

寒冷地山間部のコンクリート構造物での凍害調査

(独)土木研究所 寒地土木研究所 正会員 ○川村 浩二
 (独)土木研究所 寒地土木研究所 正会員 遠藤 裕丈
 (独)土木研究所 寒地土木研究所 正会員 田畑浩太郎

1. はじめに

コンクリート構造物の長寿命化を効率的に図るための適切な維持管理を行うには、耐久性能の合理的な評価技術の整備が不可欠である。積雪寒冷地では冬期間、路面に凍結防止剤(多くは塩化物系)が散布されている。このような環境下に立地するコンクリート構造物では、凍結融解と塩化物の複合作用によるスケーリングの促進が懸念される。しかしながら一般には実際のコンクリート構造物においてスケーリングのみならず、ひび割れも同時に発生・進展する。このことから、実際の凍害の発生形態に即したコンクリートの耐久性評価技術を確立する必要がある。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発生形態の実態を把握するため、寒冷地である北海道の山間部の道路橋下部コンクリートを対象に、目視によるスケーリングの調査と、超音波による凍害ひび割れの調査を行った。

2. 調査概要

図-1 に凍害危険度マップ¹⁾と調査路線を示す。本調査では、凍害危険度5の一般国道(以下、Rと記す)242号の34橋、R38号の25橋、R39号の28橋、凍害危険度4のR274号の25橋、凍害危険度3のR230号の21橋、R453号の11橋、合計114橋を対象に目視によるスケーリングの調査と超音波による凍害ひび割れの調査を行った。

スケーリングの調査は、道路橋の起点側と終点側の橋台を対象に行った。1橋台当たり橋台両側面と正面の3面、1橋梁当たり6面において図-2に示すASTM C 672の基準²⁾に準じた目視調査を行った。評価点が最も大きい面の値(以下、最大目視評価点と記す)をその橋の評価点とした。凍害ひび割れの調査は、スケーリングが最も大きいと評価された面で行った。ここでは、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表面走査法に準じた調査を行い、既往の研究³⁾を参考にコンクリート内部の相対動弾性係数の予測下限値の推定を試みた。図-3に測定の要領を示す。劣化層が表面近傍に存在する場合、表面に超音波の発振子と受振子を配置し、受振子を一定の間隔で発振子から遠ざけていくと、発・受振子間距離がある値以上になると超音波の伝播経路は最短距離である健全層の縁端面に一本化されるため、発・受振子間距離に対する伝播時間の増加の割合は小さくなり、図-3の下に示すような折れ線グラフが得られる。また、劣化層の品質が大きく低下すると、原点からのグラフの傾きも大きくなる。本調査では既往の研究³⁾で示されたグラフの傾きと相対動弾性係数の関係をもとに、予想される相対動弾性係数の下限値をグラフから調べることで凍害によるコンクリート内部の損傷の度合を把握することとした。また、凍害の程度と凍結防止剤の散布量との関係を考察するため、各路線における凍結防止剤の区間散布量を調べた。区間散布量は、各路線の管理区間に散布された量をその管理延長で除した値(以下、路線・区間値と記す)で表すことにした。なお、ここで

