

重錘落下による豊浦砂の衝撃応答に及ぼす密度の影響

松江工業高専 正会員 ○河原莊一郎
愛媛大学工学部 フェロー 室 達朗
愛媛大学大学院 学生会員 菊田 裕樹
日本ミクニヤ(株) 尾崎 康隆

1. まえがき 落石覆工上の敷砂緩衝材への落石の衝撃加速度、敷砂底面土圧の衝撃応答に及ぼす敷砂の密度、落石質量、落下高の影響を調査することを目的として、一連の室内実験を行った。

2. 実験方法 実験装置(図 1)は落石に見立てた重錘、モールドおよびガイドからなる。重錘の载荷盤(底面直径 98 mm, 厚さ 15 mm)の上面中央に圧電型加速度計(定格容量 5000 G)を内蔵し、モールド底面中央に土圧計(受圧面直径 27 mm, 定格容量 196 kPa)を装備する。

まず、モールドに湿潤状態の豊浦標準砂を 1185 cm^3 づつ分け充填し、層毎に重錘(質量 3.75 kg, 底面直径 17.6 cm)を高さ 30cm, 所定の回数 N_{80} ($=1, 2, 4$) にて落下させ、初期密度 ρ_{d0} の異なる地盤を作成した。その後、重錘質量 $m = 3.10 \sim 6.97 \text{ kg}$, 落下高 $H = 15.7 \sim 46.3 \text{ cm}$ の組合せ(計 16 通り)で、重錘を 1 回落下させ、衝撃加速度 α およびモールド底面土圧 σ をサンプリング間隔 $20 \mu\text{s}$, ローパスフィルター 500 Hz にて測定した。

3. 衝撃応答波形 一例として、重錘質量 m を変化させた場

合の重錘の衝撃加速度波形(図 2)およびモールド底面土圧波形(図 3)を示す。全実験ケースにおいて、第 1 波のみで、跳返りによる第 2 波以降は観測されなかった。

衝撃加速度波形は、まずに ρ_{d0} によらず急激に立ち上がり激しい変動(ほとんどの場合、衝撃加速度が瞬間的に負になる)を示す。その後、 ρ_{d0} が小さい場合は平坦部分が続くのに対して、 ρ_{d0} が大きくなるに従ってかなり変動を繰り返す。また、衝撃加速度 a は、 ρ_{d0} , H の増加, m の減少とともに大きくなる。

