

# X 線 CT 画像の空間統計パラメータ処理に基づくコンクリート損傷の抽出

新潟大学大学院 学生会員 ○山岸 俊太郎

新潟大学 正会員 鈴木 哲也

新潟大学 正会員 森井 俊広

## 1. はじめに

コンクリート構造物の長寿命化策の精緻な検討には、構造材料に内在するひび割れ損傷の可視化および定量的評価が不可欠である。本報では、ひび割れ損傷が顕在化したコンクリート・コアに X 線 CT 計測を適用し、空隙構造の形状と空間的分布の両観点からひび割れ特性について検討した結果を報告する。

## 2. 実験・解析手法

### 2. 1 2 値化処理

X 線 CT 計測により取得したコンクリート・コア断面の可視画像に 2 値化処理を施し、ひび割れ・空隙の領域を評価した。2 値化処理では、X 線 CT 画像との整合性をひび割れ・空隙の面積により確認している。本報では、コンクリート・コア断面の 2 値化画像からひび割れ・空隙の面積、直径および空隙外周長を抽出した。図-1 はひび割れ・空隙を楕円と仮定したモデルである。ひび割れ・空隙の直径は、図-1 に示した楕円の長軸方向の距離であり、空隙外周長は楕円の外周の長さである。

### 2. 2 集中度指数

ひび割れ・空隙の空間的分布の定量的評価には、区画法における集中度指数を用いた。区画法とは、空間を等面積の区画に分割し、各区画内に含まれる個体数を数える手法である。区画内の空間的分布を明らかにするために、森下の集中度指数を用いた<sup>1)</sup>。

$$I_{\delta} = m \sum_{i=1}^m \{x_i (x_i - 1)\} / \sum_{i=1}^m x_i (\sum_{i=1}^m x_i - 1) \quad (1)$$

ここで、 $x_i$  : 1 つの区画内にある点の数、 $m$  : 区画数である。集中度指数は、各区画における点の数が一定もしくは同程度の場合、低下する。逆に、各区画における点の数が大きく異なる場合、集中度指数は増加する。集中度指数は、点の空間的分布がポアソン型、規則型、集中型に応じて  $I_{\delta} = 1$ ,  $I_{\delta} < 1$ ,  $I_{\delta} > 1$  となる。本研究では、2 値化画像においてひび割れ・空隙を構成するピクセルを点として測定した。

### 2. 3 供試体

本報では、実構造物より採取したコンクリート・コアを用いた。コンクリート・コアの直径は  $\phi 104 \text{ mm}$  である。ひび割れ損傷の進展状況から Type A, Type B, Type C の 3 種類に分類した。Type A はひび割れがコンクリート・コア全域において顕在化した供試体であり、Type B はコア上層部分においてひび割れが顕在化した供試体である。Type C は目視によりひび割れが確認されなかった供試体である。

## 3. 結果および考察

### 3. 1 ひび割れ・空隙の形状特性

2 値化画像より空隙・ひび割れの面積、直径、空隙外周長を算出した。本報では空隙外周長に着目し、コンクリート内部に発達したひび割れ・空隙の特性評価を試みた。図-2 は、空隙外周長の平均値と標準偏差の関係を示した両対数グラフである。Type A の平均値は 26.2 ~ 70.1, 標準偏差は 39.9 ~ 140.6 の範囲に分布し、Type B は平均値 15.5 ~ 18.1, 標準偏差 29.5 ~ 31.9 の範囲に分布した。これに対して、Type

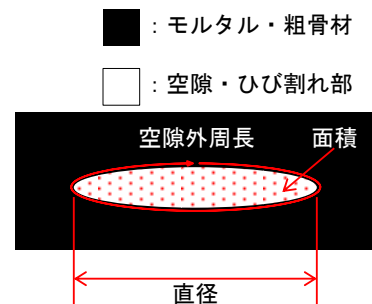


図-1 ひび割れ・空隙の評価指標

キーワード コンクリート, X 線 CT 法, 2 値化画像, ひび割れ損傷

連絡先 〒950-2181 新潟市西区五十嵐 2 の町 8050 番地 新潟大学大学院 TEL. 025-262-6303 E-mail : f14n001c@mail.cc.niigata-u.ac.jp

C の平均値は 5.9~7.3, 標準偏差は 2.6~6.2 の範囲に分布していることが確認された。以上のことから, ひび割れ損傷の発達により空隙外周長の平均値と標準偏差は, 累積的に増加することが明らかとなった。

