

# コンクリート表面のひび割れ幅測定器

庄野 昭

鉄筋コンクリート構造物に発生するひび割れは、構造物の機能維持、耐久性にとって重要な指標である。しかし、ひび割れ幅については、その測定結果に客観性を持たせることは難しい。

そこで、ひび割れに直接当てて撮影したデジタルカメラ画像から、ある区間のひび割れ幅を多数測定し、統計値として表示する測定方法を開発した。

測定結果は、カメラ部と USB ケーブルで接続したパソコンに 0.01 mm 単位で表示できる。また、測定画像や測定数値は、JPEG 形式、CSV 形式で保存できる。

キーワード：コンクリート、点検、検査、ひび割れ幅、測定器

## 1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物に発生するひび割れは、鋼材の腐食による耐久性の低下、水密性・気密性等の機能の低下、過大な変形や美観の低下などの原因となる。そこで、工事仕様書、設計基準・施工指針などでは許容ひび割れ幅を定め、ひび割れ幅を制限するなどの対策が従来からとられている。

さらに、ひび割れに起因するコンクリート構造物の早期劣化が社会的問題となったこともあり、品質保証に対する要求が高まっている。これを受けて竣工検査におけるひび割れ観察は初期点検項目のひとつとして一般化している。

コンクリート技術者にとってひび割れは昔からの大きな関心ごとであり、ひび割れ幅がコンクリート構造物に対して大きな影響を与えることが広く認識されているにもかかわらず、ひび割れ幅自体の定義もなく、また、その測定方法や評価手法について標準化あるいは規格化されたものは今日でも見当たらない。

また、連続した一本のひび割れであっても、ひび割れ幅は一定でなく、測定位置によってひび割れ幅は異なるのが実状である。また、最大ひび割れ幅という用語が多用されるが、具体的にどの位置あるいはどのような評価に基づくものか定義されずに用いられている。さらに、従来から使用されているクラックスケールは、線の太さが 0.05 mm ピッチの飛び飛びで、細かな測定は困難である上に、測定者によって読取り値が異なる場合が多く見られる。

そこで、精度の高いひび割れ幅測定器を開発し、ひび割れ幅の評価に客観性を持たせることを目的として本測定器を開発した。

## 2. ひび割れ幅測定器の開発背景

コンクリート構造物の耐久性を確保するためにはひび割れは重要な指標となっている。たとえば、土木学会コンクリート標準示方書では、許容曲げひび割れ幅として表—1 を与えている。許容ひび割れ幅はかぶり C (コンクリート表面と最も外側の鉄筋表面までの距離) の関数となっているので、たとえばかぶり C を 40 mm とすると数値的には 0.01 mm 単位として表わされる。

表—1 許容ひび割れ幅  $w_s$ <sup>1)</sup>

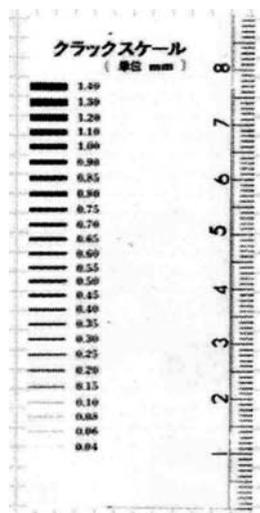
鋼材の種類	鋼材の腐食に対する環境条件		
	一般の環境	腐食性環境	特に厳しい腐食性環境
異形鉄筋	0.005C	0.004C	0.0035C
普通丸鋼	0.20 mm	0.16 mm	0.14 mm
PC 鋼材	0.004C 0.16mm	—	—

また、日本コンクリート工学協会が定めている補修の可否を判定する場合のひび割れ幅を表—2 に示したが、補修を必要としないひび割れ幅 0.1 mm をコンクリート面の観察から客観的に判定することは簡単ではない。

