

II-31 斜め入射波によるブロック積傾斜堤の波高伝達率について

北海道開発局土木試験所 坂本 洋一
 北海道開発局 正員 宮地 陽輔
 北海道開発局土木試験所 正員 上西 隆広

1 ま え が き

近年、生活空間としての港湾における環境保全が重要視されてきた。例えば、水質保全については、海岸や港湾における防波堤にも透過性のものが使用されるようになった。従来よりみられる傾斜堤、潜堤はもちろんのこと、新しいものでは浮防波堤あるいは空気防波堤など多種・多様な構造様式が全国各地で建設されてきている。なかでも、傾斜堤は最も古くより使われており、施工実績も数多い。この種の構造物に関しては、水理機能特性把握のための調査研究が従来より行われてきているものの設計法として十分確立されていない状況である。また、その特徴でもある透過性をいかに定量的に把握するかが設計実務者の最も苦慮してきたところである。こうした要請に対応して、筆者らはこの種の防波堤の設計に役立たせるため、2次元水路において一連の傾斜堤背後における伝達波特性を実験的に求め、その定量化に一定の成果を得たので発表している。¹⁾

これらの実験結果は、堤体に対して入射波が直角に作用する場合を対象としている。

本報文では、さらに堤体に対して入射波が斜めに作用した場合の伝達波特性を把握するため、平面水槽で実験を行い検討したので報告するものである。

2 実験装置および方法

実験に使用した水槽は、図-1に示すような長さ23.0 m、幅18.0 m、深さ1.0 mの2次元水槽で、縦15.0 m、横10.6 m、高さ0.5 mのモルタル水平床を設けたものである。造波機は造波板の長さが10 mのフラップ型式で、規則波を発生させた。また、この実験ではフルードの相似則を用い、模型縮尺は $1/100$ を想定した。波高の測定には、容量式波高計を使用し、無現象オシログラフに記録させ読みとった。入射波高は、無堤時に沖波波高と堤体設置位置での波高を求めておいて、堤体設置後は沖波波高から入射波高を求めた。なお、こうした平面水

槽における実験で最も重要なことは、波高が場所的に一様でなければならないことである。このことから伝達波高の測定は、いずれの波向においても場所的に十分一様な波高となった堤体背後1 mでは、中心とそれより両端に1 mずつ離れた地点の3カ所、堤体背後2 mでは中心1カ所の計4カ所で測定し、その平均値を伝達波高 H_t とし、上記の入射波高 H_i との比より波高伝達率 $K_t = H_t/H_i$ を求めた。

使用したブロックはテトラポッド32g型(現地換算32t型)を用い、模型堤体は図-2に示すように一定断面とした。

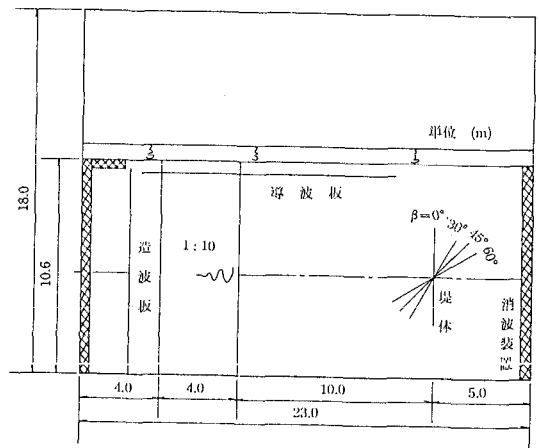


図-1 模型平面図

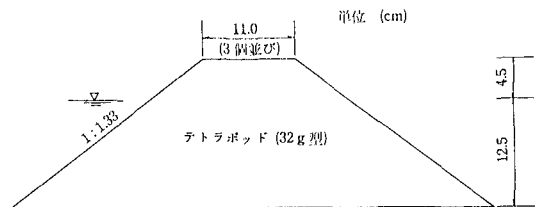


図-2 模型堤体

実験波の波向 β は、 0° 、 30° 、 45° および 60° に変化させ、周期 T は 1.0 sec 、 1.3 sec および 1.6 sec 、波高 H は約 1.0 cm 堤体前面で砕波するまで徐々に上げて実験を行った。

