

岩盤風化を伴う道路路床の合否判定に関する研究

北海道開発局 釧路開発建設部 道路第1課 高橋 克也

1、はじめに

釧路外環状道路のうち、別保工区は古第三系の砂岩および泥岩からなる岩盤の切土を主体とする工区である。

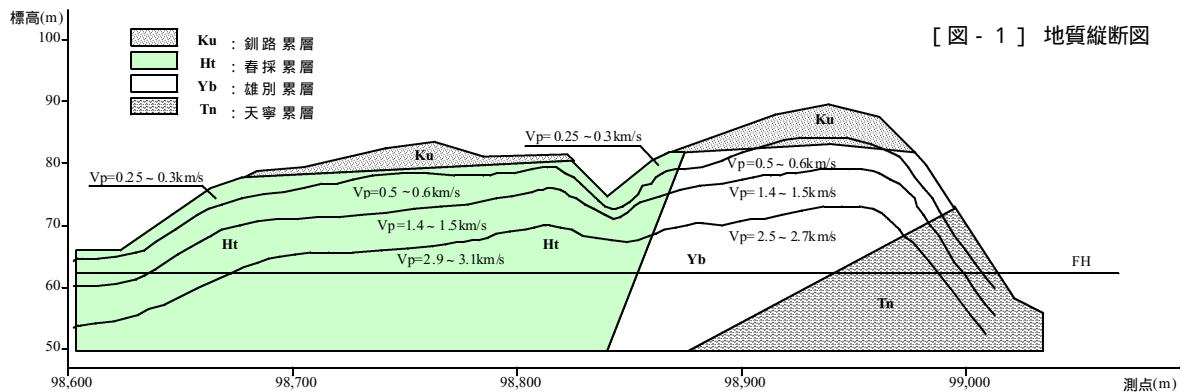
路床が岩盤となる場合、凍上および風化に対する判定を行う必要¹⁾があるが、岩盤の凍上性を簡易に判定するための指標は示されておらず、個々に凍上試験等を行い対処している。その結果、凍上のおそれがない岩盤路床として扱うことが出来れば、舗装厚の低減による現場作業の軽減および大幅なコスト縮減が期待される。

本研究は、岩盤の凍結融解や乾湿の繰り返しによる凍上性の变化など凍害に対する岩盤の性質を把握し、岩盤を直接、路床として用いる場合の判定指標と、合理的な設計とするための舗装構成などを検討した。

ここでは、岩盤路床としての合否判定のために行った岩盤の凍結融解試験および凍結融解後の試料を用いた凍上試験等の結果と、判定結果等について報告する。

2、対象現場の地形地質

調査地点は、釧路市東部の丘陵地で道路建設中の切土掘削面である。施工前の調査および既存資料²⁾による推定地質構造を図 - 1 に示す。地質は、地表が第四紀釧路累層の未凝固火山灰質の礫・砂・泥からなる層で構成されている。釧路累層の下には、古第三紀の春採累層、雄別累層、天寧累層がほぼ縦構造で存在している。今回調査対象とした岩盤は、春採累層と雄別累層の砂岩および泥岩である。



3、調査試験概要

試験は、調査地点において原位置試験と、そこで採取した岩片について室内試験を行った。試験の項目と数量を表 - 1，計測した基本物性値を表 - 2 に示す。

試験方法は、表 - 1 に示すように基準がある試験については、その基準に準じて行った。

試験方法が明確に決められていない凍結融解試験と凍結融解凍上試験については、以下の試験方法によった。

[表 - 1] 試験数量表

項目	仕様	春採層		雄別層	
		砂岩	泥岩	砂岩	泥岩
凍結融解試験	-	6	6	6	6
超音波伝播試験 (凍結融解)	地盤工学会準拠	6	6	6	9
圧縮強さ試験 (凍結融解)	JISM0302	6	6	6	12
凍結融解凍上試験	-	6	6	6	12
圧縮強さ試験 (基本物性)	JISM0302	3	3	3	6
超音波伝播試験 (基本物性)	地盤工学会準拠	3	3	3	6
比重吸水試験	同上	1	1	1	1
乾湿繰り返し試験	KODAN111	3	3	3	3
乾湿繰り返し凍上試験	同上+凍上試験	3	3	3	3
原位置	シュミットハンマー試験	1	1	1	1
	簡易弾性波試験	1	1	1	1

3. 1. 凍結融解試験

供試体は、一般的な岩石の圧縮試験等の供試体と同様に、径約50mm、長さ約100mmの中実円筒試料で飽和状態とした。供試体の作成は JIS M0301に準拠し、供試体数量は1試料6供試体(6本)とした。

凍結融解の温度条件は、供試体中心温度(制御用コンクリートダミー供試体の中心温度)で -18 ~ +5 になるように設定し、1日8サイクルとした。一定サイクル毎に表面乾燥状態の供試体重量、およびP波・S波の伝搬時間を透過法によって測定し、同時に供試体の亀裂などの観察を行った。

