

京都大学大学院 学生員 ○清水大吾 京都大学工学研究科 フェロー 渡邊英一
 京都大学工学研究科 正会員 宇都宮智昭 (株)建設技術研究所 正会員 松永昭吾
 (株)建設技術研究所 正会員 小林 茂

1.研究目的

新しい橋梁形式の一つとして浮体式橋梁が挙げられるが、我が国のように波浪条件の厳しい地域に浮体式橋梁を架設するためには未だ多くの検討課題がある。中でも精度の高い浮体式橋梁の浮体基礎部の波浪応答解析手法の開発は重要課題の一つである。そこで本研究では、まず二次元造波水槽において実験を行い浮体基礎部の供試体の鉛直応答、回転応答を測定し2章で述べる解析理論に基づいた解析値と比較検討する。

2.解析理論

本解析では浮体基礎部が無限海域に置かれた場合と、側壁がある場所に置かれた場合の両方について行う。また、浮体基礎部の形状は円筒に限定して行う。いずれも流体を完全流体とみなし、渦なし運動を仮定する線形ポテンシャル理論に基づき、有限水深における円筒浮体の付加質量と造波減衰ならびに強制波力を求める。無限海域の場合は、Yeung¹⁾の方法により、また側壁がある場所に置かれた場合については、Linton²⁾らによって提唱された channel multipoles の手法を用いて円筒浮体の付加質量と造波減衰を求める。

3.実験概要

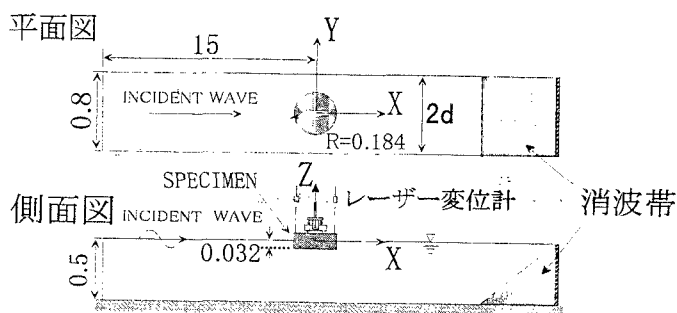


Fig.1 実験概要 (単位: m)

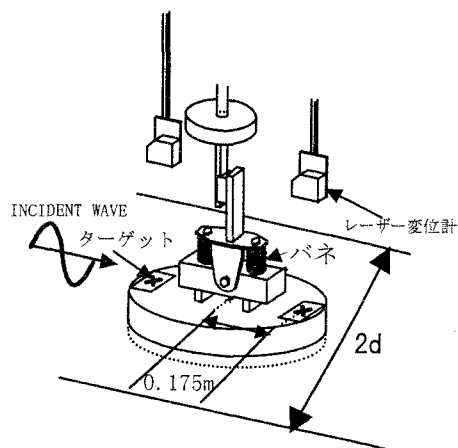


Fig.2 実験詳細

実験は、無限に連続する浮体橋梁の一部を取り出してモデル化を行った。実験の概要と詳細を Fig.1、Fig.2 に示す。ここで a は円筒浮体の半径、 D は喫水、 d は側壁幅の $1/2$ 、 H は水深である。供試体の運動は Z 軸方向(Heave 方向)と Y 軸回り(Pitch 方向)のみに許されている。入射波は $0.6\text{Hz} \sim 1.9\text{Hz}$ の周波数範囲で与えた。また、実際の橋梁においては橋桁のねじり剛性の影響があるので、それを模擬するために供試体に2種類のパネを取り付けたものに対しても実験を行った。パネなし(case-0)、弱パネあり(case-1)、強パネあり(case-2)とする。模型の諸元ならびに想定実機を Table1 に示す。

4.実験結果および考察

実験結果と理論曲線を Fig.3～5 に示す。ここで k は波数、 a は供試体の半径である。Fig.3 には Heave 応答変位の測定値と、無限海域における場合、側壁がある場合それぞれに対する理論曲線をあわせて載せている。ここで、case-0,1,2 はそれぞれパネなし、弱いパネあり、強いパネがある場合の実験値、theory-0,1 は無限海域における場合、側壁がある場合の理論曲線をあらわしている。また Fig.4 には Pitch 応答の実験値、無限海域におけるプログラムによる理論曲線を載せている。Fig.5 は、Fig.4 を部分的に拡大したものである。

