

不規則波における三次元構造物による越波量の獲得について

日本文理大学 学生員 ○高橋克佳 学生員 濱田憲明 正 員 樋田 操
九州大学 正 員 小松利光 正 員 松永信博 学生員 岡田和也

1.はじめに 閉鎖性内湾や港内における水質の悪化が以前より叫ばれている。また、人工漁場の開発にも関心が高まっている。このような改善および開発を行うために、著者らは越波堤部と集波堤部から成る三次元構造物を用いて、波浪エネルギーを効率よく位置エネルギーに変換し、人工的に湧昇流を発生させる方法を提案した¹⁾。これまでの研究では、種々の波形勾配を持つ規則波に対して、構造物の様々な形状諸元における越波量の算定が可能となっている²⁾。本研究では、入射波が不規則波である場合の、三次元構造物により獲得される越波量の算定を可能にしようと試みたものである。

2.実験装置および実験方法 実験は、長さ40m、幅25m、深さ1mの大型平面造波水槽を用いた。水槽中央に、越波堤と集波堤を組み合わせた三次元構造物を設置し、二次元不規則波を入射させた。図-1に、三次元構造物に対する諸量の定義を示す。水深は、 $h=50\text{cm}$ に固定された。入射波の条件は、構造物設置地点で、無堤時において $T_{1/3}=1.3\text{s}$, $H_{1/3}=12.6\text{cm}$ および $T_{1/3}=1.2\text{s}$, $H_{1/3}=5.1\text{cm}$ (波形勾配はそれぞれ $H_{1/3}/L_{1/3}=0.046$ および 0.022) の2種類とした。これらの不規則波を用いて、表-1に示されている実験条件に対して越波量の測定を行なった。越波量は、造波された不規則波群中、連続波1分間について採取し、3回～5回測定の平均値として求めた。この越波量を単位時間・単位幅当りの越波流量 q ($\text{cm}^3/\text{s} \cdot \text{m}$) に換算した後、不規則波における三次元構造物の1波当りの無次元越波量を、 $Q_3=q T_{1/3}/H_{1/3} L_{1/3}$ とした。

3.実験結果とその考察 図-2は、無次元越波量 $Q_3/H_{1/3} L_{1/3}$ と集波比 $B_{1/BO}$ との関係を示し、波形勾配 $H_{1/3}/L_{1/3}=0.046$ 、相対集波堤長 $l/L_{1/3}=0.367$ の場合について、相対天端高 $h_c/H_{1/3}$ をパラメータとして示したものである。ここで、 h_c は静水面上における越波堤部の天端高さである。無次元越波量は、集波比が大きくなるにつれて増大し、極大値を取った後減少する傾向がある。また、相対天端高が大きいかほど無次元越波量は全体的に小さくなる。これらの傾向は、波形勾配と相対集波堤長が異なるいずれの実験条件においてもみられた。図-2に示された無次元越波量と集波比との関係を普遍表示するために、無次元越波量と集波比に関する代表量を、規則波による越波量の定量化の場合²⁾と同様に、図-3で定義する。図中、 $(Q_3/H_{1/3} L_{1/3})_{\max}$ は最大無次元越波量で、極大値の値であり、その時の集波比を $(B_{1/BO})_{\max}$ とする。そして、集波効果の無い、 $B_{1/BO}=1$ の場合における無次元越波量を、 $(Q_3/H_{1/3} L_{1/3})_*$ とする。図-4は、図-3で定義した代表量を用いて、無次元越波量を規格化したものである。ここで、 ϕ と ψ は次式で定義する。

$$\phi = \frac{(Q_3/H_{1/3} L_{1/3}) - (Q_3/H_{1/3} L_{1/3})_*}{(Q_3/H_{1/3} L_{1/3})_{\max} - (Q_3/H_{1/3} L_{1/3})_*}, \quad \psi = \frac{(B_{1/BO}) - 1}{(B_{1/BO})_{\max} - 1} \quad (1)$$

