

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

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
一般社団法人水産土木建設技術センター 正会員 藤田 孝康
国立研究開発法人水産研究・教育機構水産工学研究所 正会員 中村 克彦

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⁾。しかしながら、現状の機能診断手法は、目視を中心とした手法であるため、診断者の知識・技能の違いによる結果のばらつきや対象施設の立地条件による制約によって、実施できない等の課題がある¹⁾。これに対し、これまでは詳細調査を組み合わせることによって診断結果を補完するということが行われてきた。最近では、ドローンやスマートフォン等を用いた²⁾新しい手法によって、詳細調査を一部簡易化するといった試みも行われている。

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。内部欠陥は、レーダー探査、穿孔および CCD カメラによる確認等の手法があるものの、基礎部の欠陥は潜水による目視観察しかできないのが現状である。

そこで、本研究は、高感度の速度計を用いて、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できる手法を考案し、その有効性を検討した。

2. 実験概要

2. 1 測定機器と供試体

測定機器は、3 軸微振動検出器(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。供試体の使用材料、配合は、表-1、2 のとおりである。



図-1 3 軸微振動検出器

2. 2 基礎条件および測定条件

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。

表-1 使用材料

	種類	記号	物性または主成分
セメント	普通ポルトランドセメント	C	密度:3.16g/cm ³
細骨材	菊川支流産山砂	S	密度:2.59g/cm ³ 吸水率:2.18%
粗骨材	青梅産砕石	G	密度:2.70g/cm ³ 吸水率:0.62% 最大寸法:20mm
混和材料	高性能AE減水剤	SP	アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤
	AE助剤	AE	マイクロエア202

表-2 示方配合

W/C (%)	Gmax (mm)	目標スランプ (cm)	目標空気量 (%)	s/a	単位量(kg/m ³)				混和剤(C×%)	
					W	C	S	G	SP	AE
50	20	10±2.5	4.5±1.5	45.8	172	344	800	986	0.30	0.005

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 圧縮ばねモデル基礎

測定結果(表-3)から、X、Y、Z 軸方向ともに、圧縮ばねが増加するほど、卓越周波数が大きくなることが分かった。また、Z 軸に X 軸の卓越周波数が確認される場合が多かったことは、供試体が立体的に振動していることを示している。ここで、供試体が X、Y、Z 軸方向だけに振動していると仮定した場合、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)式で示される振動が発生していると考えられる。

また、X、Y 軸方向は供試体に水平力 F(t) が作用し、水平方向の振動とロッキングによる回転振動が起り、連成運動が起こっているとみなすことができる。

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

圧縮ばね 4~63 個となった場合の固有振動数を(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。理論値と実測値の関係は、図-2 に示す。両者には、高い相関関係があることから、Z 軸方向の振動は、(1)式で振動しているといえる。

3. 2 砂基礎

砂基礎の測定結果を、表-4 に示す。表より、基礎の面積が減少すると、Z 軸方向の卓越周波数が減少することが予想されたが、減少しなかった。これは、減少した接地面に供試体が沈み込む為、単位面積当たりのばね定数が大きくなり、全体としてのバネ定数が変化しなかったものと考えられる。一方、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、両側削除と条件を変えるごとに卓越周波数が減少した。これは、供試体の設置長さが減少することによって卓越周波数が減少したと考えられる。

3. 3 砂利基礎

砂利基礎の測定結果を、表-5 に示す。表より、Z 軸方向の卓越周波数は、一部を除いて 4.1Hz であった。接地面積が減少した場合、卓越周波数が増加すると想定されるものの、変化しなかったのは、砂基礎同様に減少した接地面に供試体が沈み込み、単位面積当たりのばね定数が大きくなり、全体としてのバネ定数が変化しなかったものと考えられる。なお、その後の中央削りの卓越周波数が 4.1Hz となっているにも関わらず、全面敷詰め 2 回目 が 10.2Hz である原因は砂利の締め固め程度や凹凸の影響であると考えられる。さらに、X 軸方向も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。

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。砂・砂利基礎の場合、Z 軸方向の卓越周波数がほぼ同程度となったのは、基礎面の減少により基礎が締め固められ、単位面積当たりのばね定数が大きくなったため、一部を除き、変化しなかったと考えられる。
- ② 砂および、砂利基礎の欠損の状態に関しては、基礎を削るにつれ卓越周波数が減少することから X 軸または Y 軸方向の卓越周波数の変化から評価できる可能性がある。

＜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) 不動雅之, 長野晋平, 小金山透, 藤田孝康, 丹羽真, 田原正之, 長野章:漁港施設点検システムの運用と機能保全計画への反映, 平成28年度日本水産工学会学術講演会

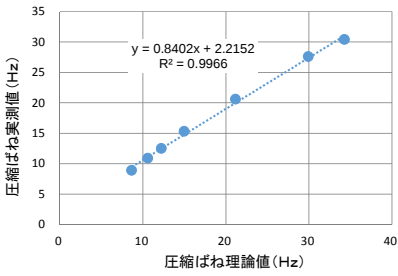


図-2 理論値と実測値の関係

表-3 圧縮ばね固有振動数測定値

圧縮ばね	卓越周波数 (Hz)		
	X 軸	Y 軸	Z 軸
4 個	4.1	3.0	8.9
6 個	4.2	3.8	10.9
8 個	5.2	3.8	12.5
12 個	5.5	4.5	13.3
24 個	7.4	6.0	20.6
48 個	9.8	7.4	27.6
63 個	12.2	9.3	30.4

表-4 砂基礎固有振動数測定値

砂基礎	卓越周波数 (Hz)		
	X 軸	Y 軸	Z 軸
全面敷詰め	29.0	21.2	4.1
片側100mm削除	16.5	21.9	4.1
両側100mmずつ削除	14.1	21.5	4.1
全面敷詰め2回目	29.2	21.2	4.1
中央100mm削除	30.0	21.9	4.1

表-5 砂利基礎固有振動数測定値

砂利基礎	卓越周波数 (Hz)		
	X 軸	Y 軸	Z 軸
全面敷詰め	25.0	21.2	4.1
片側100mm削り	15.4	27.6	4.1
両側100mm削り	13.1	24.8	4.1
全面敷詰め2回目(25回測定)	30.6	18.4	10.2
中央100mm削り	32.4	25.7	4.1