

実物大斜張橋ケーブルの風による振動観測

呉高専 正会員 ○河村進一 徳山高専専攻科 学生会員 木下奈美
(株)エスイー 正会員 田中 智 九工大 フェロー 久保喜延

1. はじめに

斜張橋に用いられているケーブルの振動は、屋外に建設され、常に風や降雨などによって自然から影響を受ける。風によるケーブルの振動が長年にわたって続くと部材の疲労破壊につながる可能性もある。ケーブルの対風制振法として各種の対策工法が考案されているが、斜張橋の長大化もあって、完全には解決されていないのが現状である。本研究では、実物大のケーブルが架設できる実験施設を用いて、風速とケーブルの振動を同時に観測し、自然風中のケーブルの振動発現メカニズムについて検討しようとするものである。

2. 観測施設の概要

観測施設および観測機器の配置を図-1 に示す。観測対象のケーブルは、直径 83.5 mm、張力 886.8 kN のバックステイケーブル 2 本と、直径 160 mm、張力 1,736 kN の斜材ケーブル 1 本の計 3 本である。斜材ケーブルは、ポリエチレンコーティングした PC 鋼より線 19 本に均等に張力を導入し、周囲にポリエチレン製保護管を取り付けている。主塔から見て、バックステイケーブルは北側、斜材ケーブルは南側に配置している。ケーブルには、図-1 に黒丸で示す位置にひずみゲージ式加速度計を設置し、ケーブルの軸に対して直角に水平方向と鉛直方向の 2 方向の加速度を測定した。以下、バックステイケーブルに取り付けた水平方向の加速度計を A、鉛直方向を B、斜材ケーブルに取り付けた水平方向の加速度計を C、鉛直方向を D とする。風速は主塔上に設置した 3 次元超音波風速計によって東西成分、南北成分および鉛直成分をそれぞれ測定できるようにした。加速度および風速のデータは、サンプリング周波数 100Hz、分解能 16bit で A/D 変換してパソコンに取り込み、パソコンの内のハードディスクに記録した。表-1 はケーブルの固有振動数を求めたものである。

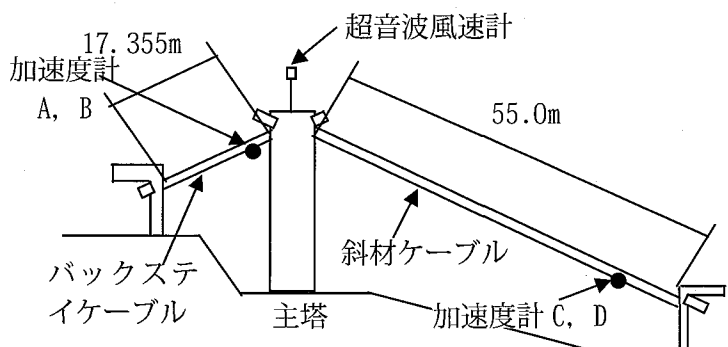


図-1 観測施設および観測機器の配置

表-1 固有振動数 (単位: Hz)

		1 次	2 次	3 次
バックステイケーブル	強制加振実験結果	6.57	13.14	19.76
	理論 値	6.30	12.60	18.90
斜材ケーブル	強制加振実験結果	2.26	4.51	6.77
	理論 値	2.29	4.59	6.88

3. 観測結果

3.1 観測地点の風況

計測は、冬季の季節風の影響を検討するために 2005 年 1 月下旬から 3 月末までの約 2 ヶ月と、台風の影響を検討するため 2005 年 9 月に行ったが、9 月の計測期間中には強風が観測されなかったため、冬季の観測結果について述べる。

冬季の風向は、全体的に西からの強風が多く、南北方向に張られたケーブルに対してほぼ直角に風が当たるため、ケーブルはゆれや

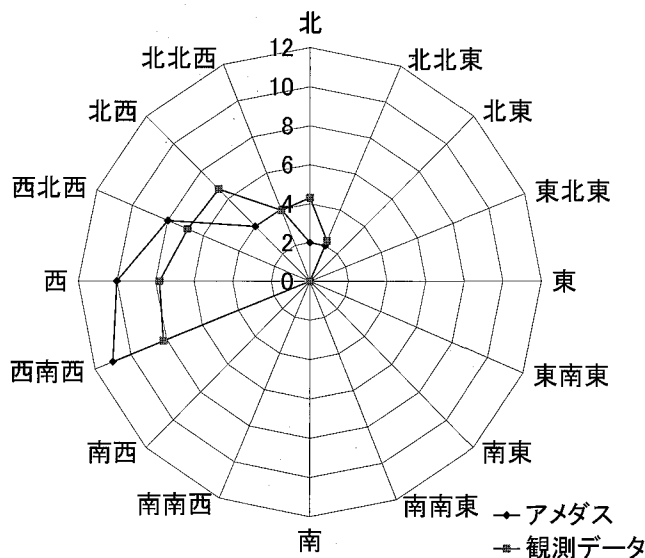


図-2 風向別日最大風速 (3月25日)

すい条件にある。しかし、観測施設のすぐ東側には山が迫っているため、局所的な地形の影響があると考えられたため、アメダスの記録との比較を行った。アメダスの宇部観測所は海に近い山口宇部空港内にあり、本研究の観測施設とは直線距離で約 5km 離れている。

図-2 は、観測期間の中で最も風速が大きかった 3 月 25 日の風向別の最大風速を示したものである。観測データは超音波風速計による瞬間風速であるが、アメダスのデータは 10 分間平均風速で記録されているため、観測データは 10 分間平均値となるように処理している。同じこの図から、気象庁の記録と観測データに風向の違いがないことが確認できる。しかし、観測データの最大風速は、気象庁の記録に比べると約 2 割小さいことがわかる。

