

소성영역 비선형 거동 해석을 위한 접선계수 측정 Measurement of Tangent Modulus for Nonlinear Behavior Analysis on the Plastic Zone

*김경수¹, 정현철², 장호섭³, 전소영¹, #김경석²

*K. S. Kim¹, H. C. Jung², H. S. Chang², S. Y. Jeon², #K. S. Kim(gskim@chosun.ac.kr)²

¹조선대학교 대학원 첨단부품소재공학과, ²조선대학교 기계설계공학과, ³조선대학교 레이저센터

Key words : Tangent Modulus, Nonlinear Analysis, Plastic Zone, Volume Variation, True Stress

1. 서론

기계나 구조물의 최적 설계 및 안전하게 설계하기 위해서는 설계 전 기계제품이나 구조물들을 구성하는 재료의 정확한 물성평가 및 시뮬레이션을 거쳐야 한다. 이러한 이유 때문에 재료의 정확한 물성확보를 위한 평가방법들이 점차 소개되고 있으며 특히 다양한 산업분야에서 실험적 응력-변형률 곡선을 통한 재료의 물성확보에 관한 연구가 확대되고 있다[1,2].

실험적인 방법으로 재료의 물성치를 얻기 위해 압축 또는 인장 실험을 거쳐 획득한 하중-변위 선도를 시험편의 응력-변형률 곡선으로 변환 할 수 있으며 여러 과정을 거쳐 항복강도, 탄성계수, 포아송수 등의 해당 재료의 다양한 기계적 특성들을 파악할 수 있다. 특히, 진응력-진변형률 선도는 소성해석을 하는 연구자들에게 있어서 매우 중요한 자료로 활용되고 있다. 또한 소성가공 공정 해석 기술이 보편화됨에 따라 재료의 진응력-진변형률 선도는 공정설계 기술자들에게 필수적으로 획득해야되는 자료로 인식되고 있다. 이러한 진응력-진변형률 선도를 획득하기 위해서는 압축·인장 실험, 압입 실험, 비틀림 실험등을 통하여 데이터를 확보할 수 있지만 실험적으로 획득이 쉽지 않아 현장 기술자 뿐만 아니라 연구자들도 정확한 물성 정보를 활용하지 않는 경우가 발생한다[3,4].

더불어 재료의 물성치 데이터는 사용하는 환경 및 공정에 따라 달라져 각각의 상황에 맞는 재료의 물성 데이터를 사용해야 하지만 상용 소프트웨어 활용이 확대되면서 소프트웨어에서 제공하는 재료의 물성치를 무비판적으로 그대로 사용하는 경우가 많아지고 있는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 여러 산업분야에서 가장 많이 쓰이는 금속재료

중의 하나인 STS304 재질의 인장시험편을 사용하여 인장실험을 통해 진응력-진변형률 선도를 획득하여 여러 산업분야에 연구자 및 기술자들이 활용할 수 있도록 할 것이다.

2. 시험편 및 실험 방법

2.1 시험편

시험편은 여러 산업현장에서 널리 사용되고 있는 스테인리스강 계열의 STS304를 재질로 인장시험편을 Fig. 1과 같이 제작하였으며 인장시험기는 일본 Shimadzu 사의 AG-IS Trapezium 제품을 사용하였다. 인장시험과 동시에 단면적 변화를 정확하게 확인하기 위해 CCD를 인장시험기 앞에 설치하였으며 전체적인 실험장치의 구성은 Fig. 2와 같다.

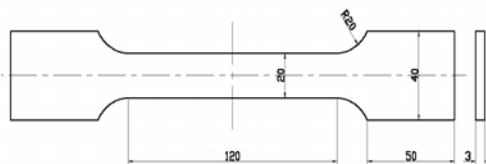


Fig. 1 Shape of specimen (unit: mm)

2.2 실험방법

시험편은 인장시험기의 인장속도를 3mm/min로 하여 시험편을 인장시켰다. 인장과 동시에 시험편의 단면적 변화를 측정하기 위해 Labview로 짜여진 프로그램에 의해 제어되는 CCD를 사용하여 시간에 따라 이미지를 저장하도록 하였다. CCD를 이용하여 시험편의 인장 시 변화하는 시험편의 폭과 두께를 프로그램을 이용하여 픽셀값으로 측정하고 이를 실제거리로 환산하여 인장 시험시 실제 단면적을 계산하였다.

