

関西大学工学部

正員

○ 高岡宣善

同

上

佐藤徳治

要旨

上下方向の地震動の作用をうけるつり橋の運動方程式を導き、任意の波形の地震動が主ケーブルのアンカープロックおよび／あるいは主塔基部に作用する場合の補剛桁・主塔・主ケーブルの各断面力および変形量を求めるための計算式を作り、さらに地震応答スペクトル線図を利用してこれらの応答直を迅速に求める方法を提示した。数値計算の結果、長大つり橋においては主塔の耐震設計と同様に補剛桁の耐震設計も重要であることがわかった。

1. 運動方程式

われわれは長大つり橋を、(a)補剛桁、(b)主塔および(c)主ケーブルの3主要構成部分から成る連成振動系と考えて運動方程式を作る。つり橋が上下地震動の作用をうける場合の補剛桁の振動はつぎの2つの式によって決定される。

$$m(x) \frac{\partial^2 v(x, t)}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 M(x, t)}{\partial x^2} + H \frac{\partial^2 v^{**}(x, t)}{\partial x^2} - \frac{w}{H_g} H_{pe}(t). \quad (1)$$

$$\frac{H_{pe}(t) L_{et}}{E_k F_k} - \frac{w}{H_g} \int_0^L v^{**}(x, t) dx = \delta_2(t). \quad (2)$$

図-1のように、3径間つり橋の左側径間の左支桌およびアンカープロックAが下方へ V_A だけ移動する場合には

$$\begin{aligned} v^{**} &= v - v^* \\ &= v - V_A \frac{l_e - x}{l_e} \end{aligned} \quad (3)$$

となる。ここに v は断面 x における補剛桁の絶対変位を表わす。また v^* は同断面における構造系の移動量であって、 v^* はつり橋の各部分に何らの応力をも惹起しない。

もし、点Aのほか主塔の基部Bが下方へ V_B だけ変位する場合には

$$v^{**} = v - \left(V_A \frac{l_e - x}{l_e} + V_B \frac{x}{l_e} \right) \quad (4)$$

となる。この v^{**} によってつり橋の各部分に応力が惹起される。

中央径間および右側径間に対しても上と同様にして運動方程式を作ることができる。なお、主塔の

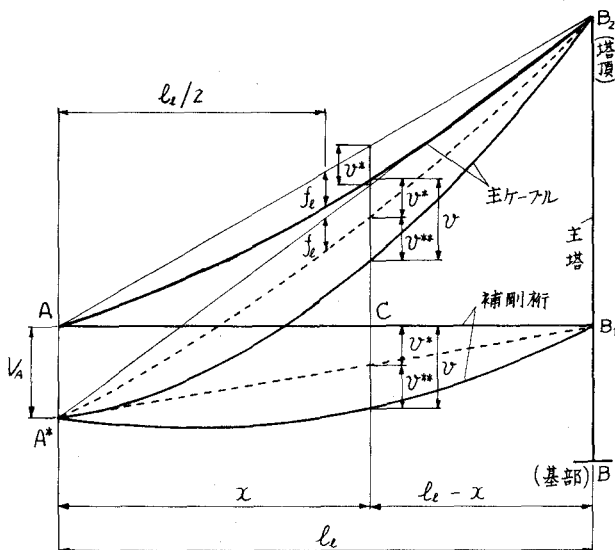


図-1 上下動 V_A による補剛桁と主ケーブルの変形

運動方程式を作るに際しては、主塔の水平方向の変位のみを考慮する。

これらの運動方程式を階差法で表示し、式を線型化しにあと modal analysis 法によって変形すると最終的につぎの式が得られる。

$$\ddot{q}_k + \omega_k^2 q_k = \omega_k^2 q_k^0 V(t), \quad (k=1, 2, \dots, n). \quad (5)$$

