

## [110] ビデオ・プロセッサによるひびわれのデータ処理方法に関する研究

正会員 大久保全陸（九州芸術工科大学芸術工学部）  
 正会員 塩屋 晋一（九州芸術工科大学芸術工学部）  
 正会員 ○ 谷道 哲也（九州芸術工科大学大学院）

### 1. まえがき

鉄筋コンクリートの部材実験で観測されるひび割れをデジタル量に変換して整理し、これを分析・活用することを目的として研究を進めている。ひび割れが写真やスケッチ等の形で得られている場合に、これをデータ処理する手法については、既に分析結果も例示して発表した。（文献1）

本報告では、試験体表面のひび割れをビデオカメラとパソコンを使って、実験中に直接画像処理する手法について、実験結果を基に、主として、画像収録時の技術的問題点と収録画像のパターン認識上の問題点を中心に検討を行う。

なお、本研究で使用した画像処理装置の構成については、既報の文献2を、また、本報告で対象とした柱の破壊実験（図1）の詳細については、文献3を参照されたい。

### 2. 画像処理方法とひび割れ認識方法

本方法では、対象物を撮影して画像の各部をその明度に応じてアナログ信号に変換するビデオカメラ、アナログ信号波形を一定レベルでスライスして各部を明度区分するスライサー、明度区分されたアナログ信号を0又は1に変換してその値を計算機に送るA/Dコンバーターとパソコンを用いる（文献2）。

対象とする一画面をA/Dコンバーターによって2値化したデータの配列 $[A \times A]$ を、ここでは、ひび割れ基本データと呼ぶ。配列の大きさAは、本装置の場合、最小256 最大1024である。2値化された配列の各要素は、0がひび割れの部分を、1がひび割れ以外の部分を示す。

ひび割れ基本データを基にして、ひび割れ認識を行う手法として、ここでは、要素0が連続した一つの開曲線を一本のひび割れとして認識させることとしている。従って、ひび割れが分岐したり、交叉した場合には、原則として、ひび割れを複数に分割して認識することになる。認識された各ひび割れは、試験体の寸法に基づいて、 $x, y$ 座標値に変換してデータ収録される。

### 3. 良好な画像を得るための撮影技術上の問題点の検討

#### 3.1 試験体の表面処理方法について

本方法では、前述のように試験体表面の明度を基にして各部を2値化しているため、表面の汚れや疵等がひび割れとして入力される欠点がある。今回、実験に先立って試験体表面をコンクリート地肌のままで入力することも試みたが、地肌のままでは、ひび割れ以外の部分でのノイズを消去することが困難であった。このため、実際のデータ収録に際しては、表面に艶消し白色ペイントを吹付け塗装して行った。

なお、塗料については、蛍光塗料等も含め数種についてテストした結果、艶消し白色のものが局所的な反射が少なく、最も良好であった。

#### 3.2 照明方法について

本方法の場合には、試験体表面の明度の大きさより、その均一さの方が重要となる。照明方法についても、いろいろ工夫を試みたが、室内天井の蛍光灯と北側窓からの天空光だけでも、かなり良好な画像を得ることができた。しかし、夜間等で天空光が期待できない時には、手製の蛍光灯照明装置と白色発泡スチロール板とを用いて、照度の補正を行った。

なお、スポットライト等による直接照明では、良好な画像を得ることは困難であった。

#### 3.3 ひび割れをマジックインキ等でトレースした場合としない場合について

試験体表面のひび割れを鉛筆やマジックインキ等でなぞって強調せず、そのまま直接画像処理する場合について検討を行った。

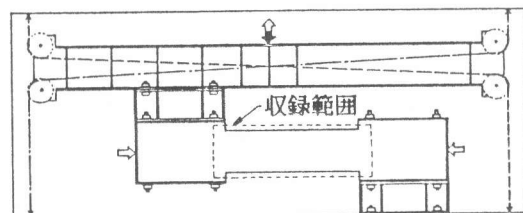


図1 実験装置

図2は、その結果の一例である。上図aは、ひび割れ基本データをそのままx yプロッターで再生させた図であり、下図bは、次節で述べる方法によって、ひび割れ認識をさせた後の図である。図中の数値はクラックスケールで測ったひび割れ幅を示す。

ひび割れをマジックインキでトレースしないで細かいひび割れまでデータ収録しようとする、スライスレベルを上げて入力せざるを得なくなるため、a図に見られるように、ひび割れ以外の部分からノイズを拾ってしまい、b図に示すように認識過程でこのノイズを除去することが困難となる。また、スライスレベルを上げて、ひび割れ幅が0.3mm以下のものはカットされており、細かいひび割れまで入力することが難しい。

しかしながら、データ収録の目的によっては、あまり細かいひび割れまで入力の対象としなくても良い場合も考えられるので、ひび割れ認識プログラミングの問題も含め、この点は今後の課題としたい。

