

ソイルセメントの耐衝撃挙動に関する実験的検討

(株) 構研エンジニアリング 正会員 ○ 保木 和弘 室蘭工業大学大学院 正会員 小室 雅人
(株) 構研エンジニアリング 正会員 牛渡 裕二 釧路工業高等専門学校 フェロー 岸 徳光
(株) 構研エンジニアリング 正会員 高橋 浩司

1. はじめに

本論文では、落石防護擁壁用の三層緩衝構造(ソイルセメント+ジオグリッド+EPS ブロック)の構成材料であるソイルセメントの緩衝性能に関する基礎資料を得ることを目的として、ソイルセメントの厚さや衝突速度を変化させた衝撃荷重実験を実施した。

2. 実験概要

表1には実験ケースの一覧、図1には実験装置の概要を示している。実験に用いたソイルセメント試験体は、土粒子密度 2.79 g/cm^3 の砂を使用し、最適含水比とした段階で早強ポルトランドセメントを加えて攪拌した後、 $1\text{ m}\times 1\text{ m}$ の型枠に 5 cm 厚程度毎に足踏みおよび突き固めにより締固めて作製した。なお、ソイルセメントの一軸圧縮強度は $0.83\sim 1.11\text{ MPa}$ であった。

衝撃载荷実験は、所定の厚さに成形したソイルセメントに対して、鋼製重錘を所定の高さから試験体中央部に落下させることにより行った。なお、本実験における測定項目は、重錘先端に組み込まれているロードセルによる重錘衝撃力、鋼製底盤に面一で設置されているロードセルによる伝達衝撃応力、9個の反力計の合計値である伝達衝撃力、レーザー式変位計による重錘貫入量である。

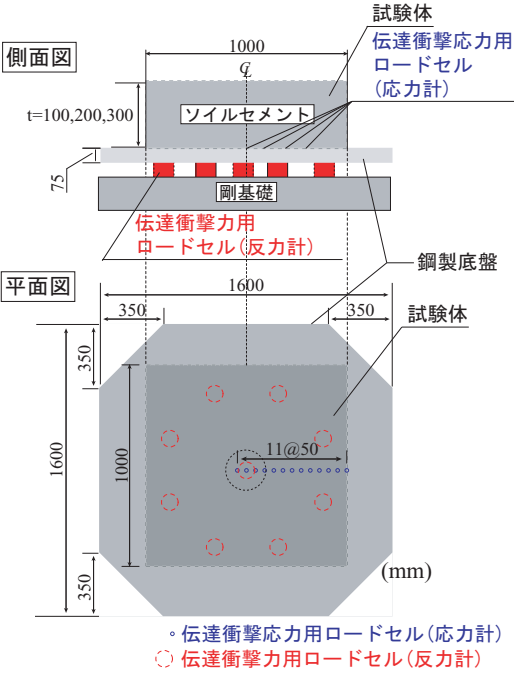


図1 実験装置概要

3. 実験結果

3.1 破壊性状

写真1には、S20-V2.55を例に、実験終了後における破壊性状を示している。写真より、実験終了後におけるソイルセメントは、試験体中央部において大きく陥没し、押抜きせん断破壊により終局に至っていることが分かる。また、放射状にひび割れが発生し、全ての方向において端部まで達している。さらに、衝突位置直下ではコーン状の破壊面が形成されていることから、緩衝効果は主にコーン形成時のひび割れやコーンの圧縮変形により発揮されたものと推察される。なお、せん断コーンの底面範囲から推定される角度を応力分散角と定義すると、実験では応力分散角が $20\sim 45^\circ$ 程度であることを別途確認している。

3.2 時刻歴応答波形

図2には、衝撃速度 $V=1.58, 4.00\text{ m/s}$ における(a)重錘衝撃力、(b)伝達衝撃力、(c)载荷点直下伝達衝撃応力、(d)重錘貫入量の波形を示している。

