

VI-252

砂質地盤における履带式車両のターナビリティ

愛媛大学大学院 学生会員 ○森岡 享一
愛媛大学工学部 正 会 員 室 達 朗
滋 賀 県 阿加井 健史

1. まえがき 車輪式車両と比べ履带式車両の旋回には大きな抵抗が伴い、そのため駆動力は直進時の2～3倍必要と言われている。従って、スクレーバなどを牽引しながら旋回する場合などにおいては、牽引力に旋回抵抗が加算され、さらに大きな駆動力が必要とされる。本研究は、履带式車両の最適な旋回方法を検討するために、地盤-履帯係数¹⁾を入力情報とした履带式車両旋回時のシミュレーション解析方法を提案するものである。

2. 供試地盤及び履帯モデル 供試地盤は気乾燥状態の海砂(含水比0.38%, 密度1.52g/cm³)を鋼製パネル板からなる実験土槽(450cm×450cm×60cm)に深さ50cm充填したものを使用した。履帯モデルは、図.1に示すような寸法で、T型の鋼製グラウサを7個装備している。

3. 実験装置及び方法 地盤-履帯係数を求めるために、実験土槽内において接地圧 p を0.070～0.152kgf/cm²の間で6段階に変化させた履帯モデル牽引・載荷実験¹⁾を行った。牽引抵抗を履帯面積で除したせん断抵抗 τ (kgf/cm²)、牽引距離 j_s (cm)、滑り沈下量 S_s (cm)、静的沈下量 S_0 (cm)を測定し、それぞれ次式¹⁾で回帰を行い、地盤-履帯係数 $m_c, m_f, a, c_0, c_1, c_2, k, n$ を決定した。

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

$$S_s = c_0 \cdot p^{c_1} \cdot j_s^{c_2} \quad (2)$$

$$p = k \cdot S_0^n \quad (3)$$

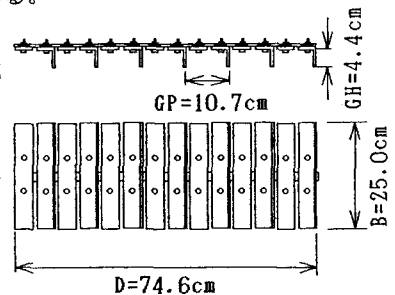


図.1 履帯モデル

牽引実験において牽引方向は、縦方向と横方向の2通り行った。その結果得られた地盤-履帯係数を表.1に示す。結果として、縦方向に比べ横方向の牽引は、大きな滑り沈下量が発生することがわかった。

4. シミュレーション解析方法及び結果 旋回時のシミュレーション解析は、既にその妥当性が実証されている直進時のシミュレーション解析¹⁾と、地盤-履帯係数を入力情報として、今回別途製作した履带式模型車両(車重381.2kgf)が内側履帯をロックさせた状態で旋回する場合に対して行った。解析方法は、過去の研究²⁾によるものに、接地圧に関して以下のような改良を加えた。

旋回時には、縦方向のスリップによる沈下量に加えて横方向のスリップによる沈下が加わるが、ロックした内側履帯の方が横方向の影響を大きく受ける。横方向は縦方向よりも大きな滑り沈下特性を持つので、車両は外側履帯より内側履帯の方が沈下し、内側に傾く。このことによる接地圧の再配分を考える。図.2-(a)のように車両重量:W、履帯間長:C、重心高さ:h_gの車両を考える。この場合の外・内側履帯の接地圧は、外・内側履帯が受ける全荷重をP₀、P₁とすると、P₀/A、P₁/A(ここでAは片側履帯の接地面積)である。次に、この車両が旋回することにより、図.2-(b)のように横方向の車両傾斜角 θ_{lat} が生じたとする。このときの外・内側履帯に垂直な接地圧 p_0', p_1' を考えると、I点回りのモーメントの釣り合いより、外側履帯にかかる全荷重P₀'は、

	縦方向	横方向
k	9.92×10^{-8}	
n	9.11	
C_0	8.32	1.40
C_1	1.41	0.51
C_2	0.49	0.69
m_c	0	0
m_f	0.91	0.80
a	1.16	0.24

表.1 地盤-履帯係数

$$W \sin \theta_{lat} \cdot h_g - W \cos \theta_{lat} \cdot \frac{C}{2} + P_o' \cdot C = 0$$

$$\therefore P_o' = \frac{W}{2} \left(\cos \theta_{lat} - \frac{2 \sin \theta_{lat} h_g}{C} \right) \quad (4)$$

