

# 斜張橋ケーブルの施工時の温度変化推定に関する研究

呉工業高等専門学校 正会員 河村進一  
呉工業高等専門学校 学生会員 ○原垣内章弘

## 1. はじめに

斜張橋ケーブルは、昼間の施工時ではケーブルの温度が上昇するため、温度による伸びで張力が小さくなる可能性がある。それを避けるためには、施工中のケーブルの温度を計測し張力を補正する必要があるが、通常はダミーケーブルの温度を計測して、ケーブルの代表温度として使用している。しかしこの方法の場合、現場組み立て型ケーブルでは順次架設していく1本1本のストランドの温度変化を表現することができない。そこで本研究では、実験的にストランドの温度推定式を決定する。

## 2. ケーブルの熱伝導

ストランドの温度を  $u$ 、室温を  $u_a$ 、熱が通過する断面積を  $S$ 、熱伝導率を  $k$  とし、ストランドは均質な物質でできているとする。ストランドの比熱を  $c$  とし、ストランドの質量を  $m$  とすると、以下の微分方程式で表される。

$$\frac{du}{dt} = -\frac{Q}{cm} = -\frac{kS}{cm}(u - u_a) \quad (1)$$

ここで、 $u_0$  を  $t=0$  でのストランド温度とすると、次式のように  $u$  は  $t$  の指数関数で表すことができる。

$$u = (u_0 - u_a)e^{-\frac{ks}{cm}t} + u_a \quad (2)$$

## 3. ストランドの温度測定実験

### 3.1 計測方法

本研究では図-1 に示すストランドを対象とする。図-2 のような計測機器を接続し、ストランドの温度上昇を計測する。温度差、ストランド間隔等の条件を変え、計 6 種類の計測を行った。日射による温度上昇を避けるため室内で計測を行った。また、ストランド軸方向の熱移動を拘束するため、保護管両端は発泡スチロールで塞いだ。

### 3.2 計測結果

図-3 に Case1 の計測結果を示す。低温のストランドは温度が上昇し、保護管内の温度に近づいていく。その変化は、(2) 式の指数関数で表現できる形になっている。

各 Case の計測結果を統一化するため、以下の計算式によって計算した温度上昇率  $T$  を比較する。

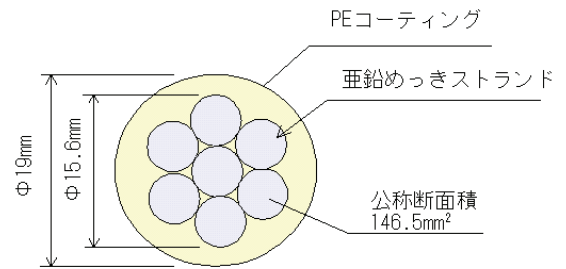


図-1 ストランド断面図

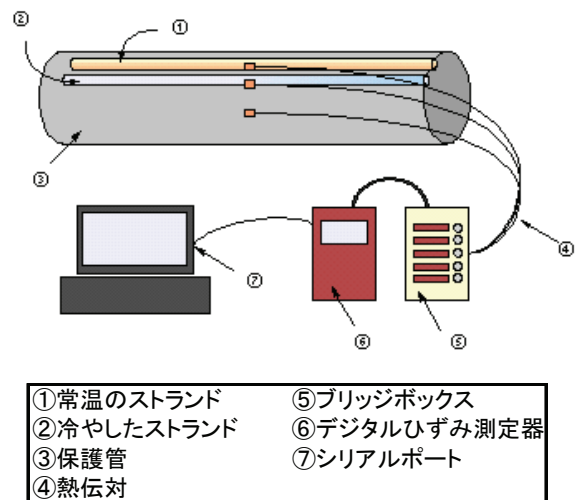


図-2 計測装置接続図

表-1 計測条件

|       |                     |
|-------|---------------------|
| Case1 | 温度差21℃、ストランド2本密着    |
| Case2 | 温度差21℃、ストランド間距離1cm  |
| Case3 | 温度差21℃、ストランド間距離3cm  |
| Case4 | 温度差21℃、ストランド間距離5cm  |
| Case5 | 温度差21℃、3本先に入れ4本目を密着 |
| Case6 | 温度差28℃、ストランド2本密着    |

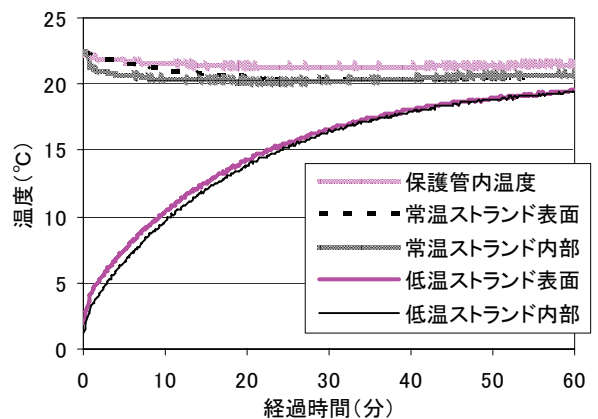


図-3 Case1 の計測結果

$$T = \frac{u - u_0}{u_{a0} - u_0} \quad (3)$$

ここで、 $u_{a0}$ は $t=0$ の保護管内の温度とする。

図-4 に上式で算出した Case1～4 の温度上昇率と経過時間の関係を示す。どのケースもほぼ同じ曲線を描いていることから、ストランドが密着していても、そうでない場合も、ストランドの温度上昇率に影響はないといえる。この理由としては、今回用いたストランドは表面にポリエチレン被覆が施されているため、熱伝導率が鋼材の約 1/100 のポリエチレンが断熱材の役割をしていると考えられる。