図中の曲線は、これらのデータに対する最小二乗曲線である。全体的に多少ばらついているが、不規則波においても波形勾配と相対集波堤長の大小に関係なく、近似曲線ではほぼ普遍表示されることがわかる。但し、 ψ に対する ϕ の変化は、規則波の場合²⁾に比し、かなり緩やかなものとなっている。任意の集波比 $B_{1/BO}$ 、相対集波堤長 $l/L_{1/3}$ 、相対天端高 $h_c/L_{1/3}$ および波形勾配 $H_{1/3}/L_{1/3}$ に対して、図-4の曲線から越波量を算定するためには、 $(Q_3/H_{1/3} L_{1/3})_{\max}$ 、 $(Q_3/H_{1/3} L_{1/3})_*$ 、 $(B_{1/BO})_{\max}$ の定量化が必要である。図-5は、最大無次元越波量 $(Q_3/H_{1/3} L_{1/3})_{\max}$ を、図-6は集波効果のない $B_{1/BO}=1$ の場合の無次元越波量 $(Q_3/H_{1/3} L_{1/3})_*$ を、そして、図-7は極大値が現れる集波比 $(B_{1/BO})_{\max}$ を、波形勾配 $H_{1/3}/L_{1/3}$ と相対集波堤長 $l/L_{1/3}$ をパラメータとして、相対天端高 $h_c/H_{1/3}$ に対してプロットしたものである。 $(Q_3/H_{1/3} L_{1/3})_{\max}$ および $(Q_3/H_{1/3} L_{1/3})_*$ の値は、パラメータである $H_{1/3}/L_{1/3}$ と $l/L_{1/3}$ に対してはそれほど依存せず、 $h_c/H_{1/3}$ が大きくなるほど減少することがわかる。これは、不規則波の場合、各成分波の波高と波長が1波毎に異なるため、パラメータの影響が打ち消されると考えられるが、 $h_c/H_{1/3}$ に対しては各成分波中、波高の大きい波は越波し、小さい波は越波しないことから、 $h_c/H_{1/3}$ の増加にともない減少すると考えられる。 $(B_{1/BO})_{\max}$ の値は、波形勾配 $H_{1/3}/L_{1/3}$ と相対集波堤長 $l/L_{1/3}$ によりややばらついてはいるが、これは、図-2からわかる様に、相対天端高 $h_c/H_{1/3}$ が大きくなると、無次元越波量の極大値が明瞭でなくなるためであり、図中の実線ではほぼ近似できると考えられる。以上のことから、図-4、5、6、7を用いることにより、計画対象海域における最適な三次元構造物の設計条件が、不規則波に対しても決定されることになる。

4.今後の展望 本研究のこれまでの成果により、任意の波の条件と構造物の形状諸元に対する越波量が算定できることになった。今後は、防波堤への応用や実海域を用いた実験により、三次元構造物の水質浄化機能について、さらに検討していきたい。最後に、本研究を行うにあたり、実験において多大な協力を惜しまなかった、日本文理大学海洋環境研究室の大澤、春日、早坂、岩淵、河嶋の5君に深く感謝致します。なお、本研究は、人工湧昇流開発利用研究会の援助を受けて行なわれたことを付記します。

参考文献) 1)小松ら, 水工学論文集, 35, 549(1991). 2)小松ら, 水工学論文集, 38, 493(1994).

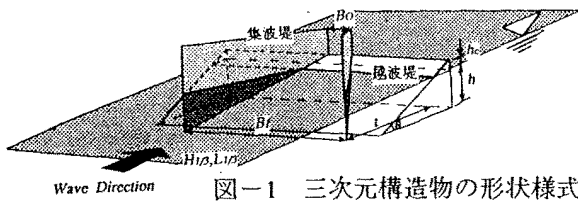


表-1 実験条件

波形勾配 $H_{1/3}/L_{1/3}$	集波比 B_1/B_0	相対集波堤長 $L/L_{1/3}$	相対天端高 $hc/H_{1/3}$
0.0217	1,4,6	0.145	0.25
	8,10	0.242	0.75
0.0464	12,14	0.367	1.25