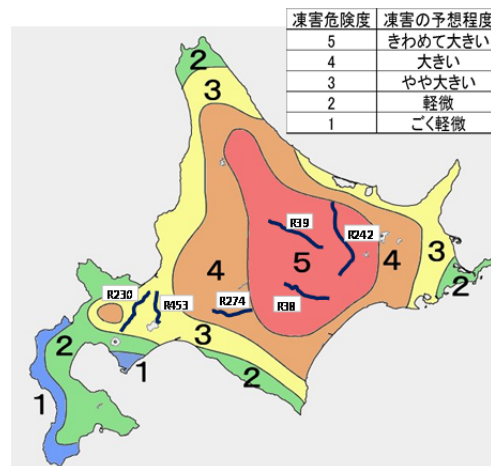


図-1 凍害危険度マップ及び調査路線

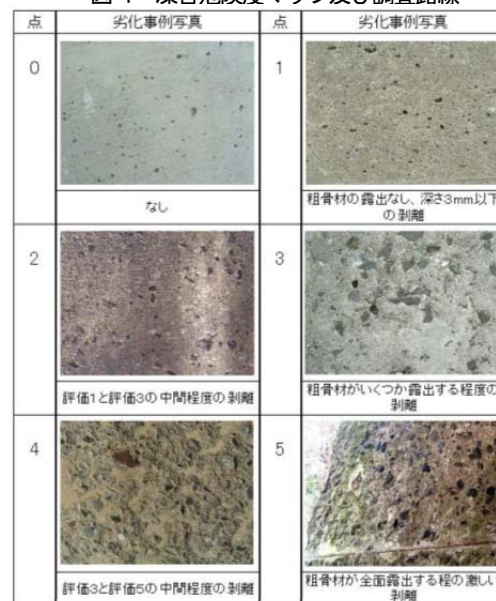


図-2 目視評価の基準

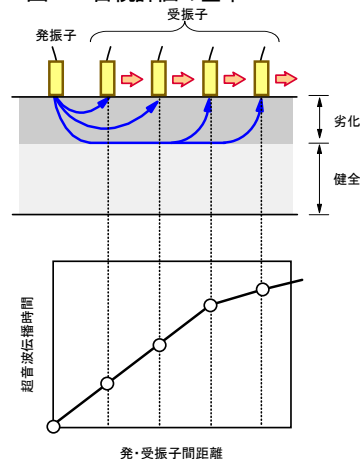


図-3 表面走査法概念⁴⁾

キーワード コンクリート、凍結融解、凍結防止剤、耐久性設計

〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号 TEL 011-590-4046 FAX 011-590-4048

は凍結防止剤散布量が最も少なかった R242 号の 1 区間を 1 として、各路線の散布量を比率で表すこととした。

3. 調査結果・考察

(1) スケーリング

図-4 に管理区間内の全橋梁の最大目視評価点の平均値と経過年数の関係を示す。構造物が置かれている環境や使用材料が異なるためばらつきがあるものの、供用 0～50 年の範囲では、概ね年数の経過に伴って劣化が進行する形の分布を呈した。次に、凍結防止剤散布比率と最大目視評価点の関係について調べた。ここでは、供用年数と最大目視評価点の全データとの関係を管理区間毎に原点通過を前提に直線回帰し、得られた回帰式から供用から 50 年後までの最大目視評価点を 10 年毎に求め、凍結防止剤散布比率との関係を整理した。ここでは代表して、図-5 に 10 年目、図-6 に 50 年目の結果を示す。10 年経過時には、いずれの路線においても最大目視評価点は 2～3 以下の値を示した。一方、50 年目では最大目視評価点に及ぼす凍結防止剤散布量の影響が顕著に現れた。このことから、本調査の範囲では、スケーリングに関しては凍結防止剤散布比率と密接な関係にある傾向が示された。

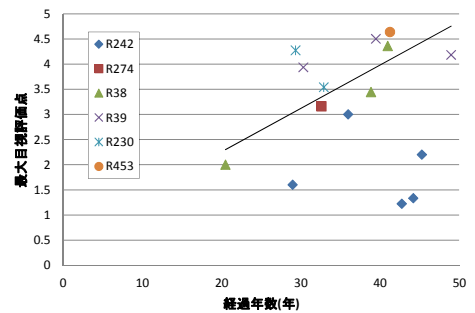


図-4 経過年数と最大目視評価点の関係

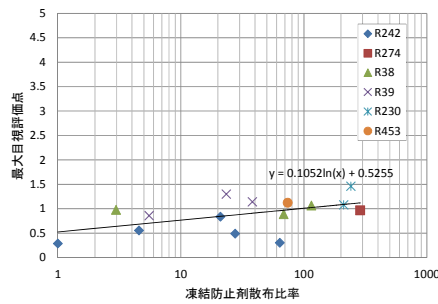


図-5 凍結防止剤散布比率と最大目視評価点(10年経過)

