

C-Frame Press의 구조해석

박현기, 황병복*
인하대학교 자동화공학과

A Structural Analysis of C-Frame Press

Hyun-Ki Park and Beong-Bok Hwang*
Department of Industrial Automation Engineering
Inha University, Incheon

Abstract

The high precision of the products manufactured by press forming requires the high stiffness of press machines. In this study, the C-frame type press is analyzed to provide the basic idea on the C-frame press design, especially on the frame design. The finite element method is applied for the analysis and the isotropic properties of the frame material is also considered. The results are summarized in terms of stresses and displacement distributions. Also, the openback angle of the presses is compared with two different models. The CS-150 and ECS-150 models, which are press model having 150 ton frame capacity relatively and produced by SSangYong precision Co. LTD, are applied for the analysis.

Key Words : Press Forming, C-Frame press, Isotropy, Finite Element Method.

1. 서론

프레스에 의한 가공은 넓은 의미로서 소성가공의 대부분을 말하는 의미로 사용되고 있지만 일반적으로 프레스기계로 냉간가공을 주로하여 소성변형을 행하는 가공방법이다. 소성가공의 궁극적 목적은 노동력이 많이 드는 후가공 없이 정교한 부품을 만드는 것이고, 목적을 달성하기 위해 가공하는 프레스기계의 높은 정밀도가 요구된다. 프레스기계란 2개 이상의 쌍을 이룬 금형 사이에 가공물을 놓고 힘을 가함으로써 성형가공하는 기계로서, 금형 사이에 발생하는 반력을 프레스의 프레임이 지탱하도록 설계한다. 본 논문의 해석대상인 C형(C-Frame) 프레스는 전후 좌우가 개방되어 작업성이 좋고, 제품의 가공이 용이하며 다른 형식의 프레스에 비해 가격이 싼 장점이 있다. 그러나 프레스가 C형으로 되어 있어서 특히 다른 프레스에 비하여 하중에 의한 변형이 크고, 일반적인 기계프레스와 마찬가지로 과부하 발생시 가압력과 연관된 프레임, 볼스터, 슬라이드, 커넥팅로드, 크랭크 축에 작업하중이 직접 전달됨으로 부품의 파손에 대한 우려가 있다.

본 논문에서는 (주)쌍용정공에서 개발되어 20년 이상 보급된 CS-150톤 프레스와 최근 개발된 모델인 ECS-150톤 프레스에 대한 프레임 강도를 비교해석 하였으며, 해석 도구로써 유한요소해석 패키지(package)인 I-DEAS를 사용하였다. 해석의 결과로는, 두 모델에 대한 입벌림각, 프레임의 최대응력, 프레임의 최대변형 등을 비교하였다.

2. C Frame의 구조

2.1 CS-150 & ECS-150 프레임의 구조

본 C형 프레스에 사용된 재질은 SS41P이며, 전체적인 구조는 그림1과 같은 형태이고 그 제원은 표1과 같다

Table 1 Specification of the C-Frame Press

Model		CS-150	ECS-150
Maximum load capacity(ton)		150	150
Bolstar Area(mm mm)		1350×760	1200×760
Bolstar Thickness(mm)		120	140
Frame Height(mm)		3320	3110
Maximum Width(mm)		2030	1874
Frame Material (SS41)	Modulus of Elasticity(Mpa)	200.000	
	Poisson's Ratio	0.3	
	Yield Stress(Mpa)	225.4	

보통 C형 프레스는 프레임에 응력이 집중되는 부분을 보완하기 위하여 프레임 본체에 보강판을 대어 응력이 집중되는 부분을 보완한다. 본 논문에서는 먼저 응력이 집중되는 부분을 알아보기 위하여 보강판을 대지 않은 C형 프레스를 해석하였다. 해석한 결과 프레임의 굴곡진 부분의 상, 중, 하 부분을 중심으로 특히 굴곡의 하부에 응력이 집중되는 것을 알 수 있었다. 일반적으로 이러한 응력 집중을 막기위하여 C형 프레스에 여러 가지 보강판을 대어 사용한다.

본 연구의 해석모델인 CS-150과 ECS-150에 사용되는 보강판은 그림 2와 같이 (주)쌍용정공에서 개발한 C형 보강판을 사용하고, 자세한 치수를 그림 2에 나타내었다. 그림 2의 왼쪽 보강판은 CS-150 프레스에 대어 사용하고, 오른쪽 보강판은 ECS-150 프레스에 부착하여 사용한다.

2.2 프레스 가공물

C형 프레스에서의 가공물¹⁾은 주로 200ton 이하의 가압력으로 가공이 되는 가공물을 그 대상으로 하며, 가공물의 재질은 주로 철강재로서 비교적 가공이 용이한 제품을 다룬다. 이러한 프레스 가공품의 50%이상이 자동차부품으로서 전기전자 및 일반 기계부품의 커버(cover), 케이스(case), 브래킷(bracket), 프레임(frame)류가 주요 가공물이다.