表一 耐久性または防水性から補修の要否を判定する場合のひび割れ幅<sup>2)</sup>

区分	環境 その他の要因	耐久性から見た場合			防水性からみた場合
		きびしい	中間	ゆるやか	—
(A) 補修を必要とする ひび割れ幅 (mm)	大	0.4 以上	0.4 以上	0.6 以上	0.2 以上
	中	0.4 以上	0.6 以上	0.8 以上	0.2 以上
	小	0.6 以上	0.8 以上	1.0 以上	0.2 以上
(B) 補修を必要としない ひび割れ幅 (mm)	大	0.1 以下	0.1 以下	0.2 以下	0.05 以下
	中	0.1 以下	0.2 以下	0.3 以下	0.05 以下
	小	0.2 以下	0.3 以下	0.3 以下	0.05 以下

従来から用いられているひび割れ幅の測定方法としては、写真一1に示すクラックスケールや写真二2に示す測微鏡などがある。しかし人為差なく正確に読み取ることは難しい。



写真一1 クラックスケール

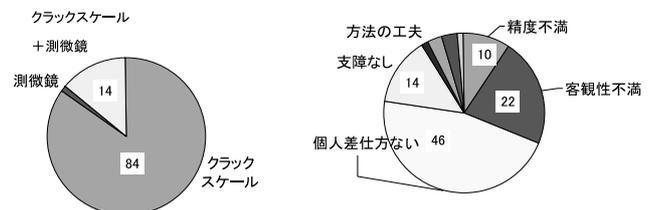


写真二2 側微鏡

ひび割れの定義としては、“ひび割れ方向に直交する幅で、一般にコンクリート表面における幅<sup>3)</sup>”とあるものの、その他の基準類でひび割れ幅を定義してい

る例は見当たらない。

開発にあたり約100名のコンクリート技術者に対してひび割れ幅の測定方法およびその信頼性についてアンケートを行った結果を図一1に示す。大半の方々がクラックスケールを用いて測定されているが、約30%の方々は精度や客観性に不満を、約50%の方々は不満はあるがほかに良い方法がないと回答している。



図一1 アンケート結果

### 3. ひび割れ幅測定器の仕様と特徴

ひび割れ幅測定器は、写真三3に示すようにひび割れの生じたコンクリート面に直接当ててひび割れ画像を撮影するカメラおよびUSBケーブルで接続したパソコンから構成されている。

カメラをコンクリート面に直接当てる必要があるた



写真三3 測定状況

め、測定範囲に制約を受けるが、エクステンションバーにカメラを取り付けると約2mまで延長できる。  
ひび割れ幅測定器の仕様を表—3に示す。

表—3 ひび割れ幅測定器の仕様

品目	詳細ひび割れ幅測定器
型番	FCV-30
ひび割れ検出範囲	0.05 ~ 2.00 mm
ひび割れ表示単位	0.01 mm 単位
ひび割れ検出精度	± 0.02 mm 以下
撮影範囲(最大値)	20 × 16 mm (横×縦)
ひび割れ測定範囲	上記範囲の任意指定
撮影センサ	140万画素 CCD, 撮影範囲: 1,024 × 1,024 画素
処理時間	約 1 sec 以内
画像記録	JPEG 形式 (原画像, 処理画像)
データ記録	CSV 形式
インターフェイス(カメラ, パソコン)	USB1.1
カメラ電源	アルカリ乾電池 (単三 2 本)
カメラ外形寸法	150(長さ) × 72(幅) × 60(高さ)mm
カメラケーブル長	約 2.0 m 以下 (USB ケーブル)
カメラ重量	約 300 g
動作温度	0℃ ~ 40℃
動作湿度	70% 以下 (結露のないこと)

ひび割れ測定位置の誤差を回避するため、本測定器は、長さ 10 ~ 15 mm のひび割れに対して、400 箇所前後のひび割れ幅を連続的に測定し、統計的に処理してこの区間のひび割れ幅を表示するものである。

