

積雪寒冷地にある斜面の現地計測結果とその考察

- 室蘭工業大学大学院 正 会 員 川村 志麻
- 室蘭工業大学大学院 学生会員 ○ 五十嵐はるか
- 北海道大学大学院 フェロー 三浦 清一
- 北海道大学大学院 正 会 員 石川 達也
- 北海道大学大学院 正 会 員 横浜 勝司

1. はじめに

北海道では,積雪寒冷地特有の斜面災害が多発しており,その対策が急務となっている.本研究では凍結融解作用を受けている実斜面において,土壌水分計,テンシオメータ等の計測機器を設置し,積雪寒冷地にある斜面安定性評価法確立のための基礎データを収集している.

2. 対象斜面と計測器設置状況

計測地点は,伊達市南黄金町にある国道 37 号線沿いの高さ 23m,斜面勾配 40°程度の法面であり,コンクリート擁壁,軽量のり枠が既設されている¹⁾.計測機器は,層別沈下計,傾斜計,土壌水分計,テンシオメータ,温度計,降雨計,積雪深計であり,それらの配置平面図を図-1,計測器の断面図を図-2 に示す.なお,図中の付記した数値は設置深さを示している.対象斜面は,表層(深さ 20cm 程度まで)は裏込め土で,それ以深はシルト混じり角礫(強風化土)・凝灰角礫岩から構成されている.

斜面表層から採取した試料の示標特性を表-1 に示す.表より,常時においても自然含水比 w_n は液性限界 w_L にかなり近い値であることがわかる.このことは,この斜面は 1 年を通して表面水ならびに地下水の影響が大きいことを示している.

次に,当該斜面の気温(TA)・地温(TG)の変化を図-3 に示す.2008 年 12 月から 2009 年 3 月では凍結融解履歴は 44 回,2009 年 12 月から 2010 月 3 月ではそれは 41 回となっている.特に,2009 年度では 0 以下の凍結期間が 9 日間と長く,深さ 10cm 地点の地温においても 0 以下になっており,より厳しい気象条件となっている.写真は省略するが,この影響(凍結・凍上,融解)によって表層部分の隆起・流動が激しいことを現地調査においても確認している.

3. 計測結果と一考察

図-4 と図-5 は,夏期(2009 年 8 月 15 日から 2009 年 9 月 19 日)と冬期(2008 年 12 月 1 日から 2008 年 12 月 31 日)における気温・降雨の変化にともなう土壌水分の変化の代表例を示している.なお,図中の数値は設置深さを示しており,また土壌水分は体積含水率として整理している.夏期では,降雨時に土壌水分が上昇後,深さ 20cm までは急激に減少し,深さ 30cm 以降はゆるやかに減少する傾向が見られている.一方,冬期では凍結にともなう計器の誘電率低下の影響も含まれていると考えられるが,深さ 30cm

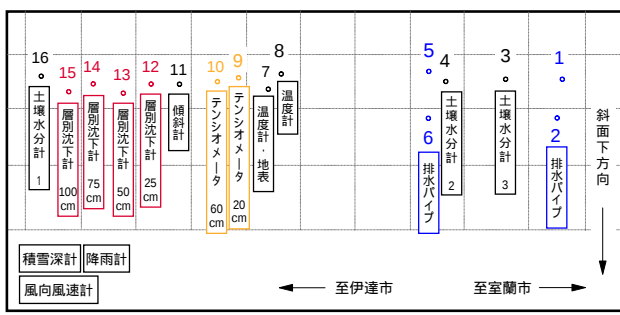


図-1 計測器配置平面図

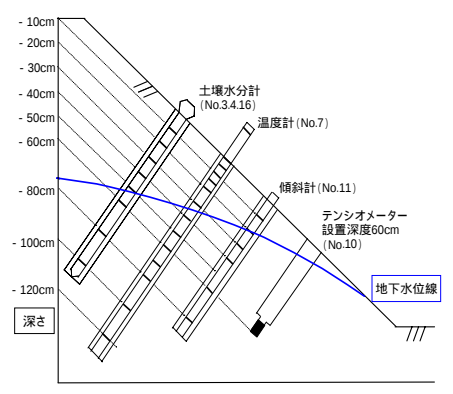


図-2 計測器配置断面図

表-1 示標特性

	自然含水比 w_n (%)	液性限界 w_L (%)	塑性限界 w_p (%)
土壌水分計1 表層	76.46	60.25	43.02
沈下計 表層	69.62	65.27	46.90
土壌水分計3 表層	75.26	56.80	41.36

土壌水分計1 設置点における 深さ方向の試料	深さ (cm)	w_n (%)	ρ_s (g/cm³)	ρ_{smax} (g/cm³)	ρ_{smin} (g/cm³)	D_{50} (mm)	U_c (mm)
裏込め土	0-20	64.07	2.59	1.09	0.827	0.30	5.25
	20-40	40.43	2.73	1.13	0.861	0.62	8.09
シルト混じり角礫 (強風化土)	40-60	45.77	2.78	1.04	0.810	0.70	7.58
	60-80	47.47	2.75	1.06	0.822	0.51	7.00
凝灰角礫岩	80-100	47.96	2.78	1.02	0.793	0.89	8.46
	100-120	52.69	2.79	0.960	0.752	0.72	8.17

