

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25289063

研究課題名(和文) 実環境で使えるモアレ縞を用いたひずみ可視化シートとその計測システムの開発

研究課題名(英文) Development of strain visualization sheet with aim of field application and its measurement system

研究代表者

高木 健 (Takaki, Takeshi)

広島大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：80452605

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,400,000円

研究成果の概要(和文)：これまでに開発してきたひずみ可視化シートを改良し、実環境で使用可能なひずみ可視化シートの開発を行った。材料や構造を変更することで、計測精度を向上した。精度検証にて目視では 100μ 以下の精度でひずみを可視化できることおよび、画像処理を用いれば約 10μ の精度で計測できることを確認した。さらに、温度特性についても実験を行い実環境で使用可能であることを確認した。

研究成果の概要(英文)：With the aim of application in the field, in the present research, some problems of the previously developed strain visualization sheet were solved, the materials and structure of the device were improved in order to achieve higher accuracy and simplify the installation method, and the performance of the improved device was verified. As a result, it is possible to obtain strain values with resolution of $<100\mu$ by visual observation and accuracy of approximately 10μ by image processing. The temperature characteristics of the strain visualization sheet were also clarified, and simplification of the installation method was possible. Thus, this study confirmed the applicability of the strain visualization sheet for use in the field.

研究分野：機械設計

キーワード：ひずみ計測 可視化 モアレ縞

1. 研究開始当初の背景

力が加わるとどのような物体でもひずみが生じる。このひずみを計測することにより、力、応力、圧力、加速度(慣性力に着目)、角速度(遠心力に着目)など、様々な物理量が計測されている。しかし、たとえばこのひずみをひずみゲージなどの電気的なセンサにて計測するには、配線、信号増幅用アンプ、結果表示用モニタなどが必要であり、計測システムが複雑になる。このことが計測対象を制限する要因にもなっている。そこで、もしもひずみを可視化できれば、これらの機器が必要なくなり、従来手法にはない利点が生じ、これまで計測が困難であった対象でも計測できるようになると考えた。そこで、計測したい個所に貼るだけで、ひずみを可視化できるシートを開発する。

図1に本シートの特長、図2に事前研究で製作した本シートを示す。本シートを貼ると図1、2のようにひずみの大きさが文字で提示されるため、作業者は本シートを見るだけでひずみの大きさを知ることができる。また、カメラで撮影し画像処理すれば詳細なひずみの情報を得られる。画像にはひずみの情報のみではなく周りの状況も記録でき、望遠レンズを用いれば遠隔計測もできる。従来の電気的なセンサと異なり、計測対象に設置したセンサへの電力供給や計測結果を送信するための配線は必要ないためシンプルな構成で計測できる。ゆえに、多点計測に拡張することも容易である。

この特長を活かせば、電気的なセンサでは配線することが困難であるため、目視による外観検査に頼るしかなかった大型の構造物や機械、取り外しの多い機器にも適用できる。そして、従来から行われてきた目視による外観検査時にひずみも計測することが可能となる。さらには、欠陥による小さなひずみは特別な技術を持つ専門家でなければ気が付かなかったが、本シートを用いれば特別な技術を持たない一般の人でもそのひずみが見えるため、専門家でなくても安全や品質を保持することができるようになる。また、カメラを用いることで専門家に頼るしかなかった定期検査の自動化も期待できる。



図1 利点の概略図

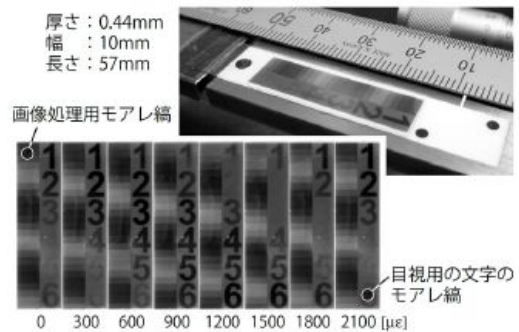


図2 事前研究にて製作したシート

2. 研究の目的

ひずみを可視化できるシートを開発する。本シートはひずみの大きさに応じた文字を提示できるため、目視でもひずみの大きさを確認できるようにすること、および本シートをカメラで撮影し画像処理をすればひずみの詳細情報を取得できるようにすることを目的とする。目標性能としては既存のひずみゲージと同程度とし、具体的には誤差 10 μ以下とする。また、実環境でも使用できる構成とする。

