第Ｉ部門　　**円筒型ポンツーン列の波浪回折問題における共振現象に関する研究**

京都大学大学院工学研究科　学生員　○松村　卓　　京都大学大学院工学研究科　フェロー　渡邊　英一
京都大学大学院工学研究科　正会員　宇都宮　智昭　京都大学大学院工学研究科　正会員　永田　和寿

1. 研究目的

浮体構造物の構造形式の一つに、小さな浮体をより多く並べ、それらを基礎として上部構造物を構築し、一つの浮体構造物とする構造形式がある。この構造形式においては各カラム間での回折・散乱波による相互作用の影響が大きな問題となる。そこで、複数の浮体間における波浪回折問題による相互作用をテーマとして取り上げ研究を行った。

Maniar & Newman[1]によれば、無限海域上に多数の着底頭出し円柱が列状に設置されている場合、入射波の波数がtrapped modeを与える波数に近いとき非常に大きな強制波力が作用することが報告されており、また､同様な研究結果がUtsunomiya & Eatock Taylor[2]によって報告されている。この現象は､near trappingとも呼ばれる共振現象であるとされている。

このような現象は着底していない浮体構造物においても生じることが予想されており、上記のような構造形式を有する浮体構造物にとって大きな問題となる事が考えられる。しかしながら、この問題について研究はほとんどなされていない。

本研究では、波浪回折問題、特に共振現象であるnear trappingに着目し、trapped modeの浮体構造物に対する拡張を行い、数値解析によってその存在及び影響を明らかにすることを目的とする。

2. 解析理論

本研究では、境界値問題を解くことになるが、Fig.2.1 に示すように流体部を浮体の真下の領域（内部領域）とそれ以外の領域（外部領域）とに分割し、各領域の境界において、圧力、水平速度が連続である、という境界条件を付加し解を得る。解析対象を円筒ポンツーン列に限定することで、channel multipolesを用いて厳密解を得る事が出来る。ここでは、trapped modeを得るための境界条件式である次式のみを示す。

$$\phi_l(x,y) \to 0 \qquad as \quad |x| \mapsto \infty, \quad |y| \le b \qquad (1)$$

これは、速度ポテンシャルが無限遠に散逸しないことを示す境界条件である。この境界条件を満たすためには、波数がcut off wave number(=π/2s)より小さな値でなければならない。

最終的に未定乗数に対する $2(N_E-1)\,N_F \times 2(N_E-1)\,N_F$ の連立方程式が得られるが、右辺が 0 となる同次方程式となる。この連立方程式に解が存在するためには、係数マトリクスの行列式が 0 となる必

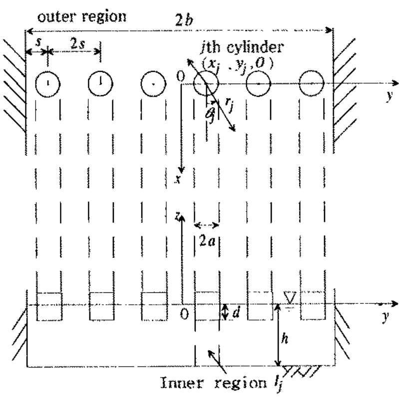

Fig. 2.1

Table 3.1 trapped mode wave number

a/s=0.5, h/s=1.0

d/h	N	mode 1	2	3	4	5
0.05	1	-------				
	2	-------	-------			
	3	-------	-------	-------		
	4	-------	-------	-------	-------	
	5	-------	-------	-------	-------	-------
0.1	1	1.5700				
	2	-------	1.5700			
	3	-------	-------	1.5700		
	4	-------	-------	-------	1.5700	
	5	-------	-------	-------	-------	1.5700
0.5	1	1.4798				
	2	-------	1.4800			
	3	-------	1.0470	1.4803		
	4	-------	-------	1.1769	1.4803	
	5	-------	-------	0.9425	1.2536	1.4803
1.0	1	1.3913				
	2	0.7803	1.3913			
	3	0.5223	1.0318	1.3913		
	4	0.3922	0.7803	1.1519	1.3913	
	5	0.3139	0.6259	0.9324	1.2202	1.3913

