

OWC 型波力発電装置を搭載した大型浮体の一次変換特性に関する基礎的研究

A Fundamental Study on Primary Conversion Characteristics of a Large Floating Structure Equipped with OWC

古矢祥一郎¹, 居駒知樹², 相田康洋² 増田光一²

Shoichiro Furuya¹, Tomoki Ikoma², Yasuhiro Aida² Koichi Masuda²

Pontoon type very large floating structures are effective for offshore ocean space utilization. Some researches have tried to install oscillating water column type wave energy converters to use as damper devices as well as to harvest wave power. The prediction method which calculates hydrodynamic forces including effects of OWC behaviours and air pressure in an airchamber has not been validated sufficiently. Therefore, in this study, we prove validity of the prediction method and the in-house programme code developed already. To do that, calculation results with the present method were compared with air pressures, air flow and elastic motions obtained by model experiments. The study concluded the approach to develop the prediction method was correct and useful in order to estimate amount of power harvested from ocean waves and to reduce elastic motion behaviours.

1. 緒言

大型浮体に振動水柱型波力発電装置(Oscillating Water Column: OWC)を搭載した際に、装置自体がダンパーとして作用し、波浪による弾性応答を低減させる方法が検討されてきた。前田ら¹は水槽実験によって、空気室を取り付けた浮体の動揺低減効果について数値計算の妥当性を示した。渡邊²は、大型浮体に OWC 装置を搭載した際の動揺低減効果および年間発電量について検討した。しかし、限られた OWC 形状と浮体規模についてのみ検討しており、系統的な考察はされていない。また、過去に行われた実験結果と比較し、数値計算の妥当性を更に示す必要がある。そこで、本研究では大型浮体に OWC を複数基搭載した際の OWC 形状や浮体規模を考慮した上で、一次変換特性や動揺低減効果について系統的に考察することを目的とする。

2. 理論計算

本研究では、空気室境界条件を満足する Green 関数を適用し、線形ポテンシャル理論に基づき流体影響を散乱波問題と発散波問題に分けて連立方程式を解き速度ポテンシャルを求める。発散波問題ではドライモードの簡易化されたモード形を使い、Maeda et al.の方法¹を適用する。周波数領域の運動方程式を次式に示す。

$$\sum_{s=1}^N \left[\delta_{rs} D_{rs} - \omega^2 (\delta_{rs} M_{rs} + A_{m,rs}) x e^{-i\alpha} - i\omega D_{m,rs} + \delta_{rs} C_{rs} \right] q_s = f_{e,r} \quad (1)$$

$r = 1, N_{DOF}$

ω :波周波数, δ_{rs} :デルタ関数, D_r :剛性条件, M_{rs} :質量, $A_{m,rs}$:付加質量, $D_{m,rs}$:造波減衰係数, C_{rs} :静的復原力係数, q_s :s 次の基準座標, $f_{e,r}$:r 次の一般化波強制力であり、剛体モードも全てここに含めている。

3. 実験結果との比較

平面スケールが 30cm×30cm のユニット浮体を 20×5 列の合計 100 個並べることで、バックボーン・モデルを製作している。水深は 2.0m, ユニット浮体間の間隔は 2cm で、浮力体ユニットは喫水 3cm, 空気室ユニットの喫水は 6cm である。実験モデルは複数のアルミ板によって接合されているため、アルミのヤング率, 板厚と幅から剛性を計算した。計算条件を以下に示す。

Table. 1 experiment condition

浮体長さ	L	6.38 (m)
浮体幅	B	1.58 (m)
ノズル係数	α	5.0e-4 (-)
単位幅剛性	EI/B	245.15 (Nm)

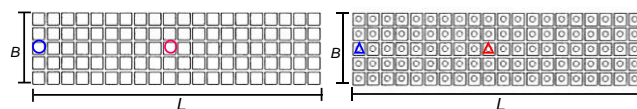
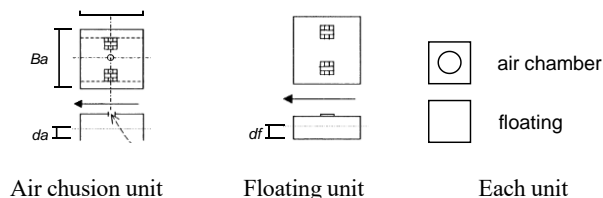


Fig.1 Type-A & Type-E



• TypeA

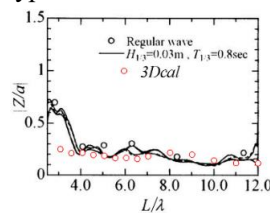


Fig.2 Center of floating body

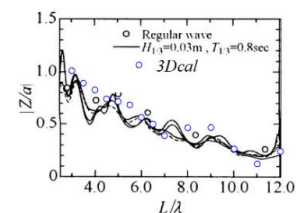


Fig.3 Weather side of floating body

1 : 日大理工・院 (前)・海建 2 : 日大理工・職員・海建

• TypeE

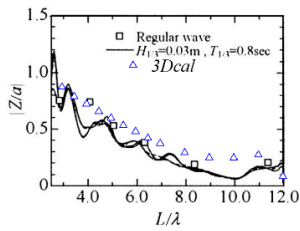
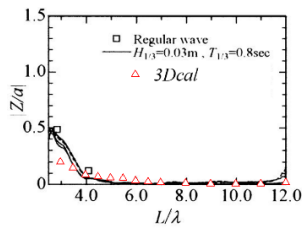


