

固有振動数の測定による漁港施設の機能診断方法の検討

東海大学大学院 学生会員 ○丸山 敏生
 東海大学 正会員 笠井 哲郎
 東海大学 正会員 島崎 洋治
 日本ミクニヤ株式会社 正会員 藤田 孝康

1. はじめに

漁港施設は、施設量が膨大であり構造形式也多岐に渡り、その大部分が市町村管理であるという特徴がある¹⁾。漁港管理者は、維持管理予算の確保が困難であること、専門的知識を有する技術者を確保し難いという課題を抱えながら既存ストックを適切に維持管理していくことが求められている¹⁾。また漁港施設の主要施設である防波堤や係留施設は、構造的に内部欠陥や海水中の基礎部欠陥を目視確認できないまたは困難なことが多い。前年度の報告では基礎部の欠陥を室内試験において、高感度の速度計を用いて評価できる可能性があることを示した²⁾。そこで、本研究では、既存漁港施設における基礎洗掘等を上部構造物の固有振動数の変化から評価する方法に関して室内試験で検討し、現地実構造物への適用を試みた。

2. 実験概要

2.1 室内試験

室内試験の測定は速度計（ネットワークセンサーCV374AV、(株)東京測振社製、図-1）を用いて測定した。供試体は、漁港施設におけるブロック積式防波堤を想定して、400×500×600 mmのコンクリート供試体(質量:270Kg)を作製した。

漁港施設における構造物の振動特性は、基礎の状態が影響すると考えられるため、基礎の構成材料や構造物との接地状態によって、構造物の振動特性が変化することが想定される。そこで、供試体に接地する基礎条件を変化させることで、供試体上部の振動がどのように変化するかを明らかにした。基礎状態の変化として、以下の3つのモデルを用い、上部コンクリート供試体の振動特性を計測した。

- ① 圧縮ばね基礎:ばね定数が既知の圧縮ばねを、4個、6個、8個、12個、24個、48個、63個と増やし、それぞれ均等に配置して測定した。測定は200hzで30秒を1回として50回行った。なお、これら1個のばね定数は198.61N/mmである。
- ② 砂基礎:実構造物を想定して、供試体底面に砂を敷詰め、基礎が流失した場合を供試体底面の砂を取り去ることで再現した。砂は、型枠(600×900×600mm)に入れ、高さが200mmとなるまで締固め、供試体を設置して測定した。測定は、全面敷詰めた状態、片側10cmを削った状態、両側10cmずつ削った状態、の順で行った。その後、同量の砂を敷詰め、全面敷詰めた状態(2回目)、中央10cm削った状態の順で測定した。なお、計測は①と同様とした。
- ③ 砂利基礎:砂同様、供試体底面に粒形5~25mm砂利をブロック枠(780×930×190mm)に190mmになるまで敷詰め、供試体底面の砂利を取り去ることで再現した。測定は、①と同様としたものの、一部測定25回とした。

2.2 現地試験

現地試験はT漁港で行い、寸法は図-2の通りである。対象とした防波堤の構造は上部工のある単塊式で、防波堤基礎部に吸出しを受けている。吸い出しを受けた区間において修復工事の前後に卓越周波数を計測した。測定は室内試験と同一の速度計を用い、200hzで30秒を1回として50回行った。

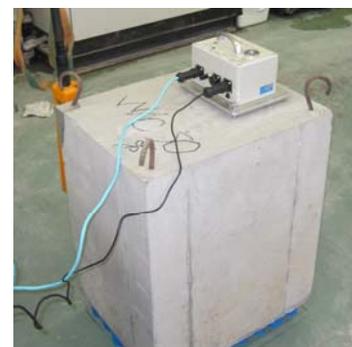


図-1 速度計

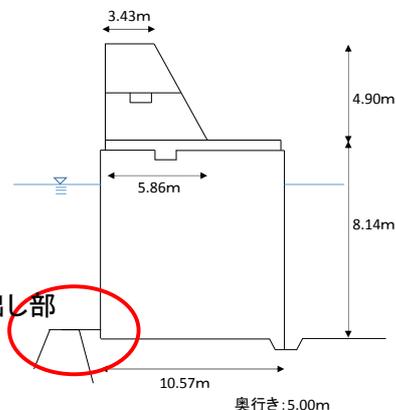


図-2 実構造物の寸法

キーワード 非破壊試験, 固有振動数, 漁港施設, 機能評価

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

3. 実験結果

3. 1 室内試験

3. 1. 1 圧縮ばねモデル基礎

供試体の Z 軸方向の振動は、1 自由度系振動体とみなすことができ、(1)式で示される。一方、X、Y 軸の振動は前年度の報告²⁾から、ロッキング振動を起している可能性が高く(2)式で示すことができると考えられる。

$$f = 1/2\pi\sqrt{K/M} \quad \dots(1)$$

$$f = 1/2\pi\sqrt{KL^2/12I} \quad \dots(2)$$

$I = M(H^2 + L^2)/12$ (X 軸の場合)

