

明石海峡大橋の温度変化によるケーブル張力について

大同工業大学 正員 事口 寿男

大同工業大学 学生員 ○高樋由美子

【1】 まえがき

本州四国連絡道路として建設中の”神戸・鳴門ルート”の明石海峡大橋は、神戸市垂水区舞子と淡路島側の津名郡淡路島町松帆との間に架かる橋長3,910m、中央支間長1,990mの3径間2ヒンジ補剛トラス吊橋で、供用開始予定は、現地工事着手後、約10年(1998年)である。明石海峡大橋のケーブルは直径1.122mで、直径5.23mmの高強度亜鉛めっき鋼線を36,830本束ねたものであり、プレハブパワラレルワイヤストランド工法(PS工法)により架設される。高強度亜鉛めっき鋼線は従来の160kg/mm²の強度のものから、世界で初めて180kgf/mm²の物が使用される。この研究では、主として温度変化によるケーブル張力を、明石海峡大橋の実際に近い断面諸量を用いて、①死荷重強度のみ載荷した時、②死・活荷重強度を載荷した時、および③活荷重強度のみ載荷した時の温度による活荷重ケーブル張力の変化を求めることを主とし、また補剛桁のたわみ、曲げモーメントの挙動について考察する。さらにケーブルの安全性について検討する。

【2】 基礎方程式¹⁾

図-1に示す吊橋補剛桁のたわみ η に関する基礎方程式は次式で与えられる。

$$EI \frac{d^4 \eta}{dX^4} - (H_w + H_p) \frac{d^2 \eta}{dX^2} = q(X) - \frac{1}{R} H_p \dots (1)$$

ここに、 η ：補剛桁のたわみ、 $R=H_w/W$ ：スパン中央におけるケーブルの曲率半径、 EI ：補剛桁の曲げ剛度、 $q(X)$ ：分布活荷重強度、 W ：死荷重強度、 H_w ：死荷重によるケーブル水平張力、 H_p ：活荷重によるケーブル水平張力、またケーブル方程式は、

$$H_p \frac{L_R}{E_s A_s} + \alpha_s t L_t - \frac{1}{R} \int_0^L \eta dX = 0 \dots (2)$$

$$L_R = \int_{L_A}^L \sec^3 \phi dX, \quad L_T = \int_{L_A}^L \sec \phi dX \dots (3)$$

ここに、 L ：補剛桁の全長($=L_1+L_2+L_3$)、 L_A ：ケーブルアンカー間の距離、 $E_s A_s$ ：ケーブルの伸び剛度、 $\alpha_s t$ ：ケーブルの温度変化 t によるひずみ(α_s =線膨張係数)、 ϕ ：ケーブルの任意点 X の傾斜角、なお数値解析は、伝達マトリックス法で行った²⁾。

【3】 解析結果と考察

表-1に、明石海峡大橋³⁾の断面諸量を示す。これらの断面諸量は(1)～(3)で解析できるよう計算したものである。図-2は、温度変化を考慮した場合の活荷重によるケーブル張力を表したものである。図中に例として $t=-25, 0, 25^\circ\text{C}$ における活

表-1 明石海峡大橋の断面諸量

	明石海峡大橋
補剛桁の E	$2.1 \times 10^4 \text{ (t/m}^2\text{)}$
ケーブルの E_s	$2.0 \times 10^7 \text{ (t/m}^2\text{)}$
塔の E_c	$2.1 \times 10^7 \text{ (t/m}^2\text{)}$
ケーブルの h_c	4.0(m)
スパン	960, 1990, 960(m)
サグ F	44, 930, 6, 294, 44, 930(m)
塔長間勾配 β	0.2443, 0, 0.2443(rad)
線膨張係数 α_t	0.12×10^{-4}
温度 T	$\pm 35^\circ\text{C}$
死荷重強度 W_0	20(t/m)
断面2次モーメント	22(m ⁴)
集中荷重 P	42(t)
等分布荷重 Q	3(t/m)

