

軟弱地盤における2軸4輪式車両の車輪接地圧について

国立呉高専 正会員 ○重松 尚久
日本道路公団 西本 健亮
JR西日本 古満 亮人

1.はじめに 路盤上で車輪式車両が自走または制・駆動走行するとき、必要な推進力を発揮するためには、車輪と地盤材料とのせん断抵抗を考慮していかなければならない。そのためには、タイヤにかかる軸荷重やタイヤのトレッド形状を適切に設計しなければならない。本研究では、軟弱地盤上を後輪駆動状態で走行する2軸4輪式車両の接地圧を測定し、走行性能と接地圧との関係を調べた。また、軟弱地盤上での駆動輪と制動輪の垂直応力およびせん断力の違いについても調べた。

2.供試地盤 資料砂として愛媛県松山産のまさ土を使用した。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 $D_{50} = 0.78$ (mm)、均等係数 12.0、曲率係数 3.0、最適含水比 $W_{opt} = 12.8$ (%)である。本実験では現場により近い状態を再現するために、乾燥密度 1.33 ± 0.08 (g/cm³)で、含水比を最適含水比付近に調整したまさ土を使用した。

3.実験装置 2 軸 4 輪式車両の概略図及び車両諸元を図-1 に示す。車両重量は $W = 343$ (N)で、車輪は木製の半径 $R = 7.6$ (cm)、車両重心偏心率 $e = 0.00$ とした。車輪はその円周上にゴムをはり付けたものを使用し、車輪幅は 6 (cm)で行った。車両には出力 90 (W)の 2 つのモータを用い、前輪と後輪がチェーンを介してそれぞれ独立して駆動することができ、スピードコントローラーにより前輪、後輪の回転速度をコントロールすることが出来る。車輪接地圧を測定するために図-2 に 3 方向応力測定器の概略を、また図-3 に実験装置を示す。これにより、車輪の進行方向及び横方向応力をそれぞれ独立して測定することが出来るようになっている。実験においては、ウィ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 $V = 0.73$ (cm/s)に定めた。車輪幅を 6 (cm)として、車輪回転数 1.0 (r.p.m)で自走状態での実験を行った。このとき有効牽引力 $T_d = 0.00$ (N)である。その後、車両とウィンチをつないで車輪回転数を順番に変化させ測定した。車輪回転数を 6 つに変化させる事によって、自走状態を含めて 6 つのスリップ率 $i_d = 16.8, 23.7, 29.6, 38.0, 46.2$ (%)の状態が再現された。

4. 実験結果と考察

4-1 車輪の接地応力分布 図-4 は、スリップ率 $i_d = 16.8$ (%)の時の前輪の接地応力分布を示す。 σ はすべての地点で同じ向きになった。 τ は向きが変化した。 τ がこのような変化をするのは、後輪駆動状態の場合、前輪は純粹転動になるために、車輪が荷重によって地盤に接する際に、車輪と地盤の境界面には左右反対方向のスリップが発生し、それに伴って方向の異なるせん断応力 τ が作用するからである。次に、図-5 に i_d

