

## ヒステリシスを軽減する機構を有した片持ち梁式変位計の開発

飛島建設 正会員○阿保寿郎 正会員 塩谷智基  
 飛島建設 正会員 熊谷幸樹 正会員 田村琢之  
 山口大学 正会員 近久博志  
 Insensys Robert Knapp

### 1. はじめに

変位計を開発する上で、精度を低下させる要因にヒステリシスがある。片持ち梁を利用して変位量を曲げひずみに変換する機構の計測器では、梁先端に変位を与える支点と梁表面に働く摩擦力がその要因のひとつである。摩擦力は、梁の伸縮方向に作用し、変位が増加する場合と、減少する場合では、摩擦力が逆方向に作用するため、ヒステリシスが生じる。本報告では、その影響を軽減する機構を有した変位計と、その計測精度を検証した室内実験結果について報告する。

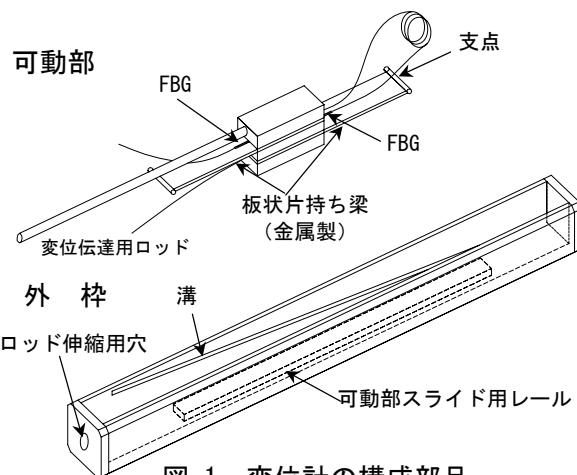


図-1 変位計の構成部品

### 2. 大容量変位計の概要

開発した大容量変位計の試作器（以下、試作器とする）は、外枠と可動部の2つの部材から構成されている（図-1 参照）。可動部は金属製で、両側に板状で先端に円柱状の支点を設けた片持ち梁を備えている。図-2 に示すように、可動部は変位にあわせて外枠内を長手方向に移動する。可動部の片持ち梁先端の支点は、外枠内側の両側面に切られた溝内を移動する。溝は外枠底面に対し角度 $\theta$ を持っているため、梁に移動量に応じた曲げひずみを与える。その際両片持ち梁は、先端にほぼ同量の変位を与えられるが、支点と梁の接触部において梁の向きに対し互いに逆の摩擦力を受けることになる。本試作器では、両方の梁のひずみ検知器から得られるひずみを平均することで、摩擦力の影響を相殺することができる。筆者らは、電磁波・落雷・電気の影響を受けず同時多点計測を特長とするFBG(Fibre Bragg Grating)<sup>1)</sup>をひずみ検知器として用いる。

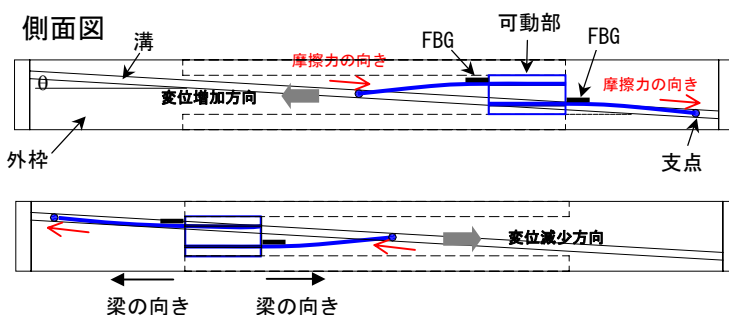


図-2 可動部に変位を与えたときの梁先端の支点に与えられる摩擦力の方向

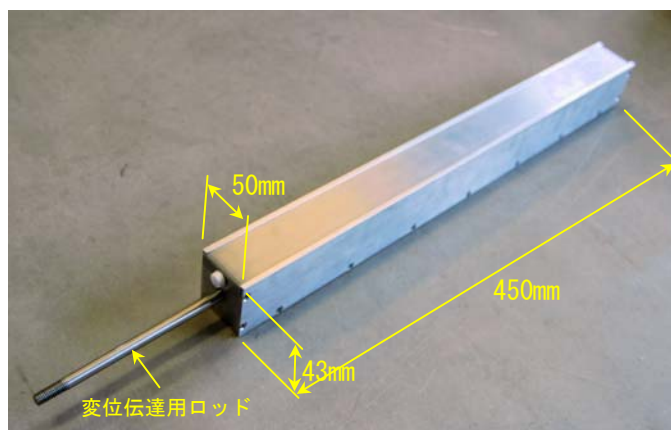


写真-1 変位計の外観

### 3. 室内実験の概要

写真-1 に、試作器の概観を示す。本器の計測範囲は $\pm 100\text{mm}$ である。

キーワード：光ファイバセンシング, FBG, 変位計, 分解能, ヒステリシス, 非直線性

連絡先：〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472 TEL 04-7198-7572 FAX 04-7198-7586

