

러그의 設計要因이 驅動輪下の 土壤反力에 미치는 影響

Effects of Lug Design Factors of Driving Wheel on Soil Reaction

金震顯*, 鄭盛元*, 金昌洙*, 李基明**

J. H. Kim, S. W. Chung, C. S. Kim, K. M. Lee

Summary

Lug design factors of a driving wheel were proved to have a significant effect on its traction. The effects of lug taper angle, lug angle, and lug width were experimentally analyzed.

The results were summarized as follows:

1. Increasing wheel slippage increased the horizontal soil reaction force.
2. Significant improvement of traction was made when lug taper angle was 23 degrees.
3. Excellent traction was obtained in the range of lug angles of 60 to 74 degrees.
4. Lug width in 20 to 30 mm range has no effect on traction.

I. 緒論

驅動타이어의 러그角, 러그幅 등은 走行性能에 큰 影響을 주는 것으로 알려져 있으나¹⁻⁵ 현재 普及되어 있는 農業機械用 타이어는 製作會社에 따라 러그의 規格이 크게 다르다. 러그에 대한 從來의 研究는 주로 實際 타이어에 대한 것으로서 러그의 設計要因들이 모두 複合된 狀態에서 作用되기 때문에 각각의 設計要因들이 走行性能에 미치는 影響을 명확히 究明하는 데에는 어려움이 있었다. 따라서 각각의 設計要因을 獨立의으로 그 特性을 分析하고, 土壤反力에 대한 影響을 해석하여 適切한 러그를 設計할 必要가 있다.

이에 本 研究는 모형실험을 통하여 러그角 및 러그幅과 러그테이퍼角(lug taper angle)들이 土壤反力에 미치는 影響을 밝히고자 하였다.

II. 理論解析

그림 1은 驅動타이어 러그各部의 名稱을 表示한 것이다. 러그테이퍼角 β 는 그림 1의 (a)와 같이 驅動타이어를 側面에서 볼 때 驅動輪의 中心線과 러그側面이 이루는 角이며 러그角은 그림 1의 (b)와 같이 타이어쪽의 中心線과 러그쪽의 中心線이 이루는 角이다.

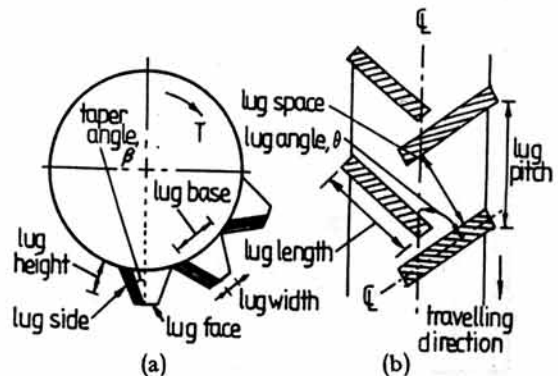


Fig. 1. Tire lug and tread diagram.

* 尚州農業專門大學

** 慶北大學校 農科大學 農工學科

1. 러그테이퍼角에 대한 解析

그림 2는 러그側面이 토양과 接觸하는 동안 土壤反力을 벡터(vector)로 나타낸 것이다. 러그의 水平運動變位는 슬립이 큰 경우(L_1)가 슬립이 작은 경우(L_2)에 비하여 크다. 따라서 슬립이 큰 경우는 러그측면의 水平方向에 대한 토양반력의 水平分力이 커지므로 走行性을 향상시킬 것으로 推定된다. 그림 2의 (a)에서 $\beta = 0^\circ$ 인 경우 토양의 러그側面이 회

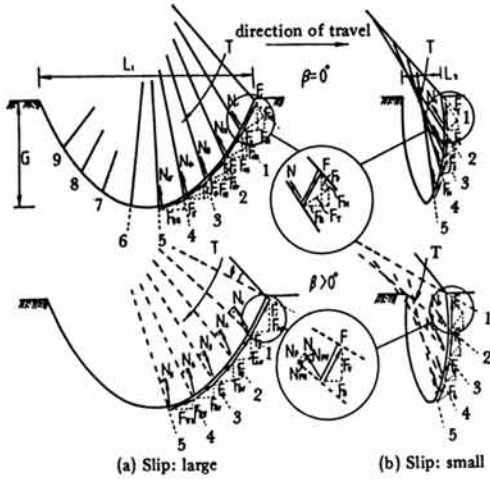


Fig. 2. Elements of normal and tangential forces of lug trajectories for the cases in which slips are variable.