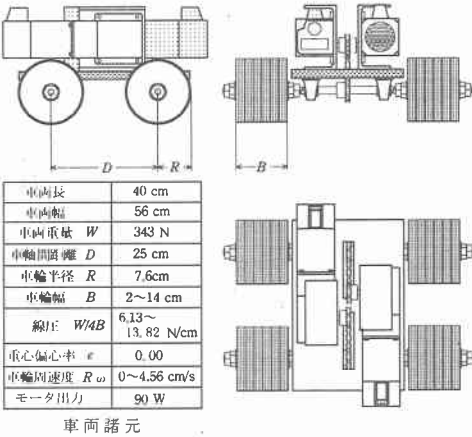


図-1 車両諸元および車両の概略図

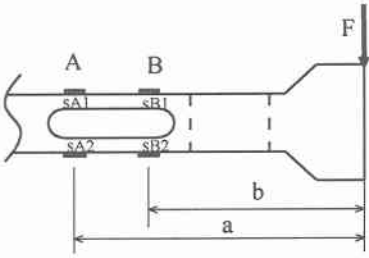


図-2 3方向応力測定器

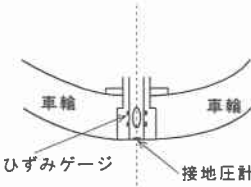


図-3 実験装置

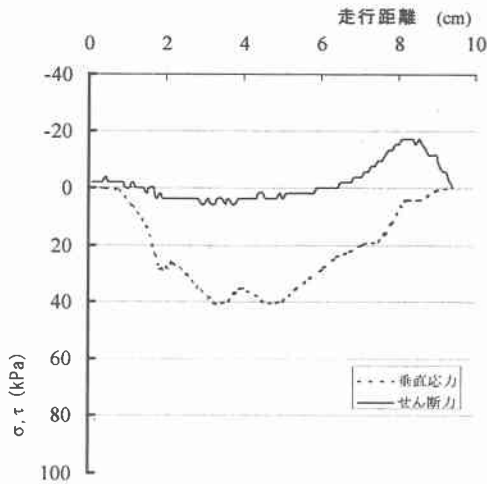


図-4 前輪接地応力分布

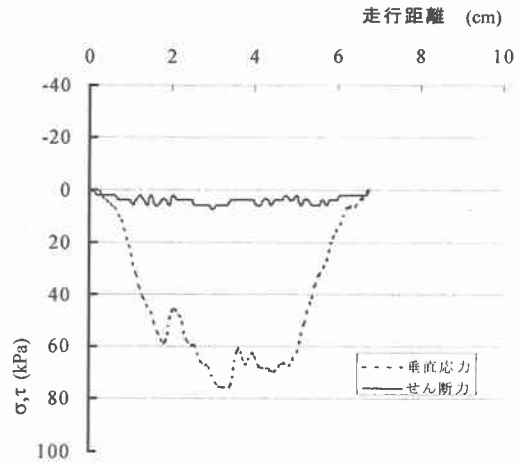


図-5 後輪接地応力分布

= 16.8 (%)の時の後輪の接地応力分布を表す。 σ は前輪と同じようにすべての地点で同じ向きになった。また τ も σ と同じように、すべての地点で同じ向きをとり、前輪とは違いどの箇所においても正值となった。

4-2 垂直応力 図-6 は前・後輪の各スリップ率 i_d における車輪直下の最大垂直応力の関係を示す。 σ_{max} は後輪の方が前輪よりも大きい値になった。また i_d の増加にともない増加していき、 $i_d = 30$ (%)付近で前・後輪ともに極大値をとり、その後 i_d の増加とともに減少していった。 σ_{max} が極大になる時最も地盤に影響を及ぼすが、その反面、最も有効牽引力が大きくなる。

4-3 せん断力 図-7 は前・後輪の各スリップ率 i_d における車輪直下の最大せん断力の関係を示す。 τ_{max} は、後輪の方が前輪よりも大きい値になった。前輪は i_d の増加とともに値が減少していった。それに対して後輪は i_d の増加にともない $i_d = 30$ (%)付近で極大値をとり、その後 i_d の増加とともに減少した。これは、 i_d が増加すると車両のトリム角 θ が大きくなっていくため、前輪の軸荷重が減少するために、それが原因となって前輪のせん断力は、スリップ率の増加にともない減少する。

5.まとめ 後輪駆動状態では、スリップ率が40 (%)付近の時に有効牽引力が最大となる。また垂直応力およびせん断力は、スリップ率が30 (%)付近の時に両者とも極大となる。このことから有効牽引力が最大になるところと垂直応力とせん断力が最大となるスリップ率がほぼ一致している。つまり仕事を効率的に行うためには有効牽引力、垂直応力、せん断力が最大となるスリップ率30 (%)付近で車両を走行させることが最適である。

参考論文 室達郎：テラメカニックスー走行力学ー, pp.1-5, 35, 135, 190, 1993.

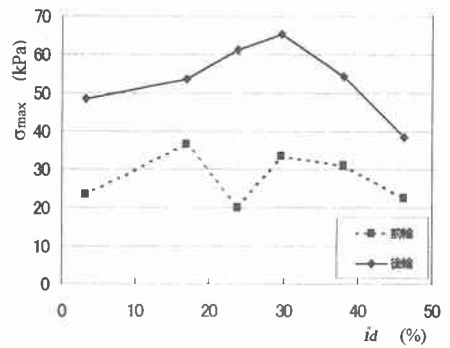


図-6 スリップ率と最大垂直応力

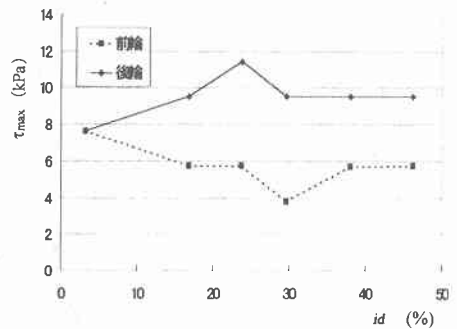


図-7 スリップ率と最大せん断応力