Fig.4 Center of floating body Fig.5 Weather side of floating body

Fig.2,4 より、長周期側の弾性応答が少し過小評価となっているがその他の周期帯では実験に沿った結果が得られた。浮体中央部では高周波数の波が入射した際は空気室の存在によって応答を低減することが可能である。また Fig.3,5 より入射波側浮体端部の応答は長周期側においても実験値に沿った値を得ることができている。以上のことから理論計算の妥当性を検証することができたといえる。

4. OWC 形状と浮体長さの変化による比較

入射波の流入口が下部と前面にある 2 つの形状の OWC を搭載した浮体諸元と OWC 断面を Fig.7,8 に示す。波向きは 0deg, 空気室高さを 2m として空気室体積を設定し, OWC 水線面積は 36m²とした。底板無し OWC 浮体を TypeA, 前面開口型 OWC 浮体を TypeB とし, 計算は L/λ=3.0~10.0 の範囲で行う。OWC を Fig.6 に青の破線で示すように 10 基配置し, 浮体幅一定で浮体長さを x 方向に変化させ, OWC 形状の違いによる一次変換係数の変化と応答低減効果について考察を行う。

Table. 2 calculation condition

浮体長さ	L	100,200,300	m
浮体幅	B	100	m
喫水	D	5	m
単位幅剛性	R	1.88E+10	Nm ² /m
水深	h	100	m
ノズル係数	α	1.0e-2	-

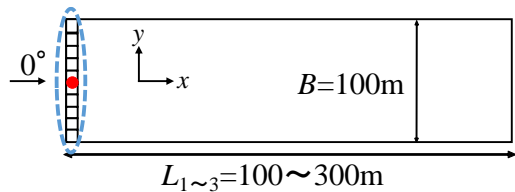


Fig.6 large floating structure

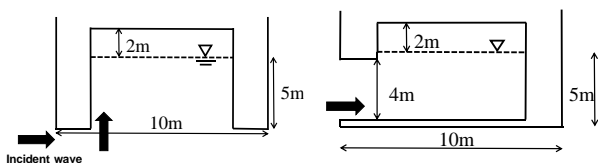


Fig.7 OWC bottom open model

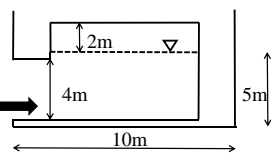


Fig.8 OWC front open model

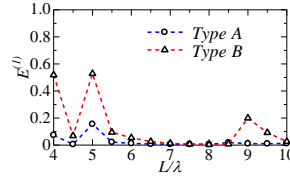


Fig.9 primary conversion efficiency L=100m

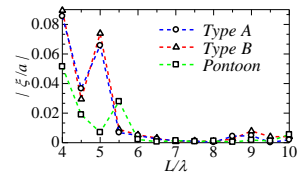


Fig.10 vertical displacement L=100m

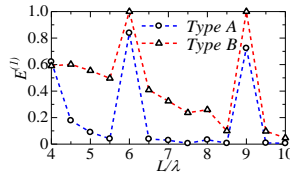


Fig.11 primary conversion efficiency L=200m

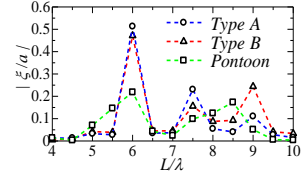


Fig.12 vertical displacement L=200m

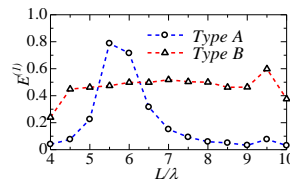


Fig.13 primary conversion efficiency L=300m

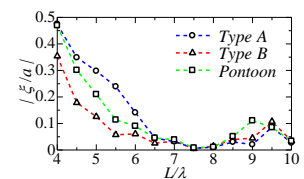


Fig.14 vertical displacement L=300m

Fig.9~14 にそれぞれのモデルにおける OWC10 基分の平均一次変換係数及び鉛直変位分布を示す。Fig.6 に示す赤点における弾性応答である。鉛直変動の振幅を波振幅 a で無次元化した。一次変換係数は TypeB が高い値の一次変換係数を示しており、浮体長さを変更したときでも同様の結果が得られた。浮体長さを変更するとピークの波長域が変わり、一次変換係数が増大する。これは、幅方向は一定であるため浮体長さが長くなる時のアスペクト比の違いが影響していると考えられる。また、OWC の固有周期以外で一次変換係数が高い値で得られるのは応答が大きくなる時であり、浮体の応答の固有周期にあたる。これは、弾性変形特性そのものが影響していることに他ならない。

5. 結言

本研究で得た知見を以下に示す。

- 1) 浮体の応答を考慮すると、OWC 自体の固有周期以外に浮体の応答の固有周期においても一次変換係数のピークが得られる。
- 2) 実験結果と比較したことで圧力分布法による理論計算の妥当性を証明した。

6. 参考文献

- 1) 前田久明, 林昌奎, 居駒知樹, 増田光一, 藤田直毅: 空気室付弾性浮体の不規則波中応答特性に関する実験的研究, 日本船舶海洋工学会, 2001.
- 2) 渡邊由香: OWC 型波力発電装置を搭載した大型浮体の年間発電量に関する研究, 平成 25 年度修士論文