

愛媛大学工学部 正員 ○河原 莊一郎
愛媛大学工学部 正員 室 達朗
光洋機械産業(株) 高見 昌良

1. まえがき 従来、多くの土-機械系においては模型を用いて実験が行なわれて
いるが、実物の挙動を推定するには寸法効果を明らかにする必要がある。本研究で
は、軟弱地盤上の履帯の寸法効果を把握するため、相似形の3種の履帯モデルにつ
いてけん引試験を行ない、元定理を用いて次元解析を行なった。

2. 試料土 試料土は愛媛県越智郡菊間町産のシルト質ロームであり、所定の含水
比に調整したものを用いた。試料土の土質性状を表1に示す。なお、以下の試験は
攪乱した状態で行なった。バース試験、比切削抵抗試験
結果より、非排水強度 q_u (kgf/cm^2)および比切削抵抗 R_s
(kgf/cm^2)と深さ z (cm)および貫入深さ t (cm)の間にそれぞれ
次の関係が得られた。

$$q_u = 9.66 \times 10^{-3} + 1.03 \times 10^{-2} z$$

$$R_s = 0.0725 t^{-0.874}$$

3. 履帯モデルおよびけん引装置 使用した履帯モデル

は相似形の3種であり、それぞれの寸法を表2に示す。これ
らの履帯モデルをけん引する装置は、図1に示すように0.2
kWのモータ軸に取り付けたドラムを回転させ、2個の定滑
車を介してワイヤーを巻きとることによって履帯モデルをけん
引するようになっている。けん引抵抗はワイヤー途中に設
定した最大500 kgfのロードセルにより測定した。けん引速
度は 5 mm/sec で行なった。また、沈下量は履帯モデル前後端
に取り付けた旗の挙動を写真撮影し、測定した。

4. けん引試験結果 各履帯モデルについて、それぞれ水平平均接地圧 p
が0.01, 0.03, 0.05, 0.07 kgf/cm^2 になるように載荷し、試験を行な
った。試験結果の一例を図2に示す。けん引抵抗 F に関して、最大けん
引抵抗を発揮するけん引距離 X_{opt} は、接地圧による相異はみられなく、
接地圧の高いものほどピークがはつきりしなくなる。沈下量 S_A に関し
て、 $p = 0.05 \text{ kgf/cm}^2$ を除いて X とともに S_A が単調に増加する。なお、
 S_A は履帯モデル中央のもので表わした。

次に、図3に F_{max} と p の関係を示す。 F_{max} と p の間には、両対数紙
上で直線関係が成立する。 $F_{\text{max}}(\text{kgf})$ と $H(\text{cm})$ および $p(\text{kgf/cm}^2)$ 間の重回帰分析を行なった結果、次式の関係が得
られた。

$$F_{\text{max}} = 50.7 H^{1.95} p^{0.64}$$

図4に X_{opt} とクローサ間隔 G_p の関係を示す。 $X_{\text{opt}}(\text{cm})$ と $G_p(\text{cm})$ の間には、次式の関係が成立する。

$$X_{\text{opt}} = 1.81 G_p^{0.59}$$

5. 次元解析 元定理を用いて試験結果の次元解析を行なった。予測すべき量を F_{max} として、次式で示される元

表1 土質性状

土粒子の比重	2.84
液性限界 (%)	33.2
塑性限界 (%)	21.4
塑性指数	11.8
数均粒径 d_{50} (mm)	6.40
百分曲率係数	0.31
度相平均粒径 d_{50} (mm)	0.054
密度 ρ_s (g/cm^3)	1.87
間隙比	0.98
含水比 (%)	31.0 ± 1.7

表2 履帯モデルの寸法

	H (cm)	B (cm)	L (cm)	G_p (cm)	W (kg)	t_i (cm)
(1) Model A	1.5	5.0	29.0	4.5	0.63	0.45
Model B	3.0	10.0	58.0	9.0	2.60	0.45
(2) Model C	6.0	20.0	116.0	18.0	20.2	0.90

B: Width W: Weight

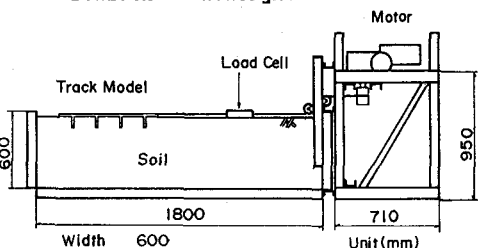
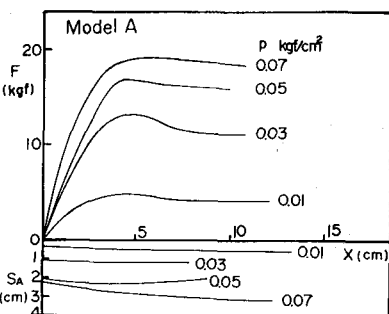


図1 けん引装置と土槽の概略図

図2 けん引抵抗 F 、沈下量 S_A とけん引距離 X の関係

項を取りあげた。 $\pi_1 = \frac{F_{max}}{C_u H^2}$, $\pi_2 = \frac{\gamma H}{C_u}$, $\pi_3 = \frac{W_L}{F_{max}}$ (5)

