

# 협궈형 트래क्टर 운전실의 FOPS 성능 개선에 대한 연구 FOPS Performance Enhancement Study for Compact Tractor Cabin

\*#민경석<sup>1</sup>, 윤지원<sup>1</sup>, 이육재<sup>1</sup>, 유한열<sup>2</sup>

\*#K. S. Min (minks@lsmtron.com)<sup>1</sup>, J. W. Yoon<sup>1</sup>, W. J. Lee<sup>1</sup>, H. Y. Yu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>LS 엠트론 중앙연구소, <sup>2</sup> LS 엠트론 트랙터사업부 연구소

Key words : FOPS, Tractor, Cabin

## 1. 서론

트래क्टर와 같은 농공용 차량은 운전 중에 전복 또는 중량물 낙하 등의 위험에 노출되어 있으므로 이러한 사고로부터 운전자를 보호하기 위한 운전실 안전설계가 이루어져야 한다. 미국 자동차 공업협회(ASAE) J167, OECD Code10 및 ISO 규정 3449:2005 에 운전실 구조강도에 대한 규정이 있다. FOPS (Falling Object Protective Structure)란 낙하물과 운전실 상부 구조물 과의 충돌 시 운전실 상부의 변형이 안전 영역을 침범하지 않는 구조 강도를 가지도록 하는 설계기준을 의미한다.

본 연구에서는 국내에서 생산되는 트랙터 중에서 소형인 협궈형 트랙터 운전실의 FOPS 성능을 수치적 검토를 통해 비용 및 강도 측면에서 기존 설계 대비 효과적인 강도 설계가 가능하도록 검토하였으며, 추후 시험을 통해 본 해석의 시험과의 적합성(Correlation)을 검증하여 시험 평가에 필요한 시간과 비용을 효과적으로 절감하고자 한다.

## 2. FOPS 관련 주요 규정

OECD 및 ASAE 규정에 의하면 FOPS 시험은 45kg 이상의 강철구를 지상에서 9m 이하의 높이에서 최소 1360J 의 위치 에너지를 가지도록 하여 낙하시험(Level I)을 하거나, 또는 직경이 400mm 이하인 강철구나 실린더가 11600J 의 위치 에너지를 가지도록 하여 낙하시험(Level II)을 하도록 규정하였다.

Table 1 은 낙하에 사용되는 충격 에너지와 강철구의 요구 조건을 나타내며, Fig. 1 은 FOPS

시험에 사용되는 트랙터의 안전영역과 낙하지점에 대해서 정의하고 있다.

Table 1 Energy level and Sphere Specification

Clearance Zone	Clearance zone	DLV
Energy level	1365	1365
Drop Object	Sphere	Sphere
Dimensions(mm)	200≤D≤250	200≤D≤250
Mass(Kg)	45±2	45±2

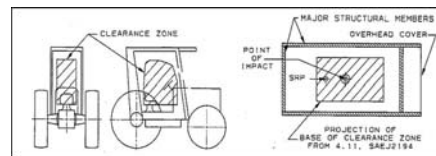


Fig. 1 Definition of FOPS Clearance zone and Drop location

## 3. FOPS 수치해석 결과

초기모델의 해석결과, 강철구의 충돌 후 프레임의 최대 처짐 위치에서 안전영역까지의 최소거리는 17.70mm 로, 강철구에 의해 변형된 상부 프레임이 운전석의 안전영역을 침범하지는 않았으나 보다 충분한 안전거리 확보를 위한 구조물의 강도 보강을 위한 개선안을 도출하였다. 낙하구가 충돌하는 상부프레임의 변형 양상은 면 처짐(plane bending)이고, 한 쪽 끝은 자유단 구조이므로 이 위치에서의 강도 보강과 면 처짐의 팔 길이를 감소시킬 경우에는 강철구 위치에서의 프레임 부재의 면 처짐이 감소할 것으로 예상하였으며, 구조 보강 내용은 다음의 Table 2 과 Fig. 2 에 요약되어 있다.

