

II-182

浮体橋の風・波浪時刻歴応答解析

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	熊本 直樹
三菱重工業広島研究所	正会員	井上 幸一
三菱重工業広島製作所	正会員	増田伊知郎
三菱重工業長崎研究所		瀬戸 秀幸

1. はじめに

浮体橋梁に対する流体-構造連成解析により、その波浪応答における弾性影響が明らかになってきた^{1,2)}。この解析は、外力が定常的であり流体力が周波数に依存することから周波数領域で行われる。波浪時の設計断面力の算出という点ではこれで十分であるが、疲労設計のための応力波形を求めたり係留系の非線形性を考慮する場合など周波数領域でなく時間領域での解析が必要となってくることも多々あると考えられる。

本文では、流体力の周波数依存性を考慮した浮体橋の時刻歴応答解析法を示し、それによる風・波浪時刻歴応答解析を行った結果を報告する。

2. 時刻歴応答解析法

浮体構造物の周波数領域での運動方程式は

$$[-\omega^2[M+A(\omega)]+i\omega[C+B(\omega)]+[K]]\{X\}=\{F(\omega)\} \cdots \cdots \cdots (1)$$

と表される。ここに、 M 、 C 、 K はそれぞれ構造物の質量、減衰、剛性(流体の静的復原力含む)行列、 $A(\omega)$ は流体の付加質量行列、 $B(\omega)$ は流体の造波減衰行列、 X は変位ベクトル、 $F(\omega)$ は外力ベクトルである。

この方程式の係数は周波数に依存することから、時間領域で解く方法としては次の2つが考えられる。

まず1つは、流体力のある代表周波数 ω_1 に固定して用いる方法である。即ち、次式に書き換える。

$$[M+A(\omega_1)]\{\ddot{x}\}+[C+B(\omega_1)]\{\dot{x}\}+[K]\{x\}=\{f(t)\} \cdots \cdots \cdots (2)$$

ここに、 x 、 $f(t)$ はそれぞれ時間領域での変位、外力ベクトルである。この方程式は、係数がすべて定数であるから容易に数値積分が可能である。しかし、いくつものモードの影響が重なり合っている場合や外力に多くの周波数成分が混在している場合などには代表周波数の選定は容易でなく、解析精度の問題がある。

もう1つの方法は、畳込み積分を用いる方法³⁾である。いま、 $A(\omega)$ と $B(\omega)$ との間には

$$\begin{aligned} R(t) &= \frac{2}{\pi} \int_0^\infty B(\omega) \cos \omega t d\omega \\ -\omega A(\omega) &= \int_0^\infty R(t) \sin \omega t dt \end{aligned} \cdots \cdots \cdots (3)$$

なる関係があり、この関係を用い式(1)の両辺に $\exp(i\omega t)$ を乗じて逆フーリエ変換すれば次式を得る。

$$[M+A(\infty)]\{\ddot{x}\}+[C]\{\dot{x}\}+\int_0^t [R(t-\tau)]\{\dot{x}\}d\tau+[K]\{x\}=\{f(t)\} \cdots \cdots \cdots (4)$$

ここに、 $A(\infty)$ は周波数無限大における付加質量で、 $B(\omega)=0$ と仮定している。

この計算法では、時々刻々の運動に応じた流体力係数を自動的に選定できる。また、畳込み積分の範囲は、現在時刻から時刻0にまでさかのぼるものであるが、実際の計算では関数 $R(t)$ が十分に小さくなる時刻までさかのぼればよい。この時刻は、浮体の形状や水深などにより異なる。

3. 数値計算

上述の畳込み積分による方法を用いた解析結果を示す。解析モデルは、図1に示す浮体橋とする。外力は風及び波浪を考え、風は基本風速42m/sとして日野式の変動風速パワースペクトルから外力の時刻歴波
キーワード：浮体橋梁、応答解析、流体力、畳込み積分

連絡先：〒730-0837 広島市中区江波沖町5-1 三菱重工業広島研究所 Tel(082)294-3626、Fax(082)291-8310

形を作成し、波浪は有義波高 1.4m、有義波周期 5.7 秒としてブレットシュナイダー型スペクトルから波強制力の時刻歴波形を作成し、いずれも橋軸直角方向に入力した。なお、計算は 600 秒間について実施した。

