

岩盤路床の現場実証実験経過報告について

寒地土木研究所 道東支所 ○川村 浩二
 寒地土木研究所 防災地質チーム 坂本 多朗
 釧路開発建設部 釧路道路事務所 細井 順一

釧路市東部の丘陵地において切土掘削面で路床部が岩盤となっている道路建設現場がある。寒冷地において路床を岩盤として適用するには、凍上および支持力に対する判定を行う必要があるが、現状では基準化された判定法が無い。

そこで、寒地土木研究所で考案した簡易判定法の検証およびモニタリング調査による判定について、当該現場における妥当性を継続調査中であるが平成14年度から平成19年度までの調査経過報告を行う。

キーワード：岩盤路床、現地モニタリング、凍上、凍結融解

1. まえがき

北海道のような寒冷地の道路建設において、路床もしくは路盤施工箇所が岩盤となり、岩盤を路床として使用する場合は、対象岩盤の凍上および支持力に対する長期安定性を評価判定する必要がある¹⁾。しかし、基準化された判定方法がないため、個々の現場で凍上試験等を行い判定するか、凍上および支持力に対する安定性に対して安全側の施工として、路盤材に置き換えて施工しているのが実情である。すなわち、簡易で合理的な判定法を確立することにより、岩盤部の路床への有効利用および掘削に伴う建設副産物の抑制などから大幅なコスト削減が期待される。

岩盤の凍上や支持力の判定を難しくしている要因は、岩盤状態の経年変化に伴い凍上性や強度が変化することにある。新鮮な状態では凍上しない岩盤でも、凍結融解などにより劣化して凍上性などの岩盤になる場合がある。したがって、道路路床としての岩盤の可否を判定するには、岩盤状態の変化による凍上性や強度の経年的な変化を考慮する必要がある。

これまでに岩盤路床となる古第三紀堆積岩類に対して凍結融解試験および新たに考案した凍結融解凍上試験等を実施し、岩盤の凍上・支持力の簡易判定法確立に向けた検討結果を報告²⁾した。また、考案した簡易判定法について、その妥当性を検証するために実施している現地モニタリング結果を報告³⁾した。

本報告では釧路市東部の道路建設現場における簡易判定法の検証、および継続観測を行っている現地モニタリング調査経過を報告する。

2. 簡易判定法の概要

本判定法は、凍上性の判定を各物理特性値から、支持力低下を一軸圧縮強さから判定する。凍上性の判定に用いた各物理特性値は、既存文献⁴⁾で示された判定値に本研究で対象とした岩盤の値を比較検討して決定したものである。支持力低下を判定する一軸圧縮強さの値は、凍結融解を繰り返した後の岩盤の強度低下を考慮して決定したものである。図-1に簡易判定法のフロー図を示す。

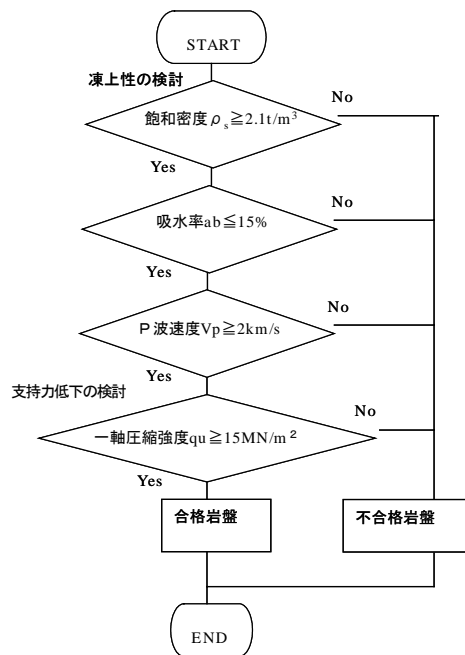


図-1 簡易判定フロー図

3. 現地モニタリング試験概要

現地モニタリングの場所は、釧路市東部の丘陵地における道路建設中の切土掘削面³⁾で、地層は古第三紀春採層礫岩、春採層砂岩および雄別層砂岩の3岩種を対象にしている。春採層の礫岩と砂岩のモニタリングデータについては、前回報告⁵⁾したデータに新たに観測されたデータを追加したものである。雄別層砂岩のモニタリングデータは、今回初めて整理して示したものである。