運動量保存則により α の t_f までの時間積分は衝突速度 v_0 に等しく、またエネルギー保存則により v_0 は m

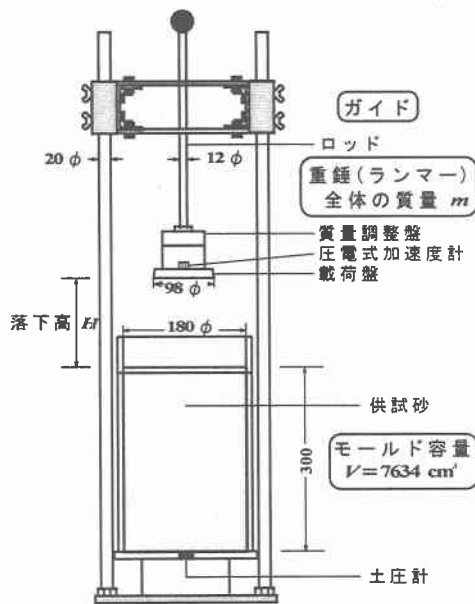


図 1 衝撃応答実験装置

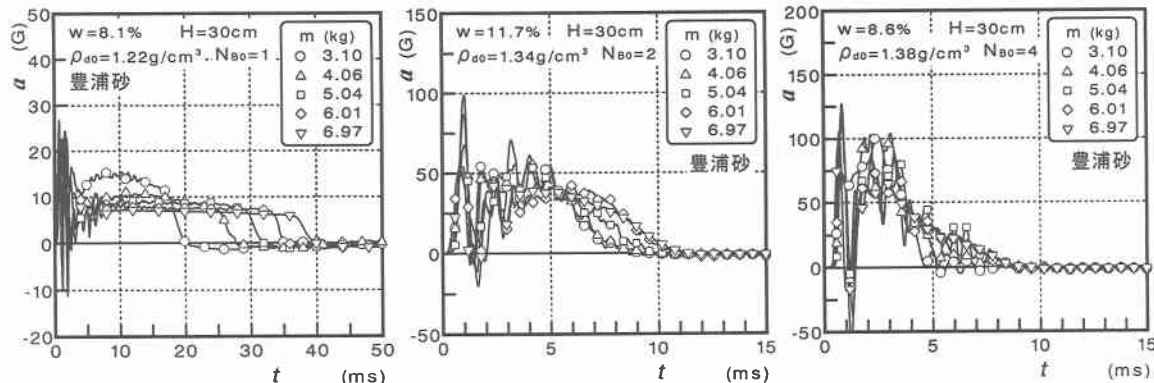
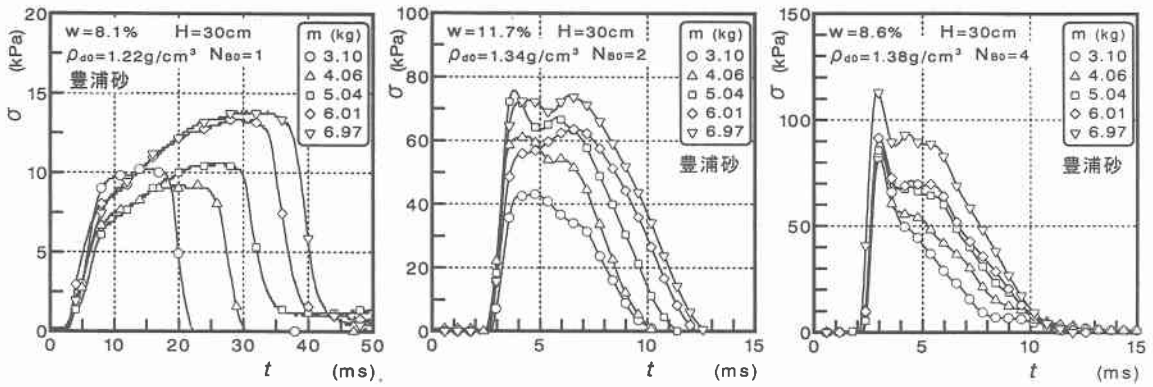
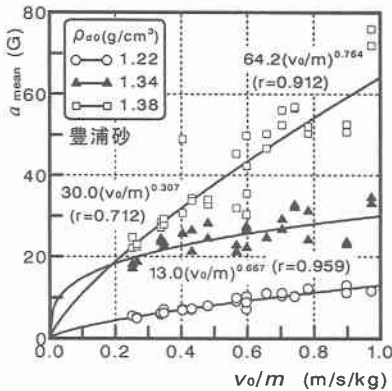
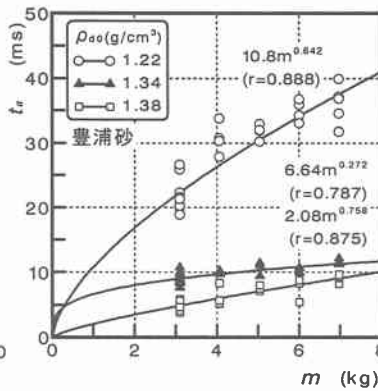
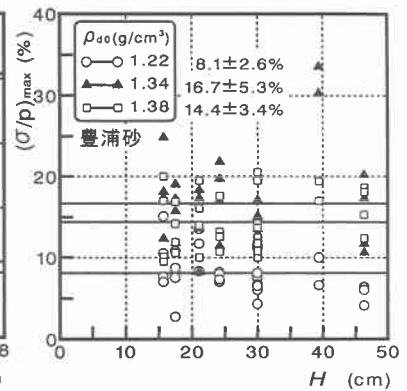


図 2 重錘の衝撃加速度 α と時間 t の関係(重錘質量 m の影響)

図3 モールド底面土圧 σ と時間 t の関係(重錘質量 m の影響)図4 重錘の平均加速度 α_{mean} と v_0/m の関係図5 重錘加速度の衝撃持続時間 t_a と重錘質量 m の関係図6 衝撃圧力伝達率 $(\sigma/p)_{\text{max}}$ と落下高 H の関係

に依存せず H の平方根に比例する ($=\sqrt{2gH}$, g : 重力加速度)。図2の場合, H が一定であるので, a と t 軸で囲まれた面積はほぼ等しくなる。

一方, モールド底面土圧波形は, ρ_{do} が小さい場合は鋭いピークが存在しないのに対して, ρ_{do} が大きくなるに従って, 立ち上がりにおけるピークが鋭くなる。また, モールド底面土圧 σ は, ρ_{do} , H , m の増加とともに大きくなる。

初期の敷砂層厚 (30 cm) を衝撃伝播時間 t_s (a と σ の発生時間差) で除した値である衝撃伝播速度 v_s は, ρ_{do} の小さい方から 128 ± 27 , 118 ± 8 , 133 ± 6 m/s であり, ρ_{do} , H , m の影響をほとんど受けない。

4. 重錘衝撃加速度に影響を及ぼす因子 平均加速度 a_{mean} ($=v_0/t_a$, t_a : 重錘加速度の衝撃持続時間) と m , H の組合せからなる種々の因子 [H , H/m , v_0 , v_0/m] との相関性を調査した。その結果, 図4に示す通り, 平均加速度 a_{mean} は ρ_{do} とともに大きくなり, v_0/m のべき関数で表される。なお, 最大加速度 a_{max} は, v_0 との相関性が比較的高いが, a_{mean} に比べては相関性が低い。ちなみに, $a_{\text{mean}}/a_{\text{max}}$ は, ρ_{do} の小さい方から 38.8 ± 10.7 , 43.8 ± 9.6 , 39.2 ± 8.7 % であり, ρ_{do} , H , m の影響はほとんどみられない。

また, 重錘加速度の衝撃持続時間 t_a と重錘質量 m の関係を図5に示す。 t_a は, ρ_{do} がとともに大きくなり, また H に依存せず m とともに大きくなり, そのべき関数で表される。

5. 衝撃圧力伝達率 衝撃圧力伝達率 $(\sigma/p)_{\text{max}}$ と落下高 H の関係を図6に示す。 $(\sigma/p)_{\text{max}}$ はモールド底面最大土圧 σ_{max} を最大衝撃圧力 p_{max} ($=m \cdot a_{\text{max}}/A$, A : 重錘の底面積) で除した値である。 $(\sigma/p)_{\text{max}}$ は, ρ_{do} , H , m の影響をあまり受けない。

6. まとめ 重錘の衝撃加速度波形およびモールド底面土圧波形は, 敷砂の初期密度の影響を受けること, 敷砂の初期密度とともに重錘の衝撃加速度およびモールド底面土圧が増加することが判明した。