

橋梁上部構が下部構の振動特性に及ぼす効果について

東北大学 正 浅野照雄
同上 正 佐武正雄

1. まえがき

橋梁の振動特性は、基礎構造物である下部構と上部構の両者の振動特性の相互に影響し合、たものと考えられる。本文は、橋梁下部構の振動状態が上部構の挙動に及ぼす効果と、また、上部構の振動特性によつてどのように変わるかをミニエレーション解析により検討するものである。

2. 解析方法

橋梁下部構に対する上部構の効果は、橋梁の支承条件により異なる。即ち、固定支承と可動支承では上部構の下部構に対する拘束の異なり、下部構の振動性状にその相違が表われてくる。このことは、著者らの地震測定の結果からも明らかである¹⁾。従つて、下部構に対する効果も、固定支承の場合(可動支承の場合は橋軸直交方向を固定と見なす)と可動支承の場合にわけて検討する。

先づ、固定支承の場合の橋梁のモデル化を図-1に示すような上部構・橋脚・基礎とそれぞれ一質点におよぼさねばならぬ。基礎はロッキング振動・スウェイ振動、橋脚・上部構はせん断振動を行うものとする。橋梁の諸元は表-1に示す通りである。

応答解析はモード法を用い、系の減衰はレーレイ減衰と仮定し、一次のモードの減衰定数と $\gamma\%$ とし、外力は一定変位振動の正弦波である。

次に、可動支承の場合についてであるが、支承部の摩擦特性が明らかでないので、ここでは定値摩擦係数 μ のクローン摩擦を仮定する。また、前記の固定支承の場合と異なり、摩擦を考慮することとで複雑化するのど、下部構を単に水平振動するものと仮定して図-2のようなモデル化を行つて解析した。このとき、運動方程式は次のようになる。

$$m_1 \ddot{x} + r \dot{x} \pm \mu m_2 \dot{g} + c \dot{z} = P \cos(\omega t + \varphi)$$

但し、 m_1, m_2 はそれぞれ下部構、上部構の質量であり、 r は地盤反力係数、 μ はクローン摩擦係数、 P は外力振巾である。

3. 解析結果

3.1 固定支承の場合(図-1)

上部構の振動特性を、仮に上部構が支承部で固定されたとした場合の上部構の固有振動数 ω_g で表わすすると、上部構固有振動数 ω_g と系の固有振動数 ω との関係は図-3に示すようになる。ここで、一次モードはロッキング振動が卓越してゐる。この図から、下部構単独の場合と比べ、上部構が架設されると上部構の振動特性に関りなく一次の固有振動数は小さくなつており、上部構の質量が増加する程その傾向が大きくなつてゐることがわかる。

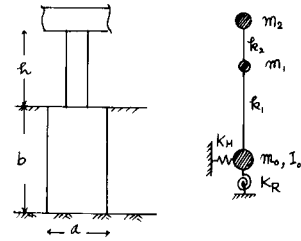


図-1 橋梁のモデル化(固定支承の場合)

表-1 橋梁の諸元および慣性

項 量	(%)	$m_0 = 150$	$m_1 = 50$	$m_2 = \begin{matrix} 50 \\ 100 \\ 150 \end{matrix}$
バネ剛性	(%)	$k_1 = 45000$	$k_2 = \begin{matrix} 7200 \\ 40000 \end{matrix}$	$k_H = 240000$
回転バネ剛性	(%)	2532000		
回転慣性	(%)	12000		
橋脚高さ	(m)	15		
アール半径	(m)	$a = 7.5 \quad b = 30$		

$$m_1 : m_2 = 2 : 1$$

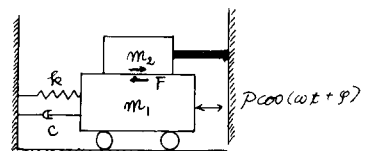


図-2 橋梁のモデル化(可動支承の場合)

また、系の固有振動数は上部構の固有振動数が小さくなる程小さくなるが、または、ほとんど一定の値を示す。

次に、外力変位一定振りの時の橋脚の変位応答を図-4~6に示す。なお、図には主として一次モードの変答を記してある。図-4は、上部構の質量が増加した場合の橋脚の応答を示す。これから、質量の増加に伴い一次固有振動数は小さくなり、又応答値は小さくなっていることがわかる。(但し単位振動力に対する変位に換算すると応答値の傾向となる。) 図-5は上部構の剛性を変化させたときの橋脚の応答を示す。これによれば、上部構の剛性の増加に対し一次固有振

