

三層緩衝構造への圧縮変形した EPS 材の再利用に関する実験的検討

(株) 構研エンジニアリング 正 員 ○牛渡 裕二 (独) 北海道開発土木研究所 正 員 今野 久志
室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光 (株) 構研エンジニアリング 正 員 川瀬 良司

1. はじめに

我が国の海岸線や山岳部の道路には、落石に対する防護施設として落石覆道が設置されている。落石覆道の頂版上面には、落石衝撃力に対する緩衝工として、従来より敷砂が用いられてきた。北海道開発土木研究所と室蘭工業大学では、敷砂材に替わる新たな緩衝工として優れた緩衝効果を有する三層緩衝構造を開発している。

本研究では、仮設用緩衝材として使用され、荷重を受け圧縮変形した EPS 材の三層緩衝構造への再利用の可能性について検討を行うものである。検討方法は、静的載荷実験を行い変形した EPS 材の応力－ひずみ関係を未使用の EPS 材と比較する形で行うものである。さらに、三層緩衝構造に用いた場合について重錘落下衝撃実験を実施し、その緩衝性能および分散効果を既往の研究成果¹⁾と比較し検討を行った。

2. 実験概要

2.1 試験体

仮設用緩衝材として使用済み EPS 材の厚さは、未使用の規格品厚さが 50 cm であるのに対して、圧縮を受けて変形し、最小厚さで 30 cm 程度、大半は厚さ 40 cm 程度以上であった。このことから、静載荷実験に使用する使用済み EPS 材の厚さとしては 40 cm を設定した。試験体は 40 cm の厚さに極力近いものを現場より選定し、上下面を整形した後、縦横の長さが各々 50 cm の直方体として製作した。なお、本 EPS 材は型内発泡法により製造されたものであり、未使用時の密度は $\rho = 20 \text{ kg/m}^3$ である。

2.2 実験方法

静載荷実験は、鋼製の架台上に EPS 材を設置し、EPS 上面には厚さ 10 mm、縦横 500 mm の鋼板を設置して上部の鋼製反力桁に設置した油圧ジャッキにより荷重を加えている。載荷速度は、7 mm/min である。また、計測項目はロードセルによる載荷荷重とワイヤー式変位計による EPS 材の変位である。

重錘落下衝撃実験については、衝撃荷重測定用ロードセル (DC ～ 1.0 kHz) を埋設した 4 m 四方のコンクリート基

礎上に三層緩衝構造を設置して実施した。三層緩衝構造は、表層敷砂材厚を 50 cm、芯材 RC 版厚を 20 cm、裏層 EPS 材は変形した厚さ 40 cm のものを 1 層使用した。実験では、質量 3,000 kg の重錘をクレーンで吊り上げ、高さ 25 m から自由落下させ所定の位置に衝突させた。RC 版は、コンクリートの設計基準強度 $f_c' = 21 \text{ N/mm}^2$ を用い、鉄筋比は引張側、圧縮側とも等しく $p = 1.0 \%$ としている。計測項目は、重錘に埋め込まれたひずみゲージ式加速度計 (DC ～ 4 kHz) による重錘加速度波形、衝撃荷重測定用ロードセルによる伝達衝撃応力波形である。

2.3 実験ケース

表－1 には、静載荷実験および重錘落下衝撃実験の実験ケースを示す。静載荷実験については、初期変形のある使用済み EPS 材の 40 cm 厚さに対して 3 体、未使用の規格品 EPS 材を用いる場合については 2 体の実験を行った。重錘落下衝撃実験についても EPS 材の厚さが 40 cm のケースについて実施している。試験体名は、使用した EPS 材の状態 (R：使用済み、N：未使用)、EPS 材の厚さ (E の後に cm で示す)、載荷条件 (S：静載荷、I：衝撃)、試験体番号の順にハイフオンで結んで示している。

表－1 静載荷実験ケース一覧

試験体名	EPS 材 の状態	厚さ (cm)	実験 方法	数量 (体)
R-E40-S1～3	R	40	S	3
N-E50-S1～2	N	50	S	2
R-E40-I1	R	40	I	1

3. 実験結果

3.1 静載荷実験結果

図－1 には、厚さ 40 cm の使用済み EPS 材の応力－ひずみ関係を未使用 EPS 材の結果とともに示している。

R-E40-S の実験結果は、3 体とも殆ど差がないことから、ここではそれらの平均値で示している。また、同様に未使用の試験体 N-E50-S についても実験結果に差がないことから平均値で示した。図より、R-E40-S と N-E50-S

について比較すると弾性域の R-E40-S の方が立ち上がりが遅く、なおかつ勾配が緩やかであることが分かる。このことは、以前に圧縮弾性限界を超える荷重を受けたことによって、弾性域範囲での圧縮特性が変化したことによるものと推察される。その後の塑性域の範囲では、両者同程度の値を示していることから、R-E40-S が十分な緩衝性能を保持していることが分かる。また、R-E40-S は N-E50-S に比較して塑性域後半の立ち上がり勾配が若干大きく示されている。しかしながら、三層緩衝構造の緩衝効果を発揮させるために採用している EPS 材のひずみ値の範囲は、 $0.05 < \varepsilon < 0.55$ の塑性域である。この範囲における使用済み EPS 材の応力値が未使用 EPS 材のそれとほぼ等しいことから、使用済み EPS 材を三層緩衝構造の裏層材として用いる場合の緩衝性能には大きな問題はないものと判断される。

