

直線配列された浮防波堤の波浪制御効果に関する研究

愛媛大学工学部 正員 中村孝幸
NTT 正員 ○ 野村周吾
愛媛大学大学院 学生員 泉川学文

1. まえがき： 浮防波堤は、対象海域を遮蔽するように、一定の開口幅を設けて直線状に複数基配列されるのが一般である。しかしながら、従来の研究では、主に浮防波堤の断面形状のみに着目して、透過・反射率に代表される1次元的な波変形を取り扱ったものがほとんどで、実際場で必要とされるような浮防波堤の平面的な配置に伴う2次元的な波変形の影響についてはほとんど明らかにされていない。

本研究は、直線状に配列された浮防波堤の波浪制御効果を、波高値のみならず波向き特性にも着目して検討するものである。この際、従来多くの成果が発表されている無限の堤体長を想定した1次元的な波浪制御効果と、平面配置時における2次元的な波浪制御効果の相違について示すと共に、1次元的な波浪制御効果を実現せしめるための浮防波堤の配列法についても明らかにする。

2. 算定および実験条件： 本研究で採用した浮防波堤のモデルは、図-1に示すような片持ち梁支持の動揺式堤体である。この堤体は、底板の中心線上の異なる2カ所に設けた弾性鋼棒により支持され、水平および回転方向にのみ動揺変位が生じる構造になっている。浮防波堤の平面的な配置は、実際場での設置例がほぼ堤体長 l_B と堤体幅 B の比 $l_B/B=3\sim 5$ 、開口率 $\alpha=10\sim 20\%$ の範囲にあることから、 $l_B/B=4$ 、 $\alpha=20\%$ で直線配列される場合を基本型としてまず採用した。これに引き続き、堤体の断面形状や振動特性および開口率($\alpha=20\%$)を基本型と同一にして、堤体長(または配列ピッチ長)を各種に変化させたときの波浪制御効果の変動特性を理論的に把握した。

そして、実験では $l_B=4B$ 、 $1.33B$ の2種類を採用して透過波や動揺変位を測定した。表-1に、本実験で用いた模型堤体の設置条件、堤体寸法ならびに実験条件を、また、表-2に模型堤体の動的な諸量を一括して示す。なお、表中の K_{11}^* 、 K_{33}^* 、 K_{13}^* 、 K_{31}^* は浮体の代表重量($=\rho g R_B^3$ 、 ρ :流体密度、 g :重力加速度、 R_B

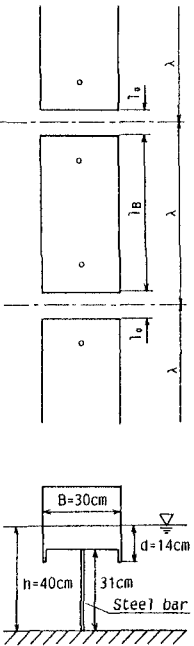


図-1 浮防波堤のモデル

表-1 模型堤体の設置条件および実験条件

実験ケース	配列ピッチ長 λ (cm)	A		B	
		150.0	50.0	150.0	50.0
設置条件	開口長 l_a (cm)	30.0	10.0		
	開口率 α (%)	20.0			
	設置水深 h (cm)	40.0			
	堤体幅 B (cm)	30.0			
堤体寸法	噴水 d (cm)	14.0			
	堤体長 l_B (cm)	120.0	40.0		
	l_B/B	4.00	1.33		
	周期 T (sec.)	0.6	1.7		
実験条件	波高 H (cm)	4.0			
	λ/L (L :波長)	0.5~2.5	0.2~0.8		

表-2 模型堤体の動的諸量

実験ケース	A	B
重量 (kgf)	21.08	8.08
排水重量 (kgf)	33.65	11.22
余剰浮力 (kgf)	12.57	3.14
回転半径 (cm)	14.78	14.65
重心位置(静水面下) (cm)	5.70	4.51
K_{11}^* ($=K_{11}/\rho g R_B^3$)	221.9	90.0
K_{31}^* ($=K_{31}/\rho g R_B^3$)	259.9	108.4
K_{13}^* ($=K_{13}/\rho g R_B^3$)	259.9	108.4
K_{33}^* ($=K_{33}/\rho g R_B^3$)	366.0	152.6
空中の固有振動数 (Hz)	2.58	2.28

$(=B/2)$ 堤体幅の $1/2$)で無次元化した水平、回転方向へのバネ定数および両者間での相互バネ定数である。

3. 波浪制御効果： 図-2は、基本型($l_B/B=4.0$)の浮防波堤列の透過波側における波高比のrms値 K_T の実験結果と算定結果との比較を、第1横軸に λ/L 、第2横軸に浮防波堤の消波効果を示すときによく用いられる無次元量 L/B を採り示す。図中の算定値で、 K_T は堤体の規則的配列を考慮した3次元波浪ポテンシャル理論¹⁾による結果を、 C_T (透過率)は開口部の効果を無視した断面2次元的な波浪ポテンシャル理論²⁾による結果をそれぞれ表す。この図より、浮防波堤列の透過波高は、 $\lambda/L=1.0, 2.0$ の横波共振点付近を除き実験値、算定値とも0.6以上と開口部の効果を無視した2次元理論の算定値を、特に $\lambda/L>1(L/B<5)$ の短周期波側で大きく上回ることがわかる。そして、浮防波堤の制御対象とする波の波長は、一般に堤体幅の5倍程度以下とされ

