

## 과수용 방제기 전도 방지 구조물의 설계

강태경<sup>1</sup> · 이채식<sup>1</sup> · 전현종<sup>1</sup> · 최덕규<sup>1</sup> · 박석호<sup>1</sup> · 김혁주<sup>1</sup> · 강태환<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부 <sup>2</sup>충북대학교 바이오시스템공학과

### Design of Roll-over Protection Structure for an Orchard Sprayer

Tae Gyoung Kang<sup>1</sup>, Chai Sik Lee<sup>1</sup>, Hyeon Jong Jun<sup>1</sup>, Duck Kyu Choi<sup>1</sup>, Suk Ho Park<sup>1</sup>,  
Hyeok Ju Kim<sup>1</sup>, Tae Hwan Kang<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Agricultural Engineering, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Suwon, 441-100, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Biosystems Engineering, Chungbuk National University, Cheongju, 361-763, Korea

(Received: October 19<sup>th</sup>, 2011; Revised: November 18<sup>th</sup>, 2011; Accepted: December 5<sup>th</sup>, 2011)

#### Abstract

Damage to agricultural production caused by insects and diseases affects farming yields. The orchard sprayer is mainly used in the country to protect the fruit in a large area, with less effort and at minimum cost. The excellent performance of the air blast spray increases the fruit protection.

Chemical application in orchards has been accomplished by the orchard sprayers with air assist nozzles and a axial fan in Korea. However, the orchard sprayers without ROPS resulted in severe injury or death when operators drive the sprayers improperly on hilly orchard or farming road. This study was to develop a ROPS for the orchard sprayers improving farmer's safety. In this study, the accident case was used in analysing the design and building TOP structure of the orchard sprayer. The maximum impact, body torsion frame structures including the driver's protection are also analysed for adherence to safety regulations. The ROPS safety regulations according to the strength test results were established.

**Keywords** : Orchard sprayer, Rollover accident, Driver's protection, Strength test, Air blast spray, ROPS

#### 1. 서론

우리나라의 농업과 농촌의 환경은 급격히 변화하고 있다. 대내적으로는 농산물 가격의 전반적인 하락과 수급 불안정이 심화되고 있고, 환경오염 문제와 농산물의 안전성에 대한 소비자의 관심이 증가하고 있으며, 농산물 유통환경도 급격히 변화하고 있다. 또한 농촌인구의 감소와 노령화 추세가 지속 되어 도시와 농촌간의 소득 및 복지격차 해소에 대한 사회적 요구도가 증가하고 있다(농업기계연감 2007). 이러한 어려운

여건에서도 국내 농산물 중 국제 경쟁력이 충분히 있다고 보는 농산물 가운데 하나가 사과와 배이다. 사과와 배는 현재의 국내 여건을 개선하고 국제적으로 가격 및 품질 경쟁력을 갖 추게 되면 상호교역으로 농산물 시장의 충격을 줄일 수 있을 것이다.

과수농가에서 생산량의 손실을 방지하기 위한 수확 전 처리 방법이 방제작업이다. 방제작업은 과일에 지속적으로 피해를 주는 병해충을 방제하여 소기의 수확량을 확보할 수 있다.

우리나라에서 과수농사에서는 생산량의 손실을 방지하기 위한 수확 전 처리 방법이 방제작업이다. 방제작업은 주로 과수용 방제기(orchard sprayer)를 사용하여 과일에 지속적으로 피해를 주는 병해충을 방제하여 소기의 수확량을 확보할 수

\*Corresponding author: Tae Hwan Kang  
Tel: +82-43-261-2605; Fax: +82-43-271-4413  
E-mail: lamokth@yahoo.co.kr

