

III-116 超湿地ブルドーザの履帯形状と牽引特性

愛媛大学大学院 学生員 柳 案 篤司
 愛媛大学工学部 正 員 室 達朗
 新キャタピラー三菱機 小松原靖則

1. まえがき 超軟弱地盤における履带式車両の牽引特性に及ぼす履帯形状の効果を把握するため、履帯モデルの牽引・載荷実験を行った。その後、仮想車両の制駆動走行についてエネルギー解析を行い、車両の有効牽引力とスリップ率の関係を明らかにした。

2. 地盤性状 試料土は粉末のカオリンと海水を重量比4：5で混合し、土槽(250x10x45cm)に入れて10日間自重圧密したものである。試料土表面の含水比は106%となり、非排水強度 C_u (gf/cm²)は、地表面からの深さ Z (cm)に対して次式で示される。

$$C_u = 0.210 \times Z \quad (1)$$

3. 履帯モデルの牽引・載荷実験 (1)牽引実験 3種類の牽引実験用履帯モデルを図1に示す。履帯モデルは長さ120cm、幅9cmの鋼板に、グラウサ高さ $H=4.5$ cmの木製グラウサを取り付けたものである。グラウサ形状は標準型、正三角形型、半円形型とし、グラウサピッチ G_p は、正三角形型、半円形型は3通り、標準型は、最適 G_p/H となる1通りとした。接地圧 p は、4~10kgf/cm²の4通りである。この実験より正三角形型、半円形型の最適 G_p/H は5.0付近であることが明らかになった。そこで、最適 G_p/H において牽引抵抗 F 、すべり沈下量 S_s の形状比較を行うと、 F は半円形型、標準型、正三角形型の順に増加し、 S_s は標準型、正三角形型、半円形型の順に増加する結果が得られた。単位面積当たりの牽引抵抗 f (kgf/cm²)、すべり沈下量 S_s (cm)は接地圧 p (kgf/cm²)、牽引距離 j (cm)に対して以下のように表される。

$$f = (m_c + p \cdot m_f) \cdot \{1 - \exp(-a \cdot j)\} \quad (2)$$

$$S_s = c_0 \cdot p^{c_1} \cdot j^{c_2} \quad (3)$$

表1に各パラメータの値を示す。ただし、 m_c :kgf/cm², a :1/cmである。

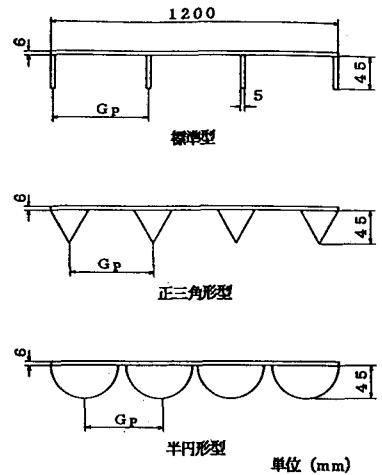


図1 履帯モデル

表1 土質定数

形状	G_p/H	m_c	m_f	a	c_0	c_1	c_2	k_c	k_ϕ	n_a	n_b
標準型	3.32	0.00142	0.209	0.434	0.347	0.194	0.906	0.0034	0.00080	0.688	0.0072
正三角形型	5.10	0.00142	0.218	0.239	2.291	0.475	0.854	0.0194	0.00075	0.411	0.0164
半円形型	4.93	0.00023	0.298	0.265	4.569	0.658	0.880	0.0015	0.00075	0.744	0.0100

(2)載荷実験 牽引実験と同様のグラウサを用い、履帯幅 B を9~27cmの5通りに変化させた。接地圧 p と静的沈下量 S_0 の関係はグラウサが完全に試料土に貫入した時点において変化を見せるため、 $S_0=H$ を境界とする二つの関数として解析を行う必要がある。ここでは S_0 (cm)を B (cm)、 p (kgf/cm²)、 $S_0=H$ における接地圧 p_0 (kgf/cm²)の関数とし、 $p \geq p_0$ の場合について以下の式で算定した。

$$S_0 = \{ (p - p_0) / (k\phi + k_c / B) \}^{1/(na+B \cdot nb)} \quad (4)$$

表1に各パラメータの値を示す。

4. エネルギー解析¹⁾ (1)車両緒元 解析した車両は、車両重量 $W=200\text{kgf}$ 、主要部接地長 $D=200\text{cm}$ 、履帯幅 $B=30\text{cm}$ 、車両偏心率 $e_v=0$ 、前後輪半径 $r_f=r_r=30\text{cm}$ 、制駆動状態におけるグラウサ先端から有効牽引力作用点までの高さ $h_B=h_D=30\text{cm}$ 、制駆動状態における車両中心線から有効牽引力作用点までの距離 $l_B=l_D=100\text{cm}$ 、グラウサ先端から車両重心位置までの高さ $h_w=50\text{cm}$ とした。

