

土壤水分과 硬度가 動力耕耘機의 牽引性能에 미치는 影響

Effects of the Soil Moisture and Hardness on the Drawing Performance of a Two-Wheel Tractor.

朴 虎 錫* 車 均 度*
Park, Ho Seok · Tsah, Kyun Doh

Summary

This experiment was conducted in order to find out the drawing performance of a two-wheel tractor under different levels of the soil moisture and hardness, so as to obtain some basic data for improving their drawing performances. With fairly homogeneous soil, 5 levels of soil moisture contents (8, 13, 17, 20 and 23%) and 3 levels of soil hardness (0, 2 and 4kg/cm²) were selected for this experiment.

The summarized results are as follows;

1. The draft force, on the hard soil (hardness; 4kg/cm²), had a distinct tendency to decrease with the increasing soil moisture. On the medium soil (hardness; 2kg/cm²) and the soft soil (hardness; 0kg/cm²), the draft force showed the highest when the moisture contents were within the range of 16~19%. But the maximum draft force, on the soft soil, was higher than that on the medium soil by 10%.

2. The driving axle torque increased with increasing draft force.

3. The values of horizontal distance between the soil reaction point and axle shaft were within the range of 0~10cm, and it had the tendency to increase with the increasing soil moisture. Also, its value was the largest on the hard soil and the smallest on the soft soil.

4. The tractive efficiency decreased with the increasing soil moisture. On the hard soil, the average value of tractive efficiency was higher than that on the medium soil by 19.0%, and that on the soft soil was lower than that on the medium soil.

5. The traction ratio were within the range of 30~45%, and their changing tendency with respect to the soil moisture was similar to that in the case of the draft force.

6. The travel resistance ratio tended to increase with increasing soil moisture, and the highest value was found on the soft soil, and the lowest on the hard soil.

*忠北大學 農工學科

1. 緒 言

動力耕耘機는 1950年을 前後하여 日本에서 歐美的 가든 트랙터를 模倣하여 小規模 農作業에 알맞도록 改良한 一種의 步行用 트랙터를 意味하는 것으로 搭載엔진出力에 依하여 走行과 同時に 附着되는 作業機의 種類에 따라서 耕耘運搬, 碎土, 揚水, 脫穀, 藥劑撒布, 中耕除草等 多方面의 農作業이 可能的 營農機械이다.

한 편 動力耕耘機는 엔진軸에서 直接 動力을 取出하여 利用하는 揚水, 脫穀等과 같은 作業을 除外하고는 大部分의 作業이 土壤에 接하는 走行裝置에 依하여 이루어지며 特히 現在 動力耕耘機의 利用上 가장 重要視되는 運搬 및 犁耕作業에서는 動力耕耘機의 驅動輪과 土壤사이에서 發生되는 牽引力에 依하여 이루어진다. 따라서 土壤과 動力耕耘機의 牽引性能과는 大端히 密接한 關係를 가지게 된다.

또한 土壤은 一般的으로 塑性 傾向을 지니고 있고 表層에서는 壓縮性이며, 特히 農用 土壤은 砂質土에서 粘質土에 이르는 그 種類가 多樣하고 土質이 均一하지 못한다. 土壤의 水分과 硬度的 變化에 따라 그 物理的 性質이 크게 變化됨으로써 動力耕耘機의 牽引性能에도 土壤水分과 硬도가 큰 影響을 미칠것으로 생각된다.

따라서 本 研究는 이러한 點에 着眼하여 實際 現場 測定이 어려운 諸 土壤常數中 測定이 容易한 含水率과 硬도로 大別하여, 이 含水率과 硬度的 增減에 따르는 動力耕耘機의 牽引性能의 變化를 考察하여 動力耕耘機의 牽引性能向上을 爲한 基礎 資料를 얻고자 하였다.

2. 研究史

農用 車輛의 性能은 全的으로 그의 牽引性能 如何에 달려있기 때문에 農業에 車輛이 本格的으로 利用되기 始作한 1920年代 後半에 E.C. Mckibbon에 依하여 最初로 實質的인 牽引性能에 對한 研究가 始作된 後, 1956年 M.G. Bekker에 이르러 本格的인 牽引理論의 體系가 定立되면서 많은 研究가 進行되어 왔다.

그러나 大部分의 研究가 牽引性能의 一般的 理論을 數式化했거나, 實際 트랙터 性能測定으로 限定된 牽引試驗이 많았다.