있다. 우리나라에서 과수 방제는 농약을 살포하고 있다. 과수용 방제기는 자주형으로 작업성능이 뛰어나고, 송풍살포 방식으로 방제효과도 높아 과수농가에서 선호하는 기종이다. 그러나 본 기종은 작업의 편리성을 위하여 운전석이 노출되어 있기 때문에 작업자의 농약중독 우려와, 과수 나뭇가지 또는 고정용 철사줄 등에 운전자의 신체 일부가 접촉되는 사고 및 전도사고 시 운전자가 사망하는 등 큰 피해를 입는 경우가 많이 발생하고 있다. 이와 같은 문제점의 해결 방안으로서 과수용 방제기의 무인 자동화가 대두되었고, 과수용 방제기의 원격제어 및 유도케이블을 통한 자율주행 및 회상처리를 이용한 주행방향 제어 알고리즘에 대한 선행연구(Jang et al., 1995; Jang et al., 1998)와 기계시각과 퍼지 논리를 이용한 자율주행(Cho and Ki, 1996; Ki et al., 1996) 및 DGPS (differential global positioning system)과 퍼지 제어를 이용한 자율 주행에 관한 연구가 보고되고 있지만 실용화 단계에는 이르지 못하고 있다(Lee et al., 1998). 2007년에 실시한 조사에서 트랙터 141대중 113대가 보호 구조물이 장착되어 있는 것으로 나타났다(Kim and Kim, 2010). 트랙터와 마찬가지로 과수용 방제기도 무인자동화 이전에 운전자의 생명을 보호할 수 있는 안전 보호구가 기본적으로 필요한 실정이지만 유럽이나 미국 등 선진외국에서는 주로 트랙터 견인형 방제기가 주로 이용되고 있어 과수용방제기의 전도방지 구조물에 대한 연구가 부족하고, 국내에서는 과수용 방제기의 안전에 관한 연구는 미비한 실정이다.

본 연구에서는 과수용 방제기의 전도사고 사례 및 운전석의 구조 등에 대한 조사 분석을 기준으로 보호구조물을 제작하여 운전자 보호를 위한 개선방안을 제시하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 과수용 방제기 전도 사고사례 분석

본 연구의 운전자를 보호하기 위한 보호구조물의 필요성을 분석하기 위하여 경찰서의 사고기록을 중심으로 전도사고가 발생한 장소를 방문하여 사고사례를 근거로, 사고목격자 또는 피해자 가족 등과 대면 조사하여 사고원인 및 사고 장소의 특성, 인명피해 정도와 원인 등을 분석하였다.

### 나. 과수용 방제기 구조 분석

1) 약액탱크 총만량에 따른 횡전도각 및 무게중심 변화분석  
국내에서 주로 사용하고 있는 과수용 방제기는 케도형과 바퀴형이 보급되고 있으며, 주행성능이 우수하여 가장 많이 사용되고 있는 바퀴형 과수용 방제기(A사, 500L)를 공시기로 사용하였다. 자체 중량은 1,204 kg, 크기는 3,360×1,290×1,270 mm로서 액탱크는 500 L용량으로 과수용 방제기 약액탱크의

총만량을 0 L, 250 L, 500 L 로 변화시켜 그림 1에 나타낸 바와 같이 횡전도각 및 무게중심 변화를 분석하였다.



Fig. 1 Measurement of horizontal rollover angle.

### 다. 관성모멘트에 의한 불연속 전도 실험

불연속 전도 실험은 1, 1.5 경사면에서 기계가 옆으로 넘어졌을 경우 트랙터의 불연속 전도를 실험하여 운전자 보호를 위한 구조물의 타당성을 확인하기 위한 실험이다. 불연속 전도가 일어나지 않는다는 증거는 ASAE S547 DEC02의 규정 7.2에서 나타난 방법에 부합하여 제공될 수 있다. 불연속 전도의 검증을 위한 방법으로는 전도실험에 의한 불연속 전도의 검증과 계산에 의한 불연속 전도의 검증으로 나눌 수 있고, 전자의 전도실험에 의한 불연속 전도의 검증은 설비구조의 제작과정에 어려움이 있어 후자의 계산에 의한 불연속 전도 검증 방법을 이용하였다.

계산에 의한 불연속 전도의 검증을 위해서는 과수용 방제기의 관성모멘트가 필요하기 때문에 물체가 자신의 회전운동을 유지하려는 정도를 나타내는 물리량인 관성모멘트를 측정하였다. 그림 2는 과수용 방제기의 관성모멘트를 측정중인



Fig. 2 Measuring the inertia moment of the sprayer.

모습이다.

실험에 사용된 과수용 방제기의 질량은 1204 kg, 요동축 반경오차는 0.2 m이다. 관성모멘트는 관성모멘트 측정시스템(파크테크, 한국)을 사용하였고, 관성모멘트 측정기를 가지고 관성모멘트와 진동주기를 측정하였다. 측정방법은 과수용 방제기의 관성모멘트 측정시 판이 요동쳐야 하므로 지면에서 떨어져 있어야 하며 이를 위해 지게차로 판형의 요동축 위에 과수용 방제기를 올려놓았다. 이때 판에 올려진 과수용 방제기의 중심을 잡기 위해 판에 무게중심 위치를 설정한 후 설정된 위치에 정확히 과수용 방제기를 올려놓았다. 30초 동안 좌우로 밀어 고점에서 12번 진동을 주었고, 저점에서는 11번의 진동을 주었다. 고점에서의 회전축과 과수용 방제기의 무게중심과의 거리는 0.837 m, 저점에서의 거리는 1.037 m로 하였다. 여러 개의 데이터를 얻기 위해 30초 동안 나온 1회 진자운동 주기의 평균값을 사용하였고, 진자의 길이를 도심 점을 알고자 0.2 m의 요동반경차를 두고 실시하여 관성 모멘트 값을 측정 하였다. 관성 모멘트 분석은 식 (1)을 이용하여 계산하였다.

