

走行車輛の安全性を考慮した超長大橋の耐フラッター性能向上に関する研究

三菱重工業 正員○所 伸 介, 三菱重工業 正員 本田 明弘, 三菱重工業 正員 増田伊知郎

1. はじめに

中央支間長が2000mを超える規模の超長大吊橋では、優れた耐フラッター性能が要求されるのはもちろんのこと、経済性の向上もまた重要な課題である。したがって、経済性に優れた箱桁断面を検討対象として、より耐フラッター性能の高い断面形状を開発することが急務である。

さらに最近では、強風時における橋上走行車輛の安全性の確保も重要な問題として認識されつつあり、遮風壁を設置した状態でも優れた耐風安定性を保持できる断面を開発する必要がある。

本研究では、耐フラッター性能に優れた箱桁断面形状を模索するとともに、遮風壁を設置した場合の耐風安定性についても検討を行った。

2. 箱桁断面形状の開発

2. 1 風洞試験概要

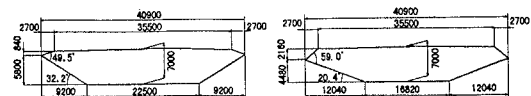
本研究では、中央支間 2500m の吊橋を想定して、縮尺 1/200 の部分模型を製作し、迎角 $\pm 3^\circ$ の範囲において二自由度応答試験を行った。尚、想定した吊橋の振動諸元及び模型測定値は表 1 に示すとおりである。また、上記諸元での Serberg 式によるフラッター限界風速推定値を付記しておく。

表 1 想定吊橋及び模型の振動諸元

項目	単位	実橋諸元	模型値
全弦長	m	40.9	0.2045
単位桁長さ重量	t/m / kg/m	35.0	0.875
単位桁長さ極慣性モーメント	$\text{tf} \cdot \text{s}^2 / \text{kgf} \cdot \text{s}^2$	690	4.248×10^{-4}
固有振動数（たわみ一）	Hz	0.0537	1.78
固有振動数（ねじれ一）	Hz	0.1604	5.27
振動数比	-	2.987	2.97

Serberg's flutter speed : $V_{ser}=55.3\text{m/s}$

図 1 に、従来より検討が行われていた断面（基本断面 A）、及びフェアリング形状を変化させて今回新たに提案した断面（基本断面 C）の断面図をそれぞれ示す。尚、本研究においては、空力不安定現象を連成フラッターに絞って検討し、その他の空力振動については別途検討を行うこととした。



基本断面 A

基本断面 C

図 1 箱桁断面図

2. 2 結果及び考察

応答試験の結果、各断面ともに典型的な連成フラッターが発生することがわかった。

図 2 に各断面の迎角によるフラッター限界風速の変化特性を比較したものを示す。図 2 において、各断面でフラッター限界風速が最低となる迎角 3° に着目すると、今回提案した基本断面 C では、従来の基本断面 A に比較して約 39% ($40.3\text{m/s} \rightarrow 55.9\text{m/s}$) 程度フラッター限界風速が向上する結果となっている。さらに基本断面 C では何れの迎角においても Serberg によるフラッター限界風速の推定値を上回る結果 ($K=V_F/V_{SER}=1.01 \sim 1.11$) となっており、平板形状よりも優れた耐フラッター性能を有していることがわかる。

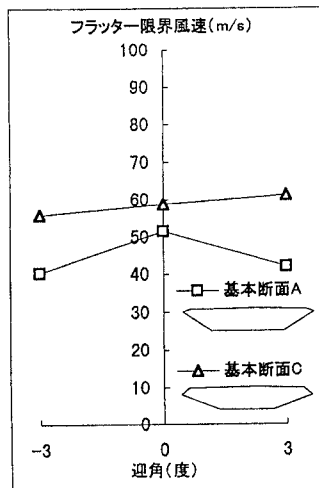
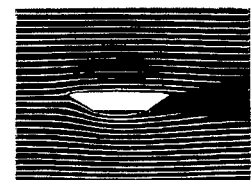
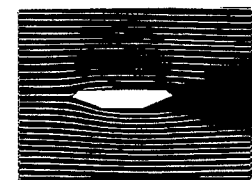


図 2 基本断面の迎角特性



基本断面 A



基本断面 C

図 3 可視化写真(迎角 0°)

図 3 に迎角 0° における各断面の可視化写真を比較して示す。図 3 より、基本断面 A では下部に剥離バブルの生成が認められるのに対し、基本断面 C では、上下面ともに顕著な剥離バブルの生成は認められない。すなわち、基本断面 C が優れた耐フラッター性能を有する一要因として、より流線型に近い流れ場が形成されていることが考えられる。

