

緩衝砂の含水状態が重錘落下の衝撃応答に及ぼす影響（その2）

松江工業高等専門学校 正会員 ○河原 莊一郎
東海旅客鉄道㈱ 矢田 輝一

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。敷砂の含水比は、降雨日射により変化する。

前報¹⁾では緩衝砂の含水比を気乾状態、最適含水比、湿潤状態に調整し、落石に見立てた重錘の落下衝撃の室内実験を行った。本報では、気乾状態から最適含水比の間に2つの含水比での実験を追加し、詳しく調査した。

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 $\rho_{d\text{max}}$ 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。半球の载荷盤(直径 5cm，厚さ 3cm)の上面中央に、圧電式加速度計(定格容量 5000G)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 196kPa)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 15cm，直径 20cm の供試体を作成した。

まさ土の含水比は 1.3(気乾)，4.6，6.3，11.8(最適)，15.8% に調整した。乾燥密度 ρ_{d0} は、順に 1.56，1.56，1.49，1.51， 1.59g/cm^3 であった。締固め方法は違うものの、最適含水比での ρ_{d0} は2番目に小さい。なお、前報の3つの含水比での ρ_{d0} はいずれも間違いであり、本報のものが正しい。

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した。

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。 $w=11.8\%$ の最適含水比での貫入量 S は、最も小さい。これは、最適含水比での供試砂には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。一方、打撃エネルギーが小さいうちは、 $w=1.3\%$ の気乾状態の貫入量 S が最大である。

(2) **衝撃加速度波形** 図3に落下高さ H を 30cm と一定にして重錘質量 m を変化し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。

$w=1.3\%$ の気乾状態の衝撃継続時間 t_a は比較的長くなる。気乾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_a が長くなるので重錘衝撃加速度 a は小さくなる。さらに、気乾状態のみ重錘質量 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

