

프레스 압착식 Torque Rod의 소성변형 해석 Plastic Deformation of Swaging Type Torque Rod

*조용목¹, 한동섭², #한근조³

*Y. M. Cho¹, D. S. Han², #G. J. Han³(gjhan@dau.ac.kr)

¹ 동아대학교 기계공학과, ²동아대학교 BK21 총괄사업단, ³동아대학교 기계공학과

Key words : Torque Rod, Plastic Deformation, Press

1. 서론

토크로드(Torque Rod)는 버스나 대형 상용차의 추진축에 위치하여 차량이 움직일 때 축의 상하/좌우 움직임을 지지함으로써 추진축에 작용하는 충격을 최소화 하고 운전자 및 탑승자로 하여금 불편함을 해결하기 위한 현가장치로서 엔드 로드와 튜브로 구성되어 있다.

현재 국내 완성차에 적용되는 토크로드는 엔드 로드와 튜브의 연결을 위하여 CO₂ 용접과 마찰용접을 이용하고 있다. 그러나 CO₂ 용접을 이용한 방법은 공정특성상 회전수와 용접부의 규격으로 인한 일일생산량이 일반 범주에서 벗어날 수 없고 용접부의 치수변형이 발생하는 문제점을 안고 있다. 그리고 마찰용접을 이용한 방법은 엔드 로드의 단부의 길이를 줄일 수 있어 재료비 절감의 효과가 있으나 이종재료 간 마찰변형이 달라 사용의 제약이 있다.

이러한 문제점을 만족시키기 위하여 유럽이나 일본에서는 프레스 압착방식을 이용하여 엔드 로드와 튜브를 결합하는 방법을 사용하고 있다. 프레스 압착방식은 기존의 CO₂ 용접과 마찰용접과는 달리 공정의 자동화가 가능하며, 품질저해 요인 수 감소, 이종제품간의 이음, 재질변경이 용이 할 뿐만 아니라 생산성 향상과 원가절감에 탁월한 효과가 있으며, 현재 국내에 용접이 적용되는 모든 분야에 적용이 가능하므로 국내 기술의 획기적인 전환점이 될 것이다.

2. 토크로드의 형상 및 해석조건

일반적으로 토크로드의 엔드 로드와 고부싱을 압착시켜 사용되며 Fig. 1에서와 같이 상용차나 버스의 추진축에 위치하여 차량 운행 중 노면의 굴곡에 의해 축이 받는 하중을 감소시키는 역할을 담당한다.

본 연구에서는 엔드 로드와 튜브의 프레스 금형 속도에 따른 튜브의 소성변형에 대하여 튜브에서 발생하는 응력과 변형률을 관찰하고자 한다. 따라서 엔드 로드, 튜브, 그리고 금형은 좌우 대칭이므로 한쪽 부분만 모델링하여 Fig. 2와 같이 나타내었다.

