

各種発泡体の緩衝挙動評価に関する衝撃载荷実験

室蘭工業大学大学院
(株) JSP
室蘭工業大学大学院

正会員 ○栗橋 祐介
非会員 新田 真一
学生会員 戸上 卓也

(株) JSP
室蘭工業大学大学院

非会員 小暮 直親
正会員 小室 雅人

1. はじめに

本研究では、圧縮強度特性の異なる各種発泡材料の緩衝効果を検討することを目的に、発泡材料の種類および落下高さを変化させ、重錘落下衝撃実験を行った。また、伝達衝撃応力を分散するための表層材を積層する場合についても実験を行い、緩衝性能に及ぼす発泡材料の圧縮強度特性の影響について比較検討した。

2. 実験概要

表1には、発泡材料の主成分と発泡倍率を一覧に示している。表2には、試験体の一覧を示している。試験体数は、表層材の有無、発泡材の種類、設定重錘落下高さをそれぞれ変化した全22ケースである。表2において試験体名の第一項は表層材の有無(N: なし, C: あり)、第二項は発泡材料の種類(表1参照)を表している。図1には、各種発泡材料の圧縮応力-ひずみ関係を示している。

図2(a), (b)には、試験体と伝達衝撃応力測定の概要を示している。試験体は、平面寸法240 mm 四方、厚さ50 mmとし、表層材は厚さ12.5 mmの石膏ボード(JIS A 6901 適品)を発泡体の上に設置した。図2(c)に示しているように、実験は質量20 kg、先端直径60 mmの鋼製重錘を所定の高さから発泡体の中央部に自由落下させる形で行った。

実験では、発泡体の最大貫入ひずみが75%を超過した時点を終局状態と定義した。なお、表2より、ESTを用いる場合が最も緩衝性能に優れることや、発泡材料によらず表層材を設置することで緩衝性能が向上することが分かる。本実験における測定項目は、重錘衝撃力、重錘貫入量および伝達衝撃応力である。

3. 実験結果および考察

図3には、重錘衝撃力、重錘貫入量および伝達衝撃応力

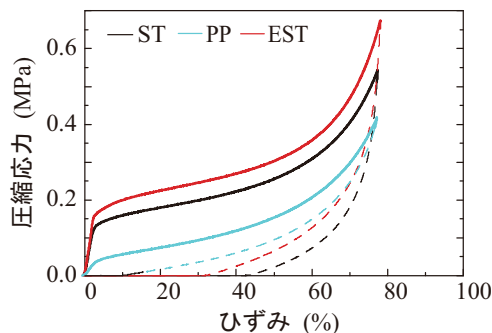


図1 各種発泡材料の圧縮応力-ひずみ関係

表1 発泡材料の材料特性

発泡材料の種類	主成分	発泡倍率
ST	ポリスチレン	50
PP	ポリプロピレン	45
EST	ポリエチレン・ポリスチレン複合体	30

表2 試験体一覧

試験体名	表層材の有無	発泡材料の種類	重錘落下高さ (mm)
N-ST	なし	ST	50, 100, 150, 200
N-PP		PP	50, 100, 150
N-EST		EST	50, 100, 150, 200, 300
C-ST	あり	ST	200, 300, 400
C-PP		PP	200, 300
C-EST		EST	200, 300, 400, 500, 600

の時刻歴応答波形の一例を示している。図より、表層材なしの場合の重錘衝撃力波形は最大振幅2 kN程度、継続時間50~75 ms程度を示していることが分かる。また、圧縮強度が大きい場合ほど、立ち上がり勾配や最大衝撃力が大きく、かつ主波動継続時間は短くなる傾向にあることが分かる。また、表層材ありの場合は重錘衝突直後、急激に2 kN程度まで増加し、その後一度除荷状態になり、再度载荷状態を呈している。これは、写真1に示しているように重錘が表層材に衝突し突き抜けた後、発泡体を変形させているためである。重錘貫入量および伝達衝撃応力に関する応答波形は、表層材の有無にかかわらずほぼ同様の性状を示している。これは、重錘衝突直後に表

