

II-25 捨石堤背後の伝達波高について

大阪工業大学 正員 久保 弘一

大阪工業高専 正員 上田 伸三

大阪工業大学 正員 井田 保夫

1. はじめに. 防波堤などで囲まれた水域に生ずる波浪は港口からの侵入によるもの、風によって港内で発生するものを除けば、主として越波のエネルギーが原因であるが、全体または一部が捨石、消波ブロックなどで構成された捨石堤あるいは混成堤では堤体内を透過する伝達エネルギーの影響を無視することはできない。防波堤天端高と波高伝達率の関係については従来から多くの研究^{1), 2), 3)}が行われ、その成果が発表されているが主として直立堤あるいは混成堤に関するものが多く、捨石堤形式を対象としたものは意外に少なく、三連神戸調査設計事務所の捨石堤に関する実験および港湾技術研究所のテトラポッド堤の模型実験の結果くらいしか見当らない。神戸調査設計事務所の実験は港外側 1:2、港内側 1:1.5 の捨石堤模型を用いて行われ、相対天端高 R/H と波高伝達率 $K_T (= H_T/H)$ の関係についてつぎのような実験式を得ている。

$$R/H < 1.0 \text{ すなわち越波による影響のある場合については, } K_T = \frac{H_T}{H} = 0.61(1 - 0.86 \frac{R}{H}) \text{-----(1)}$$

$$R/H \geq 1.0 \text{ すなわち越波による影響のない場合については, } K_T = 0.085 \text{-----(2)}$$

ただし、 H : 入射波高、 R : 堤体の天端高(静水面上)、 H_T : 伝達波高

しかしながら、この結果には (a) 波形勾配の影響が含まれていない。およそ海岸構造物周辺に生ずるあらゆる現象は波の特性と密接な関係があるはずであり、波高の伝達も当然、波の特性と結びつくはずである。(b) 堤体の幅も伝達波高を左右する重大な要因の一つとして考えねばならない。天端幅(堤体幅)は単に透過エネルギーに影響をおよぼすのみならず、越波水塊の港内側への流入形態にも大きな影響をおよぼすものと考えねばならない。

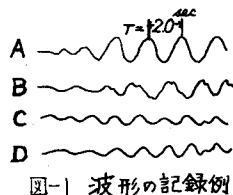
この研究は以上の観点から捨石堤について、つぎの2点に着目して実験的に検討した。

(a). 相対天端高 R/H と波高伝達率の関係、特に波形勾配の影響について

(b). 天端幅 B あるいは堤体幅と波高伝達率の関係

2. 実験設備および方法. 実験に用いた水槽は長さ 30m、幅 60cm、高さ 80cm の片面ガラス張りの鋼製水路で造波装置はフラップ式である。捨石堤模型は水槽のほぼ中程に粒径 1~2mm の砂利で形造った(空隙率 40%)。またのり面の勾配は港内外とも 1:2 とした。波高の記録は温度補償付きの抵抗線式波高計およびビジコーダーを使用し、設置場所はすべて捨石堤背後のろヶ所とし、入射波としては反射波などの影響を考慮して、同一場所で堤体設置前に測定したものと採用することにした。実験の条件は表-1 に示す。

図-1 は波高計により記録された波形の一例であり、A は堤体のない場合の波形で、B は堤体を設置した場合の堤体直後の所の波形で、波が乱れているのは越波の影響のためである。C と D はそれぞれ堤体直後 2.5m、3.0m の波形である。



水深 h	40 cm
堤体の天端高 R	0, 1.5, 5, 10, 15 cm
堤体の天端幅 B	10, 20, 30, 40 cm
入射波高 H	2.5 ~ 10 cm
周期 T	1.3, 1.5, 2.0, 2.5 sec
波長 L	200 ~ 480 cm
波形勾配 H/L	0.005 ~ 0.042

表-1 実験条件

3. 実験結果と考察

(1) 相対天端高 R/H と波高伝達率 K_T との関係

港湾構造物設計基準および三建神戸調査設計事務所などの表示法により、筆者らが特に波形勾配の影響を考慮して行なった実験の結果、捨石堤の天端高と波高伝達率との関係を示すと図-2のごとくで、 R/H と K_T との関係を次式で表わし、最小自乗法で a , b , C の値を求めると表-2 のとおりである。

