

# 寒冷地山間コンクリート構造物の スケーリングとひび割れが複合した凍害の調査

(独) 土木研究所寒地土木研究所 耐寒材料チーム ○田畑 浩太郎  
(独) 土木研究所寒地土木研究所 耐寒材料チーム 遠藤 裕丈

現在の凍害に対するコンクリートの耐久性照査は、ひび割れなど単一の凍害形態の進行を前提としている。しかし現実にはスケーリングとひび割れといった2種類以上の劣化形態が同時に進行するケースが殆どであり、現場の実態に即した合理的な性能評価法の開発が急務となっている。本研究では、スケーリングとひび割れが複合化した凍害の現状を把握するために、山間部の道路橋を対象に目視によるスケーリングおよび超音波による凍害ひび割れの調査を実施した。その結果、周辺環境条件によって劣化の進行に有意差が生じることを確認した。

キーワード：コンクリート、凍害、ひび割れ、スケーリング

## 1. はじめに

高度成長期に整備された社会資本ストックの老朽化に伴い、維持管理費及び更新費用は今後増加していくことが予想される。一方、厳しい財政状況から公共事業予算の削減が行われており、少子高齢化による生産年齢人口の減少も影響して、社会基盤整備に対する投資余力の減少が懸念されている。このため、既存施設においてはライフサイクルコストの削減を目的とした長寿命化の検討が必要となる。

我が国の社会基盤を成すコンクリート構造物の長寿命化は、特に重要な課題である。コンクリート構造物の長寿命化を図るためには、適切な維持管理と適切な補修が必要で、特に積雪寒冷地においては凍害や塩害に対する耐久性設計の充実が不可欠である。しかし、現在行われているコンクリート構造物の凍害劣化予測は、ひび割れやスケーリングなど単一の凍害形態の進行を前提としており、2種類以上の凍害劣化形態が同時に進行する実態に即していない。このため、凍害に起因する劣化形態が複合化した場合においてもコンクリートの耐久性等の機能を適切に評価出来る技術が求められている。

本研究では評価技術の確立を最終目標に位置づけ、その一環として、スケーリングとひび割れが複合化した凍害の現状を把握するために山間部の道路橋を対象に目視によるスケーリング評価および超音波による凍害ひび割れの調査を実施したので結果を報告する。

## 2. 調査概要

### (1) 調査対象橋梁

図-1に凍害危険度マップ<sup>1)</sup>を、表-1に凍害危険度を示している。このマップは凍害発生の危険性を5段階評価で示したもので、外気温上の最低温度や凍結融解日数などの気象データを基に作成されている。凍結危険度は、数値が大きいほど凍害が発生する危険性が大きいことを表しており、凍結融解作用の厳しさの目安となる。

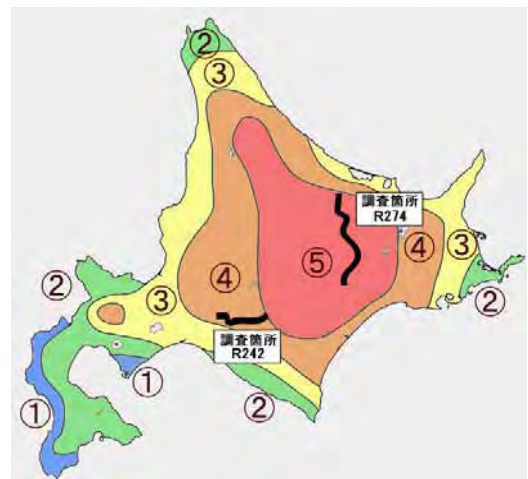


図-1 凍害危険度マップ 及び調査箇所

表-1 凍害危険度

凍害危険度	凍害の予想程度
5	きわめて大きい
4	大きい
3	やや大きい
2	軽微
1	ごく軽微

今回の調査は凍害の現状把握が目的であることに鑑み、凍害の影響が大きいと考えられる凍害危険度4以上のエリアから調査対象の橋梁を選定した。架設後の経過年数や橋長、交通量などコンクリートの劣化に影響を与える可能性がある因子について、出来るだけ偏らないように選定した結果、凍害危険度5のエリア内に位置する一般国道242号の34橋と、凍害危険度4のエリア内に位置する一般国道274号の25橋を調査対象とした。調査箇所は図-1、調査対象橋梁の諸元は表-2の通りである。橋梁は、歩道の有無や幅員構成に多少の違いはあるが、全て2車線道路である。また、平成22年度道路交通センサスによる24時間自動車類交通量と大型車混入率をみると、一般国道242号では24時間自動車類交通量がおよそ500台～8000台、大型車混入率はおよそ20%～30%、一般国道274号では24時間自動車類交通量がおよそ1200台～12000台、大型車混入率はおよそ20%～50%で、24時間自動車類交通量、大型車混入率ともに、一般国道274号は一般国道242号の1.5倍～2倍の値となった。また、冬期交通の安全確保を目的に散布される凍結防止材についても、一般国道274号は一般国道242号のおよそ7倍の散布量があるが、これは上記に示された交通量の差などを考慮した結果と思われる。

