

落石の衝撃応答に及ぼす敷砂緩衝材の密度と厚さの影響

松江高専 正会員 ○河原莊一郎

1. まえがき

落石対策便覧¹⁾では、落石の衝撃力を算定する式は、ヘルツの弾性衝突理論を適用した次式の振動便覧式が採用されている。

$$P_{max} = 2.108 \cdot (m \cdot g)^{2/3} \cdot \lambda^{2/5} \cdot H^{3/5}$$

P_{max} : 落石の衝撃力 [kN], m : 落石の質量 [t]

g : 重力加速度 [m/s²], H : 落下高さ [m]

λ : 被衝突体のラメ定数 [kN/m²] = 1,000~10,000

(通常は 1,000)

しかし、落石の衝突は塑性衝突であること、敷砂緩衝材の密度や厚さとラメ定数 λ の関係が不明瞭であることの 2 つ問題がある。ここでは、敷砂緩衝材の密度および厚さが落石の衝撃力に及ぼす影響を調査するため、落石に見立てた重錘の落下衝撃実験を行った。

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。重錘の載荷盤(底面直径 50 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(高さ 150 および 300 mm)に湿潤状態のまま土(敷砂緩衝材に相当)²⁾を 1185 cm³ 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_{B0} (=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 $m=3.0\sim7.0$ kg, 落下高 $H=15.7\sim46.3$ cm の組合せ(計 16 通り)で、重錘を 1 回落下させ、衝撃加速度 a およびモールド底面土圧 σ をサンプリング間隔 50 μ s, ローパスフィルター 500 Hz にて測定した。