従って、ある縦方向スリップ率における直進時のシミュレーション解析による履帯先端から x だけ離れた地点での接地圧分布を $p(x)$ とすると、旋回時における同じ地点での接地圧は、外側履帯については、

$$p_o'(x) = p(x) \left(\cos \theta_{lat} - \frac{2 \sin \theta_{lat} h_g}{C} \right) \quad (5)$$

となる。従って履帯接地長を D とすると、外側履帯の旋回抵抗モーメントは次式のように算定できる。また、内側履帯についても同様に算定できる。

$$\begin{aligned} M_o &= B \int_0^D \tau_o(x) \left| x - \frac{D}{2} \right| dx \\ &= B \int_0^D (m_c + m_f \cdot p_o'(x)) \{1 - \exp(-a \cdot j_o(x))\} \left| x - \frac{D}{2} \right| dx \end{aligned}$$

図.3に車両の内・外側の前・後輪沈下量 S_{f-in} , S_{f-out} , S_{r-in} , S_{r-out} と外側履帯のスリップ率 i_o の関係を示す。車両は、横方向には、内側履帯の方が大きな沈下特性を持つ横方向滑り沈下の影響を受けるため内側に傾き、縦方向には後方に傾く。またその値は、 i_o の増加にともない増加する。図.4に直進・旋回時の有効牽引力 T_4 、直進時の駆動力 T_1 とスリップ率 i の関係を示す。旋回時の T_4 は直進時に比べ、旋回抵抗により、約1/2に減少している。また、同図において約200kgfの T_4 を発揮するには直進時には $i=2\%$ でよいが、旋回時には $i=20\%$ 必要であることがわかる。すなわち200kgfの牽引力を発揮しながら直進から旋回に移るためには、 i の増加が必要である。これらの結果を模型車両走行実験と比較すると、多少値は大きくなっているが、同様の傾向を示す。

5.まとめ 履带式車両旋回時には内側履帯後端が最も沈下し、直進から旋回に移る場合は、旋回抵抗に打ち勝つためにスリップ率の増加が要求されることがわかった。また、今回提案したシミュレーション解析法による計算値は、実験値と同様の傾向を示すことがわかった。

参考文献 1) 室達朗著：テラメカニクスー走行力学ー、技報堂出版、pp.133-234, 1993

2) 室達朗・森岡孝一・深川良一・河原莊一郎：まさ土地盤におけるブルドーザのターナビリティ、第44回土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集、pp.690-691, 1992

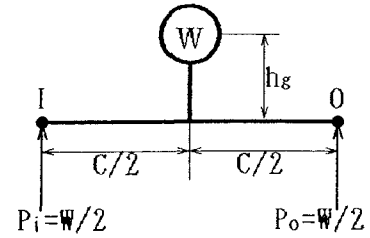


図.2-(a)

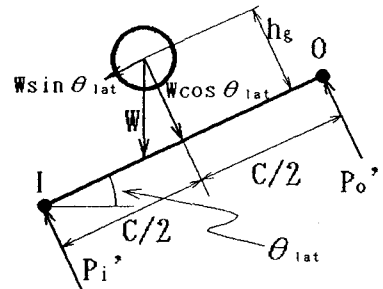


図.2-(b)

図.2 旋回時の内・外側履帯の地盤反力

(6)

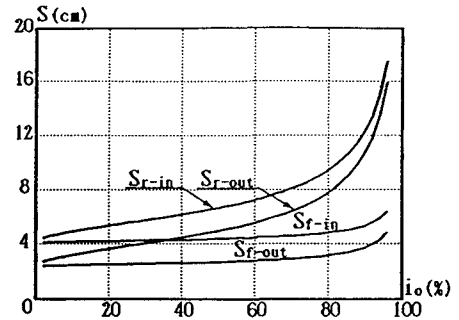


図.3 旋回時の車両沈下量 S と

スリップ率 i_o の関係

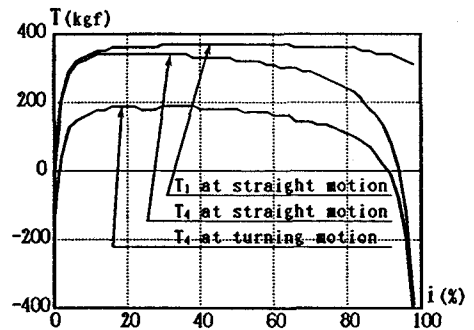


図.4 直進・旋回時の駆動力 T_1 、

有効駆動力 T_4 とスリップ率 i の関係