

数値解析による変断面桁橋の渦励振応答解の精度

九州産業大学 学生会員 橋口貴文，同 野田伸治，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

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の正方形の小型風洞ではその実施が困難なため，スリップセリ-とモーダルアナリシ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：桁高変化型デッキ模型(図-1a)，桁幅変化型デッキ模型(図-1b)および横断勾配変化型外スリップ模型(図-2)．とにおけるテ-ル角は，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，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，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)．

数値解析に用いる非定常揚力(ダンピング)係数 H_1^* は，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，については，10個のセグメントを一体化させた2次元外模型を用いて4つの迎角に対する H_1^* を求めた．ここに $H_1^* = -\mu \cdot \delta_\alpha \pi \cdot \mu = M / (\rho_a \cdot B^2 \cdot L)$ (と)あるいは $\mu = M / (\rho_a \cdot D^2 \cdot L)$ ()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-ン長．相隣る断面間の H_1^* は線形補間した(スリップセリ-)．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-タ-図表示した H_1^* の例を図-3に，桁高変化型デッキ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 $V_r = V / (f \cdot B)$ (と)あるいは $V_r = V / (f \cdot D)$ ()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．

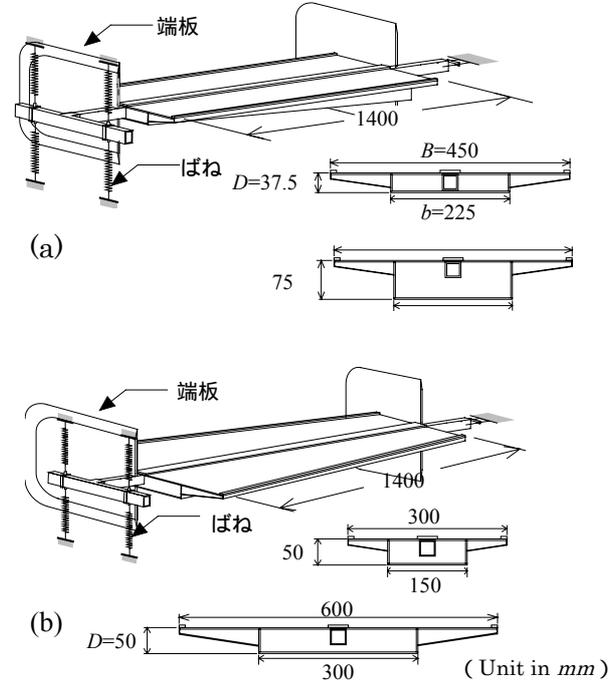


図-1 桁高変化型デッキ模型と桁幅変化型デッキ模型

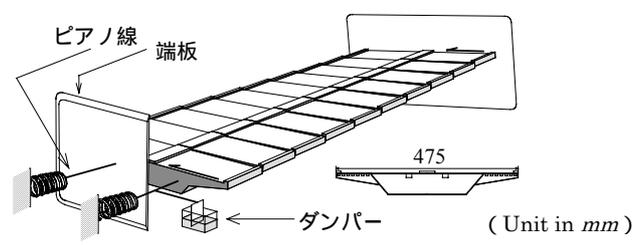


図-2 横断勾配変化型外スリップ模型

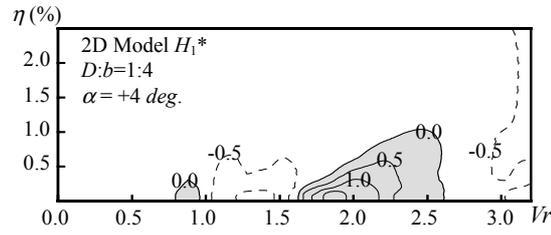


図-3 非定常揚力係数 H_1^* の一例

キーワード 渦励振，変断面桁橋，タウトモデル風洞実験，数値解析

連絡先 〒813-8503 福岡県福岡市東区松香台 2-3-1 九州産業大学 空力弾性学研究室 TEL 092-673-5679

精度良い解析解が得られることを図は示している．一方，桁幅変化型ロッキング 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, α 角が過大なために解析解は実験値と著しく異なる．外模型に対する結果を図-6a, 6b に示す． $V_r > 2.5$ では不安定なリ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ので, その結果は図示していない．図示する風速域では定性的には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．

定量的に比較するために, 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風速の比の平均値, 終止の風速の比の平均値, ならびに最大振幅の比の重み付平均値．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．解の誤差の最大値は, a $D/b=1/3$ 側拘束のロッキング 模型では 5%, b $1/6$ 側拘束の場合 10%強 c $i = +2^\circ \sim +8^\circ$ の外模型では 20%弱 d $i = +6^\circ$ (一定)外模型では 20%強であった．

これらの誤差の要因として, 変断面に起因する模型軸方向の2次流れの形成, 端板とアスペクト比が大きくないことに起因する3次元流れの形成等が考えられる．図中に示す宇都宮らの研究結果³⁾に見られる誤差の要因も, 端板とアスペクト比等に起因するものと推察される．