なお、模型堤体長は堤体端の影響を抑えるためできるだけ延長を長くすることとし、各実験ケースとも 5 m とした。

3 実験結果とその考察

(1) 波高伝達率に及ぼす波の入射角の影響

堤体に対し、波が直角に作用する場合の透過性構造物の波高伝達率算定法は種々検討されており、岩崎・沼田^{2) 3)} は合田⁴⁾ が金網ウェブフィルターを対象に提案した理論式をブロック式傾斜堤に使用し、実験的に波高伝達率 K_t を、

$$K_t = \frac{1}{(1 + K\sqrt{H_i/L_i})^2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

で表わしている。

筆者らはいくつかのブロックで傾斜堤の波高伝達率を実験的に検討し、式(1)が非越波時の場合、波形勾配 H/L が $0.01 \sim 0.05$ の範囲で十分妥当な近似式であることを確認した。

沼田らは、式(1)中の定数 K を表わす指標として、静水面での堤体幅 B とブロック寸法 d との比 B/d を用いている。筆者らの実験結果を同様に整理した結果、ブロック形状が同一の場合には、 K と B/d はほぼ直線関係となるが、ブロック形状別に有意な差が認められた。そこで B/d に代わり定数 K を表わすより汎用性のある指標として『静水面における堤体直角方向からみた単位投影面積当たりの総表面積 KA 』を導入し、

$$KA = \frac{\alpha(1-\eta)}{\beta} \cdot \frac{B}{d} \quad \dots\dots\dots (2)$$

α 、 β ：ブロック形状を表わす定数

η ：堤体空隙率

で表わし、また式(2)を、

$$KA = \frac{A(1-\eta)}{V} \cdot B \quad \dots\dots\dots (3)$$

A ：ブロック1個の表面積 ($= \alpha d^2$)

V ：ブロック1個の体積 ($= \beta d^3$)

とも置換え実験式として、

$$K = 0.32 KA^{0.75} \quad \dots\dots\dots (4)$$

を導いた。

したがって、堤体に対し波が直角に作用する場合の非越波時における波高伝達率 K_t の算定式として、

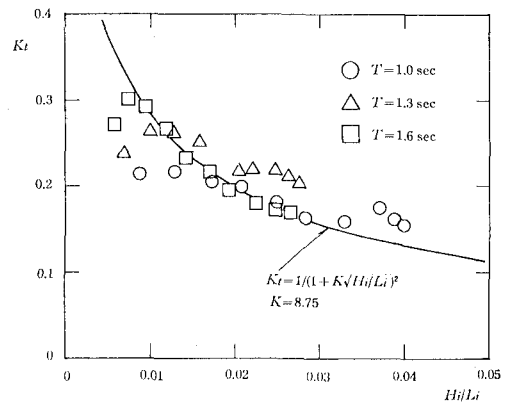
$$K_t = \frac{1}{(1 + 0.32 KA^{0.75} \sqrt{H_i/L_i})^2} \quad \dots\dots\dots (5)$$

を提案した。

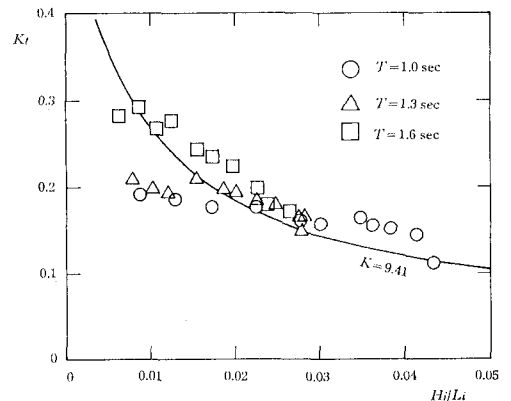
斜め入射波を対象とした本実験においても、上記で述べた事柄をふまえて同様に整理した。

図3.1～3.4は、波向 β が 0° 、 30° 、 45° および 60° のそれぞれの波高伝達率 K_t と入射波の波形勾配 H_i/L_i との関係を周期をパラメータとして示したものである。

本実験においても式(1)を適用し、実験値から式中の定数 K を求め、実験式を描いたものが図中の曲線



図－3.1 波形勾配と伝達率 ($\beta = 0^\circ$)



図－3.2 波形勾配と伝達率 ($\beta = 30^\circ$)

