

徳島大学大学院 学生員 ○根ヶ山 知義 徳島大学工学部 フェロー 宇都宮 英彦
 徳島大学工学部 正 員 長尾 文明 徳島大学工学部 正 員 野田 稔

1. はじめに 一般に構造物は非流線型断面であるため、種々の空力不安定振動を引き起こす。橋梁において主に問題となる空力不安定振動には渦励振やフラッターがある。そこで本研究では、新形式のケーブル補強合成桁橋（図1，2）を対象として、桁断面を縮尺 1/80 で相似させた模型を用いた風洞実験により、渦励振やフラッター等の発生状況を検証し、必要に応じて空力制振装置等の制振対策の検討を行った。

2. 実験概要 測定胴が、1.0m×1.5m×4.0m の水平押込式エッフェル型風洞を使用した。模型は、両端をそれぞれ4本のバネを用いて弾性支持し、たわみ及びねじれの自由度を持たせた。構造減衰はオイルダンパーによって与え、たわみ及びねじれの対数減衰率は、それぞれ $\delta_y = 0.015$ 、 $\delta_\phi = 0.017$ 程度とした。表1に示す構造諸元からねじれとたわみの振動数比は1.27と極めて小さく、連成フラッター出現の可能性が高いものと考えられる。なお今回の実験では、幾何学的相似条件の他に、対風応答特性に対して重要なパラメーターである質量と極慣性モーメントの再現に特に注意した。

3. 基本応答特性 今回の実験で発生したフラッターは、曲げねじれ連成フラッターである。それは図3に示すように、ねじれ1自由度で実験を行った時に対し曲げねじれ2自由度で実験を行った時は、フラッター発振風速が小さく、振幅の発達が急であることから読み取ることができる。また図4からたわみ、ねじれの固有振動数がそれぞれ $f_y = 3.18\text{Hz}$ 、 $f_\phi = 4.16\text{Hz}$ のものが、フラッター発生時には $f_y = f_\phi = 3.85\text{Hz}$ 付近で連成しており、両モードの位相差は、ねじれ振動がたわみ振動より 10° 程度遅れている。迎角については、図5に示すように、 $+3^\circ$ のケースが最も対風安定性が悪いので以後の検討は、全て迎角 $\alpha = +3^\circ$ の結果について考察するものとする。

4. 高欄の形状による影響 今回の検討において高欄は2種類用いられ、先に設計された高欄を旧高欄、新しく設計された高欄を新高欄と呼ぶ（図6，7参照）。図8と図5を比較して分かるように、付属物（中央分離帯、高欄等）を設置することは、対風安定性を悪化させる。今回用いた2種類の高欄においては、旧高欄の方が、より対風安定性を悪化させる結果になった。

5. 空力制振対策装置とその効果 今回の用いた空力制振対策装置はフラップ、フェアリング、水平板である（図9参照）。ここでフラップをFと示し、幅12.5mmで 10° の角度で設置したものをF(12.5mm 10°)と示す。またフェアリングをT-1と示す。さらに水平板は幅10mmの水平板を耳桁下フランジ上面から水平板下面が5mmの位置に取り付けたものをH2-5と示す。今回の検討で提案された空力制振対策装置を単独に用いたケースから3種類を組合せて用いたケースまでのフラッター発振風速が増加する様子を図10に示す。単独あるいは2種類の対策の組合せでは十分にフラッター限界風速を増加することが困難であることが明らかである。

6. 振動数比の及ぼす影響 図11に示すようにねじれ固有振動数 f_ϕ の増加は、フラッターに対して有効である。しかし図12にも示すようにフラッター限界風速は $f_\phi/f_y = 1.36$ で最大となり、それ以上増加すると限界風速は低下している。これは振動数比がある程度大きくなると、たわみ応答振幅と両モードの位相差が小さくなり、連成フラッターからねじれモードの卓越したフラッターに特性が変化していることに起因していると考えられる。

