

大成建設（株） 正員 岡本 晋
同 上 久野 雅祥

1. はじめに

橋梁等の大スパン構造物の地震時の安全性を考える上で、入力地震動の位相差が構造物の応答特性に及ぼす影響を確認することは重要な課題である。ここでは、問題を単純化して1スパン構造物の脚毎に位相差を持った橋軸方向正弦波地動が入力した場合を考え、構造物の挙動に及ぼす入力位相差の影響を検討した結果を報告する。

2. 解析方法

図-1に示すように弾性橋脚で支持された1スパン構造物の各柱に橋軸方向の位相差を持った正弦波が入力した場合を対象とする。この場合の両質点の運動方程式は次式で表される（各変数の説明は図-1中に示す）。

$$m_1 \cdot \ddot{x}_1 + c_1 \cdot \dot{u}_1 + k_1 \cdot u_1 - k_0 \cdot (x_2 - x_1) = 0$$

$$m_2 \cdot \ddot{x}_2 + c_2 \cdot \dot{u}_2 + k_2 \cdot u_2 + k_0 \cdot (x_2 - x_1) = 0$$

ここで、両橋脚の減衰定数を5%とし、振幅(d)が等しく位相差 α ($=0, 0.2\pi, 0.4\pi, 0.6\pi, 0.8\pi, \pi$) を持った正弦波 $u_{g1} = d \cdot \sin(\omega t)$ 、 $u_{g2} = d \cdot \sin(\omega t + \alpha)$ を入力した時の質点1および質点2の応答を求める。ここでは、両質点を結ぶばねのばね定数を両橋脚のばね定数の1/1000倍

