

ソイルセメント厚を変化させた落石防護擁壁用緩衝システムの衝撃荷重載荷実験

室蘭工業大学大学院 学生会員 ○藤堂 俊介 (株) 構研エンジニアリング 正会員 牛渡 裕二
 室蘭工業大学大学院 正会員 栗橋 祐介 (株) 三菱樹脂販売 正会員 加藤 貴久
 釧路工業高等専門学校 フェロー 岸 徳光

1. はじめに

本研究では、発泡スチロール (EPS) ブロック、ジオグリッド、ソイルセメント層から構成される落石防護擁壁用緩衝システムにおいて、ソイルセメント厚と衝撃力分散効果や緩衝性能との関係を定量的に評価することを目的に、既往の実験結果¹⁾に加えて、ソイルセメント厚および衝突速度を変化させた場合の衝撃荷重載荷実験を実施した。

2. 実験概要

図1には、本実験で用いた実験装置および試験体の概要を示している。また、表1には、本実験に用いた試験体の一覧を示している。試験体は平面寸法 1,000×1,000 mm、高さ 250 mm の EPS ブロックの上に、厚さを 3 種類 (300, 400, 500 mm) に変化させたソイルセメントを打設し製作した。ジオグリッドは、ソイルセメントの下端から 50 mm の位置に設置している。なお、EPS ブロックの降伏応力は 0.2 MPa 程度であることを確認している。実験は、剛基礎上に設置した試験装置の中央に試験体を配置し、重錘質量 400 kg、先端部直径 $\phi = 200$ mm の鋼製重錘を所定の高さから試験体の中央に一度だけ落下させることにより行った。なお、本実験の測定項目は、重錘衝撃力、伝達衝撃力、伝達衝撃応力、および重錘貫入量である。

3. 実験結果

3.1 時刻歴応答波形

図2には、重錘衝撃力、伝達衝撃力、および重錘貫入量

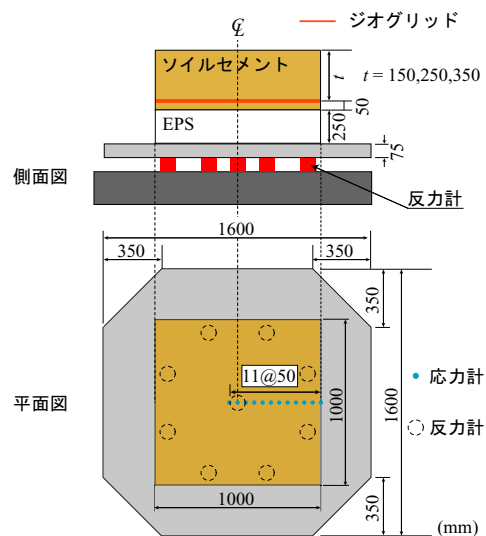


図1 実験装置および試験体の概要

に関する時刻歴応答波形を衝突速度 $V = 6.0$ m/s の場合について示している。

図2(a)より、重錘衝撃力波形は、重錘衝突初期に振幅が大きく継続時間の短い第1波を示した後、振幅が小さく継続時間が長い第2波を示していることが分かる。また、その最大振幅は、ソイルセメント厚の増加に伴って大きくなる傾向にある。

図2(b)より、伝達衝撃力はソイルセメント厚にかかわらず最大振幅を示す第1波とそれに後続する振幅の小さい第2波から構成されている。第1波の性状を見ると、ソイルセメント厚が大きい場合ほど振幅が大きく、かつ継続時間が長いことが分かる。

図2(c)より、S20の場合には重錘貫入量は重錘衝突時に第1波が励起し、その後は 15 mm 程度復元し一定値に収斂している。一方、ソイルセメント厚が大きい場合には重錘が大きくリバウンドしている状況が分かる。

3.2 破壊状況

写真1には、実験終了後におけるソイルセメント内部に形成された押抜きせん断コーンの状況を衝突速度 $V = 6.0$ m/s の場合について示している。写真より、押抜きせん断コーンの形成範囲は、ソイルセメント厚が大きいほど広がっていることが分かる。これより、ソイルセメント厚を大きくすることにより、衝撃力をより広い範囲に分散可能であることが分かる。

3.3 各種応答値と入力エネルギーとの関係

図3には、各種応答値と入力エネルギーとの関係を示し

表1 試験体一覧

試験体名	ソイルセメント厚 t (cm)	衝突速度 (m/s)	入力エネルギー E (kJ)	圧縮強度 (MPa)
S20-V4.0	20	4.0	3.2	1.1
S20-V5.0		5.0	5.0	
S20-V6.0		6.0	7.2	
S30-V6.0	30	6.0	7.2	0.8
S30-V7.0		7.0	9.8	
S30-V8.0		8.0	12.8	
S30-V9.0		9.0	16.2	
S40-V6.0	40	6.0	7.2	0.9
S40-V9.0		9.0	16.2	
S40-V10.0		10.0	20.0	
S40-V11.0		11.0	24.2	

