

ケーブル構造における中間接合金具の小規模化に関する研究
 ケーブル横圧方向のバネ定数について

Study on Miniaturization of Intermediate Joining Metal Fitting in Cable Structures
 Spring Constant of Cable in Lateral Direction

○野呂航³, 岡田章¹, 宮里直也¹, 廣石秀造²

*Wataru Noro³, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Shuzo Hiroishi²

Abstract : The cable structure has been widely used as structural elements for a large spanned structures. However, there are not enough data on detail design, and in particular, the design method for the intermediate joint is constructed based on the data of large-diameter cables used of the bridges due to this situation, in using small-diameter cables the joining hardware large. In addition, there is no experimental value for the spring constant in the lateral direction of the cable in the current design method. In this report, the authors experimentally grasp the value of spring constant in the lateral direction of cable.

1. はじめに

ケーブルは、高強度で柔軟性に富み、スポーツ施設等の大空間を形成する重要な構造要素として、広く建築物に用いられている (Fig. 1) [1]。しかし、ケーブル構造のディテール設計に関するデータは、未だ十分に整理されておらず、ケーブル構造の普及への妨げとなっている。例えば、ケーブル構造特有の接合部である中間接合部の設計手法 (Fig. 2) は、橋梁分野で蓄積された太径ケーブルの材料データを基に構築されており、主に細径ケーブルを用いる建築分野に適用した場合、中間接合金具 (以下「金具」) が大きくなる傾向にある [2]。また、現行の設計法 (Fig. 3) において、側圧に対するケーブル材軸と直交方向 (以下「ケーブル横圧方向」) のバネ定数 k_c については実験結果が報告されておらず、データの蓄積により、最適な k_c を設定することで金具の小規模化が期待できる。

以上を踏まえ、本報では、ケーブル横圧方向のバネ定数 k_c の値について実験的に検討を行い、金具の小規模化を目指す。

2. ケーブル横圧方向の圧縮試験

2-1. 試験概要

側圧に対するケーブル横圧方向のバネ定数 k_c の把握を目的として、耐圧試験機 (2000kN級) を用いて、圧縮試験を行った。試験概要を Fig. 4, 5 に示す。試験にあたっては、最初に所定の初期張力量 (以下「 T_0 」) をジャッキで導入した後、ケーブルの両端部の移動を拘束した状態で、ケーブル横圧方向から側圧 (圧縮力) を与えた。試験体は、構造用ストランドロープ (7×7) 及びスパイラルロープ (1×19) とし、素線引張強さは ST1570、ケーブル径は $\Phi 16\text{mm}$ とした。また、検討項目は金具形状及び T_0 とした。金具は、長さ 80mm (ボルト2本締めを想定)

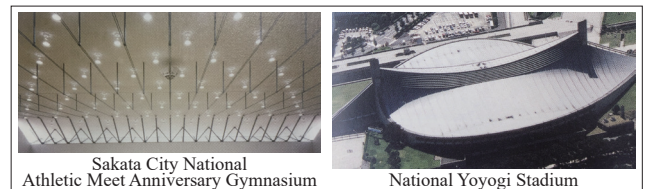


Fig.1 Example of Cable Structures [3]

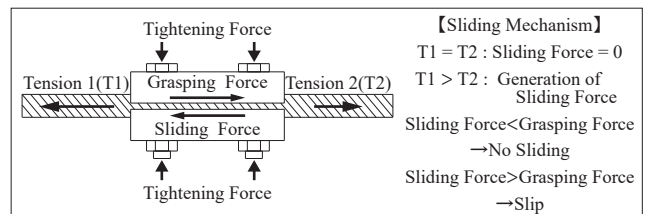


Fig.2 Intermediate Clamp Metal Fitting

Required Bolt Axial Force : N	Bolt Axial Force Reduction : ΔN
$N = \frac{G_o}{m \mu k} \quad (1)$	$\Delta N = \frac{k_c L_1}{EA} \epsilon \quad (2)$
Allowable Lateral Pressure : f_p	Yield Strength of Metal Fitting : σ_y
$f_p = \frac{N}{DL_2} \quad (3)$	$\sigma_y = \frac{3N}{2L_2 t} \quad (4)$
G_o : For Design Grasping Force	m : Shape factor
μ : Coefficient of Friction	k : Bolt Axial Force Reduction Factor
k_c : Spring Constant in the Lateral Direction	L_1 : Bolt Tightening Length
E : Modulus of elasticity	A : Bolt Cross Section
ϵ : Reduction of Cable Diameter	D : Cable Diameter
L_2 : Metal fitting Length	t : Metal Fittings Thickness

