

高速道路橋梁におけるコンクリートの塩害と凍害による劣化状況調査

東日本高速道路(株) 法人会員 ○鈴木 貴洋

東日本高速道路(株) 正会員 曾田 信雄

(株)ネクスコ・エンジニアリング東北 正会員 早坂 洋平

弘前大学大学院 正会員 上原子 晶久

1 . はじめに

東北地方における積雪寒冷環境下の高速道路では、凍結防止剤を含んだ一部伸縮装置からの路面水の漏水による塩害に加え、凍害による複合作用の影響でコンクリート構造物の劣化が進行している可能性がある。そのため、塩害と凍害の複合劣化による劣化状況の把握、それに伴う性能低下を予測することは今後のコンクリート構造物の維持管理を行う上で重要な課題である。

そこで、本報告では供用開始から 35～36 年が経過している東北自動車道の橋梁下部工コンクリートを対象に、塩害と凍害に関する劣化状況を調査した。

2. 調査概要

図-1 に凍害危険度マップ¹⁾と調査位置図を示す。調査は外見上凍害による損傷が見受けられる 10 橋（東北自動車道 碓ヶ関 IC～大鰐弘前 IC 間：3 橋，大鰐弘前 IC～黒石 IC 間：4 橋，黒石 IC～浪岡 IC 間：3 橋）を対象に 11 橋台で行った。なお，いずれの箇所も概ね凍害危険度 2 のエリアに位置している。表-1 に調査・試験項目を示す。コンクリートコアは剥離度測定範囲内の表面欠損部において，φ83mm，深さ方向に 250mm 程度で採取した。塩化物イオン量に係るコンクリート粉末はコンクリートコア採取箇所近傍の表面欠損の小さい箇所において，深さ方向に 20mm 間隔で表面から最大深さ 100～220mm までの範囲で採取した。凍害による損傷程度の指標として，部材表面の剥離度および部材内部の相対動弾性係数を算出した³⁾。剥離度は，調査対象面に 50cm×50cm の枠を据え付け，枠内のスケーリング発生箇所は目視評価により範囲を決めて剥離面積を求めた。また，ノギスを用いて剥離深さを 10 点測定し平均剥離深さを求めた。式(1)，(2)より剥離度を算出した。

$$D_m = D \times A_s \quad (1)$$

$$A_s = S/(50 \times 50) \quad (2)$$

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

○の数字は凍害危険度

を表す
目付

..... 浦安危險度区分

——亨通道致

——同还追路

右図は文献 1)を参照
して凍害危険度区分線

をトレースしたもので

あるため、高速道路や

県境等との位置関係は
左ノ表で目安である

めくまじ目女である。

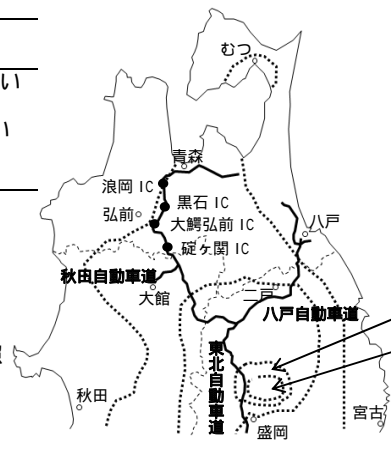


図-1 調査位置図

表-1 調査・試験項目

調査項目	調査方法
中性化深さ	コンクリートコアのフェノールフタレイン法（JIS A 1152：2011 に準拠）
塩化物イオン量	ドリルによるコンクリート粉末採取（JSCE-G 573-2013 に準拠） 蛍光 X 線分析装置による塩化物イオンの定量分析
日射条件	現地踏査
外観調査	目視評価 (ASTM C 672 外観評点，RILEM スケーリング程度区分)
外観詳細調査 (剥離深さ，剥離度)	ノギスによる測定 剥離面積範囲は目視評価
現位置の強度性状	テストハンマによる反発硬度 (JSCE-G 504-2013 に準拠)
超音波伝播速度試験 (相対動弾性係数)	コンクリートコアの透過法 表面走査法 ²⁾

ここに D_m は剥離度 (mm) , D は平均剥離深さ (mm) , A_s は枠内のスケーリング面積の割合 , S は枠内のスケーリング面積 (cm²) である . 相対動弾性係数は , 超音波測定試験より得られる超音波伝播速度から式 (3)⁴⁾ により動弾性係数を算出し , 透過法による場合は式 (4) , 表面走査法による場合は式 (5) により相対動弾性係数を算出した . 透過法は乾燥させていない状態のコンクリートコアの表面から 10mm 間隔で測定した . 表面走査法はコンクリートコア採取箇所近傍の表面欠損の無い箇所 で測定した .

