

凍結地盤の融解時における強度変化に関する基礎実験

鉄道総研 (正)杉山友康 (正)布川 修 (正)斎藤善樹
 河島克久 飯倉茂弘 (正)太田直之
 国士舘大学 (正)岡田勝也 レイ・ミックソナルタツ 草野國重

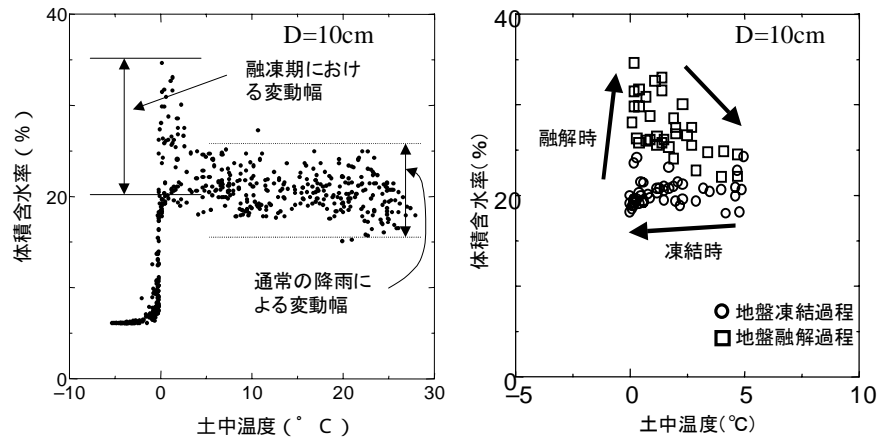
1. はじめに

寒冷地域で発生する春先の斜面崩壊は、多雪地域における融雪による影響によるものの他に、少雪地域でも凍結した地盤が融解し表層部分の地盤内の含水状態が高まる影響によるものも考えられる。しかし、凍結した地盤の融解時における土の挙動について計測された事例は少なく、その実態は明らかでない。そこで、筆者らは凍結した地盤の融解時の水分状況を明らかにする目的で、実地盤での長期観測を行ない、実地盤での融解時の土中水分挙動について報告した¹⁾。本稿では、凍結地盤の融解による地盤強度の影響を知るために、模型地盤の凍結融解実験を実施し、融解による強度変化を確認したので報告する。

2. 現地観測に基づく土の融解時の土中水分変化

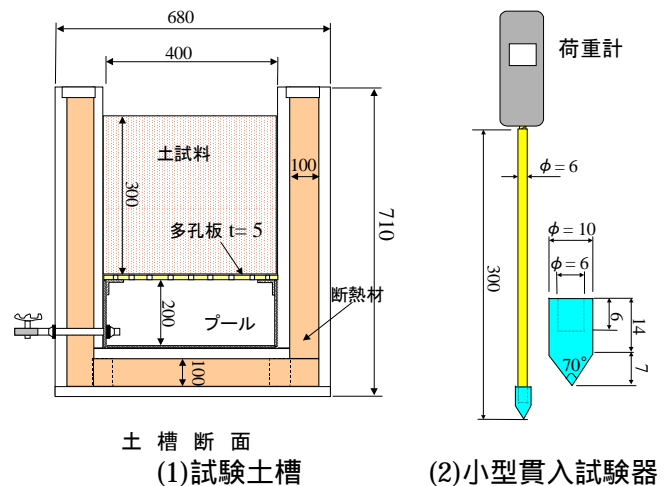
筆者らは、凍結地盤の融解時における土中水分挙動を知るために、北海道内でも比較的積雪量が少なく、地盤が凍結する気象条件下にある北海道内室蘭本線錦岡駅構内において2冬期間の観測を実施した¹⁾。

図1(1)は、土の体積含水率とその深度での土中温度の関係を示したものである。図は融解時において最も水分変化が大きかった地表面近くの深度10cmについて示したが、土中温度がマイナスになると体積含水率は急激に低下する。一方、土中温度 T が $0 < T < 5$ の範囲では他に比べると高い水分状態となっていることがわかる。土中温度 $0 < T < 5$ の期間は冬季初期および春季初期であり、この間のデータを冬季初期と春季初期とに分離して深度10cmについて同様に示すと図1(2)のようになる。図から地盤が融解する時期での体積含水率は20~35%の範囲で変動するのに対し、これ以外の時期での変動は15~25%の範囲であり、融凍期における体積含水率は通常の時期に比べて地表面付近の含水量が高くまたその変動も大きいことがわかる。



(1)全期間でのデータ (2) $0 < \text{土中温度} T < 5$ におけるデータ

図1 土中温度と度の体積含水率の関係



土槽断面 (1)試験土槽 (2)小型貫入試験器

図2 試験土槽と小型貫入試験器 単位:mm

キーワード：斜面崩壊、凍結地盤、含水比、融解、強度変化

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL 042-573-7263 FAX 042-573-7398

3. 融解時の土の強度変化に関する室内基礎実験

(1) 実験概要

凍結した地盤の融解時の強度変化を調べるため、小型の土槽（図2(1)）に構築した模型地盤を凍結・融解させ、融解時の強度を小型の貫入抵抗試験器（図2(2)）で計測する基礎実験を行った。小型土槽は可能な限り1次元的な凍結・融解を再現するために周囲を断熱材で囲み、土中深部からの水の供給を考慮して二重底となっているものを使用した。使用した土材料は火山灰質粘性土でその物理特性を表1に示す。実験ケースは表2に示すように、乾燥密度と底部からの水の供給をパラメータとして計4ケース実施した。

