

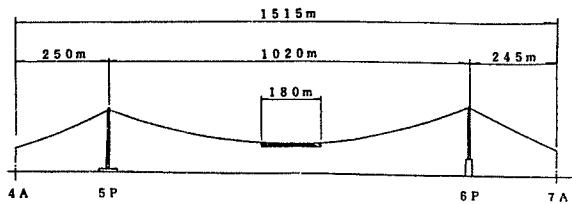
I - B98

来島第二大橋架設時のフラッター解析に関する検討

本四公団 正会員 竹口昌弘 横浜国大 正会員 宮田利雄
 本四公団 正会員 秋山晴樹 建設省土研 正会員 佐藤弘史
 本四公団 正会員 鳥海隆一

1. まえがき

来島大橋は本州四国連絡橋尾道－今治ルートのも最四国側に位置し、今治と大島の間約4kmの来島海峡を3つの吊橋で結ぶ、世界で初めての3連吊橋であり、来島第二大橋はその中央に架かる中央スパン1,020mの長大吊橋である。桁断面は箱桁形式であり、その架設は中央径間中央から塔に向かって延ばしてゆく直下吊り工法を用いる。なお、架設された桁ブロック間はヒンジ構造によって連結し、全ての桁ブロックが架設された後にブロック間を剛結する「全ヒンジ工法」を採用している。架設中の耐風安定性を照査するために、全橋模型（縮尺1/60）を用いた大型風洞試験を実施している。¹⁾ 本報告はフラッター解析により架設中の耐風安定性を検討し、実験結果と比較検討したものである。なお、本報告では桁が中央径間中央に約180mのみ架設された初期の架設段階（以下、架設系初期と称す。）を対象とした（図－1）。



図－1 来島第二大橋（架設系初期）一般図

2. 解析条件およびケース

フラッター解析は、モード組合法による多自由度三次元フラッター解析手法で行い、解析モデルは全橋模型に対応する三次元立体骨組モデルとした。桁に適用する非定常空気力は、桁部分模型によって測定したものを用いた。なお、今回の解析対象である架設系初期では、桁がメインケーブル（キャットウォーク含む）と近接しており、空力干渉が生じると考えられる。このため、空気力測定にはメインケーブル（キャットウォーク含む）もモデル化した桁部分模型を用いた。気流迎角については吹き上げ側の $+3^\circ$ とした。また、風荷重による桁のねじれ変形は最大 0.5° 程度と小さいため、フラッター解析において静的変形の影響は考慮していない。

全橋模型では、ハンガーをステンレスより線（ $\phi 0.8\text{mm}$ ）でモデル化しており、特に架設系初期ではハンガー長が短くハンガーの曲げ剛性の影響が無視できないと思われる。また、フラッター発現時には桁とメインケーブルが大きく静的な水平変位を起こしており、固有振動数は無風時の場合とは異なることが考えられる。よって、これらのフラッター解析におよぼす影響を検討するために、表－1に示す3ケースについてフラッター解析を実施した。なお、ハンガーの曲げ剛性については、全橋模型で $\phi 0.8\text{mm}$ 相当の鋼棒を想定し有効係数を30%と仮定した。また、有風時の振動モードについては、フラッター照査風速に相当する実橋換算風速で 55m/s 時の風荷重を考慮した。

表－1 解析ケース

ケース	ハンガー 曲げ剛性	有風時の 振動モード
CASE-1	×	×
CASE-2	○	×
CASE-3	○	○

○：考慮 ×：考慮せず

3. 解析結果および考察

風速と対数減衰率および応答振動数の解析結果と風洞試験結果の比較を図－2に示す。なお、風洞試験結果はフラッター卓越モードであるねじれ対象1次振動に着目した結果を示している。

キーワード：フラッター解析 ハンガー曲げ剛性 振動モード

〒651 神戸市中央区小野柄通4-1-4アーバンエース三宮ビル TEL.(078)291-1071 FAX.(078)291-1362

（１）ハンガー曲げ剛性の影響

フラッター解析にハンガー曲げ剛性を考慮したケース(CASE-2)では、対数減衰率がゼロクロスするフラッター発現風速は、ハンガー曲げ剛性を無視したケース(CASE-1)に比べ約2割上昇しており実験結果にかなり近づく結果となった。一方、応答振動数には両ケースにほとんど差が見られない。フラッター発現風速が向上した原因として、ハンガーの曲げ剛性を考慮することにより桁とケーブルの連成効果が強められ、振動特性が変化することが考えられる。