普通 牽引力 P 는 다음 式으로 表示된다.

$$P = H - R \dots\dots\dots(1)$$

H ; 車輪의 驅動力 (kg)

R ; 走行抵抗 (kg)

여기서 牽引性能에서 가장 問題視되는 走行抵抗은 嚴格히 말해서 車輪의 加速抵抗, 구름抵抗, 動力傳達系 內部的 損失抵抗, 空氣抵抗等的 各種 抵抗要因이 相乘複合된 總 抵抗을 意味하나 이러한 各種 抵抗의 理論的 解析이 어렵고, 또한 理論과 實際가 顯著하게 다르므로⁽⁸⁾⁽¹¹⁾⁽¹⁵⁾ 本 研究에서는 試驗의 混雜을 避하고자 仔細히 다루지 않았음을 밝힌다.

農用 車輪에서 牽引力이 發生되는 理論을 Liang⁽⁶⁾은 트랙터 타이아의 中心部에서 牽引力이 發生되고, 車輪荷重이 變化됨에 따라서 牽引力과 土壤 剪斷力이 타이어 러그(tire lug)의 上端과 兩面에서 土壤이 壓迫을 받는 方向으로 發生된다는 것을 實驗을 通하여 밝혔다.

守島⁽¹⁰⁾는 車輪의 미끄럼 現象에 따라 車輪에 依한 土壤의 變形과 應力에 依하여 牽引力이 發生되는 것으로 보고 各種 牽引性能을 牽引力과 進行低下率에 依하여 理論的으로 表示하였으며

Onafeko⁽¹¹⁾는 車輪에 依한 土壤 剪斷力에 依하여 牽引力이 發生된다고 하였다.

그러나 이러한 것들이 理論的인 解析方法의 差異 때문에 說明的 表現을 달리했을 뿐 本質的으로는 同一한 것이었다.

土壤條件과 牽引力에 對한 理論式은 普通 土質力學의 Coulomb의 法則을 適用한 Bekker氏 式⁽⁴⁾

$$P = AC + W \tan \phi \left\{ \left(\frac{2}{n+1} \right) \left(\frac{Kc + bk\phi}{n} \right) \frac{W}{2l} \right\} \dots(2)$$

P : 牽引力 (kg)

A : 車輪의 接地面積 (\ln^2)

l : 接地길이 (in)

b : 接地幅 (in)

W : 機體重量 (Lb)

n : 驅動輪 沈下係數

$\tan \phi$: 土壤의 內部摩擦角

C : 粘着力 (Lb/in^2)

Kc : 土壤變形 粘性係數 (Lb/in^{n+2})

$K\phi$: 土壤變形 摩擦係數 (Lb/in^{n+1})

이 一般的으로 使用되어 왔다.

그러나 增田⁽⁹⁾은 土壤에서 Kc , $K\phi$, n , C , $\tan \phi$ 와 같은 物理的 土質常數의 測定이 어렵고, 實際 土壤에서는 車輪의 接地壓, 接地面積, 接地長, 接地幅 그리고 接地壓의 分布等이 一定하지 않으므로 理論

式的 實際 適用이 不適合함을 說明하였다.

Wong⁽¹²⁾ 등은 剛體車輪下에서의 土壤 流動現象이 從前에 接地面을 板床으로 假定한 境遇와는 全혀 다른 3次元의인 方向으로 車輪의 림(rim)에 依하여 流動現象이 發生됨에 따라서 板床假定理論式이 適用될 수 없음을 밝혔다.

이러한 理論的 基礎에서 볼 때, 實際牽引性能의 豫測은 주어진 車輛의 諸元 卽, 機體重量, 驅動力, 走行裝置等과 土壤質의 關係에서 나타나는 牽引力, 進行低下, 沈下, 走行抵抗等에 關한 相互關係를 分析함으로써 이루어질 수 있다.

William⁽¹⁴⁾ 등은 트랙터의 牽引性能을 美國 全域에서 土質別로 試驗하여, 콘크리트路面, 이 가장 性能이 優秀하고, 다음으로 畝路面 Adobe soil, 南部平原, 北部平原, corn belt, 畚, Arizona disk ground類이고 가장 낮은 곳이 6 in 두께의 霜面이 었음을 밝혔다.

또한 芝野⁽¹²⁾는 牽引力, 驅動輪 荷重, 驅動輪 托-크 走行速度, 驅動輪 回轉速度를 基本 測定量으로 하여 牽引性能을 總括하여 表示하고 實際耕地와 路面에서 試驗하여 路面에서 進行低下率이 25% 耕地에서 30%일 때 牽引係수가 最大가 되고, 牽引効率は 路面에서 9%, 耕地에서 17%일 때 最大가 됨을 試驗을 通하여 밝혔다.

