

III-306 トラクターの傾斜地下降駆動走行に及ぼす履帯張力の影響

愛媛大学工学部 正会員 室 達朗
愛媛大学工学部 河野幸一

1. まえがき トラクターが被牽引式スクレーパとともに傾斜角 -10 度の斜路を駆動状態で下降走行している場合を対象とし、履帯初期張力がトラクターの走行性能、とくに牽引作業能力に及ぼす影響について解析することを本研究の目的としている。自重 50kN (5トン級)のたわみ性履带式車両であるトラクターが軟弱な傾斜地を走行するとき、沈下量の発生による走行抵抗の増大がトラクターのトラフィカビリティを著しく低下させている。足廻り部分の摩耗劣化にともなって履帯は弛緩し履帯の初期張力が減少すると、トラクターの有効牽引力、沈下量、車両トリム角、接地圧分布および牽引効率にどのような影響を及ぼすかについて考察している。

2. 車両諸元と地盤・履帯係数 トラクターは、自重 50kN 、履帯幅 100cm 、履帯接地長 320cm 、平均接地圧 7.81kPa 、前後輪半径 50cm 、7個の下転輪間隔 40cm 、車両重心偏心率 $e = -0.02$ 、車両重心高さ 100cm 、牽引力作用点と車両中心線間隔 300cm 、牽引力作用点高さ 50cm 、車両速度 100cm/s である。履帯の初期張力 H_0 は0から 49kN までとした。等辺台形型ゴム製履帯のグラウサ高さは 12cm で、ピッチ 36cm 、接地長 2cm 、底長 8.9cm である。傾斜地は、含水比 30% 、コーン指数 31kPa の軟弱なシルト質ローム地盤で構成されている。寸法効果を考慮して計測された地盤・履帯係数は、 $k = 5.513$ 、 $n = 0.895$ (下転輪通過後の除荷過程で $k = 30.04$ 、 $n = 1.000$)、 $m_c = 3.362\text{kPa}$ 、 $m_r = 0.311$ 、 $a = 0.078$ $1/\text{cm}$ 、 $c_0 = 0.692$ 、 $c_1 = 0.584$ 、 $c_2 = 0.478$ である。

3. 牽引特性 たわみ性履带式車両に対する厳密な走行シミュレーション解析¹⁾により、傾斜角 $\beta = -10$ 度の斜路を $H_0 = 9.8\text{kN}$ で下降駆動走行させた場合のトラフィカビリティから牽引性能を求

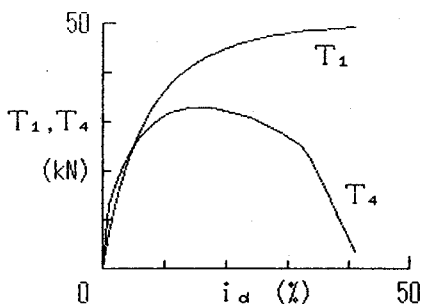
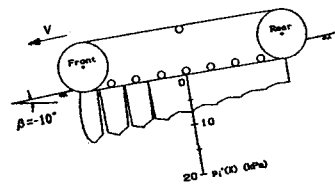
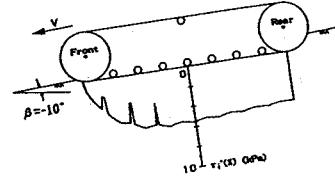


図1 駆動力 T_1 、有効牽引力 T_4 とスリップ率 i_d の関係 ($\beta = -10$ 度)



(a) 垂直応力 $p_i'(X)$ の分布



(b) せん断抵抗力 $\tau_i'(X)$ の分布

図4 履帯下の接地圧分布 ($\beta = -10$ 度、 $H_0 = 9.8\text{kN}$ 、 $i_d = 30\%$)

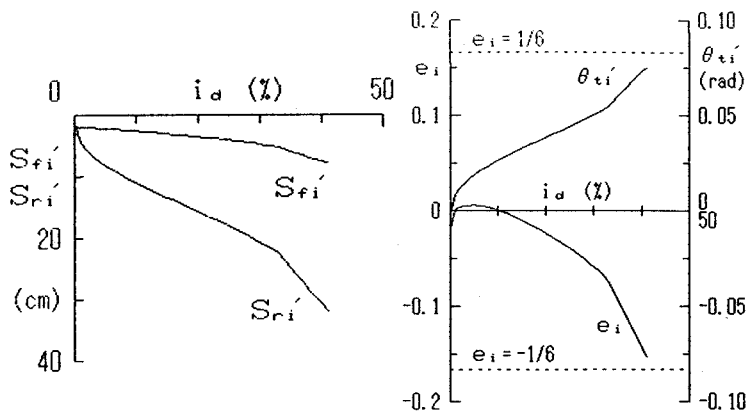


図2 前後輪沈下量 S_{fi}' 、 S_{ri}' とスリップ率 i_d の関係 ($\beta = -10$ 度)

