

荷重を受け変形した EPS 材の三層緩衝構造への再利用に関する実験的検討

EXPERIMENTAL STUDY ON REVS OF EPS BLOCK FOR THREE-LAYERED ABSORBING SYSTEM

(株) 構研エンジニアリング
 北海道開発土木研究所
 北海道開発局札幌開発建設部
 室蘭工業大学 建設システム工学科
 (株) 構研エンジニアリング

○正員	牛渡 裕二 (Yuji Ushiwatari)
正員	今野 久志 (Hisashi Konno)
	坂田 晋一 (Shinito Sakata)
正員	岸 徳光 (Norimitu kishi)
正員	川瀬 良司 (Ryoji Kawase)

1. はじめに

道路の防災対策として山岳部や海岸線の道路には、落石に対する防護工として落石覆道が設置されている。しかし、平成元年に起きた福井県越前海岸での岩盤崩落事故を契機として、落石覆道の安全性に関する研究が盛んに行われている。落石覆道の頂版上面には、通常、緩衝工として敷砂が用いられていた。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。^{1),2)} 三層緩衝構造とは、表層材に敷砂、芯材に RC 床版、裏層材に EPS 材から構成されている。

北海道開発局札幌開発建設部では、RC 落石覆道上部の斜面調査を実施した結果、設計想定以上の浮き石が発見され、対策方法が検討された。その結果、緩衝効果に優れた三層緩衝構造を用いることとした。一方、近接する岩盤切土工事で工事の安全性確保のため仮設用緩衝材として EPS 材を多量に使用していた。使用した EPS 材は、切り取った岩盤、土砂、重機などにより、荷重を受け正規の規格品厚さ 50cm より若干変形が生じ厚さ 40cm 程度となっていた。これらの EPS 材を処分する場合は、産業廃棄物として取り扱う必要があり、膨大な費用を計上しなければならない。

本研究では、荷重を受け変形した 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^{3),4)}と比較し検討するとともに、三層緩衝構造の算定式に基づいて伝達衝撃力の検討を行った。

2. 実験概要

2.1 実験方法

静載荷実験は、鋼製の桁上に EPS 材を設置し、上部から鋼製の桁に反力を受けさせ ジャッキにより荷重を加えロードセルで応力を測定した。載荷速度は、7mm/min である。また、ワイヤー式変位計で EPS 材の変位を測定してひずみ値とした。EPS 材の形状は、面積 50cm × 50cm で荷重を受けて変形した厚さ 40cm のものと未使用の厚さ 50cm の両方について実施した。EPS 材の密度は、型内発泡法により製造された $\rho = 20 \text{ kg/m}^3$ である。写真-1 に静載荷実験状況を示す。

重錘落下衝撃実験については、衝撃荷重測定用ロード

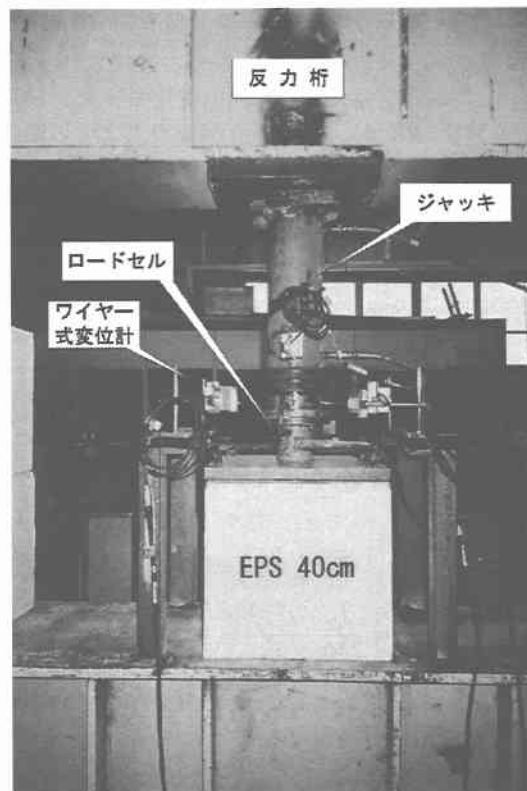


写真-1 静載荷実験状況

セル (DC~1.0kHz) を埋設した 4m 四方のコンクリート基礎の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 50cm、心材 RC 版厚を 20cm、裏層 EPS 材は変形した厚さ 40cm のものを 1 層使用した。実験では、質量 3,000kg の重錘をクレーンで吊り上げ、高さ 25m 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~4kHz) 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。写真-2 に重錘落下衝撃実験状況を示す。また、図-1 にロードセル配置状況を、図-2 に RC 版の形状および配筋状況を示す。

