

異なる含水比が敷砂緩衝材の衝撃緩衝性能に及ぼす影響

名古屋工業大学 学生会員 ○堀 耕輔
 名古屋工業大学 学生会員 田中 敬大
 名古屋工業大学 正会員 前田 健一
 名古屋工業大学 学生会員 内藤 直人

1. はじめに

落石の対策工であるロックシェッドの頂版上には落石が衝突した場合の構造物の損傷抑制を目的として高緩衝性能を有する敷砂などの土の緩衝材が設置される。

しかし、降雨を想定した含水比の変化に関する詳細な規定は落石対策便覧¹⁾には明記されていない。

よってあらゆる地盤条件を想定し敷砂緩衝材の緩衝性能を把握することが重要である。

そこで、本研究では異なる含水比が敷砂緩衝材の衝撃緩衝特性に及ぼす影響について考察を行う。

2. 実験概要

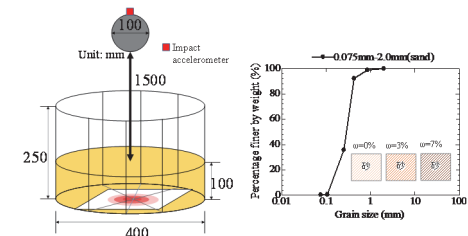
本研究では、図-1(a)の直径 400mm、高さ 250mm の円筒土層に図-1(b)の粒度分布の試料を用いて、砂の単一層を作成した。そして含水比 0%, 3%, 7%, 14% の 4 種類の緩衝層をそれぞれ設置した。なお緩衝層は層厚を 100mm とし、三層に分けて、相対密度が 50% となるように締固めた。

実験は落体を高さ 1500mm から緩衝層に鉛直自由落下させて実施している。落体には球体(直径 100mm、質量 4.0kg)を用いた。落体上部には衝撃加速度計を設置し、緩衝材底面には縦 300mm、横 300mm の感圧シート²⁾を設置することで、落体衝撃力と底面応力分布を測定した。さらに、高速度カメラを用いて落体貫入量を測定した。

3. 実験結果と考察

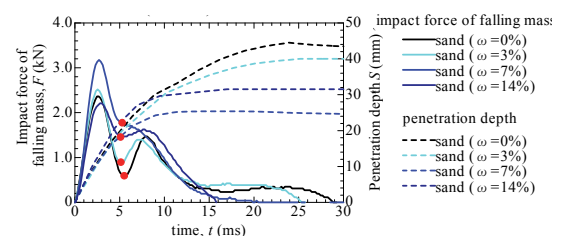
3. 1 落体衝撃力と落体貫入量の時刻歴波形

図-2(a)に含水比 0%, 3%, 7%, 14%の落体衝撃力と落体貫入量の時刻歴波形、図-2(b)に感圧シートから求めた 0%, 3%, 7%, 14%の底面応力分布を示す。なお図-2(b)の x 軸は落下中心からの半径である。落体衝撃力の最大値は大きい順に 7%, 3%, 0%, 14%となった。また、落体貫入量の最大値は大きい順に 0%, 3%, 14%,

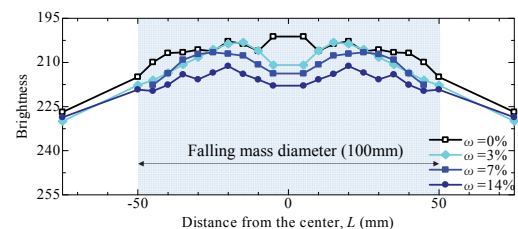


(a)実験装置概要 (b) 実験試料の粒度分布

図-1 実験概要



(a) 衝撃力と貫入量



(b) 底面応力分布

図-2 落体衝撃力、貫入量波形と底面応力分布

7%となった。このことから、含水比が上昇するに従って衝撃力の最大値が上昇し、含水比がある値に達したところで衝撃力の最大値がピークを迎え、それより含水比を増やして飽和状態に近づけると落体衝撃力は減少するものと考えられる。それに伴い貫入量もある含水比で最小値を迎え、その後増加すると考えられる。また、底面応力分布は 0%, 3%, 7%, 14%の順に大きくなった。これは含水比を上げるほど砂が動きにくくなり、底面に伝わる力が減少したのではないかと考える。

さらに、0%, 3%, 7%, 14%と含水比を上げるに従って 1 波目のピーク値から図-2(a)の赤い点で示す極値または変曲点までの落差が小さい。7%に至っては 2 波目が

