

II-18 多孔壁に作用する波力の特徴

北海道測量専門学校 正会員 森山 啓一
 岩倉組 土建 K.K. 版部 千華寿
 室蘭工業大学 正会員 近藤 俊郎

1. あえがき

近年、海岸保全、港湾内外の静穏維持及び港内の海水汚濁の為に特殊防波堤の研究、開発がなされ様々の機会にその成果が発表されその施工例も多い。特に多孔壁型消波堤はその代表例であり多くの実験的、理論的研究がなされている。このような構造物を、合理的に設計するには、最初に単一多孔壁に作用する波力を出来るだけ正確に推定する必要がある。そこで、本研究においては従来円柱構造物の波力算定に用いられてきた Morison の方法を多孔壁に適用し、その際重要となる抗力係数 C_D と質量係数 C_M とを部分重振理論を適用し、全波力を測定することにより求め、さらに全波力の特徴について考察しようとするものである。この実験については、先に多孔壁の損失係数と見掛けのオリフィス長さとして発表しているが¹⁾、ここでは C_D と C_M について述べることにする。

2. 抗力係数及び質量係数の算定方法

Morison によると直径 D の円柱の微小長さ dz の部分に作用する波力 dF は次式のようなになる。

$$dF = dF_D + dF_I = \frac{1}{2} C_D \rho D U |U| dz + \rho C_M \pi D^2 \dot{U} dz \quad \text{--- (1)}$$

ここに、 C_D : 抗力係数、 C_M : 質量係数、 ρ : 水の密度、 U : 水平水粒子速度、 \dot{U} : 水平水粒子加速度

多孔壁に式(1)を適用するため、多孔壁前面面積を角柱列に換算する。図-1)において

$b' = ab - \frac{\pi d^2}{4} / a = b(1 - \lambda)$ (λ は空隙率) とすると、式(1)は次のようになる。

$$dF = \frac{1}{2} C_D \rho U |U| b(1 - \lambda) dz + \rho C_M \dot{U} b(1 - \lambda) dz \quad \text{--- (2)}$$

波形を $\eta_1 = a_1 \cos(kx - \omega t) + a_R \cos(kx + \omega t) = (a_1 - a_R) \cos(kx - \omega t) + 2a_R \cos kx \cos \omega t$ --- (3)

とし、水粒子速度 U 、水粒子加速度 \dot{U} を求め、式(2)に代入し積分することによって全波力 F_T は次式のようなになる。

$$F_T = \frac{\rho C_D k h}{2} B(1 - \lambda) \frac{(a_1 - a_R)^2}{\sinh 2kh} \left[\frac{1}{2kh} \sinh 2kh \left(1 + \frac{\eta}{h} \right) + \left(1 + \frac{\eta}{h} \right) \right] \cos \omega t |\cos \omega t|$$

$$- \rho C_M B d(1 - \lambda) \frac{a_1 - a_R}{\cosh kh} \left[\sinh kh \left(1 + \frac{\eta}{h} \right) \right] \sin \omega t \quad \text{--- (4)}$$

上式において、 a_1 は入射波振幅、 a_R は反射波振幅、 $k = 2\pi/\lambda$ 、 $\omega = 2\pi/T$ 、 ρ は水の単位体積重量、 B は多孔壁幅員、 d は壁厚である。さらに、波の峰では、実測全波力は抗力に、静水面では質量力になるとして、式(4)より C_D 及び C_M を算定するものとする。

3. 実験方法

実験は長さ 18.0m、幅 0.4m、高さ 1.0m の片面ガラス張りの 2次元造波水槽を用いて行い、造波機の前 12.6m の位置に波力検出計を設置した。この装置は波力測定アーム部に平鋼を用いアーム上端部を固定し、検出計全体としては片持梁構造とし、その際アーム一本につきその表裏に 20.0cm 間隔で計 4枚の Strain gage を貼り、ブリッジ回路を構成して波力を検出した。その時、同時に多孔壁前面水位を容量式波高計により記録した。また、Hally の方法を用いて入射波高を決定した。なお本実験では、多孔壁として幅 40.0cm、高さ 60.0cm のアクリル板を用い、空隙率 λ と孔径 ϕ の組み合わせは、 $\lambda = 34\%$ で $\phi = 20\text{mm}$ 及び $\phi = 40\text{mm}$ 、 $\lambda = 20\%$ で $\phi = 20\text{mm}$ の 3種とし、それぞれについて壁厚を 10, 20, 30mm と変化させた。周期については 0.7 ~ 2.2sec の 8種類とし、波高は 1.0 ~ 7.0cm の範囲で行った。また前面水深は一定で 50.0cm とした。

