

凍害を受けたコンクリート橋の表層部劣化評価に対する 算術平均粗さの適用に関する研究

○秋田大学大学院 学生会員 齋藤憲寿
正会員 徳重英信

1. はじめに

積雪寒冷地ではコンクリート構造物は凍害による劣化が強く懸念され、既存のコンクリート橋の劣化程度の評価や、それを基にした適切な維持管理計画の立案が急務とされている。一般に構造物表面の劣化程度の評価は目視によるものが多いが目視判定による判定は定性的にならざるを得ず、また、評価者の熟練度の違いによって判定が異なることが指摘されている¹⁾。本研究は、算術平均粗さを用いて凍害が認められるコンクリート橋の橋台または橋脚から採取したコアおよび室内凍結融解試験を行った角柱供試体表面の劣化程度の比較を行い、構造物における算術平均粗さの適用性について実験的検討を行った。

2. 実験概要

算術平均粗さ(Ra)は JIS B 0601 に定義されており、コンクリート表面の凹凸を粗さ曲線 $y=f(x)$ として求め、式(1)により数値化したものである。本研究では単位をミリメートル(mm)とした。

$$Ra = \frac{1}{L} \int_0^L |f(x)| dx \quad (1)$$

ここに、
Ra：算術平均粗さ (mm)
L：基準長 (mm)

本研究の調査対象は秋田県内の供用後 19~58 年経過した 13 のコンクリート橋とし、環境要因を調査するとともに ASTM C 672 の室内試験における目視判定法に準じ、外観評点が 0~5 に相当する合計 24 箇所の橋台または橋脚の堅壁側面からコア(φ 50~100mm)を採取した。表-1 に調査対象の概要、表-2 に凍結劣化度の外観評点を示す。また、比較として水セメント比 65% の角柱供試体(100×100×400mm)を製造し、水道水および 3%NaCl 水溶液を用いて JIS A 1148(A 法) に準じ凍結融解試験を行った。測定範囲はコアのかぶり表面(42×42~66×66mm)および角柱供試体の側面中央の表面(192×84mm)として、レーザー変位計を用いて 3mm 間

表-1 調査対象の概要

名称	供用年数	大気環境区分	沿道状況	コア採取本数	コア直径(mm)	コア採取方位	外観評点
A橋	19	田園	平地	2	75	東, 南	2, 3
B橋	24	田園	平地	2	75	北	0, 4
C橋	30	田園	山地	2	50	東	1, 3
D橋	30	田園	山地	2	75	南	1, 3
E橋	35	田園	平地	2	100	西, 南	0, 5
F橋	36	田園	平地	1	75	南	0
G橋	36	田園	平地	2	100	東, 南	0, 4
H橋	40	田園	山地	2	100	南	0, 3
I橋	41	田園	平地	2	75	南	1, 3
J橋	44	田園	平地	1	100	東	1
K橋	45	海岸	山地	2	100	西	2, 5
L橋	47	田園	平地	2	75	東	1, 1
M橋	58	田園	平地	2	100	東	1, 3

表-2 凍結劣化度の外観評点

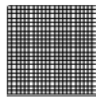
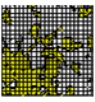
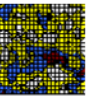
評点	区分の基準
0	なし
1	粗骨材の露出なし、深さ3mm以下の剥離
2	評価1と評価3の中間程度の剥離
3	粗骨材がいくつか露出する程度の剥離
4	評価3と評価5の中間程度の剥離
5	粗骨材が全面露出する程の激しい剥離

隔で表面の凹凸を測定し、算術平均粗さと最大スクーリング深さ(凹凸の最大値と最小値の差)を算出した。

3. 実験結果及び考察

表-3 に外観評点が異なる構造物コアの算術平均粗さとスクーリング状況を示す。外観評点 0(健全部)の E 橋の表面は平滑でスクーリングがほぼ認められず、算術平均粗さは 0.20mm、外観評点 3 の H 橋はセメント

表-3 実構造物コアの算術平均粗さとスクーリング状況

名称	E橋	H橋	E橋
外観評点	0	3	5
算術平均粗さ(mm)	0.20	0.48	1.63
スクーリング状況(深さ, mm)			
	□ 0 - 2.5 ■ 7.5 - 10.0	□ 2.5 - 5.0 ■ 10.0 - 12.5	□ 5.0 - 7.5

