

트랙터 조종장치의 인간공학적 설계

- 부착위치와 조작방법에 대한 문제제기 -

Ergonomical Design for Manipulating Devices of Tractor

- Projecting for Problems from Attaching Position & operating method -

강창호* 박석호* 주경노* 성대모**

정희원 정희원 정희원

C.H. Kang S.H. Park K.N. Joo D.M. Sung

1. 서론

농기계는 운전자의 취급조작에 따라 농작업이 수행되는 인간-기계시스템으로 취급성 향상을 위해서는 운전자와 기계에 적합한 기능이 배분되어 상호작용이 원활히 이루어 지도록 설계되어야 할 것이다. 그동안 농기계는 인력 대체수단으로 작업능률이나 작업정도 등이 중시되어 왔으나 기계를 다루는 운전자의 안전성, 쾌적성 및 취급조작성 등에는 소홀했던 것이 사실이다.

한편, 농기계의 사고원인은 인적요인이 80~95%로 높으며 이는 사고의 연쇄적반응에서 불안정한 행동과 동작을 유발시키는 중요한 요인으로 작용되므로 운전자의 오조작에 의한 사고방지를 위해서는 조종장치의 배열, 조작방법 등에 대한 인간공학적 설계가 요망된다.

이에 본 연구는 트랙터 조종장치의 조작빈도, 운전자의 작업자세 및 노동부담 등을 종합적으로 분석하여 인간공학적 설계기준을 마련하는데 있다. 여기서는 이 연구의 제 1보로서 조종장치의 종류, 부착위치, 조작방법 및 조작공간 등에 대한 인간공학적 측면에서의 문제점을 제시한 것이다.

2. 재료 및 방법

조종장치의 종류, 부착위치, 조작방법 및 조작공간은 표 1과 같이 국산화율 50%이상의 트랙터 21형식을 대상으로 측정분석하였다.

조종장치의 종류는 운전조작에 필요한 모든 장치이며, 조종장치의 부착위치는 패널, 핸들, 발판 및 운전석 등 4

Table 1. No. of models investigated by tractor size

Items	No. of tractor by manufacturers				
	A사	B사	C사	D사	Total
19~26PS	3	1	1	1	6
35~39	1	2	1	1	5
41~46	1	3	2	1	7
51~55	1	-	1	1	3
Total	6	6	5	4	21

* 농업기계화연구소 재배기계과

** 국제종합기계(주) 기술연구소

개소의 좌측, 중앙 및 우측으로 구분하였고, 조작방법은 조작방향별 기능 또는 식별기호 등을 조사하였다. 조작공간은 레이저거리계, 스케일 및 각도계 등을 사용하여 운전석과 운전석의 좌면을 중심으로 핸들, 페달 및 레버류 등의 전후·좌우·상하거리를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 조종장치

(1) 시동·정지관계

기관의 시동·정지관계 조종장치는 21형식 모두에 부착된 시동스위치, 가속레버 및 주차브레이크레버, 10형식에 부착된 감압레버, 14형식에 부착된 엔진정지레버, 5형식에 부착된 주차버튼 등 6종이었다. 여기서 주차브레이크레버의 부착위치는 형식간 핸들 또는 운전석의 좌우측 및 발판의 중앙 등 차이가 있으나 시동스위치 및 가속레버 등 5종은 핸들의 좌측 또는 우측의 한 곳에 부착되어 있었다.

가속레버의 조작방향별 기능은 표 2와 같이 모두 전후방향으로 조작되는 구조이나 전후방향별 기능은 16형식의 경우 저속 및 고속, 5형식은 고속 및 저속으로 차이가 있었다. 가속레버와 같이 전방향 조작시 저속, 후방향 조작시 고속으로 작동되는 것이 일반적인 인간공학적 설계기준으로 이와 반대일 경우 오조작의 가능성이 있다고 생각된다.

table 2. No. of tractor by engine RPM according to control of acceleator lever direction

Control direction	Engine RPM(Models)	
	Low RPM	High RPM
Forward	16	5
Backward	5	16

(2) 주행·변속관계

주행·변속관계 조종장치에서 레버류는 표 3과 같이 주변속 및 부변속레버 등 5종으로 주변속 및 부변속레버, 전륜구동레버 등은 조사대상 21형식 모두에, 전후진 및 초저속레버 등은 각각 14형식 및 6형식에 부착되어 있었다.

