

VI-2

4WD 車両の走行性能と地中応力について

愛媛大学大学院 学生会員 重松 尚久
 愛媛大学工学部 フェロー 室 達朗
 愛媛大学工学部 正会員 河原 莊一郎

1. まえがき 建設機械の大型化が進み自然破壊の増加が無視できなくなっている。その原因を考えてみると、工事車両の走行によりできるタイヤの轍が、草木の地下茎を痛めたり、地盤を締め固めすぎて植物の生育を妨げているためである。自然に優しい走行車両というものを考えてみると、走行中に発生する地中応力を少なくするような車両が理想である。しかし、そのために作業能率などを大幅に減少させてしまえば、建設機械を用いる意味が薄れてしまう。この一見矛盾するような2つの事柄のより良い関係を考えて設計・製作した走行車両が、自然に優しい走行車両になるのではないかと考えられる。本研究の目的は、車輪式車両が走行する際の垂直応力 σ_z 、せん断力 τ_{xz} を測定し、車輪式車両の走行が地盤に与える影響を調べることにある。

2. 実験方法 試料砂として、粒径 4.7 mm 以下に調整したまさ土の土質特性は土粒子比重 2.66、平均粒径 0.78 mm、均等係数 12.0、曲率係数 3.0、最適含水比 12.8 % である。ここでは、含水比 10.0 ± 1.22 %、乾燥密度 1.33 ± 0.88 g/cm³ に調整したまさ土を鋼製パネル板を組み立てた実験土槽（長さ：350 cm、幅：90 cm、深さ：30 cm）内に 5 cm ずつまきだし、密度分布を一定にするために 0.1 kgf/cm² の圧力で締固め、5 層に分けて 25 cm の高さの供試地盤を作成した。車輪式車両には剛性車輪を使用し、車両重量 $W=35$ kgf、走行速度 $V=0.73$ cm/s を一定にして実験を行った。車輪式車両の三面図及び車両諸元を図-1 に示す。実験の測定項目として、両輪駆動状態においてスリップ率 i を変化させた垂直応力 σ_z 、せん断力 τ_{xz} を測定した。また、有効牽引力が最大になるスリップ率 ($i=33$ %) での、垂直応力 σ_z 、せん断力 τ_{xz} も測定した。この測定には地表から 15 cm のところに埋設した SST (Stress State Transducer)¹⁾ を用いて測定した。これは、6 つの土圧計を八面体構造の中に組み込んで作られた物であり、地中の八面体応力が算定できるようになっている。なお、X,Y,Z は直交座標となっている。これを、面 Z を水平面にとり、面 X と Y の 2 等分線が車両の進行方向となる位置に埋設した。

3. 沈下量 各車輪幅 B に対する前輪のみの沈下量 δ および

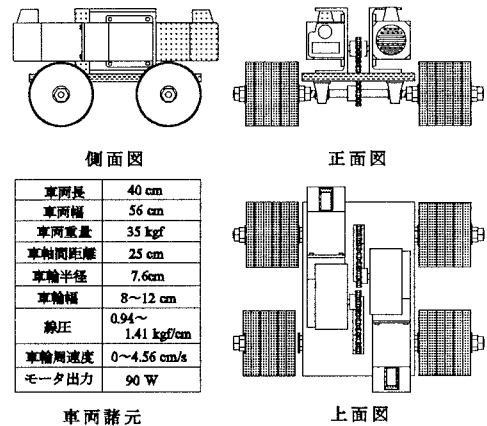


図-1 車両三面図及び車両諸元

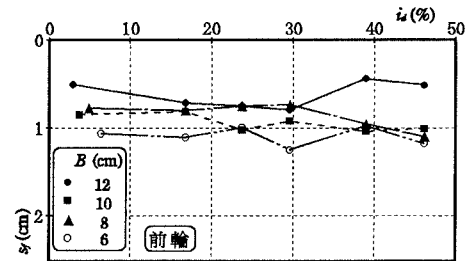


図-2 スリップ率と前輪沈下量の関係

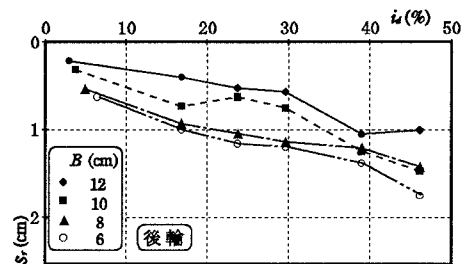


図-3 スリップ率と後輪沈下量の関係

後輪のみの沈下量 s_r とスリップ率 i_s との関係を図-2,3に示す。 i_s の増加に伴い s_r はやや増加するが、 s_r は s_f に比べ大きく増加する傾向にある。この現象は後輪の軸荷重が前輪よりも大きく増加したために、後輪のスリップ沈下が促進されたためだと思われる。また、車輪幅 B の変化による影響は、 B が増加すると車輪の線圧が減少し、各車輪の静的沈下量が減少する為に s_r , s_f は減少する傾向にある。