Fig.3 Calculation Method in Design of Intermediate Clamp Metal Fitting

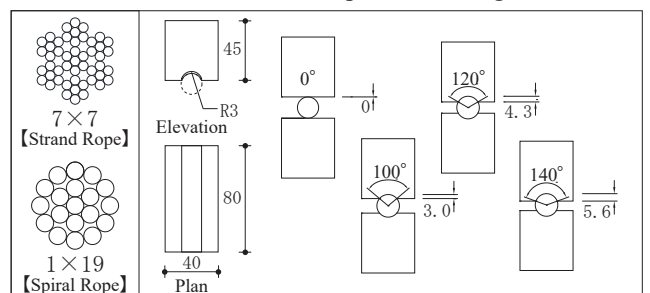


Fig.4 Outline of Test Model

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

とし、ケーブルと金具の溝が接触する角度が0, 100, 120, 140° (以下「A-0, 100, 120, 140」) になるように溝の深さを設定した。また、ToはA-120がケーブルの破断荷重の3, 7, 10, 13, 17, 20, 23, 27, 30, 33, 50% (以下、「To-〇〇」と称す(例えば3%の場合、To-3)) の11ケース、A-0, 100, 140がTo-3, 33, 50の各3ケースとした。

測定項目はケーブル径の減少量 Δd 及びケーブル張力Tとし、 Δd は上下の金物間距離を高感度変位計、Tはセンターホール型圧縮ロードセルを用いて測定した。また、载荷はケーブル横圧方向に上部金具を押し込むことにより行い、ケーブルの設計用長期許容側圧まで、一定の速度でケーブルに側圧を加えた。

2-2. 試験結果及び考察

金具の溝の深さによらず、同様の性状を示したため、本報ではA-120について報告する。荷重とケーブル径の減少量 Δd の関係をFig. 6に示す。ストランド及びスパイラルロープ共に、Toに関わらず、低荷重域で Δd の増加割合が大きく、また側圧の増加に伴って減少することが把握された。また、Toの増加に伴い、 Δd は小さくなることが把握された。これは、初期張力導入時に複数の素線から構成されるケーブル特有の素線間のギャップ(間隙)が、側圧またはToの増加に伴って減少することが要因と考えられる。一方で、 Δd の増加量は、ストランドの方が大きいことが把握された。これは、ロープ構成の違いにより、ストランドの方が素線間のギャップが大きいこと、素線径が小さいことが要因と考えられる。

Toとケーブル張力T (Toに対する比で表示) の関係をFig. 7に示す。ストランド及びスパイラルロープ共に、Toに関わらず、側圧により張力Tが減少することが把握された。前者は、ケーブルの圧縮部が非圧縮部に押し出され、ケーブル長がわずかながら増加するためだと考える。ただし、後者の張力Tの減少量は3%未満と微小であることから、Toの設定において、金具部の側圧によるケーブル張力の変動を考慮する必要はないことが示唆された。

実験値より、バネ定数が概ね一定となる設計用許容側圧の50~100%間の値を用いて、kcの算出を行った(Fig. 8)。kcはストランド及びスパイラルロープ共、PS-3の低張力域において小さな値を示し、PS-7~27にかけて10%前後の増加、以降は概ね一定の値を示すことが把握された。また、ストランドがスパイラルより値が小さいことが把握された。このことから、初期張力量Toが破断荷重の約7%を超える場合、初期張力の影響を考慮する必要はないことが示唆された。

