

履板形状のけん引抵抗に及ぼす効果について

愛媛大学工学部 正員 室 達朗
愛媛大学工学部 正員 河原 在一郎
愛媛大学大学院 佐々木 一輔

1. まえがき 超軟弱地盤上を走行する履带式作業車において、けん引力を得て、かつ、走行抵抗が小さくなるようなグロース形状をみつけるために、標準型、三角形型、トラクション型のグロースを持つ履帯モデルを製作し、超軟弱地盤上でのけん引試験を行い、けん引抵抗、沈下量について、グロース形状による影響を調べた。履带式作業車の走行時のエネルギー解析を行ないグロース形状によるけん引特性を明らかにした。

2. 試料土 カオリン粘土を海水と重量比4対5で混合し試料箱(100×40×10cm)に入れて10日間自重圧縮したもの、超軟弱地盤のモデルとして用いた。このときの試料土の液性限界は49.4%、塑性限界は31.8%、含水比は108%であった。またベーン試験結果¹⁾より非排水強度 C_u (kg/cm²)は、地表面よりの深さ z (cm)に対して次式で示される。 $C_u = 0.184z$ (1)

3. 履帯モデルおよびけん引試験装置 図1に使用した履帯モデル(幅9cm)のグロース高さ $h = 4.5$ cmの場合の略図を示す。グロース形状は4種類A, B, C, D, h は3.0, 4.5, 7.5cmとし、計11種類のモデルをアクリルで製作した。なおB, Cタイプは、三角グロースの側面を薄い塩化ビニールの板でふさいでいる。図2にけん引試験装置の概略図を示す。モータ軸に取り付けたトルクセル⑤とその下の直径30cmの円板⑥を回転させることにより、4個の定滑車と1個の動滑車を介してワイヤーを④で巻き取ることにより、履帯モデル④を水平にけん引するものである。けん引抵抗は、⑤によって検出した。またけん引速度は、0.5%である。

4. 試験方法および結果 各履帯モデルについて、海水中での平均接地圧 P を

約20.45.80kg/cm²としてけん引試験を行った。B, Cタイプでは、グロース内が空
隙であるためその浮力分おもりを増加させて行った。けん引抵抗 F 、沈下量 S_d とけん引距離 X との関係の一例として $h = 4.5$ cm, $P = 4.5$ kg/cm²の場合の結果を図3に示す。一般に、 F はDタイプが最も大きく、A, C, Bの順になっている。 F についてDタイプが最も小さいのは、グロース形状によりグロース間の粘土を履帯側方へと押し出そうとし、そのためグロース間の粘土の側面摩擦抵抗が、他のタイヤより大きくなるためであろう。またAタイプに比べ、グロース面と粘土との接触面積が大きいので、付着力が大きくなっているためであろう。B, CタイプがAタイプより F が小さいのは、B, Cタイプの S_d がAタイプのそれと比べて小さいので強度の小さい所をグロースでせん断するためと、グロース間の粘土の側面積が小さく側面の摩擦抵抗がAタイプより小さいためであろう。しかし、けん引に伴って生じるB,

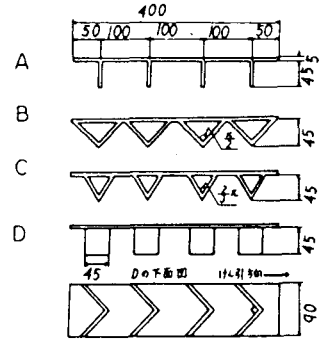
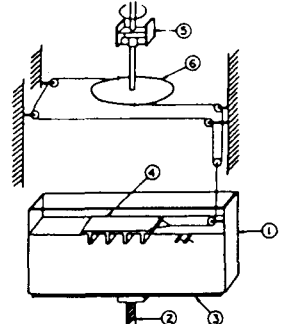


図1. 履帯モデルの概略図(単位:cm)
A: 標準型 B: 直角三角形型
C: 正三角形型 D: トラクション型



① Sample Box ② Track Model
③ Jack ④ Torque Cell
⑤ Table ⑥ Disk

図2. けん引試験装置の概略図

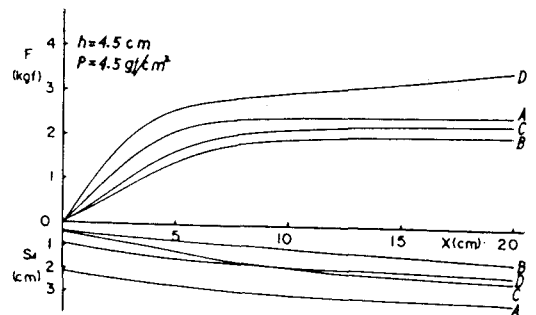


図3. けん引距離 X とけん引抵抗 F 、沈下量 S_d の関係

C タイアのすべり沈下量は、A タイアと比べ大きいので、X が 10cm 付近で F の値は、A タイアと比較して大差のない値となっている。B, C タイアの初期沈下量 S_{10} が小さいのは、グローサ先端が三角形状をしているため沈下にもな、て支持面積が増大するためである。

5. エネルギー解析²⁾ 履帯長 70cm, 履帯幅 20cm の Z トラックの実車を想定して、走行時のエネルギー解析をグローサ形状が A, B, C, D であるとして行った。走行時のエネルギー平衡方程式は次式で与えられる。

$E_1 = E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6$ (2) E_1 : 有効入力エネルギー, E_2 : 買入変形エネルギー, E_3 : スリップエネルギー, E_4 : けん引エネルギー, E_5 : 履帯上部の側面摩擦エネルギー, E_6 : グローサ間の側面摩擦エネルギー。