(a)および(b)図より、重錘および伝達衝撃力波形は、継続時間が 10 ms 程度の第一波のみで構成されていることが分かる。ただし、伝達衝撃力波形の場合には第一波が励起した後、高周波成分が 50 ms 程度続いている。また、重錘衝撃力および伝達衝撃力の応答は、衝突速度の増加に対応して増大する傾向にある。

(c)図より、载荷点直下の伝達衝撃応力は、波動継続時間が 10 ms 程度の1波のみで構成されていることが分かる。

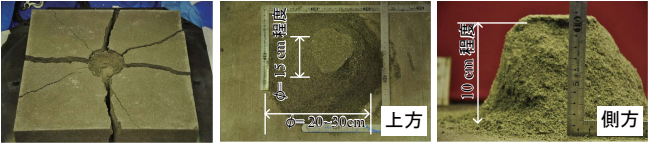


写真1 実験終了時の破壊状況 (S20-V2.55)

表1 試験体一覧

試験体名	ソイルセメント厚さ $t\text{ (cm)}$	衝突速度 $v\text{ (m/s)}$	入力エネルギー $E\text{ (kJ)}$
S10-V v	10	0.71~1.58	0.10~0.50
S20-V v	20	1.58~2.55	0.50~1.30
S30-V v	30	3.00~4.00	1.80~3.20

