

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 正員 宇都宮智昭
（株）建設技術研究所 正員 小林 茂 京都大学大学院 学生員 ○原 勇一郎

はじめに

現在、豊予海峡での架橋が検討されているが、従来の水中基礎と吊り橋による架橋方法では、大水深域における水中基礎設置にかかる技術的課題と莫大な建設コストが問題となる。この問題点は浮体橋梁を用いることで解消できると考えられる。そこで本研究では、従来静穏域においてのみ使用されてきた浮体橋梁を、豊予海峡のような波浪条件の厳しい海域にも適用するための基礎検討を行った。

解析手法

本研究では、大水深でも適用可能な境界要素法流体力算定プログラムを用いて、浮体基礎部に作用する流体力係数(強制波力、付加質量、造波減衰)を求めた後、これを用いて橋梁全体の解析を行った。まず、浮体基礎部の形状を選定した。本研究で提案する浮体橋梁は Fig.1 に示しているが、この浮体橋梁は、鉛直波力に対しては自由浮体として挙動する「柔な」構造であるが水平波力に対しては面内の曲げ剛性により抵抗し、その反力をジャケットに伝える「剛な」構造となっている。このような特徴から浮体基礎には鉛直方向の応答が小さくなるような形状の選択が重要となる。このとき、Fig.2 の様なセミサブ型基礎においては、下部の張りだし量によって column 部及び hull 部の位相差による合力が変化するので、鉛直波力が相殺される点が現れる。この時の周期を「波なし周期」^[1]と言い、セミサブ型浮体の特性値として最も重要なパラメーターである。浮体基礎の選定に当たっては、鉛直波力軽減のため、この「波なし周期」の特性を利用した。まず半径 8m 喫水 10m 没水体積 2010.6m³ の円柱型基礎(model A-1)を基本とし、没水体積を一定に保ちながら、セミサブ型に形状を変化させた。その結果、基礎の形状は Fig.2 に示す通りに決定し、このときの鉛直波力を Fig.3 に示す。橋梁全体の解析は先に求めた流体力係数を用いて、汎用有限要素法プログラム NASTRAN で固有値解析、周波数応答解析(鉛直応答加速度、鉛直応答変位、部材力)を行った。なお設計外力及び橋梁の諸元を Table1 に示す。

橋梁系全体の解析結果

固有値解析の結果を Table2 に示す。Table2 より浮体の形状において、hull 部の半径を増大させ、column 部の半径を減少させれば固有周期が大きくなることがわかる。これは主に、column 部の半径が減少することで水際面積が減少し、浮体部の静水圧による弾性バネのバネ定数が減少したためであると考えられる。また、model A-1 では固有周

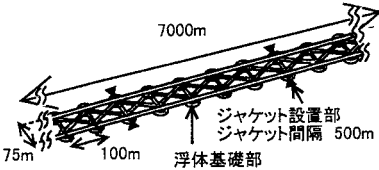
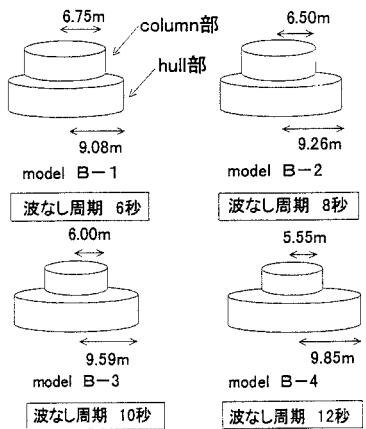


Fig.1 橋梁の概略図



喫水はセミサブ型モデルでは column部5m、hull部5m

Fig.2 セミサブ型基礎の形状

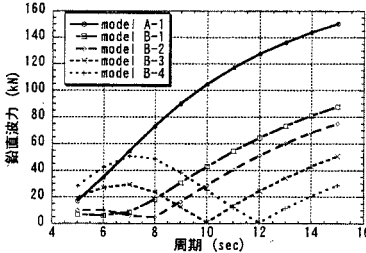


Fig.3 鉛直応答波力の比較

Table1 設計外力及び橋梁の諸元

有義波周期	8 秒
設計波高	5m
設計波長	99.9m
波の入射方向	橋軸直角方向
上部工に使用した鋼材のヤング率	2.1Gpa
上部工に使用した鋼材のポアソン比	0.3
橋梁全体の質量	約 292,500ton
浮体橋梁の全長	7,000m
浮体基礎間隔	100m
端部の境界条件	橋軸方向及び橋軸直角方向に拘束
水平方向への係留	500m 間隔で橋軸直角方向に拘束

