

ひび割れ図によるコンクリート部材の損傷評価についての考察

関東学院大学 学生員 ○河内 令子
 関東学院大学 正会員 出雲 淳一

1. はじめに

構造物の維持管理の基本は点検である。コンクリート構造物の点検資料として、最近では構造物のひび割れ図のデジタル化が行われているが、そのデータを解析し、コンクリート構造物の診断に役立てるまでには至っていないのが現状のようである。本研究はひび割れ図のデジタル画像をもとに解析を行い、引張軟化曲線よりコンクリート構造物の状態を評価する手法の検討を目的としている。

2. 解析方法

図-1 は実際の RC 構造物で観測されたひび割れ写真にひび割れを描き入れたものである。今回、以下に示す手順に従って、図-1 に示すメッシュで区切られた領域を解析し、構造物の損傷度を定量的に評価することにした。解析対象区間は 20m×20m の正方形領域で、今回は試行的に水平方向および鉛直方向を各々 10 メッシュに区切った計 100 の要素で構成した。ひび割れ図におけるひび割れ幅は、デジタルカメラの画角と解像度に依存する。図-1 におけるひび割れ幅を細かく分類するのは難しいので、画面上のひび割れ幅を 3 段階のひび割れ幅で大まかに分類することにした。すなわち、0.4mm 未満のひび割れ幅を 0.4mm、0.4mm～0.8mm のひび割れ幅を 0.8mm、1.0mm 以上のひび割れ幅を 1.0mm として取り扱うことにした。

解析は、始めにメッシュによって分けられた各要素の平均的なひずみを求めることにした。各要素内に含まれるひび割れ幅とその方向を全て調べ、要素の平均ひずみを求めるのは多大な作業を必要とするので、図-2 のように要素を構成する 4 辺上のひび割れで要素内のひずみを代表させることにした。辺上にあるひび割れは 1 つの独立したひび割れと見なし、2 辺以上にまたがって存在するひび割れは、いずれかの辺に属する 1 つのひび割れとして処理することにした。1 つのひび割れからは方向と幅をコンピュータ画面上から測定することができる。そのひび割れが図 3 で示される位置関係にあり、単位長さを $l=200\text{mm}$ とすると、 ζ 方向のひずみ ε_{ζ} は $\varepsilon_{\zeta}=w/l$ と表すことができる。局所座標 $\zeta-\eta$ 座標系で表されるひずみ ε_{ζ} は、ひずみの変換則により、全体座標 $x-y$ 系座標系では次式のように表される。

$$\varepsilon_x = \varepsilon_{\zeta} \cos^2 \theta \quad (1 \cdot 1)$$

$$\varepsilon_y = \varepsilon_{\zeta} \sin^2 \theta \quad (1 \cdot 2)$$

$$\gamma_{xy} = -\varepsilon_{\zeta} \sin \theta \cos \theta \quad (1 \cdot 3)$$

ただし、ひび割れ以外のひずみの影響がないものと考えて $\varepsilon_{\eta} = \gamma_{\zeta\eta} = 0$ とする。従って、各辺において測定されるひび割れから、 $x-y$ 方向のひずみおよびせん断ひずみを求めることができる。そして、各要素に

