

三菱重工株式会社	正員	高山弘美
三菱重工株式会社	正員	坂田 弘
三菱重工株式会社	正員	○ 斎藤 通

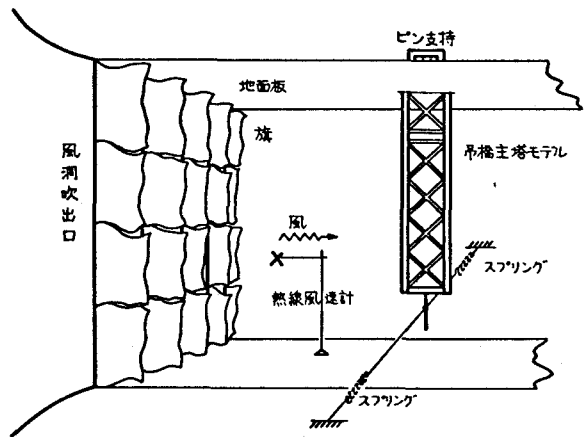
§1. まえがき

吊橋主塔が架設時に渦励振振動を起こす事は衆知の事である。また、この現象は、多くの研究者により、風洞内の一様流中における模型テストで確認されている。しかしながら自然風は一様流と異なり乱れの成分を有しており、この乱れの成分が吊橋主塔の耐風安定性にどのような影響を与えるかについては、いくつかの研究があるが、未だ充分に解明されていないのが現状である。本研究では以下の2点に着目し、風洞内に乱れをつくり、乱流中における吊橋主塔の耐風特性を調べた。

- { (1) 吊橋主塔に発生する渦励振振動が乱れによりどのような影響を受けるか。
- { (2) 渦励振振動以外に、乱れの成分により吊橋主塔にどのような振動が発生するか。

§2. 風洞試験内容概略

(図-1)に風洞試験の概要を示す。(図-1)に示すように、風洞吹出口に旗を設け旗の材質(布又はビニール)及び大きさを変える事により、3種の異なる特性を有する乱流を作った。ここでは本四連絡橋明石大橋主塔(案)の剛体模型を使用した。模型は天井より逆さに吊し、塔頂部に風軸直角方向にピアノ線を張り、その先端にスプリングを取りつけ、風軸に直角方向の1自由度振子振動系とした。



(図-1) 風洞試験概略図

§3. 渦励振振動に及ぼす乱れの影響

(図-2)に乱流中の主塔の応答性状(風速と応答の関係)を一様流中の結果に重ねて示す。横軸は無次元風速(V/fD)又はストローハル数($St = fD/V$)を示し、縦軸は模型塔頂における無次元倍振幅(Y_{OT}/D)を示す。ここで、 V は平均風速、 f は模型の固有振動数、 D は模型塔頂の暴露巾、 Y_{OT} は模型塔頂における振動倍振幅を示す。

(図-2)よりわかるように、渦励振振動は乱流(1)の場合には一様流の場合と同じ振幅まで発生するが、乱流(3)の場合にはほとんど発生せず、乱流の特性により応答性状が異なるようである。そこで乱流の特性を表わす1つの量として、乱れの強さ(=変動風速のr.m.s値/平均風速)と振動振幅の関係を調べると(図-3)に示すようになる。図中横軸は乱れの強さを、縦軸は乱流中の渦励振共振最大振幅と一様流中の渦励振共振最大振幅との比を示す。(図-2)より乱れの強さが約0.1以下では、渦励振振動振幅は一様流中の場合とほとんど変わらないが、乱れの強さが0.13~0.17付近では、渦励振振動振幅は、 $3/10 \sim 1/10$ に減少する事がわかる。ここで自然風の乱れの強さが一般に0.1~0.2の間である事を考慮すると、実際の構造物に発生する渦励振振動振幅は、建設地点における実風の特性に大きく左右されるものと思われる。即ち、開けた地域で季節

