

4. 風洞試験

耐風設計の中で、道路橋耐風設計便覧等の推定式による照査で問題が指摘されたり、より詳細な耐風照査が必要になった場合、風洞試験を実施することになる。

本章では、代表的な風洞試験の概要と各試験の結果の見方を概説するとともに、風洞試験の実施の目安の一つとして、橋梁の部位別の既往風洞試験実績を紹介する。

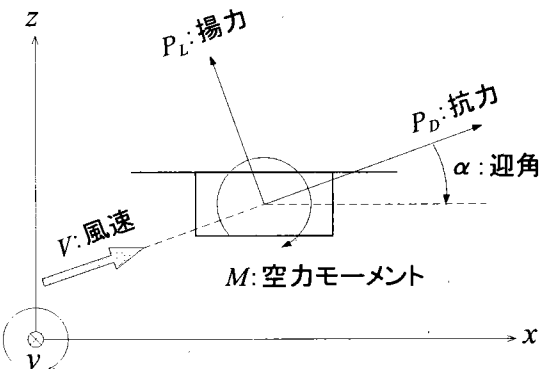
4. 1 風洞試験と結果の見方

本節では、下記の代表的な風洞試験の概要と各試験の結果の見方を概説する。

表 4-1 代表的な風洞試験の概要と各試験の結果の見方概説一覧

	試験名	試験結果
1	三分力試験	静的三分力曲線図
2	三次元弾性応答試験	風速-振幅曲線 (V-A) 図
3	ばね支持試験	迎角-発振風速曲線 ($V_{cr}-\alpha$) 図 風速-減衰率 (V- δ) 図 風速-振幅-減衰率 (V-A- δ) 図 スルトン数-振幅 ($Sc-A$) 図
4	非定常空気力試験	
5	流れの可視化試験	写真, ビデオ

風洞試験の種類と用途：静的三分力試験

試験の目的	静的三分力係数を算出するための試験
試験の概要と手順	<p>1) 静的三分力係数の定義</p> <p>下図に示すような静止した橋梁断面に対して、橋軸直角方向に作用する風軸方向(風の作用方向)の力P_D、風軸直角方向P_L、および橋軸まわりのモーメントMの3つを考え、これら3つの力を総称して静的三分力と呼ぶ。</p>  <p>単位長さ当りの静的三分力は、通常利便性を考えて以下の無次元化された式で表す。</p> <p>抗力係数: $C_D = \frac{P_D}{\frac{1}{2}\rho V^2 A_n}$</p> <p>揚力係数: $C_L = \frac{P_L}{\frac{1}{2}\rho V^2 B}$</p> <p>空力モーメント係数: $C_M = \frac{M}{\frac{1}{2}\rho V^2 B^2}$</p> <p>ここに、$C_D$、$C_L$、$C_M$はそれぞれ抗力係数、揚力係数、空力モーメント係数である。またρは空気密度、Vは風速、A_nは単位長さ当りの有効鉛直投影面積である。さらに、Bは橋げたの総幅である。</p> <p>2) 静的三分力係数の求め方</p> <p>三分力係数のうち抗力係数C_Dの求め方に関しては、道示^①のほか、便覧^②および本四公団の耐風設計基準^③にも代表的な断面に関するC_D値(もしくは算出式)が示されており、静的設計時にはこれらを準用する場合が多い。しかしながら、C_L、C_Mも含めた三分力係数の精度の高い推定を行うためには、風洞実験を実施することが望ましい。</p>
試験の特徴	<p>静的三分力試験の実施法に関しては、本四公団の風洞試験要領(1980)・同解説^④に準ずる場合が多い。この場合の主な留意事項は以下の通りである。</p> <p>迎角α：$-15^\circ \sim +15^\circ$の範囲で実施 → 迎角に対するデータの連続性をチェックするため。</p> <p>風速V：10m/sおよび20m/sの風速で実施 → レイノルズ数の依存性をチェックするため。</p>
試験結果のまとめ方	三分力曲線図としてまとめる。
参考文献	<p>①道路橋示方書同解説, (社)日本道路協会, 平成8年12月。</p> <p>②道路橋耐風設計便覧, (社)日本道路協会, 平成3年7月。</p> <p>③耐風設計基準(1976)・同解説, 本州四国連絡橋公団, 昭和51年3月。</p> <p>④本州四国連絡橋風洞試験要領(1980)・同解説, 本州四国連絡橋公団, 昭和55年6月。</p>

データの見方：静的三分力曲線図

<p>図の概要と目的</p>	<p>静的三分力試験の実施後、各迎角に対して得られた時間平均三分力(抗力 P_D、揚力 P_L、回転モーメント M)を、模型の桁高・桁幅・模型長・風速・空気密度を用いて無次元化し、静的三分力係数(抗力係数 C_D、揚力係数 C_L、モーメント係数 C_M)としてプロットしたものである。図の横軸は対象迎角、縦軸にはそのときの三分力係数値が示されている。</p> <p>静的三分力係数は、無次元化の際に用いた模型の諸元ではなく、相似な実橋断面の諸元を用いて再度有次元化してやることにより、実橋断面に作用する平均荷重に換算することが可能である。すなわち、プロットされた係数値からはその迎角における平均作用荷重が容易に算出できる。</p> <p>ただし、荷重として通常評価されるのは抗力 P_D だけであり、揚力 P_L および回転モーメント M に関しては、後述するように C_L、C_M 曲線の形から概略の空力特性を把握する手段として利用される。</p> <div data-bbox="831 246 1411 1120" data-label="Figure"> </div> <p style="text-align: center;">三分力曲線図の例</p>
<p>評価方法</p>	<p>1) 抗力係数 C_D の曲線から判ること</p> <p>通常的设计時には、道路橋示方書などに示されている代表的な断面に関する C_D 値を転用して、対象橋梁断面に関する抗力を算出する機会が多い。その際、予め C_D 曲線が求められていれば、より正確な設計風荷重を算出することが可能である。また、本四公団の耐風設計基準^①のように、設計時に用いた C_D 値と実験で得られた C_D 値が5%以上異なった場合には、測定値を考慮して再設計を行うように規定されている場合もある。</p> <p>2) 揚力係数 C_L の曲線から判ること</p> <p>迎角 α に対する揚力係数 C_L の傾きが負勾配になる領域では、ギャロッピングと呼ばれる鉛直たわみモードの発散振動が発現する可能性のあることが知られている。たとえば、図の例では、迎角 $+4^\circ \sim +6^\circ$ の範囲で、ギャロッピングの発現可能性を示唆することが出来る。</p> <p>3) 空力モーメント係数 C_M の曲線から判ること</p> <p>迎角 α に対する空力モーメント係数 C_M の傾きが負勾配になる領域では、ねじれフラッターと呼ばれるねじれモードの発散振動が発現する可能性のあることが知られている。たとえば、図の例では、迎角 $+2^\circ \sim +6^\circ$ の範囲で、ねじれフラッターの生じる可能性があると考えられる。</p>
<p>参考文献</p>	<p>①耐風設計基準(1976)・同解説, 本州四国連絡橋公団, 昭和 51 年 3 月.</p>

