

三軸型応力聴診器の試作と検証

名城大学理工学部環境創造学科 正会員 小塩達也

1. はじめに

近年、道路構造物の高齢化、老朽化により、構造物の点検、診断、補修・補強に関わる効率化が課題となっている。筆者は、接着によらず摩擦によって測定面に設置できる応力聴診器を開発し、橋梁の緊急診断の際の橋の聴診器としてのツールや、点検員・学生に対する現場での教育ツールとしての利用を推奨している。応力聴診器は、繰り返し利用が可能な摩擦型ひずみゲージを、磁石によって塗装された鋼部材の測定面に押し付けるもので、簡易にひずみ測定を行うことができる。現在生産されている摩擦型ひずみゲージは、東京測器研究所によるゲージ長 6mm の一軸型(CBF-6)のみであるが、構造物に生じる局所的な応力状態に着目する場合、主応力とその方向の特定が必要な場合がある。

本研究では、三軸の摩擦型ひずみゲージおよびこれを用いた三軸型応力聴診器を試作し、その精度や現場における適用性について検証した。

2. 三軸型応力聴診器の製作

図1に製作した三軸の摩擦型ひずみゲージの構造を、表1に使用材料を示す。ゲージ部分の構造は生産されている摩擦型ひずみゲージを参考に製作した。摩擦層として工業用サンディングフィルムの研磨剤のない面に三軸ひずみゲージを接着し、その上にゴム層を接着し、これを金属製の受け皿に接着する。先端に袋ナットをつけたロッドで円錐形の受け皿を押し付ける。ひずみゲージが押し付けられることにより測定面と摩擦面との間に発生する摩擦が、接着剤の代わりとなってひずみが測定できる。袋ナットおよび受け皿は、球面座を構成し、ひずみゲージ部を安定して押し付ける働きをする。

ゴム層は、押し付ける側がひずみゲージ部を面内方向に拘束しない一方で、押し付け力を測定面にできるだけ均等に配分するために設けている。なお、脱落防止のため、ひずみゲージ部分は薄いゴムスリーブによりロッドに保持される。

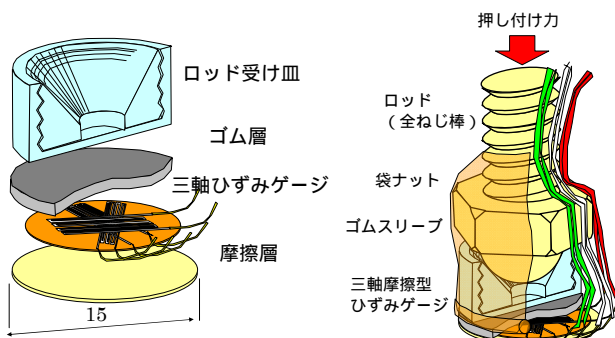


図1 三軸摩擦型ひずみゲージの構造

写真1に製作した三軸型応力聴診器を、図2にその構造を示す。アクリル樹脂製のケースの先端にあるフェライト磁石で測定面に吸着し、ケース内のバネがロッドを押すことでひずみゲージ部に一定の押し付け力を与える。押し付け力は 4kgf 程度となるように調整した。

表1 使用した材料

構成部分	仕様
摩擦層	3M社サンディングフィルム 320 フィルム部: ポリエチレン, 厚さ 0.075mm 砥粒: 酸化アルミニウム, 粒径 0.060mm
ひずみゲージ	東京測器研究所 三軸ひずみゲージ UFRA-5-11-1L
ゴム層	クロロプレンゴム
ロッド受け皿	真鍮製



写真1 三軸型応力聴診器

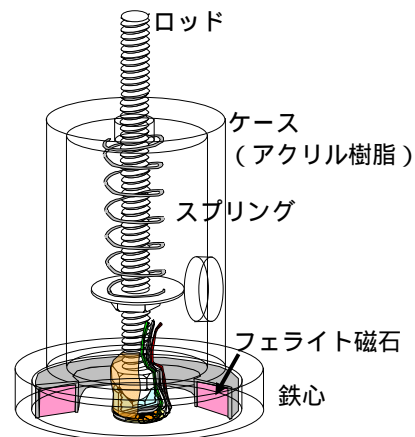
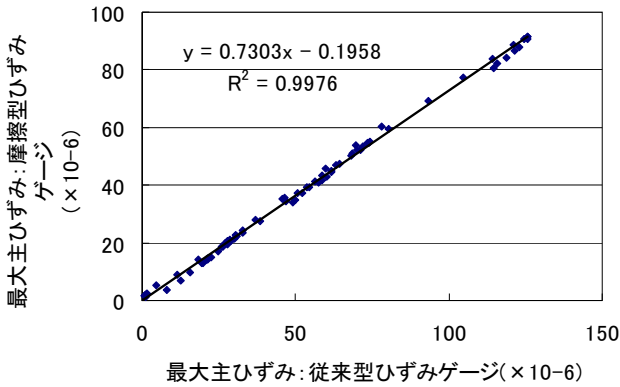