風単独、波浪単独及び風・波浪同時載荷の結果を図 2 及び 3 に示す。図 2 では、最大応答値で見れば風に比べ波浪の方が大きいので風・波浪同時載荷の場合の応答波形は波浪のみの場合と大差ない。しかし、図 3 のパワースペクトルをみると同時載荷の場合は風、波浪それぞれ単独の場合の特徴が重なり合っていることがわかる。即ち、受風面積が上弦材側で大きいので風単独載荷の場合にはロールの割合が大きいが、波浪単独の場合にはスウェイの割合が大きくなっており、さらに入力波の周期特性も強く現れている。

上記解析の波浪単独に相当する周波数応答解析の結果、応答値の 1/1000 期待値は 1.320m でありほぼ対応している。しかし、本時刻歴計算の計算範囲は 600 秒であり、波の数では 100 波強である。実際に時刻歴計算で周波数応答関数の 1/1000 期待値に相当する応答値などを評価するためには、十分長い時間の応答を求める必要があると考えられる。

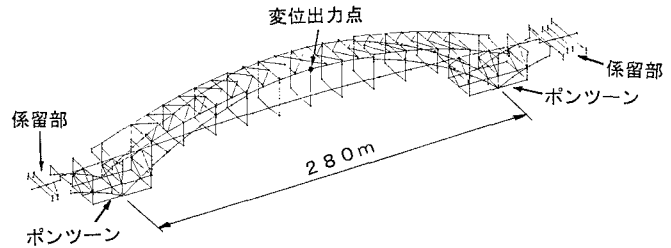


図 1 解析モデル

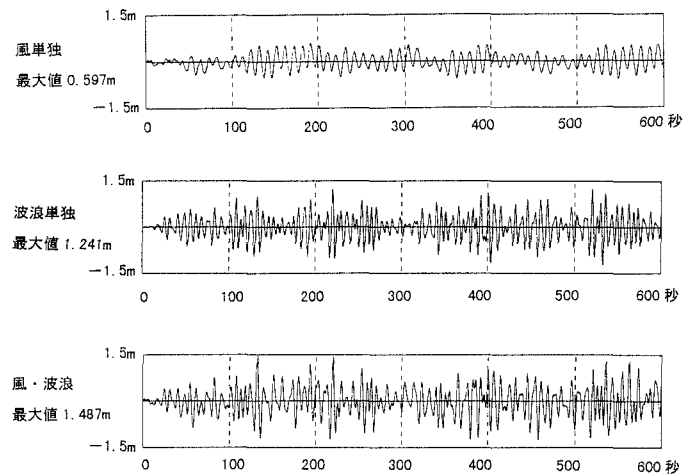


図 2 変位応答波形

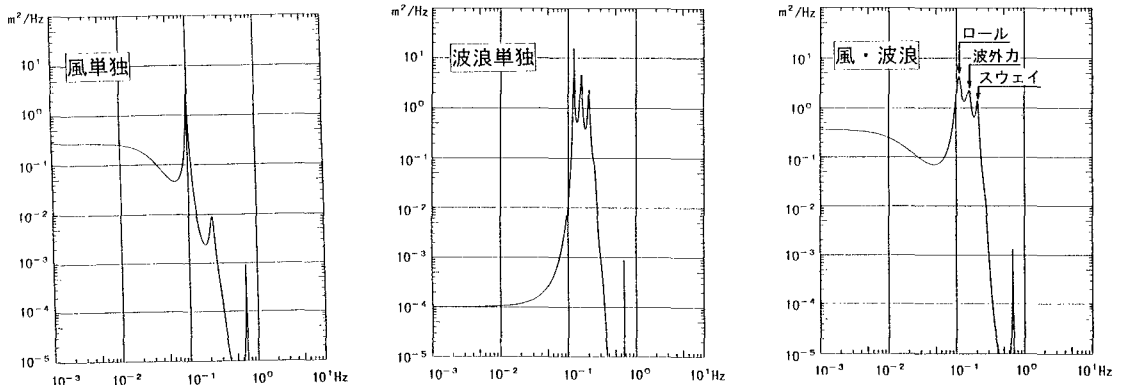


図 3 応答のパワースペクトル

4. まとめ

流体力係数の周波数依存性を考慮した時刻歴応答計算法とそれによる計算結果を示した。本計算法により、浮体橋のより高度な設計検討が可能になってくるものと思われる。

参考文献

- 1) 上田、他；浮体橋梁の波浪中弾性応答解析法、土木学会第 51 回年次学術講演会概要集、I-A261
- 2) 上田、他；浮体橋梁の弾性応答解析による係留力の算定、土木学会第 52 回年次学術講演会概要集、II-44
- 3) 元良、他；船体と海洋構造物の運動学、pp. 198-204、成山堂書店、1982