

斜張橋の支持ケーブルの局部振動の応答特性

長崎大学工学部 学生会員 ○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振動数(固有振動数)とケーブルの局部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り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 1/5000、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り、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といえる。振動モード別にみたところ、支持ケーブルの副不安定領域における

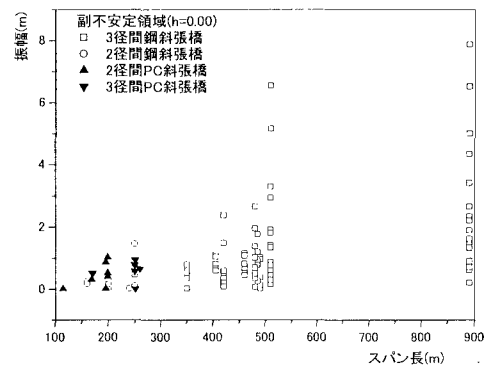


図-1 ケーブルの振幅と斜張橋スパン長との関係
(副不安定領域)

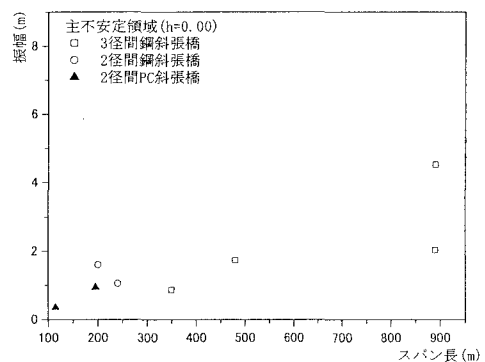


図-2 ケーブルの振幅と斜張橋スパン長との関係
(主不安定領域)

応答は斜張橋の鉛直対称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が多く存在する。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。

(2)ケーブル長とケーブルの傾斜角の影響

図-3, 4 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。これらの図から明らかなように、ケーブル長が増大す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ことがわかる。

(3)ケーブルの固有振動数および減衰定数の影響

図-5 はケーブルの応答振幅とケーブルの固有振動数の関係を示す。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。また、減衰定数 $h=0.00$ と $h=0.005$ の2ケースについて応答を比較したところ、両者間には差が小さく分岐振動に及ぼす減衰力の影響は小さいことが判明している。

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が評価できた。ケーブルの応答に及ぼすモード形状の影響などについて講演時に発表する。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

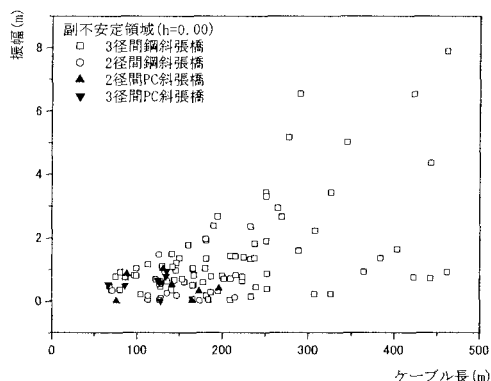


図-3 ケーブルの振幅とケーブル長との関係
(副不安定領域)

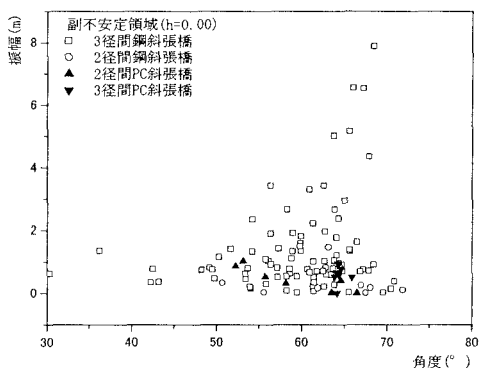


図-4 ケーブルの振幅とケーブル傾斜角との関係
(副不安定領域)

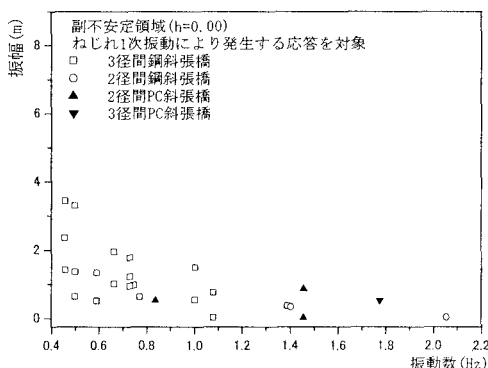


図-5 ケーブルの振幅とケーブル振動数との関係
(副不安定領域)