

寒冷少雪地域における切土法面の設計・施工と保全問題

Design, Construction and Conservation of Cut Slope in the Cold Region with Less Snow Depth

宗岡 寿美 (むねおか としみ)

帯広畜産大学助手 畜産環境科学科

土谷 富士夫 (つちや ふじお)

帯広畜産大学教授 畜産環境科学科

武田 一夫 (たけだ かずお)

鶴鴻池組技術研究所 主任研究員

辻 修 (つじ おさむ)

帯広畜産大学助教授 畜産環境科学科

伊藤 隆広 (いとう たかひろ)

鶴鴻池組技術研究所 研究員

1. まえがき

近年、建設分野では、ISO など国際標準化への対応とともに性能設計の導入が進められている。このことは、単なる国際問題としての規制緩和にとどまらず、建設分野における設計・施工に対する考え方が、仕様規定から性能規定へと構造物の品質自体を重視する方向へシフトしてきたことを意味する。

北海道東部（とりわけ十勝地方）のように、寒冷かつ少雪の気候を呈する地域（以降、寒冷少雪地域）では、凍上抑制対策が以前よりとられてきたにもかかわらず、土木構造物の凍上被害は依然として頻発している。このように、従来の仕様規定では、設計段階から施工直後までの出来型管理を重視する一方、発注機関での検定後、あるいは会計検査後における品質自体の維持管理については次善の策がとられてきた（口絵写真—1～4）。

すなわち、寒冷少雪地域において土木構造物を設計・施工するには、実測データに基づく冬期の気候条件を十分にふまえた上で凍上抑制対策を抜本的に再検討する必要がある。同時に、施工後の長期的な維持管理を視野に入れた設計手法の確立が求められる。

本論文では、土構造物としての切土法面を検討対象とする。まず、寒冷少雪地域における切土法面の保全問題について概説する。さらに、法面方位の違いに着目した冬期の気象・地盤環境に関する調査結果をもとに、法面保全の見地からみた切土法面の設計・施工と保全上の問題について検討を加える。

2. 寒冷少雪地域における切土法面の保全問題

2.1 切土法面の設計・施工と現状

一般に法面を施工するとき、土質、法高さに対応した法面勾配が具体的な基準として仕様規定されている¹⁾。例えば、切土対象地山の土質が比較的密実であれば、法高さ5mまでは1割2分（1:1.2、およそ40°）の勾配で施工される。法高さが5m以上の場合には、5mごとに1段の割合で幅1.5mの小段を設けている。

また、切土法面では湧水に起因する侵食・崩壊の事例

が多く認められているため、施工中・施工後を問わず、現場のあらゆる条件に応じた排水対策が最も重要である。加えて、環境への調和という視点から、緑化・景観にも配慮した法面保護工が求められているなど、切土法面の設計・施工には留意すべき点が多い。

2.2 切土法面の設計・施工と保全上の留意点

寒冷少雪地域において切土法面を設計・施工するとき、植生工としての施工適期、融雪時期の法面雪崩に加えて、法面の劣化・崩壊を誘発する融雪・凍結融解時期の挙動など、保全上留意すべき点が多くあげられる。具体的には、小段の設置、法面勾配の緩和、法面保護工および地表・地下排水対策などを総合的に組み合わせながら、現地の実情を考慮した設計・施工により、これらの問題に対処してきた。

なかでも、標準法面勾配の緩和は有効な手段とされている。例えば、北海道横断自動車道（池田～阿寒）の設計に際し、寒冷少雪地域としての気候条件を考慮して切土法面の勾配を1:1.2から1:1.5に緩和した委員会の検討報告もある²⁾。

2.3 新たな問題提起

前述したように、切土法面を設計・施工するには一律な仕様規定が具体的に存在する一方、寒冷少雪地域では融雪・凍結融解時期の挙動に備えるべく、凍上抑制対策をはじめとするさまざまな対策がとられてきた。

しかし、法面の向き（方位）を考慮した設計基準・指針等は存在しない。寒冷少雪地域では、法面方位の違いにより冬期の気象環境も大きく異なるため、積雪/融雪状況や凍上被害の程度などにも経験的な差異が認められてきた^{3)~6)}。にもかかわらず、一連の土木工事で発生する切土法面は基本的に同一条件で設計・施工されている。このように、寒冷少雪地域における切土法面の設計・施工にはいまだ多くの問題が残されている。

