

三層緩衝構造を設置した落石防護擁壁の安定照査に関する一検討

(株) 構研エンジニアリング 正会員 保木 和弘 (株) 構研エンジニアリング 正会員 牛渡 裕二  
 室蘭工業大学大学院 正会員 小室 雅人 (株) 構研エンジニアリング 正会員 鈴木健太郎  
 釧路工業高等専門学校 フェロー 岸 徳光 (株) 構研エンジニアリング フェロー 川瀬 良司

1. はじめに

本研究では、ソイルセメントを用いた三層緩衝構造を設置した落石防護擁壁(図1参照)の設計法を確立することを目的とし、実規模実験結果に基づいた転倒安定性に関する検討を実施した。

2. 重心浮上量による安定照査手法の適用性検討

2.1 重心浮上量による安定照査手法の考え方

ここでは、既往の研究で提案されている重心浮上量による安定照査手法<sup>1)</sup>に関する考え方を示す。図2には擁壁回転運動の模式図を示している。既往の研究では、重錘衝突時の擁壁の転倒および損傷に着目していることから、擁壁の水平移動は制御して実施されている。したがって、落石が擁壁に衝突することにより、擁壁基部前面を回転中心(図中、O点)とする回転運動を起こし、擁壁重心位置が回転中心より前面に移動した場合に転倒する。これより、転倒安定性は、回転による擁壁の重心浮上量を用いて評価検討するものとしている。

転倒安定性検討に用いる重心浮上量算定式の定式化の流れは以下のとおりである。

- 1) 擁壁本体に作用する伝達衝撃力を算定する。
- 2) 伝達衝撃力による力積を簡易に評価するため、伝達衝撃力波形の最大振幅を最大伝達衝撃力とする矩形波に換算し、その時の力積が等価となる換算荷重継続時間を決定する。

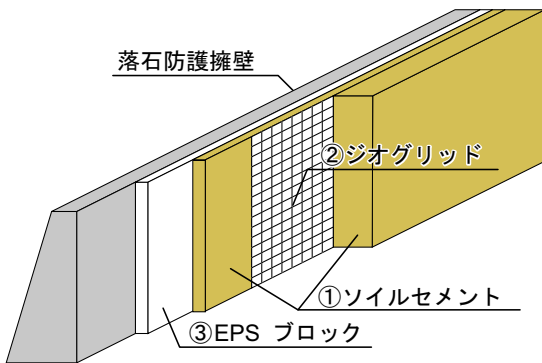


図1 提案の三層緩衝構造の概要

- 3) 力積モーメントを算定して、力積モーメントと角運動量が等価であるとの仮定から、初角速度を算定する。
- 4) エネルギー保存の法則に基づき、擁壁重心浮上量を算定する。

また、既往の研究で提案している重心浮上量算定式および転倒安定条件は以下となる。

$$h_g = \frac{L^2 \cdot F_t^2}{2MgI_o} \quad (1)$$

$$h_g < r_G - L_G \quad (2)$$

ここで、 $h_g$  は重心浮上量 (m)、 $L$  は擁壁底面から伝達衝撃力作用中心までの高さ (m)、 $F_t$  は伝達衝撃力による力積 (kN·s)、 $M$  は擁壁の質量 (ton)、 $g$  は重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)、 $I_o$  はO点に関する擁壁の慣性モーメント (ton·m<sup>2</sup>)、 $r_G$  はO点から重心点Gまでの距離 (m)、 $L_G$  は初期重心高さ (m) である。

図3には別途実施した実規模実験から得られた伝達衝撃力波形を示す<sup>2)</sup>。実験は衝撃用ロードセルによって支持された剛基礎上に緩衝システム(ソイルセメント1.0m、ジオグリッド2枚、EPSブロック0.5m)を構築し、質量10ton、直径1.25mの重錘を高さ12mから自由落下させて実施したものである( $E = 1,200$  kJ)。図より、実験で得られた伝達衝撃力波形から算出される力積は156 kN·sで

