

デジタル画像相関法のひずみ計測精度に及ぼす撮影・解析条件の影響

長崎大学 正会員 松田 浩

1. はじめに

著者らは、2000 年頃から光学的全視野計測法であるデジタル画像相関法(以下 DICM と表記)を用いて研究を行ってきた¹⁾。DICM とは、変形前後の計測対象物をデジタルカメラで撮影したデジタル画像を用い、解析することで広範囲の変位分布やひずみ分布を簡易に計測できる手法である。既存の研究の中で、DICM の撮影条件や画像解析条件により計測誤差が変化することが確認されている。計測誤差の要因の 1 つとしては、イメージセンサにより画像を電気信号への変換時や、撮影時のカメラの振動などにより混在するノイズが原因だと考えられる。

本研究では、カメラの角度やシャッター速度などの撮影条件やひずみを算出する際の画像解析条件などの各種パラメータの変化が、DICM のひずみ計測精度に与える影響を検討するとともに、ひずみ計測精度の向上を試みた。

2. 試験概要

試験体概要を図 1 に示す。本試験では、断面 $100 \times 100 \times 6 \times 8$ $\times$ 長さ 400 (mm) の H 鋼を用いて一軸圧縮試験を行った。DICM と比較するため、試験体にゲージ長 5mm のひずみゲージを 9 枚貼付した。また、DICM での計測のため、スプレーでランダムパターンを塗布した。

載荷はひずみ制御とし、無載荷時およびひずみゲージ値がおよそ 25, 50, 75, 100, 250, 500 μ 時に荷重を一定にし、DICM で各段階 50 回ずつ、ひずみゲージは各 3 回ずつ計測を行った。計測状況を写真 1 に示す。

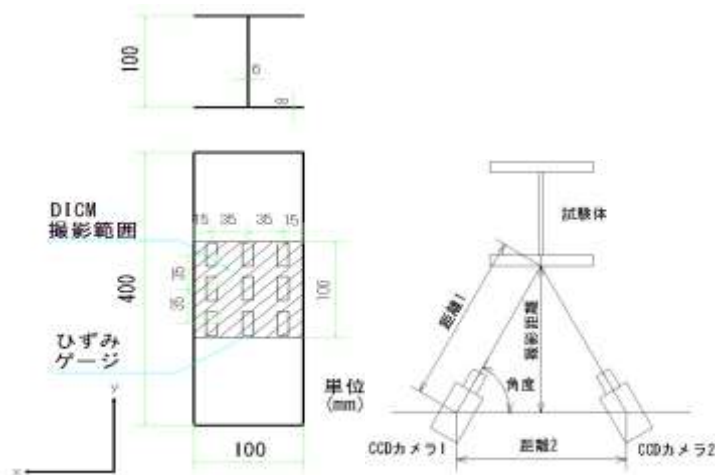


図2 位置関係

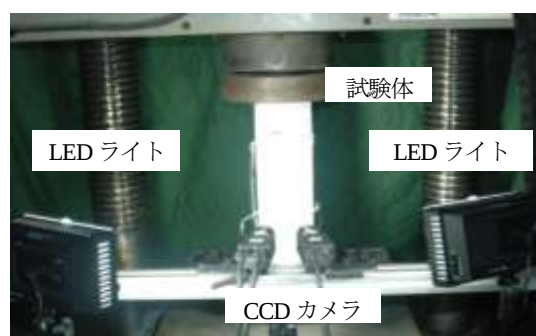


写真1 計測状況

表1 計測概要

ケース	項目	角度 (°)	距離 1 (mm)	距離 2 (mm)	レンズ焦点距離 (mm)	シャッター速度 (ms)	サブセット (pixel)	加算平均処理 (枚)
基本	—	75	316	169	17	25	30	—
1-1	角度	60	316	327	17	25	30	—
1-2		75		169				
1-3		83		80				
2-1	シャッター	75	316	169	17	5	30	—
2-2						25		
2-3						50		
3-1	撮影距離	75	316	169	17	25	30	—
3-2			520	260	35			
3-3			833	445	50			
4-1	サブセット	75	316	169	17	25	30	—
4-2							50	
4-3							100	
5-1	加算平均	75	316	169	17	25	30	1
5-2								3
5-3								10
5-4								50

計測、解析、画像処理条件の概要を表1に示す。また、表1に示した距離1、距離2、角度、撮影距離の関係を図2に示す。撮影条件として、撮影角度、シャッター速度、撮影距離を変化させた。撮影距離については、焦点距離の違う3種類のレンズを使用し、撮影範囲は同じにした。また、解析条件のサブセット、画像の加算平均処理枚数を変化させた。

