

スペックル干渉法による非接触全視野ひずみ計測

長崎大学大学院 学生会員 ○ 神原 天鳴 長崎大学大学院 学生会員 大石 裕介
 長崎大学工学部 正会員 松田 浩 長崎大学 非会員 下郡 康二
 長崎大学工学部 正会員 崎山 毅 長崎大学工学部 正会員 森田 千尋

1 はじめに

ひずみゲージ、レーザ変位計などを用いた計測法は、得られるひずみ、変位の値は定点だけのものであり対象物全体の分布を計測することは困難である。また、ひずみゲージにおいては、対象物に直接ゲージを貼付する必要があるため、様々な条件によって計測が制限される場合がある。

本論文は、スペックル干渉法を用いた非接触全視野ひずみ計測法の有用性を調べることを目的として、ひずみ計測を行った結果を報告するものである。

2 スペックル干渉法の原理

レーザ光を粗面に照射すると光が乱反射し、レーザ光の可干渉性のためランダムな位相の光が重ね合い干渉して斑点模様を観察される。この斑点模様はスペックルパターンと呼ばれる。スペックル干渉法は、図-1に基本的な光学系を示すように2つ以上の光路を重ね合わせた時に生じるスペックルパターンを利用して変位分布を求める方法で、1つのレーザ光を2方向に分け別々の光路をたどった後に再び合わさって像面に達する。これらの干渉計の光路差は粗面の各点ごとに不規則に変化するので像面には図-2(a)に示すようなパターンが形成される。荷重载荷などにより物体の各点に変位すると光路差が変化し、対応するスペックルは明暗を変えるが(b)のように全体は同じように見える。この場合に光路差の変化量が波長の整数倍なら、スペックルの明暗は元のままにとどまる一方、変化量が波長の半整数倍の位置では反転する。そのため(a)(b)のパターンの差の絶対値を取ることで(c)のようなスペックル干渉縞を得ることが出来る。

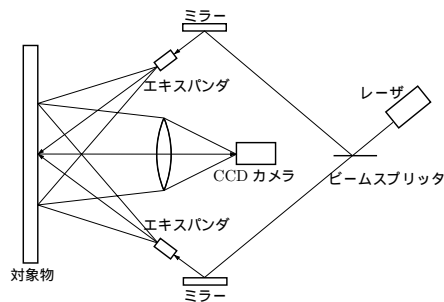


図-1: スペックル干渉法の光学系

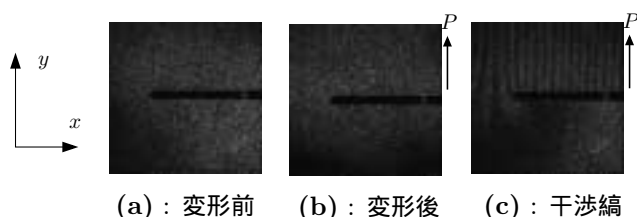
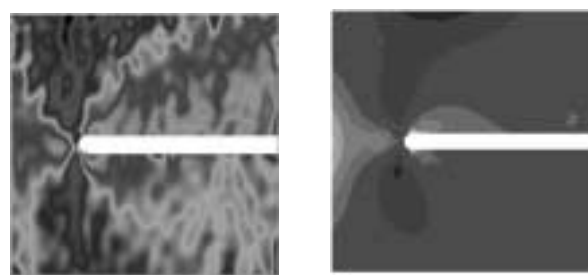


図-2: スペックル干渉法による干渉縞の形成

3 スペックル干渉法による計測の性能照査

図-2(c)は x 軸方向の変位分布を表わしており、レーザ光の波長程度の変位につき1本の干渉縞が表われている。この変位分布と試験片の寸法、材料定数をもとに x 軸方向ひずみ分布を求めたものが図-3(a)である。図-3(b)は比較のためにFEM解析により x 軸方向のひずみ分布を求めたものである。(a)と(b)を比較すると、同様なひずみ分布図が得られていることがわかる。このことより、スペックル干渉法により求められたひずみ分布の信頼性が示せた。



(a): スペックル干渉法 (b): FEM 解析

図-3: x 軸方向のひずみ分布図

次に、スペックル干渉法から得られたひずみ値の精度を確認するため、図-4に示すようなアルミ合金製の試験片を製作し引張試験を行なった。ひずみゲージ法とスペックル干渉法のひずみ計測の比較のために、試験片中央縦方向にひずみゲージを貼付した。図-5はひずみゲージによって計測されたひずみ値と同じ部分においてスペックル干渉法によって得られるひずみ値の応力-ひずみ曲線である。同図からわかるように、二つの値がほぼ一致しており、また弾性域においては、理論値とも一致することから、スペックル干渉法で得られるひずみ値の信頼性が示せた。

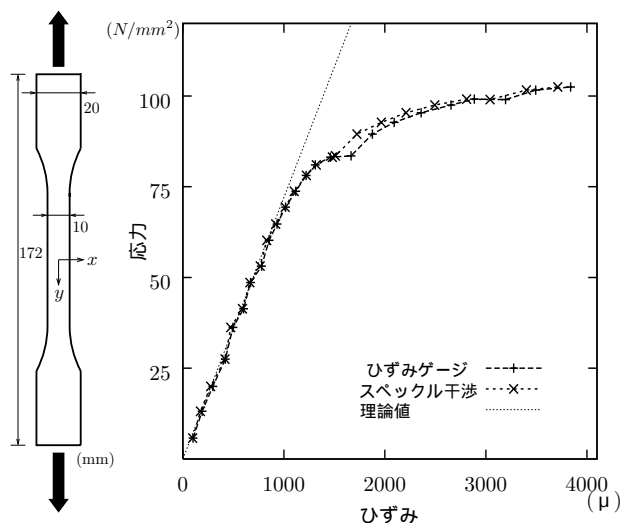


図-4: 試験片寸法

図-5: ひずみの比較

キーワード：スペックル干渉法、非接触全視野ひずみ計測

〒852-8521 長崎県長崎市文教町1番14号 TEL:095-819-2590 FAX:095-819-2590

4 スペックル干渉法による全視野計測

スペックル干渉法を用いて全視野計測を行うため、図-6,7に示すアルミ合金製の円孔を有する試験片を2種類製作し引張試験を行なった。試験片Aについての結果を図-8上段に、左から x 方向のひずみ分布、 y 方向のひずみ分布、せん断ひずみ分布の順に示し、下段に比較のためFEMの結果を同様に示す。

