

斜面浸食への数値シミュレーションの適用について

(株)シーテック 正会員 ○前田 浩伸

1. はじめに

平成30年7月豪雨では、大規模な土砂災害や浸水被害が多く発生し、平成最大の豪雨災害となった。この豪雨災害は、雨量の記録に見られるように、広い地域で2～3日間の雨量が多く、48時間、72時間雨量の観測史上最大値を更新している。これらの短時間集中型の豪雨は、斜面に対し、浸透荷重を増加させ、斜面滑動を増加させる要因の1つと考えられている。

中部電力(株)管内では、山間地の送電鉄塔敷地付近における斜面崩壊状況を調べており、その要因として、豪雨によるものが最も多いと報告¹されている。このため、豪雨後の巡視・点検に重点を置いている。(株)シーテックでも、送電設備の維持管理に協力し中部電力(株)と一緒に取り組んでいる。

本稿では、斜面浸食対策として施工したRLマット²の効果を検討する上で必要になる浸食程度について数値シミュレーションを適用した事例を紹介する。

2. 斜面浸食状況および浸食対策例

豪雨による植生工が崩壊し雨裂が発生した例を写真1に示す。



写真1 雨裂ができた斜面浸食例

同現場に施工したRLマットによる浸食対策例を写真2に示す。



写真2 RLマットによる斜面浸食対策工

3. 数値シミュレーションの概要

数値シミュレーションには、汎用流体解析プログラムであるFlow-3D[®]を用いた³。ここでは、斜面浸食を以下に示す洗掘モデル⁴による数値シミュレーションを行った。

【洗掘モデル概要】

・巻き上げ

$$u_{lift,n} = 0.018 \cdot d_{*,n}^{0.3} (\theta_n - \theta_{cr,n})^{1.5} \sqrt{g d_n (s_n - 1)}$$

$$d_{*,n} = d_n \left[\frac{g(s_n - 1)}{\nu_f^2} \right]^{1/3}, s_n = \frac{\rho_n}{\rho_f}$$

ここに、 $u_{lift,n}$:粒子浮上速度、 θ_n :シールズ数、 $\theta_{cr,n}$:限界シールズ数、 g :重力加速度、 d_n :粒子径、 ρ_n :粒子密度、 ρ_f :流体密度、 ν_f :流体動粘性、添え字nは各粒径を示す。

・沈降

$$u_{settle,n} = \left[(10.36^2 + 1.049 d_{*,n}^3)^{1/2} - 10.36 \right] \frac{\nu_f}{d_n}$$

ここに、 $u_{settle,n}$:粒子沈降速度

・流砂量式(Meyer-Peter and Muller 式)

$$\phi_n = \frac{q_{b,n}}{[g(s_n - 1) d_n^3]^{1/2}}$$

ここに、 $q_{b,n}$:流砂量

・移動層厚

$$h_n = 0.3 d_n d_{*,n}^{0.7} \left(\frac{\theta_n}{\theta_{cr,n}} - 1 \right)^{0.5}$$

ここに、 h_n :移動層厚さ

・掃流流速

$$u_{b,n} = \frac{q_{b,n}}{h_n}$$

ここに、 $u_{b,n}$:掃流速度

4. 解析方法

斜面浸食のモデルとして一様勾配(15度)の斜面(幅10m 斜面長さ14m)を設定し、洗掘領域には六甲の真砂土の粒径⁵を参考に粒径の異なる4種類の砂礫を仮定した(図1参照)。浸食させる外力として解析モデルの斜面上段から一定量の水($\phi 1.5m$ の円筒形から流出)を

表1 解析条件

項目	内容
解析領域	X方向:10m
	Y方向:14m
	Z方向:5m
メッシュ分割	X,Y方向 0.1m均等分割
	Z方向 0.05m~0.1m分割 メッシュ分割総数=1,400,000
乱流モデル	RNGモデル
境界条件	解析領域外は流出境界
	斜面:固定(移動床)
	平面マット、RLマット:固定
粗度	移動床部: $d_{50}=4mm$
	平面マット、RLマット部:0.1mm

