

II-335 円柱に作用する衝撃砕波力と砕波巻き込み率

横浜国立大学工学研究科 学生員 段 亨  
 横浜国立大学工学部 正会員 泉宮 尊司  
 横浜国立大学工学部 正会員 磯部 雅彦

1. 諸言: 砕波領域の波が柱状構造物に作用して生じる波力の問題は海岸工学の重要な課題であり、従来から数多くの研究がなされてきている。本研究では、浅海部の直立円柱に作用する衝撃砕波力の最大値の発生地点及びその砕波巻き込み率に着目して実験を行なった。

2. 実験装置及び実験条件: 実験は図-1に示すような両面ガラス張りの二次元造波水槽(長さ17m×幅0.6m×高さ0.5m)で行なった。水槽の中には、勾配1/10, 1/20の平滑な斜面(ステンレス板)を設けた。また、模型円柱は直径3.5cmのアルミ製のものであり、その固有振動数 $f=29\text{Hz}$ 、対数減衰率 $\delta=0.0468$ 、減衰定数 $\beta=74.5 \times 10^3$ である。実験条件は表-1に示す通りであり、1/10, 1/20の各勾配において各種の規則波を発生させて、各ケースについて砕波変形に伴う水位変動、衝撃砕波力を測定した。図-2はその一例を示すものである。

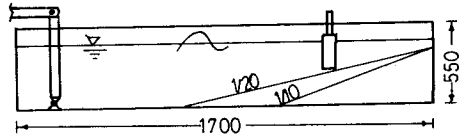


図-1 二次元造波水槽概略図(単位mm)

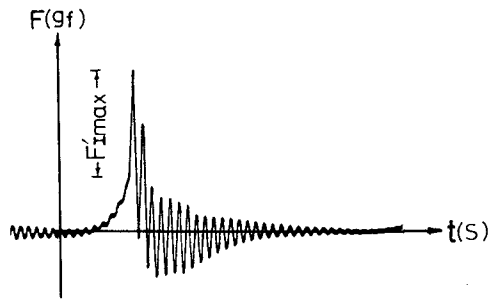


図-2 衝撃砕波力の記録例

3. データ解析の方法: 合田ら(1966)の考え方によれば、衝撃砕波力の最大値 $F_{smax}$ は

$$F_{smax} = \omega_0 D H_0^2 K_0 \lambda \quad (1)$$

$$K_0 = \pi Z_c C_0^2 / 2gH_0^2 \quad (2)$$

$$C_0 = \sqrt{g(h_0 + Z_c)} \quad (3)$$

と表わされる。ここに、 $\omega_0$ : 海水の単位体積重量、 $D$ : 円柱の直径、 $H_0$ : 砕波波高(波高最大点における波高とした)、 $K_0$ : 衝撃力係数、 $\lambda$ : 砕波巻き込み率、 $Z_c$ : 平均水面上の波湧高、 $C_0$ : 砕波の波速、 $g$ : 重力加速度、 $h_0$ : 砕波水深である。また、 $\omega_0$ が $\omega$ 設計によって測定される衝撃力の有効値 $F_{smax}$ は、実際の衝撃力の最大値 $F_{smax}$ に衝撃応答係数 $X_{max}$ を乗じた値となる。すなわち、

$$F_{smax} = X_{max} F_{smax} \quad (4) \quad X_{max} = \begin{cases} \sqrt{(1 - \frac{1}{\Omega} \sin \Omega)^2 + \frac{1}{\Omega^2} (1 - \cos \Omega)^2} & (\Omega < 2.33) \\ 2 - \frac{2}{\Omega} \tan^{-1} \Omega & (\Omega \geq 2.33) \end{cases} \quad (5)$$

となる。ここに、 $\Omega = 2\pi f Z_0$  ( $f$ は固有振動数、 $Z_0 = D/2C_0$ )である。

(1). 衝撃砕波力の岸沖分布について: 最大衝撃砕波力の発生地点を調べるために、砕波点における波の諸量で無次元化した衝撃力 $F_{smax} / X_{max} \omega_0 D H_0^2 (= K_0 \lambda)$ と砕波点からの無次元距離 $X/h_0$ との関係を図示した(図-3-a)。

(2). 砕波巻き込み率について: 砕波巻き込み率 $\lambda$ は、砕波力を計算する場合に最も重要なパラメータであり、式(1)および(4)より $\lambda = F_{smax} / \omega_0 D H_0^2 X_{max} K_0$ により求められる。

4. 実験結果および考察:

(1). 最大衝撃砕波力の発生日点について: 図-3~6は1/10, 1/20の各勾配において衝撃砕波力(約20波中の最大値と平均値)と発生日点の関係を示したものである。図-3, 4によれば勾配1/10の場合には  $X/h_0 \approx 1$  のところで最大衝撃砕波力が発生することがわかる。そして、最大衝撃砕波力が生じた場所から岸側に向いていくと衝撃砕波力は徐々に減少することがわかる。これは砕波形式が巻き波型であるために、砕波直後の衝撃力が大きくなるためである。図-4, 5は勾配1/20の場合のものであり、最大衝撃砕波力の発生日点は、きりがない。これは砕波形式が崩れ波に近いためであろう。衝撃砕波力の平均値についてみると  $X/h_0$  が1を超えたあたりから平均値はほぼ一定となる。また、1/10, 1/20の各勾配についていずれの場合にも砕波点のところでは最大衝撃砕波力が生じていない。

