

北海道における樋門コンクリート構造物の外観目視調査による凍害劣化度評価

(独) 土木研究所寒地土木研究所 耐寒材料チーム ○内藤 勲
(独) 土木研究所寒地土木研究所 耐寒材料チーム 田口 史雄
(独) 土木研究所寒地土木研究所 道央支所 島 秀樹

積雪寒冷地域における樋門コンクリート構造物は、冬期間における積雪や流水等の凍結融解作用の影響等により凍害劣化が生じる。しかしながら、コンクリートの凍害劣化に対する対処方法等に明確な基準はなく、適切な補修等が行われていない場合も見受けられる。このため、樋門コンクリート構造物の適切な延命対策等による長期的な維持管理計画の確立が望まれている。本報告は、北海道の樋門コンクリート構造物の凍害劣化状況把握と、状況に応じた対処方法等を検討するため、北海道内各地の異なる気象条件や立地条件等における樋門コンクリートの外観目視調査を行い、凍害劣化度評価を行ったものである。

キーワード：積雪寒冷地域、樋門コンクリート構造物、外観目視調査、凍害劣化度評価

1. まえがき

積雪寒冷地域である北海道における樋門コンクリート構造物（以下、樋門）は、冬期間の厳しい凍結融解作用から凍害劣化を受けるが、コンクリートの凍害劣化に対する対処方法等に明確な基準等がないことから、凍害劣化の程度に応じた適切な補修等の対処方法が行われていない場合も見受けられる。北海道の樋門は、河川改修により現在までに数多く建設されており、今後、供用年数の増加に伴い、老朽化や凍害劣化等によって機能低下した樋門の維持・更新費の増大が懸念される。更に、昨今の大幅な公共事業費削減により、今まで以上の効率的な維持管理が必要となっており、樋門の凍害劣化に対する適切な延命対策等による長期的な維持管理計画の確立が急務となっている。このような背景から、筆者らはこれまで、北海道内の一部地域における樋門の凍害劣化調査を行い、樋門の凍害劣化評価を行ってきており、樋門の部位や気象条件等の違いによって凍害劣化の程度や進行具合が異なることを既に報告している¹⁾²⁾³⁾。本報告は、これまでの樋門の凍害劣化評価結果に加え、北海道内全域における多くの樋門での凍害劣化調査を行い、それぞれの地域毎における凍害劣化評価について報告するものである。

2. 調査概要

(1) 調査対象地域と調査対象構造物

調査対象地域は、これまでの道央の日高地域、道北の

上川地域に加え、道央の石狩、後志地域、道南の渡島、檜山地域、道東の網走、帯広、釧路地域と北海道ほぼ全域を調査地域とした。北海道開発局所管の一級河川の樋門を対象とし、渡島地域のみ北海道土木現業所所管の河川の樋門を対象とした。図-1に調査地域、表-1に調査を行った河川名と調査樋門数を示す。

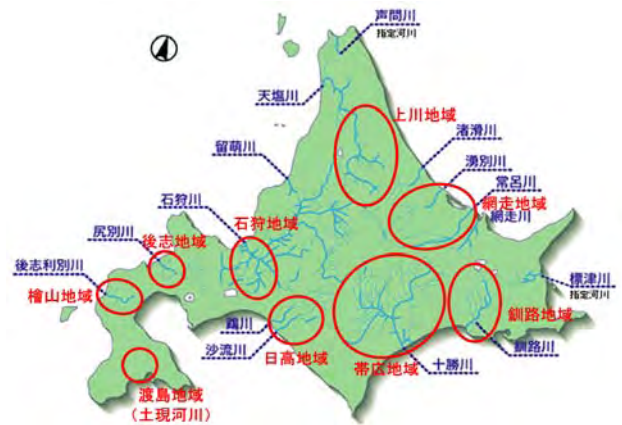


図-1 調査地域

(2) 調査方法と調査部位

調査は、樋門のコンクリート表面に生じている凍害劣化状況をマクロ的に把握するため、外観目視調査を行った。外観目視調査は、表-2に示すように、ASTM-C-672の室内試験における目視判定法に準じて、凍害の劣化度を評点0～5の6段階に判定し評価を行った。調査部位は、写真-1に示すように、樋門の操作台、門柱、擁壁上部、擁壁喫水部の4部位とした。

