

# 대형 Brake Bending Press 구조 건전성에 관한 연구 A Study on Structural Integrity of Large Size Brake Bending Press

\*박중원<sup>1</sup>, 김상목<sup>1</sup>, 구태완<sup>2</sup>, #강범수<sup>2</sup>

\*J. W. Park<sup>1</sup>, S. M. Kim<sup>1</sup>, T. W. Ku<sup>2</sup>, #B. S. Kang(bskang@pusan.ac.kr)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 부산대학교 항공우주공학과 대학원, <sup>2</sup> 부산대학교 항공우주공학과

Key words : Thick Pipe Forming Process, Brake Bending Press, Finite Element Analysis

## 1. 서론

후육관(thick pipe)은 해양·산업 플랜트, 대형 송유관 및 송수관, 배관 등에 사용된다. 더불어, 세계적으로 플랜트 설비의 대형화 및 해양, 유전과 같은 기간 산업에서의 후육관 수요 증가와 시장성 확대에 의해 국가적 전략사업 대상으로 육성되고 있다. 후육관 제조에는 3~4 개의 밴딩 롤러(bending roller)를 위, 아래로 배치하여 롤러 사이의 틈으로 강판(steel plate)을 넣고 원하는 곡면을 가공하는 롤 밴딩 공정이 주로 이용되고 있다<sup>[1-3]</sup>.

후육관을 제조하는 다른 방식으로는 Fig. 1 과 같이 상부 프레스에 의해서 구동되는 Forming Press Knife 를 이용한 Brake Press<sup>[4-5]</sup> 공정이 있다. Fig. 2 에 도시한 것과 같이 소재를 Forming Press Knife 에 접촉시킨 후 Press Knife 의 하향 이송(stroke)으로 후관 소재를 변형시키고, 이후 변형 된 후관 소재를 다시 수평 이송시켜 반복하여 성형하는 공정이 다.

Brake Press 는 일반적인 Press 와 달리 폭 대비 길이가 크므로 구조 건전성에 관한 평가가 이루어져야 한다. 본 연구에서는 유한요소해석(finite element analysis)을 이용하여 6,200 Ton Brake Bending Press 에 대한 구조 건전성 평가를 수행하였다.

## 2. 해석 모델의 구성 및 해석 조건

본 연구에서 다룬 6,200 Ton Brake Bending Press 는 전체적으로 높이 약 15,000mm, 너비 약 14,000mm, 너비 약 2,800mm 의 크기로 설계되었다. 부분 모델은 Press Knife 모델과 Crown, Bed, Column 으로 이루어진 모델로 나눌 수 있다. 유한요소 모델링에 의한 부분 모델과 결합 모델을 Fig. 3 에 나타내었다.



Fig. 1 Thick pipe forming using brake bending press

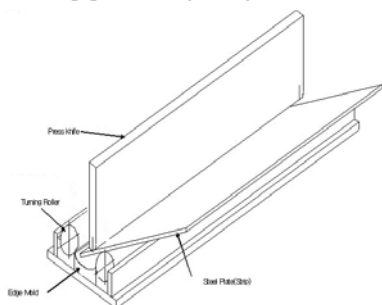
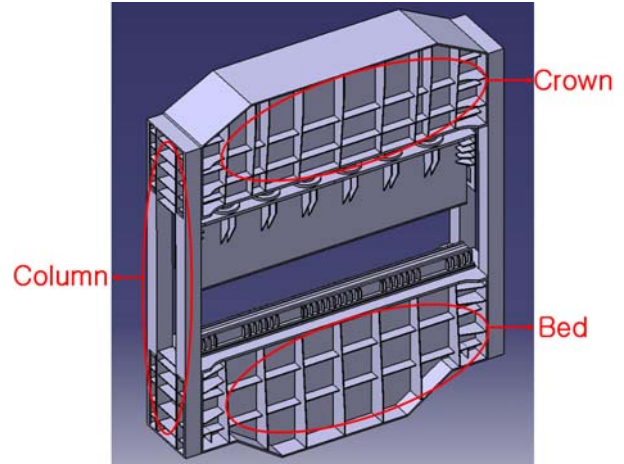
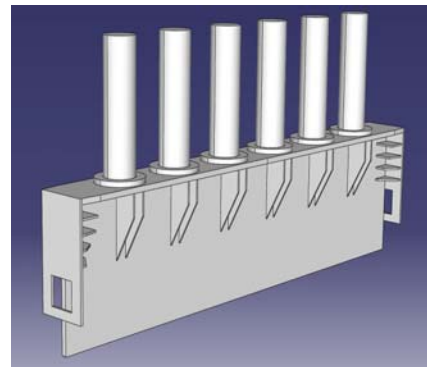


