

砕波波力を考慮した円柱骨組構造物の最適設計

熊本大学工学部	正 員	○宇治橋 正行
同 上	正 員	三池 亮次
同 上	正 員	滝川 清
同 上	学生員	長谷川 義成

1. はじめに

円柱に作用する波力の計算には、円形波圧理論が適用されており、海洋構造物にもこれを適用すべきであるが、現在のところ完全な砕波についての適用には実験的な裏づけが乏しい。

本研究は、波浪などにおいて砕波波力が円柱構造物に作用する際に、円柱構造物に作用する砕波波力の評価を行った上で、砕波波力を考慮した円柱骨組構造物の最適設計を行おうとするものである。今回の解析では、今後の基礎となるであろう直柱に砕波波力が作用した場合についての最適化、および円柱ラーメン構造物に砕波波力が作用した場合のさまざまなパターンについての応力解析を行う。

2. 砕波波力の定式化

円柱に作用する波力については、従来モリソン公式が有名であるが、これは非砕波の波力を表すもので、衝撃砕波力が表現されていないと思われる。しかし、実験により静水面下の波圧分布においてはモリソン公式がほぼ適用できると考えられることが分かった。

したがって、図-1においてa b(点線部)を直線式で、b cをモリソン式で表すことにする。図中で、縦軸は円柱高さZ、横軸は波圧fを表す。また、hは水深、ηは水位変動である。また、波が円柱に衝突することにより水がはい上がると思われる高さは最大波圧時にはほぼηになることが分かったので、これを利用すると波圧の分布式は次のようになる。

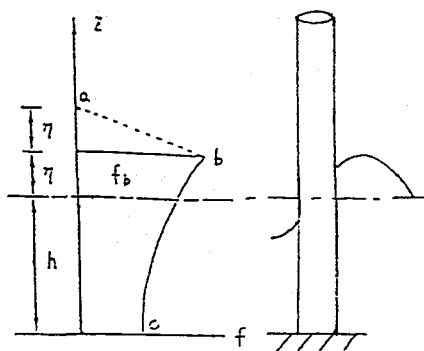


図-1 モリソン式による波圧分布

$$f_{bc} = -\frac{f_b}{\eta} Z + \frac{f_b}{\eta} (2\eta + h) \quad (1)$$

$$(\eta + h < Z \leq 2\eta + h)$$

$$f_{bc} = \frac{w_o}{2g} C_D |u| u R + \frac{w_o}{g} C_M \frac{\pi R^2}{4} \frac{\partial u}{\partial t} \quad (2)$$

$$(0 \leq Z \leq \eta + h)$$

$$\text{ただし、} f_b = f_{bc}(\eta + h)$$

ただし、 w_o は海水の単位体積重量、 g は重力加速度、 C_D は抗力係数、 u は水粒子の水平方向の速度、 R は円柱の外径、 C_M は付加質量係数である。

3. 砕波波力と円柱部材の最大応力の関係

円柱構造物の最適断面を設計する場合、その円柱の各部材の最大応力を考慮しなければならない。図-2は時間による各部材の応力を表している。縦軸は部材番号、横軸は応力 σ を表す。この図によれば、 $t=2\text{ s}$ （周期 $T=8.736\text{ s}$ ）において各部材の応力が最大になっていることが分かる。以後、 $t=2\text{ s}$ における波力を用いれば、最も安全側の設計が行われることになるので、この値を用いて、最適断面を設計する解析を行う。

4. 最適設計問題の概要

解析モデルとして、図-1のように高さ10mの円形の直柱を考え、水深 $h=5\text{ m}$ 、波高 $H=4\text{ m}$ とした。

最適設計問題を以下のように設定する。

設計変数：内径 D_i ($i=1\cdots n$)

目的関数：

$$V = \sum A_i l \rightarrow \min \quad (3)$$

ただし、 $A_i l = \frac{\pi}{4} (R^2 - D_i^2) l$ である。

R は円柱の外径、 l は各部材長である。

制約条件としては、応力制限と管の厚さの制限とする。

5. まとめ

図-3は、円柱が波力と上載荷重による鉛直力を受ける場合、各部材の応力と管の厚さの制約条件の下で、外径を0.30m、0.35m、0.40m、0.50mと与えたとき、各外径に対する最適解を表した図である。縦軸は体積 V 、横軸は外径 R を表す。この図によると、 $R=0.40\text{ m}$ において体積が最小となり、最適解となっている。全体的にみると、 $R=0.40\text{ m}$ より R が小さくなると体積が急激に増加しているのに対して、 $R=0.40\text{ m}$ より R が大きくなっても体積がゆるやかにしか増加していないことから、 R をある程度大きくすれば、強度にもすぐれ、ある程度重量も抑えられた円柱構造物になることが分かる。

なお、他の解析結果および円柱ラーメン構造物の応力解析については講演当日に発表の予定である。

参考文献

1) 三池・滝川・小林：荒天時の波浪作用下における沿岸・海洋構造物の……、科研費（一般研究（B））研究成果報告書、平成4年3月

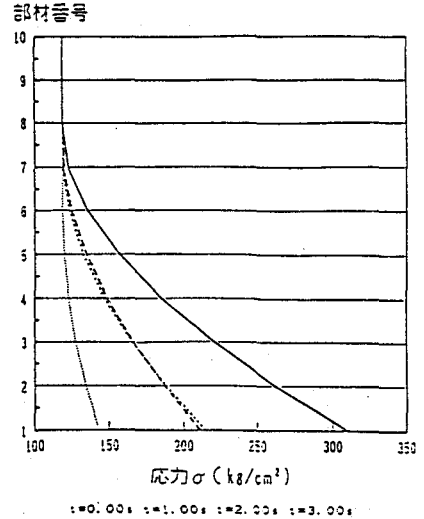


図-2 時間による各部材の応力

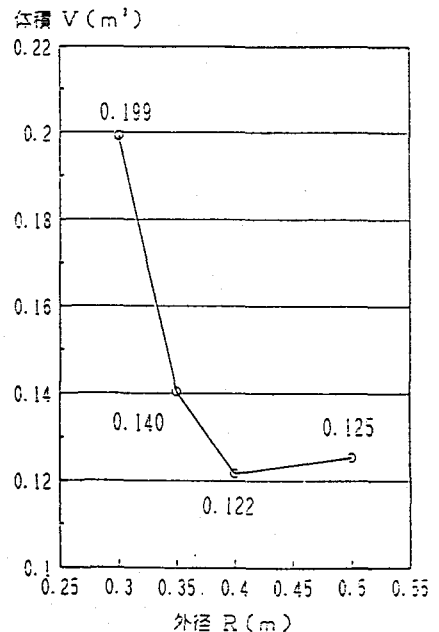


図-3 各外径に対する最適解