

水稻圃場에서의 動力耕耘機의 走行성에 關한 研究

A Study on the Mobility of Power Tiller in Wetland Rice Field

李 揆 昇* · 李 鎔 國* · 李 仲 用* 朴 勝 濟* · 金 相 憲**

Lee, Kyou Seung · Lee, Yong Kook · Lee, Choong Yong ·

Kim, Sang Hun Park, Seung Je

Summary

To investigate the most important factors affecting the mobility of power tiller and to find the method which can be used for predicting the mobility of power tiller in soft paddy field, a series of field experiment was performed with two models of power tiller (8ps and 6ps diesel).

From the results obtained throughout field experiment, the following conclusions were derived.

1. The wheel sinkage of power tiller during both traveling and field operations, which mainly influence the mobility, could be predicted from both plate (50 x 100mm) sinkage and soil cone index (30-degree cone with 2 and 6 cm² base area).
2. Prediction of wheel sinkage from the rectangular plate sinkage was found to be more suitable compared with the cone index.
3. The upper limit of rectangular plate sinkage was found as 15 centimeter for operation of power tiller in muddy field which is equivalent of 1 kg/cm² of 2 cm² cone index value.

1. 緒 論

우리나라에서 널리 사용되고 있는 動力 耕耘機는 대부분 8~10마력으로 重量이 무거운 低濕畝 軟弱地에서 耕耘整地作業을 할 경우에, 過度한 車輪의 沈下와 슬립을 誘發시켜 거의 作業이 不可能한 경우가 많다. 이러한 低濕畝 軟弱地는 約 11萬ha로서 全耕地面積의 約 9%에 該當한다.

外國의 경우, 干拓地나 低濕畝 軟弱地에서 農業機械의 走行성에 對한 研究가 遂行되어, 走行성의 重要한 指標인 슬립과 沈下量의 豫測이 土壤狀態에 따라 可能하고 軟弱地에서의 作業性能까지 豫測하는 方法이 研究되고 있는 實情이다. 우리나라에서도 低濕畝 軟弱地에서 動力耕耘機의 走行성이 問題가 되고 있으나 이에 對한 研究는 未備한 實情이다.

本 研究는 低濕畝 軟弱地에서 動力耕耘機의 走行성에 影響을 미치는 諸 要因을 土壤의 物理성을 위주로 考察하고 無負荷 走行時와 作業時의 走行성을 豫測할 수 있는 方法을 구하는데 그 目的이 있다. 이러한 走行성 研究의 意義는 軟弱地에 있어서 機械選

定이나, 低濕畝用 農機械 改良開發의 基礎資料가 되는데 있다.

2. 研究史

道路外 走行을 하는 車輛의 走行성에 關한 研究는 第2次 世界大戰이후 本格的으로 시작되었는데 그 目的은 좀 더 走行성이 좋은 車輛 開發과 軍用車輛의 軟弱地 通過 與否를 判定하기 위함이었다. 주로 美陸軍 水路試驗場¹⁰⁾과 美陸軍 地上走行研究所^{4,9)} 등에서 研究해 온 이 研究는 軟弱한 水稻圃場에서 大型 農業機械의 走行성 問題를 研究하는 農工學者들의 關心과 일치하는 것으로서 最近에는 農工學者에 의해서도 많은 研究^{1,3,7,12)}가 遂行되어 왔다.

Bekker⁹⁾는 Terzaghi의 理論을 利用하여 車輛의 슬립沈下 豫測式을 (1)式과 같이 提案하였다.

$$Z_j = \frac{j[P - CNe - \gamma(Nq Z_s + 0.5b N_f)]}{C + P \tan \phi + \gamma Nq j} \quad (1)$$

여기서 Z_j : 슬립 沈下

Z_s : 靜的 荷重에 의한 沈下

γ : 土壤의 密度

† 本 研究는 1983년도 産學協同 財團의 學術研究費 支援에 의해 수행되었음.

* 成均館大學校 農科大學 農業機械工學科

** 江原大學校 農科大學 農工學科

j : 슬립

c, ϕ : 土壤의 粘着係數와 内部摩擦角

p : 接地壓

b : 接地部の 幅

Nc, Nq, Nr : Terzaghi의 常數

Bekker의 理論은 車輛의 荷重이 影響을 미치는 範圍까지 土壤의 性質이 같다는 假定과 接地壓이 均一하다는 假定 등이 必要하다.

美陸軍 水路試驗場¹⁾에서는 車輛이 50회 連續으로 같은 곳을 走行할 수 있을때 土壤의 圓錐指數와 車輛의 可動性指數와의 關係를 究하여 車輛指數라는 概念을 만들었다. 또한 土壤이 練返된 狀態(remolded state)에서의 圓錐指數를 定格圓錐指數(rating cone index)라고 定義하였는 데이 概念에 의하면 어떤 車輛의 車輛指數에 該當되는 定格圓錐指數를 가진 土壤에서는 車輛이 50회를 走行할 수 있고 車輛指數의 75%에 該當하는 定格圓錐指數를 가진 土壤에서는 1회의 走行이 可能하다고 報告되고 있다.

