

Ⅱ-167

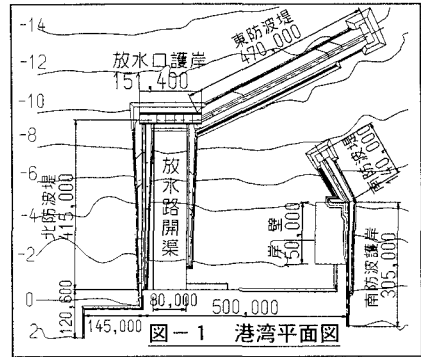
東通原子力発電所の放水機能を有するケーソンの耐波設計について

東北電力株式会社 正会員 工藤武美, 渋谷学, 船山義之

1. はじめに

東北電力(株)東通原子力発電所では、復水器冷却用水をケーソン式混成堤の放水口護岸から水中放水する方式を採用している。また、放水口護岸はケーソン内に放水管を設置した構造となっているほか、護岸背面に位置する放水路開渠内の水位変動を制限する等、特殊な機能を有する護岸となっている。

この放水口護岸の設計にあたっては、設置水深が砕波点近傍に位置する等の条件から、護岸に衝撃的な波力が作用することが懸念されたため、予備実験として護岸に作用する波力の測定を行ったところ、放水口護岸に衝撃砕波力の発生が確認された。これにより、水理模型実験等を踏まえて、この波力に対して、安定かつ合理的となる護岸断面を設計し、採用したものであり、その内容について報告するものである。



2. 水理模型実験の概要

(1) 水理模型実験の手順

- ①予備実験等：波圧実験により、衝撃砕波力の発生確認とこの波力に対して有効と考えられる3タイプの検討断面を選定した。放水路開渠内の水位上昇量の検証のため、3ケースのバラベツト高さを設定した。
- ②滑動・波圧実験：上記検討断面で滑動・波圧実験を行い、最も耐波性能に優れた断面型を選定した。
- ③伝達波・越波実験：選定した断面型において、予備実験等で設定した各バラベツト高さにより伝達波・越波実験を行い、放水路開渠内の水位変動量が安全となるバラベツト高さを選定し、採用断面を決定した。

(2) 水理模型実験の方法および条件

- ①実験縮尺は1/50とし、2次元造波水路(L50 m×B0.6 m×h1.2 m)を使用した。なお、この水路は、環流装置が備えつけられていることから、波と流れを共存させた実験ができる特徴をもっている。
- ②実験での潮位はH.W.L.(T.P.+0.63 m)、L.W.L.(T.P.-0.87 m)、波浪は $H_{1/3}=7.2$ m、 $T_{1/3}=16$ sec(設計波相当)として、不規則波を用いた。また、復水器冷却用水の放水は、発電所運転時の放水流速4.0 m/s、放水流量80 m³/sとした。

3. 水理模型実験の結果

(1) 予備実験

放水口護岸に作用する波力の確認を行った結果、衝撃砕波力の発生により、合田式による波力に比べ、約1.5倍の波力が測定された。このため、検討断面の設定は、波力の低減に有効と考えられる「波圧の位相差」を期待し、越波流量を制限するためのバラベツトの設置位置を後部型として、その有効性を波圧実験により確認したのち、表-1に示す3タイプの検討断面型(直立ケーソン後部バラベツト型、直立ケーソン上部斜面後部バラベツト型、台形ケーソン上部斜面後部バラベツト型)を選定した。また、復水器冷却用水の放流と設計波による越波流量等から放水路開渠内の水位変化を連立方程式により求め、その検証として、各バラベツト高さ(T.P.+9.5 m、T.P.+7.8 m、T.P.+6.4 m)により伝達波・越波実験を行った。

(2) 滑動・波圧実験

検討断面の3タイプについて、滑動・波圧実験を行った結果、表-1のとおり水平波力の最大時にお

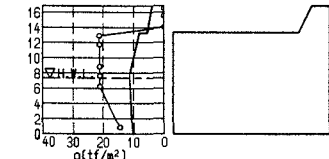
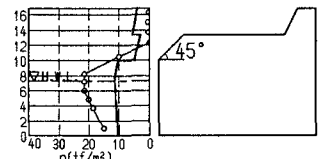
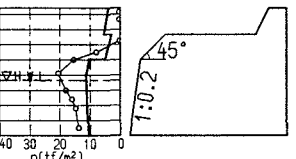
キーワード：ケーソン、衝撃砕波力、耐波設計、水理模型実験

