

I-264

安芸灘大橋主塔の耐風安定性に関する実験的研究

京都大学大学院 学生員 西崎 孝之 京都大学工学部 正員 松本 勝  
 京都大学工学部 正員 白石 成人 京都大学工学部 正員 白土 博通  
 広島県 正員 北川 良一 総合技術開発部 正員 柴田 豪之  
 N T T 正員 桂 一詞 京都大学 学生員 辻本 和弘

1. まえがき 安芸灘大橋は、広島県内に建設が予定されている中央径間 750m の吊橋であり、その主塔高さは 120m に達する。本橋は、瀬戸内海という海洋上に架橋予定であり比較的強い風が吹くこと、また本橋上の道路の車線数が 2 車線(将来的に 3 車線対応可能)と幅員が狭いため橋全体の可撓性が増すことより主塔については塔独立時のみでなく、橋梁完成時にも風による振動が発生することが予想され、耐風性の確認及び耐風安定化対策の検討が必要になると考えられる。

本研究では、2 次元剛体模型実験において主塔断面の持つ振動特性の把握及び耐風安定化対策の検討を行い、3 次元弾性模型実験においてこれらの対策の効果について検証する。

2. 2 次元剛体模型実験 実験に用いた断面は、主塔の 60.6% 高さでの断面であり、単柱での断面辺長比  $B/D=0.847$ 、塔柱外面間隔比  $W/D=5.25$  となっている(図1)。この断面の 2 次元剛体模型を曲げねじれ 2 自由度支持し、橋軸直角方向の風に対する振動特性を検討した。

図2にこの断面の一樣流中での風速応答振幅図を示す。曲げの渦励振が無次元風速 6 付近で発現し、無次元風速 7.5 付近で振幅最大となっている。また、無次元風速 8 付近にはより振幅の大きな不安定なリミットサイクルが存在する。さらに無次元風速 9~11 においても緩やかなピークがみられる。そして、乱流( $I_u=4.8\%$ ,  $12\%$ )中においては、一樣流中に比べて曲げ渦励振の最大応答振幅が増大し、高風速側に移行した。ここでは詳細は省略するが、ストローハル数測定、音響付加及び強制加振による圧力変動スペクトル特性の結果などから 2 つのピークは、カルマン渦型渦励振と自己励起型渦励振に対応したものである。2 つの渦励振が比較的近い風速域に存在し、お互いに影響を及ぼし合っているものと考えられ、気流の乱れなどによってその発現風速域や最大振幅が異なるなどの差異が現れるものと考えられる。

次に耐風安定化対策として、3 種の隅切り及び構造減衰付加を用いた対策についてその効果を検討した。断面図を図3に示す。図4は風速応答振幅測定実験の結果得られた曲げ渦励振の最大振幅を比較したものである。図中の Damper Type A 及び B は、各々実橋での曲げの構造減衰を  $\delta=0.02$ ,  $0.05$  と仮定し、オイルダンパを用い

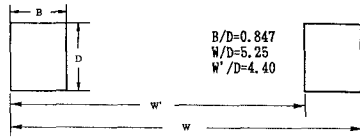


図1 2-D模型断面図

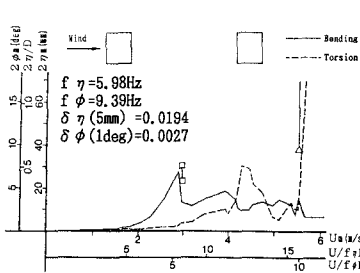


図2 2-D実験 V-A図(一樣流中)

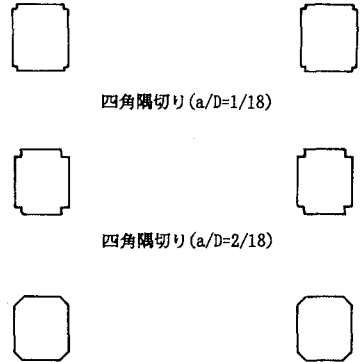


図3 2-D模型断面図

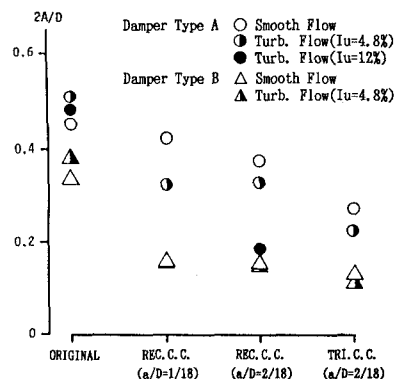


図4 曲げ渦励振最大振幅の比較

てスクルートン数相似したことを表す。また、渦励振発生風速域でレイノルズ数は 8000 以上となっている。図より各種隅切りを施すことによって、曲げ渦励振の最大振幅が減少し、三角隅切り( $a/D=2/18$ )を施したときに最も振幅が小さくなった。中でも高風速側の渦励振(自己励起型)の方により効果が大きかった。また、隅切りを施した場合には、乱流によって渦励振は安定化した。上記の要因としては、隅切りを施すことにより前縁からはく離せん断層が制御されることから自己励起型渦励振の励振力が弱められ、カルマン渦型主導の渦励振となり、さらに乱流によってカルマン渦の放出が弱められたためと考えられる。一方、構造減衰を付加した場合には、隅切り断面においては、隅切りなしと比較して制振効果が増大した。