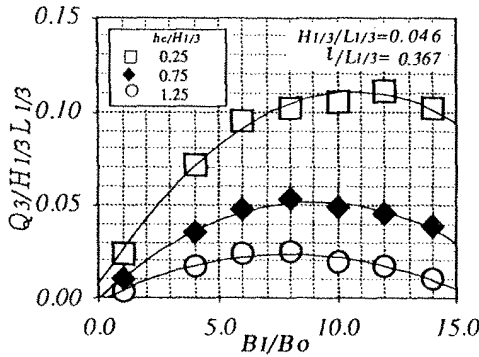


図-2 $Q_3/H_{1/3}L_{1/3}$ と B_1/B_0 の関係

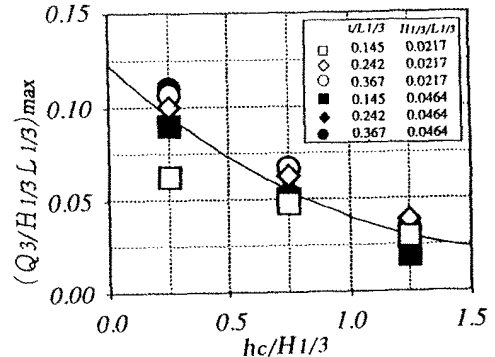


図-5 $(Q_3/H_{1/3}L_{1/3})_{max}$ と $hc/H_{1/3}$ の関係

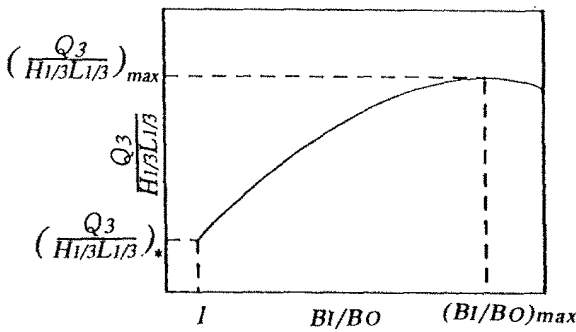


図-3 普遍表示するための代表量の定義図

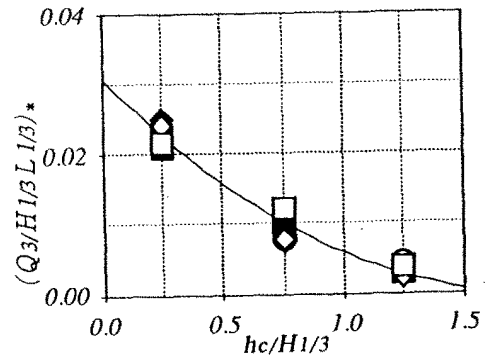


図-6 $(Q_3/H_{1/3}L_{1/3})^*$ と $hc/H_{1/3}$ の関係

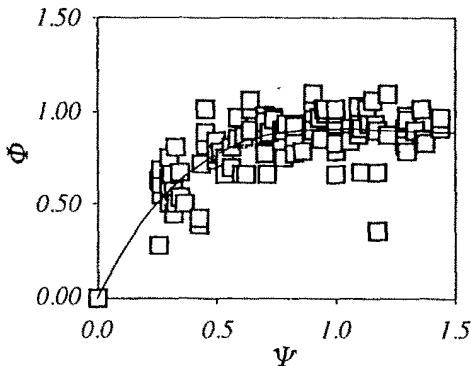


図-4 Φ と Ψ の関係

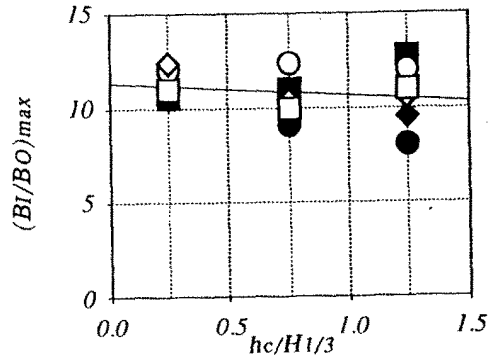


図-7 $(B_1/B_0)_{max}$ と $hc/H_{1/3}$ の関係