

三菱重工 正員 ○ 藤井俊行

山口大学 ・ 倉田忠義

道路橋の耐震設計では、支間 200 m 以下、25 m 以上の橋脚をもつ柔らかい構造の橋に対しては、応答を考慮した修正震度法が用いられており、これ以上の長径間あるいは特殊な構造の橋については応答スペクトル曲線を用いた地震応答解析法あるいは地震動の波形を入力データとしたモーダルアナリシスによる応答解析法が用いられていることは周知の通りである。本論文は長径間アーチ橋の動的挙動および耐震設計上注意すべき点を明らかにすることを目的としたもので、スレーストリアーチ（西海橋）を対象とし、これの自由振動を立体的に解析し、その結果を用いて応答解析を行なった。応答解析には修正震度法および応答スペクトル曲線を用いた解析法を用い、さらに、比較のため *El Centro* 地震の地震加速度の *N-S* 成分が橋軸に直角に作用した場合についても解析した。

立体的自由振動

スレーストリアーチ橋の自由振動の立体的解析はランガートラス橋と同様に行なわれ、次のように模型化する。

- ①. スレーストリアーチ部の横断面は変形せず、スレーストリアーチの上節点より上の床組の支柱部は変形するとする。この場合、対傾構が存在するが、せん断変形の等しい箱形ラーメンに置換する。
- ②. 床板は横枠の上にヒンジ結合され、床板の水平軸まわりの曲げ剛性および橋軸方向の伸縮剛性を無視するが、鉛直軸まわりの曲げ剛性および橋軸まわりのねじり剛性は考慮する。
- ③. 橋の質量をスレーストリアーチの節点および床組と支柱の交点に集中させる。

すると、一横断面の変位および変形は、横断面の重心の水平、鉛直および回転変位、横断面の変形ならびに 6 個の節点の橋軸方向変位で表わされる。したがって、一横断面の運動方程式は横断面の重心の水平方向、鉛直方向および 6 個の節点の橋軸方向の運動方程式ならびに横断面の変形の運動方程式の計 10 個である。これを行列表示すると、

$$\begin{aligned}
 &1D_i X_{i-2} + (A_i + 2D_i) X_{i-1} + (B_i + 3D_i) \\
 &- \omega^2 W_i X_i + (C_i + 4D_i) X_{i+1} + 5D_i X_{i+2} = 0
 \end{aligned}$$

