

굴삭기 버킷의 포크 형상에 따른 내구성 연구

한문식*, 조재웅**,#

*계명대학교 기계자동차공학과, **공주대학교 기계자동차공학부

A Study on the Durability due to Fork Shape of Excavator Bucket

Moonsik Han*, Jaegung Cho**,#

*Department of Mechanical and Automotive Engineering, Keimyung UNIV.

**Division of Mechanical and Automotive Engineering, Kongju National UNIV.

(Received 10 February 2018; received in revised form 11 February 2018; accepted 4 March 2018)

ABSTRACT

In this study, the durability due to the fork shape of excavator bucket is investigated. The analysis is carried out by modelling the fork shape used in general. As the analysis condition, the pin is constrained as fixed support at the bucket and the load of 12000N is applied at the fork. As the study result, the maximum equivalent stresses at models 1 and 2 are shown as 56.895MPa and 54.722MPa respectively. Model 1 is shown to have the most deformation of 5.6686 mm among four models. Model 3 has the least deformation among four models and the maximum deformation of model 3 is shown as 4.948mm. The fatigue analyses are also carried out with three models. Each model shows the same fatigue lives under the identical fatigue loads. The damage part at each model is shown at the bucket pork or the pin connected with bucket. As this study result, the data is thought to contribute to the safety design at excavator bucket.

Key Words : Excavator(굴삭기), Structural Analysis(구조해석), Total Deformation(총변형량), Equivalent Stress (등가 응력), Bucket (버킷)

1. 서 론

건설 장비인 굴삭기는 여러 종류의 작업을 다양한 자세로 수행할 수 있도록 붐(Boom), 암(Arm), 버킷(Bucket)이 서로 편으로 연결된 구조로 되어있다.

이러한 구조들로 이루어진 굴삭기는 버킷에 주어지는 안전 하중이상의 과도한 하중이 실림에 따라 암이나 붐에 변형을 불러일으키기도 한다. 이러한 이유로 부품 교체 및 수리비용을 부담해야 하는데 잘못된 조작으로 버킷이 손상되었을 경우에는 전문가의 용접이 필요로 하고 작업부에 비틀림으로 인해 링크와 실린더 그리고 편, 붐, 암 등에 수리 및 교체 비용이 발생한다. 이러한 파손을 막기 위해서 굴삭기를 이용하여 작업을 할 때, 버킷의 형

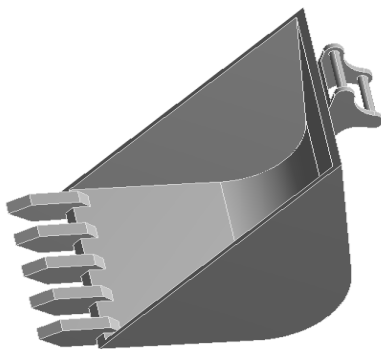
Corresponding Author : jucho@kongju.ac.kr
Tel: +82-41-521-9271, Fax:+82-41-555-9123

상과 포크의 개수가 하중과 작업에 미치는 영향들을 알아보기 위하여 본 논문에서는 안정적인 굴삭기의 버켓 포크 형상을 추정하기 위해 세가지의 모델을 바탕으로 구조 해석 및 피로 해석을 진행하였다. 본 연구 결과는 다양한 형상의 굴삭기 버켓 포크의 안전 설계에 기여할 수 있다고 사료된다.^[1-10]

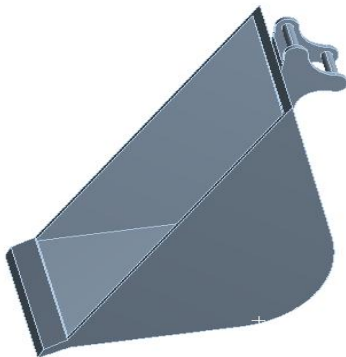
2. 본론

2.1 연구 모델

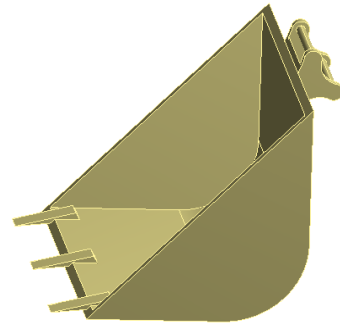
본 연구에서는 굴삭기의 버켓 포크 형상에 따른 연구를 하였으며 버켓 포크에 받는 힘을 알아보기 위해 버켓의 용량과 크기를 동일하게 제작되었다. 모델 형상은 실제 버켓의 크기를 참고하여 CATIA를 이용하여 각각의 형상을 모델링하였고 모델링한 형상들을 ANSYS를 이용하여 해석을 진행하였다.



