

46. 地中環境に優しい車輪式車両の開発

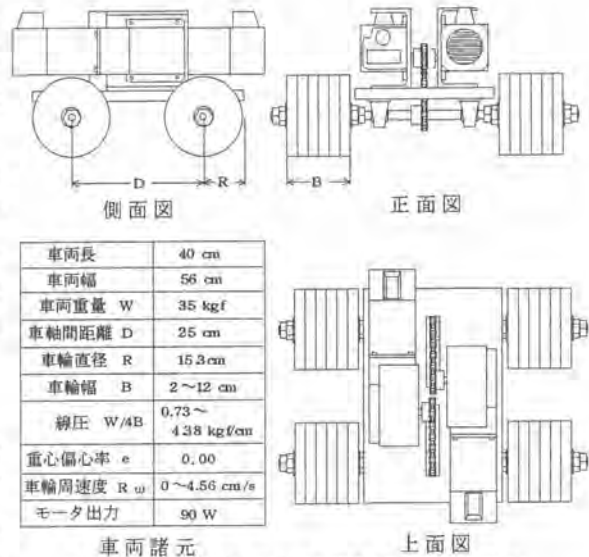
愛媛大学：*重松 尚久, 室 達朗

1. はじめに

建設現場に至るまでの仮設道路等には、重ダンプトラックなどによる車両走行時に発生する轍が多く見られる。このような区域における自然環境への影響を最小限に止めるために、新しい車両の開発¹⁾が望まれている。本研究では、特に4WD(Four Wheel Drive System)車両に限定して、ゆるく堆積した砂質地盤上での4WD車両の走行特性を明らかにすることにある。今回は車輪幅変化が車両の走行性能および地盤に与える影響について考察する。

2. 実験装置および実験方法

試料砂として愛媛県松山産のまさ土を使用した。気乾燥状態のまさ土の最大粒径4.75mm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0.78mm、均等径数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±0.88g/cm³に調整したまさ土を鋼製のパネル板を組み立てた実験土槽(長さ350cm,幅



車両諸元
図-1 車輪式車両の三面図及び車両諸元

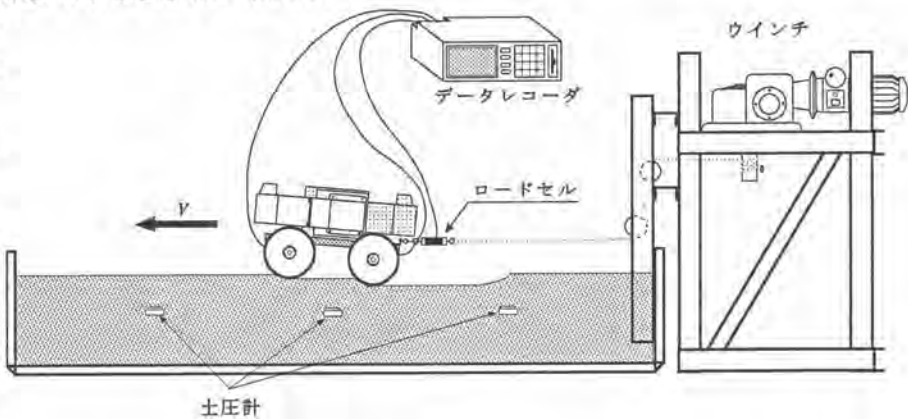


図-2 実験装置概略図

90cm,深さ:30cm)内に5cmずつまきだし、密度分布を一定にするために0.1kgf/cm²の圧力で締め固め、五層に分けて25cmの高さの供試体を作成した。4WD車両には直径15.3cmの剛性車輪を使用し、前後輪の回転数は同じとして車両重量W=35kgfおよび走行速度V=0.73cm/sを一定のもとに実験をおこなった。ウインチから出されるワイヤーの速度によって車両速度を変えることによって車両速度を決定し、車輪の回転速度を変化させることにより車両のスリップ率をコントロールした。4WD車両の三面図および車両諸元を図-1に示す。実験の測定項目として、それぞれの車輪幅においてスリップ率を変化させた時の前後輪の駆動力 $Q_{d/R}, Q_{r/R}$ と車両の有効牽引力T、前後輪の沈下量 s_f, s_r および前後輪通過時の鉛直方向の垂直土圧 $\Delta\sigma_z$ を測定した。図-2に上記の土槽と車両の実験装置の概略図を示す。なお、スリップ率は実験車両の速度V(cm/s)を測定し、次式で求めた。

$$i = \frac{R\omega - 1}{R\omega} = 1 - \frac{V}{R\omega} \quad \begin{array}{l} R: \text{車輪半径 (cm)} \\ \omega: \text{車輪の円周方向の角速度 (rad/s)} \end{array}$$