4.トルク及び有効牽引力 各車輪幅 B に対する両輪の全駆動力 Q/R および有効駆動力 T とスリップ率 i_s の関係を図-4に示す。各車輪幅 B において、 i_s が増加するにつれて Q/R は単調に増加するのに対して、 T はすべての B において $i_s=30\%$ 付近で極大値をとり次第に減少した。これは、車輪のスリップ沈下による走行抵抗 ($Q/R - T$) の増加が大きく影響したためである。車輪幅 B の変化による影響は、 B が増加すると車輪の線圧の減少により走行抵抗が減少するために、 Q/R はやや減少傾向にあるのに対して T はやや増加傾向にある。

5.地中応力 $B=12\text{ cm}$ 時の地表面から 15 cm の深さにおいて各車輪幅 B に対する前後輪通過時の鉛直方向の垂直土圧の最大値 $\Delta\sigma_{\max}$ を図-5に示す。各車輪幅 B において、 i_s が増加するにつれて前後輪通過による $\Delta\sigma_{\max}$ はほぼ一定となり、後輪通過時の方が前輪通過時に比べ大きな値を示した。車輪幅 B の変化による $\Delta\sigma_{\max}$ の影響は、 B が増加すると前輪通過時においてやや減少するのに対して、後輪通過時においては大きく減少した。これらの事から、後輪の軸荷重が前輪よりも i_s および B の影響を大きく受けている事が分かる。図-6に車輪幅 $B=12\text{ cm}$ のスリップ率 ($i=33\%$) の垂直応力 σ_z 、せん断応力 τ_{xz} と X_H の関係を示す。なお、 X_H は車両の移動距離であり、車両の中心が SST の上を通過する時を $X_H=0$ とした。 σ_z は前・後輪の通過時に極大値をとった。 τ_{xz} は前・後輪の通過に伴って正の値から負の値に変化している。また、前輪通過時よりも後輪通過時の方が地盤に与える影響が大きいことが分かった。

6.まとめ 地盤に与える影響を少なくするためには、車輪幅を広くすればするほど効果がでるが、走行性能をある程度保つためには、車輪幅変化による有効牽引力の最大値の影響を認識し、それによって、最大限車輪幅を広くするのが望ましい。今後は、地中環境を考慮したそれらのその基準点を探していくことが命題である。

参考文献 1) T.A.Nichols, A.C.Bailey, C.E.Johnson and R.D. Grisso : A Stress State Transducer for Soil, Trans.of the ASCE, 30(5), pp.1237-1241, 1987.

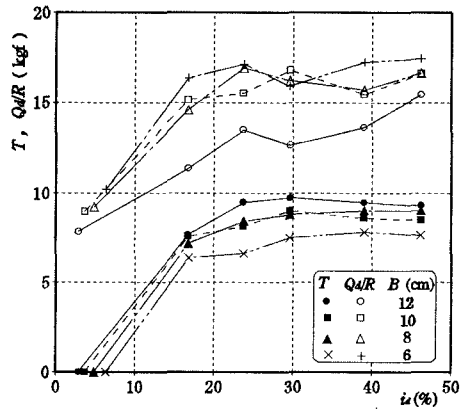


図-4 スリップ率とトルク、有効牽引力の関係

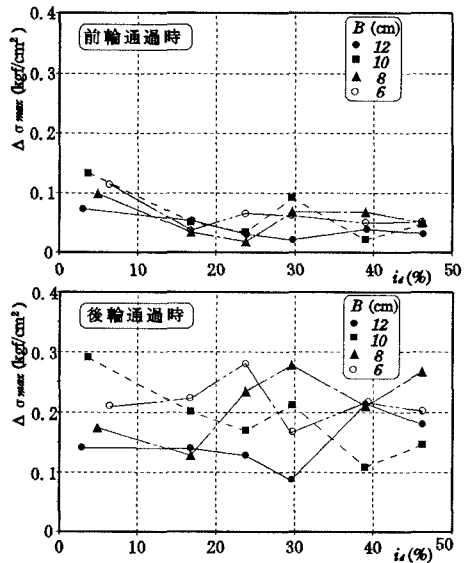


図-5 スリップ率と最大垂直応力の関係

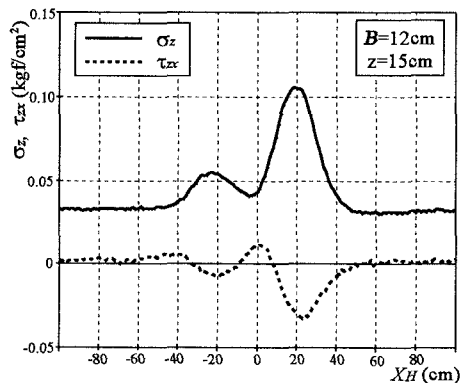


図-6 σ_z, τ_{xz} と X_H の関係 ($i=33\%$)