解析条件のサブセットとは、DICMでのひずみ算出時のパラメータの1つである²⁾。また、加算平均処理とは、画像を結合することによって画像ノイズを低減する処理である。ケース基本～4-3までは、無載荷時の1枚目の画像を初期画像として、無載荷時の残りの画像49枚と各荷重段階の画像50枚、つまり349枚に対して画像解析を行った。ケース5-1～5-4では、各荷重段階の1枚目から表1に示す加算平均処理枚数分の画像を結合させて、結合した画像に対して画像解析を行った。つまり、6枚(25,50,75,100,250,500 μ 時)の画像に対して画像解析を行うことになる。

3. 試験結果

3.1 撮影条件の影響

撮影角度毎のゲージ番号No.1～No.9の相関係数、標準偏差、誤差、最大誤差のそれぞれの平均を表2に示す。表2より撮影角度60°～83°の範囲内においては、計測精度に変化がないことが確認できる。

シャッター速度毎のゲージ番号No.1～No.9の相関係数、標準偏差、誤差、最大誤差のそれぞれの平均を表3に示す。表3よりシャッター速度を低下させることにより相関係数の増加、標準偏差の減少が確認され、計測精度が向上した。原因としては、画像ノイズが平均化されたことが考えられる。

撮影距離毎のゲージ番号No.1～No.9の相関係数、標準偏差、誤差、最大誤差のそれぞれの平均を表4に示す。表4より撮影距離316mm～883mmの範囲内においては、計測精度に変化がないことが確認できた。

3.2 解析条件の影響

サブセット毎のゲージ番号No.1～No.9の相関係数、標準偏差、誤差、最大誤差のそれぞれの平均を表5に示す。表5よりサブセットを大きくすることにより相関係数の増加、標準偏差、最大誤差の減少が確認され、計測精度が向上した。しかし、誤差に関しては、変化が確認されなかった。

加算枚数毎のゲージ番号No.1～No.9の相関係数、標準偏差、誤差、最大誤差のそれぞれの平均を表6に示す。表6より加算平均枚数を増加させると、相関係数の増加、標準偏差・最大誤差の減少が確認され、計測精度が向上した。原因として、加算平均処理により画像ノイズが平均化されたことが考えられる。表6より、3枚の平均を行うことで計測精度が大きく向上することが確認された。

4. 考察

本研究から以下のことを得た。

- ・撮影角度、撮影距離に関しては、ひずみ計測精度に変化がないことが確認された。

表2 撮影角度

ケース	1-1	1-2 (基本)	1-3
角度 (°)	60°	75°	83°
相関係数	0.945	0.953	0.943
標準偏差 (μ)	58	52	61
誤差 (μ)	14	-86	-15
最大誤差 (μ)	180	210	187

表3 シャッター速度

ケース	2-1	2-2 (基本)	2-3
速度 (ms)	50	25	5
相関係数	0.961	0.953	0.925
標準偏差 (μ)	48	52	67
誤差 (μ)	-6	-86	10
最大誤差 (μ)	139	210	202

表4 撮影距離

ケース	3-1 (基本)	3-2	3-3
撮影距離 (mm)	316	520	883
レンズの焦点距離	17mm	35mm	50mm
相関係数	0.953	0.957	0.947
標準偏差 (μ)	52	51	55
誤差 (μ)	-86	-27	22
最大誤差 (μ)	210	197	160

表5 サブセット

ケース	4-1(基本)	4-2	4-3
サブセット (pixel)	30	50	100
相関係数	0.953	0.980	0.991
標準偏差 (μ)	52	34	23
誤差 (μ)	-86	-62	-86
最大誤差 (μ)	210	150	144

表6 加算平均枚数

ケース	5-1	5-2	5-3	5-4
加算枚数 (枚)	1	3	10	50
相関係数	0.969	0.990	0.993	0.996
標準偏差 (μ)	51	30	22	16
最大誤差 (μ)	86	45	30	19

- ・シャッター速度を低下させ、サブセットを大きくし、加算平均処理枚数を増やすことによってひずみ計測精度が向上した。
- ・加算平均処理の影響が非常に大きいことが確認された。

5. 参考文献

- 1) 社団法人日本非破壊検査協会、非破壊検査～検査と材料評価、Vol.59 No.7 Jul. 2010
- 2) 松田浩、その他、光学的非接触全視野計測法によるコンクリート構造物のマルチスケール診断法の開発、国土交通省 建設技術研究開発費補助金 総合研究報告書、pp13-15, 2010-07