図3は、比較のために、同じひび割れをマジックインキで強調させてから入力したものである。マジックインキを使うと、かなり良好な画像を得ることができる。以下の例では、いずれもマジックインキを使用している。

#### 4. ひび割れの認識方法に関する検討

図1の装置で実験した柱6体についてデータ収録した結果を基に、ひび割れ認識方法の検討を行う。ここでは、データ処理時間の短縮化のため、図1中の破線でマスクした部分のみを対象とする。

ひび割れ認識方法の基本的な考え方は、2節及び文献2に示した通りであるが、具体的事項として、次の2点を考慮している。

第1は、ノイズ処理に関する問題であるが、2値化された画像要素配列中で、黒要素が3個以上連続したものをひび割れとして扱い、2個以下はノイズとして除去する。

第2は、圧壊・剝離部分についてであるが、ここでは、黒要素が水平方向に3個以上かつ、上下方向に2個以上連続して広がりを持つ部分は、ひび割れとは区別して、その周囲を追跡させて各点をx y座標値に変換し、剝離部分の面積が計算できるようにしている。

図4と図5に画像処理・認識結果の一例を示す。

図4は一方向載荷でひび割れが比較的少ないものの例であり、図5は正負繰返し加力によって、多数のひび割れが複雑に生じているものの例である。

両図ともaとbとの対比でわかるように、ひび割れ基本データbは写真aと良く対応しており、入力に関してはほぼ満足できる結果が得られて



図2 トレースしない場合

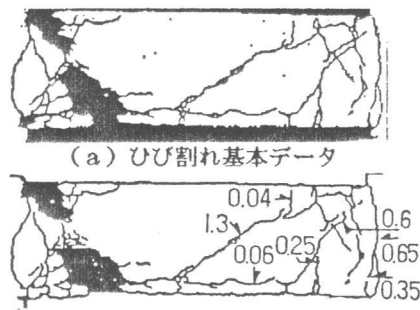
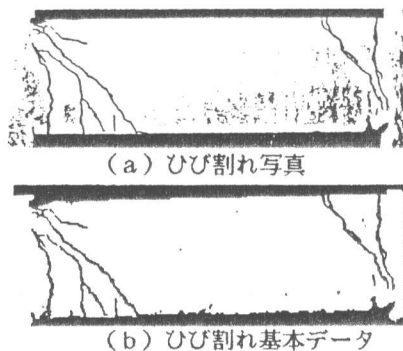
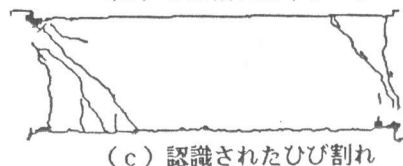


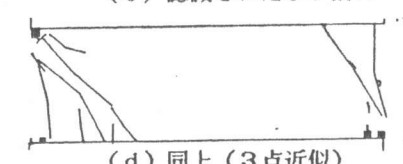
図3 トレースした場合



(b) ひび割れ基本データ

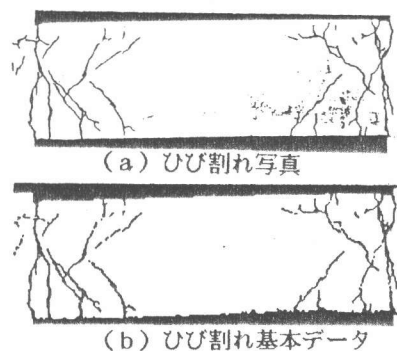


(c) 認識されたひび割れ

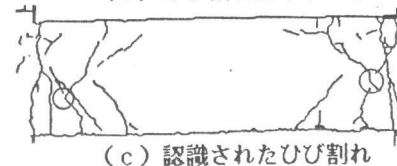


(d) 同上 (3点近似)

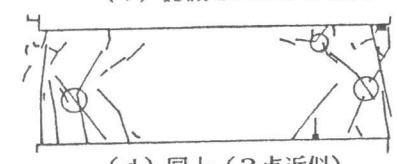
図4 ひび割れ認識結果



(b) ひび割れ基本データ



(c) 認識されたひび割れ



(d) 同上 (3点近似)

図5 ひび割れ認識結果

表1 誤認識の試験体別発生数

試験体の種類	C 11	C 11	C 12	C 12	C 21	C 21	C 22	C 22	C 31	C 31	C 32	C 32
サイクル	+1	+2	+1	-7	+1	-2	+3	-4	-1	+5	+4	+12
部材角 $\theta$ (rad.)	1/45	1/48	.005	1/46	1/51	1/29	1/48	1/31	.001	1/54	.003	1/30
ひび割れの数	23	49	20	49	20	43	39	93	26	46	32	57
分岐の誤りの数	1	5	0	4	1	4	2	4	1	1	1	0
交叉の誤りの数	0	4	0	3	0	6	1	5	3	2	0	4