キーワード：劣化診断、ひび割れ、引張軟化曲線、破壊エネルギー

連絡先：〒236-8501 神奈川県横浜市金沢区六浦東 1-50-1 関東学院大学工学部土木工学科 Tel：045-786-7143

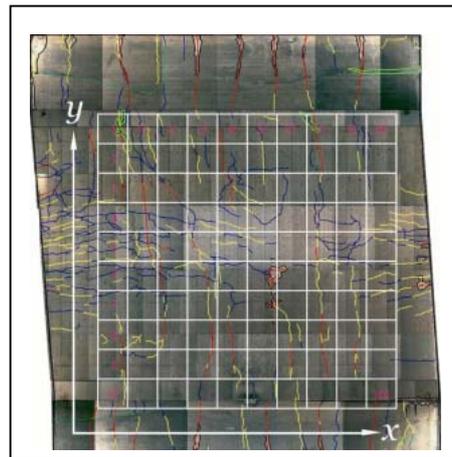


図-1 解析に使用したデジタル画像

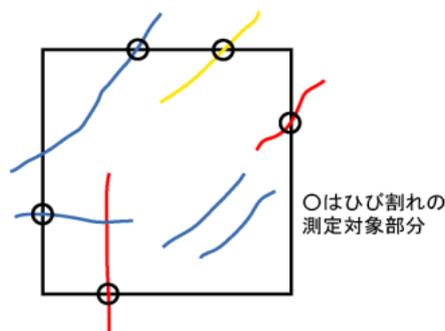


図-2 ひび割れ図の模式図

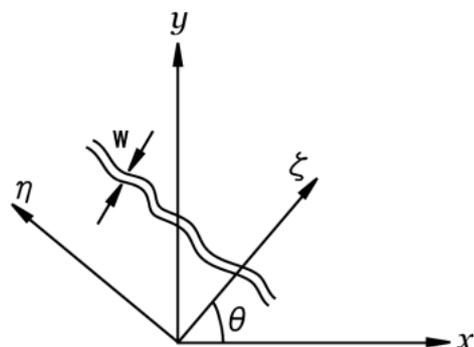


図-3 座標の関係図

おけるひずみは、各辺上で読み取られたひずみの平均値を表すことにする。各要素におけるコンクリートの損傷度を評価するために、ひび割れ発生過程を破壊エネルギー G_f との関係より求める。今回はコンクリートの引張軟化曲線として、標準的なモデルとして用いられる1/4モデルを用いることにした。さらに、引張軟化曲線は $\varepsilon = w/l$ とおくことにより、応力-ひずみの関係に変換することができる。引張ひずみの状態では、図-4の斜線部分のエネルギーが消費されたことになる。このエネルギーと破壊エネルギー G_f との比を S とおき、各要素の損傷度（コンクリート表面から想定される損傷度であって、コンクリートの内部までの損傷度ではない）と定義することにする。 S は0~1までの値をとり、値が高いほど損傷は大きいと判断する。

S は要素の平均ひずみの値によって次式で求めることができる。

$$(i) \quad 0 < \frac{5\varepsilon}{\varepsilon_0} < \frac{3}{4} \quad S = \frac{5\varepsilon}{\varepsilon_0} - \frac{1}{2} \left(\frac{5\varepsilon}{\varepsilon_0} \right)^2 \quad (2.1)$$

$$(ii) \quad \frac{3}{4} \leq \frac{5\varepsilon}{\varepsilon_0} < 5 \quad S = 1 - \frac{1}{34} \left(\frac{5\varepsilon}{\varepsilon_0} - 5 \right)^2 \quad (2.2)$$

$$(iii) \quad 5 \leq \frac{5\varepsilon}{\varepsilon_0} \quad S = 1 \quad (2.3)$$

解析の過程において、コンクリートの圧縮強度は、当時の建設状況より $f_c=24\text{N/mm}^2$ を仮定することにした。引張強度 f_t および弾性係数 E_c は圧縮強度より求め、 2.25N/mm^2 および 25KN/mm^2 を用いることにした。また、骨材の最大寸法 25mm と仮定することにより、破壊エネルギー G_f は 83N/m とした。¹⁾ また、ひび割れ発生時のひずみを $\varepsilon_{cr}=f_t/E_c=90 \times 10^{-6}$ とし、ひび割れ図より求められた平均ひずみが ε_{cr} を越えている場合は、上式を用いて損傷度を計算することにした。

3. 解析結果

この手法で算定した各要素の損傷度を百分率で図-5、図-6に示す。 x 方向および y 方向の損傷度は、それぞれ x 方向および y 方向の直角方向に発生したひび割れによる損傷度を示しており、実際のひび割れ図との相関も良いと判断される。また、水平方向および鉛直方向における全要素の損傷度の平均値はそれぞれ68%と39%となっており、各方向の損傷の度合いが数値データとして理解できる。

4. まとめ

実際のひび割れ図をもとにコンクリート構造物の損傷度を評価する手法を検討した。今回、提案する手法がRC構造物の損傷度を定量的に評価するのに利用できると考えられるが、コンクリート表面のひび割れに関する議論であり、コンクリート内部の状態も含めた損傷度の評価についても検討していく予定である。

参考文献

1) 2002年度制定コンクリート標準示法書（構造物性能照査編）、土木学会 2002年3月

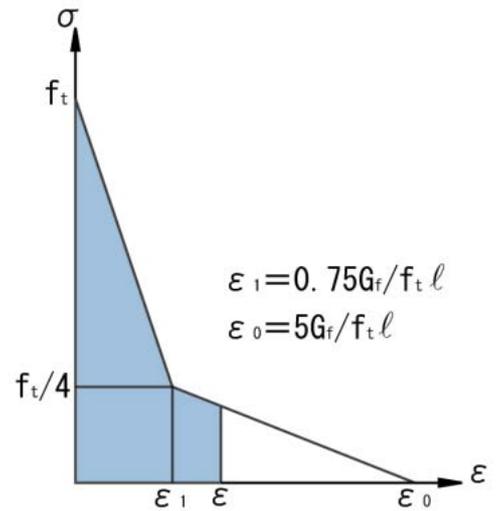


図-4 1/4モデル

100	100	100	100	100	100	0	100	79	82
100	100	0	100	100	58	0	100	100	100
100	100	0	100	100	100	100	100	0	93
79	75	0	48	91	0	75	70	0	0
0	83	93	89	0	0	0	56	0	0
0	49	0	100	0	100	98	0	28	0
80	0	0	94	88	97	71	100	100	0
0	80	100	100	100	100	100	100	100	0
80	82	100	100	100	100	100	100	100	0
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

図-5 x方向の損傷度の算定結果

0	0	0	0	0	100	100	0	0	0
0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
84	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	63	92	100	100	0	0	100	100
66	86	100	44	100	96	100	95	74	100
76	56	95	51	82	100	100	100	100	100
77	62	78	69	93	100	99	0	0	100
0	100	94	0	0	0	0	0	0	0
61	96	85	0	0	0	0	0	0	100
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

図-6 y方向の損傷度の算定結果