日本の 農業機械化研究所에서는 논에서 트랙터의 走行性試驗을 遂行하여 矩形平板(25×100mm)의 沈下量으로 트랙터의 沈下量을 豫測하는 方法을 (2)식과 같이 提案하였다.

$$\frac{S}{Z} = \frac{VI}{45} \quad (2)$$

여기서

S : 走行部 沈下量

Z : 矩形平板의 沈下量

VI : 車輛指數

또한 軟弱地에서 牽引係數 豫測式은 다음과 같이 提示하였다.

$$\frac{F}{W} = \frac{2}{Z+4} - 0.13$$

여기서

F : 牽引力

W : 트랙터의 全荷重

Z : 矩形平板의 沈下量

田中²⁾은 트랙터에 있어서 車輛指數와 圓錐線圖를 利用하여 走行可能 與否를 判定하는 것이 可能하다고 報告하였다. 또한 그는 土壤의 硬度分布에 따른 走行性의 差異를 說明하였고, 軟弱地에서 作業別로 走行性試驗을 하였으나 이에 對한 結論은 내리지 못하였다.

Bekker와 Reece³⁾에 의하면 粘土質 土壤에서는 土壤의 支持力보다 車輪의 接地壓이 작을 경우에 슬립沈下가 發生하지 않는다고 報告하였으며 吉田⁴⁾은 靜止沈下가 走行沈下보다 크며 水稻圃場에서는 Bekker의 理論이 適用될 수 없다고 報告하였다.

3. 材料 및 方法

가. 供試圃場

供試圃場으로서 水原市 泉川洞 貯水地邊의 未熟畝와 九雲洞에 있는 階段式 논을 택하였다. 본 實驗에서는 未熟畝를 圃場 I이라 稱하고 階段式 논을 圃場 II라고 稱하기로 한다. 圃場 I은 砂壤土로서 벼농사를 지은지 1년이 지났으며 深土와 表土가 거의 같은 土性을 가진 排水가 잘되는 논이었다. 圃場 II는 5년 전부터 트랙터를 利用하여 벼농사를 하던 곳으로 윗논과 접한 곳은 軟弱하였으나 대부분 단단한 耕盤을 가지고 있었다. 圃場準備前에 圃場 I의 가장 자리를 따라서 圓錐指數(地表 15cm까지의 圓錐貫入 抵抗의 平均値)를 가로와 세로 方向으로 測定한 結果는 그림 1과 같이 나타났으며 供試圃場의 物理的 性質은 表 1과 같았다.

Table 1 Soil properties of the experimental fields by USDA classification

Field	Part	Composition		Clay (%)	Texture	Plastic Limit (%)	Liquid Limit (%)	Plastic Index (%)
		Sand (%)	Silt (%)					
I	Upper*	51.3	24.3	24.4	Sandy clay loam	26.2	40.4	14.2
	Lower**	49.4	25.8	24.8	Sandy clay loam	31.2	42.8	11.6
II	Upper	40.7	31.7	27.6	Clay loam	26.5	39.1	12.6
	Lower	18.1	59.9	22.0	Silty loam	27.3	38.1	11.7

* Upper= 5 - 10cm below the surface

** Lower=20 - 25cm below the surface

다. 實驗方法

1) 供試圃場 準備

實驗区内에서 土壤硬度的 差異에 의한 實驗誤差를 最少로 하고 全 圃場을 軟弱화하기 위하여 耨기作業을 한 후에 포장 I은 25~30cm, 포장 II는 20~23cm 정도의 耕深으로 로타리作業을 하였다. 로타리作業 직후의 圃場狀態는 水深이 4~5cm였으며 이를후 수심이 1~2cm 정도로 낮아지고 드문 드문 土壤이 드러나 보였다. 이때부터 實驗을 시작했으며 滲透와 蒸發作用에 의하여 土壤이 굳어감에 따라서 表3에 나타낸 實驗을 매일 實施하였다.

2) 測定項目과 測定法

1차 실험은 耕松機에 作業機를 附着하지 않고 單獨으로 走行하는 狀態에서, 엔진의 回轉速度와 車輪의 슬립 및 沈下 그리고 土壤의 硬度를 測定하였으며, 2차 실험은 牽引作業으로 耨기作業, 驅動作業으로 로우터리耕松作業을 實施하였으며 耕深과 耕幅을 追加하여 測定하였다. 實驗中에 耕松機의 重量移

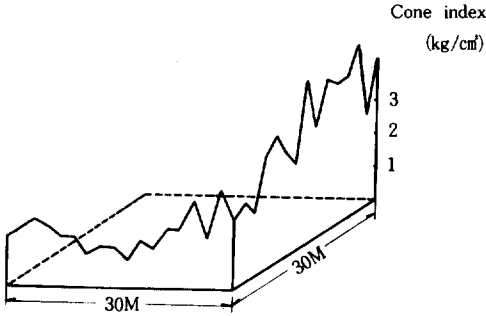


Fig.1 Variation of the cone index in the field I before experiment.

나. 供試機

供試機로는 D회사의 6馬力과 8馬力 動力耕松機가 사용되었다. 그 諸元은 表2와 같다. 表3은 實驗別 供試機와 供試圃場의 利用을 圖表로 나타낸 것이다.

Table 2 Specifications of the tested two-wheel tractors

Tractor	Engine		Traction	Device	Weight* (kg)
	Fuel	Rated Output (ps / rpm)	Tire size (in)	Steel wheel dia. (cm)	
A	Diesel	6 / 2200	5.00-12	70.5	272
B	Diesel	8 / 2200	6.00-12	75.5	333

* Weight with rubber tire, without fuel, water

Table 3 Experiment organization.