いる。

しかしながら、認識後の結果の c 図を見ると、○印を付した位置で誤認識されているものもあり、ひび割れが交叉したり、分岐している点が多い複雑なひび割れの認識に関しては、まだ検討が必要である。

表1は、6体の試験体すべてについて、各2画面を抽出し、誤認識発生数を検討したものである。

交叉・分岐のひび割れが多いせん断破壊形 (C11~C22) の場合に誤認識が多いことがわかる。

図4と図5の d 図は、ひび割れを両端点と中点を結ぶ折れ線で近似させたもの (3点近似法) である。このようにすると、表2に見られるように、データ規模が縮小され、処理時間が著しく短縮される。なお、3点近似法では、圧壊・剝離部分は面積が等価な正方形で表示している。

5. ひび割れ自動分類法の検討

ひび割れデータを収録する際、個々のひび割れを、曲げ・曲げせん断せん断・付着割裂等のように分類して、各々にひび割れ種類名を付けておくとデータの活用度が高まる。

ここでは、上記4種のひび割れの特徴空間を、ひび割れの端点と中点の x y 座標値とひび割れの材軸に対する角度  $\theta$  を基にして、表3のように仮定して分類した。表3の端点位置や角度の条件については、既報の文献1で行った人間の判断による分類結果を参考にした。

分類結果の一例を図6と図7に示す。図6は一方向載荷、図7は正負繰返し加力の場合の例である。

表3の分類基準による2体の処理結果を見ると、ひび割れ長さがある程度長く、人間が判断しても比較的容易に分類できるような主ひび割れについては、概ね満足しうる結果となっている。

両図の f は、表3の分類基準からもれたものであるが、これらの多くは、繰返し加力によって生じた主ひび割れに付随した小ひび割れであり、その他のひび割れとして、前述の4種類の中に完全に分類しなくても特に問題にならない性質のものである。g 図は、そのような小ひび割れを取り除いて、b~e 図を合

表2 データサイズと処理時間

データ	処理	情報量	所用時間
ひび割れ基本データ	ビデオカメラ → パソコン	3.0Kbyte	20sec
	パソコン → ディスク		480sec
	ディスク → パソコン		10sec
全要素ひび割れ図	輪郭の認識	1.5Kbyte	180sec
	ひび割れの認識		300sec
3点近似法	3点に変換	1.5Kbyte	20sec
	パソコン → ディスク		15sec
	ディスク → パソコン		3sec

表3 ひび割れ種類の分類基準

種類	端点又は角度の条件	素点	分類基準
曲げ	a. 始点 $x > h/4$	1	3点以上
	b. 始点 $y > 0.3D$	1	
	c. 角度 $\theta = 70 \sim 110^\circ$	2	
曲げせん断	a. 始点 $x > h/2 - D/2$	2	6点以上
	b. 始点 $y > 0.4D$	1	
	c. 中点 $y < 0.25 D$	2	
	d. 角度 $\theta = 70 \sim 110^\circ$	1	
	e. 角度 $\theta = 30 \sim 70^\circ$	2	
せん断	a. 始点 $x < h/2 - D/4$	1	4点以上
	b. 中点 $x > h/2$	-3	
	c. 中点 $y < 0.3D$	2	
	d. 角度 $\theta = 15 \sim 70^\circ$	3	
付着割裂	a. 中点 $x < h/2 - D/4$	1	2点
	b. 中点 $y > 0.3D$	1	

h: 柱内法高さ、D: 柱せい、x: 材軸方向、y: 材せい方向  
 $\theta$ : 両端点を結ぶ角度、 $\theta$ : 始点と中点を結ぶ角度、 $\theta$ : 中点と終点を結ぶ角度、座標の原点は柱の中央。