### 3. 2 ひび割れ・空隙の空間的な分布特性

集中度指数  $I_\delta$  を用いて, ひび割れ・空隙の空間的な分布特性を評価した。図-3 は Type B のひび割れ・空隙を対象とした集中度指数  $I_\delta$  と区画面積の関係である。図-3 (a) はひび割れ損傷の発達した上層部, 図-3 (b) はひび割れの進展していない下層部の 2 値化画像である。図-3 (c) から区画面積 8 pixel では, Type B (下層部) は Type B (上層部) と比較して 3.4 倍大きい値を示すことが確認された。Type B (上層部) では, 各区画においてひび割れ損傷が広範囲に分布している。このため, 各区画のピクセル数が同程度となり, 集中度指数は低下したものと推察された。Type B (下層部) では, 空隙が局所的に分布していることから, 各区画のピクセル数が大きく異なり, 集中度指数が上層部と比較して増大したものと推察された。以上の結果から, ひび割れ損傷の発達したコア断面では, 集中度指数が低下するものと示唆された。

空隙外周長と集中度指数  $I_\delta$  の両観点から, コンクリート断面の空隙構造を評価した。検討の結果を図-4 に示す。同図では, ひび割れ・空隙の特性を詳細に評価するため, 図-3 と同様に各供試体の 2 値化画像を上下 2 分割し, 空隙外周長および集中度指数を算出した。集中度指数  $I_\delta$  は区画面積を 8 pixel とした値である。同図から空隙外周長の低下に伴い集中度指数は累積的に増加する傾向にあることが確認された。

### 4. おわりに

本論では 2 値化画像を用いてコンクリート・コア断面に発達したひび割れ・空隙の特性評価を試みた。検討の結果を以下に挙げる。

- 1) ひび割れ損傷の進行に伴い, 空隙外周長の平均値と標準偏差は累積的に増加することが確認された。
- 2) 空隙外周長と集中度指数の関係から, ひび割れ損傷の進展状況と空間的な分布特性を定量的に評価できることが明らかとなった。

### 参考文献

- 1) 石原外美, 塩沢和章, 宮尾嘉寿, 神島裕児: 炭素鋼平滑試験片の平面曲げ疲労過程における複数き裂の空間分布 (応力振幅および繰返し数依存性), 日本機械学会論文集 (A 編), 56 巻, 523 号, pp.494-500, 1990.3

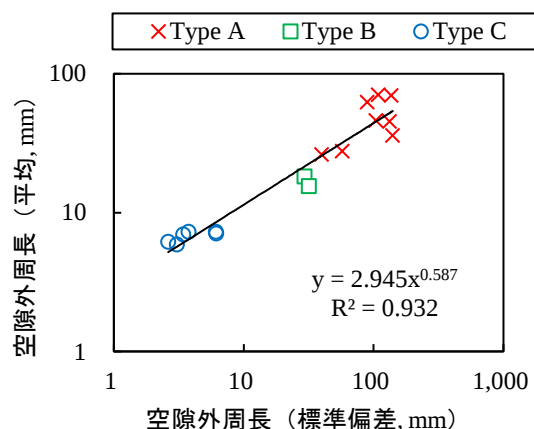
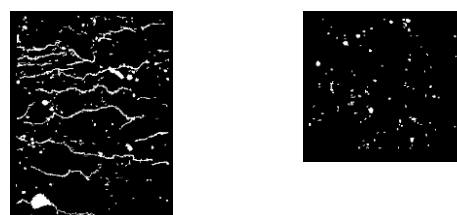
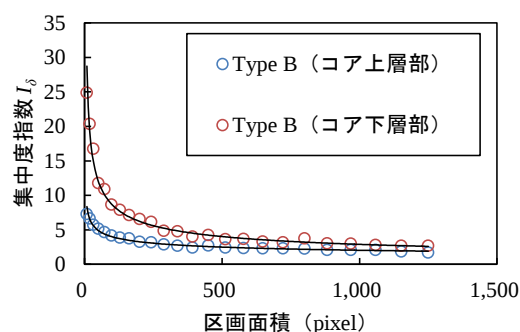


図-2 空隙外周長の平均値と標準偏差の関係



(a) Type B (コア上層部) (b) Type B (コア下層部)



(c) 集中度指数と区画面積の関係 (Type B)

図-3 集中度指数と区画面積の関係

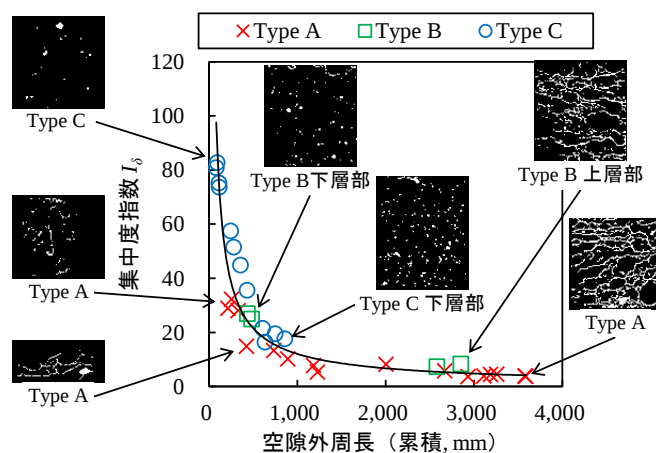


図-4 集中度指数と空隙外周長の関係