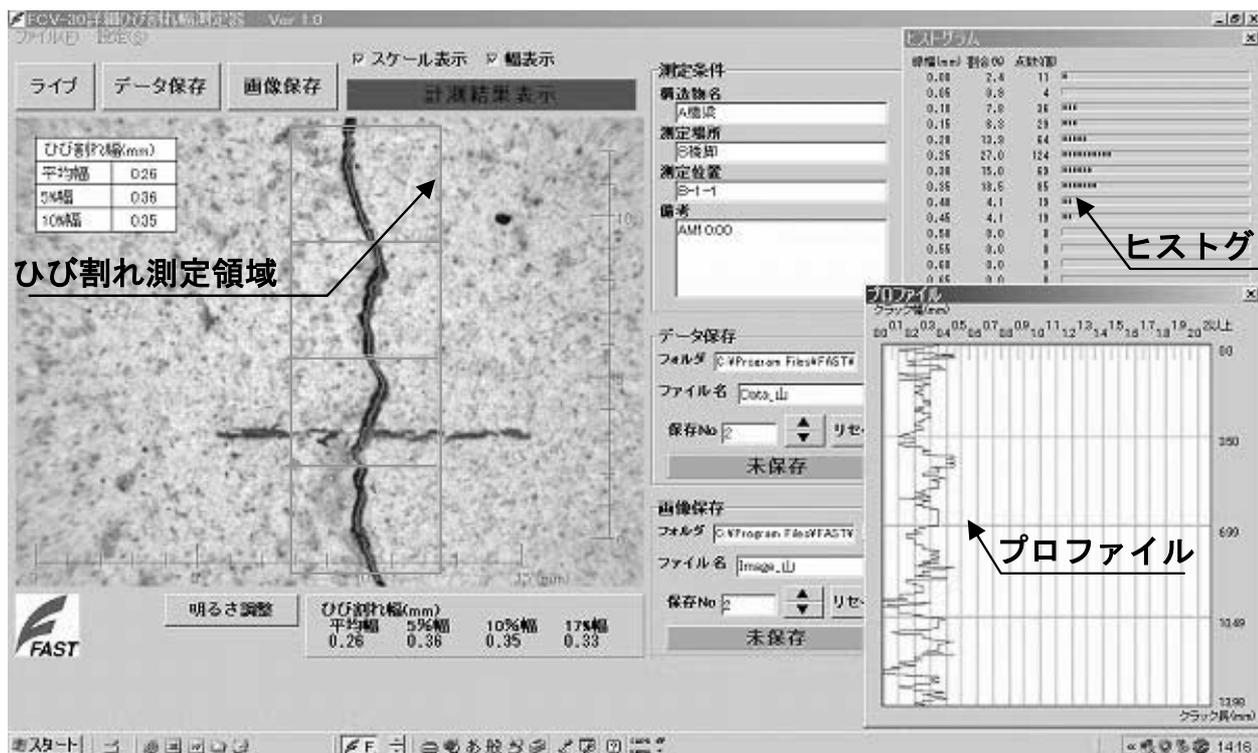
適用要件は、次のとおりである。

- ①測定可能なひび割れ幅は、0.05 mm 以上 2.0 mm 以下。
- ②ひび割れの長さは、10 mm ~ 15 mm の範囲。
- ③測定精度は、± 0.02 mm, 結果表示は 0.01 mm。

本測定器の PC 画面を写真—4 に、特徴を次に示す。

- ①測定領域を選定し、ひび割れを選択  
PC 上のひび割れ画面を見ながら、測定するひび割れ領域を選定する。枝分かれしたひび割れや欠け、気泡を測定対象から除外できる。
- ②ひび割れ抽出の適否をその場で確認  
ひび割れと認識したものについては青色に変色するので、適切にひび割れを抽出できたかどうかをその場で判定可能。
- ③ひび割れ長さ 10 ~ 15 mm の範囲の幅を多数測定  
400 箇所前後のひび割れ幅を連続的に測定し、統計的に処理してこの区間のひび割れ幅を表示。
- ④測定データのプロフィールおよびヒストグラム表示から測定結果の確認が可能。
- ⑤測定結果や測定画像を保存  
測定結果は測定場所や位置情報とともに保存する。測定データは CSV 形式で、画像は JPEG 形式で保存できる。

