

特殊ふとんかごによる凍上対策と植生緑化の現地試験・調査結果

土谷富士夫・了戒公利・久保博茂

1. はじめに

「特殊ふとんかご工法」は、のり面保護工の中のかご工のじゃかご工に分類され、雨水や浸透水によるのり面の侵食、表層の滑落・崩壊等の防止に加え、凍上対策工として凍上抑制や融雪期の表層崩落等の防止に活用できる「かご」を用いた工法である¹⁾。特殊ふとんかご工法の例を図-1に、施工例を写真-1に示す²⁾。

本報文は、「特殊ふとんかご工法」の凍上抑制・凍上被害防止機能の現場試験及び現地での長期観測結果、並びに環境調和・景観保全のための植生緑化の現地調査結果を報告する。

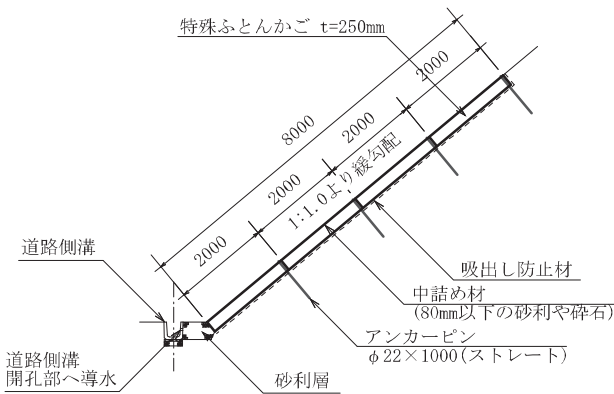


図-1 特殊ふとんかご工法の例 (単位: mm)



写真-1 特殊ふとんかご工法の施工例

2. 特殊ふとんかご工

特殊ふとんかご工は、柔軟性に富んだひし形金網を骨線パネル化したものを現場にて幅1m、長さ2m、高さ20~30cmの直方体のかご状に成型

し組立て、金網内に80mm以下の碎石や砂利を詰める。また、1m程度のアンカーピンを打設してずれ止めとされる。

特殊ふとんかごは、湧水や凍結融解作用が顕著な のり面・斜面全体に用いられることが多いが、土圧が作用するような地山が不安定な箇所には適用できない。また、浸透水対策や表層崩壊等の のり面保護工として使用される場合には1:1.0より緩い勾配で、凍上被害対策として用いられる場合には1:1.2より緩い勾配で使用されている。

3. のり面排水機能と凍上被害防止効果

3.1 のり面排水機能

特殊ふとんかごが のり面凍上や侵食に対策工として優れているのは、中詰め材の透水性が良好であるからである。その程度を明確にするため、図-2に示す傾斜勾配を1:1.5、1:1.2及び1:1.0に設定して定水位透水試験(JIS A 1218)を行った³⁾。

試験結果の透水係数を表-1に示す。透水係数は一般的な清浄な礫石の透水係数であり、良好な排水性を有していた⁴⁾。

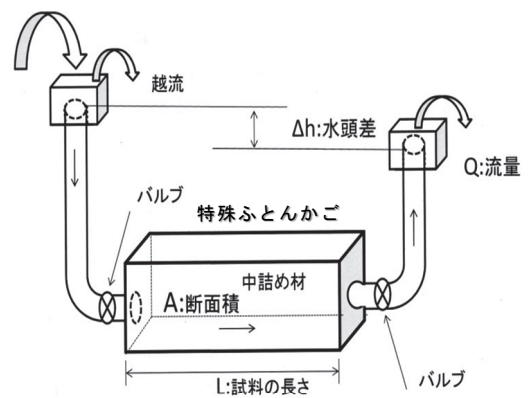


図-2 特殊ふとんかごの透水試験方法

表-1 特殊ふとんかごの透水係数k

傾斜勾配	透水係数 k (m/s)
1:1.5	0.084
1:1.2	0.088
1:1.0	0.089

3.2 凍上抑制・凍上被害防止機能

寒冷地帯では、斜面の崩壊の半数近くが凍上・凍結融解による（写真-2）ものである。融解期の斜面崩壊は、表層部分の比較的浅い位置での変状・崩壊と、のり面がえぐれた状態になる深い位置での崩壊がある。前者の浅い位置での崩壊は、図-3 に示すように土中に形成されたアイスレンズ（氷の層）が春季に気温の上昇とともに融解し、周囲の土壌の含水比が増加し、泥濘化状態になり土のせん断抵抗強さが著しく低下し、表層が滑落する⁵⁾。のり面保護工の対象は、主として表層崩壊である。

後者は、背面に地下水がある場合、のり面の凍土によって、地下水の水位が上昇し、水圧が作用するようになる。融雪期に凍土の厚さが薄くなり水圧に耐えられなくなった時に大規模な崩壊を生じる。したがって、のり面に湧水がある場合には、十分な排水対策が必要な方策となる。



