

B-8

建築構造ケーブルの屈曲が疲労特性に及ぼす影響に関する基礎的研究

Basic Study on the Effects of the Fatigue Characteristics by Bending Structural Cable in Architectural Use

○染谷健太³, 岡田章¹, 宮里直也¹, 廣石秀造²

*Someya Kenta³, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Shuzo Hiroishi²

Abstract : Recently, the number of the structure with cable has increased. The cable has beneficial characteristics of tensile strength, fatigue characteristics of tensile direction and transportability. But the knowledge of the design and construction for the structures with cable is insufficient in Japan. Particularly, in the case of Beam String Structure with bending cable, as far as we know, the fatigue characteristics of the cable have not been reported yet . In this paper, it was verified the fatigue characteristics by the fatigue test of the cable.

1. はじめに

近年、張弦梁構造やガラスファサードの支持構造等に、ケーブルやロッドに代表されるテンション材を用いた建築物が増えている (Fig. 1). ケーブルは、ロッドに比べ強度、引張方向の疲労特性、運搬性等において優れた特性を有しているにも拘らず、テンション材としてはケーブルよりロッドの方が数多く使用されているのが我が国の現状である。この原因として、ケーブルの設計法と施工に関する技術的な蓄積や理解度の不足が考えられる。

中でもケーブルの疲労設計において、引張方向の疲労特性に関わるデータは報告されているものの^[2]、張弦梁構造のように、ケーブルを屈曲させて用いる場合 (Fig. 2) の疲労特性に関わるデータは、著者らが知る限りにおいて未だ報告されていない。

以上を踏まえ、本論ではケーブル軸の直交方向 (以下、曲げ方向) の繰返荷重に対するケーブルの疲労特性について実験的に検証を試みる。

2. 疲労試験 (ケーブルの径・構成による比較)

2-1. 試験概要

ケーブルの径や構成の違いによる疲労特性の把握を目的として、曲げ方向に対する疲労試験を行った。試験概要を Fig. 3 に示す。パラメータはケーブルの径と構成の違いとし、ストランドロープ、スパイラルロープの各 $\phi 16$, $\phi 22.4$ の 4 種類とした。加振波はケーブルの規定破断荷重 (以下, F_b) の 10% から 50% の間で変動する正弦波とし、変位制御で加振を行った。束軸力と変位はアクチュエータにより、またケーブル軸力は 500kN 級ロードセルによってそれぞれ計測を行った。なお、破断の判断は時刻歴の張力の極端な変動、もしくは目視により素線の破断確認を計測毎に行い、破断を確認した時点で試験を終了した。

2-2. 試験結果

破断位置と破断状況、張力と荷重繰返回数との関係グラフを Fig. 4 に示す。破断位置は全ての試験体で加振部となり、ケーブル外周の素線が破断する傾向を示した。これは加振に伴い、加振部の曲率が最大になると

