

(株) 神戸製鋼所	正員	岡田 勝
(株) 神戸製鋼所	正員	中西 宏
(株) 神戸製鋼所	正員	波田 凱夫

1. まえがき

本報は、塔の剛性を考慮した多径間キャットワークの略算大変形解析法について述べるものである。すでに著者らは、塔が剛であり、キャットワークの各ローフ端部が拘束されていると仮定した場合の略算大変形解析法について報告している。文献1)では、風荷重が作用した場合、文献2)では、鉛直方向に等分布荷重が載荷された場合および温度変化があった場合について解析している。文献3)では、これらの結果を模型実験により検証しており、文献1)2)の解析法の精度は充分であることをたしかめている。また、上記手法によれば計算時間は厳密な大変形解析と比較して大幅に短縮され、キャットワークの変形解析として充分実用性があると考えられる。本報は、これらの所論を多径間キャットワークに適用するもので、塔の左右のローフ張力差による塔の変形をも考慮している。計算結果を厳密解と比較し、実用上充分の精度を有することを検証している。

2. 解析方法

文献1)2)に示した計算法では、キャットワークローフおよびストームローフの鉛直変位および水平変位はそれぞれ等しく、その変形曲線は立方線であると仮定し、鉛直および水平方向のつり合い式および各ローフの張

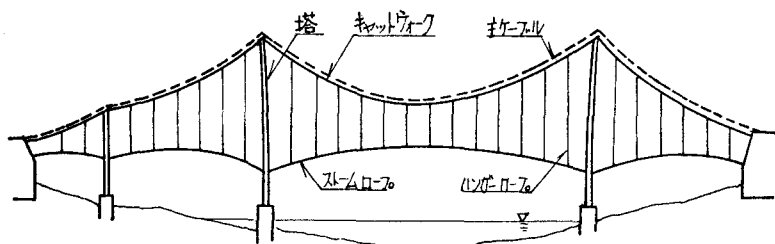


図1 多径間キャットワーク

力と変形の関係式を導いている。本報においては、各径間について上述の関係式をたて、さらに、塔の左右における各ローフの水平張力差と塔の変形の関係式を導き、これらの式を解くことにより、温度変化、横載荷重および風荷重作用時における各ローフの張力、鉛直および水平の各変位、さらに、各ローフ取り付け位置における塔の変位を求めるものである。なお、本文で用いた記号は次のとおりである。

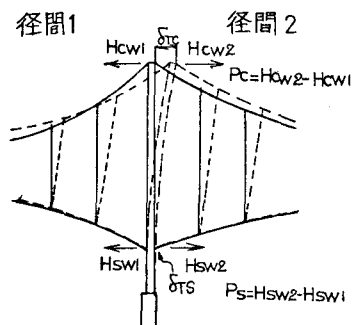


図2 塔の変位とローフ張力の関係

A: ローフ断面積 E: 弾性係数 H_w : 荷重時 水平張力 δ_v : 鉛直変位
 δ_h : 水平変位 δ_t : 塔の変位 f : サグ l : スパン
 S : 塔変位後のスパン W : ローフ自重 W_f : 床組重量 W_p : プレストレス
 W_w : 風荷重 W_c : 横載荷重 l_t : 塔のローフ取り付け高 I : 断面2次モーメント
 θ : 径間中央部での傾斜 ΔT : 温度変化 ϵ : 熱線膨張率

なお、添字Cはキャットワークローフに関するもの、添字Sはストームローフに関するものを表わす。

図3は、塔の変形と張力の関係を表わしたものである。塔を片持梁とし、重ね合せの原理を適用すると各ローフ取り付け位置における変位は次の式で表わされる。

$$\delta_{tc} = \frac{P_c l_{tc}^3}{3EI} + P_s \frac{l_{tc}^3}{6EI} \left(\frac{l_{ts}}{l_{tc}} \right)^2 \left(3 - \frac{l_{ts}}{l_{tc}} \right)$$

$$\delta_{ts} = \frac{P_c l_{tc}^3}{6EI} \left(\frac{l_{ts}}{l_{tc}} \right)^2 \left(3 - \frac{l_{tc}}{l_{ts}} \right) + P_s \frac{l_{tc}^3}{3EI} \left(\frac{l_{ts}}{l_{tc}} \right)^3$$

今、解析しようとするモデルがN径間を有するすると、次の6N-2式が成立する。

$$8\delta_{yn} \left(\frac{H_{cn}}{S_{cn}^2} + \frac{H_{sn}}{S_{sn}^2} \right) = W_{cn} + W_{sn} + W_{yn} + W_{ln} - \frac{8f_{cn}}{l_{cn}} H_{cn} + \frac{8f_{sn}}{l_{sn}} H_{sn}$$

$$8\delta_{ln} \left(\frac{H_{cn}}{S_{cn}^2} + \frac{H_{sn}}{S_{sn}^2} \right) = W_{ln}$$

$$H_{cn} = \frac{(W_{cn} + W_{sn} + W_{yn} + W_{ln}) l_{cn}}{8f_{cn}} + E_{cn} A_{cn} \left\{ Q_n + \frac{S_{cn} - l_{cn}}{l_{cn}} (1 + Q_n) - \Delta \varepsilon \right\}$$

$$H_{sn} = \frac{W_{sn} l_{sn}}{8f_{sn}} + E_{sn} A_{sn} \left\{ R_n + \frac{S_{sn} - l_{sn}}{l_{sn}} (1 + R_n) - \Delta \varepsilon \right\}$$

$$\begin{aligned} Q_n &= \left\{ \frac{(f_{cn} + \delta_{yn})^2 + \delta_{ln}^2}{S_{cn}^2} - \left(\frac{f_{cn}}{l_{cn}} \right)^2 \right\} / \left\{ \frac{3}{8} \sec^4 \theta_n + \left(\frac{f_{cn}}{l_{cn}} \right)^2 \right\} \\ R_n &= \left\{ \frac{(f_{sn} - \delta_{ln})^2 + \delta_{ln}^2}{S_{sn}^2} - \left(\frac{f_{sn}}{l_{sn}} \right)^2 \right\} / \left\{ \frac{3}{8} \sec^4 \theta_n + \left(\frac{f_{sn}}{l_{sn}} \right)^2 \right\} \end{aligned}$$