1) R/H が 0~1.0 の範囲では、

$$K_T = a(1 - b \frac{R}{H}) \text{-----(3)}$$

2) R/H が 1.0 以上では、

$$K_T = C \text{-----(4)}$$

また、巨視的に波形勾配を考慮しない場合は $a=0.42$, $b=0.76$, $C=0.10$ となり、三建神戸調査設計事務所の提示したものと多少、異なる結果を得た。

以上の結果から、 H/L の項を包含した波高伝達率の式を求めると次のようになる。

3) R/H が 0~1.0 の範囲では、

$$K_T = 0.56(1 - 0.63 \frac{R}{H} - 0.97 \frac{H}{L}) \text{-----(5)}$$

4) R/H が 1.0 以上では、

$$K_T = 0.25(1 - 24.8 \frac{H}{L}) \text{-----(6)}$$

式(6)で H/L が 0.04 以上になると K_T は 0 と見なして差支えない。式(5)(6)による計算値を実験値と比較すれば、誤差は 10% 以内にとどまった。

(2) 天端幅 B と波高伝達率 K_T との関係

B/h をパラメータとし、 H/L と K_T の関係を示したものが図-3, 4 である。この図から、 $R=5, 15\text{cm}$ の場合は $H/L = 0.025$ 付近で顕著な変化が見られた。しかし、 $R=0\text{cm}$ の場合には H/L の影響がそれほど明らかでなく、波の特性よりも碎波形態に支配される。

一方、 H/L をパラメータにとり、 B/h と K_T との関係を示すと図-5(A~D) のようになり、 R は 0, 5, 15cm の順に左から右へ、 T は 2.0, 2.0, 1.5, 1.3 の順に上から下に配した。

図-5(A~D) から明らかなように、全般的に B/h が増加するにつれて、 K_T が減少する傾向はあるが、 $R=0\text{cm}$ の場合には $H/L=0.025$ 付近を境にして、減少の形態が異なっている。(A) (B) と (C) (D) の比較すなわち、(A) (B) は B/h の増加にしたがって、 K_T が単調には減少していかない。

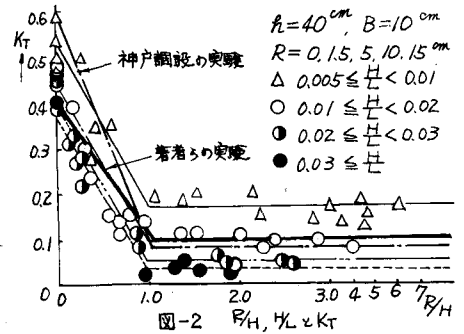


図-2 R/H , H/L と K_T

H/L	a	b	C	H/L	a	b	C
0.005 ~ 0.0075	0.54	0.63	0.20	0.025 ~ 0.03	0.37	0.89	0.04
0.0075 ~ 0.01	0.51	0.69	0.16	0.03 ~ 0.035	0.41	0.90	0.04
0.01 ~ 0.015	0.46	0.78	0.10	0.035 ~ 0.04	0.375	0.92	0.03
0.015 ~ 0.02	0.43	0.79	0.09	0.04 ~	0.39	0.95	0.02
0.02 ~ 0.025	0.42	0.86	0.06				

表-2 H/L と a, b, C

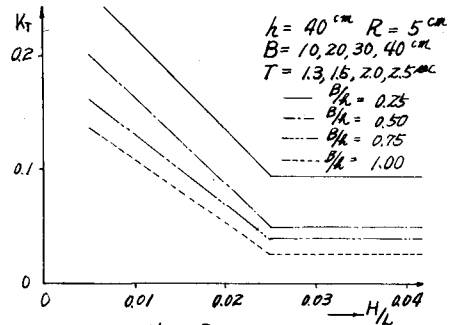


図-3 H/L , B/h と K_T

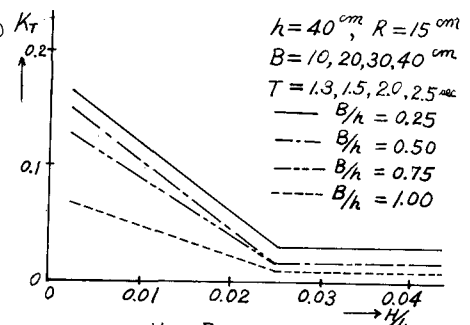


図-4 H/L , B/h と K_T

また、 $R = 5, 15 \text{ cm}$ の場合は B/L の K_T に与える影響はさほど小さくなく、むしろ B/L よりも H/L の方が影響が大きい。

さらに、 B/H と K_T との関係を示すと図-6, 7 のようになる。図によれば、 $R = 0 \text{ cm}$ の時、 K_T は H/L よりも B/H との相関関係が大きいが、これは波の特性よりもむしろ波高、ちなわち碎波形態による影響が大きいことを示し、 $R = 5 \text{ cm}$ の時は B/H に関係なく K_T はほぼ一定となり、この場合は波の特性に影響されることを示している。

(3). 水量輸送率 S と波高伝達率 K_T との関係.