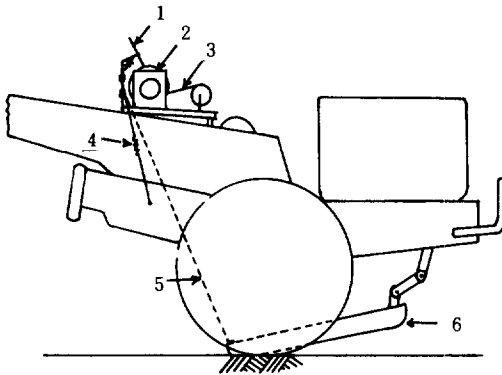
Tractor	Traction device	Test	Notation	Field			
				1st Experiment		2nd Experiment	
				I	II	I	II
A (6ps)	Rubber wheel	Self-Running	6R	0	0		
		Rotary	6RR			0	
		Plow	6RJ			0	
	Steel wheel	Self Running	6S	0	0		
		Rotary	6SR			0	
		Plow	6SJ			0	
B (8ps)	Rubber wheel	Self Running	8R	0	0		
		Rotary	8RR			0	
		Plow	8RJ			0	
	Steel wheel	Self Running	8S	0	0		
		Rotary	8SR			0	
		Plow	8SJ			0	

"0" means experiment conducted

動現象으로 혼자서는 調整할 수 없는 境遇가 있었는데 이런 경우에는 2명이 핸들을 支持하여 實驗을 하였다. 走行速度는 低速 1 股으로 하였으며 實驗區는 길이 10m, 幅 6 m로 하였다.

가) 沈下의 測定

本 實驗에서는 均平한 圃場에서 左右車輪의 平均 沈下를 測定할 수 있는 沈下測定機를 考案하였다. 이 沈下測定機는 耕耘機의 같이 驅動軸의 動力을 利用하여 連續적으로 沈下를 記錄한다. 그림 2는 沈下測定機의 構造를 나타낸 것이다. 沈下가 큰 境遇에는 寫眞을, 沈下가 작을 境遇에는 자를 補助手段으로 利用하였다.



- 1. Recording pen
- 2. Reduction gear box
- 3. Recording paper
- 4. Tension spring
- 5. Sensing wire
- 6. Floating board

Fig. 2 Sinkage measuring unit

$$S = \frac{l_2 - l_1}{l_2} \times 100(\%) \quad (5)$$

여기서 l_1 : 아스팔트 路面에서 10m 走行時 使用되는 測定用紙의 길이(cm)

l_2 = 供試圃場에서 10m 走行時 使用되는 測定用紙의 길이(cm)

土壤이 車輪에 深深地 달라붙어 바퀴자국이나 바

나) 슬립의 測定

슬립은 아스팔트 路面에서 耕耘機의 車輪 1 回轉當 進行距離를 測定하여 (4) 式에 의하여 구하였다.

$$S = \frac{l_0 - l}{l_0} \times 100(\%) \quad (4)$$

여기서 l_0 = 아스팔트 路面에서 바퀴 1 回轉當 前進距離

l = 供試圃場에서 實驗中에 1 回轉當 前進距離

또한 供試耕耘機는 動力傳達 構造上 車軸과 같이 驅動軸이 항상 一定한 比率로 回轉하므로 (5) 式을 利用하면 沈下測定器로도 슬립을 測定할 수 있다.

퀴 回轉數를 알 수 없을때는 沈下測定機에 의해서만 슬립을 測定했다.

다) 엔진 回轉速度의 測定

ONOSOKKI GE 450 디젤 Tachometer 를 利用하였으며 無負荷 靜止狀態에서 엔진 回轉速度를 2000 rpm으로 固定한 후에 走行이나 作業中의 回轉速度를 測定하였다.

Table 4 Specifications of the SR-2 soil resistance tester

Parts	Type	Size	Note
Cone	A	Top angle 30°, Length 30mm, Base area 2 cm ²	use
	B	Top angle 30°, Length 30mm, Base area 6 cm ²	use
Rectangular plate	A	50×100×10 (mm)	use
	B	25×100×10 (mm)	-
Shear ring		Inner dia 60mm, Outer dia 100mm with grouser	use
Friction ring		Inner dia 60mm, Outer dia 100mm without grouser	-

라) 土壤의 剪斷抵抗, 平板沈下量 및 圓錐貫入抵抗 測定

SR-II型 土壤抵抗測定器를 利用하여 위의 性質을 測定했으며 含水率은 實驗區當 4~6 곳을 選定하여 地表의 흙을 3cm가량 除去하고 土壤試料採取器로 採取하여 오븐을 利用하여 測定하였다. (105℃에서 48時間 乾燥) 表 4는 實驗에 使用한 SR-II의 諸元이다. 本 研究에서 平板沈下量이란 A形 平板에 30kg의 垂直荷重을 주었을 때 沈下한 깊이를 말한다.

4. 結果 및 考察

가. 土壤의 物理的 性質

로우터리 作業에 의하여 軟弱화된 供試圃場의 土壤에 있어서 로우터리 作業 이후 날자의 經過에 따른 土壤含水率의 變化를 나타내면 그림 3과 같다.