2.2 実験ケース

実験ケースは、EPS 材の応力-ひずみ関係を把握するための静載荷実験と緩衝性能および分散性能を把握するための重錘落下衝撃実験を実施した。表-1 に静載荷実験

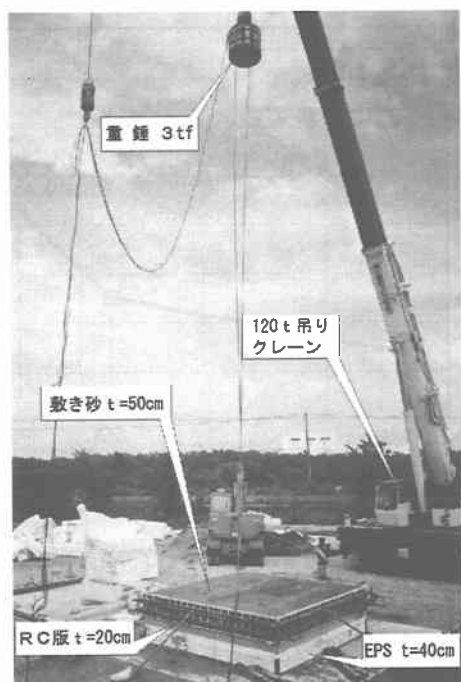


写真-2 重錘落下衝撃実験状況

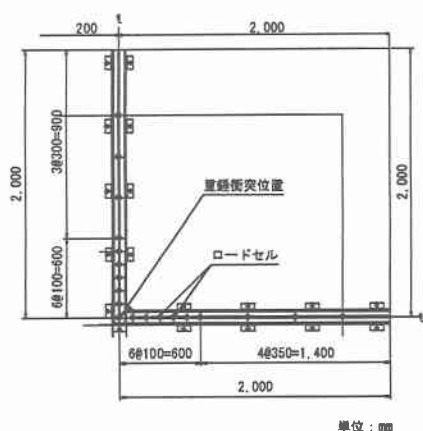


図-1 ロードセル配置状況

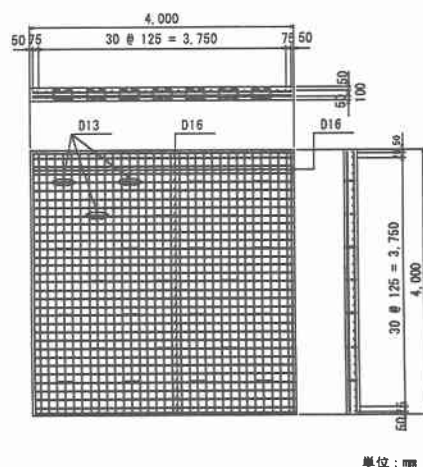


図-2 RC版の形状および配筋状況

の実験ケースを示し、表-2には、重錘落下衝撃実験の実験ケースを示す。試験体名称は、EPS材の変形の有無(有り：H、無し：M)、EPS材の厚さをEの後に数値で示し、静載荷を条件(静載荷：S、衝撃：I)としてその後に試験体数を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	変形の有無	EPS材厚 (cm)	試験体 (体)
H-E40-S1~3	有り	40	3
M-E50-S1~2	無し	50	2

