

斜張橋の支持ケーブルにおける局部振動の応答特性

オリエンタル建設(株) 正 会 員 ○ 亀 谷 淳
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
長崎大学工学部 学生会員 Wu Qing Xiong

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。この原因は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。文献 1)では、我が国における斜張橋全体系の振動数とケーブルの局部振動数の関係を詳しく調査し、係数励振振動が発生する可能性があるケーブルを選択し、支点変位加振によ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領域および応答振幅を明らかにした。ひきつづき本研究では、ケーブルの局部振動の応答特性を明らかにする。斜張橋の全体振動のモード形状を反映した応答計算を主および副不安定領域について実施し、応答振幅に及ぼす斜張橋のスパン長、ケーブル長および傾斜角の影響を明らかにする。さらに、ケーブルの応答振幅とケーブルの固有振動数および減衰定数などの動特性との関係を評価する。

2．研究方法

斜張橋全体系とケーブルの局部振動との関係は、文献 1)で明らかにされている。本研究では、ケーブルの応答特性を明らかにするために、局部振動が発生する可能性があるケーブルを選択する。次いで、斜張橋全体系の鉛直振動およびねじれ振動のモード形状を反映した 3 種類の支点加振振幅(スパンの 1/5,000、1/10,000、1/20,000)を与えた場合の主および副不安定領域における非線形分岐応答解析を行う。非線形分岐応答解析には調和バランス法を用いる。なお、支持ケーブルの振動は 1 次振動のみが対象となり、ケーブルの 2 次振動が励振される可能性は低い。

3．支持ケーブルの応答特性

(1)斜張橋スパン長の影響

図-1,2 は支持ケーブルの応答振幅(ケーブル中央点、減衰定数 $h = 0.00$)と斜張橋スパン長との関係を副不安定領域と主不安定領域について示したものである。ここで、副不安定領域は斜張橋の全体振動とケーブルの局部振動の比が 1:1 のときに生ずる応答である。主不安定領域はその比が 2:1 のときに生ずる応答である。図-1,2 の比較から明らかなように支持ケーブルの応答は副不安定領域において数多く発生し、主不安定領域で発生するケースは少ない。振動モード別にみたと、支持ケーブルの副不安定領域における応答は

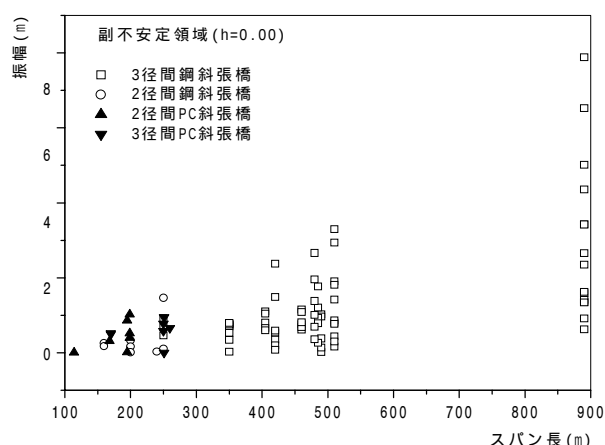


図-1 ケーブルの振幅と斜張橋スパン長との関係
(副不安定領域・ $h=0.0$)

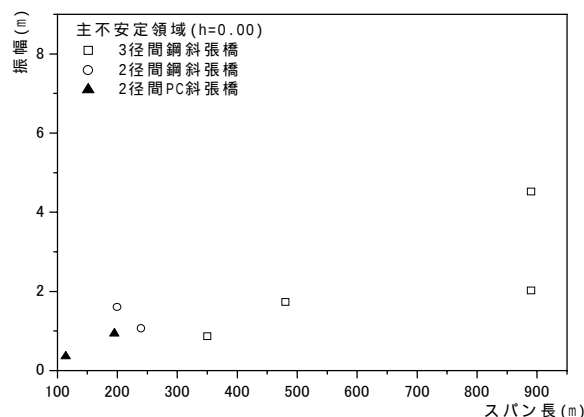


図-2 ケーブルの振幅と斜張橋スパン長との関係
(主不安定領域・ $h=0.0$)

斜張橋の鉛直対称 2 次もしくは鉛直逆対称 2 次振動によって数多く発生していることが判明している。図-1, 2 に示すように 3 径間鋼斜張橋の場合にはケーブルの応答振幅はスパン長の増大とともに増加する傾向にある。しかし、スパン長の影響を受けないケーブルも多く存在する。スパン長が 250m 以下では、3 径間鋼斜張橋の他に 2 径間鋼斜張橋、3 径間 PC 斜張橋および 2 径間 PC 斜張橋の異なる斜張橋が存在しうが、応答振幅には特に構造形式および使用材料による差が見受けられない。また、図-3 では減衰定数 $h = 0.005$ についての応答を表している。図-1 と図-3 を比較すると、ケーブルの応答振幅に差はほとんどなく、係数励振振動の振幅に及ぼす減衰力の影響は小さい。