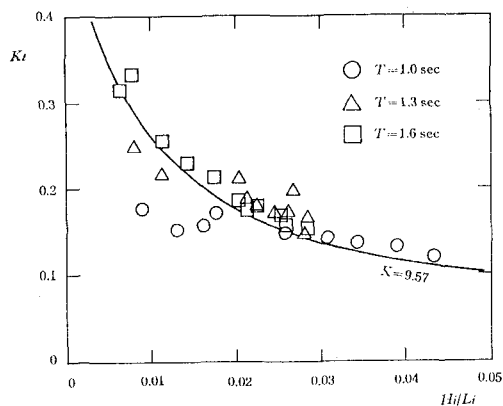


図-3.3 波形勾配と伝達率 ($\beta = 45^\circ$)

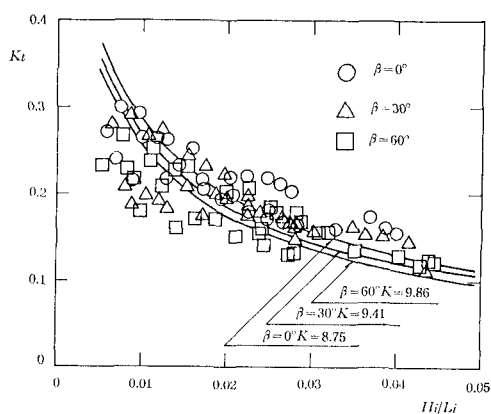


図-4 波高伝達率に及ぼす入射角の影響

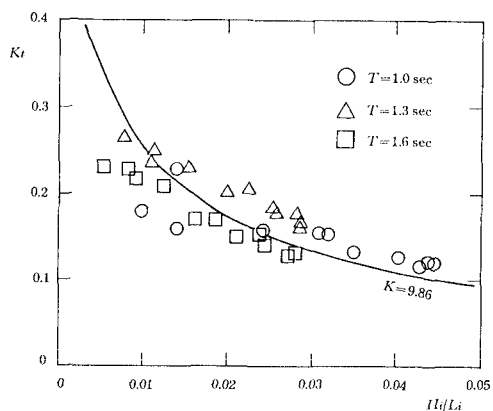


図-3.4 波形勾配と伝達率 ($\beta = 60^\circ$)

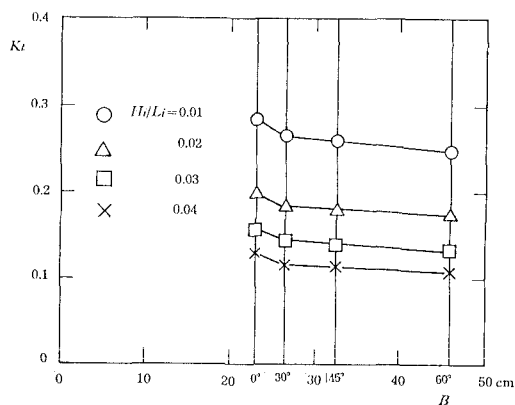


図-5 波高伝達率に対する堤体幅の影響

である。実験値は、 H_i/L_i が 0.01 付近で多少のばらつきがみられるものの式(1)を表す実験の近傍に分布している。

図-4 はそれらを比較したものである。

$\beta = 0^\circ$ の伝達率と比較した場合、伝達率の差そのものは顕著に表われていないが、 $\beta = 30^\circ$ では約 0.02、 $\beta = 60^\circ$ では約 0.03 の減少がみられるにすぎない。すなわち、波の入射角による伝達率の影響はきわめて小さく、明確な差が認められない。

堤体に対して波が斜めに入射する場合は、堤体内を波が斜めに進行すると考えられるので、入射角の影響を波の進行する方向の堤体幅に置き換えて考えることができる。

図-5 は筆者らが 2 次元水路で求めた実験式(5)に

より、それぞれの入射波向での斜め方向の堤体幅を用いて算出した波高伝達率の計算結果を示す。これより、入射角が大きくなるにつれ、伝達率 K_t は減少している。すなわち、堤体幅が増大すると特に $\beta = 30^\circ$ では $\beta = 0^\circ$ に対して、 K_t の減少度合いも大きく顕著である。しかし、 $\beta = 45^\circ$ 、 $\beta = 60^\circ$ になると K_t の減少はゆるやかになり、堤体幅が増大しても K_t の減少にはそれほど寄与しない傾向がうかがえる。

そこで、こうした入射角の影響をより明確にするために示したものが図-6 である。

図では横軸に入射波の波向角度 β を縦軸にはそのときの波高伝達率の $\beta = 0^\circ$ のそれに対する比率を示している。また、図中には図-5 で用いた計算値を

