

J-17

海洋建築構造物の構造特性調査

清水港海釣り公園, マリンパークくまの灘の実稼働モード解析と数値計算

Structural Characteristic Investigation of Oceanic Architectural Structure

Comparison between Measurement Results of Floating Marine Park and Calculation Results

○松永紘枝¹, 惠藤浩朗², 西條修³

* Hiroe Matsunaga¹, Hiroaki Eto², Osamu Saijo³

Abstract: This paper reports a study of dynamic behavior of two existing floating structures by comparison between experimental results and numerical calculation results by the theory. Those obtained experimental data were analyzed by the Operational Modal Analysis. The numerical calculation was carried out by developed computer program of FEM. There is little published data relating to natural frequency analysis of pontoon structures.

The purpose of this research is to verify the validity so as to apply to dynamic analysis of pontoon type floating structure through the comparison of computer results with measured natural frequencies. The validity of natural frequency analysis was examined.

1. はじめに

本研究は 2 ケースの実存する構造物を対象に実稼働モード解析^{1,2)}(以下, 実稼働解析)を実施した。また, 外壁や隔壁, 骨組み部材まで考慮した数値計算モデルによる流体-構造系連成とした固有振動解析を行い, 数値計算結果と実稼働解析結果と比較し考察する。

2. 計測実験実稼働解析

本研究では「清水港海釣り公園 (Fig.1)」(以下, 海釣り公園) および「マリンパークくまの灘 (Fig.2)」(以下, マリンパーク) を研究対象として選定した。

それぞれのサイズを Table 1 に示す。但し, 長辺, 幅, 高さ方向をそれぞれ X, Y, Z 方向とする。



Fig.1 海釣り公園



Fig.2 マリンパーク

それぞれのサイズを Table 1 に示す。但し, 長辺, 幅, 高さ方向をそれぞれ X, Y, Z 方向とする。

Table 1 研究対象構造物のサイズ

研究構造	X 方向[m]	Y 方向[m]	Z 方向[m]
海釣り公園	136.00	46.22	3.00
マリンパーク	120.00	60.00	3.00

実稼働解析により 2 ケースの構造物の上部に測定点を 153 点設定し, 常時微動計測を実施し, 固有振動数および振動モード形の検出を行った。

3. 数値解析モデルの諸元

海釣り公園, マリンパークの構造解析モデルを作成し, 有限要素法³⁾により無減衰機構の運動方程式²⁾を用

いて固有振動解析を実施する。数値解析モデルの諸元を Table 2 に示す。

Table 2 数値解析モデルの諸元

	海釣り公園		マリンパーク	
	分割数	内壁数	分割数	内壁数
X 方向	16	3	16	3
Y 方向	5	6	5	6
Z 方向	5	—	5	—
鋼板				
	鋼材		鋼材	
板厚[mm]	15		10	
ヤング係数[MPa]	2.04×10 ⁵		2.04×10 ⁵	
ポアソン比[—]	0.3		0.3	
質量密度[kg/m ³]	8.01×10 ³		8.01×10 ³	
梁柱				
柱 [mm]	L250×90×14/9		L250×90×14/9	

4. 実稼働解析結果と数値計算結果および考察

海釣り公園, マリンパークの実測結果である周波数応答関数を Fig.3 に示す。Fig.4 に実稼働解析 (a) と数値解析 (b) より得られた各対象構造物の固有振動数の結果, Fig.5 に振動モード形を示す。ここで振動モード形は文献⁴⁾を参考に決定した。

実海域での実測と数値計算との比較を実施した結果, Fig.4 に示すように良好な一致を示したが, 実測値と理論解析に最大で 0.35[Hz]の差が生じた。これは周波数に依存した付加質量解析を実施しているが, 弾性振動モードに依存した付加質量までは考慮していないために誤差が生じたと考えられる。またこの他の要因として数値解析において無減衰機構を仮定し解析を行った

1: 日大理工・院・海建 2: 日大理工・教員・電子 4: 日大理工・教員・海建

こと、実存する海洋構造物には事務所などの施設や係留チェーンといった重量物を積載しているが、数値解析をする際には、それらを数値計算モデルに忠実に再現することが困難であることが挙げられる。

Fig.5 より実測結果および数値計算結果から得られた振動モード形は良好な一致を示していることが確認された。ここで数値計算結果に比べ、実測から得られた振動モード形の形状が滑らかな結果が示されない要因として、実験機器の性能上、低周波数帯では計測データがノイズの影響を受けやすいことが挙げられる。また数値計算から得られた振動モード形では部分的な挙動も確認されている。これは外壁や水密隔壁、柱を考慮することでモデル全体の剛性としては表現できているが、甲板などの部分的な剛性を適切に表現できていないことが原因と考えられる。

