

# 농용트랙터 보호구조물 사용실태 및 좌석벨트 편이성 평가에 관한 연구

김혁주 김관우 최 선 김종선 김유용 김진오 김학규 권순홍

## A Study on Improving the Tractor ROPS and Seatbelt use of Korean Farmers

H. J. Kim K. W. Kim S. Choi J. S. Kim Y. Y. Kim J. O. Kim H. K. Kim S. H. Kwon

### Abstract

This study was performed to improve the utilization of the ROPS and seatbelt of tractors in Korea. We surveyed the ROPS and seatbelt use and the tractor related accidents through the personal interviews for 141 farmers. And comfort test for tractor seatbelts is done for 4 different subjects by measuring the body pressure distribution .

The survey showed that 79.3% of the tractor accidents was overturning accidents. And, in case the tractor has ROPS and seatbelt, there was no serious injuries. With this results, we could confirm that ROPS and seatbelt is very effective devices for protecting drivers in overturning accidents. But, in case farmers didn't wear seatbelt, there was some fatal injuries. This shows the importance of the seatbelt use in working and driving tractors.

Therefore, we tested the comfort of the tractor seatbelt for 4 different subjects operating the pedal in tractor seat simulator and in the tractor running on various roads. From the results of the static test in the Lab, it was shown that more the seatbelt anchorage point is far form SIP point, more the body pressure of the belly became higher, and more the subjects feel uncomfortable. Not only in the static test in the simulator, but also in the dynamic test in riding tractors, it was shown that non retractable seatbelt was more uncomfortable than retractable seatbelt.

According to this study, we concluded that we need to promote the utilization of the ROPS and seatbelt use. And, the non retractable seatbelt need to be replaced by retractable seatbelt. Also, we recommend that the seatbelt anchorage position should to be in the seatbelt anchorage area of the ISO 3776 standard.

**Keywords :** Tractor safety, ROPS, Seatbelt, Overturning accident, Seatbelt comfort

## 1. 서 론

최근 한국에서는 농기계 작업의 안전성과 편이성에 관한 중요성이 크게 대두되고 있으나 지금까지의 농기계 안전에 관한 연구가 매우 미흡한 실정으로 농촌의 급속한 고령화와 부녀화에 대응한 농기계작업에서의 안전성 및 편이성 향상에 관한 대책이 절실한 과제가 되고 있다.

한편, 국립농업과학원 농업공학부에서 실시한 2005년도 농기계 사고실태에 대한 조사결과(Shin, 2006)에 의하면 농업기계 안전사고는 농작업 사고의 경우 경운기 45.6%, 트랙

터 26.1%, 콤파인 10.9% 등이었으며, 교통사고는 경운기 80.8%, 트랙터 16.8%의 순으로 나타나, 전체 농기계 사고 중에서 경운기, 트랙터 등의 주행형 농기계의 사고가 다수를 차지하는 것으로 조사되었으며, 농작업 사고의 원인으로는 전도와 추락이 전체 사고의 절반 이상인 것으로 보고하고 있다.

이러한 결과는 한국뿐만이 아니라 일본, 미국 등에서도 같은 경향을 보이고 있다. 일본 농림수산성의 2005년도 일본내 사망사고 조사에 의하면 승용 트랙터 사망사고의 약 70%가 기계의 전도·전락에 의한 것이며 전체 농작업 사망사고의 1/4 정도로 조사되었으며(Muneki, T., 2006), 미국의 경우에도

This article was submitted for publication on 2010-09-14, reviewed on 2010-10-05, and approved for publication by editorial board of KSAM on 2010-10-13. The authors are Hyuck-joo Kim, Yu-yong Kim, Jin-oh Kim, researcher, National Academy of Agricultural Science, Korea, Sun Choi, Researcher, SungKyunKwan University, Korea, Soon-hong KWON, Busan National University, Korea, Hakkyu Kim, Jong-sun Kim, member of KSAM, Korea, Kwan-woo Kim, researcher, Foundation of ag. tech, commercialization and Transfer, Korea, Corresponding author : H. J. Kim, National Academy of Agricultural Science, Department of ag. Engineering, 441-797, Korea; Fax: +82-31-290-1860; E-mail: <agrihj@korea.kr>.

1998년도 NSC(미국 국립안전협회)의 조사에 의하면 317건의 트랙터 관련 사망사고 중에서 전도사고가 52%로 가장 높았으며, 전락사고 24%, PTO 말립사고 5%, 기타 20%로 조사되었다(Rautiainen and Reynolds, 2002).

