

磯鴻池組 正員 ○黒野 雅利
 東京都立大学 正員 前田 研一
 オリエンタル建設(株) 正員 角本 周

1. はじめに

近年、美観上の配慮等により、吊形式の歩道橋が多く架設されている。一方、吊形式の歩道橋は、桁形式の歩道橋に比べて橋体重量が軽くフレキシブルであることから、歩行者の交通による振動問題が発生しやすい。歩道橋の振動使用性照査方法に関しては既に多くの研究が行われているが¹⁾、個々の振動モードに対する応答値を計算し、限度値と比較するのが一般的である。しかしながら、吊形式の歩道橋では固有振動数が近接する可能性があり、外力に対する振動応答はビート現象など複雑なものとなることから、従来の照査方法では応答値を評価する点において問題があるものと考えられる。

本研究は、吊床版橋を対象とし、振動使用性の照査に関して以下の2項目を検討したものである。

- ① 応答計算においては、減衰定数の設定が応答値に与える影響が大きい。そこで、単径間吊床版橋における既往の実験結果より、減衰定数の算定方法を提案する。
- ② 2径間連続吊床版歩道橋の固有値解析を行い、その固有振動特性を把握する。また、歩調付近に振動数が近接したモードがある場合において、歩行者交通時の振動応答解析を行い振動数の近接が応答に与える影響を検討する。

2. 単径間吊床版橋の減衰定数の評価^{2), 3)}

吊床版橋は構造上支承がないことから、減衰はコンクリート床版の変形に伴うエネルギー消費に主に依存するものと考えられる。振動エネルギーの消費がコンクリート床版の変形のみに依存すると仮定すると、減衰定数 h は、

$$h = \alpha W_s / W_e$$

ここに、 W_e : 全振動エネルギー $= W_s + W_k$

W_s : 床版のひずみエネルギー

W_k : 幾何剛性のエネルギー

と表わすことができる。上式において、 (W_s / W_e) をエネルギー比 E_h と定義する。既往の10橋の単径間吊床版橋について、各モードに対するエネルギー比とモード減衰定数の実測値の関係を図-1に示す。これより、既往の単径間吊床版橋においては、構造条件（支間、サグ比）、モード次数に関係なく、減衰定数とエネルギー比の間に良好な相関関係が存在しているといえる。両者の関係を最小2乗法により直線近似することにより、減衰定数の評価式は次式となる。

$$h = 0.0088 E_h + 0.0002 \quad (\text{相関係数: } 0.705)$$

コンクリートの減衰定数は、湿潤状態、材令等に依存するが、0.3~0.8%であることから⁴⁾、この近似は概ね妥当なものと考えられる。

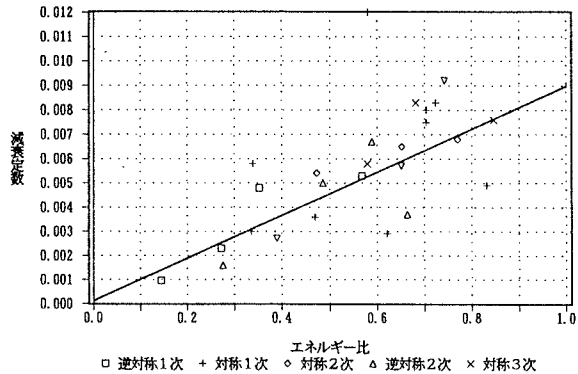


図-1 減衰定数とエネルギー比の関係

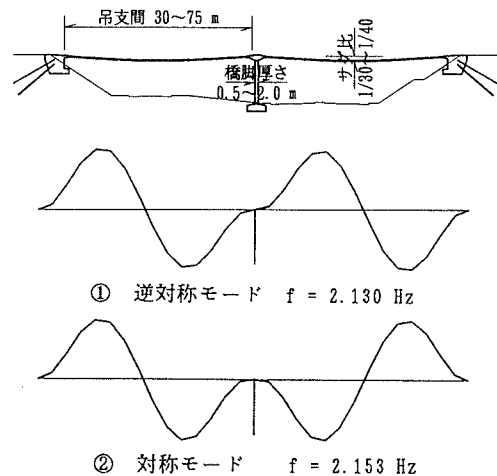


図-2 振動数の近接した固有振動モード

3. 振動数の近接した振動モードを有する場合の歩行者交通時の振動特性

図-2に、解析対象とした2径間連続吊床版橋を示す。解析は、支間長、サグ比、橋脚剛性の各パラメータを組合せた解析モデルに対して行った。固有振動解析結果として、振動数の近接した振動モードの一例を図-2に付記する。図は、吊支間長 $L=39$ m、サグ比 $f=1/40$ 、橋脚厚さ $t=1.5$ mのケースである。2径間連続吊床版橋では、図に示したように、左右径間で対称と逆対称になる振動モードの固有振動数が近接することとなる。

