

円柱に作用する砕波衝撃波力に関する数値計算手法

大 阪 府 正 員 ○安川浩一
 大阪大学工学部 正 員 榎木 亨
 大阪大学工学部 正 員 後野正雄

1. はじめに：既に著者らは、鉛直円柱に作用する砕波衝撃波力について、その絶対値が砕波帯相似パラメータと砕波点から見た円柱の設置位置に強く支配されることを実験的に明らかにした。この砕波衝撃波力は、砕波状態の切り立った波面のもつ運動量の一部が円柱との衝突によって失われ、この運動量変化によって生じるものと考えられており、これを定量的に評価するためには砕波状態における波の特性についての詳細な情報が必要である。本研究は、一様斜面における砕波を含む流体運動を数値計算により求め、これを入力条件として円柱に作用する砕波衝撃波力を算定する手法について述べたものである。

2. 数値計算手法：まず、図-1に示す数値実験水槽における流体運動を境界要素法によって数値解析した。支配方程式及び境界条件は図中に示すとおりであり、計算は流体が静止した状態から造波板の運動

(変位、速度、加速度)を与えることにより行なった。この方法の詳細については前報を参照して頂きたい。今回は計算の時間間隔 $\Delta t=1/80s$ 、自由表面の離散化要素長 $\Delta X=3c$

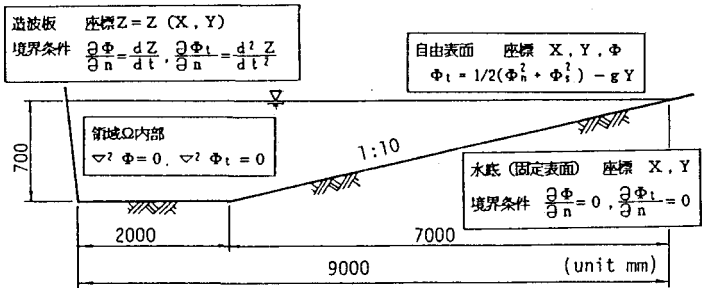


図-1 数値実験水槽における支配方程式と境界条件

■として計算を行なった。次に、砕波衝撃波力の算定法に

ついては、円柱の微小幅に作用する衝撃波力を合田らの研究と同様に無限長平板の付加質量より算定した。つまり、水面との衝突によって円柱が得る付加質量 Mv を次式で与える。

$$Mv = \frac{\pi}{8} \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot b^2 \quad \dots (1)$$

ここに、 b ；円柱の投影断面長
 γ ；水の単位体積重量
 g ；重力加速度

図-2に示すように、円柱(半径 R)の中心から波峰前面の任意点までの距離を X とすると、次式が成り立つ。

$$b^2 = 4(R^2 - X^2) \quad \dots (2)$$

ここで、円柱に作用する衝撃波力 F_1 は円柱の相対的運動量の時間変化により生じるものと考え、次式で与えられる。

$$F_1 = d(Mv \cdot V) / dt \quad \dots (3)$$

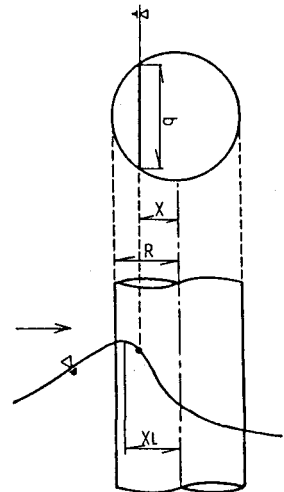


図-2 円柱と波形の模式図

したがって、円柱に作用する碎波衝撃波力は、式(1)～式(3)より次のように与えられる。

$$dF_I = (2XV^2 + \frac{dV}{dt}(R^2 - X^2)) \cdot dz \quad \dots (4)$$

ここに、 V ；波面の水平方向速度、 dV/dt ；波面の水平方向加速度である。前述の数値解析によって求められた波形を式(4)に適用することにより碎波衝撃波力を計算した。

