

清水建設(株) 技術研究所 (正) 平山彰彦
(同) 大崎研究室 (正) 清川哲志

1. はじめに

石油掘削用プラットフォームなどの大型海洋構造物のうち、浅海用プラットフォームには矩形断面の角をいくらか落として八角形断面としたものがよく見られるが、これは構造物に働く波力などの外力を低減させるのも目的の一つと考えられる。しかしながら、角を落とすことによる影響がどの程度あるかについて、現在のところ十分にわかっているとは言い難い。したがって本報では、矩形断面柱体の角を落とすことによる影響がどの程度あるかを、著者らの一人が開発した面対称柱体に働く波力解析法¹⁾を用いて、理論的に検討した結果について報告する。

2. 質量係数

(1) 質量係数の算定：波の入射方向に対して対称な水平断面を有する一様断面柱体の微小長さ dz に働く水平力 dF_M は、線形ポテンシャル理論に基づき次式のように求められる²⁾。

$$dF_M = -i \frac{\rho g H_0}{2} \frac{\cosh k(h+z)}{\cosh kh} e^{-i\omega t} \int_0^{2\pi} \left[\sum_{m=0}^{\infty} \{ \varepsilon_m i^m J_m(kr_0(\theta)) - i A_0^{(m)} H_m^{(1)}(kr_0(\theta)) \} \cos m\theta n_x(\theta) R(\theta) \right] d\theta dz \quad \cdots(1)$$

ここに、 ρ ：流体の密度、 g ：重力加速度、 H_0 ：入射波高、 k ：波数、 h ：水深、 ω ：角振動数、 ε ：ノイマン数($m=0$ のとき $1, m \geq 1$ のとき 2)、 J_m, H_m ：第一種のベッセルおよびハンケル関数、 r_0 ：構造物中心から表面までの距離、 n_x ：構造物表面における単位法線ベクトルの x 方向成分、 $R(\theta) \cdot d\theta$ に対応した微小長さ、 $A_0^{(m)}$ ：構造物形状によって決まる複素係数で、座標系等詳細については文献[1]を参照頂きたい。

一方、モリソン公式における慣性力を、その大きさが最大となる位相で求めたものと、式(1)を z について h から 0 まで積分して得られる慣性力の最大値を等値すると、質量係数が次式のように求められる。

$$C_M = \frac{1}{kS} \left| \sum_{m=0}^{\infty} \int_0^{2\pi} \{ \varepsilon_m i^m J_m(kr_0(\theta)) - i A_0^{(m)} H_m^{(1)}(kr_0(\theta)) \} \cos m\theta n_x(\theta) R(\theta) d\theta \right| \quad \cdots(2)$$

ここに、 C_M ：質量係数、 S ：柱体の基準断面積で、柱体の波向きの投影幅 D_2 と同じ直径を有する円の面積 $\pi D_2^2/4$ である。

(2) 八角形断面柱体の質量係数：図2は矩形断面柱体の質量係数の特性とその断面の四隅を、切り取ってできる八角形断面柱体の質量係数の特性を比較したもので、矩形断面における波の進行方向に平行な辺の長さ D_1 と、これに直角な辺の長さ D_2 との比 D_1/D_2 、および角から二等辺直角三角形を切り取って残る辺の長さ D_3 と D_2 との比 D_3/D_2 をパラメータとして、構造物の代表径 D_2 と入射波長 L との比 D_2/L の関数として示してある。図中、 $D_3/D_2=1.0$ が矩形断面(以後元断面という)を示す。図2(a)は波の進行方向に細長い断面形状で、 $D_3/D_2=0.414$ は切り取った辺の長さ D_3 が等しいことを示している。図2(b)は、元断面が正方形の場合で、 $D_3/D_2=0.414$ は正八角形断面柱体を示す。 D_3/D_2 が 1.4 および 1.0 のときには、 D_3/D_2 が大きくなるほど、すなわち角を削る程、質量係数は小さくなる。一方、図2(c)に示すように、 D_1/D_2 が 0.4 の場合には、 D_3/D_2 が 0.8 のときに元断面よりも質量係数が大きくなるという逆の結果を示している。この事実は、元断面が、波の進行方向に細長い断面形状、および正方形断面の場合には角を削るほど波力も小さくなるが、扁平断面の場合には、逆に角を削ることにより波力が増大する場合のあることを示している。

3. 矩形断面柱体および八角形断面柱体に作用する波力

水深 50m に設置された $D_1=D_2=50\text{m}$ の正方形断面柱体およびその角を落としてできる八角形断面柱体に作用する波力をスペクトル計算により求めた。入射波スペクトルはBretschneider—光易型、伝達関数は単位振幅による波力である。入射波条件は有義波高 $H_{1/3}$ を 6.78m とし、有義周期 $T_{1/3}$ についてはDNV基準に基づいて $H_{1/3}$ より決まる入射周期幅の上限、下限、およびその中間の三通りとした。表1は入射波数 1000 波と 2000 波に対する波力の最大値 $(F_{\max})_{\text{mode}}$ および平均値 $(F_{\max})_{\text{mean}}$ を計算した結果を示したものである。これからわかる

