

Ⅵー 5 鉛直加振型履带式車両によるまさ土の締固めにおけるジャンピング効果について

愛媛大学大学院 学生会員 ○陳生輝
日本道路 (株) 高橋伸定
愛媛大学工学部 正会員 室達朗

1. はじめに 近年、締固めを必要とする土構造物は非常に大型化してきている。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に総重量の数倍に増加させた加振力の作用によるジャンピング効果を付加する効率的な締固め方法について述べる。

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 $D_{max} = 4.75\text{mm}$ 、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 $\rho_{dmax} = 1.98\text{g/cm}^3$ 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 540cm、幅 150cm、高さ 65cm の鋼製パネル板を組み合わせた長大土槽に深さ約 45cm 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。

3. 実験方法と測定 Fig.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 : 0.75kw、200V、1700r.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 20cm、履帯接地長 91cm、車両総重量 4.9kN 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 16Hz で、加振力 F と車両総重量 W の比すなわち载荷比 $\alpha = 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0$ で振動転圧、 $\alpha = 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0$ でジャンピング転圧実験を行った。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、土層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固め工法を勘案し、はじめの転圧回数 $N=1\sim3$ 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 $N=4\sim13$ 回を振動転圧またはジャンピング転圧を行い、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 $\pi/6\text{rad}$ 、高さ 5cm、底面積 6.61cm^2 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。

4. 実験結果と考察 振動転圧実験ならびにジャンピング転圧実験について、締固め特性にどのような違いが見られ、どちらがより深層部にわたり締固め効果を得られるかを比較した。

Fig.2 は、载荷比 α と最終転圧 $N = 13$ 回目の最大地表面沈下量 S_{max} との関係を振動周波数 $f = 16\text{Hz}$ において示す。まず、各载荷比ごとにプロットされた最大地表面沈下量 S_{max} の値に着目すると、载荷比 α の増加

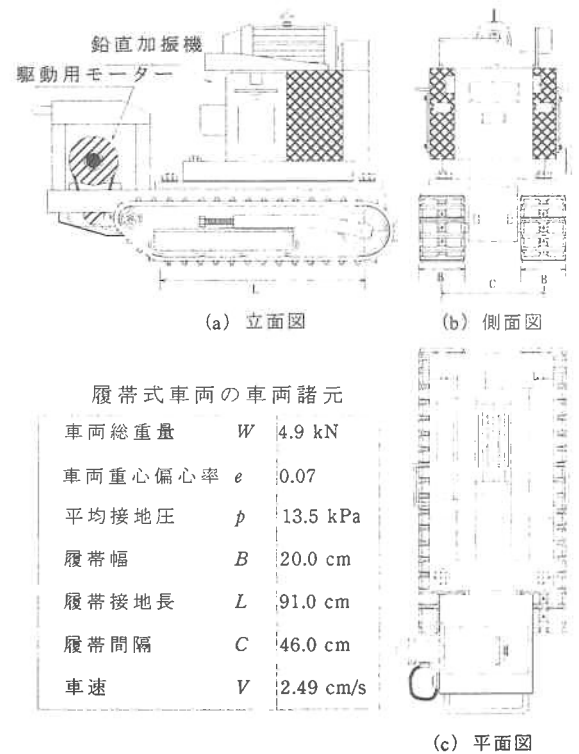


Fig.1 鉛直加振機を搭載した履带式車両

に伴い最大地表沈下量 $S_{\max}$ は増加する傾向が見られる。

本実験におけるコーン指数 q_c (kPa) と乾燥密度 ρ_d (g/cm³) との関係式は、次式で与えられる。

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

ここに、 z は深さ (cm)、 γ_w は水の単位体積重量、 p_0 は大気圧、 r は相関係数である。これにより、締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。

Fig.3 は、載荷比 α と最終転圧 $N = 13$ 回目の浅層部ならびに深層部での乾燥密度 ρ_{ds} 、 ρ_{dr} との関係振動周波数 $f = 16\text{Hz}$ において示す。こちらも同様に、各載荷比ごとにプロットされた乾燥密度 ρ_d の値に着目すると、双方とも載荷比 α の増加に伴い浅層部ならびに深層部での乾燥密度 ρ_{ds} 、 ρ_{dr} は増加する傾向がある。ここで、載荷比 α と浅層部 $z=10\text{cm}$ ならびに深層部 $z=40\text{cm}$ での乾燥密度 ρ_{ds} 、 ρ_{dr} (g/cm³) の関係を曲線近似したものを載荷比 $\alpha = 1.0$ を境に振動転圧においては式(2)～(3)、ジャンピング転圧においては式(4)～(5)に示す。

$$\text{浅層部} \quad \rho_{ds} = 0.01\alpha^2 + 0.02\alpha + 0.16 \quad (r = 0.966) \quad (2)$$

$$\text{深層部} \quad \rho_{dr} = -0.01\alpha^2 + 0.06\alpha + 1.38 \quad (r = 0.983) \quad (3)$$

$$\text{浅層部} \quad \rho_{ds} = -0.06\alpha^2 + 0.32\alpha + 1.38 \quad (r = 0.993) \quad (4)$$

$$\text{深層部} \quad \rho_{dr} = -0.002\alpha^2 + 0.11\alpha + 1.33 \quad (r = 0.998) \quad (5)$$

