

前面に直立壁をもつ2次元越波堤による効率的な越波量の獲得

九州大学工学部 学生員○岡田 知也 運輸省第四港湾建設局 油谷 進介
 運輸省第四港湾建設局 常住 義雄 九州大学工学部 正員 小松 利光
 九州大学工学部 正員 松永 信博 日本文理大 正員 樋田 操
 九州大学工学部 正員 藤田 和夫

1 目的 波浪のもつ自然のエネルギーを利用して大きな越波量と水位差を獲得し、得られた水位差により一方向流（送水）を発生させて水域環境の改善を図る計画が現在検討されている。本研究では港湾施設の防波堤のケーソン上に越波構造物を設置した具体的な場合を想定し、比較的きれいな港外の海水を閉鎖的で海水交換の少ない港内に強制的に流入させたり、成層化して貧酸素化した底層部に越波により得られた溶存酸素の豊富な表層水を送り込んで環境浄化を図ることなどが考えられている。従来からの越波構造物の一連の基礎的研究¹⁾²⁾によって様々な入射波に対する越波構造物の機能が明らかとなり越波量の算定が可能となった。しかしながら本研究で対象とする越波構造物は前面に直立壁を有しており、その点が従来から考えられていた越波構造物と大きく異なる。従って、新たな検討が必要となっている。

2 実験装置及び実験方法 図-1に示すような長さ16m、高さ0.6m、幅0.25mの造波水槽を用いて実験を行った。越波量の採取に際しては、構造物により発生した反射波によって入射波が変形させられた後反射波が造波板に戻って再び構造物に到達するまでの時間内の波のうち5波の波に対して測定された。したがってこれらの波は防波堤前面で通常見られる反射の影響を受けた波である。この測定を5回繰り返して越波量の平均値を求めた。1入射波単位幅当たりの越波量 Q_2 (cm^2/l 波)（添字2は2次元構造物による越波量を意味する）は、入射波の波長 L 、波高 H 、水深 h 、法先水深 h' 、越波堤の波の進行方向長さ l 及び天端高 hc に依存するものと考えられる。これらの諸量間の関係を次元解析を用いて無次元表示すると

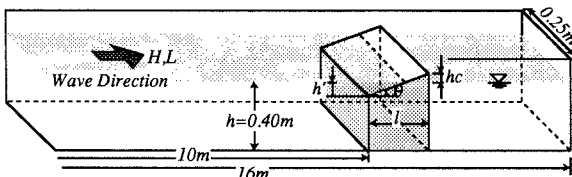


図-1 2次元造波水槽

$$\frac{Q_2}{HL} = f \left(\frac{H}{L}, \frac{hc}{H}, \frac{h'}{L}, \frac{h}{L}, \frac{l}{L} \right) \quad \dots\dots\dots (1)$$

となる。しかしながら全実験を通じ水深を0.40m、周期を1.0sに固定しているため波長は1.51mとなり、水深波長比 h/L は0.27に固定された。また図-1に示された諸量から法面勾配 θ を用いた(2)式の関係が成り立つため、無次元越波量は(3)式のように表すことができる。

$$\tan \theta = \frac{hc+h'}{l} = \frac{(hc/H) \cdot (H/L) + (h'/L)}{(l/L)} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{Q_2}{HL} = f \left(\frac{H}{L}, \frac{hc}{H}, \tan \theta, \frac{l}{L} \right) \quad \dots\dots\dots (3)$$

実験は(3)式中の無次元パラメータである波形勾配 H/L 、相対天端高 hc/H 、相対越波堤長 l/L 及び法面勾配 θ をそれぞれ独立に変化させることにより行なわれた。表-2.1に示す実験条件の下で、192通りの実験が行われた。

表-1 実験条件

波形勾配(H/L)	法面勾配 θ	相対天端高(hc/H)	相対越波堤長(l/L)
$\begin{cases} 0.01 \\ 0.03 \\ 0.05 \end{cases}$	任意	$\begin{cases} 0.25 \text{ (} 0.37; H/L=0.01 \text{ のとき)} \\ 0.50 \\ 0.75 \\ 1.25 \end{cases}$	$\begin{cases} 0.05 \\ 0.10 \\ 0.20 \\ 0.30 \end{cases}$

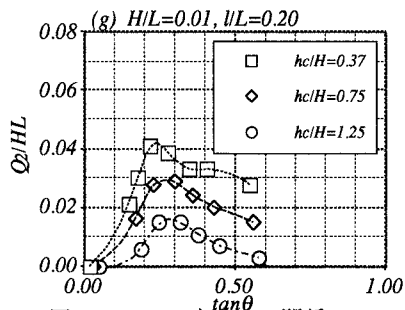


図-2 Q_2/HL と $\tan \theta$ の関係

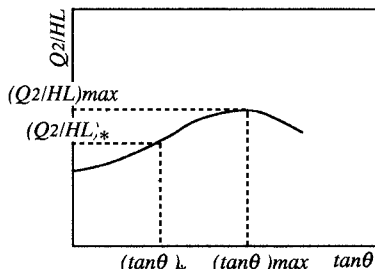


図-3 無次元越波量を普遍表示するための代表諸量

3 実験結果及びその考察 図-2はそれぞれの波形勾配 H/L と相対越波堤長 l/L に対し相対天端高 hc/H をパラメータとして、無次元越波量 Q_2/HL と法面勾配 $\tan\theta$ の関係を示したものの一例である。横軸の法面勾配の変化に対し無次元越波量は極大値をもつことが分かる。

