

VI-159 ブルドーザの傾斜地走行時における最適着点高さ

愛媛大学工学部 正会員 室 達朗
 （株）奥村組 山下 孝

1. まえがき 被牽引式スクレーバと連動作業を行うブルドーザの有効牽引力を最大限に発揮するために両車両の接合点である着点の高さを制御することは重要な研究課題である。ここでは、50 kN のたわみ性ゴム履带式ブルドーザがコーン指数 95 kPa の軟弱な砂質土の傾斜地を駆動走行する場合の走行解析を行い、最適着点高さが地表面の傾斜角や車両構造によってどのように変化するかについて検討している。

2. 地盤-履帯系定数 図1 は、グラウサ高さ $H=6.5$ cm, ピッチ $G_p=14.6$ cm, 傾斜角 $\alpha=30$ 度, 底長 $L=2$ cm の等辺台形型ゴム製グラウサを装着した履帯モデルであり、履帯長 $D=73$ cm, 幅 $B=25$ cm である。この履帯モデルを気乾状態のまま土で構成された地盤上に設置し、荷重載荷・徐荷試験, 牽引力試験, 滑り沈下量試験を実施して、所定の地盤-履帯系定数を計測した。

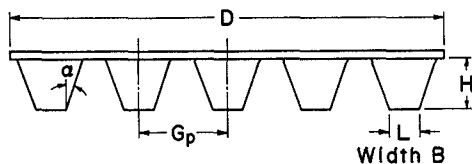


図1 履帯モデルの形状寸法

なお、地盤の単位体積重量は 1.44 Mg/m³ であり、含水比は 2.38% , コーン指数は 95.1 kPa である。その結果、地盤-履帯系定数¹⁾ は、 $k_1=8.526$, $n_1=0.866$, $k_2=32.63$, $n_2=0.632$; $m_0=0$, $m_r=0.769$, $a=0.244$ 1/cm ; $c_0=1.588$, $c_1=0.075$, $c_2=0.240$ となることが判明した。

3. 車両諸元 図2 は、傾斜角 β の地表面上を駆動状態で走行しているブルドーザの車両諸元と作用力を示したものである。各車両諸元は、車両重量 $W=50$ kN, 履帯幅 $B=25$ cm, 履帯接地長 $D=320$ cm, 平均接地圧 $p_m=31.3$ kPa, 前・後輪半径 $R=50$ cm, 車両重心高さ $h_g=100$ cm, 着点位置 $\alpha_a=300$ cm, $h_d=60$ cm, 初期履帯張力 $H_0=19.6$ kN, 履帯の回転速度 $V'=100$ cm/s である。また、たわみ性履帯の形状寸法は前述の履帯モデルと同一のものである。有効牽引力 T_4 は、推進力を T_3 , 走行抵抗を T_2 , 車両トリム角を θ_{ti}' とすると、力の平衡より次式で与えられる。

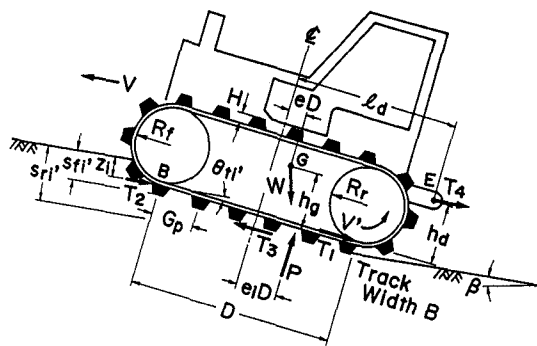


図2 登坂走行時のブルドーザに作用する諸力

$$T_4 = \frac{T_3}{\cos \theta_{ti}'} - \frac{W \sin(\theta_{ti}' + \beta)}{\cos \theta_{ti}'} - T_2 \quad (1)$$

4. 登坂時牽引力特性 当該ブルドーザが $\beta = \pi/9$ rad の傾斜地を登坂走行する場合の牽引力特性についてシミュレーション解析²⁾ を実施した。図3 に示したように、有効牽引力 T_4 はスリップ率 $i_m=23\%$ において最大値 $T_{4max}=20.1$ kN を呈した後、走行抵抗の増加に伴って減少している。この場合の最適有効牽引力 T_{4opt} は $i_{dopt}=11\%$ において 19.2 kN であり、牽引効率は 43.1% と算定された。後輪スプロケット

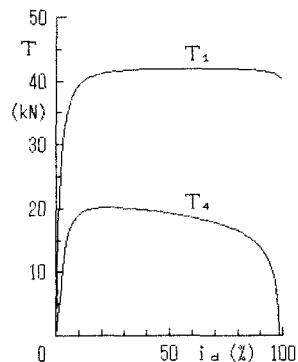


図3 駆動力 T_1 , 有効駆動力 T_4 とスリップ率 i_d の関係 ($\beta = \pi/9$ rad)

