

II-325 緊張係留方式による浮消波堤の係留特性

大成建設(株)技術開発部 正 員 田中 良弘
 同 上 元良勇太郎
 同 上 正 員 古川 圭三
 (株)アイエヌジー 正 員 中村 孝明

1. まえがき

緊張係留は、浮体のROLL,PITCH,HEAVEの運動モードを拘束するため、これを浮消波堤に適用した場合、波エネルギーを効率的に吸収し、優れた消波特性を得るためには有効な係留方式である。しかし、その反面大きな反力が係留索に働くことは避けられない。

この、緊張係留索に加わる変動張力を明らかにすることは、このような波エネルギー吸収型浮消波堤を開発していく上で重要な課題である。

本稿で対象とする構造物の形状はT型浮体で、緊張係留の初期張力を得るための大きな没水浮力体と、その上に波エネルギー吸収用の空気室を前後に背中合わせに持つ。また、吃水面付近には大きな浮力を受け持つ部材がなく、波浪及び潮汐等の水位変動に対して浮力変動が少ない形状となっている。

本研究は、このT型浮体について実施した2次元実験および2次元ポテンシャル理論による理論解析のうち、波圧分布、緊張係留索変動張力及び浮体動揺(SWAY)についての考察を行ったものである。

2. 実験方法

実験は図1に示すように、T型浮体を4点の緊張係留状態とし、縮尺率1/40水深 $h=125\text{cm}$ で実施した。実験パラメータは、入射波周期: T_w 、波高: H_w および空気室ノズル比: ε で、各々を系統的に変化させた。緊張係留索の変動張力は係留索下端に取り付けたロードセルによった。

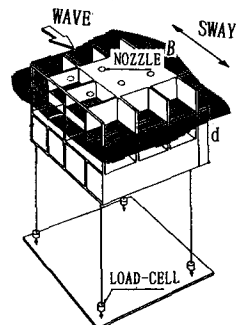


図1 緊張係留方式のT型浮体

3. 理論解析

理論解析の基本は、線形速度ポテンシャルを用いた境界値問題をして記述し、これをグリーンの第2公式を適用して積分方程式として導き、これを数値計算する、いわゆる境界要素法によった。紙面の制約上、定式化は省略するが、本解析モデルの特徴を示す。

対象とする構造物は図1に示すように薄肉部材を含むため、図2に示すようなI, II, IIIの領域に分割して、離散化した場合のグリーン関数を計算する上での特異点処理を避けた。理論解析モデルの定式化のポイントは、空気室内の水位変動を圧縮・膨張される空気との境界(図2のA-O面及びO-B面)における境界条件の設定である。

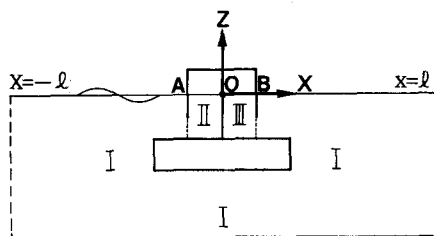


図2 理論計算モデル図

空気室内の圧力変化 ΔP と体積変動(又は空気室内の水位変動 η)は共にharmonicに変動して、位相が $\pi/2$ であると仮定した。つまり、

$$\Delta P = \beta \frac{d\eta}{dt} + \rho g \eta \quad \text{on A-O面 or O-B面}$$

ここで、 β は η の関数であり、収束計算により決定される。また、 ΔP と η の関係は小島・合田らの求めた理想気体のエネルギー及び質量の保存則の対する近似解によった。

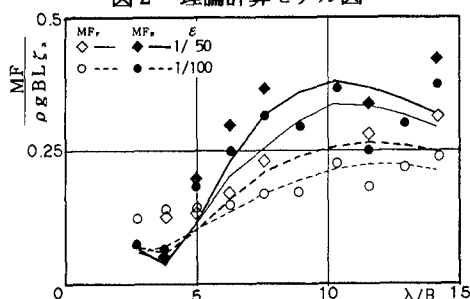


図3 索変動張力の実験値と理論値

4. 実験結果と理論値との比較

4.1 索変動張力

図3に実験値と理論計算値の比較を示す。図4には上段に実測波形、下段にこの波形のフーリエスペクトルを示す。実測波形は、harmonicでなく高周波数の成分が含まれているのがわかる。フーリエスペクトル1 Hz付近は入射波による応答成分が卓越し、その他に入射波の基本振動数の2倍、3倍、4倍の高次の応答成分が存在することがわかる。これら高次成分が基本振動数の整数倍になる理由や、発生メカニズムについては、今後更に説明する必要があると思われる。

