

B-7

建築構造ケーブルの可とう度に関する実験的研究

Experimental Study on Flexibility of Structural Cable in Architectural Use

○清田久智³, 岡田章¹, 宮里直也¹, 廣石秀造², 宮本悠平³

*Hisatoshi Seita³, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Shuzo Hiroishi², Yuhei Miyamoto¹

Abstract : In the cable structure, a unique joint between the bending cable and other element is used. In this joint, there is a problem of reducing strength and fatigue strength caused by bending. In this paper, the flexibility, the bending stiffness of the cable was a measured and evaluated by changes of the diameter and the wire constitution.

1. はじめに

ケーブル構造特有のディテールとして、ケーブルを僅かに屈曲させ他部材と接合した部位が挙げられる。このディテールはケーブルを切断せずに用いた接合部であり、張弦梁構造やケーブルガーダー等において、一般に使用されている (Fig. 1)。ケーブルの屈曲部の設計においては、曲げ応力および側圧の付加による強度や疲労強度の低下が問題となる。

これらケーブルの屈曲に対し、ケーブルの曲げ剛性 (柔軟性) を相対的にかつ定量的に示す指標として、可とう度 F がある。可とう度は、次式のケーブルの曲げ剛性と同一径の丸鋼棒の剛性の比で定義されている^[1]。

$$\text{可とう度 } F = \frac{E \cdot I}{E_f \cdot I_f} \quad (1)$$

ここで、 E : 丸鋼棒の縦弾性係数 [N/mm^2], I : 丸鋼棒の断面二次モーメント [mm^4], $E_f \cdot I_f$: ケーブルの曲げ剛性 [$\text{N} \cdot \text{mm}^2$] を示す。現在、ケーブルの可とう度はケーブル構造設計指針・同解説^[1] に示されているが、特殊な素線構成に限られており、建築物で現状、一般に使用される細径ケーブルや素線構成によるデータは未整備である。

2. 研究目的

本論では、建築構造用ケーブルの可とう度に関する基礎的データの蓄積を目的とし、静的載荷実験を通じて実験的に検討を行う。

3. 可とう度実験

3-1. 実験概要

実験概要を Fig. 2 に示す。試験はケーブルを水平面に設置した鉄骨治具中に置き、自重を無視した状態で行った。試験体は構造用ストランドロープ、構造用スパイラルロープを使用し、径と素線構成をパラメータとした全 15 本である (Table 1)。載荷は、ロードセル

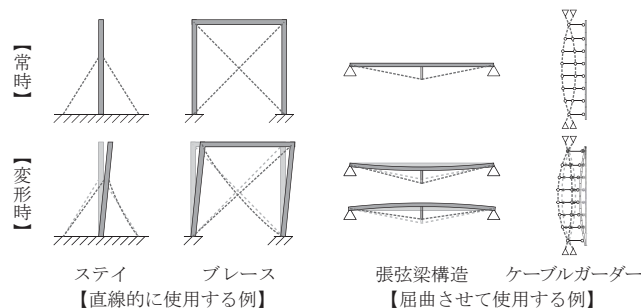


Figure 1. Example of Bending Cable

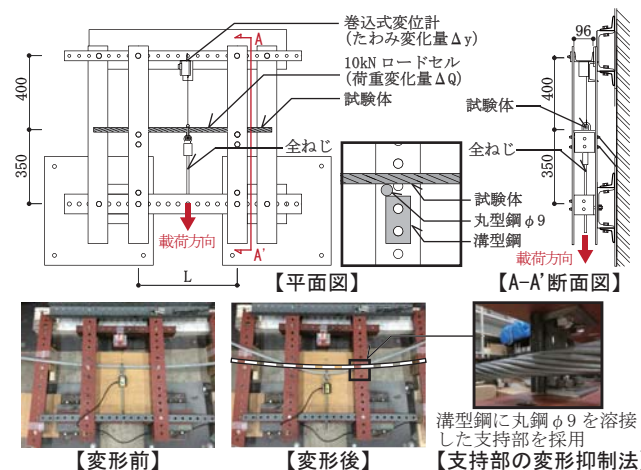


Figure 2. Outline of Experiment

Table 1. Paramater of Experiment

素線構成	ケーブル径 d
7×7	16, 20, 30
7×19	18, 22, 4, 28, 42, 5
1×19	16, 20, 25
1×37	28, 33, 5
1×61	40, 45