現地モニタリングで用いている観測機器と配置等を図-2に示す。春採層礫岩の舗装構成は、不陸整正材料として粒状材料 (a) を平均厚さ 15cm 程度敷均して締固め、その上面を下層路盤面として上層路盤のアス処理、基層表層のアスファルト舗装とした。春採層砂岩および雄別層砂岩は、春採層礫岩と同様の舗装構成のほか、不陸整正材料として粒状材料より上質な貧配合コンクリート (b) を用いたものを追加して、2種類の舗装構成で現地モニタリングを行っている。

現地モニタリングは、2002年12月より開始して6年を経過したところである(雄別層砂岩箇所については2004年7月から計測開始)。モニタリング内容は、現地地中温度などの測定の外にボーリングコアの採取や、圧縮試験、凍上試験、超音波伝播試験、比重・吸水試験などである。

4. 試験結果と考察

過去の室内試験による岩盤路床合否の判定結果³⁾では、春採層礫岩が合格岩盤で春採層砂岩が要検討岩盤とされた。春採層砂岩の要検討岩盤と判定された理由は、凍結融解を繰返すことにより強度低下の傾向がみられたためである。また、雄別層砂岩については、初期強度が小さいうえに春採層砂岩と同様に凍結融解により強度低下がみられたことから不合格岩盤と判定されているものの、モニタリングで長期安定性を確認出来る可能性があったため要検討が付加された。

この合否判定の室内試験では、凍結融解試験の任意サイクルで岩石の圧縮試験や凍上試験を行って、岩石の経時的な劣化程度を定量的に推定している。ここでは、室内試験で推定された対象岩石の凍結融解繰返しによる強度低下や凍上性の進展が、テストフィールドから採取したコア試料の状態とどの程度合致しているかを継続調査した。

現地モニタリングの観測結果から、0℃未満から0℃以上に変化した時を凍結融解の1サイクル数として計数して表-2に示した。以降では、表-1に示すように2002年12月13日～2003年8月17日を第1節、2003年8月18日～2004年7月22日を第2節、2004年7月23日～2005年7月31日を第3節、2005年8月1日～2006年7月22日を第4節、2006年7月23日～2007年7月22日を第5節、2007年7月23日～2008年3月7日を第6節として記述する。