風洞試験の種類と用途：ばね支持模型実験

<p>試験の目的</p>	<p>設計基準風速の範囲内における有害な振動現象の有無を調べる。</p>
<p>試験の概要と手順</p>	<p>ばね支持模型風洞実験の概要図を下図に示す。本試験は、図のように2本の支持腕を介してばね支持された二次元剛体模型に風を作用させて、模型の弾性挙動を観察し、これをもとに実橋の耐風性を検証する実験である。</p> <p style="text-align: center;">ばね支持模型試験方法の一例</p> <p>実験では、低風速から徐々に高風速へと風速を段階的に上げていき、その過程で生じるたわみ・ねじれ振動の振幅などを記録していく。得られた結果は、風速-振幅曲線図(V-A 曲線図)などにまとめられる。なお、実施時の迎角は、架橋地点の気流特性にもよるが、一般には0°もしくは+3°で実施されることが多い。</p>
<p>試験の特徴</p>	<p>実験にあたっては実橋と幾何学的に相似な模型を採用する必要があり、その他に次の3つの相似条件を満足する必要がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 慣性パラメータ $m/(\rho D^2), I_{\theta}/(\rho D^4)$ ② 風速パラメータ $V/(f_{\eta} D), V/(f_{\phi} D)$ ③ 構造減衰 $\delta_{\eta}, \delta_{\phi}$ <p>ここに、mとI_{θ}はそれぞれ単位長さ当りの質量と極慣性モーメント、ρは空気密度、Dは代表長であり、橋幅や桁高が用いられる。また、Vは風速、f_{η}とf_{ϕ}はそれぞれ鉛直たわみとねじれの固有振動数、δ_{η}とδ_{ϕ}は同じくたわみとねじれの構造対数減衰率である。</p> <p>実験は通常三分力試験と同じく一様流状態で実施するが多いが、架橋地点の気流特性なども考慮して、乱れた気流中に置かれた場合の実験もしばしば実施される。この場合には一般的に乱流格子と呼ばれる格子枠を用いて、所要の乱れ率を満たす乱気流を人工的に作ることになる。</p>
<p>試験結果のまとめ方</p>	<p>V-A 曲線図, V-δ 曲線図, V-A-δ 曲線図などにまとめる。</p>
<p>参考文献</p>	<p>道路橋耐風設計便覧, (社)日本道路協会, 平成3年7月。</p>

風洞試験の種類と用途：三次元弾性応答試験

試験の目的	構造物の風に対する応答（変形、振動）を縮尺模型から得る。
試験の概要と手順	<p>1) 構造物（形状、質量分布、剛性）を相似則に従って模型化し、変形・振動特性を相似させた模型を作成する。</p> <p>2) 模型に風を作用させ、各風速ステップ毎の変形、減衰、振動振幅等を計測する。風速ステップを重ね、風速と応答の関係を整理する。</p> <p>3) 必要に応じて、風向を変え、2) を繰り返す。</p> <div data-bbox="487 629 1260 1205" style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;">↑ ← : 変位, 振動計測</p> </div> <p style="text-align: center;">＜三次元弾性応答試験の概要＞</p>
試験の特徴	<p>1) 模型の規模が大きくなったり、詳細な模型を作成する必要があるため、予算的にも規模が大きくなる。</p> <p>2) 模型が小さくなるとともに、部分的な着脱に手間がかかるため、断面形状の検討等、部分詳細の検討には適さない。</p> <p style="text-align: right;">※試験結果の整理はばね支持試験に準ずる。</p>
試験の取りまとめ	<p>1) 振幅－風速 (V-A) 曲線</p> <p>2) 振幅－減衰率 (V-δ) 曲線</p> <p>3) 風速－振幅－減衰率 (V-A-δ) 曲線</p>
参考文献	<p>① 勝地他、超長大橋梁の耐風安全性に関する大型風洞試験、構造工学論文集、Vol.38A, 1992.</p> <p>② 大島他、門崎高架橋の風洞試験、本四技報、Vol.6, No.22, 1982.</p>

風洞試験データの見方：迎角－発振風速図（ $V_{cr} - \alpha$ 図）

<p>図の概要と目的</p>	<p>橋桁の風に対する応答のうち、フラッター発振風速 V_{cr} を迎角 α に対して示す。</p> <p>一般には、風の乱れや地形の影響を考慮してある迎角の範囲で設計風速に対する安定性を要請される。一方、橋桁の耐風応答は、風の迎角（吹き上げ角）によって変化する。本図はこの要求水準と風洞試験結果を示したものである。</p> <div data-bbox="658 801 1089 1388" data-label="Figure"> <p style="text-align: center;">発振風速-迎角曲線</p> <table border="1"> <caption>Approximate data points from the graph</caption> <thead> <tr> <th>迎角 (度)</th> <th>A断面 (m/s)</th> <th>B断面 (m/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>-8</td><td>55</td><td>60</td></tr> <tr><td>-6</td><td>65</td><td>50</td></tr> <tr><td>-4</td><td>90</td><td>55</td></tr> <tr><td>-2</td><td>95</td><td>60</td></tr> <tr><td>0</td><td>95</td><td>65</td></tr> <tr><td>2</td><td>95</td><td>70</td></tr> <tr><td>4</td><td>95</td><td>75</td></tr> <tr><td>6</td><td>95</td><td>80</td></tr> <tr><td>8</td><td>100</td><td>95</td></tr> </tbody> </table> </div> <p style="text-align: center;"><例：迎角－発振風速図></p>	迎角 (度)	A断面 (m/s)	B断面 (m/s)	-8	55	60	-6	65	50	-4	90	55	-2	95	60	0	95	65	2	95	70	4	95	75	6	95	80	8	100	95
迎角 (度)	A断面 (m/s)	B断面 (m/s)																													
-8	55	60																													
-6	65	50																													
-4	90	55																													
-2	95	60																													
0	95	65																													
2	95	70																													
4	95	75																													
6	95	80																													
8	100	95																													
<p>評価方法</p>	<p>フラッター発振風速が設計要求水準以上であることを確認する。（すなわち、実験結果が図中の一点鎖線より上側にあることを確認する）</p> <p>フラッター発振風速が設計要求水準に満たない場合は、断面形状の変更等の対策をとる。</p>																														
<p>参考文献</p>	<p>① 本州四国連絡橋公団、本州四国連絡橋風洞試験要領(1980)・同解説、昭和55年</p>																														

データの見方：V-A 曲線図

<p>図の概要と目的</p>	<p>ばね支持模型実験において、風速を低風速から高風速へと徐々に上げていく段階で発生したたわみ・ねじれ振動の振幅を、下図のように各風速に対してプロットしたものである。</p> <p style="text-align: center;">V-A 曲線図の例</p> <p>V-A 曲線では、横軸に風速(V)をとり、縦軸に発生した鉛直たわみ振動、あるいはねじれ振動の定常振幅(A)をとる。風速に関しては、①風洞風速、②換算風速(無次元風速)、③実橋換算風速の内の一つ、あるいは複数を同時表示して整理する。また、振幅についても、同様に代表長に対する振幅比で整理する場合がある。</p> <p>上の例では、風洞風速 1.3m 付近において振幅 1.5°程度の渦励振が、また風速 18m 以上においてフラッター振動がそれぞれ発生している。</p>
<p>評価方法</p>	<p>1) 渦励振 渦励振は、構造物の周辺あるいは背後の渦に起因して発生する限定振幅振動である。渦励振で問題となるのは主としてその振幅であり、許容振幅を越えると疲労や機能上の障害を生じる恐れがある。したがって、実験で得られた振幅から実橋換算振幅を求め、これが許容値以内であることを確認する必要がある。すなわち、</p> <p style="text-align: center;">発現振幅 < 許容振幅</p> <p>を確認する。なお、各振幅の推定法に関しては、道路橋耐風設計便覧に簡便な算定式及びその解説が記載されている。</p> <p>2) フラッター フラッターは振動物体に作用する空気力の負減衰効果によって生じる自励振動であり、鉛直たわみモードの振動をギャロッピング、ねじれモードの振動をねじれフラッターと呼ぶことが多い。</p> <p>フラッターは発散振動であるため、いったん発現すると構造物に致命的なダメージを与える恐れがある。したがって、照査風速内で発現しないことが絶対条件であり、実験で得られた発現風速が照査風速を上回る必要がある。すなわち、</p> <p style="text-align: center;">振動発現風速 > 照査風速</p> <p>を確認する。これらの風速の推定式に関しても、渦励振の場合と同じく耐風設計便覧に簡便な算定式が記載されている。なお、この条件を満たさない場合には、フェアリング等の付加による空力的対策などを講じる必要がある。</p>
<p>参考文献</p>	<p>道路橋耐風設計便覧, (社)日本道路協会, 平成3年7月。</p>

