修正 I-D 法による斜面崩壊予測精度向上に関する検討

国立研究開発法人防災科学技術研究所	正会員(○檀上 徹
鹿児島大学	国際会員	酒匂一成
立命館大学	国際会員	藤本将光
国立研究開発法人防災科学技術研究所	国際会員	石澤友浩
鹿児島大学	正会員	伊藤真一
立命館大学	国際会員	深川良一

1.背景と目的

筆者らのグループはこれまで,避難までのリードタイムを 確保するために,変位が生じるより前の現象である浸透に 伴う水分状態の変化や地下水位の動態に着目し,テンシオ メータによる斜面内の間隙水圧の計測を行ってきた.その 結果,Sako et al.¹⁾は,計測地点近傍で過去に崩壊した崩壊 深と同じ深さに設置したテンシオメータの計測データよ り,計測深さの水理水頭値が正値を示すとき(以後,飽和帯 と称す.)からの継続時間とその間の降雨量を整理すること で,崩壊の有無との関係についてまとめた.これらの成果か ら檀上ら²⁾は,斜面崩壊の適中数向上に向け,テンシオメー タによる飽和帯の計測結果を加味した,横軸に飽和帯が最 初に形成されてからの継続時間,縦軸にその間の平均降雨 強度を組み合わせた新たな雨量指標(以後,修正 I-D 法と呼 ぶ.)を提案した.本論文では,既往の雨量指標と比較する ことで修正 I-D 法の有用性の検証を行う.





2. 分析方法

本研究では,清水寺境内の奥之院後背斜面で,図-1 に示した位置にテンシオメータ(M 地点)および雨量 計を設置し現地計測を実施した.計測斜面近傍での過去の崩壊深度に基づき,テンシオメータの設置深さを1 mとした.本論文では,2004~2015年の計測結果を用い,水理水頭値が正圧(≧0.0 cmH₂O)を示す場合は 計測部付近に飽和帯が形成されていると想定した.なお,計測期間外については,Sako et al.¹⁾が定めた閾値 (1時間雨量 4mm/h 以上,累積雨量 7mm 以上)に基づき,飽和帯が形成されていると判断した.

修正 I-D 法 (方法 A) とは、飽和帯が形成されてからを分析対象とし、最初に飽和帯が形成されてからの継続時間とその間の平均降雨強度との関係を用いて、斜面崩壊の予測精度向上を目的に檀上ら ²⁾が提案した手法である.一連の降雨イベントで最初に飽和帯が形成された時点 t_0 ,任意の時点 t_i までの期間 ($t_i - t_0$)を"継続時間"と呼び、"平均降雨強度"は、継続時間における平均降雨強度 \bar{R}_i であり、図-2に示すように一連の降雨イベントの降り始めを「0」とした場合、平均降雨強度 \bar{R}_i は次式で表わされる.

$$\overline{R}_{i} = \left(\Sigma R_{t_{i}} - \Sigma R_{t_{0}}\right) / (t_{i} - t_{0}) \tag{1}$$

ここで、 R_{t_i} は任意の時点の時間雨量、 ΣR_{t_i} は降り始めから t_i 時点までの累積雨量、 ΣR_{t_o} は降り始めから t_0 時点までの累積雨量である.本論文の降雨イベントの定義として、降雨を確認してから無降雨期間が 12 時間継続するまでとした.同様に累積雨量も 12 時間無降雨でカウントをリセットして計算した.

キーワード 飽和帯,雨量指標,継続時間,降雨強度,斜面崩壊 連絡先 〒305-0006 茨城県つくば市天王台 3-1 国立研究開発法人防災科学技術研究所 TEL029-863-7588

比較する雨量指標として、土壌雨量指数と1時間雨量との関 係(方法 B),半減期 72 時間実効雨量と半減期 1.5 時間実効雨 量との関係(方法 C),累積雨量と1時間雨量との関係(方法 D),累積雨量と最大12時間雨量との関係(方法E),I-D法(方 法 F) を用いた. I-D 法と修正 I-D 法との違いは, 降雨開始から の分析をする点であり、図-2の模式図より、継続時間 ti, 平均 降雨強度 $\Sigma R_{t_i}/t_i$ として算出している.