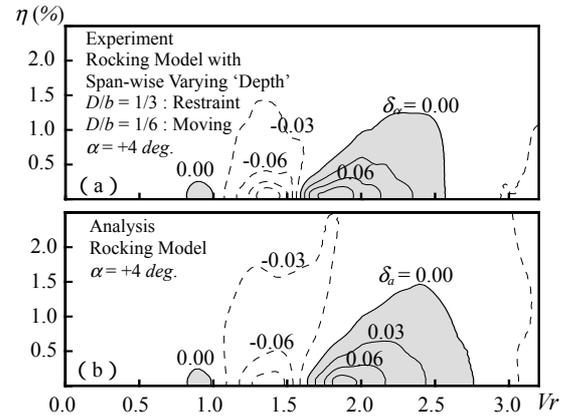


図-4 桁高変化型ロッキング 模型の結果

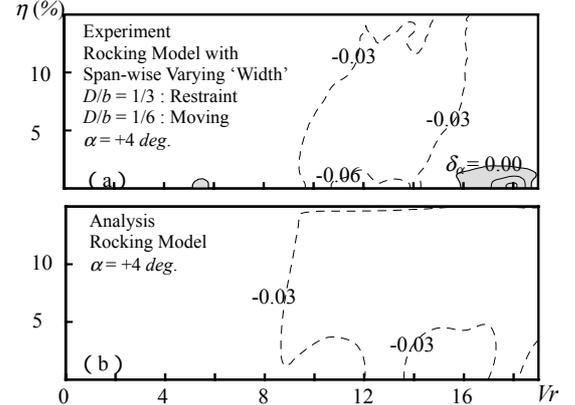


図-5 桁幅変化型ロッキング 模型の結果

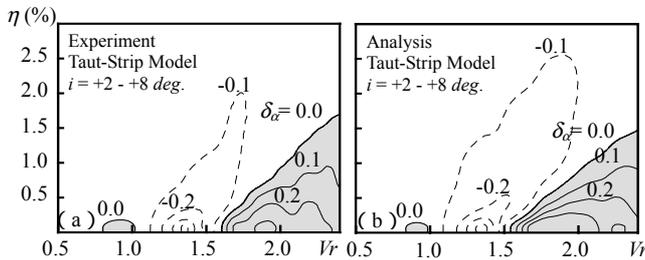


図-6 $+2^\circ \sim +8^\circ$ の外模型の結果

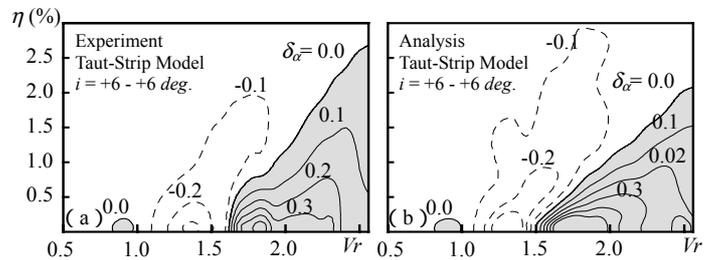


図-7 $+6^\circ$ 一定の外模型の結果

4. まとめ 桁高, 桁幅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, 5~20%の誤差があることがわかった．この誤差の要因について現在検討中である．

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.

3) 宇都宮英彦 他: 充複断面の空力不安

定現象に関する風洞実験における2,3の考察, 第8回風工学シンポジウム, pp.327-332, 1984.

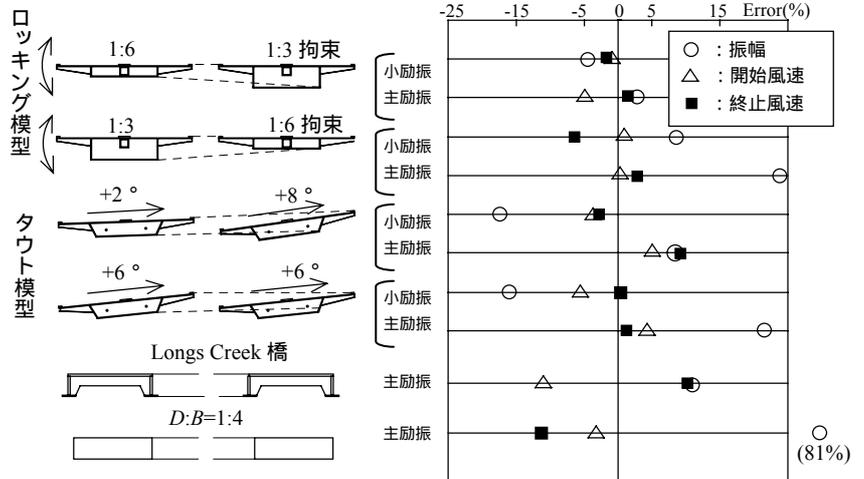


図-8 実験値に対する解析値の誤差