

VI-59 湿地ブルドーザの制駆動時の走行解析

愛媛大学大学院 学生員 ○柳楽篤司

愛媛大学工学部 正員 室 達朗

日本電信電話㈱ 正員 尾本 清

1. まえがき 本研究では、軟弱地盤における剛性履带式車両のドーピングに必要な有効牽引力に着目し、土-車両系について力学的に解析し、車両実験によって解析結果を実証することにより、履带式車両の開発に有効な設計指針を示した。

2. 車両実験 (1)実験装置 図1に駆動走行での車両実験装置の概略を示す。ウインチは、車両の速度やスリップ率 i を制御する役割を持ち、無段変速モータ(出力3.7kW)を搭載している。試料土は、シルト質ローム(含水比30%, 非排水強度 0.024kgf/cm^2)を使用し、土槽に約40cmの深さまで充填した後、鉛直方向に強度が一定となるように実験直前に攪乱を行い、平坦に整地してから実験を行った。

(2)実験方法 車両を種々の i において走行させたときの制駆動力 T' (kgf)を後輪車軸に貼ったひずみゲージより、有効制動力と有効牽引力 DP (kgf)はロードセルより検出し、ペンレコーダに自記記録させた。前輪後輪の沈下量 S_r , S_r (cm)の測定方法は、車両に取り付けたマジックペンが土槽に固定された白紙上に車両の動きを描くというものである。

(3)実験結果 図2に T' , DP と i の関係を、図3に S_r , S_r と i の関係を示す。制駆動とも $|i|$ が増加すると T' , DP も増加する特性を示す。また、制動の方が駆動よりも大きく出る。これは、制動時の滑り量が後端で $iD/(1+i)$ であるのに対し、駆動時で iD と小さいためである。さらに、走行抵抗 R (kgf)は、制動より駆動の方が大きくなる傾向を示す。これは、駆動の S_r が、制動の S_r より大きくなったことから裏付けられている。この理由としては、①駆動では、 i が約20%以上になると走行中偏心率 e_s が $1/6$ を越え、後端の接地圧 p_r (kgf/cm 2)が増大するため、②車両通過後の地盤の滑り量が制動時 $-iD$ と比べて駆動時 $iD/(1-i)$ と増大するためである。

3. エネルギー解析¹⁾ (1)解析手法 解析に必要なせん断抵抗 f (kgf/cm 2)、初期沈下量 S_0 (cm)及び滑り沈下量 S_s (cm)を決定する入力情報は、接地圧 p (kgf/cm 2)、滑り量 j (cm)に対して以下のように表される。

$$f = (m_0 + p \cdot m_r) \{1 - \exp(-a j)\} \quad (1)$$

$$S_0 = b_0 \cdot p^{b_1} \quad (2)$$

$$S_s = c_0 \cdot p^{c_1} \cdot j^{c_2} \quad (3)$$

ここで、 $m_0 = 0.092\text{kgf/cm}^2$, $m_r = 0.620$, $a = 0.15/\text{cm}$

$$b_0 = 308.8, b_1 = 2.53$$

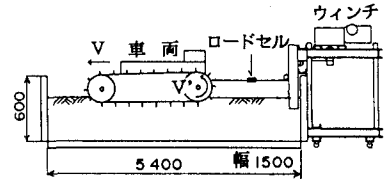


図1 実験装置

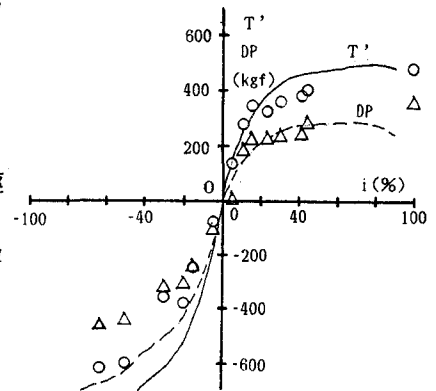
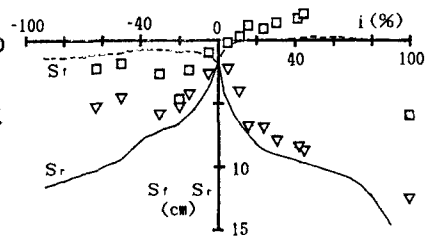
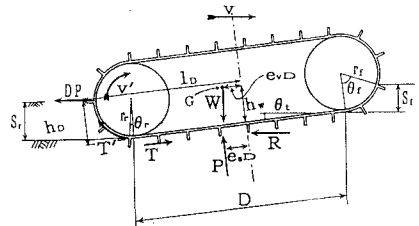
図2 T' , DP と i の関係図3 S_r , S_r と i の関係

