

大阪市立大学工学部 ○ 正 倉田 克彦
大阪市立大学名誉教授 正 永井 莊七郎

1. はじめに

石油掘削リグによって代表される海洋構造物に波浪が作用する場合、考えなければならない事項として、構造物の安全性に重大な影響をおよぼす液力あるいは構造物上における種々の作業の安全性と居住性、および作業船あるいは通船等の安全な航行ならびに碇泊に關係する構造物周辺の液高あるいは静水面からの波頂高の分布などが挙げられる。海洋構造物に働く液力に関する研究および構造物周辺の液高あるいは波頂高の分布に関する研究は現在迄のところでは比較的数量が少ないようである。このため、まず海洋構造物のモデルとして最も簡単、単純な水底から直立した2本の円柱がその直径に比して比較的小さい間隔で並べられている場合について、それぞれの円柱周囲の液高分布を理論的に調べた結果を報告する。

2. 円柱周囲の液高分布

図-1に示すように、直径 $2a$ および $2b$ なる2本の水底から直立した円柱が、中心間隔 $2c$ で円柱の中心を結ぶ直線と波の進行方向とが角度 β をなすようにして並んでいる場合について考える。静水面上、波の進行方向に x 軸あるいは z 軸を、円柱 0 あるいは $0'$ の鉛直中心軸と一致させ、 x 軸あるいは z 軸と直角上向きに z 軸あるいは z' 軸をとる。水深 h は一様であって、波長 L 、波高 H_i なる入射波および2本の円柱のそれぞれから生ずる散乱波は微小振幅波として取扱うことができるとする。2本の円柱間での波の反射は理論上は無限回繰返されるが、式の繁雑さ、計算の手数を考えて、ここでは

- (1). 入射波
- (2). 入射波によって円柱 0 および円柱 $0'$ から生じる散乱波
- (3). 円柱 0 あるいは $0'$ からの散乱波を新しく円柱 $0'$ あるいは円柱 0 への入射波とした時に生じる散乱波

までを取扱うことにする。

微小振幅波理論によれば、液形 η は次式によって求めることができる。

$$\eta = -\frac{1}{g} \left[\frac{\partial \phi}{\partial t} \right]_{z=0} \quad (1)$$

ここで、

- ϕ : 波の速度ポテンシャル
 g : 重力の加速度
 t : 時刻

波の速度ポテンシャル ϕ は上記の(1)~(3)の波の速度ポテンシャルを加え合わせるによって求まる。

入射波の速度ポテンシャルは微小振幅波理論によって容易に求まり、(2)あるいは(3)の散乱波の速度ポテンシャルはMacCamy and Fuchs, あるいは彼等の方法を拡張した大柳の方法にならって求めることができる。このようにして求めた速度ポテンシャルを式(1)に代入すれば、円柱 0 あるいは円柱 $0'$ の周りの液高の分布がそれぞれ次

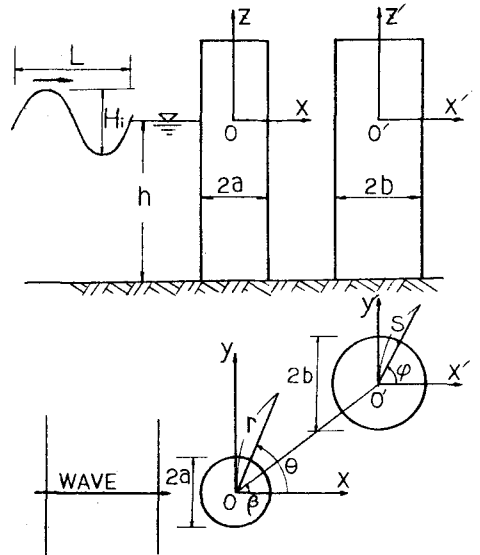


図-1 波浪中の2本の円柱

のように求まる。

円柱0の周りの液高Hの分布に関しては、

$$H/H_i = \left| - \sum_{\lambda=-\infty}^{\infty} i^{\lambda} e^{i\lambda\theta} \left[J_{\lambda}(ka) - \frac{J'_{\lambda}(ka)}{H'_{\lambda}(ka)} H_{\lambda}^{(u)}(ka) \right] + \sum_{\lambda=-\infty}^{\infty} \sum_{\mu=-\infty}^{\infty} (-i)^{\lambda} e^{i\lambda\theta} e^{i\lambda\ell\cos\theta} e^{-i\mu(\theta-\phi)} \frac{J'_{\lambda}(ka)}{H'_{\lambda}(ka)} H_{\lambda+\mu}^{(u)}(ka) \right|$$

円柱0'の周りの液高Hの分布に関しては、

$$\times \left[J_{\mu}(ka) - \frac{J'_{\mu}(ka)}{H'_{\mu}(ka)} H_{\mu}^{(u)}(ka) \right] \quad (2)$$

$$H'/H_i = \left| - \sum_{\lambda=-\infty}^{\infty} i^{\lambda} e^{i\lambda\psi} \left[J_{\lambda}(kb) - \frac{J'_{\lambda}(kb)}{H'_{\lambda}(kb)} H_{\lambda}^{(u)}(kb) \right] + \sum_{\lambda=-\infty}^{\infty} \sum_{\mu=-\infty}^{\infty} i^{\lambda} e^{i\lambda\psi} e^{i\lambda\ell\cos\psi} e^{i\mu(\psi-\phi)} \frac{J'_{\lambda}(kb)}{H'_{\lambda}(kb)} H_{\lambda+\mu}^{(u)}(kb) \right|$$