こうした現状をふまえ、新たな問題提起として、法面方位の違いに着目した冬期の気象・地盤環境に関する調査結果について述べる。

3. 調 査

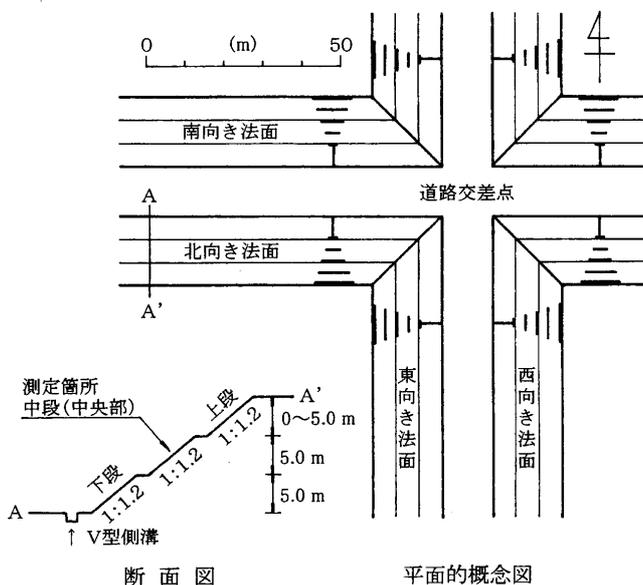
調査は、北海道十勝管内に位置する4方位（東西南北）の切土法面を有する町道交差点近傍において実施した。これらの調査対象法面は同一条件（場所・時期・工法）で施工された後、町道として供用されている。

図—1には、町道交差点および調査対象法面の平面的概念図と断面図を示す。これら4方位法面は、一般的な仕様規定により施工されたものであり、法高さ5mごとに幅1.5mの小段を有する3段の切土法面で、勾配は1割2分（1:1.2）である。また、ボーリング調査より、調査法面一帯は比較的密実（おおむねN値は40以上）な砂質系の土質である。しかし、凍上被害の危険性などを考慮して、植生工に加えて法面保護工が用いられた。各法面とも下段はコンクリート法枠、中・上段には軽量法枠（鋼製）が使用された。

このように、同一条件で施工された切土法面を対象として、方位の違いと冬期の気象・地盤環境との関係を具体的に調査することにより、今後、保全上の問題に新たな知見を得ることが期待できる。

これら4方位法面において、気温、地温および日射量の連続測定に加えて、積雪深および凍結深さを定期観測した。これらの測定位置は、除雪に伴う積雪（堆雪）の影響を回避するため、中段（中央部）を対象とした。まず、気温および地温（地表面付近）は1時間間隔で、日射量は10分間隔で連続測定した。また、積雪深および凍結深さについては1回/週の間隔で定期観測した。

このとき、温度計、日射計およびメチレンブルー凍結深度計は、法面の斜の方向（すなわち熱流）に対して垂直に設置し測定に供した。なお、項目により期間は異なるが、調査は1997～1999年度の中で実施した。ここで、1999年度とは1999年11月～2000年4月のことである。



図—1 調査対象法面の平面的概念図と断面図

4. 調査結果および考察

4.1 法面方位と冬期の温度環境

十勝地方の中央部（内陸部）は比較的寒冷少雪の気候を呈する。例えば、帯広測候所データ（平年値、1971～2000年）では、冬の凍結期間内における氷点下の温度の大きさとその継続時間の積で表される凍結指数は603°C·days、最大積雪深は37cmである。地球温暖化の影響により長期的には暖冬傾向を示してきたが、調査年度（近年）は比較的寒冷・多雪であるなど、寒さの程度は年度により大きく異なる。

ここでは、1998年度におけるデータをもとに、4方位法面における冬期の温度環境について示す（表—1）。

まず、気温、地温とも南向き法面でつねに高い。しかし、気温は北向き法面で最も低い一方、地温は西向き法面で最低になるなど、法面方位の違いにより気温と地温とは異なる傾向を示す。このとき、南向き・西向き法面における地温差（2.7°C）の方が、南向き・北向き法面における気温差（0.9°C）よりも3倍程度も大きい。

表—1 法面方位と冬期の温度環境（1998年度）

	東向き	西向き	南向き	北向き
凍結指数 (°C·days)	673	622	604	728
凍結期間 (days)	126	125	126	142
気 温* (°C)	-2.4	-2.1	-1.9	-2.8
地 温* (°C)	1.9	0.1	2.8	1.0

*測定期間(11～4月)の平均値

4.2 法面方位と積雪/融雪状況

1999年度における4方位法面の積雪深および根雪期間を示す（表—2）。

積雪深についてみると、東向き法面で最も大きく北向き法面でも比較的多雪である。一方、南向き法面では積雪深が小さく、西向き法面でも比較的小さい。

南向き法面は、ほかの3方位と比較して根雪期間が著しく短い。すなわち、長期的な堆雪の開始が遅く融雪時期も早いことを意味する。一方、東向き・北向き法面では根雪期間が長く、春先の遅い時期まで積雪が残っている。東向き法面では、風下側にある急斜面に形成される吹きだまり（雪庇（せっぴ））の現象が認められる。

表—2 法面方位と積雪状況（1999年度）

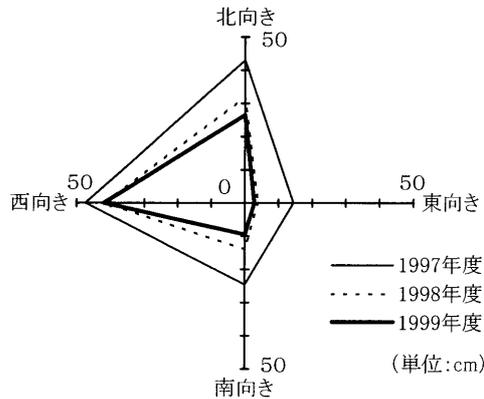
	東向き	西向き	南向き	北向き
最大積雪深 (cm)	>90	42	39	58
根雪期間* (days)	126	98	42	119

