

橋軸方向に異なる桁形状を組み合わせたフラッター性能向上策の検討

九州工業大学 学生会員 田中 善也
九州工業大学 正会員 木村 吉郎

九州工業大学大学院 学生会員 秋山 将之
九州工業大学 正会員 久保 喜延

1. はじめに

我が国では多くの大規模な海峡横断プロジェクトが実施され、現在明石海峡大橋を上回るスパンの超長大吊橋の計画もされている。このような超長大橋においては、発生すると振幅が極めて大きくなり、破壊的影響を与えるフラッターの抑制が特に重要である。フラッター現象は桁形状に依存し桁周りの流れ場の影響を受けることから、フラッターの安定化を図ることを目的とした桁形状に関する研究は多く行なわれてきた。本研究では、橋軸方向に異なる桁形状を組み合わせることによってフラッター発現モードをコントロールし、フラッター発現風速を高くすることが出来ないかというアイデア¹⁾についてさらに詳細に検討する。

2. 解析方法

2-1. 解析モデル 対象とする橋梁モデルは、図1に示す主径間長 3000m、サグ比 1/10 の単径間吊橋である。このモデルは豊予海峡架橋試設計案の主径間のうち1径間を取り出したようなものとした。桁形状としては、断面 A(平板桁)、断面 B(B/D=5 矩形断面)および図1に示す文献2の断面C(鉛直板付き B/D=20 矩形断面)を組み合わせる。ここで非定常空気力単独の影響をみるため、全ての桁形状において振動特性は等しいとした。

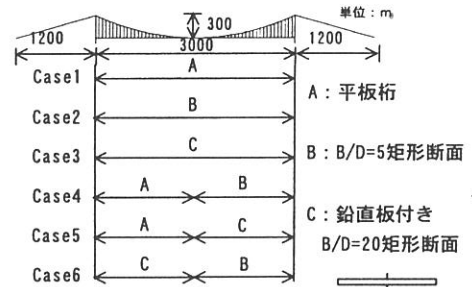


図1 解析ケース(Group1)

2-2. 解析手法 吊橋を立体骨組モデルに置き換え有限要素法

で離散化し、直接法による立体骨組フラッター解析を行う。なお、解析の簡略化を考慮して構造減衰項は省略しており、風荷重による水平変形の影響は考慮していない。

まず、図1に示す秋山ら¹⁾の解析ケース(Group1)を対象に、解析における風速をより細かい刻みで設定してフラッター発現風速を求め、その精度を高めた。また、フラッター発現風速前後での空気力が桁になす仕事量の橋軸方向分布と、フラッターモード形の風速変化に伴う変化を調べた。

続いてスパンを2, 3, 4分割して異なる桁形状を配置し、分割の比率を変化させて解析を繰り返すことにより、それぞれの分割数の中で最も高いフラッター発現風速を示す桁形状の配置と比率を求めた。ただし桁形状は、Group1でフラッター発現風速が高い結果が得られた断面A(平板桁)と断面C(鉛直板付き B/D=20 矩形断面)の組み合わせのみを使用した。

3. 解析結果および考察

3-1. Group1の解析結果および考察 表1にフラッター発現風速 V_{cr} を示す。Case4, Case6 のように桁形状を組み合わせることによって、空力的に不安定な断面の影響を受けてしまいフラッター発現風速が低下してしまうケースがある。一方、断面Aと断面Cをスパンの半分ずつで組み合わせたCase5については、若干ではあるがスパン全体にわたって断面Cを用いたものより上昇している。以上は、秋山ら¹⁾の結果とは値に若干の差はあるものの、同様の結果である。

表1 Group1の V_{cr}

	V_{cr} [m/s]
Case1	28.4
Case2	13.1
Case3	30.8
Case4	15.4
Case5	31.6
Case6	16.2

次にCase5のフラッター発現風速 ± 0.5 m/s の風速範囲における空気力が桁になす仕事量の変化を図2に示す。空力的により不安定な断面Aにおいて励振力が大きくなっているが、フラッター発現風速以下ではより安定な断面Cにおいて制振力が作用しており橋梁全体系の振動を安定化しているものと考えられる。風速が高くなるに従い、断面Cにおいて作用していた制振力が減少し、これがフラッターの発現につながっている。

