

I-398 高振動数比を持つタウトストリップモデルに関する研究

横浜国立大学 正員 山田 均
 横浜国立大学 正員 宮田 利雄
 リクルート 川端 潤一
 (当時横浜国立大学学生)

まえがき タウトストリップモデルによる風洞試験は非常に小縮尺のモデルによる実験を可能とするため、限られたスペースでの風洞試験で、特に乱流を使用した場合に気流と模型の代表長さ比を併せ易いことに大きな利点を持つ。したがって、乱流中での空力的な挙動評価が必要な場合に非常に魅力的な方法である。しかし、吊橋モデルに対しタウトストリップ模型を用いその挙動を推定した例はあまり多くなく、数例を数えるのみである。実施例の少ないことに加え、実験方法に適用に関し判然としない部分がタウトストリップ試験には残されている。例えば、タウトストリップモデルでは緊張した鋼線により剛性を与えているため、基本的には弦の振動特性を有し固有振動数は基本振動数の整数倍となる。これは固有モード間に空力振動としての干渉がある場合には振動評価上大きな問題となる。更に、単径間の場合には問題の意味は薄くなるが、多径間吊橋の場合タウトストリップモデルの実現する振動モードが多径間の振動モードの一部つまり主径間のみの振動モードを相似させたと理解している考え方は妥当なのか、といった振動モード実現上の問題もある。特に超長大橋のように曲げねじれ連成フラッターを照査対象とする場合にはねじれと曲げの振動数比の実現の問題がある。さきに述べたようにタウトストリップモデルでは緊張した2本の鋼線により剛性を与える。したがって、例えば平板のように橋軸直角方向に質量分布が一定の場合には1.7程度の振動数比しか得られず、それ以上に大きな振動数比を実現するためには回転半径が桁幅より非常に小さい幸運な場合か、桁ブロックのねじれ剛性を期待するか[ref1]、あるいはピアノ線間隔を模型桁幅よりなんらかの方法で広げるか[ref2]、といったいずれかの方法を取る以外の方法は提案されていなかった。本研究では、タウトストリップモデルの物理的な相似の問題は別途の研究に委ねるとして、別途剛性棒を与える等の特に特別な装置を用いずに高振動数比をタウトストリップモデルに実現する方法を提案することとする。

高振動数比を与える原理とたわみ、ねじれ固有振動数及びその振動数比 図1に本章で提案するタウトストリップモデルの概要を示している。図にいわゆるGJ $\neq 0$ 方式での模型ブロック及び緊張した二本のピアノ線の配置を併せ示している。この方式では模型の変形を期待するため、曲げねじれの振動数比は高まるが構造減衰が同時に大きくなってしまいうようである。本方法はこれを考慮して、図右のように緊張ピアノ線と模型ブロックを配置している。図中に示すように、模型ブロックには剛体ブロックとしての働きを期待し、ブロック長より短いピアノ線拘束間隔を与えて、ブロック間でピアノ線が自由に動くことができるようにし、曲げについては有効な振動スパンが支持点間、ねじれについては支持点間隔から模型ブロックでの拘束部分の長さの和を除いたものとし、これら有効なスパン長を調整することで高振動数比を与えることとしている。このようにたわみとねじれ振動に対し有効なスパン長をそれぞれ変え得るようにしたことがこのモデルのポイントとなっている。このとき、たわみ振動とねじれ振動との運動方程式及びその展開は、それぞれの力学的な有効スパン長の違いを考慮しながら従来と同じ弦の振動に関する展開ができ、その時に得られるそれぞれの固有振動数及び振動数比は次式ようになる。

$$\text{たわみ固有円振動数 } \omega_B = n\pi / l \cdot \sqrt{(2T/m)} \quad n = 1, 2, 3 \dots$$

$$\text{ねじれ固有円振動数 } \omega_T = n\pi / l_T \cdot \sqrt{(2Tr^2/\Theta_T)} \quad n = 1, 2, 3 \dots$$

$$\text{似た振動モード(この場合同次)に関する固有振動数比 } \omega_T / \omega_B = r \cdot l / l_T \cdot \sqrt{(m/\Theta_T)}$$

