

ブルドーザの制動性能に及ぼす履帯形状の影響

愛媛大学工学部 正 会 員 室 達 朗
愛媛大学大学院 学生会員 ○森岡 享一

1. まえがき

履带式車両の制動力は、履带式車両が傾斜地を被牽引式スクレーパを牽引しながら下降制動走行する場合などに要求され、牽引力と共に履带式車両に要求される走行性能の一つである。履带式車両の履帯形状の一要素であるグラウサ傾斜角 β (図.1)が牽引力に及ぼす影響は、過去の研究¹⁾により、 $\beta=30^\circ$ で最も大きな有効牽引力を得ることができていることが既に明らかとなっているが、本研究では、4 t級ブルドーザが平坦なまき土地盤を制動走行する場合の有効制動力に及ぼす β の影響について、履帯モデル牽引実験により得られた地盤-履帯系定数を入力情報としたシミュレーション解析²⁾により明らかにする。

2. 供試地盤及び履帯モデル

供試地盤は、粒径4.95mm以下の気乾燥状態のまき土 (相対密度53%)を用いた。履帯モデルは図.1に示すように、5個のゴム製グラウサで構成され、 $\beta=0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ の4種類を用意した。また、履帯モデルの寸法は寸法効果の影響をなくするために、シミュレーション解析の対象とする実機の寸法に合わせた。

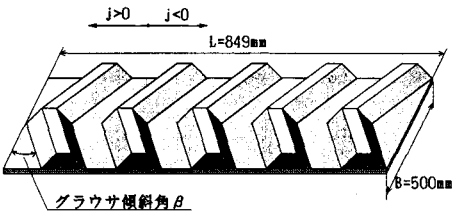


図.1 履帯モデル

3. 実験装置及び方法

実験土槽内において履帯モデル牽引実験を行った。測定項目は、牽引抵抗を履帯面積で除した τ (kgf/cm²)、履帯モデル後端での滑り沈下量 S_s (cm)、滑り量 j_s (cm)であり、接地圧 p (kgf/cm²)は履帯モデル上に載荷する重錘の枚数により0.059~0.196kgf/cm²の間で6段階に変化させた。また、 p を0.013~0.517kgf/cm²の間で変化させた履帯モデル載荷・除荷・再載荷実験も行い、それぞれ次式²⁾で回帰した。

$$\tau = (m_c + p \cdot m_f) \{1 - e^{x p (-a \cdot j)}\}$$

$$S_s = c_0 \cdot p^{c_1} \cdot j^{c_2}$$

$$p = k_1 \cdot S_0^{n_1} - k_2 (S_0 - S)^{n_2}$$

$$k_2 = A \cdot S_0 + B$$

ここで、 $m_c, m_f, a, c_0, c_1, c_2, k_1, k_2, n_1, n_2$ は地盤-履帯系定数であり、 A, B は、リバウンド量は除荷開始沈下量 S_0 に依存するという考え³⁾により k_2 を決定する定数、 S は除荷時の静的沈下量である。また、供試地盤が気乾燥状態 (含水比 $w=1.84\%$) であるので粘着力 $m_c=0$ とした。回帰分析結果を表.1に示す。結果として、 β が大きいほど静的沈下量及び滑り沈下量 S, S_s は小さく、せん断抵抗 τ はわずかに大きい傾向があることがわかった。

	m_f	a	c_0	c_1	c_2
β	$j > 0$				
0°	0.897	0.186	4.201	0.320	0.244
10°	0.892	0.195	3.543	0.253	0.246
20°	0.896	0.200	3.882	0.288	0.235
30°	0.879	0.213	3.811	0.281	0.220
β	$j < 0$				
10°	0.897	0.188	3.673	0.290	0.257
20°	0.889	0.204	4.344	0.347	0.234
30°	0.871	0.216	5.102	0.512	0.248

β	k_1	n_1	k_2	n_2
0°	0.028	1.65	$0.178S_0 + 0.085$	0.504
10°	0.049	1.37	$0.064S_0 + 0.398$	0.415
20°	0.101	1.02	$0.041S_0 + 0.417$	0.479
30°	0.113	1.03	$0.109S_0$	0.326

表.1 地盤-履帯系定数

4. シミュレーション解析

シミュレーション解析の対象とした車両は、車重：4000kgf、履帯接地長：170cm、履帯幅：50cm、前後輪半径：25cm、平均接地圧：0.235kgf/cm²で、半径8cmの下転輪を7個持ったわみ性履带式車両である。本研究では傾斜したグラウサを持つ履帯モデルを使用したため、履帯が前後方向に对称でないため、スリップの方向によって地盤-履帯系定数が異なる。従って、シミュレーションプログラム内において履帯下のスリップ量 j の正負によって定数が切り替わるようにした。

