

1. まえかき

本研究は現在計画中の本州四国連絡橋因島大橋の架設時の耐風性を調べるために、前回の報告¹⁾に継続して、図1に示される評価手順によって、検討を加えるものである。架設形式としては補剛桁を両側タワーより順次張り出されるものを対象とし、両側タワー部の張り出し長は等しく、その和を中央スパン長に対する比率(%表示)によって架設段階を示すものとする。

2. 架設時の振動特性

本州四国連絡橋公団によって実施された因島大橋架設時の振動解析結果をもとにして得られた、各架設段階における対称1次、逆対称1次モードに対する単位スパン長当りの等価質量 m_{eq} 、等価質量慣性モーメント I_{eq} ^{1), 2)}の結果を図2に示す。図に示されるように、これらの m_{eq} 、 I_{eq} は架設初期に間うに従って次第に大きくなることが知られる。

3. 風洞実験結果

実橋の1/64.6縮尺で次元剛体模型(スパン長93cm, トラス充実率19.4%, グレーニング周床率15.5%)を対象に、完成系(sy-1)、架設系94.5%(sy-1, asy-1)、71.5%(asy-1)について迎角 $6^\circ, 3^\circ, 0^\circ, (-3^\circ, -6^\circ)$ と変化させて実験を行なった。なお模型断面形状は完成系、架設系共に同一とし、振動条件のみを変化させた。実験条件を1例を表1($\alpha=6^\circ$)に示す。このような条件のもとで得られた、換気係数に比例する非定常空気力係数 $A_2^*(2\bar{p}=0.08\text{ rad})$ の結果を図3に示す。図に示されるように、実験条件の違いに依らずほぼ同一の結果が得られている。なお迎角 3° の場合には、実験条件の違いにより A_2^* 値は変化した。このような A_2^* を

TEST CASE		$m(\text{Kg s}^2/\text{m}^2)$	$I(\text{Kg s}^2)$	ω_y/ω_ϕ	$\delta_y(0.05\text{rad})$	$\delta_\phi(10\text{mm})$
完成系 sy1	所定値	0.518	0.0131	2.18	0.03	0.03
	実験値	0.568	0.0102	2.17	0.0259	0.0258
架設系 94.5% sy1	所定値	0.507	0.0128	1.926	(0.03)	(0.03)
	実験値	0.529	0.0122	1.870	0.0256	0.0253
架設系 71.5% asy1	所定値	0.508	0.0126	2.394	(0.03)	(0.03)
	実験値	0.537	0.0137	1.840	0.0244	0.0261

表1. 実験条件(迎角 $\alpha=6^\circ$)

換気係数(2 $\bar{p}$)、0.02, 0.05, 0.08, 0.12 rad について求め、各換算風速値のもとで次式によってべき級数展開による近似を行なった。

$$A_2^*(V, 2\bar{p}) = b_0(V) + b_1(V) \cdot (2\bar{p}) + b_2(V) \cdot (2\bar{p})^2 + b_3(V) \cdot (2\bar{p})^3 \quad (1)$$

4. 実橋の空気特性の検討

i) 非定常空気力係数 A_2^* : 振動モードを有する実橋では、式(1)の係数 b_1, b_2, b_3

はそれぞれ表2に示される $\beta_1, \beta_2,$

β_3 によって補正される。¹⁾ ($\beta_m =$

$\int_0^{x-m+2} \phi_1^2 dx / \int_0^{x-2} \phi_1^2 dx$, ϕ_1 : 桁張り出し長、

ϕ_2 : 1次モード周数絶対値) 係数 b_0

を用いてフラッター零発振風速を議論す

STEP	mode	β_1	β_2	β_3
完成系	sy1	0.8359	0.7315	0.6580
	asy1	0.8488	0.7500	0.6791
架設系 94.5%	sy1	0.8115	0.6917	0.6074
	asy1	0.8855	0.8045	0.7425
架設系 71.5%	asy1	0.8513	0.7541	0.6843

表2. モード周数による補正係数

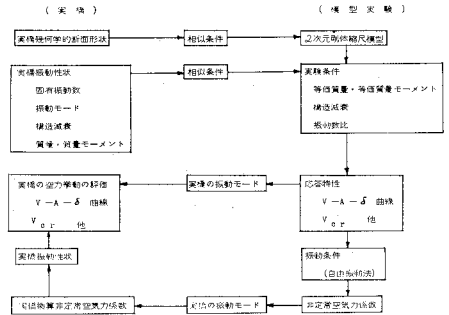


図1. 評価手順ブロック図

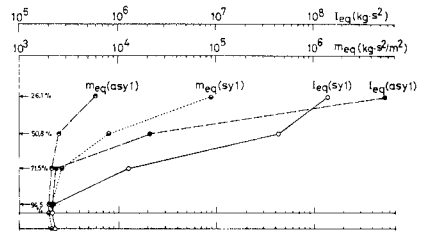


図2. m_{eq}, I_{eq} の変化

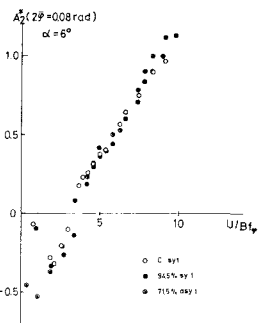


図3. A_2^* 図($\alpha=6^\circ$)