4. 実験結果及び考察

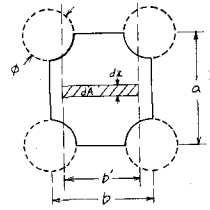


図-1

(1) 全波力の最大値について

全波力の最大値 F_{max} に注目し、粘性の効果を見捨てる。全波力を支配する諸元について考察すると次のようになる。

$$F_{max}/\rho U_{rms}^2 B^2 = f(\tau/L, \tau/d, \tau/H, \lambda) \quad (15)$$

図-2 に無次元全波力の最大値 $F_{max}/\rho U_{rms}^2 B^2$ と τ/L との関係についての一例を示す。この図からもわかるように全波力の最大値はほぼ波高に比例することが認められ、下式で近似できる。

$$F_{max}/\rho U_{rms}^2 B^2 \approx 0.10 \quad (16)$$

空隙率、孔径及び壁厚の影響については、空隙率が小さいものほど全波力の最大値は大きな値をとるが、これは受圧面積の増大によるものと思われる。また孔径及び壁厚については、はっきりとした関係は見いだせなかった。また波力の前後の作用方向による違いはほとんどないと認められた。

(2) 抗力係数 C_D について

図-3 に C_D と Reynolds 数との関係を示す。

C_D は従来、Reynolds 数と形状の関数として求められており、多孔壁においても Reynolds 数の変化とともに C_D は変化しているのがわかる。9種類多孔壁について、変化の割合はまちまちであるが、Reynolds 数が増大するにつれて C_D は減少する傾向を示した。また空隙率を一定とした場合、孔径が変化してもその値はさほど変化しない。これは、多孔壁に作用する全波力においては、抗力が支配的であることによるものと思われる。なお実線は全実験値の平均的な関係である。またここでいう Reynolds 数とは $Re = U_{rms} \cdot \phi$ 、 $U_{rms} = \sqrt{\frac{1}{A} \int_A u^2 dA}$ である。本実験の範囲は、層流が乱流への遷移領域にあるが、定常流の領域での実験の平均値も破線で示してある。

(3) 質量係数 C_M について

Reynolds 数とともに渦発生に影響を与えるものとして K.C. 数 ($= U_{rms} \cdot \tau/d$) が考えられる。K.C. 数と C_M との関係を示したのが図-4 である。 C_M の値は全実験でおよそ $1/4$ の範囲で分布しているが $4 \sim 8$ に集中している。各多孔壁について τ/L をパラメータとして見ると、K.C. 数が小さくなるほど C_M の値は大きくなる傾向を示す。これは、K.C. 数が小さいほど渦が発生しにくく、渦の発生に起因する抗力が小さくなるためであると思われる。

5. おわりに

多孔壁に波動が作用した時の全波力の最大値及び C_D , C_M について考察したが、今後は、全波力の最大値については、反射率及び伝達率との関係をわたくし調べ、さらに、 C_D , C_M については水粒子速度などを実測することが重要であると思われる。

参考文献 リ近藤・佐藤；多孔壁の損失係数と見掛けのオリフィス長さの推定，第26回海岸工学講演会論文集，1979

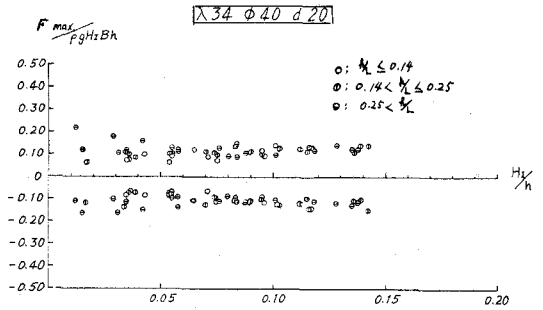


図-2 $F_{max}/\rho U_{rms}^2 B^2$ と τ/L との関係

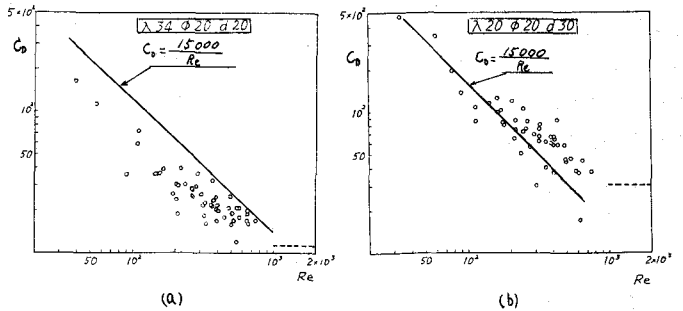


図-3 C_D と Reynolds 数との関係

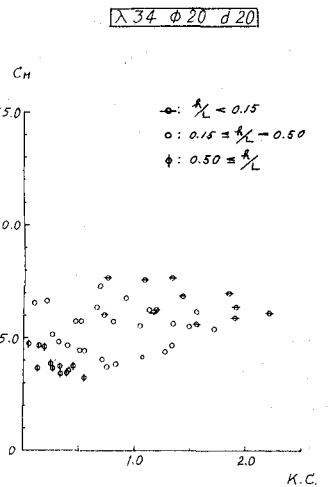


図-4 C_M と K.C. 数との関係