

Brake Bending Press 구조 건전성에 관한 연구

박종원¹ · 이현민¹ · 김상목¹ · 구태원² · 강범수[#]

A Study on Structural Integrity of Brake Bending Press

J. W. Park, H. M. Lee, S. M. Kim, T. W. Ku, B. S. Kang

Abstract

Thick pipes which have large thickness have been used in fields of ocean and industrial plants, and for oil pipelines, water pipes and pipe arrangement. In manufacture of the pipes, roll bending process has been used mostly. However, studies on the pipe forming processes using brake press have been performed in recent days. Normally, the brake press has high aspect ratio, so analysis of structural integrity should be conducted. In this study, the evaluation of structural integrity of the brake bending press was carried out for thick pipe forming process.

Key Words : Thick Pipe Forming Process (후육 강관 성형 공정), Brake Bending Press

1. 서론

강관(pipe)은 그 용도가 다양하고 규격이 세부적으로 제정되어 있어 사용이 편리하기 때문에 산업 발전과 더불어 그 수요가 대폭적으로 증가하고 있고, 가공이 쉽고 가격이 저렴하며 시공성이 양호하고 강도가 높다. 그리고 2차 가공을 통해 내구성·내부식성을 향상시킬 수 있는 등 경제적 측면에서 유리한 장점이 많아 여러 분야에서 이용되고 있다. 그 중에서 후육관(thick pipe)은 해양 산업 플랜트, 대형 송유관 및 송수관, 배관 등에 사용되며, 세계적으로 플랜트 설비의 대형화 및 해양, 유전과 같은 기간 산업에서의 후육관 수요와 더불어 커지고 있는 시장성으로 인해 국가적 전략산업으로 육성하고 있는 중이다. 기존의 후육관 제조에는 Fig. 1과 같이 3~4개의 밴딩 롤러(bending roller)를 위, 아래로 배치하여 롤러 사이의 틈으로 강판(steel plate)을 넣고 원하는 곡면을 가공하는 롤 밴딩 공정이 이용되고 있다.

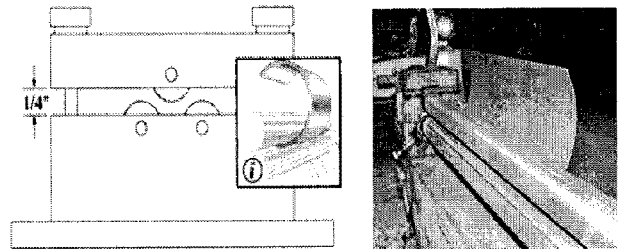


Fig. 1 Roll bending process for thick pipe forming

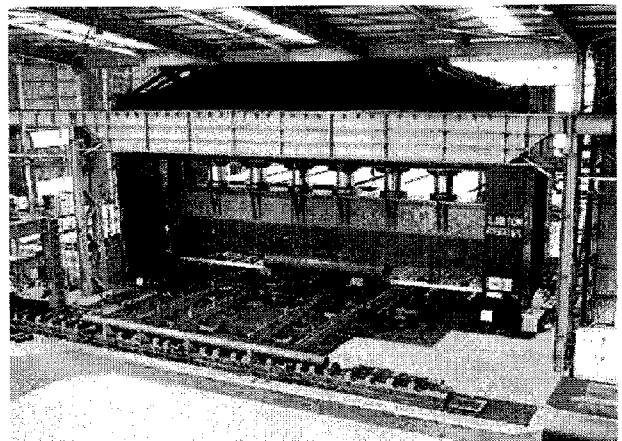


Fig. 2 Brake Bending Press for thick pipe forming

1. 부산대학교 항공우주공학과 대학원

2. 부산대학교 항공우주공학과

교신저자: 부산대학교 항공우주공학과,

E-mail:bskang@pusan.ac.kr

후육관을 생산하는 다른 방식으로는 Fig. 2에서와 같이 상부 프레스에 의해서 구동되는 Forming Press Knife를 소재에 접촉시킨 후 Press Knife의 하향 이송(Stroke)에 의해 후판 소재를 변형시키고, 이후 변형된 후판 소재를 다시 수평 이송시킨 후 반복적으로 성형 공정을 실시하는 공정으로 Brake Bending Press 공정이 있다. 국내에서는 Brake Press는 잘 쓰이지 않으며 최근에 이르러 그 연구가 이루어지고 있다.

Brake Press의 경우 폭 대비 길이가 크므로 설계에 있어서 구조 건전성 평가가 이루어져야 한다. 그러나 현재까지 구조해석을 통한 체계적 연구가 이루어지지 않고 있다. 본 연구에서는 10,000 Ton Brake Bending Press에 대한 구조 건전성 평가를 실시하였다.

2. 해석 모델 및 방법

2.1 유한요소 모델링

본 연구에서 다룬 10,000 Ton Brake Bending Press는 전체적으로 높이 약 15,000mm, 너비 약 14,000mm, 폭 약 3,500mm의 크기로 설계되었다. 두께 55mm 정도의 후육관 성형을 목적으로 설계가 되었으며, Press Knife 성형 공정 개념을 Fig. 3에 나타내었다. 유한요소 모델링에 의한 파트 모델과 어셈블리 모델은 Fig. 4에 나타내었다. 파트 모델은 크게 Crown, Bed, Column으로 이루어진 모델과 Press Knife 모델로 나뉘어진다.