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{I_0}{mag}} \quad (1)$$

from here,

- $T_1$  : cycle (cycle from the low)
- $a$  : the distance from the center shaft point
- $I_0$  : In the mass moment of inertia axis of rotation

$$I_z = I_0 - ma^2 \quad (2)$$

from here,

- $I_z$  : A the center of mass moment of inertia axis

$$\begin{aligned} I_z &= \frac{T_1^2}{4\pi^2} mag - ma^2 \\ &= \left( \frac{T_1^2}{4\pi^2} g - a \right) ma \end{aligned}$$

$$a = \frac{\Delta(T_2^2 g - 4\pi^2 \Delta)}{(T_1^2 - T_2^2)g + 8\pi^2 \Delta} \quad (3)$$

$$\therefore \Delta = 0.2m$$

from here,

- $T_2$  : cycle (cycle from the high)
- $T_1$  : cycle (cycle from the low)

$$I_z = 920 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (4)$$

## 라. 운전자 보호구조물 개발

### 1) 운전자 보호구조물 설계제작

과수용 방제기의 운전자 보호구조물은 ROPS(roll-over protective structure)의 규정인 ASAE S547 DEC02 규정을 실험 기준으로 설계하였다. 운전자 보호구조물이란 어떤 뚜껑(cap) 또는 프레임으로서 운전자가 옆쪽으로 뒤집어짐으로 유발되는 심각한 충돌 부상의 가능성을 최소화 하므로 운전자를 보호하고자 디자인된 것을 말한다. 운전자 보호구조물은 뒤집어짐을 억제하여 안전 공간(clearance zone)을 제공하는데, 이 공간은 기계의 옆쪽을 가로지르며, 측방 전도(side upset)시에 평탄한 바닥과 접촉되어지는 바깥쪽 테두리(edge) 구조를 말한다. 기계가 옆으로 눕게 되고, 땅에 부딪히게 된 이후 운전자 보호구조물에 의해 선회하므로 표면으로부터 들릴 수 있도록 한다. 운전자 보호구조물 형상은 2주식 직선형과 유선형의 2종으로 제작하였다.

### 2) 운전자 보호구조물 안전강도 실험

그림 3은 운전자 보호구조물 안전강도 실험 장치(파크테크, 한국)를 나타낸 것이다. 그림 4에서 보는바와 같이 운전자 보호구조물 안전강도 실험은 ROPS의 규정인 ASAE S547 DEC02 규정을 적용하였다. 안전강도 실험시 부하조건으로서는 전방 2.380 kJ(1.36×mt), 측방 2.975 kJ(1.7×mt), 후방 2.596 kJ(0.34×mt)과 적용중량(mt)은 본체중량(1,204 kg), 약액완충(500 kg), 부가중량(75 kg)을 합산한 조건에서 한계충격량, 본체 프레임 비틀림 등을 분석하였다.



Fig. 3 Safety strength test of ROPS.

## 3. 결과 및 고찰

### 가. 과수용 방제기 전도사고 사례 분석

2002년 과수용 방제기의 100대당 농작업 사고 빈도는 0.96



(a) Peach orchard



(b) Farm road

Fig. 4 Rollover accident test scenes of orchard sprayer.

Table 1 Center of gravity and horizontal rollover angle of orchard sprayer

Pesticide tank	Weight(N)	Horizontal rollover angle (Degree)		Center of gravity (mm)		
		Right side	Left side	Horizontal	Height	Vertical
Empty (0 L)	1,204	35	38	660	650	2
Half (250 L)	1,454	30	31	655	698	-3
Full (500 L)	1,704	32	28	654	728	-17

회 사고분포로는 농작업 50%, 운반, 이동 50%였으며 사고 장소는 논, 밭, 농로로 모두 전도 사고였다(Shin, 2005).