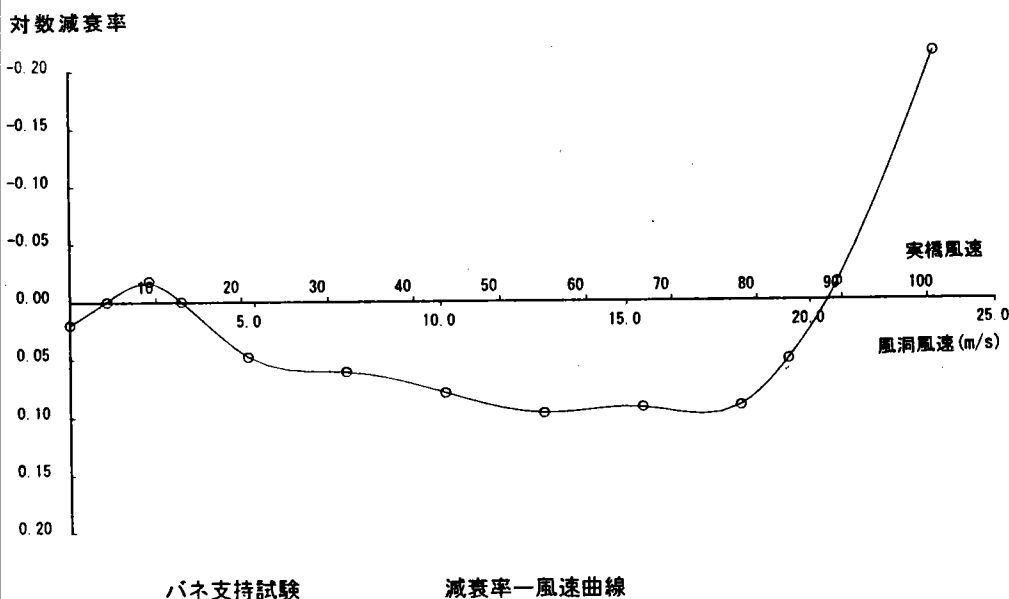
風洞試験データの見方：V- δ （風速-減衰率）図

図の概要と目的

この図は、横軸に風速、縦軸に減衰率をとったものであり、各風速域における減衰率の値を示している。

ここで、減衰率とは、時間の経過に伴う応答振幅の変化率を示すものである。風速がゼロの無風状態では、構造物を強制的に揺らしても、時間の経過に伴って、振動は減少する。すなわち、減衰率は正の値となる。しかし、構造物が渦励振で振動しているときや、発散振動状態にあるときは、振幅は定常か増加しているため、減衰率はゼロか負を示す。

このことから、減衰率は、時間の経過に伴って、応答振幅が増加するか、減少するかを示すものであり、正負と数値の大きさが、振動現象を表す重要な指標の一つといえる。



評価方法

一般的に耐風検討で使われる限界風速とは、構造物が発散状態になる直前の風速であり、V- δ 曲線から算定される。つまり、減衰率の値が正から負に移行するときの風速が、振動発生の有無の限界値であることを意味しているわけである。

参考文献

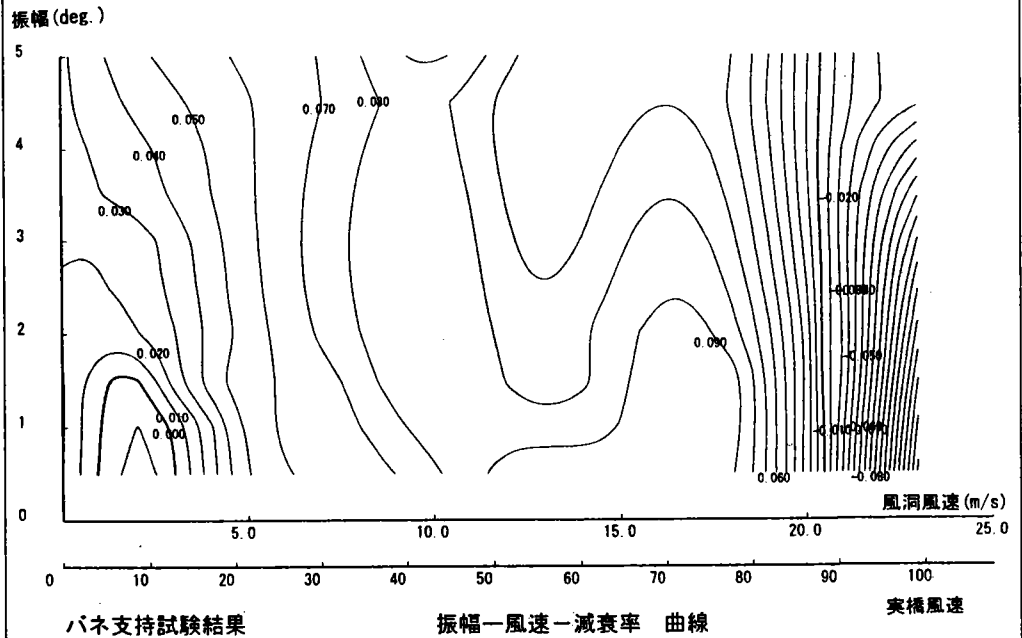
本四公団、本州四国連絡橋風洞試験要領(1980)・同解説、1980

風洞試験データの見方：V-A- δ （風速-振幅-減衰率）図

図の概要と目的

横軸に風速、縦軸に振幅をとり、減衰率を等高線のようにプロットして表したものである。

減衰率の分布が、山や谷で表されるため、振動現象の全体をつかむのに有効である。等高線の間隔が狭くなっている部分では、急激な振動現象の変化が起きていることを示している。減衰率が負になっているところは、振幅が増加していることを示し、例においては、実橋風速 10m/s 付近で、振幅 1.5 程度の渦励振を表しており、実橋風速 90m/s あたりから、発散振動を起こす、実験結果を表している。



評価方法

V-A図やV- δ 図には、示されていない減衰率の振幅方向の分布が示されており、山や谷の状況を検討し、振動性状の把握をおこなう。

参考文献

本四公団、本州四国連絡橋風洞試験要領(1980)・同解説、1980

風洞試験データの見方：Sc-A（スクルートン数－応答振幅）図

<p>図の概要と目的</p>	<p>渦励振の応答振幅は、付加減衰や付加質量に対して傾きが-1の反比例の関係には無い。このため、渦励振の制振対策を検討する際、実験的に減衰や質量を付加し、これらと応答振幅低減の関係を求め、制振設計に必要な付加減衰を求める。結果は、応答振幅（A）とスクルートン数（Sc）との関係として両対数グラフにまとめる。</p> <p>ここに、$Sc = \frac{2m\delta}{\rho BD}$ であり、</p> <p>m：構造物単位長あたり質量、δ：減衰（対数減衰率）、 ρ：空気密度、B,D：構造物代表寸法</p> <div data-bbox="624 965 1141 1469" data-label="Figure"> <p style="text-align: center;"> $\frac{A}{D} = 0.555 \times Sc^{-2.699}$ </p> </div> <p style="text-align: center;"><例：Sc-A（スクルートン数－応答振幅）図></p>
<p>評価方法</p>	<p>1) 設計上許容される振動振幅に対するスクルートン数を図（図中近似式）から求める。</p> <p>2) 1) で求めたスクルートン数を実現可能な制振装置を設計する。</p>
<p>参考文献</p>	<p>① 山口、構造振動・制御、共立出版</p> <p>② 土木学会構造工学委員会振動制御小委員会、振動制御コネクト（PART A）、1991年7月</p> <p>③ 本書、TMDの項</p>