(2)制駆動力、有効牽引力とスリップ率 図2に制駆動力 T' とスリップ率 i の関係を、図3に有効牽引力 DP と i の関係を形状比較して示す。駆動状態では T' 、 DP とも低スリップ率において最大値を取ることがわかる。中でも a 値の大きな標準型が最も大きな値を示している。また $i=50\%$ 以上になると DP が負の値を取っており、走行不能の状態を示している。一方、制動状態では T' 、 DP とも $|i|$ の増加とともに増大している。

(3)沈下量とスリップ率 図4に前輪沈下量 S_f と i の関係を、図5に後輪沈下量 S_r と i の関係を形状比較して示す。沈下量は、静的沈下量 S_0 とすべり沈下量 S_s の和である。標準型は $i=0\%$ で示される S_0 は他と比べて著しく大きいものの、駆動では S_s が最小であるために $i=40\%$ で S_r の大小は逆転している。

(4)エネルギーとスリップ率 有効牽引力エネルギー E_4 はあるスリップ率において最大値 $E_{4\max}$ を取り、この時のスリップ率 i_{opt} において操縦すれば最大の作業効率を得られる。この場合の i_{opt} は標準型で1%、正三角形型、半円形型で5%であり、 $E_{4\max}$ を得るためにはスリップ率を極力抑えることが必要である。

5. あとがき 超軟弱地盤における履帯モデル牽引・載荷実験の結果から車両の有効牽引力を算定すると、標準型が最大となった。これは、牽引開始当初においては標準型の方が正三角形型よりも牽引抵抗を発揮すること、正三角形型の方が標準型よりも S_s が大きく、トリム角が増加して不利であることによると考えられる。また半円形型については S_0 は最も小さいものの S_s が最大で DP は小さく、有効とは言い難い。

参考文献 1)室達朗, 尾本清, 柳楽篤司: 湿地用ブルドーザの走行性能—エネルギー解析—, 土木学会論文集, 第403号/VI-10, 1989.

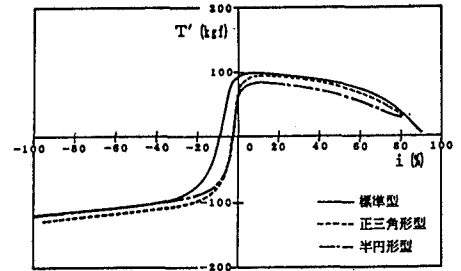


図2 制駆動力 T' とスリップ率 i の関係

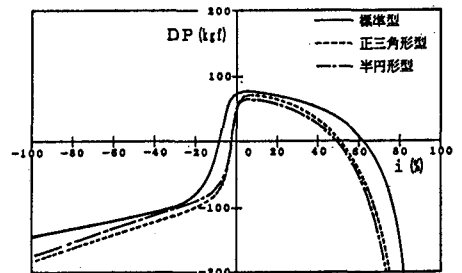


図3 有効牽引力 DP とスリップ率 i の関係

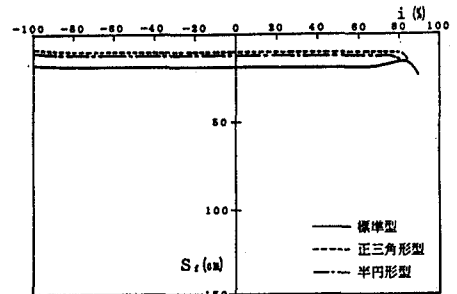


図4 前輪沈下量 S_f とスリップ率 i の関係

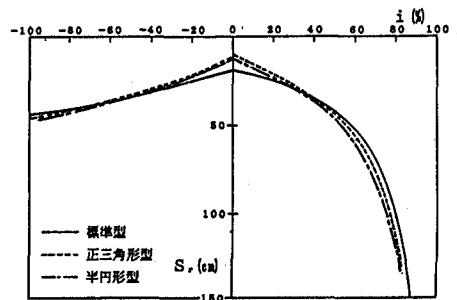


図5 後輪沈下量 S_r とスリップ率 i の関係