이러한 트랙터 안전사고로부터 운전자를 보호하기 위한 안전장치로는 ROPS(Roll Over Protective Structure)와 좌석벨트, PTO 방호 장치가 있으며, 특히 트랙터 전도 및 전락 사고 시에는 ROPS와 좌석벨트가 사고예방에 큰 역할을 하고 있다. 농촌진흥청 국립농업과학원에서는 트랙터의 안전을 위한 대책으로서 보호구조물 및 좌석벨트에 대한 시험평가를 실시하고 있고, 안전검정 기준에 의하여 안전장치를 확인하고 있다(NIAE, 2007). 그러나, 이와 같은 안전대책의 시행에도 불구하고 우리나라에서의 트랙터 ROPS 및 좌석벨트의 이용실태에 대한 파악이 부족하고 그 활용대책이 미흡한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 농용트랙터 보호구조물 사용 실태를 조사하고, 좌석벨트 편이성을 평가함으로써, ROPS 및 좌석벨트에 대한 운전자의 안전인식률을 제고하고 이용률을 향상시킬 수 있는 방안 수립의 기초자료로 활용하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

농용트랙터 보호구조물(ROPS) 및 좌석벨트의 문제점을 분석하고 개선방안을 도출하기 위하여 트랙터 이용 농가를 방문하여 사용실태와 사고경험을 조사하였다. 또한, 좌석벨트 편이성 평가를 위하여 트랙터 운전석 모의장치에 좌석벨트용 인체 체압분포 측정기를 도입하여 모의 운전석에서 좌석벨트 편이성 평가를 실시하였고, 실제 트랙터 주행상태에서도 좌석벨트 착용시의 체압을 측정하여 편이성을 평가하였다.

### 가. 트랙터 ROPS 및 좌석벨트 이용실태조사

실태조사는 '07년도 상반기에 각각 1회씩, 조사표본은 전국 60개 마을 무작위 추출하여 트랙터를 보유한 141농가에 대한 조사를 실시하였다.

조사기간은 '07년 6월 11일 ~ 6월 22일 및 11월 5일 ~ 11월 26일까지 실시되었으며 조사 내용은 농용트랙터의 ROPS 및 좌석벨트의 장착유무와 이용실태, 운전자의 ROPS 및 좌석벨트에 대한 안전효과 평가, 전도 등의 사고경험 및 부상 정도 등에 대하여 조사하였다. 사고 경험의 조사는 본인이 겪었던 내용과 주위에서 발생한 사고에 대해 들었던 내용을 조사하였다.

### 나. 트랙터 좌석벨트 편이성 평가

Chen(2003)은 승용차의 좌석벨트의 편이성 향상을 위하여

Tekscan(사)의 인체 체압분포 측정장치(ISCAN V4.23)를 사용하였다. 본 연구에서도 좌석벨트의 편이성을 평가하기 위하여, 실내에서 트랙터 운전석 모의장치를 이용하여 좌석벨트 종류별, 좌석벨트 고정점의 위치별, 페달 답압력별 좌석벨트 체압분포를 측정하였다. 또한 실제 트랙터 주행시의 좌석벨트의 편이성을 평가하기 위하여 운전자가 트랙터에 탑승하여 주행할 때의 좌석벨트 체압분포를 측정하였다. 본 연구에서는 농용트랙터 좌석벨트 편이성 평가에서는 페달에 작용하는 답압력별, 좌석벨트 종류별 좌석벨트 체압분포와 피험자의 주관적 불편도를 조사하여 비교 분석하였다. 피험자의 주관적 불편도는 실험 후 피험자에게 전체적인 안락감과 장판지에 느끼는 불편도를 설문조사하여 정리하였다.

### 1) 좌석벨트 편이성 평가를 위한 운전석 모의 장치 제작

운전석 모의장치에는 의자, 좌석벨트 등을 배치하고, 브레이크 페달에 작용하는 답압력을 측정할 수 있도록 페달부엔 로드셀을 장착하였으며, 운전자의 좌석벨트 체압분포를 측정하기 위하여 인체 체압분포 측정기를 이용하였다. 모의장치 규격은 ISO 4253의 트랙터 운전석 기준에 만족하도록 운전석, 페달, 조향핸들 등을 중심으로 제작하였으며, 특히 좌석벨트의 고정점을 조정할 수 있도록 하였다. 좌석벨트 고정점의 위치는 ISO 3776을 고려하여 제작하였다. 그림 1에 모의 장치의 개략 도면을 나타내었다. 모의장치는 알루미늄 프로파일을 조립하여 제작하였으므로 운전석, 페달, 조향핸들, 좌석벨트 지지대 등을 비롯한 모든 주요 부품의 이동 및 거리 조정이 가능한 구조이다.

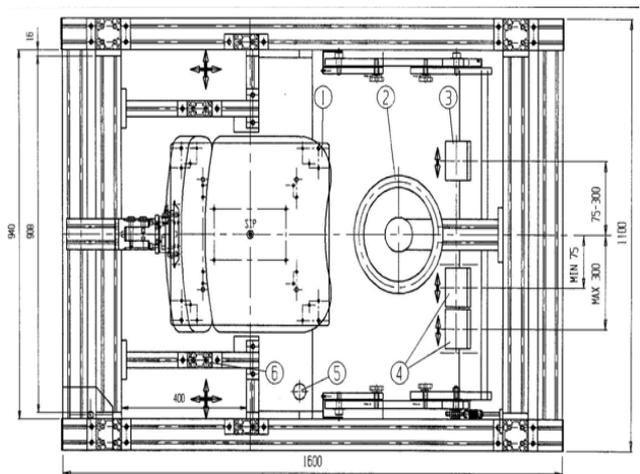


Fig. 1 Drawing of tractor simulator(Top view) (①Seat, ②Steering wheel, ③Clutch Pedal, ④Brake pedal, ⑤Shift lever, ⑥Seatbelt support).