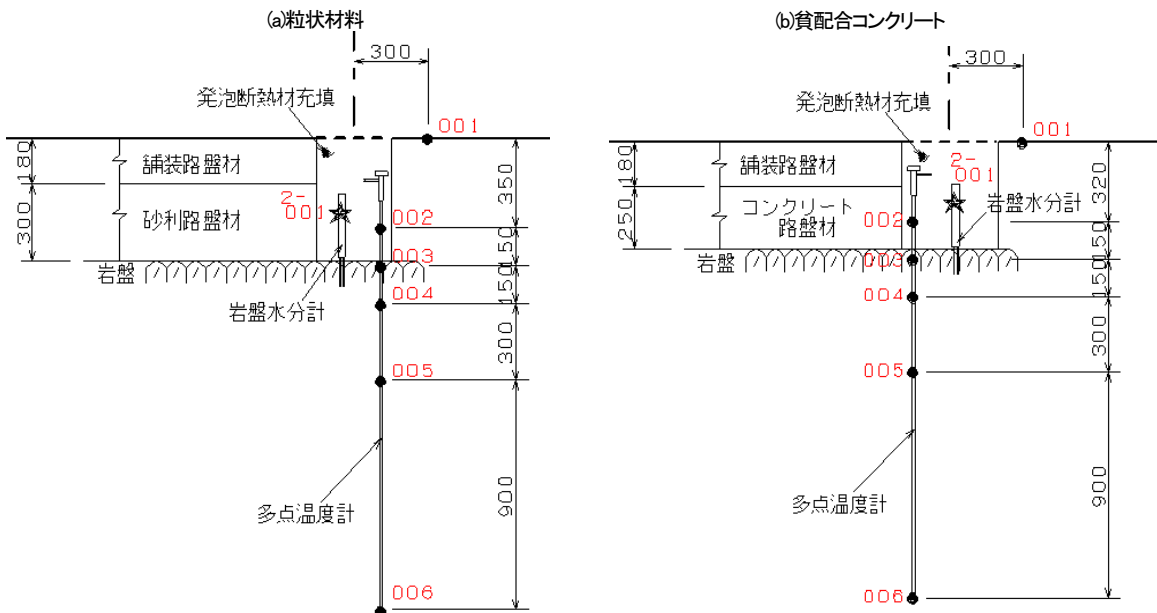


図-2 現地モニタリング測定器配置図

表-1 現地モニタリング試験による凍結融解サイクル数

		温度測定位置		気温	舗装表面	深度0.35m	深度0.50m	深度0.65m	深度0.3~0.7m平均値	深度0.95m	深度1.85m	
		年度	節									測定期間
春採層礫岩部	粒状路盤箇所	平成14年度	第1節	2002/12/13~2003/08/17	63	44	9	1	6	5	7	2
		平成15年度	第2節	2003/08/18~2004/07/22	124	65	7	46	68	40	16	0
		平成16年度	第3節	2004/07/23~2005/02/28	55	29	1	1	1	1	4	0
		平成17年度	第4節	2005/07/23~2006/07/22	113	30	7	0	17	8	[0]	0
		平成18年度	第5節	2006/07/23~2007/07/22	143	16	[9]	[2]	[7]	[6]	[1]	0
		平成19年度	第6節	2007/07/23~2008/03/07	89	12	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	0
春採層砂岩部	コンクリート箇所	平成14年度	第1節	2002/12/13~2003/08/17	64	21	(4)	(5)	(4)	(4)	(5)	(2)
		平成15年度	第2節	2003/08/18~2004/07/22	117	45	11	13	8	11	14	0
		平成16年度	第3節	2004/07/23~2005/02/28	58	36	3	2	1	2	1	0
		平成17年度	第4節	2005/07/23~2006/07/22	120	52	9	4	3	5	15	0
		平成18年度	第5節	2006/07/23~2007/07/22	137	34	13	[6]	3	7	3	0
		平成19年度	第6節	2007/07/23~2008/03/07	87	24	2	[1]	[1]	[1]	[1]	14
	粒状路盤箇所	平成14年度	第1節	2002/12/13~2003/08/17	-	-	深度0.40m	-	-	深度0.3~0.7m平均値	-	-
		平成15年度	第2節	2003/08/18~2004/07/22	-	-	(2)	-	-	(2)	-	-
		平成16年度	第3節	2004/07/23~2005/02/28	-	-	54	-	-	54	-	-
		平成17年度	第4節	2005/07/23~2006/07/22	-	-	1	-	-	1	-	-
		平成18年度	第5節	2006/07/23~2007/07/22	-	-	10	-	-	10	-	-
		平成19年度	第6節	2007/07/23~2008/03/07	-	-	7	-	-	7	-	-
雄別層砂岩部	コンクリート箇所	平成16年度	第3節	2004/07/23~2005/02/28	61	51	2	3	12	6	16	0
		平成17年度	第4節	2005/07/23~2006/07/22	113	66	0	0	0	0	0	0
		平成18年度	第5節	2006/07/23~2007/07/22	138	68	21	0	49	23	0	0
		平成19年度	第6節	2007/07/23~2008/03/07	80	51	1	5	49	18	0	0

