

愛媛大学大学院 学 生 会 員○陳 生 輝
愛媛大学工学部 フェロー会員 室 達朗

1.はじめに 近年、施工現場での安全意識を高揚するなど社会環境の変化から締固め施工機械の大型化、高速化、ロボット化が進んでいる。したがって、締固め管理においても広範囲なエリアを管理する必要性が生じてきた。そこで本研究では、鉛直加振型履带式車両での振動転圧について振動数 $f=5\sim 25$ Hz で鉛直加振力 F は 0.98 kN、2.94 kN、4.90 kN に設定し、鉛直加振力 F と車両総重量 $W(=4.90$ kN) の比すなわち $F/W=\alpha=0.2, 0.6, 1.0$ の 3 通りに変化させ調査を行っている。

2.供試地盤 供試土として愛媛県産まさ土を選定した。その主な土質性状は、比重 $G_s=2.66$ 、最大粒径 $D_{max}=4.75$ mm、均等係数 $U_c=4.2$ 、曲率係数 $U'_c=0.9$ のもので、JIS A 1210、1.1c による標準突固め試験を行った結果、最大乾燥密度 $\rho_{dmax}=1.98$ g/cm³ および最適含水比 $w_{opt}=10.8\%$ であった。この最適含水比に調整したまさ土を長さ 540 cm、幅 150 cm、高さ 65 cm の鋼製パネル板を組み合わせた長大土槽に深さ約 45 cm まで、撒き出し、地表面を平滑に均したものを供試地盤とした¹⁾。

3.実験方法及び測定 図.1 に示すように本実験で使用した実験車両は、四国製作所の運搬車 X200 をもとにエンジンを電動モータ(定格出力：0.75 kw、200 V、1700 r.p.m)に載せ換え、鉛直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 20 cm、履帯接地長 91 cm、車両総重量 4.90 kN と調節した。車両に搭載した鉛直加振機は 2 軸偏心マスによる回転質量型加振機である¹⁾。加振周波数は $f=5\sim 25$ Hz で、加振力 F と車両総重量 W の比すなわち載荷比 $\alpha=0.2, 0.6, 1.0$ で振動転圧実験を行った。この車両で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、前進で土層端部まで転圧し、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。転圧方法は実際の締め固め工法を勘案し、はじめの転圧回数 $N=1\sim 3$ 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 回で 1 連の実験を終了した。測定項目として各転圧ごとに地表面沈下量、また、深さ方向の密度分布を調査するためにコーン貫入試験を実施した。コーンには頂角 $\pi/6$ rad、高さ 5 cm、底面積 6.61 cm² のものを使用し、これにロードセルを取り付け、貫入用ジャッキに装着することにより、モータによって一定の貫入速度で土槽底面までの各深さにおける貫入抵抗を連続的に計測した。加速計には加振機に圧電式加速計を貼り付けることで振動転圧走行時の加速度を計測して、振動転圧で 4,7,10,13 回に測定により地盤の密度変化に対する加速度振幅の変化などの調査を行った。

4.実験結果と考察 図 2 は載荷比 $\alpha=1.0$ に転圧回数 N と地表面沈下量 S の関係を示す。転圧回数 $N=1\sim 3$ は無振動転圧、 $N=4\sim 13$ を振動転圧とする。図に示すとおり無振動転圧時 3 回では、ある程度のところに収束する。次に、振動転圧が行われると沈