ここで、T:ピアノ線張力、m:単位長さあたり質量、 Θ_T :ねじれの有効スパン長を考慮した極質量慣

性モーメント ($\Theta_T = \Theta \cdot l / l_T$, Θ : 単位長さあたり極質量慣性モーメント)、 l : 総スパン長（たわみの有効スパン長）、 l_T : ねじれ有効スパン長 ($l_T = l - l_F \cdot N$, l_F : 模型1ブロック当りのピアノ線固定長、 N : 模型ブロック数)、 r : 2本のピアノ線間隔の半分

振動実験の結果 このモデルでは模型ブロックが剛体として運動することがポイントとなるため、模型ブロックのねじれ剛性が比較的小さくてもその影響を少なくするため、タウトストリップモデル全体を鉛直に吊り、ピアノ線張力の模型自重による影響を無視できる程度に張力を入れたモデルを設定した。模型1ブロックに関しピアノ線固定長を変化させ、固有振動数、振動数比を推定値と実験値を比較したものが図2以下である。実験で得られた振動数比の方が若干高めではあるが、推定値と実験値との整合はきわめて良好であり、イメージ通りの動きをタウトストリップモデルがしていることを示している。

参考文献

- 1) Hiroshi Tanaka, A.G. Davenport: Response of taut strip models to turbulent wind, ASCE Vol.108 EM1, February 1982.
- 2) 京都大学工学部土木工学教室橋梁研究室、強風下における超長大吊橋の安全性評価と空力弾性挙動に関する研究、京都大学工学部土木工学教室橋梁研究室本州四国連絡橋公団委託研究成果報告書、昭和62年3月

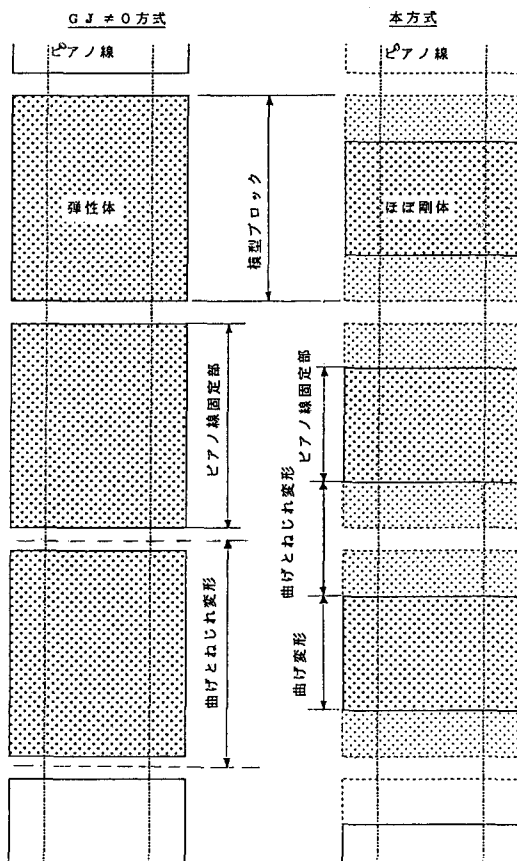


図1 たわみとねじれの動作の違い

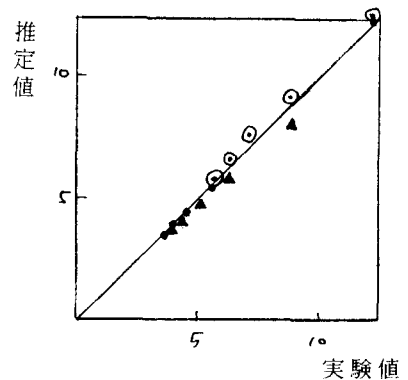


図2 ねじれ振動数（推定値と実験値）
単位は Hz

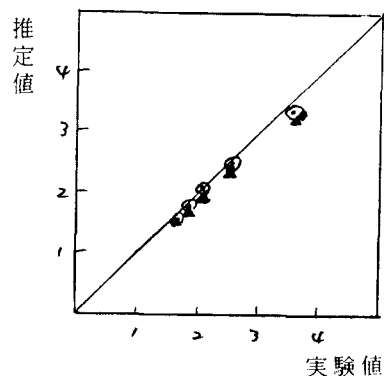


図3 振動数比