

気候変動の影響を考慮した火山灰斜面の地盤災害リスク評価

室蘭工業大学大学院 学生会員 ○千田 侑磨  
室蘭工業大学大学院 正会員 川村 志麻  
室蘭工業大学工学部 鈴木 大貴

1. はじめに

北海道は、厳しい積雪寒冷気候下にあり、気候変動の影響が大きいと言われている。また、北海道は火山灰質土が広く分布し、地盤災害リスクが高い地域でもある。本研究では、平成 30 年北海道胆振東部地震で被害が多発した厚真川流域に分布する樽前降下火砕堆積物（Ta-d）を対象に、はじめに凍結融解が土質の物性に与える影響を明らかにした。次いで、将来気候における地下水位の変動をタンクモデルによる解析によって明らかにした。それらの 2 つの影響を考慮した極限安定解析を行い、当該地域の地盤災害リスクを評価した。

2. 研究方法

2.1 対象地域

対象とした地域は厚真町から苫小牧東港区近辺を流れる、流域面積 382.9km<sup>2</sup>、延長 52.3km の二級河川厚真川の流域である。図-1 に厚真川流域の概要図を示す。

2.2 使用データ

本研究では、気象庁の MRI-NHRCM20（気候変動予測モデル）の 20km 格子気象データを、千田ら<sup>1)</sup>が北海道全域を対象に 1km 格子毎に統計的ダウンスケーリングした高解像度のデータセット（以下、1km 格子 NHRCM20 と称す）を使用した。表-1 に NHRCM20 および 1km 格子 NHRCM20 の概要を示す。

2.3 凍結融解による影響評価手法

樽前降下火砕堆積物（Ta-d）を対象試料に、簡易的に凍結融解を与えた定圧一面せん断試験（不飽和状態）を行い、力学特性への影響を把握する。本試験では垂直応力  $\sigma_f=49\text{kPa}$  とし、地盤工学会基準に基づき試験を行った。ここで、簡易的な凍結融解として、せん断箱ごと供試体を水中に 12 時間水浸させ、常温で 1 時間の水抜きを行い、不飽和状態を再現する。その後、 $-20^\circ\text{C}$  以下でせん断箱ごと 12 時間凍結させ、常温で 12 時間融解させることを凍結融解履歴 1 回として、凍結融解履歴 1 回と 3 回の実験を行った。

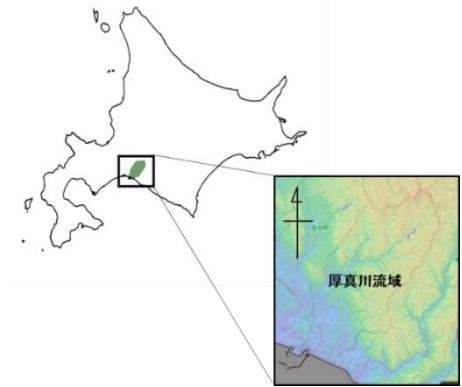


図-1 厚真川流域の概略図

表-1 NHRCM20 の概略

| MRI-NHRCM20→1km格子NHRCM20 |                      |                      |
|--------------------------|----------------------|----------------------|
|                          | 現在気候                 | 将来気候                 |
| 空間解像度                    | 20km→1km             | 20km→1km             |
| 対象期間                     | 1984.9～2004.8        | 2080.9～2100.8        |
| 対象予測シナリオ                 |                      | RCP8.5               |
| 海面水温パターン                 | HadISST              | SST3                 |
| 積雲対流スキーム                 | Yoshimura Scheme(YS) | Yoshimura Scheme(YS) |
| 気象項目                     | 気温、降水量、降雪量           |                      |

