

## II-369 波力発電ケーン防波堤の耐波安定現地実験

運輸省第一港湾建設局新潟調査設計事務所

正会員 小谷 拓

同 上

正会員 神田 勝己

運輸省第一港湾建設局酒田港工事事務所

正会員 大根田秀明

## 1.はじめに

運輸省では波エネルギーを利用し、電力を取得するケーン式防波堤の開発に関する研究を行っている。波力発電ケーン防波堤は、発電機能を付加することにより防波堤としての機能を高質化するとともに波力発電のコストの低減を図るものである。現在、酒田港（山形県）第二北防波堤に波力発電ケーン一函を設置し現地実証実験を実施中であり、本報告では、ケーン堤体の耐波安定性に関する現地実験結果について述べる。

## 2. 波力発電ケーン防波堤の機能

上部斜面堤タイプの波力発電ケーンは、図-1に示すとおり、空気室と呼ばれる中空の箱状の部分と、それを支持する通常のケーンの部分からなる。空気室の前壁はカーテンウォールとなっており、波が空気室に侵入できるよう開口部を有する。波によって空気室内の水位が変動し、空気を圧縮・膨張させ、空気室上部のノズル内に往復の空気流を発生させる。この往復の空気流を特殊なタービンによって一方向の回転力に変え、発電機を回転させることによって電力を得ようとするものである。

波力発電ケーン防波堤は、波のエネルギーをケーン内に吸収し、空気エネルギーに変換することにより消波機能が向上するもので、直立消波ケーン式防波堤と同程度に反射波が小さく、通常の上部斜面堤に比べ越波・伝達波も小さい。また、堤体に作用する波力も軽減されるという特徴を有している。

## 3. 現地実証実験の概要

実証実験は、防波堤としての耐波設計法の検証、波エネルギー変換装置としての空気室の設計法の検証、タービン・発電機の設計法の検証、堤体の施工法の検討、電力利用法の検討などを目的として実施しているものである。実験海域は、日本海沿岸でも有数の高波浪の常襲地帯であり、実験堤設置位置は、水深18m、設計有義波高10.2mで、堤体は図-1に示すとおり長さ20m、幅24.5m、高さ27mと大型のものである。実験では実際の高波浪に対して堤体の変状がないことを確認するとともに、ケーンに波圧計等の計測器を取り付け波圧分布等を測定し、堤体及び部材の設計法の検証を行うものである。

## (1) 実験堤の設計

堤体の安定計算は上部斜面堤に準ずるが、作用させる波圧は拡張した合田式によることとし、補正係数は $\lambda_1=1.0$ 、 $\lambda_2=0$ とした。空気室部材設計波圧（空気室上部では空気圧）については、模型実験結果を参考に、波の作用状況（前壁作用波圧ピーク時、空気室内の正のピーク時、同じく負のピーク時、斜め入射時の4ケース）に応じた荷重状態を設定した。前壁に作用するピーク波圧強度は1.0wH、空気室内の正のピークは

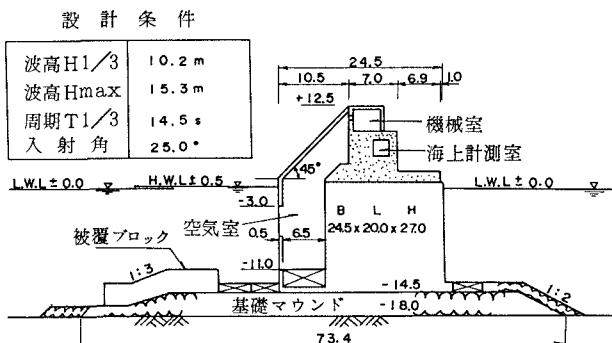
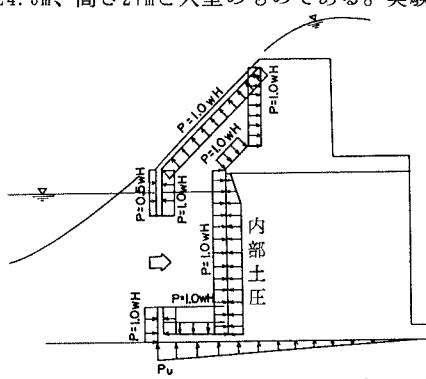


図-1 波力発電ケーン防波堤の基本形状

図-2 部材設計波圧分布  
(空気室内の正のピーク時)

$1.0\text{wH}$ 、負のピークは $0.5\text{wH}$ とした。 $\text{w}$ は海水の単位体積重量、 $\text{H}$ は最高波高である。

