

光学ストランドを用いた構造物のモニタリングシステムに関する基礎的研究

ハザマ技術研究所 正会員 山下英俊 ハザマ技術研究所

田中靖彦

ハザマ技術研究所 フェロー 喜多達夫

ハザマ技術研究所 正会員 蓮井昭則

1. まえがき

性能照査型設計法が注目されている中、この設計法を満足させるためには構造物の挙動を正確に確認するモニタリング技術がきわめて重要である。しかし、構造物の挙動をモニタリングするのは非常に困難であるため、ほとんどの構造物で必ずしも定量的に行われているとは言えない現状にある。そこで、近年、知的構造システムの検知機能や構造物のヘルスマニタリングの用途に各種の光ファイバセンサーが開発されており、長期の耐久性に優れていることや電磁ノイズフリーであることから、長期の構造物の挙動を定量的に把握する目的で、各機関で精力的にコンクリート構造物への適用性について研究されてきている。

本論文では、光ファイバーの撓り線（光学ストランド）を用いた構造物のモニタリングシステムの基礎的な特徴を知る目的で行った実験結果を示すとともに構造物への適用性について述べる。

2. システムの概要

本システムは、図-1に示すように計測系統中、赤外線を発光してセンサから戻る光パワーを電圧出力するオプトボックス、光伝達用のリンクケーブル、構造物に固定した2端子間の相対変位を感知するセンサを根幹としている。光ファイバが大きな曲率を被ると光が洩れるマイクロベンドの原理を応用しており、2点間の相対変位とその換算量が把握できる。光ファイバセンサー共通の特長（高耐久性、電磁ノイズフリーetc.）に加え、シンプルなシステムによる実用性や動的応答性のため、欧州ではエッフェル塔の7年連続モニタリングをはじめ、100件以上の構造物モニタリングに適用実績がある。以下に長さ2mのシリコン被覆センサ（SI-*, *は個体番号）およびスパイラルスチール被覆センサ（ST-*）の基礎実験結果を示す。

3. 計測精度

恒温室の温度を0, 20, 60℃に変化させた場合において、センサをマイクロメータで伸縮させた際の伸縮値、変位計測値、本システムの計測値を図-2, 3に示す。マイクロメータ、変位計の測定値が正しいとすると、本システムの測定値は、温度による差は若干確認されるが、伸縮幅80μmでは0, 20, 60℃とも±10μm以内の精度であった。また、伸縮幅10mmの場合では、±100μm以内であり、構造物全体の挙動を把握する目的では、

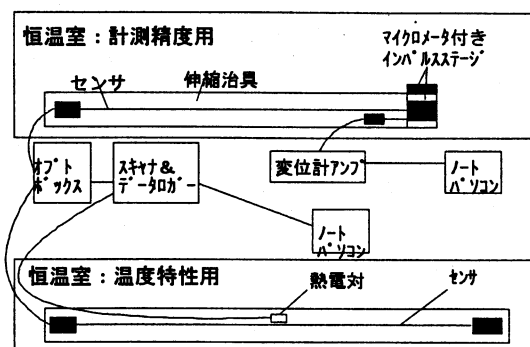


図-1 計測精度、温度特性に関する計測系統図

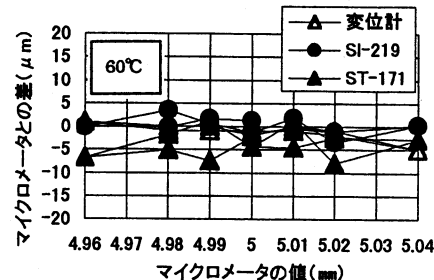
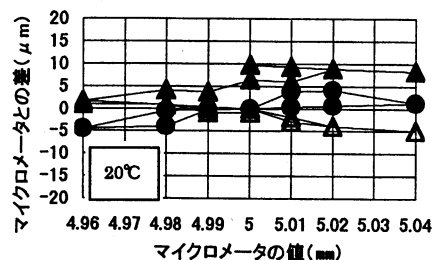
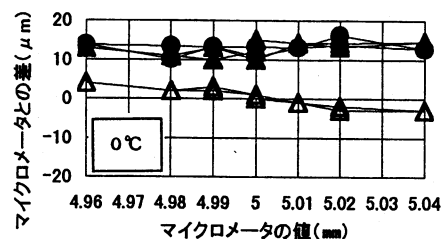


図-2 計測精度 (80μm伸縮時)

キーワード：コンクリート、光ファイバ、モニタリング、維持管理、実構造物

連絡先：〒305-0822 茨城県つくば市荻間字西向 515-1 TEL:0298-58-8814 FAX:0298-58-8819

十分実用的な精度であると言える。

4. 動的特性

図-4の通りセンサの一端を固定、他端を振動台上で正弦波加振した際の振動台変位と本システム計測値の例を図-5、6に示す。弦形状のセンサでありながら、1 Hz までは振幅・位相ともほぼ一致し、建築・土木構造物のモニタリングに必要な数 Hz の動的モニタリングが可能であると思われる。また、図-7の通りセンサ両端を振動台上に固定し、センサ方向と直角方向に関して、1~10Hz (±2 mm) および 10~60Hz (振動台の性能により 10Hz 時±0.55 mm~60Hz 時±0.1 mm) のスイープ加振を行った際の、振動台変位と本システム計測値の例を図-8、9に示す。直角方向の加振時は、被覆の共振と思われる横揺れを目視できたが、モニタリング結果には殆ど影響は見られない。この光学ストランドの共振は、適切な箇所では被覆を固定する事により防ぐことができると考える。