轉中心線과 일치하고 荷重條件은 토오크만 作用하기 때문에 法線反力(N)은 나타나지 않게 되어 러그의 運動面에 發生하는 反力(F)만 남게 된다. 따라서 F는 러그면의 接線成分(F_N)과 法線成分(F_T)로 나누어진다. 接線成分(F_N)은 슬립으로 인하여 감소되어 러그면의 法線成分(F_T)보다 작기 때문에 러그테이퍼角의 증가는 러그의 運動面에 發生하는 水平反력에 큰 영향을 줄 것으로 판단된다. 또한 러그가 토양에 接觸하는 동안 point 1에서부터 토양의 沈下, 壓縮이 이루어져 점차 토양의 反力은 증가되어 point 3, 4, 5 부근에서 土壤反力의 水平分力(R_H) 및 垂直分力(R_V)이 크게 증가되고 있지만 point 6以後에는 토양이 러그에 의하여 剪斷되어 土壤反力이 거의 없을 것으로 推定된다. 그러므로 β 를 增加시킬 경우 水平反力은 다소 減少가 예상되지만 垂直分力은 크게 增加될 것으로 思料된다. 그림 2

의 (b)와 같이 슬립이 (a)보다 작은 경우에는 러그의 水平變位가 작기 때문에 러그側面의 垂直分力(F_V)에 비하여 水平分力(F_H)은 減少할 것으로 생각된다. 러그테이퍼角 β 가 0° 인 경우에는 運動面에 發生하는 反力(F)가 接線方向과 摩擦되어 F_N 이 발생하지만 $\beta > 0^\circ$ 인 경우에는 F의 方向이 接線方向에 가까워지기 때문에 接線成分(F_N)은 減少한다.

III. 實驗裝置 및 方法

1. 實驗裝置

그림 3은 本 研究에 使用된 土壤槽시스템 및 土壤反力測定裝置의 概略圖를 나타낸 것이다.

가. 土壤槽: 토양조의 規格은 1,810(L)×376(W)×306(H)mm이며, 3馬力의 變速모터 및 체인(chain), 減速裝置 등에 의하여 토양조의 移動速度를 變化시킬 수 있도록 하였다.

나. 驅動輪回轉裝置: 구동륜은 1개의 러그로 이루어져 있으며 0.5馬力의 모터 및 減速기어(200:1)로 驅動시켰다.

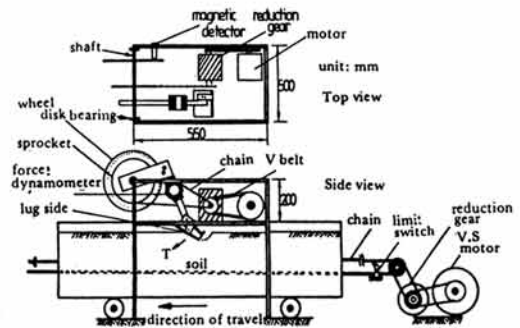


Fig. 3. Schematic diagram of soil bin apparatus used for loading test lug

다. 驅動輪의 回轉速度 測定裝置: 러그가 토양과 接觸하는 동안 發生되는 슬립을 算出하기 위하여 驅動軸에 固定한 鋼材圓板의 半徑 14cm되는 곳에 지름 2mm의 구멍을 10mm간격으로 뚫어서 마그네틱디텍터(magnetic detector)에 의하여 회전속도를 測定하였다.

라. 分力計: 러그側面에 作用하는 토양의 反力을 측정하기 위하여 그림 4와 같은 分力計를 使用하였다.