### 2) 좌석벨트 편이성 평가를 위한 체압분포 측정장치

시험에 사용된 인체 체압분포 측정기는 좌석벨트와 운전자

의 배 사이에 압력분포 센서를 설치하여 체압을 측정하는 장치로서 독일 Novel(사), Pliance-X 모델을 사용하였다. 체압 측정기는 미리 교정된 매트 센서(256개의 Capacitive Sensor 내장)를 이용한 압력분포 측정기로서 분포 측정가능 범위는 0~200 kPa이다. 또한, 동적, 정적 측정이 가능하며 측정데이터의 실시간 모니터링이 가능하다. 그림 2에서는 좌석벨트 체압 측정용 센서를 나타내었고, 그림 3에서는 운영 소프트웨어에 의하여 수집된 데이터 처리 장면을 나타내었다.

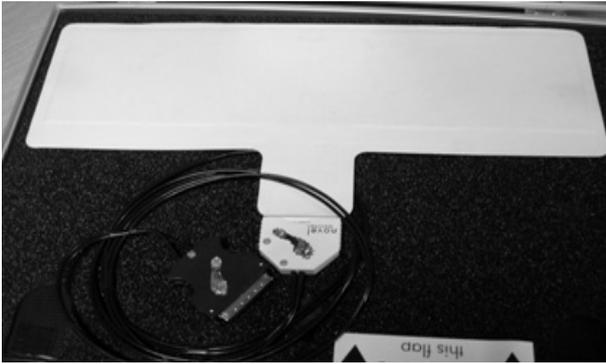


Fig. 2 Mat sensor for seatbelt body pressure measuring.

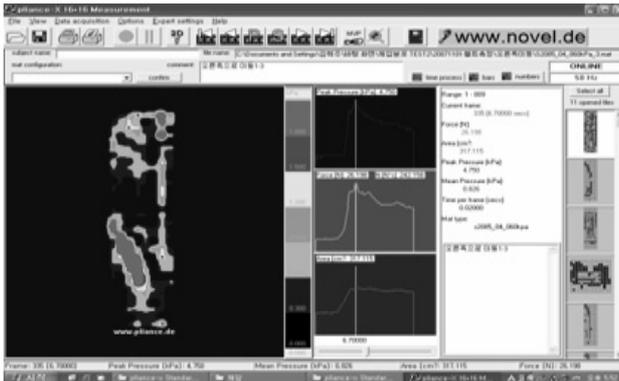


Fig. 3 Seatbelt body pressure measuring software.

### 3) 데이터 수집장치 및 운전석 모의 장치에서의 좌석벨트 편이성 평가

좌석벨트의 편이성 평가는 브레이크 페달의 답압력별, 좌석벨트 종류별로 실시하였다. 로드셀을 이용하여 피험자가 일정 답압력을 밟았음을 확인하고 그 때의 좌석벨트 체압을 측정하였다. 이를 위하여, 답압력과 체압 신호를 처리하기 위하여 그림 4과 같이 데이터 측정 시스템을 구축하였다.

답압시 로드셀(ATI SI-660- 60)에서 발생하는 신호를 데이터 수집장치(NI PXI-1062)로 수집하여 PC에 저장하였다. 이와 동시에 매트 센서에서의 체압 신호는 분석기를 통하여 노트북에 저장하였다.

그림 5에서는 운전자가 운전석 모의장치에 좌석벨트 및 체

압 측정센서를 착용하고 있는 장면을 나타내었는데, 그림 6과 같이 운전자가 좌석벨트를 착용하고 움직이면 체압 측정 장치의 체압분포가 변하게 된다.

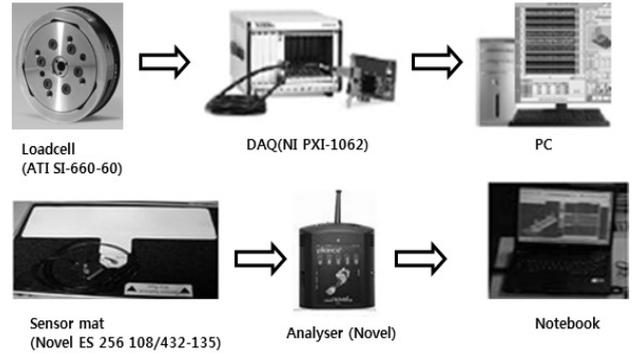


Fig. 4 Data acquisition system for pedal actuating force and body pressure.



Fig. 5 Photo of measuring the seatbelt body pressure distribution on tractor seat simulator.

