

ストリングを用いた鋼構造建築物の応力・変形制御に関する基礎的研究
 ケーブルおよび高張力ロッドの力学特性について
 A Basic Study on the Controllability of Stress and Deformation in Steel Structures with String
 Mechanical Characteristics of Cables and High Strength Tension Rods

○笠原 隆¹, 石鍋 雄一郎², 中島 肇²

*Takashi Kasahara¹, Yuichiro Ishinabe², Hajime Nakajima²

Abstract: Beam string structure is one of typical structures that controls stress and deformation actively. The goal of this research is to make a suggestion of new structural type by concerning the controllability of stress and deformation by string elements. In this study, mechanical characteristics of cables and high strength tension rods that are used for string elements are analyzed. Concretely, elastic modulus and sag influenced by tension are examined.

1. はじめに

鋼構造建築物への応力・変形制御の事例として、張弦梁構造等のようなストリングを用いた構造形式が挙げられる。鋼構造建築物に対して、ストリングを用いた応力・変形制御の構造形式を新たに提案していくことを目的とし、本研究は、ストリングに多く用いられるケーブルおよび高張力ロッド(Table.1)の力学特性を分析し、比較・検討するものである。

Table1. String Elements Examined in This Study

構造用ケーブル	ストランドロープ(ST), スパイラルロープ(SP), ロックドコイルロープ(LC),被覆平行線ストランド(大臣認定材料,被覆 PWS)
鋼棒	引張強さ 400~740N/mm ² 級(大臣認定材料,高張力ロッド)

2. 基準強度および弾性係数の比較

一般的に良く使用される 690N/mm² の高張力ロッドの基準強度に対して、ST, SP, LC の基準強度は 1.5 倍程大きい(fig.1), ケーブルの空隙係数を考慮して同一外径に対して換算すると 0.95~1.2 倍程度となり、その差異は小さくなる(fig.2). なお、ケーブルの基準強度は、ケーブル構造設計指針より、破断荷重 F_b の概略値を求める算定式^[1]を用いて算定した。

高張力ロッドとそれぞれのケーブルの最大径に対する基準張力の最大値は、高張力ロッドよりも ST は 0.6 倍と小さいが、SP, LC は 1.4 倍大きい。また、被覆 PWS は、最大径が他のロープよりも 2 倍程度大きい

