

算術平均粗さによる凍害劣化したコンクリート表面の評価

秋田大学 学生会員 ○鈴木 英明
秋田大学大学院 学生会員 齋藤 憲寿
秋田大学大学院 正会員 徳重 英信

1. はじめに

これまで凍害による構造物表層の劣化程度の評価は目視によるものが中心となっているが、目視判定による劣化程度の分類は定性的であり、詳細な劣化程度の判断が困難な上、評価者の熟練度の違いによって評価が異なる可能性が指摘されている¹⁾。本研究は、凍害を受けた構造物表面の劣化程度を定量的に評価するための手法として算術平均粗さを適用することを目的とし、凍結融解試験によって劣化させた角柱供試体を対象に劣化程度の定量化の可能性について検討した。

2. 実験概要

算術平均粗さ(Ra)は JIS B 0601 に定義されており、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。本研究ではコンクリートを対象とするため、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)

算術平均粗さの測定は、凍結融解試験に供しない供試体 A (健全な状態)、JIS A 1148(A 法)に準じて凍結融解試験を行い、供試体表面にスケーリングを発生させた供試体 B および C の 3 種類 (100×100×400mm) を用いて行った。各供試体の劣化状況を図-1 に示す。

測定範囲は供試体側面中央部の所定の範囲(192×84mm)とし、測点同士の距離が 1.5mm から 12mm の 4 パターンについて写真-1 に示す表面形状測定装置を用いて凹凸の計測を行い、計測間隔を変化させた場合の算術平均粗さおよび最大スケーリング深さ(凹凸の最大値と最小値の差)の傾向について検討を行った。計測間隔および対応する測点数を表-1 に示す。

各計測間隔の測定で得られた数値の差の確認には、等分散を仮定した 2 標本による検定 (t 検定) を用いた。検定には測定によって得られた凹凸のデータより算出された図-1 に示す横方向の格子列の算術平均粗さもしくは最大深さを用い、比較する 2 つのグループの母平均は等しいとの仮定のもと、95%の信頼度の両側検定を行った。比較の基準とする計測間隔は 1.5mm とし、3mm から 12mm それぞれの計測間隔との比較を行った。なお、別途分散性の検定を実施し各グループ間の母分散は等しいとみなして良いことを確認し、等分散性が確認できないケースに関しては t 検定の対象とはせず、その時点で両者の値は等しいといえないと判断した。

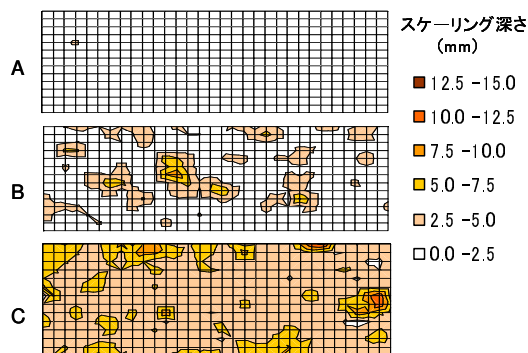


図-1 凹凸計測で使用した供試体のスケーリング分布図

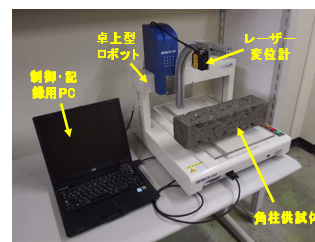


写真-1 表面形状測定装置

表-1 各計測間隔の測点数

計測間隔 (mm)	測点数
12	112
6	448
3	1792
1.5	7168

※測定範囲: 192×84mm

キーワード：算術平均粗さ，凍害，スケーリング，t 検定

連絡先：〒010-8502 秋田県秋田市手形学園町 1-1 秋田大学工学資源学部 tel: 018-889-2367, fax : 018-837-0407

3. 実験結果および考察

図-2 に計測間隔と算術平均粗さの関係を示す。算術平均粗さは健全な状態の A で 0.17~0.19mm, スケーリングが進行している B および C で 0.74~0.76, 1.08~1.19mm であり, 供試体表面のスケーリングが増加すると算術平均粗さが大きくなる傾向が認められた。また, 各供試体で計測間隔が異なる場合でも算術平均粗さに大きな差は認められなかった。これは一つの大きな凹凸が存在しても算術平均粗さに及ぼす影響が小さいという特徴に起因している。計測間隔を大きくして作業性を向上させた場合でも表-2 に示す t 検定の結果から, 全てのケースにおいて母平均が等しいという結果が得られた。