図4 車両に作用する諸力

$c_0=5.05$, $c_1=0.855$, $c_2=0.466$ とした。

上記の式を用いて、実験車両と同じ諸元を適用してエネルギー解析を行った。図4に車両に作用する諸力を示す。車両の諸元は、動力1.5kW、標準グロース（高さ3.2cm、ピッチ10.2cm）、車両重量 $W=362.2\text{kgf}$ 、接地長 $D=71\text{cm}$ 、履帯幅 $B=20\text{cm}$ 、車両偏心率 $e_v=-0.005$ 、前輪後輪半径 r_f , $r_r=14.8\text{cm}$, $h_D=32.5\text{cm}$, $l_D=50.8\text{cm}$ 、制動時 $h_B=11.5\text{cm}$, $l_B=-17.3\text{cm}$, $h_w=35.3\text{cm}$, $v'=9.4\text{cm/s}$ である。推進力 $T(\text{kgf})$ は、前輪部、主要部及び後輪部の3領域に分けて算定し、 e_s は、 T' , R , DP , T 及び地盤反力 $P(\text{kgf})$ の後輪車軸回りのモーメントから算定し、再び解析に適用することによって反復計算を行い精度を高めた。また、 $e_s < 1/6$ の場合だけでなく、実験結果に対応して $e_s > 1/6$ の場合についても解析した。

(2)解析結果 エネルギー解析結果について T' , DP と i の関係を図2に、 S_f , S_r と i の関係を図3に車両実験結果と重ねて示す。実験結果と解析結果は、良く一致していることが分かる。図5に P の偏心率 e_s と i の関係を示す。 i が40%以上になると e_s が $1/6$ を越え、接地圧分布が三角形分布となる。図6に履帯が車体に対して D 移動したときの各エネルギーとスリップ率の関係を示す。図7に図6の駆動部分を拡大して示す。制動において i が小さくなればなるほど E_3 及び E_4 が大きくなるのは、履帯が D 移動したときのエネルギーを算定しているためであり、 $i \rightarrow -1$ のとき $E_3 \rightarrow \infty$, $E_4 \rightarrow \infty$ となる。駆動では E_4 は、 i に対して最大値を持つ関数となり、 E_4 が最大値 $E_{4\max}$ となると、有効牽引力を発揮する車両の仕事量は、最大となるので最適スリップ率 i_{opt} 、最適有効牽引力 DP_{opt} を定義することができる。解析結果から、 $E_{4\max}=16998.8\text{kgf}\cdot\text{cm}$, $i_{\text{opt}}=28\%$, $DP_{\text{opt}}=249.3\text{kgf}$ を得た。図8に $e_v=0\%$ としたときの DP_{opt} と p_m の関係を示す。 DP_{opt} は、平均接地圧 p_m に対して最大値 $DP_{\max}$ を持つ関数となり、そのときの p_m を最適接地圧 p_{opt} とする。解析結果より、 $DP_{\max}=241\text{kgf}$, $p_{\text{opt}}=0.13\text{kgf/cm}^2$ となった。また、 p_m が増大するほど i_{opt} が大きくなる傾向を示す。これは、 p_m が大きくなるほど R が大きくなるため、 DP_{opt} の立ち上がりが緩くなるためである。

4. あとがき 履带式車両の牽引性能を評価するためエネルギー解析を行い、解析結果と車両実験結果を比較すると良く一致した。よって、エネルギー解析の有用性を示した。また、解析結果より、車両は $i_{\text{opt}}=28\%$, $DP_{\text{opt}}=249.3\text{kgf}$ のとき、最も作業能力を発揮することができる。

参考文献 1)室達朗・河原莊一郎・尾本清：履带式車両の有効牽引力に関するエネルギー解析，愛媛大学工学部紀要，第11巻3号，pp.409～419，1988。

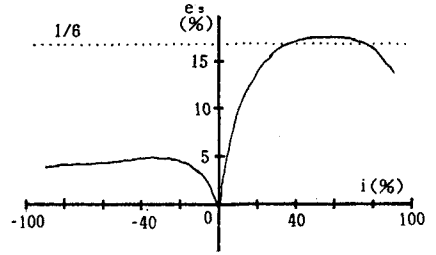


図5 e_s と i の関係

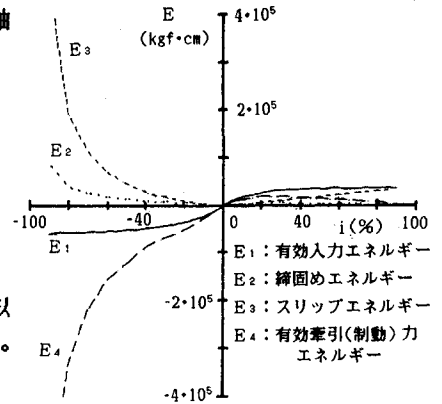


図6 E_1 , E_2 , E_3 , E_4 と i の関係

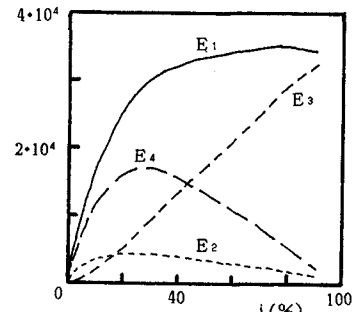


図7 駆動時の E_1 , E_2 , E_3 , E_4 と i の関係

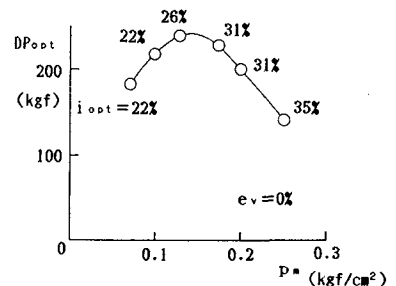


図8 DP_{opt} と p_m の関係