[表 - 2] 基本物性値

地質	春採層			雄別層		
	1-S	1-M	2-S	2-M-H	2-M-V	
試料名	砂岩	泥岩	砂岩	泥岩		
密度試験	自然密度(g/cm ³)	2.448	2.548	2.315	2.411	
	湿潤密度(g/cm ³)	2.452	2.551	2.316	2.412	
	乾燥密度(g/cm ³)	2.321	2.474	2.097	2.265	
	含水比(%)	5.47	2.99	10.37	6.43	
	吸水率(%)	5.62	3.14	10.42	6.46	
	有効間隙率(%)	13.05	7.77	21.86	14.63	
	単位体積質量(g/cm ³)	2.436	2.579	2.248	2.406	2.337
超音波試験	P波速度(km/sec)	3.43	4.19	1.26	2.14	2.38
	S波速度(km/sec)	1.79	1.81	0.51	0.93	0.77
	動弾性係数(kN/m ²)	2.05E+07	2.34E+07	1.61E+06	5.75E+06	4.00E+06
	動ポアソン比	0.313	0.385	0.396	0.375	0.442
一軸圧縮試験	圧縮強さ(kN/m ²)	31080	19397	6742	7704	3258
	静弾性係数(kN/m ²)	6.65E+06	5.22E+06	1.05E+06	5.40E+05	7.65E+05
乾湿繰り返し試験	吸水率増加率(%)	0.119	0.123	0.038	2.125	

試験は、所定サイクル(基本300サイクル程度)まで行った。

また、凍結融解過程での強度低下を把握するために、一軸圧縮試験を実施した。一軸圧縮強さの測定サイクルは、比較的状态の良い砂岩の場合でも、最初の測定は1日すなわち8サイクル程度で一度測定を行った。泥岩や軟質な砂岩は、初期サイクル時に慎重を期するため1サイクルで測定し、供試体の状況を見ながら徐々に測定間隔を上げた。

3. 2. 凍結融解凍上試験

凍結融解凍上試験とは、実際の岩盤路床が受ける環境を考慮して凍結融解試験と凍上試験を融合させた、今回新たに考案した試験である。すなわち、凍結融解によって劣化させた後に凍上試験を行い、凍結融解による劣化が凍上量にどのくらいの影響を与えるかを把握するものである。この試験では、供試体をセル中で拘束しながら凍上試験に供することから、従来の凍結融解試験や凍上試験のプロセスと比較してより実際に近い現象を再現している。凍上試験を行う凍結融解サイクルは、全段で行う凍結融解試験の結果から検討して決定した。

試験供試体は、凍上試験に通常の土の凍上試験機を用いるため、直径約80mm、長さ約50

mmの中実円筒試料を基本とした。供試体数量は、1試料6供試体（6本）である。

温度条件は、凍結融解では上記の凍結融解試験と同条件で行い、凍上試験では道路排水工指針³⁾「凍上試験」に準拠した。

4、試験結果と考察

4.1、岩盤路床の判定

岩盤路床としての合否は、既存資料による数値を用いた検討と今回の試験結果を基にした検討を行い、最終的にはこれらの検討結果を合わせて総合判定した。

4.1.1、既存資料⁴⁾による判定

既存資料による凍上性および風化の判定値を表 - 3 に示す。これより、本資料は全て風化について「問題あり」となる。(図 - 4 参照。)

[表 - 3] 既存資料における判定値

凍上性の検討 (凍上し難い岩盤)	風化の検討 (凍結融解による劣化の境界値)
飽和密度 $s=2.1\text{t}/\text{m}^3$ 以上	一軸圧縮強さ $q_u=49,000$ ~ $98,000\text{kN}/\text{m}^2$ 以上
吸水率 $Q=15\%$ 以下	
P波速度 $V_p=2\text{km}/\text{s}$ 以上	

4.1.2、試験結果による判定

試験結果による判定では、凍上性の検討に凍結融解凍上試験の結果を、風化の検討に凍結融解と一軸圧縮強さの関係を用いた。

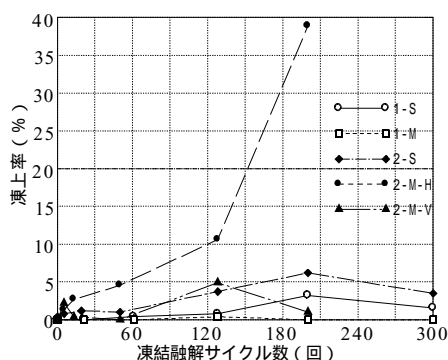
a. 凍上性の検討 (凍結融解凍上試験結果)

図 - 2 は、各試料の凍結融解凍上試験の結果として凍結融解サイクル数と凍上率の関係を示したものである。

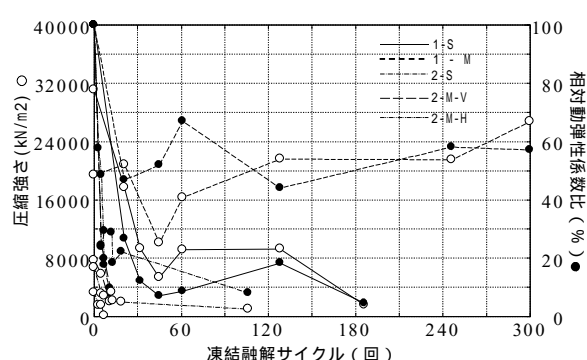
b. 風化の検討 (凍結融解と一軸圧縮強さ)