이것을 數式으로 나타내면 포장 I에서는 (6)식, 포장 II에서는 (7)식, 포장 I에서의 2차 실험에서는 (8)식으로 나타난다.

$$M = 88.08(\text{day})^{-0.235}, r = -0.924 \quad (6)$$

$$M = 86.5(\text{day})^{-0.27}, r = -0.896 \quad (7)$$

$$M = 87.7(\text{day})^{-0.28}, r = -0.932 \quad (8)$$

같은 논에서 求한 (6)式과 (8)式의 指數가 다른 것은 時間的으로 2차 실험이 더 高温인 時期여서 乾燥率이 더 빠른 것으로 推料된다. 한편 同一 圃場內에서 같은 날에도 位置에 따라 10% 以上の 含水率 差異를 나타내었다. 그림 4는 포장 II에서 날자의 經過에 따른 平板沈下 傾向으로서 兩對數 그래프에

接地壓에 따른 沈下 깊이를 나타내고 있다. Bekker⁸⁾는 矩形平板의 接地壓에 따른 沈下量을 兩對數 그래프에 나타내면 일정한 기울기를 갖는다고 하였는데 그림 4는 Bekker의 結果와 다르게 나타났다. 이와 같이 다른 傾向이 나타나는 것은 表層이 軟弱하고 耕盤이 있는 논의 特徵으로 생각된다. 그림 4는 橫山等⁷⁾의 實驗結果와 거의 같은 傾向을 보이고 있다.

그림 5는 平板沈下量과 底面積이 2cm²인 圓錐의 圓錐指數와의 關係를 나타낸 것이다. 底面積이 6cm²인 圓錐도 같은 傾向을 보였다. 이 그래프에 의하면 軟弱한 土壤에서는 圓錐指數가 0.4~0.6 정도 變할 때 平板沈下量은 15cm~30cm 정도로 變한다. 즉 軟

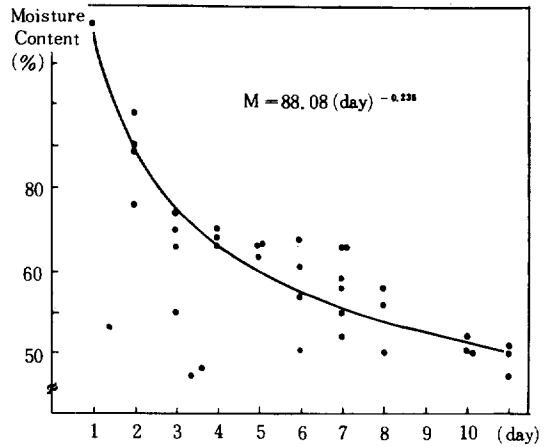


Fig. 3 Daily changes of the soil moisture content of the field I (Spring 1984)

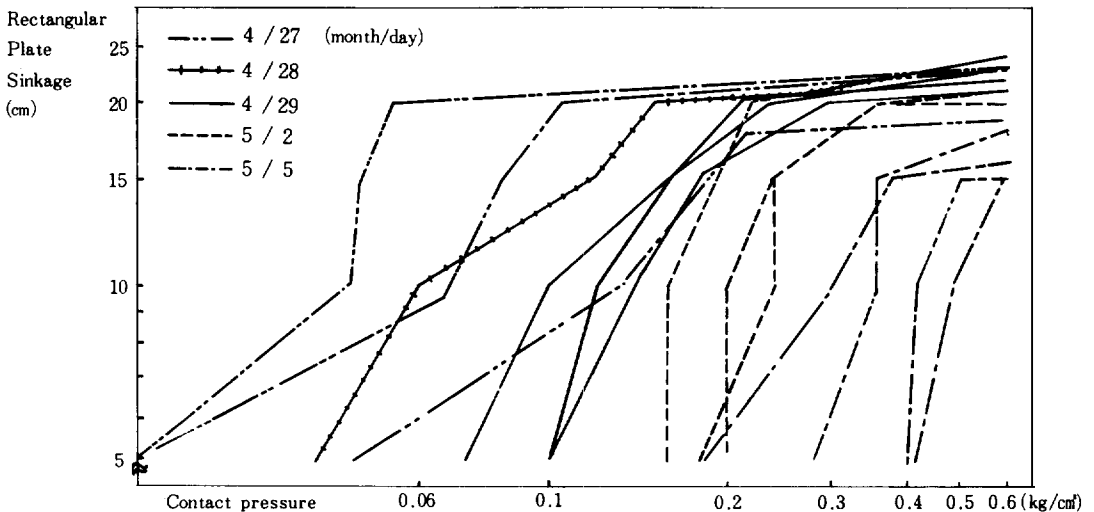


Fig. 4 Relationship between contact pressure and rectangular plate sinkage according to the time in the field II.

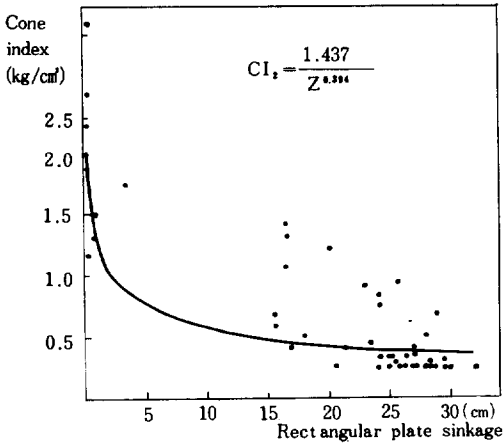


Fig. 5 Relationship between rectangular plate sinkage and cone index(2cm²)in the field II

