

VI-12 水平加振型履带式車両のまさ土に対する転圧効果

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
アイサワ工業(株)	正会員	○白石 誠
日立建機(株)	正会員	三林 貴宏

1.はじめに 本研究における履带式車両を振動させ転圧を行う新しい締固め工法は、高リフト厚の材料を一気に締め固めることができる新しい建設機械の開発を目的として考案された。従来の研究では、履带式車両に搭載した加振機の加振方向が鉛直方向についての締固め効果の調査を行ってきた¹⁾。今回は、水平加振機での振動転圧効果について加振周波数を 16、25、35、51Hz の 4 通りに変化させ調査を行った。

2.供試地盤 試料土として選定したまさ土は、比重 2.66、最大粒径 4.75mm、平均粒径 0.78mm、均等係数 12.0、曲率係数 3.0 のものである。このまさ土を JIS A 1210、1.1a による突固め試験を行った結果、最適含水比 w_{opt} は 12.8%、最大乾燥密度 ρ は 1.88g/cm^3 であった。この最適含水比に調整したまさ土を、長さ 540cm、幅 150cm、高さ 100cm の鋼製パネル板を組み合わせた長大土槽に深さ約 80cm まで撤き出し、地表面を平滑に均したものを供試地盤とした。

3.実験車両及び計測器 図-1 に実験装置の概略図を示す。本実験に使用した実験車両は、水平加振機を搭載したたわみ性ゴム製履带式車両である。履帯幅は 20cm、履帯接地長は 91cm、車両総重量は 10.9kN であり、平均接地圧を 29.8kPa と対象となる標準ブルドーザの接地圧に近づけた。車両に搭載した水平加振機の加振力は 9.8kN と一定にし、振動数 f を 16、25、35、51Hz の 4 通りに変化させた。供試地盤内に埋設した計測器は、土槽底面からの高さ $H=10、45、80\text{cm}$ の 3 ヶ所の位置に、鉛直方向の垂直応力を計測するための土圧計と水平面上の鉛直及び水平方向の振動加速度計、また深層部 $H=10\text{cm}$ には SST(Stress State Transducer)²⁾を埋設し、計測データより振動締固めによる深層部の様々な応力の変化を算定した。

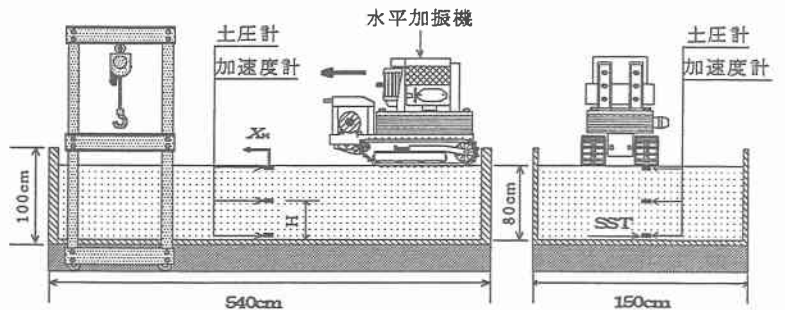


図-1 実験装置の概略図

4.実験及び計測方法 前述したまさ土地盤上を自走走行させ、転圧実験を行う。まず、前進で土槽の端部まで転圧し、土槽に取り付けたクレーンを使用し、前進時の轍を跨ぐように横にずらし、次に後進で転圧を行った。このように 2 本の履帯が同一の轍を転圧することのないように往復走行させた。1 往復での転圧幅は約 89cm であり、 N 回往復走行させたときの転圧回数を N 回とした。転圧方法は実際の締固め工法を勘案し、初めの転圧回数 $N=1\sim 3$ 回をブルドーザによる敷き均し作業と見なし、無振動転圧を行う。続けて、転圧回数 $N=4\sim 13$ 回を振動転圧を行い、計 13 回の転圧で 1 回の実験を終了とした。地盤内に埋設した計測器による計測は後進時に行い、その他に地表面の沈下量、コーン貫入試験によるコーン指数の計測を転圧回数ごとにを行い、転圧効果を調査した。

