

I-332

横浜港横断橋の塔架設時の耐風性に関する研究(その1)

東京大学 正員 伊藤 学

首都高速道路公団 正員 ○尾仲 富士夫

三菱重工業(株) 正員 富田 昇

1. まえがき

吊橋の塔が架設時自立状態で風により振動を起こすことは周知のことであり、従来より多くの風洞模型試験及び制振対策の検討が行われている。横浜港横断橋は斜張橋ではあるが、塔は高さ172mと高く、架設時の耐風性が懸念された。また塔の形式としてはラーメン形式が採用されており(図1参照)、吊橋の塔に多く見られるトラス形式に比べて塔面内方向にフレキシブルである。因みに塔面内一次振動モードは図2に示す様であり、固有振動数は約0.46Hz(塔架設完了時)となっている。以上のことから耐風性の検討は重要課題であると考えられ、基本設計及び詳細設計の各段階において風洞試験を実施した。基本設計と詳細設計との相違は柱の幅寸法及び柱の傾斜が若干変更となっているが、基本的な耐風性には大差がなかった。本項では詳細設計時に実施した塔架設完了時(側径間主構付き)の風洞試験を中心に基本的な耐風性状について報告する。

2. 風洞試験

風洞は三菱重工(株)長崎研究所の大型汎用風洞を使用した。模型は縮尺1/90の弾性体模型を使用し、架設状態に応じて側径間主構及び端橋脚も模型化した。風向については、本橋の特性から橋軸直角方向だけでなく橋軸方向の風向も考慮した。

3. 試験結果及び考察

1) 応答性状概要

V-A応答図を図4~図6に示す。図からわかる様に風向が橋軸直角方向の場合、低風速(15m/s~20m/s)で塔面外曲げ一次の限定振動が発生し、高風速(30m/s~80m/s)ではねじれ一次の限定振動が発生する。これらは従来の吊橋の塔と同様な傾向を示している。しかしながら風速20m/s付近で発生する塔面内曲げ一次の限定振動、さらに風向が橋軸方向付近の場合に発生する塔面内曲げ一次の発散振動は、本橋の特徴的な新しい振動である。限定振動の振幅とスクルートン数の関係を図7、図8に、また発散振動の発振風速とスクルートン数の関係を図9に示す。いずれも構造減衰を増加させることによって耐風性が向上することがわかる。

2) 塔面内振動について

前述の通り塔面内振動は本橋において新たに観察された振動である。橋軸直角方向の風が作用した場合に発生する振動は、その振動の発生する無次元振動数及び応答曲線からみて、やはり規則渦に起因した限定振動と考えられるが、橋軸直角方向の風が作用した時に発生する振動は、その振動の発生する無次元振動数及び応答曲線から判断しても限定振動

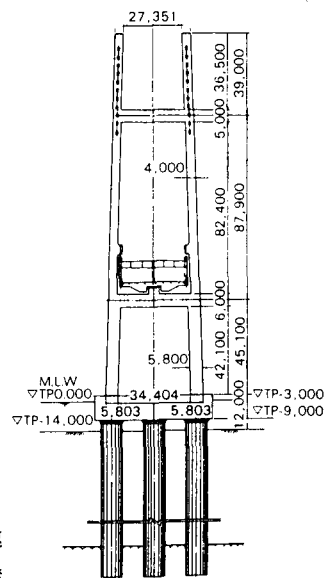


図1 塔一般図

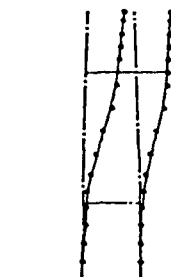


図2 塔面内一次振動モード図

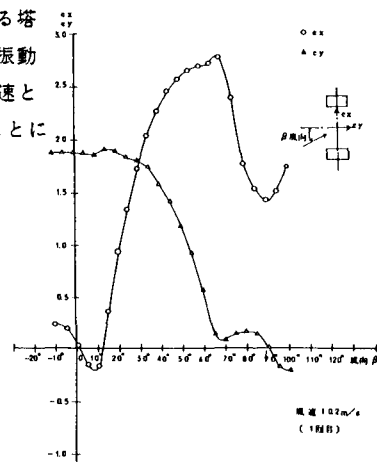


図3 静的2分力曲線

とは考えにくく、発散振動的な様相を呈することからギャロッピング振動の可能性が考えられた。また、基本設計時に行った静的空気力試験(縮尺 1/100 の剛体模型による)の結果は、図3に示す様に横力係数曲線が橋軸方向(風向 0°)付近の風に対し負勾配を示しており、これらの試験結果からこの振動はギャロッピング振動であると判断された。図9には、無次元発振風速とスクルートン数の関係を示すが、静的空気力試験結果をもとに準定常理論によって発振風速を推定した値と比べて、多少のバラツキはあるものの、試験結果と理論値は良く一致していることがわかる。