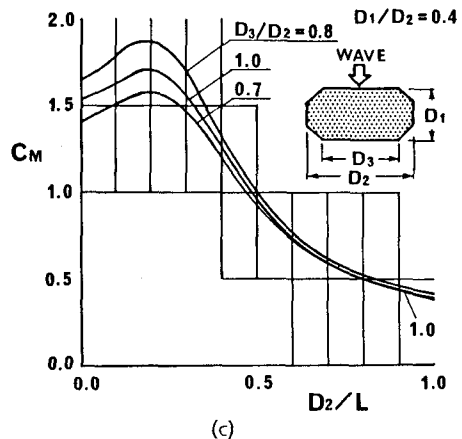
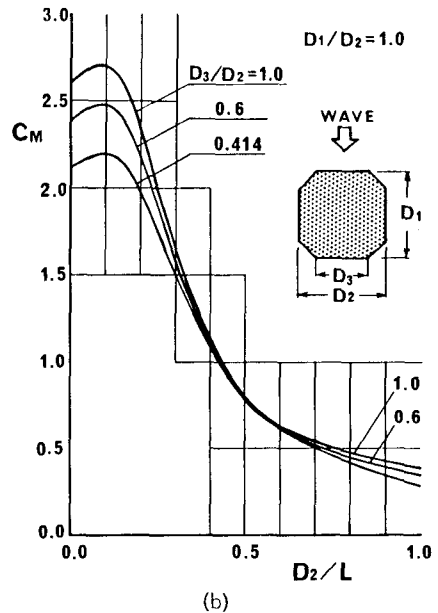
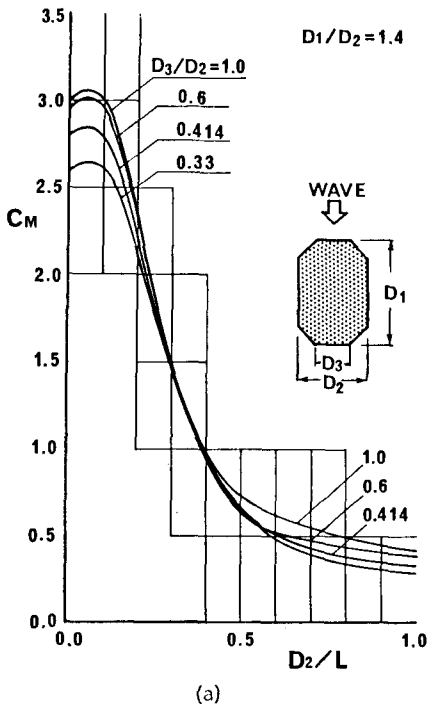


表-1 矩形断面柱体および八角形断面柱体に作用する波力

D_3/D_2	$T_{1/3}$ (sec.)	Extreme Mean Value ($F_{\max}/\text{mean}$ (tons))		Extreme Modal Value ($F_{\max}/\text{mode}$ (tons))	
		$N=2000$	$N=1000$	$N=2000$	$N=1000$
1.0	13.60	46,600	44,500	45,000	43,000
	10.50	37,300	35,700	36,100	34,400
	8.95	29,000	27,900	28,000	26,900
0.6	13.6	43,700	41,800	42,300	40,400
	10.50	35,500	34,000	34,400	32,800
	8.95	28,000	26,900	27,000	26,000
0.414	13.60	40,300	38,600	39,000	37,200
	10.50	33,500	32,000	32,400	30,900
	8.95	26,900	25,700	26,000	24,800

図-1 質量係数特性におよぼす隅角部の影響

ように、作用波力は、正方形断面柱体に比較して、正八角形断面柱体の場合約10%、角を1割切り取った八角形断面柱体の場合約5%小さくなる。

4. 結語

矩形断面柱体の角を切り取ってできる八角形断面柱体の質量係数および波力の特性について、角の切断寸法と構造物の代表径との割合を変化させてその影響を調べた。その結果、切り取る前の矩形断面が波の進行方向に細長い場合、あるいは正方形の場合には、角を大きく切り取るほど、質量係数も小さくなることわかった。しかしながら、元断面が波の進行方向に直角方向に細長い場合には、角を切り取るにより質量係数が増す場合のあることがわかった。したがって、大型海洋構造物の設計の際には、構造物に対する波向き、および構造物の代表径と角の切り取り寸法との比に十分注意する必要があるといえよう。

- 1) 清川哲志・小林 浩：面対称柱体による波の散乱と波力，土木学会論文報告集 No.336, pp.55~64, 1983
- 2) Rules for the design construction and inspection of offshore structures 1977, Det Norsk Veritas, 1977