

首都高速道路公団 正負 有江 義晴
建設省土木研究所 正負 大久保 忠良
〃 複 坂 義幸

1 まえがき

長大吊橋の設計に際しては耐風安定性についての検討が不可欠の条件であるとされてきたが、最近すぐれた構造材料の開発、新しい構造型式の採用等とあり、橋梁は長大化、軽量化の途をたどっており、これに伴って吊橋以外にもかなり可撓性に富む橋梁がみうけられ、耐風安定性の問題は長大吊橋に限られるものではなくなってきた。例えば斜張橋は普通の桁橋に較べかなり柔軟な構造になっており、桁橋では問題とされてきた空力不安定現象に対する検討が必要となってきた。

首都高速道路公団が高速7号線 223工区に予定している荒川大橋は斜張橋として計画されているが、これに関連して風洞模型実験による耐風性の検討を行なったこと概要を報告する。

2 荒川大橋の諸元と模型

荒川大橋は図-1に示すように三径間連続鋼床版斜張橋で橋巾 17.9m、桁高 2.4m、ケーブル取付間隔は 27.5mで、また主塔は中央分離帯上で補剛桁ト剛結してなされた可撓性塔であり、下側ケーブル取付高は 12.0m、上側ケーブル取付高は 24.0m、斜張索断面積は 0.021 m^2 である。

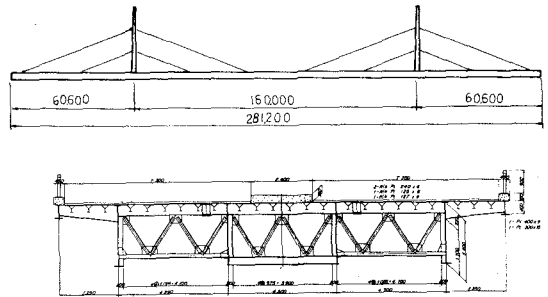


図-1 荒川大橋一般図

風洞模型は幾何学的形状が実橋と相似となりければならぬことからできるだけ大きくつくることを望みしり、風洞測定部の大寸法等に制約されるため縮尺を 40 分の 1、長さ 1600mm とした。実験に供した模型は、原型と定めた縮尺した模型-1 とその形状の一部を変えた 4 種である。模型-2 は模型-1 の主桁と箱桁の間にカバプレートを通り単箱桁構造としたもの（図-2.1）、模型-3 は模型-1 の高欄を紙で覆ったもの、模型-4 は模型-1 の地覆の高さを半分にしたもの、模型-5 は模型-1 の下側を覆って逆梯形箱桁構造としたもの（図-2.2）である。なお、実験は建設省土木研究所の橋梁試験用風洞で行なった。

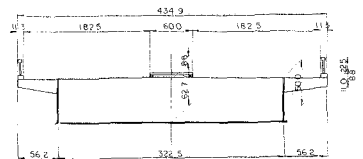


図-2.1 模型-2

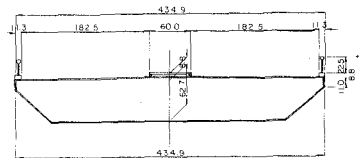


図-2.2 模型-5

3 実験方法

実験は以上の模型について空力三分力の測定とバネ支持模型実験による自由振動の発振風速の測定を行なった。ここでは主として今回の実験の主目的であるバネ支持模型実験の結果に

についてである。ここで言うバネ支持模型実験とは橋剛桁の一部、剛体模型とスプリングで吊し、
 風作用を受けたときの模型の挙動を観察する実験で部分模型実験の一種である。

この実験で用いた相似則は以下の通りである。すなわち、模型と原型で次の意味元素が等しくな
 るよう模型の諸量を定めた。

- i 慣性パラメータ $\frac{I_0}{PB^2}, \frac{I_2}{PB^2}$ B: 代表長
 I_0, I_2 : 吊桁、テーブルを含て吊構造部の回転中心まわ
 りの慣性モーメント及び質量
 ii 風速パラメータ $\frac{V}{N_0 B}, \frac{V}{N_0 B}$
 N_0, N_2 : 換気ならびに揺みの振動数
 iii 構造減衰を表わす定数 δ_x, δ_θ
 V : 風速
 δ_x, δ_θ : 換気ならびに揺み振動、構造減衰
 ρ : 空気密度

