

株東北開発コンサルタント 正員 佐藤啓二  
東北電力㈱ 正員 阿部修司

## 1. はじめに

近年、海洋に面して建設される施設の大規模化により施設の有する海岸構造物も大型化し、港湾施設の外郭部を構成する防波堤はより大水深域へと延長されるようになっている。それに伴い設計波高は大きくなり堤体の安定性を重量増加のみにより確保することが合理的な設計であるかに疑問がもたれる。

そこで、1つの手段として防波堤の前面に傾斜角を持たせることにより波浪による水平波力を分散させ、水平波力の減衰と堤体を押さえつける力（鉛直力）の発生により堤体の合理的な設計が見込まれる。

本実験においては、合田による波圧算定式および上部斜面ケーソン堤の波圧算定式をもとに堤体前面の傾斜角度、上部工の傾斜角度、上部傾斜の始点高さおよび堤体幅などのパラメータの組み合わせによる安定計算を行い、施工性を考慮した上で最適と判断した断面に関して、規則波および不規則波による波力特性を調べ、波圧算定式との適合性を検討するものである。

## 2. 模型断面および実験条件

安定計算の結果得られた設計断面は、下部を1:0.2の傾斜を持つ台形ケーソンとし、上部工前面に45度の傾斜を持つ図-1に示すような断面とした。模型実験における縮尺は1/50とし、波力測定用の模型を図-2に示すような形状とした。模型は、マウンドより1cm浮かせた状態で6分力計を介して取付架台に固定されており、堤体に作用する全波力を測定できるようにした。さらに、模型前面および底面に波圧センサーを合計8個取付け局部波圧の測定を行った。

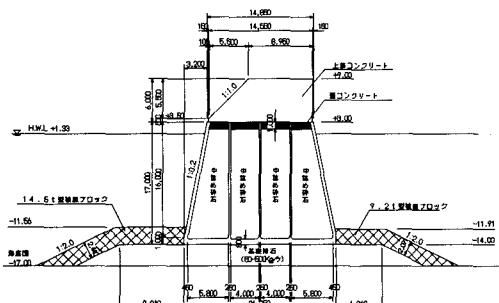


図-1 施工計画断面

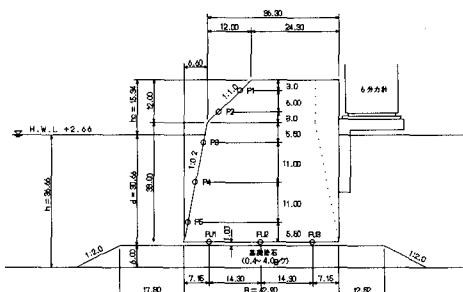


図-2 波力測定用模型断面

実験条件を表-1に示す。各諸元はフルードの相似則により模型実験値に変換した。

## 3. 実験方法

実験はすべて2次元造波水路を用いて行った。規則波実験の場合は4波程度を計測対象とした。波力関係計測機のサンプリングタイムは500Hzとした。しかし、不規則波実験の場合は、作用波数を140波程度にしているため計測機側のメモリーの制約上100Hzとした。

表-1 実験条件

	現地スケール		模型スケール	
縮 尺	1/1		1/50	
沖側一樣水深	30.00 m		60.00 cm	
模型設置水深	18.33 m		36.66 cm	
実験波条件	周期(有義波周期)	波高(m)	周期	波高(cm)
規 則 波	R 1	10.0 sec	2.5m~15.0m	1.41 sec
	R 2	13.0 sec		1.84 sec
	R 3	16.0 sec		2.26 sec
	R 4	19.0 sec		2.68 sec
不 規 則 波	I R 1	16.0 sec	2.5m~8.5m	2.26 sec
海底勾配				5.0cm~17.0cm
			1/100	

また、不規則波による実験中の模型位置通過波高 $H_m$ の推定は、模型設置前に沖側と模型位置双方での波高値の波高相関図を作成しておき、模型設置後も相関が成り立つとして、実験波作用中沖側での入射波高を入反射分離法により推定し相関図より算出した。規則波の場合は、多重反射となる前に計測を終了するため、模型設置前に得た造波電圧と模型位置での波高相関図から推定した。