(a) Model 1



(b) Model 2



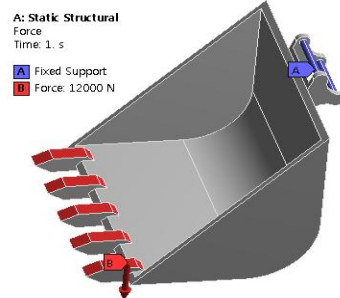
(c) Model 3

Fig. 1 Configurations of models

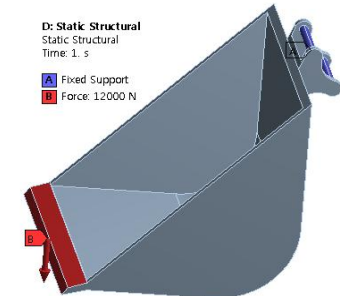
Fig. 1은 모델링한 버켓 형상들을 나열한 것으로 각 모델들은 용량 및 크기는 동일하고 포크 형상만 다르게 설계한 것이다.

2.2 해석 조건

Fig. 1은 모델링한 본 연구에서는 굴삭기 버켓 포크 형상에 따른 내구성을 보기 위하여 다음과 같은 해석 조건을 주었다.



(a) Model 1



(b) Model 2

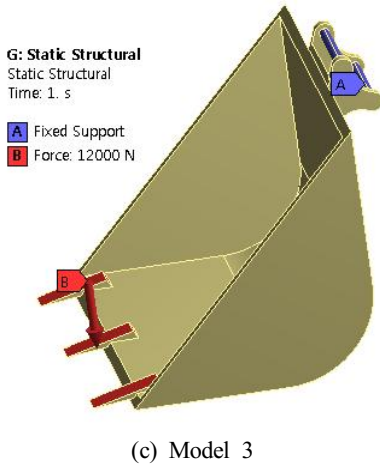


Fig. 2 Constraint conditions of models

Fig. 2는 각 모델별 해석 조건으로써 버킷이 흙을 푼다는 가정 하에 버킷의 판 조인트 연결부에 Fixed Support를 주어 고정시켰고 포크에 1200kg의 하중이 실리는 것을 묘사하기 위해 모델의 수직 방향으로 12000N의 하중을 주었다.

3. 해석 결과

3.1 구조 해석

본 연구에서는 버킷 포크의 형상에 따른 내구성을 알아보기 위해 위와 같은 해석 조건을 주었고 그에 따른 구조 해석 결과는 다음과 같다.