7. まとめ 基本断面は新しい設計理念による橋梁断面であるが、曲げねじれ連成フラッターが低風速から発生し、空力的に極めて不安定な断面である。しかし3種類（フラップ、フェアリング、水平板）の空力制振対策装置を組合せることで大幅に空力特性を向上できることが明らかになった。今後の課題として、橋梁下面側における鉛直スタビライザー等の効果について検討することが挙げられる。

中間(横桁間)部

中間横桁部

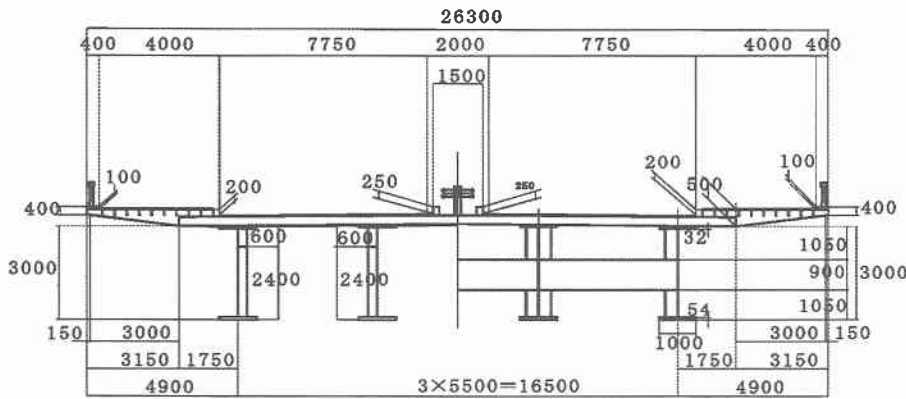


図1 断面図 (単位:mm)

表 1 構造諸元

最大支間長L	260.0m
総幅B	26.3m
桁高d	3.75m
桁高比B/d	7.01
等価質量m	32.6t/m
等価極慣性モーメント I_p	1681t・m ² /m
固有振動数たわみ f_y	0.364Hz
固有振動数ねじれ f_ϕ	0.461Hz
振動数比 f_ϕ / f_y	1.27

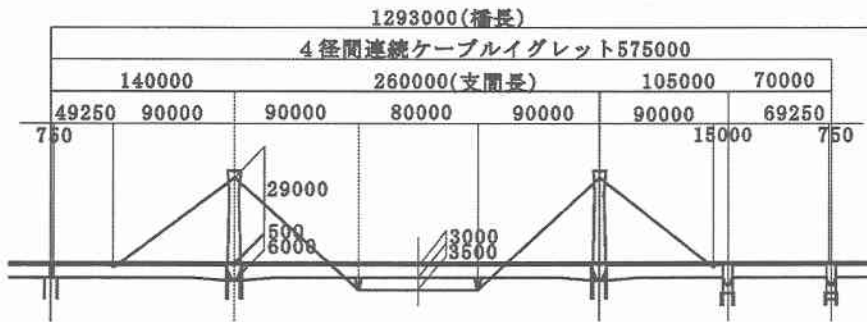


図2 側面図 (単位:mm)