図2 三軸型応力聴診器の構造

3. 測定性能の検証

基本的な測定性能を検証するため、鋼材試験片に従来型の三軸ひずみゲージおよび三軸型応力聴診器を設置し、静的に繰り返しの引張荷重を与えてひずみを比較した。図3に120 μ までのひずみを与えたときの従来型の三軸ひずみゲージと三軸型応力聴診器の出力値に基づく最大主ひずみの値を示す。120 μ までのひずみ域では、ほぼ線形関係を示し、最大主ひずみの値で従来型の70%程度の出力値を示した。120 μ を超えるひずみ域では、非線形的な出力となったが、除荷時には線形性が回復したことから、120 μ 以降に摩擦面にすべりが生じていると考えられる。製作した4個の三軸摩擦型ひずみゲージの出力値は従来型ひずみゲージに対していずれも70%前後であり、この値は摩擦層の厚さやひずみゲージの寸法に依存するものと考えられる。

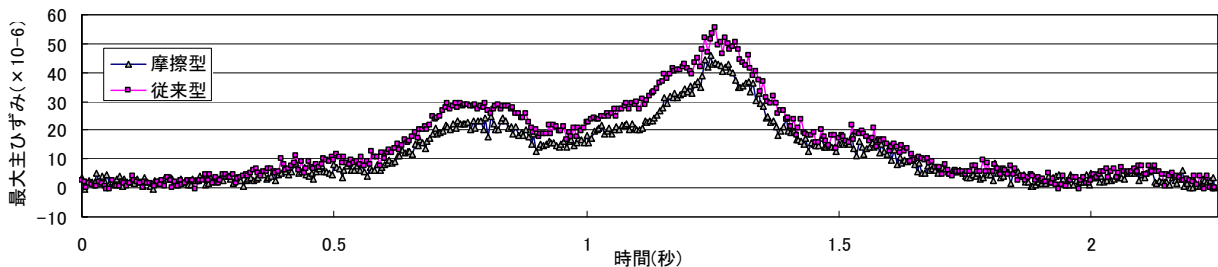
三軸の摩擦型ひずみゲージの動的な測定性能を調べるため、実橋梁においてひずみ測定を行い、従来型ひずみゲージと比較を行った。写真2に測定状況を示す。鋼鈹



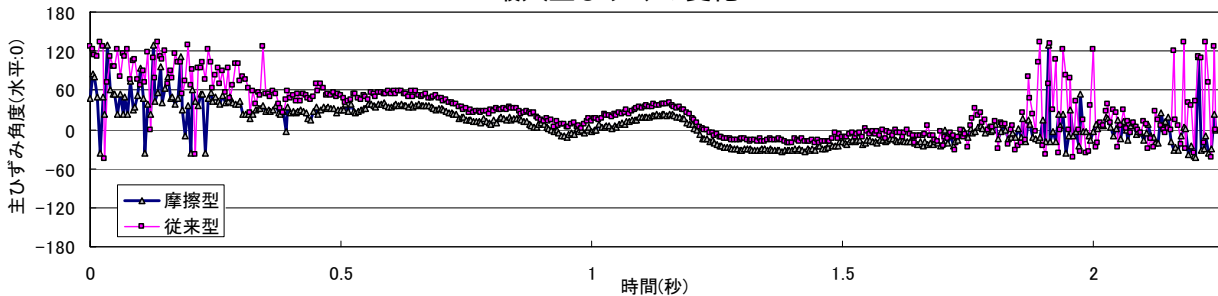
最大主ひずみ: 従来型ひずみゲージ(x10⁻⁶)

図3 静的载荷試験による

摩擦型・従来型の三軸ひずみゲージの比較



最大主ひずみの変化



主ひずみ角度の変化(水平を0とし、時計方向の角度)

図4 実橋梁における測定波形の例(測定点：鋼鈹桁橋のウェブ)

桁のウェブに従来型の三軸ひずみゲージ、三軸型応力聴診器を設置した。いずれのひずみゲージも塗装面をサンディングブロックで研磨し平滑にした後、脱脂洗浄して設置した。図5に測定波形の例を示す。最大主ひずみ、主ひずみ角度のいずれも、同様な波形形状を示しており、実橋梁での十分に使用可能であることが分かる。ひずみ値の違いは、摩擦型とすることによる感度低下を、角度の絶対値の違いは、設置角度のずれを示しているものと考えられる。

4. まとめ

三軸摩擦型ひずみゲージおよびこれを利用した三軸型応力聴診器を試作し、その性能について検証を行った。試作したひずみゲージは、120 μ 程度のひずみ域までに限定され、また、出力値の低下が見られるものの、感度および動的なひずみ変動に対する追従性はいずれも良好であった。今後は、摩擦性能を大きくするなど基本的性能を向上させるとともに、感度の方向依存性の確認などさらに信頼性を高めたものとして考えている。

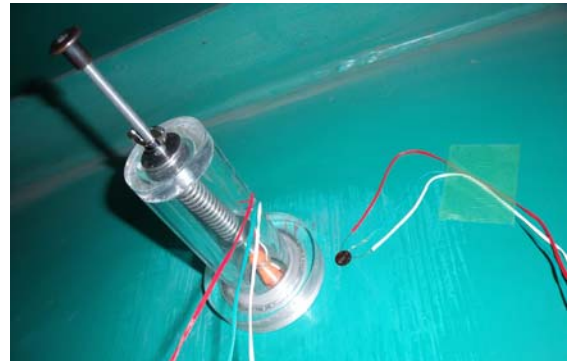


写真2 実橋梁における測定状況