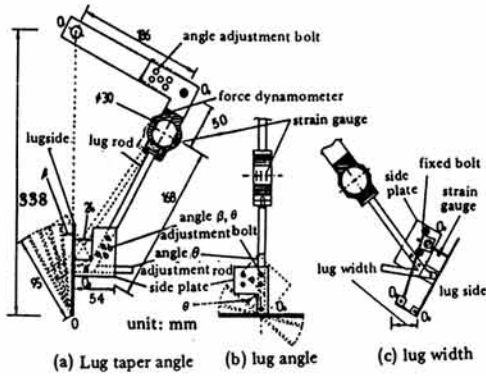


Fig. 4. A model test apparatus

마. 러그테이퍼角 調節裝置 : 그림 4의 (a)와 같이 러그側面(150×95×3mm)과 驅動中心線이 이루는 러그테이퍼角 β 를 上下部의 角度調節볼트로 調整할 수 있도록 하였다.

바. 러그角 調節裝置 : 그림 4의 (b)와 같이 러그테이퍼角은 0°로 固定하고 러그角을 角度調節볼트로 變化시킬 수 있도록 하였다.

사. 러그幅 調節裝置 : 그림 4의 (c)와 같이 O_s , O_6 , O_7 핀과 고정볼트로 러그바닥을 交換하여 러그폭을 變化시킬 수 있도록 하였다.

아. 러그바닥에 作用하는 壓力測定裝置 : 그림 4의 (c)와 같이 러그바닥에 作用하는 壓力測定은 러그後面에 부착된 외팔보로 測定하였다.

2. 供試土壤의 物理的性質

本 實驗을 위하여 使用된 供試土壤은 反復實驗에 대한 再現性이 높은 모래를 選擇하였으며 質理的性質은 表 1과 같고 粒度分布曲線은 그림 5와 같다.

Table 1. Description of soil used.

Classification	Moisture content	Bulk density	Coefficient of friction	Internal friction angle
S.P	1.23%	1.25gf/cm ³	0.58	36° 6

供試土壤의 깊이別 코온指數(cone index)는 그림 6과 같다.

3. 實驗方法

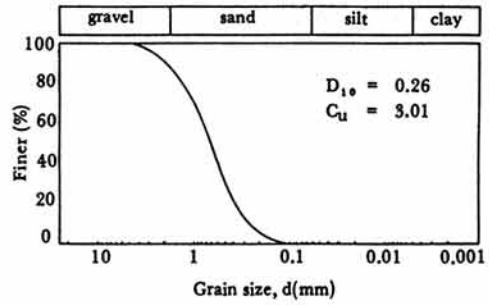


Fig. 5. Grain size distribution curve of soil

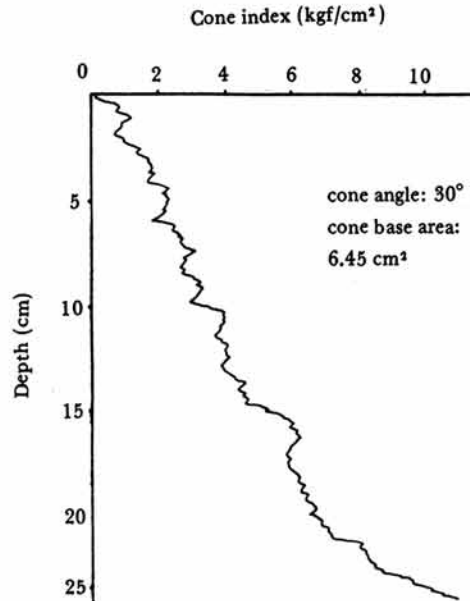


Fig. 6. Cone index-depth relation for a used soil.

驅動러그의 回轉速度를 5 rpm으로 고정하고 토

양조의 移動速度를 9.5, 12.1, 15.2cm/sec로 變化시켜 러그가 토양에 接觸하지 않을 때의 속도에 비해 設定슬립을 15, 30, 46.6%가 되도록 하였다. 各 設定슬립別로 러그테이퍼角 β 는 0°, 8°, 15°, 23°

31°로 변화시켰고, 러그角 θ 는 54°, 60°, 66°, 74°, 81°, 90°로 測定되도록 하였다. 또 러그幅은 20, 25, 30, 35mm로 變化시켜 實驗하였다.