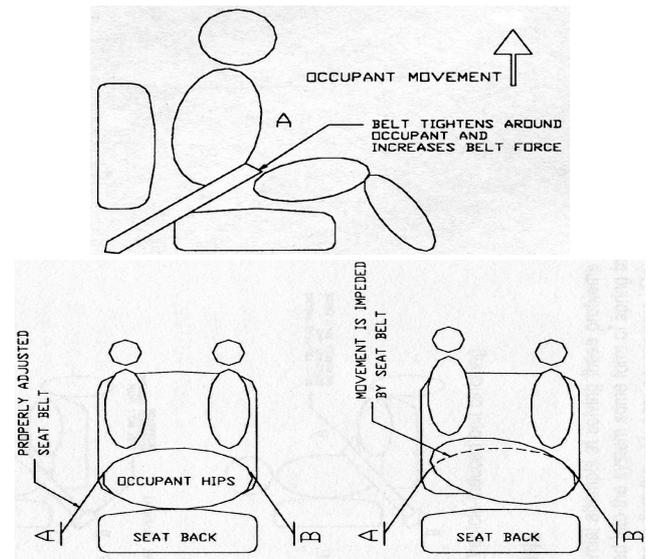


Fig. 6 Occupant movement with seatbelt.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 트랙터 ROPS 및 좌석벨트 실태조사 결과

##### 1) 실태조사 대상의 개요

트랙터 ROPS 및 좌석벨트의 실태조사는 141농가를 대상으로 하였고, 주 운전자의 평균 연령은 55세로서 모두 남성이었다. 농가의 주요 작목 현황은 수도작이 약 절반을 차지하였으며, 복합농(수도작, 전작, 과수), 축산 등의 순으로 조사되었다. 호당 트랙터 보유대수는 평균 1.25대이고 평균 트랙터 사용년수는 7년으로 조사되었다.

##### 2) 트랙터 ROPS 및 좌석벨트 장착실태

###### 가) 트랙터 ROPS 장착실태

트랙터 ROPS는 전체 141대중 113대가 장착되어 있어 80.1%의 장착률을 보였다. ROPS의 종류별 장착현황을 살펴보면 2주식 프레임이 16.3%, 4주식 프레임이 22.0%, 캡형이 41.8%로 조사되어 캡형이 프레임형보다 많은 것으로 나타났다. 또한, ROPS 미부착 기대는 19.9%이며, 이 중에서 ROPS를 임의로 철거한 경우가 15.6%로 조사되었다.

전체적으로 지금까지 조사된 ROPS의 장착률은 스웨덴(98%, 1990) 등 ROPS 보급이 높은 나라에는 미치지 못하지만, 일본의 장착률(69%, 2005) 및 미국의 장착률(38%, 1994) 보다는 높은 것으로 추정된다. 특히 캡형의 장착률이 상당히 높은 것으로 추정된다.

그러나, ROPS를 철거하였다고 응답한 농가의 대다수가 ROPS가 과수원, 축사 작업환경에 맞지 않았고, 한 번 철거한 후에는 중량이 무거워 재장착하는 경우는 없는 것으로 나타나 이에 대한 개선이 필요한 것으로 판단된다.

###### 나) 트랙터 좌석벨트 장착 및 이용실태

트랙터 좌석벨트는 전체 141대 중 55대가 장착되어 있어 39.0%의 장착률을 보였다. 좌석벨트의 경우 최근에는 벨트의 길이가 자동으로 조정되는 자동권취식의 보급이 늘어나고 있으나, 금번 조사된 트랙터에 장착된 좌석벨트는 91%가 수동고정식이었다. 또한, 좌석벨트를 임의로 철거한 비율은 5.8%로 낮았으나 구입시부터 장착되지 않은 것이 57.4%로 매우 높게 나타났다. 이렇게 좌석벨트의 부착률이 낮은 것은 2006년 이전의 농용트랙터 안전검정 기준에 의하면 캡형의 트랙터에만 좌석벨트 장착을 의무화했기 때문인 것으로 판단된다.

운전자의 좌석벨트 이용실태를 조사한 결과, 좌석벨트 장착기대를 보유한 운전자의 90.9%가 이용하지 않고 있으며, 전체 응답자의 9.1%만이 도로 또는 작업 중에만 착용한다고 대답하여, 운전자들은 좌석벨트를 거의 이용하지 않는 것으

로 나타났다. 그 이유로는 장착하기가 번거로움(29.3%), 필요없다고 생각함(29.3%), 작업에 방해됨(27.6%), 좌석벨트가 있는지 모름(12.1%), 기타(1.7%) 등의 순이었다. 따라서, 조사된 우리나라의 트랙터 좌석벨트의 장착률은, 최근 조사된 일본의 트랙터 좌석벨트 장착률 50%(Munek, T., 2006)에 조금 못미치는 것으로 추정되지만, 위에서 언급한 운전자의 좌석벨트 이용률을 보면 가끔이라도 이용한다는 응답 비율이 43%인 일본(Munek, T., 2006)에 비해 매우 낮은 것으로 나타났다.

