

たわみ性履带式車両の登坂能力について

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

1. まえがき

本研究の目的は、履帯形状が登坂時におけるたわみ性履带式車両の有効牽引力に及ぼす影響について調査し、最適な履帯形状を検討し、それにより決定された履帯形状における最大登坂角を検討することである。履帯形状は特に、図.1に示すグラウサ傾斜角 β について調査した。既に、水平地盤上における有効牽引力に関するシミュレーション解析においては、 $\beta=30^\circ$ が最適であることが明らかになっている¹⁾。本研究では、4tf級たわみ性履带式車両が登坂走行する場合を想定して、 β が有効牽引力に及ぼす影響について調査した。

2. 実験装置及び実験方法

供試地盤は、粒径4.95mm以下の気乾燥状態のまさ土を使用した。図.1に示すように、履帯モデルは5個のゴム製グラウサから成り、その寸法は寸法効果の影響をなくするため、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。又、本研究の対象であるグラウサ傾斜角 β については $0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ の4種類を用意した。以上のような供試地盤、履帯モデルを用いて実験土槽内において接地圧 p を $0.013 \sim 0.517 \text{ kgf/cm}^2$ の間で変化させた載荷・除荷・再載荷実験を行った。

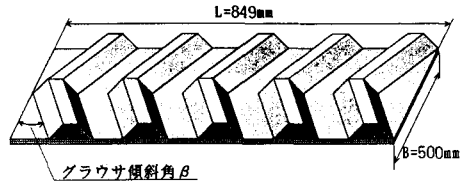


図.1 履帯モデル

3. 地盤-履帯系定数

過去の研究による履帯モデル牽引実験¹⁾及び前述の載荷・除荷・再載荷実験の結果を次式²⁾で回帰した地盤-履帯系定数 $m_c, m_f, a, c_0, c_1, c_2, k_1, n_1, k_2, n_2$ を表.1に示す。

β	m_f	a	c_0	c_1	c_2
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	k_2	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

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

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

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

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

ここで、 τ はせん断抵抗、 p は接地圧、 j_s は滑り量、 S_s は滑り沈下量、 S_0 は除荷開始沈下量、 S は静的沈下量であり、 A, B は、リバウンド量は除荷開始沈下量によって傾向が異なるという理論³⁾により k_2 を決定する定数である。供試地盤に気乾燥状態のまさ土を用いたので、粘着力 m_c については0とした。結果として、 β が大きくなるほど静的沈下量 S 及び滑り沈下量 S_s は小さくなり、せん断抵抗 τ はわずかに大きくなる傾向があることがわかった。

4. シミュレーション解析

シミュレーション解析²⁾の対象とした車両は、重量

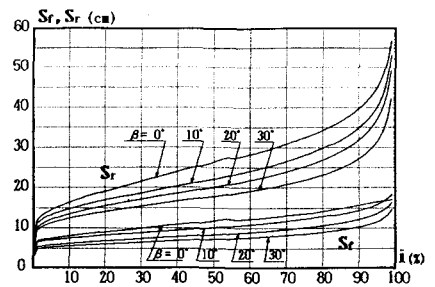


図.2 種々のグラウサ傾斜角 β に対する前後輪沈下量 S_r, S_r とスリップ率 i の関係（地盤傾斜角 $\delta=10^\circ$ ）

: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個持つたわみ性履帯式車両である。

図.2は、緩く堆積したまき土地盤で構成される地盤傾斜角 $\delta=10^\circ$ の傾斜地を登坂走行する場合の各 β における前輪沈下量 S_f 、後輪沈下量 S_r とスリップ率 i の関係について示したものである。これによると、 S_f, S_r は i の増加とともに増大する。また、グラウサ傾斜角 β が大きいほど沈下量は小さい。図.3は、同様の傾斜地を登坂走行する場合の駆動力 T_1 、有効牽引力 T_4 とスリップ率 i の関係を示したものである。 T_1, T_4 共にグラウサ傾斜角 β が大きいほど大きくなっている。これは、沈下量が小さいほど締め固め抵抗が小さくなるためである。以上のことより、登坂走行時もグラウサ傾斜角 $\beta=30^\circ$ が最適であることがわかった。

図.4は、グラウサ傾斜角 $\beta=30^\circ$ について様々な地盤傾斜角 δ におけるスリップ率 i と有効牽引力 T_4 の関係を示したものである。地盤傾斜角 δ は $0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ の4通りに変化させ解析を行った。その結果、地盤傾斜角 δ が大きいほど自重の斜面方向の成分が大きいため、有効牽引力 T_4 は小さくなることがわかった。

図.5は、地盤傾斜角 δ と最適有効牽引力 T_{4opt} の関係を示したものである。ここで最適有効牽引力とは、最適スリップ率 i_{opt} ³⁾における有効牽引力である。ここでは、車両重心偏心率 e_v が $-0.04, 0.00, 0.04$ の3通りについて解析を行った。その結果、車両重心がより前方に偏心するほど、登坂能力が劣ることがわかった。ここで最大登坂角 δ_{max} は、シミュレーション解析の結果、車両重心偏心率 $e_v=-0.04$ のとき 30.5° 、 0.00 のとき 34.5° 、 0.04 のとき 35.6° となった。

5. まとめ

以上のことより、傾斜地を登坂走行する場合も平地を直進走行する場合と同様にグラウサ傾斜角 $\beta=30^\circ$ が最適であり、また、4tf級のたわみ性履帯式車両が安定して登坂走行できる限界は、地盤傾斜角 $\delta=30^\circ$ 付近であると思われる。

参考文献

- 1) 河原莊一郎・丸毛篤也・室達朗:まき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:テラメカニックスー走行力学ー,技報堂出版,pp.133-234,1993
- 3) J.Y.Wong:Terramechanics and Off-Road Vehicles,Elsevier,pp.30-40,1989

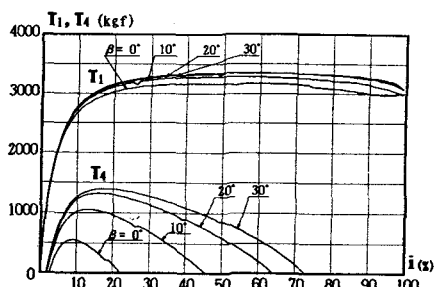


図.3 種々のグラウサ傾斜角 β に対する駆動力 T_1 、有効牽引力 T_4 とスリップ率 i の関係
(地盤傾斜角 $\delta=10^\circ$)

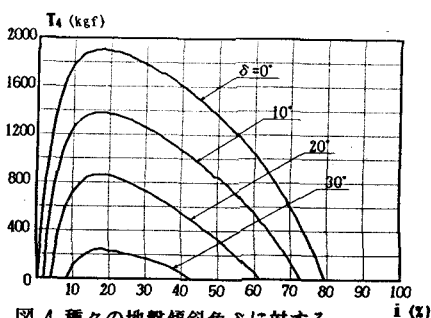


図.4 種々の地盤傾斜角 δ に対する有効牽引力 T_4 とスリップ率 i の関係
($\beta=30^\circ$)

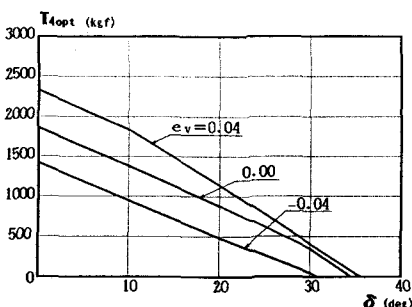


図.5 種々の車両重心偏心率 e_v に対する最適有効牽引力 T_{4opt} と地盤傾斜角 δ の関係