

切土法面における湧水、凍上対策について

釧路開発建設部 釧路道路事務所 第3工事課 ○安藤 彰
 第2工事課 高瀬 一隆
 寒地土木研究所 寒地地盤チーム 佐藤 厚子

一般国道392号の上茶路防災事業において、施工直後の切土法面から湧水が確認された。その後対策工検討最中に切土法面が凍上を起こし盤ぶくれ状態になり、表層崩壊を起こした。これらの要因を把握するため、地盤調査、動態観測、実大実験を行い数種類の工法比較を行い、現場条件、コストを総合的に比較して対策工を検討した（断熱植生＋法面用特殊フトンカゴ＋法面暗渠排水）。本発表では、要因把握、対策検討内容、実施効果までの報告を行う。

キーワード：湧水、凍上、法面、断熱

1. はじめに

一般国道392号白糖町のKP26,980～KP29,486区間は、地滑りが多数存在しており、平成10年ごろより活発化の傾向を示し毎年のように大雨による通行止めを余儀なくされていた。また、道路本体直近の茶路川による河川浸食の影響を受けていたため、別線ルートを計画し平成15年に事業化、平成16年度に工事着手、平成20年3月に供用開始を行った。本路線の役割として、釧根地域と他地域との物流は、主要幹線の一般国道38号が支えているが、災害等を受けた場合に当該路線が代替ルートとして釧根地域を支えている。また、北海道横断自動車道の本別ICへのアクセスルートとしても重要路線に位置付けされている。



図-1 上茶路防災箇所図



写真-1 上茶路防災箇所空撮図

2. 現地の地質・気候

(1) 現地の地質

地質構成は上位にシルト質砂岩、レキ混じり細砂から構成される段丘堆積物、その下位には泥岩から構成されており、透水・不透水層が明確に区分されている。

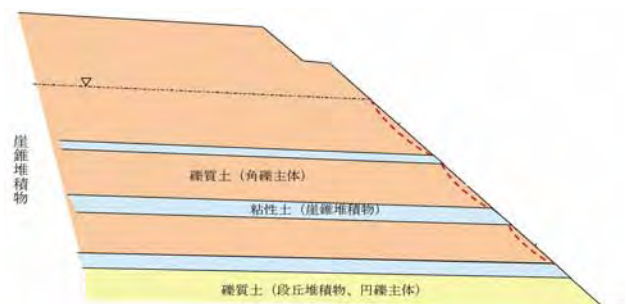


図-2 地質横断面

(2) 現地の気候

当該地区の気候特徴として、次の点が挙げられる。降水量は、年間平均を通じて8月～9月が最も多く、月平均170mm～180mmである。外気温は、最も低くなる2月の過去4年平均気温は-12.2℃となり、近年5年の凍結指数は500℃・daysである。（凍結指数・・・0℃以下の気温と日数の積を年間を通じて累計した値）

2. 凍上発生経緯

平成18年10月の低気圧降雨（日降雨量98mm）を受け、施工直後の切土法面から湧水が発生した。（写

真-2、写真-3) その後対策方針検討中に切土法面が凍上を起し盤ぶくれが発生した。写真からも見てわかるように、透水層から出てきた湧水が凍結、凍上を起し縦断方向に隆起している。また法面垂直方向にボーリングした結果、約90cmの部分で凍結を起こしていた。(写真-4、写真-5)



写真-2 施工直後の切土法面



写真-3 施工直後の切土法面



写真-4 凍上した切土法面



写真-5 凍上した法面から採取したコア

3. 要因把握

凍上を支配する要素として、①水②土質③気温の3要素が挙げられる。¹⁾ 当該地区に当てはまるものとして、①水は、地下水位が高く、背後地が集水地形であり、特に大雨が降ると面積の大きい段丘堆積物へ伏流水となり上位の泥岩層上部に対流することから凍上が発生しやすい状況にある。②土質は、凍上性判定をする場合に、0.05mm～0.1mmの粒径を含む土から凍上が起こり始め、最も凍上性が強い土粒子の粒径は0.005mm～0.002mmとされている。本法面の土質は、試料2個共に0.005mm～0.002mmの粒径を60%含んでいるため凍上性が高いことが判明した。²⁾ ③気温は、凍結指数が500℃・days以上になると凍結を起こすとされているが、2006年度は、凍結指数が400℃・daysでも凍上を起こした。これらより当該法面は、凍上要因が全て揃っており、凍上による法面変状が発生したと考えられる。また、文献より凍結指数が500℃・daysを超える場合には、何らかの対策を講じることが必要とも記載されている。³⁾

4. 対策工検討

本現場の凍上要因を基に凍上を起こす3要素(水・土質・気温)を現場でどのように改善できるかの検討を行った。

法面を凍上させないためには、凍上を支配する3要素のうち、ひとつ以上を取り除く必要があると考ええる。この3要素を取り除く方法として次に示す対策(概略)を検討した。

- 1案 集水井 (水)
法面用特殊フトンカゴ (土質)
- 2案 集水井 (水)
断熱植生工 (温度)