キーワード：落石防護擁壁、緩衝システム、ソイルセメント厚、押抜きせん断角度

連絡先：〒050-8585 室蘭工業大学大学院 暮らし環境系領域 社会基盤ユニット TEL/FAX 0143-46-5228

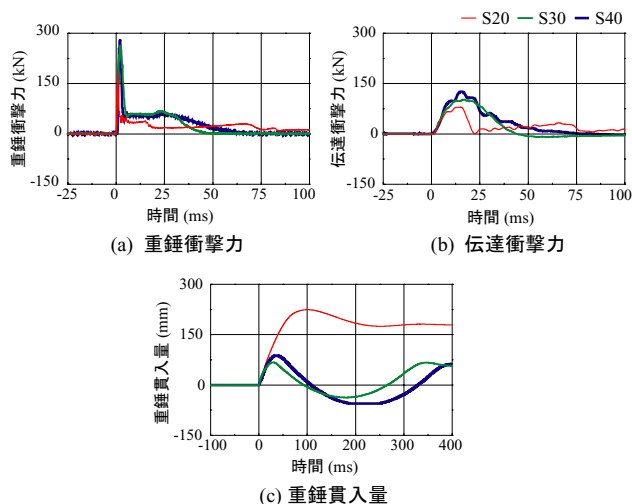


図2 各種時刻歴応答波形

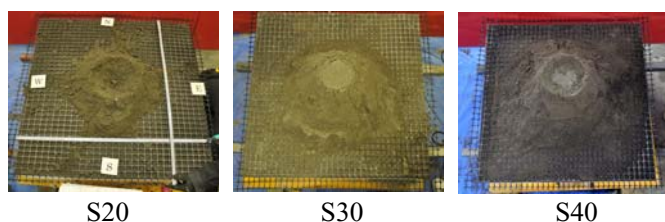


写真1 ソイルセメント内部に形成された押抜きせん断コーン

ている。また、図3(a)には振動便覧式²⁾による結果と比較して示している。

図3(a)より、重錘衝撃力および伝達衝撃力は、入力エネルギーの増加に伴って大きくなる傾向にあることが分かる。また、伝達衝撃力は重錘衝撃力の1/3～1/2であることから、三層構造の緩衝効果が効率的に発揮されていることが分かる。さらに、重錘衝撃力は、ソイルセメント厚にかかわらず振動便覧式を用いてラーメの定数 $\lambda = 3000 \sim 5000 \text{ kN/m}^2$ で概ね算定可能であることも分かる。

図3(b)より、载荷点直下の伝達衝撃応力は、ソイルセメント厚によらず概ね0.2 MPa程度となっているものの、S20およびS30試験体の場合には、最大入力エネルギー時において0.2 MPaを大幅に上回る値を示している。これは、EPSのひずみが50%以上の値に達していることを暗示している。一方、S40試験体の場合には、最大入力エネルギー時においても未だ応力は0.2 MPa程度である。

図3(c)には、最大入力エネルギーとソイルセメント厚の関係を示している。図より、ソイルセメント厚が大きいくほど最大入力エネルギーが指数関数的に増加することが分かる。なお、S40試験体の場合には、終局に至っていないためその最大入力エネルギーはさらに大きくなるものと推察される。

3.4 押抜きせん断コーンの形成範囲と押抜きせん断角度

図3(d)には、押抜きせん断コーン底面の直径から算出された押抜きせん断角度 θ とソイルセメント厚との関係

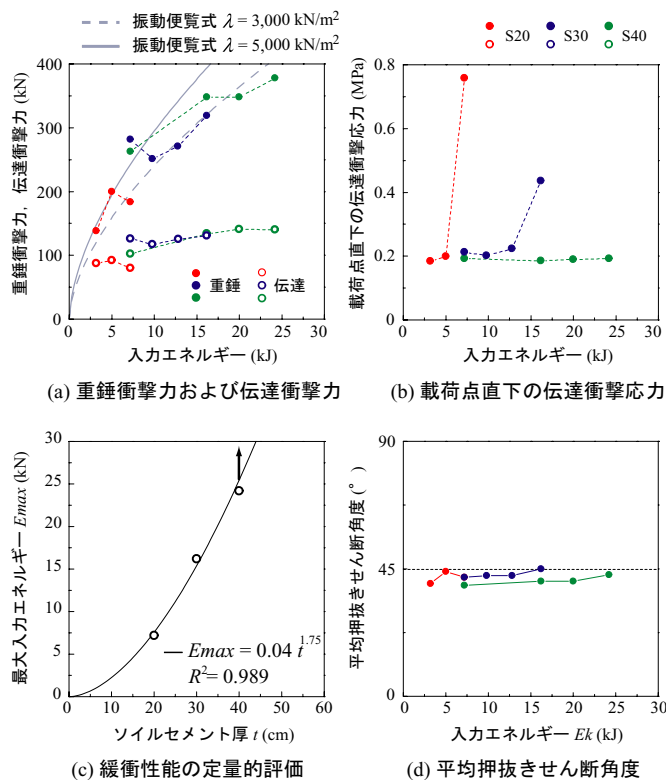


図3 各種応答値とソイルセメント厚との関係

を示している。なお、平均押抜きせん断角度 θ は、下式(1)のように求めた。

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{D-d}{2H}\right) \quad (1)$$

ここに、 H :ソイルセメントの有効高さ、 D :押抜きせん断コーンの形成範囲、 d :重錘直径である。

図より、コーン形成範囲より求めた平均押抜きせん断角度は、ソイルセメント厚および入力エネルギーによらずほぼ45°程度となることが分かる。

4. まとめ

- 1) 緩衝システムに作用する重錘衝撃力は、ソイルセメント厚によらず用いラーメの定数 $\lambda = 3,000 \sim 5,000 \text{ kN/m}^2$ とする振動便覧式により大略推定可能である。
- 2) 緩衝システムの最大入力エネルギーはソイルセメント厚の増加に伴い指数関数的に増加する。
- 3) 押抜きせん断角度はソイルセメント厚によらず概ね45°である。

参考文献

- 1) 菅原慶太, 岸 徳光, 牛渡裕二, 小室雅人, 栗橋祐介: 落石防護擁壁用三層緩衝構造の衝撃吸収性能に及ぼす表層材ソイルセメント厚の影響, 土木学会北海道支部論文報告集, A-34, CD-ROM, 2012.2
- 2) (社)日本道路協会: 落石対策便覧, 2006.6.