

Ⅶ-256 破砕EPSを用いた緩衝材の開発

東洋道路興業(株)	正会員	長橋 孝次
北海学園大学	正会員	上浦 正樹
富山県工業技術センター		塚本 吉俊

1. はじめに

道路や鉄道などの公共施設の安全を確保する各種防災施設のなかで、落石や雪崩などからこれらを守る施設としてロックシェッドなどの落石防護工がある。落石が直撃すると落石の重量の数10～数100倍の衝撃荷重を発生するので、これを緩和するために屋根部にサンドクッションと呼ばれる敷砂を用いている。また近年になって死荷重が小さく緩衝性に優れたEPSを用いた工法の開発が進んでいる。既往の研究においては、急峻な斜面のかなり落差のある浮き岩を想定しての研究もあるが、実務サイドでは、危険と推定される浮き岩等は事前に撤去するか落石とにならないように処置をする方法も検討されている。したがって、今後の研究の一つとしては甚大な被害に至らない中程度の落石に対して落石防護工の屋根部を防護する衝撃緩衝材の開発であると考えられる。この点に着目して、生鮮や冷凍食品などの保存・運搬に使用される発泡スチロール箱を破砕(破砕EPS)して衝撃緩衝材に使用することとした。この種のEPSは再利用方法が検討されているが、現状では十分な活用方法が確立していない。そこで衝撃緩衝材として実用化できれば、環境問題の解決法の一つとしてEPSの廃棄物を再利用することが可能となり、防災と環境保護の2面から一石二鳥の効果が期待できる。本研究では砂および破砕発泡を網袋状入れた材料(破砕発泡ユニット)を用いて自然石を所定の高さから落下させ、砂および破砕発泡ユニットの支える支持板に作用するそれぞれの衝撃力から破砕発泡ユニットの衝撃緩衝効果を求めようとするものである。

2. 破砕発泡ユニット

2. 1 概要

破砕発泡ユニットとは発泡スチロール箱を砕屑程度の大きさ(5～150mm程度)に砕き、ポリエステル製の網袋(直径約45cm、高さ120cmの円筒)に詰め込んだものである。この袋は施工時の作業性や衝撃時の一体性を保つために2つの網袋を長手方向に縫い合わせて1ユニットとして使用することにより破砕発泡ユニットは次の特徴を有する。①山岳地で使用する時に雨水や出水などに対して透水性に優れている。②空隙が多く、死荷重が小さく軽量の材料のため構造物の設計時に有利となる。③2つ1組のユニット形式であり、軽量で持ち運びが容易であることから施工性に優れている。

2. 2 作成

発泡スチロール箱には大きく2種類の製品(白、青)なりたっており、一般的にその使用分布は一様でない。本研究では、それぞれ同量を混ぜて用いた。破砕発泡ユニットの諸元を表1に示す。

ネットの品質 ポリエステルメッシュ XM2530 本研究では破砕発泡ユニットを2段と3段に重ねて緩衝効果を検討する。なお破砕発泡ユニットのみを現場に敷設すると紫外線などの風化のおそれがあり、また景観の上からも破砕発泡ユニットの上部を土砂などで覆うこととする。

表1 破砕発泡ユニットの諸元

質量	発泡スチロール(青)	3.5 kg
	発泡スチロール(白)	2.8 kg
	ポリエステル網袋	1.0 kg
体積	ポリエステル網袋	0.4 m ³

衝撃力の発生方法は重さ約300kgの自然石をクレーンでつり上げ、供試体に落下させるもので、つり上げ高さは5,10,15,20 mである。

キーワード: EPS、緩衝エネルギー、連絡先: 富山県東砺波郡福野町 tel 0763-22-4610 fax0763-22-7147

3. 落下衝撃力の測方法

既往の研究では、落下衝撃力を推定するのに砂などの緩衝材の直下にロードセルを設置しこの衝撃圧力から推定するのが一般的である。この方法では衝撃の分散によってかなり幅広くロードセルをセットする必要があるが、本研究では40tトラックスケールを用いて全体にかかる荷重を直接測定することとした。