表-1 調査河川と樋門数

地域圏名	地域名	河川名	1950	1960	1970	1980	1990	2000	計
			年代	年代	年代	年代	年代	年代	
道央	石狩	茨戸川	0	11	4	1	0	0	16
		千歳川	0	10	10	16	10	8	54
	後志	尻別川	0	0	10	1	1	1	13
		鷲川	0	6	13	5	4	5	33
道北	日高	沙流川	0	6	4	4	0	9	23
		天塩川	0	18	17	17	7	6	65
道東	網走	湧別川	0	6	9	5	2	0	22
		常呂川	0	3	16	29	17	7	72
	帯広	十勝川	0	22	44	27	23	7	123
		釧路	1	0	13	15	12	3	44
道南	釧路	後本利別川	1	5	26	17	14	5	68
		久根別川	0	0	5	24	4	6	39
	波島	大野川	0	0	0	9	9	4	22
合計			2	87	171	170	103	61	594

表-2 外観評点 (ASTM-C-672 準拠)






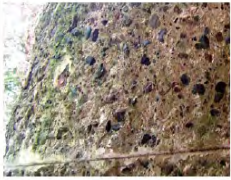
点	劣化事例写真	点	劣化事例写真
0	 なし	1	 粗骨材の露出なし、深さ3mm以下の剥離
2	 評価1と評価3の中間程度の剥離	3	 粗骨材がいくつか露出する程度の剥離
4	 評価3と評価5の中間程度の剥離	5	 粗骨材が全面露出する程の激しい剥離



写真-1 調査部位

(3) 気象データと地域係数

凍害に影響を及ぼす要因の一つとして、気温や積雪等の気象条件がある。地域の気象状況によるコンクリートへの凍害に対する過酷さを表す指標値として、地域係数 T を濱らは提案している⁴⁾⁵⁾。地域係数は、最低温度 t_{amin} (°C)、凍結持続日数 D_f (日) および凍結融解日数 D_{f-t} (日) を含めた凍結融解の開始日から終了日までの総日数 D_w (日) の3変数によって式(1)で表される。

$$T = -t_{amin} \left[1 - \left[\frac{D_f}{D_w} \right] \right] \quad (1)$$

ここに、 $D_w = D_{ft} + D_f$

なお、各地域の気象データは、アメダスデータ⁹⁾を用いて、1999(H11)10月～2009(H21)5月までの10年間の冬期間(10月～5月)における年最低気温、日平均最低気温、凍結融解日数および凍結持続日数を求めた。算出方法は、濱らの研究⁴⁾⁵⁾を参考に、コンクリートの凍結温度は一般に0°Cよりもやや低く、日最低気温が-0.1°C～-0.9°Cまでは凍害に対する影響が少ないことから、日最低気温が-1.0°C以下で日最高気温が0°C以上になる日を凍結融解日数とした。また、本論文においては、日最高気温が-1.0°C以下となる日を凍結持続日数として算出した。

3. 調査結果および考察

(1) 外観目視調査による凍害劣化度評価

a) 地域による凍害劣化度

図-2に、各地域圏における外観評点の構成比率を示す。道北圏は、評点3以上の割合が一番少なくものの、評点4以上の割合が一番多い結果となった。図-3に、各地域圏における供用累計年数毎の外観評点の構成比率を示す。地域に関わらず、供用年数が多くなるにしたがって凍結融解回数が増加することから、凍害劣化程度が進んでいることがわかる。また、道北圏以外は、外観評点の割合に大きな違いは見られないが、道北圏は、供用年数20年以上から急激に大きな劣化が多くなる傾向があることがわかる。