（２）有風時の振動モードの影響

フラッター解析に有風時の振動モードを適用したケース(CASE-3)では、無風時の振動モードを適用したケース(CASE-2)に比べ、フラッター発現風速はわずかながら上昇したが顕著な差は認められなかった。また、実験結果と比較すると、フラッター発現風速については良く整合されているが、風速50m/s以下の対数減衰率は、実験結果より大きめの値を示している。この原因として解析に用いた有風時の振動モードは、フラッター照査風速に相当する風速55m/s時の振動モードを適用しており、それより低風速側では実験条件を再現できていないことが考えられる。また、応答振動数に着目すると、有風時の振動モードを適用したケース(CASE-3)は、他のケースに比べ1割程度低下している。これは有風時の桁、ケーブルの大きな水平変位により構造系が変化し、無風時モードに見られなかったねじれ成分を有する低振動数の固有振動モードが、フラッター発現に寄与したことが原因と考えられる(図-3)。

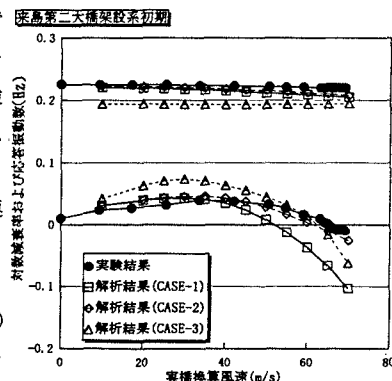


図-2 フラッター解析結果と実験結果の比較
(風速と対数減衰率および応答振動数)

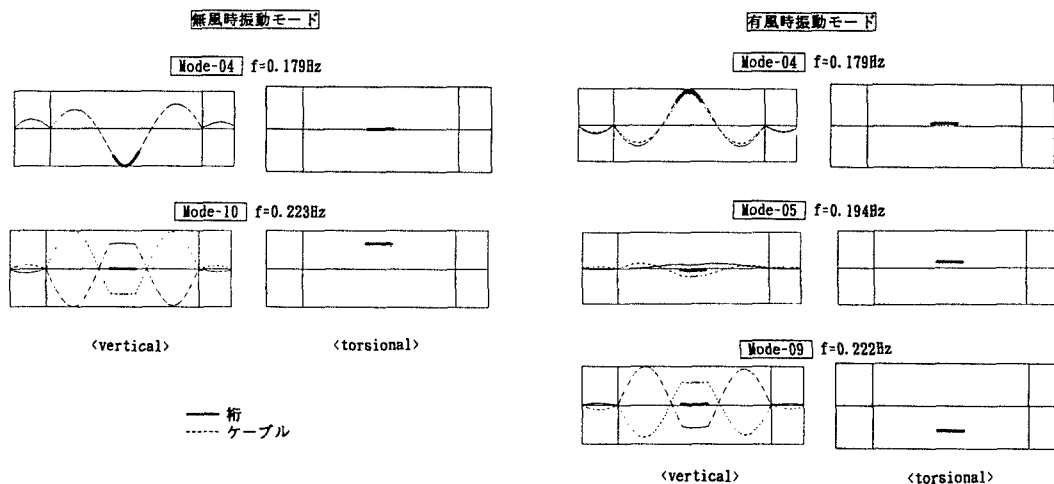


図-3 フラッター発現に支配的な固有振動モード図（ハンガー曲げ剛性考慮）

4. まとめ

来島第二大橋架設系初期を対象として、模型条件を考慮したフラッター解析を実験結果と比較検討した結果、ハンガーの曲げ剛性と有風時の振動モードを考慮することにより、フラッター発現風速は実験結果と良く整合し、解析精度の確認ができた。

なお、来島第二大橋全橋模型(縮尺1/60)を用いた大型風洞試験は、建設省土木研究所との共同研究で行っており、本検討は本四公団耐風委員会および同風洞試験作業班での審議をもとに取りまとめたものである。

（参考文献） 1）滝口他：「大型風洞における来島第2大橋架設系初期風洞試験」土木学会第52回年次学術講演会講演概要集（投稿中）