使用時の留意事項として、測定原理が画像処理によるため目視による判別が難しいひび割れは測定が困難となる。屋外作業でパソコンとの併用が必要であり、



写真—4 パソコン画面

カメラおよびパソコンを湿度、ほこり、衝撃などから保護する養生が必要である。

#### 4. 測定方法とひび割れ幅の評価方法

測定方法は次のとおりである。

- ①測定対象とするひび割れ全体を概観して、ひび割れ幅を測定する位置を数箇所選定し、マーキングする。
- ②パソコンとカメラを接続しソフトを起動する。
- ③カメラをコンクリート面に当て、明るさ調整を行う（約10秒）。
- ④必要に応じて画像出力条件（ひび割れ幅統計値の選択他）を設定する。
- ⑤測定条件（構造物名、測定場所、測定位置）と保存フォルダ場所とファイル名を入力する。
- ⑥測定したい領域にカメラをあわせ、パソコンの画面を見ながらカメラ位置を調整する。ひび割れ幅は画像の横方向長さを測定するので、斜め方向ひび割れに対しては大きく測定される。したがって、カメラに対してなるべく縦方向に直線的なひび割れを選定する。
- ⑦ひび割れ測定領域を指定する。領域の指定範囲は長方形区画（縦方向10mm～15mm、横方向5mm程度）で与える。この領域内のひび割れを抽出して幅を測定する。この際、枝分かれしている部分は領域外とするかどちらか一方を選択する。
- ⑧抽出ボタンを押してひび割れ幅を測定する（約1秒）。
- ⑨ひび割れを正しく認識したかどうかを確認する。ひび割れと認識した箇所は青色に変色するので変色状況から適正かどうか判定できる。
- ⑩適正な測定が行われたことを確認した後、データ保存ボタンを押して測定データを、画像保存ボタンを押して画像を保存する。
- ⑪ひび割れ測定位置を移動して⑥から⑩を繰り返す。

このようにして、個々の位置のひび割れ幅は正確に測定できる。しかし、ひび割れ幅を評価する際には、その目的に応じて求める数値が異なってくる。測定結果の表現および評価に関しては、施設管理者の判断となろう。

測定の目的には、一本のひび割れの幅を全体的に捉える場合と、特定のひび割れの特定位置のひび割れ幅を正確に測定する場合がある。前者の場合の例としては、ひび割れの発生状況を全体的に把握する調査、ひび割れの補修の要否を判定する場合などがあげられる。後者の例としては、ひび割れの進展の有無を調べ

る定期点検や、耐久性に関する劣化診断などにおいて求められる。

さらに、ひび割れ幅に関する用語が定義されていることは稀であるが、最大ひび割れ幅あるいは平均ひび割れ幅の数値を求める場合がある。

特定位置のひび割れ幅を測定する場合には、その位置の測定値を単独に求めればよい。一方、一本のひび割れに対して、最大ひび割れ幅に着目する場合には、全体を概観してひび割れ幅が大きいと判断できる箇所を3～5箇所選定し、それぞれの測定値の平均値を最大ひび割れ幅とする。また、平均ひび割れ幅に着目する場合には、測定箇所を等間隔に3～5箇所ランダムに選定し、それぞれの測定値の平均値を平均ひび割れ幅とする。最大ひび割れ幅も同時に必要な場合には、5%順位値など統計量を任意に選定してその平均値を最大ひび割れ幅として評価することができる。

#### 5. 適用事例

コンクリート構造物に生じたひび割れの幅を正確に、客観的に測定できる方法を開発したことによって、従来あいまいに扱わざるを得なかった測定記録を信頼性の高いものとして扱うことが可能となった。たとえば、定期点検に適用することによってひび割れの進展性の有無を判定するのに有効である。また、鉄筋コンクリート構造物の構造実験では、あらかじめチップやゲージを取り付ける必要がないため、測定位置を限定されることがない。

一方、0.01mmレベルの精度は必要とされないかもしれないが、より定量的な測定が望ましい事例もある。たとえば、コンクリート構造物に発生したひび割れの補修・補強の要否をひび割れ幅から判定する際には細かな精度は要求されないが、客観性のある根拠は必要である。あるいは、竣工検査時における初期点検のひび割れ記録などでは、従来のクラックスケールの持つ不正確さ、検査者の主観を排除し、客観的なひび割れの評価が望ましく、さらには、ひび割れ対策の有効性を確かめる上でも正確な測定結果を得ることは有効である。