風洞試験の種類と用途：非定常空気力計測試験

<p>試験の目的</p>	<p>フラッター解析に用いる、風のなかで振動する橋桁に作用する周期的な空気力を縮尺模型から得る。</p>
<p>試験の概要と手順</p>	<p>1) 構造物の形状を忠実に相似させた模型を作成する。</p> <p>2) 模型に風を作用させ、かつ振動をあたえ、振動中の模型に作用する周期的な空気力を計測する。(このとき、振動により模型には慣性力が作用するが、これを機械的あるいは電氣的に分離し、作用する空気力のみを計測する)。</p> <p>3) 非定常空気力は換算振動数 ($=fB/V$, V:風速, f:振動数, B:桁幅) の関数であるから、風速あるいは振動数を変化させて、必要な換算振動数範囲の計測を実施する。</p> <p>4) 自由振動法による計測は、歴史も深いですが、最近ではシステム同定を活用した方法による精度向上の報告もされている。</p> <div data-bbox="624 913 1146 1301" data-label="Diagram"> </div> <p style="text-align: center;"><非定常空気力計測試験の概要></p>
<p>試験の特徴</p>	<p>1) 一定振幅で加振中の橋桁模型に作用する空気力を計測するため、専用の装置が必要。</p>
<p>試験の取りまとめ</p>	<p>1) 換算風速—非定常空気力係数 表</p> <p>2) (フラッター解析を経て、)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・風速—減衰率曲線 ・迎角—発振風速図
<p>参考文献</p>	

風洞試験の種類と用途：流れの可視化試験

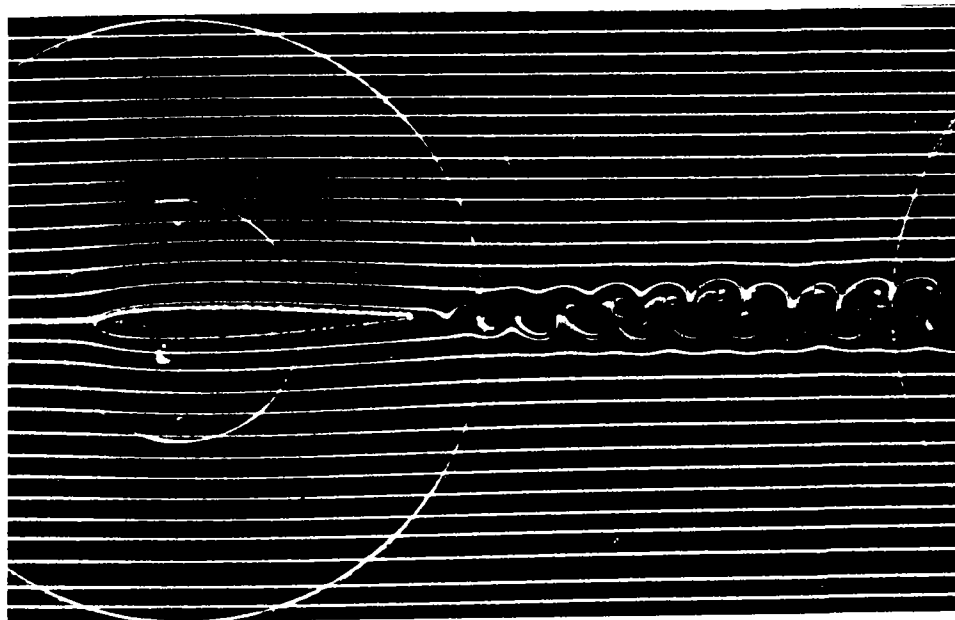
試験の目的	風洞試験における流体の流線や渦を実際に見ることを目的とする。
試験の概要と手順	<p>一般に構造物の風洞試験は、風洞内に風の流れを再現して構造物の挙動を把握することを目的としている。その際、挙動や応答については、変位や応力を測定することによって明らかにすることができるが、振動現象の解明には、渦や流線の方向を明確にすることが、最もわかりやすいと考える。ここでは、橋梁の可視化で最も使われる煙風洞とタフト法を紹介する。</p> <p>煙風洞とは、可視化専用の風洞で、風洞上流の細管から線状の煙を流してトレーサとし、これが構造物周りでどのような動きを示すのかを見ることによって、流線やはく離の状況、渦の大きさ・発生箇所などの情報を得ることができるものである。</p> <p>同様に煙をトレーサとして可視化を行うものに、スモークワイヤ法がある。これは、上流側に張った電熱線に煙を発生させる油等を塗布し、通電させて熱することにより煙を発生させるものである。</p> <p>またタフト法は、可視化をしたい箇所にタフトと呼ばれるごく簡単な風向計を取り付けて、流れの動きと方向を表現する方法である。タフトは、糸や紙片等の小さく軽いもので作られ、風の流れに沿って動きを変化させることによって、流れの挙動を表すものである。タフト法を大別すると、構造物の表面にタフトを張り付ける表面タフト法と、ピアノ線などで等間隔なグリッドを作成し、その交点にタフトを取り付けたものを構造物の後流に置いて、グリッド面内の流れを可視化するタフトグリッド法があげられる。</p>
結果のとりまとめ	この試験の成果物としては、写真やビデオがあげられる。
試験の特徴	<p>一般に煙風洞は、煙の整流のため風路が極端に縦長で小さく、模型も縮尺の小さなものしか使えない。また、風速もある程度までしか再現できないのが現状である。</p> <p>スモークワイヤ法は、ハンドリングが容易なため細かい部分の可視化にも適用できるが、連続的にきれいな煙を発生させるにはノウハウが必要である。</p> <p>タフト法は、全体的な流線の方向はよくわかるが、複雑な流れの場合には、タフトの挙動をつかみかねることや渦の動きが速い場合には判断が困難となることが挙げられる。</p>
参考文献	流れの可視化学会編集、流れの可視化ハンドブック、1986. 10.

風洞試験データの見方：流れの可視化試験結果

結果の概要と目的

流れの可視化試験は、通常見ることのできない流体の流れを見るための試験であることから、この結果については、流れの状態を撮影した写真やビデオが挙げられる。

煙風洞においては、トレーサーである煙に連続光をあてて撮影する方法と、照明をストロボのように点滅させる機能を用いて、渦の振動数と同期させ、渦をより明確に浮き出させて撮影する方法がある。以下にストロボを同期させた例を示す。



評価方法

結果から、流れが構造物のどこを流れているか、また流れがどこから、はく離しているか、発生している渦はどの程度の大きさか等を読みとって評価する。

一般的に後流渦は、構造物に作用力を与え、渦励振等の振動現象を引き起こす。よって、渦の大きさや発生箇所は、振動現象を解明する点で重要となる。しかし、試験結果は定性的なものとなることに注意する必要がある。

参考文献

流れの可視化学会編集、流れの可視化ハンドブック、1986. 10.