IV. 結果 및 考察

러그가 토양에 접촉하는 동안 측정된 資料를 11개 區間으로 等分하여 11개 점에 대한 土壤反力を 算出하였다.

1. 러그테이퍼角

그림 7은 러그테이퍼角과 設定슬립의 變化에 따른 各 점에서의 土壤反力の 水平分力を 나타낸 것이다. 여기서 土壤反力の 水平分力は 러그테이퍼角과 設定슬립의 變化에 關係없이 point 3, 4 부근에서 最大로 나타났다. 또한 point 6, 7以後는 水平分力이 極히 작은 것으로 나타났다. 이것은 設定슬립이 감소함에 따라 토양반력의 水平分力은 점차 줄어드

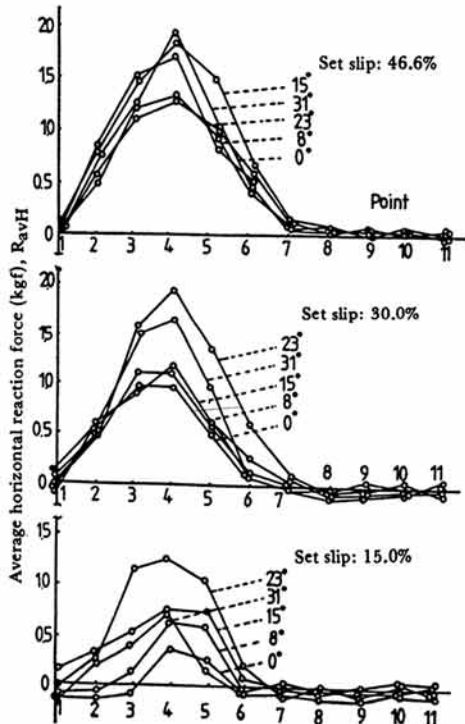


Fig. 7. Variation in horizontal reaction force at different lug location in soil for various lug taper angle.

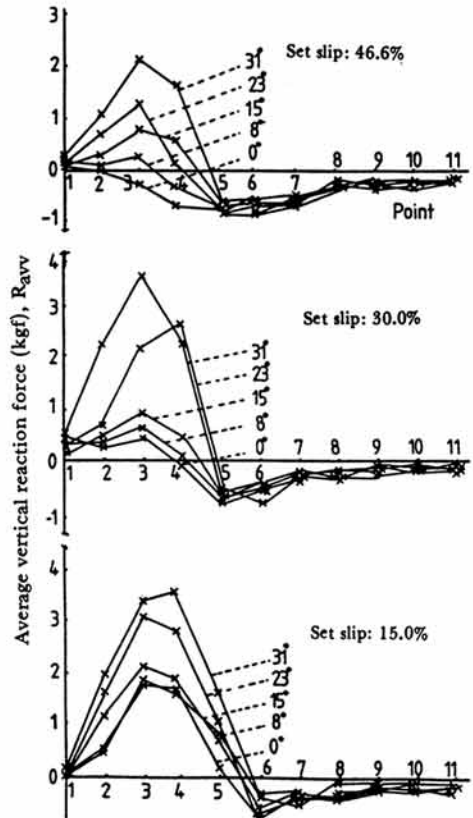


Fig. 8. Variation in vertical reaction force at different lug location in soil for various lug taper angle.

는 경향을 보이고 있으며 러그의 水平方向運動變位가 設定슬립이 감소하면 작아지기 때문에 思料된다.

그림 8은 러그테이퍼角과 設定슬립의 變化에 따른 各 점에서의 土壤反力の 垂直分力を 나타낸 것이다. 여기서 土壤反力の 垂直分力は 러그테이퍼角과 設定슬립의 變化에 關係없이 point 3, 4 부근에서 最大로 나타났다. 또한 土壤反力の 垂直分力이 ⊖로 나타난 것은 러그가 토양으로부터 이탈하는 동안 러그側面에 흙이 실리기 때문이다.