3. まとめ

本報では、建築用細径ケーブルを対象にして、側圧による圧縮試験を行い、ケーブル横圧方向のバネ

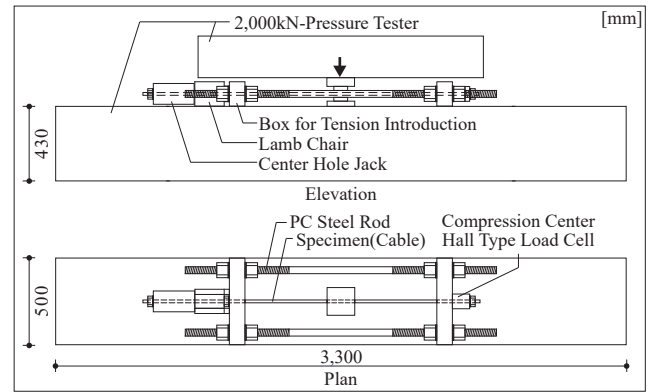


Fig.5 Outline of Compression Experiment

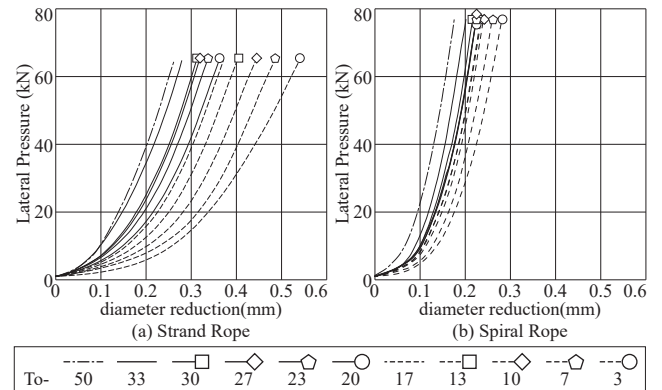


Fig.6 Lateral Pressure-diameter reduction Curve by A-120

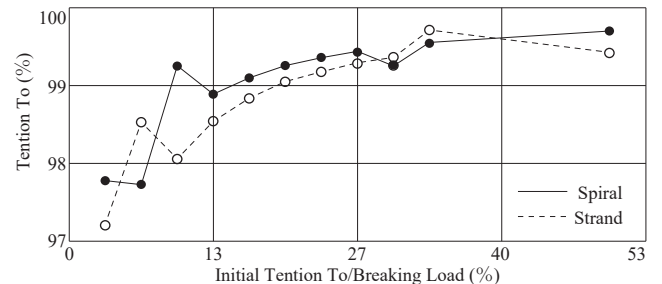


Fig.7 Tension-Lateral Pressure Curve by A-120

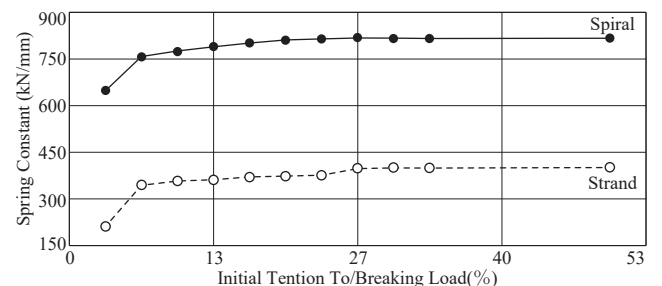


Fig.8 Spring Constant-Initial Tention by A-120

定数の把握を行った。今後は、設計用許容側圧以上の荷重による圧縮試験及び数値解析等を行い、金具部におけるボルト軸力の減少係数及び側圧がケーブルに与える影響について検討を行う予定である。

4. 参考文献

[1] 日本建築学会：ケーブル構造設計指針・同解説，pp. 140-143，2019. 12
 [2] 斎藤公男，岡田章：ケーブル金物の設計法に関する基礎的研究，日本建築学会構造系論文集，No.518，pp. 41-48，1994. 4
 [3] 斎藤公男：空間構造物語，彰国社，pp. 162, 204