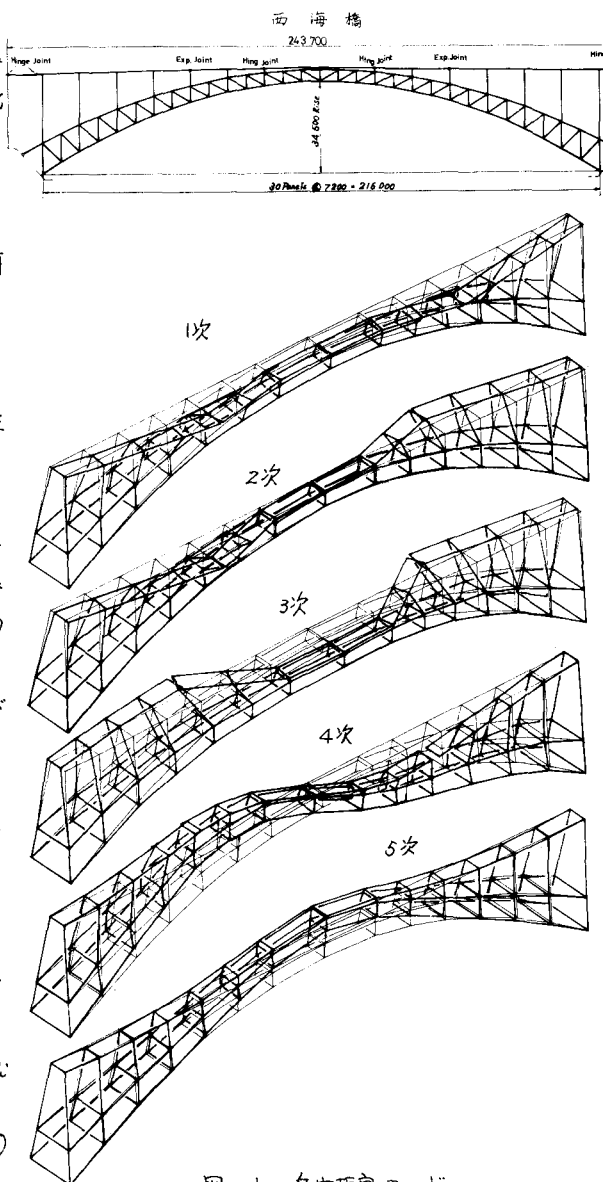


図-1 自由振動モード

X_i は i 番目の横断面の変位ベクトル、 W_i は同じ横断面の質量マトリクス
 A_i , B_i および C_i はアーチ部および床組のトラス部材の剛性に関する 10
 $\times 10$ の正方マトリックス、 $1D_i$, $2D_i$, $3D_i$, $4D_i$ および $5D_i$ は床板の剛性
 に関する 10×10 の正方マトリックスである。

運動方程式を支柱のある横断面に立てた。振動数方程式は対称振動に対し
 て、69、逆対称振動に対しては70次の行列式となった。解析結果中、10
 次までの周期と振動型を表に、5次までの立体的モードを図-1に示した。

立体的応答

西海橋の耐震設計に用いられる震度法における設計水平震度は、標準設計
 水平震度 $K_0=0.2$ 、地域別補正係数 $V_1=0.7$ 、地盤別補正係数 $V_2=0.9$ (第一
 種)、重要度別補正係数 $V_3=1.0$ とするとき、 $K_H=0.13$ となり、本橋の固有
 周期が1.6098秒であることより、修正震度は $K_{Hm}=0.1125$ となる。修正
 震度より計算される地震力を注目の横断面の重心に作用させた場合の変位を
 静的として図-3に示し、平均応答スペクトル曲線(地盤条件別標準スパク

トル曲線(1970)の岩盤)を利用した応答解析した結
 果を動的として図-2および3に示した。El Centro
 地震に対する最大応答変位をモーダルアナリシス法お
 よび同地震の速度応答スペクトルより求めた図-4に示
 した。ここで、比較のための最大加速度が $0.13g$ の場合
 に換算してある。また、最大応答加速度は図示してい
 ないが、図-2とは異なった結果が得られた。

結 ば

本橋はスパンの $1/4$ 点付近に床組の伸縮継ぎがある
 ため、およびアーチ上部の支柱の剛性が小さいため水
 平変位が大きくなるとともにせん断変形も大きく、そ
 の応答値も大きくなっている。耐震設計上、床組の伸
 縮継ぎの位置および支柱の剛性の大きさに注意すべきで
 ある。

図-4 横断面重心の最大応答変位
 (El Centro 地震による)

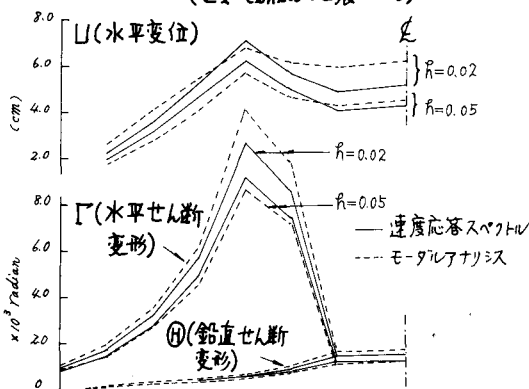


表 - 1
 西海橋の固有周期と振動型

次数	固有周期	振動型
1	1.6098	対称 (水平)
2	1.5045	逆対称 (水平)
3	0.9486	対称 (水平)
4	0.7115	逆対称 (鉛直)
5	0.5840	対称 (鉛直)
6	0.5492	逆対称 (水平)
7	0.5353	対称 (水平)
8	0.4249	逆対称 (水平)
9	0.3688	対称 (鉛直)
10	0.3183	対称 (水平)

図-2 横断面重心の最大応答加速度
 (平均応答スペクトル曲線による)

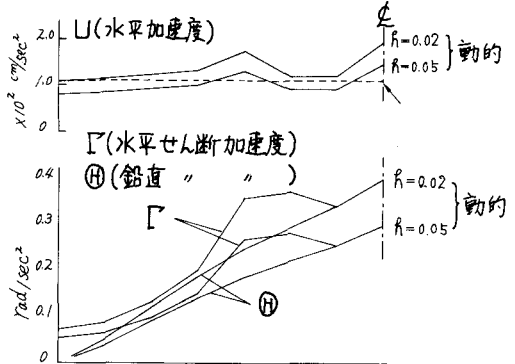


図-3 横断面重心の最大応答変位
 (修正震度法と平均応答スペクトルによる法)