##### (1) 校正用ゲージへの適用

一定の幅を印刷したひび割れ幅校正用シート（写真—5）をコンクリート面の上に置いて測定した。測定結果を表—4に示す。シートのひび割れ幅と測定値の平均値との差は、0.05mmを除いて0.02mm以内である。表示単位0.01mmは、クラックスケールの

読み取り目盛りよりも小さく、実用上十分な精度を有していることが確認できる。

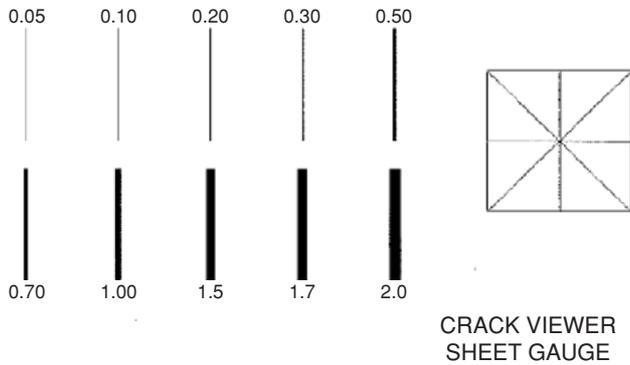


写真-5 校正用シート

表-4 校正用シートの測定結果

スケールの幅(mm)	0.05	0.10	0.20	0.30	0.50
測定値平均値	0.074	0.097	0.184	0.292	0.499
差	0.024	0.003	0.016	0.008	0.001
最大値	0.16	0.13	0.22	0.31	0.53
最小値	0.06	0.07	0.16	0.28	0.47
標準偏差	0.010	0.014	0.008	0.007	0.014
スケールの幅(mm)	0.70	1.00	1.50	1.70	2.00
測定値平均	0.696	0.995	1.487	1.683	1.986
差	0.004	0.005	0.013	0.017	0.014
最大値	0.76	1.01	1.51	1.71	2.01
最小値	0.66	0.75	1.28	1.62	1.94
標準偏差	0.016	0.015	0.020	0.013	0.016

(2) 建物壁への適用

壁面に生じた高さ 2 m のひび割れに適用した。全長を 25 mm の 80 区間に分け、区間ごとのひび割れ幅を測定し、全長分を集計した。ひび割れ幅の分布を図-2 に示す。全測定値の平均値、最大から 5% 番目、10% 番目の値、および中央値を表-5 に示す。ひび割れの全長にわたって測定し、そのひび割れ幅を求める場合には、平均ひび割れ幅は平均値、最大ひび割れ

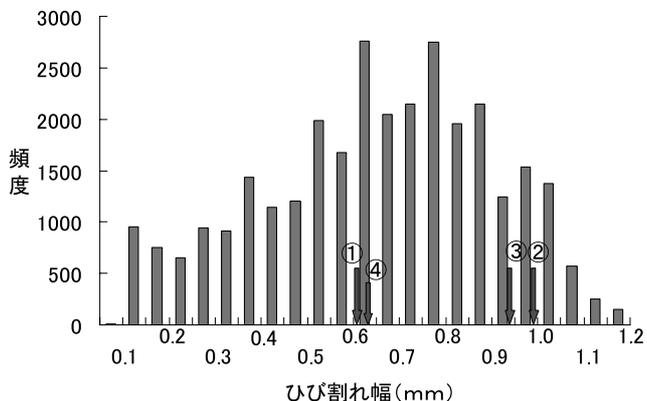


図-2 壁に生じたひび割れのひび割れ幅分布

表-5 ひび割れ幅の統計値

記号	統計値	単位	値
	データ数	個	30,613
①	平均値	mm	0.607
	最大値	mm	1.76
	最小値	mm	0.01
	標準偏差	mm	0.2498
②	最大から 5% 番目	mm	0.99
③	最大から 10% 番目	mm	0.94
④	中央値	mm	0.63

幅は最大から 5% 番目（平均値 + 1 × 標準偏差）の値を用いることが適切と考えられる。

(3) RC 梁の曲げ試験

RC 梁の曲げ試験状況を写真-6 に、梁底に発生した曲げひび割れの載荷荷重とひび割れ幅の関係を図-3 に示す。曲げ区間に生じた 3 本のひび割れは、発生直後の微細ひび割れから破壊時の大きなひび割れまで、荷重の増加に合わせてその幅が詳細に測定できている。