##### 다) 운전자의 ROPS 및 좌석벨트에 대한 효과평가 및 이용의향

운전자의 ROPS의 효과에 대한 평가는 “효과 있다” 및 “효과 크다”고 대답한 사람이 전체의 78.7%로 “효과가 없다”는 응답 21.3%보다 월등히 높은 것으로 조사되었다. 그러나, ROPS 역할에 대해서 전체 응답자의 60.8%가 비바람막이로 응답하고 35.3%만이 전도시 운전자를 보호한다고 응답하여, 운전자들이 ROPS의 역할 및 그 효과에 대한 의식이 아직 미흡한 것으로 나타났다. 운전자의 좌석벨트에 대한 안전효과에 대한 평가는 효과가 없다고 응답한 사람이 54.6%로 효과가 있다고 응답한 사람(45.4%)보다 높은 것으로 나타났다. 또한, 향후 좌석벨트가 이용하기에 편리할 경우에는 사용하겠다는 응답이 37.9%로 조사되어, 좌석벨트의 기능을 보다 편리하게 개선하고 운전자에 대한 교육홍보를 통하여 안전의식을 높이면 좌석벨트 이용률은 개선될 수 있을 것으로 판단된다.

##### 3) 사고경험 및 부상 정도에 대한 조사결과

본 연구의 조사에서는 트랙터 ROPS와 좌석벨트의 이용실태의 조사와 함께 본인 및 주위 사람들의 사고경험을 조사하였다. 조사된 전체 58건의 사고 중에서 전도전락 사고가 46건으로 79.3%를 차지하였고, 특히 본인이 경험한 사고경험 27건 중 74.1%가 전도전락 사고로 나타나 트랙터 사고의 가장 큰 원인으로 조사되었다. 주위 사람의 사망사고의 경우도 전체 14건 중에서 전도전락의 경우가 13건으로 대다수를 차지하였다.

본인이 경험한 트랙터 전도전락을 포함한 전체 사고 유형에 대하여 조사한 결과를 표 1에 나타내었다. 전도 전락 사고의 가장 큰 원인으로서는 도로주행 및 포장작업 중에 바퀴가 벗어나거나, 로더작업시 균형을 잃음, 포장 진출입시 급선회 등이 주요한 원인으로 조사되었다. 따라서, 트랙터 운전자가 농로 등을 주행할 때 바퀴의 위치 등을 정확히 파악하고 포장 진출입로의 경사면에 유의 하여야 하며, 특히 로더 작업 시에는 전후의 기체 밸런스에 유의함이 중요할 것으로 판단된다.

**Table 1** The overturning accidents and other accidents of interviewee

| Overturning accidents                          | No. of case | Other accidents                 | No. of case |
|--|-------------|---------------------------------|-------------|
| turn off the road or field in working          | 10          | traffic accident                | 4           |
| lose the balance in operating the front loader | 3           | unlocking brakes                | 2           |
| turn off the inclined road in climbing         | 2           | entanglement with the rotavator | 1           |
| turn off in entering the field                 | 2           |                                 |             |
| falling from the field in backward             | 1           |                                 |             |
| sudden unintended acceleration                 | 1           |                                 |             |
| cross the ridge on the skew                    | 1           |                                 |             |

**Table 2** Overturning accidents and injuries

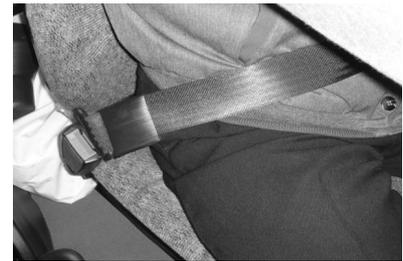
|             | No injury | Light injury | Outpatient treatment | Hospital treatment | Death     | Others | Total    | with ROPS |
|-------------|-----------|--------------|----------------------|--------------------|-----------|--------|----------|-----------|
| Interviewee | 14(70.0%) | 1(5.0%)      | 3(15.0%)             | 2(10.0%)           | -         | -      | 20(100%) | 18(90.0%) |
| Neighbours  | 5(19.3%)  | 2(7.7%)      | 3(11.5%)             | 3(11.5%)           | 13(50.0%) | -      | 26(100%) | -         |



**Fig. 7** Non-retractable seatbelt.



**Fig. 8** Retractable seatbelt.

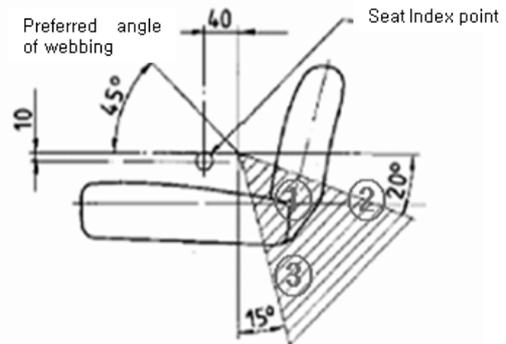


**Fig. 9** Wearing the retractable seatbelt.

표 2에서는 본인 및 주위 사람의 전도전락사고와 부상정도를 나타내었는데, 본인의 경우 사고경험 20건 중에서 ROPS가 있는 경우가 18건으로 대다수였으며, 부상정도는 상해없음(70.0%) 및 가벼운 부상(5.0%)에 그친 경우가 많았고, 통원치료 및 중상입원이 각각 15%, 10%를 차지하였다. 따라서, 사고발생시 ROPS에 의한 부상방지가 큰 것으로 판단되며, 특히 사고 경험자의 89.4%가 ROPS가 꼭 있어야 한다고 응답하여 사고발생시 ROPS의 중요성을 확인할 수 있었다.

