

起振機を用いた防波堤の固有振動特性に関する研究

東海大学大学院 学生会員 ○齋藤 将貴
 日本ミクニヤ株式会社 正会員 藤田 孝康
 水産工学研究所 梅津 啓史
 東海大学 正会員 三神 厚 笠井哲郎

1. はじめに

我が国では、高度成長期以降に整備されたインフラが膨大に存在し、今後一斉に老朽化することが懸念されており、適切な対応が求められている。港湾・漁港施設の中で、その主要施設である防波堤の基礎部は、老朽化を確認する点検でも目視に頼っている部分が多く、水面下であること等から精度よく点検することが困難であり、これらを実施する場合の労力や費用も大きくなる傾向がある。膨大に存在する防波堤の基礎部を診断する方法を効率化することは、今後の維持管理を進める上で重要であると考えられる。既往の室内試験による報告では、防波堤上部のコンクリート構造物は固有値解析による検証からロッキング振動しているということが指摘されている²⁾。そこで本研究では、実機の防波堤上部に設置した起振機によって、調和外力を与えることで防波堤を強制的にロッキング振動させ、その時の防波堤上部の振動を計測することで、防波堤のロッキング固有振動特性について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用機器

振動特性は、速度計(携帯用振動計 SPC-51A, (株)東京測振社製)を用いて測定した。起振機は、漁港施設防波堤の管理上の制約等に配慮したため、小型起振機である永久磁石起振機(SSV-125ME, (株)サンエス製)を用いた。

2.2 対象施設

対象施設は、関東地方の漁港施設における防波堤を対象施設とした。当該防波堤は、構造形式がコンクリート単塊式で上部工がある構造であり、対象スパンは、基礎捨石マウンド上に躯体の幅 3.2m×高さ 5.6m×長さ 5m (スパン 13・14) と幅 4.6m×高さ 5.6m×長さ 5m である (スパン 20・21) (図-1 参照)。なお、防波堤の基礎は、マウンド式であり、直近で実施された機能診断でいずれも基礎洗堀等の変状がないことが確認されている。

2.3 測定方法

測定方法は、各スパン上部の中央部に起振機 1 台を設置し、水平方向 (Y 軸方向) のそれぞれの端部から 1/4 の 2 か所に速度計を設置して、振動を計測した (図-2 参照)。起振機の周波数は、防波堤の固有振動数と想定された周波数付近で 10 ケース程度、段階的に変化させて加振し、防波堤の振動を記録した。なお、速度計の設定はサンプリング周波数 100Hz、測定時間 1 分間で行った。

3. 測定結果および考察

3.1 定常加振による防波堤の時刻歴波形

漁港防波堤スパン 13・14 における加振した場合の水平方向 (Y 軸) 時刻歴波形は、図-3 に示すとおりである。

キーワード 防波堤, 基礎洗堀, ロッキング振動, 固有振動

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

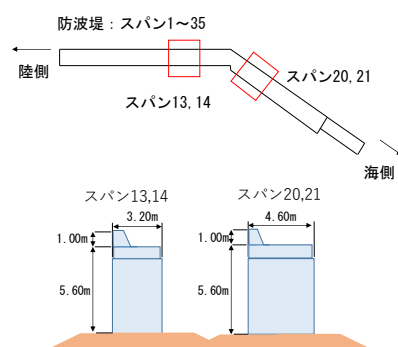


図-1 漁港防波堤概略面

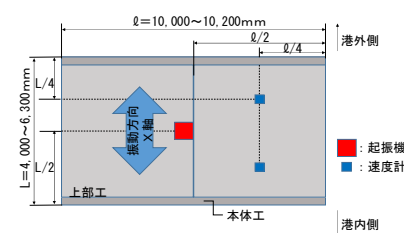


図-2 配置図

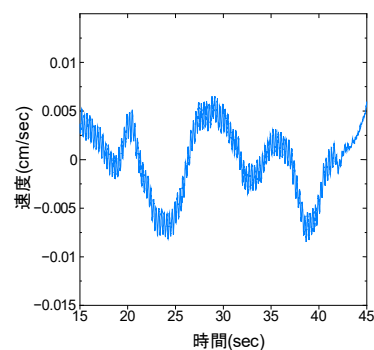
図-3 スパン 13, 14 における
水平方向の時刻歴波形

図-3 より、時刻歴波形は、長周期波形に短周期波形が重なった形状となっており、スパン 20・21 でも同様の傾向が見られた。なお、時刻歴波形は、1 分間の測定のうち、開始時と終了時の 15 秒ずつを除いた 30 秒間の時刻歴波形を示したものである。