ここに $V(t)$ は上下震動の地動変位、 q_k^0 は静的単位上下動 $V(t)=1$ に対する q_k の値を表わす。

地震応答スペクトル線図を利用して $q_{k, \max}$ の近似値を求めるには、文献1)に述べてある方法により、つぎの式を使えばよい。

$$q_{k, \max} = |q_k^0| \cdot (V_{\max} + S_{D,k}), \quad (k=1, 2, \dots, n), \quad (6)$$

$$\text{あるいは} \quad q_{k, \max} = |q_k^0| \cdot \sqrt{V_{\max}^2 + S_{D,k}^2}, \quad (k=1, 2, \dots, n). \quad (7)$$

上式中、 $V_{\max}$ は上下震動の地動最大変位、 $S_{D,k}$ は第 k 次振動モードに対する地震動 $V(t)$ の変位スペクトルである。

2. 数値計算例

図-2に、El Centro 40(N-S), Eureka 54(S 11°E), Taft 52(S 69°E)の各地震動を上下動の地震動と仮定して径間つり橋の左主塔Bの基部に

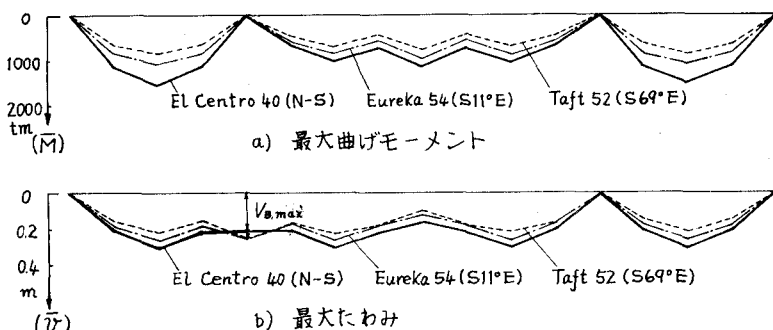


図-2 主塔基部に作用する上下地震動による補剛桁の最大応答

作用させた場合の補剛桁の最大曲げモーメントおよび最大たわみを示す。これらの値は各地震動の地震応答スペクトル線図と式(7)を用いて算出した。

図-3は、式(6)および(7)による最大応答と真の最大応答とを比較したものである。この図はEl Centro 40(N-S)地震を上下動 $V_B(t)$ として主塔Bの基部に作用させた場合の結果を示す。この

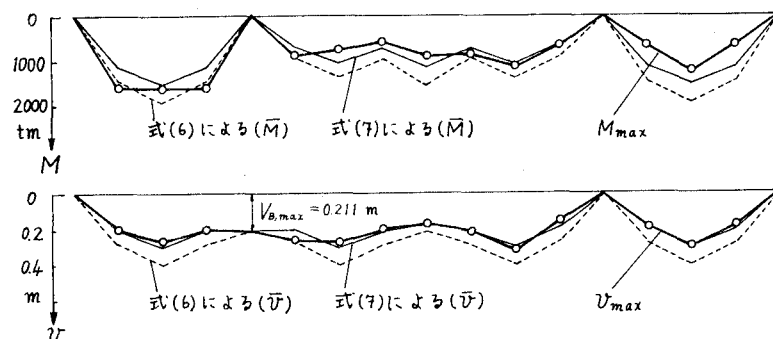


図-3 真の最大応答と地震応答スペクトル線図による応答

を作用させた場合の比較計算の結果から、地震応答スペクトル線図を利用する耐震計算法は実用上充分の精度を有していることがわかる。

全く同一の地震動を水平動としてアンカブロックに、また上下動として主塔基部に作用させて補剛桁の応答を比較したところ、後者の場合の応答は前者の場合の応答より小であった。また上下動による主塔の応答および主ケーブル張力の増加量は非常に小さい。参考文献-1)高岡宣善:地震動に対する長大つり橋の振動性状について。昭和43年度土木学会関西支部年次学術講演会概要, pp. I-19-1~2, 昭和43年5月。