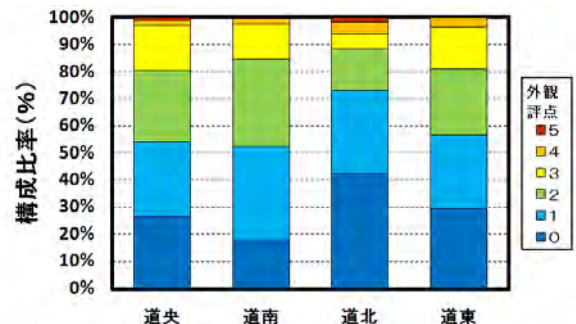


図-2 地域圏における外観評点

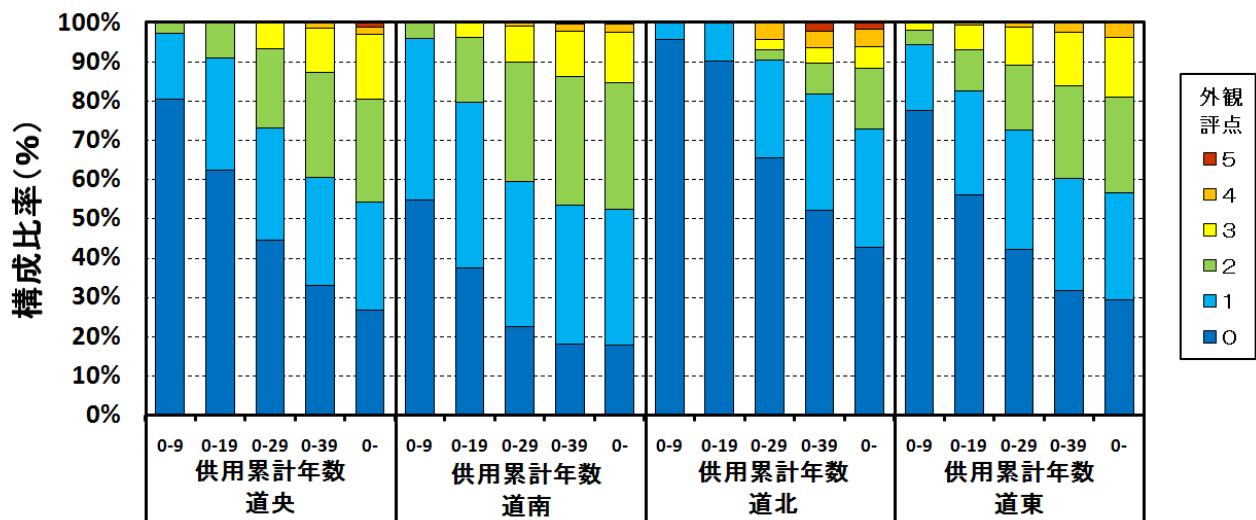


図-3 地域圏における供用累計年数と外観評点

図-4に、各地域における外観評点の構成比率を示す。凍害劣化の程度が大きい評点3以上を見ると、日高、石狩、帯広、檜山地域は評点3以上の割合が多く、上川と帯広地域は評点4以上の割合が多い。このことから、同じ地域圏内においても、凍害劣化の程度が大きい地域と小さい地域があり、環境条件等によって凍害劣化の状況が異なっていることがわかる。

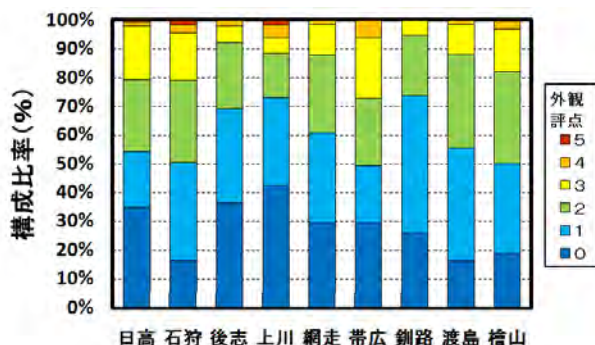


図-4 各地域における外観評点

b) 部位による凍害劣化度

図-5に、各地域圏における各部位の外観評点の構成比率を示す。上面に滞雪する操作台と流水が影響する擁壁喫水部の部位は、全地域において評点の高い割合が多い。特に道央と道北の操作台は評点5の劣化もある。また、道東以外は操作台、擁壁喫水部、擁壁上部、門柱の順に劣化が大きいが、道東は擁壁喫水部と操作台が逆転した結果となった。これは、一般的に流水のほうが凍結しづらく、滞雪による融雪水が溜まりやすい操作台のほうが凍結融解作用が多く起きやすいと考えられるが、道東は、比較的積雪量が少ない地域であり、更に、年最低気温が低く且つ凍結融解日数が多いこと等から、操作台の滞雪水よりも擁壁喫水部の流水部のほうが凍結融解作用を多く受けたと考えられる。

