

重錘落下条件のまさ土の締固めに及ぼす影響

愛媛大学工学部 正員 ○河原 荘一郎

愛媛大学工学部 正員 室 達朗

愛媛大学工学部 正員 深川 良一

愛媛大学大学院 学生員 市原 一也

1. まえがき 重錘で土を締め固めた効果は、一般に重錘の位置エネルギーに基づく締固めエネルギーの大小により規定される。その一方、三次元状態における重錘の貫入量は、重錘が打撃時に持つ運動量に比例する¹⁾との研究もある。

ここでは、一次元状態で重錘を落下させた時のまさ土の乾燥密度分布を測定し、重錘の質量および落下高の土の締固めに及ぼす影響度を調査する。また、土の締固め度は締固めエネルギーまたは運動量のどちらにより依存するのかについて明らかにする。

2. 供試砂および実験方法

供試砂は粒径 4.75mm 以下に調整したまさ土²⁾であり、気乾状態 ($w_{dry}=1.7\%$) および最適含水比 ($w_{opt}=13.3\%$: 標準締固め試験) にて実験に供した。その主な土質性状は、土粒子の密度 $\rho_s=2.67\text{g/cm}^3$ 、平均粒径 $D_{50}=0.77\text{mm}$ 、均等係数 $U_c=12.0$ 、標準突固め試験における最大乾燥密度 $\rho_{dmax}=1.82\text{g/cm}^3$ である。

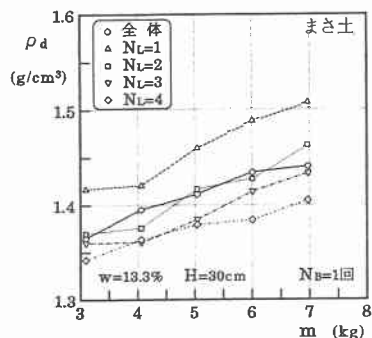
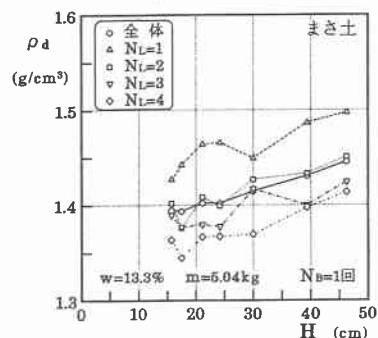
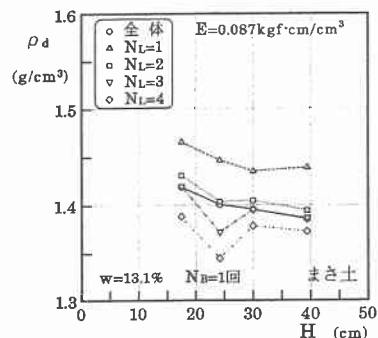
新たに製作した一次元突固め実験装置²⁾は、重錘 (底面直径 9.8cm)、アクリル製モールド (容量 $V=1400\text{cm}^3$ 、内径 10.1cm、高さ 17.4cm) およびガイドからなる。重錘には圧電式加速度計を内蔵している。締固め層数 $N_L=1$ 層でモールドに緩く充填したまさ土に対し、種々の重錘質量 m (重量 W_R)、落下高 H の組合せで重錘を落下回数 $N_B=1$ 回落下させた。その際、リング状の薄紙 (リング幅 3mm) を 4 層 (層厚 4.4cm) からなるまさ土の層間に挿入し、その移動量から乾燥密度分布を算定した。なお、同一条件で 2 回繰り返し実験を行った。

3. 実験結果

(a) 重錘質量 m の影響 w_{opt} における乾燥密度 ρ_d と重錘質量 m の関係を図1に示す。各層での ρ_d の変化が顕著にみられ、表層 ($N_L=1$ 層) での ρ_d が最も大きく、 $N_L=2$ 層以降順に小さくなる。また、 m が増加するにしたがい、 ρ_d は深さに関わらずほぼ同一の傾きで直線的に大きくなる傾向がある。

(b) 落下高 H の影響 w_{opt} における乾燥密度 ρ_d と落下高 H の関係を図2に示す。 H が増加するにしたがい、全体の ρ_d は大きくなる傾向がある。しかし、 $H=15.7\text{cm}$ では $\rho_d=1.37 \sim 1.43\text{g/cm}^3$ 、 $H=46.3\text{cm}$ では $\rho_d=1.41 \sim 1.50\text{g/cm}^3$ であるので、 H の低い方が深さ方向の ρ_d の均一性にやや富むといえる。

(c) 同一締固めエネルギー E_d の場合 w_{opt} における同一締固めエネルギー E_d における乾燥密度 ρ_d と落下高 H の関係を図3に示す。

図1 乾燥密度 ρ_d と重錘質量 m の関係図2 乾燥密度 ρ_d と落下高 H の関係図3 同一締固めエネルギー E_d における乾燥密度 ρ_d と落下高 H の関係

E_d は次式で定義され、重錘の位置エネルギーに基づく。

$$E_d = \frac{W_R \cdot H \cdot N_B \cdot N_L}{V} \quad (\text{kgf} \cdot \text{cm} / \text{cm}^3) \quad (1)$$