3.2 衝撃実験結果

図-2 には、重錘落下衝撃実験により得られた重錘衝撃力と伝達衝撃力を比較し示している。重錘衝撃力は、重錘加速度に重錘質量を乗じて算定している。また、伝達衝撃力は、伝達衝撃応力を応力の分布範囲で積分して算定している。重錘衝撃力に着目すると、初期の立ち上がり波形は、重錘の敷砂および RC 版への衝突時波形であり、ピークの鋭い正弦半波状の波形性状を示している。その後、EPS 材の緩衝特性により最大重錘衝撃力の 2/3 程度のピーク値を有する波形が継続し、緩やかに収束している。このことから、EPS 材の緩衝効果が発揮されていることが分かる。また、伝達衝撃力波形は、重錘衝撃力波形の初期の立ち上りを除く波形を包括するような台形状の性状を示している。さらに、その継続時間は 70 ms 程度である。

図-3 には、载荷点を中心とした伝達衝撃応力波形の時系列分布を示している。図より、伝達衝撃応力が 0.1 ～ 0.3 MPa 程度で広範囲に分布していることが分かる。これらのことは、既往の三層緩衝構造の各種衝撃実験結果と同様であり、厚さ 40 cm の使用済み EPS 材を用いた R-E40-II についても新設の三層緩衝構造と同様な緩衝性能や分散効果を保持していることが分かる。

4. まとめ

仮設用緩衝材として一度使用し、圧縮変形した EPS 材の三層緩衝構造への再利用を目的として、EPS 材の静載荷実験や重錘落下衝撃実験を実施した。結果をまとめると以下の通りである。

- 1) 静載荷実験結果より、圧縮変形した EPS 材の応力-

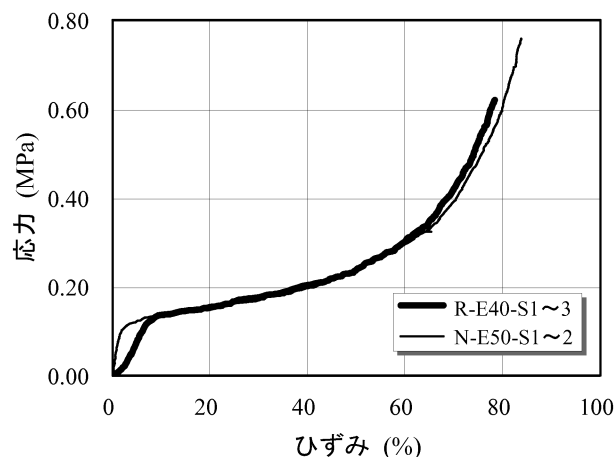


図-1 静的な応力-ひずみ関係

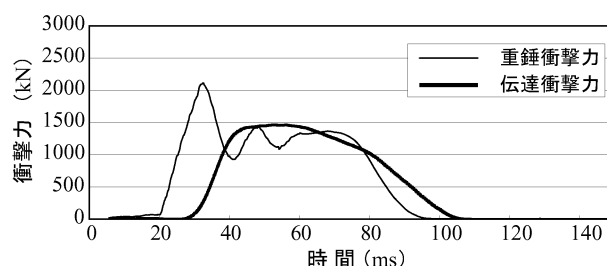


図-2 使用済み EPS 材を用いた場合の重錘衝撃力と伝達衝撃力

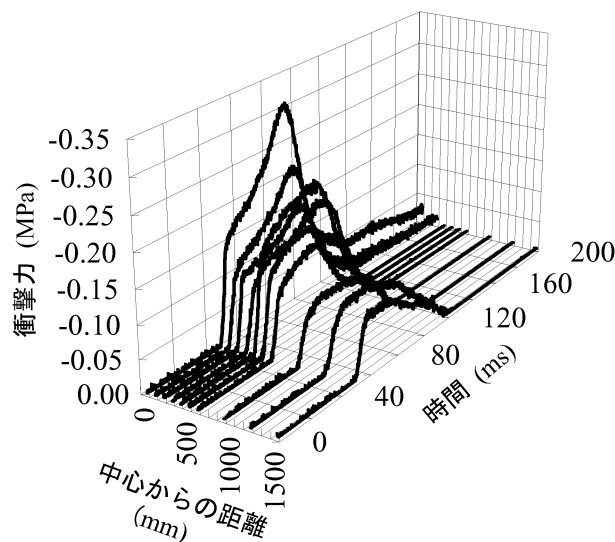


図-3 伝達衝撃応力分布

ひずみ関係は、未使用 EPS 材に比較し、弾性域および塑性域後半の性状が異なるものの、その他はほぼ同様の性状を示し、十分な緩衝性能を有している。

- 2) 重錘落下衝撃実験結果より、使用済み EPS 材を再利用した三層緩衝構造の重錘衝撃力波形や伝達衝撃力波形分布およびその継続時間は、未使用 EPS 材を使用した場合とほぼ同様の傾向を示す。

参考文献

- 1) 土木学会：ロックシェッドの耐衝撃設計，構造工学シリーズ 8，pp.178-234，1998.11