伊藤⁽⁹⁾ 등은 驅動中の 車輛動力을 一定하게 하고 一定 距離를 前進하는 동안에 車輛의 速度變化를 測定하여 구름抵抗의 最終 結果인 沈下量의 增減에 對하여 考察한 結果, 구름抵抗 係數는 車輛의 前進速度의 自乘에 比例하여 增加하며 速度와 沈下와의 關係는 進行低下가 적을 때는 2次 曲線的이 되고, 進行低下가 크면 直線的인 傾向을 가진다는 것을 밝혔다.

한 편, Kisu⁽⁹⁾는 土壤의 物理的 特性을 測定하기 容易한 SR-2型 土壤抵抗 測定器를 考案하여, 이에 依하여 測定된 土壤의 剪斷抵抗과 摩擦抵抗 및 貫入抵抗의 各 垂와 牽引性能을 比較 檢討하여 이러한 各種 土壤 抵抗值가 增加함에 따라 牽引力도 增加된다고 하였다.

3. 理論解析

本 試驗의 理論數式을 誘導하기 爲하여 驅動輪에 動力을 提供하는 機體部分과 土壤에 接하는 回轉體인 驅動輪部分으로 分離하여 考察하면 等速으로 水平前進하고 있는 機體에 作用하는 힘의 自由體線圖

는 Fig. 1과 같다.

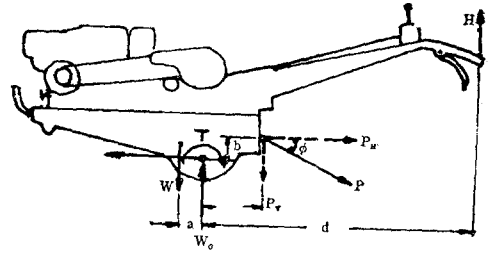


Fig. 1. The forces on a two-wheel tractor body

여기서 機體重量을 W , 驅動輪反力을 W_0 , 핸들部 支持力을 H , 驅動輪 托-크를 T , 斜向 牽引力을 P , 牽引垂直分力을 P_v , 水平分力을 P_h , 牽引角을 ϕ 라 하고 驅動輪을 中心으로 各 힘의 作用線까지의 距離를 各各 a, b, c, d 라 하여 W_0 와 T 를 求하면 다음과 같다.

$$W_0 = W + P_v - H \dots\dots\dots(3)$$

$$(\text{但 } P_h = P \cos \phi, P_v = P \sin \phi)$$

$$T = W \cdot a + H \cdot d - P_h \cdot b - P_v \cdot c \dots\dots\dots(4)$$

또한 回轉部인 驅動輪은 Fig.2에서 驅動輪 荷重을 W_0 , 土壤反力의 垂直分力을 N , 水平分力을 F , 驅動輪 半徑을 r , 有效半徑을 r_0 , 土壤反力의 作用點을 A 라 하고 點 A 와 驅動輪 垂線사이의 角을 θ , W_0 와 A 사이의 距離를 e 라 하면 前進力 $\frac{T}{r}$ 는 다음과 같이 求할 수 있다.

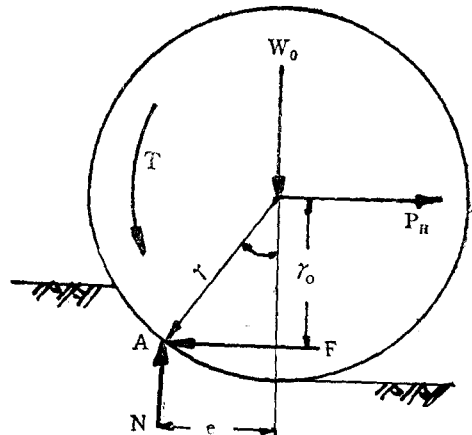


Fig. 2. The forces acting on a driving wheel.

$$T - W_0 \cdot e - P_h \cdot r_0 = 0$$

$$T - W_0 \cdot r \cdot \sin \theta - P_h \cdot r \cos \theta = 0$$

(但 $e=r\sin\theta$, $r_o=r\cos\theta$)

$$\therefore \frac{T}{r} = W_o \sin\theta + P_h \cos\theta \dots \dots \dots (5)$$

(5)式을 三角函數의 sin合成에 依하여 e 를 求하면 다음과 같다.