(2). 砕波巻き込み率について: 図-7, 8は砕波巻き込み率入と Surf similarity パラメーター  $\xi = \tan \beta / \sqrt{H_0/L_0}$  との関係を示したものである。Batjes (1974) によれば  $\xi < 0.5$  で崩れ波、 $\xi > 0.5$  で巻き波となる。これらの図を見て明らかのように  $\xi$  の増加につれて入が増加する傾向がある。これは巻き波型砕波の場合の方が崩れ波型砕波の場合よりも入が大きくなり、すなわち衝撃砕波力が大きくなることを示している。

5. 結語: 以上述べたように、勾配1/10の場合に砕波点から水深とほぼ等しい距離だけ岸側で最大衝撃砕波力が発生することがわかった。勾配1/20のように勾配が緩くなると、砕波点からがなり離れても衝撃砕波力があまり減少しないという結果が得られた。これは水深を固定した場合に入射波高が大きくなるに従って波力が大きくなることを示唆するものであり、設計上重要な点となり得るので、注意を要する。また、砕波巻き込み率入と Surf similarity パラメーターと相関が高いという実験結果が得られた。しかし、実験データの数が少ないため、もっとデータを増して詳細な検討を行なう必要がある。

参考文献: (1). 合田良実・原中祐人・北畑正記: 直柱に働く衝撃砕波力の研究, 港研報告, 第5巻, 第6号, PP. 1~33, 1966.

(2). Batjes, J. A.: Surf similarity, Proc. 14th Coastal Eng. Conf., PP. 466~480, 1974.

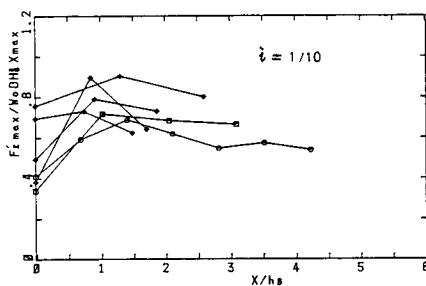


図-3 衝撃砕波力と発生日点の関係(最大値)

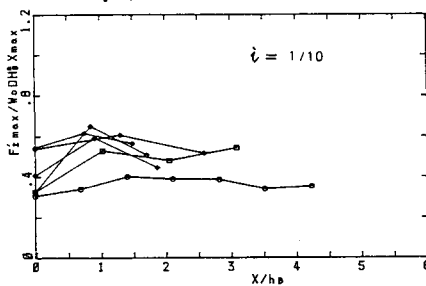


図-4 衝撃砕波力と発生日点の関係(平均値)

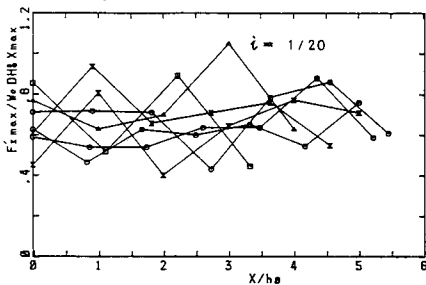


図-5 衝撃砕波力と発生日点の関係(最大値)

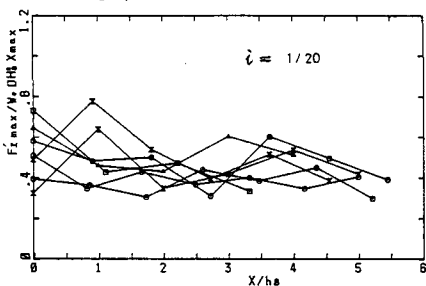


図-6 衝撃砕波力と発生日点の関係(平均値)

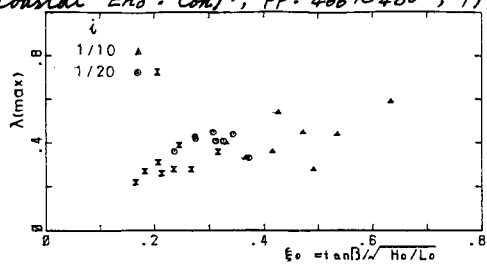


図-7 砕波巻き込み率入(最大値)と  $\xi$  の関係

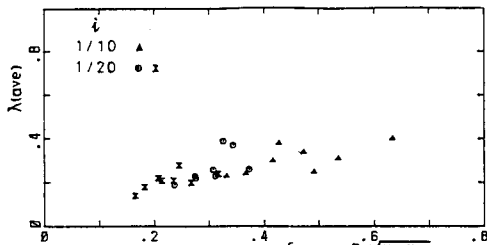


図-8 砕波巻き込み率入(平均値)と  $\xi$  の関係