なお複素固有モード形についても同様に風速の変化による影響を検討したが、こうした風速での変化は小さく、傾向は把握できなかった。

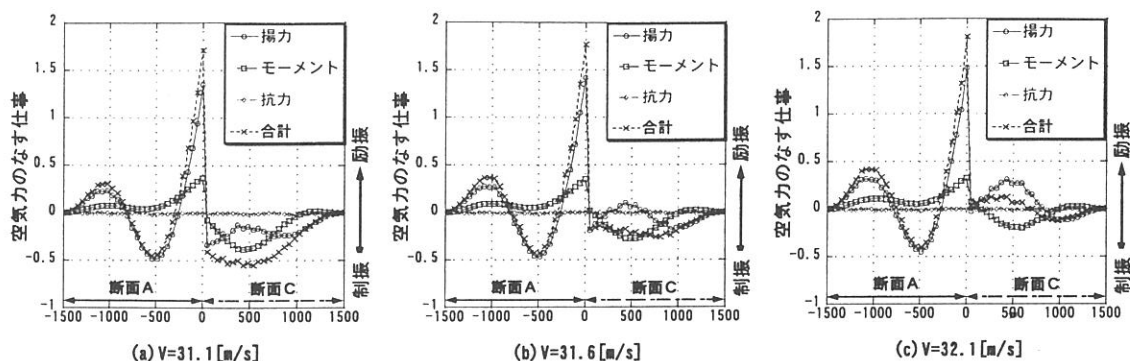


図2 Group1 case5 風速変化に伴う仕事量分布変化

3-2. Group2～6の解析結果および考察 各グループのフラッター発現風速の最大値を $V_{cr_{max}}$ とし、そのときの各桁形状の分割の比率を図3に示す。全分割数の解析グループにおいて組み合わせの比率によっては、全スパン断面Cのケースのフラッター発現風速30.8m/sを上回るケースが得られた。しかし、Group1のCase5での発現風速31.6m/sを上回るケースは得られなかった。

また各桁形状のスパン方向の配置について対称・非対称性に着目すると、Group3とGroup4を比較するとき、非対称な桁断面の配置の方が空力的に安定となる傾向があると考えられる。これは、Group4よりGroup4のスパン中央左側を対称に折り返したGroup6のケースの $V_{cr_{max}}$ が低下していることにも関連していると考えられる。

4. まとめ

桁形状を橋軸方向に変化させると、多くのケースにおいては空力的により不安定な断面の特性が橋梁全体系としてのフラッター特性を支配してしまう。しかし断面の組み合わせ方によっては、フラッター発現風速が全断面に同一形状を用いたケースよりも高くなることも確認された。また桁断面の配置については、スパン方向に対称ではなく非対称な断面配置がフラッター発現風速を高くする可能性があると考えられた。桁形状の有効な組み合わせや、そのようなケースでの仕事量の分布などの検討を行い、フラッター発現風速上昇のメカニズムを明らかにしていきたいと考えている。

<参考文献> 1) 秋山他：スパン方向に異なる桁形状を組み合わせた超長大橋のフラッター特性の解析的検討，第57回 年次学術講演会講演概要集，2002年，pp.973-974. 2) 松本他：振動数特性から考察したフラッタータイプ，第16回 風工学シンポジウム，2000年，pp.345-350.

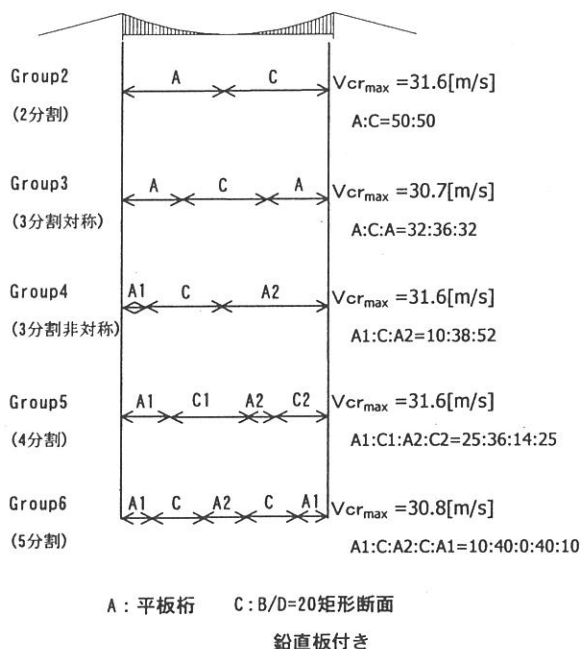


図3 Group2～6において $V_{cr_{max}}$ が得られた組み合わせ