$$\sqrt{W_o^2 + P_h^2} \left(\frac{W_o}{\sqrt{W_o^2 + P_h^2}} \sin\theta + \frac{P_h}{\sqrt{W_o^2 + P_h^2}} \cos\theta \right) = \sqrt{W_o^2 + P_h^2} (\sin\theta \cos\alpha + \cos\theta \sin\alpha)$$

$$\therefore \sin(\theta + \alpha) = \frac{T}{r \sqrt{W_o^2 + P_h^2}}$$

(但 $\tan \alpha = \frac{P_h}{W_o}$)

$$\theta = \sin^{-1} \frac{T}{r \sqrt{W_o^2 + P_h^2}} - \tan^{-1} \frac{P_h}{W_o}$$

$$\therefore e = r \sin\theta$$

$$= r(\cos\alpha \sin\beta - \sin\alpha \cos\beta)$$

$$= \frac{1}{\sqrt{W_o^2 + P_h^2}} \left[W_o T - P_h \sqrt{r^2 (W_o^2 + P_h^2) - T^2} \right] \dots (6)$$

(但 $\sin\alpha = \frac{P_h}{\sqrt{W_o^2 + P_h^2}}$, $\sin\beta = \frac{T}{r \sqrt{W_o^2 + P_h^2}}$)

한 편 走行抵抗 R 는 다음 式으로 求해진다.

$$R = \frac{T}{r} - P_h \dots \dots \dots (7)$$

4. 試驗材料 및 方法

가. 材料

本 試驗에 使用된 機械 器具 및 圃場은 다음과 같다.

1) 動力耕犁機는 大同工業(株)에서 生産된 K8B, DT-85型으로 試驗前 總 使用時間이 約 40時間인 機體重量 290kg(燃料, 冷却水 및 潤滑油 包含) 크기 230×72×92cm(LHB), 排氣量 667cc, 타이어 壓力 1.5kg/cm²이고 엔진出力은 Prony brake로 實測한 結果 Table 1과 같다.

Table 1. Output for a two-wheel tractor engine teted. (unit:ps/rpm)

item	maker indication	obtained value
maximum	11.0/2, 200	8.8/2, 000
normal	8.0/2, 000	6.0~7.0/1, 400 ~1, 800

2) 牽引動力計는 從前에 使用되어 오던 日本 關東 東山農業試驗場에서 製作된 引張 스프링式 畜力用 牽引動力計의 缺點을 補完하여 Fig. 3과 같은 壓縮 스프링式으로 考案製作하여 그 示度를 死荷重으로 檢定한 結果는 Fig. 4에 圖示한 바와 같다.

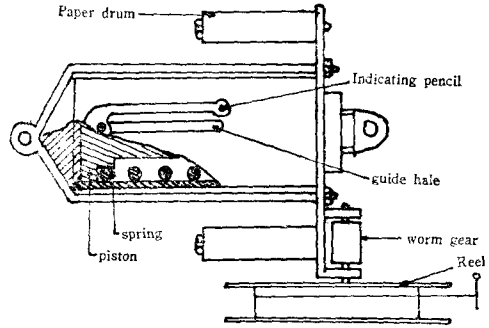


Fig. 3. The draft dynamometer.

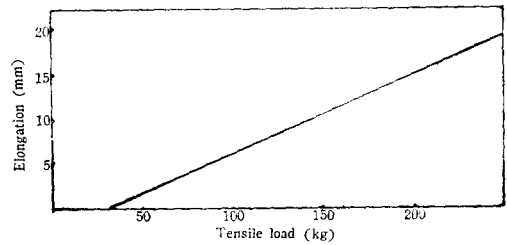


Fig. 4. Calibration chart for draft dynamometer.

3) 含水率 測定은 dry oven을 使用하여 $\frac{W - W_0}{W_0} \times 100(\%)$ 로 表示하였다.

(W_0 : 흙의 總重量, W_1 : 흙의 乾燥重量)

4) 硬度計는 容量 0~5kg/cm², 感度 0.5kg/cm²인 hand penetrometer를 使用하였다.

5) 其他 240×120×0.2cm(LBT)의 鐵板을 牽引負荷裝置로 使用하였고 土壤의 硬度 調節을 爲한 다짐 로-라, 土質試驗器具等이 使用되었다.