본 연구의 운전자를 보호하기 위한 보호구조물의 필요성을 분석하기 위하여 전도사고가 발생한 장소를 방문하여 사고사례를 분석한 결과, 과수용 방제기 작업 중 전도사고사례는 다른 농업기계의 사고와 달리 쌍방사고가 아니고 주로 운전자 단독사고가 대부분 이었다. 사고유형 1은 충남 당진 복숭아 과수원에서 발생한 사고로서 그림 4의 (a)에서와 같이 잘 정비된 포장의 선회부에서 사고 전일에 강우로 약해진 지반을 운전자가 고려하지 않고 선회 중, 바깥쪽 바퀴부분의 지반이 침하하면서 전복되었고, 운전자가 본체에 깔려서 사망한 사고이다. 사고유형 2는 충북 영동 농로에서 발생한 사고로서 그림 4의 (b) 에서와 같이 작업을 끝내고 이동 중 운전 부주 위로 농로에서 하천으로 추락하여 전복되면서 운전자가 본체에 깔려서 사망한 사고이다. 다른 유형으로는 나뭇가지에 의한 눈 부상과 방제작업 중에 과수에 목이 끼어 사망하는 사례, 잡초가 있는 경사지에서의 전도 등이 있었다.

위의 사고유형에서 보는바와 같이 과수용 방제기가 전복될 경우 운전자를 보호할 수 있는 보호물이 없어 인명사고로 이어지고 있다. 그러므로 운전자를 보호하기 위한 보호구조물이 꼭 필요한 것으로 나타났다.

Table 2 High and low vibration cycle

High vibration cycle (2.366 sec)		Low vibration cycle (2.444 sec)	
Cycle	Time (sec)	Cycle	Time (sec)
1	2.375	1	2.438
2	2.344	2	2.437
3	2.359	3	2.453
4	2.375	4	2.454
5	2.36	5	2.437
6	2.375	6	2.438
7	2.375	7	2.453
8	2.359	8	2.437
9	2.375	9	2.438
10	2.359	10	2.453
11	2.375	11	2.437
12	2.36		

#### 나. 약액탱크 충전량에 따른 횡전도각 및 무게중심 변화분석 결과

표 1은 약액탱크의 충전량에 따른 과수용 방제기의 횡전도각 및 무게중심 변화를 측정된 결과를 나타낸 것이다. 표 2에서 나타난 바와 같이 과수용 방제기의 횡전도각은 약액탱크의 충전량이 증가할수록 작아지는 것으로 나타났고, 무게 중심의 경우 후방으로 쏠리는 경향을 보였다.

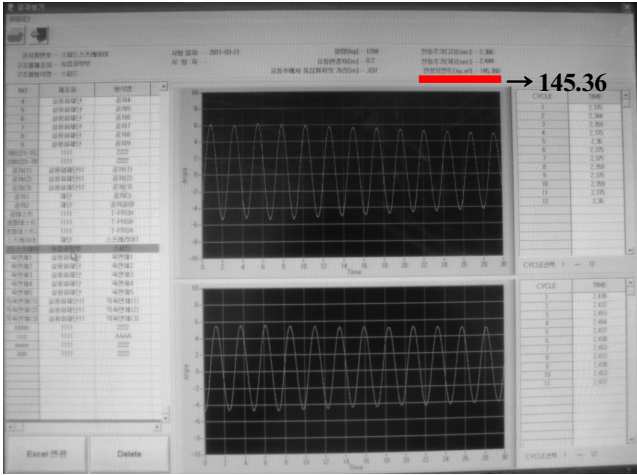


Fig. 5 Moment of inertia measurements.

횡전도각은 과수용 방제기의 약액탱크 충전량이 0 L, 250 L, 500 L에서 각각 우측의 경우 35, 30, 32°, 좌측의 경우에는 38, 31, 28°로서 우측 전도각은 250 L 충전시, 좌측 전도각은 500 L 완전 충전시 각각 30°와 28°로 가장 작게 나타났다. 무게 중심의 경우에는 약액탱크의 위치가 상부에 있으므로 물량이 많아질수록 무게중심은 높아지고 후방으로 쏠리는 것으로 나타났다.

다. 불연속 전도 실험

표 2는 진동주기를 나타낸 것이고, 관성모멘트의 값은 그림 5와 같이 145.36 kg · m<sup>2</sup>으로 산출되었다. 이 결과 값을

전방에 보호 구조물이 장착된 협궤 차륜형 트랙터의 측방 연속 전도 또는 불연속 전도를 결정하기 위해 불연속 전도 판단 프로그램('09, 농촌진흥청, OECD 농림업용 트랙터시험코드, pp. 228~237)에 실행시켜본 결과 그림 6과 같이 rolling stop 이라는 결과가 도출되었다. 따라서 ROPS 규정의 보호 구조물 이용시 경사면 45°에서 과수용 방제기가 전도되었을 경우 구르지 않고 구조물에 의해 지지되어 미끄러질 것으로 판단되었다.