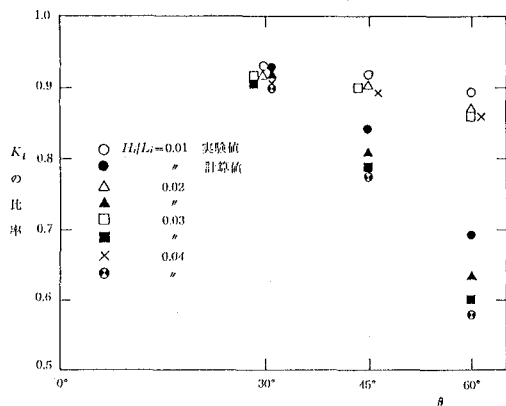


図-6 波高伝達率の入射角効果

あわせて示した。

これによると、 $\beta = 30^\circ$ の場合では実験値と計算値はほぼ一致し、その比率は 0.90 付近に集まっている。すなわち、この結果から入射角 $\beta = 30^\circ$ 程度までは、斜め方向の堤体幅を用いて、実験式から伝達率 K_t を算出してさしつかえないと考えられる。次に $\beta = 45^\circ$ 、 $\beta = 60^\circ$ の場合では、計算値は実験値に比して低い値を示している。これより $\beta = 45^\circ$ 程度以上になると、入射波向の堤体幅を用いて伝達率を算出すると小さく見積ることになる。この原因として考えられることは、透過波が堤体内部を通過する際に、入射波の波向よりも堤体の垂線方向に偏向し、波の屈折に似た現象が生じるものと思われる。したがって、この程度の入射角を持つ場合には、堤体幅が増大しても伝達率の低減に大きな影響を与えないものと推察できる。

現在、防波堤の設計では波の不規則性などを考慮し、設計波向の入射角が 15° までは設計波が防波堤に直角に入射することとし、入射角が 15° 以上では波向 β を補正して、入射角 $(\beta - 15^\circ)$ とし設計している。このことをふまえ、実設計において斜め入射波の波高伝達率 K_t を算出する場合も図-7に示すように補正角として 15° を取入れる。補正入射角 $\beta = 0^\circ$ の場合には、直角方向の堤体幅 B を用いる。補正入射角 $0^\circ < \beta' < 30^\circ$ の範囲においては、斜め方向の堤体幅 B' として $B' = B \times 1/\cos\beta'$ とする。さらに補正入射角 $\beta' > 30^\circ$ の場合には、 $\beta' = 30^\circ$ の時の $1/\cos\beta' = 1.15 \times B$ とする。

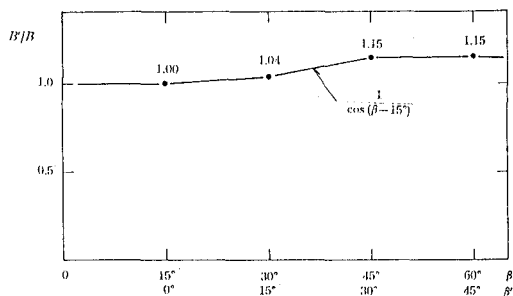


図-7 入射角(補正入射角)と換算堤体幅

以上により、実設計において斜め入射の波高伝達率 K_t を算出する場合、入射角の影響を波の進行する方向の堤体幅に置き換えて、実験式(5)で算定することが可能である。

4. あ と が き

以上、筆者らは斜め入射波の場合のブロック積傾斜堤の波高伝達率について実験的に検討を試みた。その結果、入射角を持つ場合での波高伝達率は、直角に入射する場合の実験式(2)、(3)、(4)あるいは(5)を準用できること、さらにこの場合での実設計での堤体幅の取扱い方について、若干の提案をした。

参 考 文 献

- (1) 筆者ら、ほか：傾斜堤の水利機能に関する調査研究、第30回海岸工学講演会論文集、1983。
- (2) 岩崎・沼田：透過性防波堤の波高伝達率に関する実験的研究、第16回海岸工学講演会論文集、1969。
- (3) 沼田：ブロック堤の消波効果に関する実験的研究、第22回海岸工学講演会論文集、1975。
- (4) Goda.Ippen: Theoretical and Experimental Investigation of Energy Dissipator Composed of Wire Mesh Screen, M.I.T Hydraulic Lab.Rep. No. 59, 1963.