### (2) 現地調査概要

現地調査では、目視によるコンクリート劣化状況の評価および超音波伝播速度試験を行った。

#### a) 目視によるコンクリート劣化状況の評価

目視評価は、起点側および終点側の橋台前面部およびウイング部を対象に行った。評価は図-2に示すASTM-C-672の基準<sup>2)</sup>に準じ、粗骨材の露出状況や剥離の程度を総合的に評価し、個々の評価対象箇所に0点から5点の評価点を付けた。

#### b) 超音波伝播速度試験

既往の研究<sup>3)</sup>を参考に、コンクリート表面近傍に存在する劣化層の厚さを非破壊で推定することが出来る表面走査法に準じた調査を行い、目視では確認出来ないコンクリート内部の劣化状態について調査を行った。写真-1に調査状況の一例を示す。

## 3. 調査結果

### (1) 目視調査結果

目視によるコンクリート表面の劣化状況の調査結果を図-3に示す。赤いグラフが凍害劣化度5エリア内の一般国道242号の橋梁で、青いグラフが凍害劣化度4エリア内の一般国道274号の橋梁である。

赤いグラフを見ると、評価点0の橋梁が3橋、評価点1の橋梁が18橋あり、全体の約6割を占めている。逆に評価点3以上の橋梁は2割しかない上、全体の平均値も

表-2 調査対象橋梁諸元

凍害危険度	路線名	橋梁	橋長 (m)	架設年度	所在地	凍害危険度	路線名	橋梁	橋長 (m)	架設年度	所在地
5	一般国道242号	1	152	S51	遠軽町	4	一般国道274号	1	155	H7	夕張市
		2	15	S42	遠軽町			2	103	S33	夕張市
		3	41	S36	遠軽町			3	48	S62	夕張市
		4	60	S34	遠軽町			4	31	S63	夕張市
		5	60	S35	遠軽町			5	28	S63	夕張市
		6	70	S52	遠軽町			6	21	S63	夕張市
		7	21	S47	遠軽町			7	59	S46	夕張市
		8	19	S47	遠軽町			8	27	S41	むかわ町
		9	20	S46	遠軽町			9	85	S48	むかわ町
		10	20	S46	遠軽町			10	183	S50	むかわ町
		11	13	S42	北見市			11	121	S50	むかわ町
		12	35	S42	北見市			12	130	S37	むかわ町
		13	13	S45	北見市			13	206	S58	むかわ町
		14	51	S42	北見市			14	135	S59	むかわ町
		15	14	S47	北見市			15	160	S43	むかわ町
		16	41	S40	普戸町			16	141	S63	占冠町
		17	90	S49	普戸町			17	114	S63	占冠町
		18	23	S31	普戸町			18	167	H2	占冠町
		19	25	S32	普戸町			19	40	S45	占冠町
		20	19	S47	普戸町			20	154	S49	占冠町
		21	13	S48	普戸町			21	84	S35	日高町
		22	35	S53	陸別町			22	59	S54	日高町
		23	14	S54	陸別町			23	62	S48	日高町
		24	35	S49	陸別町			24	64	S54	日高町
		25	31	S48	陸別町			25	58	S57	日高町
		26	42	S34	陸別町						
		27	25	S47	陸別町						
		28	60	S37	陸別町						
		29	40	S37	陸別町						
		30	14	S39	足寄町						
		31	64	S32	足寄町						
		32	131	S44	足寄町						
		33	13	H1	足寄町						
		34	10	H11	足寄町						
		35	206	H14	足寄町						







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	 粗骨材がいくつかわ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