特記事項

- 1)凍結融解回数は、0°C未満(マイナス温度)から0°C以上(プラス温度)に達した時を1回とした
- 2)()内凍結融解回数は、測定用ケーブルが切断されたため推定値を記載
- 3)[]内凍結融解回数は、測定中の値に異常値があるため推定値を記載

次に表に示した凍結融解サイクル数を用いて、室内試験結果と比較した。ただし、現地凍結融解サイクル数は深度ごとに異なるため、一概に決定できない。各種試験に用いた現場コア試料の採取深度は、岩盤表面(深度0.3m付近)から0.6m程度のものである。そこで、現場コア試料の凍結融解サイクル数として、深さ0.3mから0.7mまでの各測地深度における凍結融解サイクル数の平均値を用いた。

図-3、図-4、図-5に各岩盤の凍結融解サイクル数と一軸圧縮強さとの関係を示す。図-3の春採層礫岩は、過去の室内試験で凍結融解作用による強度低下がみられなかったものである。現地モニタリングの試験結果では、0サイクルの初期強度が室内と現地の試験供試体で差異がみられるが、現地の試験結果でも大きな強度低下が認められない。

図-4の春採層砂岩は、室内試験結果で凍結融解の初期サイクルにおいて強度低下する傾向がみられたものである。現地モニタリングの試験結果では、不陸整正材料に貧配合コンクリートおよび粒状材料を用いたフィール

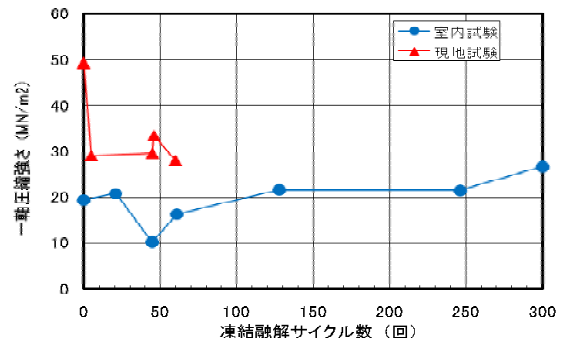


図-3 春採層礫岩の凍結融解サイクル数と一軸圧縮強さ

(室内試験:過去の室内試験結果、現地試験:現地モニタリング試験結果)

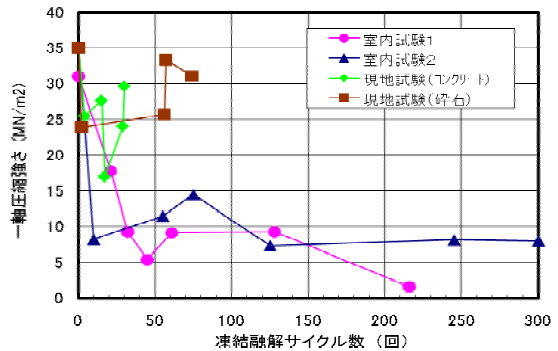


図-4 春採層砂岩の凍結融解サイクル数と一軸圧縮強さ

(室内試験:過去の室内試験結果、現地試験:現地モニタリング試験結果)

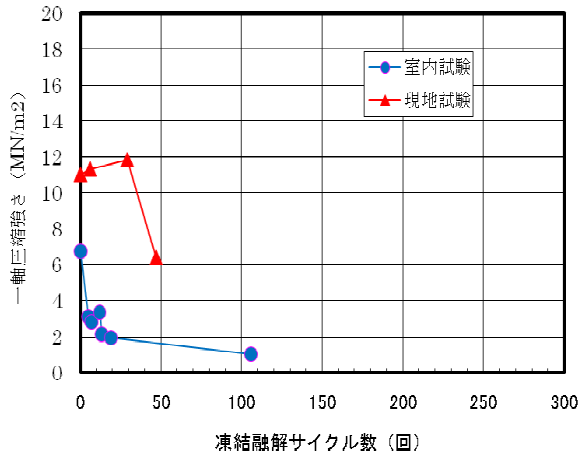


図-5 雄別層砂岩の凍結融解サイクル数と一軸圧縮強さ

(室内試験:過去の室内試験結果、現地試験:現地モニタリング試験結果)

