

中央大学 正員 平野 廣和
中央大学 学員 丸岡 晃

1 はじめに

近年、橋梁技術の進歩により、橋梁はますます長大化する傾向にあり、一般の桁橋であっても耐風性の検討が必要となってきた。例えば、人道橋や自転車道等に代表される長スパンで幅員桁高比の小さな箱桁断面の場合、発散振動を起こす可能性が高く、この断面の耐風安定性の向上を計ることは、設計上重要な問題の一つである。一般には、“耐風設計便覧”により耐風性が検討されるが、この種の橋梁は便覧の適用外となることもあり、この場合は風洞実験を実施することとなる。しかし、断面形状を決定する時点から風洞試験を繰り返し実施するのは、全体予算が少ないこの種の橋梁では、費用の面からも大きな負担となる。よって、流れの数値解析により、ある程度まで断面形状を絞り込み、耐風安定性を確認をする検討手法の開発が希求されるに至っている。

よって、本報文では、人道橋や自転車道橋に用いられることの多い、幅員桁高比の小さな逆台形箱桁橋に着目し、バネ支持された状態に着目して解析を行う^[1]。具体的には、ALE 有限要素解析手法^[2]を用いて、たわみ振動状態において、流れの場と振動の場とを同時に解析するものである。さらに、解析結果と風洞試験結果^[3]との比較を行うこととする。これにより、手軽に耐風安定性の検討ができる解析手法を提案することを目的とする。

2 流れの数値解析

流れの場の基礎方程式は、ALE 記述による Navier-Stokes の運動方程式と、連続の方程式である。これらを、分離型有限要素法に基づき、三段階テラー・ガラーキン法により解析を行った。構造物の運動方程式は、流体からの外力を入力することにより、線形加速度法を用いて解析を行った^[4]。尚、物体は剛体と仮定し、かつ自由度の方向には独立のバネならびにダッシュポットにより支持されているものとする。

次に、ここで取り上げた断面形状は、一般に用いられることの多い逆台形箱桁断面であり、幅員桁高比 $B/D = 2.0$ である。尚、ここでの断面は、基本設計の検討段階であることから、高欄等の添加物を付加しない状態の基本断面とした。この断面をバネ支持された状態を想定し、解析を行った。構造物の振

動自由度はたわみ振動のみとした。解析に用いる無次元量の諸元を表-1に示す。また、迎角は、 $\alpha = 0^\circ$ とする。この断面まわりを有限要素と呼ばれる小さな三角形にて分割しモデル化した。ここでの総節点数は 9,351、総要素数は 18,015 であり、断面近傍では境界層厚を考慮して、この中に数点の節点が入るように分割した。尚、レイノルズ数は、 1.0×10^4 である。

境界条件は、上流端から一様な風が吹き込むものとし、上下の境界外に流れが出ない条件とした。断面の周辺境界では、物体の移動速度のみを与えた。また、初期条件は、物体が静止している状態に、風が上流側から吹きだした状態を想定している。

表-1 無次元量諸元

無次元質量	$M = \frac{m}{\rho D^2} = 27.8$
減衰定数	$h = \frac{c}{4\pi \rho N} = 0.0133$
無次元風速	$V_r = \frac{V}{ND} = 6.6 \sim 21.8$
レイノルズ数	$Re = \frac{VD}{\nu} = 1.0 \times 10^4$
無次元微小時間増分	$\Delta T = \frac{\Delta t V}{D} = 0.005$

3 解析結果及び考察

数値解析は、無次元風速 V_r を変化させることにより行った。具体的には、8種類の風速であり、 $V_r = 6.6, 8.1, 9.3, 10.0, 10.9, 13.0, 16.3, 21.8$ の風速である。図-1～3 に渦励振発生付近の桁の振動波形を示す。ここで、縦軸は無次元変位、横軸は想定実橋での時間である。また、図-4 には風洞実験で得られた平均振幅と解析結果との比較である。図-5 には、 $V_r = 10.0$ の流線図と圧力分布図を示す。

風洞実験では、約 $V_r = 8.0$ 付近からたわみの渦励振が確認され、振幅が徐々に増大し、約 9.0 付近をピークとしてその後は振幅は低下し、約 17.0 付近から再び増加する傾向を示す。一方、数値解析では、風洞試験と同様に 9.3 付近からたわみの渦励振が発生し、10.0 付近でピークを迎えた後、振幅が若干下がる傾向を示す。さらに風速を増すと、徐々に振幅も増加し、16.3 を越すと振幅が大幅に増加する傾向を示している。

数値解析でも、たわみの渦励振の発生の模様が掴めているが、風洞試験ほど振幅に大きな変化が表れていない。また、全体的に平均振幅が、数値解析の方が約 2 倍程度大きくなる傾向を示している。これらは、数値解析の断面に高欄等の添加物が付加され