(2) 地盤融解による土の強度変化

図3に緩締め地盤でのケース2とケース4の融解時の強度分布を示す。模型地盤の融解は地盤表面部分から少しずつ深部に向かって進む様子がこの図から理解できる。

土槽底面から吸水の無いケース2の場合、凍結前の地盤の貫入強度は表面部分を除けば約50Nであり、融解初期の時点で表面付近がやや初期強度を下回るものの、地盤が完全に融解した時点ではほぼ初期状態に近い強度まで戻っている。一方底面から吸水したケース4では凍結前の初期強度が平均値で36Nであるが、完全に融解した時点では、27Nまで低下していることがわかる。ケース3,4では、凍結時に地盤底部からの水の供給を受けるために含水状態が変化していることが考えられる。そこで、凍結前の含水比と貫入強度と融解時におけるそれらとの比（融解時含水比 w_o / 初期含水比 w_i 、融解時強度 N_{so} / 初期強度 N_{si} ）をそれぞれ求めて両者の関係を示すと図4のようになる。なお、図の(1)は密締め地盤、(2)は緩締め地盤での結果を示した。図から、融解時には、一旦土の含水比の増加とともに強度が低下する状況が理解できる。すなわち、融解時の土の強度は地盤の含水状態に強く依存しているといえる。

4. おわりに

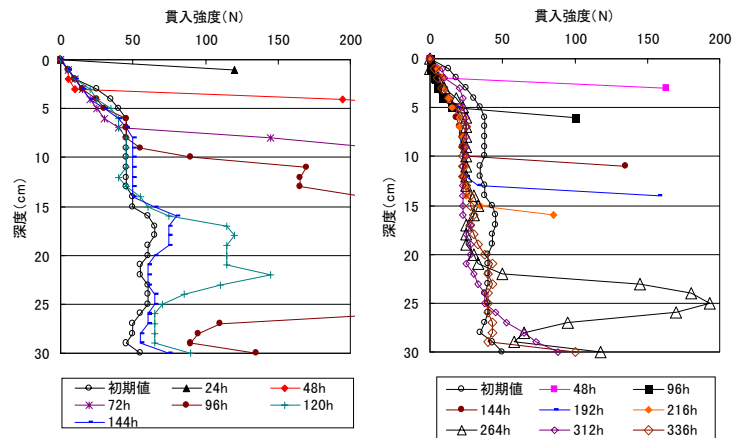
凍結地盤の融解時の水分変化挙動と模型実験による融解時の強度試験結果について報告した。今後この結果を基礎として理論的な考察も加えて地盤の融解時における斜面の安定性評価を進める予定である。

表1 試験資料の物理特性

土粒子の密度 ρ_s	2.768 g/cm ³
礫分	1 %
砂分	13 %
シルト分	52 %
粘土分	34 %
分類記号	(VH ₂)
最大乾燥密度	0.638 g/cm ³
最適含水比	108.3 %

表2 実験ケースと模型地盤の初期状態

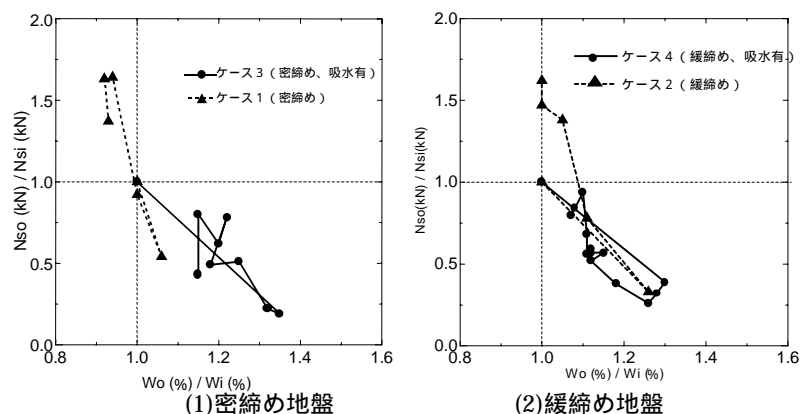
実験ケース	実験条件			冷却時間	融解時間	構築後の模型地盤の初期状態				
	目標含水比 (%)	締め状態	給水有無			含水比 w (%)	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	間隙比 e	飽和度 S_r (%)
1	90	密	無	96	144	91.6	1.256	0.655	3.226	78.6
2	90	緩	無	120	144	90.1	1.073	0.564	3.908	63.8
3	90	密	有	163	214	84.9	1.172	0.634	3.366	69.8
4	90	緩	有	163	336	87.5	1.097	0.585	3.732	64.9



(1) ケース 2

ケース 4

図3 地盤の融解時における強度分布



(1) 密締め地盤

(2) 緩締め地盤

図4 地盤の融解過程における含水比と強度との関係

[文献] 杉山他：凍結地盤の融解時の土中水分変化に関する現地観測，第37回地盤工学研究発表会，2002.7