

中央大学 大学院 ○植垣 圭二

日本テトラポッド 野口 隼二

中央大学 教授 阪部 昌太郎

1. 研究の目的 防波堤や海岸護岸の前面に、波力減殺を主要な目的として、人工ブロッツ消波工を設置することが行われている。このブロッツ消波工の波力減殺効果には、入射波の特性〔波高(H)、周期(T)、水深(h)、海底勾配(tanβ)〕、消波工の規模と形状(天端高、天端幅、のり面勾配(λm)、のり先水深(hd))、および、ブロッツの特性〔代表寸法(B)、空隙率(λ)、形状(S₀)〕などの多くの要因が関係する。このため、消波工の波力減殺に対して、数多くの実験が今日まで行われているものの、いまだ波力減殺効果を評価するための総合的な指標を決めることができず、いずれの実験もCase Study的なものとなっている。本報は、以上のことを踏まえ、ブロッツ消波工の波力減殺効果の評価指標を決定することと目的として行っている研究の一部である。

2. 次元解析による無次元波力と消波効果指標の決定 消波工をもつ直立堤に働く非越波時の最大平均波圧強度に関係する諸要因間の関係は、式(1)で与えられる。

$$f_1(\bar{\rho}, H, T, h, B, \lambda, \mu, g, S_0) = 0 \quad (1)$$

ここで、 $\bar{\rho}$ ：静水面位置での消波工幅、 ρ と μ ：水の密度と粘性係数、 g ：重力加速度、空隙率 λ とブロッツの形状 S_0 は無次元量とする。また消波工ののり面勾配 λ_m と海底勾配 $\tan\beta$ は一定として検討するため、式(1)では除外してある。式(1)に対する次元解析より、無次元最大波力 ϕ_m の表示式として、式(2)をうる。すなわち、

$$\phi_m = \frac{F_m/h}{\rho(H/T)^2/h} = f_2\left(\frac{h}{H}, \frac{gT^2}{H}, \frac{\lambda}{B}, \frac{B}{H}, \frac{\mu T}{\rho H^2}, \lambda, S_0\right) = 0 \quad (2)$$

ここで、 F_m ：堤体単位幅当りの最大波力。消波工が捨石マウンド上にあり、その設置水深が浅いことを考えて、式(2)に線形長波の関係を用いると、式(3)をうる。

$$\phi_m = \frac{F_m/h_d}{\omega H^2/h_d} = f_3\left(\frac{h}{H}, \frac{L_0}{H}, \frac{\lambda}{B}, \frac{B}{H}, \frac{\mu T}{\rho H^2}, \lambda, S_0\right) = 0 \quad (3)$$

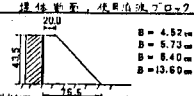
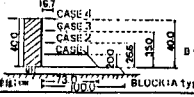
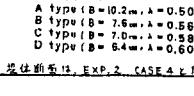
式(3)のReynolds数の効果($\mu T/\rho H^2$)は消波工の消波機能に大きく関係するが、ここではブロッツ形状 S_0 の中に含めて考えることとする。以上のことから、 ϕ_m の表示式として式(4)をうる。ここで、 ω ：水の単位体積重量

$$\phi_m = A(\lambda) \frac{H}{B} \frac{L_0}{L} S_0(R_e) = A(\lambda) \frac{H}{B} \frac{1}{\tanh kh} S_0(R_e) = A(\lambda) \cdot S_0(R_e) \cdot K \quad (4)$$

ここで、 K ：消波効果指標、 R_e ：波数、 $A(\lambda)$ ：空隙率に関係する比例常数である。式(4)右辺の L/B は、消波工の水平方向の平均ブロッツ数、いいかえれば、消波工のもつエネルギー減殺機構の数を意味するもの、また $\tanh kh$ は波圧の平均に関与するパラメーターとも読みかえることが出来る。

3. 実験装置と実験方法 実験は、片面がガラス張り二次元波動水槽(1.0m×1.0m×50cm)内に1/50勾配斜面と設置し、その斜面を仕切板によって、波力測定部と入射波測定部に二分して行った。波力測定部には逆波板より35mの地点に模型堤体を設置し、Strain Gageによる検出歪みより、全波力を測定した。また、模型堤体面と同一断面の入射波測定部に、容量式波高計を設置し、入射波高を測定

表-1 実験条件

	H(m)	T(s)	H(cm)	消波工の形状、使用消波ブロッツ
EXP.1	12	1.0	3 ~ 10	 BLOCK A type (λ=0.50)
		1.5	4 ~ 17	
		2.0	4 ~ 12	
	20	1.0	5 ~ 17	
		1.5	4 ~ 16	
		2.0	5 ~ 19	
EXP.2	20	1.46	4 ~ 20	 BLOCK A type (λ=0.50)
		1.03	4 ~ 23	
		2.20	3 ~ 23	
	25	1.46	4 ~ 21	
		1.83	4 ~ 23	
		2.20	3 ~ 20	
EXP.3	20	1.46	2 ~ 20	 BLOCK A type (λ=0.50) B type (B=7.6m, λ=0.56) C type (B=7.0m, λ=0.58) D type (B=6.4m, λ=0.60)
		1.83	2 ~ 18	
		2.20	2 ~ 19	
	25	1.40	2 ~ 23	
		1.83	3 ~ 22	
		2.20	2 ~ 22	