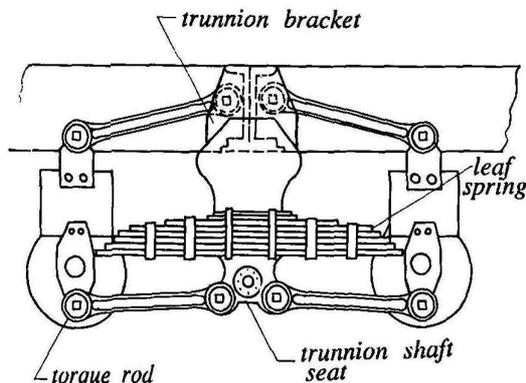


Fig. 1 Rear suspension system

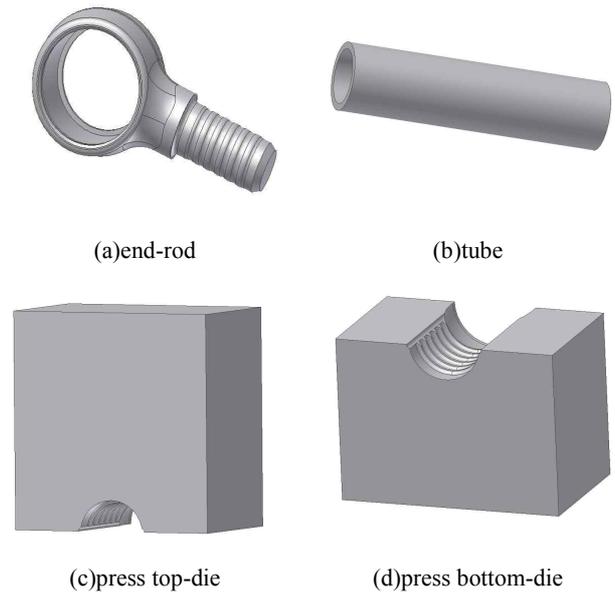


Fig. 2 3D Modeling of end-rod, tube, and press die

그리고 소성변형 해석을 유한요소해석을 통한 변형공정으로 나타내기 위하여 소성가공 프로그램인 DEFORM-3D를 사용하였다. 이때 엔드 로드와 프레스 다이는 강체로 설정하였으며, 실제 변형이 일어나는 튜브는 강소성체로 설정 후, 사면체 요소(element)수 145356개이며, 재료는 STKM14B 강관을 사용하였으며 프와송비는 0.3이고 탄성계수는 206754이다. 객체와의 관계는 냉간 단조이므로 전단 마찰 정수 0.12로 설정하고, 설계변수는 프레스 금형의 속도로 Table 1과 같이 설정하였다.

Table 1 Press die speed Variable

	case1	case2	case3	case4	case5
press die speed	0.5mm/s	1mm/s	2mm/s	3mm/s	4mm/s

3. 소성변형 해석 결과 및 고찰

앞에서 언급한 조건으로 소성변형해석을 수행하였고 그 결과를 Fig. 3, Table 2에 나타내었다.

Fig. 3은 프레스 금형의 속도에 따른 튜브에 발생하는 변형률과 응력을 나타낸 것이다. 최대 변형률과 최대 응력은 Table 2에서 볼 수 있다. 소성변형 해석의 결과를 살펴보면 프레스의 속력이 2mm/s 일 때 13.6mm/mm로 최대 변형률이 나타났으며, 최대 응력은 프레스 금형의 속도가 증가함에 따라 커짐을 알 수 있었고 4mm/s 일 때 응력이 최대 585MPa로 나타났다.

그리고 이 와 같은 방법으로 튜브의 재질에 변화를 주어서 시뮬레이션을 반복수행하여 여러 개의 데이터 결과 값을 바탕으로 최적의 프레스 속도와 용량 그리고 튜브의 재질을 선정하여 성형 공정과 발생하는 잔류응력을 해석하여 엔드 로드와 튜브간의 압착률을 높인 후 구조해석 수행이 필요하겠다.