ていないことも一つの要因であるが、さらに検討を要すると考えられる。

4 おわりに

ALE手法に基づく数値解析により、風洞試験に比べ平均振幅は大きめにはなっているが、逆台形箱桁断面橋の基本的な空力特性を掴むことができた。さらに、検討すべき課題は残されているものの、耐風設計上の動的応答の問題へ、数値解析の適用が可能であることがわかった。ところで、箱桁断面は、高欄等の添加物の影響も無視し得ないことから、今後はこれらを考慮した解析を検討する予定である。

参考文献

- [1] Kawahara, M., H. Hirano, T. Kodama: Two-step explicit finite element method for high Reynolds number flow passed through oscillating body, Finite Element in Fluids, Vol.5, 1984
- [2] 野村, 飯島: ALE法に基づく粘性流体と構造との相関問題の有限要素解析手法, 土木学会論文集, No.416/I-13, 1990
- [3] 井上 他: 幅員桁高比の小さい箱桁の耐風応答特性に関する検討, 土木学会第49回年次学術講演会概要集第1部門, 1994
- [4] 丸岡, 平野, 安重: 辺長比1:2角柱の空力応答特性の数値解析, 土木学会第49回年次学術講演会講演概要集 共通セッション, 1994

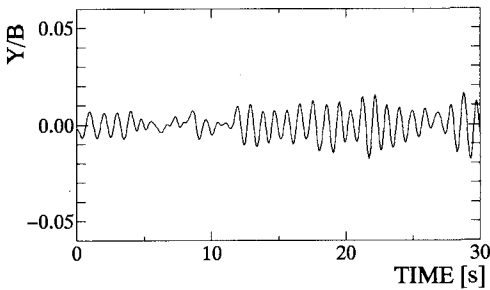


図-1 桁の振動波形($V_r=9.3$)

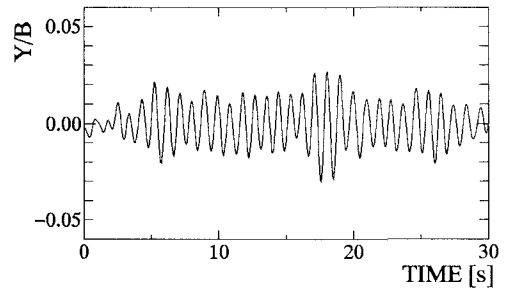


図-2 桁の振動波形($V_r=10.0$)

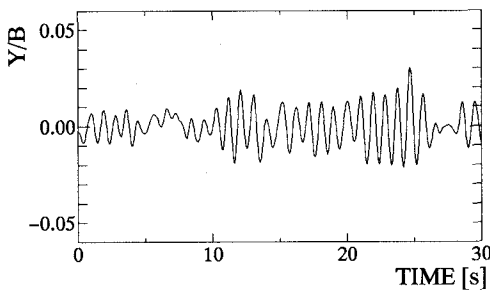


図-3 桁の振動波形($V_r=10.9$)

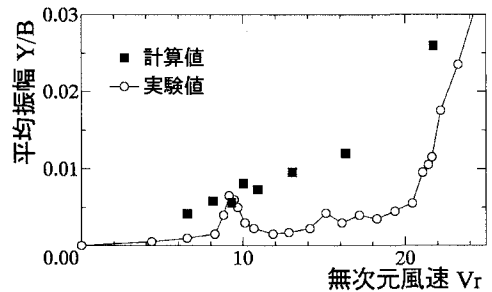


図-4 風洞実験結果^[3]の平均振幅と解析結果の比較

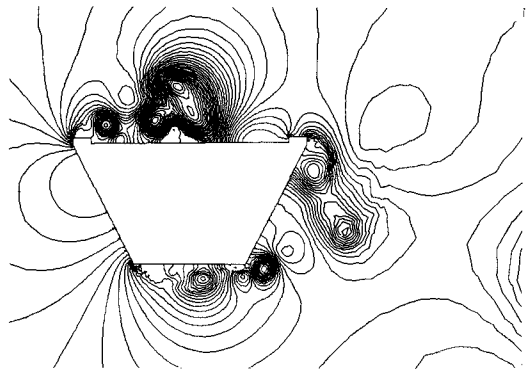
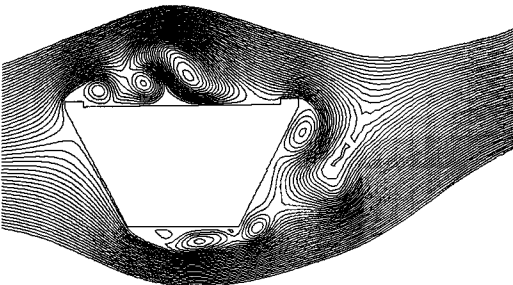


図-5 流線図と圧力分布($V_r=10.0$)