キーワード: 斜面浸食、浸食対策、数値シミュレーション、洗掘モデル、RL マット

〒455-0054 名古屋市港区遠若町3-7-1 Tel. 052-651-4074 E-mail: h.maeda@ctechcorp.co.jp

供給し、解析領域外に流出する時間も含め 10 秒間解析するものとした。表 1 に解析条件を示し、図 2 に解析モデルを示す。

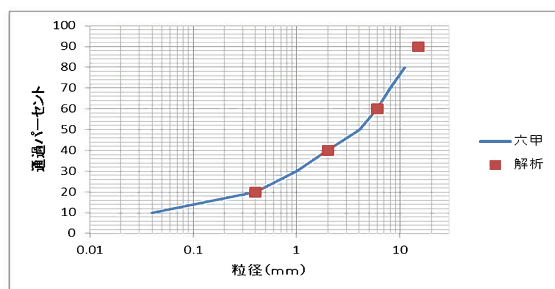


図 1 洗掘モデルで与えた粒径分布

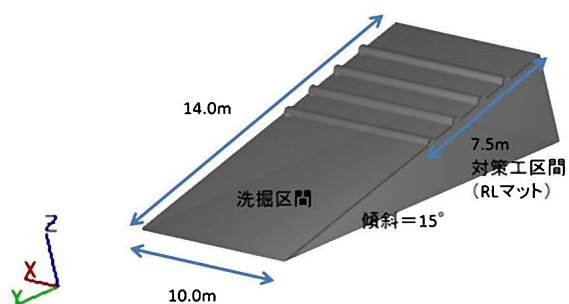
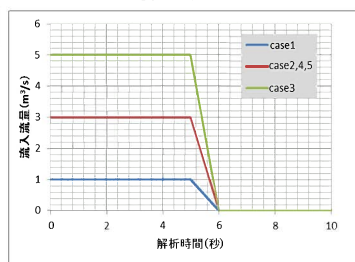


図 1 解析モデル図 (Case5)

解析ケースは、流量による浸食量の比較として 3 ケース行い、更に、斜面部の上半分に浸食対策として厚み 10 cm の平面マットを敷いた場合および厚み 10 cm の RL マットを模擬した場合の 2 ケースを加え計 5 ケースとした。表 2 に解析ケース、図 3 に本解析に用いた流量パターンを示す。

図 3 解析流量パターン

表2 解析ケース		
名称	流量(m ³ /s)	浸食対策
case1	1	なし
case2	3	
case3	5	
case4	3	平面マット
case5	3	RL マット



5. 解析結果

洗掘モデルの解析状況例を図 4 に示す。

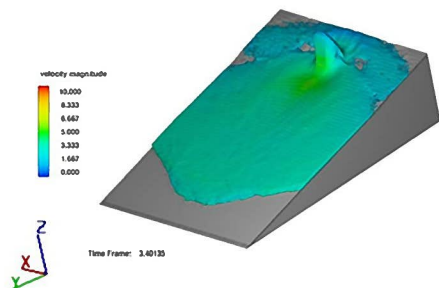


図 4 浸食状況 (Case2)

浸食の程度について、浸食率=浸食後の体積/初期体積×100 (%) とし、解析時間 10 秒までの浸食率および解析領域内における供給水の体積変化を時系列で比較した

結果を図 5 に示す。

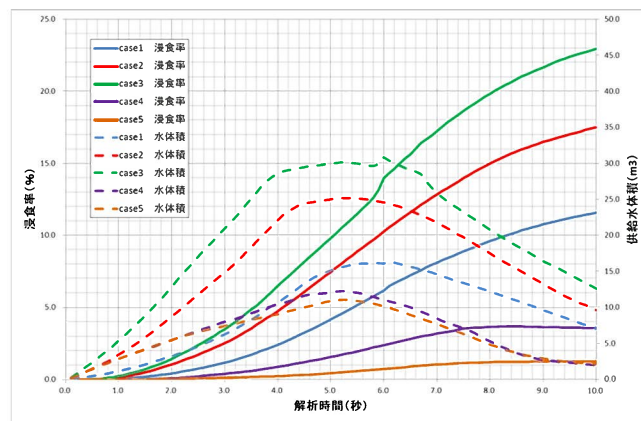


図 5 解析結果比較 (浸食時系列)

図 5 より、浸食率に着目 (case1,2,3) すると、供給量が大きくなるほど浸食率は高くなることが確認できた。また、浸食対策の有無に着目 (case2,4,5) すると水供給位置付近に不透性マットを敷くことにより、浸食率は大きく低下し、さらに RL マットでは、供給水の分水誘導により浸食率は抑えられることが確認できた。

また、供給水体積の時間推移において、浸食対策の無い (case1,2,3) 場合では、供給された水は浸食作用とともに解析内に滞留する時間が長り、浸食対策のある場合 (case4,5) では、供給水の解析領域内に滞留する時間は短くなる。対策工がある場合、供給水が早い時間帯から解析領域外に流出されることが確認できた。

6. まとめ

一様な斜面を用いた解析ではあるが、落水させる流量の違いによる浸食量の差を明らかにした。

浸食対策として平面マットを用いる場合も有効であるが、RL マットのように流水の分水誘導がある方がより効果があることを明らかにした。

7. 今後の課題

洗掘モデルによる検証事例の蓄積を継続して実施し、解析精度の向上に努めたい。また、実現像に近づくよう、降雨から再現し、斜面浸食が見積れるような解析モデルの構築の検討を行いたい。

参考文献

- 川島ら：送電鉄塔敷地の保全を目的とした斜面安定評価手法の研究、第 37 回地盤工学研究発表会、2002 年 7 月
- <http://www.necr.co.jp/publics/index/58/>
- 前田ら：流速計まわりの水の乱れについて (数値解析による検討)、土木学会中部支部研究発表会、2013.3
- Gengsheng Wei, James Brethour, Markus Grünzner and Jeff Burnham, "The Sedimentation Scour Model in *FLOW-3D*," Flow Science Report 03-14, © Flow Science, August 2014; revised October 2014
- 西田：マサ土の工学的性質とその利用に関する基礎的研究、京都大学、1971