구조 보강 모델에 대한 해석 결과, 세 가지 모델 모두 기존 모델에 대비하여 총 중량은 감소하였고, 충격 후 구조물과 안전영역까지의 최단 거리는 기존대비 증가 하였다. 초기 모델 및 세가지 구조보강 모델에 대한 해석 결과는 Table 3 과 Fig. 3-1 ~ 3-4 에 정리하였다.

Table 2 구조 보강 내용 요약

모델 명	보강 내용
Case 1	1) Plate_1&2 의 폭 변경 : 330*230 → 210*230(좌/우 60mm 씩 폭 감소) 2) Frame_2 형상변경 : 40*20→20*20 3) Frame 3 추가(2.3T, 20*20)
Case 2	1) Plate_1&2 의 폭 변경 : 330*230→210*230 2) Frame_1 두께변경 : 2.3→2.8T 3) Frame_2 형상변경 : 40*20→20*20 4) Frame 3 추가(2.3T, 20*20)
Case 3	1) Plate_1&2 의 폭 변경 : 330*230→210*230 2) Frame_1 두께변경 : 2.3→3.2T 3) Frame_2 형상변경 : 40*20→20*20 4) Frame 3 추가(2.3T, 20*20)

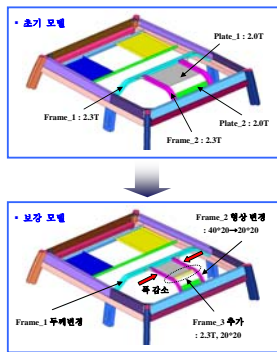


Fig. 2 구조 보강 모델 설명

Table 3 구조 보강 모델 해석 결과

모델 명	최대 변형량 (mm)	안전영역까지의 거리 (mm)	총 중량 (kg)
Base	98.58	17.70	34.97
Case 1	92.84	32.61	34.04
Case 2	77.22	42.83	34.48
Case 3	67.60	48.48	34.84

#### 4. 결론

본 연구를 통하여 기존 모델 대비 중량은 감소되면서 FOPS 시험을 통과할 수 있는

충분한 구조 강도를 가지는 최적의 구조 보강 모델을 도출하였다. 또한 수치 해석적 접근을 통한 개선안 도출 및 문제점 해결을 통하여, 제품 설계 단계에서 비용과 시간을 절약할 수 있는 방안을 제시하였다. 따라서, 향후 트랙터 개발 시에도 이와 같은 수치 해석적 방법을 활용 한다면, 충분한 구조 강도 성능을 지니면서도 중량을 최소화 하여 원가를 절감할 수 있는 최적의 트랙터를 개발할 수 있을 것이다.

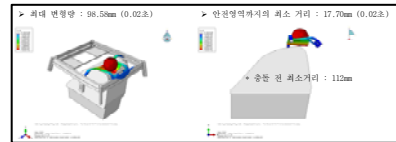


Fig. 3-1 FOPS 해석결과 - Base

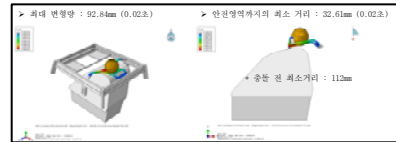


Fig. 3-2 FOPS 해석결과 - Case 1



Fig. 3-3 FOPS 해석결과 - Case 2

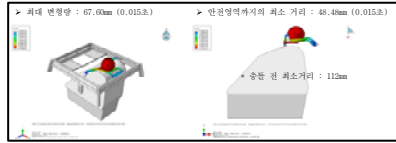


Fig. 3-4 FOPS 해석결과 - Case 3

#### 참고문헌

1. 정준모, 김병주, “중장비 운전실의 FOPS/ROPS 성능에 대한 실험적/수치적 연구”, Msc software korea user conference, 2001
2. “OECD standard code for the official testing of falling object protective structures on agricultural and forestry tractors”, OECD-CODE10
3. “Overhead protection for agricultural tractors-test procedures and performance requirements”, ASAE-SAE J167
4. Abaqus users manual, 2010