

Cold Drawn Bar 포장 자동화 기계설비에 관한 구조해석

진도훈*[#]

*부산가톨릭대학교 산업보건학과

Structural Analysis of Cold Draw Bar Packaging Automation System

Do-Hun Chin*[#]

*Catholic University of Pusan, Dept. of Industrial Health

(Received 19 November 2019; received in revised form 10 December 2019; accepted 18 December 2019)

ABSTRACT

In this study, we analyzed a cold draw (CD) bar packaging automation facility to examine its structural safety. The structural analysis focused on the frame part of the automatic packing machine for the CD round rod widely used in the industrial field, as well as the package supply device, banding suit, and crane part. As a result, we concluded that the structural safety for the banding suit, crane, and package supply device have been secured (safety factors of 9.8, 7.5, and 14.5, respectively). In addition, the safety factor of the transfer was 4.0.

Key Words : Cold Drawn Bar(냉간인발환봉), Structural Analysis(구조해석), Packaging Automation System (포장자동화기계)

1. 서 론

현재 국내에서 생산되는 환봉은 일정 개수로 다발로 묶어 포장하여 운송되고 있다. 포장의 경우 환봉사이에 간지를 넣고 강철밴드로 밴딩하는 포장법과 환봉사이에 간지를 넣고 종이로 전체를 포장한 후 강철밴드로 밴딩하는 방법을 사용하고 있다.

Cold draw bar(냉간인발환봉) 이하 CD bar 생산 후 포장에 이르기까지 수동 작업으로 이루어지고 있으며, Fig. 1과 같이 현재 2인 1조로 하루 8시간 작업 기준으로 30개 정도 포장작업이 이루어지고

있기 때문에 작업환경이 열악하고, 제품 낙하사고 등 안전사고의 위험에 노출되어 있다. 고중량의 CD bar에 대한 포장기계가 산업현장에서 적용하기 위하여 자동화설비를 구축하여 공정자동화 시스템 구성으로 생산성 및 작업효율 향상이 필요하다.

수동으로 포장할 경우 수동 톨과 작업자에 의한 결속 작업 시 밴드 결속력이 일정하지 않는 현상이 발생함에 따라 밴드 포장 품질이 균일하지 않은 상황이 초래될 수 있기 때문에 단일설비로 여러 가지 포장을 수행할 수 있을 경우 포장 원가절감이나 생산성 효율증대 뿐만 아니라 균일한 포장품질을 유지할 수 있게 된다.

본 연구에서는 CD bar 자동 운송 및 포장 자동화 시스템을 단일 설비를 이용하여 여러 포장 사양

Corresponding Author : chindh@cup.ac.kr
Tel: 82-51-510-0661, Fax: 82-51-510-0638



Fig. 1 CD bar manual working process

으로 포장할 수 있는 운송 및 이송시스템을 병합하여 대부분 자동화 시스템을 구성하는 설비이다.

본 연구는 CD bar 포장 자동화 설비의 구조물에 대한 구조해석을 수행하여 구조안전성을 검토하였다¹⁻⁵⁾.

2. 구조해석 방법

본 연구에서 CD bar 포장 자동화 기계의 여러 부품 중에 장비의 구동순서에 따라 구조물에 작용되는 힘의 방향을 고려하여 구조해석 대상을 구분하여 진행하였다⁶⁻⁹⁾. 또한 포장기계의 해석 대상은 포장물 공급부와 밴딩슈트, 크레인부로 Fig. 2와 같이 총 3가지 장치에 대하여 구조해석을 수행하였다.

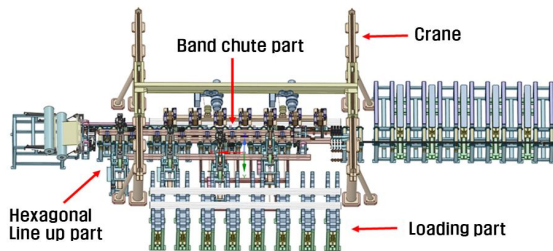


Fig. 2 CD bar packaging automation system and analysis parts

Table 1 Properties of material

Material	SS400
Density [kg/m ³]	7850
Yield strength [MPa]	250
Tensile strength [MPa]	410
Poisson's ratio	0.26
Elastic modulus [GPa]	200

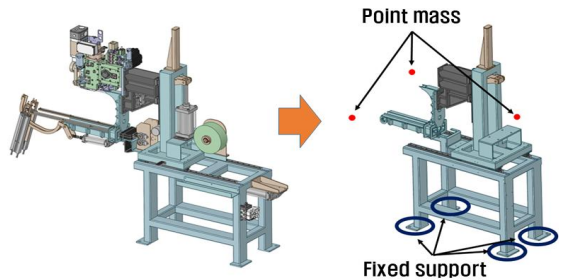


Fig. 3 Boundary conditions of band chute part

CD bar의 부품의 프레임 구성하는 재질은 SS400을 적용하였고, 물성치는 Table 1과 같다.