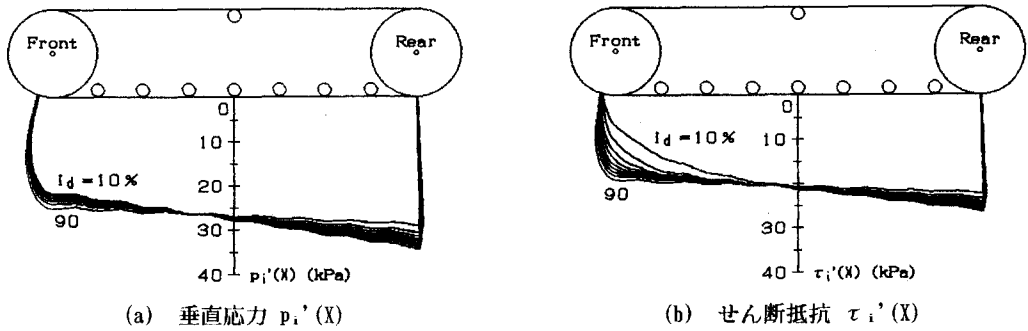


図4 履帯下の接地圧分布

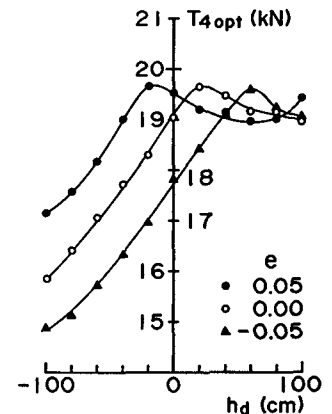
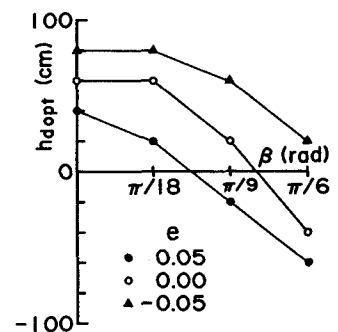
の沈下量 s_{ri}' は i_d の増加に伴う滑り沈下量の増加とともに漸増している。また、車両トリム角 θ_{ti}' は i_d の増加とともに漸増しているが、地盤反力偏心率 e_i は $i_d=6\%$ において最大値 0.0384 を呈した後漸減している。図4は、 $i_d=10\sim90\%$ における履帯下の垂直応力分布 $p_i'(X)$ とせん断抵抗分布 $\tau_i'(X)$ を示したものである。なお、履帯張力 $T_0(X)$ は履帯接地部において後輪方向に増大し、 $i_d=10\%$ において最大値 35.5 kN に達している。

5. 最適着力点高さ $\beta = \pi/9$ rad の傾斜地を登坂駆動走行する当該ブルドーザの車両重心偏心率 $e=0.00$, ± 0.05 に対し、有効牽引力の着力点高さ $h_d = -100\sim 100$ cm の範囲で 20 cm 毎にシミュレーション解析を行なった。図5は、最適有効牽引力 T_{4opt} と h_d の関係を示したものであり、 $e=0.05$ で $h_{dopt} = -20$ cm , $e=0.00$ で $h_{dopt} = 20$ cm , $e=-0.05$ で $h_{dopt} = 60$ cm において T_{4opt} は最大値を呈している。一方、後輪沈下量 s_{ri}' はそれぞれの h_{dopt} に対して最小値となっている。図6は、最適着力点高さ h_{dopt} が、 $e=0.00$, ± 0.05 に対して傾斜角 β の増加とともに減少することを示したものである。

6. 結論 傾斜角 $\pi/9$ rad の地表面を登坂駆動する 50 kN ブルドーザの最適有効牽引力を最大とする最適着力点高さは、車両重心偏心率 0.05, 0.00, -0.05 に対し -20, 20, 60 cm であり、それぞれの轍深さは最小値を示すこと、及びその最適着力点高さは、車両重心偏心率と地表面の傾斜角が増加するとともに漸減していくことが判明した。

参考文献

- 1) T.Muro : Grouser Shape Effect on Tractive Performance of a Flexible Tracked Vehicle Carrying up Slope Terrain , Proc. of 4th North American Regional ISIVS Conf., 1992.
- 2) T.Muro : Optimum Track Belt Tension and Height of Application Forces of a Bulldozer Running on Weak Terrain, J. of Terramechanics, Vol.28, No.2/3, pp.243-268, 1991.


図5 種々の車両重心偏心率 e に対する最適有効牽引力 T_{4opt} と着力点高さ h_d の関係

図6 種々の車両重心偏心率 e に対する最適着力点高さ h_{dopt} と傾斜角 β の関係