

## コンクリート構造物の景観評価に関する表面気泡性状の数値化

大分工業高等専門学校 正会員 一宮 一夫  
 九州工業大学工学部 正会員 出光 隆  
 同 上 正会員 山崎 竹博  
 九州共立大学工学部 正会員 渡辺 明

### 1. はじめに

コンクリートの表面気泡の評価方法や評価基準は未だ確立されておらず、各機関ごとに独自の評価を行っているのが現状である。表面気泡の発生量を数値化する方法としては、土木学会の「表面気泡評価試験方法(案)」があるが、この方法では全体的な気泡発生量は数値化できるものの、測定精度や美観評価の際に重要となる表面気泡の大きさの分布が測定できない<sup>1)</sup>。

一方、最近の画像入出力装置やパーソナルコンピュータなどの画像解析に必要な機器の高性能化や低価格化により、十分な機能を持った画像解析システムを個人レベルでも構成することが可能となった。画像解析は、画像情報を精度良く数値化できるとともに評価項目が多様であることが特徴である。表面気泡の場合も、画像解析を用いることで詳細な評価が可能になると期待される。

本研究では、まず、画像解析と土木学会の方法で表面気泡発生量の測定結果を比較し、更に、画像解析による表面気泡を数値的に表すパラメータを提案して美観評価への適用性について検討した。

### 2. 格子シートと画像解析の表面気泡発生量の比較

土木学会が定める「表面気泡評価試験方法(案)」では、10mm 間隔の格子を描いた透明シートを用い、表面気泡と重なる格子の交点の個数と全格子の交点数の比を百分率で表したものを気泡発生率と定義している。この方法は、極めて簡単であり表面気泡の発生量の粗略値を得ることができるが、誤差を生じやすく、評価面積が広かったり表面気泡が多い場合には多大の労力を要する。これに対し、画像解析は、測定結果に対する信頼性が高く、測定する面積や表面気泡の量は総作業時間に影響しない。

図1は格子シートと画像解析の表面気泡発生量を比較したものである。この結果から、格子シートを用いる方法は、円換算径2mm以上の表面気泡の発生量を比較的正確に表しているものの、2mm以下の小さな表面気泡の評価には適さないことがわかる。

### 3. 表面気泡の性状評価のためのパラメータと適用例

硬化コンクリートの耐久性は、直径250 $\mu$ m以下の微細な空気泡の量と分布状態の影響を受けることが知られている。硬化コンクリート中の気泡組織を評価する気泡パラメータには、空気量、気泡間隔係数、気泡径の分布などがある。各パラメータは、コンクリート中の空気の容積の割合、気泡の平均的な間隔、気泡の大きさの分布などを数値的に表わしている。そこで、表面気泡性状の数値化の方法として、硬化コンクリート中の気泡組織の評価方法を応用

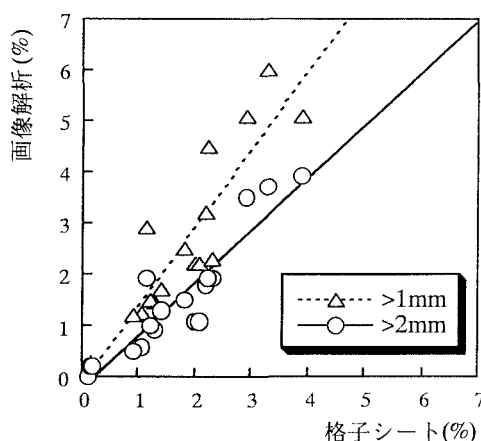


図1 画像解析と格子シートの表面気泡発生量の比較

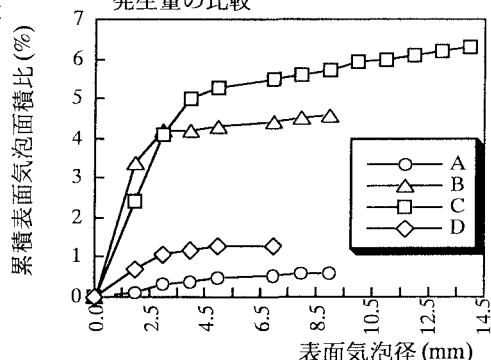


図2 気泡径ごとの表面気泡面積比

することの可否を検討する目的で、表面気泡性状が異なる4つの供試体に対して円換算径1mm以上の気泡を対象に画像解析を行い、表面気泡の一般的な分布傾向を調べた。図2、図3に画像解析の結果を示す。図2の縦軸は、気泡径ごとの面積比の小さい気泡径からの累計で、横軸は、気泡を1mm間隔で分類し、隣り合う気泡径の平均値である表面気泡径で表した。図3は、図2の結果をもとに、気泡径ごとの表面気泡の全表面気泡面積に対する割合を累計で表したものである。両図より、表面気泡は相対的に小さな径の比率が高いこと、気泡径の小さなものから大きなものまで連続的に分布することなどがわかる。

