

融雪期盛土災害への安定解析の適用性の検討

土木研究所寒地土木研究所

正会員 ○山木 正彦

同 上

正会員 林 憲裕

同 上

正会員 林 宏親

1. はじめに

2012年5月と2013年4月の中山峠^{1),2)}における道路盛土の災害に代表されるように、北海道のような積雪寒冷地においては、降雨や地震のみならず、融雪水が一因と考えられる盛土災害が発生している。積雪寒冷地において融雪期もしくは融雪を考慮した盛土の照査法や対策手法を構築することは喫緊の課題であり、これらに資するべく融雪期における盛土災害の基本的なメカニズムを解明することは重要と考える。

本報では、積雪寒冷地における融雪期盛土災害メカニズムの解明を目的に、北海道で融雪期に変状が生じた道路盛土を対象に行った現地調査および安定解析の結果を考察とともに紹介する。

2. 対象現場と盛土材

対象とする現場は、2013年4月に路面に亀裂が確認された道路盛土(片盛土)である(写真1参照)。変状確認後の原因調査において得られた断面図を図1に示す。なお、地質図や地形図から該当区間には深い地すべりの分布が想定されるが、今回の路面変状が側溝～盛土小段1段目に限定的であることから、変状要因として地すべりと直接的な関係は無いものと判断されている。

盛土材は盛土のり肩付近(図1参照)で乱した試料を採取した。併せて同箇所トリプルチューブサンプリングを行い、盛土の原位置密度を把握している。なお力学試験は圧密排水三軸圧縮(CD)試験とし、原位置の乾燥密度 1.524g/cm^3 (締固め度 D_c で88%)で供試体を作製した後、飽和させ、有効拘束圧 20kPa 、 50kPa 、 100kPa の条件下で試験を行った。一連の試験により得た安定解析(後述)用パラメータを表1に示す。