図-2 目視評価の基準



写真-1 超音波伝播速度試験の様子

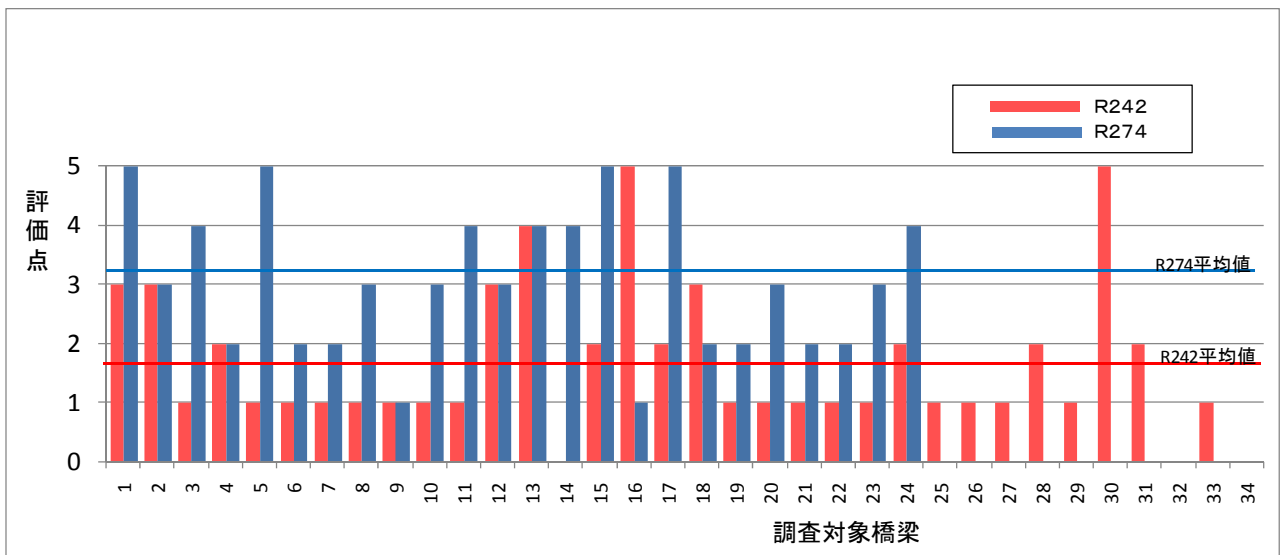


図-3 目視によるコンクリート表面の劣化状況

1.6点と小さく、全体的に橋台コンクリートの外観はさほど悪く無いと言える。一方、青いグラフに着目すると、評価点0の橋梁は無く、評価点が1の橋梁も2橋と少ない。逆に評価点3以上の橋梁数は全体の6割を越えており、評価点5の橋梁は4橋確認された。全体の平均値は3.2点、赤いグラフに比べると平均値は1点以上高い。

本調査においては、凍害危険度が高いエリアの橋梁より、凍害危険度の低いエリアの橋梁のほうがコンクリート表面の劣化度が大きい結果が示された。このことは、コンクリート表面の劣化程度は低気温や凍結融解日数よりも凍結防止材散布などの様々な環境条件に大きく依存する可能性を示唆するものの、調査箇所数が未だ少ないことから傾向の把握に向け、今後もさらにデータの蓄積を図る必要がある。

## (2) 超音波伝播速度試験結果

既往の研究<sup>3)</sup>を参考に、コンクリート内部における相対動弾性係数(RE)の予測下限値を調べた。図-4に一般国道242号、図-5に一般国道274号で調べた全ての調査データをもとに整理した深さ方向の予測下限値のヒストグラムを示す。この図では深さ方向の傾向が把握しやすいよう、折れ線グラフの形で結果を示している。さらに、架設後の経過年数による劣化程度の違いを確認するために、図-4、5のデータを橋梁の架設年度について西暦1975年以前と以後に分けて整理した。図-6に1975年以前に架設された橋梁の結果、図-7にそれ以降に架設された橋梁の結果を示す。なお、このグラフで表示しているのは全データの平均値である。グラフを見ると、どの深さにおいても一般的な耐凍害性の下限値とされる相対動弾性係数60%を下回っていることがわかる。このことはコンクリート表面のみならず、コンクリート内部の深さ100mm程度の範囲まで凍害劣化が進行していることを意味している。また、この傾向は架設後の経過年数によら