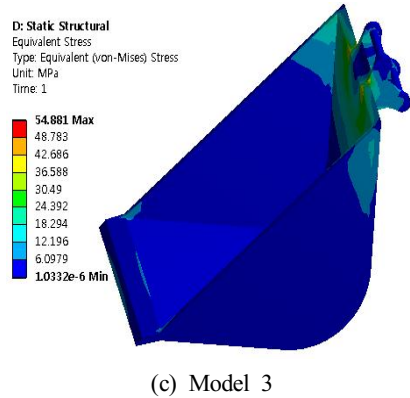
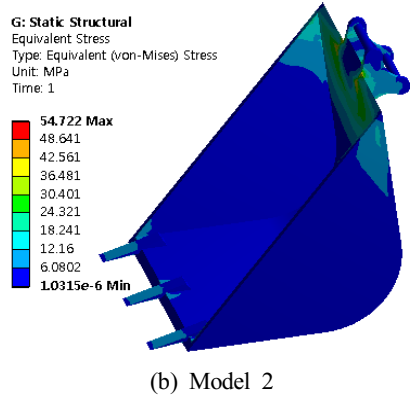
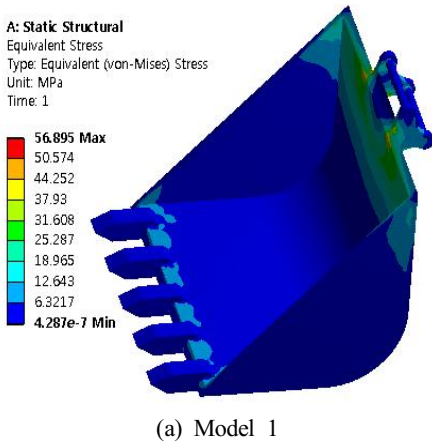
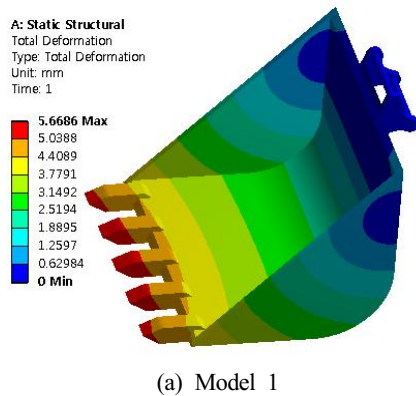


Fig. 3 Equivalent stress of models

Fig. 3는 각 모델별 등가응력을 나타낸 그림으로 등가 응력이 가장 높게 나온 모델은 Model 1으로 56.895MPa의 응력이 나왔고 가장 낮은 등가 응력이 나온 모델은 Model 2로 54.722MPa의 등가 응력이 검출되었다.



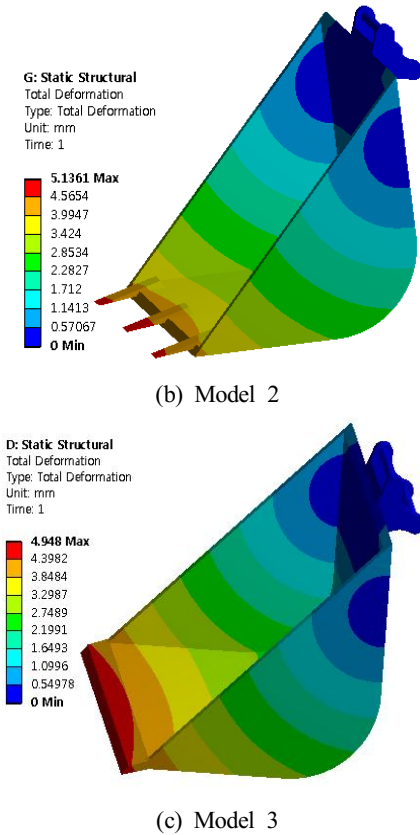


Fig. 4 Total deformation of models

Fig. 4는 해석 모델들의 전변형량으로 12000N의 하중을 포크에 주었을 때 버킷의 변형량을 나타낸 것이다. 각 모델 중 가장 큰 변형량을 보인 모델은 Model 1으로 5.6686mm의 변형량을 보였고 가장 작은 변형량을 보인 모델은 Model 3로 4.948mm의 변형량을 보였다. 이러한 결과를 토대로 Model 3에서 가장 좋은 내구성을 보임을 알 수 있었다.

3.2 피로 해석

본 연구에서는 굴삭기 버킷 포크의 내구성을 알아보기 위해 피로해석을 진행하였다. 피로해석 조건은 구조 해석과 동일한 방식으로 조건을 정하였으며 피로 하중 및 이론은 다음의 그림과 같이 지정하였다.