写真1 対象現場の路面変状

3. 安定解析と考察

ここでは、盛土内への融雪水の浸入を想定した検討を行うため、円弧す

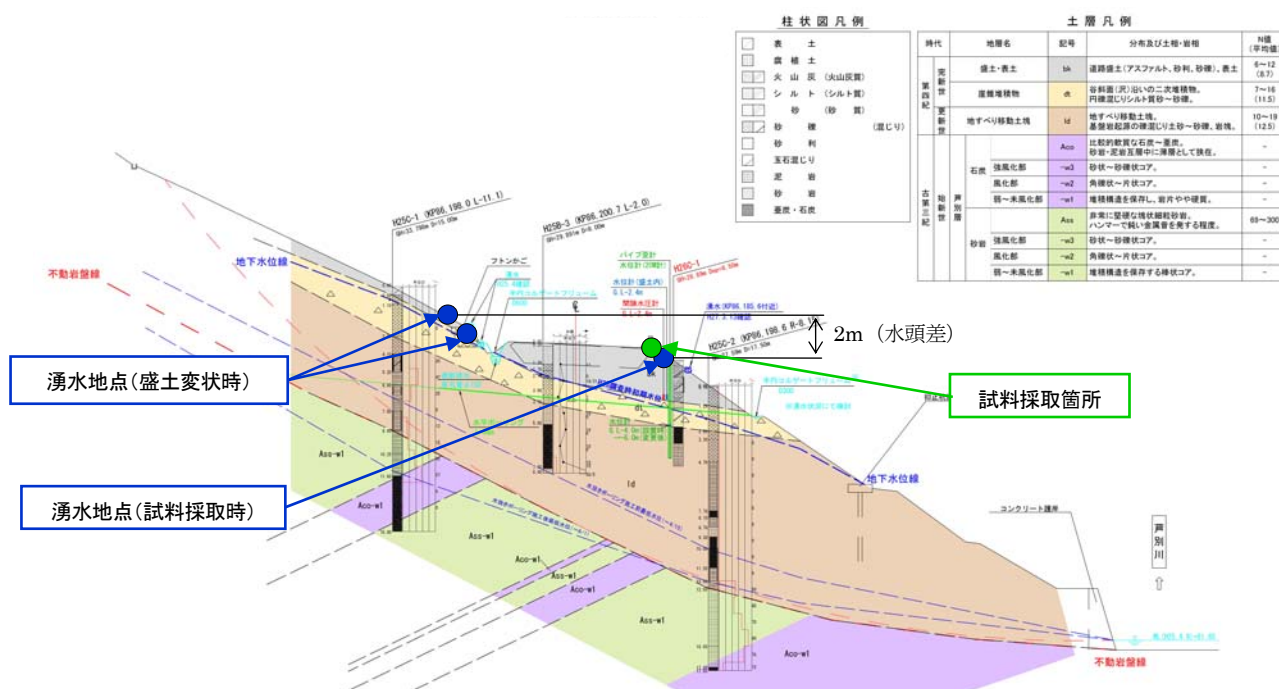


図1 調査対象とした現場断面図

キーワード 道路盛土 融雪水 安定解析

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34 TEL 011-841-1709

べり解析の中でも、水圧（水位）を考慮した円弧すべり解析に着目する。この解析手法（以下、本解析手法とする）は、通常、地震時の過剰間隙水圧の発生を考慮した円弧すべり面を仮定した安定解析手法³⁾であるが、寒冷地における冬期もしくは融雪期では、盛土のり面等に存在する雪氷や凍土により、通常の排水が行われない可能性があり、盛土内に過剰間隙水圧が生じることとも想定される⁴⁾。その水圧を融雪期の過剰間隙水圧とし、適用を試みる。

式(1)に本解析手法の安全率算出方法を示す。式(1)中の Δu は通常、地震動によって発生する過剰間隙水圧を表すが、ここでは地震動に限らず融雪期に生じる盛土内の過剰間隙水圧とする。

$$F_s = \frac{\Sigma(c \cdot l + (W - u_0 \cdot b - \Delta u \cdot b) \cos \alpha \cdot \tan \phi)}{\Sigma W \cdot \sin \alpha} \quad \dots(1)$$

ここで、

F_s : 安全率

c, ϕ : 土の粘着力 (kN/m^2) および内部摩擦角 ($^\circ$)

W : 分割細片の全重量 (kN/m)

l : 細片底面の長さ (m)

b : 細片の幅 (m)

u_0 : 常時の地下水位による間隙水圧 (kN/m^2)

Δu : 融雪期の過剰間隙水圧 (kN/m^2)

α : 分割細片底面の接線方向と水平面のなす角 ($^\circ$)

である。

初期水位は、盛土のり面で確認された湧水地点（図1参照）から仮定した。ここでは、水圧としては式(1)における Δu は0であり初期水位（水圧）として u_0 のみ作用している条件である。

図2に示す通り、現況のすべり安全率 $F_s=1.433$ となり、現況断面での盛土の安定性は確保されている。つまり今回湧水地点から仮定した融雪期における水位（想定としては比較的高い水位）において、盛土に変状は生じないという結果となった。しかし、現実には過去、対象とした盛土で変状が生じている事実があるため、盛土内には与条件以外に何らかの作用が働いていると考えることが自然である。

次いで、先述した現況水位に対し任意の過剰間隙水圧を作用させた場合の盛土のすべり安定性を検討した。盛土内の水位は先と同じ湧水地点をもとに設定し、その他盛土内の状態としては、地表面の凍結もしくは雪氷の影響により、盛土内の排水（水圧の消散）が十分には行われていない状態を想定したといえる。

図3に、過剰間隙水圧比をパラメータに実施した解析結果を示す。横軸に過剰間隙水圧 Δu 、縦軸は盛土のすべり安全率 F_s で整理している。図より、盛土内の Δu の上昇とともにすべり安全率が減少し、その過剰間隙水圧 Δu が 20kN/m^2 程度作用すると、盛土のすべり安全率 F_s が1.0となる。盛土変状時に確認されている地山の湧水地点と、試料採取時の湧水地点との水頭差は最大2m程度（図1参照）である。これは水圧で 20kN/m^2 に相当する。つまり、盛土変状時には $\Delta u=20\text{kN/m}^2$ 程度の過剰間隙水圧が盛土内に作用しており、盛土が不安定な状態であった可能性が考えられる。

