

緩衝砂の含水状態の重錘落下の衝撃応答に及ぼす影響

松江工業高等専門学校 正会員 ○河原 莊一郎
(株)エイトコンサルタント 山本 雄

1. はじめに 落石覆工は、上部の敷砂緩衝材により落石の衝撃を吸収する。筆者らは、緩衝材の密度および厚さが落石の衝撃応答に及ぼす影響を調査するために、落石に見立てた重錘の落下衝撃の室内実験を行い、重錘の質量および落下高、まさ土の密度および厚さの衝撃応答に及ぼす影響を調査してきた¹⁾。

ここでは、緩衝砂の含水比を乾燥状態、最適含水状態、湿潤状態に調整し、含水状態の落下衝撃応答に及ぼす影響を調査することを目的とした。衝撃加速度波形、底面土圧波形、重錘貫入量を測定し、最大衝撃加速度、最大底面土圧、衝撃圧力伝達率を調査した。

2. 実験方法

(1) **供試砂** 供試砂は最大粒径 2mm に調整した愛媛県松山市産のまさ土である。粗砂分 63.3%，細砂分 19.1%，シルト分 8.9%，粘土分 8.6%，平均粒径 $D_{50}=0.6\text{mm}$ ，均等係数 $U_c=90.9$ ，曲率係数 $U_c'=16.4$ ，土粒子の密度 ρ_s は 2.693g/cm^3 ，最適含水比 w_{opt} は 11.9%，最大乾燥密度 ρ_{dmax} は 1.92g/cm^3 である。

(2) **実験装置** 実験装置(図 1)は、ガイド・重錘(ランマー)・モールドで構成されている。半球の載荷盤(直径 5cm，厚さ 3cm)の上面中央に、圧電式加速度計(定格容量 5000 G)を内蔵し、モールド底面中央部に土圧計(受圧面直径 27mm，定格容量 196 kPa)を装備する。

(3) **実験方法** 1 層当たり 185cm^3 のまさ土に重錘(質量 3.75kg，底面直径 17.6cm)を高さ 30cm から 1 回落下させ、深さ方向に密度が均一な厚さ 15 cm，直径 20 cm の供試体を作成した。

ここで、まさ土の含水比は乾燥状態 *dry* : 1.3，最適含水状態 *opt* : 11.8，湿潤状態 *wet* : 15.8 % に調整する。乾燥密度 ρ_{d0} は、乾燥状態 *dry* : 1.88，最適含水状態 *opt* : 1.52，湿潤状態 *wet* : 1.69g/cm^3 である。締固め方法は違うものの、予想外に乾燥状態 *dry* の乾燥密度 ρ_{d0} が最大で、最適含水状態 *opt* のものが最小である。

重錘を所定の質量 m ($=3.0\sim7.0\text{kg}$)，落下高 H ($=15.7\sim46.3\text{cm}$) に調整後、重錘を供試体の中央部分に落下させ、重錘の衝撃加速度 a およびモールド底面土圧 σ を検出し、サンプリング間隔 $50\mu\text{s}$ ，ローパスフィルター 500Hz にてデジタルデータレコーダに記録する。

3. 実験結果および考察

(1) **貫入量** 図 2 に重錘の貫入量 S と打撃エネルギー mgH の関係を示す。最適含水状態 *opt* の貫入量 S は、乾燥状態 *dry* や湿潤状態 *wet* の貫入量 S よりも小さい。これは、最適含水状態 *opt* の供試砂には乾燥状態 *dry* の供試砂よりも水分が適度に含まれており、見かけの粘着力が働くためである。

(2) **衝撃加速度波形** 図 3 に落下高さ H を 30 cm と一定にして重錘質量 m を変化させた場合の重錘衝撃加速度 a の波形を示す。ここで、衝撃加速度 a が自由落下時より土表面に衝突して 0 になった時刻を $t=0$ としている。

乾燥状態 *dry* の衝撃継続時間 t_d は比較的長くなる。乾燥状態の供試砂の粒子はバラバラであり見かけの粘着力が働かない。そのため、重錘を落下させると、じわじわと貫入し衝撃継続時間 t_d が長くなるので重錘衝撃加速度 a

