

II-44

浮体橋梁の弾性応答解析による係留力の算定

鳥取大学工学部 正会員 上田 茂
 三菱重工業広島研究所 正会員 井上 幸一
 三菱重工業広島研究所 正会員 熊本 直樹
 三菱重工業広島製作所 正会員 岡 俊蔵
 三菱重工業長崎研究所 瀬戸 秀幸

1. まえがき

浮体橋はアメリカ、ノルウェー等で道路橋として既に供用されており、大水深または軟弱地盤のように、水面から支持地盤までの深さが深くなる場合、あるいは基礎工費が高くなる場合は、従来の橋梁より有利となる可能性がある。

この浮体橋梁を実現させるための技術課題の一つに、弾性構造体の波浪中の応答解析技術の開発があり、著者らは既にこの手法を開発し、構造設計に使用している¹⁾。以下では、浮体を弾性体とした場合と従来のように剛体と仮定した場合について係留力（係留パネの変位）を算定し、弾性影響を考察した。

2. 解析方法

採用した波浪中弾性応答解析手法を図1に示す。構造側は3次元弾性骨組構造としてモデル化し、有限要素法で定式化した。流体側は3次元ポテンシャル流としてモデル化し、境界要素法で定式化した。

連成解析の方程式は式(1)であり、規則的な周期応答を考えて節点変位及び波強制力を式(2)とおき、連成解析方程式(3)を解いて節点変位を求める。

$$([M] + [M_A])\{\ddot{D}\} + ([B] + [B_A] + [B_D])\{\dot{D}\} + ([S] + [S_A] + [S_B])\{D\} = \{E\} \quad (1)$$

$$\{D\} = \{\hat{D}\}e^{i\omega t} \quad \{E\} = \{\hat{E}\}e^{i\omega t} \quad (2) \quad ([S] + [S_A] + [S_B] + i\omega([B] + [B_A] + [B_D]) - \omega^2([M] + [M_A]))\{\hat{D}\} = \{\hat{E}\} \quad (3)$$

ここで、 $[M]$ ；質量行列（dry状態）、 $[M_A]$ ；付加質量行列、 $[B]$ ；減衰行列（dry状態）、 $[B_A]$ ；造波減衰行列、 $[B_D]$ ；等価造波減衰行列、 $[S]$ ；剛性行列（dry状態）、 $[S_A]$ ；浮力復原行列、 $[S_B]$ ；線形パネ行列（係留パネ行列）、 $\{D\}$ ；節点変位、 $\{E\}$ ；波強制力ベクトルである。

以上の方法で規則波応答関数を求め、不規則波中の応答は波スペクトルを用いて算定する。

3. 検討モデル

図2に示す2個のポンツーンに支持された弾性梁に、斜め波が入射するときの係留力を検討する。このモデル構造は、梁の両端近傍で橋軸直角方向に、梁の1端で橋軸方向に係留されている。この係留パネ定数は、いずれも4000tf/mである。

以下では、この浮体構造を弾性体としたときと剛体としたときの、振動特性および係留力について検討する。

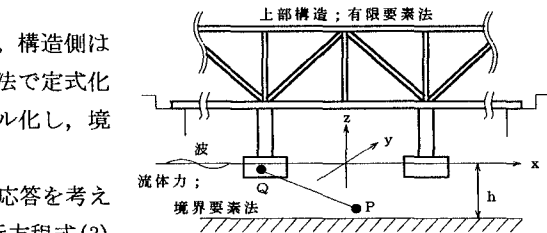


図1 解析方法

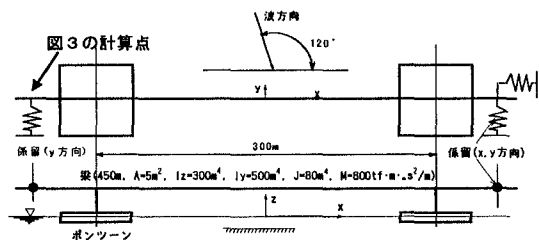


図2 解析モデル

キーワード；浮体橋梁，弾性応答解析，波浪，係留

連絡先；〒730 広島市中区江波沖町5-1，三菱重工業(株)広島研究所，TEL 082-294-3626，FAX 082-291-8310

4. 振動特性

表1に主要な振動モードの固有周期を示す。剛体モデルと弾性体モデルの振動特性の相違点は以下のとおりである。

最も大きな相違点は、剛体モデルにはねじれモードの振動が無いのに対し、弾性体モデルでは存在することであり、第2の相違点は、弾性体モデルのスウェイ（左右動）の固有周期が剛体モデルのそれよりも長周期側へ移動することである。

