

正置

波田凱夫

 $\mathbb{Z}$

中西宏

 γ

⚡

○ 困 田 勝

1. 目的

構造物の設計一般においては、実施設計に先立って、所定の荷重に対するその構造物の挙動を概略把握することは当然必要である。しかし、デュアルタイプ吊橋やギヤットウォーク等のケースル構造では、これを経験的に把握することはなほだ困難で設計の根拠となるものがなく、試行錯誤的な設計法がとられている。そこで、本報はすでに発表した面外変形性状を把握する略算式⁽⁴⁾および検証実験の概要⁽⁵⁾にひきつづき鉛直方向の積載荷重および温度変化を受けるデュアルタイプ吊橋の挙動について容易にこれを推定し得る解析を述べるものである。また、構造特性、荷重、構造物の挙動相互の関係についても一般的に報告する。上記手法によって得られる理論値についてはモデル実験および大変形解析により検証を行なった。

2. 式の誘導

デュアルタイフ吊橋一連について図1のごとくモデル化して扱う。また記号を次のように定義する。すなわち、 δ は変位、 H は張力、 W は荷重をあらわし、添字 C はメインロープ、 S はストロムロープ、 Q は鉛直等分布荷重、温度変化、載荷時をあらわす。

鉛直等分布荷重および温度変化載荷時の構造系全体のつり合い式は、次のようになる。

$$-H_{cc}(\mathcal{Y}_c'' + \delta_{cy}'') = W_c + W_{ce} + W_{he} \quad (\text{メイソロ-フ}) \quad (1)$$

$$-H_{sv}(y_s'' + \delta_{sv}'') = -W_{he} + W_s \quad (\text{ストローク} - J_0) \quad (2)$$

ここで、 W_h, W_{hl} はそれぞれハンガーローフ、張力の増時および載荷時の等分布鉛直方向成分を表わす。 $Y_c'' = -(W_c + W_h)/H_c$, $Y_s'' = (W_h - W_s)/H_s$ を表わす。

また、本報はケーブルの全長を $l(1 + \frac{8}{3}n^2)$ とし、載荷時の水平張力を次式であらわすものとする。

$$H_{ce} = H_c + \frac{8}{3} E_c A_c (n_c^2 - n_0^2) / (1 + \frac{8}{3} n_c^2) - E_c A_c \Delta T \varepsilon \quad (3)$$

$$H_{sl} = H_s + \frac{8}{3} E_s A_s (n_s^2 - n_s^2) / (1 + \frac{8}{3} n_s^2) - E_s A_s \Delta T \quad (4)$$

ここで、 n は常時のサグ比、 n' は載荷時のサグ比、 ΔT は温度変化、 ε は線膨張係数である。

A, B をメインおよびストームロープの支間中央の変位とすると

$$n_c^2 = (f_c + A)^2 / \ell^2 = (f_c / \ell)^2 + (2f_c A + A^2) / \ell^2 \quad (5)$$

$$r_s^2 = (f_s - B)^2 / \ell^2 = (f_s / \ell)^2 + (B^2 - 2f_s B) / \ell^2 \quad (6)$$

さらに、変形を放物線と仮定し、 $f' = \frac{W_C + W_S}{8Hc} l^2$, $f'' = \frac{Wl}{8Hc} l^2$ とし、表1に示す無次元量を導入すると式(3)、(4)は

$$A = B = f_c(a+b-d+\beta rC)/(d+\beta r) \quad (7)$$

$$\alpha = P_1 + K_1 \{ (A/f_c)^2 + 2(A/f_c) \} \quad (8)$$

$$\beta = P_2 + K_2 \{ (B/\xi_s)^2 - 2(B/\xi_s) \} \quad (9)$$

となる。ここで、本解法は、各ロープの水平張力の概算値を得ることを目

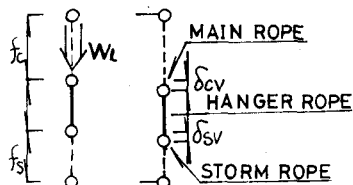


図1 ティアルタイ吊橋のモデル化

表1 無次元パラメータ

K ₁	$\frac{8 E_c A_c}{3 H_c} \frac{n_c^2}{(1+n_c^2)}$	k ₂	$\frac{8 E_s A_s}{3 H_s} \frac{n_s^2}{(1+n_s^2)}$
R	$\frac{K_2}{K_1} \frac{n}{c^2}$	b	f''/f_c
C	f_s/f_c	α	H_d/H_c
β	H_{sl}/H_s	γ	H_s/H_c

