

漁港防波堤先端部のコンクリート躯体の挙動について

東海大学大学院 学生会員 ○浅沼 和真 東海大学 正会員 三神 厚
 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
 東海大学 正会員 笠井 哲郎 水産技術研究所 正会員 三上 信雄

1. 背景・目的

防波堤等の漁港施設の多くは、高度成長期に集中的に整備されたため、今後急速に老朽化を迎えることが懸念されている。整備されてから50年以上経過した外郭施設が現在でも約2割あり、20年後には約6割に増加する見込みである¹⁾。防波堤基礎部の損傷を調査するため、ダイバーによる目視点検があるが、効率的な点検方法を目指し、藤田ら²⁾は防波堤天端での振動観測から、基礎部の損傷を評価する方法を検討した。そのモデルでは、防波堤のコンクリート躯体の一つ一つが隣接する躯体の影響を受けず独立に防波堤の軸直角方向に振動するものと仮定している。しかしながら、実際には隣接するコンクリート躯体との間に目地材が設置されており、隣接躯体の影響を少なからず受けるものと思われる。斎藤ら³⁾は目地材を介した隣接躯体からの拘束の影響を現地で行った起振機実験の観測記録から明らかにしようとしている。すなわち、隣接躯体が両側にある場合と片側のみにある場合の軸直角方向の観測振動成分を比較するものである。本研究は、その隣接するコンクリート躯体による影響を、3次元有限要素法を用いて数値計算的に検討するもので、振動直交方向の水平成分の自由度をコンクリート躯体の両端で拘束し2次元的な挙動を考えた場合の防波堤の固有振動特性と防波堤先端のコンクリート躯体を模擬し、3次元的な挙動を可能にしたモデル（片側の水平自由度のみ拘束）の固有振動特性を比較する。なお、有限要素解析にあたっては、TDAPIIIを用いた。

2. 検討モデル

ケース(1)：水平成分の自由度をコンクリート躯体の両端で拘束する場合

本研究では検討モデルとして一般的な防波堤と基礎マウンドを想定する。コンクリート躯体1函の寸法を3.0×10.0×4.0(m)とし、マウンド側面部の寸法を6.0×10.0×1.5(m)とした場合のケースを考える(図1-1)。また、基礎マウンドの下部は岩盤を想定しており、図1-1の中央の躯体を解析対象としている。

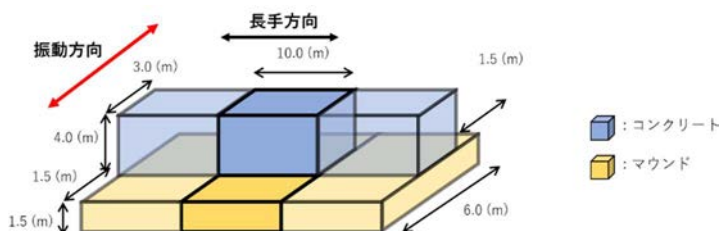


図 1-1 水平成分の自由度をコンクリート躯体の両端で拘束

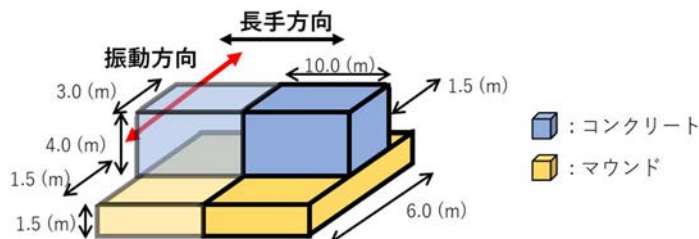


図 1-2 先端側自由+逆側水平拘束モデル

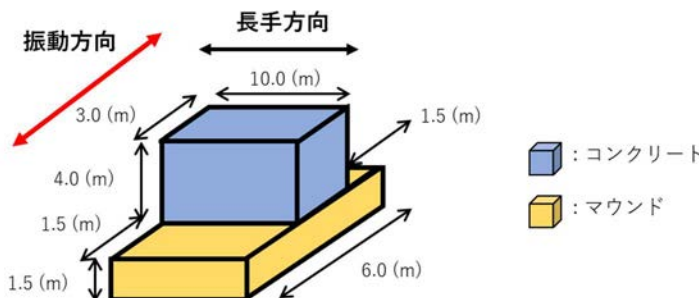


図 1-3 先端側+逆側自由モデル

表 1 本研究で用いるパラメータ

コンクリート躯体	
ヤング係数	4.0×10^{10} (N/m ²)
ポアソン比	0.25
密度	2300(kg/m ³)
基礎マウンド	
ヤング係数	4.698×10^8 (N/m ²)
密度	1800(kg/m ³)
ポアソン比	0.45