した。表-1に示される3種類の実験を以下に述べる目的に応じて行った。実験1は消波ブロックの大きさの効果と、実験2は消波工の断面形状の効果と、実験3は消波ブロックの形状と消波工の空隙率の効果と検討することを目的としたものである。実験2以外は、入射波は消波工を越波しないものとして、実験を行った。

4. 実験結果とその考察 図1~3は、実験結果より、無次元波力 $\phi_m = (F/h_s) / (\omega_s H^2 / h_s)$ と消波効果指標 $K = (H/h)(l/B) \cdot \tanh kh$ との関係をプロットしたものである。図1は、波力におよぼすブロック寸法の効果を検討する実験1(空隙率50%の4種類の代表長さのブロック, A type)。同一断面の消波工では、ブロックが大きくなると波力の減殺効果は低下する。図1に見られるように、Bの値の違いによる効果が若干認められるが、これはK値に含まれていない Reynolds数の影響によるものと考えられる。しかし、 ϕ_m とKとの間には統一的な傾向が認められ、パラメータ l/B によって、ブロック寸法(重量)の違いによる効果は十分評価されたと認められる。図2は消波工断面、特に天端高と天端幅の波力に及ぼす効果を検討する実験2の実験結果例である。消波工天端が低く、越波水が直接堤体に衝突する場合(白抜き記号)を除くと、非越波の場合には、入射波周期に関係なく図1とほぼ同一の ϕ_m -K の関係が得られた。このことは、2組のパラメータ (l/B) と $(L/L_0) = \tanh kh$ とによって、消波工の波力減殺効果に対する入射波周期の影響が評価されているといえる。越波を生ずる場合に関しては、天端高、幅の効果の表示を今後検討する必要がある。図3は消波工の空隙率と使用ブロックの形状の効果を検討した実験3の結果例である。実験結果には、使用ブロックによって ϕ_m -K の関係に、規則的な変化が認められる。実験に使用した各ブロックの寸法と空隙率が異なるため、例えば空隙率の効果のみを、実験結果より抽出することができなかった。また図3ではブロックのB値として各ブロックの公称寸法を採用しているが、Bは消波工内の空隙の平均的寸法を表現するものと考えられ、ブロックの長、中、短径(a, b, c)より計算される平均寸法 $(a \cdot b \cdot c)^{1/3}$ をB値として採用するのが妥当と思われる。

5. あとがき 図1~3の実験結果より、消波工を有する直立堤に作用する波力の評価は、本研究で提案した消波効果指標Kによって、十分行うことができることがわかった。今後、既存の実験結果によって、その妥当性を確かめるとともに、波力減殺率 $\alpha = F/F_w$ (F_w : 消波工を有しない直立堤に作用する波力) とKとの関係を実験的に検討する。

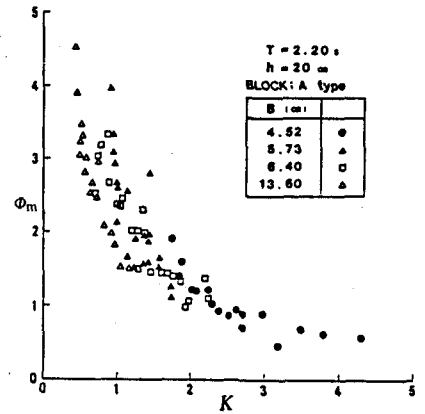


図-1 ϕ_m -K (実験1)

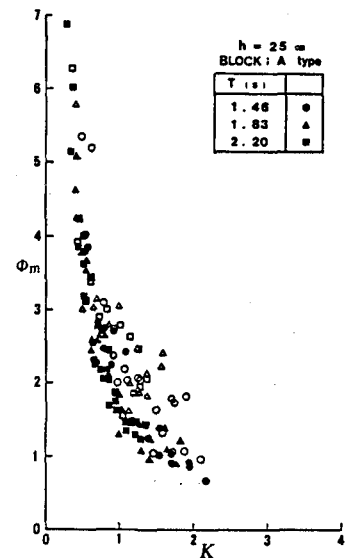


図-2 ϕ_m -K (実験2)

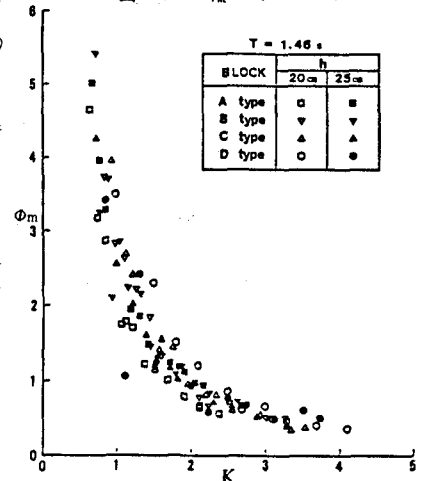


図-3 ϕ_m -K (実験3)