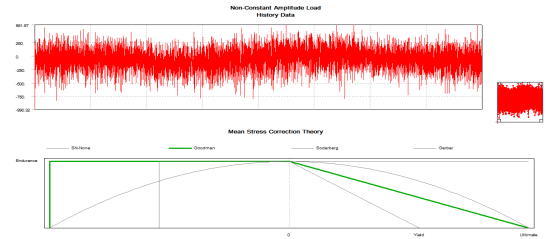


Fig. 5 Fatigue load and theory applied to analysis models

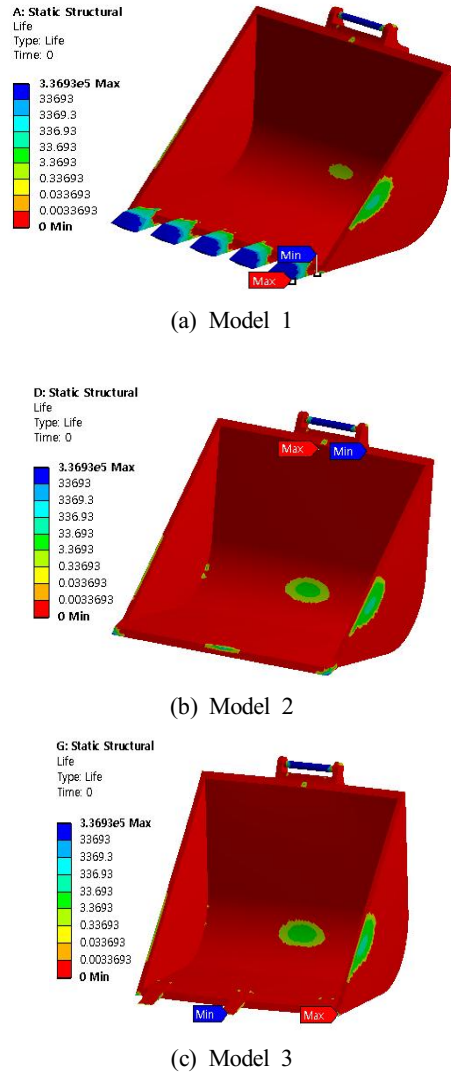
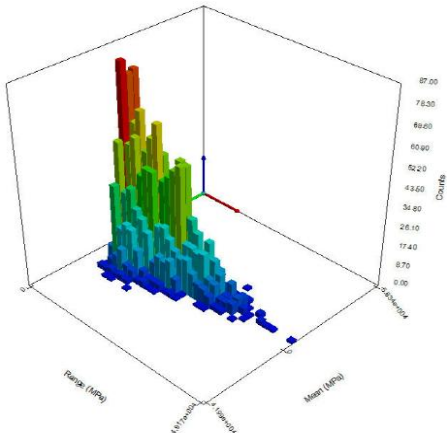


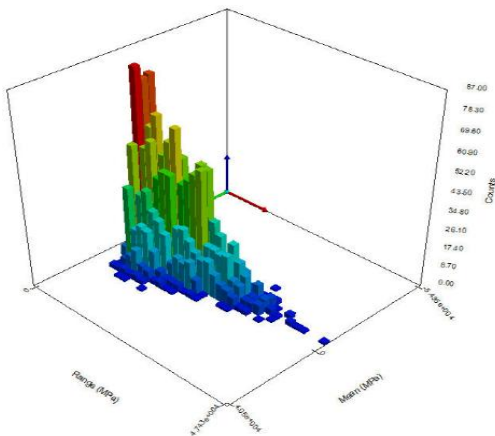
Fig. 6 Contour plots of fatigue life at models

Fig. 5는 해석에서의 피로 하중 및 이론을 나타낸 그림으로 피로 하중은 SAEBracketHistory를 사용하였으며 피로 이론은 Goodman의 이론을 사용하여 해석을 진행하였다. 그리고 위와 같은 조건들을 사용하여 나온 결과는 다음과 같다.

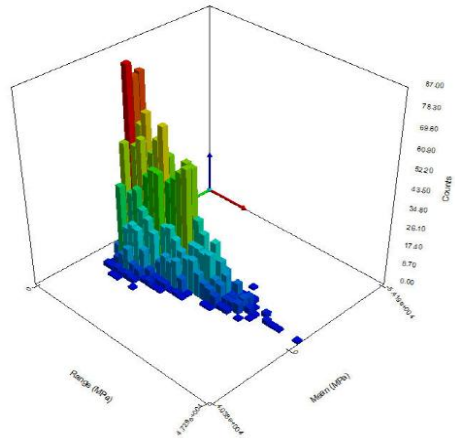
Fig. 6은 모델들의 피로 사이클을 나타낸 그림으로 각 모델들의 사용 가능한 피로 수명을 나타 내었고 3개의 모델 다 같은 피로 하중을 받았기에 동일한 피로 수명이 나옴을 알 수 있었다. 각 모델의 파손 부위는 버킷 포크 또는 버킷의 연결하는 핀 부분에서 파손됨을 확인할 수 있었다.