40tトラックスケールは、8m×3mの板が4隅の支点で支えられ、その支点にロードセルを配置して荷重を測定するものである。ロードセルの最大荷重は100kNで最小200Nまで測定可能である。供試体は縦1.8m×横1.8mとし、高さは①砂：90cm、②砂50cm+EPS2段、③砂30cm+EPS3段とする。ここで破碎発泡ユニットは景観などの理由から土砂で覆う必要があることから、破碎発泡ユニットを長手方向を横にして重ねて段を作り、30cmの砂層をその上面にセットする。各ケースで全体の高さはほぼ同じとした。

4. 衝撃エネルギーと衝撃緩衝効果の推定

4. 1 衝撃エネルギーの推定¹⁾

衝撃吸収エネルギーを推定する方法として本研究では次の仮定を設けて検討する。

- ①落石と緩衝材が衝突した直後から一体化して移動する。この一体物の質量を合質量と呼ぶ。
- ②この一体化物の運動量の変化が衝撃力による力積の変化に等しいとする。
- ③衝撃力は正弦波の半波長で作用する。

①、②の仮定から次式が成り立つ。

$$m \times v = \int P dt \quad (1)$$

ここで m : 合質量 v : 移動速度 P : 衝撃力を示す。
合質量 m とこの重量 W は (2) の関係にある。

$$m = W/g \quad (2)$$

落石が T 時間後に停止するものとするとき衝撃力 P は③の仮定から時間 t の関数として次のようになる。

$$P = P_a \times \sin((\pi/T)t) \quad (3)$$

ここで P_a : 最大衝撃力を示す。(1)式から $0 \sim T$ まで定積分することで (4)、(5) が求まる。

$$m \times v = 2 T P_a / \pi \quad (4), \quad v = 2 T P_a / (m \pi) \quad (5)$$

以上から衝撃エネルギー (E) は $E = m \times v^2 = 2 g T^2 P_a^2 / (\pi^2 W)$ (6) である。

4. 2 衝突エネルギーの算定

落石が、緩衝材と一体化して止まるまでの間は衝撃エネルギーとして評価する必要があり、式 (6) を用いることとした。この結果を図1に示す。この図から、いずれの試験においても砂とEPSの材料の差はあまりなく、ほぼ同じような値が得られた。これは落石が緩衝材で止まりトラックスケールに影響をあまり与えていないことから、落石の衝撃エネルギーを衝撃吸収エネルギーと見なしてよいことがわかる。

4. 3 衝撃荷重

落下高さとの衝撃荷重の関係を図2に示す。これから砂の方がEPSの約3～4倍大きい。よって、ほぼ同じ厚みで施工した場合の砂に比べ破碎発泡ユニットの方が緩衝効果が高いことが推論できる。

5. おわりに

今後は破碎発泡ユニットの有効な厚さについて検討を進めていくことを考えている。

参考文献 1) 三層緩衝構造の伝達衝撃力算定式の定式化 佐藤昌志他 構造工学論文集 Vol.42A p1340 ~ p1341 1996.3

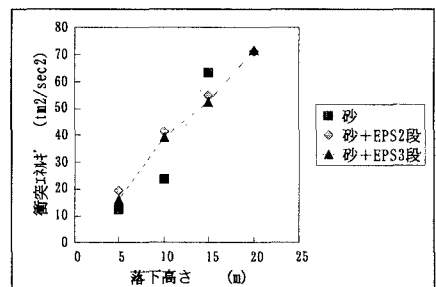


図1 衝突エネルギーと落下高さの関係

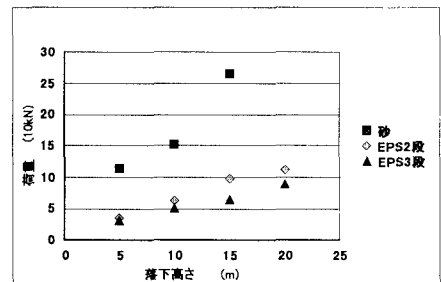


図2 落下荷重と落下高さの関係