キーワード 凍害, スクーリング, 算術平均粗さ, 外観評点, 複合劣化

連絡先 〒010-8502 秋田県秋田市手形学園町 1-1 TEL 018-889-2762

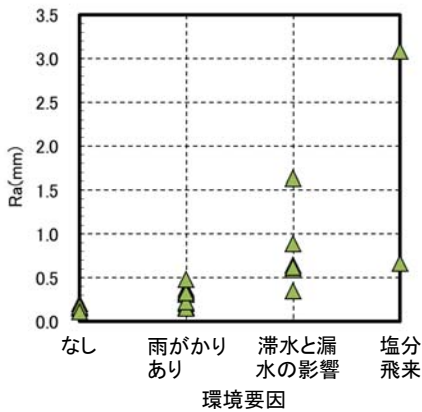


図-1 環境要因と算術平均粗さの関係

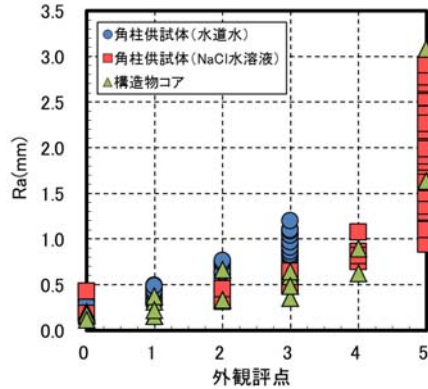


図-2 外観評点と算術平均粗さの関係

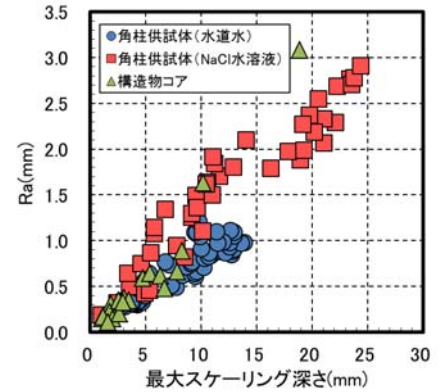


図-3 外観評点と算術平均粗さの関係

ペーストやモルタルの剥離により 5mm 以下のスケールリングが見られ、算術平均粗さは 0.48mm、外観評点 5 の E 橋は 10mm 以上のスケールリングが見られ、算術平均粗さは 1.63mm であった。したがって、表面のセメントペーストやモルタルの剥離が著しくなるほどスケールリング深さや算術平均粗さが大きくなっていることから、算術平均粗さは凍害により劣化したコンクリート表面の凹凸を定量的に評価できることが確認された。

図-1 に構造物がおかれる環境要因(特に水分の供給)とコアの算術平均粗さの関係を示す。凍結防止剤の散布については不明だが、水の供給が認められない場合は 0.20mm 以下であり、水分の供給量が増加するほど算術平均粗さの最大値が大きいため凍害による劣化は水分の供給による影響が大きいことが考えられる。さらに、K 橋のように海岸部で季節風の影響を受けやすい西側に位置する箇所は水分の供給に加えて飛来塩分の浸透によりスケールリングが促進されるため、算術平均粗さが卓越して大きくなったと考えられる。

図-2 に構造物コアおよび角柱供試体の外観評点と算術平均粗さの関係を示す。どちらも外観評点が増えるにつれて算術平均粗さが増加しているが、外観評点 3 および 4 に分類される構造物コアの算術平均粗さは角柱供試体(水道水)よりも低くなる傾向である。この要因として、粗骨材の形状や凍結防止剤が影響していると考えられる。調査対象とした実構造物は砂利、角柱供試体は碎石を使用しており、砂利は碎石よりも実積率が高く²⁾、一般にモルタルの量が角柱供試体よりも減少したと考えられる。また、塩化物イオンによって水が凍結する空隙径の低下や浸透圧の増加³⁾により、測定面全体が均一にスケールリングして凹凸が小さい状態で外観評点 3 および 4 に達することにより、算術平均粗さが小さくなったと考えられる。

図-3 に構造物コアと角柱供試体の算術平均粗さと最大スケールリング深さの関係を示す。どちらも最大スケールリング深さが増加するほど算術平均粗さが増加しており、相関関係が認められる。しかし、最大スケールリング深さに対する算術平均粗さの増加は構造物コアが角柱供試体(水道水)よりも大きく、また、外観評点 5 のように表面が粗くなるほど角柱供試体(NaCl 水溶液)よりも顕著に現れる。これは、砂利のポップアウトに起因する粗骨材の剥落により、コンクリート表面の凹凸が大きくなったものと考えられる。

4. まとめ

- (1)算術平均粗さは凍害により劣化した構造物表面の凹凸を定量的に評価できることが確認された。
- (2)凍害による構造物の劣化は環境条件に依存する傾向があり、水分の供給により大きく異なる。
- (3)算術平均粗さは外観評点や最大スケールリング深さとの関係性が認められるが、粗骨材の形状や凍結防止剤(塩化物イオン)の影響を受けると考えられる。

謝辞: 本研究を実施するにあたり、秋田県建設部道路課の協力を得た。記して謝意を表する。

参考文献

- 1)柿原巧弥, 千歩修, 長谷川拓哉: 凍害劣化を受けた RC 造構造物の目視による各種性能に関する劣化評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.1, pp.851-856, 2010
- 2)片平博, 河野広隆: '92 年・'99 年コンクリート用骨材調査報告, 土木学会年次学術講演会講演概要集第 5 部, Vol. 55, pp.380-381, 2000
- 3)月永洋一, 庄谷征美, 原忠勝: 凍結防止剤によるコンクリートのスケールリング性状とその評価に関する基礎的研究, コンクリート工学論文集, 第 8 号, 第 1 巻, pp.121-133, 1997