

急傾斜地崩壊対策としての待受け擁壁設計荷重の設定に関する一考察

国土技術政策総合研究所 ○遊佐 直樹、松下 一樹、鈴木 大和、國友 優
日本工営株式会社 中島 祐一、中野 雅章

1 はじめに

急傾斜地崩壊対策における待受け擁壁の設計は、自重や裏込土圧に加え、崩壊土砂による衝撃荷重を考慮して、静的な荷重のつり合いにより安定性を検討することとされている¹⁾。そのため、一般的に崩壊土砂により待受け擁壁に作用する荷重の時間変化や地盤変形による作用は考慮されていない。

今後、待受け擁壁のより合理的な設計法を開発するためには、崩壊土砂の時間変化や地盤変形の影響を考慮した設計法の開発が必要となる。そのため、崩壊土砂により構造物に作用する衝撃荷重やその時間変化などの実態を把握するために室内実験により検討が行われている。一方で、実際の斜面で荷重波形を得ることは困難である。

そこで、室内実験の衝撃力の再現に実績のある²⁾個別要素法により、崩壊土砂の堆積形状を再現し、待受け擁壁および落石防護柵に作用した荷重を推定した。また得られた荷重を落石防護柵に作用させたときの変状を有限要素法により解析したので報告する。

2 検討手法

崩壊土砂により作用する衝撃荷重を推定するため、個別要素法により崩壊土砂移動解析を行った。解析は、詳細な計測データが残されている崩壊土砂の堆積形状(平成15年静岡県小坂赤坂地区³⁾)を再現し、待受け擁壁および落石防護柵に作用した荷重波形の

表1 解析パラメータ

項目	記号	単位	設定値	
重力加速度	g	m/sec ²	9.81	
解析時間刻み	Δt	sec	自動設定 (物性値に依存)	
粒子半径	r	m	0.1, 0.2※1 (同数で混合)	
粒子密度	ρ	kg/m ³	※	
粒子間ばね係数	法線方向	kn	kN/m	100
	接線方向	ks	kN/m	100
粒子-斜面間ばね係数	法線方向	kn	kN/m	1000
	接線方向	ks	kN/m	1000
粒子間摩擦角	ϕ	°	30	
粒子-斜面摩擦係数	f_{p-s}	-	0.2	
粒子-斜面回転抵抗係数	μ_r	-	0	
反発係数	e	-	0.5	

※1 1つの粒子が砂などの集合を表すものと考え設定

※2 土塊総重量が1800kg/m³×Vとなる様に調整

推定を試みた。崩壊土砂の3次元的な広がりの影響を考慮した解析とするため、崩壊地規模を反映させた3次元モデルを用いた。解析パラメータは、粒子径の大きさや混合割合、粒子回転抵抗係数、斜面と粒子の摩擦係数などを変化させ、待受け擁壁および落石防護柵への堆積形状が良好となる条件を試行して設定した(表1)。

得られた荷重波形を基に、有限要素法により落石防護柵の変形解析を行った。水平荷重の設定は、落石防護柵の間隔を考慮して単位奥行き辺りの荷重として、①防護柵の最下段(図2のH3)でピークとなる荷重、②防護柵の最上段(図2のH6)で荷重のピークとなる荷重を作成し、以下の2段階で解析を行った。

Step1: 崩壊土砂荷重①を漸増して載荷する

Step2: 荷重①から荷重②まで差分を漸増し載荷する

3 崩壊土砂移動解析結果

崩壊土砂は擁壁背面で幅29mで堆積していたが、解析結果では約33mとなった(図1)。断面図で確認をしても、堆積形状を概ね再現することができた。最も高く堆積した主断面(y=0m)と9m離れた断面で堆積深を比較すると、それぞれ約3m、約1.5mとなった。また、このときの擁壁および落石防護柵に

