

Ⅲ-B293

重錘落下法の厚層締固め管理への適用性に関する検討

鹿島技術研究所 正会員 安本 敬作 鬼木 剛一 藤崎 勝利

1. はじめに

盛土工における施工の合理化を目的として、一層あたりの撒出し厚を従来の 30cm より厚くする厚層締固め施工の適用が検討されている。厚層締固め施工における管理手法としては、従来の RI 法等を適用することは困難とされている。そこで、厚層締固め施工に適用できる管理手法として、迅速かつ簡便な重錘落下法に着目し、その適用性(乾燥密度 ρ_d との相関、深度方向の測定範囲)について検討を行った。

2. 重錘落下法における振動特性値

重錘落下法は、重錘が地盤に衝突したときに生じる重錘の振動特性から地盤の締固め程度(密度、強度)を推定する方法である。重錘の振動特性を定量的に把握するための指標(以下、振動特性値と呼ぶ)としては、最大衝撃加速度 a_{max} 、振動継続時間 Δt 、代表振動数 f_0 等が提案されているが¹⁾、ここでは、重錘が地盤に衝突してから下向きの速度が $v=0$ となるまでの時間 $\Delta t_{v=0}$ (以下、重錘静止時間と呼ぶ)についても着目することとした(図-1 参照)。

3. 振動特性値～乾燥密度 ρ_d の関係

重錘落下法における振動特性値と乾燥密度 ρ_d との相関について調べるため室内実験を行った。室内実験は、粒径のほぼ均一な砂質土(最大粒径 $D_{max} = 2\text{mm}$ 、均等係数 $U_c = 3.27$ 、自然含水比 $w_n = 7.5\%$)をモールド(直径 60cm × 高さ 60cm)内で所定の密度となるよう均一に締固めた地盤に対し、重錘の質量 m 、落下高 h をパラメータとして行った。実験ケースを表-1 にまとめて示す。実験結果は図-2 に示すとおりであり、最大衝撃加速度 a_{max} 、重錘静止時間 $\Delta t_{v=0}$ は乾燥密度 ρ_d との相関が良好であることがわかった。さらに、今回の実験条件下においては、測定精度を高くするためには、重錘の直径 Φ が一定のとき、①最大衝撃加速度 a_{max} については質量 m を小さくするか、落下高 h を大きくする、②重錘静止時間 $\Delta t_{v=0}$ については落下高 h には関係なく、質量 m を大きくすれば良いことがわかった。なお、振動継続時間 Δt と代表振動数 f_0 は加速度波形の乱れにより読みとりが困難であった。

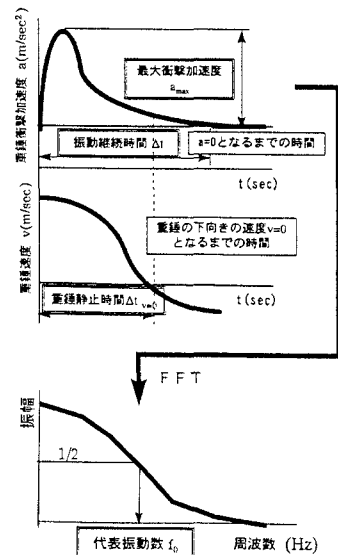
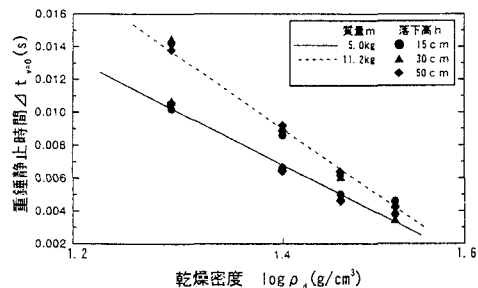
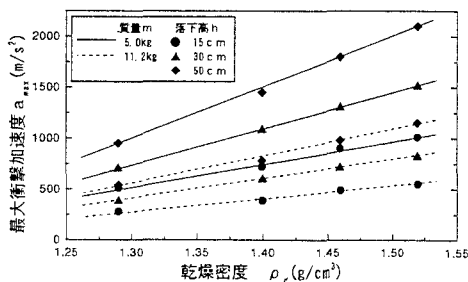


図-1 振動特性値

表-1 室内実験ケース

重 錘	落下高	
Φ (cm)	m (kg)	h (cm)
15	5, 11.2	15, 30, 50

図-2 振動特性値と乾燥密度 ρ_d との関係

キーワード：締固め、品質管理、衝撃試験、衝撃加速度
連絡先：調布市飛田給 2-19-1, TEL;0424-89-7067, FAX;0424-89-7034

4. 深度方向の測定範囲

乾燥密度 ρ_d との相関が良好であった振動特性値(最大衝撃加速度 a_{max} , 重錘静止時間 $\Delta t_{v=0}$)について, 理論式および室内実験から深度方向の測定範囲を求めた。