Table 3. No. of installed tractor & attached position by levers related to driving & transmission

Devices	No. of installed tractor (Models)	Attached position(Models)			
		Left side of steering wheel	Center of foot-hold	Seat	
				Left	Right
Main gear shift lever	21	-	12	-	9
Sub. gear shift lever	21	-	2	18	1
Creeper gear shift lever	6	-	-	4	2
Forward-reverse lever	14	10	-	4	-
Front wheel driving lever	21	-	1	18	2

레버별 부착위치는 주변속레버의 경우 발판의 중앙 및 운전석의 우측에 부착된 것이 각각 12형식 및 9형식 등이며 운전석의 우측에 부착된 트랙터는 1개사를 제외하고 35PS이상으로 기체의 크기가 주변속레버의 부착위치를 결정하는 하나의 요인임을 알 수 있었다. 그리고

조작시 운전자의 작업자세 유지에 대한 편이성 측면을 고려한다면 발판의 중앙보다 운전석의 우측에 부착하는 좋을 것으로 생각되나 다른 조종장치와의 관계 등도 고려되어야 할 것이므로 이에 대한 연구검토가 요망된다.

그리고 부변속레버 및 전륜구동레버는 대부분이 운전석의 좌측에 부착되어 있었으며 초저속레버는 운전석의 좌측 및 우측에 각각 4형식 및 2형식, 전후진레버는 핸들 및 운전석의 좌측에 부착된 것이 각각 10형식 및 4형식 등이었다. 여기서 부착위치가 크게 2곳으로 나누어진 전후진레버는 조작빈도가 많은 조종장치이므로 조종성의 향상측면에서 어느 부분에 부착하는 것이 좋을지 검토되어야 할 것으로 생각된다.

한편, 레버류의 조작방향별 기능은 주변속레버의 경우 그림 1과 같이 3가지로 구분할 수 있었는데 A형은 별도의 전후진레버가 있는 14형식이 채용하고 있는 것으로 전·후진의 구분없는 4단변속시스템, B형 및 C형은 별도의 전후진변속레버가 없는 경우로 B형은 전진 3단과 후진 1단 등 4단변속시스템, C형은 전진 4단과 후진 1단 등 5단변속시스템이었다. 또한 조작방향별 변속단수는 A 및 B형의 경우 각각 2종, B형은 3종으로 같은 변속시스템이라도 조작방향별 변속단수에서 차이가 있는 것으로 나타났다.

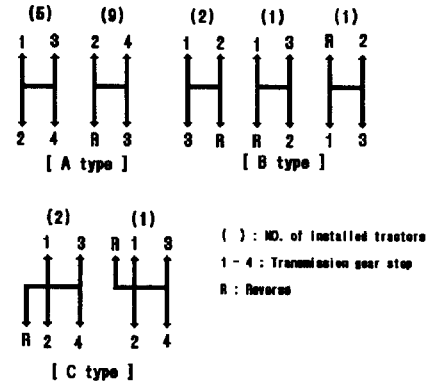


Fig. 1. Transmission step according to control of main gear shift lever.

전륜구동레버의 조작방향별 기능은 표 4와 같이 조작방향이 13형식은 상하, 8형식은 전후였으며 상하 또는 전후방향의 조작에 따른 기능 또한 차이가 있는 것으로 나타났다. 여기서 상하방향 조작의 경우 13형식 가운데 7형식은 하방향 조작시 작동되었으나 6형식은 상방향 조작시 작동되었고, 전후방향 조작은 8형식 가운데 5형식은 전방향 조작시 작동, 3형식은 후방향 조작시 작동되었다. 그러나 이러한 조작구의 일반적인 인간공학적 설계기준은 상하방향 조작의 경우 하방향, 전후방향 조작은 전방향 조작시 작동되는 것이므로 이와 반대로 작동되는 경우에는 오조작을 유발시킬 수 있으므로 개선의 필요성이 있다고 생각된다.

Table 4. Control direction for on/off of front wheel driving lever

Control direction	No. of installed tractor (Models)	Control for on/off	
		On	Off
Up/down	13	Up : 6 Down : 7	Up : 7 Down : 6
Forward/backward	8	Forward : 5 Backward : 3	Forward : 3 Backward : 5

주행·변속관계 조종장치에서 페달류는 조사대상 21형식 모두에 부착된 가속, 브레이크, 클러치 및 차동고정페달, 6형식에만 부착된 핸들조절페달 등 5종이었다. 페달별 부착위치는 클러치페달의 경우 발판의 좌측, 브레이크 및 가속페달은 발판의 우측에 부착되어 있었다. 그

러나 1형식의 경우 가속페달이 브레이크페달의 안쪽에 부착되어 있어 오조작을 유발시킬 수 있으므로 개선의 필요성이 있다고 생각된다.