그림 9는 러그가 토양에 접촉하는 동안 러그테이퍼角에 따른 土壤反力の 水平分力の 平均값을 設定슬립별로 나타낸 것이다. 이것은 러그테이퍼角의 증가로 인한 러그면적의 增加된 量을 제외시킨 값으로 表示하였다. 토양반력의 水平分力은 設定슬립이 감소함에 따라 작아지는 경향을 보이고 있다. 따라서 현재 우리나라에 普及된 농업기계용 타이어는 러

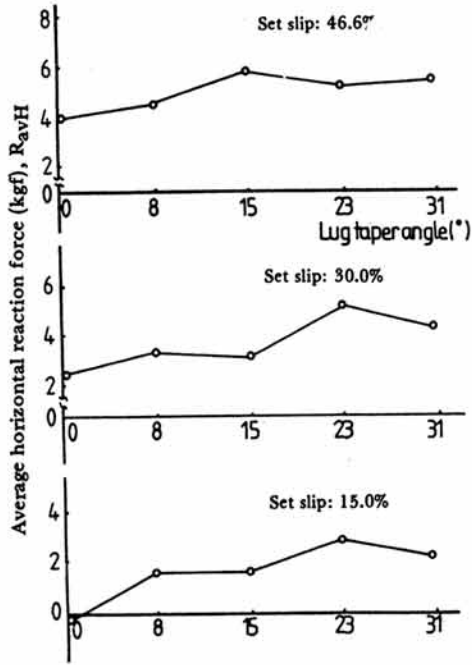


Fig. 9. Effect of lug taper angle on average horizontal reaction force acting on the lug in soil

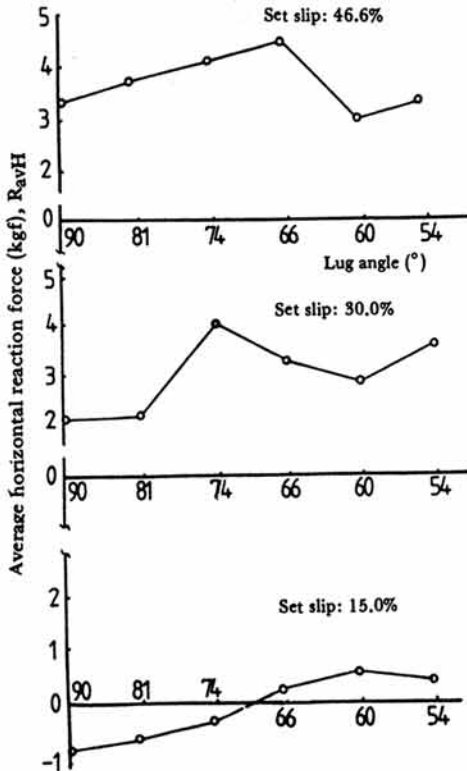


Fig. 10. Effect of lug angle on average horizontal reaction force acting on the lug in soil.

그테이커角이 5°以上 35°까지 다양하게 設計되어 있으나 모래지반에서는 23°가 전진력을 증가시키는데 가장 適合한 角으로 判斷된다.

2. 러그角

그림10은 러그가 토양에 접촉하는 동안 러그角에 따른 토양반력의 水平分力の 平均값을 設定슬립別로 나타낸 것이다. 여기서 設定슬립이 減少함에 따라 水平分力이 減少하는 경향을 보이며 設定슬립 46.6%에서는 러그角이 66°에서 가장 크게 나타났으나 30%에서는 74°, 15%에서는 60°가 가장 크게 나타났다. 이것은 러그側面方向에 대한 토양의 마찰력에 따라 달라질 것으로 생각된다.