*定期観測(1回/週)に基づいて算出した期間

こうした積雪深や積雪/融雪時期の違いは十勝地方の内陸部において広範囲にみられる傾向であり、いわば経験的に知られてきた現象である（口絵写真—5～8）。

4.3 法面方位と凍結・凍上被害

4方位法面における最大凍結深さは（図—2）、観測



図一 2 法面方位と最大凍結深さ (1997～1999年度)

年度にかかわらず、西向き法面で最も大きく東向き法面では最小となる。また、4方位法面すべてにおいて、1997年度で大きく1999年度で小さい傾向が明らかであり、同じ方位の法面でも年度ごとに凍結深さは異なる。

このように、冬期の地盤環境に及ぼす法面方位の影響はきわめて大きい⁶⁾。

本調査法面を対象とした構造物の凍上被害の調査事例について若干紹介しておく^{4),5)}。まず、法枠の浮上がりについては、北向き・西向き法面で多くの被害が認められた(口絵写真一9,10)。一方、道路側溝上端部のひずみ量は北向き法面において顕著であった。

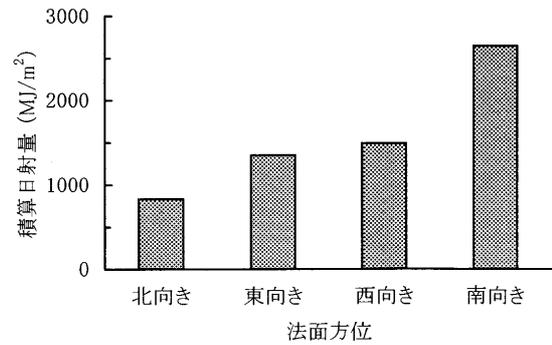
ここで注目すべきことは、気温が最低になる北向き法面や、地温が最低になり凍結深さが最大となる西向き法面など、冬期の気象・地盤環境が劣悪な両法面において構造物の凍上被害が顕著なことである。

4.4 法面方位と日射量

1999年度のうち1999年12月～2000年4月における積算日射量について示す(図一3)。

例えば、対面する2方位の法面で比較すると、南向き法面における積算日射量は北向き法面の3倍程度になる一方、東向き法面と西向き法面では同程度である。このように、法面方位の違いにより冬期の日射量は大きく異なる。

いま、南向き法面と北向き法面における冬期の気象・地盤環境の差異は明らかに日射量の差に起因する。一方、東向き法面と西向き法面では、日射量が同程度であるにもかかわらず積雪深の差が著しく、地温や凍結深さなど冬期の地盤環境に大きく影響を及ぼすものと考えられる。このため、両法面間では、日射量以外の因子(例えば降雪後の風速・風向)についても検討を要する。



図一 3 法面方位と積算日射量 (1999年12月～2000年4月)

5. あとがき

以上より、本論文では、冬期の気象・地盤環境に及ぼす法面方位の影響について実測データをもとに定量化した。しかし、ここに紹介した調査結果はごく一部である。今後、法面方位の違いを考慮した設計指針等を樹立し、現行の設計基準・指針等に適切な示唆を与えていくため、さらなる継続調査のもとに検討を加え、別途報告する予定である。

本調査の実施に当たり、現地観測などに多大な労力をいただいた帯広畜産大学畜産環境科学科土地資源利用学講座の各位に深謝の意を表する。

参考文献

- 1) ㈱日本道路協会編：道路土工一りの面工・斜面安定工指針，p. 138, 1999.
- 2) 日本道路公団札幌建設局帯広工事事務所：北海道横断自動車道(池田～阿寒)第2回凍害対策検討委員会報告書，p. 28, 1995.
- 3) 宗岡寿美・土谷富士夫・武田一夫・伊藤隆広：法面方位による積雪および凍結の変化—寒冷少雪地域における法面保全に関する研究 (I)—，寒地技術論文・報告集，Vol. 15, pp. 37～42, 1999.
- 4) 宗岡寿美・土谷富士夫・武田一夫・伊藤隆広：法面方位と構造物の凍上被害—寒冷少雪地域における法面保全に関する研究 (II)—，寒地技術論文・報告集，Vol. 16, pp. 302～306, 2000.
- 5) 伊藤隆広・武田一夫・土谷富士夫・宗岡寿美：道路法面の凍上害に及ぼす法面方位の影響，2001年度日本雪氷学会全国大会講演予稿集，p. 154, 2001.
- 6) 宗岡寿美・土谷富士夫・武田一夫・伊藤隆広：寒冷少雪地域における法面方位と土壌凍結について，土の凍結と室内凍上試験方法に関するシンポジウム発表論文集，pp. 137～140, 2001.

(原稿受理 2001.9.10)