図-2で示された無次元越波量 Q_2/HL と法面勾配 $\tan\theta$ の関係を普遍表示するために、無次元越波量と法面勾配に関する代表量を図-3で定義する。極大値の値を最大無次元越波量 $(Q_2/HL)_{max}$ 、そのときの $\tan\theta$ の値すなわち最適法面勾配を $(\tan\theta)_{max}$ とし $(\tan\theta)_{max}/2$ ($=(\tan\theta)_*$) に対する無次元越波量を $(Q_2/HL)_*$ と定義する。これらの量を用いて無次元量 Φ と Ψ を次のように定義する。

$$\Phi = \frac{(Q_2/HL) - (Q_2/HL)_*}{(Q_2/HL)_{max} - (Q_2/HL)_*}, \quad \Psi = \frac{(\tan\theta)}{(\tan\theta)_{max}} \quad \dots\dots\dots(4)$$

図-4は、図-2の様な多くのグラフからこれらの代表量を読み取り、全ての実験データを(4)式で規格化してプロットしたものである。多少のばらつきはあるが、無次元越波量は図中の曲線でかなり良く普遍表示されていることが分かる。

任意の H, L, hc, h', l 等の条件が与えられたとき図-4の曲線を用いて越波量を算定するには $(Q_2/HL)_{max}$, $(Q_2/HL)_*$, $(\tan\theta)_{max}$ の定量化が必要である。図-5は最大無次元越波量 $(Q_2/HL)_{max}$ を、また図-6は $(Q_2/HL)_*$ をそれぞれ相対越波堤長 l/L をパラメータとして相対天端高 hc/H に対して示したものである。なお波形勾配 H/L が異なっても相対越波堤長 l/L が等しいものは同じ印で示している。両者とも波形勾配 H/L , 相対越波堤長 l/L にそれほど強くは依存せず相対天端高 hc/H の増加に対し単調に減少することが分かる。

図-7は最適法面勾配 $(\tan\theta)_{max}$ を相対越波堤長 l/L をパラメータとして波形勾配 H/L に対して示したものである。ここでは相対天端高 hc/H が異なっても相対越波堤長が等しいものは同じ印で表示した。相対越波堤長が小さい場合は、波形勾配が大きくなるにつれて $(\tan\theta)_{max}$ はかなり大きな値となっているが、これは引き波の際に法先部が水面から出ない様に法先水深が大きくなった (θ が大きくなった) 状況で極大値が現れたものと考えられる。従って相対越波堤長が小さく波形勾配が大きい場合の最適法面勾配はその条件内では最適法面勾配であるが一般的意味では必ずしも最適法面勾配ではないとみなし、 $l/L=0.05, H/L=0.05$ の条件のデータを除いて近似曲線を施している。これにより最適法面勾配は一義的に決定される。

4 結論 卓越波の波高 H , 波長 L が既知の海域で一方向流れを発生させるために必要な水位差 hc が求められた場合、図-5,7を用いることにより堤体の最適法面勾配（最適越波構造物形状）の決定及びその時に獲得される越波量（最大越波量）の算定が可能となった。また任意の越波構造物形状に対しても図-4,5,6,7を用いて越波量の算定が可能となった。

（参考文献） 1）小松ら：二次元越波堤による越波エネルギー獲得に関する基礎的研究、海洋開発論文集、vol.8, pp.105-110, 1992.

2）小松ら：3次元構造物によって効率的に獲得された越波量、水工学論文集、第38巻, pp.493-497, 1994.

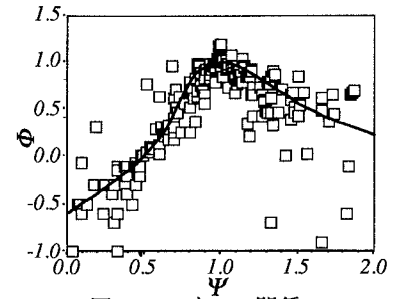


図-4 Φ と Ψ の関係

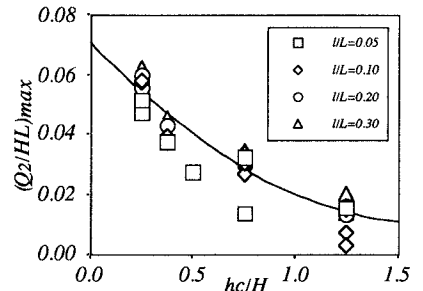


図-5 $(Q_2/HL)_{max}$ と hc/H の関係

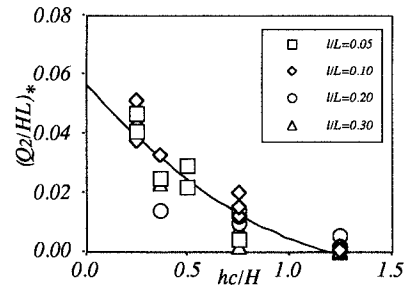


図-6 $(Q_2/HL)_*$ と hc/H の関係

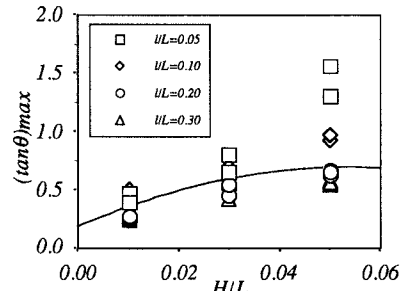


図-7 $(\tan\theta)_{max}$ と hc/H の関係