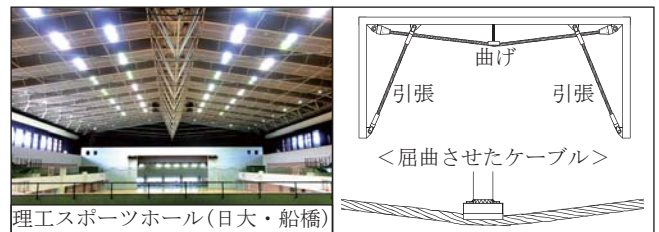


Fig.1 Example of Tension Structures

Fig.2 Beam String Structure with Bending Cable

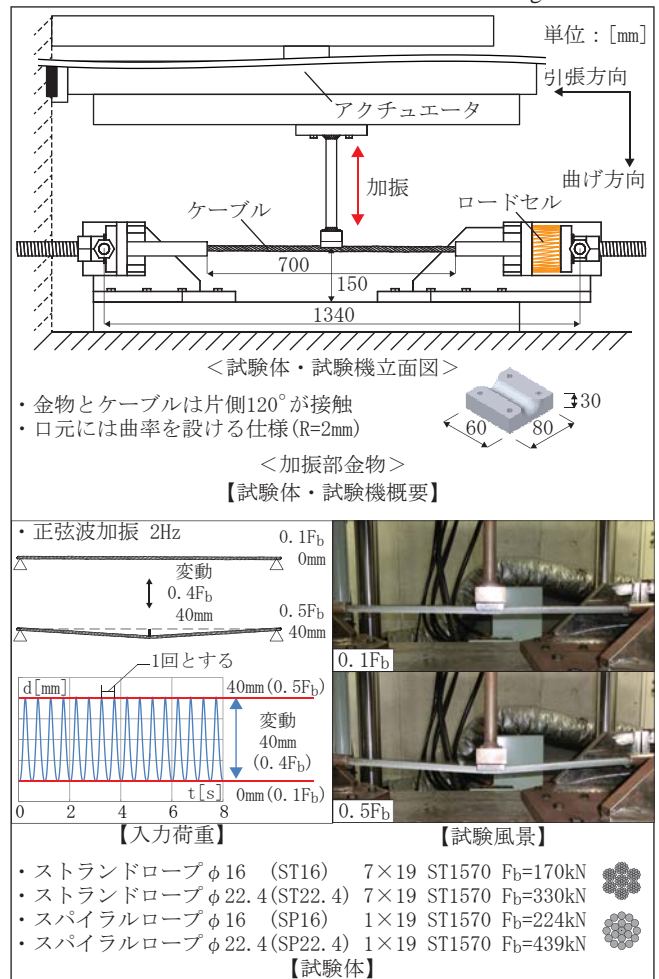


Fig.3 Outline of Fatigue Test

1: 日大理工・教員・建築 2: 日大短大・教員・建築 3: 日大理工・院(前)・建築

共に、張力変動が大きくなることが原因と考えられる。また、φ22.4 のケーブルはφ16 に比べ破断に至るまでの荷重繰返回数が少なくなっているが、ケーブルの径が大きくなるほどケーブル外周の曲率が大きくなることが原因と考えられる。

張力と荷重繰返回数の関係のグラフより、荷重繰返回数が少ない範囲で張力変動が不安定となっており、ケーブル特有の初期伸びが原因と考えられる。初期伸びが除去された後は、安定した張力変動を示している。また、破断時は大幅な張力の低下が示された。

3. 疲労試験（応力振幅による比較）

3-1. 試験概要

応力振幅と破断に至るまでの荷重繰返回数の関係の把握を目的として、加振波をパラメータとして疲労試験を行った。試験概要を Fig.5 に示す。パラメータは応力振幅の違いとした。加振波は 0.3F_b から 0.5F_b (A 波), 0.3F_b から 0.4F_b (B 波) の間で変動する正弦波 2 波とし、変位制御で行った。試験体はストランドロープとスパイラルロープそれぞれφ22.4 とし、その他の試験条件は 2 章の疲労試験と同様とした。

3-2. 試験結果

試験結果の SN 曲線グラフを Fig.6 に示す。グラフには本試験によって得られたストランドロープとスパイラルロープそれぞれφ22.4 の曲げ方向の疲労試験結果と、既報^[2]により得られたストランドロープφ16 の引張方向の疲労試験結果を併せて示す。グラフより、曲げ方向は引張方向に比べ小さい応力振幅で破断する結果となっている。これは曲げ方向の加振による局所的な張力変動が、引張方向の加振による張力変動に比べ過大となったためと考えられる。

4. 歪エネルギーによる評価

歪エネルギーによる疲労強度の評価を目的として、2, 3 章の疲労試験結果から、ケーブルが破断に至るまでに蓄積される歪エネルギーを算出した (Fig.7)。素線の多い ST22.4 を除き、全試験体における蓄積される歪エネルギーは、破断に至るまでの荷重繰返回数によらず、ほぼ同様の値を示した。このことから、ケーブルが破断に至るまでに蓄積される歪エネルギーは、本試験のパラメータの違いによる影響をほとんど受けないものと考えられる。以上より、ケーブルの径・構成や応力振幅の違いに拘らず、歪エネルギーを用いて疲労強度を評価できる可能性が示唆された。

5. まとめと今後の検討

本論では、曲げ方向の繰返荷重に対するケーブルの疲労特性について実験的に検討を行った。ケーブルを屈曲させて用いる場合、引張方向の疲労特性のみならず、曲げ方向の疲労特性についても考慮する必要性が把握された。今後、ケーブル径や種類、応力振幅の違いによる疲労特性等の検討を行い、より詳細なデータの蓄積を行う予定である。