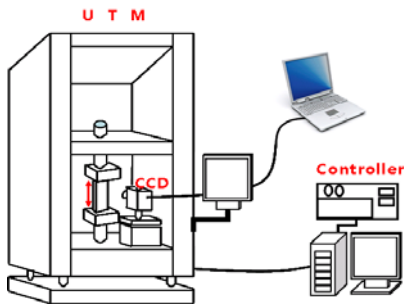


Fig. 2 Experimental setup for tensile testing

3. 실험결과

인장 실험 시 시간에 따른 실제 단면을 측정하기 위해 Labview로 프로그램을 만들어 Fig. 3과 같이 시간에 따른 시험편의 실제 형상을 얻었다. Fig. 3에서도 볼 수 있듯이 시간이 지남에 따라 조금씩 단면적이 감소하다가 파단 직전에 파단부 부근의 단면적이 국부적으로 감소하는 현상을 확인할 수 있었다.

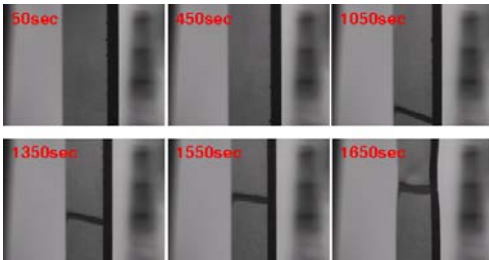


Fig. 3 Images of specimen from CCD

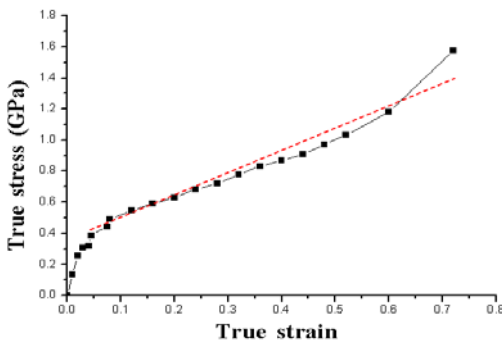


Fig. 4 True stress-strain curve

시험편의 폭과 두께를 프로그램을 이용하여 픽셀값으로 측정하고 이를 실제거리로 환산한 데이터 및 실험 결과값을 활용하여 진응력-진변형률 선도를 Fig.4와 같이 얻을 수 있었고 소성영역부분의 line-fitting을 통해 접선계수를 알 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 소성영역 해석을 위해 사용되는 접선계수를 측정하기 위해 산업현장에서 많이 사용되고 있는 STS 304 재질의 시험편을 사용하여 인장실험($V=3\text{mm/min}$)을 하였다.

시험편이 인장될 시 단면적 변화는 시간이 지남에 따라 꾸준히 감소하다가 국부수축이 일어나는 곳에서 급격하게 발생함을 알 수 있었다. 또한, 실험을 통해 얻어진 데이터를 처리하여 진응력-진변형률 그래프를 획득할 수 있었으며 이로부터 접선계수를 계산하였다. 이는 기계구조물의 소성해석을 위한 기초자료로 활용될 수 있으며 추후 다양한 재질을 대상으로 실험을 하여 DB를 구축할 것이다.

후기

본 연구는 한국산업기술진흥원의 지역혁신인력양성사업의 지원을 받아 수행한 연구임.

참고문헌

1. Joun, M. S., Eom, J. G. and Lee, M. C., "A New method for Acquiring True Stress-strain Curves over a Large Range of Strains using a Tensile Test and Finite Element Method," *Mechanics of Materials*, Vol. 40, No. 7, pp. 586~593, 2008.
2. Cabezas, E. E. and Celentano, D. J., "Experimental and Numerical Analysis of the Tensile Test using Sheet Specimens," *Finite Element in Analysis and Design*, Vol. 40, No. 5~6, pp. 555~575, 2004.
3. Lee, H. M., Bahng, G. W., Kim, S. C., "Measurement Standards Relating to Tensile Properties of Bulk Materials," *Journal of the Korean Society of Precision Engineering*, Vol. 21, No. 10, pp. 14~19, 2004.
4. Mirone, G., "A New Model for the Elastoplastic Characterization and the Stress-Strain Determination on the Necking Section of a Tensile Specimen", *Int. J. Solids Struct.*, Vol. 41, pp. 3545~3564, 2004.