그러나 주위 사람들의 전도전락사고에 의한 부상 정도를 조사한 결과, 조사된 사망사고 건수 14건 중에서 5건 만이 트랙터에 ROPS가 부착되어 있었으며(나머지는 ROPS 장착여부 확인불가), 주로 운전자가 트랙터 밖으로 튀어나가 사망에 이른 것으로 추정되었다. 이러한 조사결과는 보호구조물이 있어도 좌석벨트 등의 안전장치와 함께 사용되지 않으면 중대사고의 비율이 높아질 수 있는 것을 의미하며, 따라서 보호구조물의 활용과 아울러 좌석벨트의 장착률 및 이용도를 적극적으로 개선해야 할 것으로 판단되었다.

이 외에도 전도전락 사고 이외의 사고에 대해서도 조사하였다. 사고 주요 원인으로는, 교통사고에 의한 추돌 및 충돌, 로터리 칼날부에 말림, 브레이크 작동불량 등 이었으며, 로터리 회전부 말림 등의 사고는 거의 중대사고로 연결되므로, 회전부



**Fig. 10** Recommended seatbelt anchorage position(shaded, ISO3776) and comfort test point(3 position).

방호 등에 대한 안전대책이 더욱 필요한 것으로 판단되었다.

**나. 트랙터 좌석벨트 편이성 평가**

**1) 운전석 모의장치(정적인 상태)에서의 좌석벨트 편이성 평가 결과**

농용트랙터의 좌석벨트 종류는 그림 7, 8과 같이 수동고정식 및 자동권취식으로 구분된다. 또한, 좌석벨트 고정점의 위치는 ISO 3776에서 정의하고 있는데, 권장 위치를 그림 10

(빗금 부분)에 나타내었다.

편이성 평가실험은 좌석벨트 종류별(수동고정식, 자동권취식), 좌석벨트 고정점의 위치별(6개소), 페달 답압력별(100 N, 400 N)로 좌석벨트 체압분포를 측정하고, 이 때의 피시험자의 주관적 안락감 및 불편도에 따른 편이성 설문을 실시하였다. 답압력은 통상의 작동범위인 100 N~400 N으로 설정하였다(ISO 15077의 최대 허용치는 300 N). 또한, 주관적 안락감과 불편도는 1점(매우 좋음)~5점(매우 불편함)의 5단계로 조사하였다.

실험에 참여한 피험자의 개요를 표 3에 나타내었는데, 비만의 지표로 이용되고 있는 BMI 지수 25를 넘는 경우가 한 사람이었고, 나머지는 평균이었다.

Table 3 Overview of subjects

|                          | Female | Male |      |      |
|--------------------------|--------|------|------|------|
|                          |        | 1    | 2    | 3    |
| Age                      | 28     | 37   | 25   | 22   |
| Height(mm)               | 1532   | 1638 | 1734 | 1737 |
| Waist(mm)                | 663    | 1020 | 910  | 792  |
| Weight(N)                | 442    | 795  | 736  | 638  |
| BMI(kgf/m <sup>2</sup> ) | 19.2   | 30.2 | 24.9 | 21.5 |

그림 11, 그림 12에서는 좌석벨트 종류가 체압과 안락감에 미치는 영향(4명 전체 평균)을 조사한 결과를 나타내었다. 체압의 단위는 kPa이며 안락감과 장딴지 불편도는 점수를 나타낸다.

평가 결과를 살펴보면 자동권취식 좌석벨트가 수동고정식 좌석벨트에 비하여 답압력 100 N 및 400 N 모두에서 체압 및 불편도가 낮고 안락감이 높게 나타났다.

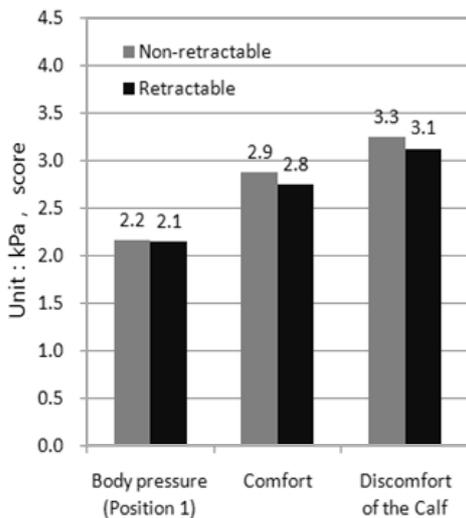


Fig. 11 Comfort test results(pedal force 100 N).