上記の相似則にもとずき行
 なった今回の風洞実験の実験
 条件を表-1に示す。

表中、支持方法に α, α ,
 α, α とあるのはスプリング
 で吊した模型の振動の自由度
 を示すもので α, α 支持は模
 型が上下振動と回転振動が可
 能なように支持したもので、
 α 支持は回転振動が、 α
 支持は上下振動が可能なが
 うに支持したものである。

なお、上記の相似則のうち

構造減衰については、原型の構造減衰は、あまり判らないうこと、および構造減衰に相当に調整して模
 型に附加するための減衰器をなかつたため当初は模型の振動系、構造減衰と定めることができず
 全例の実験を行なつたが、その後電磁減衰器を試作したことで初期減衰が発振風速に与える影響を調べ
 るための実験を追加した。

4 実験結果

1. 各模型の空力特性

電磁減衰器をつけたで行なつた実験の一部を図-3.1 ~ 3.3 に示す。これらの図は実験風速と
 模型の減衰の関係を示すものであるが一般に模型の対数減衰率は振巾によつて異なるのでここでは片
 振巾 1° のところで対数減衰率を計算した。

まず模型の挙動について概略説明すると、始めにこの風速で発現するのは上下振動であつて、例え
 ば模型-1にあつては、小迎角では模型風速 0.5% で、大迎角では同じく模型風速 1.2% で発振し、
 その振巾は 1 ~ 3 mm に達したがこれらの振動は「すくみ」状の風速範囲で生ずる限定振動で風速が

表1 実験条件

	原 型	理 論 値	模型 No.1 SK-SB-67 40A	模型 No.2 SK-SB-67 40A ₁	模型 No.3 SK-SB-67 40A ₂	模型 No.4 SK-SB-67 40A ₃	模型 No.5 SK-SB-67 40B
重 量	10.51 kg/bribe	10.510 g/model	10.680 g/model	10.250 g/model	10.250 g/model	10.390 g/model	10.680 g/model
慣 性 モーメント	260 t·m ² /in	1,660 g·cm ² sec ² /model	1,623 g·cm ² sec ² /model	1,597 g·cm ² sec ² /model	1,531 g·cm ² sec ² /model	1,531 g·cm ² sec ² /model	1,531 g·cm ² sec ² /model
揺み振動数	0.647 c/s		1.43 c/s	1.46 c/s	1.46 c/s	1.45 c/s	1.43 c/s
振れ振動数	1.663 c/s		3.75 c/s	3.78 c/s	3.86 c/s	3.86 c/s	3.86 c/s
振動数比	1:2.57		1:2.62	1:2.58	1:2.64	1:2.65	1:2.69
風速換算比			(V_p/V_m) ₁ =1.775 (V_p/V_m) ₂ =18.05	(V_p/V_m) ₁ =1.760 (V_p/V_m) ₂ =17.69	(V_p/V_m) ₁ =1.723 (V_p/V_m) ₂ =17.69	(V_p/V_m) ₁ =1.723 (V_p/V_m) ₂ =17.80	(V_p/V_m) ₁ =1.723 (V_p/V_m) ₂ =18.05
バネ強度			880 g	880 g	880 g	880 g	880 g
バネ間隔			32.0 cm	32.0 cm	32.0 cm	32.0 cm	32.0 cm
支持方法			h α , α	h α , α , h	h α	h α	h α , α , h
迎 角			0, ± 3 , ± 6 , ± 9	0, ± 2 , ± 4 , ± 6 , ± 9 0, ± 5 (h mount)	0, ± 2 , ± 4 , ± 6 , ± 9	0, ± 2 , ± 4 , ± 6 , ± 9	0, ± 2 , ± 4 , ± 6 , ± 9 0, ± 5 (h mount)
風速等での 構造減衰							
備 考			原設計案				

る程度大きくなると振動はあまり、また発振時における振巾の増加もめづらなくなつた。
 今回の実験でとりあげた模型では回転振動は上下振動よりも高い風速で発現した。この場合にもまず
 模型風速 $2 \sim 3 \text{ m/s}$ で発振したときの振動は大体限定振動であつて風速を高めるとあつた。しかし
 更に風速をあげれば次にあらわれる振動は風速の上昇と共に急激に振巾が増大する発散振動が生ずる。