図-3 に測定間隔と最大スケーリング深さとの関係を示す。計測間隔を小さくすると測定される最大スケーリング深さが増加する傾向が認められた。最も細かい 1.5mm 間隔の測定において最大スケーリング深さは, A : 7.1mm, B : 13.3mm, および C:17.0mm と計測された。なお A で観測された凹凸は製造時に発生した気泡である。一方, 表-2 に示すように供試体 A と C では幾つかのケースで母平均が等しいという結果を得られなかった。計測間隔によって最大スケーリング深さが変化する理由として, 測点数が増加することにより大きい凹凸の測定が可能となったことが要因として考えられる。しかし, その増加は計測間隔 3mm から 1.5mm にかけて緩やかになっており, t 検定においてもすべての供試体で 3mm と 1.5mm 間隔の母平均が等しいという結果が得られた。

図-4 に最大スケーリング深さと算術平均粗さの関係を示す。計測間隔に関係なく最大スケーリング深さが増加するほど算術平均粗さが増加している。また, 異なる測定間隔におけるばらつきは算術平均粗さよりも最大スケーリング深さの方が大きい。これは, 最大スケーリング深さの特徴として 1 つの点で大きな凹凸が測定されることで値が大きく変動するため²⁾, 測点数の増減の影響を大きく受けたものと考えられる。このことから, 算術平均粗さは最大スケーリング深さと比べてコンクリート表面の劣化指標として安定性に優れていることが明らかとなった。

4. まとめ

- (1) 算術平均粗さは凍害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。
- (2) 算術平均粗さは最大スケーリング深さと相関があり, 測定間隔が異なる場合においても劣化指標として安定性に優れている。

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 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) 本間新哉, 北村浩二, 加藤敬: 農業用鉄筋コンクリート製開水路の凹凸評価手法, 農村工学研究所技報第 209 号, pp17-27, 2009

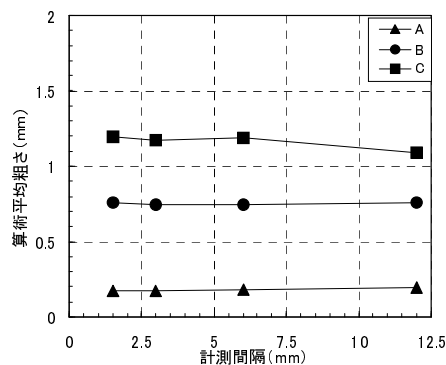


図-2 計測間隔と算術平均粗さの関係

表-2 t 検定結果

算術平均粗さ				最大スケーリング深さ			
比較する計測間隔 (mm)	A	B	C	比較する計測間隔 (mm)	A	B	C
3	○	○	○	3	○	○	○
6	○	○	○	6	×	○	○
12	○	○	○	12	×	○	×

※ ○: 母平均が等しい ×: 母平均が等しくない

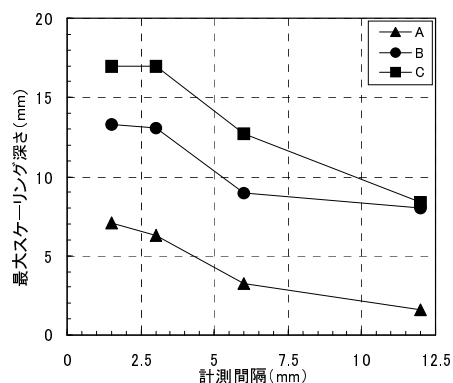


図-3 計測間隔と最大スケーリング深さの関係

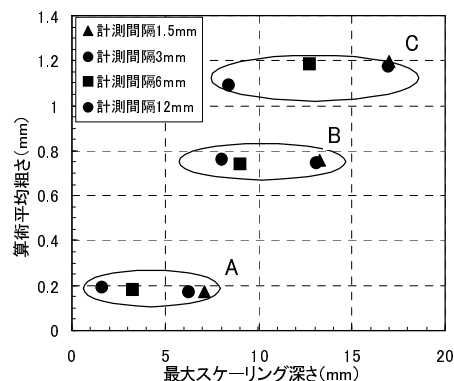


図-4 算術平均粗さと最大スケーリング深さの関係