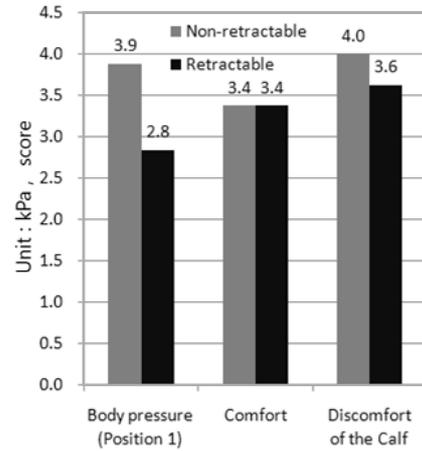


Fig. 12 Comfort test results(pedal force 400 N).

그림 13, 14에서는 자동권취식 좌석벨트를 착용했을 때 좌석벨트 고정점이 체압과 안락감에 미치는 영향(4명 전체 평균)을 조사한 결과를 나타내었다. 체압의 단위는 kPa이며 안락감과 장딴지 불편도는 점수를 나타내었다.

자동권취식 좌석벨트 고정점의 위치와 체압, 안락감, 장딴지 불편도를 살펴보면, 위 그림에 나타냈듯이 답압력 100 N 인 경우와 400 N인 경우 모두 ISO 3776 규격 권장기준의 중심에 가까운 ①위치가 가장 양호하고 ③위치가 가장 불리한 것으로 나타났다.

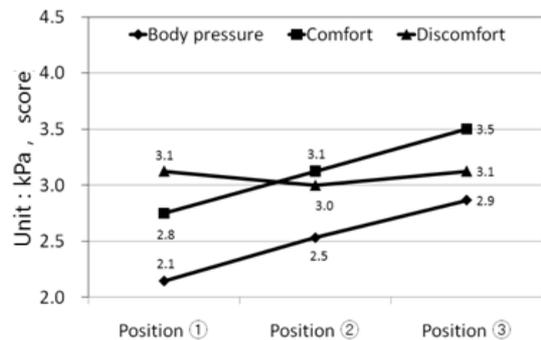


Fig. 13 Seatbelt anchorage position and Comfort(Pedal force 100 N).

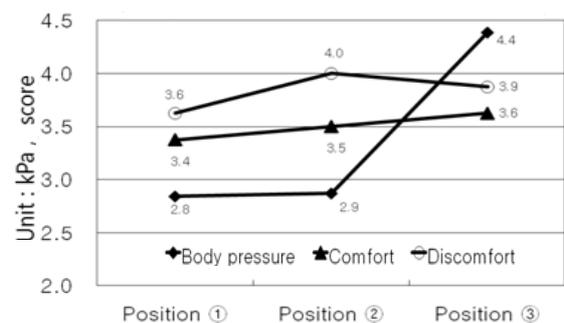


Fig. 14 Seatbelt anchorage position and Comfort(Pedal force 400 N).

## 2) 트랙터 탑승하여 주행할 때(동적인 상태)의 좌석벨트 편이성 평가 결과

그림 15에서는 트랙터 주행 실험시의 도로 상태를 나타내었다.



Fig. 15 Test road for tractor seatbelt comfort.

실험방법은 3가지 다른 형태의 주행로(곤지암에 소재한 (구)농업기계화연구소 트랙터 진동 테스트 트랙으로 사용되는 인공약로와 비포장도로, 아스팔트로)에서 50 m를 주행하면서 수동고정식과 자동권취식벨트에 대한 체압을 측정하였다. 인공약로에서는 EC 트랙터 좌석진동 시험시 적용되는 12 km/h의 속도를 적용(EC directive-78/764/EEC)하고, 비포장 및 아스팔트에서는 일반적인 주행속도라고 볼 수 있는 20 km/h의 속도로 설정하였다. 실험은 4명의 피실험자를 대상으로 3회 반복 실시하였으며, 1회 측정시 출발, 주행, 정지시의 체압분포를 연속적으로 측정하였다. 그림 16에서는 좌석벨트 종류별, 포장 상태별로 측정된 좌석벨트 체압의 평균값을 나타내었다. 측정결과를 살펴보면, 인공약로와 비포장도로, 포장도로에서 모두 자동권취식에 비하여 수동고정식의 체압분포가 높은 것으로 나타났다. 인공약로에서의 경우가 수동고정식의 경우 12.3 kPa, 자동권취식의 경우 8.8 kPa의 값을 보여 가장 큰 차이를 보였고, 포장도로에서는 수동고정식의 경우 5.2 kPa, 자동권취식의 경우 4.0 kPa의 값을 보여 가장 적은 차이를 보였다.

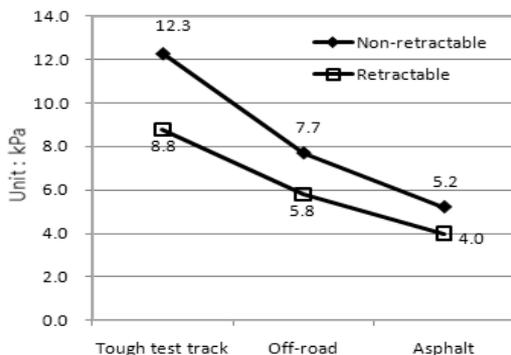


Fig. 16 Seatbelt body pressure-Average.