表-2 重錘落下衝撃実験ケース一覧

試験体名	変形の有無	EPS材厚 (cm)	試験体 (体)
H-E40-I1	有り	40	1

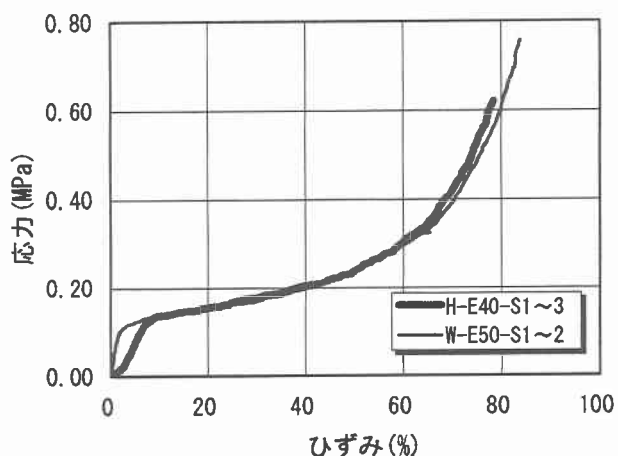
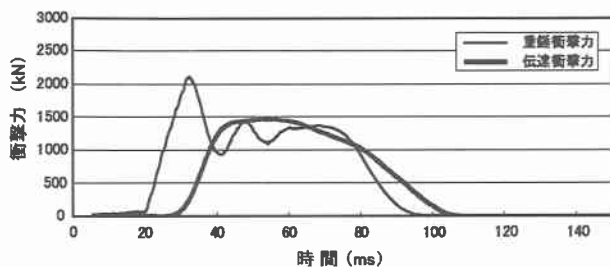


図-3 応力-ひずみ関係

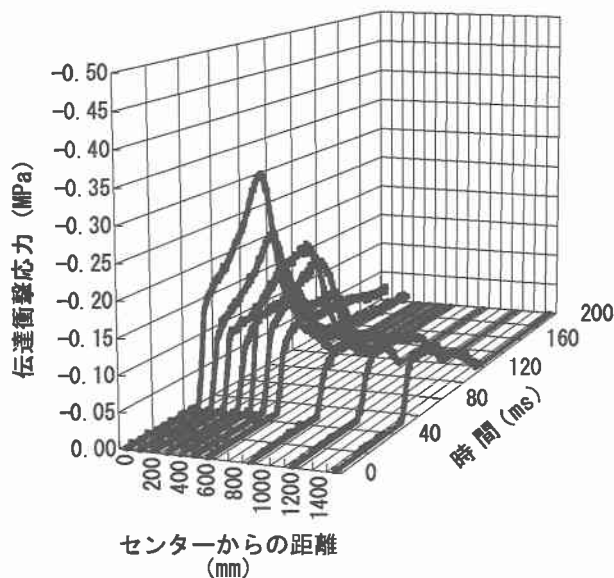
3. 実験結果

3.1 静載荷実験結果

図-3には、静載荷実験結果であるEPS材の応力-ひずみ関係を示す。H-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M-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、H-E40-SとM-E50-Sについて比較すると弾性域のH-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H-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、H-E40-Sの方が塑性域後半の立ち上がり勾配が若干急となっている。しかし、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



図－4 重錘衝撃力と伝達衝撃力



図－5 伝達衝撃応力分布

であり、この範囲における応力値が両者ともほぼ等しいことから同等の緩衝性能を有していると判断される。

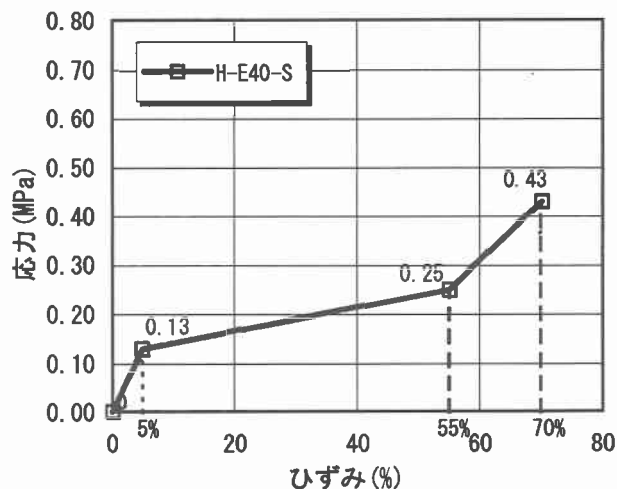
3.2 衝撃実験結果

図－4には、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版の衝突時波形であり、その後、EPS材の緩衝特性により最大重錘衝撃力の2/3程度で波形が継続し緩やかに収束している。このことから、EPSの緩衝効果が発揮されていることが分かる。また、伝達衝撃力に着目すると、重錘衝撃力波形の初期の立ち上がりを除く波形を包括するような波形性状を示している。さらに、その継続時間は70ms程度である。