라. 전도사고 시 운전자 보호구조물 개발과 개선방안 설정

1) 운전자 보호구조물 설계제작

전도사고시 운전자 보호구조물은 과수용 방제기의 보호구조물의 설계 기준은 ASAE S547 DEC02의 규정을 적용하여 설계하였다. 과수용 방제기의 보호구조물의 설계는 부하실험시 구조물의 변형에 의해 안전영역을 침범하지 않도록 하였다.

그림 7과 8은 ASAE S547 DEC02 규정 3.10의 설계기준에 따라 설계한 운전자 보호구조물의 형상을 나타낸 것이다. 설계의 주안점은 전도사고시 운전자 보호와 동시에 과수원에서 작업시 나뭇가지가 구조물에 걸릴 경우 운전자가 손으로 나뭇가지를 제거할 수 있도록 2축식의 곡선형과, 최근의 재배형식인 왜성재배 과수원의 경우 나뭇가지가 늘러지지 않으므로 구조가 간단한 직선형의 2종류로 설계하였다. 곡선형은 곡선 부분이 충격변형에 취약하므로 직선형(40×40)보다 50×50로 크게 설계하였다. 표 3은 설계, 제작된 운전자 보호구조물의 제원을 나타낸 것이다.

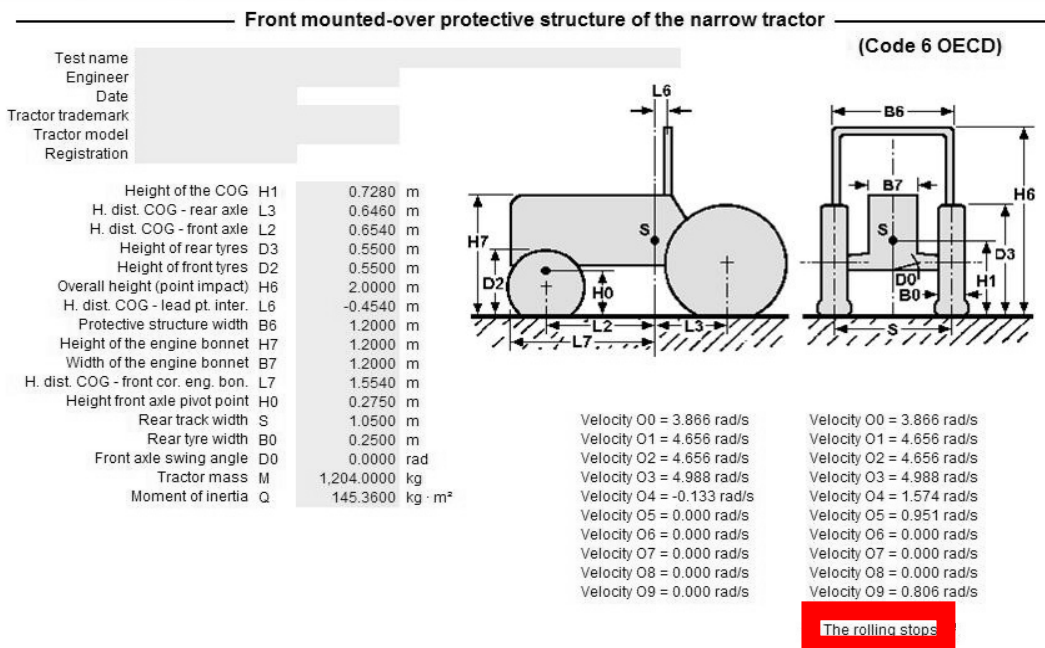
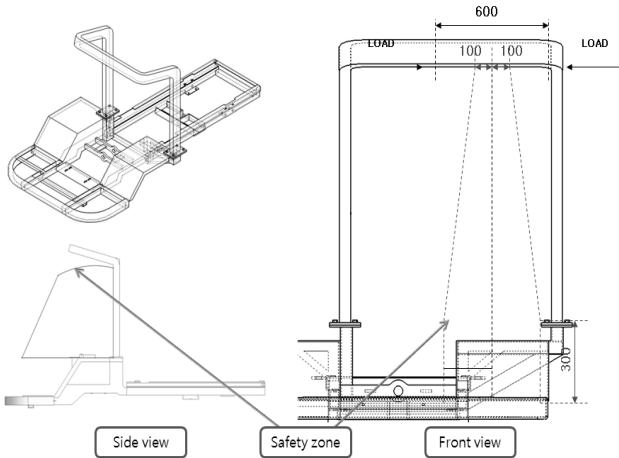