ドとも室内試験で見られたような境界値の 15MN/m² を下回る顕著な強度低下傾向が認められない。

図-5の雄別層砂岩は、室内試験の初期強度から小さく、その後減少傾向が続き、凍結融解サイクル数が106回目以降で崩壊し試験不能となったものである。現地モニタリング試験結果では、室内よりも大きい値を示しているものの境界値である 15MN/m² を下回り、強度の安定性も認められない結果となっている。

図-6、図-7、図-8に各岩盤の凍結融解サイクル数と凍上試験による凍上率との関係を示す。凍上率による合否判定は既往文献⁶⁾にある凍上率 20%以下と凍結様式：コンクリート状凍結を合格基準としている。そのため、各図では凍上率の最大目盛りを 20%にして示した。図からわかるように3種の岩盤とも凍結融解サイクル数が重なる範囲の室内試験と現地モニタリング試験の凍上率は、0~2%程度を示すように凍上が認められない。図-8の雄別層砂岩については、室内試験において 200 回程度の凍結融解サイクル数で 6%程度のやや高い値を示しているが判定基準の 20%未満であること、また、現時点の現地モニタリング試験の凍上率が 0 %を示していることから凍上に対しては問題が無いものと推察される。

これらのことから、現時点では室内試験で得られた凍結融解の繰返しと岩石強度の関係について、春採層礫岩においては現地試験結果と同様の傾向にあり、春採層砂岩、雄別層砂岩においては現地試験結果に比べて概ね低い値（安全側）が検出されている。凍結融解の繰返しと凍上性の変化傾向では、3種の岩盤ともに室内試験結果が現地モニタリング試験結果と同様の傾向となっている。

図-9、図-10、図-11に現地モニタリング試験に用いた岩石の物性値と凍結融解サイクル数の関係

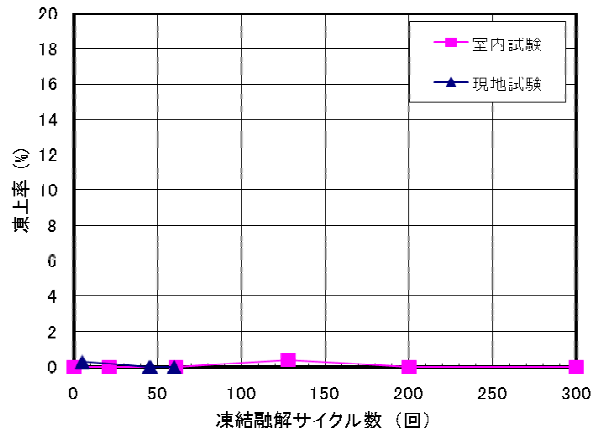


図-6 春採層礫岩の凍結融解サイクル数と凍上率

(室内試験:過去の室内試験結果、現地試験:現地モニタリング試験結果)

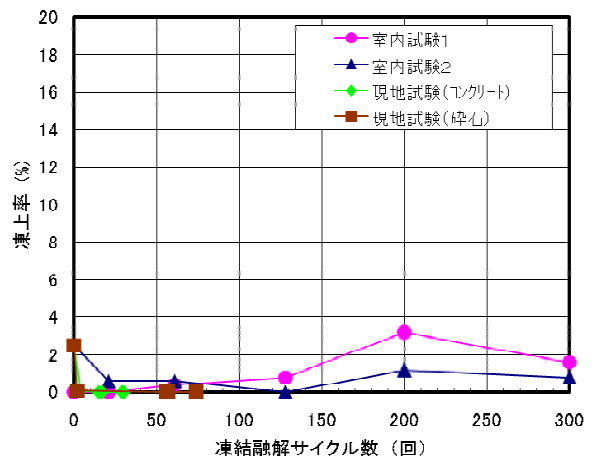


図-7 春採層砂岩の凍結融解サイクル数と凍上率

(室内試験:過去の室内試験結果、現地試験:現地モニタリング試験結果)