4. あとがき

以上の結果は一樣流中の試験結果であり、自然風中での応答性状とは異なることも考えられるが、安全側に考えて、本試験の結果をもとに橋軸方向及び橋軸直角方向とも架設時の制振対策を行うことにしている。

特に橋軸直角方向の発散振動に対する制振装置の効果を確認するため、スライディングブロック方式による装置模型を取り付けた風洞試験を実施した結果、所期の制振効果を有することが確認された。

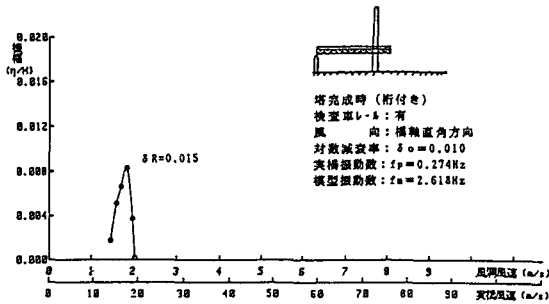


図 4 V-A曲線(面外曲げ一次振動)

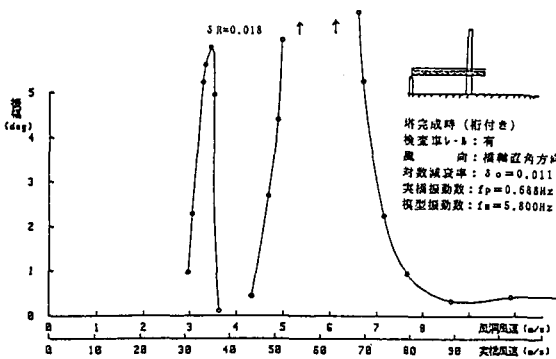


図 5 V-A曲線(ねじれ一次振動)

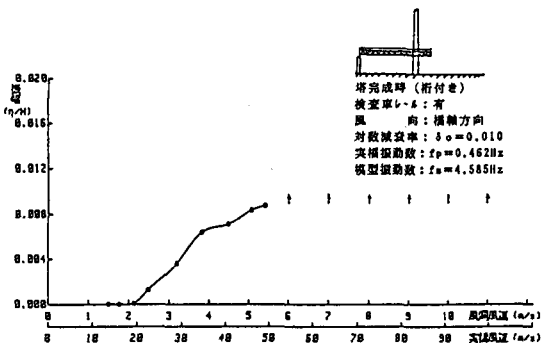


図 6 V-A曲線(面内曲げ一次振動)

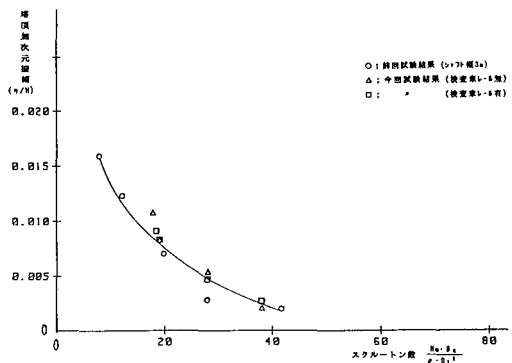


図 7 振幅とスクルートン数の関係(面外曲げ一次振動)

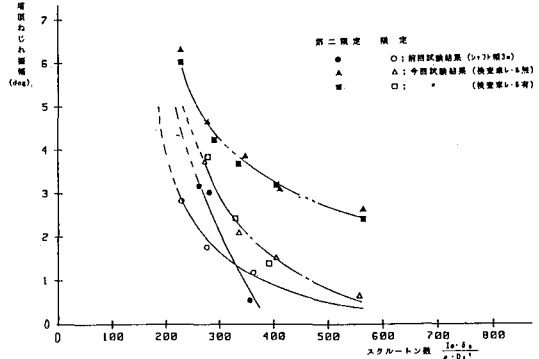


図 8 振幅とスクルートン数の関係(ねじれ一次振動)

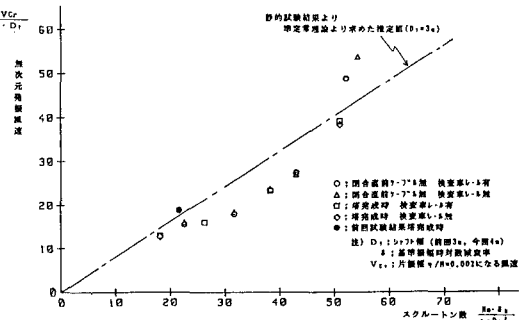


図 9 発振風速とスクルートン数の関係(面内曲げ一次振動)