

大阪大学大学院 学生員 ○鷲塚敏之 大阪大学大学院 学生員 三好崇夫
神戸製鋼所 正会員 内藤純也 大阪大学大学院 フェロー 西村宜男

1. 概説

本研究では、FRP/steel のハイブリッドケーブルの開発や橋梁ケーブルの安全率の合理化に向けた基礎的データ収集を目的として、アンラップト平行線ケーブルの 2 次応力に着目した曲げ引張実験を行い、力学的特性について考察を行う。また、2 次応力を考慮した平行線ケーブル要素をプログラムに導入し立体有限変位解析を行い、実験結果と比較する。

2. 実験供試体

本実験で用いたケーブルは、公称直径 5mm の亜鉛めっき鋼線 253 本を平行に束ねたもので、ケーブルの断面形状は極力その外郭が円形となるように公称直径 3.2mm, 2.6mm, および 2.0mm の亜鉛めっき鋼線をポイントトップに配置した (図-1 参照)。ケーブルに関する諸元は表-1 に示す。

ケーブルのアンカーソケット口元前面間長は 9464mm であり、その両端は亜鉛合金鑄込みのアンカーソケットに定着した。

3. 実験方法

図-2 に示すように張力の導入はケーブルを挟む 2 台の 2000kN 級油圧ジャッキで、張力測定はジャッキヘッドと載荷桁間に挿入した 1000kN 級ロードセルで行った。曲げ荷重は 600kN 級油圧アクチュエーターで載荷した。素線ひずみはケーブル表面の素線に貼付した一軸ゲージで、ケーブルとクランプのたわみの測定は一定間隔で設置した変位計で測定した。

曲げ引張実験は、所定の張力を導入してクランプを締め付けた状態から、曲げ荷重を載荷して行った。曲げ引張実験の張力は、既往の実験及び実橋とほぼ同一の引張剛性を有するように、600~2000kN を導入した。

4. 実験結果

最大曲げ荷重時のたわみ分布の測定値と理論値を図-3 に示す。理論値は、幾何剛性を考慮したはり理論を用いて、両端固定支持を仮定し、クランプの剛性を無視して算出した。ケーブルの曲げ剛性は、ケーブルを重ね梁とみなした値を用いた。図-3 より、測定値と理論値を比較すると、支持台なしの左右のクランプ間を除いてほぼ測定値と理論値は一致した。ケーブルを重ね梁とみなした変位の理論値と測定値が一致することから、アンラップト平行線ケーブルの素線間は、完全すべり状態にあるといえる。支持台なしの左右ク

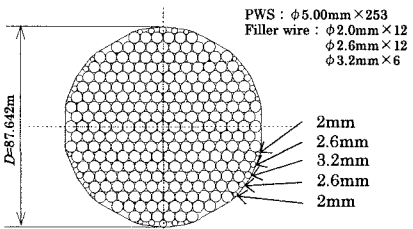


図-1 ケーブル断面
表-1 ケーブルの諸元

ケーブルの諸元				鋼線の機械的特性			
弾性率 E_w (MPa)	本数	引張強度 σ (MPa)	弾性率 E_w (MPa)	直径	本数	引張強度 σ (MPa)	弾性率 E_w (MPa)
212301	253	1741	212543	5	253	1741	212543
断面積 A_s (mm ²)	5117.3	1809	199799	2	12	1809	199799
外径 D_c (mm)	87.642	1550	208035	2.6	12	1550	208035
間隙率 (%)	9.4	1546	202723	3.2	6	1546	202723

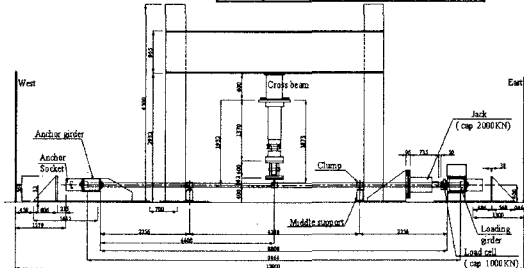


図-2 実験装置

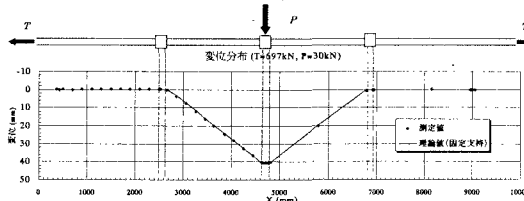


図-3 (a) 変位分布 (支持台あり T=697kN)

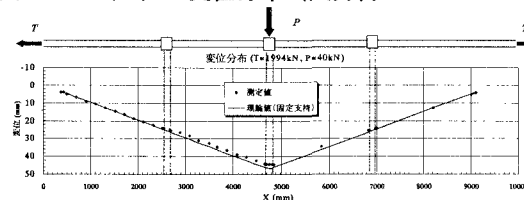


図-3 (b) 変位分布 (支持台なし T=1994kN)