次に、車両の走行が地盤に与える影響を詳しく調べるため、地表から15cmにとこりにSST (Stress State Transducer)²⁾を埋設し、地中における垂直応力 σ_z 及びせん断応力 τ_{xy} を測定した。図-3にSSTのモデルを示す。これは、6つの土圧計を多面体構造の中に埋め込んで作られたものであり、地中の主応力、せん断力と八面体応力が算定できるようになっている。なお、X,Y,Zは直交座標になっている。これを面Zを水平面にとり、XとY軸の二等分線が進行方向となる位置に埋設した。

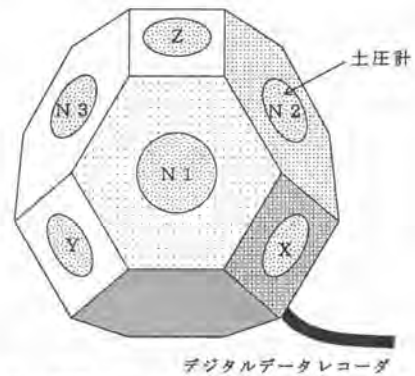


図-3 SST (Stress State Transducer) 概略図

3. 実験結果

(1) 沈下量

各車輪幅Bに対する前輪のみの沈下量 s_f および後輪のみの沈下量 s_r とスリップ率 i_d との関係を図-4,5に示す。各車輪幅Bにおいて、 i_d 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

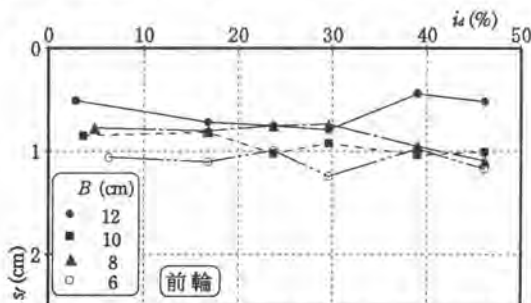


図-4 前輪の沈下量とスリップ率の関係

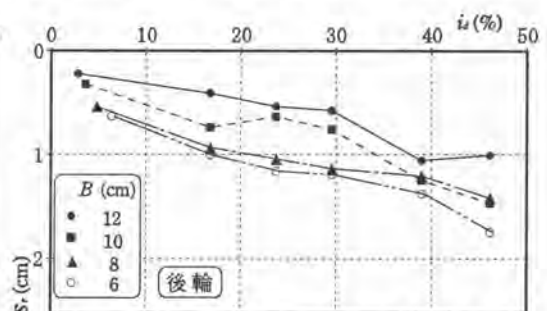


図-5 後輪の沈下量とスリップ率の関係

輪の静的沈下が減少する為に s_r , s_r は減少する傾向にある。

(2) 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_d/R および有効駆動力 T とスリップ率 i_s の関係を図-6 に示す。なお、 Q_d/R は前輪の駆動力 Q_{d1}/R と後輪の駆動力 Q_{d2}/R の和である。各車輪幅 B において、 i_s が増加するにつれて Q_d/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しだいに減少していった。これは、車輪のスリップ沈下による走行抵抗 ($Q_d/R-T$) 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 が増加すると車輪線圧の減少により走行抵抗が減少するために、 Q_d/R はやや減少傾向にあり T はやや増加傾向にある。

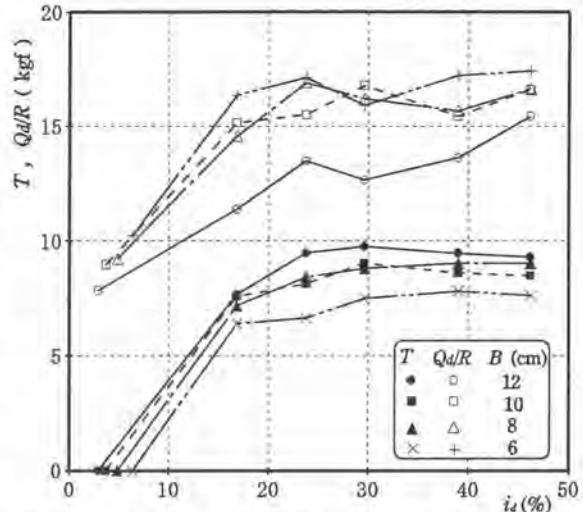


図-6 トルク及び有効牽引力とスリップ率の関係

(3) 垂直応力 $B=12\text{cm}$ 時の地表面から 15cm において増加した鉛直方向の垂直応力分布図を図-7 に示し、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-8 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し、後輪通過時には大きく減少した。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。

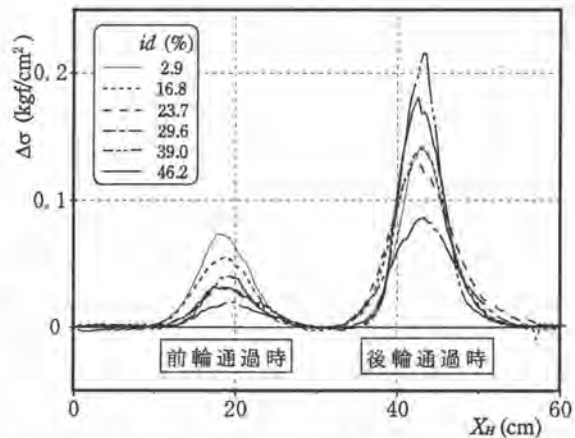


図-7 土中応力分布 ($B=12\text{cm}$)