図.2は、前輪沈下量 S_f 、後輪沈下量 S_r とスリップ率 i の関係を示したものである。滑り沈下量の影響のため制動時においても駆動時同様、 $S_f < S_r$ となり、 i の増加とともに S_f, S_r は増大する。また、沈下量に対する β の影響としては、 β が小さいほど沈下量は大きく、最も大きな沈下特性を持つ $\beta=0^\circ$ が最も沈下する。

図.3は、制動力 T_1 、有効制動力 T_4 とスリップ率 i の関係を示したものである。駆動時¹⁾において、締め固め抵抗をはじめとする走行抵抗は、駆動力と反対の方向に作用し、有効牽引力の低下を招くが、制動時には同じ方向に作用するため制動力の一部となる。従って、駆動時とは逆に $|T_1| < |T_4|$ となる。また、沈下量が大きいほど締め固め抵抗は大きくなるので、 β が大きいほど $|T_4|$ は小さくなっている。

図.4は、最も有効制動力を発揮できることがわかった $\beta=0^\circ$ の履帯における、スリップ率 i と各種エネルギー E_1, E_2, E_3, E_4 の関係を示したものである。ここで、 E_1 :有効入力エネルギー、 E_2 :締め固めエネルギー、 E_3 :スリップエネルギー、 E_4 :有効牽引力エネルギーである。最適スリップ率²⁾は、 $i_{opt}=-20\%$ であり、この時有効制動力 $T_{4opt}=-54.3\text{kN}$ (5541kgf)を発揮できる。

5. まとめ

以上、最も大きな沈下特性を持つ $\beta=0^\circ$ が制動時には最も有利であることがわかった。しかし、これは $\beta=30^\circ$ が最適であるという駆動時の結果と全く逆の結果であり、車両の用途に応じて履帯形状を変化させることがより省力化につながると考えられる。

参考文献

- 1) 河原莊一郎・丸毛篤也・寺達朗:まさ土地盤におけるブルドーザの履帯形状と牽引特性,第44回土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集, pp.684-685,1992
- 2) 室達朗著:テラメカニクス - 走行力学 -, 技報堂出版, pp.133-234,1993
- 3) J.Y.Wong:Terramechanics and Off-Road Vehicles, Elsevier, pp.30-44,1989

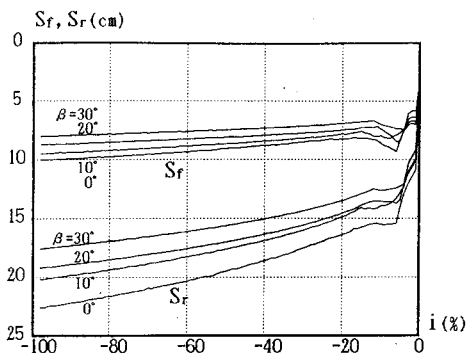


図.2 前・後輪沈下量 S_f, S_r とスリップ率 i の関係

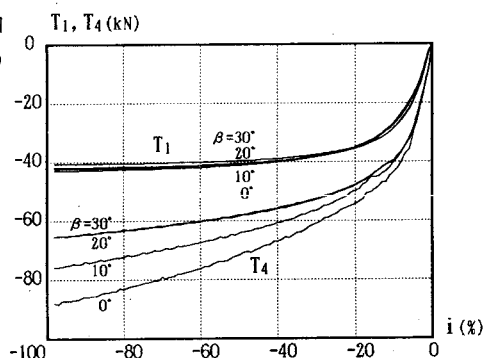


図.3 制動力 T_1 、有効制動力 T_4 とスリップ率 i の関係

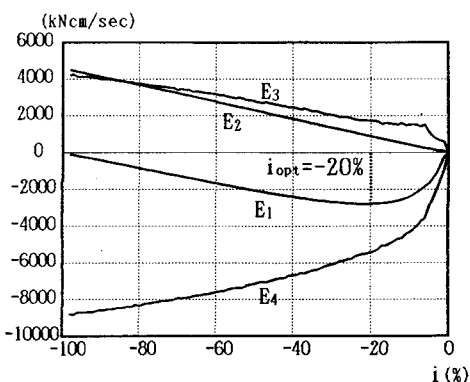


図.4 各種エネルギーとスリップ率 i の関係