港内側に伝達される波浪は越波および透過のエネルギーによって生ずるから、波高伝達率は港内外の波による輸送水量の比と密接な関係がある。

いま輸送水量として図-8 のように、波浪の静水面上の水量を

$$Q = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} L (H_n + H_{n+1} + H_{n+2})$$

によって求め、これから水量輸送率 S を次のように定義した。

$$S = Q_T / Q_I \text{ ----- (7)}$$

ただし

Δ $0.005 \leq H/L < 0.01$ $\circ$ $0.01 \leq H/L < 0.02$ $\bullet$ $0.02 \leq H/L < 0.03$ $\bullet$ $0.03 \leq H/L$

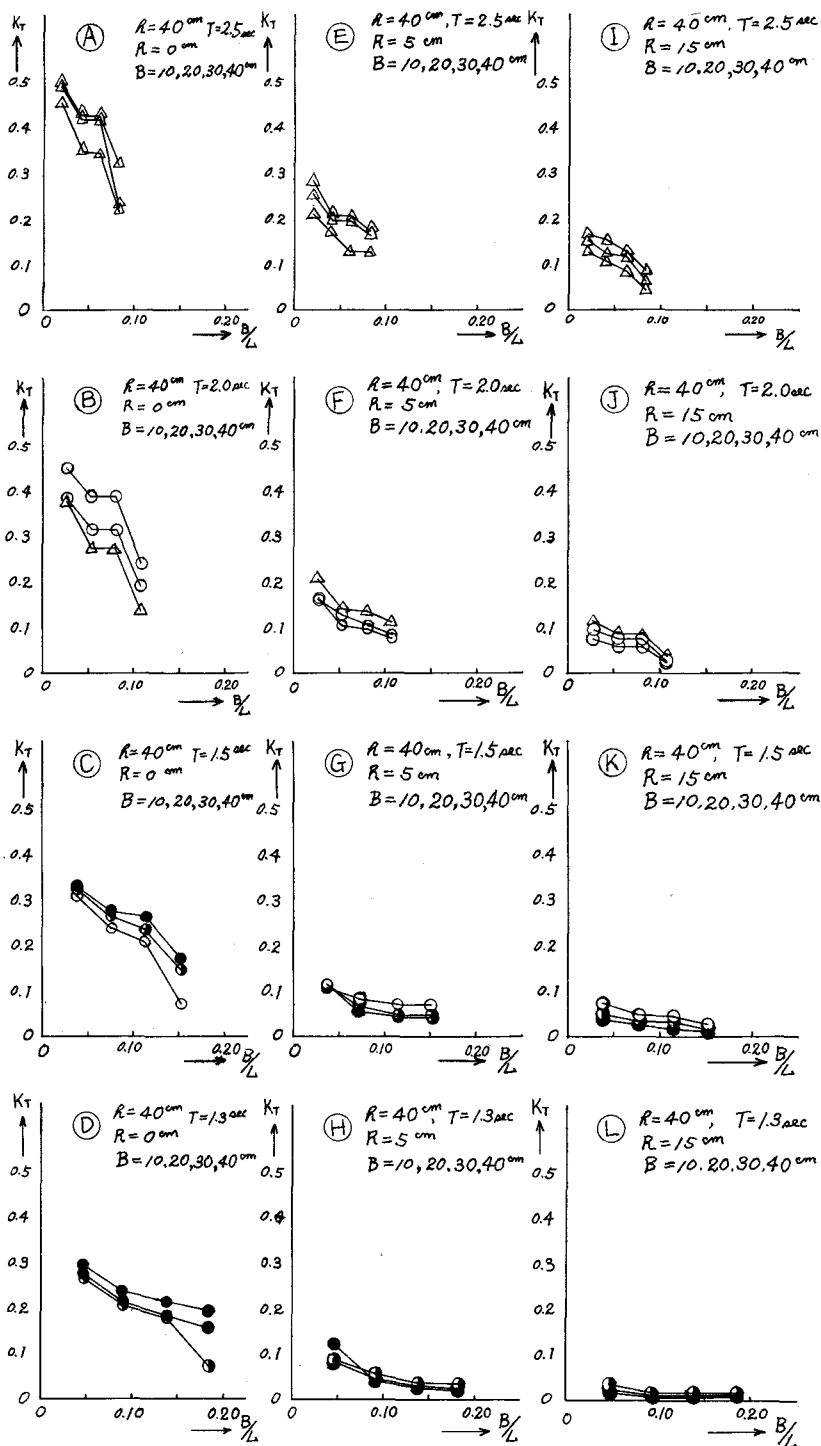


図-5 B/L , H/L と K_T

Q_T = 港内側の波の静水面上の水量

Q_1 = 港外側の波の静水面上の水量

S と K_T との関係を示すと図-9の通りでこれらより次式を得た。

$$S = 1.13 K_T \text{----- (8)}$$

また、越波のみによる水量輸送率 S' を求めると前記の(6)式を利用して次のように表わすことができる。

$$S' = 1.13 \{ K_T - 0.25(1 - 24.8 \frac{H}{L}) \} \text{----- (9)}$$

4. あとがき

