

ケーブル・ソケットのクリープ・リラクセーションに関する研究

川崎製鉄 正員 ○熊野 拓志
 京都大学工学部 正員 古田 均
 熊谷組 正員 原 諭

京都大学工学部 正員 渡邊 英一
 京都大学工学部 正員 杉浦 邦征

1. 研究目的

本研究では、ケーブル、及びソケットの2つを個々に取り上げ、それぞれを線形粘弾性体と仮定し、実物大のケーブルを用いて行われた試験結果を使用し、ケーブル・ソケット一体構造のクリープ・リラクセーション特性を解明する。さらに、その結果を用いて、斜張橋の解析を試みる。

2. 粘弾性定数同定

線形粘弾性体の具体的なモデルとして、バネ・ダッシュポットの組合せにより表される3要素モデル(図1)を採用する

1). これを、ケーブル・ソケットにそれぞれ適用した6要素モデル(図2)を供試体に適用して、粘弾性定数の同定を試みる。まず、ケーブル部について、 $\sigma = E_{1c} \cdot \epsilon_{1c}$ 及び、 $\sigma = E_{2c} \cdot \epsilon_{2c} + \eta_c \cdot \dot{\epsilon}_{2c}$ と置く。 $\rho_c = \frac{E_{2c}}{E_{1c}}$ として、上式を変形し、さらに、時間 t に関してラプラス変換すると、 $(\mu_c + s) \bar{\epsilon}_{2c}(s) = \frac{\mu_c}{\rho_c} \frac{\bar{\sigma}(s)}{E_{1c}}$ を得る。この式において、最小2乗法を用いると、次式が得られる。

$$I_c = \frac{1}{2} \sum_i \left\{ (s + \mu_c) \bar{\epsilon}_{2c}(s) - \frac{\mu_c}{\rho_c} \frac{\bar{\sigma}(s)}{E_{1c}} \right\}^2 \quad (1)$$

これを、 μ_c で極小化する。そこで、 $\frac{\partial I_c}{\partial \mu_c} = 0$ を考え、 μ_c を求め、さらに、 ρ_c を適当に仮定し、それに対応する μ_c 及び I_c を計算する。これを繰り返して、 I_c が極小となる点で ρ_c 、 μ_c を決定する。次に、張力導入時のケーブルの張力変化より、 E_{1c} 、 E_{1s} を求める。同様に、ソケット部についても考えられる。以上の計算方法により、表1に示される各粘弾性定数を求めることができる。

3. 数値解析例

上記の方法により求めた各粘弾性定数は、(表1)の通りである。これら定数値の検証を兼ねて、ケーブル引張試験に適用し、さらに、実際の斜張橋への適用も試みた。

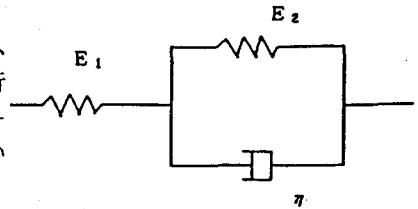


図1 3要素モデル

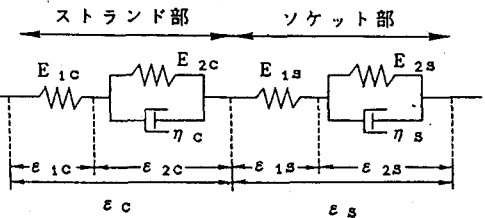


図2 6要素モデル

表1 粘弾性定数

	ケーブルNo.1	ケーブルNo.2	ケーブルNo.3	ケーブルNo.4
E_{1c}	1.878E+6	1.874E+6	1.770E+6	1.902E+6
E_{2c}	1.114E+8	1.139E+8	8.945E+7	1.115E+8
ρ_c	5.932E+1	6.080E+1	5.054E+1	5.861E+1
μ_c	6.756E-2	8.293E-2	3.118E-2	4.908E-2
η_c	1.649E+9	1.374E+9	2.869E+9	2.272E+9
E_{1s}	8.846E+5	8.800E+5	1.019E+6	1.141E+6
E_{2s}	4.684E+7	2.583E+7	9.271E+6	1.069E+7
ρ_s	5.295E+1	2.936E+1	9.098E+0	9.366E+0
μ_s	1.439E+0	3.367E-1	2.141E-2	8.477E-2
η_s	3.257E+7	7.672E+7	4.330E+8	1.261E+8

E_{1c} (kgf/cm²) E_{2c} (kgf/cm²) μ_c (1/day) η_c (day·kgf/cm²)
 E_{1s} (kgf/cm²) E_{2s} (kgf/cm²) μ_s (1/day) η_s (day·kgf/cm²)
 ρ_c, ρ_s : No-Dim.