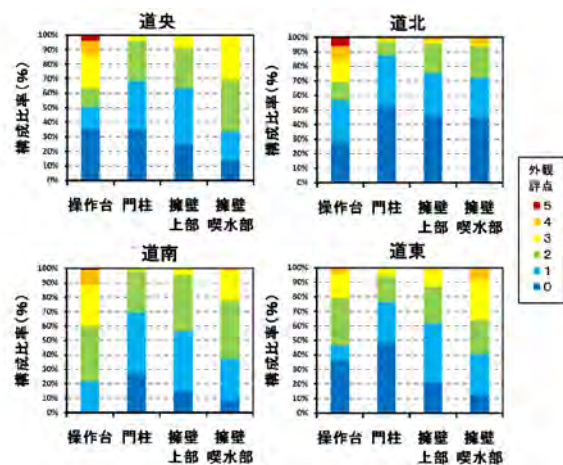


図-5 各部位の外観評点

(2) 地域係数と凍害劣化度

表-3に、各地域の気象データと算出した各地域の地域係数を示す。なお、 t_{amin} 、 D_f 、 D_{f-1} の値は、それぞれ10年間の平均値を用いた。地域係数が大きいほど凍結融解日数が多く年最低気温も低いことから、より凍害を受けやすいと考えられる。地域係数を地域別にみると、地域係数が比較的高い地域と低い地域に分けられる。地域係数が高い地域は、日高、上川、網走、帯広、釧路地域であり、特に日高地域の穂別と釧路地域の標茶では、地域係数が16以上と非常に高い。これらの地域は、上川地域を除き一般的にあまり積雪が多くない地域であるが、凍結融解日数が比較的多く、年最低気温も低いことから地域係数が高い傾向がある。地域係数が低い地域は、残りの石狩、後志、渡島、檜山地域であり、比較的年最低気温が高い傾向がある。更に、各地域内でも地域係数に幅があり、下流から上流の内陸部に行くほど地域係数は高くなる傾向があることから、同一河川上においても上流と下流に位置する樋門とでは凍害を受ける状況が異なると考えられる。

表-3 各地域の気象データと地域係数

地域		河川位置		t_{amin} (°C)	D_{ft} (日)	D_f (日)	T	
道央圏	石狩	石狩	本流	下流	-18.3	67.9	60.4	9.7
		札幌	本流	上流	-12.4	65.3	46.4	7.2
	後志	寿都	本流	下流	-10.4	60.9	43.0	6.1
		蘭越	本流	上流	-18.7	84.8	53.6	11.5
		日高門別	本流	下流	-17.5	93.7	43.7	11.9
		鶴川	本流	下流	-22.5	92.6	53.9	14.2
		穂別	本流	上流	-25.0	107.4	56.4	16.4
道北圏	上川	音威子府	本流	中流	-28.9	64.6	90.7	12.0
		美深		下流	-28.6	67.2	88.3	12.4
		名寄		下流	-27.1	70.6	89.5	12.0
	士別	上流	-28.5	62.2	91.3	11.5		
	朝日		-23.8	67.2	92.4	10.0		
	道南圏	檜山	瀬棚	本流	下流	-10.7	62.8	35.9
今金			上流		-16.8	91.2	44.2	11.3
道東圏	網走	湧別	本流	下流	-21.0	64.0	82.1	9.2
		遠軽		上流	-24.5	85.4	75.5	13.0
		常呂	本流	下流	-22.6	68.8	78.8	10.5
		北見		下流	-21.6	78.1	76.3	10.9
		境野		上流	-22.6	82.4	83.5	11.2
		帯広	浦幌	本流	下流	-20.4	99.5	54.1
	池田		支流	上流	-24.2	95.1	65.2	14.4
	帯広		本流	中流	-21.4	84.5	56.8	12.8
	駒場	上流		-26.9	86.6	70.2	14.9	
	釧路	釧路	本流	下流	-18.5	87.4	46.2	12.1
		標茶		下流	-24.9	112.2	61.7	16.1
弟子屈		上流		-20.7	82.6	86.2	10.1	
道南圏	渡島	函館	本流	下流	-11.5	78.9	29.9	8.3
		北斗		上流	-15.1	82.0	42.1	10.0

