chen, and A. J. Ardell, "A Simple, Versatile Miniaturized Disk-Bend Test Apparatus for Quantitative Yield-Stress Measurements". *Metall. Trans.*, 22A, 2061(1991).
4. S. Timoshenko and S. Woinowsky-Krieger, *Theory of Plates and Shells*, p. 69~71, McGraw-Hill, (1959).
5. M. A. Meyers and K. K. Chawla, *Mechanical Metallurgy*, p. 604~606, Prentice-Hall, (1984).