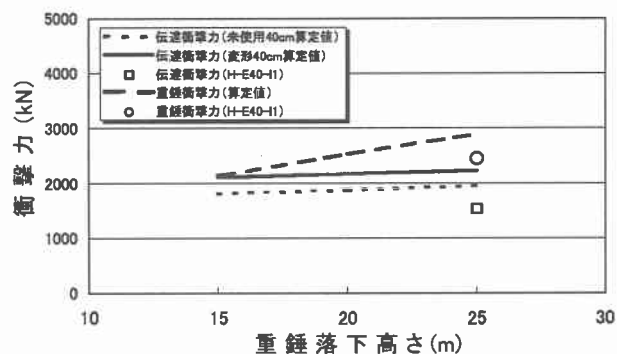
図－5には、載荷点を中心とした伝達衝撃応力波形の時系列分布を示している。図より、衝撃応力が0.1～0.3MPa程度で広範囲に分布していることが分かる。これらのことは、既往の三層緩衝構造の各種衝撃実験結果と同様であり、H-E40-IIも同様な緩衝効果や分散性状を保持していることが分かる。

4. 衝撃力の比較検討

ここでは、実設計を意識して、荷重を受け変形したEPS材を用いた三層緩衝構造の伝達衝撃力の検討を行うこと



図－6 算定に用いた応力－ひずみ関係



図－7 重錘質量3,000kgに対する衝撃力

とする。

図－3に示したH-E40-Sの静載荷実験で得られた応力－ひずみ関係から、三層緩衝構造の伝達衝撃力の算定に用いる応力－ひずみ関係を整理すると図－6のように決定される。決定された応力－ひずみ関係を三層緩衝構造の伝達衝撃力評価式に代入すると、式(1)が求まる。

$$P_t = 87 \sqrt{496 + \frac{Ew}{he}} \quad (1)$$

ただし、EPS材の塑性域(0.05 < ε < 0.55)の範囲である。また、重錘落下衝撃実験結果の伝達重錘衝撃力波形や伝達衝撃応力から荷重継続時間を70msとし、伝達衝撃力応力分布範囲を3m × 3mと仮定している。

図－7には、任意の重錘落下高さにおける重錘衝撃力と伝達衝撃力の未使用EPS材と変形したEPS材の厚さ40cmの算定値および重錘落下実験の結果を示している。ただし、重錘質量は3,000kgである。図より、重錘衝撃力に着目すると算定値より実験値が15%程度小さな値を示している。伝達衝撃力に着目すると、変形したEPS材は、未使用EPS材に比べ15%程度大きな算定値となっている。また、実験値は、変形したEPS材、未使用EPS材に比べ7割、8割程度の値となっている。実験結果の伝達衝撃力が小さな値をしめしているのは、重錘衝撃力の減少により、伝達エネルギーが減少したことによるものと考えられ

る.このことから,変形した EPS 材の伝達衝撃力も安全側の設定となっていることが分かる.以上より,EPS 材厚が 50cm から 40cm 程度に変形した EPS 材であっても緩衝効果が充分期待でき,三層緩衝構造への再利用が可能と判断される.

5. まとめ

本研究では,EPS 材が未使用時の厚さ 50cm から荷重を受け厚さ 40cm 程度に変形した場合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実験を行った.結果をまとめると以下の通りである.

- 1) 静載荷時の塑性域における応力-ひずみ関係は,未使用の EPS 材と同程度の値である.
- 2) 重錘落下衝撃実験から三層緩衝構造に再利用した場合は,重錘衝撃力波形や伝達衝撃力波形分布は,未使用の EPS 材を使用した場合と同様な傾向を示す.また,荷重載荷継続時間も 70ms と同程度である.
- 3) 三層緩衝構造の評価式で伝達衝撃力を比較した場合は,未使用の EPS 材の場合に比べ,実設計を意識し安全側に評価しても 15 % 程度の増加であり,緩衝効果が十分に期待できる.

参考文献

- 1) 岸徳光, 中野修, 今野久志, 松岡健一: 三層緩衝構造の緩衝効果に関する室内実験, 構造工学論文集, Vol.38A, pp.1577-1586, 1992.3
- 2) 岸徳光, 佐藤昌志, 中野修: 三層緩衝構造の緩衝性能大型屋外実験, 構造工学論文集, Vol.41A, pp.1257-1265, 1995.3
- 3) 佐藤昌志, 岸徳光, 松岡健一: 三層緩衝構造の伝達衝撃力算定式の定式化, 構造工学論文集, Vol.42A, pp.1337-1346, 1996.3
- 4) 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
佐藤昌志, 岸徳光, 松岡健一: 三層緩衝構造の伝達衝撃力算定式の定式化, 構造工学論文集, Vol.42A, pp.1337-1346, 1996.3