表2 式(10), (11) の係数

- Q 1-CR
- Q 2 $3(1+2\sqrt{2})\pi \text{ e-T/8/m}$
- Q 3 $3(1+2\sqrt{2})\pi \text{ e-T/8/m}$
- Q 4 $1-\frac{1}{2}K$
- Q 5 $1-\frac{1}{2}K$
- Q 6 $P_K + P_C \gamma_K + 2C + 2$
- Q 7 $\frac{P_K}{K} + \frac{C}{K} + K$
- Q 8 $\frac{1}{2}(\frac{1}{K} + \frac{1}{C}) + (\frac{1}{K} + \frac{1}{C})^2$
- Q 9 $2\frac{1}{2}P_K/K - P_C/K + 2C(1+1/K)$
- Q 10 $C^2 + 4C^2 \gamma_K/K + K$
- Q 11 $0.25K(G(G+C)/G - (G+C)/G^2)$
- Q 12 $0.25K(G(G - (G+C)/G^2))$
- Q 13 $0.5K(1 - (G+C)/G - G)$
- Q 14 $0.5K(1 - (G - C))$
- Q 15 $D + A +$
- Q 16 $D - A - b$
- Q 17 $D - A - b$
- Q 18 $D - A$
- Q 19 $D - A$
- Q 20 C^2
- Q 21 $2C^2 - C^2P_R - K\delta P - 2C\delta P_K$
- Q 22 $C(2D + D^2) - 2C\delta C\delta P - 2C\delta C\delta P_K - 4C\delta K\delta$
- Q 23 $C(2D + D^2) - 2C\delta C\delta P - 2C\delta C\delta P_K - 4C\delta K\delta$
- Q 24 $C(2D + D^2) - 2C\delta C\delta P - 2C\delta C\delta P_K - 4C\delta K\delta$
- Q 25 $C(2D + D^2) - 2C\delta C\delta P - 2C\delta C\delta P_K - 4C\delta K\delta$
- Q 26 $C(2D + D^2) - 2C\delta C\delta P - 2C\delta C\delta P_K - 4C\delta K\delta$
- Q 27 $C(2D + D^2) - 2C\delta C\delta P - 2C\delta C\delta P_K - 4C\delta K\delta$
- Q 28 $C(2D + D^2) - 2C\delta C\delta P - 2C\delta C\delta P_K - 4C\delta K\delta$
- Q 29 $C(2D + D^2) - 2C\delta C\delta P - 2C\delta C\delta P_K - 4C\delta K\delta$
- Q 30 $C(2D + D^2) - 2C\delta C\delta P - 2C\delta C\delta P_K - 4C\delta K\delta$

的とするため $A=B$ なる仮定をもうけている。式(7),(8)および(9)より

$$\alpha = D_1\beta^3 + D_2\beta^2 + D_3\beta + D_4 \quad (10)$$

$$F_1\beta^7 + F_2\beta^6 + F_3\beta^5 + F_4\beta^4 + F_5\beta^3 + F_6\beta^2 + F_7\beta + F_8 = 0 \quad (11)$$