ランプ間で変形が一致しないのは、クランプの締め付けによって素線のすべりが拘束される効果を考慮していないためである。

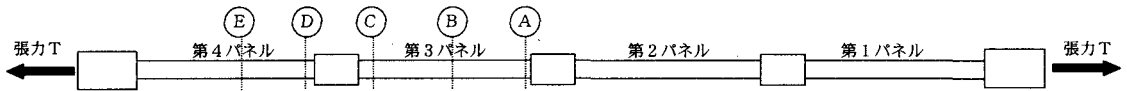


図-4 ゲージ貼付位置

5. 2次応力

次に、図-4に示すA～Eの断面にひずみゲージをそれぞれ12枚貼付し2次応力の算出を行った。最大曲げ荷重時にひずみゲージから測定した2次応力（測定値）を図-5に示す。縦軸は各断面A～Eのゲージ貼付点の高さ、横軸は応力（ N/mm^2 ）を示している。また、新家¹⁾、前田²⁾によるバンド間ケーブルを1要素として定式化した方法（解析1）と、パネル間の要素分割を細かくする方法（解析2）で行った有限変位解析結果もプロットした。グラフからクランプ近傍のA断面では局部曲げ応力の影響から素線の上下縁で応力が大きくなりパネル中央のB断面では中立軸とあまり差がない結果となった。また解析1、解析2と実験値の2次応力を比較すると両者はよく一致している。

図-6に実験によるたわみ分布と解析によるたわみ分布の比較を示す。解析ではクランピングによる曲げ剛性の変化を考慮することでクランプ近傍での角折れ変形が再現でき、たわみ分布が実験値とよく一致した。

6. まとめ

実験からアンラップ平行線ケーブルの力学的特性として、ケーブルパネルの素線間は完全すべりの状態にあることがわかった。また、バンド付近では角折れ変形を生じることが明らかとなり平行線ケーブルの変形形状、2次応力分布を把握するためには、クランピングによる曲げ剛性と偏差軸力と曲率の変化による素線の曲げモーメントを考慮した解析が必要であり、本報告で用いた解析手法が平行線ケーブルの挙動を十分な精度で把握できることが明らかとなった。

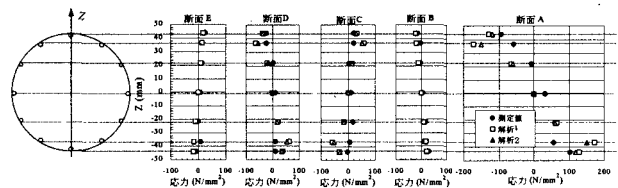


図-5 (a) 2次応力分布（支持台なし $T=1994$ ）

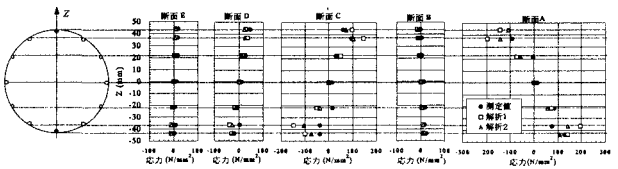


図-5 (b) 2次応力分布（支持台あり $T=697\text{kN}$ ）

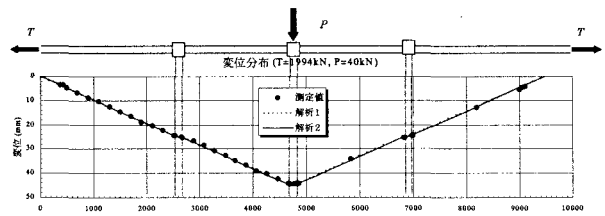


図-6 (a) 変位分布（支持台なし $T=1021\text{kN}$ ）

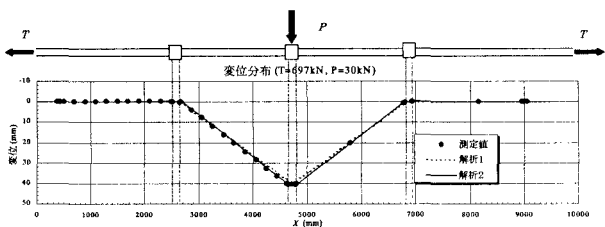


図-6 (b) 変位分布（支持台なし $T=1293\text{kN}$ ）

【参考文献】

- 1) 西村昭，新家徹，中村憲市，土居憲司：吊橋架設途中における平行線ケーブルの変形と2次応力解析，土木学会論文報告集，No.260，pp. 1-15，1977. 4.
- 2) 前田幸雄，林正，前田研一：主ケーブルの2次応力を考慮した吊橋の有限変位解析，土木学会論文報告集，第315号，pp37-47，1981.