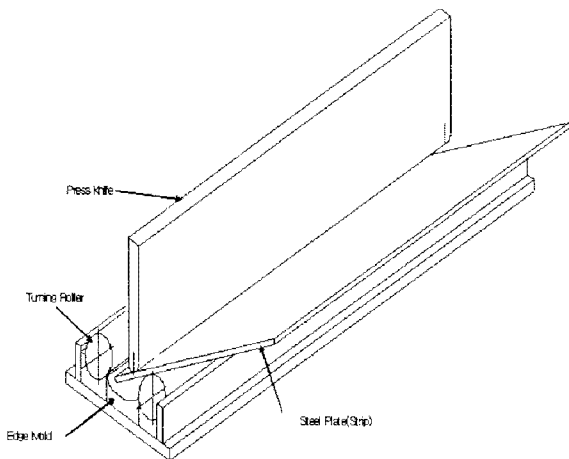
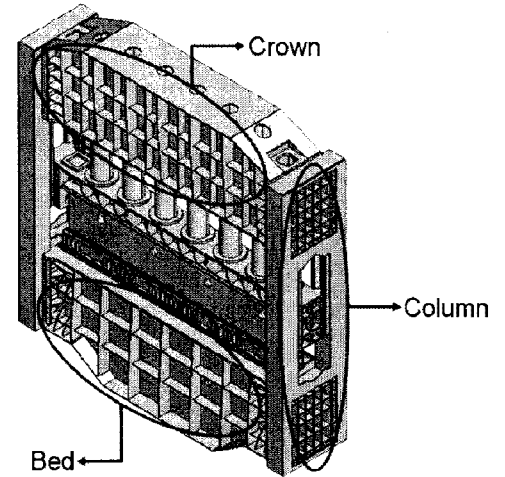
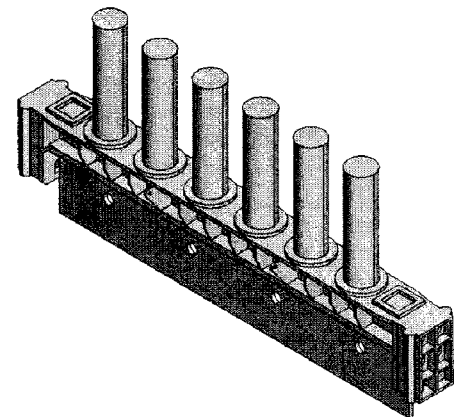


Fig. 3 Conception design of press knife forming



(a) Assembly and parts of crown, bed and column



(b) Part of knife press

Fig. 4 10000ton brake press modeling

2.2 유한요소 해석

본 연구에서는 판재 없이 Press Knife 자체에 10,000 Ton의 하중을 주어 Brake Bending Press의 구조 건전성에 대한 유한요소해석을 수행하였다. Press 모델의 소재는 SS400을 사용하였으며, 그에 대한 물성 값을 Table 1에 나타내었다. 경계조건으로는 Bed 밑 부분의 양 끝에 위치한 Ground 부분을 구속시켰으며, Press Knife와 Crown, Column이 접촉되는 부분은 윤활이 이루어져 있으므로 마찰 계수 0.15로 가정하였다. 하중 조건으로는 Fig. 4(b)에 나타나 있는 Press Knife의 Cylinder 윗부분에 10,000 Ton의 힘을 수직방향으로 주었다. Fig. 4(a)에서 알 수 있듯이 해석 모델은 대칭을 이루고 있으므로 실제 해석에서는 해석상의 편의를

위해 1/4 모델을 사용하였다. ABAQUS/CAE 프로그램 Static, General 모드를 이용하여 유한요소 모델 해석을 실시하였다.