ており、このような条件下で従来よりの開口部を無視した2次元的な解析により波浪制御効果を予測すると、十分でないことが理解できよう。一方、図-3は、このときの透過波に含まれる各波向き成分波のエネルギー比 T_n について、図-2と同様にして示すもので、 $n=0$ が入射波と同方向に進む直進波成分、 $n=1, 2$ がそれとは異なる方向に進む斜波成分を表す。この図より、 $\lambda/L > 1$ ではほぼ斜波成分が卓越し、浮防波堤列背後では短峰性の平面的な波変形になっていることが推測できる。そして、図-2のように配列時の K_T が2次元理論の透過率 C_T を大きく上回るのは、浮防波堤列の場合に特有な斜波成分が透過波に卓越して含まれるようになるためと結論される。

図-4は、堤体長を各種に変化させたときの K_T の算定結果を、横軸に λ_0/L と L/B を採り示す。ここで λ_0 は、 $l_B/B=4.0$ のときの配列ピッチ長(150cm)を代表量として用いてある。また、図中に $\bullet$ ・ $\circ$ で示すのは、 $l_B/B=2.0$ の浮防波堤列の横波共振点を示す。この図より、 K_T は堤体長すなわち配列ピッチ長を短くしても、基本型($l_B/B=4.0$)のときに斜波成分が発生しない $\lambda_0/L < 1$ の長周期の領域ではほとんど差異が見られず、このような条件下で堤体長は波浪制御効果に影響しないことがわかる。一方、基本型($l_B/B=4.0$)で斜波成分が発生する $\lambda_0/L > 1$ の短周期側の領域では、堤体長が短くなるほど波浪制御効果は改善され、広い L/B の範囲で2次元理論により予測される C_T と同程度かそれ以下になることがわかる。しかしながら、堤体長を短くすると、ある特定の周期で K_T が1に近いピークを示すようになるなどの逆の効果もあることに注意する必要がある。

図-5は、 $l_B/B=1.33$ のときの K_T 、 K_R の実験結果と算定結果との比較を示す。この場合、本実験で採用した波条件の範囲内では、斜波成分は発生せず、堤体列まわりの波変形は長峰性の1次元的なものになっている。実験結果と算定結果を比較すると、後者が極値を示す条件を除けば、両者はほぼ一致していることが認められる。そして、基本型の場合の図-2との比較から、堤体長を短くすると、実験的にも波浪制御効果が向上でき、従来の堤体断面にのみ着目した1次元的な波浪制御効果に近いものとなることなどが確認できる。

4. 結語: 浮防波堤の堤体長を短くし、その配列ピッチ長を制御対象とする波の波長より短くすると、堤体列まわりでは長峰性の1次元的な波変形となり、浮防波堤列による波浪制御効果が大幅に改善できる。

参考文献: 1) 中村ら, 斜波中における任意断面浮体まわりの波浪変形の算定法, 海洋開発論文集Vol. 3, pp. 65~70, 1987. 2) 中村ら, 直線配置された浮防波堤の波浪制御効果に関する研究, 海洋開発論文集Vol. 8 (発表予定)

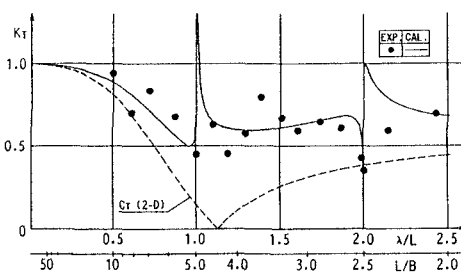


図-2 透過波側での波高比のrms値 K_T ($l_B/B=4.0$)

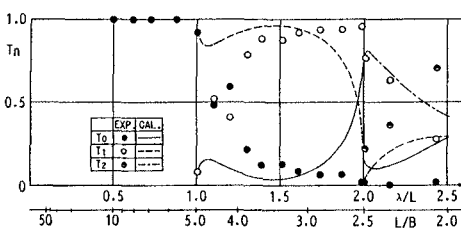


図-3 透過波の波向き特性 T_n ($l_B/B=4.0$)

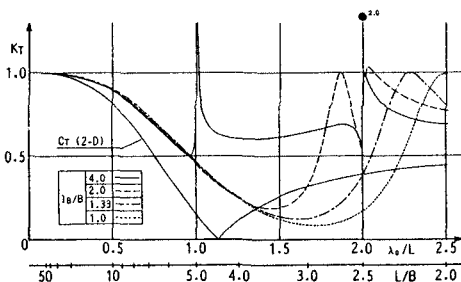


図-4 各堤体長における透過波側での波高比のrms値 K_T

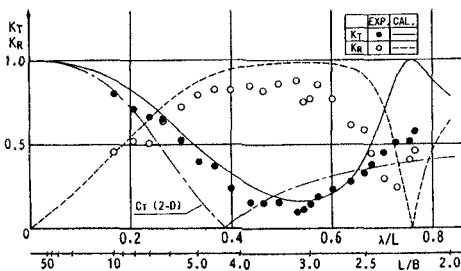


図-5 透過波側および反射波側での波高比のrms値 K_T , K_R ($l_B/B=1.33$)