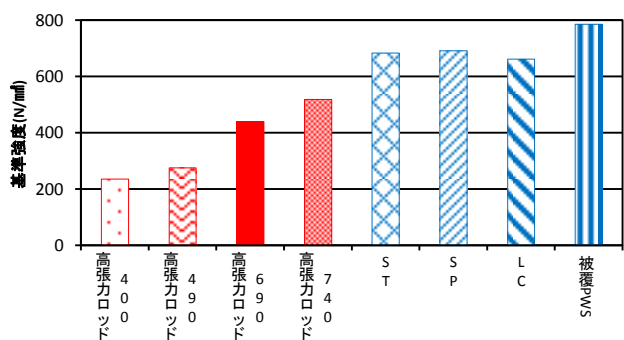


Figure1. Referenced Strength

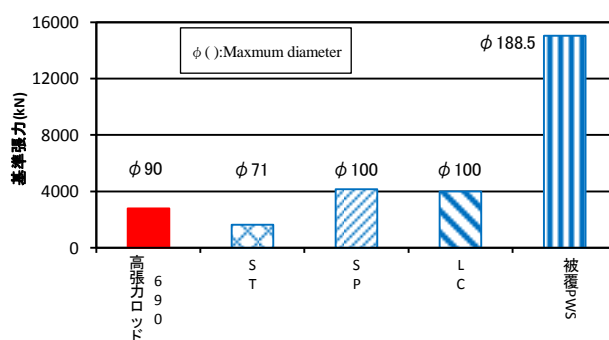


Figure3. Referenced Maximum Tension

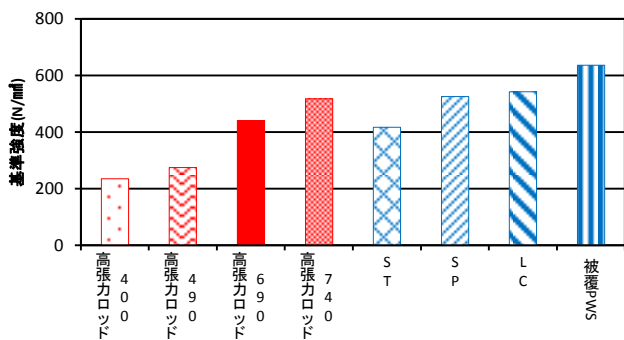


Figure2. Referenced Strength (Same Diameter)

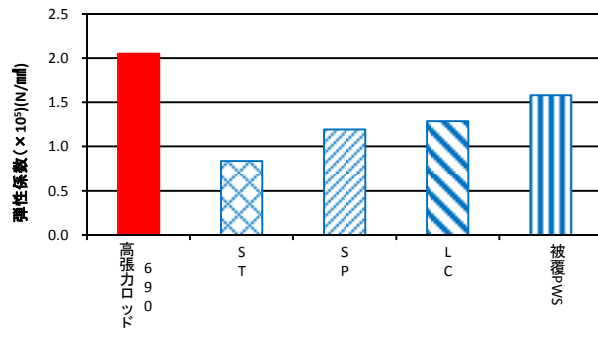


Figure4. Elastic Modulus(Same Diameter)

め、基準張力が 4 倍程度大きくなっている (fig.3).

ケーブルの空隙係数を考慮した同一外径に対する弾性係数は、高張力ロッドが、ST の 2.4 倍、SP、LC の 1.6 倍程度、被覆 PWS の 1.3 倍大きい(fig.4).

3. ケーブルと高張力ロッドの比較

引張材特有の性状として、見かけの弾性係数 E は、初期張力とサグの影響により、素材の弾性係数 E₀ より低下する。ケーブルは、道路橋示方書^[2]に適用されている Ernst の修正弾性係数(1)式により評価できる。

$$E_0/E = 1 + AE_0 \times (\gamma LA)^2 / 12T^3 \quad (1)$$

(A:断面積, L:部材長, T:張力, γ :単位体積重量)

ここで、ケーブルと曲げ剛性のある高張力ロッドの構造挙動を検討するために、幾何学的非線形解析(以下、FEM 解析)を行う。解析モデルを fig.5 に示す。

部材長 10m の解析結果を fig.6 に示す。(1)式によると、張力比 T/T_e (T_e :長期許容張力) が 10%以下の

範囲で弾性係数が急激に増加し、張力比 20%で見かけの弾性係数 E は 98%以上になり、サグも張

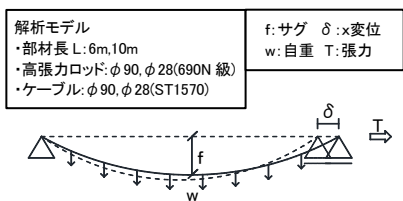
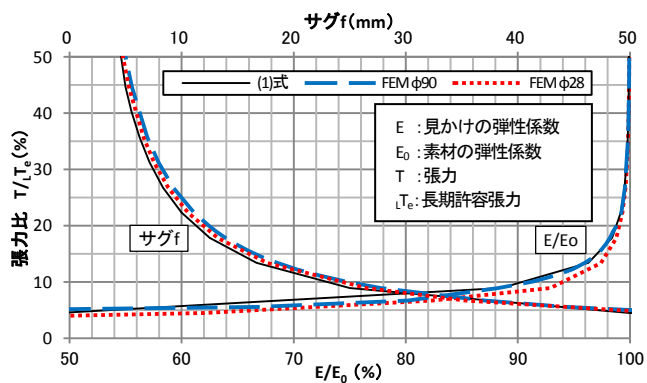
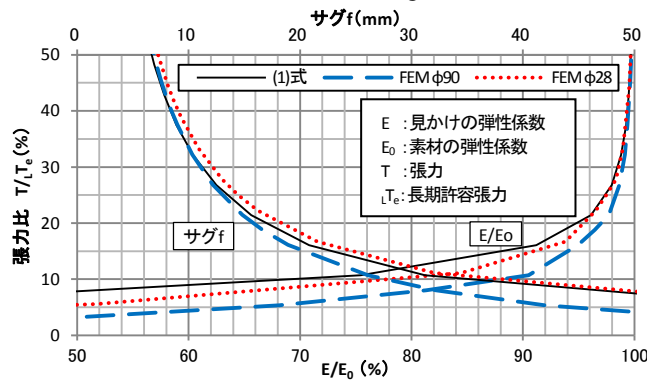


