

湿地ブルドーザの牽引力に及ぼす作用高さの影響

愛媛大学工学部 正 員 室 達朗
愛媛大学大学院 学生員 ○柳楽篤司
(株)日立製作所 松元恭康

1. 序論 湿地ブルドーザの牽引特性を支配する車両諸元には様々なものがあり、ここでは履帯形状、及び有効牽引力作用高さを変化させて、その牽引特性を車両実験と解析の両面から検討する。

2. 車両実験と解析¹⁾ 走行地盤は含水比30%、コーン指数0.32kgf/cm²の練り返したシルト質ロームとし、実験に適用した車両は1.5kWモータ搭載、後輪駆動型で車両重量W=360kgf、履帯接地長D=82.0cm、履帯幅B=25.0cm、前・後輪車輪半径 $r_f=r_r=14.8$ cm、車両偏心率 $e_v=0.04$ 、重心高さ $h_w=35.3$ cm、有効牽引力作用点までの距離 $l_p=50.8$ cm、有効牽引力作用高さ $h_p=37.0$ cm、履帯移動速度 $V'=9.40$ cm/sの剛性履带式車両である。履帯形状は、グラウサ高さHを全て4.5cmに統一し、グラウスピッチGPを、標準型(以後T型と呼ぶ)

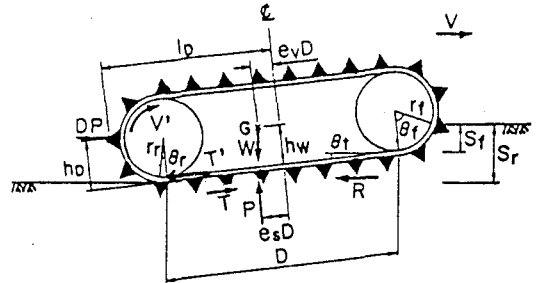


図1 車両に作用する諸力

で最適GP/Hを取るものを1通り、直角二等辺三角形型(以後▽型と呼ぶ)で4通りに変化させて、スリップ率 $i=0\sim40\%$ に対する、駆動力 T' 、有効牽引力 DP 、前・後輪沈下量 S_f, S_r を測定項目とした。

図1に車両に作用する諸力を示す。Tは推進力、Rは締固め抵抗力、Pは地盤反力、 e_s は地盤反力の偏心率、 θ_t はトリム角、 θ_f は前輪接地角、 θ_r は後輪接地角である。次に解析を行う際に、車両と地盤材料の土質特性を把握する必要から、実車両と同一寸法の履帯モデルによる載荷・牽引試験を各履帯形状について行い、土質定数を決定した。以下に地盤特性を表す評価式を提示する。

$$\tau = (m_c + p \cdot m_r) \{1 - \text{EXP}(-a \cdot j)\} \quad (1)$$

$$S_a = b_a \cdot p^{b_1} \quad (2)$$

$$S_s = c_a \cdot p^{c_1} \cdot j^{c_2} \quad (3)$$

ここで、 τ (kgf/cm²)はせん断抵抗、 S_a (cm)は静的沈下量、 S_s (cm)はすべり沈下量、 p (kgf/cm²)は接地圧、 j (cm)はスリップ量である。 m_c, m_r 、及び a はそれぞれ、土の粘着力項、内部摩擦角項および変形係数項であり、係数 b_a, c_a および指数 b_1, c_1, c_2 は沈下を決定する項であり、それぞれ地盤と履帯形状によって異なった値を取る。得られたパラメーターを表1に示す。解析及び車両実験の両結果の一例として、▽型

表1 土質定数

グラウサ形状	GP (a) (kgf/cm ²)	m_c	m_r	a (1/cm)	b_a	b_1	c_a	c_1	c_2
直角二等辺三角形型	10.4	0.0014	0.341	0.258	3078	4.086	1.214	0.305	0.739
▽	15.6	0.0240	0.791	0.303	4661	4.157	0.077	0.154	0.953
▽	20.8	0.0079	1.158	0.145	559.9	2.848	3.117	1.427	0.852
▽	31.2	0.0197	0.673	0.324	639.3	2.793	32.30	1.797	0.506
標準型	15.6	0.0225	0.592	0.445	117.8	1.929	460.9	3.043	0.448