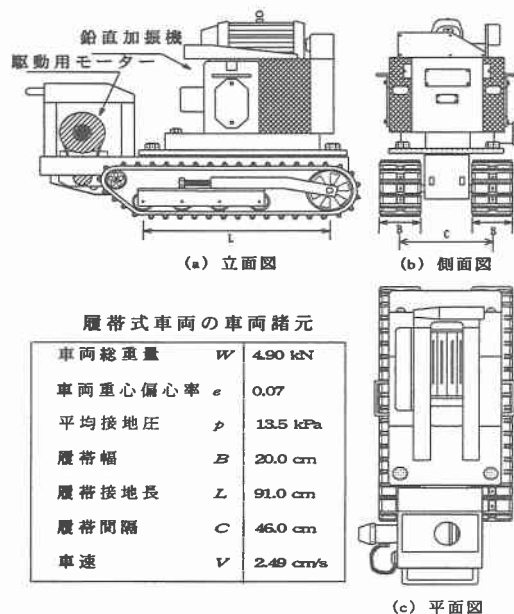


図.1 鉛直加振機搭載後の履带式車両

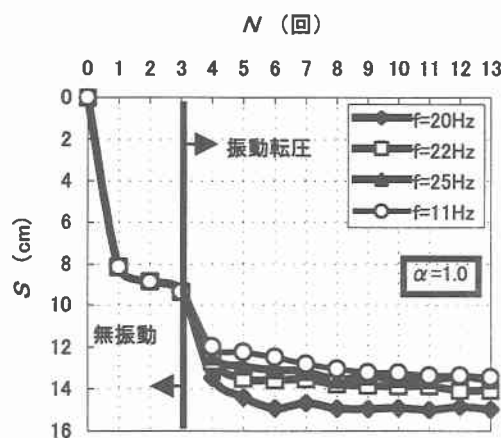


図2 地表面沈下量 S と転圧回数 N の関係

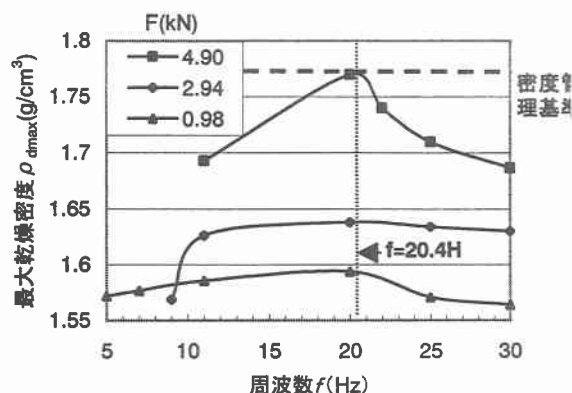


図3 $\rho_{dmax}-f$ の関係

下の進行が大きくなる。最終沈下量は、各振動数ごとに若干の違いがみられる。図3は、転圧回数 $N=13$ 回における最大乾燥密度 ρ_{dmax} と振動周波数 f との関係を示す。この図より、加振力を大きくしていけば転圧効果がより現れているのが解る。

この結果より、载荷比 $\alpha \leq 1$ の場合、20.4 Hzの時より一番締め固められていることが解った。

図4は振動数 $f=20$ Hzで、 $\alpha=1.0$ の時各転圧回数 N に対する乾燥密度 ρ_d と深さ z の関係を示す。乾燥密度はコーン貫入試験により計測したコーン指数を次式に示すコーン指数 q_c (kPa)と乾燥密度 ρ_d (g/cm³)との関係式である。

$$\frac{\rho_d}{r_w} = 1.271 \left\{ \frac{q_c}{(1 + 6.890 \times 10^{-2} z) p_0} \right\}^{0.109} \quad (R=0.991) \quad (1)$$

ここに、 z は深さ(cm)、 r_w は水の単位体積重量 (g/cm³)、 p_0 は大気圧(kPa)、 R は相関係数である。これにより、締め固めの進行ならびに深さ方向の変化をも考慮した乾燥密度の算出が可能になる³⁾。

ここでは、最終転圧後の乾燥密度 ρ_d 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し、浅層部から中層部では転圧効果が現れているが、底面では浅層部と比べるとあまり転圧されていない事が解る。

図5に最大乾燥密度 ρ_{dmax} の増加率を示す。図5、6により、振動転圧時7回に、加速度が大きくなっていくと、最大乾燥密度 ρ_{dmax} の増加率は大幅に上昇している。振動転圧時最大乾燥密度 ρ_{dmax} は徐々に増大して、供試地盤のパネ係数と減衰係数も変わって行く、そして供試地盤の仮想固有振動数も変化している。この固有振動数 f_n は加振機の振動数に近づき共振の状態になるのこのことを考えられる。

図7は、正弦波外力による変位の倍率および位相角を種々の減衰係数 h に対して f/f_n の関数として描いたものである²⁾。

次に、振動転圧から土の最大乾燥密度 ρ_{dmax} と転圧回数 N と载荷比 α と振動数 f と最大加速度振幅 a_{max} と沈下量 S の関係は次式で定義される。

$$\rho_{dmax} = (N - 3)^{0.318} \times S^{0.133} \times (37.24 \times a_{max}^{0.0005} - 33.33 \times \alpha^{-0.0005} \times f^{0.0007} - 2.998) \quad (R=0.961) \quad (2)$$