3. C형 프레스의 모델링

3.1 해석모델

본 해석에 사용되는 해석모델²⁾은 그림 3과 같이 4절점 사면체 자동요소망 생성 프로그램을 사용하여 구성하였다. CS-150의 경우 총 절점(node)수는 4418개이고, 요소(element)수는 15567개이며, ECS-150의 경우 총 절점수는 2871개이고, 요소수는 9279개이다.

3.3 경계 조건

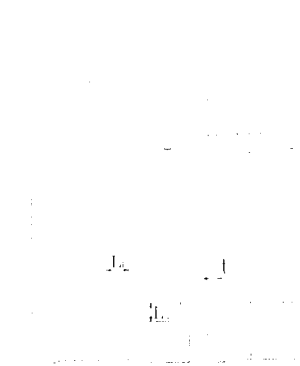


Fig 1. View of the C-Frame

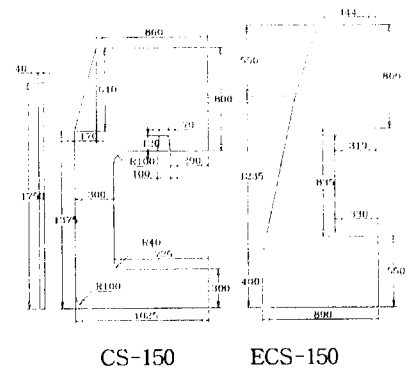


Fig 2. Supporting Plate of the CS-150 and ECS-150

커넥팅로드(connecting rod)에 걸리는 하중은 지렛대 원리를 이용하여 프레스 전체에 전달되는 부분 하중으로 나타내었고, 각각의 프레스 볼스타(bolstar)에 작용하는 압력은 프레스에 걸리는 총 하중을 각각의 볼스타 면적으로 나누어서 나타내었다.

커넥팅로드와 볼스타에 적용된 경계조건을 그림 3과 같이 나타내었고, 해석모델이 좌·우 대칭이므로 그 절반에 해당되는 부분을 모델링하였다.

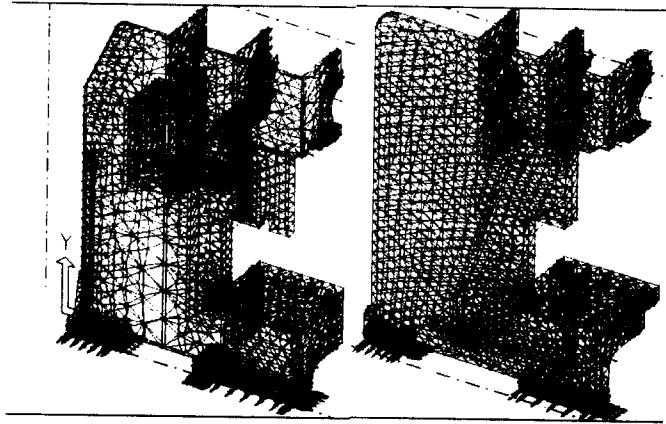


Fig 7. The modeling of CS and ECS-150

4. 구조 해석 결과

4.1 입벌림각(ϕ)

C프레임에서는 동적정도(動的精度)⁴⁾인 입벌림각이 정도를 나타내는 중요한 요소로써 입벌림각은 그림 4와 같이 펀치와 다이의 중심선이 변형후 이루는 각도로써 나타내고 있다. 또한 입벌림각의 크기에 따라 기계의 정도 뿐만아니라 프레스의 수명과도 밀접한 관계를 갖고 있다. 입벌림각의 허용치에 대한 공식적인 규격은 없으나, 유럽에서는 3' 이하¹⁾로 규정 짓고 있다.

그림 4와 같이 각 절점의 x, y변위를 이용하여, 삼각함수의 기하학적인 방법으로 입벌림각(ϕ)을 구한 결과 CS-150가 5.41' 이고 ECS-150가 4.08' 로 나타났다. 그러므로 ECS-150의 경우가 정적정도면에서 우수하고, 24.58%정도 개선되었다.

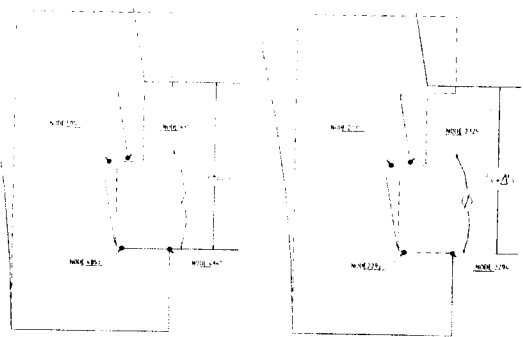


Fig 4. Openback angle of C-Frame

4.2 해석 결과

프레스의 재질이 균질(homogenous)한 성질을 갖고, 등방성(isotropic)으로 가정하여 Von Mises²⁾ 응력식을 적용시켜 해석한 결과 응력과 변형을 분포는 각각 그림 5, 그림 6과 같이 나타났고, 표 2에서 볼 수 있는 것처럼 입벌림각, 응력, 변형률면에서 CS-150에 비하여 ECS-150이 많이 개선된 것을 알 수 있다. 또한 ECS-150의 경우 보통 프레스에서 사용하는 안전율 10보다 큰 15가 나왔다.