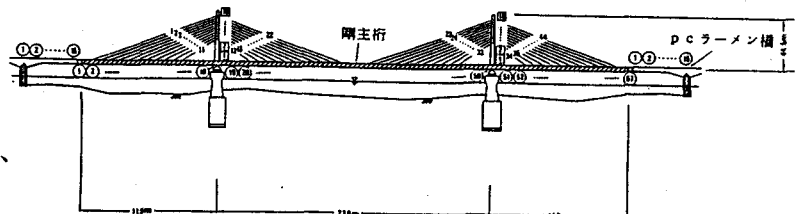


図3 モデル橋の概形

Takuji KUMANO, Eiiti WATANABE, Hitoshi PURUTA, Kunitomo SUGIURA, Satoshi HARA

ケーブル長による弾性定数の変化が橋梁全体に及ぼす影響を調べるため、ラプラス像空間に置いて、等価弾性定数

$$\bar{E} = \frac{1}{\left(1 + \frac{\mu_s}{(s + \mu_s)\rho_s}\right) \frac{1}{E_s} + \left(1 + \frac{\mu_s}{(s + \mu_s)\rho_s}\right) \frac{1}{E_s} \frac{L}{L}} \quad (2)$$

を考え、現空間への変換は、数値ラプラス逆変換を用いた²⁾。モデル橋の概形は、(図3)であり、上記方法(方法1)による結果との比較として、ケーブル・ソケットを一体の粘弾性体として解析する方法(方法2)による解析も行った。これらの結果は、(図4~7)の通りである。

4. 考察

今回用いた4本の供試体は、ソケットがNo.1と2(鋼球エポキシ樹脂)、No.3と4(亜鉛・銅合金)が同じもの、ケーブルは、No.1と3(完全平行線)、No.2と4(擬似平行線)がそれぞれ同じものである。これらの違いは、求められた各定数に表れているが、ばらつきも見られる。この原因としては、ケーブル部とソケット部のひずみの完全な分離ができていなかったということが考えられる。また、実験値から求めるひずみにもかなりのムラがあるが、これは、床面に接している実験装置に働く摩擦や、ひずみゲージの数、データ量、温度補正方法などが原因として考えられる。実橋の解析結果については、(方法2)の方が、(方法1)より、大きい値が出ているが、これは、ケーブル・ソケット比を考慮した(方法1)が、相対的に(方法2)より小さくなったためと考えられる。

5. 結論

1) 今回のモデル化により、ケーブル・ソケットの分離は可能であると考えられるが、完全な分離を行うためにさらに検討が必要である。

2) 実橋を用いた解析結果より考えると、(方法1)の方が、(方法2)より変位量は小さくなっており、スケール比を考慮している分、より、実測値に近いと考えられる。

6. 参考文献

- 1) W. フリュージェ; 粘弾性学、培風館、(1967)
- 2) 渡邊 英一・楠葉 誠司・吉川 紀・亀井 正博; 粘性土地地盤上のPC斜張橋のクリープ・リラクセーションに関する基礎的考察、構造工学論文集、Vol 35A、(1989)

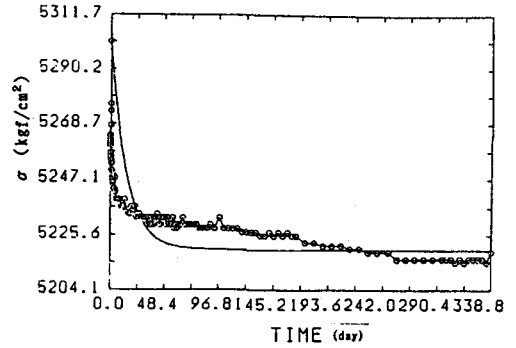


図4 応力と理論曲線(ケーブルNo.1)

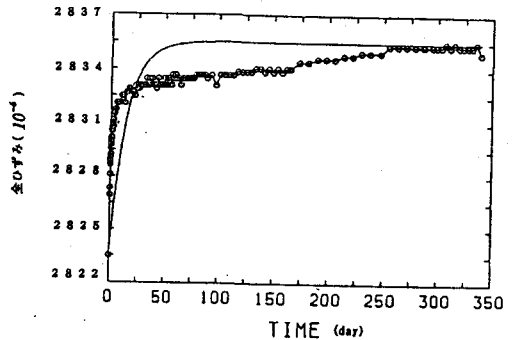


図5 全ひずみと理論曲線(ケーブルNo.1)

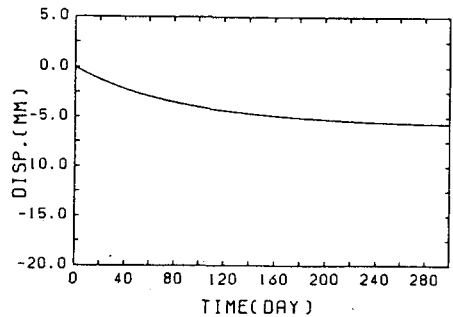


図6 節点変位34の変化(ケーブルNo.3:方法1)

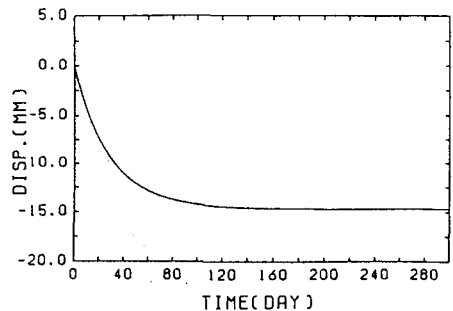


図7 節点変位34の変化(ケーブルNo.3:方法2)