3. 研究の方法

申請時の研究計画では本シートを構成するベースとなる材料にはポリエステルを想定していた。しかし、実環境での使用を考慮し実験した結果、ポリエステルでは耐環境性が不十分であることが分かったために、ソーダガラスを用いることとした。ガラスを用いて製作した本シートの構造を図3、実際に製作したものを図4に示す。2枚のガラス板にスリットパターンを構成し、それを重ね合わせることで、モアレ縞を生じさせた。また、2枚のガラス板を精度よく位置合わせするために取り付け治具を作成した。材料にはSS400を用い、腐食対策として無電解ニッケルメッキを用いた。

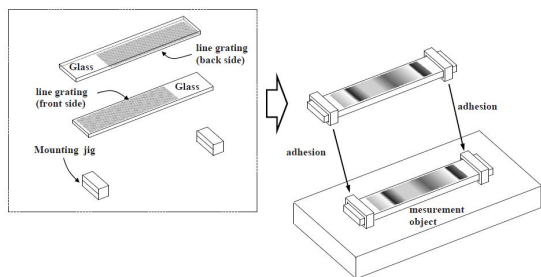


図3 本シートの構造

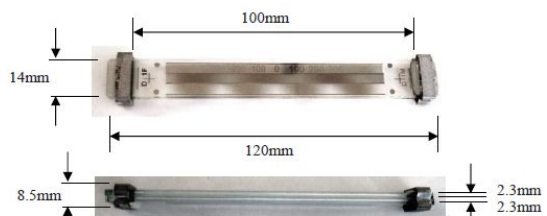


図4 製作したひずみ可視化シート

ひずみを計測できることを検証するための試験片を図5に示す。試験片には比較のためにひずみゲージも取り付けられている。また、計測している様子を図6に示す。試験片を引張試験機に取り付け、引張り方向に力を加え、試験片に生じたひずみを本シートで可視化し、ビデオカメラを用いて画像処理を行い詳細な値を計測した。また、比較のために同時にひずみゲージでもひずみを計測した。

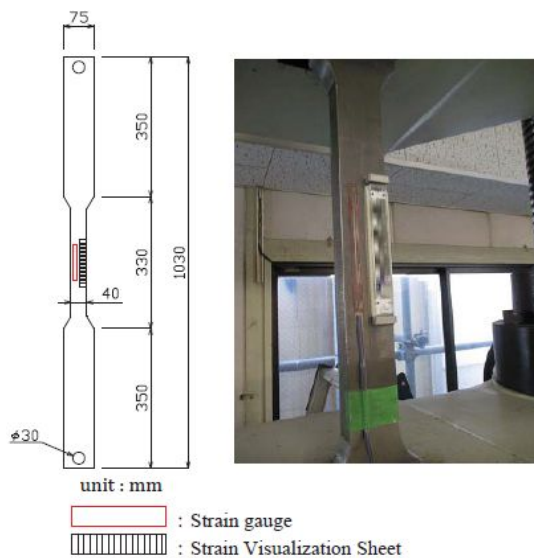


図5 試験片

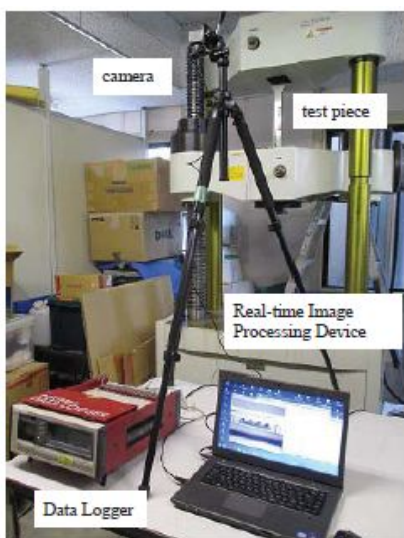


図6 実験環境

温度・湿度による影響を調べるために図7に示す恒温槽を用いて検証した。鋼に本シートとひずみゲージを取付け、ビデオカメラにて撮影し、画像処理をすることでひずみを求めた。また比較のためにひずみゲージでも同時にひずみを計測した。