(4) SST SST の実測値 (σ_x , σ_y , σ_z , σ_{x1} , σ_{x2} , σ_{x3}) を数学的に解析し地中での全ての応力状態を算定した。図-9 に車輪幅 $B=14\text{cm}$ の自走状態の垂直応力 σ_z 、せん断応力 τ_{xy} と X_{11} の関係を示す。なお、 X_{11} 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 $X_{11}=0$ とした。 σ_x と τ_{xy} は共に前・後輪の直下で極大値をとった。また σ_x と τ_{xy} の増減は、同様の変化をした。図-10 は車輪幅 $B=14\text{cm}$ の自走状態での主応力 σ_1 , σ_2 , σ_3 の変化の様子と主応力が進行方向 X_{11} とのなす方向余弦より主応力方向の変化を示したものである。車両が進行するにつれて主応力の方向がしだいに変化していくことがわかる。

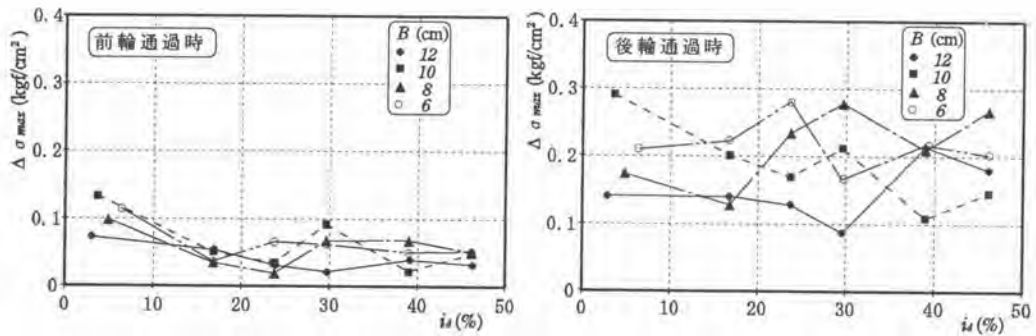


図-8 垂直土圧の最大値とスリップ率の関係

4. まとめ

車輪幅を増加させると、前後輪の沈下量は減少するが有効牽引力は増加し、全駆動力は減少した。車輪幅を増加させると深さ 15cm における前輪通過時の鉛直方向の垂直土圧はわずかに減少するのに対し、後輪通過時には大きく減少した。また、各車輪幅において後輪通過時の方が大きな値を示した。以上の事から、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。地中環境に優しい車両は、地中応力や沈下量を最小限にとどめ植生などを考慮した車両でなければならない。今回は、車両の走行が地中に与える影響を調べたが、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.R. Way, et al.: Soil stress state orientation beneath a tire at various loads and inflation pressures, Proc. of the 5th North America I.S.T.V.S Conf., pp.33-41, 1995.

2) T.A. Nichols, et al.: A Stress State Transducer for Soil, Trans. of the ASCE, 30(5), pp.1237-1241, 1987.

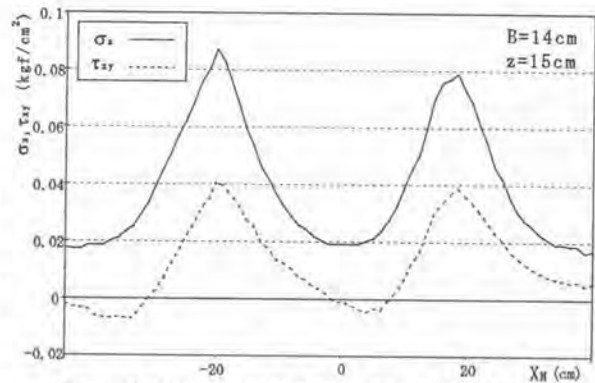


図-9 自走状態での垂直応力とせん断応力の変化

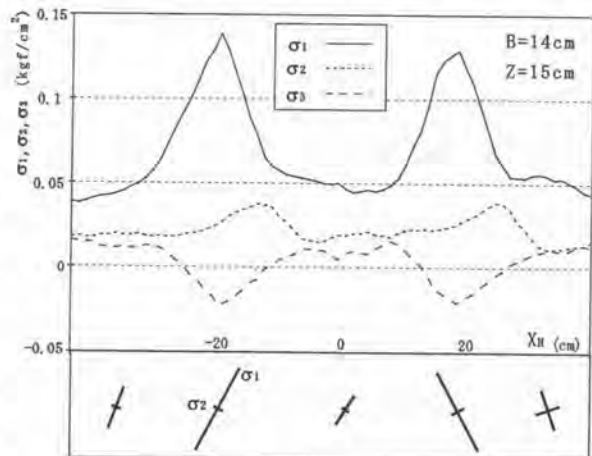


図-10 自走状態での主応力及び主応力方向の変化