表1. 主要モードと固有周期（単位：秒）

固有振動モード	弾性体モデル	剛体モデル
ヒーブ	11.0	11.0
ピッチ	10.9	10.9
ロール	10.2	10.2
サージ	5.6	5.6
ねじれ	5.2	—
スウェイ	4.5	3.7
ヨー	2.6	2.7

5. 係留力

弾性体モデルと剛体モデルの係留力を比較するために、波浪中応答解析を行った。解析では最初に規則波応答を計算し、その結果を用いて不規則波応答を算出した。波浪条件は、 $T_{1/3}=5.7s$ 、 $H_{1/3}=1.4m$ 、 $H_{max}=2.7m$ 、波向=橋軸から 120° であり、Bretschneider-光易型スペクトルを用いた。

図3に係留点の不規則波中の橋軸直角方向変位 δ_y と、 z 軸（鉛直方向軸）まわりの回転角 θ_z を示す。この計算位置は、図2において左側の係留点である。図の横軸は平均波周期で、縦軸は δ_y および θ_z の1/1000期待値である。この係留点における弾性体モデルと剛体モデルの δ_y 、 θ_z 以外の変位および回転角は、ほぼ同じ値である。

図3から δ_y 、 θ_z ともに弾性体モデルの方が剛体モデルよりも大きいことが分かる。

δ_y に係留バネ定数を乗じたものが係留力であり、波浪条件 $T_{1/3}=5.7s$ では

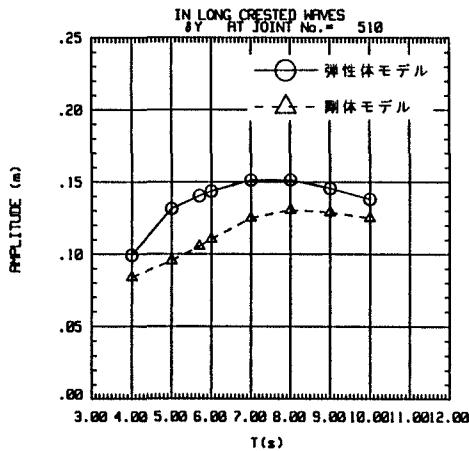
弾性体モデル $F_y=560tf$

剛体モデル $F_y=420tf$

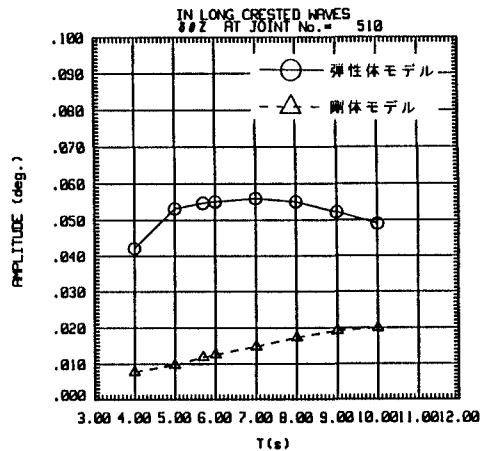
である。その差140tfが弾性影響である。

係留力を支配する外力は波浪荷重のみでなく、風荷重、潮流力なども影響するので、上記の140tfという係留力の差が係留システムに与える影響度は検討条件によって異なる。波浪荷重の影響度が大きい構造物の係留システムを検討する場合は、構造体の弾性影響を考慮した検討を行う必要がある。

また、1カ所の係留点に複数個の係留材（防舷材）を使用する場合は、回転変形および傾斜があるために1個毎に圧縮量が異なるので、個別に係留材の安全性を検討する必要がある。



(a) 橋軸直角方向変位 δ_y



(b) 鉛直軸まわり回転角 θ_z

図3 係留点の橋軸直角方向変位 δ_y と鉛直軸まわり回転角 θ_z （不規則波応答，1/1000期待値）

参考文献

- 1) 上田茂，他；浮体橋梁の波浪中弾性応答解析，土木学会第51回年次学術講演会講演概要集，I-A261，1996.9