5. まとめ

光学ストランドによる構造物のモニタリングシステムに関する基礎実験の結果、計測精度は伸縮幅 100 μm 程度の微小振幅で±10 μm 以内、伸縮幅 10 mm程度では±100 μm 以内である。また、弦形状のセンサでありながら、数 Hz の動的モニタリングが可能であり、センサ自体の弦の横振動も計測値にほとんど影響しないことが示された。本センサーが高耐久性であることから、今まで非常に困難であった構造物の長期にわたるモニタリングの可能性があることは前述したとおりであるが、今後は本システムを利用した構造物の短期、長期挙動や動的特性の変化に関するモニタリングを行い、適用性に対する課題を抽出して実用に対する検討を進めていきたい。

【謝辞】本実験にあたり、本システムに関して日揮㈱の方々、他の計測機に関して㈱共和電業の方々から、多大なご助言・ご協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

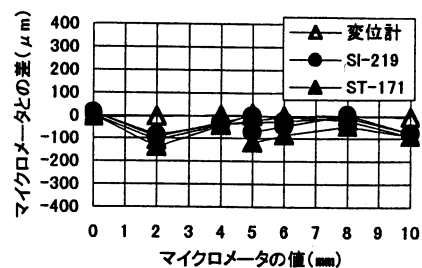


図-3 計測精度 (10 mm伸縮時)

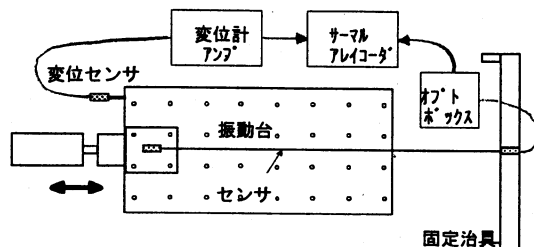


図-4 センサー一端加振時の計測系統図

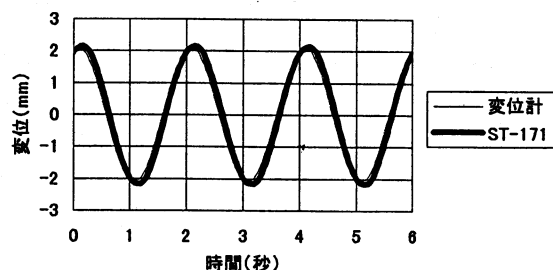


図-5 0.5Hz 片振幅 0.1 mm加振時の時刻歴波形

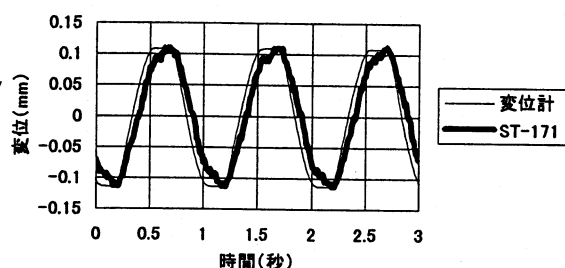


図-6 1Hz 片振幅 0.1 mm加振時の時刻歴波形

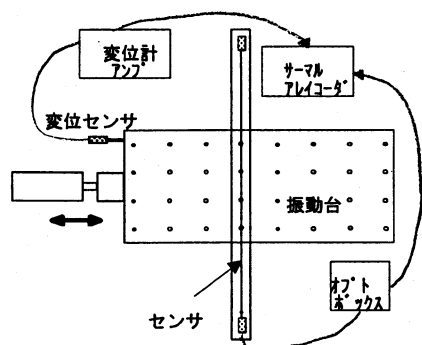


図-7 センサ両端加振 (直角方向) 時の計測系統図

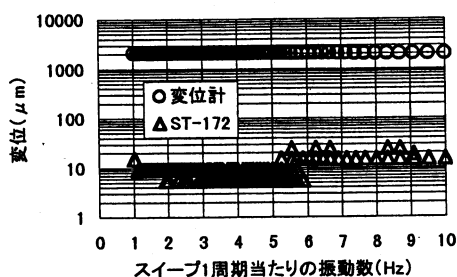


図-8 センサ直角方向スイープ加振時の振動数別最大値 1

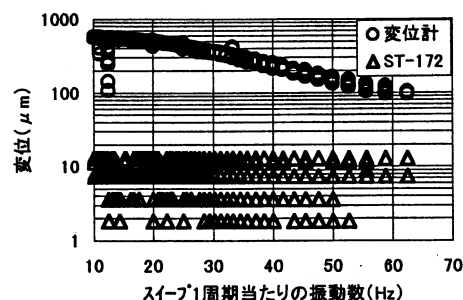


図-9 センサ直角方向スイープ加振時の振動数別最大値 2