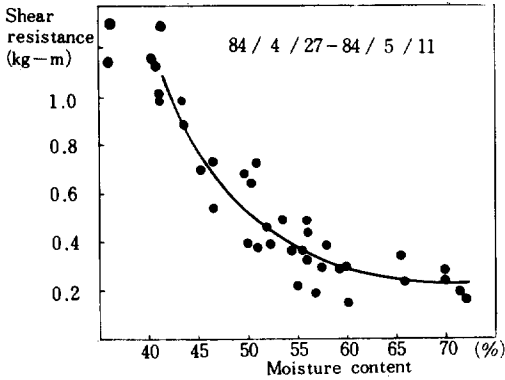
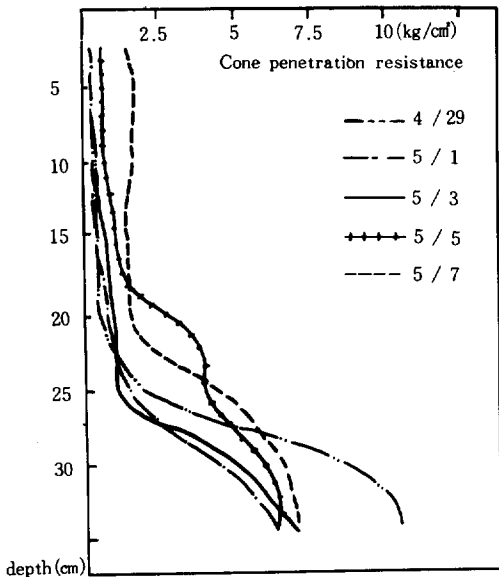


Fig. 6 Relationship between soil moisture content and shear resistance.



(a) Field I

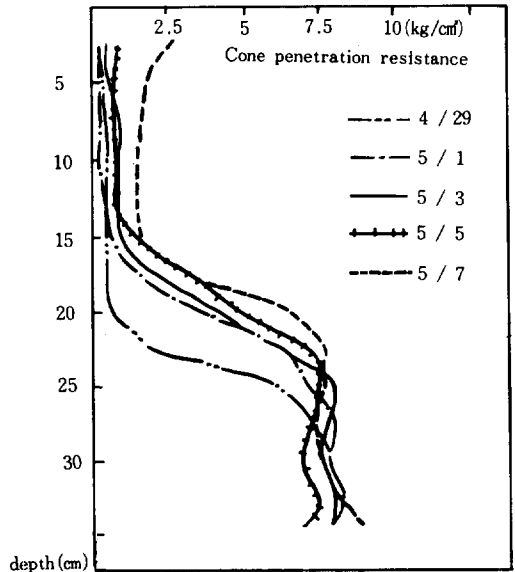
弱한 土壤에서는 平板沈下量이 敏感하게 變化하는데 비하여 圓錐指數는 相對的으로 단단한 土壤에서 많은 變化를 보이고 있다.

그림 6은 圃場 II에서 垂直荷重 15kg을 주었을 境遇의 剪斷抵抗과 含水率과의 關係를 나타낸 것이다. 剪斷抵抗의 變化는 含水率이 높은 境遇에는 별로 나타나지 않으나 含水率이 50% 以下로 내려가면서 부터 剪斷抵抗은 增加하였다.

그림 7은 實驗期間中の 圓錐線圖의 變化를 나타낸 것으로 이 그림은 토양이 굳어가는 過程을 나타내 주고 있다. 토양의 乾燥가 進行될수록 表層이 中間層보다 높은 硬度를 보이는 것은 봄철의 乾燥한 날 세 때문에 表層이 더욱 急速하게 마르기 때문에 思料된다.

나. 軟弱地에서 動力耕耘機의 走行性

車輛의 走行性이란 土壤과 機械의 條件에 따라 달라지는 것으로, 重量이나 車體와 地表사이의 間격 또는 牽引力 發生裝置의 形式 및 크기 등이 土壤의 物理的 性質과 어떻게 相互作用하는가에 따라서 車輛의 走行性이 決定된다. 走行性이 極度로 나쁜 境遇에 走行不能이 되는데, 原因으로는 토양이 연약하여 過度한 沈下와 슬립을 일으키는 경우와 토양의 支持力은 強하나, 車輪과 土壤表面과의 摩擦係數와 剪斷力이 작아서 必要한 推進力을 얻지 못하여 走行不能이 되는 境遇가 있다. 그림 8은 동력경운기 車輪의 沈下量과 平板沈下量의 關係를 나타낸 것이다.



(b) Field II

Fig. 7 Cone penetrating diagram.

Table 5 Relationships between rectangular plate sinkage and wheel sinkage.

Field	Treatment	Equation	r	F
I	6 S	$Z_w = 2.11 + 0.0362 Z_p^2$	0.9522	155.5
	8 S	$Z_w = 1.980 + 0.0362 Z_p^2$	0.9443	115.3
	6 R	$Z_w = 2.088 + 0.0311 Z_p^2$	0.9077	46.8
	8 R	$Z_w = 2.672 + 0.0339 Z_p^2$	0.9667	128.4
II	6 S	$Z_w = 1.235 + 0.0459 Z_p^2$	0.9062	68.9
	8 S	$Z_w = 4.611 + 0.0442 Z_p^2$	0.9587	159.1
	6 R	$Z_w = 0.167 + 0.0514 Z_p^2$	0.8916	46.5
	8 R	$Z_w = 0.194 + 0.0521 Z_p^2$	0.9030	44.2

* Z_w : Wheel sinkage
 Z_p : Rectangular plate sinkage

Table 6 Mean separation of the wheel slip by Duncan's multiple range test.

Treatment	Mean (slip)	Significance*
6 R	10.72	a
8 R	10.66	ab
8 S	8.22	b
6 S	5.3	

** Significant at 5% level

表5는 全 走行實驗에 있어서 平板沈下量과 車輪沈下量과의 關係를 回歸方程式으로 나타낸 것이다. 이 式들은 고도의 有意性이 있었으므로 이 式에 의하여 車輪의 沈下를 豫測할 수 있다고 思料된다.