- 3案 水抜きボーリング (水)
法面用特殊フトンカゴ (土質)
- 4案 水抜きボーリング (水)
断熱植生工 (温度)

①排水対策

排水対策として、集水井と横穴ボーリングを検討したが、集水井は地滑り地帯に設置し、かつ工費が高価であり、維持管理コストが大きい。横穴ボーリングは前年度に試験施工を行ったが、あまり効果が見られなかった。このため、排水は法面暗渠排水工とした。

②断熱対策

緑化植物が法面の保温に寄与するとの報告⁴⁾があることから植生による断熱効果を検討した。内容は、木材チップ材を主な基盤材とする新技術工法を用いた。

③土質

本現場は切土法面であるために良質土への置換え、地盤改良等は不可である。そのため土質については法面用特殊フトンカゴにすることとした。フトンカゴは排水効果も期待できると同時に法面の表面を非凍上性材料に置き換える効果もある。

法面用特殊フトンカゴと法面緑化工法の断熱効果により法面暗渠排水工の機能を確保するため、施工厚さを求めることとした。断熱植生厚の決定に先立ち、現地土壌、木材チップ等を用いて、当該地区の平均凍結指数を用いて実大実験を行った。実験は(図-3、写真-6)に示すように現地の過年度平均凍結指数を用いて、外部断熱構造の試験枠に現地法面の材料を敷き、その上部にリサイクル緑化工法の基盤材を5cm、10cm、15cm、20cmで設置し上部から-20℃の冷気を与えた。

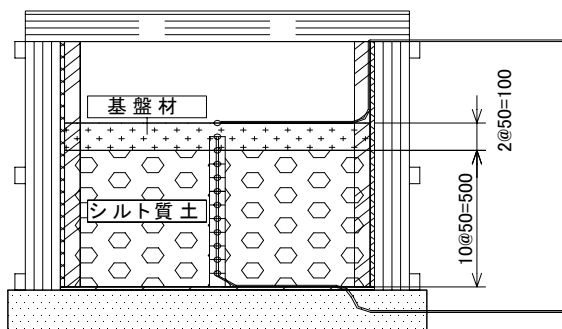


図-3 試験枠詳細図



写真-6 試験テナ内

実験結果より、吹付厚さ20cmを確保すれば植生のみで地山面以下が凍結を起こさないことがわかった。しかし、厚さ20cmの吹付実績が皆無であることやコストが非常にかかることを考慮した結果、厚さ10cmの場合、表層から25cmの面で凍結が止まっていたことから法面用特殊フトンカゴ面から10cmの吹付けを行うこととした。

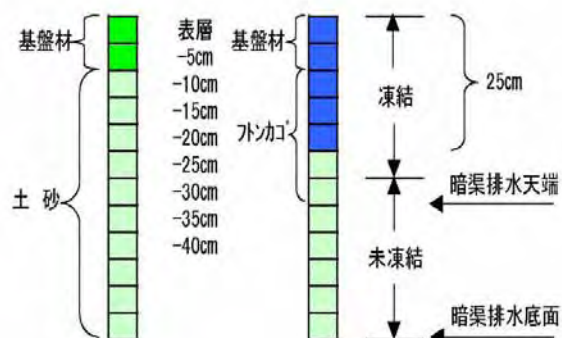


図-4 試験結果(抜粋)

断熱植生の発想の経緯として、道路設計要領にある切土法面設計フローに基づき既存の法面暗渠排水と法面用特殊フトンカゴを行うが、冬期間の湧水をいかに凍結、凍上させないかに着目した。従来の植生工にも断熱効果があるものと考えられるが、具体的に数値化されたものもなかったため今回の断熱植生工の発想に至った。また、本事業では、抜根物、苧払い枝が大量に発生するため、それらを積極的に使用することによりゼロエミッション、運搬処理費のコスト縮減にも有効であると考えた。これら検討結果を基に、対策案を次のように決定した。(図-5、図-6)

