

ハイパボリック波およびモデル砕波による柱体の振動シミュレーション

金沢大学工学部 正会員 ○石田 啓

金沢大学大学院 学生員 上野 彰

1. 緒言 海洋構造物に関する研究は、石油掘削装置などに関連した多数の研究成果が得られているが、その大半は深海域における構造物に関するものであり、浅海域における研究は、ほとんど見られない。特に、砕波による構造物の振動は未解明な点が多数残されている。浅海域では、波峰が尖鋭化し、そのため水粒子速度および加速度に高周波数成分が混入する。特に砕波時には、衝撃的な力が増えることが考えられるため、構造物の振動特性は、深海域の場合とは大きく異なってくると考えられる。したがって、本研究では、浅海波および砕波による柱体の振動波形について検討する。

2. 計算方法 浅海波による柱体の振動を取り扱う場合、波の理論は微小振幅波理論のみでは不十分であり、さらに有限振幅波理論を適用する必要がある。有限振幅波のうちクノイド波は極浅海域でも使用できるが、諸式が複雑である。したがって、ここでは岩理¹⁾によるハイパボリック波を使用する。柱体に働く波力はモリソン公式で与え、振動変位の計算には、構造特性マトリックス法を用いたが、時間変化の計算にはニューマーグのβ法を用いた。なお、ハイパボリック波による計算と共に、微小振幅波による計算も同時に行い、両者の相違を検討した。

次に、砕波による衝撃的な波力が働く場合²⁾の振動特性を考察したが、砕波波形には、ハイパボリック波を用い、波高は、Rankin-Stokesの砕波条件から決定した。波力式は、モリソン公式を用いる場合と、モリソン公式にさらに衝撃力を加えた砕波波力式を用いる場合の2通りについて検討した。

計算に用いた円柱は、下端部にバネを有する長さ30 cm、直径4 cmの円柱であり、設置水深は、 $h=15$ cmとした。計算時の時間ステップは、浅海波の場合 $\Delta t=0.005$ sec、砕波の場合 $\Delta t=0.0025$ secとし、抗力係数 $C_D=1.0$ 、慣性係数 $C_M=2.0$ 、付加質量係数 $K_a=1.0$ 、 $\beta=0.25$ を用いた。

3. 結果と考察 図1は、 $h=15$ cm、波の周期 $T=1.4$ sec、波高 $H=5$ cmの場合のハイパボリック波の波形で、図2は、この波による柱の頂部の変位の時間変化である。 $T=1.4$ secは、柱の固有周期 $T_0=0.35$ secの整数倍になるため、 ξ_{max} は1.5 cmと大きい。図3の $T=1.5$ secの波の場合は、波の周期が T_0 の整数倍でないため、 ξ_{max} は0.6 cm程度の小さな値となる。

図4は、 $T=1.75$ sec ($=5 \times T_0$)、 $H=5$ cmのハイパボリック波による波力の時間変化であり、 $F_{max}=50.33$ gと大きい。図5の微小振幅波による波力は、 $F_{max}=20.25$ gと小さい。これらの波力による振動変位を図6および図7に示す。図6のハイパボリック波による変位は $\xi_{max}=1.4$ cmと大きく、微小振幅波による図7の変位は、 $\xi_{max}=0.2$ cmと極めて小さい。すなわち、波の周期が固有振動周期の整数倍の場合は、ハイパボリック波による変位は微小振幅波による変位よりも、一般に、はるかに大きな値となる。

図8は、砕波時の巻き込み率 $\lambda=0.4$ を用いた場合の衝撃砕波力の時間変化であり、図9はこの波力による変位、図10は、衝撃力を除いた場合 ($\lambda=0$ とした場合)の波力による変位である。両者の変位に極端な差異は見られず、衝撃力か与える影響はあまり大きくない様に思われる。

