

減衰自由振動実験による CFCC の振動特性の検討

首都大学東京大学院 学生員○田島 遼

首都大学東京 正会員 中村一史*・フェロー 前田研一

浙江大学 張 治 成・謝 旭

東京製綱 正会員 榎本 剛・牛島健一

1. はじめに

炭素繊維複合材料ケーブル (CFCC: Carbon Fiber Composite Cable) ¹⁾は、従来の鋼製ケーブルに比べて、耐食性に優れ、高強度かつ軽量で、自重を大幅に低減できる特徴を有している。近年、比較的小規模な橋梁ではあるが、耐食性に優れた CFCC の特徴を活かし、塩害に対する防錆対策として、PC 桁橋の外ケーブルや PC 斜張橋の斜ケーブルなどへ適用されはじめている。一方、ケーブルの軽量化は、風などによる振動が発生しやすくなり、減衰を含めた振動特性やその対策についても検討しておく必要がある。本研究では、これまでに実施された CFCC の振動実験結果 ¹⁾を踏まえ、鋼製ケーブルと対比しながら CFCC の基本的な減衰特性明らかにすることを目的としたものである。ここでは、2 種類の減衰自由振動実験を実施した。すなわち、ケーブル軸に対して直角方向に加振する横振動実験と、ケーブル軸方向に加振する縦振動実験を行った。

2. ケーブルの材料特性

振動実験で使用したケーブルの材料特性値を表-1に示す。CFCC との比較のために、通常の鋼製ケーブルも対象とした。より線 (7 本より) タイプと、素線タイプの 2 種類をそれぞれ選定した。CFCC は鋼製ケーブルと比べて、弾性係数は若干低くなるものの、重量は約 1/5、強度は 1.3~1.5 倍程度となっている。なお、より線タイプは横振動実験で、素線タイプは縦振動実験で使用した。

3. 横振動実験

(1) 実験条件

横振動実験のセットアップの状況を図-1に示す。ここでは、ケーブル長 L を 20m とし、ケーブルに与える張力は 30kN とした。この導入力によって、CFCC は 395MPa、鋼より線は 304MPa の引張応力となっている。ケーブルに振動を与えるために加振器 (加振能力: 49N) を用いた。図-1に示すように、加振器の駆動部とケーブル中央部とを、ナイロン糸で接続し、加振器で正弦波外力を与えた。ケーブルの固有振動数で強制振動させて共振状態とし、定常状態となった際に、ナイロン糸を切断することで減衰自由振動させて、その鉛直たわみ波形を計測した。中央部に設置したレーザー変位計を用いて鉛直たわみ振動をサンプリング間隔 1/1,000 sec で計測した。ケーブルの固有振動数はフー

表-1 ケーブルの材料特性

	弾性係数 E (GPa)	単位質量 w (g/m)	直径 D (mm)	断面積 A (mm ²)	引張強度 σ_t (MPa)
CFCC ϕ 5.0	166	29.9	5.00	15.2	2980
CFCC ϕ 12.5	159	145	12.50	76.0	2421
PGW ϕ 5.16	239	163.8	5.16	20.9	1999
PCS ϕ 12.7	197	774	12.70	98.7	1854

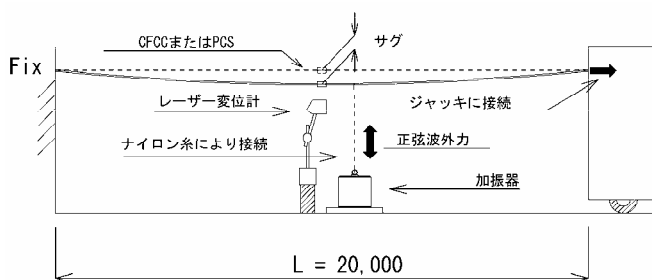


図-1 横振動実験のセットアップ

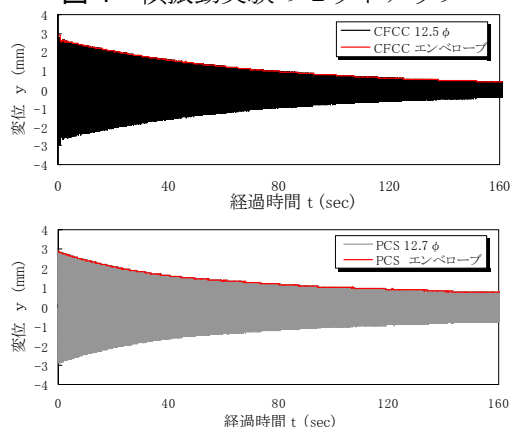


図-2 ケーブルの横振動減衰波形の一例

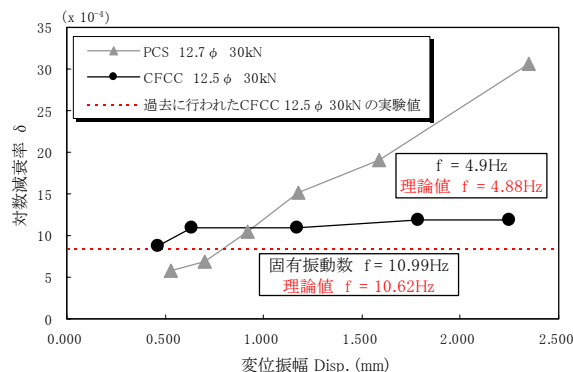


図-3 横振動実験における変位振幅と対数減衰率の関係

Key Words : CFCC, 鋼製ケーブル, 対数減衰率, 振幅依存性

連絡先*: 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL. 0426-77-1111 FAX. 0426-77-2772