#### 4. 実験結果

図-3から図-5に、各周期毎に波高を数段階に変化させたときの各成分波力の値を、波圧算定式から得られた結果と実験により得られた結果との比較図として示した。ここで、各波力は実験波波群中の最大値を示している。

結果は、図-3の水平波力の場合、算定式の結果は波高値が小さいときは良く一致するが、徐々に波高レベルが上がると計算値が大きくなる傾向にある。このことは、計算上の波力は断面に一挙に作用することになるが、模型断面においては、上部工に波が作用するようになると各測点の波圧時系列のピー

クを示す時間が、堤体下部と上部とで差が出て來るため、水平波力成分の上昇にも幅ができ、結果として値が小さくなるものと思われる。

図-4の鉛直成分の場合、計算値と実験値の関係は全体的に良く一致しているが、19secの規則波実験における結果が他と異なる傾向を示す。このことは、周期が長く波高が大きくなるに従い越波の形状が、飛び越えるような状態から堰を越流するような状態に変化していく傾向にあり、このようなことが影響しているのではないかと思われる。

図-5の揚圧力成分の場合、入射波高と周期の影響が現われ、波高が大きく周期が長いほど計算値の結果が過大になる傾向にある。ここで、台形ケーンによる既往の研究結果から水面下の傾斜角により揚圧力の低下が発生することが報告されており、今回のようにおいても揚圧力低減係数を考慮しているが、周期の影響と思われる傾向がまだ残っているようだ。

図-6には、入射波高ごとに各測点の波圧時系列から水平波力成分の時系列変化を求め、水平波力が最大となったときの各測点の波圧強度をプロットした。図中、線分により算定式による結果も合わせて示した。この結果、波高値が8.60cmの時のデータは計算値と全域に渡って良く一致しているが、波高レベルが上がるに従い計算値を下回るような傾向となる。しかし、実験データをほぼ計算内に表現できることが分る。

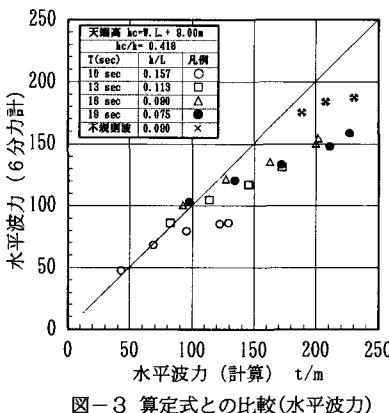


図-3 算定式との比較(水平波力)

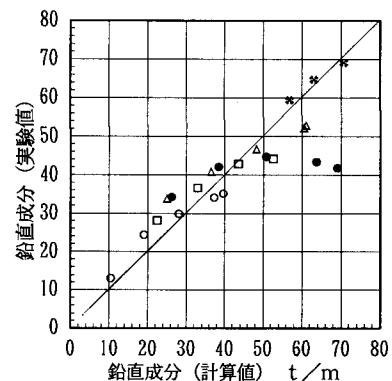


図-4 算定式との比較(鉛直成分)

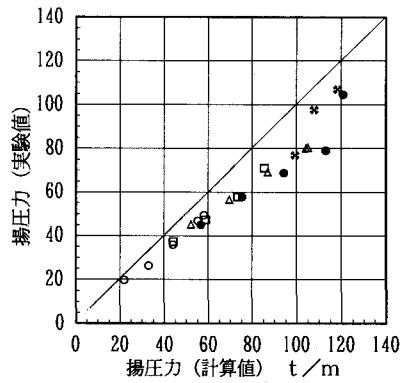


図-5 算定式との比較(揚圧力)

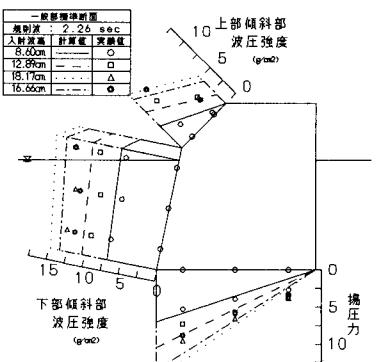


図-6 局部波圧分布図