Table 1 Material properties of brake bending press

Density	7.8E-9 tonne/mm ³
Young's modulus	200 GPa
Poisson's ratio	0.28

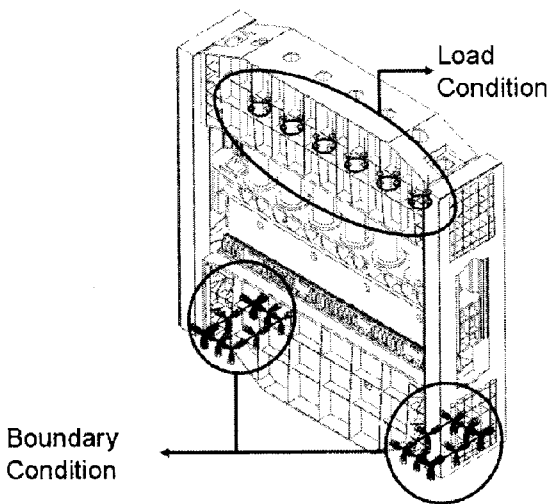
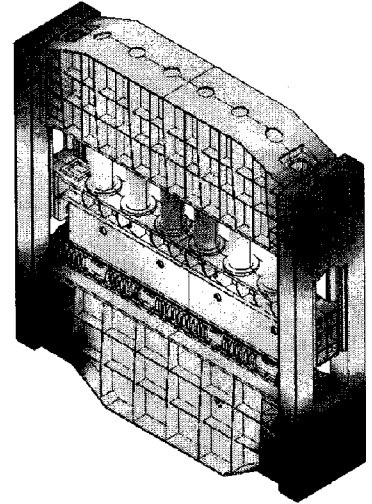
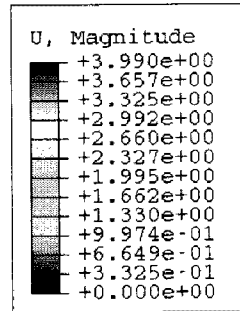
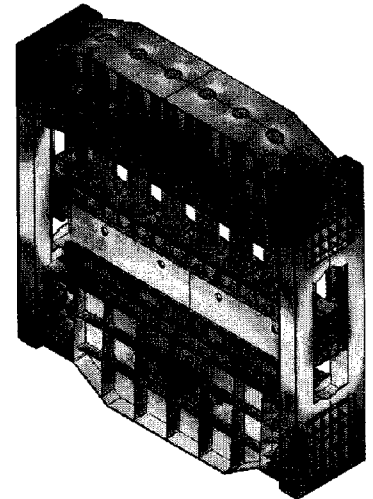
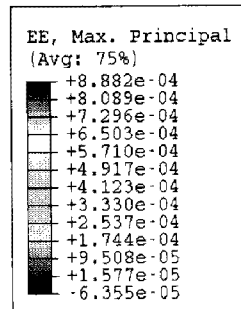


Fig. 5 Boundary condition and load condition

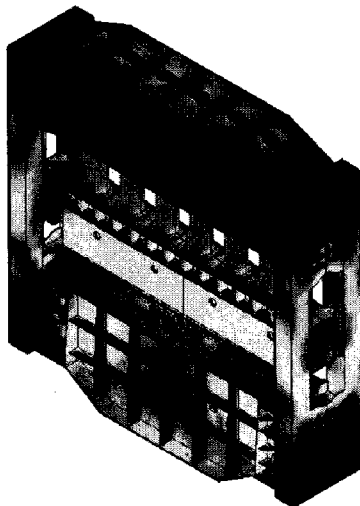
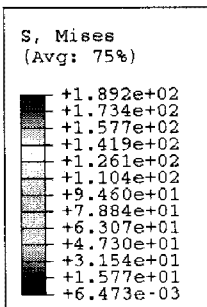
3. 결과 해석



(b) Distribution of displacement



(c) Distribution of principal plastic strain



(a) Distribution of equivalent stress

Fig. 6 Results of analysis

SS400 소재의 경우 Yield Stress는 230MPa 이며, 이 보다 낮은 수치의 189.2MPa의 최대 응력이 경계조건으로 설정하였던 그라운드 부근에서 발생하였다. 이를 안전 계수(Safety factor)로 표현하면 0.823의 값을 나타낸다. Press Knife에서의 응력은 80~110Mpa의 분포를 나타내었다. 변위(Deformation)는 하중이 실리는 실린더에서 가장 많이 발생하였다. Press Knife에서는 1.3~2.3mm의

변위가 발생하였다. 탄성 변형(Plastic Strain)은 응력과 비슷한 성향을 나타냈으나, 그 수치는 0에 가까운 값을 나타내므로 실제적으로 변형이 거의 일어나지 않은 것으로 판단할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 10,000 Ton Brake Bending Press에 관한 구조 건전성에 대하여 평가를 하였다. 구조 건전성 평가에 있어서 제일 중요한 요소가 응력과 변위이다. 본 연구의 경우 길이에 비해 폭이 짧은 Knife Press의 변위에 중점을 두었다. 해석 결과와 같이 1.3~2.3mm의 변위가 나타났으며, 이는 Brake Bending Press 전체적인 길이에 비해 작으므로 무시할 수 있을 크기라 할 수 있다. 또한 유한요소 해석 수행 후 소성 변형률(Plastic Strain)의 결과값을 확인한 결과, 소성 변형률이 발생한 곳은 단 한 곳도 나타나지 않았다.

실제로 Press 장비는 최대 하중의 70~80%까지의 하중 크기로 성형을 한다. 그러므로 실제 사용에 있어서 크게 문제가 되지 않을 것으로 판단된다. 하지만 실제 제작에 앞서 판재의 성형을 고려한 해석이 더 필요할 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 과학기술부 / 한국과학재단 국가핵심 연구센터사업(R15 -2006-022-02002-0) 및 2008학년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(R0A-2008-000-20017-0).

참 고 문 헌

- [1] Pedro G. Coelho, 2005, Structural analysis and optimization of press brakes, Int. J. of Machine Tools & Manufacture., Vol. 45, pp. 1451 ~ 1460.