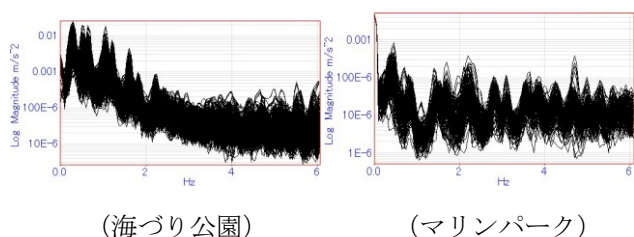


Fig.3 周波数応答関数

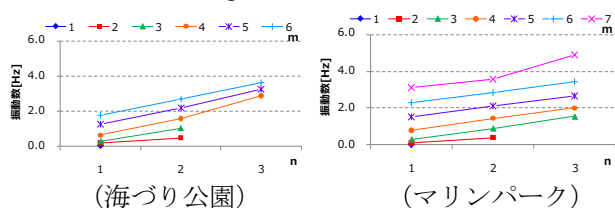


Fig.4 固有振動数

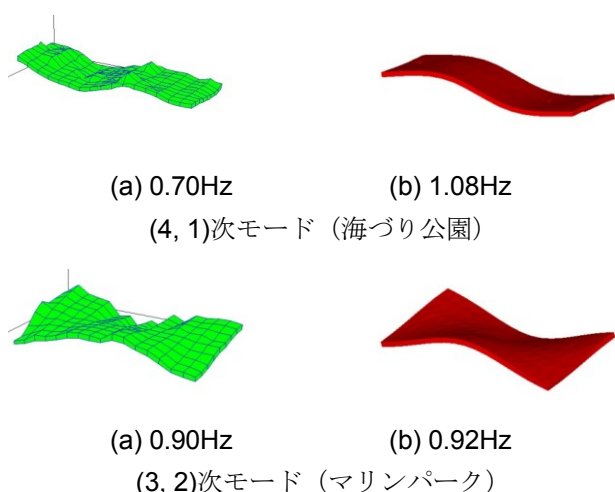


Fig.5 振動モード形

5. 剛体運動に関する考察

実測結果より剛体運動の固有振動数が 0.10[Hz]以下で検出されることが確認できた。しかし、実験機材の分解能が 0.05 [Hz]であることから剛体運動の詳細な固

有振動数の検出には至らなかった。そこで理論解析により剛体運動の固有振動数を算出し、剛体運動の周波数帯について調べた。剛体運動の固有振動数についての計算結果を Table 3 に示す

Table 3 剛体運動の計算結果

剛体モード	固有振動数[Hz]		
	防災基地	海づり公園	マリnpark
Pitch	0.0125	0.0459	0.0504
Roll	0.0208	0.0796	0.0693
Heave	0.0213	0.1002	0.0915

Table 3 に示すように実測結果で予想された 0.1[Hz]以下の周波数帯で理論解析により固有振動数を算出することができた。また実測より得られた剛体運動の固有振動数と数値解析の結果を比較すると 0.05 [Hz]以下の微小な誤差は生じたが、低周波数帯ではノイズの影響を受けやすいことを考慮すると良好な一致を示していることが確認され、実存浮遊式海洋構造物へ適用した実稼動解析法の妥当性が検証された。

6. おわりに

実稼動解析を従来の規模より大きい浮遊式構造物へ適用した結果、常時作用している外乱から周波数応答関数を算出し固有振動数や振動モード形を検出可能であることを確認した。そして剛体運動の固有振動数についても実測結果から予想された周波数帯に存在することが確認されたことから本研究規模の構造物への実稼動解析の適用性が検証された。今後、剛体運動や低次の振動モード形をより高精度に検出するためには計測条件を再検討すると共に、0.01 [Hz]以下の分解能を有する実験機材を使用することが必要と考える。また、実測値と計算値を比較し、全体を通して良好な傾向が示され流体力係数算定の妥当性が検証された。しかし、誤差要因として挙げられた減衰機構を含めた固有振動解析や、振動モード形に依存した付加質量を見積もり固有振動解析を試みる必要があると考えられる。

謝辞

実測実施に際し、清水漁業協同組合、くまの灘漁業組合の皆様にご協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

7. 参考文献

- [1] 松永紘枝, 鳴田茂行, 惠藤浩朗, 西條修: 海洋建築構造物の構造特性調査 (その4. 大枝橋 EF パース, 東京湾浮体式防災基地の計測), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸), 2010年9月, A-2, 10020, pp419-420
- [2] 鳴田茂行, 松永紘枝, 惠藤浩朗, 西條修: 海洋建築構造物の構造特性調査 (その5. 実稼動モード解析および理論解析結果の比較検討), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸), A-2, 10021, pp 421-422, 2010年8月
- [3] 惠藤浩朗, 西條修: 浮遊式平面板の弾性挙動に関する研究 (その1. 連成固有振動解析), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), A-2, 10037, pp 353-354, 1997年9月
- [4] 林克朗, 惠藤浩朗, 西條修: 水中弾性平面板の実験モード解析 (その3. 付加質量比・減衰比), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国), A-2, 10030, pp335-336, 1999年9月