連絡先：〒039-4224 青森県下北郡東通村大字白糠字前坂下604 TEL0175-46-2225 FAX0175-46-2227

る波圧作用状況が、3タイプとも堤体前面の静水面部分に合田式による計算値よりも大きな水平波圧が作用する結果となった。しかし、上部工部分では直立ケーソン後部パラペット型が、他の2タイプに比較して約2倍の波圧となり、上部工およびケーソンを斜面とすることによる波圧減少効果が確認できた。

以上の結果、検討断面の中で最も耐波設計上、優れていると判断される「台形ケーソン上部斜面後部パラペット型」のケーソン式混成堤を放水口護岸断面として採用することとした。

表－1 安定断面の比較検討結果

直立ケーソン後部パラペット型（原設計）	直立ケーソン上部斜面後部パラペット型	台形ケーソン上部斜面後部パラペット型
		
— 水平波力(合田式) 159.9tf/m ○—○水平波力(実験値) 284.0tf/m	— 水平波力(合田式) 146.2tf/m ○—○水平波力(実験値) 203.9tf/m	— 水平波力(合田式) 142.2tf/m ○—○水平波力(実験値) 189.3tf/m
必要断面幅 33.5 m (滑動安全率 $F_s=1.21$)	必要断面幅 30.0 m (滑動安全率 $F_s=1.24$)	必要断面幅 28.5 m (滑動安全率 $F_s=1.23$)

(3) 伝達波実験および越波実験

伝達波の実験結果については、図－2に示すとおり、波高伝達率が相対天端高の増加とともに減少するものの、0.2前後の値となった。合田の規則波の実験結果（1969）や近藤・佐藤の実験式（1964）と比較すると実験値は大きな値となるが、これは、上部斜面堤からの水塊の流れ込みによるものと推測できる。

越波実験結果については、図－3に示すとおり、相対天端高と計測された平均越波流量の関係が、高山（1982）が提案した平均越波量算定式による値と概ね一致した。

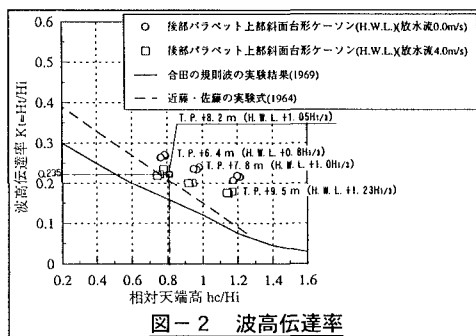
以上の結果から、伝達波および越波による放水路開渠内の上昇水位を放水路の機能確保上、側壁天端高さ T.P.+3.1 m以下となるように、パラペットの必要高さを T.P.+8.2 m (H.W.L.+1.05H_{1/3}) に決定した。このとき、開渠内の水位上昇量は、H.W.L.時 (T.P.+0.63 m) に伝達波高による上昇量が+0.95 m、越波による上昇量が+1.2 mで、開渠内の最大水位は T.P.+2.78 mとなる。

これらの検討および水理模型実験の結果から、放水口護岸は図－4に示す断面に決定した。

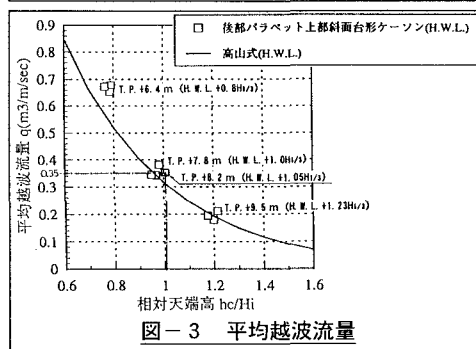
4. おわりに

当地点では、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」による衝撃碎波力の発生条件から判断して、その発生はないと考えられたが、水理模型実験により、事前に衝撃碎波力の発生を確認できたこと、さらには、この衝撃碎波力に対して、後部パラペット、上部斜面、台形ケーソンの各構造が耐波性能に優れていることが確認でき、その結果から放水口護岸としての機能を確保する安定かつ合理的なケーソン式混成堤を設計し、実際の採用に至ったことは大きな成果である。

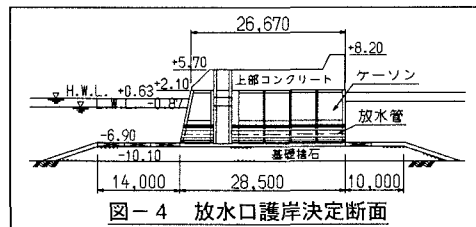
以上



図－2 波高伝達率



図－3 平均越波流量



図－4 放水口護岸決定断面