Daigo SHIMIZU, Eiichi WATANABE, Tomoaki UTUNOMIYA

これらより、Heaveに関しては入射波の周期が長くなると、鉛直方向の応答変位が大きくなり逆に周期が短くなると応答変位も小さくなる事が分かる。また、 $ka=1.5(kd=\pi)$ の付近で急激に応答が変化しているのは水槽壁からの反射波の影響によるものと思われる。このことは、側壁影響を考慮した理論曲線(theory-1)と実験値が良く一致していることから裏付けられる。

Pitch 応答の実験値では、case-0 の場合に $ka=1.5$ の付近でピークが現れている。しかし供試体にバネをつけてねじり剛性を大きくするとピークが高周期側に移動しているので、これは浮体の固有周期が波の周期と一致して共振を起こしたものと考えられる。実験値が理論値を下回っているのは、供試体の縁の部分において渦が発生しており造渦減衰によりエネルギーが散逸するからだと考えられる。

5. 結論及び今後の課題

実験値と解析値を比較することにより、浮体橋梁の設計に際しては設定海域の周波数と浮体の、特にねじれモードの固有周期を十分考慮する必要があることが分かった。また、水路内に浮体を設置する場合や超長大浮体橋梁を考える場合には、Heave 応答が急激に大きくなる水路幅が存在する事にも十分注意して設計を行う必要があることが分かった。今後の課題としては以下のようなことが挙げられる。

- ・今回の解析では側壁の影響を考慮したプログラムの作成を Heave 方向に限定して行ったが今後 Sway 方向、Roll 方向等にも拡張していく必要がある。
- ・本研究で利用した解析理論は円柱のみに適用可能であったので今後任意形状の浮体の波浪応答を解析する必要がある。また、今回実験を行ったのは一つのポンツーンに対してのみであったが、複数のポンツーンによる相互影響を考慮する必要がある。
- ・本解析では造渦減衰の影響を考慮していないため特に短周期側において実験値に対してやや過大評価となるので造渦減衰を考慮した実験、解析を実施する必要がある。

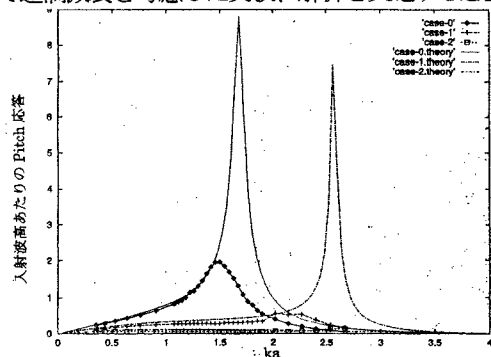


Fig.4 Pitch 応答

(参考文献)

- 1) Yeung, R.W. 1980 added mass and damping of a vertical cylinder in finite-depth waters. Applied Ocean Research. 3, 119-113
- 2) Linon, C.M. & Evans, D.V. 1992 The radiation and scattering of surface wave by a vertical circular cylinder

Table 1 模型諸元

項目	模型	想定実機
水路幅(ポンツーン間隔)	0.8m	100m
水深(H)	0.5m	62.5m
半径(a)	0.184m	23.0m
喫水(D)	0.032m	4.0m
ねじりバネ係数(case-1)	3.977Nm/rad	1.0×10^6 kNm/rad
ねじりバネ係数(case-2)	15.91Nm/rad	4.0×10^6 kNm/rad

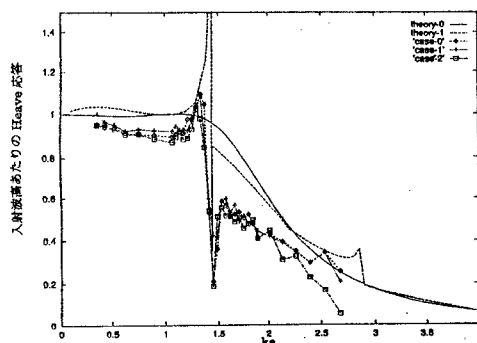


Fig.3 Heave 応答変位

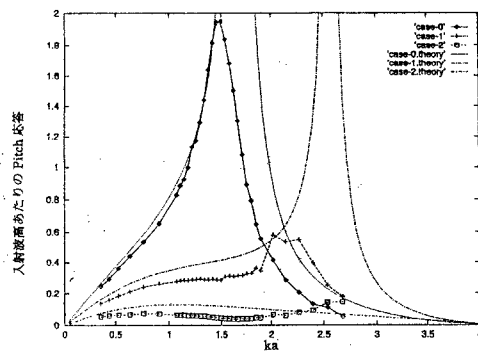


Fig.5 Pitch 応答(拡大図)