

ソイルセメントを用いた落石防護擁壁用緩衝システムの性能規定に向けた実験的検討

(株) 構研エンジニアリング 正会員 ○菅原 慶太
 (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
 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、ソイルセメントを用いた落石防護擁壁用緩衝システムの限界状態を把握することを目的として、緩衝システムの変形が過大となる場合における重錘落下衝撃実験を行い、その緩衝性能や耐衝撃挙動について検討した。

2. 実験概要

表1には本実験に用いた試験体の一覧を示しており、図1には実験装置および試験体の概要を示している。試験体は、平面寸法 1,000 × 1,000 mm、厚さ 250 mm の EPS ブロックの上に、同平面寸法で厚さ 200 mm のソイルセメントを設置し製作している。なお、ジオグリッドはソイルセメント下面から高さ 50 mm の位置に埋設している。実験は、質量 400 kg、先端部直径 200 mm の鋼製重錘を所定の高さにセットした後、試験体中央部に一度だけ自由落下させる単一衝撃荷重载荷により行った。

3. 実験結果

3.1 時刻歴応答波形

図2には (a) 重錘衝撃力、(b) 伝達衝撃力および (c) 重錘貫入量に関する時刻歴応答波形を衝突速度 $V = 4, 6$ および 9 m/s の場合について示している。

図2 (a) より、重錘衝撃力は、いずれも振幅が大きく継続時間の短い第1波と、振幅が小さく継続時間が長い第2波で構成されていることが分かる。第1波は、速度の増加に伴い最大振幅が大きくなる傾向にある。

図2 (b) より、伝達衝撃力は、継続時間が 20 ms 程度の正弦半波状の第1波と、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。第1ピーク値およびその発生時刻は衝突速度によらずほぼ同程度であるものの、第2波目の

性状は衝突速度によって大きく異なっており、衝突速度の増加に伴い継続時間が増加する傾向にある。

図2 (c) より、重錘貫入量は、重錘衝突直後に第1波が励起し、その後、リバウンド状態を呈している。また、最大貫入量は衝突速度の増加に対応して増大する傾向にあることが分かる。

3.2 各種応答値と衝突速度の関係

図3には、各試験体の (a) 重錘衝撃力および伝達衝撃力、(b) 重錘貫入量と衝突速度との関係を示している。また、(a) 図には第1波および第2波のピーク値、(b) 図には最大値および残留値を併せて示している。

図3 (a) より、重錘衝撃力の第1ピーク値は、衝突速度の増加に伴って概ね増大する傾向を示していることが分かる。また、伝達衝撃力の第1ピーク値は、衝突速度にかかわらず、概ね重錘衝撃力の $1/2 \sim 1/3$ 程度となっていることが分かる。このことから、衝突速度 $V = 9 \text{ m/s}$ までは緩衝性能が十分に発揮されていることが明らかとなった。なお、第2ピーク値は重錘衝撃力、伝達衝撃力共に、 $V = 7 \text{ m/s}$ 以降から増大する傾向を示している。これは後述の応力-ひずみ関係に示されているように、EPS ブロックのひずみが過大となり、その応力が急増したことによるものと考えられる。

図3 (b) より、重錘貫入量は、衝突速度の増加に対応し

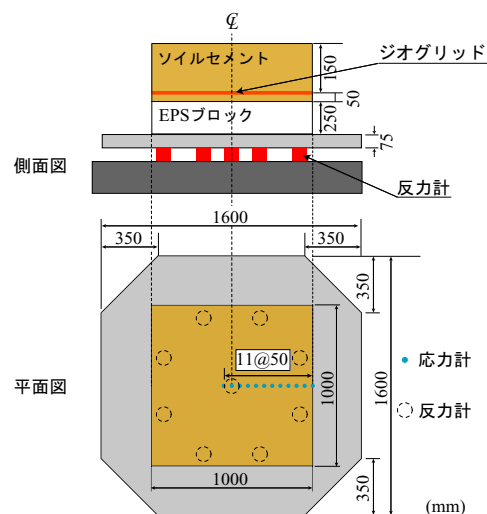


図1 実験装置概要図

表1 実験ケース一覧

衝突速度 $V \text{ (m/s)}$	入力 エネルギー $E \text{ (kJ)}$	圧縮強度 $f'_c \text{ (MPa)}$
4	3.2	1.1
5	5.0	
6	7.2	
7	9.8	1.3
8	12.8	
9	16.2	