ることとができる。迎角 6° の場合 α b. 図 ($A_{2p}^*(2\bar{\varphi}_j=0)$) を図4に、 $A_{2p}^*(2\bar{\varphi}_j=0.04\text{rad})$ 図を図5に示す。両図を比較すれば、 b_0 のオバばらつきが大きくなっているが、その一因として式(1)による $2\bar{\varphi}=0$ の A_2^* の推定精度が考えられる。

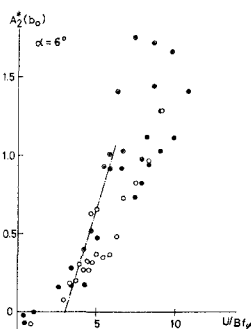


図4. $A_{2p}^*(2\bar{\varphi}_j=0)$ 図

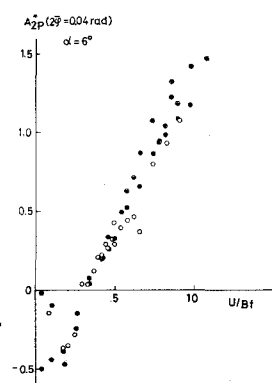


図5. $A_{2p}^*(2\bar{\varphi}_j=0.04\text{rad})$ 図

ii) フラッタ限界風速 U_{cr} : 次のようにして得られた A_{2p}^* を用いて各架設段階におけるフラッタ限界風速を議論することとができる。図6および図7は、図4(b. 図)中の一英鎖線で示された近似直線より得られたフラッタ率発振限界風速 U_{cr} 結果を示す。 A_{2p} の振動条件 (I_{eg} , ω_0/ω_2 等) に依らず一定とすれば、図6より知られるように U_{cr} は [100% 架設系, $sy-1$, $\alpha=6^\circ$] および [71.5% 架設系, $asy-1$, $\alpha=6^\circ$] でほぼ最小となり、完成系の U_{cr} よりやや低下する。一方図7の $U_{cr}-\alpha$ 図では、迎角 3° の場合の結果は、完成系について日本耐風設計基準を満足していないものも含まれているが、架設時の風荷重のように、架設時風を完成系の約 70% と見做すこととできるものと考えれば、あるいは又、前述のように架設時、完成時共同一断面形状を対象としたこと等を考えれば、今回得られた結果は一本 前述の基準をクリアしているものと考えられる。

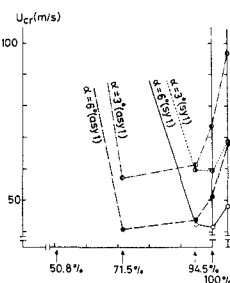


図6 U_{cr} の変化

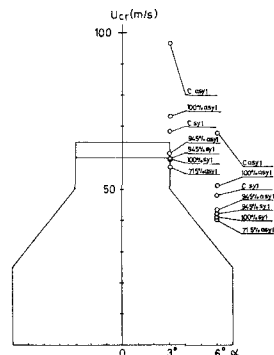


図7. $U_{cr}-\alpha$ 図

iii) V-A- δ 曲線: 図8に V-A- δ の一例 (完成系 $sy-1$, $\alpha=6^\circ$) の場合の二次元実験結果と実橋への解析結果の比較) を示す。表2に示されたように二次元実験より得られる A_2^* に対するモードの補正係数 ($\beta_1, \beta_2, \beta_3$) は、約 84~65% の間にあり、 A_{2p}^* は A_2^* より大きく変化することはないことと対照して、図9に示されるように実験値と解析値 (組立構造減衰は風洞実験結果を用いた。) には全体としては大きな差はなく、振れ倍振幅が大きくなる領域でやや解析値 (実橋) の方が不安定化 (同じ風速増加に対して振れ倍振幅増加が大きい) となっている程度である。

5. 結 び

以上のことより、因島大橋架設段階では、迎角 6° , 3° では完成時に比べ、そのフラッタ限界風速が若干低下することと予想されるが、一本本州四国連絡橋耐風設計基準に定められた条件を満足しているものと判断される。

最後に架設時振動解析等、多大の御協力、御援助を得ました本州四国連絡橋公団および建設局の関係各位に深く謝意を表すものである。

- 参考文献 1) 松本, 白石, 土木学会第32回全国大会
2) 横山, 成田, 土木学会第31回全国大会

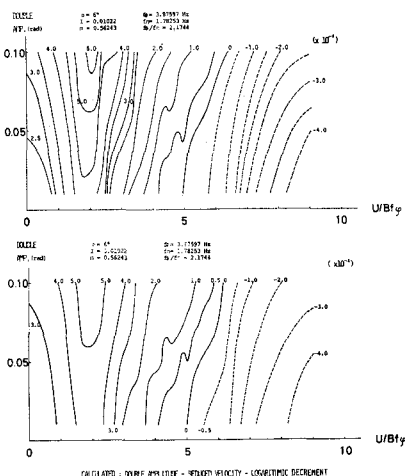


図8 V-A- δ 曲線の比較 (上段二次元実験結果, 下段実橋解析結果)