

固有振動特性を用いた機能診断法の海洋構造物への適用に関する研究

東海大学 学生会員 ○久保田 耕平 日本ミクニヤ株式会社 正会員 藤田 孝康
 水産技術研究所 正会員 大井 邦昭 水産技術研究所 正会員 三上 信雄
 東海大学 正会員 笠井 哲郎 東海大学 正会員 三神 厚

1. はじめに

我が国には、2,780 漁港¹⁾が存在しているが、これらの施設が老朽化し、補修・更新等の維持管理費用増大が課題となっている。これら施設を可能な限り長寿命化し、維持管理費用の増大を抑えるため、点検・診断方法の高度化や効率化が求められている²⁾。

既往の研究³⁾によって、強制振動させた構造物上部 2 点の変位を計測し、これらの変位量差から基礎変状を検出できることが示されている(図-1、以降、2 点同時計測法と呼ぶ)。著者らは、ロッキング振動を活用した防波堤等の基礎部変状を検出する方法の有効性を検討している。また、既報告によって、室内試験で消波ブロックのような障害物がない場合、ロッキング振動が発生すること、変状の有無によって卓越振動数が変化することを確認し、現地調査でも同様の現象が発生することを確認した。本報告では、基礎条件を変更して理論値と実測値を比較することで 2 点同時計測法の有効性を検討した。

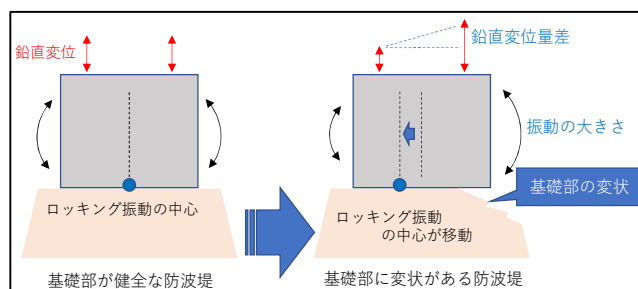


図-1 基礎部変状検出のイメージ



図-2 室内試験写真

2. 室内試験概要

2-1 使用機器と供試体

使用機器は、起振機(小型振動発生装置 WaveMaker (有)旭製作所)を用いて加振し、(株)東京測振製の携帯用振動計 SPC-51A (以下、「速度計」)を用いて測定した。また、供試体は、一般的な防波堤 1 躯体の 1/10 スケールで W/C50%の寸法 400×600×500mm のコンクリート供試体(質量:270kg)3 体を作成した。

2-2 実験方法

室内試験は、実構造物(漁港防波堤)を模し、上記の供試体を 3 体使用して隣接配置したうえで、ばね定数が既知である(94.07N/mm/個)圧縮ばねを敷設した。圧縮ばねは、両外側の供試体底面に圧縮ばね 48 個を全面敷き詰め、中央の供試体底面に圧縮ばね 48 個(条件 1)片側 1 列分除いた圧縮ばね 40 個(条件 2)の 2 条件とし、健全な基礎と変状のある基礎の防波堤に見立てた。また、圧縮ばねの代わりにゴム製のマットを供試体底面に敷設し、圧縮ばねと同様に全面と片側 1 列分除外の 2 条件とした。供試体上部の中央部に起振機 1 台(最大起振力 9.8N)を設置し、供試体短辺方向(ここで



図-3 室内試験写真

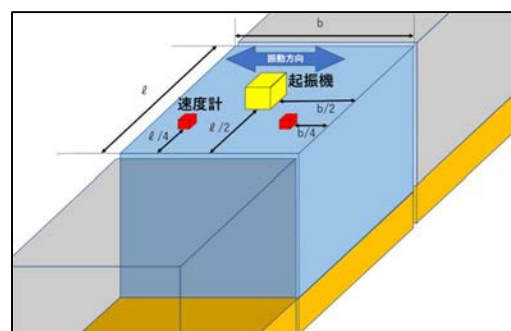


図-4 2点同時計測法

キーワード 漁港施設, ロッキング振動, 強制振動, 共振曲線, 2点変位量差

連絡先 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 4-1-1 東海大学 TEL:0463-58-1211 FAX:0463-50-2045

はX軸とする)に強制加振させた。速度計は、長辺方向の片側 1/4、かつ短辺方向の片側 1/4 の点に設置して供試体上部の振動を計測した(図-4)。強制加振させた場合の振動計測は、2 点の鉛直方向の振動を 100Hz サンプルングで 1 分間測定した。

