

東海大学海洋学部 学生員 山崎 秀勝
農業土木試験場 正 員 上北 征男

I 緒 言： 海底に設置される構造物は、その形状の多様化が進んでいる。特に魚礁などについては、浅海漁場拡大の急務から、この傾向はさらに強い。しかし、この構造物の安定、特に浅海域に置かれるものに対しては、この方面の研究が進んでいるとは言えない。現在、波力の算定に対しては、一般にモリソン・オブライエンの式が適用されているが、この式の適用限界について議論されている。

本報告は、海底に設置されたマスティックな構造物に対し、従来のモリソン・オブライエンの式を用いた場合、その波力の評価がどの程度妥当性を持つか若干の考察を行なったものである。

II 実 験： 実験は、農林省農業土木試験場で行なった。

水路は、長さ32m、巾0.7m、深さ2mの2連水路で、この一端にフラッタータイプの造波機を持つものを用いた。水路中央から1/20の勾配を持つ海底床模型を取りつけ、9.5m後方より水平床とした。模型には、巾4.5cmの塩ビ球(比重1.46)と磁器球(比重2.24)を用いた。磁器球を水平床部に正方形に並べ、3層に積み上げた。この上に塩ビ球を置きこの安定について検討した。(図1)波高測定には、容量式波高計を使用し、同時に2台使用し波長を測定した。また、FV型流速計により塩ビ球中心深さでの流速の水平成分を測定した。なお、実験波の諸元を表1に示す。

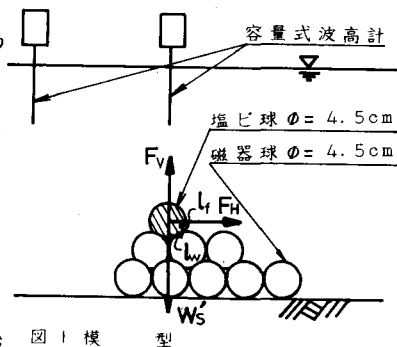


図1 模型

H (波高) cm	T (周期) sec
15.0 ~ 7.7	248 ~ 245
16.9 ~ 13.3	1.96 ~ 1.93
20.1 ~ 12.2	1.46
17.4 ~ 11.6	0.97 ~ 0.96

表1 実験波

III 解析と結果： 磁器球によつて、4点で支持された塩ビ球が波力の水平成分 F_h と鉛直成分 F_v に対して安定であるための条件式は、この球の水中重量を W_s とすると次式となる。図1参照

$$F_h \cdot l_f \leq (W_s' - F_v) \cdot l_w \quad \dots (1)$$

$l_w/l_f = \tan \varphi$ とおくと

$$F_h / \tan \varphi + F_v \leq W_s' \quad \dots (2)$$

ここで、 l_f , l_w : 支持された点回りのモーメントの腕の長さ、 φ : 内部摩擦角 35.26° で表わされる。(2)式の左辺を $F_T = F_h / \tan \varphi + F_v$, 安定限界力 $F_s = W_s'$ と書くとモデルが安定であるための条件式は次式となる。

$$F_T \leq F_s \quad \dots (3)$$

モデルが波力を受けて安定状態を解した時点での波の諸量を用いて、モリソン・オブライエンの式により波力を計算した。この時、抗力係数 $C_D = 0.5$, 質量力係数 $C_M = 1.5$ を用いた。波動理論には、微小振幅波理論、ストークス波理論の3つ次近似を適用した。

この結果、モリソン・オブライエンの式で算定される波力 F_T は、安定限界の力 F_R に対して $1/5 \sim 4/5$ 程度の範囲で評価されることがわかった。

安定限界は、表面波形が静水面を切る付近の位相で生じている。この時、流速の水平成分は小さく、 Re 数も小さくなるので、抗力係数 C_D が激しく変化するものと予想される。 F_{ad}/hL はこの付近の位相で C_D が非常に大きくなると報告した。そこで、未知抗力 F_R を次式で定義し、これを実験値より求めた。

$$F_R = (W_s' - F_v) \tan \phi - F_{HM} \quad \dots (4)$$

但し、 F_{HM} は、質量力の水平成分である。

波力の次元解析による波力 F は

$$\frac{F T^2}{\rho A H^2} = \phi(H/L, h/L, H/D, H/D \cdot T, t/T) \dots (5)$$

ここで、 H : 波高、 T : 周期、 L : 波長、 D : モデルの径、 A : モデルの投影面積、 t : 位相、 ρ : 動粘性係数

ρ : 水の密度

で表わされる。水の単位体積重量 $\omega_0 = \rho g$ とし、これに若干の補正を加えると、

$$\frac{F g T^2}{\omega_0 A H^2} = \phi'(H/L, h/L, H/D, H/D \cdot T) \quad \dots (6)$$

となる。この式において $F g T^2 / \omega_0 A H^2$ と $H/D \cdot T$ の相関をパラメーターに h/L をとり表わしたものが図2である。 H/D 、これは $Keulegan-Carpenter$ 数であるが、これとの相関性は見られなかった。図からも明らかなように $Shallowness$ が小さいもの、すなわち非線形効果の強い程、未知抗力 F_R は大きくなる傾向が得られた。また、各実験波について、モリソン・オブライエンの式を用いて得られる最大波力及びその位相を計算した結果、最大波力の生じる位相は、 h/L が大きくなるに従い $through$ 寄りにずれ、逆に h/L が小さくなる程 $crest$ 寄りにずれる傾向を示した。これは、実験で得られた、安定限界時の位相が持つ傾向と一致するものである。

IV 結 言: マスチックな構造物に作用する波力の最大値は、表面波形が静水面を切る付近で生じるが、このような場合の波力評価の一つのアプローチとして、図2から水平抗力成分を求め、従来の式により波力の鉛直成分及び質量力の水平成分を算出することが考えられる。しかしながら、今回の解析の問題点として、1) 抗力係数 C_D を流速の水平、鉛直成分に対して別々にとらえた事。2) 揚力を無視した事。3) モデルを積んだ効果を考慮していない事。などがあげられる。

マスチックな設置構造物に作用する波力は、質量力が支配的であるが、また揚力による部分も大きいのではないかと考えられる。今後は、これらの点について検討していきたい。

最後に、本研究にあたって、多大の御教唆をいただいた、農業土木試験場、水産土木、中村亮先生、木村晴保先生に感謝いたします。

参考文献

1) M. Fadikil Al-Kazily: WAVE FORCE ON PIPELINES. COASTAL ENGINEERING, 1970

図2 未知抗力の次元解析による結果

