

二次元越波構造物によって効率的に獲得される越波量に及ぼす斜め入射波の影響

日本文理大学 学生員○城口直孝 日本文理大学 正 員 檀田 操
九州大学工学部 正 員 小松利光 九州大学総理工 正 員 松永信博
九州大学工学部 学生員 浦上由紀子 九州大学大学院 学生員 岡田知也
九州大学工学部 正 員 藤田和夫

1.はじめに 環境問題の一つとして、閉鎖性の内湾や海域の水質汚染が問題となっている。また、水産生物資源の減少に伴い、人工漁場の開発に力が注がれつつある。著者らは、越波堤部と集波堤部から成る二次元越波構造物を用いて、一方向流れを発生させ、水質浄化や海洋牧場への利用を提案している¹⁾。これまで、構造物法線に対して波が垂直に入射する場合の越波量の定量化を行い、越波量を効率的に獲得するための設計指針を提案している¹⁾。しかしながら、実海域においては、構造物に対して多方向から波が入射することが考えられるため、斜め入射波に対する越波量特性を検討する必要がある。そのためには、まず、集波堤を有せず、一樣勾配斜面のみから成る二次元越波構造物(以下、越波堤と記す)に波が斜め入射する場合の越波量を評価することが重要である。本研究は、越波堤に対して波が斜め入射する場合の越波量を、構造物の諸元、波の諸元及び入射角度を種々変化させて実験により調べ、垂直入射する場合の越波量と比較し検討したものである。

2.実験装置及び実験方法 実験は長さ40m、幅20m、深さ1mの大型平面造波水槽を用いて行った。水槽中央部に越波堤を設置し、二次元規則波を入射させた。波の入射角 α は入射波に対する構造物模型法線の角度を変化させることにより定めた。図-1は、実験装置の概要及び代表諸量の定義を示す。 T, H, L, h, hc 及び θ は、それぞれ入射波の越波堤設置位置での周期、波高、波長、越波堤の法先水深、静水面上天端高及び法面勾配である。越波堤の造波板に近い側の端部を原点として、法線方向にX軸($X=0\sim 400\text{cm}$)をとった。越波量の測定は、入射波が越波堤に到達し再び水槽後端部の消波工からの反射波が到達するまでの時間において、安定した波群中の約10波に対して行った。越波量の採取は、越波堤の全幅4mを25cm間隔に等分した16区間で行った。この測定を3回～5回繰り返して、各区間の1波当りの越波量を求めた。単位幅、1波当りの越波量 Q_{R20} ($\text{cm}^3/\text{波}$)は、各区間の1波当りの越波量を全区間について総計し、越波堤の全幅で除して求めた。ここで、添え字Rは入射波が規則波であること、2は構造物が二次元的であること、0は入射波が斜め入射であることを意味する。 Q_{R20}/HL は次式で表すことができるものとした。

$$\frac{Q_{R20}}{HL} = K\alpha \cdot \left(\frac{Q_{R20}}{HL} \right)_{\alpha=0^\circ} \quad (1)$$

$$= K\alpha \cdot a \left(\frac{Q_{R2}}{HL} \right) \quad (2)$$

ここで、 $(Q_{R20}/HL)_{\alpha=0^\circ}$ は $\alpha=0^\circ$ における Q_{R20}/HL 、

$K\alpha$ は入射角 α の影響による越波量の減少係数である。 Q_{R2}/HL は水槽幅25cmの二次元水槽を用いた実験²⁾によりすでに定量的評価が可能となっている無次元越波量である。 $(Q_{R20}/HL)_{\alpha=0^\circ}$ と Q_{R2}/HL は無次元パラメータの意味からいえば同じものであるが、必ずしも一致していない。定数 a は両者を関係付ける定数である。実験条件を表-1に示す。法面勾配は越波量を効率的に獲得するという立場から、入射波の H/L に対する垂直入射($\alpha=0^\circ$)の場合の最適法面勾配 $(\cot \theta)_{\max}$ を用いている。

3.実験結果とその考察 図-2は、 $H/L=0.052$ 、 $hc/H=1.00$ における、 Q_{R20}/HL と X との関係を、入射角 α をパラメータとして示す。それぞれの α に対して、 Q_{R20}/HL は X 方向に非一様な分布形を示す。 $\alpha=0^\circ$ の場合には、越波堤中央部とその両側の対称位置の3箇所にて極大値が現れている。 α が大きくなるほど極大値の位置は、 X の正の方向に移動し、極大値の数も3箇所から1箇所へと減少する。また極大値の大きさは、 $\alpha=15^\circ$ ではやや小さくなる程度であるが、 $\alpha \geq 45^\circ$ になると急激に小さくなることがわかる。このように、 X 方向の越波量分布が非一様となる理由は、構造物の法線方向(幅)の長さが有限であり、構造物の両端の影響が含まれているためと考えられる。この様な現象については、越波量や打ち上げ高さに関して、すでに報告もなされている^{3),4)}。

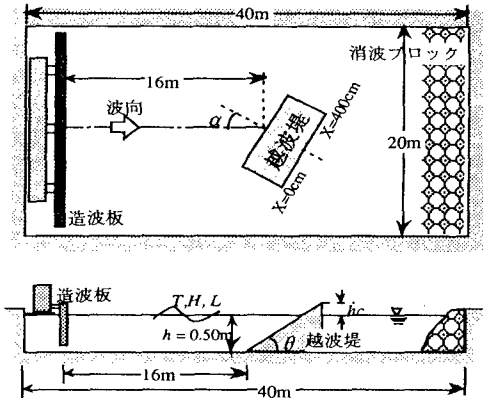
図-3は、 $(Q_{R2}/HL)_{\alpha=0^\circ}$ と Q_{R2}/HL の関係を示す。両者の関係は線形的であり、 $(Q_{R2}/HL)_{\alpha=0^\circ}$ は Q_{R2}/HL の約7割であることがわかる。従って、定数 a の値を $a=0.72$ と決定する。

