

実鋼斜張橋の支持ケーブルの局部振動の応答特性

青木建設 正会員 ○池田雅徳 長崎大学大学院 学生会員 Wu Qing Xiong
長崎大学工学部 フェロー会員 高橋和雄 長崎大学工学部 正会員 中村聖三

1. まえがき

風や車の走行による斜張橋全体系の振動によって、斜張橋の支持ケーブルに局部振動が発生することがある。この原因としてケーブルに係数励振振動が発生することが考えられる。実橋を対象とした著者らによる全体振動数とケーブルの局部振動の振動数との関係及び応答特性を明らかにした研究¹⁾があるが、斜張橋の振動特性を反映した支持ケーブルの局部振動に関する研究は見受けられないようである。そこで本研究では、大島大橋（鋼斜張橋）²⁾を対象として、動的外力を受ける斜張橋の全体振動による支持ケーブルに発生する係数励振振動に起因する局部振動の応答特性を明らかにすることを目的とする。

2. 解析方法

解析対象は、平成 11 年に完成した橋長 670m(中央スパン 350m)の 3 径間連続鋼斜張橋の大島大橋である。解析では、斜張橋の全体 3 次元 FEM モデルを作成したうえで、固有振動解析を行い、モード解析法により動的外力による斜張橋の応答を求める。これらによって計算した桁側および塔側ケーブルの定着点の相対応答をケーブルの支点変位として、係数励振振動を表現できるケーブルの非線形振動運動方程式に代入して、ケーブルの局部振動解析を実施する。一端固定、他端に任意の支点変位を受けるケーブルの局部振動解析モデルを用いる。具体的に動的外力は、鉛直正弦波加振荷重、路面凹凸を考慮した走行荷重及び地震荷重である。

3. 支持ケーブルの応答特性

(1) 全体固有振動数とケーブルの局部振動の固有振動数の関係

図 - 1 より、全体系の鉛直対称 2 次固有振動数が C19 および C20 の 1 次固有振動数に接近し、副不安定領域に対応しているのがわかる。ねじれ逆対称 1 次固有振動数が C14 の固有振動数の 2 倍に接近し、主不安定領域に対応している。

(2) 鉛直正弦波加振によるケーブルの局部振動特性

鉛直正弦波加振は、全体鉛直対称 2 次固有振動数と同一の加振振動数 0.692Hz および加振力の振幅 5tf で行い、作用点を中央スパンの中央点とする。図 - 2 に示すように、C19 および C20 の 1 次固有振動数が全体振動の鉛直対称 2 次固有振動数と一致しているので、C19 および C20 が副不安定領域における係数励振振動が発生している。図 - 3 より係数励振振動の応答はうなりを伴っていることがわかる。ただし、図 - 2 のように C8 および C12 の振幅も大きくなっている。これはケーブルの固有振動数が主桁の固有振動数の 2 倍と一致する時に発生する非線形振動に基づく 2 倍の高調波共振である。

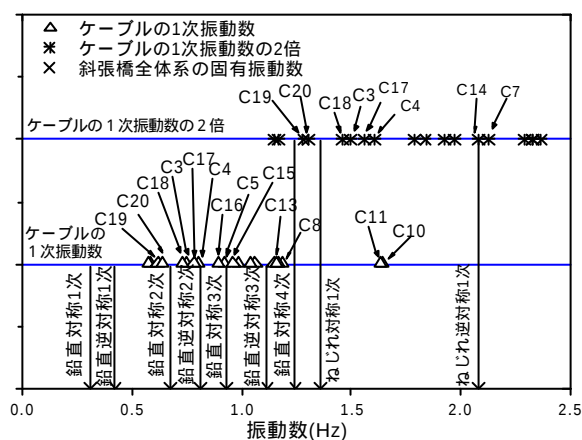


図 - 1 全体系の固有振動数とケーブルの固有振動数の関係

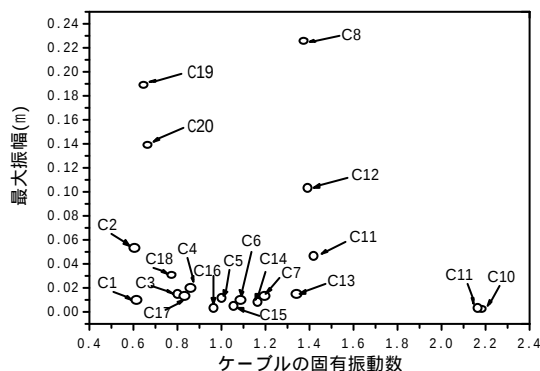


図 - 2 鉛直正弦波加振によるケーブルの最大振幅

キーワード：係数励振振動、斜張橋、非線形振動

連絡先：〒852-8521 長崎市文教町 1-14 長崎大学工学部 社会開発工学科 tel 095-847-1111(内線 2710) Fax 095-848-3624

(3) 走行荷重によるケーブルの局部振動特性

走行荷重が作用した場合の斜張橋の応答によるケーブルの係数励振振動を調べた。本研究では車両を1自由度系にモデル化し、車両の重量は20tf、車両の振動数は2.60Hzおよび車両の減衰定数を0.03とした。路面については、路面状態が最良の場合を用いた。図-4に示すようにC12およびC9の1次固有振動数が全体系の固有振動数と一致していることから、ケーブルに副不安定領域における係数励振振動が発生していることが確認できる。また、ケーブルの振幅は桁の約3倍となっている。しかし、図-5からわかるように走行荷重による係数励振振動においては、ケーブルの振幅が非常に小さいために実用上には問題にならないと考えられる。