※ 水色部：地域係数 (T) が比較的高い地域
 黄色部：地域係数 (T) が特に高い地域

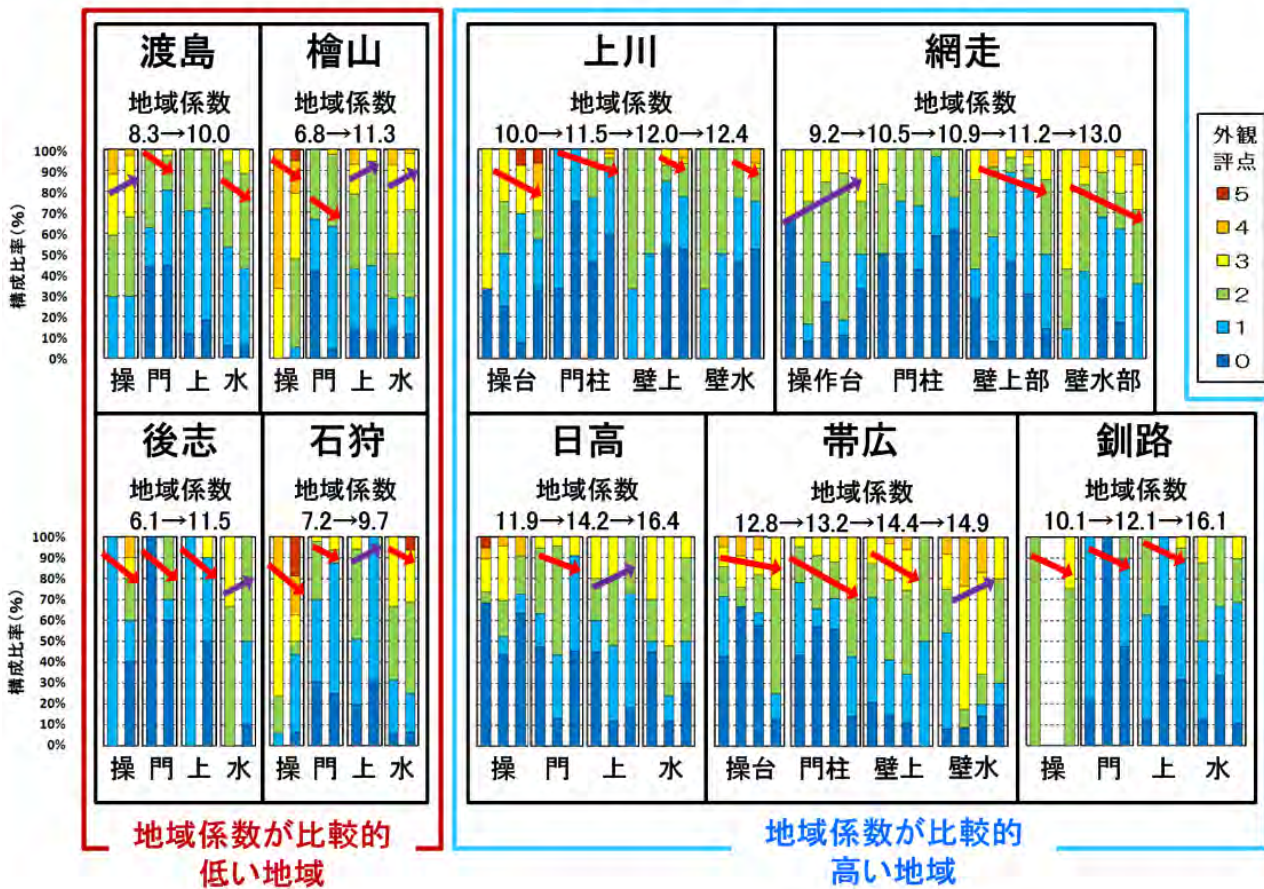


図-6 各地域における地域係数と部位別外観評点

図-6に、各地域における地域係数と部位別外観評点の関係を示す。各地域において、地域係数が高くなるほど凍害劣化も大きくなる傾向が見られる。しかしながら、地域係数が特に高い16以上の地区の凍害劣化がさほど大きくないことや、地域係数が低くても凍害劣化が大きい逆の傾向も幾つか見られた。図-7に、同地域でそれぞれ逆の傾向を示している帯広地域の門柱と擁壁喫水部について、両部位の地域係数と供用累計年毎における外観評点との関係を示す。門柱では、供用年数の増加と地域係数が高くなるにしたがって外観評点の高い割合が多くなることから、年数による凍結融解回数の増加と凍結融解作用の厳しい環境によって門柱の凍害劣化が進行したと言える。擁壁喫水部では、供用年数の増加に伴い外観評点の高い割合が全体的に多くなるが、帯広地域では低い地域係数である13.2の地区が一番多くなっており、地域係数が高い地区の凍害劣化はあまり進行していない。これは、凍結融解回数と供用年数増に加えて、積雪量や日照量等といった他の気象因子の影響や喫水部における河川流水の浸食や凍結等の影響が複合したことによる結果と考えられるが、これらの影響因子の検討や劣化原因については、今後の課題としたい。