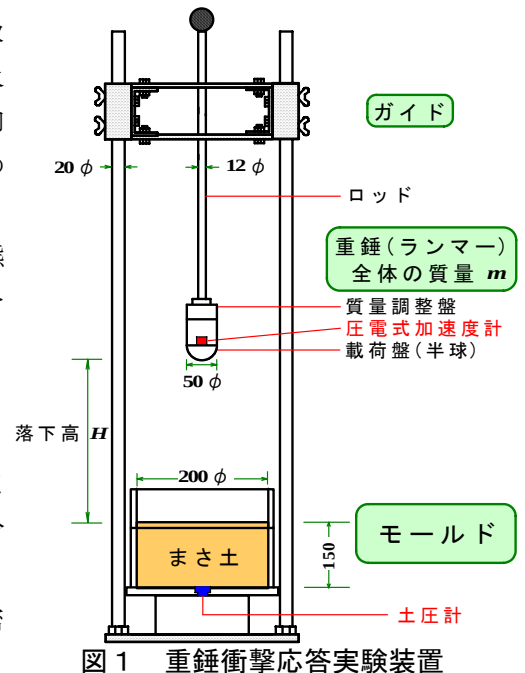


図 1 重錘衝撃応答実験装置

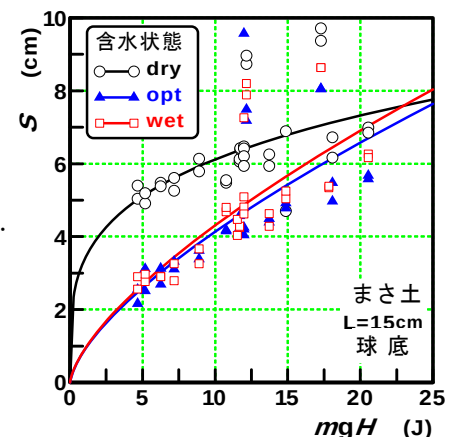


図 2 重錘の貫入量 S と打撃エネルギー mgH の関係

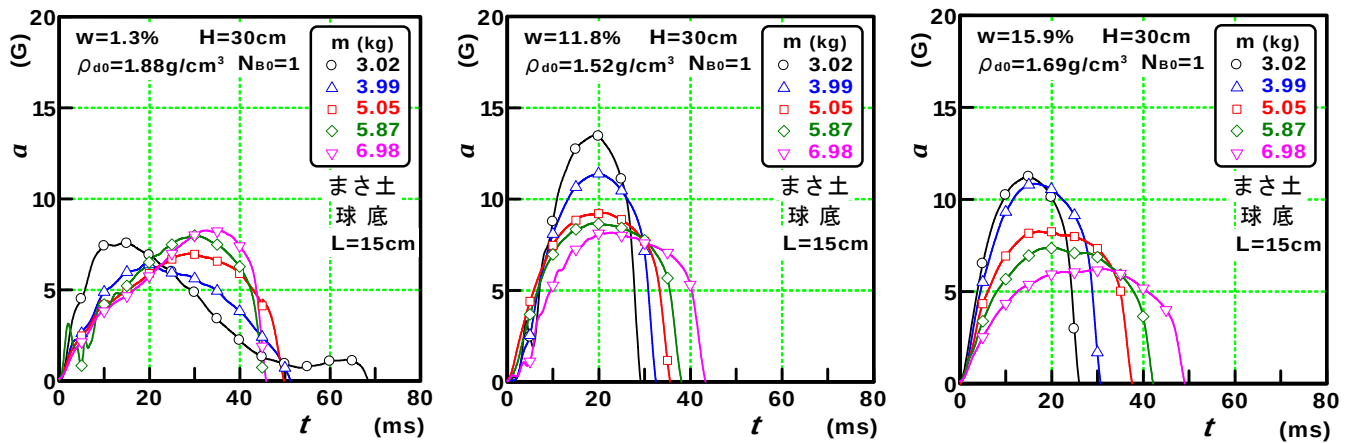


図3 重錘衝撃加速度 a の波形

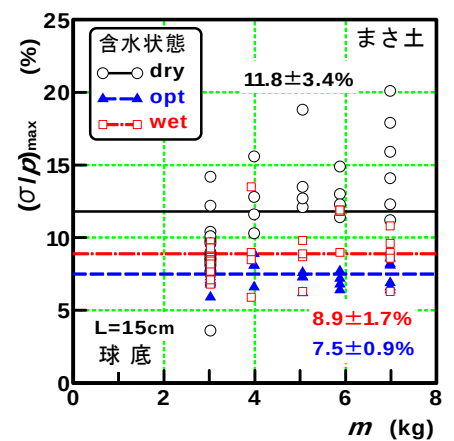
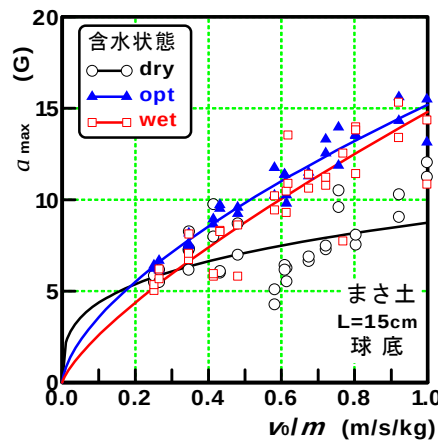
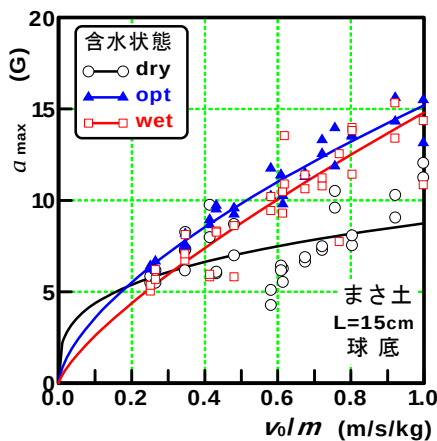


図4 重錘の最大加速度 $a_{\max}$ と v_0/m の関係

図5 最大底面土圧 $\sigma_{\max}$ と打撃エネルギー mgH の関係

図6 衝撃圧力伝達率 $(\sigma/p)_{\max}$ と質量 m の関係

は小さくなる。さらに、乾燥状態 dry のみ重錘質量 m の増加に伴い重錘衝撃加速度 a も大きくなり、衝撃継続時間 t_a が短くなるという傾向の違いもみられる。

(3) 重錘の最大加速度 図4に最大加速度 $a_{\max}$ と v_0/m (v_0 : 衝突速度) の関係を示す。 v_0/m の増加とともに乾燥状態 dry の最大加速度 $a_{\max}$ の増加が鈍くなり、他の2つの含水状態における最大加速度 $a_{\max}$ よりも小さくなる。これは、前述で述べたように、乾燥状態 dry では衝撃継続時間 t_a が他の2つの含水状態より長いので、最大加速度 $a_{\max}$ が小さくなるためである。