(2) ケーブル長とケーブルの傾斜角の影響

図-4, 5 はケーブルの応答振幅とケーブル長との関係ならびにケーブルの傾斜角との関係を副不安定領域について示したものである。ここで、ケーブルの傾斜角は斜張橋のタワーとケーブルの角度を表している。これらの図から明らかなように、ケーブル長が長くなると応答振幅が増大することおよびケーブルの傾斜角が大きい領域の応答振幅が大きいことがいえる。このことから、ケーブル長が長く、かつ傾斜角が大きい 3 径間鋼斜張橋の上段ケーブルの応答振幅が大きい。

(3) ケーブルの固有振動数の影響

ケーブルの応答振幅とケーブルの固有振動数との関係を調べたところ、ケーブルの応答振幅は固有振動数の増大とともに減少することがわかる。

4. まとめ

本研究によって、斜張橋の全体振動によって発生するケーブルの局部振動の応答特性を評価できた。また、ケーブルの応答振幅の無次元化についても検討する必要があるものと考えられる。今後、斜張橋全体振動の運動方程式にケーブルの局部振動の運動方程式と連成させた解析を行う予定である。

参考文献

- 1) 久保田・山本・高橋・Wu : 平成 10 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.126 ~ 127, 1999, 3

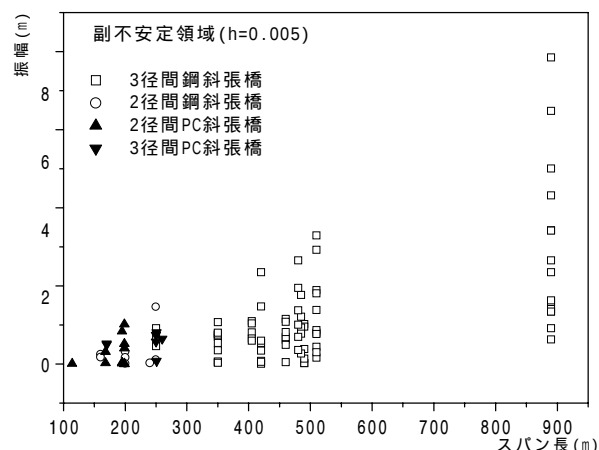


図-3 ケーブルの振幅と斜張橋スパン長との関係
(副不安定領域・ $h=0.005$)

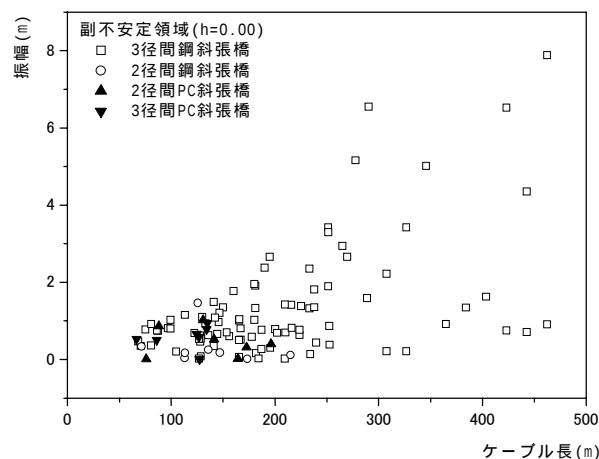


図-4 ケーブルの振幅とケーブル長との関係
(副不安定領域)

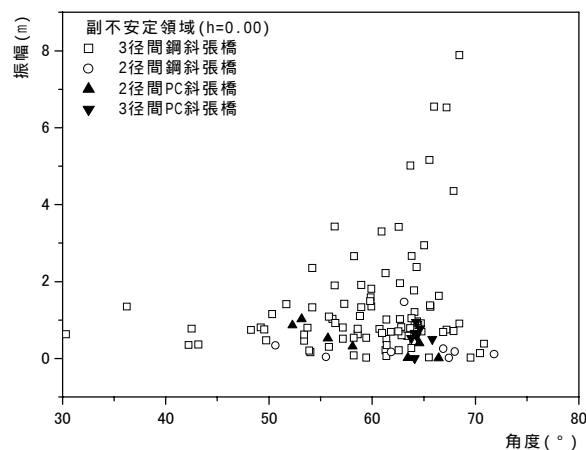


図-5 ケーブルの振幅とケーブル傾斜角との関係
(副不安定領域)