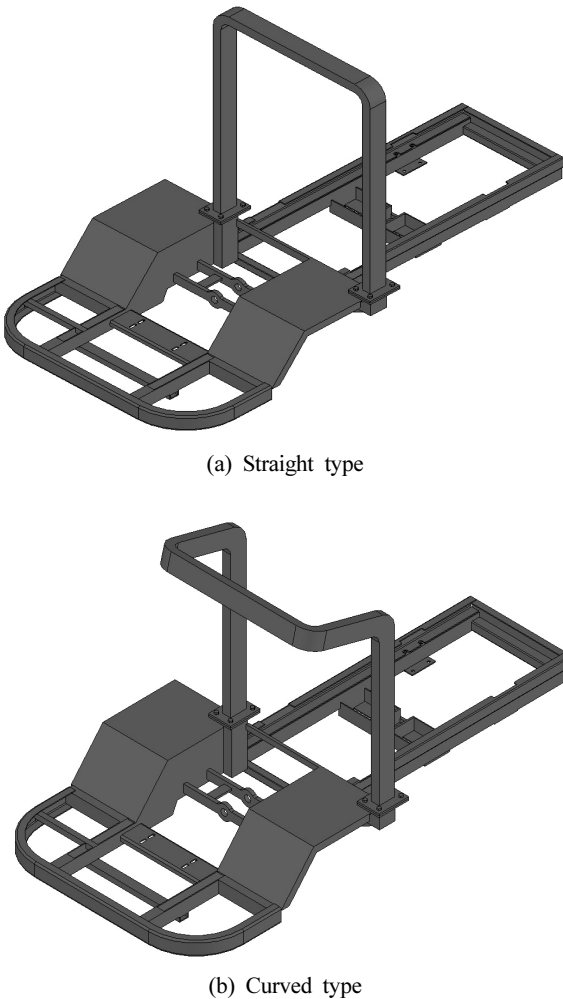
Fig. 6 Discontinuous conduction Excel program verification.

**Table 3** Specification of ROPS

Item	Straight type	Curve type
Dimension(W×H, mm)	1,350×950	1,330×950
Standard of pipe(mm)	40×40×3.5t	50×50×3.5t



**Fig. 7** Safety zone of ROPS of orchard sprayer.



**Fig. 8** Structure of ROPS of orchard sprayer.

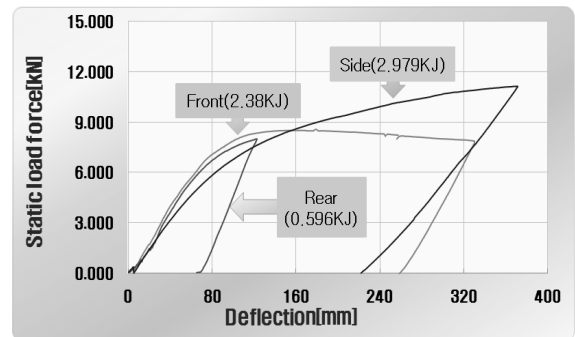
2) 운전자 보호구조물 안전강도 실험

(1) 부하요구에너지와 변형률

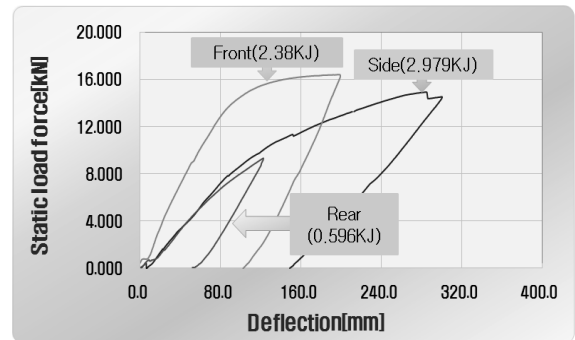
운전자 보호구조물 안전강도 실험은 실험방법은 ROPS 규정에 따라 ASAE S547 DEC02 규정을 적용하였고, 보호구조물 실험 장치를 이용하여 한계충격량, 본체 프레임 비틀림 등을 분석하였다. 어떤 물체에 특정한 시간동안 가해진 힘의 양을 충격량 이라고 하고, 물체가 견딜 수 있는 최대의 충격량을 한계충격량 이라고 한다. 또 봉에 토크가 작용하면 토크를 받은 봉이 비틀어지는데 이와 같은 작용을 비틀림 이라고 한다.

그림 9는 ASAE S547 DEC02 규정의 8을 이용하여 도출된 직선형과 곡선형의 부하요구에너지에 대한 변형률을 비교하여 나타낸 것이다.