(n = 1 ~ N)

$$\delta_{TCn} = P_{cn} \frac{l_{TCn}^3}{3E_{cn}I_{cn}} + P_{sn} \frac{l_{TCn}^3}{6E_{sn}I_{sn}} \left(\frac{l_{TCn}}{l_{sn}} \right)^2 \left(3 - \frac{l_{TCn}}{l_{sn}} \right)$$

$$\delta_{TSn} = P_{cn} \frac{l_{TCn}^3}{6E_{cn}I_{cn}} \left(\frac{l_{TCn}}{l_{sn}} \right)^2 \left(3 - \frac{l_{TCn}}{l_{sn}} \right) + P_{sn} \frac{l_{TCn}^3}{3E_{sn}I_{sn}} \left(\frac{l_{TCn}}{l_{sn}} \right)$$

(n = 1 ~ N-1)

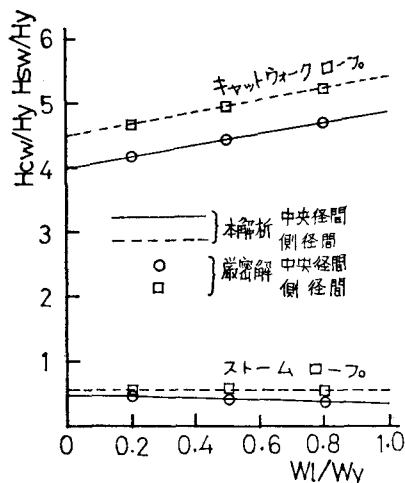


図3 等分布積載荷重と各ロープ張力

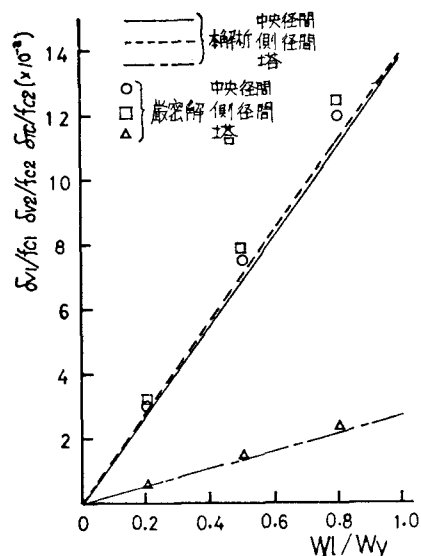


図4 等分布積載荷重と各変位

各径間ごとに単径間で解析した結果を初期値にして、Newton-Raphson 法により解を得ることができる。

3. 厳密解法による検証

本解析の精度を検証するため、中央径間スパン2000m、サグ200m、側径間スパン1000m、サグ56mの3径間片桁キャットウォークについて、マトリックス変形法を用いた大変形解析²⁾と本解析の両者を比較した。なお、このモデルの無次元パラメータは表1の通りである。図3および図4は、その結果を示したものである。図3は、全径間にわたって載荷された等分布荷重と各ロープの水平張力との関係を表わしたものであり、本解析と厳密解はよく一致していることがわかる。図4は、図3と同様、等分布荷重と各径間の鉛直変位および塔頂変位の関係を表わしている。各変位については、厳密解析値より小さく、その誤差は各変位の1/10程度であり、荷重の大きさにともない増大する傾向にある。

表1 無次元パラメータ

	f_c/l_c	f_g/l_g	l_g/l_c	$(W_c+W_g)/W_t$	W_p/W_t	$E_c A_c/H_t$	$E_s A_s/H_t$	$\frac{1}{8} \sec^4 \theta_c + f_c^2/l_c^2$	$\frac{1}{8} \sec^4 \theta_s + f_g^2/l_g^2$
中央径間	0.1	0.5	1.0	2.75	0.25	1446	526	0.385	0.378
側径間	0.056	0.622	1.0	3.15	0.35	2210	315	0.350	0.376

$$H_{y側}/H_{y中} = 0.889 \quad f_{c側}/f_{c中} = 0.281 \quad 3EI f_c / (l_p^2 H_t) = 14.986 \quad l_{rc}/l_{rc} = 0.114$$

4. 参考文献

- 1) 渡田, 中西, 岡田: 長径間キャットウォークシステムの性状
- 2) 渡田, 中西, 岡田: 吊橋の静的力学特性について
- 3) 渡田, 中西, 岡田: 平面ケーブル構造の面外挙動に関する実験的研究
- 4) 新倉, 渡田, 大谷: つり橋の立体大変形解析

- 土木学会第28回年次学術講演会 I 191 1973
土木学会第29回年次学術講演会 I 189 1974
土木学会関西支部昭和49年度年次学術講演会 I 27 1974
神戸製鋼所技報 R & D VOL.25 NO.1 1975