

斜張橋のガスト応答によるケーブルの局部振動

長崎大学工学部 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 フェロー会員 岡林隆敏 長崎大学工学部 正 会 員 中村聖三

1. まえがき

長大斜張橋では、マルチステイケーブルシステムが一般に使われており、斜張橋全体系の固有振動数と支持ケーブルの局部振動の固有振動数もしくはその2倍が一致する可能性が高いため、ケーブルに係数励振振動が発生する可能性がある。高橋らは、日本に建設された斜張橋を対象として、係数励振振動の発生可能な振動数範囲および応答特性を解明した¹⁾。さらに、実橋を対象として、起振機実験に相当する正弦波加振、走行荷重および地震力を受ける斜張橋の主桁の応答によってケーブルの局部振動解析を行っている²⁾。

この他に、斜張橋に作用する動的荷重には、風荷重が考えられる。斜張橋の設計において耐風安定性の検討は重要な項目であり、係数励振振動の場合も風による主桁の応答によるケーブルの局部振動を把握しておく必要がある。したがって、本研究では、斜張橋の主桁のガスト応答に着目し、時間領域における解析法を用いた主桁のガスト応答解析を行う。次に、得られたケーブルの定着点の主桁の応答を用いて、ケーブルの局部振動解析を行う。さらに、実在の3径間鋼斜張橋を対象とした数値解析により、主桁のガスト応答によるケーブルの局部振動特性を検討する。

2. 解析手順

斜張橋の主桁のガスト応答解析では、有限次数近似モデルを用いた非定常空気力の変換³⁾および自己回帰(AR)モデルで変動風速をシミュレートする方法⁴⁾による変動空気力の変換を採用して、時間領域における斜張橋の主桁のガスト応答解析を行う。得られたケーブル定着点の主桁の応答を支点変位として係数励振振動を考慮したケーブルの非線形振動方程式²⁾に代入して時間応答解析を行えば、主桁のガスト応答によるケーブルの局部振動を解析することができる。

3. 実斜張橋の支持ケーブルの応答特性

本研究の解析対象は長崎県内に建設された大島大橋(3径間連続鋼斜張橋)で、橋長は670m(160m+350m+160m)、幅員は9.75m(歩道2.5m+車道0.5m+2@3.0m+0.75m)である⁵⁾。

(1) 全体系の固有振動数とケーブルの局部振動の固有振動数との関係

斜張橋の全体系の固有振動数と支持ケーブルの固有振動数との関係をFig.1に示す。ケーブルについては、各ケーブルの1次固有振動数(副不安定領域に対応)、1次固有振動数の2倍の振動数(主不安定領域に対応)およびケーブルの1次固有振動数の半分

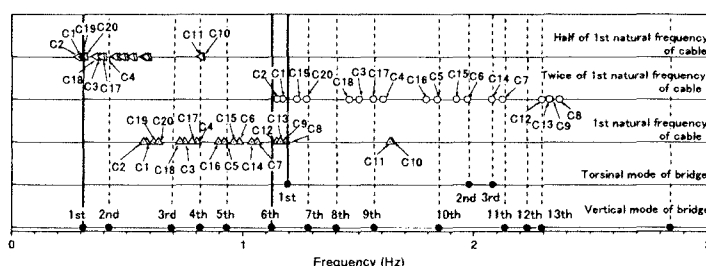


Fig.1 Relationship between natural frequencies of global modes and natural frequencies of cables

の振動数(2倍の高調波振動領域に対応)を示している。

Fig.1に示すように、ケーブルC18、C4、C5、C12、C13、C9およびC8の1次固有振動数が鉛直3、4、5、6次固有振動数およびねじれ1次固有振動数に接近しており、これらのケーブルに全体系の振動によって副不安定領域の係数励振振動が発生する可能性がある。ケーブルC1、C2およびC19の1次固有振動数の2倍の振動数が鉛直6次やねじれ1次固有振動数に接近しており、これらのケーブルに主不安定領域の係数励振振動が発生する可能性がある。ケーブルC1、C2、C19およびC20の1次固有振動数の半分の振動数が鉛直1次固有振動数に接近しており、これらのケーブルに2倍の高調波共振による局部振動が発生する可能性がある。

(2) ケーブルの局部振動の特性

風速 $U=30\text{m/s}$ の場合について、係数励振振動を考慮したケーブルの最大応答および強制振動（係数励振項を無視した解析）によるケーブルの最大応答が Fig.2 に示されている。本計算ではケーブルの減衰定数を $h_c=0.001$ と仮定している。