各エネルギー算出の基となる買入変形エネルギー E_p (846Nm), セン断変形エネルギー E_s (946Nm) は次式で表される

$$E_p = Q S a^b \quad (3)$$

$$Q = 1.781, b = 1.582$$

$$E_s = C Z Y^d \quad (4)$$

Y: セン断変位 (cm), Z: セン断深さ (cm)

$$C = 0.0653, d = 1.665$$

また、 S_{10} と S_A は次式で表される。

$$S_{10} = u P^v \quad u, v: \text{定数} \quad (5)$$

$$S_A = S_{10} + l \gamma^m P^n \quad (6)$$

l, m, n : 定数, γ : スリップ距離 (cm)

各履帯タイプについて、 u, v, l, m, n の

表 1 u, v, l, m, n の値

h (cm)	u	v	l	m	n
A 3.0	0.763	1.016	0.0919	0.625	0.626
* 4.5	0.542	1.432	0.0673	1.539	0.359
* 7.5	0.240	1.424	0.0168	0.649	1.204
B 3.0	0.636	1.570	0.0283	0.715	0.754
* 4.5	0.271	2.770	0.0609	0.929	0.802
C 3.0	0.761	1.267	0.0730	0.837	0.495
* 4.5	0.438	2.001	0.0723	0.645	0.874
* 7.5	0.931	3.491	0.0919	0.873	0.226
D 3.0	0.418	2.142	0.0403	0.482	0.124
* 4.5	0.431	1.912	0.0646	0.539	0.815
* 7.5	0.219	2.626	0.0139	0.750	0.392

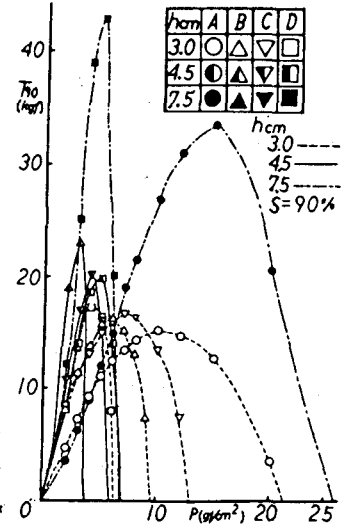


図 4 平均地圧 P と有効けん引 $T_{\max}$ の関係

値をけん引試験結果より求め、その値を表 1 に示す。なお、図 3 において沈下量の基準は、履帯の下面の中央とし、そして式 (5) の場合は、グローサ先端としている。図 4 に P と有効けん引 $T_{\max}$ の関係を示す。 $h=4.5$ cm では、B タイアが最大の $T_{\max}$ を示し、 $h=3.0, 7.5$ cm では、D タイアが最大である。A タイアは、他と比べて大きな P で最大値を示し、その後、なだらかな曲線となる。偏心率 e と $T_{\max}$ の関係を図 5 に示す。 e の増加につれ $T_{\max}$ も増加しているが、 $e=10\%$ ほどで増加は落ちつくようである。なお、 $T_{\max}$ は T_{10} の最大値である。また、最速地圧²⁾ $P_{\max}$ と e との関係を図 6 に示す。 $P_{\max}$ は、 e の増加とともに減少している。

6. まとめ エネルギー解析の結果では、 $h=4.5$ cm の D タイアのグローサが最大の $T_{\max}$ の値を示しているの、超軟弱地盤上の走行に適しているといえる。しかし、この解析では、グローサの地盤へのくい込み、けり出しによる走行抵抗を考慮していないため D ($h=7.5$ cm) タイアが実際に適しているかは、はっきり言えない。また、用いたデータがけん引距離 20cm のけん引試験の結果によるためより長い距離の試験を行い、式 (6) の適応を調べる必要がある。試験結果によれば、式 (6) とは異なった関係式を見出し、長い距離の移動に適している、くい込み、けり出しも考慮したエネルギー解析を行い、超軟弱地盤上を走行するのに適しているグローサ形状を明らかにしたい。

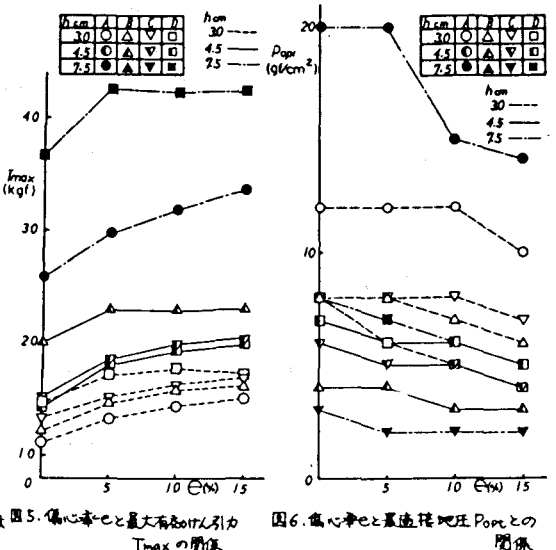


図 5 偏心率 e と最大有効けん引 $T_{\max}$ の関係

参考文献 1) 室道朗, 榎明彦, 河原在一郎: 超軟弱地盤と車輪接触時の履帯との相互作用, テラマカニ 72, 3, PP.13~20, 1983

2) 室道朗, 榎明彦: 超軟弱地盤における履帯式車両の走行性能, 筑波大学工学部紀要, 10 巻 2 号, PP.329~338, 1983.