Fig. 2 Schematic diagram of brake bending press



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



(b) Part of knife press

Fig. 3 6,200 ton brake bending press model

본 연구에서는 성형 관재 없이 Press Knife 를 Bed 부분에 접촉시킨 후, 장비의 최대 하중인 6,200 Ton 의 하중을 주어 구조 건전성에 대한 유한요소해석을 실시하였다. Fig. 3(a)에서 확인 할 수 있듯이, 해석 모델은 대칭을 이루고 있으므로 해석상의 편의를 위해 1/4 모델을 사용하였다. 해석 모델의 소재는 SS400 을 사용하였으며, 그에 대한 물성치를 Table 1 에 표기하였다. Press Knife 와 Crown, Column 이 접촉되는 부분은 윤활이 이루어진 것을 고려하여 마찰 계수 0.15 로 하여 Contact 조건을 주었다. 경계 조건으로 Bed 밑부분의 Ground 부분을 구속시켰으며, 하중 조건으로는 Fig. 3(b)의 Press Knife 의 실린더 윗부분에 최대 하중인 6,200 Ton 의 하중을 수직방향으로 주었다. 경계 조건과 하중 조건은 Fig. 4 에 나타내었다. 유한요소해석은 ABAQUS/CAE 프로그램 Static, General 모드를 사용하였다.

Table 1 Material properties of brake bending press

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

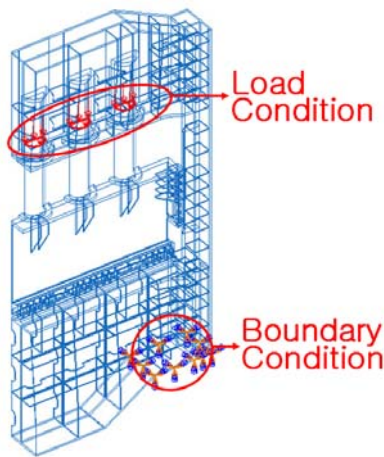
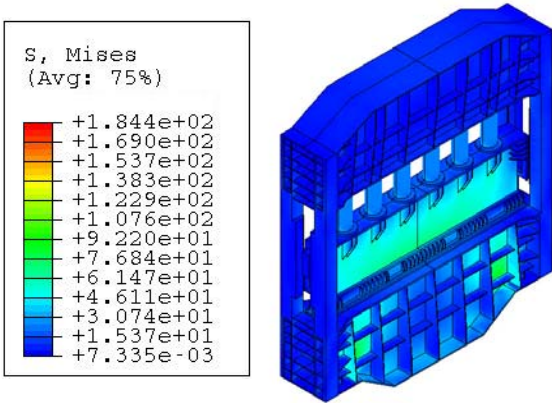


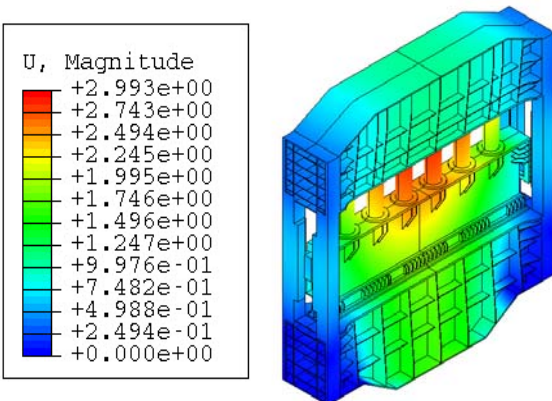
Fig. 4 Boundary condition and load condition