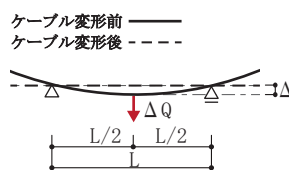


Figure 3. The Ratio of Span to Displacement

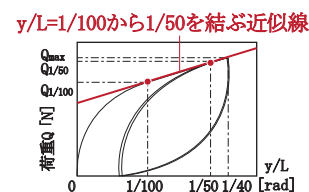


Figure 4. Definition of Bending Stiffness

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

Table2. Results of Experiment

ロープ構成	素線数	素線径 [mm]	ケーブル径 d [mm]	支点間距離 L [mm]	※ 全長 [mm]	規格	規格破断荷重 F _b [kN]	メーカー	凹凸平均可とう度 (凹 凸)	素線構成毎平均可とう度
ストランドロープ	7×7	1.76	16	350	600	ST1570	176	S	141 (140 142)	143
		1.76	16	350	600	ST1570	176	T	138 (138 138)	
		2.20	20	450	700	ST1470	258	T	154 (154 154)	
		3.30	30	550	800	ST1470	580	T	139 (137 141)	
	7×19	1.20	18	350	600	ST1470	201	T	388 (393 384)	363
		1.50	22.4	450	700	ST1470	312	T	326 (330 322)	
		1.87	28	550	800	ST1470	388	T	364 (371 357)	
		2.84	42.5	850	1100	ST1470	1120	T	373 (378 367)	
スパイラルロープ	1×19	3.20	16	350	600	ST1570	224	S	35 (36 34)	31
		4.00	20	450	700	ST1570	350	S	28 (29 28)	
		5.00	25	450	700	ST1570	547	S	31 (31 31)	
	1×37	4.00	28	550	800	ST1570	678	S	69 (66 72)	67
		4.79	33.5	650	900	ST1570	970	S	64 (64 64)	
	1×61	4.48	40	750	1000	ST1570	1370	S	110 (109 111)	115
		5.04	45	850	1000	ST1670	1830	S	119 (114 124)	

全15本(構造用ストランドロープ8本(内、7×7のd=16mmは2本、異なるメーカーで1本ずつ試験を実施)、構造用スパイラルロープ7本)
 ※ 全長=L+250 (余長は両端125mm)

に取付けた全ねじを引込むことにより、試験体の中央一点に行った。支点間距離 L に対するたわみ量 y の比 (y/L) が 1/40 となるまで試験体に荷重を行い (Fig. 3)、その後荷重が 0 になるまで除荷するサイクルを 1 サイクルとした。試験体の支点間距離 L は、試験体の径 d に対して概ね L/d=20 となるように適宜鉄骨治具の調整を行った。本実験では 1 試験体に対して 3 サイクル行った。曲げ剛性 E_f・I_r 算出方法は、y/L = 1/100 および 1/50 の点を結ぶ直線近似式の傾きから ΔQ/Δy を算出し、(2) 式より、1 サイクルごとの曲げ剛性を求めた。各試験体で 3 サイクルのうち、最も小さい値をその試験体の曲げ剛性 E_f・I_r として可とう度 F の評価を行った (Fig. 4)。

$$E_f \cdot I_r = \frac{L^3 \cdot \Delta Q}{48 \cdot \Delta y} \quad (2)$$

なお、いずれの試験体も初期形状に曲がりがあったため、1 試験体につき曲がりの凹凸 2 方向に対して 3 サイクルずつ荷重を行い、それぞれの可とう度 F を算出した。

3-2. 実験結果

Table2 に実験結果を示す。全ての試験体において、曲がりの凹凸による可とう度の差は僅かであり、ほぼ同等の値を示した。また、7×7 の d=16mm において、メーカーの違いによる可とう度の値に差が無い結果となった。

Fig. 5 に平均可とう度を示す。全ての試験体において、径 d の大きさに関わらず、同一の素線構成内では概ね同様の値を示した。ここで、同一素線構成における可とう度の平均値を比較すると、ストランドロープ 7×7、7×19 はそれぞれ F=143、363 とスパイラルロープ (F=31、67、115) より大きい値を示した。これは、ストランドロープの方が径が小さい素線をより合わせているためと考えられる。

Fig. 6 に可とう度と素線数の関係を対数グラフで示

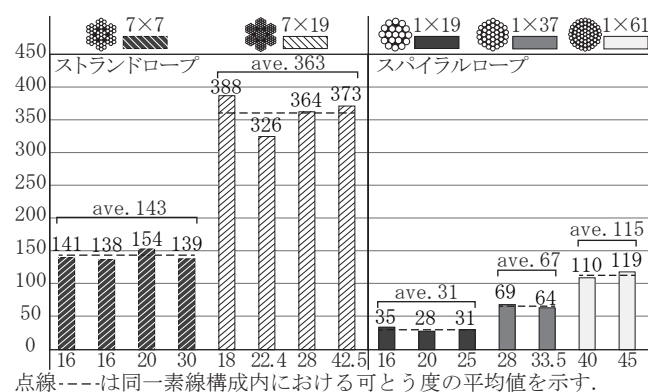


Figure5. Flexibility of each Diameter of Cable

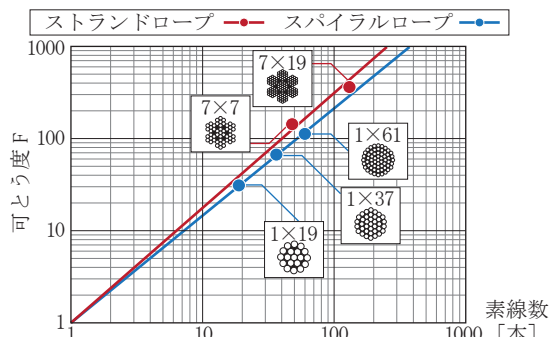


Figure6. Relation of Flexibility and Number of Wire

す。少ないデータ数ではあるが、ストランドロープとスパイラルロープはそれぞれ直線関係にあることが把握された。このことから、ケーブルを構成する素線数によって可とう度が評価できる可能性が示唆された。

4. 今後の検討

本論では建築構造用ケーブルの可とう度について実験的に検討した。今後、より多くの試験体による可とう度のデータの蓄積、可とう度を考慮した屈曲したケーブルの強度の評価等が必要である。

【参考文献】[1] 日本建築学会: ケーブル構造設計指針・同解説, pp34-35, 1994. 6

【謝辞】 本実験にあたり、試験体の制作にご協力頂いた神鋼鋼線工業株式会社の鈴木実氏と東京製綱株式会社の矢島卓氏に謝意を表します。