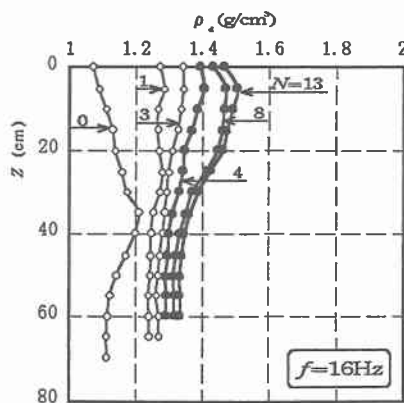


図-3 転圧回数 N に対する乾燥密度 ρ_d と深さ Z の関係

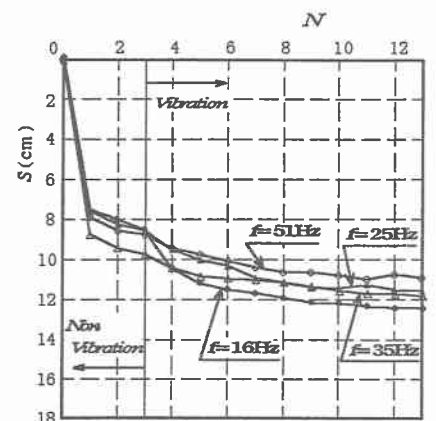


図-2 各振動数における地表面沈下量 S と転圧回数 N の関係

5.実験結果及び考察 図-2 は各振動数における転圧毎の地表面沈下量の変化を示す。最終転圧 $N=13$ において $f=16\text{Hz}$ における地表面沈下量の値が最大値をとることが分かる。図-3 はコーン貫入試験により計測したコーン指数を独自に求めたコーン指数と乾燥密度の関係式により乾燥密度に換算したものである。一例として振動数 $f=16\text{Hz}$ のものであり、全体の傾向としては、転圧回数の増加とともに乾燥密度は増加し、転圧後の分布形状は、浅層部でのある深さで最大値を持ちその後徐々に減少する傾向を示した。浅層部に見られる乾燥密度の最大値を ρ_{dmax} 、地表面の乾燥密度を ρ_{d0} 、深層部 $Z=60\text{cm}$ での乾燥密度を ρ_{d60} とし、図-4 には転圧後 $N=13$ 回、各振動数 f に対するそれぞれ乾燥密度の変化を示した。いずれの深さの乾燥密度においても、 $f=16\text{Hz}$ において最大値を得ており、よって最も有効な締固めが行われた振動数は $f=16\text{Hz}$ と言うことを究明した。図-5 は振動加速度計により計測した水平面上の鉛直及び水平振動加速度 a_v 、 a_h である。一例として、振動数 $f=25\text{Hz}$ 、 $N=12$ 回、 $H=10\text{cm}$ 、 80cm のものを示した。 a_v と a_h の位相差に着目すると、 $H=80\text{cm}$ では約 π rad と同位相に対し、 $H=10\text{cm}$ では約 0.5π rad と約 90° の位相のズレが見られる。 $H=80\text{cm}$ で見られる a_v と a_h が同位相である時、適切なせん断ひずみが発生し、ダイレイタンシー効果が予測される。このことが $H=80\text{cm}$ において浅層部の締固め効果が大きくなった一つの要因であると推察される。図-6 は深層部 $H=10\text{cm}$ に埋設した SST により計測したデータより算定した八面体垂直応力 σ_{oct} と八面体せん断応力 τ_{oct} の比率 $\tau_{\text{oct}}/\sigma_{\text{oct}}$ の分布を示す。一例として $f=25\text{Hz}$ 、 $N=13$ 回のものを示した。 $X_H=0\text{cm}$ 付近で見られる $\tau_{\text{oct}}/\sigma_{\text{oct}}$ の最大値は、 $\sigma_{\text{oct}}=11.3\text{kPa}$ 、 $\tau_{\text{oct}}=12.2\text{kPa}$ のとき $\tau_{\text{oct}}/\sigma_{\text{oct}}=1.08$ を示した。これは、Beiley ら³⁾が示す提案式からも σ_{oct} と $\tau_{\text{oct}}/\sigma_{\text{oct}}$ の値が締固め後の密度に大きな影響を及ぼすことがわかる。