Fig.2 に示すように、ケーブル C12 (C32)、C19 (C39) の最大応答が卓越している（括弧内は 2 面吊りケーブルの反対側のケーブル番号を示す）。

ケーブル C12 の応答に注目すると、係数励振振動を考慮した場合の C12 の最大応答は、強制振動によるケーブルの最大応答と同程度である。ケーブル C12 の定着点の主桁の応答、ケーブル C12 の応答および対応するスペクトルを Fig.3 に示している。主桁の卓越振動数は 0.310Hz および 0.423Hz で、ケーブルの卓越振動数は 0.310Hz および 1.146Hz である。ケーブル C12 については、係数励振振動の影響が小さく、強制振動が卓越している。一方、ケーブル C32 では副不安定領域における係数励振振動による振動がケーブル C12 よりも大きくなっている。

ケーブル C19 (C39) は主桁の卓越振動数の鉛直 1 次固有振動数の $1/2$ で振動しており、ケーブルに 2 倍の高調波共振による振動が発生している。

4. まとめ

本研究によって、斜張橋のガスト応答による支持ケーブルの局部振動解析が解析できることを示した。主桁のガスト応答の詳しい定式化とガスト応答特性については講演時に発表する。

謝辞

本研究を行うにあたって、長崎県道路公社より大島大橋の資料を提供と活用の許可を、三菱重工業(株)より風の資料の提供および九州工業大学木村吉郎助教授より文献の提供を頂いたことに感謝する。

参考文献

- 1) 高橋、呉、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.
- 2) 呉、高橋、岡林、中村：実斜張橋の支持ケーブルの局部振動特性、鋼橋造年次論文報告集、Vol.8, pp.557-564, 2000.
- 3) 松本、藤野、木村：状態方程式表示を用いたガスト応答解析の定式化の試み、土木学会論文集、No.543/I-36, pp.175-186, 1996.
- 4) 岩谷：任意のパワースペクトルとクロススペクトルをもつ多次元の風速変動のシミュレーション、日本風工学会誌、No.11, pp.5-18, 1982.
- 5) 長崎県、長崎県道路公社：大島大橋工事誌、2000.

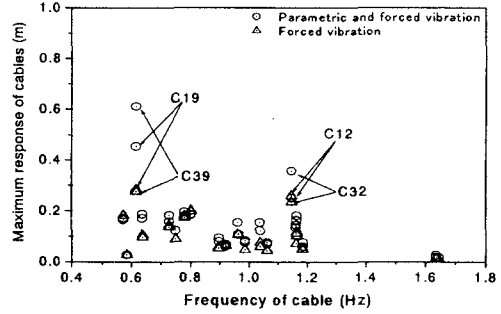
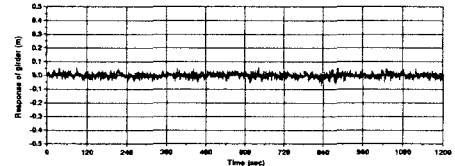
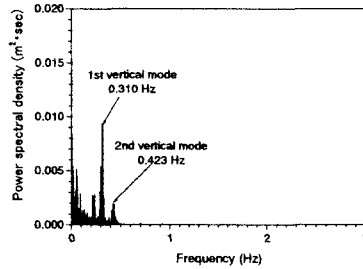


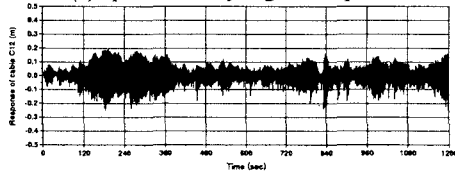
Fig.2 Maximum response of cables ($U=30\text{m/s}$, $h_c=0.001$)



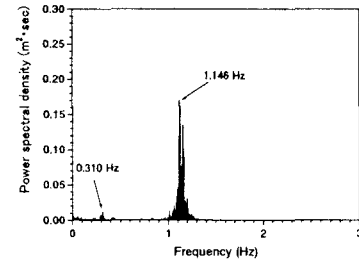
(a) Girder response



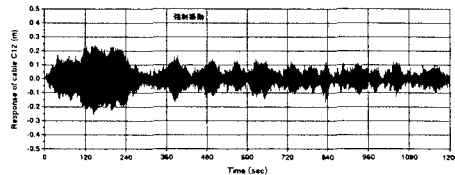
(b) Spectral density of girder response



(c) Cable C12 response



(d) Spectral density of cable C12 response



(e) Cable response under forced vibration

Fig.3 Response of girder and cable C12 ($U=30\text{m/s}$, $h_c=0.001$)