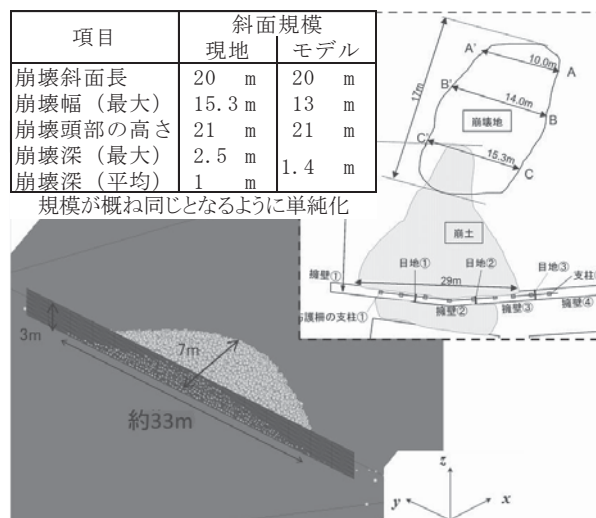


図1 解析結果

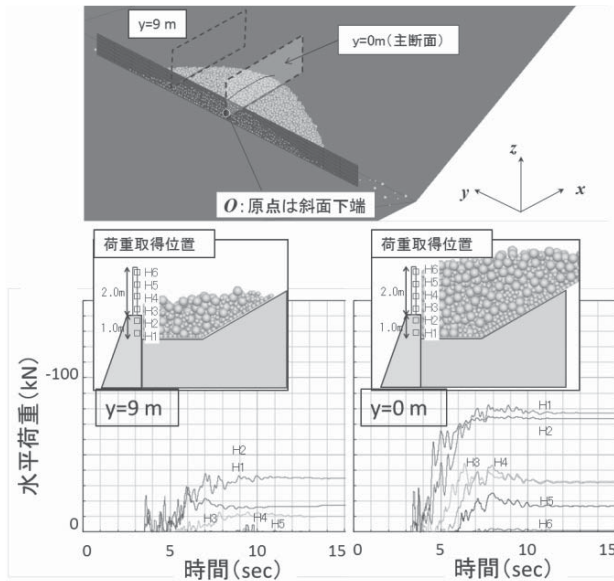


図2 構造物に作用する荷重波形

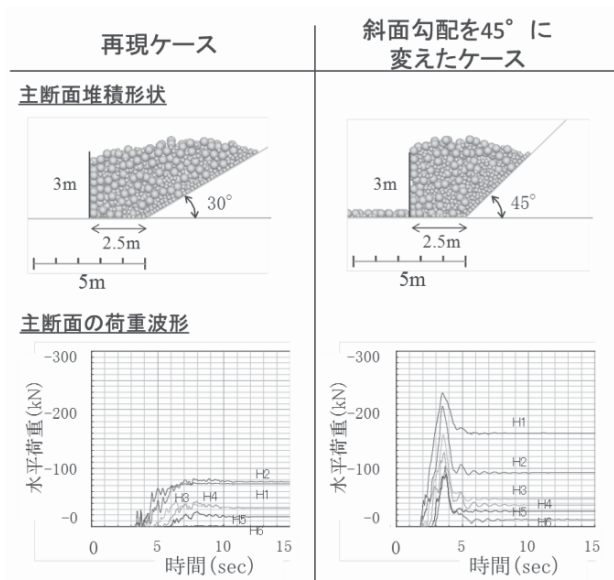


図3 勾配を変化させた時の荷重波形

作用する荷重を高さ方向に 50cm 間隔で取得した(図 2)。荷重の時間変化を見ると、待受け擁壁 (H1、H2) への到達時間は概ね同じであるが、落石防護柵の高さ (H3~H6) までの到達時間には差が見られる。崩壊土砂が中央から徐々に広がりながら堆積していることが確認される。また、 $y=9m$ では高さ 1.5m (H1~H3) までの堆積で主断面よりも小さい荷重となり、崩壊土砂の空間的なバラツキも表現することができた。

数値解析では、地形の条件変更が比較的容易であるため、斜面勾配を 45°に変更して同様に荷重波形を推測した(図 3)。再現ケースと比較すると、明瞭な

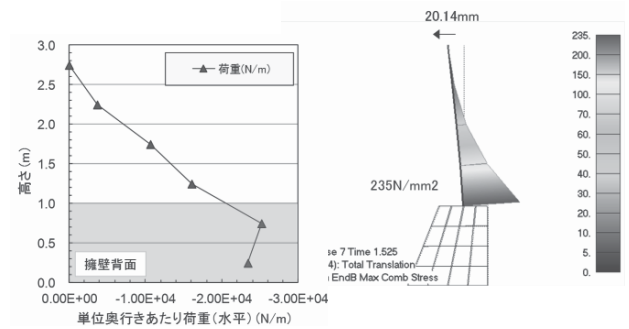


図4 作用荷重及び変形、曲げモーメント図

ピークが現れ、作用する荷重も大きくなる結果となった。再現解析の事例蓄積により検証が必要となるが、地形条件の違いに応じて荷重波形を取得することができた。

4 落石防護柵の変形解析

個別要素法解析で得られた荷重を基に、荷重を設定し解析を行った。step1 の荷重では、支柱は降伏に至らなかったが、step2 で 52.5% 載荷時に支柱の端部が降伏した(図 4)。現地の落石防護柵の破断状況と比較すると概ね一致しており、土砂移動解析で得られた荷重も概ね妥当な結果であったと考えられる。

5 おわりに

がけ崩れ発生時に崩壊土砂により待受け擁壁に作用する荷重波形を推定する手法の構築を目指し、個別要素法により検討を行い、以下の結論を得た。

- 堆積形状の再現結果から荷重波形を取得することができた。また、地形条件に応じて異なる荷重波形が得られた。
- 得られた荷重値で、落石防護柵の変形状況を概ね再現することができた。

そのため、個別要素法により堆積形状を再現し、荷重波形を推測する試みは有効であると考えられる。今後は、再現事例の蓄積や荷重波形と擁壁の変位に関する検討を行いたい。

【参考文献】

- 1) 全国地すべりがけ崩れ対策協議会:崩壊土砂による衝撃力と崩壊土砂量を考慮した待受け擁壁の設計計算事例、2004
- 2) 小山内ら:個別要素法を用いた流下土砂の構造物に作用する荷重に関する数値計算、平成 18 年度砂防学会研究発表会概要集
- 3) 内田ら:急傾斜地崩壊対策に用いられる待受け式擁壁の安定性、土木技術資料 48-5、2006