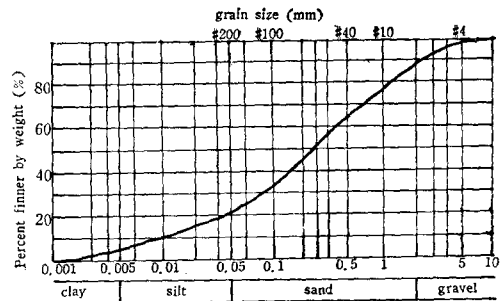


Fig. 6. The grain size accumulation curve.

6) 圃場은 地面이 水平하고 土質이 大體的으로 均一한 砂土로 KSF 2032⁽¹⁾에 依한 試料의 硬度分析 結果는 Fig. 5와 같다.

나. 方法

圃場에서 含水率과 硬度的 變化는 任意的 含水率 下에서 硬도를 變化시키는 方法으로 한 結果, 含水率은 8, 13, 17, 20 및 23%의 5個 區間에서, 硬도는 0, 2 및 4kg/cm²의 3個 區間에서 各各의 牽引力을 測定하였다.

여기서 硬도가 0 kg/cm²인 境遇는 本 試驗에 使用된 硬度計의 容量으로는 測定될 수 없음을 말하는 것으로 硬도가 全혀 없다는 것은 아니다.

또한 牽引速度는 牽引負荷重을 加減하여 畜力犁 耕作時의 平均 牽引速度인 0.4±0.05m/sec가 되도록 하였다.

牽引力의 測定은 動力耕機의 뒷퀴部와 牽引負荷裝置 사이에 牽引動力計를 連結하여 動力耕機의 進行距離에 依하여 牽引力이 牽引動力計의 記錄紙上에 自動 記錄되게 하는 方法으로 引擎回轉速度를 最大로 했을 때의 前進距離, 驅動輪 回轉數, 軋들部 支持力을 測定하고 牽引力은 記錄紙에서 求積器에 依하여 平均 牽引力을 얻었다.

이상의 方法으로 얻은 結果로 第3章의 理論式에 依하여 各各의 牽引性能 값을 求하였다.

自動記錄 測定된 牽引力의 例는 Fig. 6과 같다.

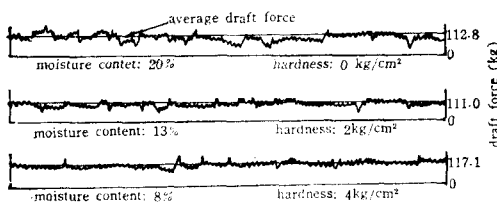


Fig. 6. Examples of the recorded draft forces.

5. 結果 및 考察

前述한 바와 같은 方法으로 試驗한 結果 各種 牽引性能은 다음과 같다.

가. 牽引力

牽引力은 牽引性能을 表示하는 가장 代表的인 要因으로 含水率 變化에 따른 硬度別 牽引力은 Fig. 7과 같다.

그림에서 보는바와 같이 硬質土(4kg/cm²)에서는 含水率의 增加에 따라 直線的인 傾向으로 減小되었으나 普通土(2kg/cm²)와 軟質土(0kg/cm²)에서는 含水率 16~19%에서 最大가 되고 그 前後에서는 減小되는 現象을 나타내었다.

이러한 傾向은 硬質土에서는 土壤水分이 表層에서 驅動輪 타이어나 土壤間의 摩擦을 줄여 주는 潤滑作用을 일으키기 때문인 것으로 생각된다.

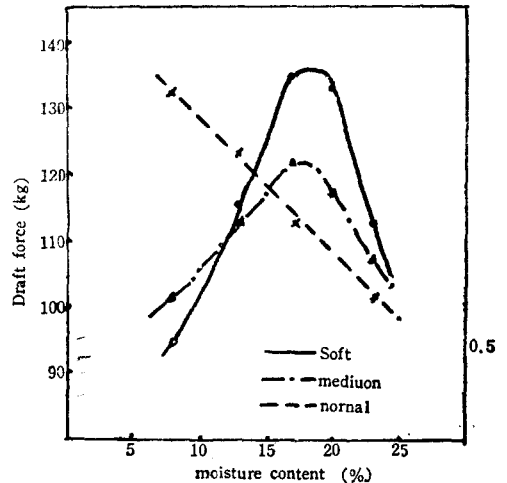


Fig. 7. Relation of the draft forces with soil moisture and hardness.

또한 普通土와 軟質土인 境遇에 含水率이 16~19%에서 牽引力이 最大가 된것은 鴻巢⁽⁹⁾에 依해 報告된 바, 土壤水分이 過大하거나 過小한 境遇에 牽引力은 減小된다는 試驗 結果와 같았다.