【参考文献】

- [1] 日本建築学会：「ケーブル構造設計指針・同解説」, 1994
- [2] 有路, 岡田, 宮里, 廣石：「建築構造ケーブルの設計用許容側圧に関する基礎的研究」日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿）, pp751-754, 2014, 9

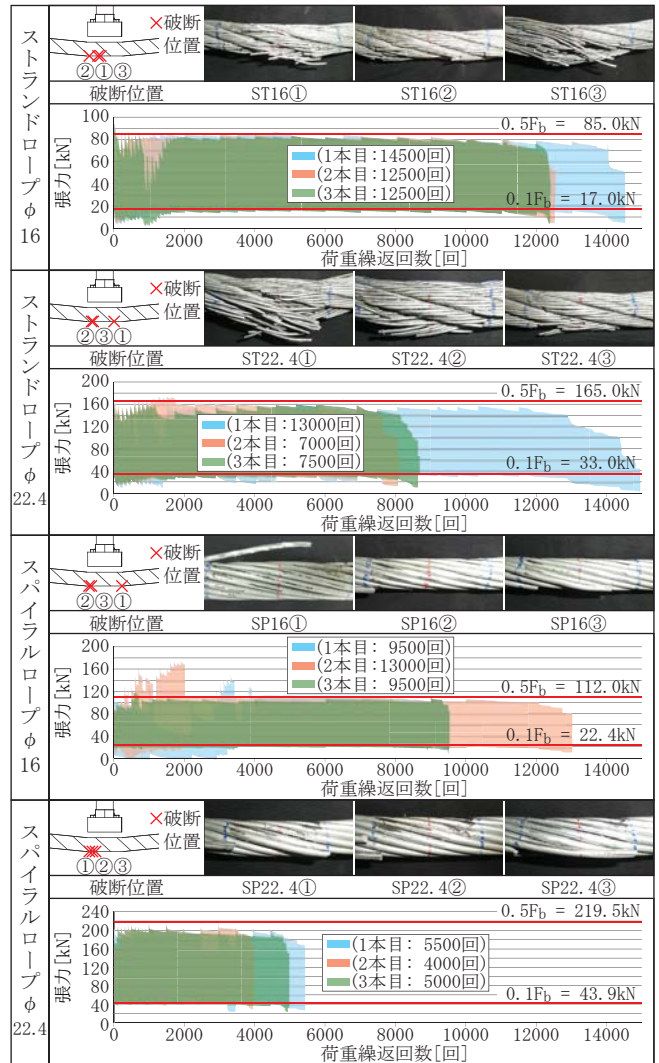


Fig.4 Result of Fatigue Test

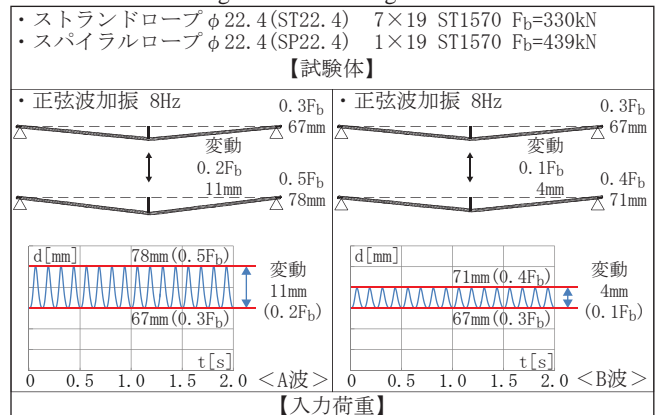


Fig.5 Outline of Fatigue Test

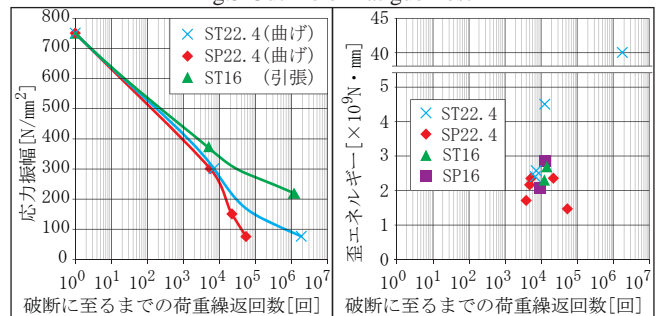


Fig.6 Graph of SN Curve

Fig.7 Comparison of Strain Energy-Number of Cycle