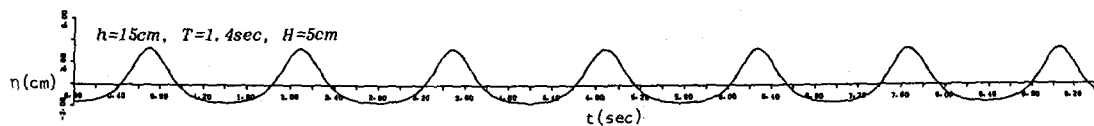


図1 ハイパボリック波の水面変動

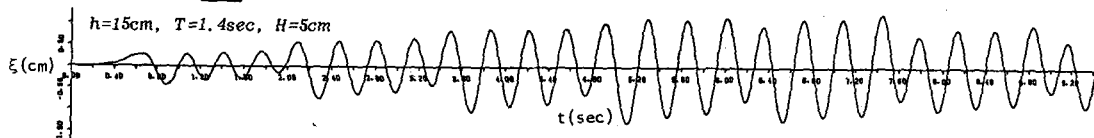


図2 固有周期の整数倍の周期を持つハイパボリック波による柱体の振動

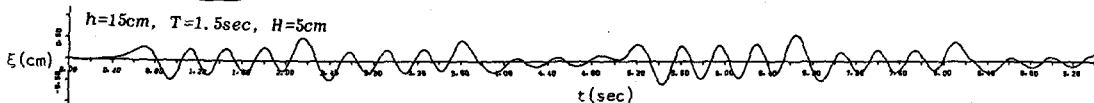


図3 固有周期の非整数倍の周期を持つハイパボリック波による柱体振動

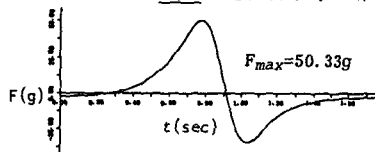


図4 ハイパボリック波による波力

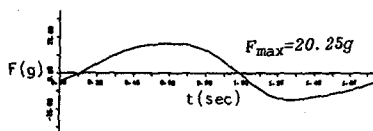


図5 微小振幅波による波力

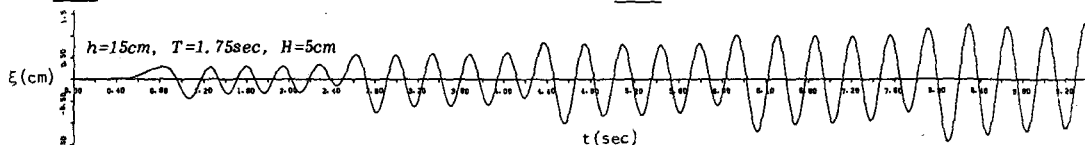


図6 ハイパボリック波による柱体の振動

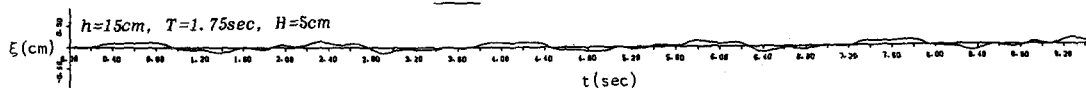


図7 微小振幅波による柱体の振動

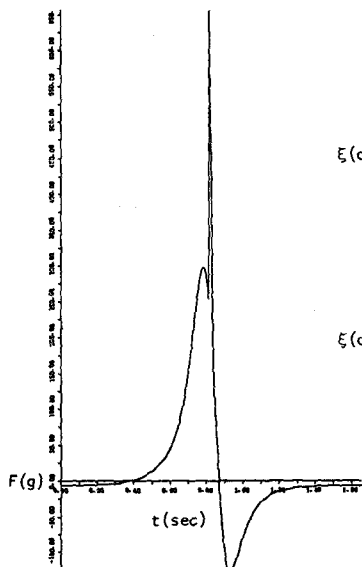


図8 衝撃砕波力の時間変化

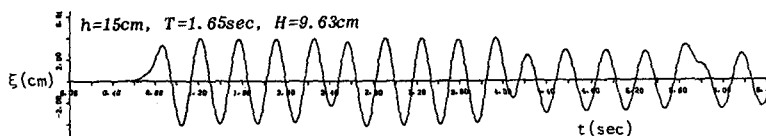


図9 衝撃力を考慮した砕波力による振動 ($\lambda=0.4$)

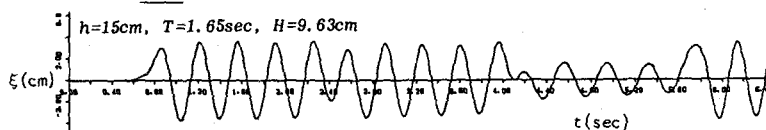


図10 衝撃力を加えない砕波力による振動 ($\lambda=0$)

参考文献

- 1) 岩田雄一・塩田啓介: ハイパボリック波の表現式の再検討, 第26回海講論文集.
- 2) 石田 啓・細貝隆司: 構造特性マトリクスによる柱体の波浪応答解析, 第30回海講論文集.
- 3) 合田良実・原中裕久・北畑正弘: 直柱に於ける衝撃波加振研究, 運輸省港研技報, 第5巻6号.