핸들을 상하 또는 전후로 조절할 수 있는 레버가 부착된 트랙터는 전후방향 4형식, 전후 및 상하방향 2형식 등이었으며 이는 운전자의 신체조건이나 개인의 운전습성에 맞춰 작업자세를 유지하는데 도움이 될 것으로 생각된다. 한편, 핸들의

형상 및 조작공간은 표 5와 같이 직경 395~420mm, 두께 20~25mm, 경사각 20~3

Table 5. Shape and working space of handle

Items		measuring result(mm)	Theoretical value(mm)
Wheel	Diameter	385~420	400
	Thickness	20~25	50
	Attaching angle(°)	20~35	40±10
Working space	Forward length	520~760	570±30
	Vertical length	700~850	840±30

5° 등으로 관련된 신체치수 또는 문헌을 기초로 설정한 이들의 설계치 직경 400mm, 두께 50mm, 경사각 40±10° 등과는 차이가 있었다. 또한 운전석과의 전후공간 및 발판에서의 수직높이는 각각 520~760mm 및 700~850mm 등으로 관련 신체치수를 기초로 설정한 설계치 570±30mm 및 840±30mm 등과는 차이가 있는 것으로 나타나 이들에 대한 검정이 필요할 것으로 생각된다.

주행 및 변속관계의 스위치 또는 버튼류는 전조등 및 방향지시등스위치, 비상등레버, 경적 및 체크버튼 등 5종이었다. 이들의 부착 트랙터는 전조등 및 방향지시등스위치, 경적버튼 등의 경우 조사대상 21형식 모두에, 비상등레버 및 체크버튼은 각각 6형식 및 14형식 등으로 나타났다. 부착위치는 전조등스위치, 비상등레버 및 경적버튼의 경우 모두 핸들의 좌측, 체크버튼은 핸들의 우측이었으나 방향지시등스witch는 10형식의 경우 핸들의 좌측, 11형식은 핸들의 우측인 것으로 나타났다. 여기서 방향지시등스witch가 핸들의 좌측에 부착된 10형식은 전조등스위치 또는 전조등스위치 및 경적버튼 등과 결합되어 있었다.

따라서 방향지시등스switch의 부착위치는 단독 기능의 구조일 경우 핸들의 우측이나 전조등스위치 등과 같이 결합된 기능의 스위치일 경우 핸들의 좌측에 부착되는 것을 알 수 있었다. 또한 비상등레버 6형식에만 부착되어 있었는데 트랙터의 교통사고는 10천당 50.7대로 가장 높았으며, 또한 야간에 많이 발생하는 것으로 보고되고 있어 교통사고의 예방측면에서 모든 트랙터에 비상등을 부착하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

(3) PTO관계

PTO관계 조종장치는 변속레버, 동력의 연결·끊음 클러치 버튼(레버), 동력의 독립·연동 또는 자동·수동 변환용 버튼(레버) 등 3종이었다. 장치별 부착위치는 클러치 및 동력변환용 조작구는 대부분 핸들의 좌측 및 우측이었으나 변속레버는 운전석의 좌측 15형식, 발판의 중앙 5형식 및 기타 1형식 등 형식간에 차이가 있는 것으로 나타났는데 이는 조작성의 향상측면에서 조작빈도 및 조작시의 작업자세 등을 고려한 적정 배치기준을 구명할 필요가 있다고 생각된다.

한편, PTO변속레버의 조작방향별 기능은 그림 2와 같이 회전수가 2~4단으로 조절되는 3가지로 A형의 2단조절은 1형식, B형의 3단조절은 6형식, C형의 4단조절은 14형식 등으로 4단조절이 전체의 67%로 가장 많은 것으로 나타났다. 조작방향별 기능은 2단조절의 경우 전→후방향으로 조작함에 따라 1단→2단으로 작동, B형의 3단조절은 전후방향의 경우 전→후방향으로, 상하방향은 하→상방향으로 조작함에 따라 1단→2단→3단으로 작동되는 구조로 이러한 조작구의 일반적인 인간공학적 설계기준과 일치하였다.

그러나 C형의 4단조절은 일반적인 인간공학적 설계기준인 일직선상의 전후방향을 좌측에서 우측으로 이동시키면서 조절단수가 차례로 증가되는 것이 3형식이었고 11형식은 이와 다른 것으로 나타났다.

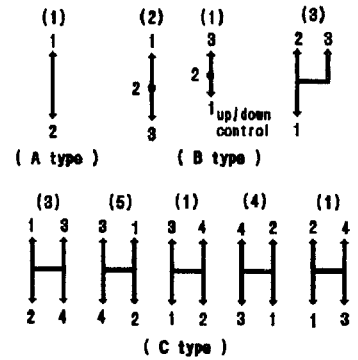


Fig. 3. Transmission step according to control of PTO RPM change lever.