この研究では主として波の特性および堤体幅が波高伝達率におよぼす影響という点を中心に検討を進めてきた。その結果、前者については $B/H \geq 1$ および $B/H < 1$ の場合について、波の特性を考慮した(5)および(6)式を誘導した。また後者については、堤体幅が透過エネルギーにおよぼす影響、天端幅が越波水塊の挙動におよぼす影響についても若干の成果を得た。しかしながら、

(a) 堤体の空隙率および空隙諸特性が波高伝達率におよぼす影響にはふれていない。これは実際の複雑化をさけるため、別の方法で検討したい。

(b) 天端が静水面に非常に近い場合の波の特性と波高伝達率との関係を充分、明らかにすることができなかった。しかし天端が非常に低い場合の天端上の水の運動は波形勾配よりも、むしろ波高と天端高または天端の水深の関係によって規定される砕波形態に支配されることが非常に大きいと考えられるので、他の場合とは違った観点から法則性を見出しに行きたい。

なお、今後、引き続き天端が静水面より低い潜堤形式のものについても検討を進めて行きたい。

参考文献

- 1) 谷田良実・竹田英章；越波による防波堤背後への波高伝達率，第13回海岸工学講演会講演集，1966。
- 2) 運輸省港湾建設局・神戸調査設計事務所；捨石防波堤背後への波高伝達率，1966，No. 70。
- 3) 日本港湾協会；港湾構造物設計基準，2-4-16。

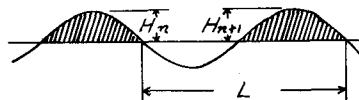
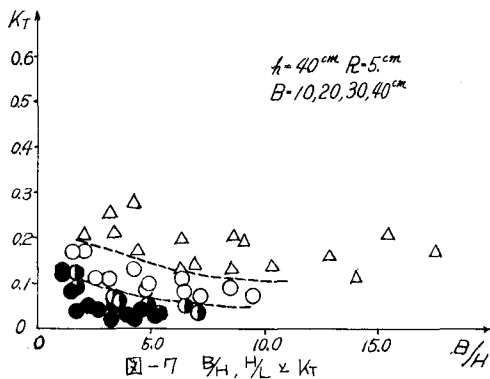
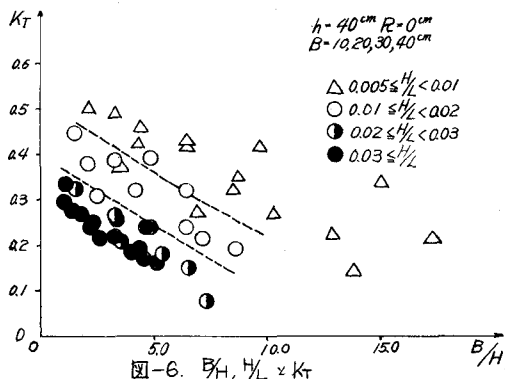


図-8 波の模図

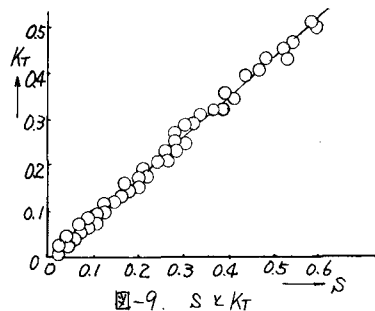


図-9. S と K_T