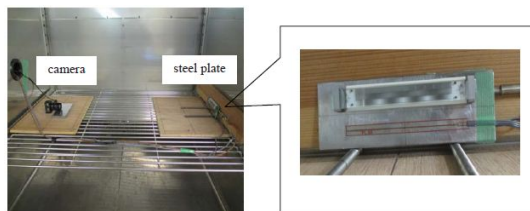


図7 恒温槽

4. 研究成果

3章で述べた試験片を用いてひずみを加えた時の本シートの様子を図8に示す。ひずみに応じて、文字により可視化できていることが分かる。

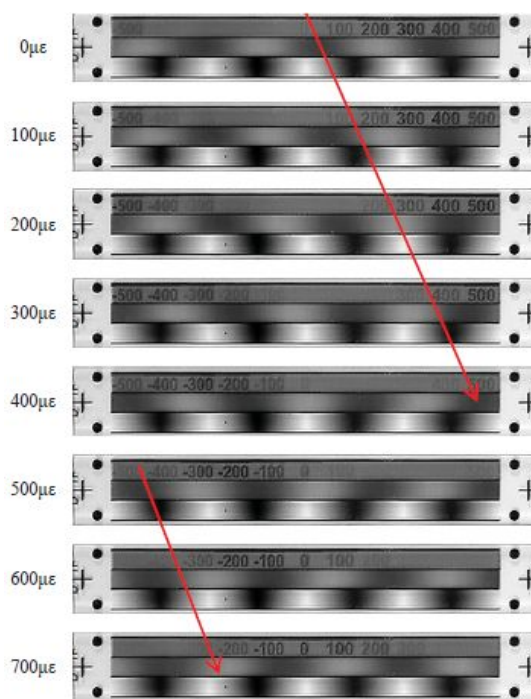


図8 文字によるひずみの可視化

次に、引張試験機にて試験片にひずみを生じさせたときの本シートとひずみゲージにてひずみを計測した場合の時系列を図9に示す。本シートとひずみゲージで計測した値が非常に良く一致していることが分かる。また、ひずみと応力の関係を図10に示す。本シートとひずみゲージを用いて計測した値の差は、一部10μの誤差が生じているが、大体5μとなった。ゆえに、当初の目標は達成できた。