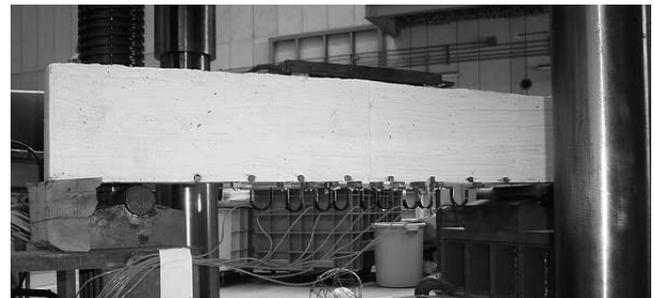


写真-6 RC 梁の曲げ試験状況

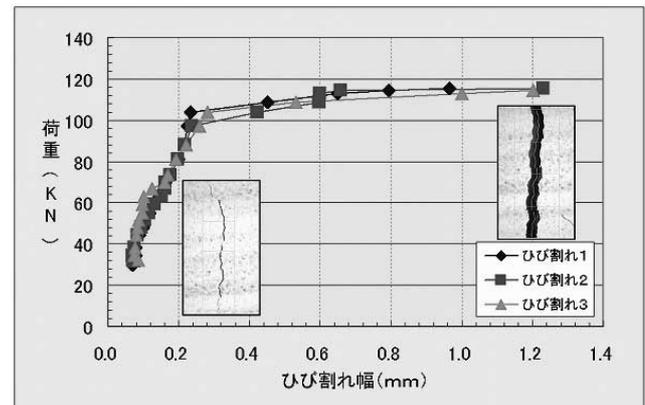


図-3 荷重と曲げひび割れ幅の関係

このほかにも、大学におけるコンクリート構造実験において試用していただいた状況を写真-7 に示す。



写真一七 構造実験における試用状況

## 6. おわりに

コンクリート表面のひび割れは、コンクリート構造物の性能や耐久性に関わる重要なパラメータであるにもかかわらず、その定義や測定方法があいまいにされてきた。

ひび割れの影響を評価するためには単に、ひび割れの幅や長さだけではなく、深さや分布などといったパラメータおよびその発生原因を含めて総合的に判断す

る必要がある。最近では遠隔で撮影したデジタル画像からひび割れの分布やひび割れ幅を自動抽出する技術も開発されているが、ひび割れ幅の検出精度に課題が残されている。

今回紹介した測定器を使ってひび割れ幅を正確に測定できる方法が広く活用されることにより、ひび割れに対する合理的な評価が可能になるものと期待している。

なお、本測定器は共同開発を行った(株)ファースト (<http://www.fast-corp.co.jp>) が販売している。

JCMA

### 《参考文献》

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]，丸善(株)，p.97 (2002.3)
- 2) (社)日本コンクリート工学協会：コンクリートのひび割れ調査・補修・補強指針，p.61 (2003.6)
- 3) 同上，p.3

### 【筆者紹介】



庄野 昭 (しょうの あきら)  
ハザマ  
土木事業本部 技術部  
技術設計グループ長

## 建設機械ポケットブック

### ＜除雪機械編＞

本書では、除雪機械について事故や故障を未然に防止するための主要な点検項目や点検時の留意点などを整理しました。日常点検や定期点検・整備における基礎資料として活用され、点検、整備および修理を的確かつ効率的に実施し、道路の維持除雪工事を安全で適正に施工するための一助となれば幸いです。

監修／国土交通省北海道開発局事業振興部機械課

発行／社団法人 日本建設機械化協会

目次

1. 整備点検のあらまし
2. 除雪トラック

3. 除雪グレーダ
4. 除雪ドーザ
5. ロータリ除雪車
6. 小形除雪車
7. 凍結防止剤散布車
8. 資料編

●パスポートサイズ／87ページ

●平成17年9月発刊

●定 価

1,000円(本体953円)送料250円

※送料は複数冊申込みの場合、又は他の図書と同時申込みの場合、割引となる場合があります。

## 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館)

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>