

光学的ひずみ計測法を用いた応力開放法による現有応力算定に関する基礎的研究

長崎大学大学院 学生員 ○平山 龍
 長崎大学 非会員 山下 務
 佐賀大学 正会員 伊藤幸広

長崎大学大学院 学生員 大原智裕
 長崎大学 正会員 松田 浩
 (株)K&T こんさるたん 正会員 肥田研一

1. はじめに

既設構造物に生じている現有応力を知ることは、維持管理を行う上できわめて重要な情報である。その方法の一つとして、応力開放法がある。削孔等により応力を開放し、開放により生じるひずみ値の変化を測定することで初期応力を算出する方法である。

しかし、削孔による応力開放法により生じる孔周辺の狭小な範囲の応力変動の大きな箇所のひずみ変化をひずみゲージ法等の既存のひずみ計測法では精度良く計測できないため、実構造物への適用にはまだ課題が残されている。

そこで本研究では、光学的手法であり、非接触全視野計測が可能な電子スペックルパターン干渉法(以下 ESPI)及び、デジタル画像相関法を用いて応力開放法により、孔周辺の微小な範囲での応力変動を把握し、現有応力の測定への適用性を検討した。

2. 応力開放法の概要

孔の開いた部材に σ の応力を作用させると、円孔端部に 3σ の集中応力が発生する事が知られている。 σ の応力が作用している状態に、削孔により部分的に応力を開放すると削孔部周辺に応力の再分布が生じ、 2σ の集中応力の変化が生じることになる。

本研究では、削孔によるコア周辺のひずみ変化量を計測する。ひずみ変化量は 2σ の集中応力の変化に相当することより、ひずみ計測値を逆算することにより部材に作用している応力状態を推定することが可能となる。

3. 性能照査

3.1 試験概要

ESPI 及び、デジタル画像相関法の亚克力試験体に対する性能照査を実施した。試験体は、 $100 \times 100 \times 10$ mmで中央に30mmの円孔のある試験体を用いる。試験体表面を光学的計測法、裏面をひずみゲージ(3mm)で計測した。性能照査結果を図-1に示す。

3.2 試験結果

ESPI, デジタル画像相関法の計測結果とひずみゲージによる計測結果の比較を図-1示す。ESPI 計測においては 500μ 以下のひずみ値まで正確に計測できていることが確認できた。デジタル画像相関法においては、小さなひずみ値の範囲で観察すると 100μ 程度の誤差が生じていることが確認できた。

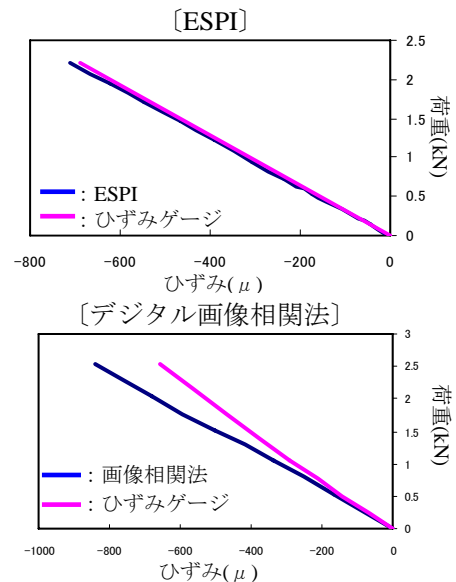


図-1 性能照査

4. 光学的計測法による応力開放試験の基礎的実験

4.1 試験概要

本試験は、電子スペックルパターン干渉法及び、デジタル画像相関法の2種類の光学的手法を用いて、30mmの円孔を持つ亚克力試験の載荷実験を行った。試験体は $100 \times 100 \times 10$ mmで、1~20kNまで載荷した際のひずみ分布についてFEM解析及び、理論値との比較、検討を行った。

4.2 試験結果

両計測方法による計測結果について図-2に20kN載荷時のy方向ひずみ分布図、図-3に20kN載荷時の円孔の有無の場合における円孔端から試験体端までのひずみ分布を示している。両計測方法とも円孔付近でのひずみ値が大きく、円孔から離れるにつれて円孔のない場合のひずみ値に至る結果が得られた。

ひずみ分布図を比較しても両計測方法において相違ない結果が得られていることが分かる。理論と比較しても実験結果の円孔付近のひずみ値は試験体端部のひずみ値の約 3 倍の結果を示しており、光学的計測法を用いた計測で理論と相違ない結果が得られた。

4.3 有限要素法(FEM)による数値解析及び、理論値との比較

試験結果を検証するため、FEM を用いて解析を行った。FEM 解析では試験に用いた同一寸法の亚克力(E=3130MPa)の弾性解析を行い、ひずみ分布の比較を行った。FEM 解析結果を図-4 に示す。図はそれぞれ 20 k N 載荷時の結果を示している。

