

力学特性の異なる発泡材を用いた三層緩衝構造の重錘落下実験

室蘭工業大学大学院
(株) JSP

正会員 ○栗橋 祐介
非会員 小暮 直親

(株) JSP 非会員 佐藤 臣司
(株) JSP 非会員 新田 真一

1. はじめに

本研究では、発泡材の力学特性が三層緩衝構造の緩衝性能に与える影響の検討を目的に、実規模の 1/4 ～ 1/2 程度の三層緩衝構造モデルを落石対策便覧に準拠して別途設計し、発泡材の種類および衝突速度を変化させた重錘落下衝撃実験を実施した。

2. 実験概要

2.1 試験体概要

試験体は、平面寸法 1,000 mm × 1,000 mm、高さ 250 mm の EPS ブロックの上に、厚さ 75 mm の RC 版を設置し、さらにその上に厚さ 50 mm の砂を設置している。

試験体の設計は落石対策便覧に準拠して質量 400 kg 落下高さ 1.83 m (衝突速度 6 m/s 相当)の衝撃的外力に対して別途行っており、発泡材には、落石覆工の緩衝材として高い実績のあるポリスチレン発泡体(ST)を使用している。

表 1 には、試験体一覧を示している。本実験は、4 種の発泡材に対し衝突速度を 4 ～ 9 m/s の間で変化させた全 15 ケースである。また、図 1 には、各種発泡材の材料試験結果を示している。

図 2 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。実験は、剛基礎上に設置された測定装置の中央に試験体を配置し、衝撃荷重を試験体中央部に载荷させる形で行った。本実験の測定項目は、重錘衝撃力、伝達衝撃力、伝達衝撃応力分布、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 3 には、重錘衝撃力、伝達衝撃力、载荷点直下の伝達衝撃応力および重錘貫入量に関する時刻歴応答波形を衝突速度 $V = 5 \sim 8$ m/s の場合について示している。

図 3(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、衝突速度の増加に伴い波形の振幅が大きくなる傾向にある。波形の継続時

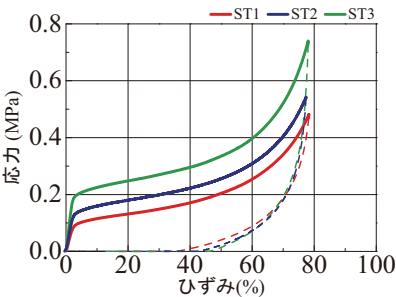


図 1 発泡材の材料試験結果

表 1 試験体一覧

試験体名	材質	単位体積重量 (kN/m ³)	発泡倍率 (倍)	衝突速度 (m/s)
ST1	ポリスチレン	0.16	33	5 ～ 8
ST2		0.20	50	4 ～ 9
ST3		0.30	60	5 ～ 9

間は発泡材密度が小さいほど長くなる傾向にある。

図 3(b) より、伝達衝撃力波形はいずれも継続時間が 30 ～ 50 ms であるが、衝突速度の増加に伴って第 2 ピークが出現する傾向にある。特に発泡材の密度が高い ST3 の場合に顕著である。これは、重錘が RC 版に衝突した後、RC 版の押し抜けにより重錘が一度 RC 版から離れ、再度衝突したことによるものと考えられる。

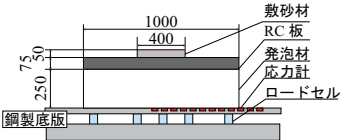
なお、ST1 の場合には第 2 ピークが見られない。これは、重錘が RC 版の押し抜け後も RC 版から離れることなく貫入し続けたためと考えられる。

図 3(c) の载荷点直下の伝達応力波形は、伝達衝撃力と類似の波形形状を示しており、第 2 ピークの出現傾向もほぼ同様であることが分かる。また、振幅は発泡材の密度が大きい場合ほど大きく、特に ST3 試験体の場合において顕著である。