図 - 3 は、凍結融解試験のサイクル数と一軸圧縮強さおよび相対弾性係数比の関係を示したものである。相対弾性係数とは、超音波試験より求められる動弾性係数の初期状態からの低減比である。

[図 - 2] 凍結融解サイクル数と凍上率の関係



[図 - 3] 凍結融解サイクル数と一軸圧縮強度の関係



試験結果による判定条件を表 - 4 に示す。また、総合判定を表 - 5 に示す。

[表 - 4] 試験結果による判定条件

凍上	凍結様式	合格：コンクリート状凍結， 不合格：霜降状凍結他
		合格：凍上率 < 20%， 不合格：凍上率 ≥ 20%
風化 ⁵⁾	合格	：最終サイクル(300)で強度を有する岩石
	要検討	：100～300サイクルで強度を有する岩石
	× 不合格	：100サイクル未満で強度を有する岩石

[表 - 5] 総合判定結果

岩種	試験結果による判定		総合判定
	凍上性	風化	
春採層砂岩			
春採層泥岩			
雄別層砂岩			
雄別層泥岩H	×	×	×
雄別層泥岩V		×	×

4. 2. 舗装構成の検討

舗装構成については、合格岩盤と不合格岩盤は既存の基準に準じて行うことになるが、要検討岩盤をどのように扱うかが問題となる。検討した案を表 - 6 に示す。

今後、長期現地試験モニタリングを実施し、舗装構成を決定するものとした。

[表 - 6] 舗装構成検討案

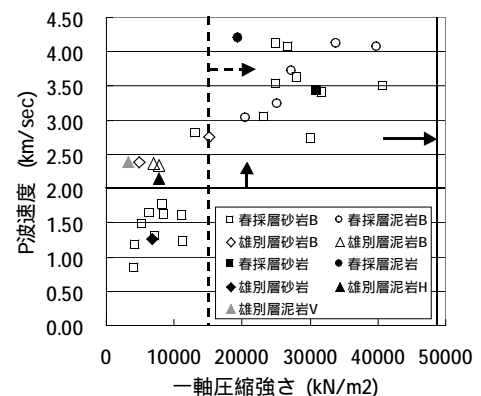
(案1)	(案2)	(案3)
凍結融解後の一軸圧縮強度 q_u が 981 kN/m^2 以上確保できる岩盤は、岩盤路床として扱う。	岩盤を路床として設計 C B R の上限値 20 を用い、T A 法により下層路盤厚を決定する。	凍結融解後の一軸圧縮強度 q_u が低下する岩盤は、風化するとして土砂路床扱いとする。
(解説) $q_u = 981 \text{ kN/m}^2$ は、「アスファルト舗装要綱」 ⁶⁾ による下層路盤セメント安定処理の品質規格と同等であるとする。	(解説) 岩盤を良好な路床とする。	(解説) 対象岩盤を不合格岩盤と同等とする。

4. 3. 簡易判定法の検討

岩盤路床の判定にあたって、ここで実施した試験を全ての対象岩盤で実施して判定することは非合理である。そこで、P波速度と一軸圧縮強度の関係を図 - 4 に示す。

図の関係から一軸圧縮試験を用いて、 $q_u = 15,000 \text{ kN/m}^2$ 以上の泥岩（礫岩を含む）を合格岩盤、砂岩は要検討岩盤とし、 $q_u = 15,000 \text{ kN/m}^2$ 以下の岩盤はすべて不合格岩盤とすることを考案した。この判定値は、既存資料による凍上性の判定にある、P波速度 $V_p = 2 \text{ km/sec}$ 以上とする判定条件も満たすことから適合性が高いと考える。

[図 - 4] P波速度と一軸圧縮強度の関係



5. あとがき

本報告は、岩盤路床可否の判定法と判定結果を検討して示したものである。

今後は、さらに合格と判定した岩盤の妥当性の検証と、要検討岩盤に対する適切な舗装構成の確立を目指して検討する所存である。

参考文献

- 1) 北海道開発局：道路工事設計施工要領，pp8-53，2001.2
- 2) 北海道開発庁：釧路地質図幅説明書，釧路 - 第47号，1965.3
- 3) 日本道路協会：道路土工 - 排水工指針，pp238～243，1987.6
- 4) 磯田卓也，鈴木哲也，疋田貞良：路床の凍上性と上載荷重の影響，開発土木研究所月報，No.515，pp132～139，1996.4
- 5) 岡崎健治・伊東佳彦・日下祐基・高橋克也：凍上性岩盤の判定法に関する研究，土木学会北海道支部論文報告集第59号，pp538～541，2003.1
- 6) 日本道路協会：アスファルト舗装要綱，pp29～36，1992.12