方法 B の閾値は、計測点が位置する 5 km メッシュ内の土砂 災害警戒情報の判断基準線を用いた. 方法 A, C~F は、閾値が 定められていないことから、計測斜面近傍で過去に 4 件(No. 16,22,25,27)の斜面崩壊が発生したデータを用いて閾値を簡 易に設定した.

1930年以降の累積雨量が150 mm以上(12時間無降雨でリ セット)の30件の降雨イベント(表-1)を対象とし、計測期間 外の雨量データは、計測点から約5.5km離れた気象台(京都府 京都)のデータを用いた.図-3に対して閾値を超えたにも関わ らず崩壊が発生しなかった降雨イベントを空振りとし、閾値を 超えていないのに崩壊が発生した降雨イベントを見逃しと定義 した.

表-1 分析した降雨イベント

No.	年月日	累積雨量 ^{**} (mm)	計測場所	斜面崩壊の有無		
1	1930.6.25	171.2	気象庁 京都	無		
2	1932.7.1	163.2	気象庁 京都	無		
3	1935.6.29	369.6	気象庁 京都	無		
4	1938.7.5	266.4	気象庁 京都	無		
5	1941.6.28	224.9	気象庁 京都	無		
6	1953.6.5	215.0	気象庁 京都	無		
7	1957.6.27	202.8	気象庁 京都	無		
8	1959.8.12	316.5	気象庁 京都	無		
9	1960.8.10	245.6	気象庁 京都	無		
10	1960.8.29	187.3	気象庁 京都	無		
11	1961.6.23	409.0	気象庁 京都	無		
12	1965.9.16	219.2	気象庁 京都	無		
13	1967.7.9	269.7	気象庁 京都	無		
14	1968.8.17	172.0	気象庁 京都	無		
15	1971.9.6	247.5	気象庁 京都	無		
16	1972.7.12	220.5***	気象庁 京都	有		
17	1972.9.16	164.0	気象庁 京都	無		
18	1983.9.28	360.0	気象庁 京都	無		
19	1986.7.22	209.0	気象庁 京都	無		
20	1987.7.14	153.5	気象庁 京都	無		
21	1997.8.4	175.0	気象庁 京都	無		
22	1999.6.27	127.0**	気象庁 京都	有		
23	1999.6.29	211.0	気象庁 京都	無		
24	2010.7.14	233.5	気象庁 京都	無		
25	2013.9.16	292.4**	清水寺	有		
26	2014.8.10	243.6	清水寺	無		
27	2015.7.16	234.7***	清水寺	有		
28	2017.10.21	152.5	気象庁 京都	無		
29	2018.7.4	335.0	気象庁 京都	無		
30	2020.7.6	197.0	気象庁 京都	無		
12時間無隆雨でリセット *崩壊までの最大						

3. 結果と考察

表-2 に方法 A~F で分析した適中数,空振り数,見逃し数の結果を示す.その結果,修正 I-D 法が最も適中 数が高い結果となった.現行の基準 として気象庁が運用している土壌雨 量指数と1時間雨量との関係(方法 B)と比べ,見逃し数が大幅に減少し た. また, I-D 法 (方法 F) と比べて 正答数が高かったことから、斜面の 不安定化が始まる可能性の高い飽和 帯が形成されてからのデータを分析 することで,より崩壊と非崩壊の的 中精度が向上することが本分析によ り明らかとなった.以上のことから, 修正 I-D 法の有用性が確認できた.

参考文献

- Sako et al.: Slope Monitoring System 1) at a Slope Behind an Important Cultural Asset, Journal of Disaster Research, Vol.6, No.1, 2011.
- 檀上ら:地下水位計測結果を加味 2) した雨量指標による新たな斜面 安定性評価手法の提案, 土木学会 論文集 C (地圈工学), Vol. 77, No. 1, pp.87-102, 2021.



± ^	八七分田の仏白兆
- オマーノ	
FIA 6	

方法	適中数	空振り数	見逃し数
方法A:修正I-D法	24	6	0
方法B:土壤雨量指数-1時間雨量	21	6	3
方法C:72時間半減期実効雨量-1.5時間半減期実効雨量	16	14	0
方法D:累積雨量-時間雨量	6	24	0
方法E:累積雨量-最大12時間雨量	16	14	0
方法F:I-D法	20	10	0