부하조건으로서 전방 2.380 kJ(1.36×mt), 측방 2.975 kJ(1.7×mt), 후방 2.596 kJ(0.34×mt)에 대한 최대 부하는 직선형의 경우 각각 8.4, 11.2, 7.9 kN이었고, 이에 따른 최대 변형률은 329, 381, 119 mm 로서 측방의 부하요구에너지와 변형률이 가장 높은 것으로 나타났다. 동일 조건에서 곡선형의 경우 최대 부하는 각각 16.3, 15.1, 7.3 kN 이었고, 이에 따른 최대 변형률은 195, 305, 121 mm 로서 측방의 부하요구에너지와 변형률이 가장 높았다. 이것은 부하요구에너지를 본체프레임과 보호구조물이 충분히 지지할 수 있는 정도로서 전도시 보호구조물이 파손되지 않는 강도로 나타났다.



(a) ROPS of straight type



(b) ROPS of curved type

**Fig. 9** Static load force and deflection of ROPS.

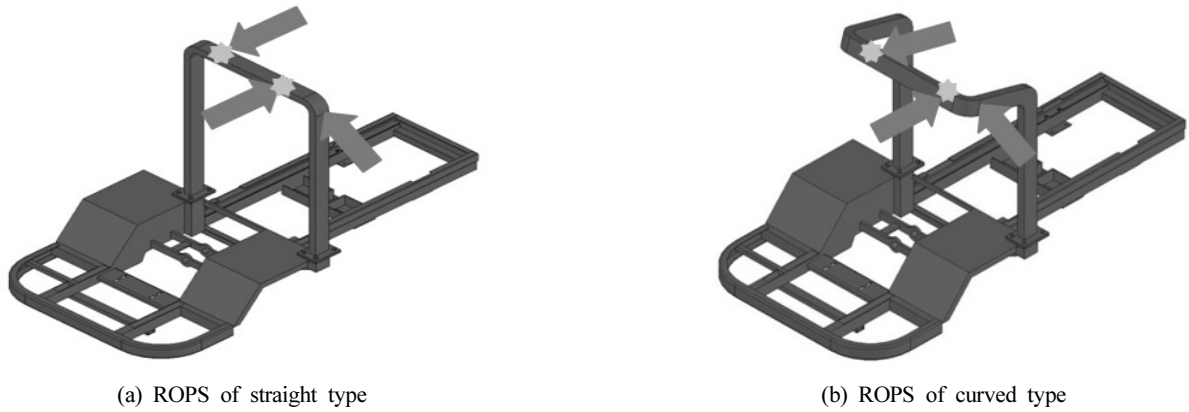


Fig. 10 Deflection measurement point of ROPS.

Table 4 Deflection measurement of ROPS

Item	ROPS of straight type (mm)			ROPS of curved type (mm)		
	Front & rear	Right & left	Top & bottom	Front & rear	Right & left	Top & bottom
Left	+42	+122	+35	+248	+231	-6
Right	+65	+120	+30	+86	+247	-10



(a) Side of straight type ROPS



(b) Front of straight type ROPS



(c) Side of curved type ROPS



(d) Front of curved type ROPS

Fig. 11 Test of safety zone for driver.

### (2) 보호구조물의 변형률

그림 10은 보호구조물 안전강도 실험 후 구조물의 변형률을 측정할 지점을 나타낸 것이다. 그림 10의 화살표로 표시한 각각의 3지점에서 측정한 변형률을 표 4에 비교하여 나타내었다. 표 4에서 보는 바와 같이 직선형의 운전자 보호구조물의 전후, 좌우, 상하에서의 안전강도 실험 후 구조물의 변형률은 좌측과 우측에서 각각 42, 122, 35 mm와 65, 120, 30 mm 정도 변형된 것으로 나타났다. 곡선형 운전자 보호구조물의 경우에는 전후, 좌우, 상하의 좌측과 우측에서 각각 248, 231, -6 mm와 86, 247, -10 mm로 나타나 곡선형 보호구조물이 직선형 보호구조물 보다 변형이 좀 더 많았으나 안전에는 이상이 없는 정도였다.

### (3) 보호구조물의 안전영역 침범 여부

운전자 보호구조물 안전강도 실험결과 과수용 방제기의 운전자 보호구조물은 ROPS 규정에 따른 안전영역 침범여부를 분석한 결과 직선형 및 곡선형모두 안전영역을 침범하지 않아서 본 운전자 보호구조물을 장착하고 횡전도 사고가 발생할 경우 운전자를 보호할 수 있을 것으로 판단되었다. 그림 11은 운전자에 대한 안전 영역의 실험의 사진이다.