4. 2 橋梁風洞試験実施実績調査

本節では、風洞試験の実施の目安の一つとして、橋梁の部位別の既往風洞試験実績を紹介する。

実績調査の範囲は、土木学会年次講演会（昭和62年～平成8年の10年分）の「耐風」分野を中心に報告された論文の内、橋名の出ない基礎的研究を除いたものである。

実績調査は、検討の局面に応じた見方が出来るように、風洞試験で対象とした下記の部位別として整理した。

- ①全橋対象
- ②主塔対象（吊橋，斜張橋）
- ③桁対象
- ④ケーブル対象

一方、すべての橋梁の中で、風洞試験が必要な橋梁の割合を見る目安として全橋梁数（日本橋梁建設協会：橋梁年鑑より調査）の中に占める風洞試験実施件数を次表に示す。

支間長別建設実績(8年分累計)と風洞実験数(10年分累計)

最大支間長	0～50m		50～100m		100～150m		150～200m		200m以上		橋梁数計	風洞実験数
	道	歩	道	歩	道	歩	道	歩	道	歩		
桁橋	2720	61	1460	23	81	3	6	0	9	0	4363	8
斜張橋	7	15	8	9	12	3	6	1	8	0	69	29
吊橋	0	4	1	10	1	3	0	0	2	1	22	12
アーチ橋	5	6	6	4	6	2	6	0	6	0	41	4
その他	57	27	151	26	59	5	17	0	9	0	351	2

トラス橋・ランガー橋は桁橋、ローゼ橋・ニールセン橋・ラーメン橋はその他とした
 ・橋梁建設実績：平成1～8年版（8年累計） 橋梁年鑑より
 ・風洞実験数：土木学会年次学術講演会（「第1分野・耐風」昭和62年～平成8年）

塔高（斜張橋・吊橋）別建設実績(8年分累計)と風洞実験数(10年分累計)

塔高	0～10m		10～20m		20～30m		30～40m		40～50m		50m以上		橋梁数計	風洞実験数
	道	歩	道	歩	道	歩	道	歩	道	歩	道	歩		
斜張橋	0	2	0	7	6	13	4	3	15	1	17	2	70	20
吊橋	0	4	2	7	0	0	0	3	0	0	1	0	17	6

・橋梁建設実績：平成1～8年版（8年累計） 橋梁年鑑より
 ・風洞実験数：土木学会年次学術講演会（「第1分野・耐風」昭和62年～平成8年）

風洞試験実績調査一覧（主塔対象 1/3）

土木学会年次学術講演会講演概要集(S62～H8)より

論文 No.	橋名	橋形式	最大支間長	桁形式 塔形式	全幅 (m)	桁高 (m)	塔高 (m)	振動数 (Hz)	対象現象	検討内容	風洞試験種類	耐風対策等	備考
S62-I-322	淀川新橋	斜張橋	238	一本柱	-	-	43.4	-	渦励振 ギヤロッピング	主塔断面形状検討	ばね支持試験	隅切り断面 スリット	完成時 一様流
S62-I-324	東神戸大橋	斜張橋	485	H型塔	-	-	150	-	渦励振 ギヤロッピング	主塔断面形状 ゴンドラレベル位置	三次元弾性模 型試験	隅切り断面	架設時 一様流
S62-I-330	東京港連絡橋	吊橋	570	ラーメン形 式塔	-	-	870	0.43h	渦励振 ギヤロッピング	振動評価	三次元弾性模 型試験	-	架設時 完成時 一様流
S62-I-332	横浜港横断橋	斜張橋	460	H型塔	-	-	172	0.46h	限定振動 ギヤロッピング	振動評価	三次元弾性模 型試験	-	一様流 架設時
S62-I-333	横浜港横断橋	斜張橋	460	H型塔	-	-	172	-	限定振動 ギヤロッピング	振動評価	三次元弾性模 型試験	-	一様流 架設時 (併合直前)
S62-I-334	横浜港横断橋	斜張橋	460	H型塔	-	-	172	-	ギヤロッピング	制振対策検討	三次元弾性模 型試験	-	一様流 架設時
H1-I-401	白鳥大橋	吊橋	720	箱桁	23	2.5	131	0.828h 0.573v 1.800t	渦励振	制振対策検討	三次元 弾性試験	隅切り	完成系
H3-I-246	名港中央大橋	斜張橋	590	箱桁 A型塔	34	3.5	190	-	ギヤロッピング	空力対策断面検討	三次元弾性試 験	面取り断面	独立時 完成系
H3-I-247	明石海峡大橋	吊橋	1990	トラス桁 H型塔	35.5	14	283	0.475v	渦励振 ギヤロッピング	振動評価	三次元弾性試 験	隅切断面 制振装置	架設時
H4-I-204	さぬき府中湖 橋	斜張橋	130	箱桁 一本柱	23.3	2	53	4.288v 3.752h	渦励振 ギヤロッピング	制振装置の検討	三次元弾性試 験	IMD	独立時
H4-I-258	鶴見航路橋	斜張橋	510	箱桁 逆V型	38	4	180	-	渦励振	塔独立時 制振装置の検討	三次元弾性試 験	AMD	独立時
H4-I-263	饒波川橋	斜張橋	150	箱桁 逆V型	25.3	3	65.5	0.797v 3.221h	渦励振 ギヤロッピング	振動評価 制振装置の検討	三次元弾性試 験	-	架設系
H4-I-264	安芸灘大橋	吊橋	750	H型塔	-	-	120	-	渦励振 フラッター	振動評価 空力対策断面検討	ばね支持試験	隅切り断面	独立時
H4-I-264	浦上川歩道橋	斜張橋	50.7	箱桁 一本柱	7.2	1.2	25	1.14h	渦励振 ギヤロッピング	振動評価 空力対策断面検討	ばね支持試験	プレート	歩道橋 完成系

風洞試験実績調査一覧 (主塔対象 2/3)

土木学会年次学術講演会講演概要集(S62~H8)より

論文 No.	橋名	橋形式	最大支間長	桁形式 塔形式	全幅 (m)	桁高 (m)	塔高 (m)	振動数 (Hz)	対象現象	検討内容	風洞試験種類	耐風対策等	備考
H5-I-355	中島大橋 (仮称)	斜張橋	163	箱桁 H型塔	14.5 (フェアリング除く)	2.4	71	0.494v 0.998h	渦励振 ギヤロッピング	塔形状検討	三次元弾性試験	塔隅切り (カバープレート)	塔架設系 一樣流 境界層乱流
H5-I-358	名港中央大橋	斜張橋	590	箱桁 A型塔	37.5	3.5	190	-	渦励振	振動特性評価	三次元弾性試験	-	塔架設系 一樣流
H5-I-359	名港中央大橋	斜張橋	590	箱桁 A型塔	37.5	3.5	190	-	-	作用空気力測定	三次元剛体試験	塔隅切り	架設系塔完成時 一樣流 境界層乱流
H6-I-496	来島大橋	吊橋	1020 (第二) 1030 (第三)	箱桁 H型塔	32.3	4.3	143. 45(6 P) 179. 45(8	-	-	塔架設時安定性検討	三次元弾性試験	-	塔架設系 タワークレーン工法 一樣流
H6-I-532	弓削大橋	斜張橋	175	A型塔	-	-	51	-	ギヤロッピング	制振装置検討	三次元弾性試験	デフレクター	架設系塔完成時 一樣流 境界層乱流
H6-I-563	来島第三大橋	吊橋	1030	箱桁 H型塔	32.3	4.3	179. 45(8 P)	-	渦励振	振動特性評価	三次元弾性試験	-	塔架設系 境界層乱流
H6-I-633	中島大橋 (仮称)	斜張橋	163	箱桁 H型塔	14.5 (フェアリング除く)	2.4	71	0.494v 0.998h	渦励振	制振装置検討	三次元弾性試験	AMD TMD	架設系塔完成時
H7-I-709	東京レポートSt 連絡橋	斜張橋 (傾斜塔)	146.5	箱桁 1本柱	10.00	-	88.2	-	渦励振 ギヤロッピング ガスト応答	制振装置検討	三次元 弾性試験	TMD	歩道橋 完成系
H8-I-A237	常吉連絡橋	斜張橋 (傾斜塔)	250.0	箱桁 A型塔	16.75	2.4	80.0	-	渦励振 バフェーティング	振動評価	三次元 弾性試験	フェアリング	完成時 塔架設完了時 主桁架設時 一樣流、乱流
H8-I-A249	女神大橋	斜張橋	480	箱桁 H型塔	31.1	3.0	-	0.229h 1.247t 0.481v	渦励振 フラッター	制振対策検討	三次元 弾性試験	整流板	完成系

