

地盤-履帯系定数に及ぼす寸法効果の影響

愛媛大学工学部 正会員○室 達朗

新キャタピラー三菱㈱ 横田研一

1. まえがき トラクターの牽引性能についてシミュレーション解析を実施するとき、入力定数としての地盤-履帯系定数をより正確に計測する必要がある。すでに、履帯の牽引力と沈下量に及ぼす寸法効果について次元解析¹⁾を行なっているが、ここではシルト質ロームに対する台形グラウサ付履帯モデルに対する計10個の地盤-履帯系定数²⁾の寸法効果を実験的に明らかにし実機トラクターの牽引性能への影響について述べている。

2. 履帯モデル載荷試験 図1は傾斜角 $\alpha=30$ 度の等辺台形グラウサを8個装着したゴム製履帯モデルの寸法であり、4種類の寸法比 $N=1, 2, 3$ および4で作成している。 $N=1$ で $D=41\text{cm}$, $B=12.5\text{cm}$, $H=1.5\text{cm}$, $G_p=4.5\text{cm}$, $f=0.5\text{cm}$ である。 含水比30%, コーン指数31kPa, 飽和度96.9%の繰り返したシルト質ローム地盤上で各履帯モデルに対して載荷試験を行なった。 図2は接地

圧 p と沈下量 S_0 の関係を各寸法比 N に対して示している。 一般に、 $p \leq p_a (=k_1 H^{n_1})$: $p = k_1 S_0^{n_1}$, $p > p_a$: $p = p_a + k_2 (S_0 - H)^{n_2}$ なる関係があり、寸法の増加とともに一定の p 値に対して S_0 は増加している。

3. 履帯モデル牽引試験 上記試料土を充填した土槽(5.4m 1.5m 0.6m)上で $p=5, 10, 15, 20\text{kPa}$ の下で履帯モデルを4.3cm/sの速度で牽引し、牽引距離 j (cm)とせん断抵抗力 τ (kPa)、すべり沈下量 S_s (cm)の関係を計測した。 一例として、 $p=20\text{kPa}$ に対する $\tau-j$ 曲線を図3に、 S_s-j 曲線を図4に示した。 いずれも寸法効果の影響を顕著に受けており、 N の増加とともに $\tau = (m_0 + m_r p) \{1 - \exp(-aj)\}$ は減少し、 $S_s = c_0 p^{c_1} j^{c_2}$ は増加している。

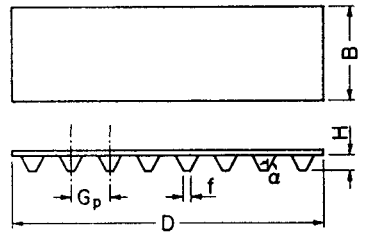


図1 履帯モデル寸法

4. 寸法効果 N の増加とともに S_0 , S_s が増大するのは、履帯モデルの総荷重が増大するために圧力球根の作用域が拡大するためであり、 τ が減少するのは履帯の傾斜にともなって接地圧力分布が偏心し運土抵抗の減少によるものである。図5に示したように、 N の増加とともに k_1 , k_2 は減少し、 n_1 , n_2 は増加しており、次式で与えられる。

$$k_1 = 14.96 N^{-1.19}, \quad k_2 = 5.69 N^{-0.02}, \quad n_1 = 0.73 N^{0.18}, \quad n_2 = 0.73 N^{0.18}$$

図6において、 m_0 , m_r , a はいずれも N の増加とともに減少しており、次式で与えられる。

$$m_0 = 6.03 N^{-0.28}, \quad m_r = 0.41 N^{-0.14}, \quad a = 0.44 N^{-0.82}$$

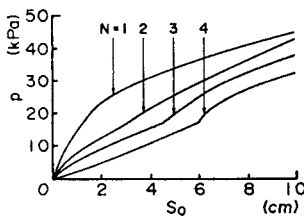
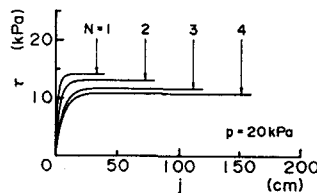
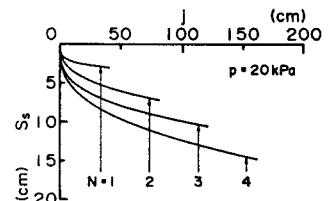
図2 種々の寸法比 N に対する接地圧 p と静的沈下量 S_0 の関係図3 種々の寸法比 N に対するせん断抵抗力 τ と牽引距離 j の関係 ($p=20\text{kPa}$)図4 種々の寸法比 N に対するすべり沈下量 S_s と牽引距離 j の関係 ($p=20\text{kPa}$)

