

鉄筋コンクリート部材のひび割れ量進展過程に関する実験的研究 その2 ひび割れ量計測方法

正会員 ○高橋 絵里*¹
同 高橋 典之*²
同 中埜 良昭*³

鉄筋コンクリート ひび割れ量 損傷計測方法
画像処理手法

1. はじめに

前報その1では試験体概要および荷重計画について紹介した。本報では、対象とするひび割れ量計測方法について予備試験体(S-0試験体)での計測事例を用いて説明する。

2. ひび割れ量計測方法

2.1 計測対象の設定

ひび割れを定量的に表現する方法として、ひび割れ幅、ひび割れ長さ、ひび割れ角度などが挙げられる。これらのうち、ひび割れ幅については、1本のひび割れに対して、ひび割れた領域全てが同じ幅になることはなく、その中で代表的な値(最大ひび割れ幅あるいは特定箇所のひび割れ幅)を選択的に計測するのが一般的である。また、1本のひび割れについて、ひび割れ方向に沿ったひび割れ幅の分布を調べる場合は、ひび割れ全体が含まれる高解像度の試験体表面画像を取得する方法が有効であるが、その場合でも、ひび割れに沿ったひび割れ幅の分布を区分係数(ひび割れ区分点を定め、各区分点でのひび割れ幅)として計測する必要がある。そこで、ひび割れ幅の計測位置に関するルールを以下のように定めた。

- ① 曲げひび割れは、材軸と $75^{\circ} \sim 90^{\circ}$ の角度^[1]をなして伸展するひび割れとし、引張縁および引張主筋位置のひび割れ幅のうち大きいほうのひび割れ幅を計測する。
- ② セン断ひび割れは、材軸と $15^{\circ} \sim 75^{\circ}$ の角度^[1]をなして伸展するひび割れとし、せん断補強筋を横切る位置およびせん断ひび割れ1本につきその最大のひび割れ幅を計測する。
- ③ 材軸と $0^{\circ} \sim 15^{\circ}$ の角度^[1]をなして伸展するひび割れのひび割れ幅、および、全てのひび割れのひび割れ長さ・ひび割れ角度などの定量的(数値)情報については、後述のように取得した試験体表面画像を用いて、別途計測することとした。

2.2 ひび割れ量計測方法

本実験では以下に示す4種のひび割れ計測方法について検討を行った(写真1)。

(1) クラックスケール

最も簡便なひび割れ幅計測方法である。計測作業者の習熟度および視覚感覚に基づく計測誤差が含まれると予想されるため、同一のクラックスケールを用いた3名の作業者による計測を実施した。最小計測単位は0.03mmである。

(2) デジタルノギス

ひび割れ幅をデジマチック出力によって計測用PCに直接送信する計測方法である。最小計測単位は0.01mmである。計測

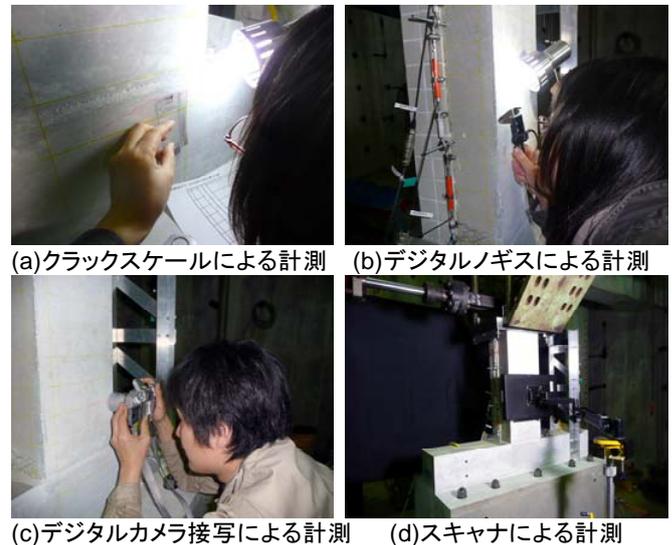


写真1 各計測方法によるひび割れ幅計測の様子

作業者の視覚の誤差に加えて、ノギス进行操作する手の誤差も含まれ、計測作業者による計測結果のばらつきがクラックスケール以上に大きいと容易に判断できることから、本実験では、計測作業者を同一者に限定して計測を実施した。