風洞試験実績調査一覧 (主塔対象 3/3)

土木学会年次学術講演会講演概要集(S62~H8)より

論文 No.	橋名	橋形式	最大支間長	桁形式 塔形式	全幅 (m)	桁高 (m)	塔高 (m)	振動数 (Hz)	対象現象	検討内容	風洞試験種類	耐風対策等	備考
H8-I-A250	新尾道大橋	斜張橋	215	箱桁 1本柱	25.0	2.33	34.8	1.004	渦励振 ギャロッピング バフェッティング	耐風安定性検討	三次元 弾性試験	隅切り断面	完成系 一様流 乱流
H8-I-A251	名港西大橋 (II期線)	斜張橋 (並列橋)	405	箱桁 A型塔	19.4	2.85	122.0	0.281h 1.090v	渦励振 バフェッティング	耐風安定性検討	三次元 弾性試験	-	塔架設独立時 一様流 乱流
H8-I-A253	来島大橋	吊橋	1030	箱桁	27.0	2.23 4.03	170	-	渦励振	制振装置検討	三次元 弾性試験	AMD TMD	架設系 一様流

風洞試験実績調査一覧 (桁対象 1/2)

土木学会年次学術講演会講演概要集(S62~H8)より

論文 No.	橋名	橋形式	最大支間長(m)	桁形式	全幅(m)	桁高(m)	塔高(m)	振動数(Hz)	対象現象	検討内容	風洞試験種類	耐風対策等	備考
S62-I-327	猪名川大橋	斜張橋	107	-	13	-	43	1.9538v 5.0093t	フラッター 渦励振 ギヤロッピング	振動評価	ばね支持試験 三次元弾性試験	開床構造設置	完成系 一様流 乱流
S63-I-353	東京港連絡橋	吊橋	570	トラス 補剛桁	29	8.9	119	-	フラッター	振動評価	三次元弾性試験	開床構造設置	完成時 一様流
S63-I-353	戸田公園大橋	斜張橋	179	-	7.85	1.8	61.4	-	渦励振 ガスト応答	振動評価	ばね支持試験	フェアリング	歩道橋 完成系 一様流、乱流
H1-I-401	白鳥大橋	吊橋	720	箱桁	23	2.5	131	0.113v 0.479t	フラッター 渦励振	振動評価	ばね支持試験 三分力試験	-	完成系
H1-I-405	木津川新橋	アーチ橋	305	2箱桁	12.3	2.5	-	-	渦励振	制振対策検討	ばね支持試験	フラップ	完成系
H1-I-406	木津川新橋 アプローチ	4径間連続 2主桁橋	107.5	2主桁	12	3.5	-	0.7v	ギヤロッピング 渦励振	制振対策検討	ばね支持試験	フェアリング フラップ	完成系
H1-I-408	関西国際空港 連絡橋	連続箱桁橋	約100	箱桁	14	4	-	0.77v	ギヤロッピング 渦励振 ハフエーティング	制振対策検討	三次元弾性試験	下部プレート フラップ スカート	完成系
H1-I-450	生口橋	斜張橋	490	箱桁	24.1	2.7	122.8	-	ギヤロッピング ハフエーティング フラッター	振動評価	三次元弾性試験	-	架設時 (併合直前)
H3-I-248	首都高速12号線 吊橋	吊橋	570	トラス 補剛桁	29	8.9	119	0.240v 0.421t	渦励振 フラッター	振動評価	ばね支持試験	-	桁架設時
H3-I-249	鶴見航路橋	斜張橋	510	箱桁	38	4	180	-	渦励振 フラッター ハフエーティング	単独時、二橋 並列時の振動 評価	ばね支持試験 三次元弾性試験	センターバリア	完成系
H3-I-258	東京国際空港中 央南北連絡橋	斜張橋 (並列橋)	104.4	箱桁	15.46	2	44.5	-	渦励振	空力対策断面 検討	ばね支持試験	フェアリング	単独時 二橋並列時
H3-I-261	牛深漁港連絡橋	7径間連続 桁橋	150	箱桁	13.6	4.87	-	0.579v	渦励振 ギヤロッピング	制振装置検討	ばね支持試験	TMD	完成系
H4-I-262	有明西運河橋	曲線鋼床版 箱桁ラーメン橋	230	箱桁	18.2	3.5 ~ 10.0	-	-	渦励振 ギヤロッピング ハフエーティング	振動評価	ばね支持試験	スカート	完成系 一様流
H4-I-266	中島大橋	斜張橋	163	箱桁	14.5	2.4	71	0.4953v 2.2057t	-	制振対策検討	ばね支持試験 三分力試験	フェアリング	完成系 一様流

論文 No.	橋名	橋形式	最大支 間長(m)	桁形式	全幅 (m)	桁高 (m)	塔高 (m)	振動数 (Hz)	対象現象	検討内容	風洞試験種類	耐風対策等	備考
H6-I-524	琵琶湖大橋	連続桁橋 (並列橋)	140	箱桁	11.5	3.3 ~ 5.6	-	-	渦励振 ギャロッピング	桁形状検討	ばね支持試験	制振プレート	完成系 一様流
H6-I-525	琵琶湖大橋	連続桁橋 (並列橋)	140	箱桁	11.5	3.3 ~ 5.6	-	-	渦励振 ギャロッピング	乱流影響評価	ばね支持試験	制振プレート	完成系 境界層乱流
H6-I-528	大島大橋	斜張橋	350	箱桁	16.8	2.5	114	0.310v 1.250t	渦励振 フラッター	桁形状検討	ばね支持試験	フェアリング	完成系 一様流
H6-I-530	常吉連絡橋	斜張橋	250	箱桁	13.8	2.4	80	0.367v 1.616t	渦励振 フラッター	-	ばね支持試験 三分力試験	フェアリング	完成系 一様流
H6-I-531	梅沢橋	斜張橋	160	箱桁	12.8	2.3	66	0.461v 1.932t	-	制振装置検討	ばね支持試験	TMD	完成系 一様流
H7-I-705	女神大橋	斜張橋	480	箱桁	31.1	3.0	-	-	渦励振 フラッター	桁形状検討	ばね支持試験	フェアリング	完成系 一様流
H8-I-193	明石海峡大橋	吊橋	1990	トラス桁	35.5	14.0	283	-	フラッター	遮風壁形状検討	ばね支持試験	-	完成系 一様流
H8-I-193	来島第二大橋	吊橋	1020	箱桁	27.0	4.3	178	-	フラッター	遮風壁形状検討	ばね支持試験	-	完成系 一様流
H8-I-198	新北九州空港 連絡橋	単弦ローゼ橋	210	箱桁	25.6	3.0	-	アチ面外 0.48	渦励振	制振対策検討	ばね支持試験	フェアリング	完成系 一様流
H8-I-232	宮境橋	斜張橋	187.5	箱桁	14.8	2.4	65.0	(実橋) 0.445v 1.143t	フラッター 渦励振	主桁形状検討 静的空気力特 性把握	ばね支持試験 三分力試験	-	完成系 一様流 乱流
H8-I-233	浜田マリン大橋	斜張橋	200	箱桁	-	-	89.0	(実橋) 4.70v	渦励振	制振対策検討	ばね支持試験	フェアリング 防護柵	完成系
H8-I-237	常吉連絡橋	斜張橋 (傾斜塔)	250.0	箱桁	16.75	2.4	80.0	-	渦励振 パフェッティング	振動評価	三次元弾性試験	フェアリング	完成時 塔架設完了時 主桁架設時 一様流 乱流