Fig. 3은 Band Chute Part에 대한 경계조건을 나타내고 있으며, CD Bar를 고정하는 작업을 수행하는 상부 구조와 이를 지지하는 하부 구조로 구성되어 있다.

상부 구조물은 CD Bar와의 간섭을 피하기 위해 육각 정렬 클램프가 CD Bar를 고정한 후 하부의 슬라이딩 가이드를 통해 전진하여 고정 작업을 수행한 뒤, 다시 후퇴하였을 경우에 대하여 구조해석을 수행하였다.

상부 구조에 고정 작업을 위한 수많은 부품들이 부착되어 있으나, 프레임의 강도에는 큰 영향을 미치지 않으므로 점점 하중으로 치환하여 적용하였으며, 하부 구조물을 고정시키는 위치에 6자유를 구속하였다.

Fig. 4는 크레인에 대한 것이며, CD Bar의 묶음을 공급장치에서 포장기로 이동시에 사용되며 2ton의 CD Bar의 묶음을 반복적으로 나르기 때문

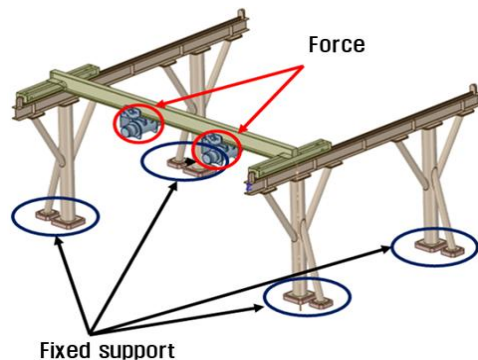


Fig. 4 Boundary conditions of crane part

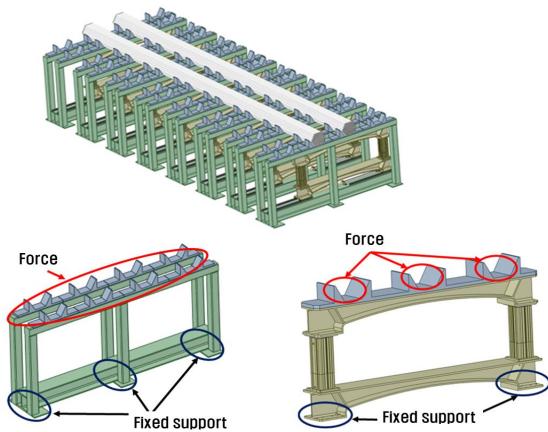


Fig. 5 Boundary conditions of loading part

에 안전성 확보가 필요하기 때문에 크레인 위치에 따라 프레임에 작용하는 하중조건이 변경되므로 총 2개의 해석 조건을 적용하였다. CD Bar와 가이드 등의 무게를 포함하여 총 4.5ton의 하중을 작용하였으며, 하부에 크레인이 고정되는 위치에 6자유도를 구속하였다.

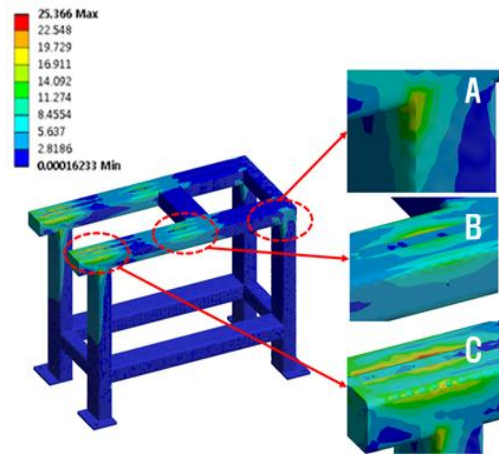
Fig. 5의 공급장치는 CD Bar 묶음을 적재하기 위한 장비로 여러 묶음이 적재되어 안전성 확보가 필수적이며, 정적으로 고정된 파트와 Bar를 이동시킬 때 적재되는 파트로 구분된다.