3. 計算結果：図-3は、以上述べてきた算定法

によって計算された碎波衝撃波力の時間変化特性を表わしたものである。このグラフは、横軸に力が作用し始めてからの時間、縦軸に衝撃波力 F_I をとり、上から順に碎波点より岸側、碎波点、碎波点より沖側に円柱が設置された場合の結果を示している(X_b ；碎波点から円柱前面までの距離、 L ；碎波波長)。これによると、円柱の設置位置によって衝撃波力の時系列及びその絶対値が異なっていることがわかる。図-4は、衝撃波力の絶対値について、計算結果と既往の実験結果とを比較したものである。このグラフは、縦軸に無次元化した衝撃波力 $F_I/\gamma H_b^2 D$ (H_b ；碎波波高、 D ；円柱径)、横軸に無次元化した円柱の設置位置 X_b/h_b (h_b ；碎波水深)をとり、図中、白抜き

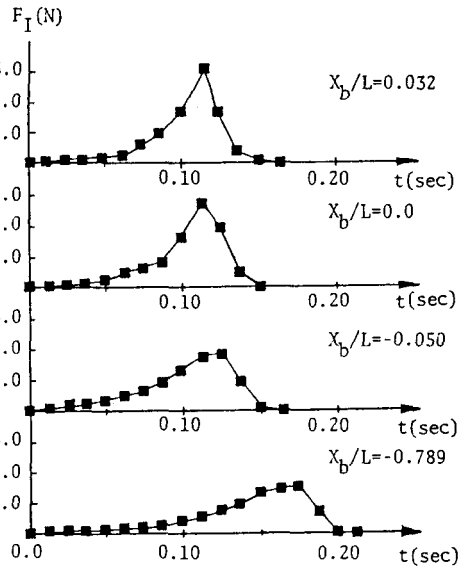


図-3 碎波衝撃波力の時間変化特性

は実験結果、黒塗は計算結果を表わしている。碎波点より沖側に円柱が設置された場合については、計算結果は実験結果より大きくなっているが、衝撃波力が最大となる碎波点よりやや岸側においては、一部の実験結果を除き、計算結果はばらつきのある実験結果の上限を表わしており、本算定法により碎波衝撃波力を十分評価し得るものと考えられる。

実験結果 ($r > 0.5$)

- 榎木・後野らによる(1)
- △ 磯部・泉宮らによる(2)
- 計算結果 ($r = 0.71$)

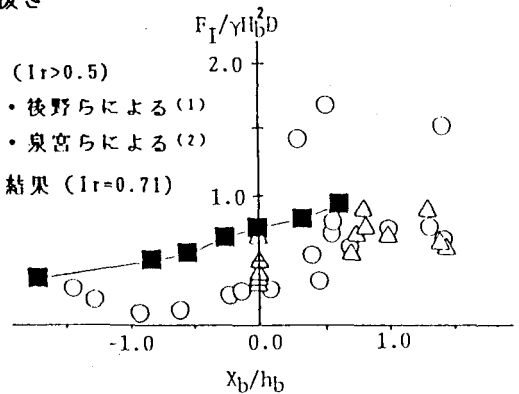


図-4 計算結果と実験結果の比較

4. おわりに：今回は、境界要素法によって計算されたplunging型碎波の波形を用いて、円柱に作用する碎波衝撃波力の計算を行ない、実験結果との比較によって一応の成果が得られた。今後は、碎波形式の異なる種々の波について計算を行ない、その特性を解明することが必要であろう。

参考文献 (1) 榎木 亨・後野正雄・岩橋哲哉：浅海域における円柱構造物の碎波局所衝撃波力特性と全体波力について、第30回海講 (2) 磯部雅彦・泉宮尊司・段 寧：円柱に作用する衝撃力と碎波巻き込み率、第41回年次講演会