表-2 タンクモデルのパラメータ

| 流出係数 $q$ (h)   | 浸透係数 $I$ (h)   | 流出孔の高さ $L$ (mm) | 初期水深 $h_0$ (mm) |
|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| $q_1=0.0125$   | $I_1=0.00833$  | $L_1=40$        | $h_{01}=0.001$  |
| $q_2=0.004166$ |                | $L_2=15$        | $h_{02}=0.001$  |
| $q_3=0.004166$ | $I_2=0.004166$ | $L_3=10$        |                 |
| $q_4=0.00125$  | $I_3=0.00125$  | $L_4=5$         | $h_{03}=0.001$  |
| $q_5=0.000125$ |                | $L_5=0$         | $h_{04}=0.001$  |

2.4 直列4段タンクモデルによる地下水位の推定

現在および将来気候の各 20 年平均年間降雨水量が最大値となる年の夏季の降雨水量を入力値とし、直列 4 段タンクモデルによる解析後の各タンクの水位の和を地下水位として推定する。タンクモデルには CommonMP（Common Modeling Platform for water-material circulation analysis）の要素モデルと標準設定のパラメータを使用した。表-2 にタンクモデルの各パラメータを示す。

3. 研究結果

3.1 定圧一面せん断試験結果

表-3 に凍結融解回数  $N_c$  とせん断抵抗角  $\varphi_d$  の関係を

キーワード 極限解析, 気候変動, タンクモデル, 凍結融解, 地下水位  
連絡先 〒050-8585 北海道室蘭市水元町 27-1 TEL 0143-46-5282

表-3 定圧一面せん断試験結果

|                       | 定圧一面せん断試験<br>(不飽和状態) |      |      | CU試験 |
|-----------------------|----------------------|------|------|------|
| 凍結融解回数 $N_c$          | 0                    | 1    | 3    | 0    |
| せん断強さ $\tau_f$ (kPa)  | 65.3                 | 46.1 | 44.7 |      |
| せん断抵抗角 $\phi_d$ (deg) | 53.1                 | 43.2 | 42.4 | 42.5 |

示す。本試験では供試体直径に対する最大粒径が基準値よりも大きく、せん断強さを過大評価している可能性があるため、凍結融解によるせん断抵抗角の低減率 $\alpha$ を算出した。低減率 $\alpha$ については凍結融解0回のせん断抵抗角 $\phi_{d0}$ を基準とし、最小値となる凍結融解3回のせん断抵抗角 $\phi_{d3}$ の比率より、低減率 $\alpha=\phi_{d3}/\phi_{d0}=0.798$ を推定し、既往の研究<sup>2)</sup>における圧密非排水三軸試験結果でのせん断抵抗角 $\phi'_{d0}=42.5\text{deg}$ に低減率 $\alpha$ を乗じた値 $\phi'_{d3}=33.9\text{deg}$ を使用して、以下のリスク評価を行う。

### 3.2 タンクモデルによる解析結果

各気候20年間平均年間降雨水量が最大となる年のタンクモデルの解析結果を図-2、図-3に示す。日降雨水量の最大値について着目すると、現在気候と将来気候の差分は20mm程であるが、タンクの水位の和 $h$ については、現在気候で268mm、将来気候では328mm程度で差分は60mmとなり、日降雨水量の変化よりもタンクの水位の和 $h$ は大きく変動していることが確認できる。これは、将来気候の8月上旬において連続的な大雨が発生し、タンクの水位の和 $h$ が急激に増加し、下がりきらないためだと考えられる。

### 3.3 気候変動を考慮した斜面災害リスク評価

以上の結果から得られたせん断抵抗角 $\phi'_{d3}$ と地下水位 $h$ を用いて将来の斜面安全率 $F_s$ を評価する。ここで、対象とする樽前降下火砕堆積物(Ta-d)は物理試験結果より非塑性であることが明らかにされていることから、粘着力 $c_d=0$ と考え、また、平成30年胆振東部地震では、大凡の崩壊深さは約2.2mと推定<sup>2)</sup>されていることから $z_0=2.2\text{m}$ とする。図-4に結果を示す。現在気候の $h=268\text{mm}$ に対応する左端では、 $\beta=30\text{deg}$ の線が僅かに $F_s=1.0$ を上回っているが、将来気候の $h=328\text{mm}$ に対応する右端では、 $F_s=1.0$ を下回ることが確認できる。将来気候においては凍結融解による地盤のせん断抵抗角 $\phi_d$ の低下と、降雨水量の増加により、斜面傾斜が30deg程度での斜面災害リスクの増加が示された。