본 해석에서는 고정된 공급장치에 4개의 CD Bar 묶음이 적재된 상황을 모사하여 진행하였다.

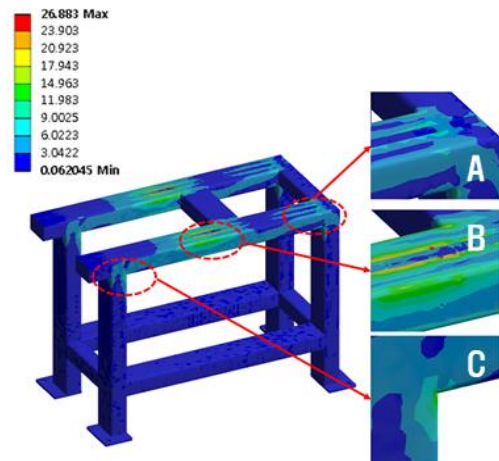
CD Bar 묶음 당 2ton의 하중을 적용하였고 4개의 묶음에 해당하는 하중을 각 적재 위치에 부여하였으며, 해당 구조물이 고정되는 위치의 6자유도를 모두 구속하였다. 또한 동일한 형상 8개의 Frame 위에 적재되어 CD Bar의 하중이 고르게 분산된다고 가정하여 1개의 Frame만 해석 대상으로 수행하였다.

3. 구조해석 결과 및 고찰

Fig. 6은 밴딩슈트에 대한 구조해석 결과를 나타내고 있다. 여기서 (a) case-1은 슬라이딩 가이드가 앞으로 이동하였을 경우이고, (b) case-2는 뒤쪽으로 이동하였을 경우에 대하여 구조물의 응력분포를



(a) case-1



(b) case-2

Fig. 6 Results of equivalent stress distribution at band chute part

비교한 것이다.

Case-1의 경우 밴딩슈트 하부 구조의 주요 응력 집중부는 3곳으로 A지점에서 25.4MPa, B지점에서 17.4MPa, C지점에서는 15.6MPa이 발생하였다.

최대 응력이 발생한 위치는 상부구조와 하부구조가 접촉하는 곳으로 A지점은 B지점에 비해 보다 높은 응력이 발생하는데 이는 무게 중심이 앞쪽에 형성된 것이 원인이며, 상부구조와 하부구조가 접촉한 곳을 제외하고 프레임간의 용접 연결 위치에 가장 높은 응력인 17.4MPa이 발생하였다.

SS400의 항복응력 250MPa로 Band Chute Part 하부 구조에 발생한 응력보다 낮게 나오는 것으로 확인되었으며 이때의 안전율은 9.8로 안전성이 확보된 것으로 판단된다.

Case-2의 경우 A지점에서 26.9MPa, B지점에서 15.9MPa, C지점에서 16.9MPa이 발생하였다. 상부 구조가 최대로 전진한 해석과 동일하게 상부 구조와 하부 구조가 접촉한 위치에서 앞쪽에 높은 응력이 발생함. 즉 전진과 후퇴를 반복할 때 하부 프레임의 A지점과 B지점 사이에 최대 응력이 항상 발생할 것으로 예측되며, 전진과 후퇴에 상관 없이 응력의 크기는 유사한 것으로 보인다.

SS400의 항복응력 250MPa로 Band Chute Part 하부 구조에 발생한 응력보다 낮게 나오는 것으로 확인되었고 이때의 안전율은 9.2로 안전성이 충분히 확보된 것을 확인할 수 있었다.