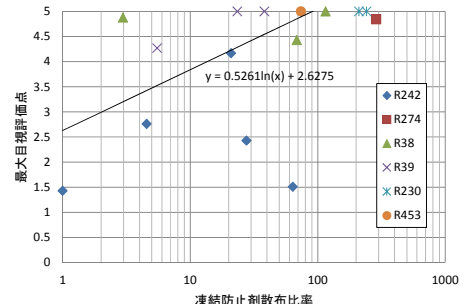


図-6 凍結防止剤散布比率と最大目視評価点(50年経過)

(2) 凍害ひび割れ

表面走査法から求めた相対動弾性係数(RE_d)の予想下限の推定値をヒストグラムで深さ毎に整理した。ここでは代表して深さ 10mm の結果を図-7 に示す。いずれの路線においても予測下限値の最頻値は 40～60% の範囲に出現した。

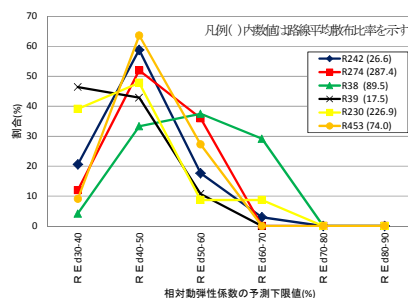


図-7 相対動弾性係数の予測下限値のヒストグラム(深さ 10mm)

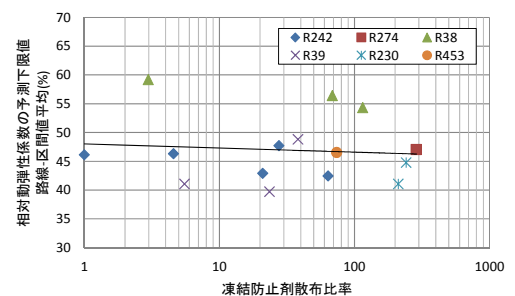


図-8 凍結防止剤散布比率と相対動弾性係数の予測下限値(深さ 10mm)

このことから、今回調査した道路橋下部コンクリートの多くは 100% から概ね 40～60% 以上の範囲に相対動弾性係数の真値が存在していると推察される。しかしながら、 RE_d 60-70 の割合は R242 号よりも凍結防止剤の散布比率が大きい R230 号が多く、一方で、 RE_d 40-50 の割合は R230 号よりも凍結防止剤散布比率が少ない R242 号の方が多い結果が示された。図-8 に凍結防止剤散布比率と相対動弾性係数の予測下限値の路線-区間値平均値(深さ 10mm) の関係を示す。スケーリング調査結果とは対照的に、凍害ひび割れの促進に及ぼす凍結防止剤散布の影響は顕著に見受けられなかった。凍害ひび割れに関しては、凍害危険度やコンクリートの品質の影響が卓越していると考えられ、実構造物における凍害ひび割れの進展に及ぼす影響因子の明確化・整理に向け、さらに調査を重ねる必要がある。

4. まとめ

本調査の範囲で得た知見をまとめると以下ようになる。

- (1) 供用 0～50 年の範囲では、年数を経るにつれスケーリングが進行していく傾向にある。
- (2) 凍結防止剤散布割合が大きいほどスケーリングの程度は大きい。
- (3) 凍害ひび割れの促進に及ぼす凍結防止剤散布の影響は顕著に見受けられなかった。

【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，Vol.29，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
- 4) 柏忠二，明石外世樹，小阪義夫：コンクリートの非破壊試験法一日欧米の論文・規格・文献一，p.42，1980。