3. 러그幅

그림11은 러그가 토양에 접촉하는 동안 러그폭에 따른 토양반력의 水平分力の 平均값을 設定슬립別

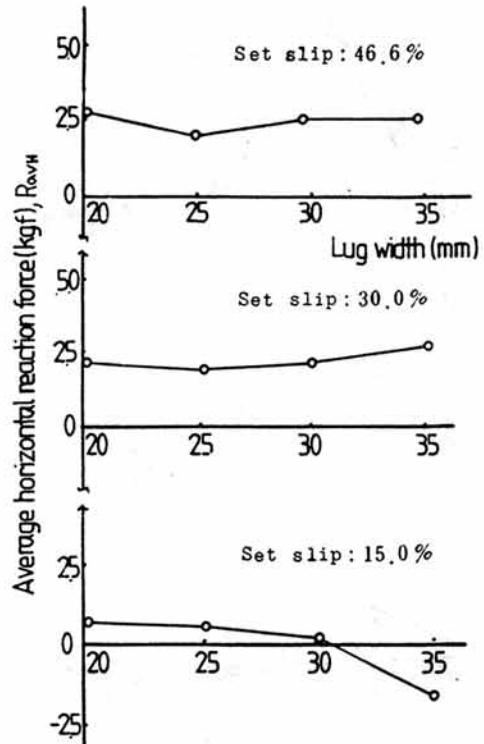


Fig. 11. Effects of lug width on average horizontal reaction force acting on the lug in soil.

로 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 設定슬립이 減少할수록 土壤反力の 水平分力은 줄어들며 設定슬립 46.6%와 30.0%에서는 러그幅의 效果가 뚜렷이 나타나지 않았다. 그러나 設定슬립이 15.0%에서는 러그폭 30mm까지는 큰 變數가 없었으나 35mm 에서는 크게 減少하였다. 이것은 러그바닥이 토양내로 회전할때 設定슬립에 따라 土壤反力方向이 左右됨을 말해주고 있다.

V. 摘要

本研究는 驅動輪의 러그 設計要因중에 러그 테이커角, 러그角 및 러그幅등이 土壤反力에 미치는 影響을 究明하기 위하여 模型實驗裝置를 製作하고 모래地盤의 土壤槽를 利用하여 실험한 결과 다음과 같이 要約되었다.

1. 設定슬립이 增加할수록 土壤反力の 水平分力은 증가하였다.
2. 러그 테이커角은 23°까지 증가할수록 走行性向上에 效果가 큰 것으로 나타났다.
3. 러그角은 走行性向上에 그 效果가 인정되며 60~74°가 適切한 것으로 나타났다.
4. 러그幅은 20~30mm까지 土壤反力の 水平分力에는 큰 影響을 주지 못했다.

參考文獻

1. 鄭雨元外 1人. 1985. 러그의 設計因子가 空氣타이어의 牽引效率 및 구름抵抗에 미치는 영향. 한국농업기계학회지 10(2): 12~18.
2. Taylor, James H. 1974. Lug spacing effect on traction of pneumatic tractor tires. Trans. of the ASAE 17(2): 195-197.
3. Ali, O. S. and E. Mickyes. 1978. Traction characteristics of lugs for tires. Trans. of the ASAE 21(2): 239-243.
4. Domier, Kenneth W. 1978. Traction analysis of nebraska tractor tests. Trans. of the ASAE 21(2): 244-248.
5. Taylor, James H. 1973. Lug angle effect on traction performance of pneumatic tractor tires. Trans. of the ASAE 16(1): 16-18.
6. Burt, Eddie C., Alvin C. Bailey, Richard M. Patterson and James H. Taylor. 1979. Combined effects of dynamic load and travel reduction on tire performance. Trans. of the ASAE 22(1): 40-45.
7. Gill, William R. Soil dynamics in tillage and traction. U.S. Government Printing Office, Washington D.C. (1967). pp. 355-428.
8. Liang, Tung and Ching Yung. 1966. A microscopic study of tractive performance of a lugged tire operating on sand. Trans. of the ASAE 9(4): 513-515.
9. David, Gee-Clough and William Chancellor. 1976. Pull and lift characteristics of single lugs on rigid wheel in wet rice soils. Trans. of the ASAE 19(3): 433-441.
10. 高橋清. 1974. ソフトグラウンド土を轉動する車輪の電氣的トルコ自動測定. 日本應用物理 43(8): 860~865. (原稿接受 1987年 1月31日, 質問期限 1987年 4月30日)