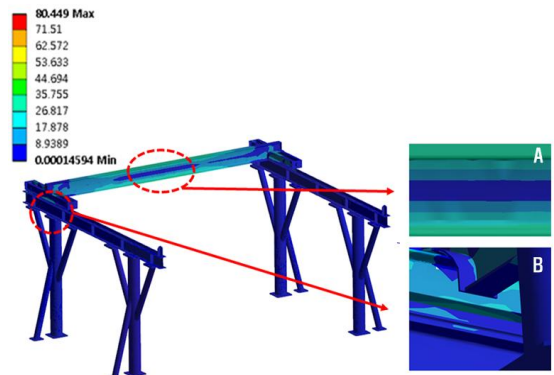
Fig. 7은 크레인부에 대한 구조해석을 수행한 결과이며, 크레인 이동시 프레임사이의 접촉하지 않도록 설치된 고무에 해석 특이점이 발생하였으나 이는 프레임 구조해석 결과에 영향을 미치지 않으므로 무시하여 결과를 분석하였다. 응력집중부는 모두 I빔의 상단과 하단에 위치하며 A지점 빔의 중앙부에 B지점 크레인을 고정하는 빔과 접촉부에 발생하였고, SS400의 항복응력 250MPa로 크레인에 발생한 응력보다 낮게 나오는 것으로 확인하였다. 이때의 안전율은 7.5로 안전성이 확보된 것으로 판단된다.

Fig. 8은 공급장치에 대한 구조해석을 수행한 결과이며, (a)의 공급기와 (b) 이재기로 구성되어 있다.

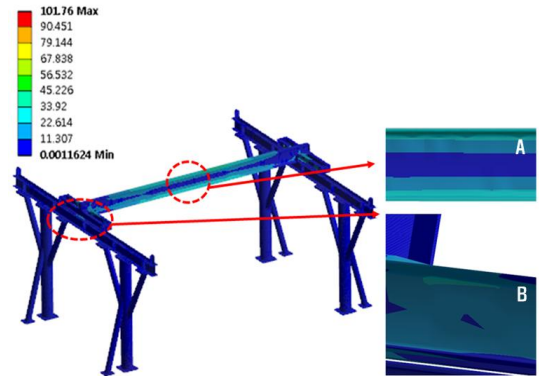
우선 (a)의 공급기의 경우 고정된 공급장치의 주요 응력 집중부 17.2MPa이 응력이 발생함을 확인할 수 있었다.

응력 집중부가 발생한 위치는 용접 위치이며 동적하중을 반복적으로 받아 가장 취약할 것으로 예상되나 응력의 수준이 항복강도에 비해 상당히 낮은 것을 확인할 수 있었다. 공급장치의 경우 항복응력 250MPa로 발생한 응력보다 낮게 나오는 것으로 확인됨. 이때의 안전율은 14.5로 안전성이 확보된 것 확인하였다.