이는 Kisu⁽⁹⁾가 土壤의 剪斷抵抗이 增加하면 牽引力도 增加한다는 事實로 미루어 牽引力을 發生하게 하는 土壤 剪斷抵抗⁽⁸⁾이 土質에 따라 差異는 있으나 普通 15~20%의 含水率에서 最大⁽²⁾가 되기 때문인 것으로 생각된다.

그런데 13~23%의 含水率에 硬도가 큰 普通土보다 軟質土가 큰 牽引力을 낼 수 있었던 原因은 驅動輪의 타이어나 리그가 土壤을 壓迫하면서 密着됨에 따라서 土壤 剪斷抵抗을 크게 얻기 때문에 이러한 驅動輪이 土壤에 貫入하는 深度가 적었 대普通土보다 軟質土가 큰 牽引反力을 얻은 때문이라 생각된다.

한 편 大體的인 牽引力이 95~135kg으로 機體自重이나 引擎出力에 比하여 低調한 水準에 있었던 原因은 本 試驗의 供試土壤이 Fig. 5에서와 같이 모래가 많이 含有된 砂土로서 큰 牽引力을 얻는데 必要

한 土壤의 剪斷抵抗이 粘質土 보다 적은 때문이라 생각되며, 따라서 粘質土에서는 本試驗值보다 큰 牽引力을 얻을 수 있을 것으로 思料된다.

나. 驅動軸 토크 및 핸들部 支持力

(3)式에 依하여 얻은 驅動軸 토크와 핸들部 支持力の 土壤條件과의 關係는 各各 Fig. 8, Fig. 9와 같다.

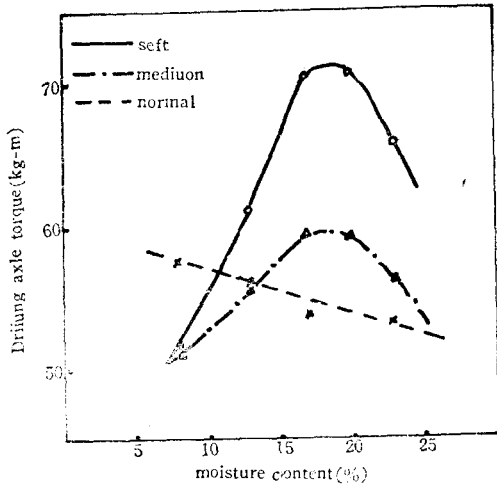


Fig. 8. Relation of the driving axle torques with soil moisture and hardness.

驅動軸 토크는 牽引力을 發生시키는 原動力으로서 大體로 牽引力의 增加에 따라 比例하여 增加⁽¹²⁾되므로 Fig. 7의 牽引力의 境遇와 비슷한 傾向을 나타내었다.

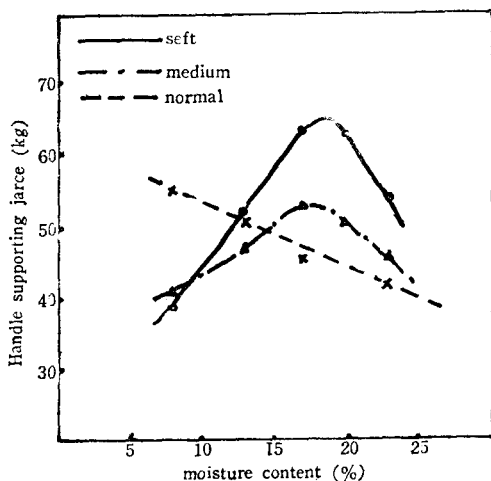


Fig. 9. Relation of the handle supporting forces with soil moisture and hardness.

또한 핸들部 支持力の 變化亦是 (3)式에서 W_0 가 大略 近似한 값을 가지게 되므로 牽引力의 變化와 같은 樣相을 나타내었다.

다. 土壤 反力點의 位置

Fig. 2에서 驅動軸線과 反力點 A間的 水平距離 e 는 (6)式에 依하여 求하고 Fig. 10에 圖示하였다.