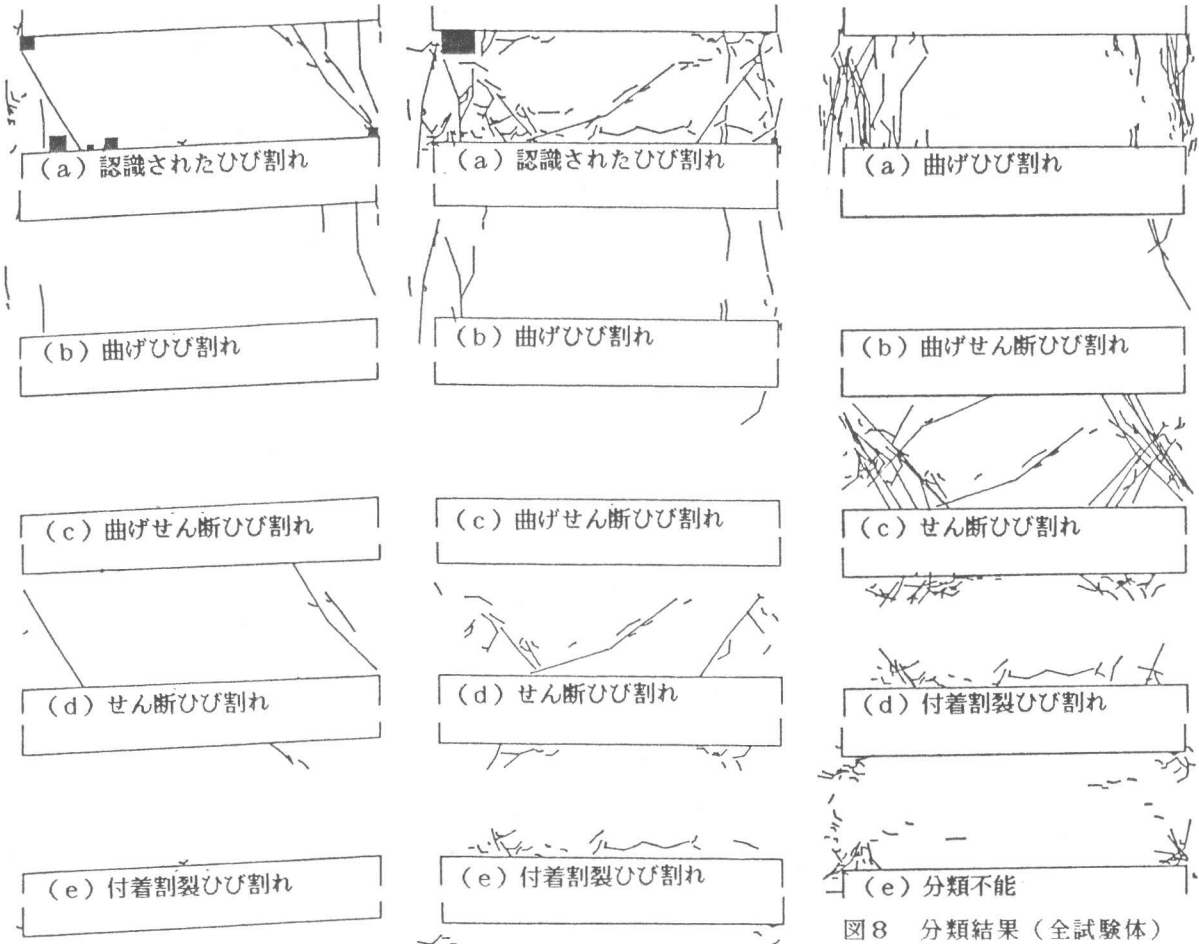


図8 分類結果(全試験体)

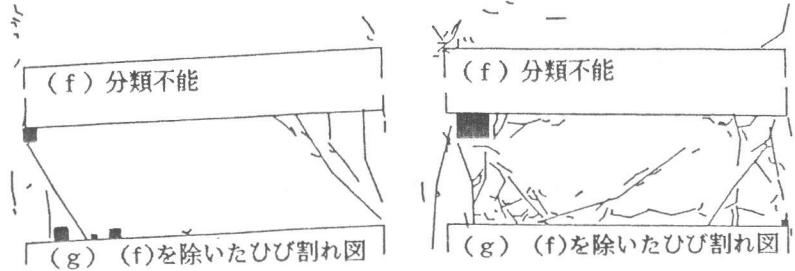


図6 ひび割れ分類結果

図7 ひび割れ分類結果

成して得たものである。

図8は、実験した6体すべてのひび割れを自動分類して重ね描きしたものである。曲げせん断ひび割れの分類基準にまだ問題があるためか、このひび割れに分類されたものが他に比べて著しく少ないが、それぞれのひび割れの分布域を大まかにつかむことができる。

## 6. 結び

ビデオ・プロセッサを用いて、実験中にひび割れを直接画像処理してデータ収録する手法について検討を行った。

その結果、実施例からもわかるように、本手法によってひび割れをデジタル量に変換して、定量的に扱うことがほぼ可能となった。今後は、既報の文献1に示したディジタイザを用いる方法と並行してデータ収録を行い、ひび割れの定量分析を行うとともに、力学的な諸量との結び付けを目指し、ひび割れデータの活用方法を検討していきたいと考えている。

本研究は、昭和59年度文部省科学研究費(課題番号58460183)の補助を受けて行った。

### [文献]

- 1) 大久保全陸：第6回コンクリート工学年次講演会講演論文集、1984. pp.425 ~ 428
- 2) 大久保全陸、谷道哲也：日本建築学会大会学術講演梗概集、昭和59年10月. pp.2139 ~ 2140
- 3) 大久保全陸、他：日本建築学会九州支部研究報告、昭和60年 3月. pp.245 ~ 248