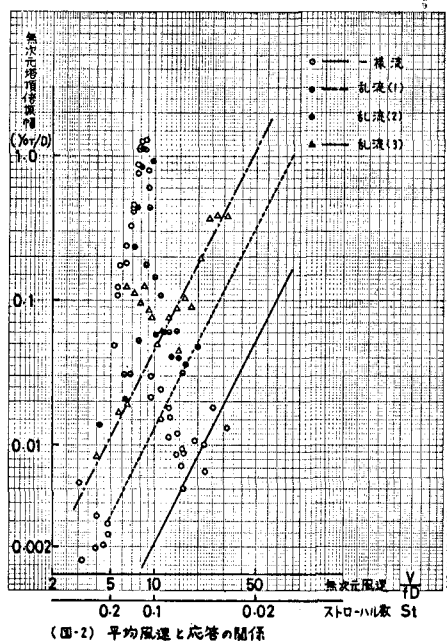
風が吹くような場合には、一様流中の風洞テスト結果と同程度の振幅の渦励振振動が発生し、また、都市部や周りに多くの障害物がある地域では、ほとんど振動が発生しないことがわかる。

もちろん、乱流の特性は、乱れの強さだけで特徴づけられるものではなく、その周波数特性（パワースペクトル密度）、乱れのスケール、コヒーレンス等を調べ、これらの諸量からも考察を加える必要があるが、本件については、現在解析中であり、当日報告させていただきます。

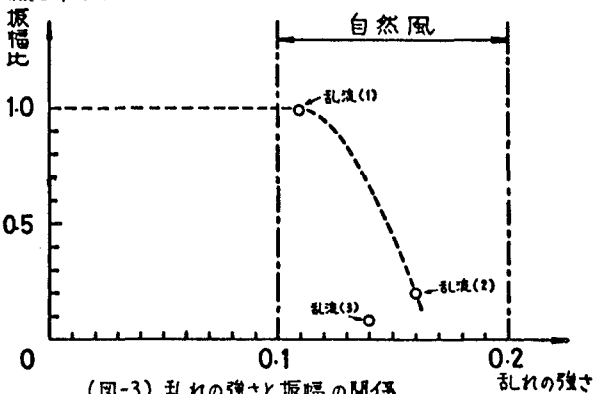
§ 4. 乱れの成分に起因する吊橋主塔の振動

従来実施してきた実風並びに実機計測結果、及び、塔状構造物の風洞テスト結果では、共振領域以上の風速領域においては、タワーに発生する振動振幅の最大値は、風速の二乗に比例する傾向にあることがわかった。そこで、今回の吊橋主塔についても同様の考えから、共振領域以上の風速領域において、風速の二乗に比例する近似曲線を引くと（図-1）中に示す直線のようになる。図中、実線は一様流の場合の応答曲線を示し、

一点鎖線並びに点線が乱流の場合の応答曲線を示す。（図-1）よりわかるように、一様流と乱流では、主塔に発生する最大振動振幅は、5倍以上異なり、この差は、気流中に含まれる乱れに起因するものと考えられる。従って、共振領域以上の風速領域では、一様流の場合で設計するとかなり危険である事が想像される。特に設計風速付近（無次元風速で約40付近）では、乱流中の発生振動振幅は、一様流中の渦励振振動振幅に匹敵する程の大きなものである。更に定常風による静的な空気を考えると、設計風速付近の風が吹いた場合には、渦励振共振時よりも危険であると考えられる。



（図-2）平均風速と応答の関係



（図-3）乱れの強さと振幅の関係

§ 5. あとがき

今回行った乱流中の吊橋主塔の風洞テスト結果は下記の通りである。

（1）渦励振振動振幅は、乱れの成分が大になると、発生しにくくなる。

（2）渦励振共振風速以上の風速領域では、乱れの成分により、一様流の場合よりも大きな振動が発生する。

しかしながら、今回風洞中に作成した乱れは、自然風に含まれる乱れの成分と、特性が異なる事が考えられる。従って、上記の結果がそのまま自然風中の実際の構造物にもあてはまるかどうかについては、今後検討する必要がある。