

粒径の異なる地盤材料を用いた落石緩衝材の衝撃力波形

名古屋工業大学 学生会員 ○松尾 和茂
 名古屋工業大学 学生会員 堀 耕輔
 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 田中 敬大

1. はじめに

落石対策工法として整備されているロックシェットの頂版上には落石衝撃力の緩衝材として地盤材料が用いられている．この緩衝材の緩衝メカニズムについての研究はこれまでもされてきたが，現象がとても複雑であるため未だ解明しきれていない．

そこで，本研究では緩衝メカニズムの理解を深めるため，地盤材料，相対密度，土層幅を変えた模型実験を行い，落体衝撃力に着目して考察した．

2. 実験概要

本実験では，図-1 に示す直径 100mm もしくは 400mm の土層に図-2 に示す粒度分布の砂，碎石を用いて緩衝層を作成した．また，地盤材料の相対密度は 15%，50%，80% の 3 種類で実験を行った．この緩衝層に高さ 1000mm もしくは 1500mm から直径 100mm，質量 4kg の球形落体を鉛直自由落下させ，加速度計により落体衝撃力，及び高速度カメラにより貫入量を計測した．実験実施ケースを表-1 に示す．

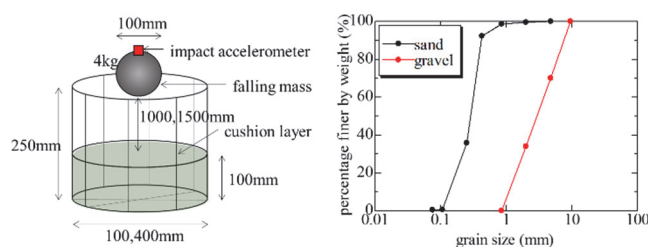


図-1 実験装置概要

図-2 試料の粒度分布

表-1 実験実施ケース

		Relative Density, D_r (%)		
		15	50	80
Soil layer Width, (mm)	100	sand or gravel		sand or gravel
	400	sand or gravel		sand or gravel

3. 実験結果と考察

3.1 落体貫入による地盤変形に着目した最大落体衝撃力に関する考察

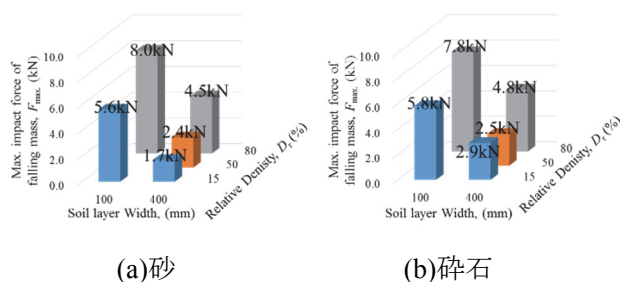
今回実施した全 10 ケースの最大落体衝撃力を図-3(a), (b)に示す．ただし，落下高さが 1000mm，1500mm とケースによって異なっているため，これらを統一的に評価するために落石対策便覧¹⁾に記載されている衝撃力推定式を用いて，落下高さ 1000mm のケースで得た最大落体衝撃力から落下高さ 1500mm の最大落体衝撃力を推定し記載した．

(1) 相対密度，土層幅が最大落体衝撃力に影響を及ぼす原因

砂，碎石ともに相対密度が大きくなるほど，土層幅が小さくなるほど最大落体衝撃力は大きくなる傾向がある．相対密度については，相対密度が大きいほど土粒子の移動が拘束されているため，落体の貫入が抑制され，最大落体衝撃力が大きくなるものと考えられる．また，土層幅についても同様に，土層幅が小さくなるほど土粒子の移動が拘束され，貫入が抑制されるものと考えられる．

(2) 地盤材料が最大落体衝撃力に影響を及ぼす原因

同じ相対密度，土層幅では碎石の方が砂よりも最大落体衝撃力が大きい傾向にある．また，相対密度が小さいほど，土層幅が大きいほど砂-碎石間で最大落体衝撃力の違いが大きい傾向にある．これは，内部摩擦角の差による影響であると考えられる．一般に砂の内部摩擦角は 25° 程度，碎石の内部摩擦角は