リエスペクトルから得られる卓越振動数から算出した。

(2) 実験結果と考察

横振動実験により得られた振動波形の一例を図-2に示す。この変位波形は計測された波形をバンドパスフィルタで処理したものであり、良好な波形が得られた。図-3に、変位振幅と対数減衰率の関係を示す。図より、固有振動数はほぼ弦の理論値通りであった。また、鋼より線には振幅依存性があるが、CFCCより線にはほとんどないといえ、振幅が1mm以上では、CFCCより線の方が減衰が小さいことが解る。なお、図中には過去に行われたCFCCの振動実験結果²⁾を波線で併記したが、ほぼ同じ対数減衰率であることから、妥当な実験結果であると判断された。

4. 縦振動実験

(1) 実験条件

縦振動実験のセットアップ状況を図-4に示す。ここではCFCC、鋼製ケーブルともに素線タイプを検討対象とした。上部定着盤にケーブルソケットを固定し、下端に鋼板(重錘)による付加質量を与えて、鉛直方向に加振する形式とした。ケーブルの最下端には、レーザー変位計とひずみゲージ式加速度計を設置して鉛直方向の変位と加速度を計測した。さらに、重錘による付加質量を、12.3kN、15.3kNと変化させて検討を行った。正弦波の加振力は、横振動実験の時と同様に加振器により与えた。

(2) 実験結果と考察

図-5に、付加質量15.3kN時における加速度波形を、図-6に、加速度振幅と対数減衰率の関係を示す。まず、固有振動数は、理論値の方が若干高めに評価されたが、ほぼ同程度であるといえた。図-5より、経過時間20秒あたりを境に、CFCCは減衰特性が変化する傾向のあることが加速度波形からも解る。CFCCのその特性は、図-6にも顕著に現れており、0～20秒に相当する、加速度振幅が $0.2 \sim 0.6 \text{ m/s}^2$ の間で、振幅依存性が見られ、その後、減衰は小さくなることも解る。付加質量12.3kN時には、横振動と同様に、CFCCの振幅依存性はほとんどないことが解った。付加質量の変化に伴うCFCCの振幅依存性の相違については、今後、さらに付加質量を変化させて検討を行いたい。一方、鋼素線の場合には、付加質量が大きいほど振幅依存性も大きい傾向が見られるものの、基本的な特性は、横振動実験と同様であるといえた。

5. まとめ

CFCCの基本的な減衰特性を明らかにすることを目的として、鋼製ケーブルと比較を行いながら、横振動および縦振動実験を実施した。その結果、過去に行われた実験結果との比較から、今回得られた減衰特性の妥当性が確かめられた。また、振幅依存性を検討した結果からは、ケーブル張力が小さい場合には、鋼製ケーブルと比較して、CFCCの減衰は小さく、振幅依存性もほとんどないことが確かめられた。

参考文献

- 1) 東京製鋼株式会社：CFCC技術資料，1989.4
- 2) 大久保浩弥，大塚久哲，押尾祐三，榎本剛：新素材斜張橋ケーブルの力学挙動に関する基礎的考察，土木学会，第45回年次学術講演会講演概要集，VI，pp.88-89，1990.9

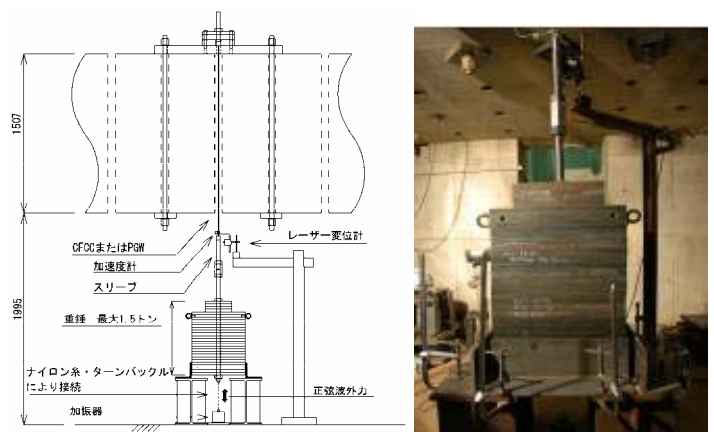


図-4 縦振動実験のセットアップ

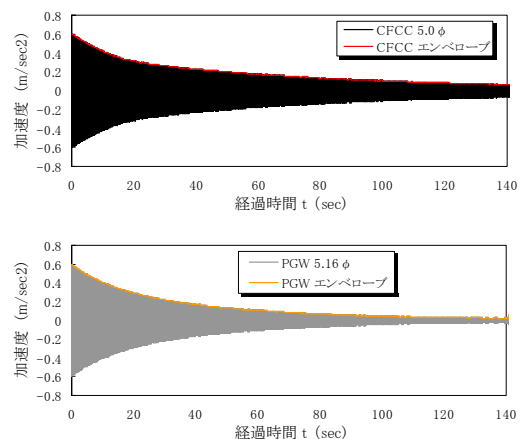


図-5 ケーブルの縦振動減衰波形の一例

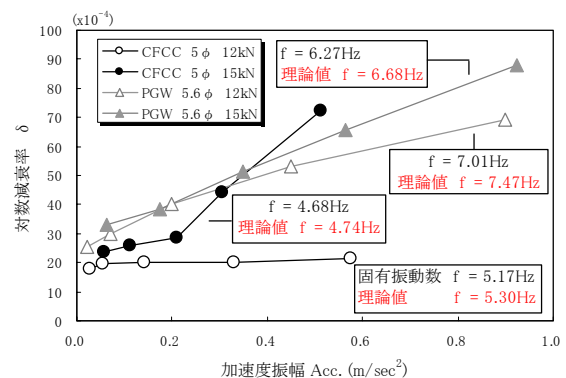


図-6 縦振動実験における加速度振幅と対数減衰率の関係