ここに、f:固有振動数、K:ばね定数

M:供試体質量、H,B,L:供試体の寸法

I:慣性モーメント

図-3(a)は、圧縮ばね 4~63 個とした場合の Z 軸方向の固有振動数を(1)式で求め、これらを圧縮ばね理論値とし、実測値と比較した。理論値と実測値には、高い相関関係があることから、Z 軸方向の振動は、(1)式が適用できると考えられる。図-3(b)、(c)は X、Y 軸方向を(2)式で求めた理論値と、実測値との比較をしたものである。バネが増加するにつれて理論値との差が大きくなった。そこで X、Y 軸のロッキング振動に影響するバネが供試体の端から 1/4 の範囲のみであると仮定し、再計算したところ図-3 のように理論値と実測値はよく一致した。これより X、Y 軸方向の振動は、(2)式が適用できるものと考えられる。

3. 1. 2 砂基礎

砂基礎の測定結果を、表-1 に示す。表より X 軸方向はロッキング振動していることが想定され、全面、片側削除、両側削除と供試体に接地している長さが減るほど卓越周波数が減少した。

3. 1. 3 砂利基礎

砂利基礎の測定結果を、表-2 に示す。表より、X 軸方向は砂基礎と同じ傾向で、全面、片側削除、両側削除と条件を変えるごとに卓越周波数が減少した。

3. 2 現地試験

現地試験の測定結果を、表-3 に示す。表より工事前の吸出しを受けた状態では、卓越周波数が 0.15~0.2Hz であったが、吸い出し部にコンクリートを注入した工事直後は 0.4~0.45Hz となり、吸出し部の補修の効果が評価できた。しかし、別の時期にもう一度測定すると 0.2~0.25Hz となった。工事後に堤体が安定し、卓越周波数が高くなる傾向はみられるが、同じ工事後でも卓越周波数に大きな差が生じた。その要因は明らかでない。

4. まとめ

- ① 圧縮ばね基礎における Z 軸の振動は、理論値と実測値に高い相関関係があることが確認できたため、Z 軸方向の振動は(1)式で振動していると考えられる。また修正後において X、Y 軸方向でも相関関係が見られたことから X、Y 軸方向の振動は(2)式で振動しているといえる。
- ② 砂および砂利基礎の欠損の状態は、基礎が欠損が大きいほど、卓越周波数が小さくなることが分かった。
- ③ 現地試験においても一部を除き基礎部が欠損すると補修後に比べ卓越周波数は小さくなることが分かった。

<参考文献>

1) 三上信雄, 藤田孝康, 極檀邦夫, 笠井哲郎:既設漁港コンクリート構造物の表層部劣化診断への衝撃弾性波法の適用, コンクリート工学年次論文集, Vol.131, NO.2, pp.1555-1560, 2009

2) 丸山敏生, 笠井哲郎, 藤田孝康, 中村克彦:固有振動を用いた漁港施設における機能診断方法の検討, 第44回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, 2017.

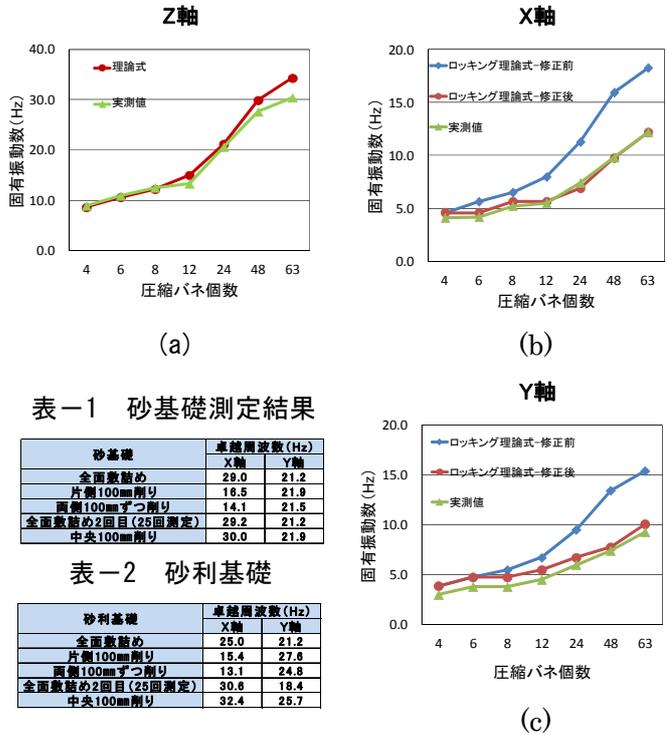


表-1 砂基礎測定結果

砂基礎	卓越周波数 (Hz)	
	X軸	Y軸
全面敷詰め	29.0	21.2
片側100mm削り	16.5	21.9
両側100mmずつ削り	14.1	21.5
全面敷詰め2回目(25回測定)	29.2	21.2
中央100mm削り	30.0	21.9

表-2 砂利基礎

砂利基礎	卓越周波数 (Hz)	
	X軸	Y軸
全面敷詰め	25.0	21.2
片側100mm削り	15.4	27.6
両側100mmずつ削り	13.1	24.8
全面敷詰め2回目(25回測定)	30.6	18.4
中央100mm削り	32.4	25.7

図-3 圧縮バネ各軸における理論値と実測値の関係

表-3 現地結果

T漁港 工事前	25回目	32回目	45回目
実測値	0.15	0.20	0.20

T漁港 工事後	23回目	25回目	36回目
実測値	0.45	0.45	0.40