

落石防護擁壁用ソイルセメント製緩衝工の適用範囲検討

(株) 構研エンジニアリング 正会員 ○牛渡裕二 室蘭工業大学 正会員 栗橋祐介
土木研究所寒地土木研究所 正会員 西 弘明 (株) 構研エンジニアリング 正会員 鈴木健太郎
(株) 構研エンジニアリング フェロー 川瀬良司 釧路工業高等専門学校 フェロー 岸 徳光

1. はじめに

本研究では、落石防護擁壁¹⁾に用いるソイルセメント製緩衝工(図1参照)の適用範囲を検討するために、落石径および衝突速度を変化させた場合の伝達衝撃力および適用範囲に関する検討を行った。

2. 検討条件

本緩衝工の適用範囲としては、(a) 落石エネルギーは実験²⁾にて確認された $E = 1,200 \text{ kJ}$ 程度以下で、(b) EPS ブロックの限界ひずみは 70 % 程度以下と設定している。なお、最大落石エネルギーについては、実規模実験結果を踏まえ、 $E_{max} = 1,000 \text{ kJ}$ 程度以下にすることが望ましい。

また、提案の伝達衝撃力算定式³⁾は、図2に示すように、落石がソイルセメントに衝突する際にせん断コーンを形成して破壊するものと仮定している。これより、上底半径は落石径と等しい値を用いることから、落石径によって緩衝性能が変化することとなる。

本検討では、表1に示すように、落石エネルギー $E =$

200 ~ 1,200 kJ の範囲において、一辺の長さが $D = 0.8, 1.0, 1.5, 2.0 \text{ m}$ の立方体の落石(以下、それぞれ□ 0.8m, □ 1.0m, □ 1.5m, □ 2.0m,)を設定し、検討することとした。なお、□ 1.0 m 以下の場合には EPS ブロックが限界ひずみに到達するため、 $E = 1,000 \text{ kJ}$ 未満までの検討とした。

3. 検討結果

3.1 ソイルセメント緩衝工の適用限界

図3には、各落石径の落石エネルギー E と EPS ブロックのひずみ ε との関係を示している。図より、落石径が小さい場合には大きい場合よりも荷重分散範囲が小さいことから、同じ落石エネルギーに対しても EPS ブロックのひずみが大きくなる傾向にあることが分かる。そのため、落石径が小さい場合には $E = 600 \sim 800 \text{ kJ}$ で EPS ブロックのひずみが限界ひずみである $\varepsilon = 70 \%$ に達し、落石エネルギーの上限である $E = 1,200 \text{ kJ}$ には到達しないことが分かる。

一方、落石径が大きい場合には荷重分散範囲が大きいことから、落石エネルギーの上限である $E = 1,200 \text{ kJ}$ においても EPS ブロックのひずみが 50 % 程度以下と小さく示されることが分かる。ただし、落石径が大きい場合で EPS ブロックの最大ひずみが 50 % 以下であっても、本緩衝工の適用範囲は実証実験にて確認された最大衝突エネルギーを考慮した $E = 1,000 \text{ kJ}$ を適用限界と設定する。

3.2 伝達衝撃力および換算伝達荷重継続時間

図4には、各落石径の落石エネルギー E と伝達衝撃力 P_t の関係を示している。図より、落石径が小さい場合には $E = 400 \sim 600 \text{ kJ}$ で EPS ブロックのひずみに関する増加勾配の変化点(ひずみ 55 %)を超過するため、伝達衝撃

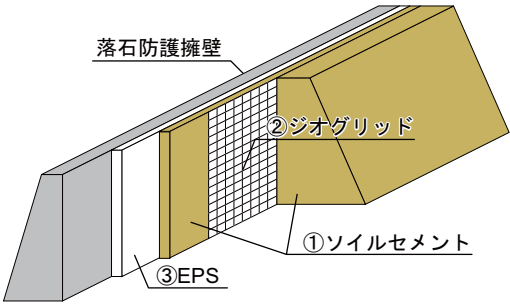


図1 提案工法

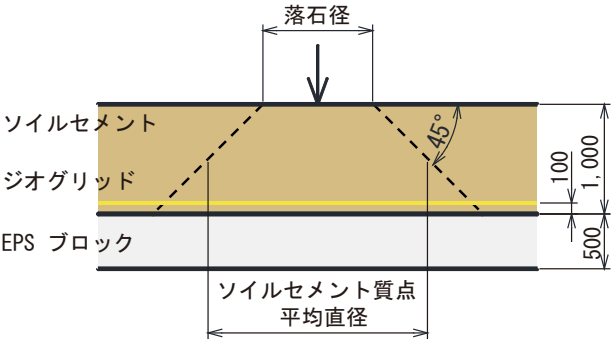


図2 落石衝突時の模式図

表1 検討ケース一覧

検討 ケース	体積 (m^3)	質量 (ton)	衝突エネ ルギー (kJ)	衝突速度 (m/s)
□ 0.8m	0.512	1.357	200 ~ 605	17.2 ~ 29.9
□ 1.0m	1.000	2.651	200 ~ 829	12.3 ~ 25.0
□ 1.5m	3.375	8.948	200 ~ 1,200	6.7 ~ 16.4
□ 2.0m	8.000	21.210	200 ~ 1,200	4.3 ~ 10.6