3. 重錘貫入量

重錘貫入量 S と重錘質量 m , 落下高 H の組合せからなる種々の因子[運動

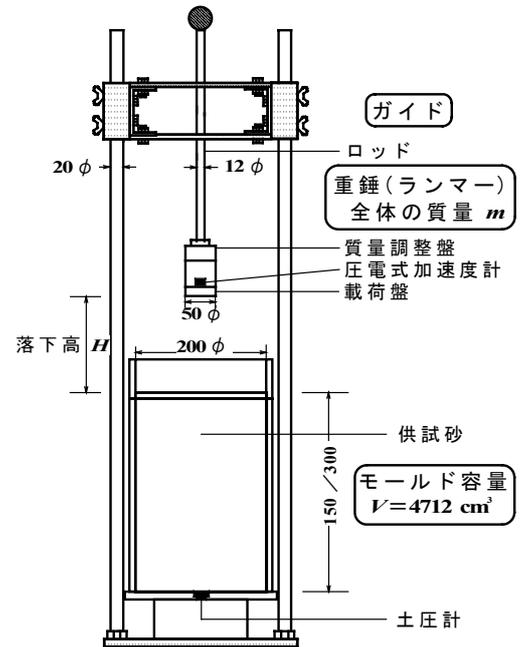


図 1 衝撃応答実験装置

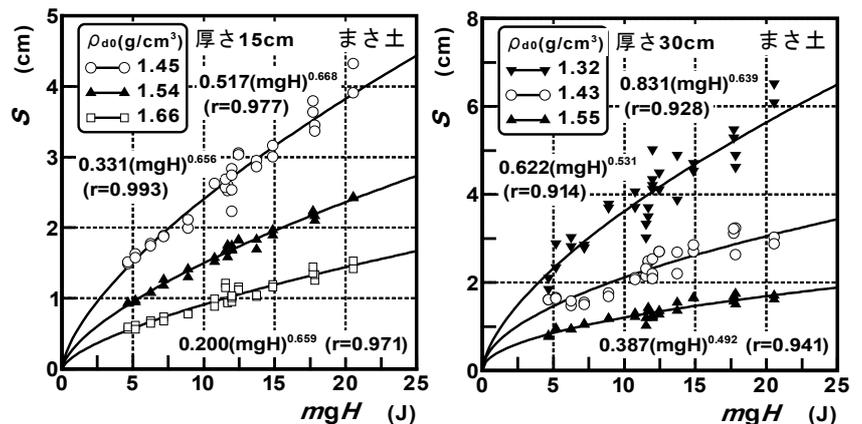


図 2 重錘の貫入量 S と打撃エネルギー mgH の関係

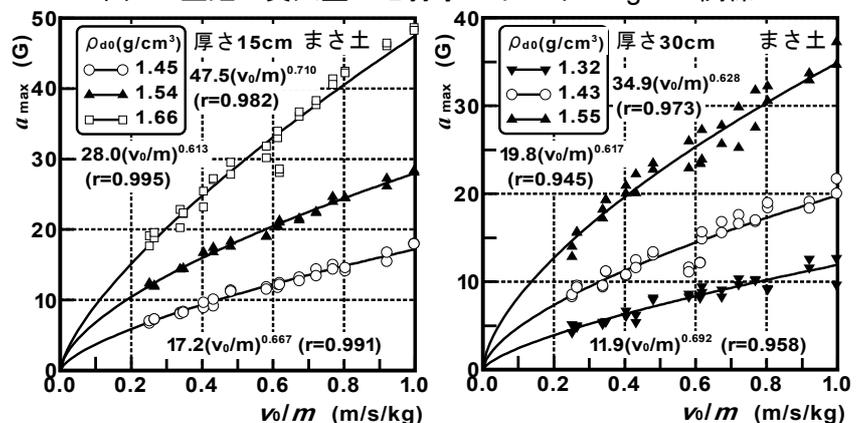


図 3 重錘の最大加速度 a_{max} と v_0/m の関係

量 mv_0 、打撃エネルギー mgH との相関性を調査した。その結果、重錘貫入量 S は打撃エネルギー mgH とともに増加し、そのべき関数で表される(図2)。

また、重錘貫入量 S はまさ土の密度 ρ_{d0} が大きくなるにつれて減少する。さらに、ほぼ同じ密度 ρ_{d0} である○と▲について、まさ土の厚さ 30cm の方が重錘貫入量 S は小さい。

4. 重錘衝撃加速度

最大加速度 a_{max} と重錘質量 m 、落下高 H の組合せからなる種々の因子 $[H, H/m, \text{衝突速度 } v_0, v_0/m]$ との相関性を調査した。その結果、最大加速度 a_{max} は v_0/m とともに増加し、そのべき関数で表される(図3)。

また、最大加速度 a_{max} はまさ土の密度 ρ_{d0} とともに増加する。さらに、最大加速度 a_{max} はまさ土の厚さ 30cm の方がわずかに大きいものの、厚さの影響をほとんど受けない。

5. モールド底面最大土圧

モールド底面最大土圧 σ_{max} と重錘質量 m 、落下高 H の組合せからなる種々の因子[運動量 mv_0 、打撃エネルギー mgH] との相関性を調査した。その結果、モールド底面最大土圧 σ_{max} は打撃エネルギー mgH とともに増加し、そのべき関数で表される(図4)。

また、モールド底面最大土圧 σ_{max} はまさ土の密度 ρ_{d0} とともに増加する。したがって、緩衝効果をより発揮するためには、敷砂の密度をできるだけ小さくすることが効果的である。

さらに、モールド底面最大土圧 σ_{max} はまさ土の厚さ 30cm の方がかなり小さい。したがって、緩衝効果をより発揮するためには、敷砂の厚さをできるだけ大きくとることが効果的である。しかし、それ以上厚さを増加させても緩衝効果がほとんど変わらないような限界値が存在すると考えられる。

6. 衝撃圧力伝達率

衝撃圧力伝達率 $(\sigma/p)_{max}$ と落下高 H の関係を図5に示す。 $(\sigma/p)_{max}$ とはモールド底面最大土圧 σ_{max} を最大衝撃圧力 $p_{max}(\equiv m \cdot a_{max}/A, A: \text{重錘の底面積})$ で除した値である。衝撃圧力伝達率 $(\sigma/p)_{max}$ はばらつきが大きいものの、まさ土の密度 ρ_{d0} 、重錘質量 m 、落下高 H の影響をあまり受けない。

最後に、衝撃圧力伝達率 $(\sigma/p)_{max}$ と乾燥密度 ρ_{d0} の関係を図6に示す。衝撃圧力伝達率 $(\sigma/p)_{max}$ はまさ土の厚さが2倍になると、約半分に減少する。

参考文献 1) 日本道路協会 編：落石対策便覧(改訂版)，日本道路協会，pp.20-23, pp.268-274, 2000.