6.おわりに 今回の水平加振機を搭載した履带式車両による振動転圧特性は、加振周波数 $f=16\sim 51\text{Hz}$ の範囲で調査を行った。その結果 $f=16\text{Hz}$ において地表面では大きな締固め効果を得た。これは車両と地盤相互間の鉛直振動に対する共振振動数に最も近い値が $f=16\text{Hz}$ であったためであり、車両 - 地盤間の共振振動数で締固めを行えば最大の転圧効果を得られることは一般的に良く知られている。しかしその反面、周辺の地盤振動も急激に大きくなり、環境問題が持ち上がることや履带式車両の性能を維持する面からも車両 - 地盤間の共振振動数での転圧は無理があると考えられる。今回の実験範囲 $f=16\sim 51\text{Hz}$ は以上のことを考慮し決定した。今後は周辺地盤での振動も計測し、環境問題を具体的に考えて行くとともに、さらに履带式車両での様々な条件による振動転圧特性を調査していきたいと思う。

参考文献

- 1)Muro,T., Miyoshi,M. and Mitsubayashi,T. : Effect of a tracked vehicle mounting an oscillator on the vibro-compaction of a high lifted decomposed granite sandy soil, SOILS AND FOUNDATIONS, Vol.38, No.4, pp.129-144, Dec.1998.
- 2)Nichols,T.A., Beiley,A.C., Johnson,C.E. and Grisso,R.D. : A Stress State Transducer for Soil, Transactions of the ASCE, Vol.30, No.5, pp.1237-1241, 1987.
- 3)Beiley,A.C. and Johnson,C.E. : A soil compaction model for cylindrical stress state, Transactions of the ASCE, Vol.32, No.3, pp.822-825, 1989.

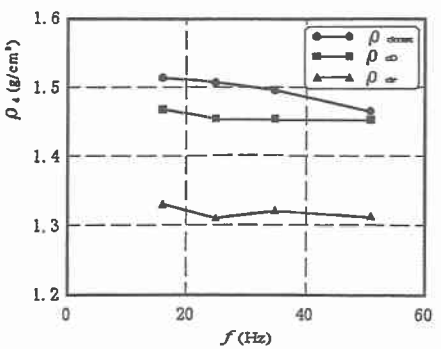


図-4 各周波数 f における最大乾燥密度 ρ_{dmax} 、地表部乾燥密度 ρ_{d0} 、深層部乾燥密度 ρ_{d60} ($N=13$ 回)

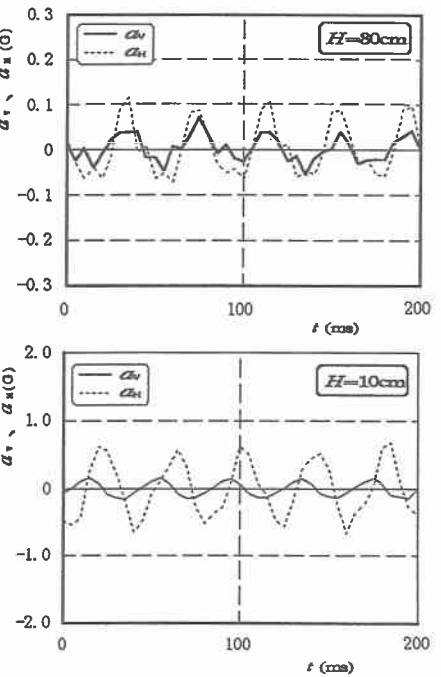


図-5 鉛直・水平振動加速度 a_v 、 a_h

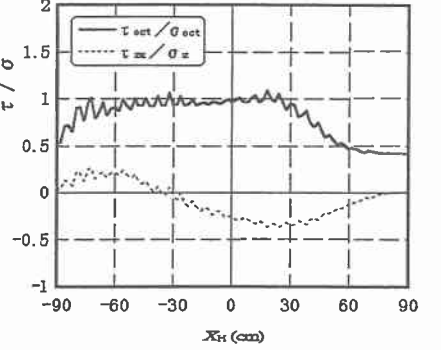


図-6 せん断応力／垂直応力比 $\tau_{\text{oct}}/\sigma_{\text{oct}}$ の分布