

九州大学農学部 橋口公一、○住吉和彦  
 琉球大学農学部 上野正実、 泉 裕巳、国府 正  
 酒井重工業（株） 能勢行則、 小山富士夫  
 農林水産省九州農業試験場 亀井雅浩

「key word」 正味推進力、耕盤、法線応力、接線応力、トルク、接地荷重

I. 緒言

路外車両については、エンジンの改良やコンピュータなどによる制御技術の発達により高出力、省燃費、作業精度の向上が進められてきた。一方、車輪などの走行部が実際の推進力、けん引力の発生などの走行性能に大きな影響を持っている。本研究では、車輪と土が相互に関係し合う一つのシステムとして考え、車輪走行時の力学的な解析、土の力学的状態が車輪の運動によりどのように変化するのか、それが推進力の発生にどう影響するのかを調べた。

II. 実験装置

図1に示すように車輪走行部は、リニアベアリングにより台車と接続されており、傾斜することなく滑らかに上下に動くことができ、接地荷重一定の条件をつくりだす。リニアベアリングが摩擦で支持する微小な鉛直力はセンサで検出し、接地荷重の補正を行っている。土槽は側面が透明アクリル壁になっており、壁面に置かれた多数のマーカの動きを写真撮影することによりにより車輪走行時の土の変位を追跡、測定する。本研究は平面ひずみ条件で実験を行い、理論解析を行うため車輪は剛性輪を、土壌には豊浦標準砂を用いた。

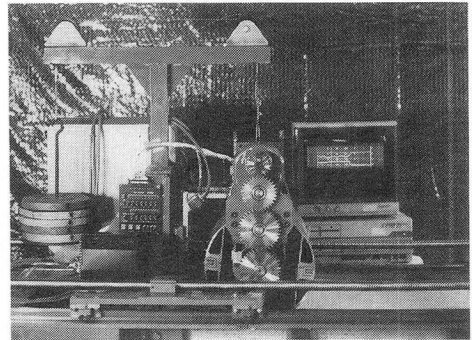


図1 実験装置の写真

III. 測定理論

土壌反力の大きさ、作用線を求めるためにL型ビームを用いたセンサを製作した。図2にL型センサと車輪に作用する土壌反力Fの作用線と水平線のなす角θ、および車輪中心から土壌反力の作用線までの距離Rは以下の式で表せる。

$$F = \sqrt{\left\{ \frac{(M_2 - M_1)}{l_1} \right\}^2 + \left\{ \frac{(M_3 - M_4 + W l_4)}{l_4} \right\}^2}$$

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{(M_2 - M_1)}{(F l_1)} \right\}$$

$$R = \frac{\{M_1 + W (L + l_3 + l_4)\}}{F (1 + \tan^2 \theta)}$$

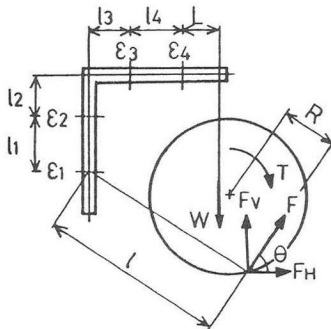


図2 L型センサによる土壌反力の測定

M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub>, M<sub>4</sub> はそれぞれ1、2、3、4のひずみゲージのブリッジの位置でのモーメントである。l<sub>1</sub>, l<sub>2</sub>, l<sub>3</sub>, l<sub>4</sub> はゲージ間距離で、Lは番号4のゲージから車輪の重心線までの距離である。他方、RはトルクからR

= T / Fで求めることもできる。L型センサとトルクによる2つの方法から得られたR値を比較することにより測定精度の確認が行える。

#### IV. 結果

図3に耕盤6 cmにおけるすべり率14%の結果を示す。上から順に接地荷重、トルク、沈下量、正味推進力、法線応力、接線応力を表す。ここで、正味推進力の車輪回転開始直後の最大値を最大正味推進力、法線応力、接線応力出力の間の安定した区間の平均値を平均正味推進力とする。