<http://www.tobi-tech.com/>

試作器を固定した状態でロッドを外枠内に収め、可動部が最も左端にある状態を 0 とする。10mm 毎にロッドの端部を右方向に移動し、各位置で可動部の両梁の FBG からひずみを計測する。次に 200mm に達した状態で、逆にロッドを左方向に 10mm 毎に 0 まで戻す。変位の調整は、0.1mm 読みのワイヤ式変位計(DP-1000B)の読みに従って適用した。



写真-2 実験状況

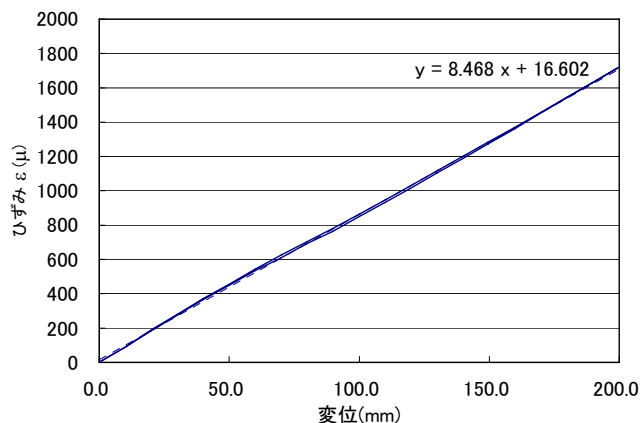


図-3 変位とひずみの関係

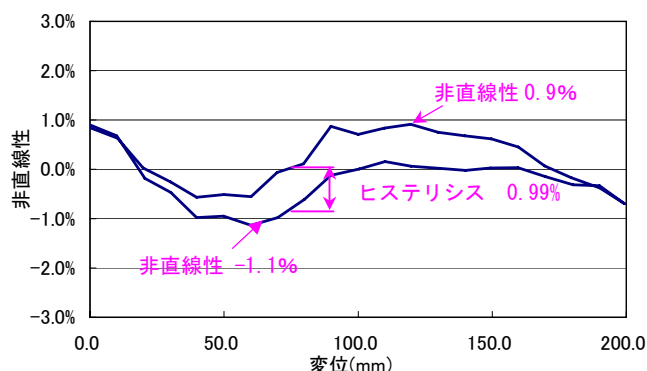


図-4 変位と非直線性

#### 4. 実験結果と考察

本計測器は変位を求めるものであるが、ここではヒステリシスおよび非直線性について検討するため FBG より直接求めたひずみにより考察する。図-3 に実験結果を示す。図中の横軸は変位  $x$  (mm) を、縦軸は 2 つの FBG から得られるひずみの平均値  $\varepsilon$  を示す。図より、両者の線形性が示されている (相関係数 0.9992)。

次に、適用範囲に対する非直線性を図-4 に示す。横軸は変位  $x$  (mm) を、縦軸は 2 つの FBG から得られるひずみの非直線性(%)を示す。グラフから非直線性は、最小-1.1%、最大 0.9% の範囲で得られていることがわかる。また、変位の増加時と減少時のひずみの差分を最大ひずみで除して得られるヒステリシスは、最大で 0.99% であった。

表-2 に、2 つの FBG より得られたひずみとそれらの平均値から得られたひずみをもとに算出した非直線性、ヒステリシスならびに相関係数を示す。3 者とも平均値は、それぞれの FBG より得られる値と比較して改善されていることがわかる。

ここで、本実験では最大変位  $x=199.6\text{mm}$  において、最大ひずみは  $\varepsilon=1717\mu$  であった。FBG で計測できるひずみの分解能を  $5\mu$  とすると、式(1)から、この試作器の分解能  $\alpha$  は  $0.6\text{mm}$  となる。

$$\alpha = \frac{\text{FBGの分解能}}{\text{最大変位時のひずみ}} \times \text{最大変位} \quad \dots\dots \text{式(1)}$$

$$= \frac{5\mu}{1717\mu} \times 199.6\text{mm} = 0.6\text{mm}$$

表-1 各 FBG から得られたひずみとその平均値の非直線性、ヒステリシス、相関係数

|            | 非直線性  | ヒステリシス | 相関係数    |
|------------|-------|--------|---------|
| FBG A (左側) | 1.46% | 1.03%  | 0.99916 |
| FBG B (右側) | 1.79% | 1.40%  | 0.99902 |
| 平均値        | 1.13% | 0.99%  | 0.99918 |

#### 5. まとめ

これらの結果から、開発した片持ち梁式変位計はヒステリシスを 1%未満とし非直線性が 1.2%以下、分解能が 0.6mm の特長を有していることを実験により示した。今後は、梁の位置や FBG の設置位置の調整方法などを修正しさらに精度を向上させることを目指す。

#### 参考文献

1)熊谷幸樹, 塩谷智基, 田村琢之: 時間分割多重化による FBG 光ファイバ計測システム, 電力士木, No.323, 2006.5. (掲載予定)