

長岡技術科学大学 学生員 ○新居準也
 長岡技術科学大学 正員 長井正嗣
 川崎重工業(株) 正員 川畑 治

1. まえがき

斜張橋の桁、塔、ケーブルの全体系の振動とケーブルの連成振動がしばしば話題となる。著者らは、両者の1次振動数について、それらの一致の可能性を検討してきた¹⁾。その結果、桁のねじれ振動において、両者が一致することを明らかにした。したがって、両者の連成問題を対象とする場合はねじれ振動を念頭においた検討が重要と考えられた。

さて、このような連成問題の検討対象として、斜張橋の車両走行時の応答に対する検討が挙げられる。斜張橋の車両走行解析については、既に平面系を対象とした論文が発表されており、また衝撃係数を含む検討結果が報告されている。しかしながら、①、ケーブルとの連成を対象としたこれまでの解析は弦振動に着目した平面系の解析に限定されており、連成振動の可能性が高いねじれ振動に対してはどのような応答となるか、②、走行荷重によるケーブル曲げモーメントの応答が明かでなく、もし共振の可能性があるとすると減衰の小さいケーブルの曲げ振動応答がどの程度であるか、また疲労問題の検討対象とならないか、③、斜張橋の衝撃係数の検討にあたっては、走行モードを考えた場合長大橋で考慮すべきか、といった点に検討の余地があると考えられる。

そこで、実際の斜張橋の振動性状をふまえつつ、上記問題に対応することを目的として、連成振動特性を考慮し、ケーブル振動(ケーブル曲げを考慮)にも着目した検討を行なうこととした。

本文では、文献2)で開発したケーブル振動を考慮した斜張橋立体振動解析に、車両の偏心走行が考慮できるように拡張し、2~3の数値解析を行なった結果を報告する。

2. 解析手法

- 1) . ケーブルの振動を考慮した斜張橋の応答解析手法は文献2)と同一である。ケーブルの内部変位場が取り付け端(桁、塔)の変位とモード形(両端固定時のモード)で表示されている。もし、ケーブル振動モード数として0を指定すると、ケーブルの初期張力、サグの効果のみが考慮された一本の棒材となる。
- 2) . 4自由度にモデル化された車の走行解析を行なう。本法では立体振動を扱うため、車両位置でのたわみは図-1に示すように桁せん断中心の鉛直たわみとねじれ角で定義される。また、図中の X_H を0とおくと、鉛直たわみ振動のみが考慮できる。
- 3) . 路面の凹凸の発生にあたり、パワースペクトル密度関数として、 $S_{z_0}(\Omega) = \alpha \Omega^{-2}$ を用いた。 Ω は路面凹凸の空間周波数、 α は路面凹凸の良否によって決まる定数である。

3. 数値計算例

図-2に示す支間300mの斜張橋(2面吊、A形塔)を対象に計算した結果を説明する。

本計算では、桁はそりを考慮した7自由度のはりモデルを用いるが、ケーブル取り付け用の剛棒が12自由度(ケーブル曲げも考慮しているため)を有しているため、ケーブル位置の桁部の自由度は19となっている。ケーブルについては、10モードを採用することとし、6本のケーブルについて振動モードを考慮している。なお、振動を考慮するケーブルでは、まず24要素に分割して固有値解析を行い、10モードを採用している。10モードはケーブル内に高々2節点を設けた(ケーブルを質点モデルに置き換えると)自由度に対応する。振動を考慮しないケーブルでは15要素分割で静縮約のみが行なわれている。

全体解析でのモード数は130(内、ケーブル振動モードが60)とした。必要モード数については、固

有モードを用いた静的解析から収束計算を行ない決定している。

20tf 車両が偏心走行 ($X_H = 8.6m$) した場合（ここでの計算結果は車両が2自由度モデルで減衰定数0.02）の計算結果の一部を図-3、4（ケーブルの張力、曲げモーメント応答）に示す。振動を考慮した場合の応答差は曲げモーメント応答に現われ、張力応答には大きな差異が見られない。今後、各種パラメータを変化させ、まえがきで述べた事項の検討を行なう予定である。

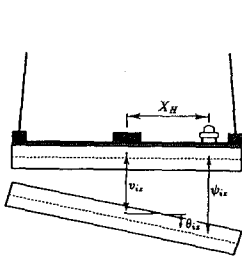


図-1 車両走行位置でのたわみ

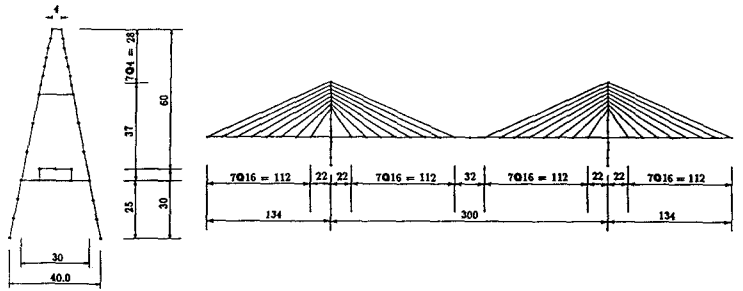
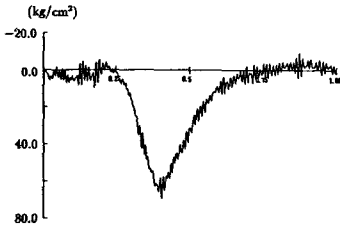
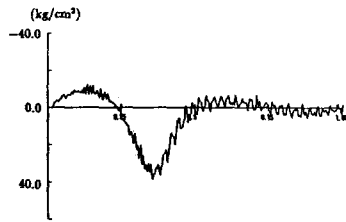


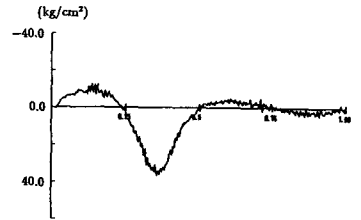
図-2 計算モデル



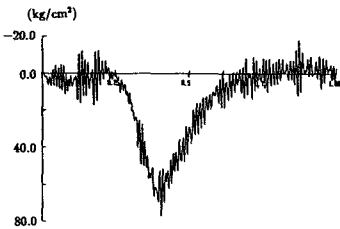
路面凹凸 極良



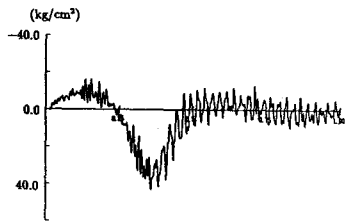
路面凹凸 極良



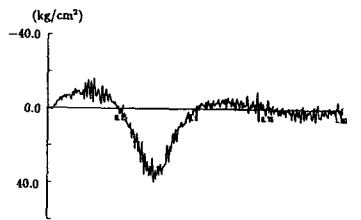
路面凹凸 極良



路面凹凸 良



路面凹凸 良



路面凹凸 良

(a) ケーブル振動あり

(b) ケーブル振動なし

図-3 張力による応力

図-4 曲げモーメントによる応力

参考文献 1). 長井、川畑、有村：斜張橋の桁曲げ、ねじれおよびケーブルの基本振動数の相対的關係の検討、構造工学論文集、Vol.38A、1992.3 2). 川畑、長井、新居：ケーブル振動を考慮した斜張橋の立体振動解析、土木学会第47回年次学術講演概要集、1992.9