ここに、 N は振動転圧の4回から、 R は相関係数である。相関係数の値によりこの式は、十分に信用できるものと言える。そして、この式より、転圧回数 N が重要であることが言える。また、共振を起こされる時に、最大加速度と最大乾燥密度と沈下量の関係をよく分かれば、新しいのセンサを使って全自動化の締め固め機械をみえる。

5.おわりに 今回の鉛直加振機を搭載した履帯式車両による振動転圧実験は振動数 $f=5\sim 25$ Hzで鉛直加振力と車両総重量の比すなわち $F/W=\alpha=0.2, 0.6, 1.0$ の3通りに変化させ調査を行った。その結果より振動転圧(α が1以下の時)の時は、20.4 Hzが転圧効果がより得られる最適振動数であることが言える。また、供試地盤の仮想固有振動数は加振機の振動数に近づき締め固め度突然非常に上昇することを分かった。しかし、供試地盤の仮想モデルについては乾燥密度と沈下量と詳しい関係が、まだ、分からないですが、今後の課題となる。

- 参考文献 1) 室達朗、河原莊一郎：加振型履帯式車両によるまき土の厚層締め固め効果について、土と基礎、Vol.48, No.7, pp.13-16, 2000, 7。
2) 小坪 清真著：土木振動学、森北出版社 p47, 1997, 11, 1
3) 陳生輝、室達朗、新見 保典：まき土に対する鉛直加振型履帯式車両による締め固めシステム、平成13年度地盤四国支部技術研究発表会、p21-22, 2001, 11, 9

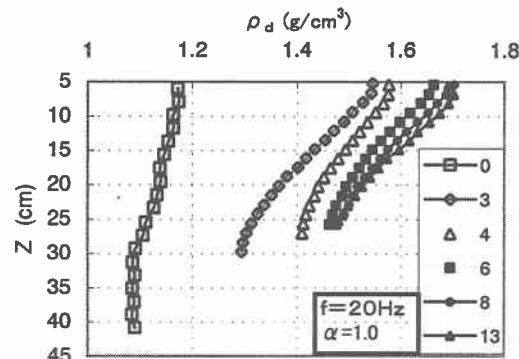


図4 乾燥密度 ρ_d と深さ Z の関係

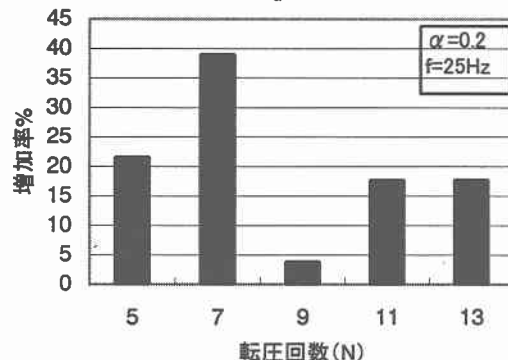


図5 最大乾燥密度の変化

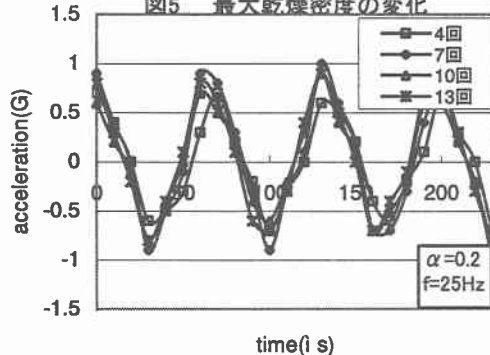


図6 加速度

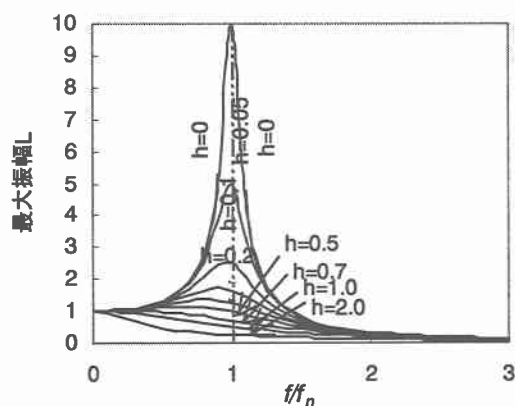


図7 正弦波外力による変位共振曲線