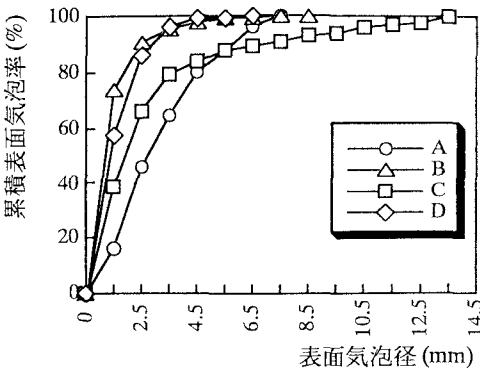


図3 表面気泡の大きさの分布

表1 表面気泡パラメータの定義

|          |                                                                                          |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 表面気泡面積比  | 表面気泡の総面積／コンクリート面積                                                                        |
| 平均表面気泡間隔 | $\sqrt{\text{コンクリート面積} / \text{気泡の個数} \times 4 / \pi}$ - 平均気泡径                           |
| 中心表面気泡径  | 相加平均径 = 累積表面気泡面積が50%の気泡径<br>加重平均径 = $\sqrt{\sum (\text{気泡径ごとの気泡率} \times \text{気泡径}^2)}$ |
| 最大表面気泡径  | 累積表面気泡面積が100%の気泡径                                                                        |

この結果から、表面気泡の性状を数値的に表すパラメータも、硬化コンクリート中の気泡組織の評価方法と同様の観点から定義できると考えられる。また、目視観察の結果、美観に影響を及ぼす、大きな径の表面気泡の存在を強調するパラメータが必要であることがわかった。

表2 目視評価と表面気泡パラメータ測定結果

|   | 目視評価<br>順位 | 面積比<br>(%) | 気泡間隔<br>(mm) | 中心気泡径(mm) |      | 最大径<br>(mm) |
|---|------------|------------|--------------|-----------|------|-------------|
|   |            |            |              | 相加平均      | 加重平均 |             |
| A | 1          | 0.5        | 13.7         | 2.7       | 4.0  | 8.5         |
| B | 3          | 4.5        | 5.5          | 1.0       | 2.1  | 8.5         |
| C | 4          | 6.3        | 6.3          | 1.9       | 3.9  | 13.5        |
| D | 2          | 1.3        | 11.6         | 1.3       | 2.3  | 6.5         |

以上のことから、本研究では、表面気泡性状を表すパラメータとして、表1に示すような表面気泡面積比、平均表面気泡間隔、中心表面気泡径と最大表面気泡径などを導入した<sup>2) 3)</sup>。これらのうち、平均表面気泡間隔は、1mm以上の表面気泡の個数でコンクリート面積を除し、表面気泡1個が存在する円面積を求め、円の直径から平均気泡径を差し引いたものである。この場合の平均気泡径は、表面気泡径ごとの気泡数の累計が50%の気泡径である。また、中心表面気泡径のうちの加重平均径は、大きな気泡の影響を考慮したもので、相加平均径よりも大きくなる。

表2に、大分高専の教官と学生10名による目視評価結果と表面気泡パラメータの測定結果を示す。表より、目視評価の高いもののほど表面気泡面積比と最大表面気泡径は小さく、平均気泡間隔は大きい傾向がある。なお、中心表面気泡径については、目視評価結果との有意な関係は見受けられなかった。

今後は様々な性状の表面気泡に対し、コンクリート技術者を対象とした目視評価をもとに、表面気泡パラメータの美観評価への適用性について更に詳細な検討をする必要がある。

#### 4. まとめ

- (1) 格子シートを用いる方法は、円換算径2mm以上の表面気泡の量を比較的良く表す。
- (2) 表面気泡を数値的に表すパラメータとして、表面気泡面積比、平均表面気泡間隔、中心表面気泡径、最大表面気泡径などの表面気泡パラメータを定義した。各パラメータと目視評価結果を比較したところ、目視評価の高いもののほど表面気泡面積比と最大表面気泡径は小さく、平均気泡間隔は大きい傾向であった。なお、中心表面気泡径については、目視評価結果との有意な関係は見受けられなかった。

#### 【参考文献】

1) 土木学会コンクリート技術シリーズ5、高流動コンクリートに関する技術の現状と課題、2) 山宮浩信ほか：硬化コンクリート中の気泡分布測定法に関する検討、第48回セメント技術大会講演集、1994、3) 原田克己ほか：画像解析装置を用いた硬化コンクリート中の気泡組織測定方法、セメント・コンクリート、No.471、May 1986