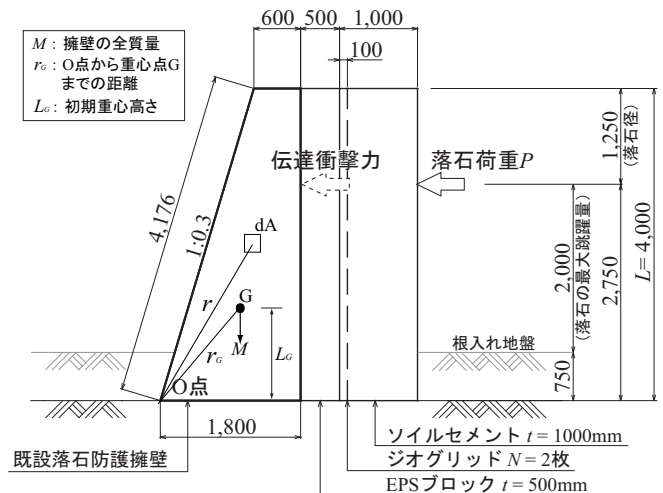


図2 擁壁回転運動の模式図

キーワード：落石防護擁壁，ソイルセメント，三層緩衝構造，伝達衝撃力，安定照査，重心浮上量

連絡先：〒065-8510 (株) 構研エンジニアリング 技術管理部 TEL / FAX 011-780-2811 / 011-785-1501

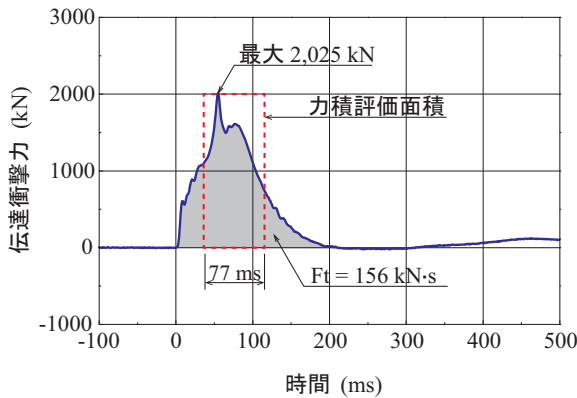


図3 実規模実験における伝達衝撃力波形

表1 算定式による計算結果と数値解析結果の比較(重心浮上量)

項目		計算結果	解析結果
初期重心高さ	$L_G$ (m)	1.667	1.667
重心浮上量の許容値	$r_G - L_G$ (m)	0.358	0.358
重心浮上量	$h_G$ (m)	0.134	0.047
計算重心高さ	$L_G + h_G$ (m)	1.801	1.714
O点から重心点Gまでの距離	$r_G$ (m)	2.025	2.205

ある。これより実荷重継続時間 200 ms 程度に対し、換算荷重継続時間となる 77 ms (= 156 kN·s / 2025 kN) を使用することで、力積を算定することが可能となる。

2.2 計算条件および計算結果

ここでは、前述の伝達衝撃力による力積を用いた重心浮上量による安定照査を試みる。本検討にて対象とする擁壁形状は図2と同様である。図より、計算の対象とした擁壁は擁壁高さ 4.0 m、天端幅 0.6 m、前面勾配 1:0.3、延長 10 m の重力式擁壁（無筋）である。本緩衝システムはソイルセメントによる荷重分散効果を期待することから、伝達衝撃力作用中心は擁壁の安定に最も不利となる擁壁天端から重錘径 1.25 m の高さとした。作用荷重は、実験結果より得られた最大伝達衝撃力 (2,025 kN) および換算荷重継続時間 (77ms) を用い、重心浮上量を算出する。また、図4には、本計算手法の妥当性を検証するために実施した三次元弾塑性衝撃応答解析の解析モデル図を示している<sup>2)</sup>。

表1に検討結果を示す。表には、重心浮上量算定式による計算結果と三次元弾塑性衝撃応答解析による数値解析結果を併せて示している。表より、計算重心高さは  $L_G + h_G = 1.801$  m (表中, C = A + B) となり、許容値である O 点から重心点 G までの距離  $r_G = 2.025$  m (表中, D) よりも小さいことから、本計算条件では転倒に至らない結果となる。

一方、数値解析による計算重心高さは 1.714 m となっていることから、提案の安定照査手法は数値解析結果と比較

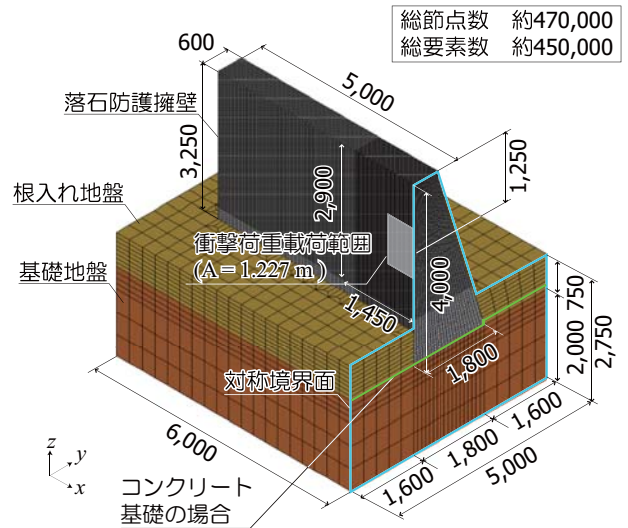


図4 数値解析モデル

して大略安全側に評価可能である。これより、 $E = 1,200$  kJ 程度の落石エネルギーの範囲内において、重心浮上量による安定照査手法は工学的に妥当であると考えられる。

3. まとめ

本研究では、ソイルセメントを用いた三層緩衝構造を設置した落石防護擁壁の設計法を確立することを目的として、実規模実験結果に基づき、転倒安定性に関する検討を行った。得られた結果をまとめると、以下のとおりである。

- 1) 本実験範囲内において、伝達衝撃力による力積は最大伝達衝撃力および換算荷重継続時間 77 ms により評価可能である。
- 2) 伝達衝撃力による力積を用いることで既往の重心浮上量による安定照査手法が適用可能である。
- 3)  $E = 1,200$  kJ 程度の落石エネルギーの範囲内において、提案の安定照査手法は数値解析結果と比較して大略安全側に評価可能であることから、工学的に妥当であると考えられる。

謝辞:

本研究は、国土交通省建設技術研究開発助成制度における政策課題解決型技術開発(中小企業タイプ)の援助により行われたものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 川瀬良司, 岸徳光, 今野久志: 二層緩衝構造を設置した落石防護擁壁の転倒安定性評価法に関する一検討, 構造工学論文集, Vol.50A, pp.1327-1336, 2004.3
- 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