### 3. 해석 결과

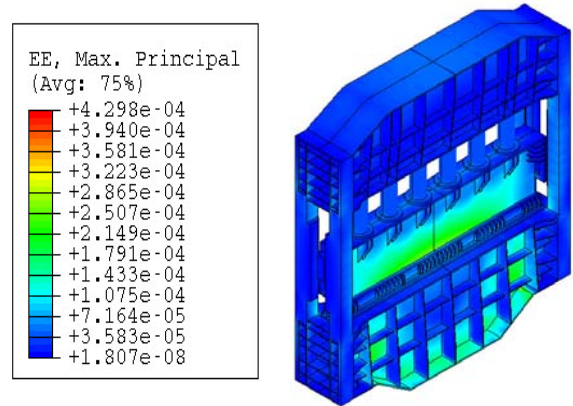
유한요소해석에 의한 Brake Bending Press의 응력, 변위, 탄성변형률의 해석결과는 Fig. 5와 같다. 184.4MPa의 최대 응력이 경계 조건으로 설정된 Ground 부근에서 발생하였으며, 최대 변위는 Press Knife에 하중 조건을 주었던 실린더에서 3.0mm까지 발생하였다. 주탄성변형률은 응력과 비슷한 성향을 나타냈으나, 그 값은 0에 가까운 값이므로 변형이 거의 일어나지 않은 것으로 판단된다. 장비의 주요 부분인 Press Knife의 경우, 40~80MPa의 응력 분포와 0.5~3.0mm의 변위 분포를 나타냈다.



(a) Distribution of equivalent stress



(b) Distribution of displacement



(c) Distribution of principal elastic strain  
Fig. 5 Results of analysis

### 4. 결론

본 연구에서는 6,200 Ton Brake Bending Press 구조 건전성에 관한 연구를 실시하였다. 구조 건전성 평가에서 중요한 요소는 응력, 변위, 변형률이다. SS400 소재의 항복응력은 230MPa이며, 본 연구에서는 이보다 작은 184.4MPa의 최대 응력이 나타났다. 이를 안전 계수(safety factor)로 나타내면 1.247이 된다. 그리고 본 연구에서는 길이에 비해 폭이 좁은 Press Knife의 변위와 변형률에 중점을 두었다. 해석 결과에서 최대 3.0mm까지 변위가 나타났으며, 이는 Brake Bending Press 전체 길이에 비해 작은 수치이므로 무시할 수 있다. 유한요소해석 후 소성 변형률의 값을 확인할 결과, 소성 변형이 발생한 곳은 전혀 없는 것으로 나타났다.

실제 Press 장비는 최대 하중의 70~80%의 하중 크기로 성형을 한다. 그러므로 본 연구의 6,200 Ton Brake Bending Press는 운용 시 구조적 결함의 발생 가능성이 없을 것으로 판단된다.

### 후기

본 연구는 교육과학기술부 / 한국과학재단 국가핵심연구센터사업(R15-2006-022-02002-0) 및 2008 학년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구(R0A-2008-000-20017-0)이며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

### 참고문헌

1. M, Hua., K, Baines., and I, M, Cole., "Continuous Four-Roll Plate Bending : a Production Process for the manufacture of single seamed tubes of large and medium diameters," *Int. J. of Machine Tools & Manufacture*, **39**, 905-935, 1999.
2. M, Hua., and Y, H, Lin., "Large Deflection Analysis of Elastoplastic plate in steady continuous Four-Roll bending Process," *Int. J. of Mechanical Sciences*, **41**, 1461-1483, 1999.
3. Y, H, Lin., and M, Hua., "Influence of Strain Hardening on Continuous Plate Roll-Bending Process," *Int. J. of Non-Linear Mechanics*, **35**, 883-896, 2000.
4. P, G, Coelho., L, O, Faria., and J, B, Cardoso., "Structural Analysis and Optimization of Press Brakes," *Int. J. of Machine Tools & Manufacture*, **45**, 1451-1460, 2005.
5. U, P, Singh., S, K, Maiti., P, P, Date., and K, Narashimhan., "Numerical Simulation of the Influence of Air Bending Tool Geometry on Product Quality," *J. of Materials Processing Technology*, **145**, 269-275, 2004.