한편 토양의 圓錐指數가 1.0kg/cm² 以上인 土壤에서의 走行實驗 結果를 利用하여 耕耘機와 車輪間에 있어 沈下量과 슬립率의 平均間 有意性을 Duncan의 多重檢定法에 의하여 分析한 결과 이하량에 있어서

Table 7 Mobility indexes of the two-wheel tractor (by WES method)

Tractor	Weight (lb)	Contact Pressure factor	Tire factor	Clearance factor	Wheel load (klb/tire)	Mobility index	Vehicle index (lb/in ²)
A	600.4	5.03	0.0625	0.707	0.3072	65.4	55
B	735.1	5.10	0.075	0.807	0.3676	58.4	53

Weight factor=0.9 Transmission factor=1.05
 Lug factor=1.0 Engine factor=1.0

Table 8 Comparison between predicted sinkage and measured sinkage of two-wheel tractor with rubber wheel.

Field	Tractor	Sinkage	Date (month/day)								
			4 / 29	4 / 30	5 / 1	5 / 2	5 / 3	5 / 4	5 / 5	5 / 7	5 / 8
I	A	Predicted	25.0	24.9	26.3	23.5	26.7	21.3	19	22.7	22.1
	B	Measured	-	26.0*	26.0*	27.0*	30.0*	12.3	7.7	2.9	3.9
	A	Predicted	25.0	24.7	26.2	23.4	26.6	21.2	18.8	22.6	21.9
	B	Measured	-	23.2*	28.0*	28.0*	30.0*	23.0*	7.1	1.9	6.2
II	A	Predicted	23.6	19.4	18.1	19.5	17.8	16.9	16.1	9.8	<2.5**
	B	Measured	-	23.5*	28.2*	25.2*	23.8	12.0	10.1	1.5	1.9
	A	Predicted	23.5	19.3	17.9	19.4	17.7	16.8	16.0	9.5	<2.5**
	B	Measured	-	25.0*	27.0*	26.0*	23.0*	13.5	8.6	1.1	1.5

* Data when vehicle is immovable

** Unable to predict on the graph

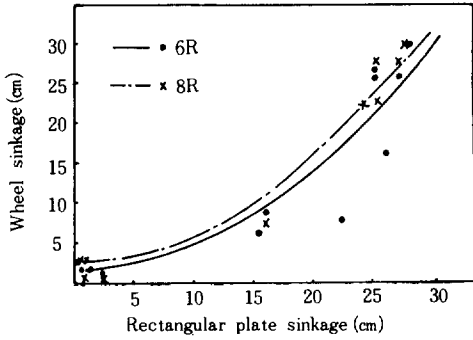


Fig. 8 Relationship between rectangular plate sinkage and rubber wheel sinkage in the field II.

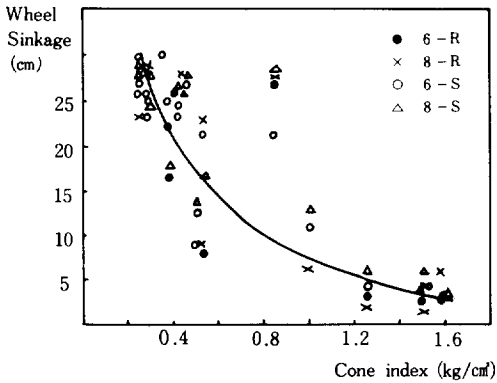


Fig. 9 Relationship between cone index and wheel sinkage in the field I.

는 6 마력과 8 마력 耕耘機와 車輪間에 差異가 없었으며 슬립율은 6 마력 鐵車輪과 8 마력 耕耘機 間에 差異를 나타냈으나 고무륜에서는 有意性이 없었다. 表 6 은 슬립에 對한 檢定 結果이다.

田中은 圓錐線圖上에서 트랙터의 車輛指數로 부터 垂直線을 그어 圓錐線圖와의 交點을 求하면 그 交點

이 트랙터의 沈下量이 된다고 報告하였다. 表 7 은 供試耕耘機의 可動性 指數이며, 表 8 은 圃場 I 과 圃場 II 의 圓錐線圖에서 田中의 方法을 利用하여 豫測한 車輪沈下量을 서로 比較한 것이다. 이 表에 의하면 耕耘機가 走行不能 狀態에서만 豫測值가 비슷하였고, 그 外의 境遇에는 相當한 값의 差異를 나타내었다. 이같은 差異는 耕耘機와 같은 二輪 車輪에 對한 車輛指數를 求하는 方法에 있어서 問題點이 있기 때문이라고 思料된다.

그림 9 는 圃場 I 에서 圓錐指數(2cm)와 車輪의 沈下量間의 關係를 나타낸 것이다. 表 9 는 圃場 I 과 圃場 II 에 있어서 圓錐指數와 車輪沈下量間의 回歸方程式을 나타낸 것이다. 이 表에 의하면 모든 境遇에 있어서 1% 以上の 有意性이 있으므로, 車輪의 沈下量을 圓錐指數로도 豫測할 수 있다고 思料된다.

그림 10 은 슬립율과 沈下量間의 關係를 나타낸 것으로서, 슬립율이 30% 以內의 範圍에서는 같은 슬립율에 있어서 鋤 차륜의 沈下量이 고무차륜의 沈下量보다 큰 값을 나타내고 있다. 車輪의 슬립율과 鋤 하량의 關係를 函數式으로 나타내면 表 10 과 같다.

