

I - B 484

斜張橋の支持ケーブルの局部振動の解析

片山ストラテック(株) 正 員 〇川北省二

太洋技術開発(株) 正 員 HERATH, M.C.R

長崎大学工学部 フェロー 高橋和雄

1. まえがき

斜張橋の支持ケーブルには、風や車の走行などによる斜張橋全体系の振動で振幅の大きな局部振動が発生することがある。これは、マルチステイ化によって斜張橋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が接近しているため、ケーブルが係数励振振動することによるものである。そこで、本研究では、我が国の斜張橋におけるケーブルの局部振動の固有振動数と斜張橋全体系の固有振動数との関係を調べ、その関係から係数励振振動が発生する可能性のあるケーブルを選択し、周期的支点変動を受けるケーブルの非線形分岐応答解析を行い、係数励振振動の発生振動数領域および応答振幅を明らかにする。さらに、係数励振振動の発生振動数領域および応答振幅に及ぼす減衰力や橋のタワーの形状、スパン長、ケーブル長などの構造特性の影響および過渡振動の影響を評価する。

2. 斜張橋のケーブルの非線形分岐応答解析

ケーブルの支点が鉛直方向に周期変動する場合の非線形分岐応答を1自由度系モデルを用いて解析を行う¹⁾。斜張橋全体系の固有振動数は文献、設計計算等の数値を採用し、ケーブルの固有振動数はケーブル長、張力などのデータを用いて計算した数値を採用した。なお、ケーブル番号は最下段ケーブルから順に付ける。

3. 斜張橋全体系の振動数とケーブルの局部振動の固有振動数との関係

図-1, 2 は、我が国に架設および計画中の斜張橋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の関係である。斜張橋全体系の固有振動数は、鉛直 1, 2 次振動数とねじれ 1 次振動(タワー形状別)を図示している。また、ケーブルの固有振動数については、副不安定領域が発生する固有振動数(図-1)と主不安定領域が発生する固有振動数の 2 倍(図-2)を示している。図-1 のように、斜張橋の鉛直 2 次およびねじれ 1 次固有振動数とケーブルの固有振動数が一致するため、ケーブルに副不安定領域の振動が発生する可能性がある。スパン長が長くなると、上段ケーブルがその対象となっている。また、主不安定領域については、図-2

のように、スパン長が 600m 以上の長大斜張橋のねじれ 1 次振動によって、最上段ケーブルに発生する可能性がある。なお、タワーの形状は、ねじれ 1 次振動数の大きさに特に影響を及ぼさない。

図-3 は、斜張橋 A(スパン長 890m)の斜張橋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

キーワード：振動，斜張橋，係数励振振動

〒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・FAX 095-848-9639

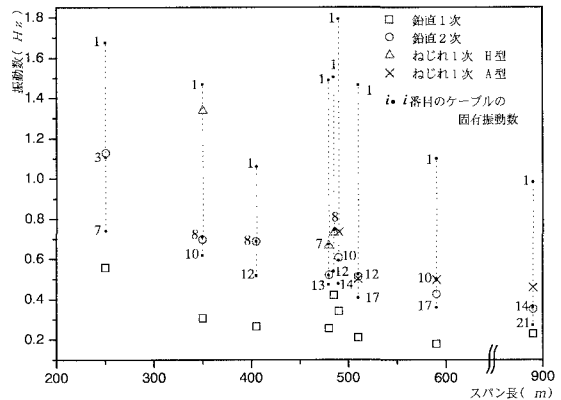


図-1 斜張橋全体系固有振動数、ケーブルの固有振動数とスパン長の関係(副不安定領域)

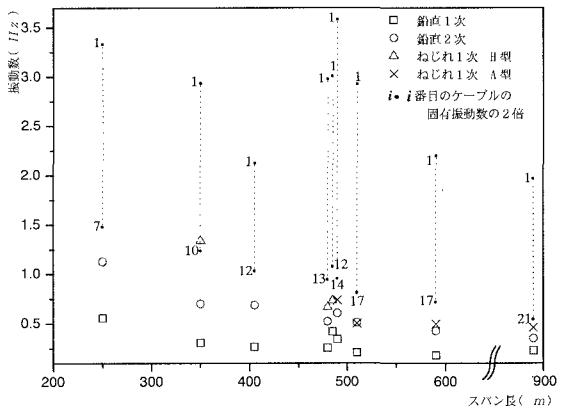


図-2 斜張橋全体系固有振動数、ケーブルの固有振動数の 2 倍とスパン長の関係(主不安定領域)

関係を示す。鉛直対称 2 次振動とケーブル c-8 の固有振動数および鉛直対称 3 次振動とケーブル c-14 の固有振動数が一致している。これらについて非線形分岐応答解析(支点変位：スパン長の $1/5,000$)を行い、ケーブルの不安定領域を読み取り、図-3 にプロットした結果、不安定領域の幅が広く存在するために他のケーブルに同時に係数励振振動が発生する可能性がある。