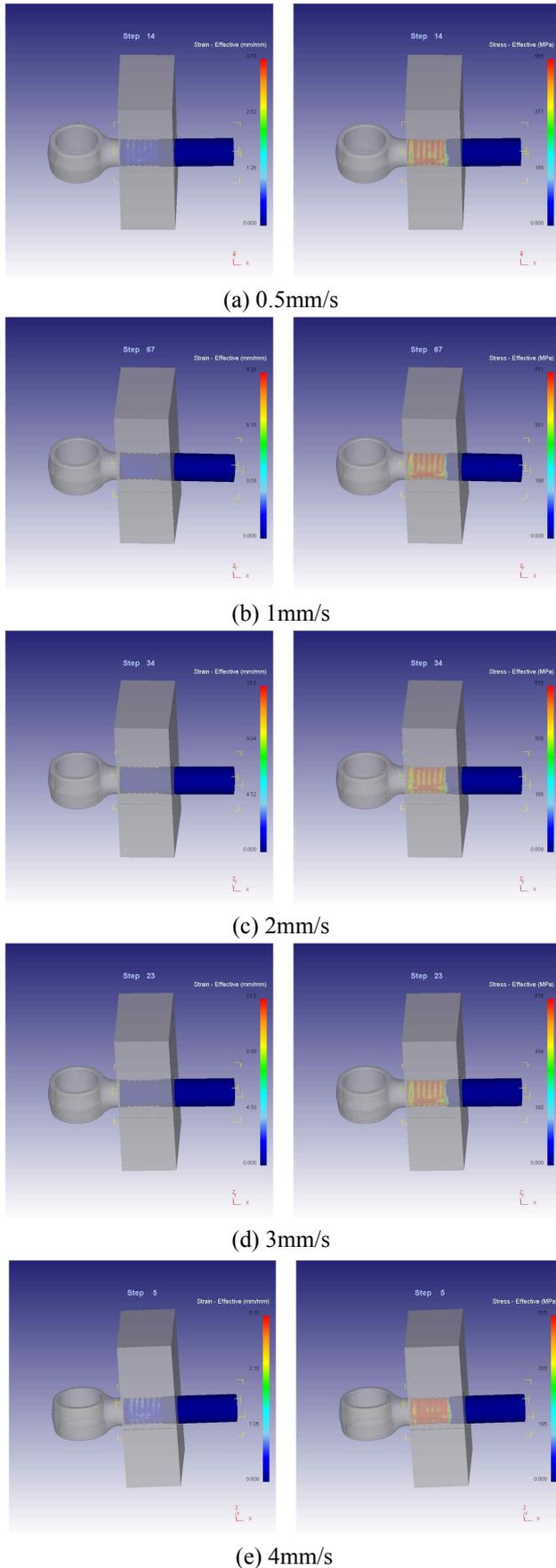


Table 2 Maximum Strain and Maximum Stress of the tube

	Max.Strain(mm/mm)	Max.Stress(MPa)
0.5mm/s	3.78	565
1mm/s	9.28	571
2mm/s	13.6	578
3mm/s	13.5	576
4mm/s	3.15	585

4. 결론

프레스 압착방식으로 소재를 소성변형시켜 제품을 생산 할 때, 사전 소성변형해석 없이 곧바로 금형설계를 하는 것은 수많은 시행착오를 수반하여야하기 때문에 시간과 비용의 측면에서 비경제적이며, 아직까지 국내에서는 상용화된 소성변형해석 기술이 공개되어 있지 않기 때문에 많은 연구가 필요하다. 그리고 수차례의 시뮬레이션을 통한 최적의 프레스 금형설계 개발과 이후 토크로드에 적용되는 구조안정성평가를 통한 설계 보완이 필요 할 것이다.

후기

본 연구는 지식경제부의 지역산업기술개발사업 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. 백기열, 모토유이 쇼지로, 김종락(Kim Jong-Rak), “금속계 구조체의 다축응력상태 탄소성거동에 대한 구성식”, 대한건축학회, 79~86, 2007.
2. 박귀선, 이춘만, “DEFORM 소프트웨어를 이용한 전단면의 소성변형해석에 관한 연구”, 창원대학교 산업기술연구소 산기연 논문집, 199~209, 1999.
3. 배기현, 송정환, 허훈, 김세호, “측면충돌 시 소성변형 특성을 고려한 단순 B-필라 모델의 최적설계”, 한국자동차공학회, 667~672, 2005.
4. 이종형, 정형식, 유덕상, 김영문, “탄소강의 피로균열에 대한 탄소성파괴 해석에 관한 연구”, 한국산업응용학회 논문집, 117~122, 2006.
5. 남현일, 박재학, 이호진, 최승찬, “STS304 파이프의 용접 및 소성 가공에 의한 잔류응력해석”, 대한기계학회, 243~248, 2002.

Fig. 3 Strain and Stress of Press die speed