次に、図-5 に Case1, 5, 6 の温度上昇率と経過時間の関係を示す。どの曲線もほぼ等しいことから、先に入れるストランド本数や、ストランドと保護管内の温度差が変化しても温度上昇率曲線は変化しないといえる。

### 3.3 ストランドの温度推定式のパラメータ同定

各Caseの温度上昇率  $T$  から以下に定義する温度変化率  $T'$  を求め、その平均値を指数関数の形で近似し、曲線のパラメータを決定する。

$$T' = 1 - T = 1 - \frac{u - u_0}{u_{a0} - u_0} \quad (4)$$

ストランド1本の緊張作業に要する10分間で最も正確に近似できた2-12分の近似曲線のパラメータを用い、温度推定式のパラメータを決定した。

$$T' = e^{-0.0463t} \quad (5)$$

このパラメータを式(3)に代入すると、次式を得る。

$$u = u_0 + (u_{a0} - u_0)(1 - e^{-0.0463t}) \quad (6)$$

## 4. ストランド温度の推定

Case1～6 は日光を当てず、室内の温度が一定という条件の下で行ったが、実際の施工中は直射日光の影響で保護管内の温度は常に変化している。そこで、日光の当たる状態でストランド温度を計測し、推定式による結果と比較する。

図-6 に計測結果と(6)式から算出した推定結果を示す。開始から1時間後には2℃程度の誤差はあるものの、開始10分間では誤差1℃以内でほぼ正確に推定できている。

## 5. まとめ

本研究では、実験的にストランドの温度推定式を決定し、10分間ではほぼ正確に温度を推定できることを確認した。また、今後は施工時と同じ条件で計測し、計測結果と推定式による結果を比較・検討し、自動緊張システムへ取り込む予定である。

## 参考文献

- 1) 横堀進、久我修：基礎伝熱工学、丸善株式会社、pp. 29-33、1960.
- 2) 長谷川鏞一、押尾祐三、他3名：吊橋ケーブルの温度測定実験、橋梁と基礎、pp. 42-47、1975. 10.

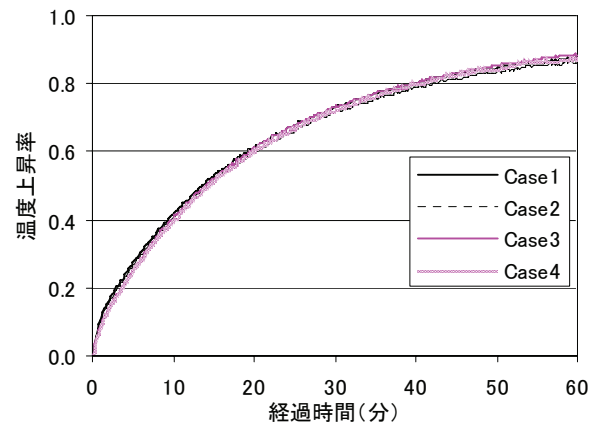


図-4 Case1～4 の温度上昇率

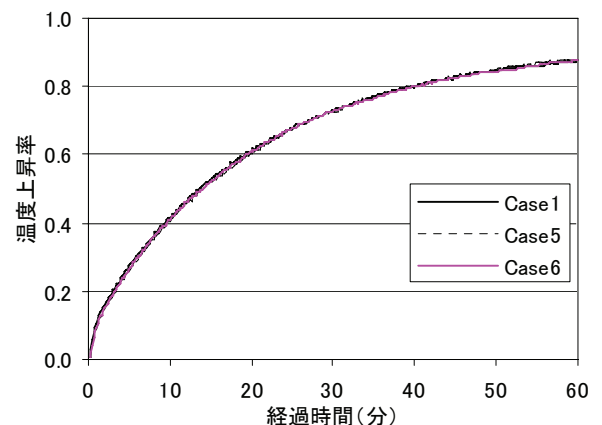


図-5 Case1, 5, 6 の温度上昇率

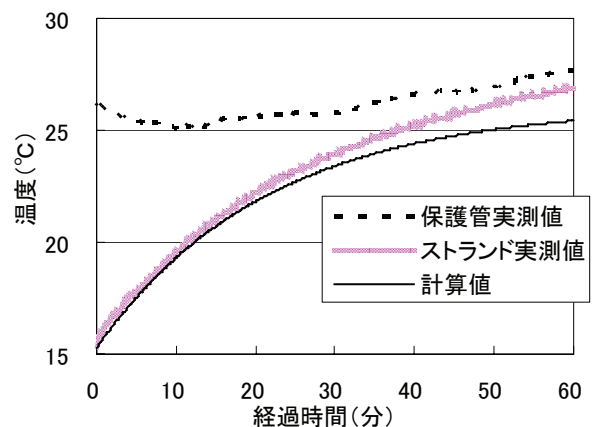


図-6 計測結果と計算結果の比較