キーワード：ソイルセメント、衝撃荷重実験、応力分散
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

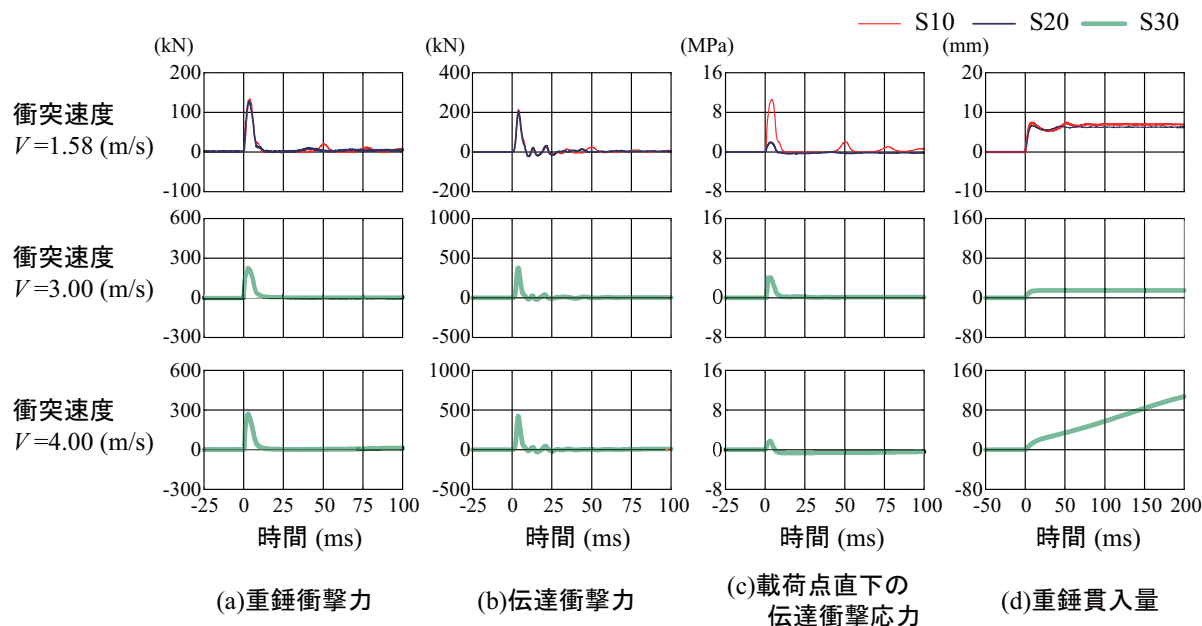


図2 各種応答波形

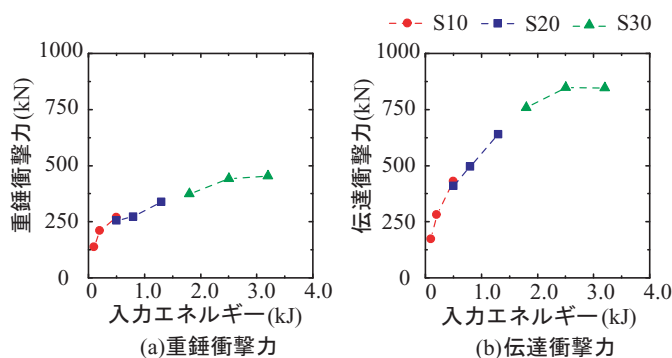


図3 各種応答値と入力エネルギーの関係

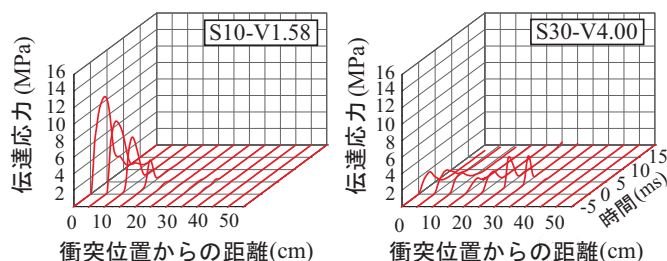


図4 伝達衝撃応力分布

最大応答値に着目すると、衝突速度との相関が見られない。これは、衝突初期段階においてソイルセメントにひび割れが生じ、応力分布に偏りが生じたためと推察される。

(d) 図には、重錘貫入量に関する応答波形を示している。衝突速度の小さい $V = 1.58 \text{ m/s}$ では最大応答値に達した後、変位が若干復元する傾向を示し、最大応答値に収束する。一方、衝突速度が大きくなると、重錘貫入量が急激に増加した後、増加傾向を示すことが分かった。これは衝突速度が小さい場合には、衝突直後にソイルセメントにある程度の剛性が残っていたために、リバウンドが生じるのに対して、衝突速度が大きい場合には、入力エネルギーが大ききことにより塑性化が進行し、重錘が貫入

して残留、もしくはさらに貫入するためと推察される。

3.3 各種応答値と入力エネルギーの関係

図3には、入力エネルギーと各種応答値の関係を示している。(a) 図より、最大重錘衝撃力は入力エネルギーの増加に伴って増大し、かつソイルセメントが厚いほど、大きくなる傾向にあることが分かる。

(b) 図より、最大伝達衝撃力は重錘衝撃力と同様な分布性状を示し、最大重錘衝撃力の約2倍となっていることが分かる。このような傾向は、敷砂緩衝材の場合と同様である。また、入力エネルギーが大きくなると重錘衝撃力および伝達衝撃力の増加割合は小さくなる傾向にある。これは、衝突面の局部破壊や押抜きせん断コーンの破壊が顕在化することによるものであると推察される。

3.4 伝達衝撃応力分布

図4には、底盤に設置された応力計で計測された伝達衝撃応力分布を時系列で示している。図より、敷砂厚 $t = 10 \text{ cm}$ の場合には、衝突位置直下で最大値を示し、衝突位置からの距離に対応して応力が減少し、20 cm の位置でほぼ零レベルとなる。一方、敷砂厚 $t = 30 \text{ cm}$ の場合では、衝突位置から 30 cm 以上においても応力が伝達されており、応力分散領域が増大していることが分かる。これは、ソイルセメント試験体の剛性が相対的に大きいことより応力の分散領域が拡大するためと考えられる。

4. まとめ

- 1) ソイルセメントの厚さが大きいほど、応力分散領域が拡大する傾向にある。
- 2) 伝達衝撃力は重錘衝撃力よりも約2倍大きくなる傾向を示す。
- 3) 破壊性状は押し抜きせん断破壊型となる。