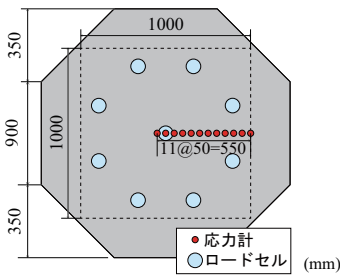
図 3(d) の重錘貫入量波形は、いずれの試験体もほぼ同様の勾配で増加している。また、発泡材の密度が小さい場合ほど振幅が大きくなる傾向にあり、これは衝突速度の増加に伴い顕著になることがわかる。

3.2 設計上の入力エネルギーとの比較

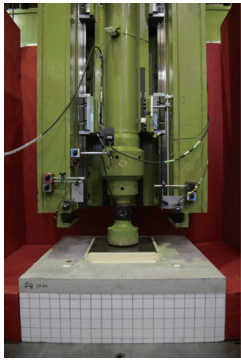
本研究で用いた試験体は発泡材を ST2、衝突速度を



(a) 側面図



(b) 平面図



(c) 実験状況

図 2 実験装置および試験体概要

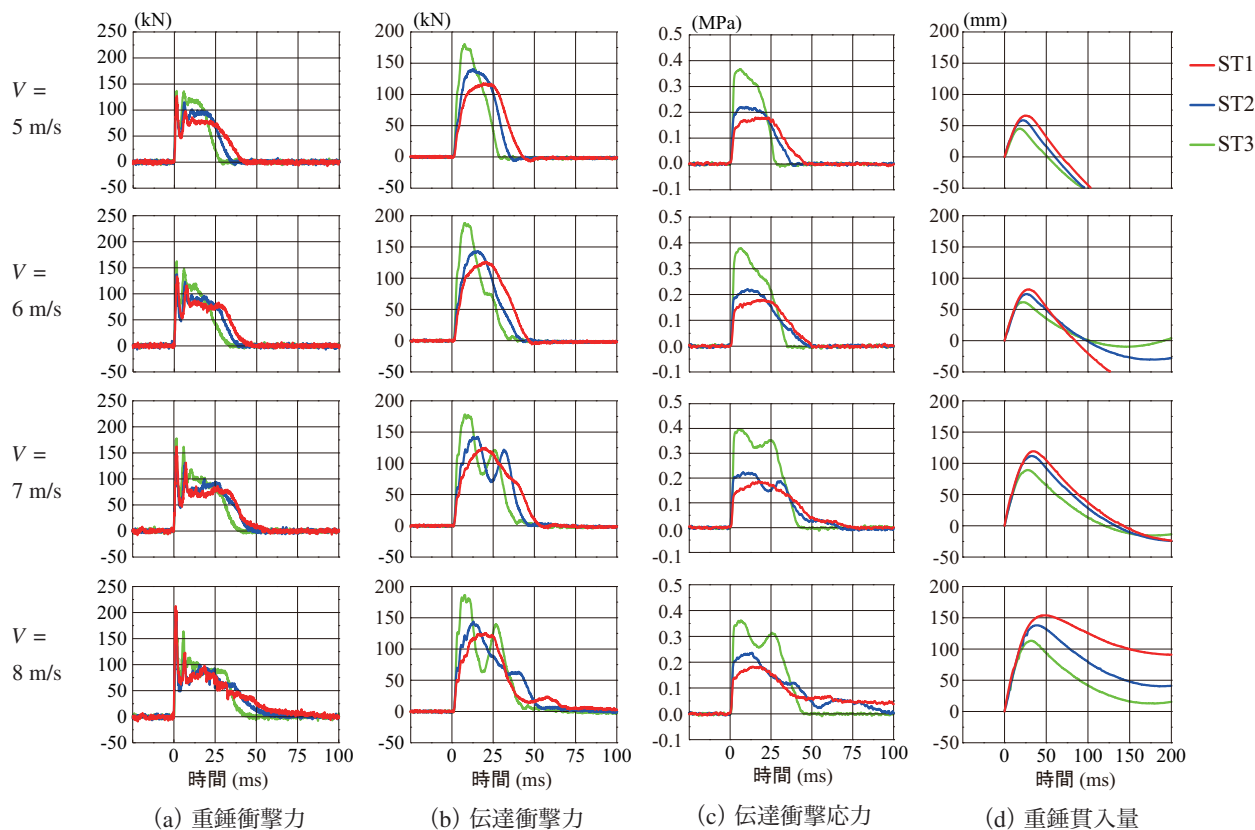


図3 時刻歴応答波形

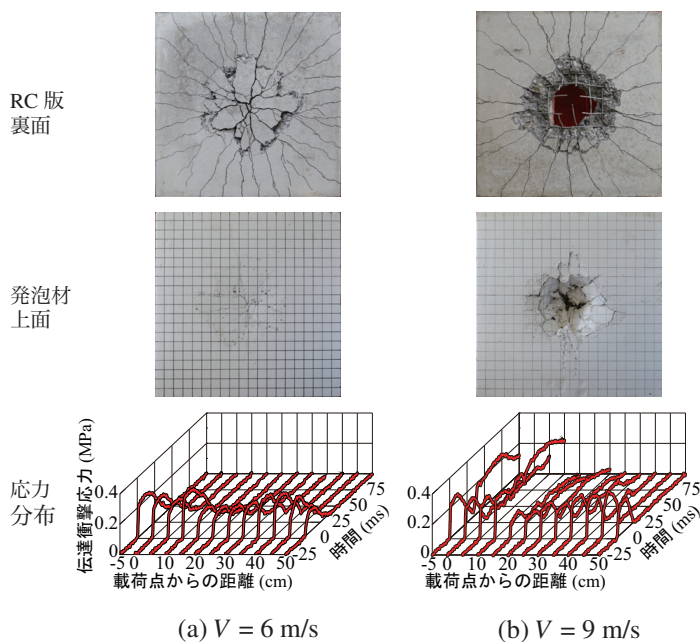


図4 破壊性状および伝達衝撃応力分布

$V = 6 \text{ m/s}$ とする条件で設計している。

図4にはST2試験体の内、設計条件の衝突速度 $V = 6 \text{ m/s}$ の試験体と、今回実施した最大の衝突速度である $V = 9 \text{ m/s}$ の試験体について破壊性状および横方向に荷点からの距離、奥行方向に時間、縦方向に伝達衝撃応力を取って3次元で表した伝達衝撃応力分布を示している。

図4より、RC版は $V = 6 \text{ m/s}$ にて押抜きせん断ひび割れが形成されているが、 $V = 9 \text{ m/s}$ においては完全に押抜きせん断コーンが形成され、さらに鉄筋が破断している

