

振動時の角速度を用いた梁損傷の検出の試み

○弘前大学 学生会員 早矢仕沙彩
弘前大学 正会員 片岡俊一

1. はじめに

構造物の健全性を確認することは重要であり、その指標として、たわみや固有振動数が用いられる。本報告では、角速度計（ジャイロセンサー）を利用して、動的なたわみ角を求めることを試みた。健全な梁を損傷をつけた梁とで同様な実験を行い、その違いを考察してみる。

2. 使用するセンサとその確認実験

(1) ジャイロセンサ

本実験では村田製作所製 ENC-03R 使用圧電振動ジャイロモジュールをプラスチック樹脂に埋め込んで使用した。外形を写真1に示す。このセンサの仕様は以下になる。

電源電圧：2.7V～5.25VDC 検出範囲：±300deg./s 静止時出力電圧：1.35VDC 感度：0.67mV/deg./s.

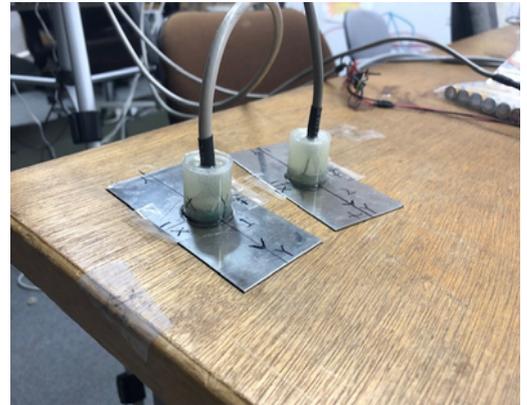


写真1 ジャイロセンサ

(2) iPod touch の影響

鉛直方向の振動であるたわみ振動は iPod touch で計測し、i地震というアプリケーションで数値化を行うこととした。このような計測が適切であるかを確認するために、片持ち梁と両端固定梁で長さを変化させて自由振動を計測した。自由振動波形から固有振動数を求め、そこから理論値を基に梁のヤング率を逆算してみた。その結果得られたヤング率は、梁の長さが長くなるに従ってアルミの理想ヤング率に近づいた。理論値との差異は梁に対して iPod touch が重過ぎるのではないかと考え、iPod touch を集中加重として考えてヤング率を逆算してみると、アルミの理想ヤング率に近づいた。この実験を通じて、iPod touch によりたわみ振動が計測可能と判断した。

(3) ジャイロセンサーの個体差の確認

本実験では、たわみ角を2つのジャイロセンサの出力の差から求めるために、2つのセンサに個体差がないことが期待される。そこで、次のような実験を行い個体差を確認した。一つは、両端固定梁の左右対称位置にジャイロセンサーを設置し自由振動させる実験、もう一つは机にジャイロセンサーを設置し机を振動させる実験である。結果は2台のジャイロセンサの出力のスペクトル比で評価することとした。左右対称に設置させる場合には、センサの間隔は10cmと20cmの2ケースで行った。これらの実験の結果、全てでスペクトル比はほぼ1に近くなった。スペクトル比は10Hz以上で1よりも大きくなるが、これはノイズの影響であると考えられる。このことから、2つのジャイロセンサの個体差はないと判断して実験を進めた。

3. 本実験

幅4.95cm、長さ120cmのアルミ板を梁とみなし2つのジャイロセンサを梁長手方向に並べ自由振動を計測した。2地点で角速度を計測し、その差を時間積分したものを2点間のたわみ角と考えた。

(1) 実験ケース

以下のような実験を行い、それに合わせて梁に以下の名称をつけた。

- ・梁A：片持ち梁/健全な状態で計測後、グラインダを用いて表面を削る
- ・梁B：片持ち梁/健全な状態で計測後、脇を削り幅を狭くする

- ・梁C：両端固定梁/健全な状態で計測後、グラインダを用いて表面を削る
 - ・梁D：両端固定梁/無垢な状態で計測後、脇を削り幅を狭くする
- 固定形式によらず、支持長は70cmと80cmの2種類とした。それぞれ与えた損傷を写真2に示す。

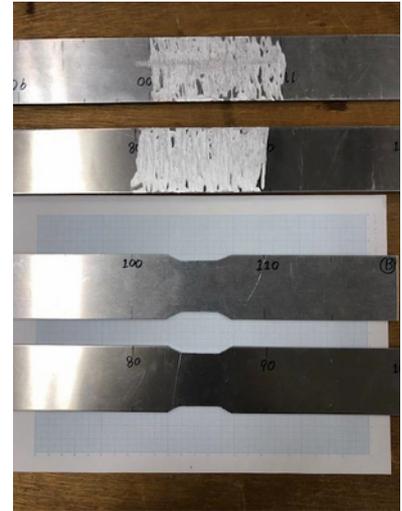


写真2 梁に与えた損傷の状況(上から梁A、梁C、梁B、梁D)

梁をそれぞれの支持形態で固定し、質量115.8gのおもりを吊るし10秒間静止させた後に、はさみでおもりをつるしている紐を切り、自由振動をさせた。梁にジャイロセンサ、iPod touchを取り付けた状況を写真3,4に示す。この実験を10回行った。

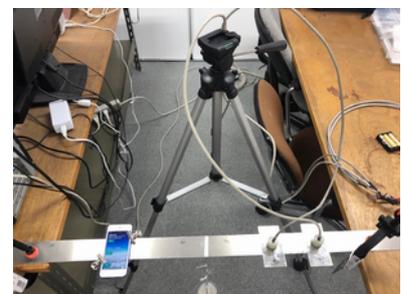


写真3 両端固定梁の場合のセンサの設置状況（上部からの写真）



図4 両端固定梁の場合のセンサの設置状況（横からの写真）

4.実験結果

10回の実験結果を平均してたわみ角を表1に示す。たわみ角の単位はラジアン(rad)としてある。多くの場合で損傷を与えたケースの方がたわみ角が大きくなった。また、片持ち梁の方が、損傷がたわみ角に与える影響が大きいように見える。

表1 角速度から算出したたわみ角

片持ち梁	A		B	
	70cm	80cm	70cm	80cm
健全	0.0357	0.0457	0.0520	0.0677
損傷あり	0.1086	0.0608	0.1273	0.0810
比率	3.0397	1.3320	2.4475	1.1969

両端固定梁	C		D	
	70cm	80cm	70cm	80cm
健全	0.0338	0.0429	0.0298	0.0453
損傷あり	0.0391	0.0338	0.0337	0.0584
比率	1.1563	0.7884	1.1310	1.2888

5.まとめ

構造物の健全性を表す指標としてたわみ角を取り上げ、2台の角速度センサを間隔を狭くして設置し、その相対差を積分することをたわみ角と考えた。このような手法は既に提案されているが、センサおよび梁の材質を変えて確認した。その結果、損傷に伴うたわみ角の増大が確認された。今後は、有限要素法などを用いることにより、本実験で得られたたわみ角の妥当性を確認する予定である。

謝辞

弘前大学理工学研究科上原子准教授には研究遂行にあたり、ご助言を頂いたばかりか実験に必要な様々な機器を貸して頂いた。また、公益財団法人青森県建設技術センターの助成を受けた。記して謝意を示す。

参考文献

Zbigniew Zembaty et al:Strain sensing of beams in flexural vibrations using rotation rate sensors, Sensors and Actuators A:Physical, volume 269, 322-330, 2018