2) 河原荘一郎：落石の衝撃力に及ぼす敷砂緩衝材の密度の影響，松江工業高等専門学校研究紀要，第37号，pp.33-38, 2002.

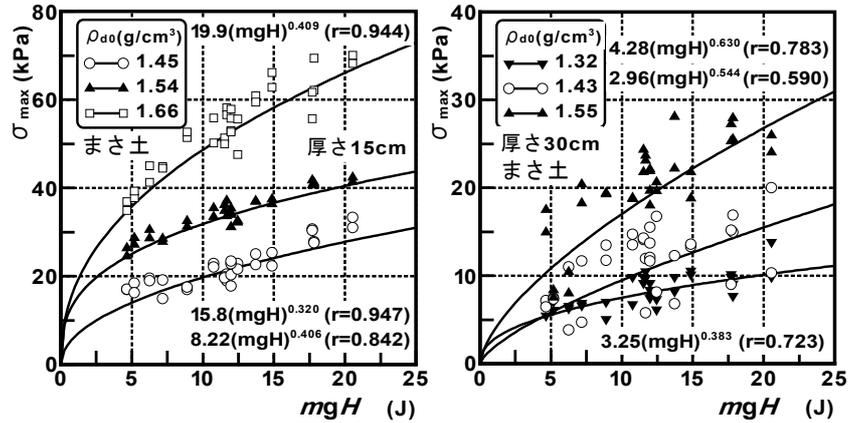


図4 モールド底面最大土圧 σ_{max} と打撃エネルギー mgH の関係

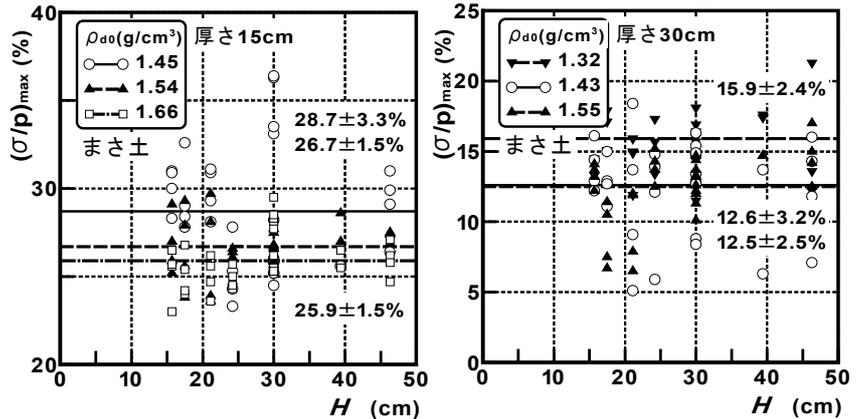


図5 衝撃圧力伝達率 $(\sigma/p)_{max}$ と落下高 H の関係

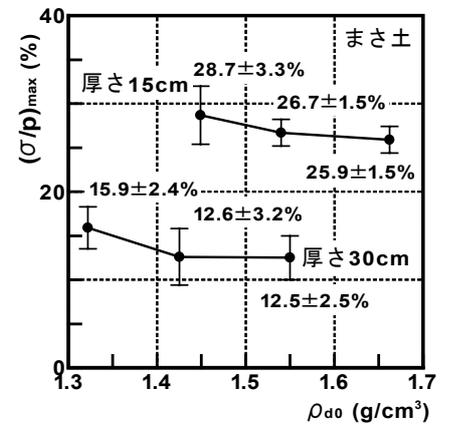


図6 衝撃圧力伝達率 $(\sigma/p)_{max}$ と乾燥密度 ρ_{d0} の関係