ことが分かる。また、発泡材上面は衝突速度 6 m/s において大きな残留変位が見られないのに対し、衝突速度 9 m/s においては発泡材が大きく損傷しており、残留変位が増大していることが分かる。

図4より伝達衝撃応力分布は、 $V = 6 \text{ m/s}$ において伝達応力が概ね広く分布していることが分かる。それに対し $V = 9 \text{ m/s}$ においては、伝達応力波形の立ち上がり時は概ね広く分布しているものの、その後試験体中央部に応力が集中していることが分かる。しかしながら、その応力の値は 0.2 MPa 前後であり、発泡材が大きく損傷する状況であっても試験体の緩衝効果が十分に発揮されているものと思われる。

このように、本実験では衝突速度 $V = 9 \text{ m/s}$ においても十分に緩衝効果を発揮していることから、落石対策便覧に基づいて設計した本試験体は入力エネルギーの観点からは2.25倍の安全余裕度を有していると考えられる。

4. まとめ

- 1) 発泡材の密度が小さい場合には伝達衝撃力が小さくなる一方で貫入量が大きくなる。
- 2) 発泡材の密度が大きい場合には伝達衝撃力が大きくなる一方で貫入量が小さくなる。
- 3) 重錘が著しく貫入する場合においても、発泡材の緩衝効果は有効に作用する。
- 4) 設計上の積層緩衝材の緩衝性能に対する限界の緩衝性能は、入力エネルギーの観点からは2.25倍程度である。