を得る。式(11)より β を求め、それを式(10)に代入することにより α を求め、式(7)より変位が求められる。なお、各式の係数を表2に示す。

3. デュアルタイム吊橋の力学特性について

デュアルタイム吊橋の等分布鉛直方向荷重および温度変化に対する性状を明らかにするために、表1に示す各無次元パラメータを変化させた。ここで b は等分布鉛直荷重を $(Wc+Wn)$ で除した値であり、鉛直下向きを正とする。また、 α, β はメイン、ストームロープの載荷時と常時の水平張力比である。また、 $\beta \leq 0$ すなわちストームロープ張力が0になった時は、メインロープ1本のみ、すなわちフリーケースルの状態で解析している。図2は等分布鉛直荷重の α, β に及ぼす影響について表わしたものである。図より、 b を正の方向に大きくすると α は大きくなり、 β は小さくなるのが明らかである。また、剛性が小さいと非線形性が顕著になっている。さらに、 $b=0.7$ あたりで $K_1=10, 20$ の β は0になっている。この場合、メインロープの張力増分は、ストームロープの剛性がなくなるので大きくなる。図3は伸の剛性比の α, β に及ぼす影響について表わしたもので、 R を大きくすると β は降下するが α はあまり変化しない。図4は温度変化の α, β に及ぼす影響を表わした図である。温度があれば β は急速に減る傾向にあり、 α にはその傾向は少ない。また、図より α, β に及ぼす温度変化および鉛直荷重両者の影響の相関は少なく、両者の関係はほぼ線形とみることができる。

4. 実験および大変形解析による検証

2.において述べた略算式の検証は、等分布鉛直荷重についてはモデル実験と文献(3)4)の大変形解析により、また、温度変化については大変形解析を用いて行なった。実験は図5に示されるモデルを用いており、モデルの細部は文献(2)で報告したものと同一である。図6および図7は実験値と理論値を比較したもので、●は実験値、○は大変形解析結果、実線は略算式結果である。図6は等分布鉛直方向載荷によるメインロープおよびストームロープの水平張力の変化を示したものである。この結果より、 b の正負とも3者はよく一致しているといえる。また図7は温度変化によるメインロープおよびストームロープの水平張力の変化を示したものである。図より、大変形解析結果と略算式結果とはよく一致している。以上より、この略算式の精度は十分であり、今後キャットウォークおよびデュアルタイム吊橋等の設計において、十分に利用に供し得るものと期待できる。

図6 実験値による検証

参考文献 1) 渡田ら 長径間キャットウォークの性状

2) シ 平面ケースル構造の面外挙動に関する実験的研究

3) 4) シ エネルギー法によるケースル構造の解析(第1報)(第2報)

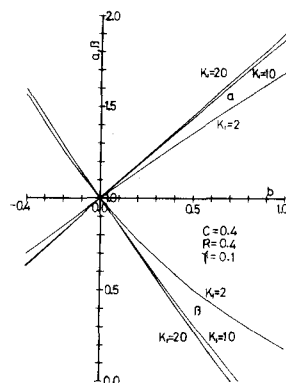


図2 b の α, β に及ぼす影響

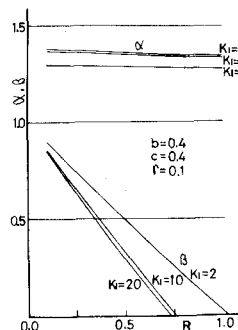


図3 R の α, β に及ぼす影響

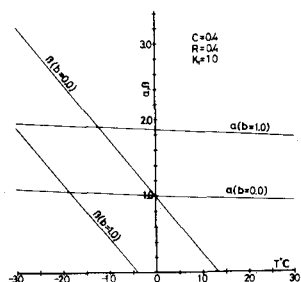


図4 温度変化の α, β に及ぼす影響

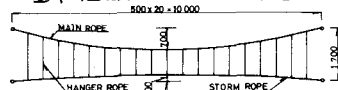


図5 デュアルタイム吊橋 モデル

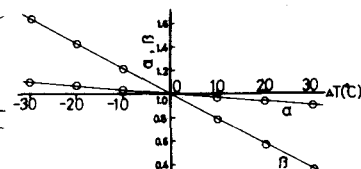
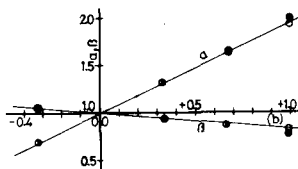


図7 温度変化 検証結果

土木学会

第28回年次学術講演会

西支部昭和44年度

第26回, 第27回