Table 2. Analytical results for CS-150 and ECS-150

	CS-150	ECS-150	Improvement(%)
Openback angle	5.41'	4.08'	24.58% up
Maximum stress	21.6Mpa	14.5Mpa	32.87% up
Maximum displacement	2.61mm	2.34mm	10.34% up

본 연구에서는 유한요소해석 패키지인 I-DEAS를 이용하여 CS-150과 ECS-150을 비교 해석하였다. 각각의 모델링은 4절점 사면체 자동요소망 생성 프로그램을 사용하여 구성하였고, 동적정도로써 사용되는 입벌림각을 계산하여 비교한 결과 CS-150보다 ECS-150이 입벌림각의 정도로써 규정짓고 있는 3' 보다는 크게 나왔지만 많이 개선되었다. 또한 응력 및 변형을 면에서도 CS-150보다 ECS-150이 작게 나왔다. 또한 안전율이 15로써 보통프레스에서 사용하는 안전율 10보다 크게 나왔다. 본 구조해석에 사용된 CS-150과 ECS-150은 개선할 부분이 있지만 소형 소성 가공의 수행하는데 적합함을 알 수 있다.

참고문헌

- 1) 한국생산성본부, "프레스자동화" 1992
- 2) "I-DEAS Master Series Manual" SDRC사, 1994
- 3) Takashi Kobayashi "Study on Stress Analysis of Power Press", 1973
- 4) Aida, "Press handbook" 기전연구회, 1989

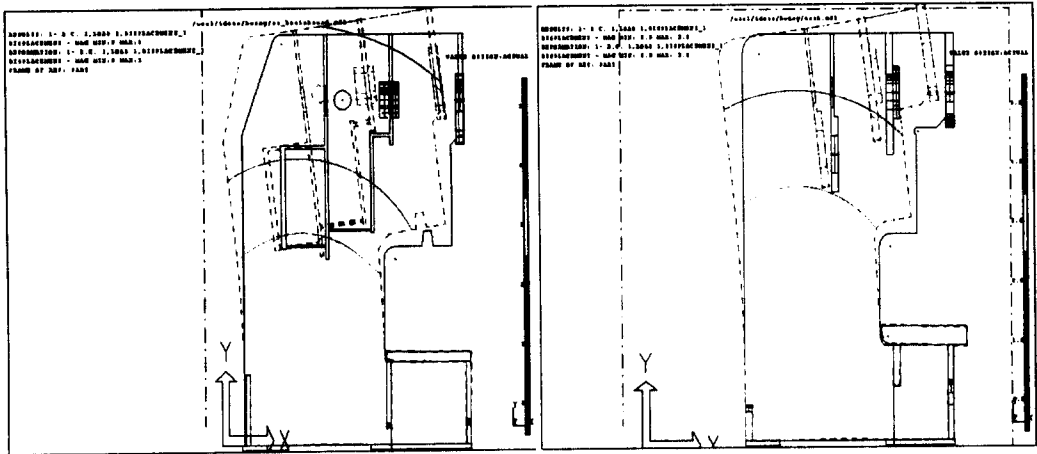


Fig 5. Displacement Distributions of the CS & ECS-150

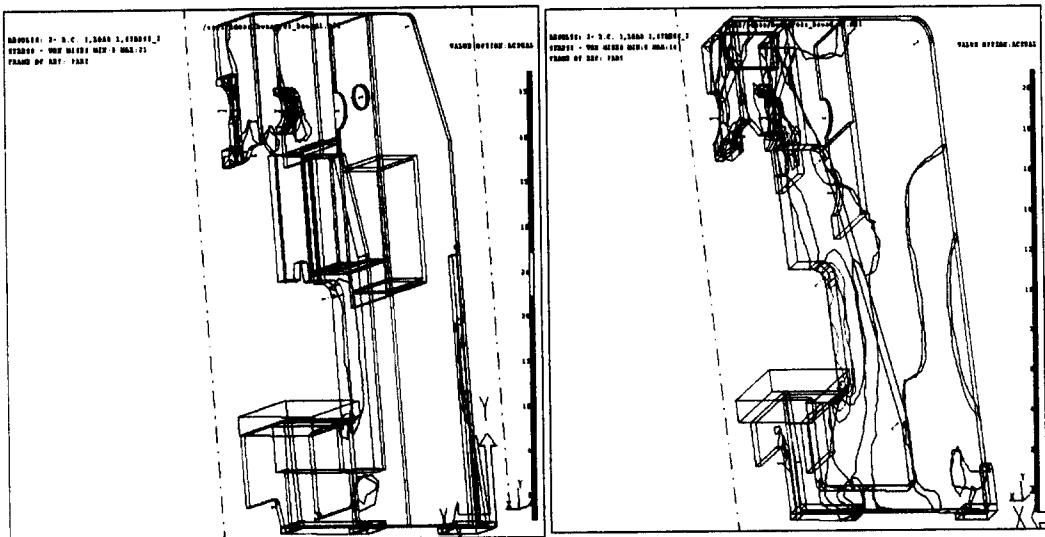


Fig 6. Stress Distributions of the CS & ECS-150