

変断面桁橋の渦励振応答解析について

九州産業大学	学生会員	橋口 貴文	正 会 員	吉村 健
住重試験検査(株)	正 会 員	諸隈 成幸		
住友重機械工業(株)	正 会 員	斉藤 義昭		
九州産業大学	非 会 員	田中 徹	学生会員	野田 伸治

1. まえがき 著者らは先に、S字型平面線形を有する3径間連続複合斜張橋の耐風安定性を検討した¹⁾。本橋は、横断勾配と桁幅が橋軸方向に変化する3次元性の強い構造物であり、3次元弾性模型を用いた風洞実験を実施するのが望ましかった。しかし、測定部断面が1.5m×1.5mの正方形の小型風洞ではその実施が困難なため、ストリップセオリーとモーダルアナリシスによる渦励振応答解析で代用した。更に、解析解の精度についても検討した²⁾。本文はその続報である。

2. 検討手順 変断面桁は、橋軸方向に桁高 D 、桁幅 B および横断勾配 i が変化することで特徴づけられる。検討にあたっては、これら3つの諸元のうち2つを一定に保ち、1つのみ変化させた次の3種の3次元模型を用意した：①桁高変化ロッキング模型(図-1a)、②桁幅変化ロッキング模型(図-1b)および③横断勾配変化タウトストリップ模型(図-2)。①と②におけるテーパ角は、それぞれ1.5°と6.2°であり、2次元ばね支持装置の左右のいずれかの上下運動を拘束した系で実験した。迎角は $\alpha = +4^\circ$ 。一方、③では $i = +2^\circ \sim +8^\circ$ であり、 $i = +6^\circ$ (一定)についても実験した。基準断面として、文献¹⁾に記した $i = +0^\circ$ の箱桁断面(フェアリングなし)を用い、①②では $D/b = 1/3 \sim 1/6$ のように変化させ、 $b/B = 1/2$ と一定にした(b は下フランジ幅)。なお、無次元質量は所要値の約半分であった。

数値解析に用いる非定常揚力(ダンピング)係数 H_1^* は、①②については5つの断面に対する2次元模型実験で自由振動法により求めたし、③については4つの迎角に対する H_1^* を求めた。ここに $H_1^* = -\mu \cdot \delta_d / \pi$ 、 $\mu = M / (\rho_a \cdot B^2 \cdot L)$ は無次元質量、 M は単位長さあたり模型質量、 ρ_a は空気密度、 L は模型スパン長。相隣断面間の H_1^* は線形補間した。上記3次元模型実験値と数値解析解を比較し、解の精度を調べた。

3. 検討結果と考察 コンター図表示した H_1^* の例を図-3に、桁高変化ロッキング模型の実験値と解析値の例をそれぞれ図-4a,bに示す。図中網掛け部分は励振域を表す。また横軸と縦軸は、それぞれ無次元風速 $V_r = V/(f \cdot B)$

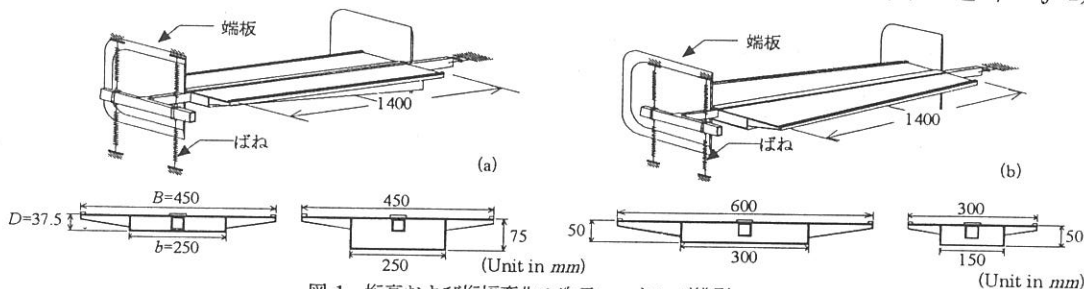


図-1 桁高および桁幅変化3次元ロッキング模型

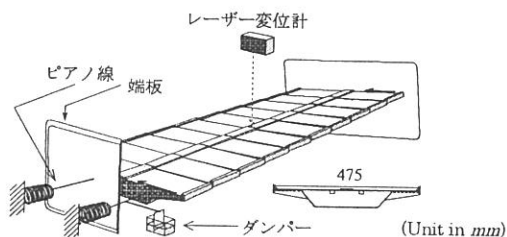
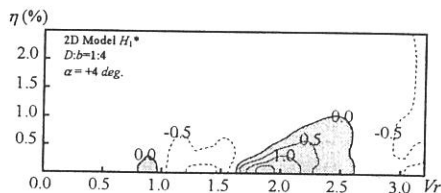


図-2 横断勾配変化3次元タウトストリップ模型

図-3 非定常揚力係数 H_1^* の一例

と無次元振幅 $\eta=y_0/B$ であり, $D/b=1/3$ 側を拘束した場合の結果である. 精度良い解析解が得られることを図は示している. 一方, 桁幅変化ロッキング模型に対する結果の例($D/b=1/3$ 側拘束)は図-5a, 5b にみるとおりであり, テーパ角が過大なために解析解は実験値と著しく異なる. タウト模型に対する結果は図-6a, 6b に示すとおりである. $V_r > 2.5$ では不安定なリミットサイクルが認められ, 精度良い実験値が得られなかったし, 鉛直曲げ 1 次からねじれ 1 次にモードが遷移した. そこでその結果は図示していない. 図示する風速域では比較的良好な解析解が得られているし, 図-7a, 7b に示す $i=+6^\circ \sim +6^\circ$ の系についても, 同程度の精度である.