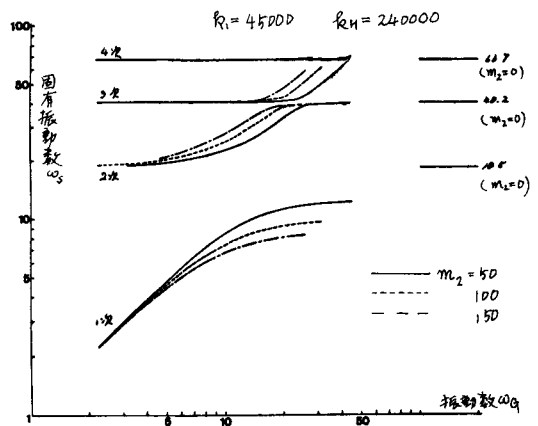


図-3 上部構固有振動数 ω_g と系の固有振動数

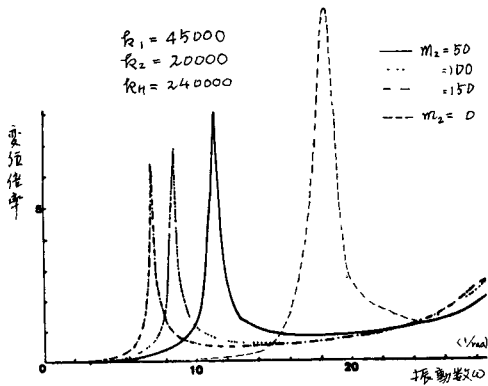


図-4 上部構の質量と橋脚の応答

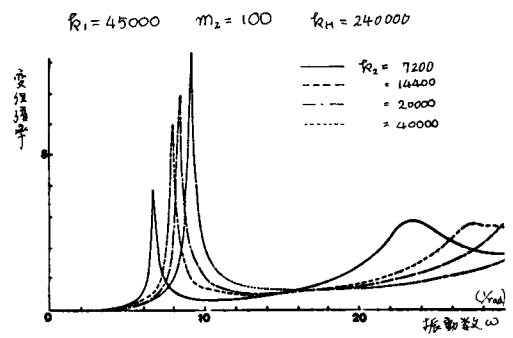


図-5 上部構の剛性と橋脚の応答

動数は大きくなっており、変位も増加している。図-6は、上部構の固有振動数を一定として、上部構の質量(又は剛性)を大きくした場合、一次固有振動数は小さくなり、応答は大きくなる傾向を示している。

3.2 可動支承の場合(図-2)

図-2の場合の下部構の応答は、Den Hartogの解析に従った。フーリエ級数展開に伴う応答は加振力の大きさに応じて伝率が必要となる。ここでは、減衰定数5%の場合の、最大応答倍率と加振力の関係を一列として図-7に示す。摩擦係数は1.0と仮定する。この図から、加振力が大きくなると、最大応答倍率は大きくなるが、その増加率は減少する傾向があることがわかる。

参考文献

- 佐武、浅野、地震記録に基づいた橋脚の地震応答特性、第5回日本地震工学シンポジウム、p.385~p.392、1978
- Den Hartog, J.P., Forced Vibrations With Combined Coulomb and Viscous Friction, Trans. Appl. Mech. p.107~p.115, 1933

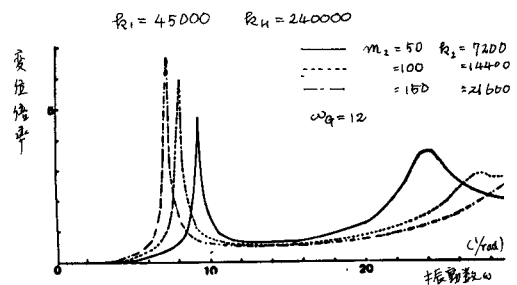


図-6 上部構固有振動数 ω_g 一定の場合の応答

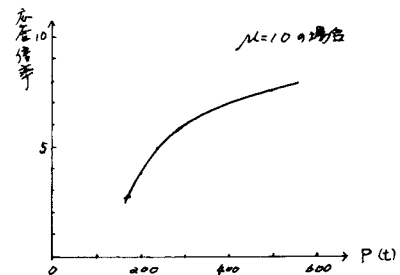


図-7 フーリエ級数と平均応答と加振力