写真-2 凍結融解による斜面の崩壊

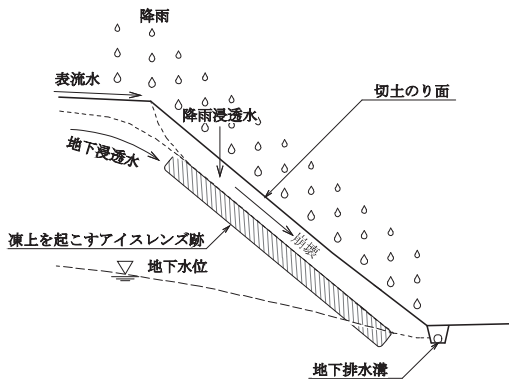


図-3 寒冷地における表層崩壊のモデル

特殊ふとんかご工は、前者の比較的表層での崩壊を対象としており、柔軟性に富む構造であることと中詰め材の重量により、厳寒期ののり面の凍上を抑制する。また、春先の融雪水を排水性の高い砂利層で速やかに排除し、泥濘化を抑制するとともにかご材と中詰め材によるかご体としてのたわみ抵抗性により融解時ののり面の崩壊の防止を図っている。

① 切土での現場実験

特殊ふとんかご工の凍上抑制機能を調べるため、2008年～2010年の2冬期にわたって北海道士幌町の切土のり面(両面)において現地凍上試験を実施した。

図-4 に凍上試験場の平面図を、写真-3 に試験場の全景を示す。

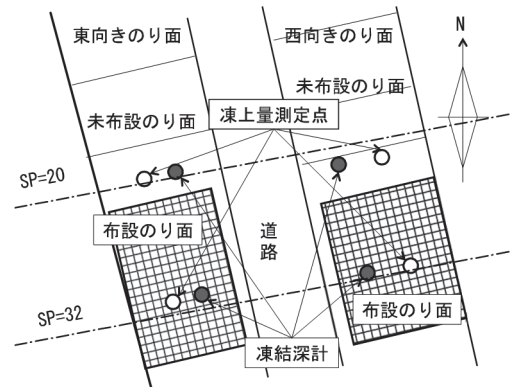


図-4 凍上試験場の平面図



写真-3 冬季試験現場全景

のり面土質の土性を表-2 に示す。

冬季の凍結指数は、2008年～2009年では560℃・daysで、2009年～2010年では680℃・daysであった。のり面の最大凍上量を表-3 に示す。いずれも、かご布設地点は凍上量が小さく、凍上が大きく抑制されている。

表-2 のり面土質の土性

土質	粘土分 (%)	シルト分 (%)	砂分 (%)
のり面土	11.7	26.7	62.7

表-3 のり面の最大凍上量

観測年	のり面の向き	凍上量(cm)		低減率 (%)
		布設面	未布設	
2008年～2009年	東向き	0.0	1.8	100.0
	西向き	0.0	4.5	100.0
2009年～2010年	東向き	1.8	2.5	28.0
	西向き	0.0	0.2	100.0

土研センター

② 盛土での現地実験

盛土での凍上抑制機能を詳細に調べるため、2009年～2010年の冬期、帯広市内で試験盛土を造成し、かごを布設したのり面と未施工ののり面の凍上量の計測を行った。

図-5 に試験盛土の断面図を、写真-4 に試験盛土の全景を示す。

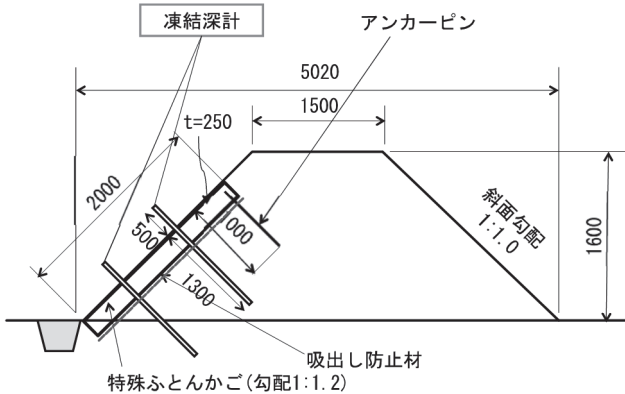


図-5 試験盛土の断面図



写真-4 試験盛土の全景

2010年～2011年の冬期気温の観測結果は、12月9日以降で日平均気温が0度以下、3月28日に日平均気温が0℃以上になった。この間の凍結指数は687℃・daysであった。

特殊ふとんかごの布設区と未布設区ののり面の凍上観測結果を表-4に示す。

同表から凍上量の低減率はのり尻より中間部のほうが大きい傾向にあるが、35～49%の低減率が示すように凍上抑制機能を示した。なお一般にはかごの厚さを増し載荷重が増加させると凍上量は指数的に減少することが報告されている⁶⁾。

