

堤防越波量低減に対する離岸堤の合理的配置計画について

大阪大学工学部 正員 ○榎木 亨
大阪大学工学部 正員 岩田 好一朗

1. 緒言 : 筆者らは昨年の海岸工学講演会において離岸堤の設置条件によって堤防越波量の変化が離岸堤の背後領域と開口領域とでは大きく異なる事を指摘し、背後領域の堤防越波量を低減させるには、離岸堤の設置距離 X/L_0 を小さくする事、離岸堤長さ l/L_0 を大きくする事、離岸堤の高さ h_c/h^* を大きくする事が有効である事を明らかにした。また開口領域を対象とする場合は離岸堤設置間隔 B/L_0 を小さくする事が越波量低減のために有効である事を指摘した。ここで、 L_0 : 沖波波長、 X : 設置距離、 l : 設置長、 h_c : 設置高、 B : 設置間隔、 h^* : 設置位置での静水深である。今回さらに越波量に及ぼす B/L_0 の効果について検討を加え、その結果を記し、あわせて堤防越波量低減のための離岸堤の合理的配置について考察を加える。なお実験装置と実験方法は前回、報告と同様であるが、離岸堤の設置条件としては、 $H^*/H_0 = 0.8$ (H^* : 静水面から堤防天端までの高さ)、 $h_c/h^* = 0.73$ と 1.30 の二種類、 $X/L_0 = 0.9$ と 1.25 と 1.5 の三種類、 $l/L_0 = 1.0$ 、 $B/L_0 = 0.2, 0.3, 0.5, 0.75, 1.0, 1.5$ の六種類である。

2. 堤防越波量に及ぼす B/L_0 と X/L_0 の効果について :

図-1、図-2に示すように堤防越波量に及ぼす B/L_0 の効果は背後領域と開口領域とでは明確に異なる。

(i) 開口領域では離岸堤開口部からの回折波が堤防越波量を支配するため、回折波理論が示すように開口幅 B/L_0 が $1.5, 1.0, 0.75, \dots$ と小さくなるにつれて堤防への入射回折波高が低減するため越波量が減少してくる。そしてこの越波量低減に及ぼす B/L_0 の効果は $X/L_0 = 1.5$ の時一番有効であり、 $B/L_0 = 1.5$ から 0.5 にするだけで、後者は前者の $1/5$ 程度の越波量に低減する。しかし、 $X/L_0 = 1.25$ あるいは 0.9 になると B/L_0 の効果は $X/L_0 = 1.5$ の場合ほど顕著ではなく、 $B/L_0 = 1.5$ から 0.5 にすると後者は前者の $1/2 \sim 1/3.5$ 程度となってしう。

(ii) 背後領域では離岸堤の設置高さ h_c/h^* により B/L_0 の越波量低減に及ぼす効果は著しく異なり、 $h_c/h^* = 0.73$ の浅堤の場合は離岸堤を通過した波が堤防越波量を支配するため B/L_0 を変化させても越波量の変化は少なくほぼ一定の値をとっている。しかし図-2に示す $h_c/h^* = 1.3$ の時は $h_c/h^* = 0.73$ より透過波が小さくなり、離岸堤開口部からの回折波が合成される形で堤防に入射するが、この波の挙動が複雑であるため B/L_0 を小さくすると例えは $X/L_0 = 1.25$ の時 $B/L_0 = 0.3$ での越波量が $B/L_0 = 1.0$ の10倍もの値に増大する事もあるため、この背後領域では B/L_0 を小さくする事による越波量低減効果は多く期待できない。

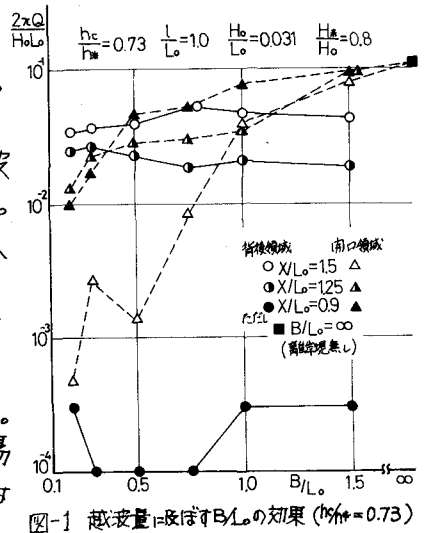


図-1 越波量に及ぼす B/L_0 の効果 ($h_c/h^* = 0.73$)

3. 離岸堤、合理的配置について :