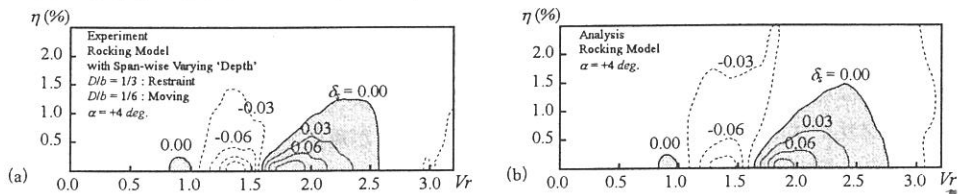


図-4 桁幅変化ロッキング模型の V - A - δa コンター図 (実験値 (a) と解析値 (b))

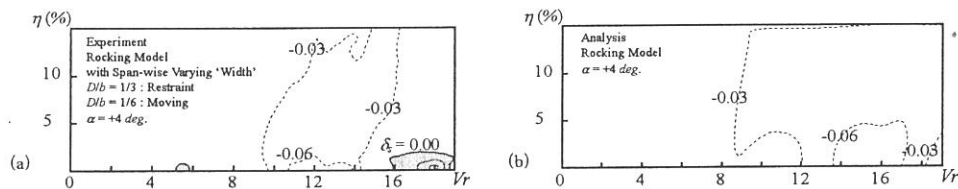


図-5 桁幅変化ロッキング模型 V - A - δa コンター図 (実験値 (a) と解析値 (b))

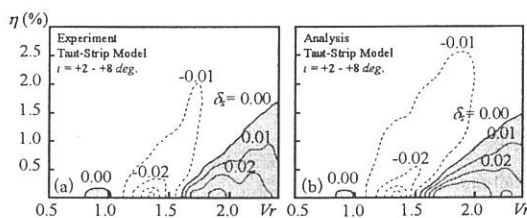


図-6 タウト模型 V - A - δa コンター図 ($i=+6^\circ \sim +6^\circ$)

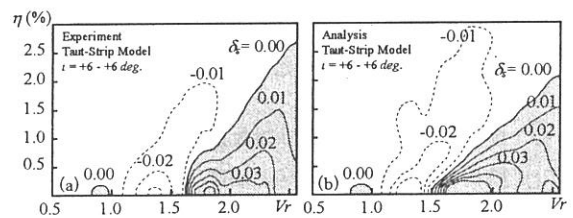


図-7 タウト模型 V - A - δa コンター図 ($i=+2^\circ \sim +8^\circ$)

得られた結果から, 次の手法で実験値に対する解析解の誤差を求めた: 両者における各コンター図に見る渦励振発現の開始と終止の風速の比の平均値, ならびに最大振幅の比の平均値. 得られた結果をとりまとめて図-8 を得た. 図より次のことがわかる. 解の誤差は, ④ $D/b=1/3$ 側拘束のロッキング模型では, 高々5% ⑤ $1/6$ 側拘束の場合, 最大約 25% ⑥ $i=+2^\circ \sim +8^\circ$ のタウト模型では, 最大 20% 強 ⑦ $i=+6^\circ$ (一定) タウト模型では 25%. 図示していないが, 図-7 において, モードを 1 とした“タウト 2D 模型”に対する解析解の誤差は, 高々 10% 強であった.

4. まとめ 桁高と横断勾配が変化する 3 次元模型の渦励振応答の実験値と数値解析を比較検討した. その結果, 高々 25% の誤差があることがわかった. この誤差が模型軸方向の 2 次流れに起因するものかどうか等について今後検討しなければならない.

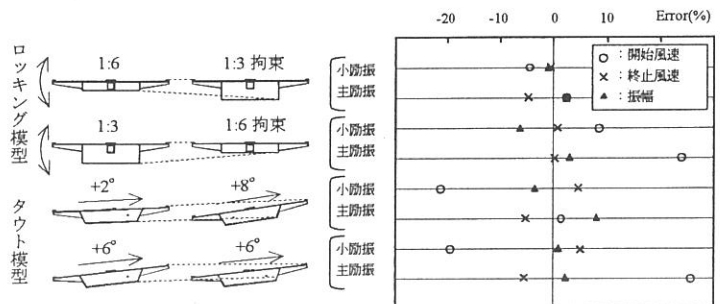


図-8 実験値に対する解析値の誤差

- 参考文献** 1) T. Yoshimura et al.: *J Wind Eng. and Ind. Aerodyn.*, Vol.89, No.14-15, pp.1717-1728, 2001.
2) T. Harada et al.: *Proc. 2nd Int. Symp. on Wind and Structures*, pp.307-314, 2002.