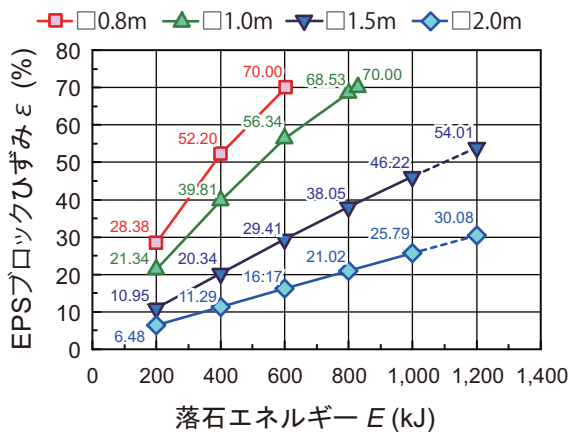


図3 EPS ブロックのひずみと落石エネルギーの関係

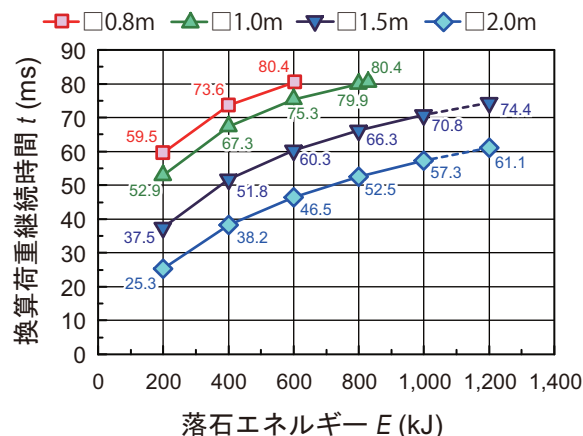


図5 換算荷重継続時間と落石エネルギーの関係

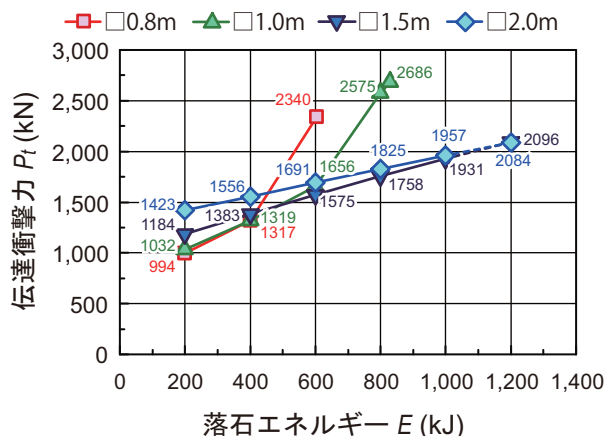


図4 伝達衝撃力と落石エネルギーの関係

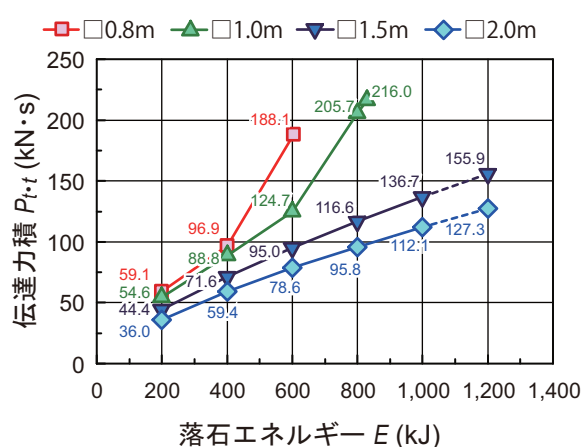


図6 伝達力積と落石エネルギーの関係

力が急増することが分かる。これより、落石径が小さい場合には同じ落石エネルギーにおいても伝達衝撃力が大きく示されることとなり、実設計時には注意を要する。一方、落石径が大きい場合にはEPSブロックのひずみの増加勾配の変化点を超過しないことから、落石エネルギーの増加に伴い伝達衝撃力も比例して増加することが分かる。

図5には、各落石径の落石エネルギー E と換算伝達荷重継続時間 t の関係を示している。図より、落石エネルギーが小さい場合には換算伝達荷重継続時間も小さくなることが分かる。

3.3 重心浮上量による照査を実施する際の入力値

図6には、各落石径の落石エネルギー E と伝達力積 $P_t \cdot t$ の関係を示している。伝達力積は伝達衝撃力と換算伝達荷重継続時間を乗じた値で示される。図より、同じ落石エネルギーの場合においても、落石径が大きい場合には荷重分散範囲も大きいため、伝達力積が小さく示されることが分かる。なお、擁壁工の安定性照査において落石対策便覧の式を用いる場合には、合質点の質量 m および速度 V_e が必要となる。この速度は伝達力積 $P_t \cdot t$ と運動量 $m \cdot V_e$ が等価であるとの仮定により、算出することが可能である。

4. まとめ

本研究の範囲で得られた知見を以下に示す。

- 1) 落石径が小さい場合には大きい場合に比較して荷重分散範囲が小さくなるため、EPSブロックの限界ひずみで適用範囲が決定される。
- 2) 落石径が大きい場合には荷重分散範囲が大きいためEPSブロックは限界ひずみに至らず、実規模実験にて確認された落石エネルギーで適用範囲が設定できる。

参考文献

- 1) 日本道路協会：落石対策便覧，2000.6
- 2) 牛渡裕二，小室雅人，前田健一，保木和弘，岸徳光：ソイルセメントを用いた緩衝システムの模型実験および実規模擁壁に関する衝撃応答解析，構造工学論文集，Vol.60A，pp.973-982，2014.3
- 3) 藤堂俊介，牛渡裕二，栗橋祐介，岸徳光：ソイルセメントを用いた三層緩衝構造の設計法の一提案，コンクリート工学年次論文集，Vol.36，No.2，pp.505-510，2014.7