W_L : 履帯モデルの自重+荷重(kgf), γ : 試料土の単位体積重量(kgf/cm³)
速度, 加速度の次元をもつ変数は, それらに影響しない小さな速度で試験を行なっているとなし, 考慮しなかった。図5に π_1 と π_3 の関係を示す。 π_1 と π_3 の間には, 両対数紙上で次式の直線関係が成立する。 $\pi_1 = A \pi_3^{1.29}$ (6)
Aの値は, Hによつて多少のはらつきがみられるが, 全データの回帰値は1.29であった。Aは π_2 の関数であり, 次式の関係が成立する。

$$A = 1710 \pi_2^{-0.11} \quad (7)$$

したがって, π_1 は次式で示される π_2, π_3 の積で表わされる。

$$\pi_1 = 1710 \pi_2^{-0.11} \pi_3^{1.29} \quad (8)$$

式(5)を式(8)に代入して, 各変数間の関係は次式で示される。

$$F_{max} = 25.8 C_u^{0.48} H^{0.83} \gamma^{-0.05} W_L^{0.56} \quad (9)$$

ただし, C_u は深さ方向に一定(9.66×10^{-3} kgf/cm²)とみなした。ここで, W_L と H の関係 $W_L = 64.4 p H^2$ および C_u の値を上式に代入して, 次式の関係が得られる。

$$F_{max} = 38.4 H^{1.95} p^{0.56} \quad (10)$$

上式は, 試験結果を重回帰して求めた式(3)とよく一致している。

さて, Schaferの提唱したひずみ係数 β , 予測係数 δ^a は, 土の性質がモデルと実物とで同じである($n_{cu} = n_\delta = n_p = 1$)とみなし, この場合, 次式で与えられる。 $\beta = \pi_{2m}/\pi_2 = n_H^{-1.00}$ (11)

$$\delta = \pi_1/\pi_{1m} = \beta^{0.11} = n_H^{-0.11} \quad (12)$$

n_H : 実物とモデルの相似比 ($n_H = H/H_m$)

したがって, 式(12)に式(5)を代入すると, 実物の最大けん引抵抗 F_{max} は, モデルのそれ $F_{max,m}$ を用いて次式で表わされる。

$$F_{max}/F_{max,m} = n_H^{1.89} \quad (13)$$

図6にModel Cを実物, Model A, Bをモデルとした計算値と実験値の比較を示す。図より上式の妥当性が伺える。この指数の値はグロースのすべり線の形状および長さか実物とモデルとで異なるためであると考えられる。

6. まとめ 相似形の履帯モデルのけん引試験結果より, F_{max} および X_{opt} に関して寸法効果が明らかにみられた。今後は, C_u および G_p/H を変えた履帯モデルについても寸法効果を明らかにしていくとともに, 得られる寸法効果について土質力学的な考察を加えていく所存である。

参考文献 1) Schafer, R.L., Reeves, C.A. and Young, D.F.: An Interpretation of Distortion in the Similitude of Certain Soil-Machine Systems, Trans. ASAE, Vol. 12, No. 1, pp145-149, 1969.

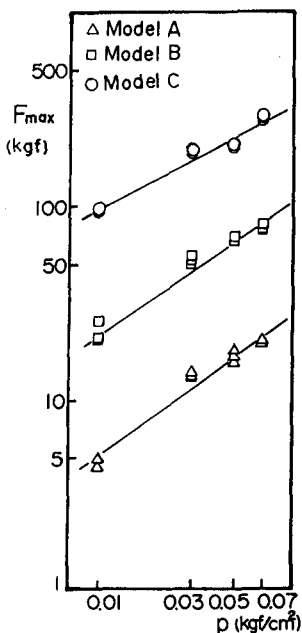


図3 最大けん引抵抗 F_{max} と平均接地圧 p の関係

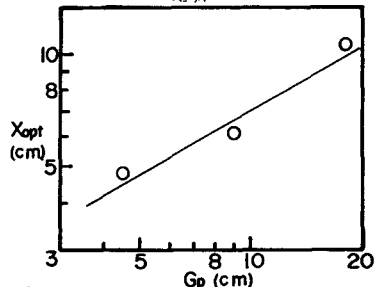


図4 F_{max} を発揮するけん引距離 X_{opt} とグロース間隔 G_p の関係

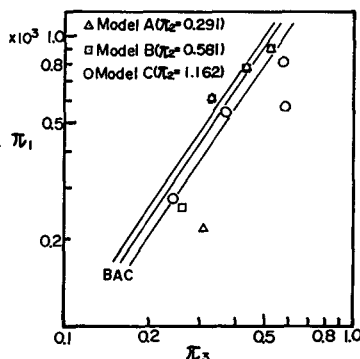


図5 π_1 と π_3 の関係

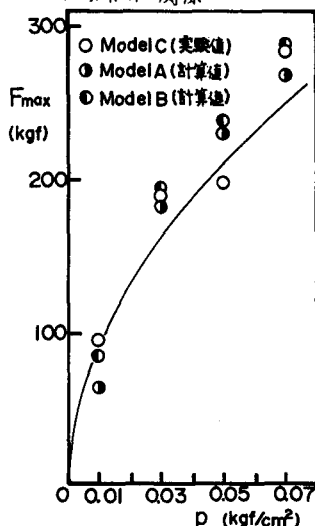


図6 Model Cを実物とした計算値と実験値の比較