(a)砂

(b)碎石

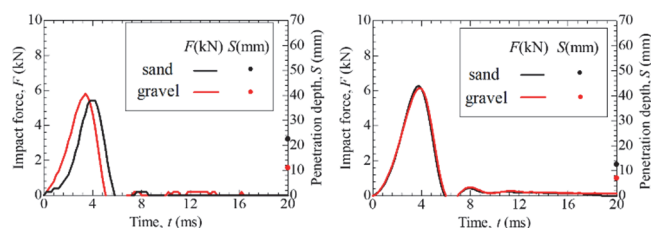
図-3 各ケースの最大落体衝撃力

35° 程度で碎石の方が大きい²⁾。そのため、材料変形に対する抵抗性は碎石の方が大きいため最大落体衝撃力は碎石の方が大きくなっていると考えられる。また、相対密度が小さいほど、土層幅が大きいほど土粒子の拘束が少なく、移動量が大きいため、内部摩擦角の違いによる最大落体衝撃力への影響が顕著に現れるものと考えられる。

3.2 衝撃力波形の 2 波目の発生メカニズムに関する考察

今回実施した全 10 ケースの落体衝撃力及び落体貫入量の時刻歴波形を図-4, 5 に示す。ただし、幅 100mm 土層のケースは貫入量を時刻歴で計測していないため最終貫入量のみをプロットで示した。

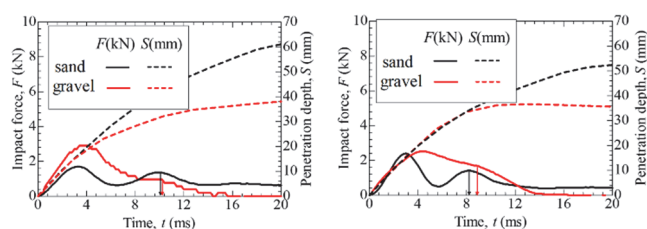
幅 100mm 土層では衝撃力の 2 波目は見られなかったが、幅 400mm 土層では、砂の場合相対密度に関わらず 2 波目が見られ、碎石の場合でもはっきりとした 2 波目は見られないが上に凸の部分が存在する。



(a) $D_r=15\%$

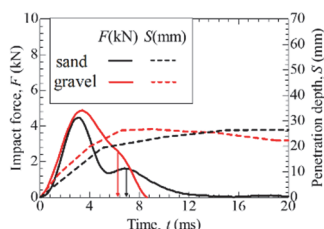
(b) $D_r=80\%$

図-4 各種時刻歴波形 (幅 100mm 土層)



(a) $D_r=15\%$

(b) $D_r=50\%$



(c) $D_r=80\%$

図-5 各種時刻歴波形 (幅 400mm 土層)

内藤らが行った既往の解析結果³⁾では、一定単調载荷条件下において、緩衝層幅と落体直径が等しくても緩衝材底面からの反射波の影響が落体衝撃力波形に現れている。一方、幅 100mm 土層のケースでは反射波の影響である落体衝撃力波形の 2 波目は確認できない。幅 100mm 土層のケースでは落体は緩衝層衝突時にすぐに停止し、反射波が落体に到達するときにはすでに貫入速度が 0 であると言える。これらのことから、落体衝撃力の 2 波目の有無は、反射波が落体に到達するときの貫入速度に依存すると考えられる。

また、砂、碎石ともに相対密度が大きくなるほど 2 波目の現れる時刻は短くなる。このことは、反射波が落体に到達する時間が長くなっていると考えられる。つまり、相対密度が大きくなるにつれ、緩衝層内部の応力伝播速度が増加するものと考えられる。

4. まとめ

本研究では、衝撃力波形形成メカニズムの解明に向けて、地盤材料、相対密度、土層幅を変えた模型実験を行った。得られた主な知見は以下の通りである。

- 1) 砂-碎石間における最大落体衝撃力の違いは、内部摩擦角の影響であると考えられる。
- 2) 相対密度、土層幅の違いにおける最大落体衝撃力の違いは、貫入のしやすさの影響によるものであると考えられる。
- 3) 衝撃力波形の 2 波目の有無は、底面からの反射波が落体に到達した時刻の貫入速度に依存すると考えられる。

今後は、衝撃力波形形成メカニズムの更なる理解を深めるため、土層内部の土粒子の移動を時刻歴で追跡する模型実験を行う予定である。

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：落石対策便覧，2000。
- 2) 道路公団：設計要領 第一集，1983。
- 3) 内藤直人ら：応力伝播速度に着目した敷砂緩衝材の载荷速度依存性に関する DEM 解析，応用力学論文集 Vol. 18, I_557-I_566, 2015。