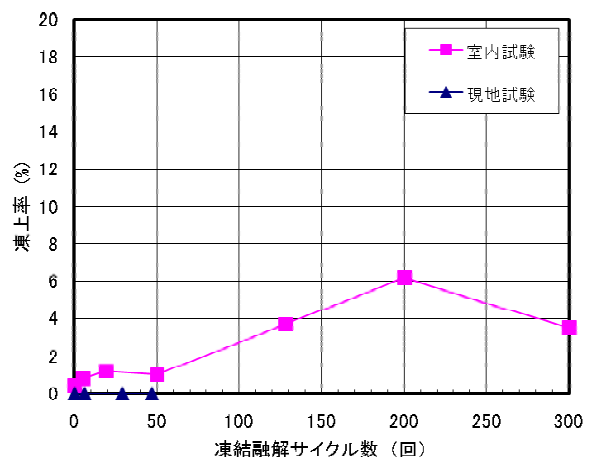


図-8 雄別層砂岩の凍結融解サイクル数と凍上率

(室内試験:過去の室内試験結果、現地試験:現地モニタリング試験結果)

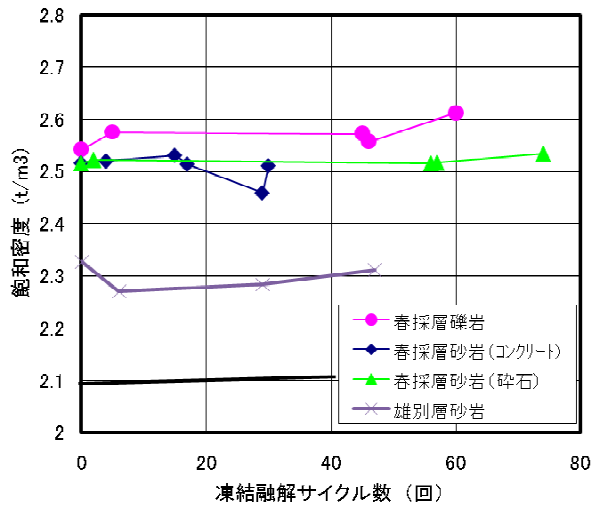


図-9 凍結融解サイクルと飽和密度

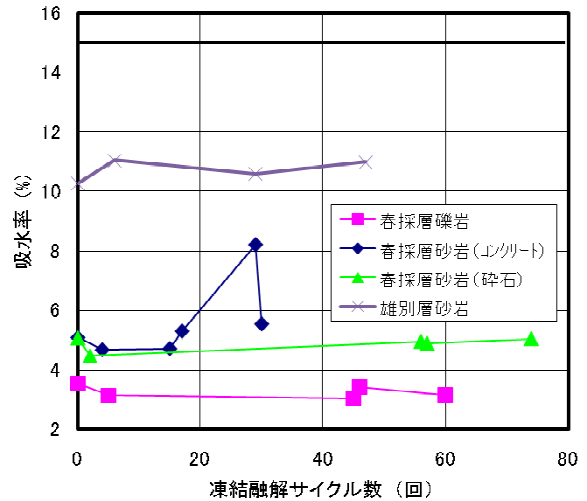
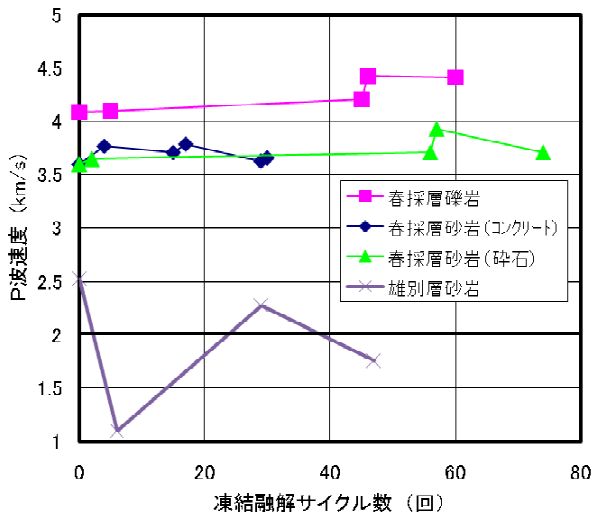