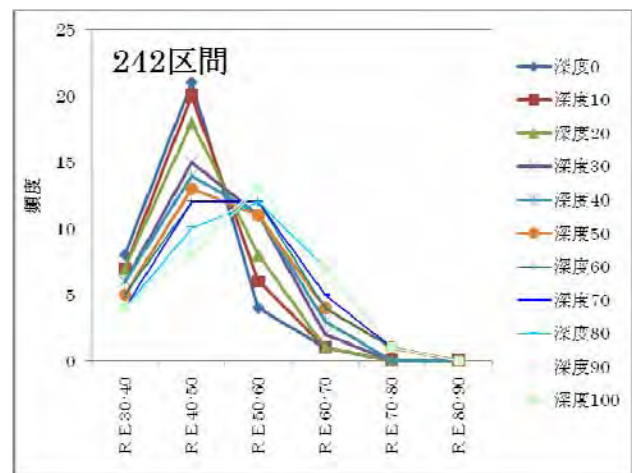


図-4 一般国道242号のヒストグラム

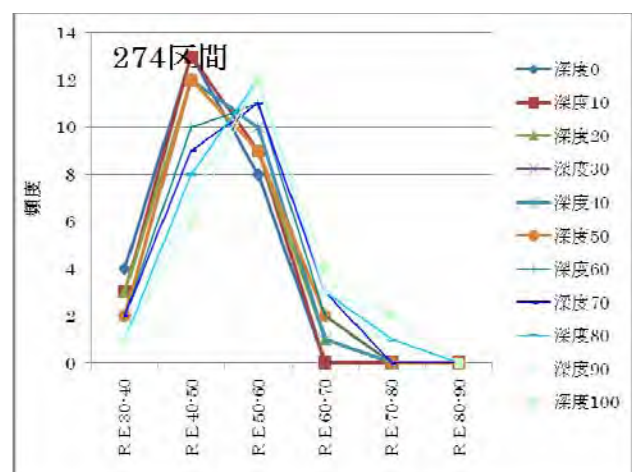


図-5 一般国道274号のヒストグラム

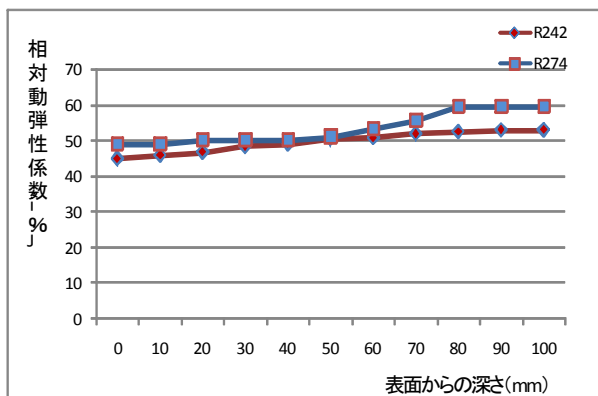


図-6 1975年以前に架設された橋梁による調査結果

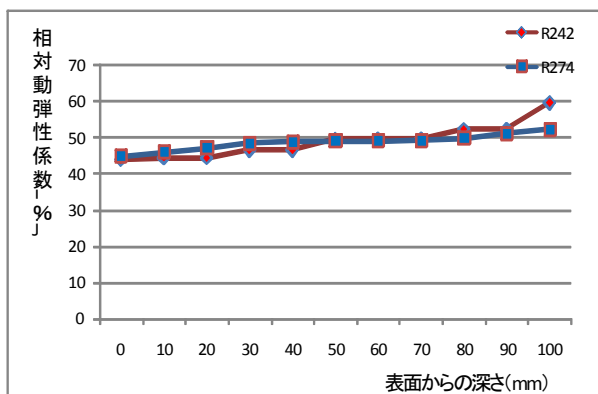


図-7 1975年以後に架設された橋梁による調査結果

ないこともグラフから読み取れる。さらに、一般国道242号と一般国道274号では概ね同程度の傾向を示し、調査箇所の違いの影響も見られなかった。本調査の対象橋梁の立地環境は凍害危険度が4および5と高いことから、コンクリート内部の劣化は架設年度や路線環境の要素よりも凍害危険度が大きく影響していることが示唆される。また、これらの地区では、コンクリート内部では凍害が早期に発生、進展し、長期に亘ってこの影響が続く傾向にあることが本調査の範囲で確認された。

### 3. まとめ

- (1) コンクリート表面の劣化程度は、低気温や凍結融解日数よりも凍結防止材散布などの様々な環境条件に大きく依存する可能性が示唆された。しかし調査箇所数が未だ少ないことから、傾向の把握に向け、今後もさらにデータの蓄積を図る必要がある。
- (2) コンクリート内部の劣化程度は、架設年度や路線環境の要素よりも凍害危険度が大きく影響していることが示唆された。また、調査地区において、コンクリート内部では凍害が早期に発生、進展し、長期に亘ってこの影響が続く傾向にあることが本調査の範囲で確認された。

### 参考文献

- 1) 長谷川寿夫：コンクリートの凍害危険度算出と水セメント比限界値の提案，セメント技術年報，XXIX，pp. 248-253，1975.
- 2) American Society for Testing and Materials：Standard Test Method for Scaling Resistance of Concrete Surfaces Exposed to Deicing Chemicals
- 3) 遠藤裕丈、田口史雄、林田宏：コンクリート部材の凍害診断への表面走査法の適用に関する研究、第55回（平成23年度）北海道開発技術研究発表会発表概要集、2012.2