加振している防波堤スパン 20・21 の水平方向、鉛直方向の時刻歴波形は、図-4 に示すとおりである。図-4 より、水平方向、鉛直方向の波形は、概ね逆位相となっており、水平動が最大値に至るタイミングと上下動が最小値に至るタイミングが合致していることを示しており、ロッキング振動していることが確認された。この傾向は、漁港防波堤スパン 20・21 でも確認され、これらの防波堤の振動形態が起振機によって、ロッキング振動していると判断される。

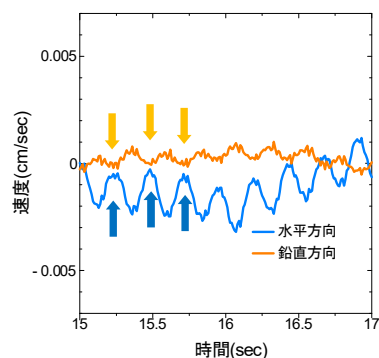


図-4 スパン 20, 21 における水平、鉛直方向の時刻歴波形

3.2 変位応答

防波堤の変位応答は、起振機による応答成分が波浪等による微動成分より小さいため、計測された変位のフーリエスペクトルから加振振動数に対応する値を抜き出し、加振振動数ごとに連ねたものを共振曲線の代わりに用いた。

図-5, 6 より、それぞれのスパンにおける共振曲線の極値から固有振動数は、スパン 13・14 が 3.2Hz または 4.2Hz、スパン 20・21 が 4.2Hz と判断される。これら両スパンは、防波堤幅が異なるため（図-1 参照）、藤田ら³⁾が報告した理論式より算出した理論値は、それぞれ 3.1Hz、4.0Hz であり、概ね、実測値と理論値が一致する結果となった。また、村木ら⁴⁾が実測した防波堤において、約 0.2 秒周期（5Hz）の固有振動が存在するとした報告とも概ね一致する結果であった。したがって、起振機を用いた強制振動によるロッキング振動の固有振動数は、前者が 3.2Hz、後者が 4.2Hz と判断された。

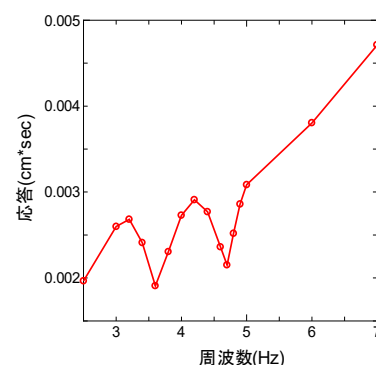


図-5 スパン 13, 14 における変位応答

4. まとめ

実機の漁港施設防波堤において、強制加振させた振動を計測し、以下の結論を得た。

- 1) 起振機実験によって、実際の漁港施設防波堤がロッキング振動していることを確認した。
- 2) 当該漁港施設防波堤におけるロッキング振動の固有振動数は、3.2～4.2Hz であり、これは村木ら⁴⁾が報告した値とも近く、藤田ら³⁾が報告した理論式から算出した理論値ともほぼ一致することから、これらが当該漁港施設防波堤の固有振動数と判断される。

今後は、本成果を踏まえ、基礎変状がある場合とない場合で検証するとともに、これら手法の適用条件を明らかにするため、立地場所、構造形式等が異なる条件の検証を進める予定である。

＜参考文献＞

- 1) 国土交通省港湾局：今後の港湾施設の維持管理等の課題に対する対応方針，平成26年5月
- 2) 藤田孝康，丸山敏生，笠井哲郎，三神厚：防波堤の固有振動特性を用いた老朽化の評価手法に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.40，No.2，pp.1327-1332，2018
- 3) 藤田孝康ほか：漁港施設における不可視部の診断手法としての固有振動の適用性検討，土木学会論文集B3（海洋開発），Vol.74，No.2，I_103-I_108，2018
- 4) 村木義男，高島和夫：波による防波堤の振動について，羽幌港における観測結果，第12回海岸工学講演会講演集，pp.198-204，1965

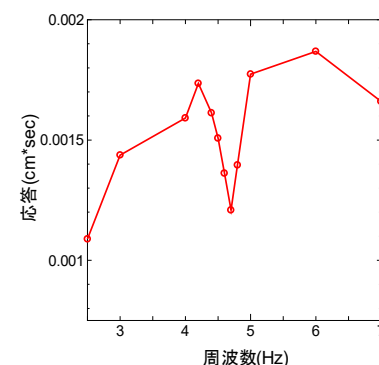


図-6 スパン 20, 21 における変位応答