また、円孔端から試験体端部までの y 方向ひずみの分布に関して、光学的計測法による計測結果、FEM 解析結果及び、理論値を比較したものを図-5 に示す。デジタル画像相関法による計測結果に多少ずれが生じているが、それぞれがほぼ同等のひずみ値を示していることが確認できた。

5. 光学的計測法を用いた応力開放試験

5.1 試験概要

これまでの試験結果を鑑み、光学的手法の応力開放法への適用性と実験値と理論値との比較、検討を目的とし ESPI 及び、デジタル画像相関法を用いて、応力開放試験を実施する。

試験体は 100×100×10mm の亚克力試験体を用い、圧縮試験を行う。載荷後に荷重をかけた状態で試験体中央部にドリルで直径 30mm の円孔を開ける。

載荷する荷重は 1~20 k N とし、微小な応力変動の計測も検討する。

試験後は、ドリル削孔による円孔周辺のひずみ分布の計測及び、現有応力の測定について検討する予定である。

6. まとめ

光学的計測法を用いて円孔周辺のひずみ計測を実施したところ FEM 解析値及び、理論値と同等の結果が得られ、実験により信頼性の高い円孔周辺のひずみ分布を取得することができた。

これにより、光学的計測法の応力開放法への適用性を確認することができた。

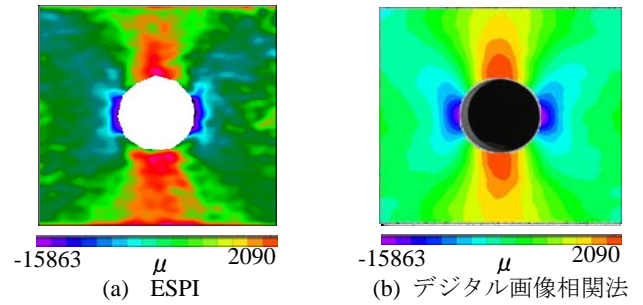


図-2 20 k N 載荷時 y 方向ひずみ分布図

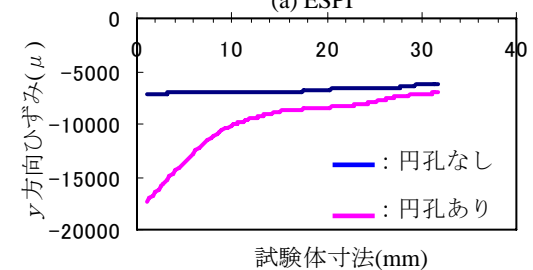
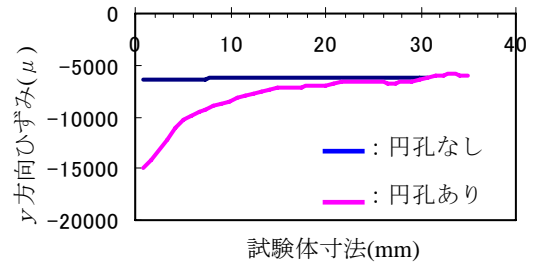


図-3 20 k N 載荷時の y 方向ひずみ分布

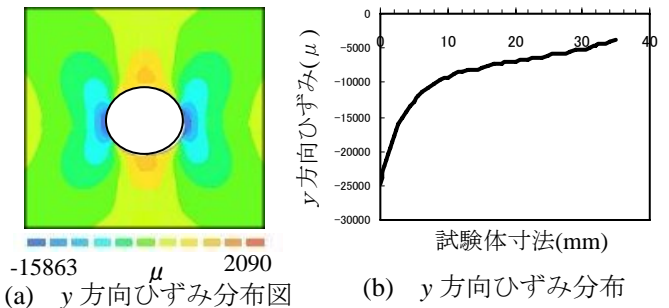


図-4 FEM 解析結果

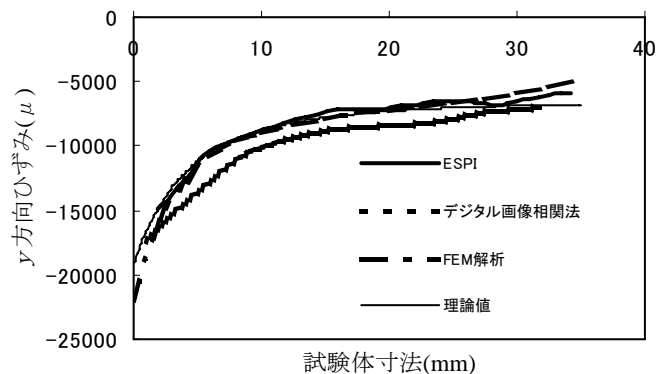


図-5 計測結果及び、解析結果、理論値の比較

参考文献 肥田研一:「光学的計測法によるインフラ構造物の新しい計測法」に関する講習会, pp.137-143, JCI, 2006