

流れと波が同時に侵入する場合の河口砂州の波高伝達率について

徳島大学工学部 正員 三井 宏
徳島大学大学院 ○学生員 加藤 憲一

1. まえがき

現在、高潮対策としての河川堤防は、高潮ピーク時を計画潮位に採用し、その中を波浪が侵入するものとして断面形を計画、設計している。この場合、河口に砂州が存在すれば、河道に侵入する波のエネルギーは砕波により減少するものとしてよい。しかし、高潮がピークに達する直前には、潮水が逆流し、それに乗って大きい波が河口に入射するので、河口砂州で砕波せずに河道に侵入する恐れがある。本研究では、流れに乗って侵入する波浪が危険であるという立場に立って、流れとともに砂州を通過し、河道に侵入する波の波高伝達率を明らかにすることを目的とする。

2. 実験装置および方法

実験は図-1に示すような片面ガラス張りの鋼製長方形水路で行い、この水路に設置されている造波機や循環ポンプによって、任意の波や流量を発生させることが可能である。これらの装置で発生させた波について入射波高と砂州通過波高とを測定し、砂州での砕波、非砕波の判定を目視で行い、砕波するものは砕波水高を測定した。なお、実験に使用した周期は0.71~1.20 sec、波高は3.6~14.0 cm、流量は0, 266, 1352, 2025 cm^3/min の計120種類の実験を行った。

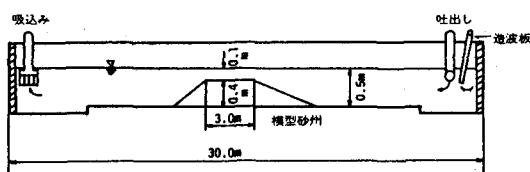


図-1 実験水路

3. 流水時における波動理論

一般に、流速は一定ではなく、鉛直方向にも波の進行方向にも変化する場合がほとんどである。例えば、平均流速が波の進行距離の関数の場合には、

$$\frac{\partial}{\partial x} [E(C_g + U)] + S_{xx} \frac{\partial U}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

なるエネルギー保存式が成立する。ここに、 S_{xx} はRadiation stressである。しかし、もし平均流速 U がほぼ一定、すなわち $\partial U / \partial x \approx 0$ として展開すれば、式(1)は

$$E(C_g + U) = E_0 C_{g0} = \text{const.} \quad (2)$$

となる。赤字の 0 は乗初波を示す。入射波高 H_1 および砂州通過波高 H_2 にそれぞれ式(2)を適用して、入射波の砕波換算波高 H_{01} および砂州通過波の砕波換算波高 H_{02} を定め、伝達率 K_T を次式のように定義する。

$$K_T = \frac{H_{02}}{H_{01}} \quad (3)$$

砂州天端上水高 h_c において、ちょうど砕ける砕波高 H_{bc} に対しても、次式に示す静水中の谷田の砕波指標が成立するものと仮定する。

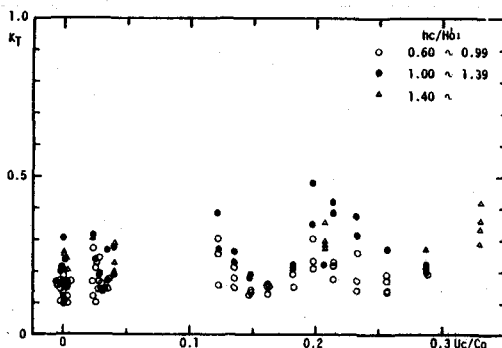


図-2 伝達率と相対流速の関係

$$\frac{H_{bc}}{L_0} = 0.13 \left\{ 1 - \exp \left\{ -1.5 \frac{\pi h_c}{L_0} (1 + 15 \tan^{4/3} \theta) \right\} \right\} \quad (4)$$