(b)의 이재기 부분에서는 주요 응력 집중부에서 62.0MPa이 발생함을 확인할 수 있었고, 응력 집중

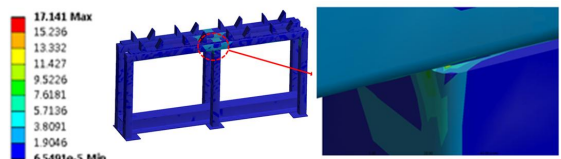


(a) case-1

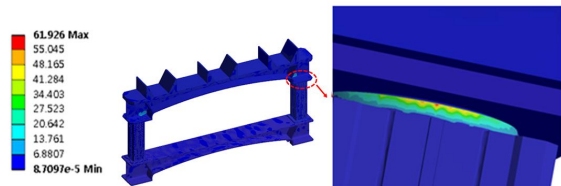


(b) case-2

Fig. 7 Results of equivalent stress distribution at crane part



(a) loading



(b) transfer

Fig. 8 Results of equivalent stress distribution at loading part

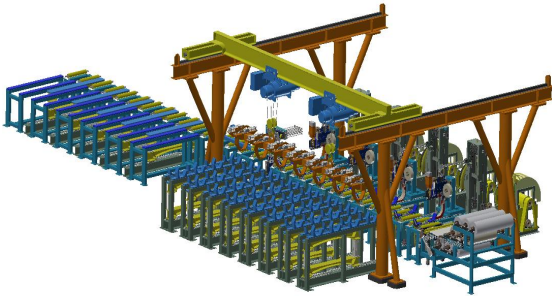


Fig. 9 3D modeling of cold draw bar packaging Automation System



Fig. 10 Development of Cold Draw Bar Packaging Automation System

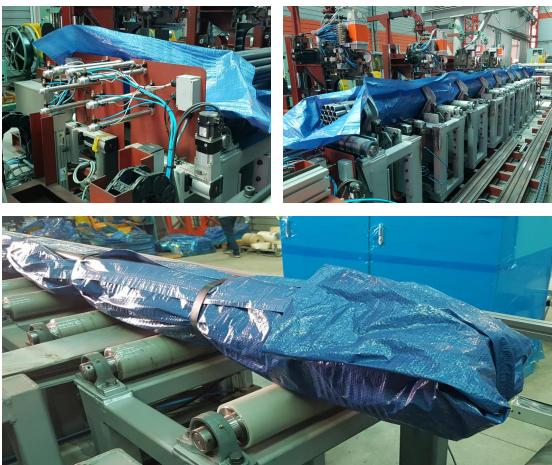


Fig. 11 Result of product packing by automation system

부가 발생한 위치는 용접 위치이며 동적하중을 반복적으로 받아 가장 취약할 것으로 예상되나 재질의 항복강도에 비하여 상당히 낮은 응력을 보이며 실린더의 실제 사용 조건을 고려하면 해석결과에 비하여 낮은 응력 분포를 보일 것으로 예상된다. 따라서 이재기에서 안전율은 4.0로 안전성이 확보된 것으로 나타났다.

Fig. 9는 최종 설계되어 제작을 위한 CB bar 자동화 포장기계의 3D 모델링을 나타내고 있으며, 앞서 기술한 구조해석 결과를 바탕으로 설계가 완료되었다. 따라서 설계도면을 통해 Fig. 10과 같이 최종 CB bar 자동화 포장기계를 제작하였다.

제작된 자동화 포장기계를 사용하여 Fig. 11과 같이 CB bar를 자동 포장 운전을 실시한 결과 최종 3분 이내 완료됨을 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 연구는 산업현장에서 널리 사용되고 있는 냉간인발 환봉에 대한 자동포장기계의 프레임부분에 대한 구조해석을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

포장기계의 해석 대상인 포장물 공급장치와 밴딩 슈트, 크레인부에 대한 구조해석을 각각 수행한 결과 밴딩슈트의 경우 안전율이 9.8로 구조적인 안전성 확보되었고, 크레인의 경우 안전율이 안전율은 7.5로 안전성이 확보된 것으로 판단된다. 또한 공급장치의 경우 안전율은 14.5로 안전성이 확보된 것 확인하였고, 이재기는 안전율이 4.0을 확보하였다.

REFERENCES

1. Hong, J. P., Gong, B. C., Choi, S. D., Choi, H. J., Lee, D. S., "Study on Structure Design of High-Stiffness for 5-Axis Machining Center", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 10, No. 5, pp. 7-12, 2011.
2. Kim, D. H., Lee, C. M., "The Static and

- Dynamic Analysis of a 45,000rpm Spindle for a Machine Tool and Evaluation of Its Stiffness”, Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 28, No. 4, pp. 422-426, 2011.
3. Kim, S. H., Kim, B. H., Choi, W. G., “A Study on the Measurement Method and Uncertainty Factors for Precision Inspection to Feed Unit of High Precision Machine Tool”, Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 11, No. 4, pp. 55-61, 2012.
4. Lee, C. H., Choi, J. W., “Evaluation of Thermal Characteristics for a Feeding Axis of Machine Tools Using Finite Element Analysis, Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, Vol. 22, No. 3, pp. 380-287, 2013.
5. Cha, S. K., Yoon, J. Y., Hong, J. K., Kang, H. G., Cho, H. C., “The System Architecture and Standardization of Production IT Convergence for Smart Factory”, Journal of the Korean Society for Precision, Vol. 32, No. 1, pp. 17-24, 2015.
6. Son, I. S., Kim, C. H., Bae, S. H., Lee, J. Y., “Rescue Lift Development Using Structural Analysis”, Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 14, No. 1, pp. 111-116, 2015.
7. Nam, K. S., Choi, K. K., Choi, H. M., Kim, J. K., Yeum, S. H., Lee, S. S., “Study on the Improvement of Strength of Excavator Attachments Considering the Field Environment”, Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 15, No. 1, pp. 122-128, 2016.
8. Lee, I. S., Kim, H. J., Kim, N. K., “A Study on the Application of Machine Simulation and Angle Milling Head of a 6-Axis Parallel Kinematic Machine”, Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 16, No. 5, pp. 47-54, 2017.
9. Kang, D. S., Jung, E. I., Kim, K. H., Baek, I. C., Yi, C. S., “Structural Analysis of a Carriage Shuttle System : A Material Supply Device for Small-Scale Machine Tools”, Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 18, No. 4, pp.62-38, 2019.