

軟弱地盤上を走行する履带式車両の走行性に関する研究

呉工業高等専門学校 学生会員 ○小林 康成
呉工業高等専門学校 正会員 重松 尚久
伸和建设（株） 川野 正彦

1.はじめに 本研究では、緩く堆積したまさ土地盤上で履带式車両を自走状態・牽引状態で走行させたときに、それぞれの状態が車両の走行にどのような影響を与えるかを解析することを目的とし、沈下量、有効牽引力、垂直応力、せん断応力を測定することにより、履帯車両が軟弱地盤上で発揮する走行性能を明らかにしていくことを目的とした。

1.実験装置及び実験方法 実験装置は、試料砂を入れた土槽(2.4m × 0.9cm)、実験車両、ウインチ、ロードセル、メモライザーから成る。試料砂は、気乾燥状態で最大粒径 4.75 (mm)以下に調節したまさ土の土質特性は土粒子比重 2.66, 平均粒径 $D_{50} = 0.78(\text{mm})$, 均等係数 12.0, 曲率係数 3.0, 最適含水比 $W_{op}=12.8$

(%)である。本実験では現場により近い状態を再現するため含水比を最適含水比付近に設定し、乾燥密度 $1.33 \pm 0.08(\text{g/cm}^3)$ に調整したまさ土を使用した。土槽はこの試料砂を使用し土槽全体を約 70 (mm)ずつ 4 層に分けて地盤を作成した。各層ごとに締め固めを行うために土槽と同程度の幅(800mm × 900mm)で 1274 (N)の荷重を載せることで 1.77 (Pa)の圧力で締め固めを行った。履带式車両の概略図を図-1 に示す。車両重量は 614 (N), 履帯スプロケットの半径 42 (mm)とした。履帯形状は、厚さ 2 (mm)の平板と等辺山形鋼を交互に取り付けたものを使用し、履帯幅は 100 (mm)とした。ウインチの送り出し速度を一定にすることによって車両速度 0.825 (cm/s)に定めた。最初に車両をウインチとつながことなく自走状態での実験を行った。このとき、有効牽引力は 0.00 (N)である。その後、車両とウインチをつないで車両速度を変化させ、強制的にスリップ率を与えて、これを牽引状態として測定した。車両走行を 5 種類の牽引状態に変化させることにより、自走状態をのぞいてスリップ率 $i_d=18, 25, 37, 43, 53(\%)$ の状態を牽引状態で実験を行った。なお、自走状態のスリップ率は、実験より 3%であることがわかった。履带式車両の走行性能として、沈下量 s 、有効牽引力 T_d 、垂直応力 σ , せん断応力 τ を測定した。沈下量 s は、車両が定常状態になってから停止させ、地盤表面から轍の深さの距離を測定した。有効牽引力 T_d はロードセルを通して、また垂直応力 σ , せん断応力 τ は、ダイナモメータ¹⁾により測定した。

4.実験結果と考察

4-1 沈下量 s ²⁾ 図-2 は、スリップ率 i_d と沈下量 s の関係を示したものである。スリップ率 i_d が増加するにしたがって、沈下量 s は増加した。このような結果が得られたのは、スリップ率 i_d が増加すると滑り量が増大する

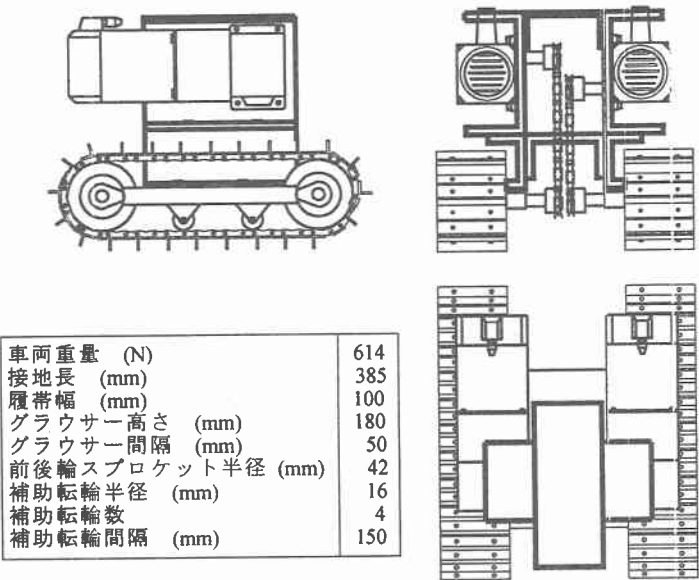


図-1 履带式車両の概略図

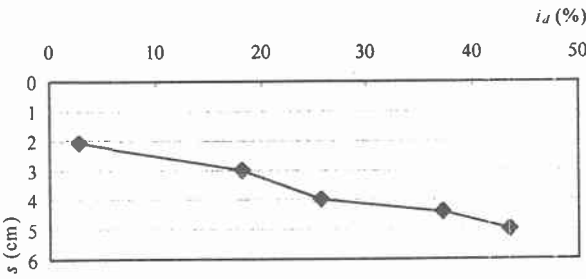


図-2 スリップ率 i_d と沈下量 s の関係

ため、結果的に滑り沈下量が増加したためであると考えられる。また、履帯式車両が軟弱地盤を走行する場合、後方部の方が滑り量が多くなるため前輪スプロケットにかかる軸荷重より、後輪スプロケットにかかる軸荷重の方が増加する。つまり、車両が後輪スプロケットの方に傾くのである。この傾きは一般的にトリム角といわれ、今回の実験でも牽引高さが車軸のよりも高い位置にあるため、スリップ率の増加につれこの影響は大きくなっていると考えられる。

