

長大橋梁のカスト不規則応答の時間過渡特性に関する基礎的研究

京都大学工学部 正員 白石 成人 京都大学工学部 正員 松本 勝
日 建 設 計 正員 加藤 隆

1. まえがき

構造物、とくに長大橋梁のように長い構造物の合理的かつ経済的な耐風設計を考えると、カストに起因する空気力の、風速の空間相関による低減効果は無視できない重要な設計要素である。また構造物の長大化に伴って、構造物の固有周期との関連から振動系（長大橋梁）の入力（変動風速）および出力（応答変位）それぞれの非定常性も無視できない問題である。本研究は空気力の橋軸方向の低減効果として [Method 1] *Joint Mode Acceptance* による方法および [Method 2] 空間相関を有する複数個の変動風速をスパン方向に同時シミュレートすることによる方法によってそれぞれ評価し、実橋の空力弾性挙動を照査するとともに上述の非定常性を非定常パワースペクトルによって検討するものである。

2. 空気力の低減および実橋の空力弾性挙動の評価

対象とした実橋は中央主径間 770m のつり橋でその断面を図 1 に示す。また振動応答は鉛直たわみ応答に着目した。

[Method 1] *Joint Mode Acceptance* による方法

r 次モードに対応し、構造物全体に作用する変動空気力のパワースペクトル密度を構造物のある対象点における空気力のパワースペクトル密度と関連づける空間的な補正係数を表わす統計量である *Joint Mode Acceptance* は次式のように定義される。

$$|J_r(n)|^2 = \int_0^L \int_0^L R_u(x, x'; n) \mu_r(x) \mu_r(x') dx dx' / \int_0^L \mu_r^2(x) dx \quad \text{---- (1)}$$

いま $|J_r(n)|$ を Blackman & Tukey 法によって有限余弦変換したものを $J_r(t)$ とおくと、実橋の空力カスト時間過渡応答解析手順は以下のとおりである。

① r 次モードに対応する空気力の一般座標を次式より求める。

$$P_r(t) = PbU \frac{dG}{dt} \int_0^t \frac{d\psi_r(t-t_0)}{dt_0} \int_0^t J_r(t_0-t) W(t) dt dt_0 \quad \text{---- (2)}$$

② r 次モードに対応する応答の一般座標を求める。

$$y_r(t) = \int_0^t P_r(t_0) A_r^*(t-t_0) dt_0 \quad \text{---- (3)}$$

③ スパン方向の応答を求める。

$$\eta(x, t) = \sum_r y_r(t) \mu_r(x) \quad \text{---- (4)}$$

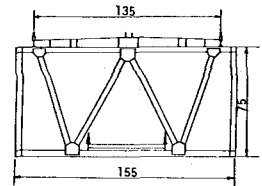
[Method 2] シミュレーションによる方法

[Method 1] を入力として鉛直変動風速 $W(t)$

と同一パワースペクトル密度をもち、互いに空間相関を有する複数個の鉛直変動風速を次式

$$W_j(t) = \sum_{p=1}^N \sum_{k=1}^M |H_{jp}(u_{kp})| / \sqrt{2\omega} \cos(\omega_k t + \alpha_{jp}(k) + \varphi_{pk}) \quad \text{---- (5)}$$

によってシミュレートした。



T SECTION

図 1

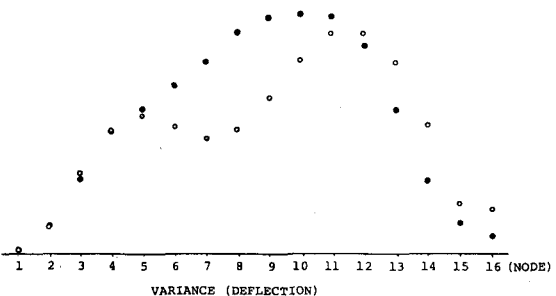


図 2

Shiraishi Naruhito , Matsumoto Masaru , Katou Takashi

$H_p(\omega)$ は、クロススペクトル密度マトリックス $S(\omega)$ を次式の
ように分解して得られるマトリックス $H(\omega)$ の要素である。

$$S(\omega) = H(\omega) H^* T(\omega) \quad \text{----- (6)}$$

式(5)によってシミュレートされた鉛直変動風速 $w(x, t)$
から変動空気力の一般座標を次式で求められる。

$$L(x, t) = \rho b \bar{U} \frac{dC_F}{d\alpha} \int_0^t w(x, \tau) \frac{d\psi_F(t-\tau)}{d\tau} d\tau \quad \text{----- (7)}$$

$$P_r(t) = \int_0^L L(x, t) \mu_r(x) dx / \int_0^L \mu_r^2(x) dx \quad \text{----- (8)}$$