キーワード 防波堤, 三次元有限要素解析, 固有振動数

連絡先 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 4-1-1 東海大学 湘南キャンパス TEL : 0463-58-1211

併せて行った2次元有限要素解析では、4節点アイソパラメトリック要素を用い、節点数115個、要素数90個とした。また境界条件は基礎マウンド下部を固定境界としている。

ケース(2)：コンクリート躯体の片側自由+片側水平動拘束の場合

解析にあたって、3次元有限要素法を使用する。要素は8節点6面体要素を用い、節点数1265個、要素数900個とした。境界条件としては基礎マウンド下部を固定境界とし、またコンクリート躯体の先端部逆側の水平方向のみを拘束した(図1-2)。さらに、モデルのパラメータを表1に示す。弾性係数に関してはN値50相当の地盤を考え、求めた。

ケース(3)：コンクリート躯体の両側自由の場合

ケース(2)では隣接躯体がある側の水平動を拘束としたが、実際には目地材を介して隣接躯体からの拘束を受けるので、隣接側の境界条件は、拘束と自由の中間的なところに正解が存在すると思われる。そこで極端な場合として、隣接躯体側も自由境界とした場合の固有値解析を行ってみる(図1-3)。

3. 解析結果及び考察

防波堤の固有値解析を行った結果について、表2-1と表2-2に1次の固有振動数を示す。ケース(1)の検討結果(表2-1)から、振動直交方向の水平成分の自由度をコンクリート躯体の両端で拘束した場合の3次元解析による固有振動数が2次元解析結果と一致することが確認された。また、表2-2に示すように、

防波堤の先端を自由境界として3次元解析を行ったケース(2)との比較を行ったところ、2次元解析に比べ、3次元的な挙動を考慮することによる固有振動数の低下が見られた。

ケース(2)では躯体の片側を拘束したが、実際には隣接躯体により目地材を介して拘束されており、完全に水平方向の挙動が拘束されているわけではない。そこで極端な例としてケース(3)(両側の拘束なし)を考えたところ、さらに固有振動数の低下が見られた。図2として、ケース(1)の3次元解析(両側の水平動拘束)とケース(2)の3次元解析(片側自由、片側拘束)について1次の固有振動モードを示す。これは図1と同様の方向から見たモデルであり、黒の点線が解析前、赤線が解析後の変位である。図2-1は図1-1の両端の躯体がともに水平成分を拘束しているため2次元的な挙動を示しているが、図2-2は図1-2の左側の躯体のみが水平成分を拘束し右側は拘束されていないため、振動方向のみならず、防波堤先端部が長手方向へ変位していることが確認でき、防波堤が3次元的な挙動を示していることが特に、先端部における基礎マウンドにおいてわかる。

参考文献

- 1) 水産庁：インフラ長寿命化計画(行動計画)、2022年改訂
- 2) 藤田孝康, 斎藤将貴, 三神厚, 笠井哲郎, 奥野正洋, 加藤広之, 野神功一, 不動雅之：漁港施設における不可視部の診断方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.
- 3) 斎藤慶彦, 藤田孝康, 大井邦昭, 三上信雄, 笠井哲郎, 三神厚：起振機実験による防波堤躯体コンクリートの拘束の影響に関する検討, 土木学会全国大会第77回年次学術講演会公演概要集, II-78, 2022

表 2-1 検討モデルの固有値の比較

二次元解析	13.537 Hz
三次元解析	13.537 Hz

表 2-2 検討モデルの固有値の比較

先端側自由+逆側水平拘束	13.419 Hz
先端側+逆側自由	13.296 Hz

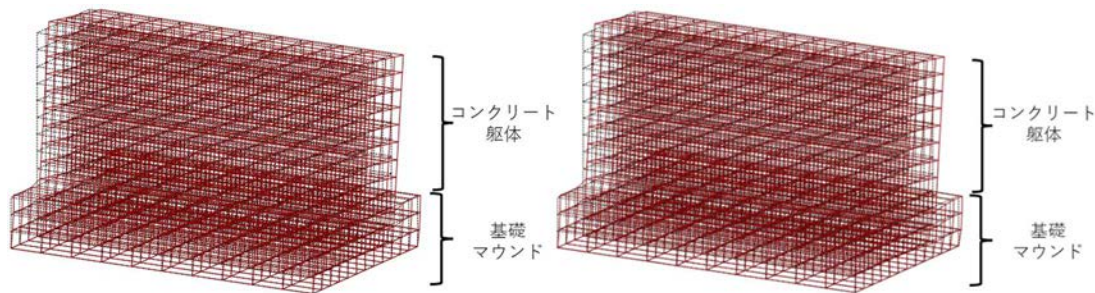


図 2-1 ケース(1)の3次元解析(両側の水平動拘束)の1次モード

図 2-2 ケース(2)の3次元解析(片側自由, 片側拘束)の1次モード