3. 実験結果および考察

加振振動数ごとに計測した振動応答をそれぞれフーリエ変換し、縦軸を振幅 (cm/s)、横軸を振動数 (Hz) として、各振動数における最大値をプロットすることで共振曲線を作成した。共振曲線における極大値に対応する加振振動数を卓越振動数(実測値)とし、これと理論式 $f_0 = 1/2\pi\sqrt{K_R/J}$ から求めた理論値と比較した(表-1 参照)。ここで、 f_0 は固有振動数、 K_R は基礎底面中央をロッキング中心とした時のロッキングばね定数、 J は質量の慣性モーメントである。圧縮ばねでは理論値よりも実測値が少し小さいものの、ばね全面からばね片面で卓越振動数が減少する傾向が確認された。一方、ゴム基礎では、圧縮ばねと異なり、理論値が全面で 43.3Hz、片面で 36.1 Hz と実測値より 5～7 倍の高い振動数となった。ここで、圧縮ばね 48 個、ゴム全面における水平方向と鉛直方向の時刻歴波形(縦軸を速度 (cm/sec)、横軸を時間 (sec))の一部を図-5、図-6 に示す。ばねでは、図-5 に示すように、水平方向と鉛直方向の波形が逆位相になっていることが確認され、いずれもロッキング振動していることが確認された。ゴム基礎では、図-6 に示すように、ばねと比較して波形が逆位相となっておらず、典型的なロッキング振動となっていないことが確認された。

次に、ロッキング振動が確認された圧縮ばね全面と片面をそれぞれの卓越振動数における 2 点変位量差を求めた(表-3 参照)。本手法は、変状が無い基礎では変位量差が小さく、変状がある場合、ロッキング振動の中心が移動することで変位量差が大きくなる。当該室内実験でも全面の変位量差が小さく、片面の変位量差が大きくなり、これまでの研究と同様の傾向が確認された。

4. まとめ

- (1) ばね基礎全面に対して片面の卓越振動数は低い値を示す傾向が確認された。また、ばね基礎とゴム基礎どちらも理論値よりも実測値が低い値を示した。
- (2) ばね基礎は時刻歴波形からロッキング振動が確認され、卓越振動数における 2 点変位量差の結果から平均変位量差による変状検知の有効性を確認できた。
- (3) ゴム基礎の時刻歴波形は、ばね基礎の時刻歴波形と比較して典型的なロッキング振動となっておらず、平均変位量差を指標とした基礎変状の検知は難しいと思われる。

参考文献

1) 公益社団法人全国漁港漁場協会：2020漁港漁場漁村ポケットハンドブック，pp. 20-21，2022. 9
2) 水産庁：インフラ長寿命化計画（行動計画），2021。
3) 齋藤将貴，藤田孝康，三上信雄，笠井哲郎：固有振動特性を用いた新たな防波堤基礎変状診断方法の提案，コンクリート工学年次講演集，Vol. 42，No. 2，pp. 1195－1200，2020。

表-1 各条件における卓越振動数と理論値の比較

卓越振動数 (Hz)	ばね全面	ばね片面	ゴム全面	ゴム片面
実測値	5. 2	4. 2	6. 4	6. 4
理論値	6. 5	4. 6	43. 3	36. 1

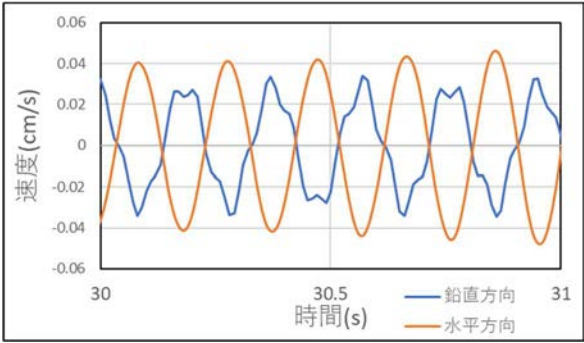


図-5 ばね 48 個 時刻歴波形 強制 5.2Hz

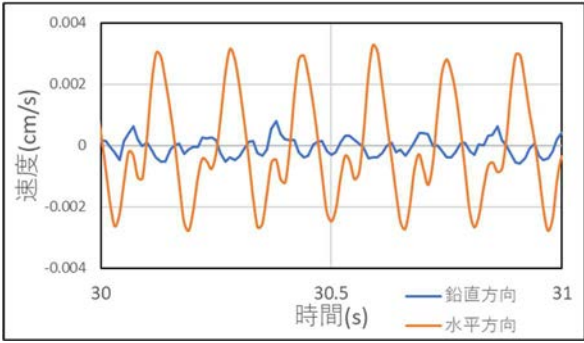


図-6 ゴム全面 時刻歴波形 強制 6.4Hz

表-3 ばね基礎の平均変位量差

ばね個数	48個	40個
平均変位量差 (cm)	0. 00006	0. 00149