キーワード：ソイルセメント、緩衝システム、性能規定、限界状態

連絡先：〒065-8510 株式会社構研エンジニアリング 防災施設部 TEL/FAX 011-780-2813

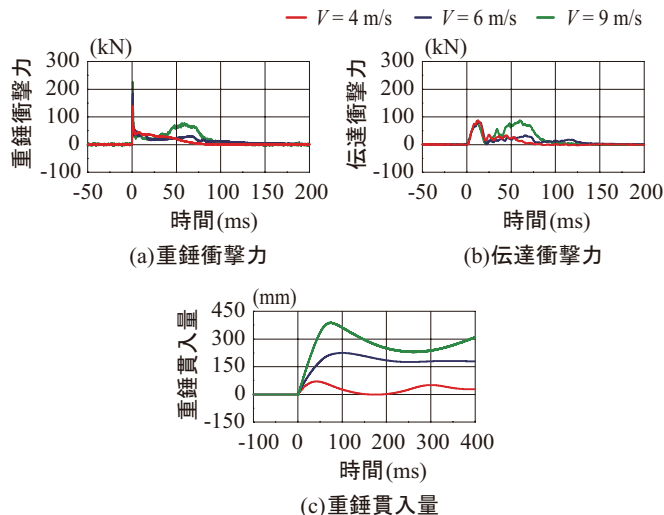


図2 各種時刻歴応答波形

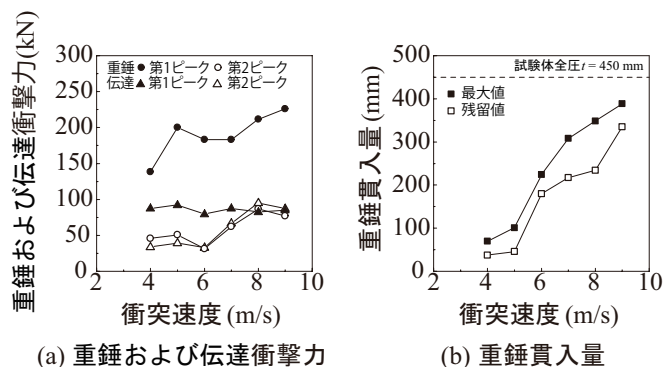


図3 各応答値と衝突速度の関係

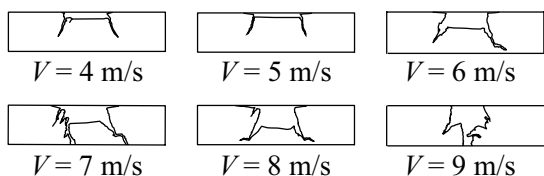


図4 EPSブロック(中央部切断面)の破壊性状

て増大しており、 $V=6$ m/s 以降からは最大値および残留値ともに急増していることが分かる。また、 $V=9$ m/s における最大貫入量は緩衝システム全厚の 90 % 程度に達している。

3.3 EPS ブロックの破壊性状

図4には、全実験ケースにおける EPS ブロックの中央部切断面の破壊性状を示している。図より、いずれの試験体においても、荷重点付近が陥没し、EPS ブロックの陥没部両端部から押抜きせん断ひび割れが生じていることが分かる。ただし、 $V=4, 5$ m/s の場合は EPS ブロックの損傷が軽微であることが分かる。一方、 $V=6 \sim 9$ m/s においては、EPS ブロック底面までひび割れが貫通しており、 $V=9$ m/s では荷重点直下の EPS ブロックが裂断して壊滅

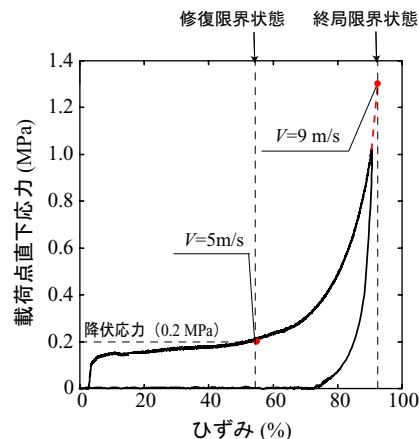


図5 EPS ブロックの応力-ひずみ関係

的な損傷に至っていることが分かる。前述のように $V=9$ m/s の場合には、伝達衝撃力の第2ピーク値が大きく、かつ、重錘が緩衝システムの 90 % 程度まで貫入していることから、ほぼ緩衝性能の限界に到達しているものと推察される。

3.4 限界状態の規定

上記の検討結果により、緩衝システムの限界状態は EPS ブロックの破壊状況によって規定できるものと考えられる。ここでは、EPS ブロックの応力-ひずみ関係 (図5) を用いて、EPS ブロックのひずみ値による緩衝システムの限界状態の規定を試みる。なお、図5には衝撃実験結果に基づく EPS ブロックの発生応力値もあわせて示している。

図5より、 $V=5$ m/s 未満においては EPS ブロックの発生応力がその降伏応力 (0.2 MPa) 以下であることが分かる。従って、EPS ブロックの損傷も軽微であることから、実務においてはソイルセメントの打換えのみで修復可能であるものと考えられる。一方、 $V=6 \sim 9$ m/s においては、発生応力が、EPS ブロックの降伏応力を超過し、かつ EPS ブロックの損傷も著しいことより、緩衝性能の回復のためには損傷部の緩衝システムを全て入れ替える必要がある。これらのことから、本緩衝システムの限界状態は図5に示すように EPS ブロックのひずみ値 ε を用いて、 $\varepsilon=55$ % が修復限界状態、 $\varepsilon=90$ % が終局限界状態と規定できるものと考えられる。

4. まとめ

- 1) 提案の緩衝システムの限界状態は、EPS ブロックのひずみレベルに応じて修復限界状態と終局限界状態に分類できる。
- 2) 修復限界状態に至る EPS ブロックのひずみは $\varepsilon=55$ % であり、緩衝システムの修復はソイルセメントの打換えで対応できる。
- 3) 終局限界状態に至る EPS ブロックのひずみは $\varepsilon=90$ % であり、当初の緩衝性能を回復するためには緩衝システムを全て入れ替える必要がある。