(4) モールド底面最大土圧 図5にモールド底面にかかる最大土圧 $\sigma_{\max}$ と打撃エネルギー mgH の関係を示す。図4より乾燥状態 dry の最大加速度 $a_{\max}$ が最小であるので、モールド底面土圧 $\sigma_{\max}$ も最小になることが予想される。ところが、図5の乾燥状態 dry のモールド底面最大土圧 $\sigma_{\max}$ は、打撃エネルギー mgH の値が大きくなるにしたがい急上昇し、10 J以上では最大となる。これは、図2より乾燥状態 dry の貫入量 S が大きいので、モールド底面まで衝撃が伝わりやすいためであると考えられる。一方、最適含水状態 opt の $\sigma_{\max}$ は最小となる。

(5) 衝撃圧力伝達率 重錘落下による衝撃力がモールド底面に達する割合を調査する。衝撃圧力伝達率 $(\sigma/p)_{\max}$ とは、最大モールド底面土圧 $\sigma_{\max}$ を最大衝撃圧力 $p_{\max}$ ($\equiv m \cdot a_{\max}/A$, A : 重錘の底面積) で除した値である。図6に重錘の衝撃圧力伝達率 $(\sigma/p)_{\max}$ 重錘質量 m の関係を示す。乾燥状態 dry の伝達率は11.8%と最高で、最適含水状態 opt の伝達率は7.5%と最小である。これは、最適含水状態 opt では供試砂に水が適度に含まれているので、見かけの粘着力が衝撃を緩和できるためと考えられる。

まとめ モールド底面最大土圧 $\sigma_{\max}$ が乾燥状態 dry や湿潤状態 wet よりも低く、衝撃圧力伝達率 $(\sigma/p)_{\max}$ も最も小さい最適含水状態 opt が緩衝砂として用いるのに最適であることがわかった。

参考文献 1) 河原, 根波, 福田: 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, 土木学会中国支部第56回研究発表会概要集, pp.221-222, 2004.