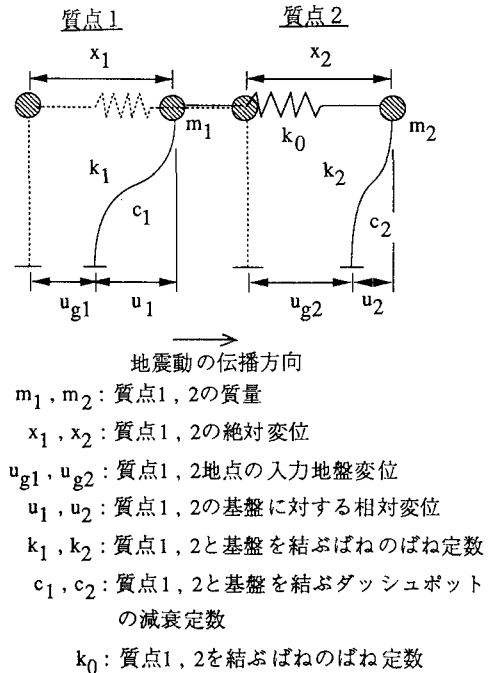


図-1 解析モデル図

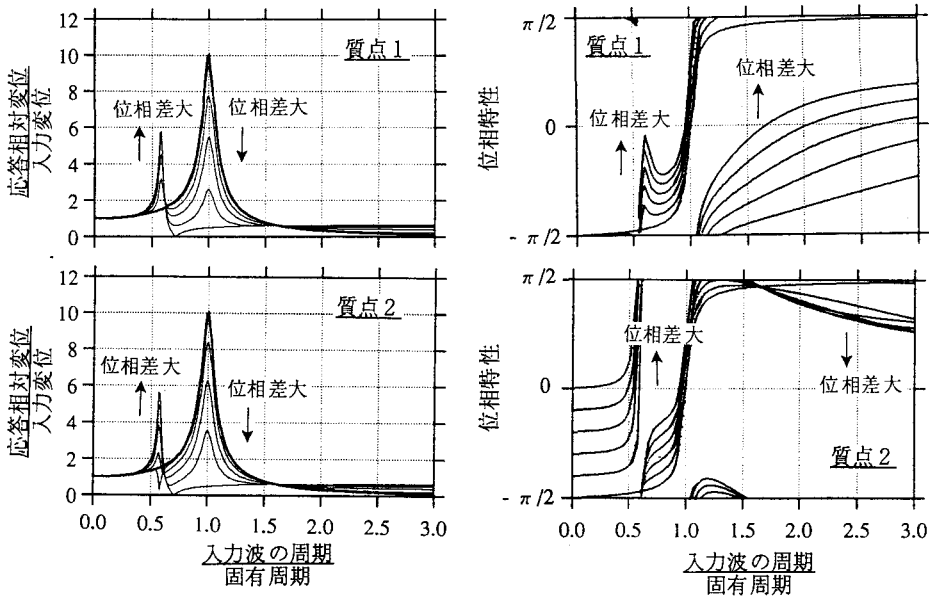


図-2 構造物の応答変位

（両質点が独立）～1000倍（両質点の変位が等しい）の間で変化させたケースについて検討を行う。

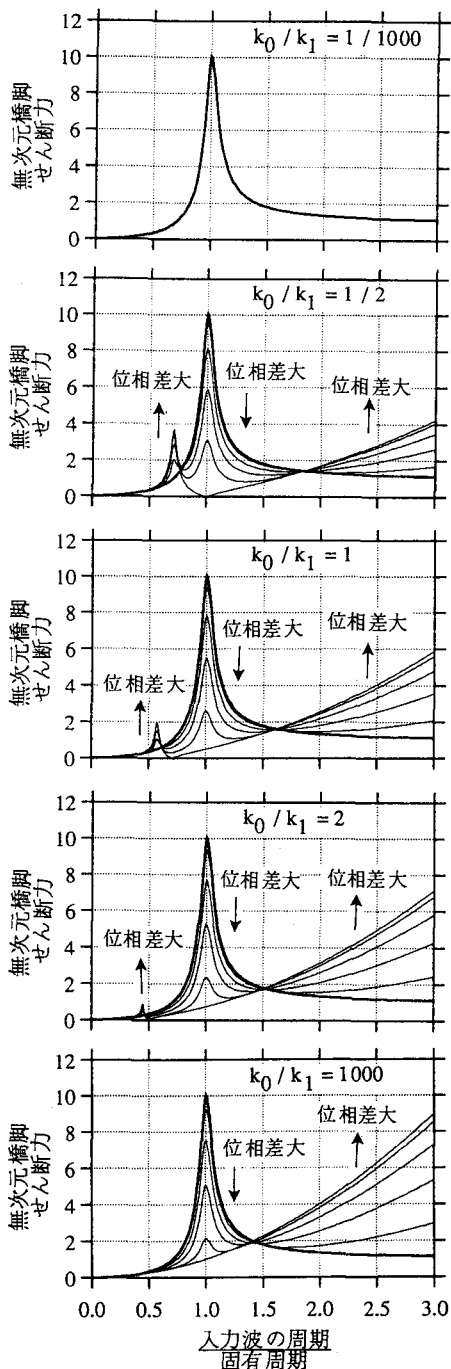
3. 解析結果

図-2に解析結果の一例として両質点を結ぶばねのばね定数(k_0)と両橋脚のばね定数(k_1, k_2)が等しい場合の、基盤に対する相対変位(u_1, u_2)の共振曲線を位相特性とともに示す。共振曲線を示す図中、太い実線は位相差が無いケースを示す。位相差が無い場合は1質点系と同様の挙動を示す。位相差が大きくなると並進の固有周期で加振した時の応答倍率が徐々に低下する。また、位相差が大きくなると並進の固有周期の $1/\sqrt{3}$ 倍（約0.58倍）の周期にもピークが生じる。この周期は、両質点が逆位相で振動するモードに対応する非減衰時の固有周期である。両質点に作用する地震動が逆位相の場合（ $\alpha=\pi$ ）は、両質点が同位相で振動する場合の固有周期では振動が卓越せずピークが見られない。

図-3に両質点を結ぶばねのばね定数を橋脚のばね定数のそれぞれ1/1000, 1/2, 1, 2および1000倍とした時の、橋脚1に生ずる無次元せん断力の共振曲線を示す。両質点を結ぶばね定数が非常に小さく、橋脚のばね定数の1/1000倍の時は両橋脚が独立に振動するため通常の1質点系と同様の共振曲線となる。両質点を結ぶばねのばね定数が橋脚のばね定数の1/2倍～2倍の範囲では、図-2に示したものと同様に両質点が逆位相で振動するピークが現れる。このピークが生じる入力波の周期は非減衰時の運動方程式の固有値として算出され、両質点を結ぶばねのばね定数が大きくなるに従い小さくなる。両質点を結ぶばねのばね定数が大きくなると、入力波の周期が固有周期より長い領域で位相差が大きくなるにつれ橋脚に生ずるせん断力が大きくなる。この傾向は、図-2において固有周期より長い周期を持った地震動が入力された時に橋脚の相対変位が位相差を考慮しない場合に比べて大きくなることと関連しており、位相差を持った長周期の地震動が入力した場合は両支点の変位差に伴って生ずる橋脚のせん断力が大きくなることを示している。

4. まとめ

1スパン構造物を対象とし、入力正弦波に位相差がある場合に位相差が構造物の動的応答におよぼす影響について検討した。検討の結果、入力地震動の位相差が構造物に及ぼす影響として以下の点が明かとなった。①位相差が大きくなると並進の固有周期における応答倍率は低下する。②並進の固有振動以外に両質点が逆位相で振動するモードが現れる。③固有周期より長い周期の位相差を持った地震動が入力する時、橋脚のせん断力が大きくなる。今後、橋軸直交方向の挙動についても同様の検討を進めていく予定である。



無次元せん断力：

作用せん断力 / (質量 × 入力加速度)

図-3 応答無次元せん断力（質点1の応答）