H が低く、 m が重くなる組合せほど、上層での ρ_d は大きく、しかも下層までその効果が及ぶ傾向がある。

(d) 同一運動量 mv_0 の場合 w_{opt} における同一運動量 mv_0 (v_0 : 衝突速度 $= \sqrt{2gH}$) における乾燥密度 ρ_d と落下高 H の関係を図4に示す。 m , H の組合せに関わらず、 ρ_d はほぼ同じ値をとる。

4. 考察

全体の乾燥密度 ρ_d と運動量 mv_0 および締固めエネルギー E_d の関係を図5, 図6に示す。 w_{opt} において、 mv_0 , E_d が増加するにしたがい、 ρ_d はほぼ直線的に増加する。しかし、相関係数 r を比べると、 E_d よりも mv_0 に ρ_d は強く依存するといえる。

一方、 w_{dry} においては、初期の ρ_d のばらつきが ρ_d の増加に比べ大きいので、 ρ_d は mv_0 や E_d とほとんど関係を持たない。しかし、 ρ_d の増加量は mv_0 に比例するという関係を得ている。

次に、全体の乾燥密度 ρ_d と圧縮圧力 p_{max} の関係を図7に示す。 p_{max} は、重錘落下時の最大加速度 α_{max} に対応する圧力で、運動の第2法則により次式で算定される。

$$p_{max} = \frac{m \cdot \alpha_{max}}{A} \quad A: \text{重錘の底面積} \quad (2)$$

p_{max} は mv_0 に比例する³⁾ ため、 p_{max} の増加にしたがい、 w_{opt} における ρ_d はやはりほぼ直線的に増加する。したがって、土の締固め度は重錘の位置エネルギーよりも最大衝撃圧力に強く依存するといえる。

ところで、運動量 mv_0 は m , $\sqrt{H}$ に比例するので、土の乾燥密度 ρ_d を高めるには、重錘質量を重くする方が落下高を高くするよりも有効である。しかも、図2, 図3より深さ方向の ρ_d の均一性を確保するためにも、そのことはいえる。

5. まとめ 最適含水比におけるまさ土の乾燥密度は、締固めエネルギーよりも運動量に強く依存し、運動量の増加にしたがい直線的に増加することが判明した。

参考文献 1) 大島昭彦・高田直俊: 重錘落下締固めにおける地盤への重錘貫入と衝撃力, 土木学会論文集, No.487/III-26, pp.61-67, 1994.

2) 河原荘一郎・室達朗・深川良一・市原一也: 砂質土の一次元静的・動的締固め度の比較, 第30回土質工学会研究発表会講演集(掲載予定), 1995.

3) 河原荘一郎・室達朗・深川良一・市原一也: 重錘落下時のまさ土の一次元衝撃応答, 平成7年度土木学会四国支部技術研究発表会講演集(掲載予定), 1995.

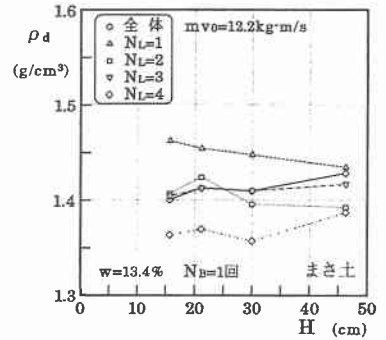


図4 同一運動量 mv_0 における乾燥密度 ρ_d と落下高 H の関係

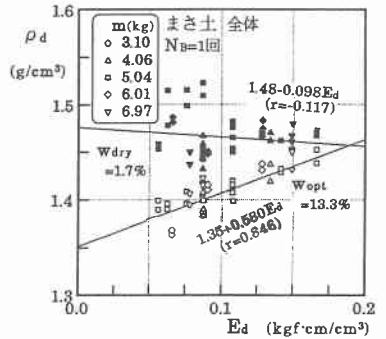


図5 乾燥密度 ρ_d と締固めエネルギー E_d の関係

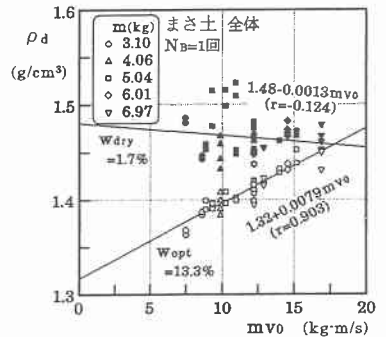


図6 乾燥密度 ρ_d と運動量 mv_0 の関係

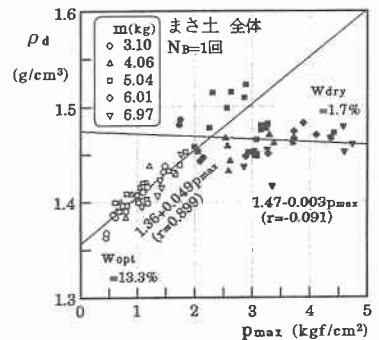


図7 乾燥密度 ρ_d と圧縮圧力 p_{max} の関係