Figure5. Analysis Model



a) Elastic Modulus and Sag (Cables)



b) Elastic Modulus and Sag (High Strength Tension Rods)

Figure6. Influence of Tension Ratio (L=10m)

力比の増加と共に急激に減少する傾向が見られる。ケーブルの FEM 解析結果は(1)式と良く一致している (fig.6 a)。また、高張力ロッドの FEM 解析結果は、張力比が大きい範囲では(1)式と一致しているが、張力比が 20%以下で、phi 90 の弾性係数比は(1)式より大きい値を示しサグは小さい値を示した。これは、高張力ロッドの持つ曲げ剛性の影響と考えられる。また、曲げ剛性が phi 90 より小さく、ケーブルよりも自重が重い phi 28 の高張力ロッドはサグが(1)式よりも多少大きい傾向が見られるが、細径で部材長が長い高張力ロッドはケーブルと同様に(1)式で取り扱えることが分かる(fig.6 b))。

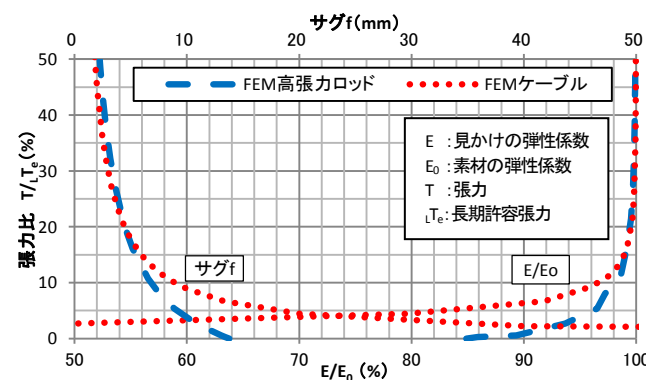
部材長 6m の FEM 解析結果を fig.7 に示す。低張力域の高張力ロッドは、ケーブルと比較してサグは小さく見かけの弾性係数は大きい値が得られた。スパンが短くなるほど高張力ロッドの曲げ剛性の影響が大きいたことが分かる(fig.7 a)。また、単純梁の曲げモーメントに対する中央曲げモーメントの比は張力比 0 で 100%であり、張力比の増加と共に減少していく (fig.7 b))。

4. まとめ

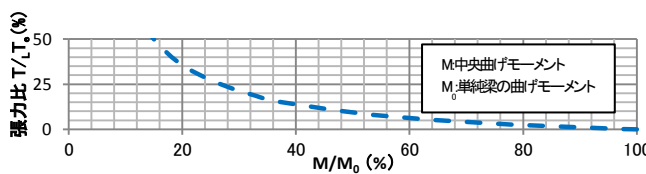
本研究ではケーブルと高張力ロッドの力学特性を把握した。常時状態における初期張力の設定は、ストリングの伸び剛性の確保に重要であり、低張力域での高張力ロッドの施工には曲げ剛性への配慮も必要である。

5. 参考文献

- [1] 日本建築学会：ケーブル構造設計指針・同解説，pp26-33, 1994.6
- [2] 日本道路協会：道路橋示方書 (I 共通編・III コンクリート橋編)・同解説，pp.271-275, 2012.6



a) Elastic Modulus and Sag (phi 90)



b) Bending Moment Ratio(phi 90)

Figure7. Influence of Tension Ratio (L=6m)