ここに、 r は相関係数である。この近似曲線によると、浅層部ならびに深層部での乾燥密度 ρ_{ds} 、 ρ_{dr} は、載荷比 $\alpha = 1.0$ までは徐々に増加するもののほぼ横這い傾向であり、載荷比 $\alpha = 1.0$ を超えると増加傾向が強くなることがわかるが、深さ方向におけるすべての載荷比において、土の締固め密度管理基準 ($0.9\rho_{d\max} = 1.78\text{g/cm}^3$) を満足しておらず、深層部に至っては、とくに効果的な締固めが行われていないと考えられる。ここで、載荷比 $\alpha = 1.0$ ならびに $\alpha = 2.0$ を動的転圧回数 N_D に着目したのが Fig.4 である。動的転圧回数 $N_D = 0$ は転圧回数 $N = 3$ のことを示す。動的転圧回数ならびに載荷比の

増加に伴い乾燥密度は双方ともに増加する傾向にあり、振動転圧に比べてジャンピング転圧での乾燥密度増加は大きく、また、浅層部に対する乾燥密度は土の締固め密度管理基準に近い値を示す傾向になっている。したがって、振動転圧よりも車両総重量の数倍に増加させたジャンピング効果を付加することによる転圧方法が締固め効果を上げるのに有効であると考えられる。

5. おわりに 本研究は、深層部において締固め度 90 %以上の効果を得ることのできる新しい厚層締固め機械を研究開発することを目的とし、ジャンピング効果を付加した効率的な締固めによる深層部にまで締固めが発揮され、振動転圧に比べジャンピング転圧は締固め効果が非常に大きいことが確認された。

6. 参考文献 1) 室達朗, 河原莊一郎: 加振型履带式車両によるまさ土の厚層締固め効果について, 土と基礎, Vol.48, No.7, pp.13-16, 2000, 7.

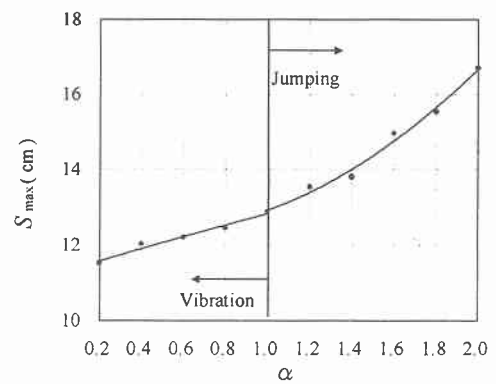


Fig.2 最大地表沈下量 $S_{\max}$ と載荷比 α の関係 ($f=16\text{Hz}$)

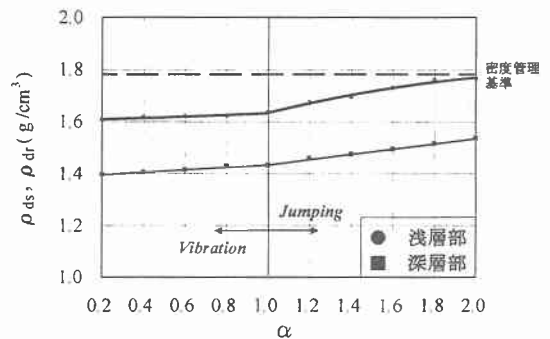


Fig.3 浅層、深層部乾燥密度 ρ_{ds} 、 ρ_{dr} と載荷比 α の関係 ($f=16\text{Hz}$)

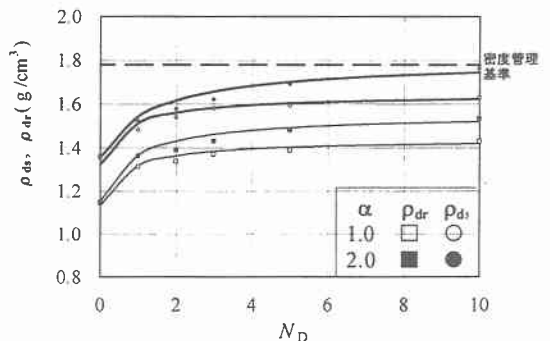


Fig.4 浅層、深層部乾燥密度 ρ_{ds} 、 ρ_{dr} と動的転圧回数 N_D の関係 ($f=16\text{Hz}$)