

ソイルセメントの強度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

(株) 構研エンジニアリング 正会員
(株) 構研エンジニアリング 正会員
釧路工業高等専門学校 フェロー

○ 菅原 慶太
鈴木 健太郎
岸 徳光

(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 小室 雅人

1. はじめに

本研究では、ソイルセメント、EPS ブロックおよびジオグリッドから構成される緩衝システムに用いるソイルセメントの適切な圧縮強度を探索することを目的として、セメント添加量(以降、セメント量)を3種類に変化させた緩衝システム模型に関する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、試験体一覧を示している。試験体は平面寸法 $1,000 \times 1,000$ mm、高さ 250 mm の EPS ブロックの上に、セメント量を3種類 (50, 100, 150 kg/m^3) に変化させた高さ 300 mm のソイルセメントを打設している。なお、ジオグリッドはソイルセメント下端から 50 mm の位置に配置している。EPS ブロックの降伏応力は 0.2 MPa 程度であり、ジオグリッドの一方方向当たりの保証耐力は 30 kN/m 程度である。実験は、試験体を実験装置上に設置し、重錘質量 400 kg、先端径 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ている。

3. 実験結果

3.1 破壊性状

写真1には、衝突速度 $V = 9.0$ m/s の実験終了後における

るソイルセメント内部の押抜きせん断コーンを示している。写真より、C50 試験体の場合には重錘衝突部が圧壊し、砂状化していることが分かる。これは、C50 試験体のソイルセメント強度が 0.2 MPa と EPS ブロックの降伏応力とほぼ同程度であることから、ソイルセメントの圧縮破壊が卓越したためと考えられる。これに対し、C100 試験体の場合は、圧壊、砂状化の程度が小さく、C150 試験体の場合にはこの傾向がさらに小さい。これは、C100, C150 試験体ではソイルセメントの圧縮強度が大きく、押抜きせん断破壊が卓越したためと考えられる。

3.2 時刻歴応答波形

図2には、各種応答値に関する時刻歴波形を、衝突速度 $V = 9.0$ 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、重錘衝突とともに急激に立ち上がり、その後振幅が小さく継続時間が長い波形が続いていることが分かる。また、セメント量が多いほど最大振幅が大きく、継続時間が短くなっている。図2(b)より、伝達衝撃力波形は継続時間が 20 ~ 40 ms 程度の正弦半波状の第1波と、振幅が小さく継続時間の長い第2波から構成されていることが分かる。また、セメント量が多いほど、第1波の振幅が大きく、第2波の継続時間が短くなる傾向にあ

表1 試験体一覧

試験体名	セメント量 (kg/m^3)	ソイルセメント圧縮強度 (MPa)	衝突速度 (m/s)	入力エネルギー (kJ)
C50-V6.0	50	0.2	6.0	7.2
C50-V8.0			8.0	12.8
C50-V9.0			9.0	16.2
C100-V6.0	100	0.8	6.0	7.2
C100-V8.0			8.0	12.8
C100-V9.0			9.0	16.2
C150-V6.0	150	2.1	6.0	7.2
C150-V8.0			8.0	12.8
C150-V9.0			9.0	16.2

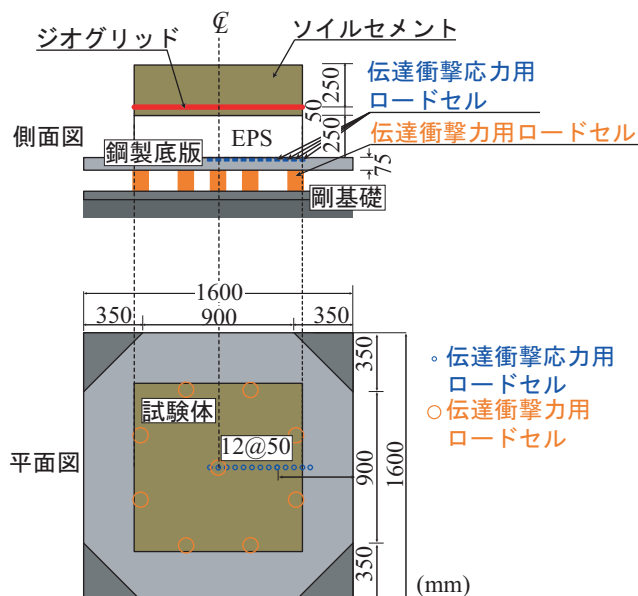


図1 実験装置および試験体の概要

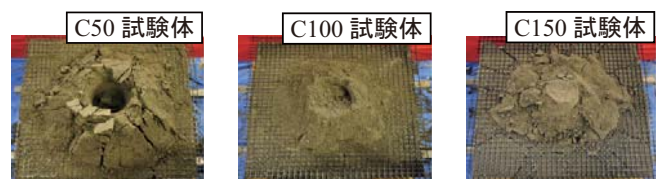


写真1 ソイルセメントの破壊性状 ($V = 9.0$ m/s)