図-4は $K\alpha$ と $\sin \alpha$ との関係を H/L をパラメータとして示す。図中の実験値の凡例には hc/H が異なるものも含まれている。また、図中の点線はWassing³⁾のうちあげ高についての減少係数 $(1+\cos \alpha)/2$ であり、破線はシドローバ⁴⁾のうちあげ高についての減少係数 $1/(1+\cos^2 \theta \tan^2 \alpha)$ で、 $\theta=21.6^\circ$ とした場合である。著者らの実験値は、 $\sin \alpha > 0.7$ の範囲において多少のばらつきが見られるものの H/L にほとんど依存せず、シドローバの曲線に良く一致している。細井ら⁴⁾の海岸堤防の打ち上げ高に関する実験によると、 $K\alpha$ は $1/(1+\cos^2 \theta \tan^2 \alpha) < K\alpha < (1+\cos \alpha)/2$ を取り、 H/L に依存する結果を得ている。これは、細井らの実験は $\cot \theta=2.0$ に固定しているのに対し、著者らの実験では、 H/L に応じて $\alpha=0^\circ$ の場合に最も越波し易い最適法面勾配 $(\cot \theta)_{\max}$ で得られた越波量を基準として $K\alpha$ を求めているために、細井らの場合よりも $K\alpha$ が小さい値になったと考えられる。また、 H/L に応じて $(\cot \theta)_{\max}$ を変化させたことが、 $K\alpha$ に対する H/L の依存性が強く現れなかった要因と考えられる。

以上のことから、越波堤に波が斜め入射する場合の越波量 QR_{20}/HL は波が垂直入射する場合の越波量 QR_2/HL に、越波量減少係数 K_α を乗ずることにより算定が可能となった。

参考文献)

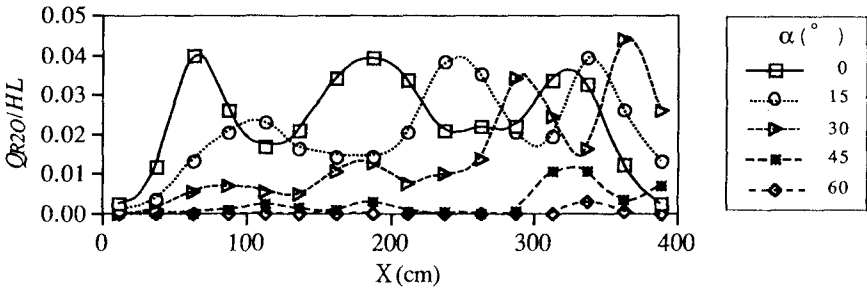
- 1)小松ら：海岸工学論文集，42，1001(1995).
- 2)小松ら：海洋開発論文集，8，105(1992).
- 3)井上ら：海岸工学講演会論文集，18259(1971).
- 4)細井ら：海岸工学講演会論文集，9，149(1962).



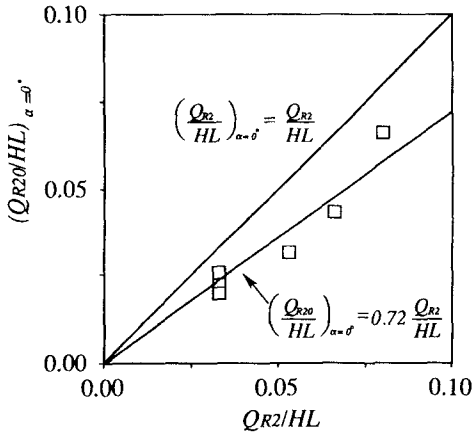
図－1 越波堤構造物の諸量

表－1 実験条件

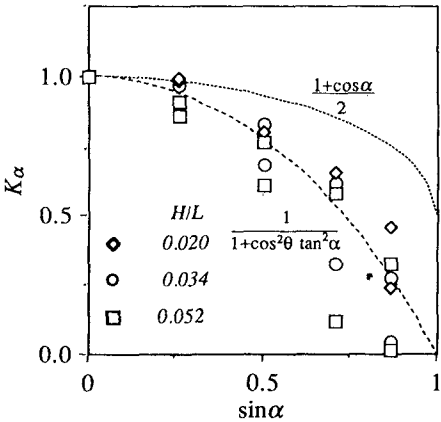
T(s)	L(cm)	H(cm)	H/L	(cotθ) _{max} (θ°)	hc/H	sin α(α°)
1.3	231	4.6	0.020	3.2 (17.4°)	0.66,1.00	0.00 (0°),0.26 (15°)
		7.9	0.034	2.5 (21.8°)	0.47,1.00	0.50 (30°),0.71 (45°)
		12.0	0.052	2.1 (25.5°)	0.25,1.00	0.87 (60°)



図－2 QR_{20}/HL の分布 ($H/L = 0.052$, $hc/H = 1.00$)



図－3 $(QR_{20}/HL)_{\alpha=0^\circ}$ と QR_2/HL の関係



図－4 減少係数 K_α と入射角の関係