図4に耕盤深さ6 cmにおける正味推進力とすべり率の関係を示す。前回、半無限地盤60 cmにおける関係を報告したが、同様の傾向が6 cmにも現れており最大正味推進力はすべり率の小さい範囲で急激に増加した後、漸増する。平均正味推進力はすべり率15%付近で一度減少し、60%以上で再び増加する。そして、共にすべり率0%から10%の範囲では、ほぼ同値となっている。また、摩擦係数の大きいゴムコーティングの車輪は、鉄車輪に比べ最大正味推進力、平均正味推進力共に大きな値を示すが傾向は似ている。

図5に耕盤深さと正味推進力の関係を示す。すべり率は50%、26%、14%の3種類である。耕盤深さ60 cmから4 cmにかけては徐々に増加し1 cm付近で一旦減少した後急増し耕盤深さ0 cmにおいて最大値を示す。ここで、耕盤深さ0 cmは鉄板に接着剤で薄く砂を張り付けた上を走らせた。

図6に耕盤深さの違いによる法線応力、接線応力の比較を示す。耕盤深さ6 cmの方が1 cmよりも車輪の前方で出力しているのがわかる。出力の違いは、車輪の沈下が6 cmの方が大きいためである。

#### V. 結言

前回の半無限地盤の報告に加え、耕盤深さ6 cmにおける結果、耕盤深さと正味推進力の精密な力学的諸量が測定できた。今後本研究の成果を基に、車輪と土の相互作用を解明し、有限要素法による予測を目指したい。

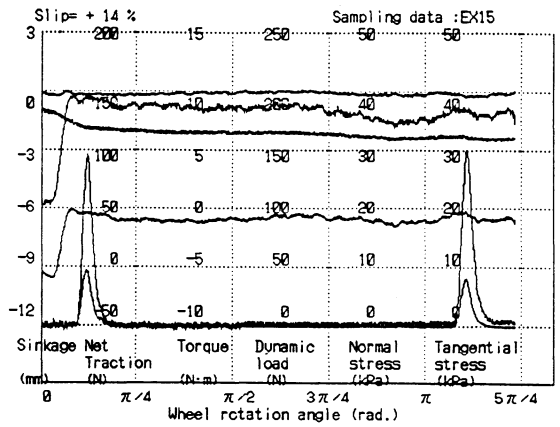


図3 実験データ (すべり率14%)

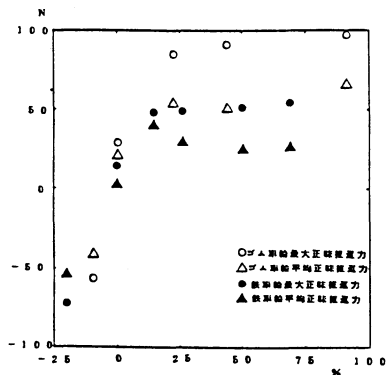


図4 正味推進力とすべり率の関係

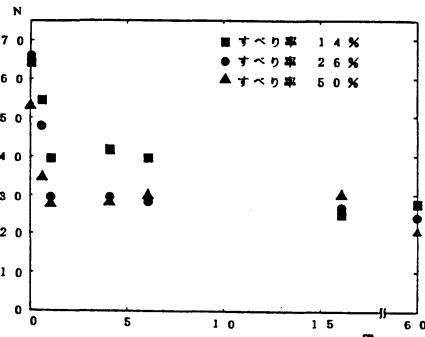
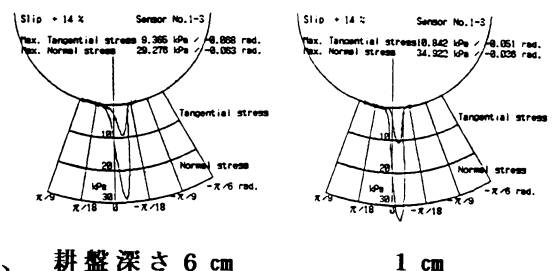


図5 正味推進力と耕盤深さの関係



耕盤深さ6 cm 1 cm  
図6 法線応力、接線応力