期が設計有義波周期に近いと、共振現象により大きな応答が現れることが予想される。次に周期 5～15 秒まで 1 秒間隔で周波数応答解析を行った。以下に出てくる数値はすべて設計有義波高 5m に対する値である。model A-1、B-1～B-4 について上部構造物の最大鉛直応答加速度を求めた結果を Fig.4 に示す。model A-1 の加速度が入射波の周期 7.8 秒あたりで非常に大きくなっているのは、model A-1 の固有周期がこの付近にあるため、共振現象を起こしていると考えられる。また、model A-1 を除いたセミサブ型の上部構造物の最大鉛直加速度を比較した結果を Fig.5 に示す。Fig.5 より浮体基礎をセミサブ型とし、波なし周期の特性を利用する事で、鉛直方向の加速度をかなり軽減できることがわかった。次に上部構造物の最大鉛直応答変位を考える。この場合も model A-1 の場合は固有周期前後で非常に大きな値をとったためセミサブ型モデルのみの最大鉛直応答変位を Fig.6 に示す。最大鉛直応答変位も波なし周期の影響が出ているが、各モデルに対して固有周期の影響は現れていない。また加速度、変位ともに最大の値を取ったのは端部から 100m 程度離れた場所である。最後に上部構造物の部材力について検討する。model B-1 入射波の周期が 8 秒の上部構造物の曲げモーメント分布を Fig.7、また model A-1 を除いた最大曲げモーメントの比較を Fig.8 に示す。Fig.8 より、部材力に関して

もセミサブ型の「波なし周期」の特性を利用できることがわかった。

まとめ

基礎の形状に関しては最大応答変位、加速度の面から円柱型基礎よりもセミサブ型基礎の方が有利である。今回の研究により浮体橋梁の長距離海峡横断にはセミサブ型の「波なし周期」の特性を利用することが有効であることがわかった。

参考文献

[1]高須賀、渡邊、杉浦、宇都宮：セミサブ型海上橋梁の波浪動揺特性に関する研究、平成 7 年土木学会関西支部年次学術講演会、I-81、1995.3

Table2 固有周期

モード次数	model A-1	model B-1	model B-2	model B-3	model B-4
1 次モード	7.8488	9.7415	10.380	12.007	13.696
2 次モード	7.2736	9.7033	10.337	11.954	13.629
3 次モード	7.2734	9.6931	10.296	11.859	13.478

単位 秒

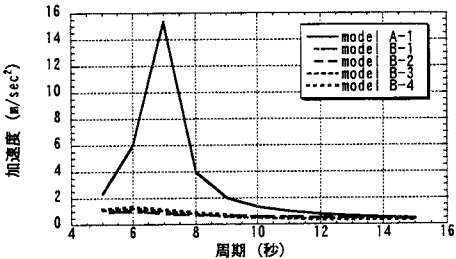


Fig.4 最大鉛直応答加速度

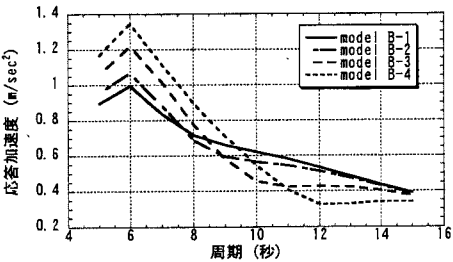


Fig.5 最大鉛直応答加速度(model A なし)

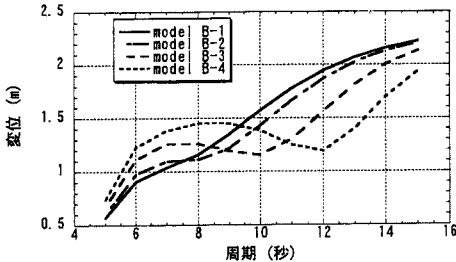


Fig.6 最大鉛直応答変位

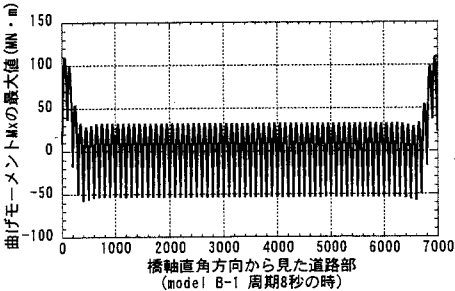


Fig.7 曲げモーメント分布

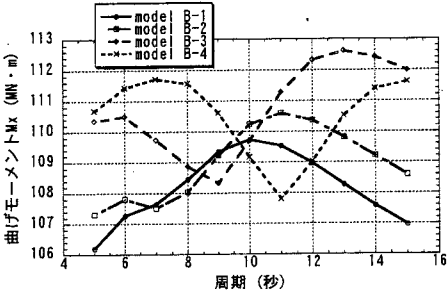


Fig.8 曲げモーメントの比較