

大阪大学工学部 正員 西村宜男
大阪大学工学部 正員 小松定夫

1. まえがき

吊橋の形状管理・品質管理に関連して、補剛トラスの部材長誤差の影響を理論的に解析し、その程度を掌握しておくことは実際的な問題である。^{1), 2)} 最近では工期短縮等の理由で立体ブロックによる逐次剛結工法が採用される傾向にあり、このような場合には部材長誤差は鉛直面内の平面的変形のみでなく立体的な変形に対しても同等の影響を持つものと思われる。そこで本研究では文献3)のマトリックス変形法による吊橋立体解析プログラムを用いて、吊構造部材長誤差の変形および吊構造部材力に与える影響を検討した。なお文献1)によれば単一部材の部材長誤差特性は、誤差は正規分布し、平均値が0、標準偏差が1mm程度であると報告されている。そこで本研究においてもこの数値を採用した。

2. 部材長誤差のモード化

吊構造の部材としては、弦材・斜材および横構斜材を対象とする。変形法により部材長誤差の影響を解析する際には、部材長誤差に相当する付加力を着目部材の両端に作用させるが、この付加力をモード分解し、その各々について影響を調べる。

(1) 弦材: 吊構造は4本の弦材を含んだ直方体ユニットで構成されるが、その内の1本に Δ 入る部材長誤差が含まれる場合、誤差部材の両端節点に部材軸方向に次式で与えられる付加力 F^c を作用させる。

$$F^c = \Delta \lambda EA_c / \lambda \cdots \cdots (1) \quad \text{こゝに} \lambda: \text{弦材長}, A_c: \text{弦材断面積}$$

このときの部材力が部材長誤差の影響であるが、誤差部材については部材力と F^c の差が Δ による真の部材力である。付加力 F^c は図1-aの如く4つの一般にモードに分解できる。このうち伸び型モードと鉛直曲げモードは吊橋の鉛直面内変形を引起し、残りの水平曲げモードおよびそり型モードは面外変形を引起す。

(2) 斜材: 吊構造の1ユニットに含まれる2本の斜材の内の1本に Δd なる部材長誤差が存在する場合を考える。付加力 F^d を鉛直成分と水平成分とに分解すると

$$V^d = \Delta d EA_d h / d^2, \quad H^d = \Delta d EA_d \lambda / d^2 \cdots \cdots (2) \quad \text{こゝに}$$

d : 斜材長, A_d : 斜材断面積, h : トラス高

V^d, H^d も図1-bに示すように鉛直曲げせん断型モードとそりねじり型モードとに分解される。後者によって面外変形が生ずる。

(3) 横構斜材: 横構に関してはその構面内吸収される誤差成分は省いて考える。図1-cの付加力 F^b を水平曲げせん断型モードとそりねじり型モードとに分解できるが、両者ともに面外変形を引起す。

$$H^b = \sqrt{2} EA_b \lambda / 2 r^2, \quad Q^b = \sqrt{2} EA_b b / 4 r^2 \cdots \cdots (3)$$

こゝに r : 横構斜材長, b : トラス幅, A_b : 横構斜材断面積。

3. 部材長誤差の影響

計算モデルの吊橋は3径直連続補剛トラスを有し、

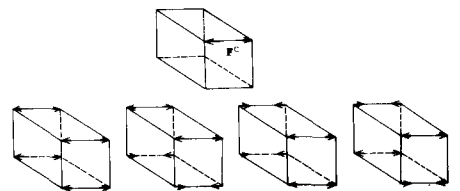


図1-a 弦材長誤差に対する付加力 F^c のモード分解

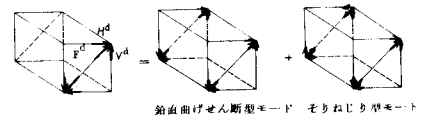


図1-b 主構斜材長誤差に対する付加力 F^d のモード分解

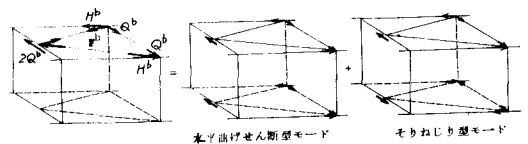


図1-c 横構斜材長誤差に対する付加力 F^b のモード分解

図-1 部材長誤差のモード分解

その主要諸元は以下の通りである。

スパン長: $260^m + 1,100^m + 260^m$;

ゲージルサ:

100^m , $\lambda: 13^m$, $h: 13^m$, $b: 32^m$, $A_c: 0.122^m^2$, $A_4: 0.0668^m^2$, $A_b: 0.0373^m^2$ ゲージル伸び剛性

図2 ~ 図5に弦材、斜材、および横構斜材長誤差をそれぞれ全橋にわたって考慮したときの、各部材力のスパン方向分布(標準偏差の3倍の値: 3σ)を示している。弦材長誤差のうちではそり型モードの影響が最も大きい。続いて、影響の度合は鉛直曲げ型モード、水平曲げ型モードと小さくなり、伸縮型モードはほとんど部材力に影響を与えない。斜材長誤差についても立体変形を生ずるそりねじり型モードの影響が大きい。(図-4) また主構斜材長誤差による横構斜材力および横構斜材長誤差による主構斜材力は僅少である。

そり型モードやそりねじり型モードによる部材長誤差の影響が部材力に顕著に現われるのは、この誤差モードに対応する吊橋系の剛性が相対的に大きいことを意味している。

以上の部材力を応力にて評価すると、弦材1に対して主構斜材、横構斜材の0.6程度になっている。しかし、弦材には高張力鋼が使用されること、また斜材の細長比は弦材に比べて大きいことを考慮すると、許容応力度に対する部材強度応力度の比率は、各部材とも同程度になっている。詳細は当日申し上げる。

一方、弦材長誤差による補剛トラスの鉛直変位に対しては鉛直曲げ型モードの影響が卓越している。部材力に対して最も大きな影響を与えるそり型モードの補剛トラス変位を与える量は僅少である。したがって、吊橋の横断面傾斜に対しては弦材長誤差の影響はほとんど現われない。伸び型モードおよび水平曲げ型モードによる補剛トラスの鉛直変位も僅少である。また斜材長誤差による補剛トラスの鉛直変位に対しては2つのモードが同程度の影響を与える。しかし弦材長誤差の影響に比べると、小さい変形量である。

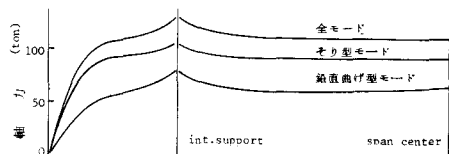
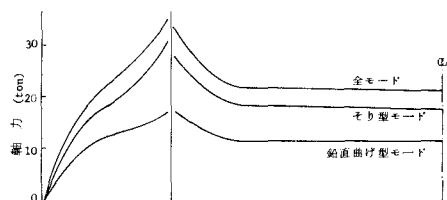
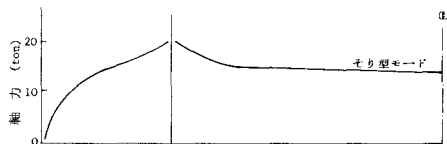


図2 弦材長誤差 (3σ) による弦材力の絶対値

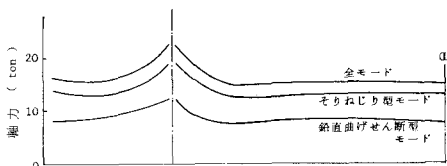


主構斜材力

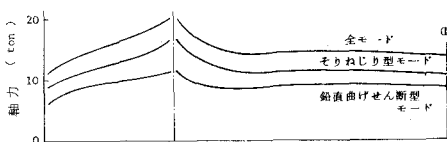


横構斜材力

図3 弦材長誤差 (3σ) による部材力

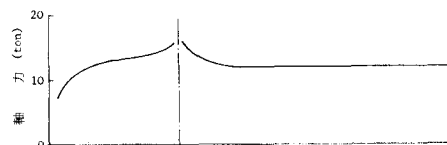


弦材力

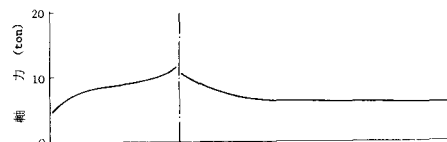


主構斜材力

図4 主構斜材長誤差 (3σ) による部材力



弦材力



横構斜材力

図5 横構斜材長誤差 (3σ) による補剛トラス部材力の絶対値

参考文献: 1) 長谷川、原田: 補剛トラスの部材長誤差による吊橋の変位・応力について、土木学会論文報告集 No. 229, 1974, 2) 大庭、北原、山本: 吊橋における製作施工誤差の断面力への影響、住友重機技報, Vol. 24, No. 70, 1976, 3) 小松、西村、中川: ブロッグ変形法による吊橋の立体解析、土木学会論文報告集 (投稿中)