한편 고무차륜과 鋤차륜 間에는 走行性의 差異가 있었는데 고무차륜의 境遇 沈下가 20cm를 넘으면 車輪이 空回轉을 하였다. 이 때 엔진 回轉速度의 減少量은 20~40 rpm 정도였다. 반면에 鋤차륜은 큰 沈下에서도 슬립을 일으키며 走行할 수 있었는데 車輪에 흙이 많이 달라붙었을 때는 엔진 回轉速度가 크게 減少하였다. 鋤차륜이 走行不能이 된 경우는 엔진이 必要한 토오크를 發生하지 못한 경우였다. 이와 같은 差異는 고무차륜이 地表走行(surface crossing)을 하는데 비하여 鐵車輪은 地表下走行(sub-surface crossing)을 하는 것과, 鐵車輪이 고무車輪보다 半徑이 7cm 정도 커서 車體와 地表와의 間격도 그만큼

Table 9 Regression equations between cone index and wheel sinkage

Field	Treatment	Equation	r	F
I	6 S	$Z = 7.79 CI^{-1.10}$	-0.903	70.6
	8 S	$Z = 8.49 CI^{-1.04}$	-0.867	42.1
	6 R	$Z = 5.18 CI^{-1.24}$	-0.960	201.0
	8 R	$Z = 5.46 CI^{-1.47}$	-0.876	29.6
II	6 S	$Z = 6.20 CI^{-1.47}$	-0.893	62.8
	8 S	$Z = 10.3 CI^{-1.04}$	-0.810	26.7
	6 R	$Z = 5.59 CI^{-1.64}$	-0.947	104.9
	8 R	$Z = 4.93 CI^{-0.93}$	-0.929	63.0

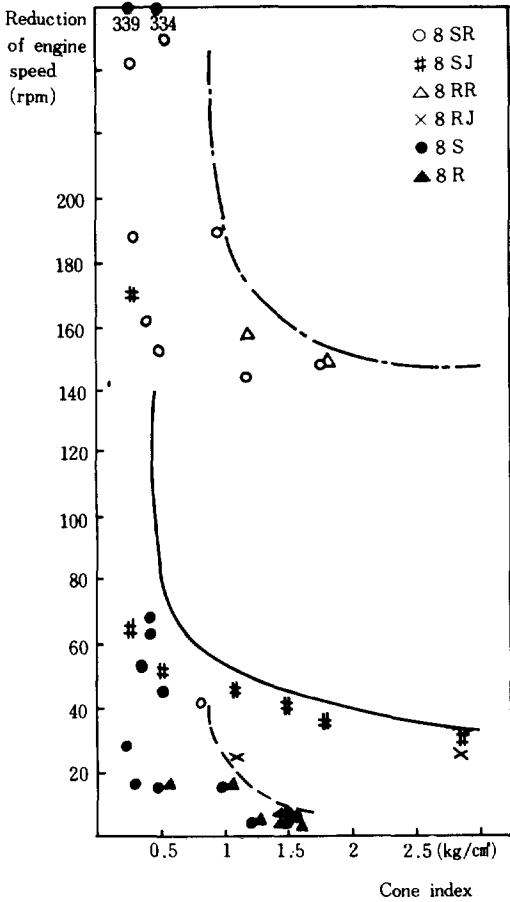


Fig. 13 Relationship between cone index and reduction of engine speed under the various loading conditions.

종류에 관계없이 같은 傾向과 비슷한 값을 나타내고 있으므로 이 結果를 8 마력과 6 마력 動力耕耘機 각각에 대하여 車輪이나 作業종류에 관계없이 차륜의 침하량과 평판침하량간의 回歸方程式을 구하면 다음과 같다.

$$Zw = 4.2 + 0.032 Zp^2 \quad (9)$$

$$Zw = 3.0 + 0.033 Zp^2 \quad (10)$$

이 회귀방정식은 高度의 有意性이 있으므로 작업 중인 耕耘機 車輪의 침하량도 平板沈下量에 의하여 豫測될 수 있다고 思料된다. 또한 (9)식과 (10)식의 係數는 表 5에 나타난 走行中인 경우의 회귀방정식의 係數와 비슷하게 나타났는데 이것은 無負荷 走行中인 경우에 비하여 쟁기나 로우터리 作業中에 沈下가 크게 增加하지 않음을 의미한다.

또한 土壤의 圓錐指數가 1.0 kg/cm^2 以下에서는 耕耘機 손잡이를 두명이 支持하지 않는한 모든 作業이 不可能 했으며 1.0 kg/cm^2 以上에서는 耕深 15 cm , 耕幅 25 cm 정도의 作業이 可能하였다.

그림 13은 8 마력 耕耘機에 있어서 土壤의 圓錐指數에 따른 엔진 回轉速度의 減少를 나타낸 것이다. 그림에서 一點鎖線은 로우터리 作業, 實線은 쟁기 作業, 破線은 鐵車輪으로 無負荷 走行時 엔진 回轉速度의 減少傾向을 나타낸 것이다.

圓錐指數가 0.7 kg/cm^2 以下에서는, 쟁기 作業도 큰 엔진 回轉速度의 減少를 보였다. 이것은 無負荷 走行時에서와 마찬가지로 牽引負荷에 의한 엔진 回轉速度의 減少보다는 구름抵抗을 이기기 위한 것으로 判斷된다. 圓錐指數가 0.7 kg/cm^2 以上에서는 쟁기 作業時 엔진 回轉速度 減少가 점점 작아져서 2.5 kg/cm^2 以上에서 부터는 減少가 一定하였다.