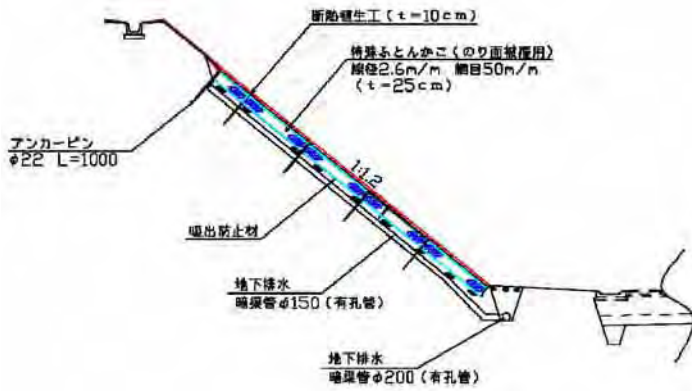


図-5 対策工標準定規図

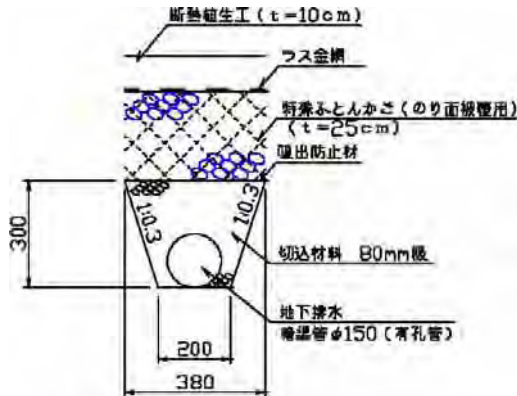


図-6 対策工標準定規図-2

6. 対策工実施

実際の対策にあたり、凍上した法面が施工厚さ（法面用特殊フトンカゴ+断熱植生工=35cm）より薄いことを確認した。写真に示すように、掘削した法面は乱れが無く、対策工が施工できると判断した。また、施工が冬期となったことから、施工中の法面暗渠排水面が凍結、凍上を起こしていないかの確認も行った。これらは施工、出来型を左右する重要な要素となると考えられた。凍結した状態で施工を行うと、融雪期の凍結融解により健全な排水機能を損なうことが懸念されたため、法面に対して防寒養生を行い、地山（地下排水工施工面）状態を確認しながら施工した。（写真-8、写真-9）



写真-8 防寒養生



写真-9 目視状況

(1) 対策効果確認

対策工実施後に、地下暗渠排水面が凍結、凍上を起こしていないかの確認を行うため、植生工下部の各点に地中温度計（熱電対）を設置した。（図-7）最も重要な計測点として、法面暗渠排水天端と、法面暗渠排水底面の点であると考えた。湧水は、冬期間も発生していることから、これらの点がマイナス気温に達していなければ排水機能は満足しており、植生工の断熱効果も発揮されていると判断できる。（図-7 温度計測定図）

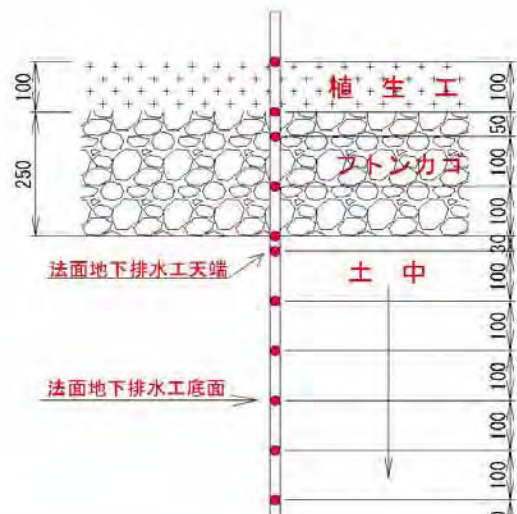


図-7 温度測定図

測定結果は、実験結果より約10cmほど多く凍結を起こしているが、考えられる要因として、施工年度の気温が例年より低かった事と思われる。しかしながら、法面暗渠排水底面ではプラス1℃近辺を常に保っており、それ以下の点では更に高い温度を保っている。また、施工後の目視調査でも変位は認められなかったことから、総合的に判断して当初に想定していた排水機能は満足していると判断した。（図-8）調査段階の法面への水平ボーリング結果では約90cmの凍結を起こしていたことから本対策工の断熱効果は発揮されている。

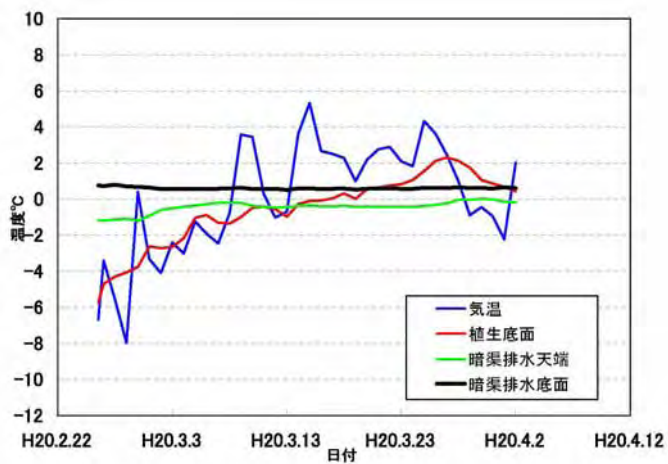


図-8 地中温度測定結果 (抜粋版)

8. おわりに

本件は、従来の対策工法に断熱という要素を加えることによって、より高い効果を発揮する対策工法として行った。工法としては施工実績が少ないため、今後も継続して追跡調査を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 土の凍結：その理論と実際—
平成6年6月 土質工学会
- 2) 地盤工学会：凍上量予測のための土の凍上試験方法(JGS 0171-2003)、凍上性判定のための土の凍上試験方法(JGS 0172-2003)、
2003. 11
- 3) 社団法人日本道路協会：排水工指針P168
- 4) 地盤工学会北海道支部：芝保護法面の凍結・融解過程における挙動と凍上被害対策
技術報告会第47号 2007年2月