図3に示した実験結果は、実験データを周波数分解した後、入射波周波数に相当する範囲のバンドパスフィルターを通して抽出し、示したものである。実験データのバラつきは大きいものの理論値と良い一致を示しており、前側の張力より後側の張力の方が大きく、また、ノズル比が大きいほど張力が大きくなる。

4.2 動揺特性および波圧分布

図5に波高 $H_w = 2$ 及び5 mに対する浮体のSWAY動揺量を各ノズル比毎に示す。また理論値は $H_w = 2$ mの場合を示す。浮体のSWAY動揺量はノズル比の影響を殆ど受けず、また波高による非線形性も見られず、周波数のみに依存している。また、理論値と実験値は非常に良い一致を見せている。

図6に理論計算で得られた波圧分布と実験値を示す。理論計算によれば、波圧分布は入射側よりも透過側が小さく非対称となっている。また実験値はわずか3点だが、理論値とよい一致を示している。

5. まとめ

緊張係留を波エネルギー吸収型浮消波堤に適用した場合の設計において重要となる特性が、2次元実験と理論解析により明らかになった。

- (1)理論解析モデルによる索変動張力、SWAY動揺応答量、変動圧力などの計算値は、実験値と良い一致を示す。
- (2)SWAYの動揺応答量は、空気室ノズル比 ϵ や空気室内の非線形ノズル負荷の影響を殆ど受けない。
- (3)模型実験における索変動張力の波形には、入射波の基本振動数の整数倍の高次成分波が含まれる。この発生メカニズムの解明には、詳細の実験と波の非線形性を考慮した解析が必要と思われる。

なお、本研究はの実験部分は、J O I Aが日本小型自動車振興会の補助事業として行った研究開発の一部であり、関係各位に感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1)小島・合田ほか：波力発電ケーソンの空気出力効率の解析，港研報告第22巻第3号，1983。

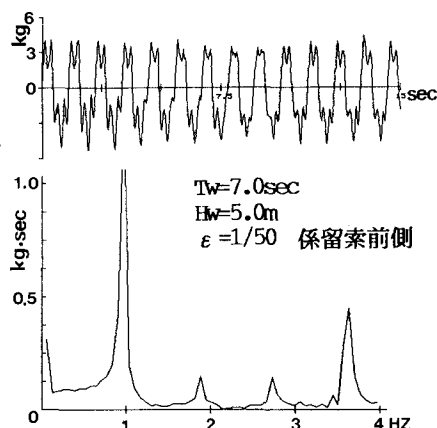


図4 索変動張力の実測波形とフーリエスペクトル図

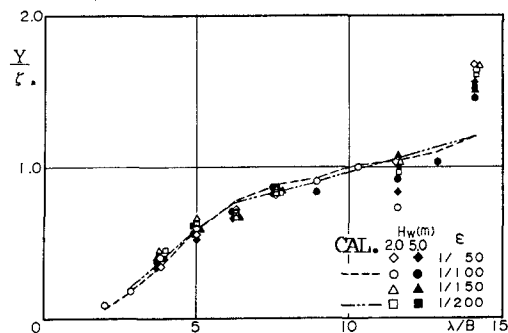


図5 T型浮体のSWAY応答

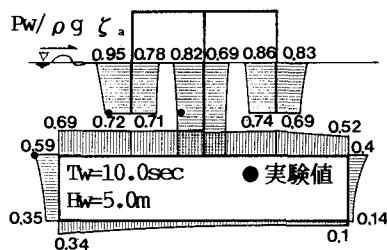


図6 波圧分布の実験値と理論値