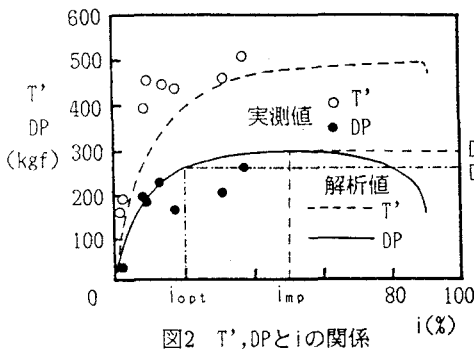


図2 T', DP と i の関係

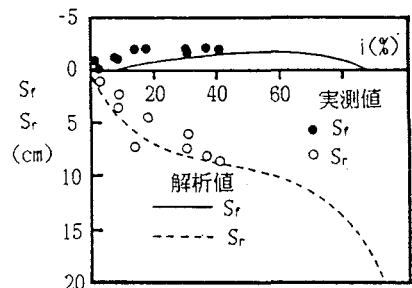


図3 S_r, S_f と i の関係

GP=20.8cmの場合に得られた結果を図2,3に示す。図2は T' , DPと i の関係であるが、両結果の良い一致と、 T' , DPはある i ($i=i_{mp}$)においてDPの最大値 DP_{max} を取ることが判る。図3は S_r , S_r と i の関係であるが、 S_r は i が小さい時に既に負の値を取っており前輪部が浮いている状態にあること、 S_r は i の増加と共に顕著に増えており、平均接地圧の数倍もの傾斜荷重が作用する後輪部においては、わずかなすべりに対しても過度の沈下が生じる軟弱地盤の特性を表していることが判る。またエネルギーと i の関係においては、実際の仕事量を評価する有効牽引力エネルギーはある i において最大値 E_{max} を取ることが判明している¹⁾。この時の i を最適スリップ率 i_{opt} 、 i_{opt} の時のDPを DP_{opt} とすると、 i_{opt} 及び DP_{opt} で操縦する時に最大の効率が得られるわけである。以上より、牽引特性は DP_{max} と DP_{opt} の二つを基準として比較することが可能となる。

3. 履帯形状による影響 各履帯形状について DP_{max} , DP_{opt} とGP/Hの関係を図4に示す。▽型はGP/H=4.5付近で最大の DP_{max} を取り、T型は最適GP/Hにもかかわらず▽型より低い牽引特性を表していることが判る。 DP_{opt} で最適GP/Hを考えた場合は、先の場合と異なった結果が得られ、GP/H=4.0付近で最大の DP_{opt} を示している。故に最大有効牽引力で判断する場合と、効率で判断する場合とで、若干最適GP/Hが異なってくる。

4. 有効牽引力作用高さによる影響 h_D の効果は後輪車軸を中心とするモーメントとして現れる。

図1より h_D が r_r より大きくなると駆動トルクとは反対のモーメントが作用し、DPにより車体前部を浮かそうとする力が働き、逆に h_D が r_r より小さくなると、車体前部を地盤に押さえつけようとする力が働くことが判る。すなわち、前述した様に過度の後輪部の沈下により、その相互作用として前輪部が浮く状態になりやすい湿地ブルドーザでは、 h_D が小さい方がより優れた牽引特性を発揮できると推測できる。故に以下の条件の下で解析を行い、 h_D の効果を検証した。適用した仮想車両の諸元は $W=1000\text{kgf}$, $D=200.0\text{cm}$, $e_v=0.10$, $h_w=50.0\text{cm}$, $l_D=100.0\text{cm}$, グラウサは▽型GP=20.8cmを装着し、他の諸元及び走行地盤は先と同一とし、 h_D を-20~40cmまで変化させて DP_{max} 及び DP_{opt} を算定した。 h_D が正の値を持つ時は、湿地ブルドーザが牽引作業をする場合で、負の時は掘削作業をする場合である。図5は得られた結果であり、 DP_{max} については h_D が下方に位置するほど増大する傾向を示しており、予想通りの結果が得られている。

DP_{opt} については h_D が-10~25cmの付近において多少の変動が見られる。この原因は、DPは T , R 及び θ_t により次式で決定されるのであり、

$$DP = T / \cos \theta_t - W \tan \theta_t - R \quad (4)$$

DPを大きく支配する T は、 h_D に伴う S_r , S_r の変化と密接な関係があり、 h_D のみではDPの特性を言及しきれないためである。また DP_{max} , DP_{opt} 共に

$h_D=25\text{cm}$ 以降で急激に値が減少しているのは、この付近で前輪部が浮いてくるためである。

5. 結論 履帯形状及び h_D を変化させて湿地ブルドーザの牽引特性を求めた結果、履帯形状は DP_{max} または DP_{opt} を発揮するものを使用し、 h_D を下方に位置する様に車両を設計すれば牽引特性の向上が図られるものと確信する。《参考文献》1)室達朗, 尾本清, 柳楽篤司: 湿地用ブルドーザの走行性能—エネルギー解析—, 土木学会論文集, 第403号, VI-10, 1989。

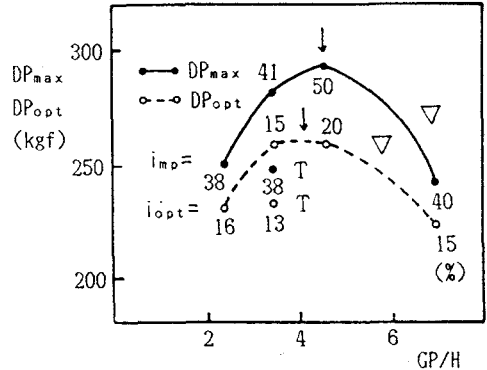


図4 DP_{max} , DP_{opt} とGP/Hの関係

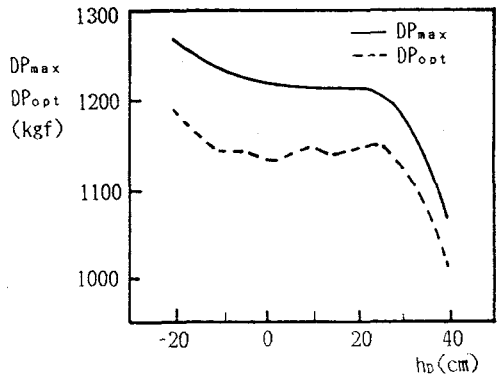


図5 DP_{max} , DP_{opt} と h_D の関係