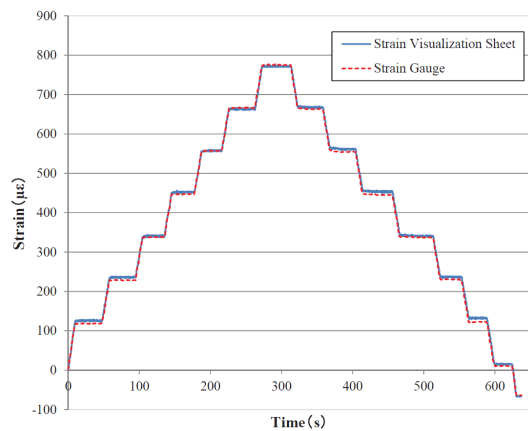


図9 時間とひずみの関係

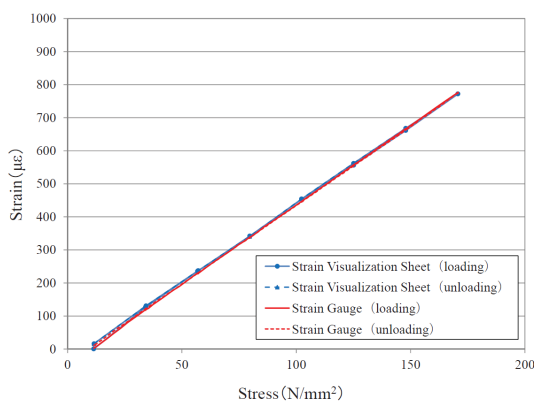


図10 応力とひずみの関係

次に、温度特性の実験結果を図11に示す。ひずみゲージには自己温度補償型のものを用いている。この場合、本シートの性能の方が劣ることが分かる。

この問題を解決するために、本シートにおいても自己温度補償を実現する機構を考案した。その機構を用いるとひずみゲージと同等の精度が得られるようになった。

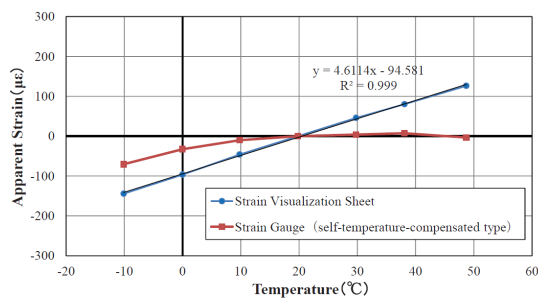


図11 温度特性

しかし、現状では接着部が弱いこと、高価であることが問題となっている。そこで、接着方法については、光硬化性かつ嫌気性の接着剤を用いることにより解決する予定である。また、コストの問題については、特にスリットパターン製作にコストが掛っているため、マスターマスクを用い一度に複数製作し、その後ガラスをカットする製造方法に変更する予定である。この方法ではイニシヤ

ルコストは掛るものの、今後量産する場合の1つ当たりの価格は半分以下に抑えることが出来る予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

1. Uemoto, S., Tanoue, S., Miyamoto, N., Takaki, T., Ishii, I., Aoyama, T. and, Fujii, K., Concrete surface strain measurement using Moiré fringes, Construction and Building Materials, Vol. 67, PP. 115-120, 2014. (査読あり)

〔学会発表〕(計6件)

1. M. OMACHI, S. UEMOTO, T. TAKAKI, K. MATSUO, N. MIYAMOTO, I. ISHII, and T. AOYAMA, Verification of Strain Visualization Sheet with Aim of Field Application, in Proceeding of the 7th International Conference on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure, Torino, Italy, July 1-3, 2015.

2. 山川 将太, 高木 健, 青山 忠義, 石井 抱: 格子パターンの改良によるひずみ可視化シールの高精度化, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2014 予稿集, 3P2-W10, 富山県富山市, 2014.5.25-29.

3. Masakazu Omachi, Shuji Uemoto, Takeshi Takaki, Noriyuki Miyamoto, Idaku Ishii and, Tadayoshi Aoyama, Strain visualization sticker for structural health monitoring, in Proceeding of The 6th International Conference on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure, Hong Kong, China, December 9-11, 2013.

4. 梅本 秀二, 大町 正和, 宮本 則幸, 岡本卓慈, 高木 健, 石井 抱, 青山 忠義: ひずみ可視化シートの改良とコンクリートへの応用, 土木学会第 68 回年次学術講演会 予稿集, VI-108, 千葉県習志野市, 2013.9.4-6.

5. S. Tanoue, S. Uemoto, N. Miyamoto, T. Takaki, I. Ishii, and T. Aoyama, Concrete Surface Strain Measurement using Moiré Fringes, in Proceeding of The 3rd International Conference on Sustainable Construction Materials & Technologies, T1-6-4, Tokyo, Japan, August 18-21, 2013.

6. 高木 健, 田ノ上 誠次, 梅本 秀二, 宮本 則幸, 青山 忠義, 石井 抱: ひずみ可視化シートを用いたコンクリート表面のひずみ計測, ロボティクス・メカトロニクス

講演会 2013 予稿集, 2A2-P24, 茨城県つくば市, 2013.5.22-25.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計1件)

名称: 歪計測方法, 歪計測装置, および格子パターン

発明者: 高木 健, 岡本 卓慈, 宮本 則幸, 梅本 秀二, 大畑 秀之, 松尾 恵輔

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 2014-107520

出願年月日: 2014年5月23日

国内外の別: 日本

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

日本語:

http://www.robotics.hiroshima-u.ac.jp/mechatronics_manipulation/moire_strain-j.php

英語:

http://www.robotics.hiroshima-u.ac.jp/mechatronics_manipulation/moire_strain.php

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高木 健 (TAKAKI Takeshi)

広島大学大学院 工学研究院・准教授

研究者番号: 80452605

(2) 研究分担者

青山 忠義 (AOYAMA Tadayoshi)

広島大学大学院 工学研究院・助教

研究者番号: 00569337