図7に示したように、 N の増加とともに c_0, c_2 は増加するが c_1 は減少しており、それぞれ次式で与えられる。

$$c_0 = 0.04 N^{1.35}$$

$$c_1 = 1.15 N^{-0.32}$$

$$c_2 = 0.24 N^{0.33}$$

5. トラクターの牽引性能 車両重量50kN、履帯幅100cm、履帯接地長320cm、前後輪半径50cm、車両重心偏心率-0.02、牽引力作用点(中心より300cm、高さ50cm)、下転輪間隔40cm、履帯初期張力9.8kNを与えたたわみ性履帯を有する実機トラクターが、当該シルト質ローム地盤の平地上を駆動走行する場合の牽引性能についてシミュレーション解析を行なった。図8は、 $N=1, 2, 4$ および8に対する地盤-履帯系定数を入力して有効牽引力と後輪沈下量の寸法効果を示したものである。図より明らかに、両者とも寸法効果の影響が著しく、実車($N=8$)の最適有効牽引力は23.0kN、沈下量は13.9cmと低下している。

6. まとめ 以上、地盤-履帯系定数に及ぼす履帯モデル寸法の影響が著るしいことが実験の結果より明らかとなり、また実機車両に対するシミュレーション結果より寸法効果が

牽引性能に重要な影響を及ぼしていることが判明した。とくに、粘性土地盤に対する履帯モデル試験より求めた地盤-履帯系定数を使用すると過大評価となるため、可能な限り原寸大かそれに近い寸法を有する履帯モデル試験が必要である。

参考文献 1) 室達朗・河原莊一郎: 軟弱地盤上を走行する履帯の牽引性能に関する寸法効果, 土木学会論文集, No. 370, pp. 105-112, 1986年6月。 2) T. Muro: Tractive Performance of a Bulldozer Running on Weak Ground, J. of Terramechanics, Vol. 26 No. 3/4, pp. 249-273, 1989年

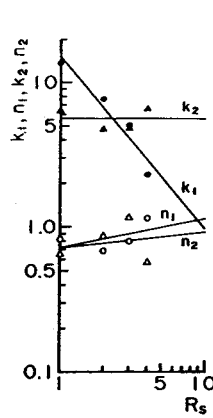


図5 定数 k_1, n_1, k_2, n_2 の寸法比
 N による変化

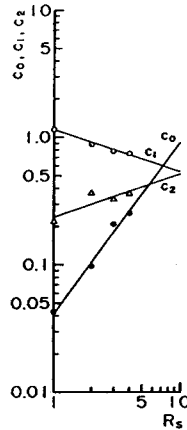


図7 定数 c_0, c_1, c_2 の寸法比
 N による変化

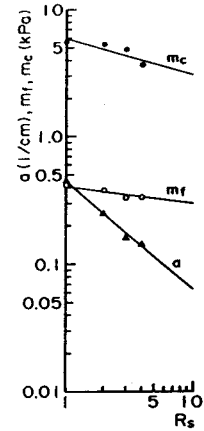


図6 定数 m_c, m_r, a の寸法比
 N による変化

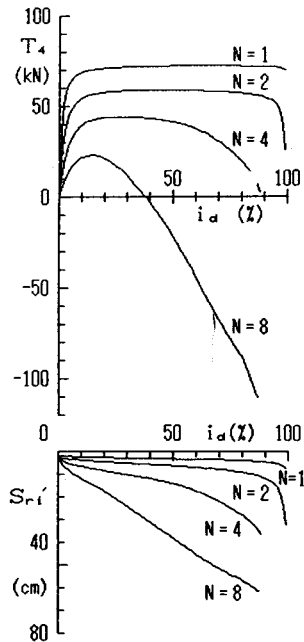


図8 実機車両の有効牽引力 T_4 と後輪沈下量 S'_{ri} に与える寸法効果の影響