(a) Model 1



(b) Model 2



(c) Model 3

Fig. 7 Plot of rainflow matrices at models

Fig. 7은 각 모델들의 Rainflow matrix를 나타낸 그림으로 위 그래프는 해석에 가해지는 하중 내역의 구성으로서 진폭 응력과 평균 응력에 대한 빈도수에 해당한다. 그러므로 3개의 모델들은 동일한 피로 현상을 보임을 알 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 굴삭기 버킷 포크 형상에 따른 내구성 연구를 진행하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 굴삭기 버킷 포크 형상에 따른 구조해석을 진행하였고 그에 따른 각각 모델 중 등가 응력이 가장 큰 모델은 Model 1로 56.895MPa의 응력이 나왔고 가장 낮은 등가응력이 나온 모델은 Model 2로 54.722MPa의 등가응력이 검출되었다.
2. 굴삭기 버킷의 변형량을 확인하였을 때, 각 모델 중 가장 큰 변형량을 보인 모델은 Model 1으로 5.6686mm의 변형량을 보였고 가장 작은 변형량을 보인 모델은 Model 3로 4.948mm의 변형량을 보였다. 이러한 결과를 토대로 Model 3에서 가장 좋은 내구성을 보임을 알 수 있었다.
3. 굴삭기 버킷의 내구성을 확인하기 위해 피로

해석을 실시하였으며 그 결과 3개의 모델은 거의 동일한 피로 현상을 보였고 버켓 포크나 버켓 고정핀에서 피로 파손의 확률이 높음을 알 수 있었다.

4. 위와 같은 결과를 토대로 다양한 형상의 굴삭기 버켓 포크의 안전 설계에 기여할 수 있는 데이터라고 사료된다.

REFERENCES

1. Cho, J. U., Han, M. S., "Structural Safety Analysis of Car Body," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 7, No. 3, pp. 12-16, 2008.
2. Cho, J. U., Min, B. S., Han, M. S., "Basic Study on Impact Analysis of Automobile," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 8, No. 1, pp. 64-70, 2009.
3. Kang, H. J., Kim, B. H., Kim, H. J., Seo, J. H., "Structural Weld Strength Analysis on Door Hinge of Field Artillery Ammunition Support Vehicle," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 15, No. 3, pp. 58-65, 2016.
4. Ryu, J. M., Park, K. C., Kang, T. W., "A Study on the Structural Design for Safety Improvement of the Winch Mount of an Armored Recovery Vehicle," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 16, No. 1, pp. 58-62, 2017.
5. Cho, J. U., Han, M. S., "A Study on Durability of Under Bar at Car through Structural and Fatigue Analysis," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 14, No. 2, pp. 44-50, 2015.
6. Lee, J. I., "The Convergence Design for Stiffness and Structure Advancement of Automotive Body," Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 8, No. 4, pp. 189-197, 2017.
7. Cho, J. U., Han, M. S., "Durability Study on Structural Strength due to the Shape of Excavator Wheel," Transaction of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 21, No. 6, pp. 166-174, 2013.
8. Yoo, B. S., Koo, S. W., Joh, J. S., "A Study on Suppression of Vibration Caused by Quick-stop Operation of Hydraulic Excavator Boom," Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 27, No. 12, pp. 33-40, 2010.
9. Moon, S. G., Park, Y. J., Lee, G. H., "Determination of Equivalent Moment of Inertia of Flywheel for Inertial Endurance Test of Excavator Slewing System," Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 34, No. 6, pp. 383-390, 2017.
10. Lee, Y. S., Ok, J. K., Kim, H. J., Yoo, W. S., "Analytical Investigation on the Track Separation Mechanism for Tracked Excavator," Transaction of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 14, No. 6, pp. 66-72, 2006.