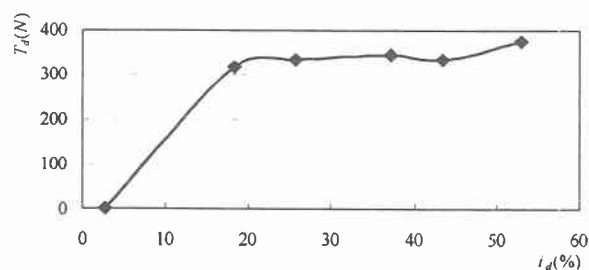


図-3 スリップ率 i_d と有効牽引力 T_d の関係

4-2 有効牽引力 T_d 図-3 は、スリップ率 i_d と有効牽引力 T_d の関係を示したものである。有効牽引力とは、車両の推進力から走行抵抗を引いた値である。走行抵抗のうち履帯と土の接触面による抵抗は、主として排土抵抗と締め固め抵抗から成っている。排土抵抗とは履帯の全面にある土を全面に押しやるときの抵抗である。地盤の支持力が大きく車両の沈下量が少ない場合、前方に押しやる土の体積も少なくてすむため、結果的に排土抵抗は小さくなる。車両沈下量が多い場合前方に押しやる土の体積も多くなるため排土抵抗も大きくなる。排土抵抗は沈下量の変化に大きな影響を受けることになる。その結果、有効牽引力はスリップ率の増加とともに増加する傾向にある。

4-3 垂直応力 σ とせん断応力 τ スリップ率 i_d と垂直応力 σ 、せん断応力 τ の関係を図-4、図-5 に示す。なお、図-4 は自走状態、図-5 は牽引状態である。図より、自走状態より牽引状態の方が垂直応力、せん断応力共に増加していることが分かる。これは、スリップ率が増加することにより沈下量が増加し、そのことが接地圧に影響を与えているからである。また、図より自走状態より牽引状態の方が垂直応力とせん断応力の差が少なくなっていることがわかる。このことは、スリップ量が増加することにより、牽引力が増加するため、そのことがせん断応力の増加に関係していると考えられる。

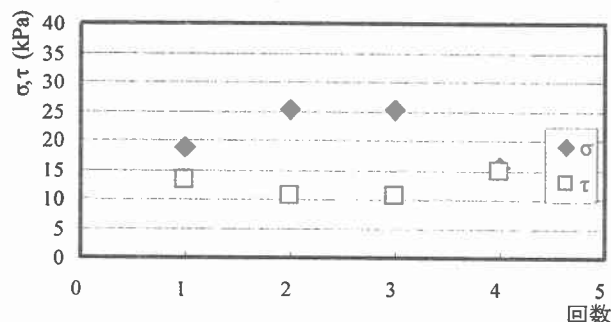


図-4 垂直応 σ 及びせん断応力 τ の分布 ($i_d = 3\%$)

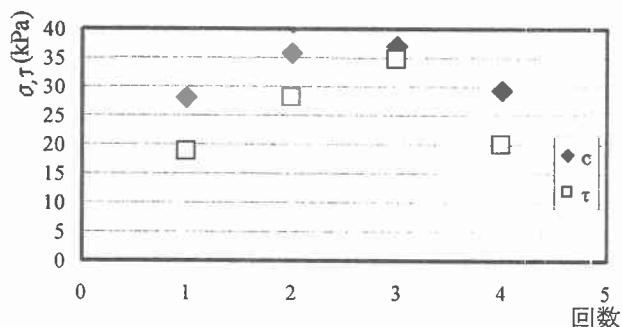


図-5 垂直応力 σ 及びせん断応力 τ の分布 ($i_d = 18\%$)

5. 結論

- (1) 沈下量は、スリップ率が増加するに従って沈下量が増加した。これは、スリップ率の増加に伴い、滑り沈下量が増加したため、結果的に沈下量が増加したためである。
- (2) 有効牽引力は、スリップ率の増加に伴い増加した。これは、スリップ率の増加に伴い、排土抵抗や締め固め抵抗などの走行抵抗が増加したためである。
- (3) 垂直応力・せん断応力は、スリップ率増加に伴い、垂直応力・せん断応力の差が狭まっていく事が分った。これは、スリップ量が増加することで、土から受ける抵抗が増加するため、せん断力の増加量が大きくなるからである。

参考文献 1) O'Dogherty, M.J. : The design of Octagonal Ring Dynamometer, Journal of Agricultural Engineering Research, Vol. 63, pp. 9 - 18, 1996. 2) M.J.Bekker: Introduction to terrain-vehicle systems, the University of Michigan Press, pp.38-144, 1969.