ここに、 θ は海底勾配である。この式により、砂州上でどのように砕ける冲波換算波高 H'_{ob} が式(2)により得られる。

$$H'_{ob} = H_{bc} \sqrt{\frac{C_{gc} + U_c}{C_g/2}} \quad (5)$$

4. 実験結果および考察

図-2に示すように伝達率 K_T は相対流速 U_c の増大に伴って、やや大きくなる。また、パラメタである砂州天端上水深との比 h_c/L_0 が小さいほど K_T は小さくなる傾向がある。そこで、 K_T を支配するのは破波限界波高 H_{bc} であると考え、流れにより破波水深 h_b などのように変化するかを示したものが図-3である。ばらつきはあるものの静水時の合田の破波指標を中心に U_c の大きいものは破波水深と沖波波高との比 h_b/L_0 が小さいようである。換言すれば、同一の砂州天端上水深 h_c において、流れが存在する場合の方が砂州天端上の破波の冲波換算波高 H'_{ob} は大きいと予想できる。図-4は縦軸に砂州通過波の冲波換算波高と破波限界冲波換算波高との比 H'_{ob}/H_{ob} を、横軸に入射波の冲波換算波高と破波限界冲波換算波高との比 H_{oi}/H_{ob} をとり、パラメタを破波波形勾配 H_{b0}/L_0 としたものである。また、図-5は横軸とパラメタは図-4と同じで、縦軸を K_T で示したものである。理論上の仮定では、 H_{ob} より大きい H_{oi} が入射すると破波し、通過する H_{oi} はすべて H_{ob} となる。また、 H_{ob} より小さい H_{oi} が入射すると破波しないでそのまま砂州を通過するため、 $H_{oi} = H_{ob}$ となる。実験結果では、図-4に示すように、 $H_{oi}/H_{ob} \geq 0.7$ の場合、 $H'_{ob}/H_{ob} \approx 0.2$ の一定値となる。また、図-5では、 $K_T \approx 0.2 / (H_{oi}/H_{ob})$ なる双曲線となる。

5. あとがき

流れとともに砂州を乗り越えて河道に侵入する波の伝達率の実験を行い、次の事実が明らかになった。すなわち、順流が存在する場合、流速が大きくなるにつれて静水時よりも小さい相対水深で破波する。このため、同一の砂州天端上水深では、静水時よりも流水時の方が伝達率は大きくなる。また、相対流速を一定とすれば、砂州天端上の相対水深が小さいほど、伝達率は小さくなる。 $H_{oi}/H_{ob} \geq 0.7$ では $H'_{ob}/H_{ob} \approx 0.2$ 、すなわち $K_T \approx 0.2 / (H_{oi}/H_{ob})$ となる。なお、本研究は文部省科学研究費補助金(特定研究、代表者 岡崎達也(徳島大学工学部教授))によるものである。

〈参考文献〉 1) 合田良実：港湾構造物の耐波設計，鹿島出版会，pp.54～57，昭和52年

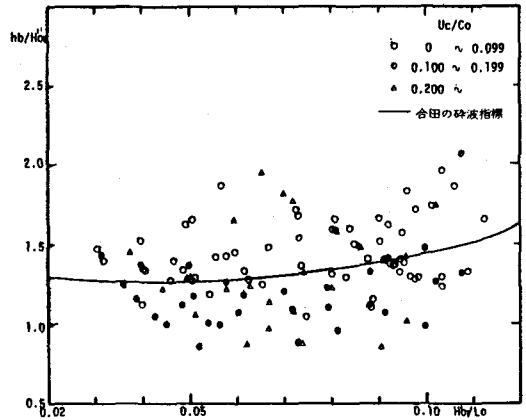


図-3 破波水深と沖波波高の関係

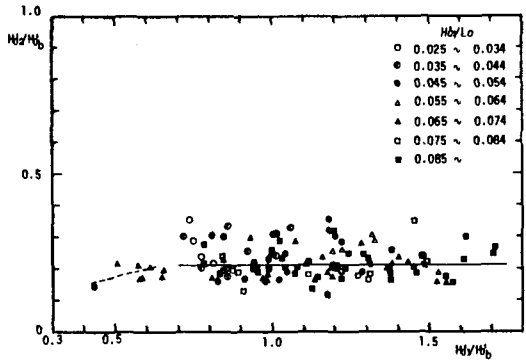


図-4 通過波高と入射波高の関係

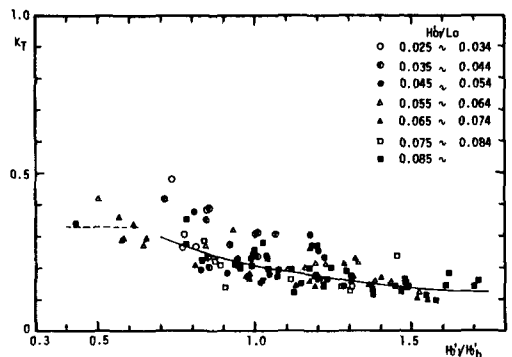


図-5 伝達率と相対入射波高の関係