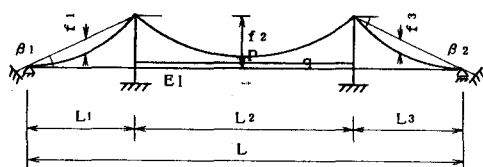


図-1 明石海峡大橋の諸元

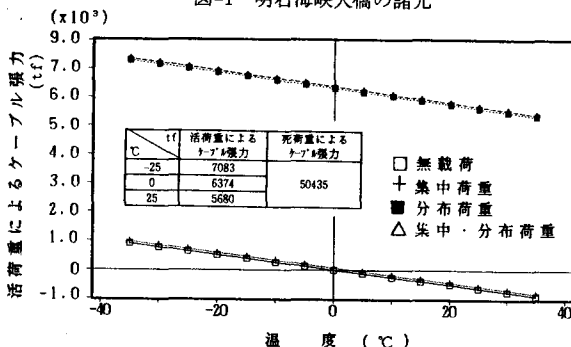


図-2 温度変化による活荷重ケーブル張力

荷重載荷時のケーブル張力、および死荷重のみのケーブル張力を示した。活荷重載荷時のケーブル張力と全ケーブル張力との割合は、 $t=-25^{\circ}\text{C}$ で12.3%、 $t=0^{\circ}\text{C}$ で11.2%、 $t=25^{\circ}\text{C}$ で10.1%であり、活荷重はケーブル張力にあまり影響しないことが判る。図-3は、温度変化を考慮した活荷重によるケーブル張力差を、 $t=0^{\circ}\text{C}$ を基準として示したものである。温度変化によるケーブル張力の変化は、ほぼ比例することが判る。しかし例として集中・分布荷重載荷時の張力差は $t=-35\sim 0^{\circ}\text{C}$ で967.61tf、 $t=0\sim 35^{\circ}\text{C}$ で995.8tfであり必ずしも線形にならない。さらに無載荷状態と活荷重載荷状態との値が余り変わらないことより活荷重によるケーブル張力は、温度による影響が大きいと言える。図-4は、温度変化を考慮した場合のスパン中央における活荷重によるたわみを、 $t=0^{\circ}\text{C}$ を基準として表したものである。この図よりたわみは、活荷重の影響をほとんど受けないことが判る。また温度変化によるたわみ値もほぼ比例する。 $t=0\sim 35^{\circ}\text{C}$ で約3mmものたわみが生じている。図-5は、温度が $t=-25, 0, 25^{\circ}\text{C}$ において活荷重載荷時のたわみを表したものである。この図より温度が高いほどたわみが大きくなることがわかる。図-6は、温度が $t=-25, 0, 25^{\circ}\text{C}$ において活荷重載荷時の曲げモーメントを表したものである。支点において曲げモーメントが大きくなっているので、設計の際注意する必要があるように思われる。以上の計算よりケーブル強さは引張強度に対し、約9~10倍の安全性があることが判った。

/参考文献

- 1) 訳: 橋善雄, 鋼橋の理論と計算, 山海堂
- 2) 中井, 事口, 伝達マトリックス法による鋼橋の解析, 森北出版
- 3) 明石海峡大橋, 本州四国連絡公団
- 4) 中井, 野口, 伝達マトリックス法による吊橋の構造解析, 土木学会論文報告集

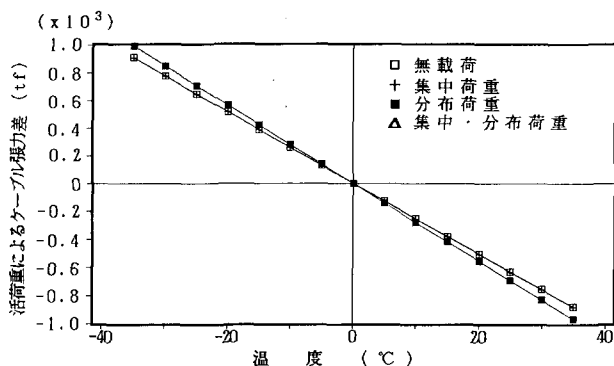


図-3 温度変化による活荷重ケーブル張力差

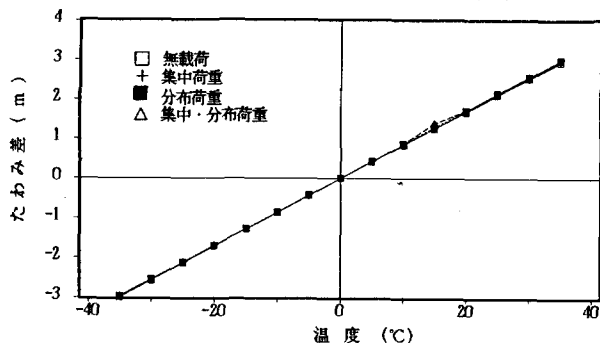


図-4 温度変化によるたわみ差

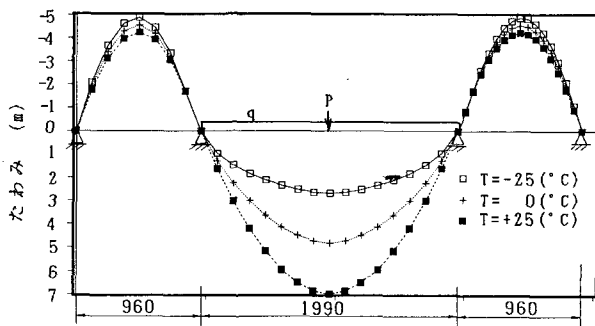


図-5 $t=-25, 0, 25^{\circ}\text{C}$ におけるたわみ

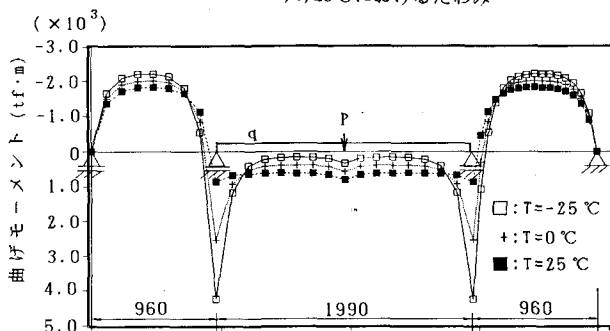


図-6 $t=-25, 0, 25^{\circ}\text{C}$ における曲げモーメント