(4) 地震荷重によるケーブルの局部振動特性

地震荷重が作用した場合の斜張橋の応答によるケーブルの係数励振振動を調べた。地震荷重の解析条件のうち入力地震動は平成8年版の道路橋示方書（耐震設計編）に準じて、レベル Ⅱ の地盤種別 Ⅱ 種の地震波形を用いて計算する。図-6より、地震荷重による全てのケーブルに同程度の応答が生じていることがわかる。図-7に比較的応答が大きいC20の定着点における主桁の応答とケーブルC20の応答を示す。図-7からわかるように、地震荷重によって、ケーブルにうなりを伴う係数励振振動は発生していないことがわかる。

4. まとめ

本研究では動的外力による実鋼斜張橋の全体振動によるケーブルの係数励振振動の特性を明らかにした。以下に本論文によって得られた結論を示す。

(1) 鉛直正弦波加振によって、ケーブルが副不安定領域における係数励振振動が発生する。係数励振振動はうなりを伴った振動波形をもっている。

(2) 走行荷重によって、ケーブルが副不安定領域における係数励振振動が発生するが、振幅が小さいため実用上には問題にならない。

(3) 地震による過渡振動の場合、係数励振振動は発生しない。

参考文献

- 1) 高橋, 伶, 中村, 久保田, 伊田: 斜張橋の支持ケーブルの局部振動の解析, 構造工学論文集, Vol.46A, pp.501-510, 2000.3.
- 2) 久松, 神田, 有吉, 辻治: 大島大橋(仮称)の計画と設計, 橋梁と基礎, Vol.30, No.6, pp.12-18, 1996.6.

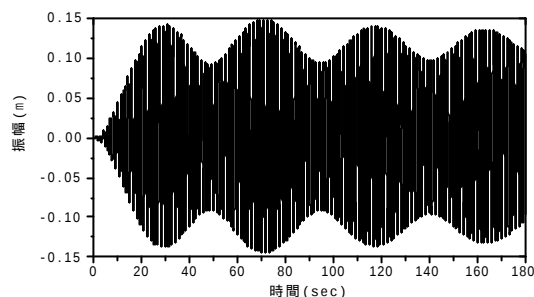


図-3 鉛直正弦波加振によるC20の応答波形

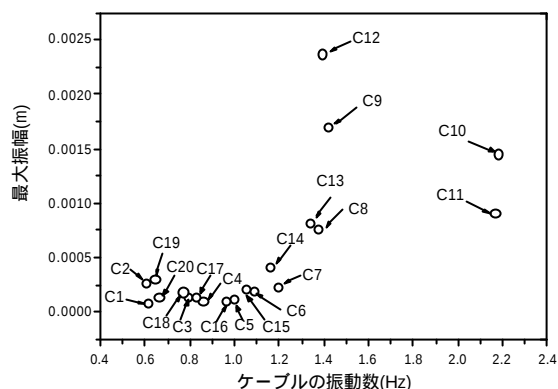


図-4 走行荷重によるケーブルの最大振幅

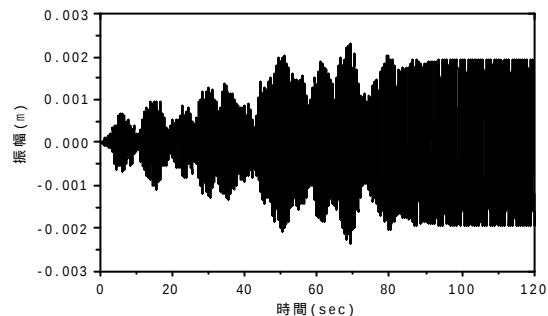


図-5 走行荷重によるC12の応答波形

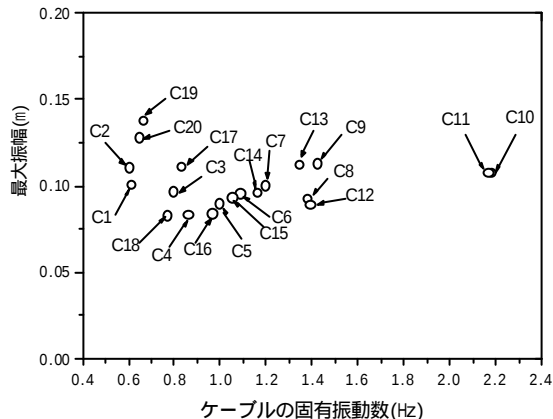


図-6 地震荷重によるケーブルの最大振幅

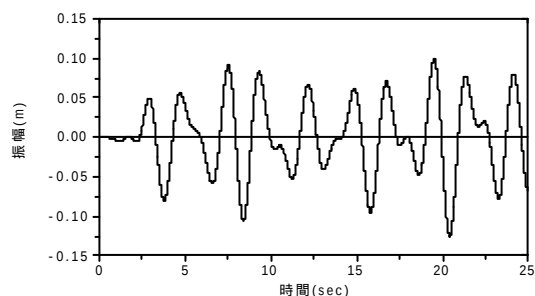


図-7 地震によるC20の応答波形