## 4. 요약 및 결론

본 연구에서는 과수용 방제기의 전도사고 사례 및 운전석의 구조 등을 조사 분석하였으며, 보호구조물을 설계 제작하여 한계충격량, 본체 프레임 비틀림 등 보호구조물의 운전자 보호구조물 안전강도 실험을 ROPS규정에 따라 실시하였다. 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 과수용 방제기 에는 전복 될 경우 운전자를 보호할 수 있는 보호물이 없어 인명사고로 이어져 운전자를 보호하기 위한 보호구조물이 반드시 필요한 것으로 나타났다.
- (2) 전방에 운전자 보호구조물이 장착된 과수용 방제기의 측방 불연속 전도 실험의 분석 결과 보호구조물이 있을 경우 경사면 45°에서 구르지 않고 구조물에 의해 지지되어 운전자안전을 확보할 수 있었다.
- (3) 약액탱크의 충만량에 따른 과수용 방제기의 횡전도각 및 무게중심 변화를 측정한 결과, 과수용 방제기의 횡전도각은 약액탱크의 충만량이 증가할수록 작아지는 것으로 나타났고, 무게 중심의 경우 후방으로 쏠리는 경향을 보였다.
- (4) 불연속 전도 실험 결과, 과수용 방제기의 관성 모멘트의 값이  $145.36 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ 으로 산출되었고, 이 값을 전방에 보호 구조물이 장착된 협계 차륜형 트랙터의 측방 연속 전도 또는 불연속 전도를 결정하기 위한 컴퓨터

프로그램에 실행시켜본 결과 rolling stop 이라는 결과가 도출되어 ROPS 규정의 운전자 보호구조물 이용시 경사면 45°에서 과수용 방제기가 전도되었을 경우 구르지 않고 구조물에 의해 지지되어 미끄러질 것으로 나타났다.

- (5) 운전자 보호구조물 안전강도 실험의 경우 부하조건인 전방 2.380 kJ (1.36×mt), 측방 2.975 kJ (1.7×mt), 후방 2.596 kJ (0.34×mt)에서 부하요구에너지와 변형률은 곡선형이 8.4, 11.2, 7.9 kN으로 최대 변형률은 329, 381, 119 mm, 곡선형의 경우 최대 부하는 각각 16.3, 15.1, 7.3 kN으로 최대 변형률은 195, 305, 121 mm로서 측방의 부하요구에너지와 변형률이 가장 높았다. 이것은 부하요구에너지를 본체프레임과 보호구조물이 충분히 지지할 수 있는 정도로서 전도시 보호구조물이 파손되지 않는 강도로 나타났다.
- (6) 안전영역 침범여부를 분석한 결과 직선형 및 곡선형 모두 안전영역을 침범하지 않아서 본 운전자 보호구조물을 장착하고 횡전도 사고가 발생할 경우 운전자를 보호할 수 있을 것으로 판단되었다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: AE0101)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## 참고 문헌

1. Cho, S. I. and N. H. Ki. 1996. Autonomous speedsprayer using machine vision and fuzzy logic(I)-Graphic simulation-. Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery 21(2):167-174. (In Korean)
2. Jang, I. J., T. H. Kim and M. D. Cho. 1995. Development of unmanned speedsprayer(I)-Remote control and induction cable system-. Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery 20(3):226-235. (In Korean)
3. Jang, I. J., T. H. Kim and S. H. Eam. 1998. Development of unmanned speedsprayer(II)-Guidance control using image processing-. Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery 23(3):291-304. (In Korean)
4. Ki, N. H., S. I. Cho and C. H. Choi. 1996. Autonomous speedsprayer using machine vision and fuzzy logic(II)-Real operation-. Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery 21(2):175-181. (In Korean)
5. Kim H. J., W. K. Kim 2010. A Study on Improving the Tractor TOPS and seatbelt use of Korean Farmers. Journal of Biological Engineers. 35(5):294-301. (In Korean)



6. Lee, J. H., S. I. Cho and J. Y. Lee. 1998. Autonomous speedsprayer using DGPS and fuzzy control(Ⅱ)-Real operation-. Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery 23(1):75-82. (In Korean)
7. Shin, S. Y. 2005. The status of accidents of agricultural machinery in Korea. American Society of Agricultural and Biological Engineers. International Workshop on “Safety Management Systems and Safety Technologies for Agricultural machinery” 28-51. (In Korean)
8. OECD STANDARD CODE, 2009, for the Official Testing of Agricultural and Forestry Tractors, RDA. (In Korean)