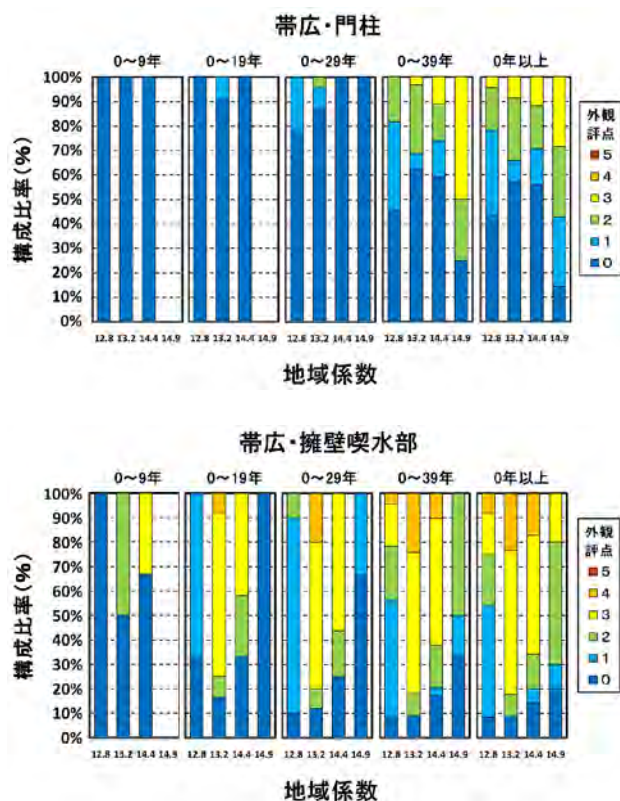


図-7 地域係数と供用累計年における外観評点

4. まとめ

本調査で得られた結果は、以下の通りである。

- (1) 供用年数が多くなるにしたがって凍害劣化が多くなる。また、道北圏は、供用 20 年以上から急激に大きな

劣化になる。

- (2) 水の影響を受けやすい部位の凍害劣化は大きく、特に操作台の凍害劣化は全道的に大きい。ただし、道東圏では、操作台よりも擁壁喫水部のほうが凍害劣化が大きくなる傾向がある。

- (3) 地域係数が高くなるほど凍害劣化も大きくなる傾向がある。しかしながら、同一地域であっても凍害劣化の状態が異なり、地域係数に比例していない部位や地区は、他の影響が複合して凍害劣化が生じていると考えられる。

今回、北海道ほぼ全域において樋門の凍害劣化状況を調査し、樋門の凍害劣化における全道的な傾向と各地域や各部位における傾向を概ね把握することができた。しかしながら、地域や部位によっては凍害劣化の程度や進行具合にバラツキがあることから、更に詳細に検討する必要がある。今後は、積雪量や日照等の他の影響も加味した検討を行い、各地域の環境条件と凍害劣化との関係を明確にしていきたい。

最後に、現地調査の実施、各資料の収集に当たり、北海道開発局の関係の方々にも多大なるご協力をいただいた。ここに記して深甚の謝意を表します。

参考文献

- 1) 林田宏、田口史雄、遠藤裕丈、草間祥吾：コンクリート構造物の凍害に関する環境因子と劣化予測の検討、第20回ふゆトピア研究発表会論文集、pp.28、2008.2.1
- 2) 林田宏、遠藤裕丈、草間祥吾：河川樋門の凍害に関する調査について、第51回北海道開発技術研究発表会、2007.2
- 3) 内藤勲、田口史雄、石谷隆始、畠秀樹、出合寿夫：河川樋門コンクリートの凍害劣化と再劣化に関する調査、寒地土木研究所月報第678号 2009年11月、pp.17-26、2009.11
- 4) 濱幸雄、松村光太郎、田畑雅幸、富坂崇、鎌田英治：気象因子を考慮したコンクリートの凍害劣化予測、日本建築学会構造系論文集、第523号、pp.9-16、1999.9
- 5) 松村光太郎、濱幸雄、千歩修、富坂崇：コンクリートの凍害を対象とした自然環境下におけるコンクリート温度に関する検討、コンクリート工学年次論文集、Vol.22、No.2、pp.793-798、2000
- 6) 気象庁：アメダスデータ、1999.10~2009.5