(3) デジタルカメラ

ひび割れ長さ、ひび割れ角度を計測するためのひび割れ図取得を目的とした試験体全景の広角撮影と、ひび割れ幅の計測を目的としたマクロ撮影(接写)を実施した。デジタルカメラを用いたマクロ撮影においては、通常、図1左側に示す5mm方眼画像のように樽型歪曲収差を示す。糸巻型補正で歪曲収差の解消も可能であるが(図1右側)、局所画像をひび割れ角度の計測に用いるわけではないので、本実験では補正前の画像を用いてひび割れ幅を計測した。本実験で用いたマクロ撮影用デジタルカメラによる最小計測単位は1pixel = 0.01302mmである。

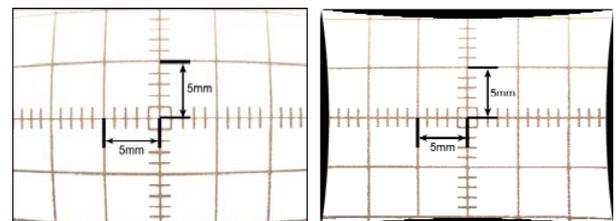


図1 デジタルカメラ接写で生じる樽型歪曲収差と補正例

(4) スキャナ

市販のスキャナの読み取り方式にはCCD方式とCIS方式があるが、CIS方式は被写界深度が極めて浅く、かぶりコンクリート

の浮き上がりなどが予想される試験体のひび割れ画像取得には不向きである。そこで、本実験では CCD 方式のスキヤナを用いて試験体表面の画像情報を取得した。スキヤナで取得した画像はデジタルカメラのような歪曲収差が生じない一方、高精度の情報取得には膨大なデータ容量が必要になるという問題点がある。本実験では読み取り解像度を 1270dpi(最小計測単位 1pixel = 0.02mm)と定めてひび割れ画像を取得した。

3. 予備試験体 (S-0 試験体) の計測事例に基づく考察

計測作業者の慣れ・不慣れによる結果への影響を小さくするため計画した予備試験体(S-0 試験体)の計測事例から、各ひび割れ量計測方法の特性について考察する。

(1) 画像処理手法によるひび割れ幅の最小計測単位

図 2 はデジタルカメラあるいはスキヤナによって取得したひび割れの局所画像の例である。画像処理手法によってひび割れ幅を計測する際は、通常、画像を二値化してひび割れ領域を区分するが、二値化の閾値によってひび割れ領域は異なる。従って、実際の最小計測単位は 1pixel ではなく 2pixel 程度の誤差を含むと考えるのが妥当である。

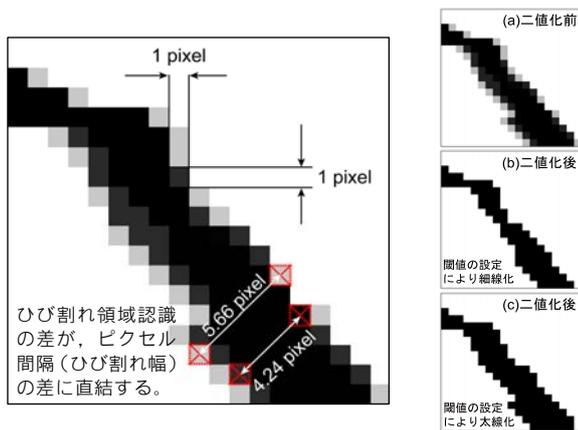


図 2 ひび割れ領域の認識における誤差

(2) 部材変形角と各計測方法別ひび割れ幅の関係

+1/100rad の荷重サイクル時に試験体中央で発生したせん断ひび割れ(図 3)を対象とした荷重ピーク時、除荷時、原点時のひび割れ幅計測結果(図 4, 図 5)から、全ての計測手法で原点時のひび割れ幅を最も小さく計測していること、デジタルノギスによる計測結果は他と多少異なる値を示していることが分かる。

(3) 各計測方法別ひび割れ情報取得時間の推移

各荷重サイクルでひび割れ情報の取得に要した時間を図 6 に示す。スキヤナ読み取り時間は各サイクルの荷重ピーク時・除荷時・原点時での平均を、クラックスケールおよびデジタルノギスによる計測時間は除荷時における計測時間(クラックスケールについては計測作業者 3 名の平均)を表示している。計測作業者の慣れによる影響を無視すれば、変形角(ひび割れ本数)の増加に伴い、クラックスケールおよびデジタルノギスによる計測時間は増加する傾向にある一方、スキヤナ読み取り時間は概ね一定であることが分かる。