我々の最も注目すべきはこの発散振動である。

図-3-1 は模型-1の回転振動における実験風速と模型の減衰の関係を示したものであり、図-4
 は同じく模型-1の風速と最終振巾の関係を示した
 ものである。本州四国連絡橋計画設計指針によ

りば自励振動に対して橋は設計風速の1.2倍の風
 速まで安全でなければならぬ。荒川大橋の耐風
 設計はこの指針に準拠するものとすれば、荒川大
 橋は 25 m/s 以下、近海に対して 66 m/s の風に対

してまで安全でなければならぬ。模型-1の実験結
 果からみて原設計は狭小振動、発散振動の発振風
 速はこの限界値を越えてゐるが狭小振動および旋

転振動の限定振動の発振風速はこの限界値を下す
 べてゐる。そこでこの限定振動の発現をおさ
 せる目的で模型-2～5に對する実験は初期減衰

の影響を調べる実験を追加して行つた。模型
 -2は模型-5の空力特性に近づける回転振動に対
 する結果を図-3-2、3-3 にそれぞれ示す。

図-3-2 は模型-2の空力特性の改善されてゐる。

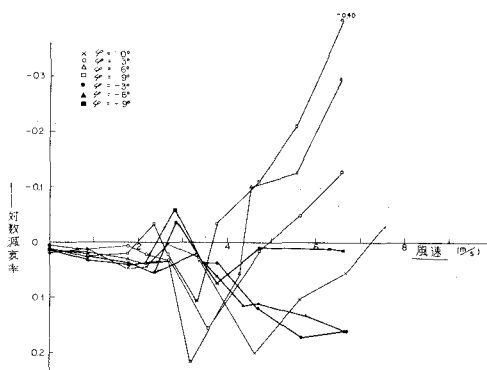


図-3-1 模型-1 V-δ曲線

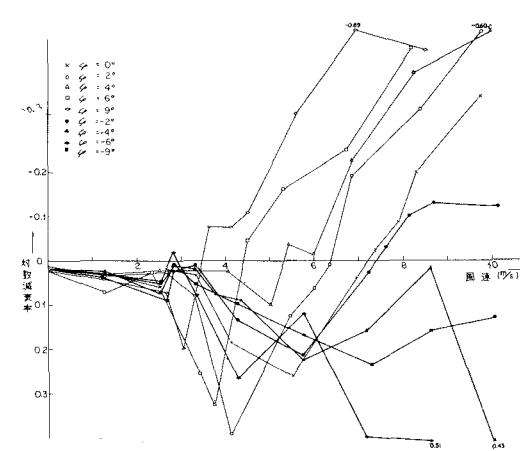


図-3-2 模型-2 V-δ曲線

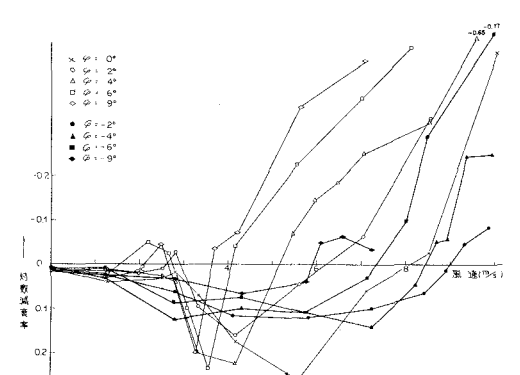


図-3-3 模型-5 V-δ曲線

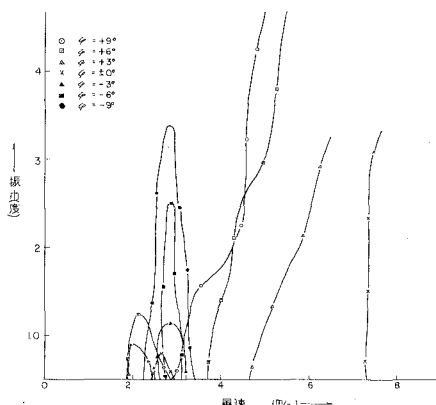


図-4 模型-1 V-A曲線(I)