以下 [Method 1] と同様にしてスパン方向の応答は求められる。

3. 数値計算結果

1 観測点における風の時系列データを用いて実
橋のカスト空力弾性挙動の時間変動特性を照査
する一方法として提案した、風速の空間相関
と実橋のモードによるスパン方向への空気力の低
減効果を Joint Mode Acceptance によって評価す
る方法は、多大な演算時間を要するシミュレシ
ョン法と比較して応答の分散値(図2)や最大応答
値(図3)に顕著な差違が認められないことから、
前者の方法が有効であると考えられる。

4. 変動風速と実橋の応答の非定常性。

変動風速(台風16号—1979年9月30日から10月
1日にかけて大阪市に上陸—の大阪湾大和川河口付近
における観測記録データ)を入力として実橋の鉛直に
関する応答を時間適応応答解析によって求め、^[2]
らに変動風速および応答それぞれについて Priestley
による evolutionary spectrum を求めた数値計算
結果の1例を図4に示す。スパン1/4点および
1/2点では時刻100sec および135sec 付近で比
較的大きな応答が生じた。1/4点の応答の卓越振
動数は約0.15Hz、1/2点の応答の卓越振動数は
約0.18Hz)を示している。特に135secでの

入力の変動風速の変動幅がそれ程大さくなくとも認められず、振動応答が大さく出たのは、
入力カストの0.1Hz成分の非定常スペクトルがこの時刻近傍で大きくなっていることに起
因するものと考えられる。

5. 結び Joint Mode Acceptance および非定常パワースペクトルの概念を導入することにより、3次元
的な実橋の空力弾性挙動および風速・応答(入出力)の非定常性を評価することになる。

[参考文献] [1] M. Shinzuka, C.M. Tan, "Digital Simulation of Random Processes and its Application" Jour. of Sound and Vibration
, Vol. 1, 1972 [2] M.B. Priestley, "Evolutionary Spectra and Non-Stationary Processes" Jour. of Royal Statistical Society, B27, 1965

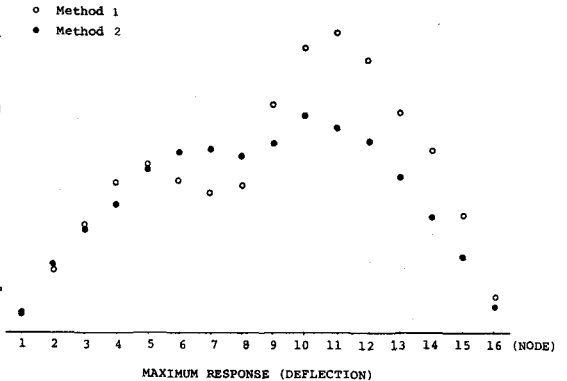


図3

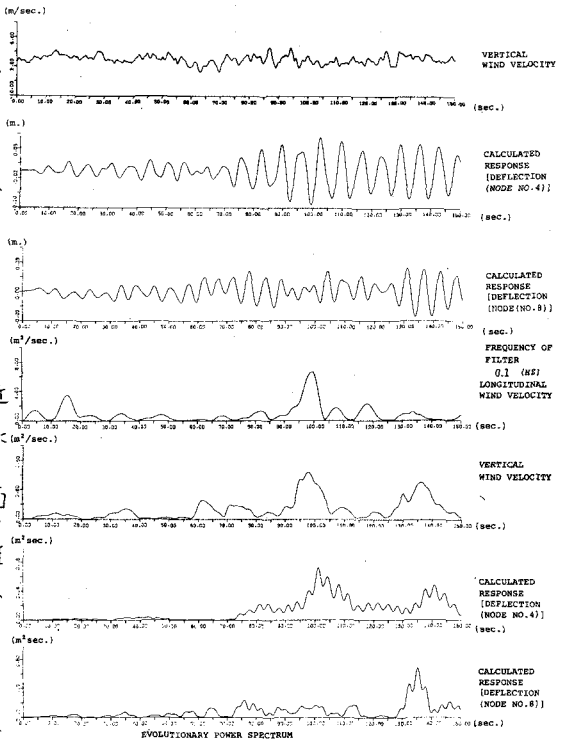


図4