図-10 凍結融解サイクルと吸水率



を示す。春採層礫岩と春採層砂岩については、凍結融解繰返し後においても各物性値は、簡易判定法の境界値を満たしている。しかしながら、一般的に密度が大きい(硬い)ほど速く計測されるP波速度が雄別層砂岩においては、境界値の2.0km/sより小さい値が計測されている箇所がある。

これらのことから、現時点で春採層礫岩および春採層砂岩については岩盤路床として利用可能であると推察される。一方、雄別層砂岩については、室内試験および現地試験の一軸圧縮強度が小さく、またP波速度も小さいため岩盤路床としては不適用とするのが望ましいと考えられる。また、簡易判定法による岩盤路床の可否判定には、妥当性があることが示唆された。

5. まとめ

- 1) 現時点では、室内試験で得られた凍結融解の繰返しと岩石強度の関係は、春採層礫岩で現地試験と同様の傾向にあり、春採層砂岩および雄別層砂岩で現地試験結果と比べて安全側の結果となっている。しかしながら、雄別層砂岩については簡易判定法の設定強度より低く、長期モニタリング結果においても安定性が確認出来なかった。
- 2) 凍結融解の繰返しと凍上性の変化傾向は、全ての岩盤とも室内試験結果が現地試験結果と同様の傾向になっているのが認められる。
- 3) 凍結融解繰返し後の現時点で各物性値は、雄別層砂岩でP波速度が簡易判定法の設定値を下回り、その他の項目については、合格判定値を満たしている。
- 4) 以上のことから、現時点では春採層礫岩および春採層砂岩については、岩盤路床として利用可能であると判断される。また、雄別層砂岩については、不適用と判断するのが妥当と推察される。

6. あとがき

道路建設現場で岩盤路床を簡易に、また迅速に判定を求める必要がある場合には、安全側に評価している簡易判定法のフローに則って判断するのが妥当であるといえる。今回のように簡易判定フローによると設定値を下回るものの、確実に適用不可で有るといえないような判断に迷う状況で工期に余裕がある場合には、モニタリング調査を実施し可否を考えるのが望ましいといえる。

参考文献

- 1) 北海道開発局：道路設計要領、pp1-5-59～60,参 29、2008.4
- 2) 岡崎健治,伊東佳彦,日下部祐基,高橋克也：凍上性岩盤の判定法に関する研究、土木工学会北海道支部論文報告集第 59 号、pp538～541、2003.1
- 3) 緒方聡,高橋克也,日下部祐基：岩盤路床の検討について—一般国道 44 号釧路町別保改良工事—、第 46 回北海道開発局技術研究発表会発表概要集道路、pp119～126、2003.2
- 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、pp2～9、1996.4
- 5) 坂本多朗,伊東佳彦,日下部祐基：岩盤路床の凍上性判定法に関する研究について、第 51 回北海道開発局技術研究発表会発表概要集道路、2008.2
- 6) 日本道路協会：道路土工—排水工指針、pp238～243、1995.2