論文 No.	橋名	橋形式	最大支 間長 (m)	桁形式 塔形式	全幅 (m)	桁高 (m)	塔高 (m)	振動数 (Hz)	対象現象	検討内容	風洞試験 種類	耐風対策 等	備考
S63-I-337 351	淀川新橋 (仮称)	斜張橋	238	-	-	-	43.4	0.442h 0.55v 2.89t	渦励振	完成系主塔 空力挙動	三次元弾性 試験	-	架設系 一様流
S63-I-338	東神戸大橋	斜張橋	485	トラス桁	17	10.2	150	-	渦励振 バフェッティング	耐風安定性	三次元弾性 試験	-	完成系 一様流 乱流
H1-I-382	首都高12号 線吊橋	吊橋	570	トラス桁 ラーメン塔	29	8.9	125.6	0.168v 0.149t	フラッター 渦励振 バフェッティング	振動評価	三次元 弾性試験	クレーチング	完成系
H3-I-245	東京湾横断 道路	10径間連 続桁橋	240	箱桁	29.9	3.0~ 10.5	-	0.335v	渦励振 フラッター	振動評価	ばね支持試 験、三次元 弾性試験	-	完成系
H3-I-259	白鳥大橋	吊橋	720	箱桁	23	2.5	130	-	渦励振 フラッター バフェッティング	振動評価	三次元弾性 試験	フェアリング	架設系 完成系
H4-I-256	明石海峡 大橋	吊橋	1990	トラス補 剛桁 H型塔	35.5	14	283	-	静的変形	耐風性検討	三次元弾性 試験	-	完成系
H4-I-257	明石海峡 大橋	吊橋	1990	トラス補 剛桁 H型塔	35.5	14	283	0.064v 0.150t 0.039h	フラッター (一様流)	振動評価	三次元弾性 試験	センターハリア 鉛直スタビライ ザー	完成系
H4-I-259	鶴見航路橋	斜張橋	510	箱桁 逆V型 塔	38	4	180	-	渦励振 フラッター バフェッティング ガスト応答	振動評価	三次元弾性 試験	-	架設系
H4-I-260	鶴見航路橋	斜張橋	510	箱桁 逆V型 塔	38	4	180	-	渦励振 フラッター バフェッティング	単独橋 並列橋時 振動評価	三次元弾性 試験	センターハリア	完成系

風洞試験実績調査一覧 (全橋対象 2/4)

土木学会年次学術講演会講演概要集(S62~H8)より

論文 No.	橋名	橋形式	最大支間長 (m)	桁形式 塔形式	全幅 (m)	桁高 (m)	塔高 (m)	振動数 (Hz)	対象現象	検討内容	風洞試験種類	耐風対策等	備考
H4-I-261	名港中央大橋	斜張橋	590	箱桁 A型塔	34	3.5	190	-	静的変形 フラッター バフェッティング	バランス架設時 振動評価	三次元弾性試験	-	架設系
H4-I-267	岸和田大橋	アーチ	255	箱桁 バスケット ハントル 型	26	3.5	50	0.430v 0.825t	渦励振 バフェッティング	振動評価	三次元弾性試験	-	完成系
H4-I-273	来島大橋	吊橋	1030	箱桁 H型	-	-	170.45	-	周辺気流	気流特性	地形模型試験	-	-
H5-I-350	明石海峡大橋	吊橋	1990	トラス桁 H型塔	35.5	14	282.8	-	ガスト応答	ガスト応答 特性検討	三次元弾性試験	-	完成系 境界層 乱流
H5-I-356	中島大橋 (仮称)	斜張橋	163	箱桁 H型塔	14.5 (フェアリング 除く)	2.4	71	-	渦励振 キャロッピング	桁及び塔形 状検討	三次元弾性試験	フェアリング 塔隅切り	完成系 架設系 一様流 境界層 乱流
H6-I-494	多々羅大橋	斜張橋	890	箱桁 逆Y型 塔	27.4 (暫定供用系) 31.8 (完成供用系)	2.7	220	0.235v 0.546t (暫定供用系) 0.216v 0.501t (完成供用系)	ガスト応答	ガスト応答 特性検討	三次元弾性試験	-	完成系 架設系 境界層 乱流
H6-I-527	名港中央大橋	斜張橋	590	箱桁 A型塔	37.5	3.5	190	0.173v 0.217h 0.563t	ガスト応答	桁形状検討	三次元弾性試験	-	完成系 一様流 境界層 乱流

論文 No.	橋名	橋形式	最大支間長 (m)	桁形式 塔形式	全幅 (m)	桁高 (m)	塔高 (m)	振動数 (Hz)	対象現象	検討内容	風洞試験種類	耐風対策等	備考
H6-I-562	多々羅大橋	斜張橋	890	箱桁 逆Y型 塔	27.4 (暫定 供用系) 31.8 (完成 供用系)	2.7	220	0.235v 0.546t(暫 定供用系) 0.216v 0.501t(完 成供用系)	渦励振	振動特性評 価	三次元弾性 試験	-	完成系 架設系 一様流
H7-I-B701	舞洲~夢洲 連絡橋 (仮称)	アーチ橋 (浮体橋)	280	箱桁	42.6	3.00	アーチライズ 28.78	-	-	静的空気力 計測 空力対策検 討	三次元 弾性試験	隅切り断 面	完成系 一様流 乱流
H7-I-B728	多々羅大橋	斜張橋	890	箱桁 逆Y型 塔	30.6	2.70	220	-	ガスト応答 バフティング	ガスト応答 特性評価 制振対策検 討	三次元 弾性試験	-	架設系 乱流
H7-I-B729	多々羅大橋	斜張橋	890	箱桁 逆Y型 塔	30.6	2.70	220	-	-	周辺地形を 考慮した気 流特性検討	三次元 弾性試験	-	完成系 乱流
H7-I-B732	多々羅大橋	斜張橋	890	箱桁 逆Y型 塔	30.6	2.70	220	4.768v 2.140h	ガスト応答	振動評価	三次元 弾性試験	-	完成系 架設系 乱流
H7-I-B733	多々羅大橋	斜張橋	890	箱桁 逆Y型 塔	30.6	2.70	220	-	ガスト応答	周辺地形を 考慮したガ スト応答特 性評価	三次元 弾性試験	-	完成系 乱流
H8-I-A174	フライト ロード空港 大橋	アーチ橋	410	-	-	-	-	-	-	気流影響評 価	地形模型試 験	-	-

風洞試験実績調査一覧 (全橋対象 4/4)