①超長大橋、②フラッター、③フェアリング形状、④安全性、⑤遮風壁

〒850-91 長崎市飽の浦町 1-1 三菱重工業(株)長崎研究所 流体研究室 TEL 0958-28-7063

3. 遮風壁設置の影響

3.1 風洞試験概要

遮風壁としては、格子状で充実率 50%を想定し、高さ 3m, 5m, 7m の場合について模型化した。また、設置位置については、高欄外側に設置する場合と中央分離帯位置(以下中央部と記す)に設置する場合とを想定し、表 1 に示した模型諸元にしたがって応答試験を行った。

3.2 結果及び考察

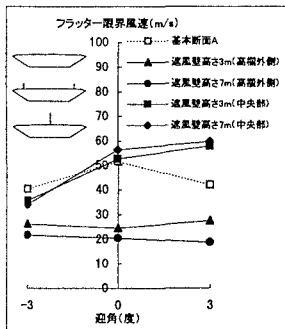


図4 迎角特性
(基本断面A)

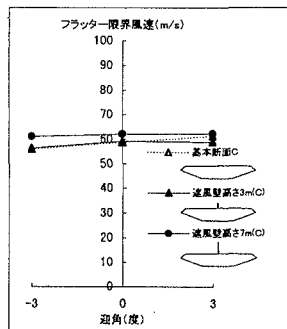


図5 迎角特性
(基本断面C:遮風壁中央部)

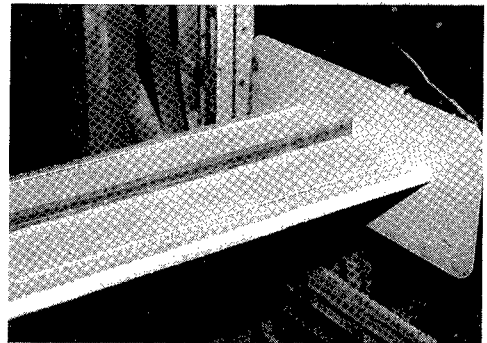


図6 基本断面C(中央部分遮風壁:高さ3m)

図4に基本断面Aの高欄外側及び中央部に遮風壁を設置した場合のフラッター限界風速の迎角特性図を示す。これより、遮風壁を高欄外側に設置した場合には、概ね耐フラッター性能は低下する傾向にあり、また中央部に設置した場合には、迎角 -3° を除いて耐フラッター性能は向上する傾向にあることがわかる。

以上の試験結果から、基本断面Cでは、中央部に遮風壁を設置した場合について応答試験を行った。その結果を図5に示す。基本断面Cに関していえば、中央部に遮風壁を設置した場合には何れの迎角においても顕著な耐フラッター性能の低下は認められず、遮風壁高さが高い(7m)場合には、逆に安定化する傾向にあることがわかる。(迎角 $\pm 3^{\circ}$ におけるフラッター限界風速の最低値で約9%向上)すなわち、基本断面Cで中央部に遮風壁を設置した場合には、何れの遮風壁高さ・迎角においてもSerbergのフラッター限界風速推定値を上回る結果($K=1.02 \sim 1.12$)となり、優れた耐フラッター性能を有していることがわかる。尚、基本断面Cの中央部に遮風壁を設置した場合(高さ3m)の模型写真を図6に示す。

また、中央部に遮風壁を設置した場合には遮風壁上流側の風速低減効果が懸念されたため、遮風壁高さ3mの場合について、橋面上の風速分布を計測した。結果を図7に示す。

これより、遮風壁下流側については実橋高さ5m以下で大幅な風速低減効果が得られ、遮風壁上流側においても遮風壁を設置しない場合と比較すると、若干風速の低減効果が期待できることが判る。

4. まとめ

本研究で得られた成果及び今後の課題についてまとめると以下のようである。

- ・従来検討されていた断面(基本断面A)に対して、フェアリング形状を変化させた新たな断面(基本断面C)を採用すれば、迎角 $\pm 3^{\circ}$ におけるフラッター限界風速の最低値を約39%向上できることが判った。
- ・基本断面Cの中央分離帯位置に遮風壁を設置した場合、耐フラッター性能は低下せず、遮風壁高さが高い場合には逆に安定化する傾向にあることが明らかとなった。今後、遮風壁より上流側における風速の低減効果に関しては、遮風壁の高さ・充実率・形状の最適化を図ることによって更なる検討が必要であろう。
- ・実橋への適用の際には、渦励振等について別途検討が必要であろう。

※尚、本研究は、建設省土木研究所、(財)土木研究センター、及び民間8社による共同研究「耐風性及び経済性に優れた超長大橋の開発」の一環として実施したものである。

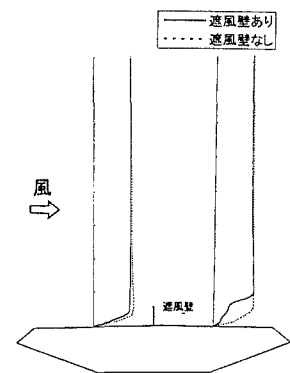


図7 橋面上の風速分布