## 4. まとめ

得られたせん断抵抗角 $\phi'_d$ と地下水位の変動を安全率 $F_s$ に考慮することで、将来気候において凍結融解と地

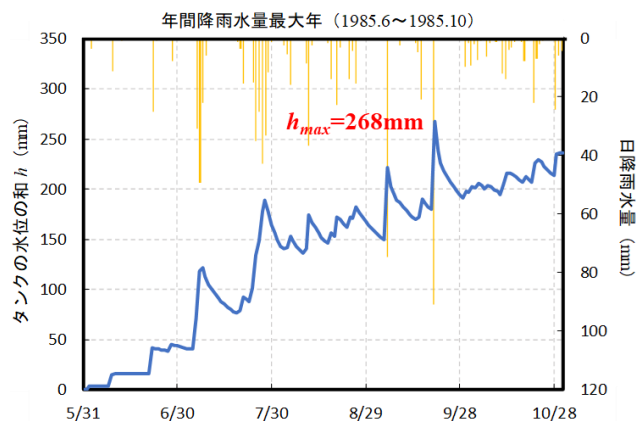


図-2 現在気候最大降雨年のタンクモデル解析結果

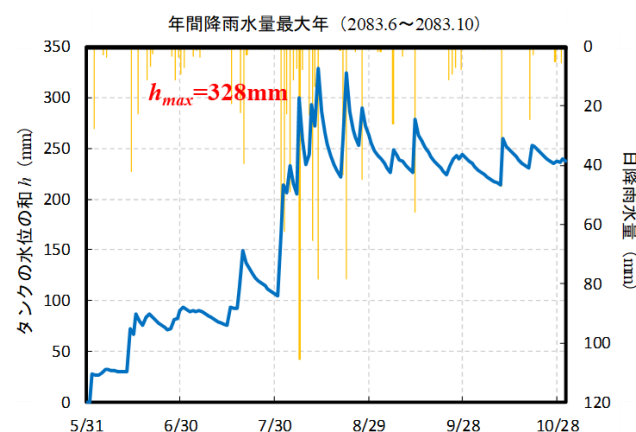


図-3 将来気候最大降雨年のタンクモデル解析結果

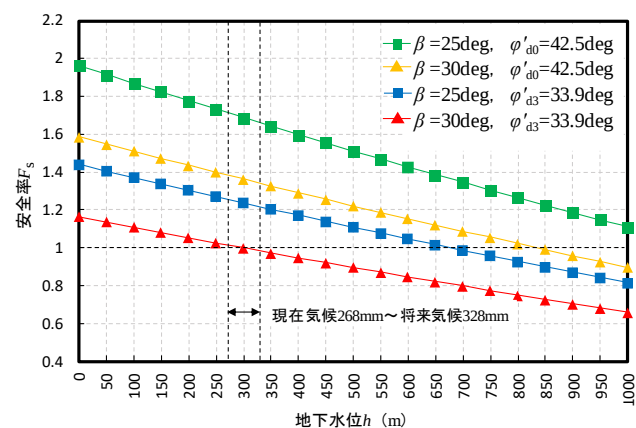


図-4 気候変動を考慮した斜面災害リスク評価

下水位の変動の影響により、斜面傾斜が30deg付近での斜面災害リスクの増大の可能性が示唆された。

**謝辞:** 利用したデータセットは、文部科学省委託事業により開発・運用されているデータ統合解析システム(DIAS)と気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)の下で、収集・提供されたものである。記して、深甚なる感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) 千田侑磨:平成30年度室蘭工業大学卒業論文,2019.3.
- 2) S.Kawamura et al., Soils and Foundations, Vol.59, pp.2375-2395, 2019.11.