図-1、図-2に示すように離岸堤設置条件により背後領域が南口領域より越波量が大きくなつたり、また逆に南口領域が大きくなつたりして越波量の分布が著しく異なる。このように越波量分布が一様でない場合は期待越波量で堤防の天端高などを決めると越波量の低い部分に対して大きな安全率をとり合理的ではない。そこで筆者らは離岸堤により堤防越波量分布を一様にもたしめる配置を合理的な離岸堤配置と考えるが、これを B/L_0 によりもたすには、 $h_c/h^* = 0.73$ の時図-1に示すように $X/L_0 = 1.5$ のとき $B/L_0 = 1.0$ 、 $X/L_0 = 1.25$ のとき $B/L_0 = 0.4$ 、また $h_c/h^* = 1.3$ の時は図-2に示すように、 $X/L_0 = 1.5$ のとき $B/L_0 = 0.4$ 、 $X/L_0 = 1.25$ のとき $B/L_0 = 0.3$ にすればよい事がわかる。

このように越波量の分布を一様化するためには $H^*/H_0 = 0.8$ の場合でも B/L_0 だけで一義的に決定できなく、 h_c/h^* 、 X/L_0 といった要素と組合せて決めなければならぬが、さらに合理的配置を決める場合には離岸堤と堤防面、波の反復効果が越波量に及ぼす影響について検討しなければならない。いま離岸堤を透過した波が堤防で一部は越波するが残りは反射され、この反射波が離岸堤で反射されて再び堤防へ入射するといった過程が離岸堤と堤防面で繰り返されるものとし、さらにこの繰り返しにより生じる合成波を単純に重ね合わせるものとする、堤防前面での合成波： $\overline{H_c}$ は、 $\overline{\delta_{R1}} \cdot \overline{\delta_{R2}} \cdot \overline{\delta_T} \cdot \overline{H_c}$ 以上の高次微小項を省略すると(1)式で与えられる。またさらに(1)式より堤防前面波高 H_c を求めると(2)式で与えられる。

$$\overline{H_c} = \overline{\delta} \cdot \overline{\delta_T} \cdot \overline{H_c} (\overline{\delta} + \overline{\delta} \cdot \overline{\delta_{R1}} + \overline{\delta_{R2}} \cdot \overline{\delta_{R1}} \cdot \overline{\delta}^2 + \overline{\delta_{R2}} \cdot \overline{\delta_{R1}}^2 \cdot \overline{\delta}^3)$$

$$H_c = \overline{\delta} \cdot \overline{\delta_T} \cdot H_c \sqrt{(1 + \overline{\delta_{R1}})^2 + (\overline{\delta_{R2}} \cdot \overline{\delta_{R1}} \cdot \overline{\delta}^2 + \overline{\delta_{R2}} \cdot \overline{\delta_{R1}}^2 \cdot \overline{\delta}^2)^2 + 2(1 + \overline{\delta_{R1}})(\overline{\delta_{R2}} \cdot \overline{\delta_{R1}} \cdot \overline{\delta}^2 + \overline{\delta_{R2}} \cdot \overline{\delta_{R1}} \cdot \overline{\delta}^2) \cos \frac{4\pi X}{L}} \quad (2)$$

なお、(1)式(2)式で用いた記号は $\overline{H_c} = H_c \exp(i\phi_c)$ ；入射波、 $\overline{\delta} = \delta \exp(-\frac{2\pi X}{L})$ ：回折係数による波高減衰率、 L ：離岸堤と堤防間の波長、 $\overline{\delta_{R1}} = \delta_{R1} \exp(i\phi_{R1})$ ：堤防による反射率、 $\overline{\delta_{R2}} = \delta_{R2} \exp(i\phi_{R2})$ ：離岸堤による反射率、 $\overline{\delta_T} = \delta_T \exp(i\phi_T)$ ：離岸堤の透過率、 $\overline{H_c} = H_c \exp(i\phi_c)$ ：合成波、と示すもので、一は複素数表示を示し、 i は虚数、 ϕ は位相差を意味する。また、(2)式は(1)式において離岸堤と堤防での透過及び反射にともなう位相差を0として導いてある。堤防越波量は凡う効果を考慮しないと堤防前面波高で規定され、前面波高が大き

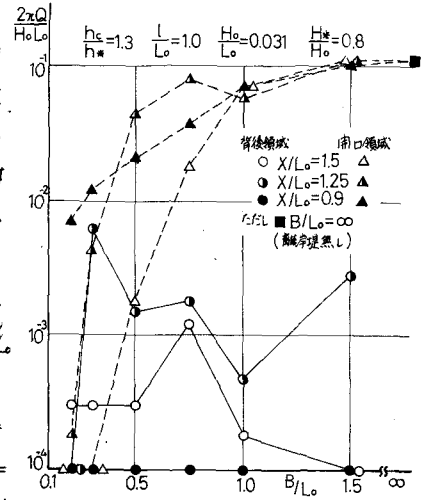


図-2 越波量に及ぼす B/L_0 の効果 ($h_c/h^* = 1.3$)