表-4 凍上量(cm)観測結果の比較

観測年	測定位置	布設面 (cm)	未布設面 (cm)	低減率 (%)
2011年2月	中間のり尻	2.0	3.5	42.9
		3.5	5.6	37.5
2012年2月	中間のり尻	1.9	3.7	48.6
		4.2	6.5	35.4

③ のり面保護効果の施工現場調査

凍結融解時ののり面表層の崩落防止効果を施工後20年が経過したのり面で調査した。調査箇所は、芽室町西土狩の町道で写真-5に示すように未施工区ののり面は表層土の滑落崩壊を生じていたが、写真-6に示すようにかごの布設したのり面では20年以上経過しても崩壊が生じていなかった。



写真-5 未施工区ののり面



写真-6 かご布設後20年経過後ののり面

4. 環境調和のための緑化

のり面保護工は、自然石を主要材料とし、通常比較的規模が小さいため修景緑化を行わなくとも違和感が少ないが、施工箇所によっては緑化が必要とされる場合がある。そこで、緑化工と併用した場合の植生の効果を施工現地で調査した。

調査した現場は、道東自動車道上り線の下トマムで、厚さ25cmの特殊ふとんかごを用い、かご内に中詰め材は厚さ19cm、中詰め材上に張芝を二重に積層し、上蓋パネルを芝押えとして機能させ緑化を図った。断面図を図-6に、5年経過した現場状況を写真-7に示す。

調査結果によれば、表土流出は見られず、張芝は定着している。長期的にのり面保護、植生の成立がなされると考える。

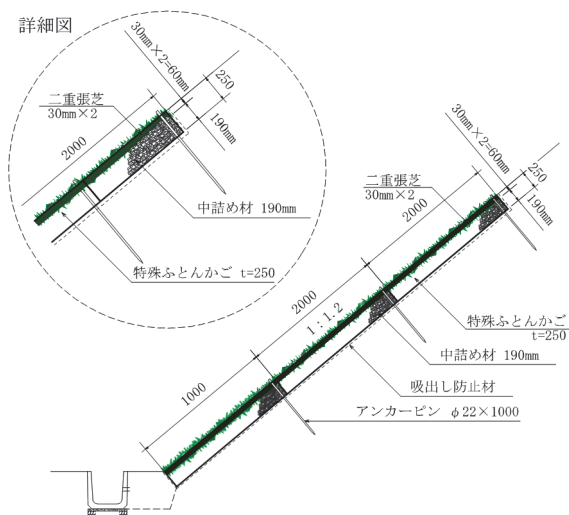


図-6 二重張芝による緑化断面図



写真-7 二重張芝による緑化（施工後5年経過）

5. まとめ

かご工はわが国では長く伝えられ発展してきた施工法であり、屈撓(くつとう)性、多孔性、透水性を有し、また、特殊な機材を使用せず、現地ですぐに組立てができるのり面保護工である。特に、特殊ふとんかごは雨水や浸透水の排水を促し侵食を防止する。また、寒冷地の厳寒期の凍上を抑制し、春期の融雪水の浸透を速やかに排水するのり

面保護工として優れており、その特性を本報では現場の試験等で明らかにした。

また、二重張芝による修景緑化が可能であることを現場施工例で示した。

このほか紙面の都合で報告できなかったが、優れた排水機能を有するのり面保護工及び融雪期に発生するのり面滑落の防止としての凍上抑制・凍上被害対策工として、3000件近くの施工実績がある。その中には施工後30年間に経過したものもあり、一定の耐久性を有している。また、緑化については客土して張芝緑化や厚層基材吹付けによる緑化も施工されている。

なお、本文は、特殊ふとんかごに関して、平成27年に一般財団法人土木研究センターより、建設技術審査証明(建技審証 第1502号)を取得した、排水機能を有するのり面保護工「FM式ドレンかご工法」²⁾を参照して取りまとめた。

参考文献

- 1) 日本道路協会:道路土工 切土工・斜面安定工指針(平成21年度版)、社団法人日本道路協会、pp.87~104、186~187、300~301、2008
- 2) 建設技術審査証明報告書:排水機能を有するのり面保護工「FM式ドレンかご工法」、一般財団法人土木研究センター、2015
- 3) 社団法人地盤工学会:土質試験-基本と手引、丸善株式会社出版事業部、pp.91~102、2005
- 4) 社団法人地盤工学会:地盤材料試験の方法と解説、地盤工学会、p.450、2009
- 5) 土谷富士夫:土の凍上災害と寒さ利用、地盤工学会北海道支部技術報告書、第38号、pp.75~82、1998
- 6) Konrad J.M.: Effect of applied pressure on freezing soil, Can. geotechnical Journal pp.482-491、1982

土谷富士夫



帯広畜産大学名誉教授、
農学博士
Dr.Fujio TSUTIYA

了戒公利



(一財)土木研究センター技術
研究所地盤・施工研究部長、
工学博士
Dr.Kimitoshi RYOKAI

久保博茂



富士金網製造(株)開発企画部長
Hiroshige KUBO