3.2 振動観測結果

振動観測結果の例として、2 月 11 日午前 11 時 30 分のデータを示す。アメダスデータによると、雨は降っておらず、平均気温 3.7 度と平年並みの冬の気候であった。図-3 は 1 分間における風速変動を、図-4 はその時の振動観測結果を示している。風速は 4~10m/s で変化しているが、平均風速 6.9m/s、風向は西北西であった。振動観測結果と風速変動を同時に見ると、0~18 秒の間では、風速は 4~9m/s であり、その間のケーブルの加速度は小さい。その後 18~23 秒の間に 8m/s 程度の風速が続いており、その間に特にバックステイクケーブル（図中の B で示している濃い線）の加速度振幅が大きくなる。その後 40 秒まで、6~7m/s の風速が続いているが、加速度振幅は減衰している。さらに、40 秒から約 2 秒間 8m/s の風速が続くと再び振幅が増加することがわかる。このように、バックステイクケーブルは約 8m/s の風速がある程度継続すると振幅が増加する傾向がある。この風速はカルマン渦の放出周波数とバックステイクケーブルの 3 次固有振動数が一致する風速 7.9m/s に相当することから、渦励振であることがわかる。図-5 は、振動観測結果から風速に対するバックステイクケーブルの加速度をプロットしたものであるが、7m/s 程度の風速のとき振動が発生していることがわかる。

4. おわりに

実物大規模の斜張橋ケーブルを用いて、冬季の季節風の風観測と斜張橋ケーブルの振動観測を行った結果、8m/s 程度の風速でケーブルに渦励振が発生することを確認した、しかしながら、現在までに得られたデータは振幅が小さいため、振動発現に関する詳細なメカニズムを検討するまでには至っていない。今後は、よりゆれやすい条件となるようにケーブル張力等を見直して観測を行う予定である。

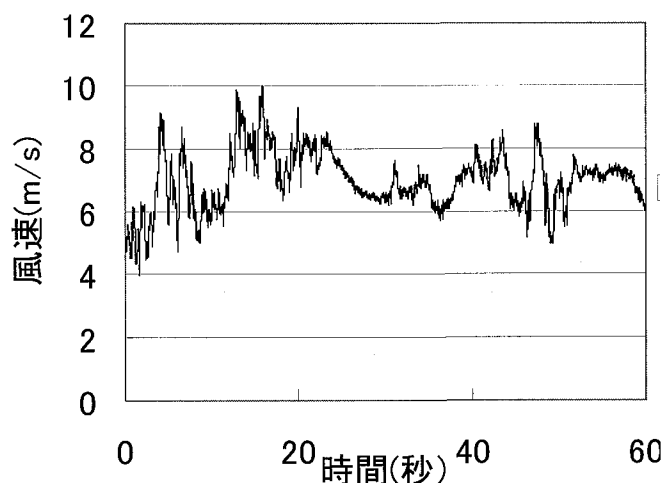


図-3 風速観測結果

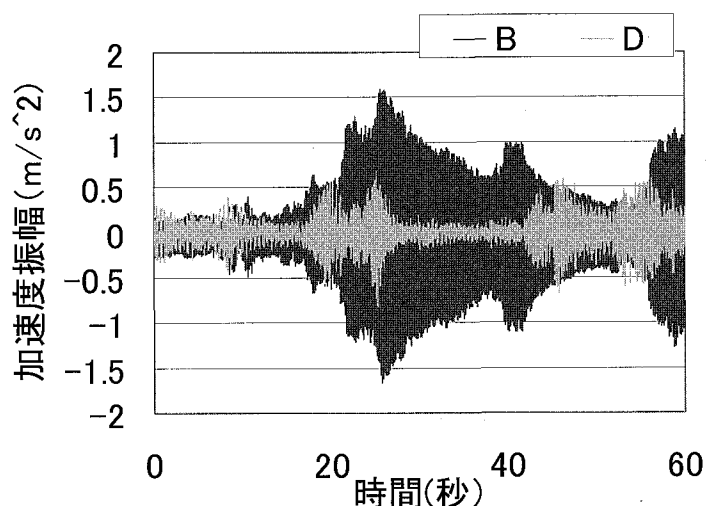


図-4 振動観測結果

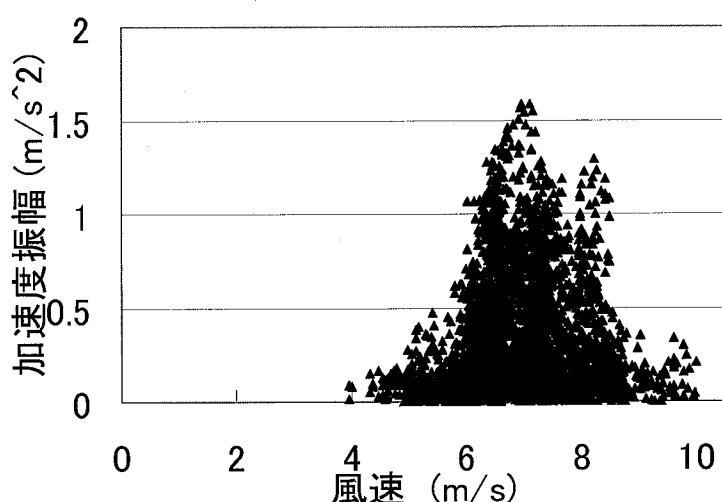


図-5 風速に対するバックステイクケーブルの加速度