ここで「……」は絶対値を表わす記号である。

$$\times \left[J_{\mu}(kb) - \frac{J'_{\mu}(kb)}{H'_{\mu}(kb)} H_{\mu}^{(u)}(kb) \right] \quad (3)$$

式(2)および式(3)の第1項は円柱が1本だけの場合の液高分布を表わし、第2項は円柱が2本あるためによって生じる散乱波・反射波の影響(円柱の相互干渉)を表わす。

3. 円柱周囲の液高分布に関する数値計算

図-2に示すように、 $a = b$ 、すなわち2本の円柱の直径が同じであって、2本の円柱が波の進行方向と直角あるいは平行な方向に並べられている場合について、円柱周囲の液高分布の数値計算をおこなった。

2本の円柱が波の進行方向と直角な方向に並べられた場合に

は、式(2)より円柱0の周囲の液高分布は

$$H/H_i = \left| \sum_{\lambda=-\infty}^{\infty} -i^{\lambda} e^{i\lambda\theta} \left[J_{\lambda}(ka) - \frac{J'_{\lambda}(ka)}{H'_{\lambda}(ka)} H_{\lambda}^{(u)}(ka) \right] + \sum_{\lambda=-\infty}^{\infty} \sum_{\mu=-\infty}^{\infty} i^{\mu} e^{i\mu\theta} \frac{J'_{\lambda}(ka)}{H'_{\lambda}(ka)} H_{\lambda+\mu}^{(u)}(ka) \left[J_{\mu}(ka) - \frac{J'_{\mu}(ka)}{H'_{\mu}(ka)} H_{\mu}^{(u)}(ka) \right] \right|$$

(4) 図-2 円柱の配列

となり、波の進行方向と平行な方向に2本の円柱が並べられた

場合、円柱0(前方円柱)の周囲については、式(2)より

$$H/H_i = \left| \sum_{\lambda=-\infty}^{\infty} -i^{\lambda} e^{i\lambda\theta} \left[J_{\lambda}(ka) - \frac{J'_{\lambda}(ka)}{H'_{\lambda}(ka)} H_{\lambda}^{(u)}(ka) \right] + \sum_{\lambda=-\infty}^{\infty} \sum_{\mu=-\infty}^{\infty} (-i)^{\lambda} e^{i\lambda\theta} e^{i\lambda\ell\cos\theta} \frac{J'_{\lambda}(ka)}{H'_{\lambda}(ka)} H_{\lambda+\mu}^{(u)}(ka) \left[J_{\mu}(ka) - \frac{J'_{\mu}(ka)}{H'_{\mu}(ka)} H_{\mu}^{(u)}(ka) \right] \right| \quad (5)$$

円柱0'(後方円柱)の周囲については、式(3)より

$$H'/H_i = \left| \sum_{\lambda=-\infty}^{\infty} -i^{\lambda} e^{i\lambda\psi} \left[J_{\lambda}(kb) - \frac{J'_{\lambda}(kb)}{H'_{\lambda}(kb)} H_{\lambda}^{(u)}(kb) \right] + \sum_{\lambda=-\infty}^{\infty} \sum_{\mu=-\infty}^{\infty} i^{\lambda} e^{i\lambda\psi} e^{i\lambda\ell\cos\psi} \frac{J'_{\lambda}(kb)}{H'_{\lambda}(kb)} H_{\lambda+\mu}^{(u)}(kb) \left[J_{\mu}(kb) - \frac{J'_{\mu}(kb)}{H'_{\mu}(kb)} H_{\mu}^{(u)}(kb) \right] (-i)^{\mu} \right| \quad (6)$$

となる。式(4)~式(6)によって液高分布を求めた結果の一例を次に示す。

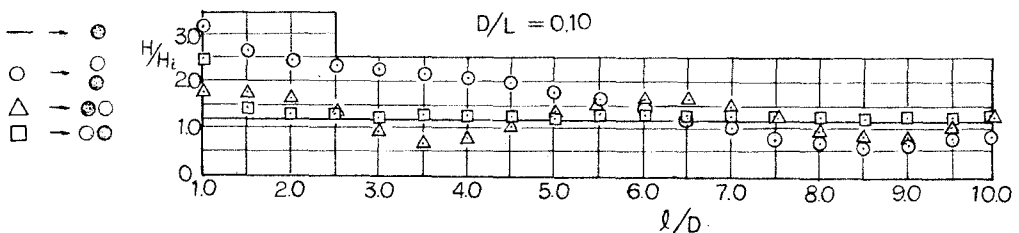


図-3 円柱周囲の液高分布 ($a = b$, $\theta = 180^\circ$, $\phi = 180^\circ$, $D/L = 0.10$)