4. 応答に及ぼす減衰の影響

図-4 は、斜張橋 B(スパン長 480m)の上段ケーブル c-12 について、ケーブルの支点変位をスパン長の $1/5,000$ として解析したときの応答曲線である。減衰がない場合(減衰定数 $h = 0$)と減衰がある場合(減衰定数 $h = 0.04$)について示している。斜張橋の支持ケーブルの通常の減衰定数 $h = 0.01$ 以下では、無次元振動数 2 付近に現れる主不安定領域の応答振幅は小さくならず、副および主不安定領域の幅は狭くならない。また、ケーブルの傾斜角が大きい下段ケーブルでは係数励振力が大きくなるため、上段ケーブルの場合よりも減衰力の効果はさらに期待できない。このため、減衰定数を通常よりも大きい $h = 0.04$ とした場合、図-4 のように不安定領域の幅と応答振幅が小さくなる。この結果から、ダンパーなどの制振対策では係数励振振動に減衰力の効果は期待できないことが予想される。

5. 解析解の精度と過渡振動の影響

図-5 は、斜張橋 B のケーブル c-12 について減衰定数 $h=0.01$ とした場合(支点変位：スパン長の $1/5,000$)の応答曲線である。また、解析解の精度および斜張橋が急に振動したときの過渡振動の影響を明らかにするために Runge-Kutta-Gill 法による数値シミュレーションを行った結果を併記している。解析解と数値シミュレーションの定常解は、良く一致しており、解の精度は十分である。また、過渡振動の応答振幅および不安定領域の幅は、定常振動の場合よりも大きい。数値シミュレーションでは、主および副不安定領域の右側の応答が得られていない部分がある。この部分は、不安定で存在しない解である。

6. まとめ

本研究では、係数励振振動の発生振動数領域および応答振幅に及ぼすスパン長および構造特性である橋のタワーの形状の影響、応答振幅に及ぼす減衰力および過渡振動の影響を明らかにした。講演時に、不安定領域の広さおよび応答振幅に及ぼすパラメーターの影響を明らかにする。

参考文献

- 1) HERATH・梶原・高橋：土木学会第 52 回年次学術講演会講演概要集 1-B, pp.440~441,1998.9

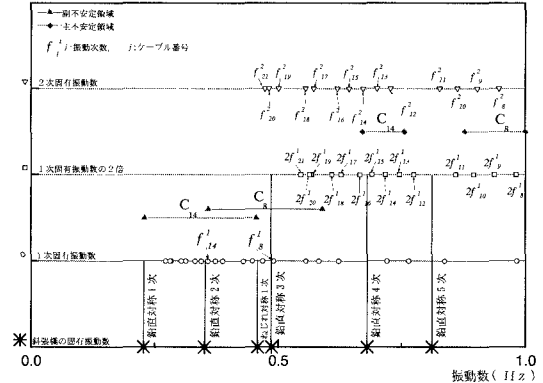


図-3 斜張橋Aの斜張橋全体系の固有振動数とケーブルの固有振動数との関係

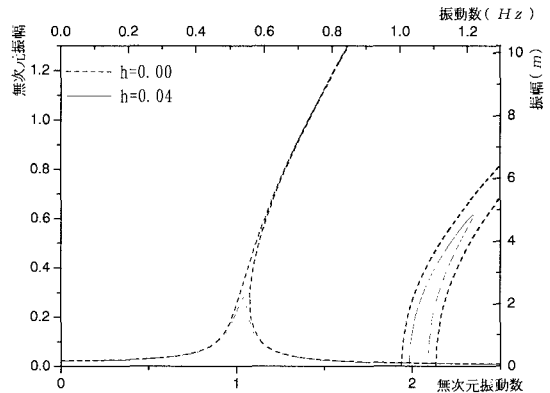


図-4 斜張橋Bのc-12の応答に及ぼす減衰の影響

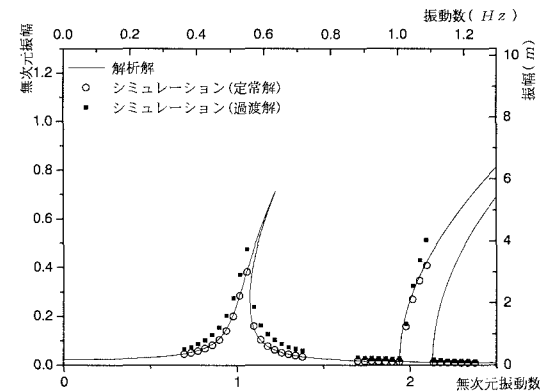


図-5 斜張橋Bのc-12の応答曲線 ($h=0.01$)