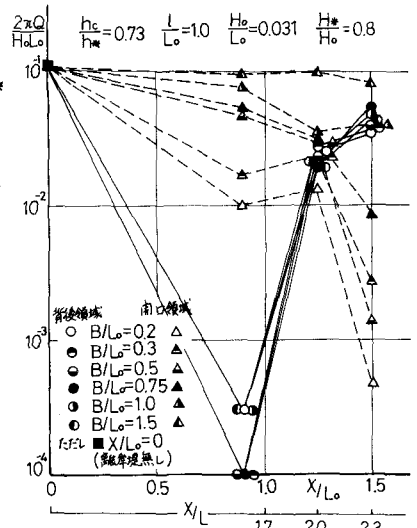


図-3 越波量に及ぼす X/L_0 の効果 ($h_c/h^* = 0.73$)

くなると越収量が增大するので越収量低減のためには、(2)式で示すように離岸堤の透過係数 δ 、減衰係数 δ_1 、 δ_2 などの係数を小さくすればよく、そのための hc/h_e 、 B/L_0 、 X/L_0 のとり方について前回の報告も含めて議論してきたが、(2)式によれば X/L_0 は直接前面積高つまり越収量を規定する重要な要素となっている。すなわち、 δ 、 δ_1 、 δ_2 、といった係数が X/L_0 に関係なく一定と考えると、 hc が小さくなると越収量が少なくなるとは $\cos \frac{4\pi X}{L} = -1$ の時設置距離 X が

$$X = \frac{1}{4}(2n+1)L, \quad (n=0, 1, 2, 3, \dots) \quad \text{--- (3)}$$

を満たす時であり、逆に越収量が大きくなるのは $\cos \frac{4\pi X}{L} = 1$ の時設置距離 X が

$$X = \frac{1}{2}(m+1)L, \quad (m=0, 1, 2, 3, \dots) \quad \text{--- (4)}$$

を満たす時である。図-3、図-4はこの設置距離 X の効果(図-4 越収量に及ぼす X/L_0 の効果($hc/h_e=1.3$))を検討するために図-1と図-2に示した値を再整理したものである。図4に示れば、背後領域については $hc/h_e=1.3$ の時、 $X/L_0=1.25$ つまり $X/L=2.0$ で越収量が増大し、 $X/L_0=1.5$ つまり $X/L=2.28$ ($\cong 2.25$)で越収量が低減して及復効果が明らかであり、これより(3)式、(4)式の妥当性を確認する事ができる。しかし、 $hc/h_e=0.73$ の時は図-3に示すように X/L_0 の増大にともない越収量が単調に増加しており(3)式、(4)式で示される波の及復効果は認められない。これは $hc/h_e=0.73$ の時は着堤となるため、 δ が大きくなり、さらに δ と δ_{R1} が X/L により変化し、 $\cos \frac{4\pi X}{L}$ の効果も小さくなるにものと考えられるが、この点について今後更に検討を要する。一方開口領域については、 hc/h_e の値とは関係なく、 $X/L_0=1.25$ つまり $X/L=2.0$ で越収量が増大し、 $X/L_0=1.5$ つまり $X/L=2.28$ ($\cong 2.25$)で越収量が大きく低減し、(3)式、(4)式で示すような越収量に及ぼす波の及復効果が認められるが、この及復効果は例え、 $hc/h_e=1.3$ の場合には $B/L_0=0.2$ と 0.3 のように小さい場合と $B/L_0=1.5$ の大きい場合にはあらわれない場合もあって、及復効果に及ぼす B/L_0 の効果についても今後検討を要する。しかし、堤防越収量低減に X/L_0 が重要な要素となっており設置距離 X を(3)式を満たすように決める事は越収量低減に有効である。

以上、堤防越収量低減のための離岸堤設置条件について検討を加え、合理的配置について考察してきた。単純重ね合わせて導いた(2)式がかなり越収現象を説明するものと考えられるので今後さらに(2)式の各要素を離岸堤設置条件の関数で表示して越収量と結びつけていくとともに先に述べた開口部、遮蔽領域とも一様な越収量を示す B/L_0 、 X/L_0 の関係を明らかにしていきたい。なお本実験は島居剛(東亜港湾K.K.)氏の協力によるものと大きく謝意を表する次第である。

<参考文献>

- 1) 榎本・岩田：「堤防越収量に及ぼす離岸堤背後地形効果に関する実験的研究」 第18回海岸工学講演会論文集
- 2) 石原・本間：応用水理学・中Ⅱ，丸善