(1)理論式による深度方向の測定範囲の推定

重錘落下法における深度方向の測定範囲 d は, 重錘が地盤に衝突してから, ある一定時間 δt の間に衝撃波が地盤中を伝播した距離であると考え, 以下に示す波動方程式から得られる式(1)²⁾に基づき推定することとした。

$$d = v_p \cdot \delta t \quad \text{----- (1)}$$

ここに, d : 深度方向の測定範囲,

v_p : 衝撃波の地盤中の伝播速度, $v_p = \sqrt{E/\rho_t}$,

E : 地盤の圧縮率, ρ_t : 地盤の湿潤密度

δt : 衝撃加速度が発生してから時間

なお, δt は振動特性値毎に以下に示すように設定した。

振動特性値	δt の設定法
最大衝撃加速度 a_{max}	衝撃加速度波形が最大値(a_{max})を示すまでの時間 $\Delta t_{a_{max}}$
重錘静止時間 $\Delta t_{v=0}$	重錘の下向きの速度が0を示すまでの時間 $\Delta t_{v=0}$

(2)室内実験による深度方向の測定範囲の検証

重錘の質量 m , 落下高 h をパラメータとして室内実験を行った。ここでは, 乾燥密度一定($\rho_d=1.52g/cm^3$)の下で, モールド内の地盤厚 H を徐々に厚くすることにより, 振動特性値(a_{max} , $\Delta t_{v=0}$)がモールド底面の影響を受けなくなる地盤厚 H を求め, それを深度方向の測定範囲 d とした。室内実験結果を図-3に示す。これによれば, 深度方向の測定範囲 d は, 最大衝撃加速度 a_{max} については $m=3.2kg$ のとき $d=10 \sim 15cm$, $m=5.0kg$ のとき $d=15 \sim 20cm$, 重錘静止時間 $\Delta t_{v=0}$ については $m=3.2kg$ のとき $d=40 \sim 50cm$, $m=5.0kg$ のとき $d=50 \sim 60cm$ となることがわかる。また, 室内実験結果および式(1)から求めた各振動特性値(a_{max} , $\Delta t_{v=0}$)における測定範囲 d は良く一致しており, 4(1)で設定した δt が妥当であったことがわかる。ここでは, 厚層締固め施工に適用するためには振動特性値として, より深度方向の測定範囲が大きい重錘静止時間 $\Delta t_{v=0}$ を用いれば良いこと, および重錘静止時間 $\Delta t_{v=0}$ は, 重錘の直径 ϕ が一定のとき, 落下高 h には関係なく, 質量 m を大きくすれば深度方向の測定範囲がより大きくなることがわかった。

5. まとめ

厚層締固め施工に適用できる管理手法として迅速かつ簡便な重錘落下法に着目し, その適用性(乾燥密度 ρ_d との相関, 深度方向の測定範囲)について検討を行った結果, 振動特性値として重錘静止時間 $\Delta t_{v=0}$ を用いれば良いことがわかった。なお, 重錘落下法を厚層締固め管理に適用する場合には, 本文で示した知見を基に, 測定精度, 測定対象深度などを考慮して試験装置の仕様を決定すれば良いと考えられる。

参考文献 1)建山・田中: 落下重錘の振動挙動を利用した締固めた不飽和地盤の支持力評価法について,

土質工学会シンポジウム発表論文集, pp91-98, 1993

2)例えば, 土木学会: 土木技術者のための振動便覧

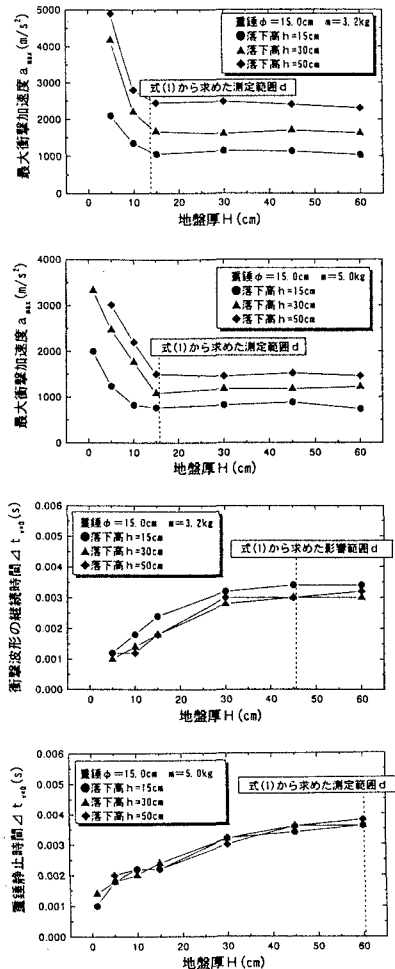


図-3 室内実験結果