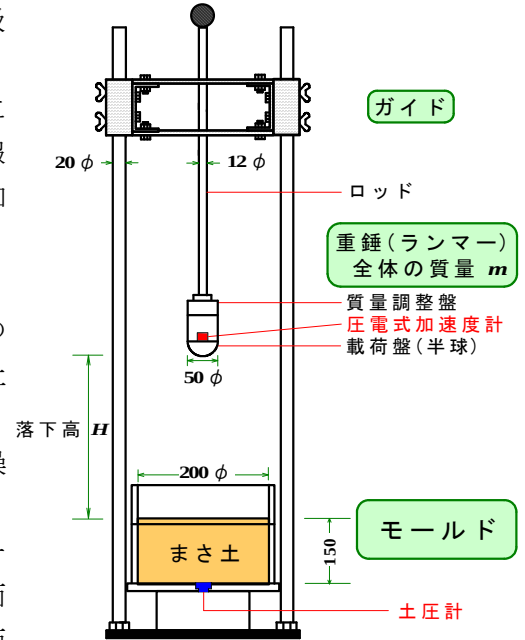


図1 重錘衝撃応答実験装置

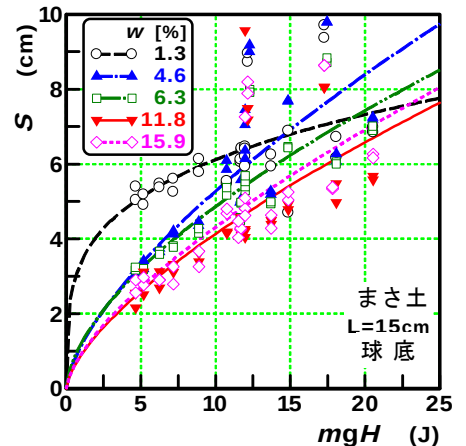


図2 重錘の貫入量 S と打撃エネルギー mgH の関係

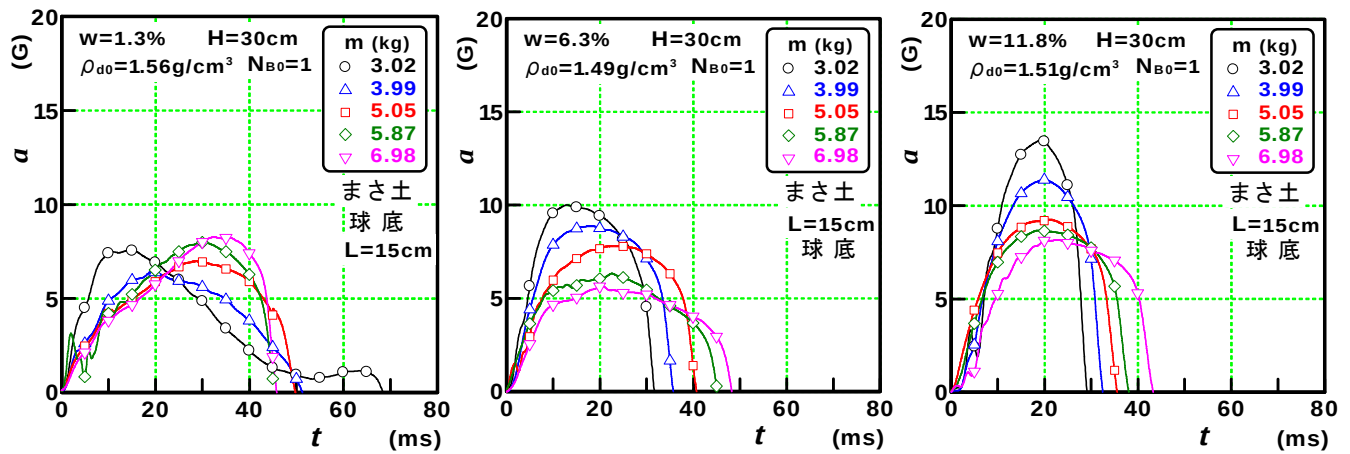


図3 重錘衝撃加速度 a の波形

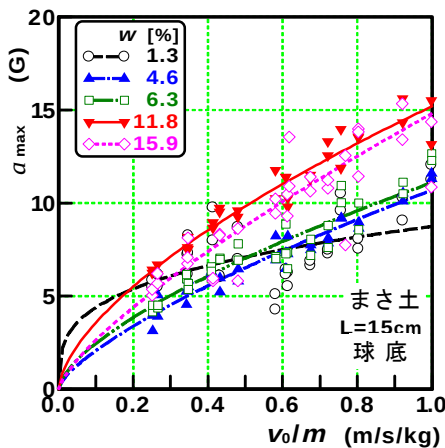


図4 重錘の最大加速度 $a_{\max}$ と v_0/m の関係

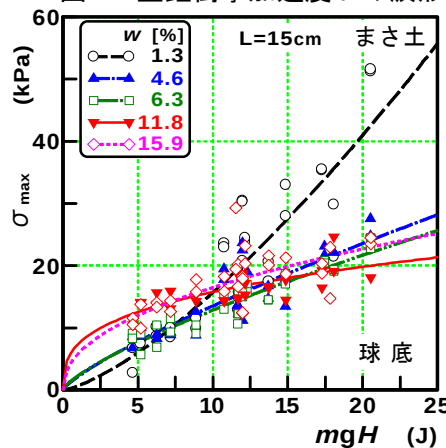


図5 最大底面土圧 $\sigma_{\max}$ と打撃エネルギー mgH の関係

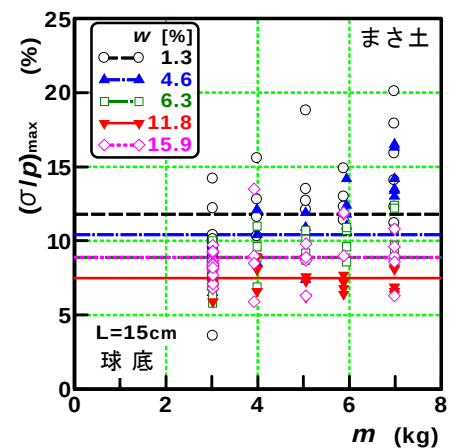


図6 衝撃圧力伝達率 $(\sigma/p)_{\max}$ と質量 m の関係

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 の増加とともに気乾状態の最大加速度 $a_{\max}$ の増加が鈍くなり、他の含水比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、気乾状態では衝撃継続時間 t_a が他の含水比より長いので、最大加速度 $a_{\max}$ が小さくなるためである。一方、貫入量 S が最小であることに対応し、最適含水比で最大加速度 $a_{\max}$ は最大となる。

(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より気乾状態の最大加速度 $a_{\max}$ 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の気乾状態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より気乾状態の貫入量 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、15 J 以上では最適含水比での $\sigma_{\max}$ が最小となる。

(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 $p_{\max}$ ($=m \cdot a_{\max}/A$, 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。気乾状態の伝達率は11.8 %と最高で、最適含水比の伝達率は7.5 %と最小である。これは、最適含水比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 $\sigma_{\max}$ が他の含水比よりも低く、衝撃圧力伝達率 $(\sigma/p)_{\max}$ も最も小さい最適含水比が緩衝砂として用いるのに最適であることがわかった。また、気乾状態だけが他の含水比と傾向が異なり、とくにモールド底面最大土圧 $\sigma_{\max}$ が打撃エネルギーの増加にともなって急増するので注意が必要である。

参考文献 1) 河原荘一郎, 山本 雄: 緩衝砂の含水状態の重錘落下の衝撃応答に及ぼす影響, 土木学会中国支部第60回研究発表会概要集, III-51, 2p, 2008.