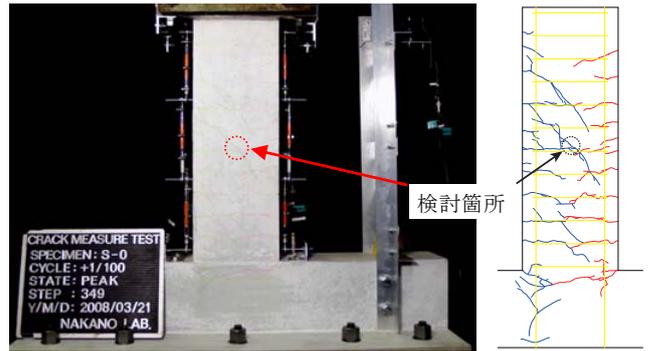


図 3 変形角+1/100[rad]時の予備試験体の損傷状況

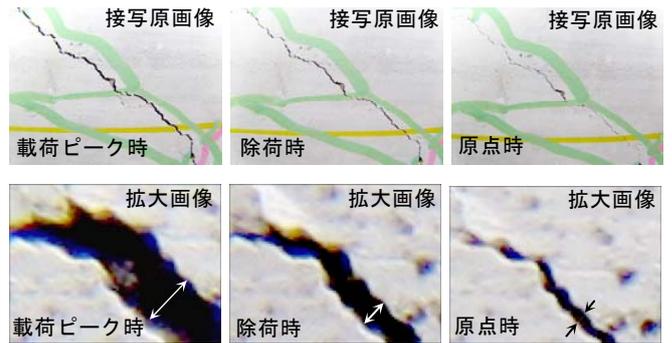


図 4 荷重ピーク時・除荷時・原点時のひび割れ幅(接写)

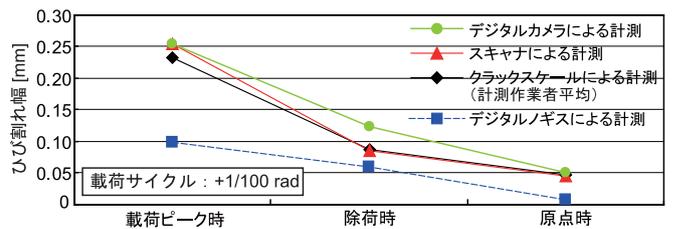


図 5 荷重ピーク時・除荷時・原点時のひび割れ幅計測結果

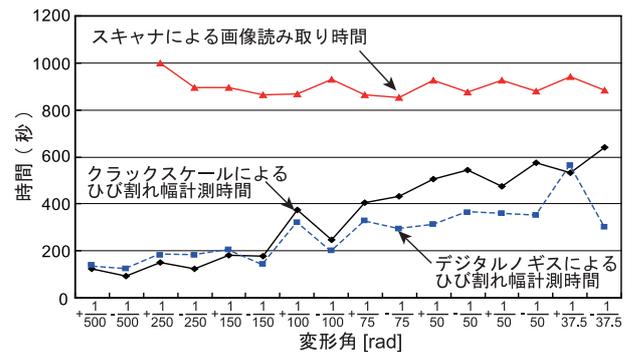


図 6 ひび割れ幅計測時間の推移

4. まとめ

本実験で対象とするひび割れ量計測方法について、予備試験体(S-0 試験体)での計測事例とあわせて説明した。

【謝辞】

本研究は、平成 19 年度文部科学省科研費補助金 若手研究(B)「鉄筋コンクリート柱部材の地震時ひび割れ量進展過程における動的効果の解明」(課題番号:19760380, 代表研究者:高橋典之)の助成により進められました。

【参考文献】

[1]河村博之, 浜田公也: ひび割れの数量化表示法とその適応性について, 日本建築学会論文報告集, No.318, pp.1-8, 1982.8.

*1 東京大学大学院 工学系研究科 建築学専攻
 *2 東京大学 生産技術研究所 助教・博士(工学)
 *3 東京大学 生産技術研究所 教授・工博

Graduate Student, Dept. of Arch., Faculty of Eng., The Univ. of Tokyo
 Research Associate, Institute of Industrial Science, The Univ. of Tokyo, Ph.D.
 Professor, Institute of Industrial Science, The Univ. of Tokyo, Dr.Eng.