図3 地盤反力偏心率 e_i 、車両トリム角 θ_{ti}' とスリップ率 i_d の関係 ($\beta = -10$ 度)

めた。図1に示すように、駆動力 T_1 はスリップ率 i_d とともに増加しているが、有効牽引力 T_4 は $i_d=16\%$ において最大値をとりその後は走行抵抗の増加とともに減少している。なお、 $i_d < 5\%$ において $T_4 > T_1$ を示しているのは下降駆動のために車両重量が加勢したためである。この場合の最適スリップ率 $i_{d,opt}$ は 12% であり、最適有効牽引力 $T_{4,opt}$ は 32.3kN 、牽引効率 E_t は 72.9% である。図2は前後輪沈下量 S_{ri}' 、 S_{ri} と i_d の関係を示したものであり、常に $S_{ri}' > S_{ri}$ である。図3は地盤反力偏心率 e_i 、車両トリム角 θ_{ti}' と i_d の関係であり、 i_d の増加とともに接地圧分布は前方へ傾斜するが車体は滑り沈下量の増加とともに後方へ傾斜している。一例として、 $i_d=30\%$ の履帯下の接地圧分布を図4(a)、(b)に示す。たわみ性履帯の特性として前方下転輪下での応力集中が認められる。図5は、有効入力エネルギー E_1 、締めエネルギー E_2 、スリップエネルギー E_3 、有効牽引力エネルギー E_4 、および位置エネルギー E_5 の i_d による変化であり、 E_4 が最大値をもつに對し E_2 は放物線的に増大している。

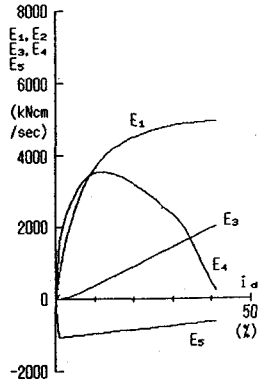


図5 各種エネルギー $E_1 \sim E_5$ とスリップ率 i_d の関係 ($\beta = -10$ 度)

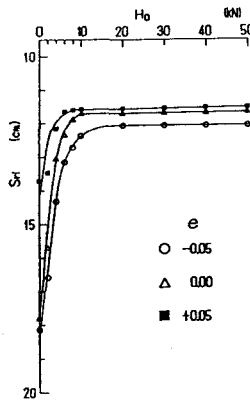


図7 後輪沈下量 S_{ri}' と履帯初期張力 H_0 の関係 ($\beta = -10$ 度)

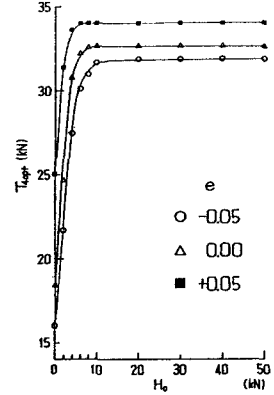


図6 有効牽引力 $T_{4,opt}$ と履帯初期張力 H_0 の関係 ($\beta = -10$ 度)

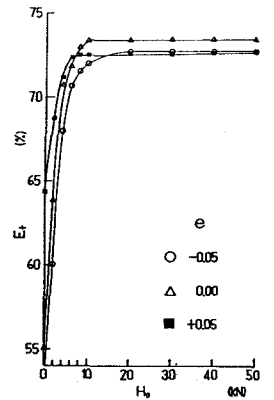


図8 牽引効率 E_t と履帯初期張力 H_0 の関係 ($\beta = -10$ 度)

4. 履帯初期張力 傾斜角 $\beta = -10$ 度の斜面を前述したトラクターが下降駆動走行する場合、 $e = 0.00$ 、 ± 0.05 について履帯初期張力 H_0 が牽引性状に及ぼす影響についてシミュレーション解析を行った。その結果、図6に示すように、 $T_{4,opt}$ は e の低下とともに減少し、 $H_0 \approx 10\text{kN}$ 以下において急減している。これらの挙動と対応して S_{ri}' は図7に示すように e 、 H_0 の低下とともに増加しており、 $H_0 \approx 10\text{kN}$ 以下で急増している。牽引効率は、図8に示すように、 e による差異は明白でないが $H_0 \approx 10\text{kN}$ 以下で急減している。なお、 e_i 、 θ_{ti}' は e の低下とともに減少しており、 $H_0 \approx 10\text{kN}$ 以下で e_i は急減、 θ_{ti}' は急上昇していることが判明した。

5. あとがき トラクターが傾斜地を下降駆動走行する場合、履帯初期張力が減少するとトラクターの有効牽引力と牽引効率に著しい悪影響を及ぼすことが明白であり、少なくとも 10kN 以上の初期張力を維持しておく必要がある。また、車両重心位置は、この場合、車両後方に位置する方が望ましいことが判明した。

参考文献 1) T.Muro: Automated Tension Control System of Track Belt for Bulldozing Operation, Proc. of 7th Int. Sympo. on Automation and Robotics in Construction, Vol. 2, England, pp. 415-422, June, 1990.