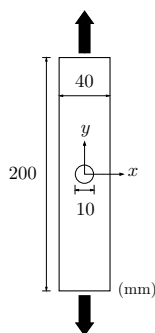


図-6: 試験片 A

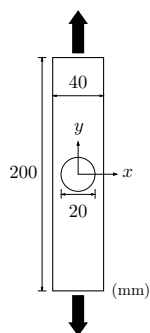


図-7: 試験片 B

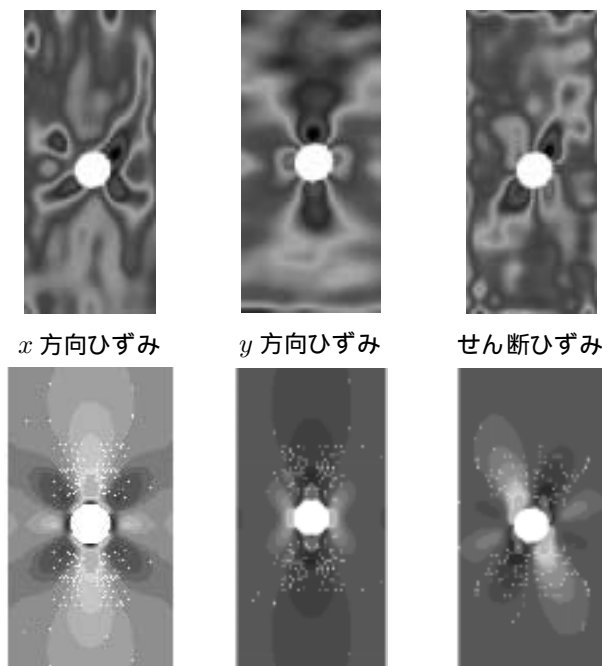


図-8: 得られたひずみ分布図

次に、試験片A、試験片Bともに最小断面部における y 方向のひずみ分布の、FEMとスペックル干渉法とを比較したものを、縦軸をひずみ、横軸を試験片幅として、図-9に示す。双方とも円孔に向かってひずみが集中していることを容易に見ることができる。

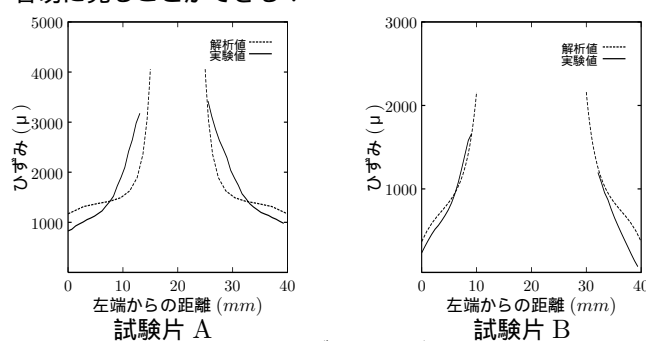


図-9: ひずみ分布グラフ

5 スペックル干渉法の利点と問題点

スペックル干渉法の計測可能レンジは約 $0.03 \sim 20\mu\text{m}$ である。これより小さな変形では、干渉縞が発生せず、これより大きな変形では干渉縞が多くなりすぎて計測が不可能となる。そのため、急激な変形を起す対象物の計測には不向きであるが、緩やかな変位変化であれば、計測間隔を密にすることで可能となる。

また、スペックル干渉法は、スペックルパターンのわずかな変化から変位を求めるため、計測中に振動すると、スペックルパターンが乱れてしまい計測ができなくなる。そこで、図-10のような治具を製作し図-11に示すように引張試験機と計測器を完全に一体化し、計測器と計測対象物との相対変位をなくすことで計測可能となる。



図-10: 計測器取り付け治具



図-11: 計測風景

本研究で使用した計測器には、CCDカメラ部分にレーザー光の波長以外の光を透過しないフィルターを付けているため、可視光線の中での計測が可能である。また、非接触計測であるため、その使用範囲が非常に広いという利点がある。

6 まとめ

今回行なった、スペックル干渉法を用いたひずみ分布の計測は従来の計測法とは異なり、非接触での全視野計測が可能という大きな利点をもっている。さらに、ひずみゲージ法と同様のひずみ値を得ることが可能であるため、ひずみゲージの貼付が困難な条件下においても、信頼性の高いひずみ計測が可能であることが示せた。また、変位分布、ひずみ分布といった計測結果を従来の計測法よりも短時間で求めることが出来ることも利点の一つである。

今後は、このスペックル干渉法の利点を生かして、コンクリートの硬化時における変位分布の転移を非接触で計測する他、引張、圧縮試験においても、その荷重載荷とスペックル干渉法を用いた全視野計測とを一体化するシステムの構築を今後の予定としている。

参考文献

- 1) 辻内順平，黒田和男: 最新光学技術ハンドブック，朝倉書店
- 2) 内野正和，レーザスペックル計測とその応用