各パラメータを組合せた固有振動解析結果より、人の歩調と共振する可能性がある2 Hz前後および3 Hz前後それぞれに振動数の近接した振動モードを有する解析モデルを選出し、歩行者交通時の応答解析を行った。解析は、歩調2 Hz、歩行速度1.4 m/sでの単独歩行状態と歩調3 Hz、歩行速度4.2 m/sでの単独走行状態を想定し、時刻歴応答解析を行い歩行位置での応答変位を求めた。時刻歴応答解析結果の一例として、図-2に示した振動モードに対する結果を図-3に示す。ここで、①、②は個々の振動モードに対する応答変位を、③はこれらを合成した応答変位である。このケースの場合では、振動数の近接した2つのモードを考慮した場合の最大応答変位は、個々のモードを考慮した場合の2倍程度の応答値を示す。

固有振動数の近接度(橋脚剛性に依存)と最大応答値比率および最大応答値の関係を図-4に示す。ここで、最大応答値比率とは、個々の振動モードの最大応答値のうち大きい方の

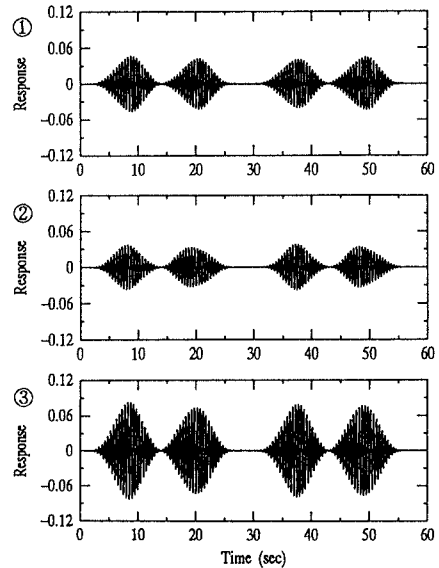


図-3 歩行者歩行時の応答変位波形

の最大応答値に対する近接した振動モードの各応答値を合成した場合の最大応答値である。図は、吊支間長 $L=39$ m、サグ比 $f=1/40$ 、減衰定数 $h=0.005\sim0.050$ のケースである。最大応答値は、振動数の近接した2つの振動モードを考慮した場合は個々の振動モードのみを考慮した場合の1.2~2.0倍となり、近接固有振動数が動的応答に大きな影響を与えることとなった。以上の結果より近接した振動数を有する振動モードを有する場合においては、その影響を加味した振動使用性の照査が必要であると考えられる。

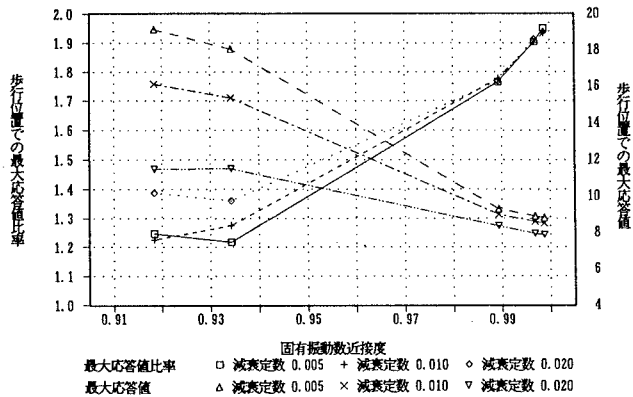


図-4 歩行位置での最大応答値比率および最大応答値

(参考文献)

- 1) 梶川康男：振動感覚を考慮した使用性照査法に関する考察，土木学会論文報告集，第325号，1982年9月
- 2) 山口広樹，加藤竜：斜張橋のモード特性とそれに基づく減衰解析，第49回土木学会年次学術講演会講演概要集，I-567，1994年9月
- 3) 平井一男，永田洋司，樋渡則章，緒方滋：P C 吊床版橋の振動特性について，第4回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，1994年10月
- 4) A.M. Neville et al. : Creep of plain and structural concrete, Construction Press, 1983