ほぼ見られなかった。

3. 2 砂の移動

衝撃力波形について考察を深めるため、新たな実験を実施した。本実験では、図-3 ように緩衝材の中心から 60mm, 80mm, 100mm の位置にそれぞれ針を標点として埋め込み、落体衝突時この標点が動く様子を高速度カメラでとらえることにより、各位置での砂の挙動の解明を試みた。また、土層直径、落下高さ、層厚、相対密度はそれぞれ 2 章の実験条件と等しい。今回は含水比 0%と 7%において、この実験を実施した。

図-4 に、 $x=60, 80, 100\text{mm}$ における標点の軌跡を示す。各時間で進んだ距離がわかるように 5ms おきにプロットの色を変えている。これより、含水比 0%の方が砂がより遠くまで移動し、落下中心から離れた場所まで移動が及ぶことが明らかになった。よって同じ外力が作用したとき、含水比 0%の砂の方がより移動しやすいといえる。

図-5(a), (b)に含水比 0, 7%における落体衝撃力の時刻歴波形、 $x=60, 80, 100\text{mm}$ における針の合成速度 V_2 、落体貫入速度 V_1 、落体貫入速度 V_1 から $x=60\text{mm}$ の針の合成速度 V_2 を引いた相対速度 V' を示す。ただし針の合成速度 V_2 は、図-4 の各軸方向成分の速度を合成したものである。落体の貫入による砂の移動は 1 軸方向限定されないため今回は合成速度を用いた。図-5 中の A では、合成速度と衝撃力は共に上昇しているが、これは接触面積が急激に増加することが原因だと考えられる。図-5 中の B では、合成速度上昇時に衝撃力が減少し、図-5 中の C では、合成速度が減少する時に衝撃力が上昇する。ここで相対速度に着目すると、区間 B で相対速度は減少しており、区間 C で上昇している区間がある。これにより衝撃力波形も区間 B で減少し区間 C で上昇したと考えられる。また含水比 7%の時は、C の区間が見られなかった。これは 7%の時は相対速度が上昇する区間がなかったためと考えられる。そして図-5 中の D では、衝撃力も合成速度も共に減少する。これは図-5 中の相対速度が減少し続けていることが原因と考える。以上のことから砂の移動速度で落体衝撃力の時刻歴波形が定性的に説明できる可能性が示された。

4. まとめ

本研究では砂の緩衝層で含水比 0%, 3%, 7%, 14%において模型実験を実施した。また、砂の移動

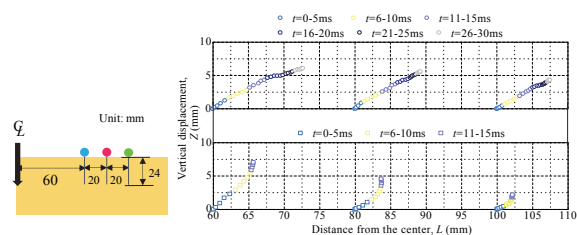
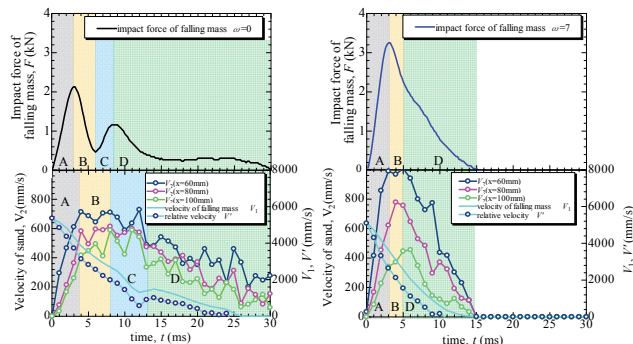


図-3 針の設置位置

図-4 標点の軌跡



(a) $\omega=0\%$

(b) $\omega=7\%$

図-5 各種時刻歴波形

挙動に着目した実験を行った。その結果、以下のことが分かった。

- 1) 落体貫入量は 0%, 3%, 14%, 7%の順に大きくなり、底面応力分布は 0%, 3%, 7%, 14%の順に大きくなった。よって最も貫入量が大きく応力が底面に伝わりやすい含水比 0%の状態が最も底面構造物にとって危険であり、湿潤状態は底面構造物にとって安全であると考えられる。
- 2) 砂の合成速度が上昇したとき、落体衝撃力が減少し、合成速度が減少したときに落体衝撃力が上昇する関係が見られた。これより砂の合成速度から衝撃力波形の形成メカニズムを解明できる可能性があることがわかった。

今後は含水比や相対密度を変え様々な組み合わせのもとで実験を行い、衝撃力波形の形成メカニズムを把握し、種々の地盤条件における緩衝性能の理解を進める。

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：落石対策便覧，2000。
- 2) 奥村勇太，前田健一，内藤直人，西弘明，山口悟，川瀬良司：落石衝突による敷砂緩衝材内の変形挙動，構造工学論文集 Vo61A，2015，03。