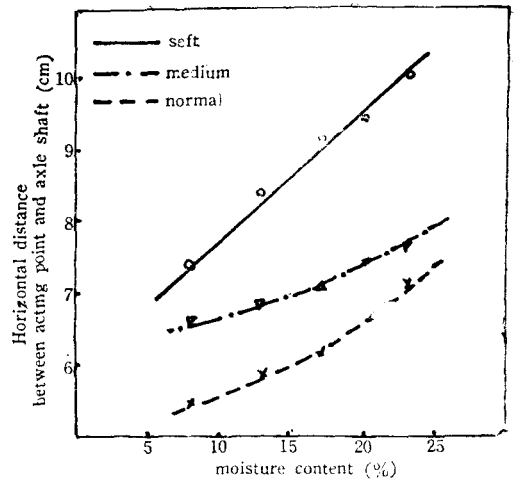


Fig. 10 Relation of the horizontal distance between soil reaction point and axle shaft soil moisture and hardness.

여기서 含水率과 硬度 變化에 따른 값의 變化는 實際 走行抵抗 R 가 驅動輪의 沈下量과 密接한 關係를 가지기 때문에 이를 分離하여 考察되어야 하나, 本 試驗에서는 全體의으로 表示하였기 때문에 그 說明이 困難하나 引擎 出力을 最大로하고 牽引速度를 大略 一定하게 한 條件下에서 說明하고자 했다.

그림에서 各 硬度에서 共히 含水率의 增加에 따라 e 값도 增加되었음은 車輪의 前進를 妨害하는 進行低下나 走行抵抗이 크다는 것을 알 수 있다.

라. 各種 效率 및 係數

1) 牽引效率

牽引率 η 은 驅動軸 入力이 얼마의 出力을 發揮하였는가 하는 牽引性能을 表示하는 實質的인 因子로서

$$\eta = \frac{P_{HP}}{D_{HP}} \times 100(\%) \dots\dots\dots(8)$$

$$驅動馬力 D_{HP} = \frac{2\pi TN}{4500} (ps)$$

N ; 驅動輪 回轉速度(rpm)

에 의하여 求하고 그 結果는 Fig. 11(A)와 같다.

그림에서 보는 바와 같이 牽引効率は 含水率의 增加에 따라 減小하였고 이러한 結果는 增田(8)이 土壤의 貫入抵抗이 클 수록 牽引効률도 增加한다는 것과 같다.

여기서 平均 牽引効率は 普通土를 基準으로 하여 硬質土는 19.0%가 높고 軟質土는 7.3%가 적었다.

또한 含水率 16~19%에서 軟質土가 普通土 보다 牽引力은 컸으나 効率が 적은 것은 驅動軸 토크가 走行抵抗으로 많이 소비되었음을 알 수가 있다.

2) 牽引係數

牽引係數 μ 는

$$\mu = \frac{P_h}{W_o} \times 100(\%) \dots\dots\dots(9)$$

에 의하여 求하여 Fig. 11(B)에 圖示하였다.

여기에서도 驅動軸 토크의 境遇에서와 같이 W_o 가 大體로 一定하므로 牽引力의 變化 樣相과 類似하였다.

3) 走行抵抗 係數

走行抵抗 係數 ρ 는

$$\rho = \frac{R}{W_o} \times 100(\%) \dots\dots\dots(10)$$

에 의하여 求한 結果는 Fig. 11-C와 같다.

여기에서도 亦是 Fig. 10의 e 와 R 가 正의 回歸關係를 가지므로 e 값의 變化와 類似的한 傾向을 보이고 있으며, 大體로 走行抵抗은 含水率의 增加에 따라 增加되었고 硬質土에서 走行抵抗 係數가 가장 적었음은 牽引性能이 優秀함을 뜻한다.

本 試驗을 通하여 發見된 몇가지 問題點은 走行抵抗과 e 값의 動輪沈下와의 關係, 含水率과 硬도에 對한 牽引力의 數式化, 그리고 進行低下에 따른 牽引性能의 變化와 其他 土性의 土質과의 比較等이었고 앞으로 이에 對한 보다 철저한 研究가 要求되었다.

6. 要約

土壤水分과 硬도의 變化에 따른 動力耕機의 牽引性能 考察로서 그의 牽引性能 向上을 爲한 基礎資料를 얻기 爲하여 5種의 含水率과 0(硬도), 2(普通土), 4(硬質土)kg/cm²인 砂土에서 自動計測되는 牽引動力計를 考案하여 試驗한 結果는 다음과 같다.

가. 牽引力은 硬質土에서는 含水率이 增加함에 따라 直線的인 傾向으로 減小하였으나 軟質과 普通土에서는 含水率 16~19%에서 피크現象을 나타내었다. 그러나 軟質土가 普通土에 比하여 最大 牽引力이 約 10%가 큰 것으로 나타났다.