キーワード：落石防護擁壁，緩衝システム，ソイルセメント，圧縮強度，EPS ブロック，ジオグリッド

連絡先：〒065-8510 (株) 構研エンジニアリング 防災施設部 TEL/FAX 011-780-2813/-785-1501

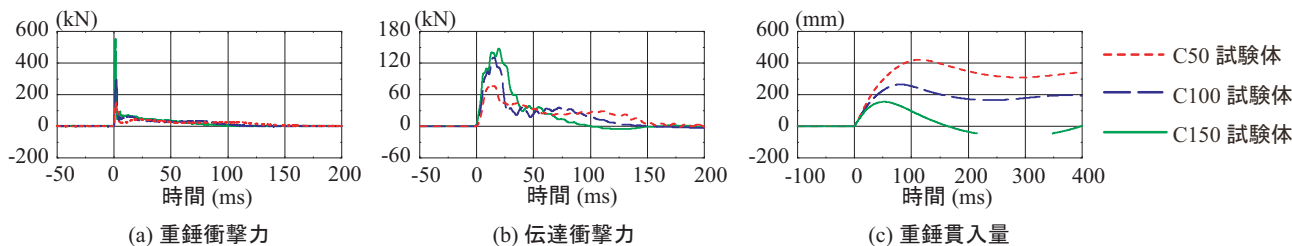
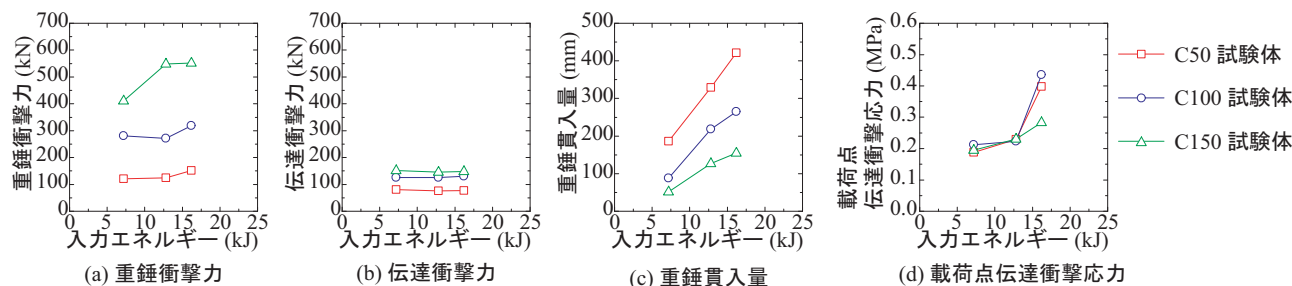
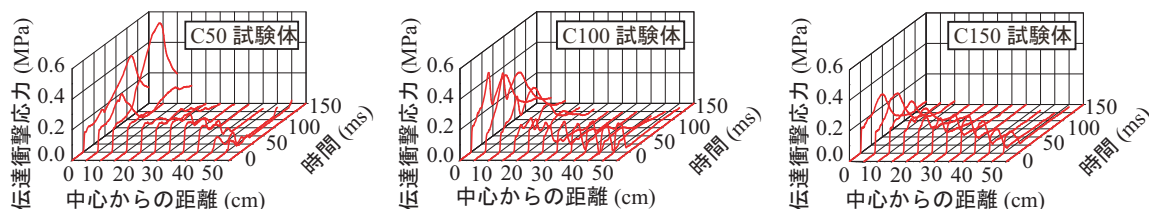
図2 時刻歴応答波形 ($V = 9.0 \text{ m/s}$)

図3 各種応答値と入力エネルギーの関係

図4 伝達衝撃応力分布 ($V = 9.0 \text{ m/s}$)

る．図2(c)の重錘貫入量波形は，重錘衝突とともに正弦半波状の第1波が励起している．また，セメント量が多いほど貫入量が小さくなる傾向を示していることが分かる．

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ている．図3(a)より，重錘衝撃力は入力エネルギーの増加に伴って増大する傾向を示していることが分かる．また，セメント量が多いほど大きな値を示している．これに対し，図3(b)の伝達衝撃力は，セメント量や入力エネルギーによらず，ほぼ 100 kN 程度となっている．

図3(c)より，同一入力エネルギー時における重錘貫入量は，セメント量が多い場合ほど小さくなる傾向にあることが分かる．図3(d)より，荷点伝達衝撃応力は入力エネルギー 13 kJ ($V = 8.0 \text{ m/s}$) 程度までは，セメント量によらず 0.2 MPa 程度となっていることが分かる．一方，入力エネルギー 16 kJ ($V = 9.0 \text{ m/s}$) 程度の場合には，いずれのセメント量においても荷点伝達衝撃応力が 0.2 MPa を上回っており，セメント量が多い場合ほどその値は小さくなる傾向にある．

3.4 伝達衝撃応力分布

図4には，衝突速度 $V = 9.0 \text{ m/s}$ 時における各試験体の伝達衝撃応力分布を示している．図には，横方向に試験体中心からの距離，奥行き方向に時間，縦方向に伝達衝

撃応力を取って3次元で示している．図より，いずれの試験体の場合も重錘衝突初期にはEPSブロック全域に渡り 0.2 MPa 程度の応力が発生していることが分かる．しかしながら，セメント量が少ない場合には時間の経過に伴って荷点近傍の伝達衝撃応力が増大する傾向にある．一方，セメント量が多い場合には局所的な伝達衝撃応力の増加はほとんど見られない．これは，セメント量が少ない場合には，重錘衝突部が圧壊して伝達衝撃応力が局所化する傾向にあることを示している．

以上のことから，セメント量が少ない場合には伝達衝撃応力が局所化する傾向にあることが明らかになった．特に，ソイルセメントの圧縮強度がEPSの降伏圧縮強度 (0.2 MPa 程度) よりも小さい場合には，伝達衝撃応力が局所化する傾向が強く現れることから，ソイルセメント強度は少なくとも 0.2 MPa 以上に設定する必要があるものと考えられる．

4. まとめ

- 1) ソイルセメントの圧縮強度が小さい場合には，伝達衝撃応力が局所化する傾向にある．
- 2) 特に，ソイルセメントの圧縮強度がEPSの降伏強度 (0.2 MPa 程度) よりも小さい場合には，伝達衝撃応力が局所化する傾向が強く現れることから，ソイルセメント強度は 0.2 MPa 以上に設定する必要がある．