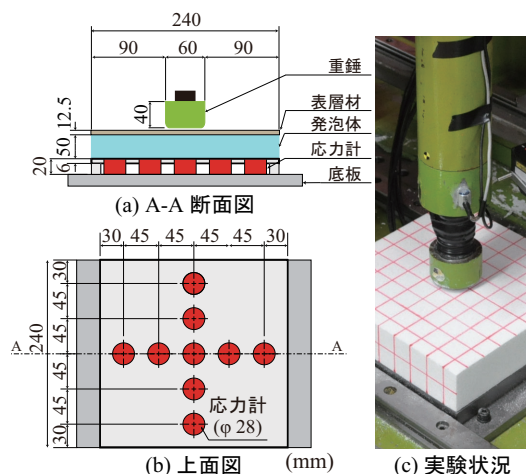


図2 試験体と伝達衝撃応力測定概要

キーワード：発泡材料、芯材、応力分散、緩衝性能

連絡先：〒050-8585 室蘭工業大学大学院 くらし環境系領域 社会基盤ユニット TEL/FAX:0143-46-5225

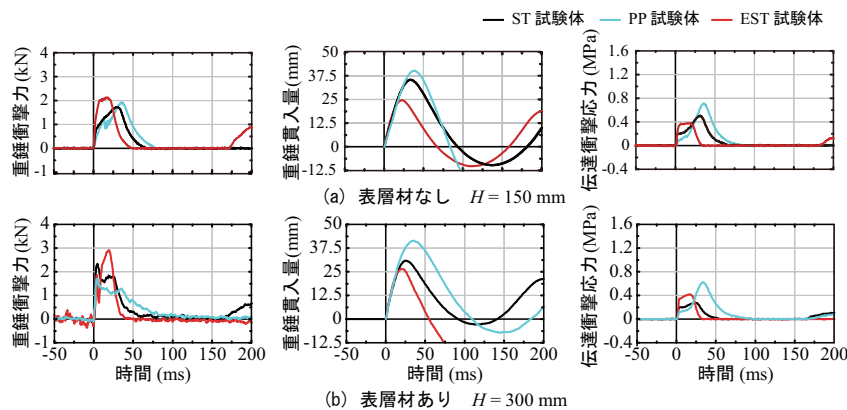


図3 各種時刻歴応答波形

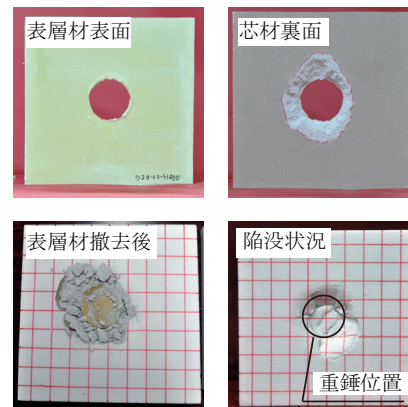


写真1 発泡体の損傷状況

表3 応力分散係数 α の一覧

試験体名	E_k (J)	E_{a1} (J)	α
N-ST-H200	39.1	36.5	1.1
N-PP-H150	30.3	26.8	1.1
N-EST-H300	65.5	43.2	1.4
C-ST-H400	73.9	32.0	2.5
C-PP-H300	65.5	21.3	2.8
C-EST-H600	112.0	38.6	3.0

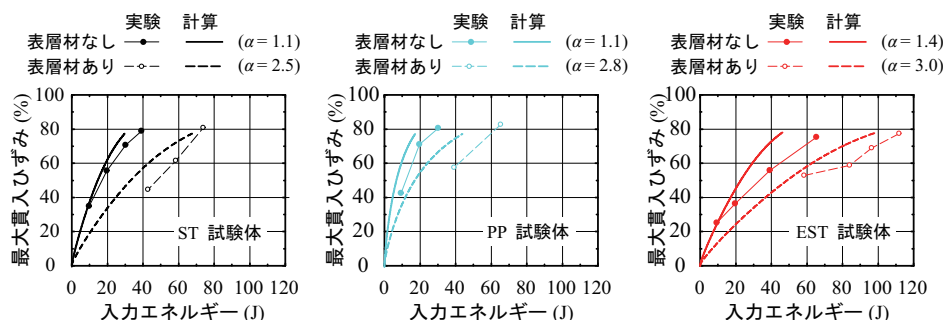


図4 重錘貫入量－入力エネルギー関係

層材が押し抜け、その後表層材なしの場合と類似の変形挙動を示したことによるものと考えられる。

4. 応力分散係数と最大貫入ひずみの推定

4.1 応力分散係数

ここでは、伝達衝撃応力の分散度合いを評価するために下式(1)により応力分散係数 α を求める。また、表3には各試験体での最大落下高さにおける α を一覧に示している。

$$\alpha = \frac{E_k}{E_{a1}} \quad (1)$$

ここで、 E_k ：発泡体の全吸収エネルギー (=入力エネルギー)、 E_{a1} ：実験結果から算定した重錘直下の吸収エネルギーである。表3より、表層材を設置することにより各発泡体の応力分散係数が2倍程度増加していることが分かる。このことから、表層材を積層することによって伝達衝撃応力の分布範囲が広くなり、エネルギー吸収能の向上効果が効率的に発揮されることが分かる。

4.2 最大貫入ひずみの推定

ここでは、上述の応力分散係数 α と圧縮応力－ひずみ関係(図1)を用いて、最大重錘貫入ひずみを算定し、実験結果と比較検討する。

図4には、各入力エネルギー E_k に対する最大貫入ひず

み ε_p の実験結果をプロットし、計算結果による貫入ひずみ－入力エネルギー曲線と比較して示している。計算結果は、任意の貫入ひずみ ε における入力エネルギー E を下式(2)により求め、 ε － E 曲線として示したものである。

$$E = \alpha \times S_a(\varepsilon) \times H \times A \quad (2)$$

ここに、 $S_a(\varepsilon)$ ：材料試験結果(図1)に基づく圧縮応力－ひずみ関係における任意のひずみ ε までの積分値、 H ：発泡体の高さ、 A ：重錘底面の面積である。また、 α には各発泡体における最大落下高さ時の値を用いた。図4より、いずれの試験体においても実験および計算結果ともに、表層材ありの場合が表層材なしよりも同一入力エネルギーにおける貫入ひずみが小さくなっていることが分かる。計算結果は実験結果の最大で30%程度大きい場合も見受けられるものの、入力エネルギーの増大に伴う貫入ひずみの増加傾向は概ね対応している。従って、本研究の条件下においては、応力分散係数 α を適切に設定することで最大重錘貫入ひずみ ε_p を最大で30%程度の安全余裕度を持って評価できることが明らかになった。

5. まとめ

- 1) 発泡材の種類によらず、表層材を積層するとエネルギー吸収能が倍増する。
- 2) 応力分散係数 α と発泡材料の圧縮応力－ひずみ関係を用いて最大貫入ひずみを安全側で評価可能である。