キーワード: 凍結融解作用, 斜面安定, 現地計測

連絡先: 〒050-8585 室蘭市水元町 27-1, TEL 0143-46-5282, FAX 0143-46-5283

までの値は気温の変化にともない敏感に反応している。このことから、主に、夏期では降雨と地下水の、冬期では気温の変化を含む凍結融解の影響が大であると言える。

次に、テンシオメータによる斜面内の間隙圧の変化を示す(図-6参照)。深さ 60cm 地点では負圧から 0 程度の値を示し、深さ 20cm 地点の値は常に正圧を示している。このことから、計測斜面は常に飽和に近い状態であり、斜面表層部分において変状を起こす可能性が高いことがわかる。

このことを斜面の安定性の視点から検討してみた。図-7(a)と(b)はコンシステンシー指数 I_c と降雨との関係を示したものである。

I_c は土壌水分計の計測値から含水比を算出し、表-1 の w_L と w_p から求めている。図より、土壌水分計 1(No.16)と土壌水分計 3(No.3)とともに、深さ 20~30cm 地点のコンシステンシー指数が 0 に近い値を示していることがわかる。このことから表層から深さ 20cm~30cm 程度では、降雨によって、より不安定化に向かう可能性があることが伺える。

図-8 は、2 年間で生じた斜面断面方向の変位を示したものである。図より、変化量としては小さいものの、斜面下方に変位していることがわかる。特に、深さ 20cm~30cm 地点の変位量大きい。また、冬期(12月から3月)と夏期(4月から11月)の比較では、2008 年度、2009 年度ともに冬期の変位量が夏期のものより約 7 倍大きい。このことは、地下水や凍結融解履歴の影響と考えられるが、今後詳細に調査する予定である。いずれにしても、凍結融解履歴の影響は無視できないことが定性的に示された。

現地計測を通して、気象の変化にともなう土壌水分、間隙圧の変化を確認するとともに、土壌水分と斜面の不安定性を定量的に提示した。特に、斜面が受けている自然外力の個々の評価は、対象となる斜面によって種々変化することから、現地計測の重要性が改めて示された。今後は、斜面安定指標として、各種物理・力学指標の有用性について検討を進め、斜面災害予知に関する方法を提案する予定である。

参考文献: 1) 玉置和美, 安達譲二: 斜面現地計測に基づく降雨時の土壌水分の変化と排水パイプの影響, 第 45 回地盤工学研究発表会発表講演集, 2010.

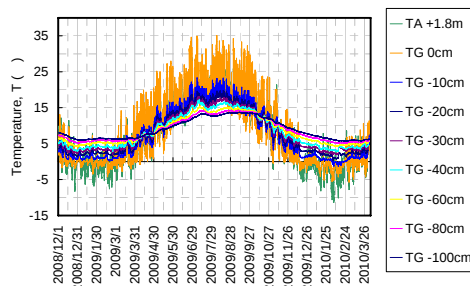


図-3 気温・地温の変化

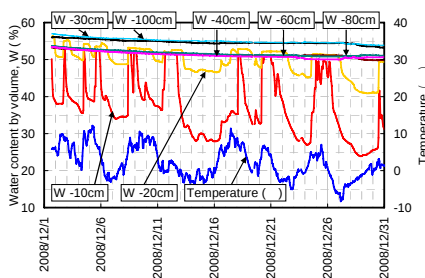


図-5 冬期における体積含水率と気温の関係

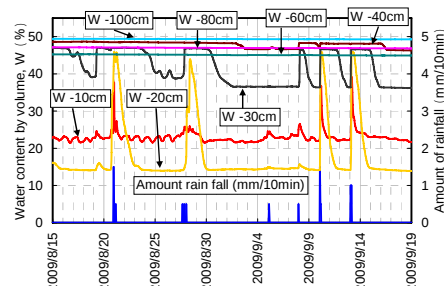


図-4 夏期における体積含水率と降雨強度の関係

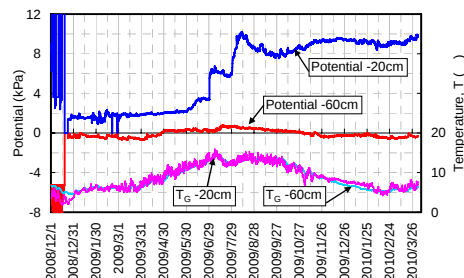


図-6 間隙圧と地温の関係

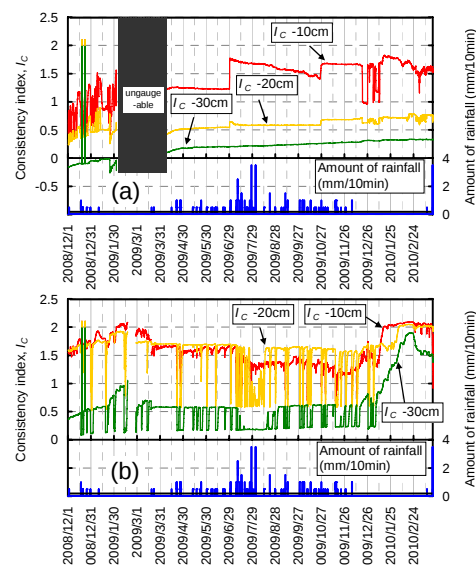


図-7 コンシステンシー指数と降雨の関係, (a) 土壌水分計 1 (b) 土壌水分計 3

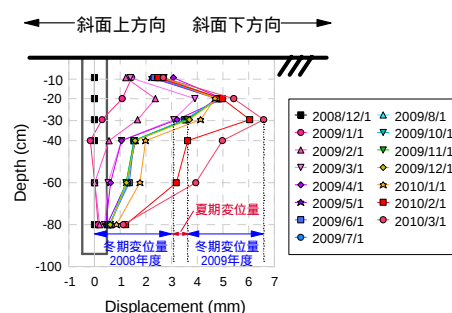


図-8 斜面断面方向の変位量