Taku Matsumura, Eiichi Watanabe, Tomoaki Utsuomiya and Kazutoshi Nagata

要がある。この条件を満たす波数が trapped mode wave number である。

3. 解析結果及び考察

3.1 Trapped mode の解析結果と考察

N=1～5 における trapped mode の計算結果を Table 3.1 に示す。この表より、d/h を小さくすることにより低次のモードから trapped mode が消滅していくことが分かる。

このように、trapped mode が消滅するのは、trapped mode wave number 値が大きくなることにより、cut off wave number を越え、境界条件式(1)を満たさなくなるためである。

3.2 Trapped mode と強制波力の共振現象に関する解析結果と考察

ポンツーンに作用する強制波力の計算結果を Fig. 3.1～3.4 に示す。この図より、周期的に非常に大きな強制波力が現れており、共振現象が生じていることが分かる。

さらに、near trapping について考慮するために、いくつかのパラメータについて、強制波力の初めに現れるピークにおける波数と trapped mode wave number を比較したものを Table 3.2 に示す。

これらの結果より、特に $N-1$ 次において trapped mode を有していない場合は、N 次の trapped mode mode wave number に近い値で共振現象を起こしている事が分かる。また、N次においてすら trapped mode を有していない場合は、cut off wave number を越えた波数で共振現象を示している事が分かる。

Table 3.2 Comparison of trapped mode wave number and first peak wave number

N=10, a/s=0.5, h/s=1.0

d/h	ks_{N-1}	ks_N	ks^*
0.05	------	------	1.5836
0.10	------	1.5700	1.5646
0.50	1.3980	1.4804	1.4390
1.00	1.3376	1.3913	1.3464

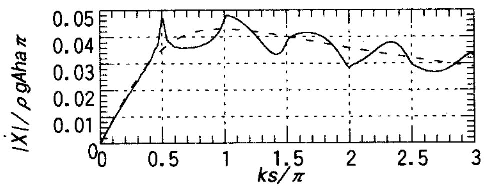

Fig. 3.1 d/h=0.05

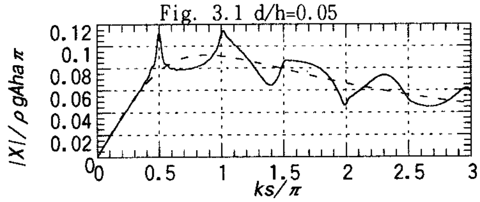

Fig. 3.2 d/h=0.1

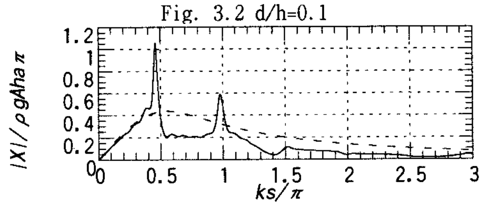

Fig. 3.3 d/h=0.5

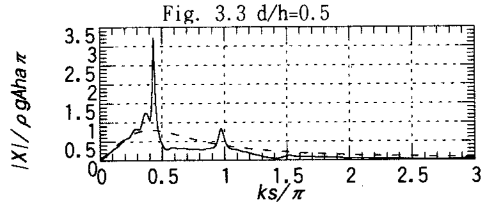

Fig. 3.4 d/h=1.0

4. 結論及び今後の課題

本研究で得られた主要な結論を以下に示す。

- 喫水を小さくしていくと、trapped mode wave number は大きくなり、いずれ、境界条件を満たさなくなり、今回の理論において trapped mode は存在しないことになる。複数ポンツーン列においては、喫水を浅くしていく事により、低次の trapped mode から存在しなくなっていく。
- N次において trapped mode が存在するとき、共振を起こす波数は cut off wave number 以下の値を取る。一方、N次において trapped mode が存在しないとき、共振を起こす波数は cut off wave number を越える値となる。$N-1$ 次において trapped mode が消滅する d/h においては、$N-1$ 次ではなく N 次の trapped mode wave number の近傍において共振を生じる。

参考文献

1) Maniar, H. D. & Newman, J. N. 1997 Wave diffraction by a long array of cylinders. *J. Fluid Mech.* **339**, 309-330.

2) Utsunomiya, T. & Eatock Taylor, R. 1998 Trapped mode around a row of circular cylinders in a channel. *J. Fluid Mech.* (in press)