3. 3次元弾性模型実験

一様流中で図5に示すような3次元弾性模型を用い、架設系及び完成系での風速振幅応答特性を検討した。(ただし、完成系の再現は塔頂をピアノ線で固定することにより行った。)橋軸直角方向からの風における完成系での実験結果を図6に示す。渦励振(自己励起型)が無次元風速 9 付近で発生し、ねじれフラッタが高風速域で発生した。この形状の主塔に対し2次元実験において効果の認められた各種隅切り及び構造減衰付加を用いた耐風安定化対策を施した場合の応答特性の変化を検討した。図7に四角隅切り( $a/D=2/18$ )を施した断面の完成系における風速応答振幅図を示す。隅切りなしの断面と比べて渦励振が低風速側で発生していることがわかる。これは、隅切りを施すことによって自己励起型渦励振が抑制され、カルマン渦型渦励振が励起したものと考えられる。そして、三角隅切りを外面隅角部に施した場合には、原断面に比べ曲げ渦励振の最大振幅が減少した。また、構造減衰を付加することによりさらに振幅は小さくなり、実橋においても構造上問題のないレベルに振幅を低減させることが可能であった。これらの結果と建設予定地点での風環境をふまえ、スパイヤを用いた境界層乱流中での測定もあわせて行った。結果を図8に示す。渦励振最大振幅が低下し、乱流による渦励振の不安定化現象は認められない。また、風向についても $\alpha=5^\circ$ ,  $10^\circ$ で確認を行ったが、 $\alpha=0^\circ$ よりも振動が安定化した。

4. まとめ  
本研究で対象とした安芸灘大橋の主塔は、耐風安定化対策を施さない場合には架設系、完成系ともかなりの振幅を有する渦励振の発生が予想されるが、隅切り及び構造減衰付加による対策を併用することにより、構造上問題のないレベルにまで渦励振振幅を低減できることが明らかとなった。

〈参考文献〉1)白石、松本他：“隅切り矩形断面の空力安定化効果”、第9回風工学シンポジウム論文集、1986 2)白石、松本他：“超長大橋主塔の耐風応答特性に関する基礎的研究”、昭和60年度日本風工学会年次研究発表会梗概集、1985 3)白石、松本：“渦励振発生機構と応答評価”、日本風工学会誌第20号、1984

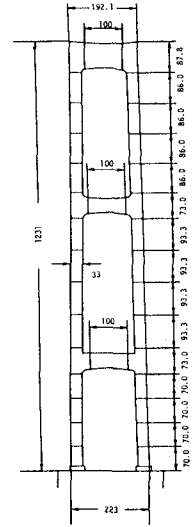


図5 3-D模型概略図

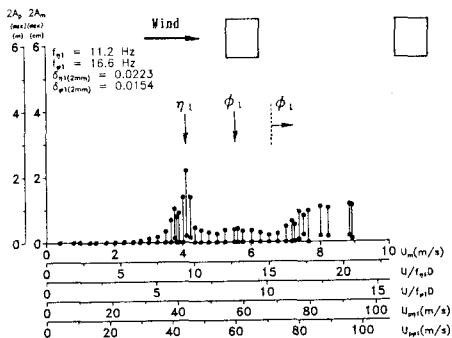


図6 3-D実験 V-A図 (隅切りなし、 $\alpha=0^\circ$ 、完成系、一様流中)

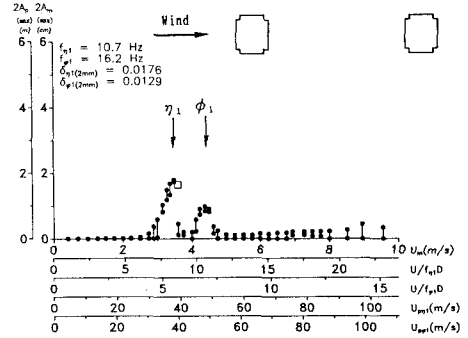


図7 3-D実験 V-A図 (四角隅切り、 $\alpha=0^\circ$ 、完成系、一様流中)

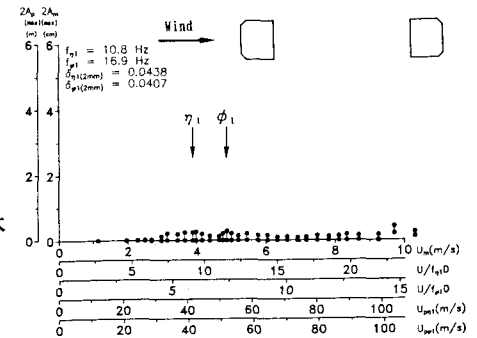


図8 3-D実験 V-A図 (三角隅切り、ダンパー付き、 $\alpha=0^\circ$ 、完成系、乱流中)