나. 驅動軸 토크는 牽引力의 增加에 따라 거의 比例的으로 增加되었다.

다. 土壤反力點의 位置는 大體로 5~11cm 範圍에 있었고 含水率의 增加에 따라 큰 값을 가지는 傾向이 있었고, 軟質土에서 그 값이 가장 크고 硬質土에서 가장 적었다.

라. 牽引効率は 含水率의 增加에 따라 減小하였고 平均効率は 普通土에 比하여 硬質土가 19.0%가 높고 軟質土는 7.3%가 低調하였다.

마. 牽引係數는 大體로 30~45% 範圍에 있었고 含水率과 硬도에 따른 變化는 牽引力의 境遇와 같았다.

바. 走行抵抗 係數는 含水率의 增加에 따라 增加되었고 그 값은 軟質土가 가장 컸고 硬質土가 가장

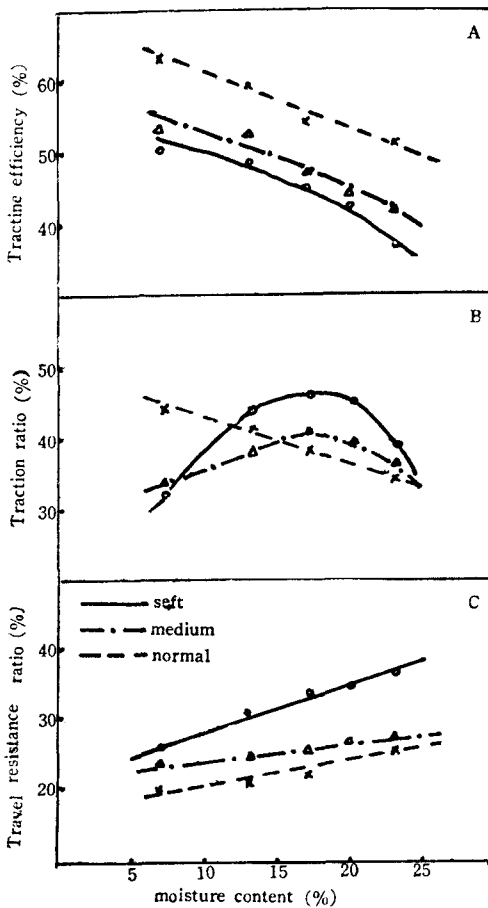


Fig. 11. Relation of the η (A), μ (B) and ρ (C) with soil moisture and hardness.

적었다.

引用文獻

1. Kisu Masayuki. 1972 Soil physical properties and machine performance. Japan Agric. Res. Qual., 6(3) : 151~154
2. 芝野保徳. 1970 小型トラクタの駆動性能に関する研究(第1報). 日本農業機械學會誌, 32(1) : 176-182
3. _____ (第2報). 1970. 日本農業機械學會誌, 32(2) : 87-95
4. 伊藤信孝, 増田正三. 1970 農用車輪のころかり抵抗(第1報). 日本農業機械學會誌, 32(1) : 10-15
5. Onafeko, O. 1969 Analysis of the rolling resistance losses of wheel operating on deformable terrain. J.Agric. Eng. Re., 14 (2) : 176-182
6. William Lamar, Wendel van Syoc. 1968 Predicting tractive performance in various soils, A.E. Dec., pp. 736-737
7. 鄭 昌柱譯. 1968 트랙터 操作法. 大韓教科書(株), pp. 281-311
8. 邊 普燁 譯. 1967 土質力學. 文運堂, pp. 43-45
9. 増田正三, 田中 孝, 笈田 昭. 1967 トラクタのけん引性能と土の強度に関する研究. 日本農業機械學會誌, 29(3) : 119-127
10. Wong, J.Y. 1967 Behaviour of soil beneath rigid wheel. J. Agric. Eng. Res., 12(4) : 257~269
11. 守島正太郎. 1966 トラクタ 動輪の牽引特性とスリップに関する理論的考察. 日本農業機械學會誌, 28(3) : 132~135
12. Liang Jung, Yung Ching. 1966 The Microscopic study of tractive performance of a lugged tire operating on sand. Trans. of the ASAE, 9(4) : 513-515.
13. 増田正三, 梅田重夫. 1963 トラクタ けん引性能に関する研究(第1報). 日本農業機械學會誌, 25(3) : 145-149
14. 田原虎次, 未村純一. 1960 小型トラクタとその利用. 日本農業技術協會, pp. 52~59
15. 日本農業機械學會. 1958 農業機械ハンドブック, p. 546