なお、空気出力効率、消波機能、空気室内圧力などに大きく影響する空気室形状の諸元（空気室の奥行き幅、空気室前壁没水水深、ノズルの断面積の空気室断面積に対する割合（ノズルの開口比）等）については、港湾技術研究所で実施された模型実験の結果に基づき設定した。ノズル開口比は、発電装置の保護、空気室内の衝撃的空気圧力の発生防止などのため、各ノズルに設置されてるバイパス弁、圧抜き弁及び遮断弁の作動状況により、 $1/300$ ～ $1/40$ 程度の範囲で変化する。

## (2) 計測システム

波圧計、鉄筋計、空気室内水位計等の計測器は、ケーソンの製作に合わせて図-3に示す位置に取り付けた。波圧計はロードセル型、鉄筋計はひずみゲージ型、空気室内水位計はステップ式波高計を用いており、それぞれの計測器から得られたデータは、防波堤上部に設けた計測室で增幅し、光信号に変換した後、光電力複合ケーブルで陸上観測局へ伝送し、デジタルレコーダに収録する。データのサンプリング周波数は $100\text{Hz}$ 、1回当たり20分間観測を標準としている。

波高及び波向は、防波堤法線上の沖合 $275\text{m}$ の位置に、防波堤計測室とケーブルで結ばれた超音波式波高計1点、水圧式波高計3点を設置し測定している。

## 4. 観測結果

1989年12月の試験開始以降1990年3月までの耐波実績としては、 $H_{1/3}$ で $7.5\text{m}$  ( $H_{\max}=12.1\text{m}$ 、推定値) を経験している。このときは、遮断弁が作動し発電は停止しており、ノズル開口比は $1/42.3$ と比較的大きな状態であった。取得された波圧ピーク値を図-4に示す。前壁作用波圧ピーク値は $0.6\text{wH}_{\max}$  ( $1.0\text{wH}_{1/3}$ ) 程度以内、空気室内の正のピーク値は $0.9\text{wH}_{\max}$  ( $1.4\text{wH}_{1/3}$ ) 程度以内、同じく負のピークは $0.3\text{wH}_{\max}$  ( $0.5\text{wH}_{1/3}$ ) 程度以内であった。

来襲波を用いて合田式から求められる波圧と観測波圧を比較すると、図-5に示すとおりである。観測波圧の方がやや小さいが比較的合田式に近い分布を示している。なお、今後さらに観測を続け、波浪条件と波力の関係について解析を行うこととしている。

なお、波力発電システムも順調に稼働している。今回の発電システムを用いた場合の数値シミュレーションによる予測のとおり、波高が $2\sim 4\text{m}$ の場合で $20\sim 40\text{kW}$ 程度の発電出力が得られた。

## 6. おわりに

本試験の発電に関する部分は、沿岸開発技術研究センターを代表とする民間研究グループとの共同技術開発として実施している。また、実験の計画・実施に当たって、合田良實 横浜国立大学教授を委員長とする委員会の指導を受けた。ここに、委員並び関係各位に謝意を表します。

参考文献 1)高橋重雄、安達崇、田中智；改良型波力発電ケーソン防波堤の特性(波エネルギーに関する研

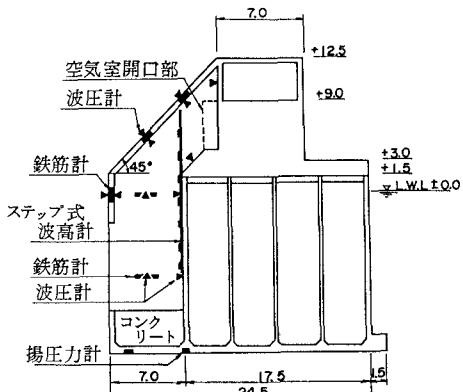


図-3 センサーの位置

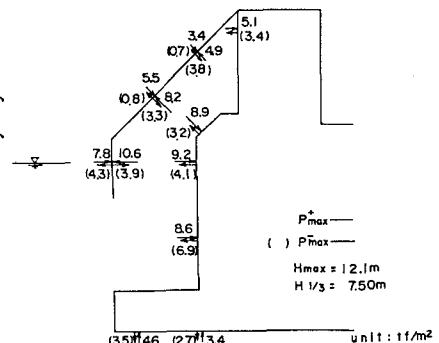


図-4 前壁及び空気室内の波圧ピーク値

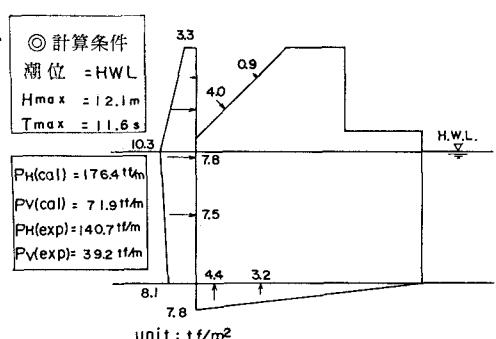


図-5 観測結果と合田式との比較