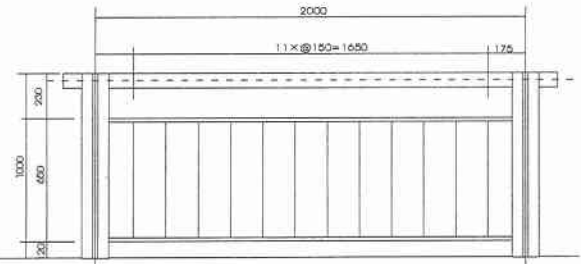


図6 旧高欄

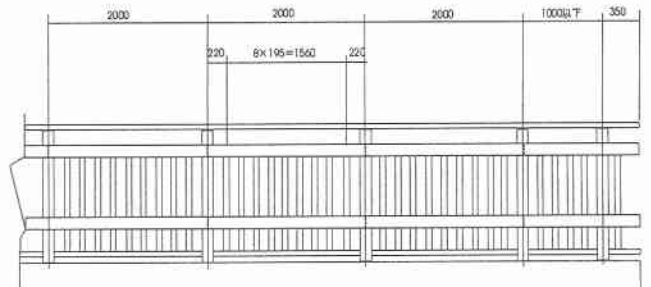


図7 新高欄

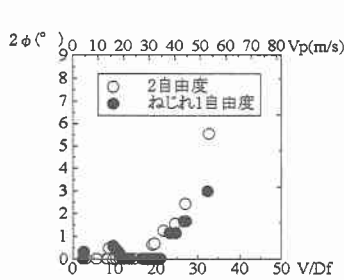


図3 V-A 図(付属物なし)



図4 フラッター発生時の振動数と位相差

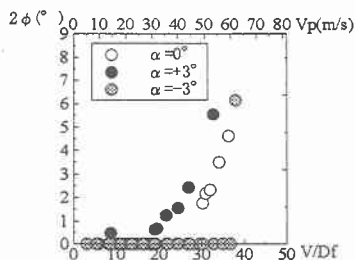


図5 基本断面の V-A 図(付属物なし)

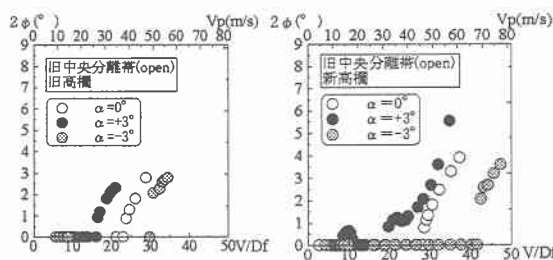


図8 旧, 新高欄を付設したケースの V-A 図

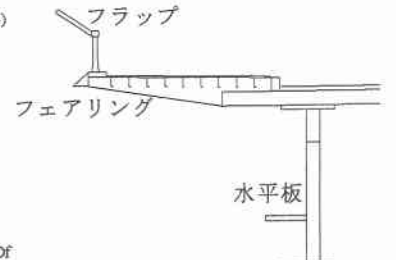


図9 制振対策装置の設置状況概略図

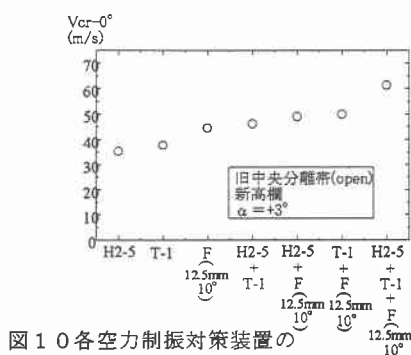


図10 各空力制振対策装置の

設置によるフラッター発振風速の変化

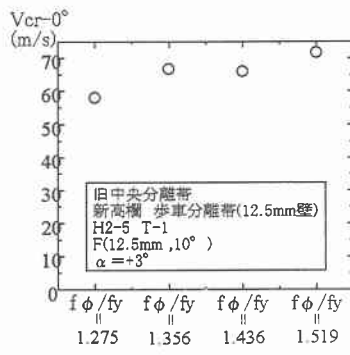


図11 フラッター発振風速に対する振動数比の影響

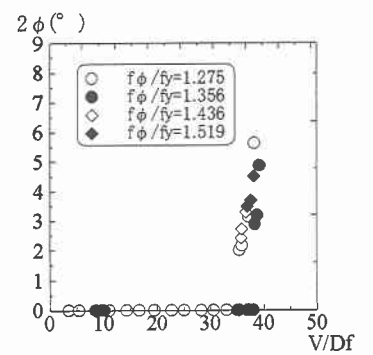


図12 振動数比の応答に及ぼす影響