土木学会年次学術講演会講演概要集(S62~H8)より

論文 No.	橋名	橋形式	最大支 間長 (m)	桁形式 塔形式	全幅 (m)	桁高 (m)	塔高 (m)	振動数 (Hz)	対象現象	検討内容	風洞試験 種類	耐風対策 等	備考
H8-I-A181	多々羅大橋	斜張橋	890	箱桁 逆Y型 塔	30.6	2.70	220	-	ガスト応答	周辺地形を 考慮したガ スト応答特性 評価	三次元 弾性試験	-	架設系 乱流
H8-I-A186	撫養橋	桁橋 (並列橋)	160	箱桁	11.7	3.0~ 7.0	-	(実橋) 0.447v上 0.488v下	ギャロッピング バフェッティング	振動評価	三次元 弾性試験	制振プレート 質量付加	完成系
H8-I-A235	名港西大橋	斜張橋 (並列 橋)	405	箱桁 A型塔	19.4	2.85	127	(実橋) 0.258h 0.325v	渦励振 バフェッティング	異なる振動 数比による 振動評価	三次元 弾性試験	-	完成系 一様流 乱流
H8-I-A236	来島第二 大橋	吊橋	1020	箱桁	27.0	4.3	178	-	渦励振 フラッター	振動評価	三次元 弾性試験	-	完成系 一様流
H8-I-A237	常吉連絡橋	斜張橋 (傾斜 塔)	250.0	箱桁 A型塔	16.75	2.4	80.0	-	渦励振 バフェッティング	振動評価	三次元 弾性試験	フェアリンク	完成時 塔架設 完了時 主桁架 設時 一様流 乱流

風洞試験実績調査一覧 (ケーブル対象)

土木学会年次学術講演会講演概要集(S62~H8)より

論文 No.	橋名	橋形式	最大支 間長 (m)	桁/ ケーブル 形式	全幅 (m)	桁高 (m)	塔高 (m)	振動数 (Hz)	対象現象	検討内容	風洞試験種類	耐風対策 等	備考
S62-I-350	安治川橋梁	斜張橋	350	箱桁 ファン型	27~ 39	3.2	160.5	1.62 (模型)	レインバウブレイション	振動特性評価	ばね支持試験	-	一様流
H1-I-373	荒津大橋	斜張橋	185	箱桁 ファン型	21	2.5	60	0.64~	レインバウブレイション	制振装置検討	ばね支持試験 実機振動実験	オイルダン パー	-
H1-I-374	東神戸大橋 (その1)	斜張橋	485	トラス補 剛桁 ハープ	17	10.2	146.5	-	レインバウブレイション	制振装置検討	ばね支持試験	平行突起	-
H1-I-375	東神戸大橋 (その2)	斜張橋	485	トラス補 剛桁 ハープ	17	10.2	146.5	-	レインバウブレイション	制振装置検討	ばね支持試験	平行突起	-
H5-I-361	多々羅大橋	斜張橋	890	箱桁 ファン型	31	2.7	220	0.26	レインバウブレイション	振動特性評価	ばね支持試験	デインプル	一自由度 二自由度

4. 3 相似則

風洞実験では、一般に縮尺模型が用いられる。実橋に発生する現象と模型に発生する現象を結びつける法則が相似則である。

相似則は、原型で発生する現象と模型に発生する現象を支配する方程式の各項次元が同一であることを示す π 定理に基づいて、次元解析から求められる。

広く行われている一様流中の構造物の挙動についての風洞実験を考えると、その挙動は、構造物の形状と次の8つの物理量によって定まる。

V : 風速	ρ : 空気密度
μ : 空気の粘性係数	B : 構造物を代表する寸法
E : 構造材料の弾性係数	σ_s : 構造物の密度
δ : 構造減衰	g : 重力の加速度

これらの物理量に次元解析を施せば、表 4-2 に示す5つの無次元パラメータが導かれ、これらが実橋と模型の間で一致することを要求することが相似則である。

表 4-2 構造物の風洞実験（一様流）での相似パラメータ

無次元パラメータ	表示式	力学的意味
減衰パラメータ	δ	散逸エネルギー/振動エネルギー
弾性パラメータ	$E/\rho V^2$	構造物の弾性力/空気の慣性力
慣性パラメータ	ρ/ρ_s	構造物の慣性力/空気の慣性力
重力パラメータ(フルード数)	$g B/V^2$	構造物の重力/空気の慣性力
粘性パラメータ(レイノルズ数)	PVB/μ	空気の慣性力/空気の粘性力
風速パラメータ	V/fB	構造物の振動周期あたりの風速

実際問題としては、上記の全てを同時に満足させることは困難であることが多いため、模型や風洞の制約から、実験の対象とする現象の特質に応じて、相似則を緩和したり、模型の製作にあたって特別の工夫をしたりすることが必要となる。

代表的な風洞実験の中から、3次元弾性模型の設計例を表 4-3 に示す。

表 4-3 実橋および模型諸元一覧 (1/n=1/100)

※ 本州四国連絡橋公団、因島大橋工事誌 より

諸 元	実 橋	縮尺	模 型	
			所 要 値	実 際 値
ケーブル支間長				
{ 中央径間	770 m	1/n	770 cm	770 cm
{ 側径間	250 m		250 cm	250 cm
吊構造部支間長				
{ 中央径間	762 m	1/n	762 cm	766 cm
{ 側径間	236 m		236 cm	246 cm
サ グ 長				
{ 中央径間	76 m	1/n	76 cm	76 cm
{ 側径間	7.2 m		7.2 cm	7.2 cm
ケーブル間隔	26 m	1/n	26 cm	26 cm
" 外径	61 cm	1/n	6.1 mm	6.1 mm
ケーブル伸び剛性	4.852×10 ⁶ t/片側	1/n ³	4.852×10 ³ kg/片側	3.97×10 ³ kg/片側
主構間隔	26 m		26 cm	26 cm
" 高さ	9 m	1/n	9 cm	9 cm
" 格間長 { (中)	10.02 m		10.02 cm	10 cm
{ (側)	9.82 m	9.82 cm	10 cm	
重 量 (完成系)				
ケーブル	4.87 t/m/Br	1/n ²	4.87 g/cm/Br	4.87 g/cm/Br
吊構造部	16.66 t/m/Br		16.66 g/cm/Br	19.16 g/cm/Br
合計	21.53 t/m/Br		21.53 g/cm/Br	24.03 g/cm/Br
(架設系)				
ケーブル	4.87 t/m/Br	1/n ²	4.87 g/cm/Br	4.87 g/cm/Br
吊構造部	11.37 t/m/Br		11.37 g/cm/Br	18.25 g/cm/Br
合計	16.24 t/m/Br		16.24 g/cm/Br	23.12 g/cm/Br
極慣性モーメント(完成系)				
ケーブル	83.9 tms ² /m/Br	1/n ⁴	83.9 gcms ² /m/Br	83.9 gcms ² /m/Br
吊構造部	145.6 tms ² /m/Br		145.6 gcms ² /m/Br	119.8 gcms ² /m/Br
合計	229.5 tms ² /m/Br		229.5 gcms ² /m/Br	203.7 gcms ² /m/Br
(架設系)				
ケーブル	83.9 tms ² /m/Br	1/n ⁴	83.9 gcms ² /m/Br	83.9 gcms ² /m/Br
吊構造部	106.4 tms ² /m/Br		106.4 gcms ² /m/Br	119.8 gcms ² /m/Br
合計	190.3 tms ² /m/Br		190.3 gcms ² /m/Br	203.7 gcms ² /m/Br
主構剛性				
鉛直曲げ	12.14×10 ⁷ tm ² /Br	1/n ⁵	12.14 kgm ² /Br	2.47 kgm ² /Br
横曲げ	101.4×10 ⁷ tm ² /Br		101.4 kgm ² /Br	(測定不可能)
ねじれ	2.80×10 ⁷ tm ² /Br		2.80 kgm ² /Br	3.28 kgm ² /Br
曲げねじれ			(無 視)	
主塔剛性 (塔頂バネ定数)				
橋軸方向曲げ	1.71 t/m	1/n ²	171 g/cm	125 g/cm
ねじれ	3.31×10 ⁵ tm/rad	1/n ⁴	331 kgcm/rad	457 kgcm/rad