나. 정보장치

(1) 조작표시장치

트랙터에 있어 조작표시장치는 표시등과 지시기 등으로 구분할 수 있었으며, 표시등의 경우 표 6과 같이 좌우의 회전방향 표시등, 전조등의 하향 또는 상향빔 표시등, 주차브레이크의 작동표시등, 엔진의 정지표시등, 엔진의 예열표시등 및 PTO클러치의 조작표시장치 등 6종이었다. 이들을 부착한 트랙터는 방향지시등의 경우 21형식, 전조등 및 주차브레이크는 각각 9형식, PTO클러치 및 엔진정지표시등은 각각 6형식 및 3형식 등으로 이들은 모두 패널에 배치되어 있었으며, 엔진의 예열표시등은 17형식이었으나 5형식의 29%만이 패널에 배치되어 있었고 그 외는 표에 나타내지 않았으나 핸들의 좌측 또는 우측에 부착되어 있었다.

Table 6. No. of holding tractor by information lamp for operator controls

Items	No. of holding tractor (Models)	Attachment rate on panel (%)	Rate ¹ (%)
Turn signal	21	100	100
Head light	9	100	43
Pre-heating	17	29	81
Hand brake	9	100	43
Engine stop	3	100	14
PTO clutch	6	100	86

¹ No. of holding tractor of information lamp over No. of installed tractor of each manipulating device

한편, 게이지에 의한 조작표시장치는 연료량, 냉각수 온도, 엔진 및 PTO의 회전수 및 주행속도 및 사용시간 등 6종이었다. 이들 게이지의 부착 형식수는 연료량의 경우 20형식, 냉각수 온도, 엔진회전수 및 사용시간 등의 경우 조사대상 21형 모두, PTO회전수 및 주행속도 등은 각각 17형식 및 15형식이었고 이들의 게이지는 모두 패널에 배치되어 있었다.

(2) 경고장치

트랙터에 있어 경고장치는 밧데리충전 및 엔진오일의 압력이상, 연료량 및 냉각수의 부족, 유압오일 및 공기청정기필터의 막힘, 연료필터내 수분혼입 등 7종이었다. 이들의 부착 형식 수는 밧데리충전 및 엔진오일압력의 이상 등의 경고장치는 조사대상 21형식 모두, 연료량 및 냉각수의 보충 등은 각각 11형식 및 4형식, 유압오일 및 공기청정기필터의 막힘 등은 각각 9형식 및 3형식, 연료필터내 수분혼입은 3형식 등이었고 모두 패널에 부착되어 있었다.

4. 요약 및 결론

트랙터의 조종장치에 대한 인간공학적 설계를 위한 기초자료를 얻고자 국내에서 생산공급 되는 트랙터 가운데 국산화율이 50%이상인 21형식을 선정하여 조종장치의 종류, 부착위치, 조작방법 및 조작공간 등을 측정분석하여 인간공학적 측면에서의 문제점을 도출하였다.

조종장치의 종류는 기관의 시동·정지관계 6종, 주행·변속관계는 레버류 5종, 페달류 5종, 스위치 및 버튼류 5종 등 15종, PTO관계 3종 등이었으며 정보장치는 조작표시 및 경고장치가 각각 6종 및 7종이었다. 조종장치별 부착위치는 시동·정지관계 및 주행관계의 스위치 및 버튼류 등 조작구는 핸들의 좌우측, 주행·변속관계의 레버류 및 유압관계의 조작구는 운전석의 좌우측, 페달류는 발판 등에 주로 부착되어 있었다.

조종장치의 조작방법은 전체적으로 볼때 일반적인 인간공학적 설계기준과 일치하였으나 주·부변속 및 PTO변속레버 등의 경우 조작방향별 변속단수, 가속 및 전륜구동레버 등은 조작방향별 기능이 형식간에 차이가 있었는데 이는 오조작을 유발시킬 수 있으므로 개선의 필요성이 있다고 생각된다. 그리고 핸들의 형상 및 조작공간은 이론적 설계치와 차이가 있는 것으로 나타나 작업자세 등과의 검정을 통한 적정치의 구명이 필요할 것이라 생각된다.

5. 참고문헌

1. ASAE. 1994. Symbols for operator controls on agricultural equipment. ASAE STANDARD. p.154~157
2. Dupuis H. 1959. Effect of tractor operation on human stress. Agri. Engineering(12)
3. Heinrich, H.W. 1959. Industrial accident prevention. p.3~65. McGRAW-HILL BOOK Co.. New York.
4. 近藤 武. 1983. 人間工学データブック. コロナ社. p.205~268
5. 北村 誠. 1995. 製品の安全性を高める. 機械化農業(9) : 60~65
6. KS R1075. 1988. 자동차용 페달류의 배치측정방법. 한국표준협회
7. 林 喜男外 4人. 1980. 人間工学. 日本規格協會. pp.390
8. 三宅康彦. 1986. 人間-機械システム開發として農作業機械化. 農作業研究 21(2) : 62~71
9. 野呂影南. 1990. 圖解エルゴノミクス. 日本規格協會. pp.665
10. 朴南鍾, 姜昌浩, 崔光在, 鄭仁圭. 1995. 農機械의 安全事故 對策研究. 農振廳 農科論文集 37(1)