## 4. 요약 및 결론

본 연구에서는 농용트랙터 보호구조물(ROPS) 및 좌석벨트의 문제점을 분석하고 개선방안을 도출하기 위하여 트랙터 이용 농가를 방문하여 사용실태와 사고경험을 조사하였다. 또한, 좌석벨트 편이성 평가를 위하여 트랙터 운전석 모의장치를 제작하고, 좌석벨트용 인체 체압분포 측정기를 이용하여 모의 운전석에서 좌석벨트 편이성 평가를 실시하였다. 또한, 3종류의 주행로에서 트랙터 주행상태의 좌석벨트 착용시의 체압을 측정하여 비교하였다. 연구내용의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 트랙터 주사용자는 전부 남성이었으며 평균연령은 55세이었다. 조사 대상의 절반이 수도작을 전업으로 하였으며 트랙터 보유대수는 1.25대, 평균트랙터 사용년수는 7년으로 나타났다.
- (2) 트랙터의 ROPS 장착률은 80.1%로 미국, 일본 등에 비하여 높은 것으로 추정되며, ROPS 중에서도 캡형의 장착률이 가장 높은 것으로 나타났다. 또한, ROPS에 대해 운전자들 중 78.7%가 효과가 있다고 응답하였다.
- (3) 트랙터 좌석벨트의 장착률과 이용률을 조사한 결과 각각 39.0% 및 9.1%로 나타나, 장착률은 일본과 비교하여 약간 낮았지만 이용률은 매우 낮은 것으로 나타났다. 그러나, 좌석벨트에 대해 운전자들 중 45.4%가 효과가 있다고 응답하였고, 이는 좌석벨트가 편리하게 개선될 경우 이용하겠다는 응답률도 37.9%로 나타나 좌석벨트 개선시 이용률 향상이 가능한 것으로 판단되었다.
- (4) 트랙터 운전자 본인 및 주위 사람들의 사고경험을 조사한 결과 전체의 79.3%가 전도·전락 사고였으며 사고의 원인은 주행 또는 작업 중에 바퀴가 벗어남, 로더작업시 균형을 잃음 등의 순으로 나타났다. 전도·전락에 의한 부상정도는 본인의 경우 낮은 것으로 나타났는데, 이는 ROPS를 장착한 때문인 것으로 판단된다. 그러나, 주위 사람의 조사결과 트랙터 전도 후 운전자가 사망하는 경우가 있는 것으로 나타나, ROPS와 아울러 좌석벨트의 활용도를 보다 향상시켜야 할 것으로 판단되었다.
- (5) 전도·전락 이외의 사고경험과 부상정도를 조사한 결과 교통사고, 로터리 칼날부에 말림 등의 순으로 나타났으며, 중대사고 비율이 전도·전락 사고에 비해 높은 것으로 나타났으며, 회전부 방호 등에 대한 대책을 보다 강화해 나가야 할 것으로 판단되었다.
- (6) 운전석 모의장치를 이용한 정적인 시험을 실시하여 자동권취식 및 수동고정식 좌석벨트의 편이성을 비교한 결과, 자동권취식 좌석벨트가 수동고정식 좌석벨트에 비하여 답압력 100 N 및 400 N 모두에서 체압 및 불

편도가 낮게 나타났다. 또한 자동권취식 좌석벨트의 경우 답압력 100 N인 경우와 400 N인 경우 모두 좌석벨트 고정점이 ISO 규격에서 제시하는 좌석기준점(SIP)에서 멀어질수록 체압과 불편도가 높은 것으로 나타났다. 또한, 트랙터를 이용하여 인공약로와 비포장도로, 포장도로를 주행한 동적인 시험결과, 자동권취식의 경우 12.3~7.5 kPa, 수동고정식의 경우 8.8~4.0 kPa의 체압 분포가 높은 것으로 나타나 전체적으로 수동고정식의 체압분포가 높게 나타났다. 따라서, 농용트랙터 좌석벨트의 이용율을 향상시키기 위해서는, 자동권취식 좌석벨트를 적극적으로 활용하고 좌석벨트의 고정점의 위치에 대한 권장규격(ISO 3776)를 준수할 필요가 있는 것으로 판단되었다.

## 참 고 문 헌

1. Chen, L., R. Balci, A. Vertiz. 2003. 2003 SAE world Congress. Safety Belt Fit, Comfort, and Contact Pressure Based on Upper Anchorage Location and Seat Back Angle: 2
2. EC Directive 78/764/EEC. 1978. Driving seat
3. Muneki, T. 2006. Survey on the accident caused by agricultural machinery and its protective equipment. Proceeding of Japan-Korea joint seminar on the safety of agricultural machinery: 135-159.
4. NIAE(National institute of agricultural machinery). 2007. Work Manual
5. Rautiainen, R. H., S. J. Reynolds. 2002. Mortality and Morbidity in Agriculture in the United States. Journal of Agricultural Safety and Health 8(3):259-276.
6. Shin, S. Y. 2006. Research on the surveying of accidents caused by agricultural machinery. NIAE(National institute of agricultural machinery) research report:109-120.