$$E_d = 4.0387 V^2 - 14.438 V + 20.708 \quad (3)$$

キーワード 塩害，凍害，複合劣化，高速道路，下部工

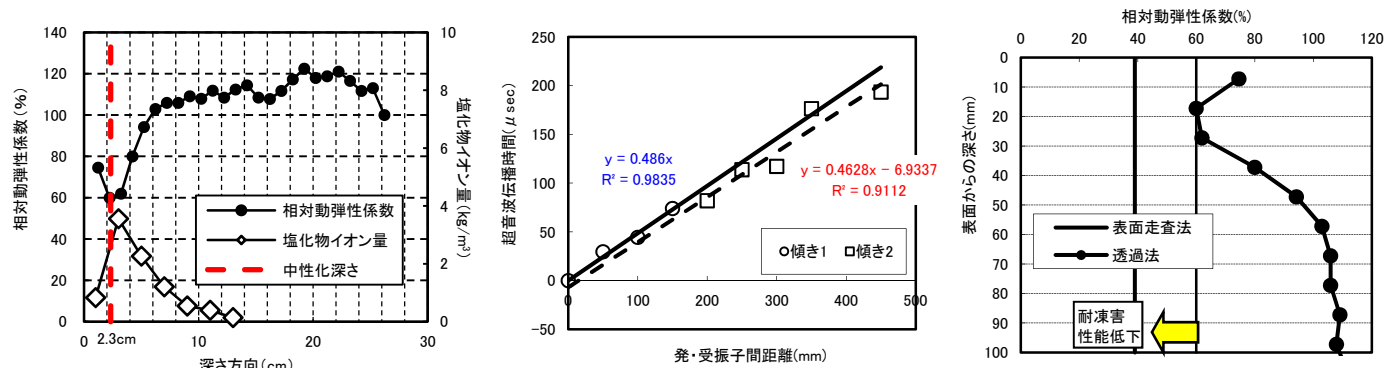
連絡先

〒980-0021 宮城県仙台市青葉区中央3-2-1

T E L 022-217-1791



図-2 部材表面の調査結果



(a) 相対動弾性係数（透過法）と塩化物イオン量分布

(b) 表面走査法による測定結果

(c) 透過法と表面走査法による相対動弾性係数

図-3 部材内部の調査結果

$$RE_d = E_{dn}/E_{d0} \times 100 \quad (4)$$

$$RE_d = 21.7x^{-0.81} \quad (5)$$

ここに、 E_d は動弾性係数 (GPa)、 V は超音波伝播速度 (km/sec)、 RE_d は相対動弾性係数 (%), E_{dn} は各深さにおける動弾性係数 (GPa) である。 E_{d0} は部材供用前の動弾性係数 (GPa) であるが、ここでは不明なため最奥部の動弾性係数を適用した x は超音波伝播時間と発・受振間距離の関係から得られる直線の傾き ($\mu\text{sec}/\text{mm}$) である。

3. 調査結果

ここでは代表的な 1 橋の調査結果事例を示す。図-2 に部材表面の調査結果を示す。調査対象面は日射方向が南東面であり、表面にはポップアウトによる凍害損傷が見られる。外観評価は ASTM で 3, RILEM で中程度、剥離度で 0.28mm であった。図-3 に部材内部の調査結果を示す。ここで、コアによる試験結果の内、透過法による相対動弾性係数を深さ方向でプロットする場合、建設当初の表面からの深さで表すために、コア表面からの測定深さに平均剥離深さを加えてプロットしている。図-3(a)より、中性化深さ付近において塩化物イオン量は最大、相対動弾性係数は最小となっていることが分かる。なお、採取したコア表面の観察では全体的に微細ひび割れ等の変状や骨材異常は見受けられなかった。相対動弾性係数の最小値は 60%程度であることから、表面から

深さ 3cm 程度までの表層付近が凍害により損傷している可能性がある。図-3(b)より、表面走査法の回帰直線には折れ線となる変曲点が現れなかったことから、その品質は全体的に均質であると考えられる。図-3(c)より、透過法と表面走査法による相対動弾性係数を比較した場合、表面走査法の推定領域(約 40%以上)に透過法の結果は分布しているものの、透過法による相対動弾性係数の変化とは異なる結果となった。これは、表面走査法と透過法で、表面や深さの測定箇所ごとのコンクリートの含水状態に差異があり、その影響を受けたためと考えられる。

4. まとめ

今後は、今回の調査結果を詳細に整理し、橋台ごとの比較、表面損傷の剥離度等と内部損傷の相対動弾性係数および塩化物イオン量との関係性の分析等を通して、塩害と凍害の複合劣化の状況を検討する。また、凍結防止剤散布量や外気温データを整理し、最低温度や凍結融解回数等、凍害と塩害の環境条件についても調査する必要がある。

【参考文献】

- 1) 長谷川寿夫, 藤原忠司: 凍害 コンクリートの耐久性シリーズ, 技報堂出版, 1988
- 2) 国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所: 表面走査法によるコンクリートの凍害点検・診断マニュアル(案), 2016.10
- 3) 川村浩二, 遠藤裕丈, 島多明典: 寒冷環境下のコンクリート構造物における塩化物イオンの浸透状況調査, 土木学会第 71 回年次学術講演会, -261, PP. 521-522, 2016.9
- 4) 緒方英彦, 野中資博, 藤原貴央, 高田龍一, 服部九二雄: 超音波法によるコンクリート製水路の凍害診断, コンクリートの凍結融解抵抗性の評価方法に関するシンポジウム論文集, PP. 63-70, 日本コンクリート工学協会, 2006.12