2) 로우터리 耕耘의 作業可能性

로우터리 耕耘은 엔진의 動力을 많이 消耗하는 驅動 作業으로서 로우터리 날이 토양을 切削할 때 생기는 推進力에 의하여 車體가 進行하여 車輪에서 要求되는 驅動力은 거의 없으며 境遇에 따라서는 車輪이 밀려간다고 報告되어⁹⁾ 왔다. 그러나 연약지에서 實際로 로우터리 作業을 한 結果 相當한 量의 슬립이 發生하였는데 그 理由는 土質이 軟弱한 狀態에서는 로우터리 날에 의한 土壤의 推進力이 未備한데 비하여 沈下에 의한 車輪의 구름抵抗이 커서 車輪에서 要求되는 驅動力이 크기 때문에 思料된다.

圓錐指數가 1.1 kg/cm^2 以上이 되면서 부터 耕深 調整이 可能하여 低速 1段 軟弱 狀態에서 耕深 15 cm 로 作業을 하였다. 그림 13에 의하면 土壤硬度가 증가됨에 따라서 로우터리 作業에 의한 엔진 回轉速度 減少가 一定해져서 圓錐指數 2.5 kg/cm^2 以上에서는 沈下와 슬립이 顯著히 줄어든 狀態에서 安定된 作業을 할 수 있었다. 또한 이 그림에서 破線을 보면 圓錐指數 1 kg/cm^2 以上에서는 走行時 엔진 回轉速度 減少가 急激히 줄고 있다. 따라서 이 以上の 範圍에서 作業을 하면, 차륜의 深下에 의한 動力損失을 줄일 수 있을 것으로 思料된다.

고무륜으로 軟弱地에서 로우터리 作業을 한 結果 圓錐指數 1.0 kg/cm^2 以下에서는 走行不能이 되었다.

5. 結論

본 實驗은 低濕踏 軟弱地에서 走行性을 評價, 豫

測할 수 있는 방법을檢討하기 위하여 遂行되어졌다. 土壤을 固結狀態에서부터 乾燥시켜가면서 動力耕耘機 6馬力과 8馬力에 대해 土壤의 物理性を 위주로 走行性能 및 作業可能性에 對해 研究가 遂行되어졌으며 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

가. 水稻圃場에 있어서 平板沈下量과 接地壓의 關係를 兩對數그래프에 나타내면 耕盤附近에서 뚜렷하게 기울기가 변함을 알 수 있었으며, 平板沈下量과 圓錐指數 및 含水率과 剪斷抵抗의 關係는 $y=ax^b$ 의 函數式으로 表示되었다.

나. 無負荷 走行時나 作業中에 있어서 耕耘機 車輪의 沈下量은 土壤의 圓錐指數나 平板沈下量과 高度의 有意성이 있는 相關關係를 가지고 있으므로 圓錐指數나 平板沈下量에 의하여 耕耘機 車輪의 沈下量을 豫測하는 것이 가능하며 平板沈下量에 의한 方法이 圓錐指數에 의한 方法보다 더 높은 r값을 갖는 것으로 나타났다.

다. 圓錐指數 $1.0\text{kg}/\text{cm}^3$ 以下(平板沈下量 15cm 以上)의 土壤에서는 모든 作業이 不可能한 것으로 나타났다으며, 쟁기 作業은 $2.5\text{kg}/\text{cm}^3$ (平板沈下量 5cm 以下) 로우터리 作業은 $2\text{kg}/\text{cm}^3$ (平板沈下量 10cm 以下) 이상의 土壤에서 슬립과 침하량 및 엔진回轉速度의 減少量이 顯著하게 減少하였다.

參 考 文 獻

1. 江崎春雄, 澤村篤, 上野正實. 1982. 自脱コンバイン接地部 模型による 接地壓と 沈下舉動に關する 研究. 日本 農機誌 43(4): 533-540
2. 吉田勲. 1970. Bekker式による 沈下量算出法. 日本農機誌 32(3): 237-241
3. 田中考, 西村功, 東富夫. 1967. 水田におけるトラクタの 走行性 判定に 關する 實驗結果の 總括的 考察. 日本農機誌 29(1): 45-49
4. 오성근, 안영우, 조영길, 류관희, 조성찬. 1982. 포장조건의 차이가 농용트랙터 작업성능에 미치는 영향. 農事試驗報告書
5. 車均度, 延光錫. 1976. 논에서 牽引力 增加를 爲한 動力耕耘機 鐵車輪의 改良에 關한 研究. 忠北大學論文集 第十輯: 244-252
6. 芝野保德. 1970. 小型トラクタの 驅動性能に 關する 研究(第二報). 日本農機誌 32(2): 87-95
7. 横山偉和夫, 我妻幸雄, 並河清, 三浦靜五. 泥炭地水田におけるトラクタの 走行性 豫知に 關する 試驗. 日本農機誌 31(2): 93-98
8. Bekker, M.G. 1960. Off-the-road Locomotion. Univ. of Michigan Press.
9. Bekker, M.G. 1969. Introduction to terrain vehicle systems. Univ. of Michigan Press.
10. Freitag, D.R. 1968. Penetration tests of soil measurements. Trans. ASAE 12:750-753.
11. Karafiath, L.L. and Nowatzki, E.A. 1978. Soil Mechanics for off-road vehicle engineering. Trans. Tech. Publications.
12. Kus, M.Y. Kohada, S. Yagi and K. Seyma. 1966. Studies on trafficability, tractive and rotary tilling performance of tractor. Tech. Report. Inst. of Agr. Machinery Omiya. Japan.
13. Rush, E.S. 1968. Trafficability tests with a two-wheel drive industrial tractor. Trans. ASAE 12:7-782.