また模型-4も多少空力特性が改善されている。
 模型-3, 模型-4についてはカスミを要し傾向を示している。

ii. 初期減衰の影響について

以上の実験では構造載重について、相似則を満足しているため、電磁減衰器の支取を要して追試を行ない、初期減衰の大きさにより共振風速及び振巾のどの程度に影響を及ぼすか調べた。その結果を図-5-1, 5-2に示す。これは模型-1の斜支支持、近角での回転振動について、実験結果で風速と振巾と模型-1減衰の関係を示している。図-5-1は附加減衰を零とした場合、図-5-2は $\delta=0.03$ 程度の減衰を加えた場合の結果である。この実験結果から附加減衰を加えると大体その量だけ等減衰線が移動し、空力減衰と初期減衰の重畳合せがほぼ可能であることが確認できた。この結果が正しいとすれば初期減衰 $\delta=0.02$ に計する模型-1の振巾風速曲線(図-4)は初期減衰を $\delta=0.05$ とすれば風速-振巾-減衰曲線上での等減衰線の移動により図-6のようになることが予想される。

4. 考察

以上の実験結果から次のことが推察できる。

i. 各模型のうちで模型-2が、次に模型-4の空力的に優れた断面と云える。

ii. 模型-1の空力特性もかなり良好である。

危険な振動、範囲などおそれるかは問題のあるところであるが例えは片振巾が、振動までを許容するとすれば原設計は十分安全と云えよう。更に実橋・構造載重を $\delta=0.05$ とすればますます安全と云えよう。

5. 結言

以上の実験で原設計の耐風性について安全性が確認された。なお、実験結果とその考察については当日詳しく説明する。

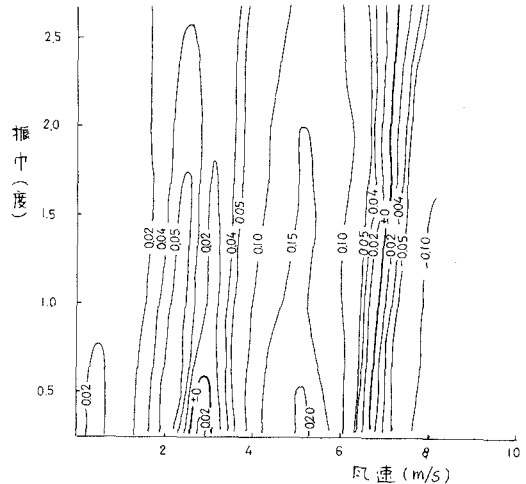


図-5-1 模型-1 V-A- δ 曲線(I)

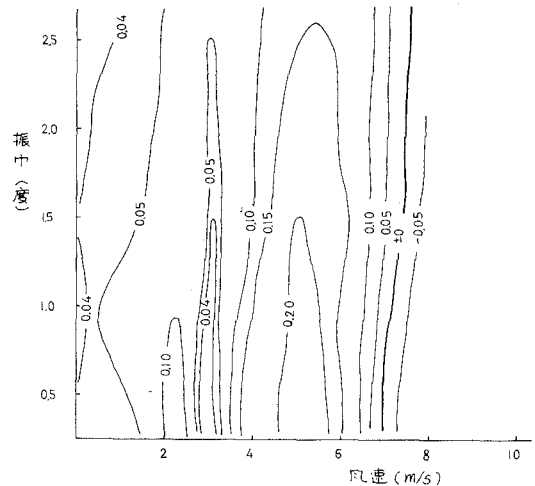


図-5-2 模型-1 V-A- δ 曲線(II)

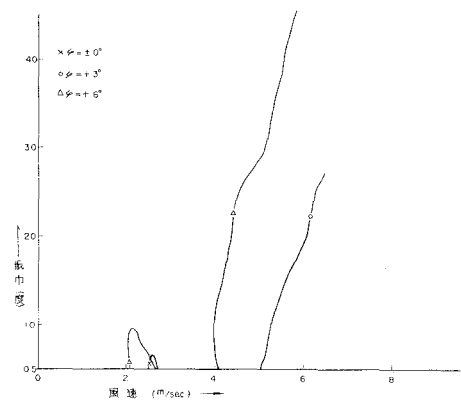


図-6 模型-1 V-A 曲線(II)