実際に盛土内に 20kN/m^2 もの過剰間隙水圧が作用していたかどうか、凍土や雪氷の透水性はどの程度か、など更なる検証は必要であるが、本検討により、寒冷地における融雪期盛土災害のメカニズム解明に関しては、融雪水による盛土内の水位の上昇だけでは説明できないことが示唆されたといえる。

【参考文献】1) 尾留川晴好, 生出信二, 太田浩幸: 一般国道230号中山峠災害の最速復旧法, 国土交通省北海道開発局第56回北海道開発技術研究発表会, 2012. 2) 西村聡志, 尾留川晴好, 蛭澤秀則: 一般国道230号中山峠災害の復旧工事について, 国土交通省北海道開発局第57回北海道開発技術研究発表会, 2013. 3) (社)日本道路協会: 道路土工—軟弱地盤対策工指針, 2012. 4) 林啓二, 原靖, 松田圭大: 積雪寒冷地において盛土法面に発生する知られざる現象, 地盤工学会誌, Vol.63, No.4, pp.24-25, 2015.

表1 安定解析用盛土材パラメータ

単位体積重量		強度定数	
湿潤重量, $\gamma_t (\text{kN/m}^3)$	飽和重量, $\gamma_{\text{sat}} (\text{kN/m}^3)$	粘着力, $c (\text{kN/m}^2)$	内部摩擦角, $\phi (^\circ)$
18.0	19.3	7.0	31.0

最小安全率 $F_{s \min} = 1.433$
 円弧の中心 $X = 9.27 (\text{m})$
 $Y = 31.31 (\text{m})$
 半径 $R = 5.42 (\text{m})$
 抵抗モーメント $M_R = 506.8 (\text{kN} \cdot \text{m})$
 起動モーメント $M_D = 353.8 (\text{kN} \cdot \text{m})$

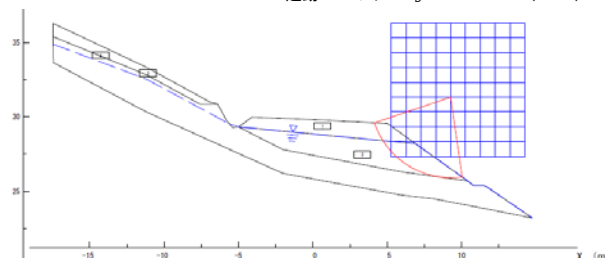


図2 初期水位を仮定した断面における解析結果

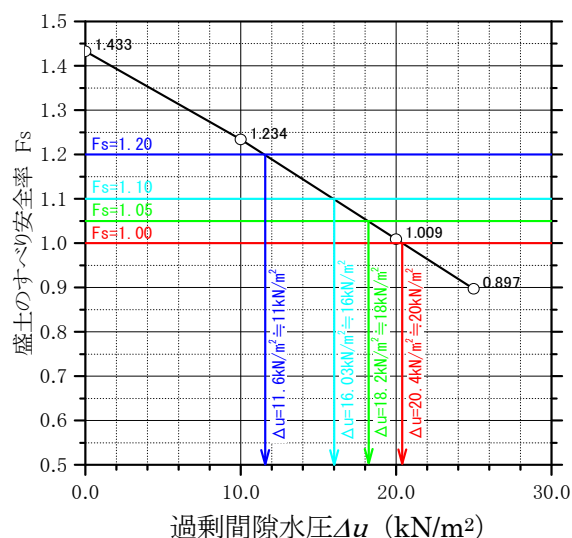


図3 盛土内の過剰間隙水圧とすべり安全率の関係