

本州四国連絡橋公団 保田雅彦 日立造船（株）中垣亮二（株）ニチゾウテック ○植田利夫

1. ま え が き 中央支間2000m級のトラス補剛桁及び中央に開口を設けた偏平箱桁に偏流板（いわゆる鉛直スタビライザー）を適用し、耐フラッター向上効果を調査した。対象としたトラス補剛桁は主構幅35.5m、桁高12mおよび8m、また、偏平箱桁は開口幅7mを有する全幅46m、桁高7m および 5mである。

2. ト ラ ス 補 剛 桁 に関する実験結果 想定した断面を図1に、想定諸元を表1に示す。縮尺1/78の部分模型を用いてバネ支持試験を実施した。試験条件を表1に併記している。超長大吊橋では構造減衰が通常想定される0.03より小さくなる可能性もある。そこで、模型振動系に減衰を付加しない状態を基本として実施した。（1）桁高12mの場合 想定断面の迎角 $\alpha=0^\circ, \pm 3^\circ$ のねじれ振動応答を図2に示す。ねじれ構造減衰 δ は0.0053と極めて小さく、いずれの迎角でもかなり低風速で大きなねじれ振動が発生している。 δ を0.010に大きくすると、 $+3^\circ$ では70m/sまで振動が発生しないが、 $0^\circ, -3^\circ$ では同程度の振動が発生することを確認している。鉛直スタビライザーとして図3に示すように、下方突出高さ h_l および上方突出高さ h_u を検討した。 -3° について $h_l=624\text{mm}$ （実橋寸法）、 $h_u=312, 624, 936\text{mm}$ の結果を図3に示す。 h_u が大きくなるに従いフラッター発生風速が上昇している。この中、 $h_u=624\text{mm}$ で耐風性が十分である。 $h_u=h_l=624\text{mm}$ （全高2230mm）に対して $0^\circ, +3^\circ$ についても試験を実施した。その結果、図2に示すように耐フラッター向上効果が大きいことが確認できた。（2）桁高8mの場合 耐風性に大きい影響を及ぼす上検査車レールを除去した断面について鉛直スタビライザーを適用した。対策なしの結果（ $\delta=0.007, 0.03$ ）を図4に示す。 $\delta=0.03$ でも -3° では50m/s強でフラッターが発生している。これに対して、 $h_u=h_l=624\text{mm}$ （全高2130mm）の鉛直スタビライザーと橋面上156mmの突出板を組合わせた対策の結果（ $\delta=0.007$ ）は図5のようになり、耐風性が確保できるようになる。

3. 偏 平 箱 桁 に関する実験結果 図6、7のような断面を対象とした。鋼重はトラス補剛桁とほぼ同じである。模型の縮尺は1/80で、試験条件を表2に示す。構造減衰はたわみ、ねじれ共に0.02を目標とした。（1）桁高7mの場合 開口の効果をみるため閉塞したものと比較したが、開口により $0^\circ, +3^\circ$ ではフラッター発生風速は上昇するが、 -3° ではわずかに低下することがわかった。 -3° の耐風性が十分でないので、図6に示すように橋面上に突出する鉛直スタビライザーを検討した。その結果、突出高さ1.56mのものでほぼ満足できる結果が得られた。（2）桁高5mの場合 開口により閉塞した場合に比べて $0^\circ, \pm 3^\circ$ ともに若干風速が上昇することを確認したが、いずれも十分でないので、図7のように上下に突出させる鉛直スタビライザーを検討した。両突出高さ1.5mが比較的良好であったが、約10m/sでかなり大きなねじれの限定振動が現れている。フラッター特性は改善されるが、限定振動を抑制することを別途検討しなければならない。以上の偏平箱桁のフラッター風速 V_f を翼理論に基づく Selberg 式の推定値 V_{fs} と比較した。比率を $K=V_f/V_{fs}$ とすると、閉塞の結果はいずれも $K=1.0$ 、即ち、平板翼に近い空力特性を有することが確認できた。一方、鉛直スタビライザーを付設すれば、桁高7mで約1.25、桁高5mで1.4～1.7で、フラッター特性が良好な平板翼に比べて相当優れていることがわかった。

4. あ と が き 超長大吊橋ではねじれ振動数が極めて小さく、また、構造減衰も小さくなる可能性もあることから、十分なフラッター性能を確保することが難しい場合がある。その対策として鉛直スタビライザーの適用を試みた。その結果、トラス補剛桁、偏平箱桁のいずれにも効果があることが確認できた。ただし、箱桁では限定振動が新たに現れる場合もあり、今後の検討課題が残されている。

最後に、本試験に関し、土木学会・本州四国連絡橋耐風研究小委員会の御指導を頂いたことを記して感謝の意を表します。

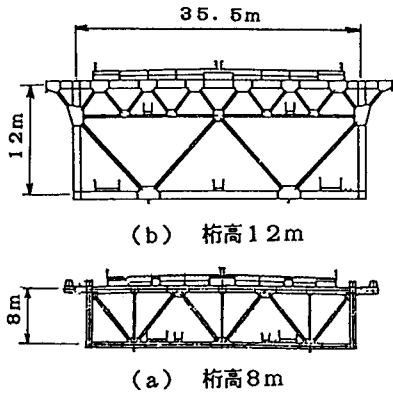


図1 想定トラス補剛桁断面

表1 トラス補剛桁の諸元値及び試験条件

桁 高		1.2 m		8 m	
		実測諸元値	試験値	実測諸元値	試験値
重 量		42.81 t/m	12.80 kg	40.87 t/m	12.19 kg
慣性性 モーメント		$t \cdot m^4/m^2$ 1135.3	$kg \cdot m^4/m^2$ 0.0562	$t \cdot m^4/m^2$ 1002	$kg \cdot m^4/m^2$ 0.0483
振 動 数 Hz	たわみ	0.0603	1.28	0.059	1.31
	ねじれ	0.138	2.88	0.118	2.53
振動数比		2.26	2.33	2.00	1.93
減 衰	たわみ	—	0.023	—	0.026
	ねじれ	—	0.005	—	0.007

表2 偏平箱桁の諸元値及び試験条件

桁 高		7m		5m	
		実測諸元値	試験値	実測諸元値	試験値
重 量		44.86t/m	11.74kg	42.53t/m	10.64kg
極慣性 モーメント		$t \cdot m \cdot s^2/m$ 1128.2	$kg \cdot m \cdot s^2/m$ 0.0453	$t \cdot m \cdot s^2/m$ 1103.1	$kg \cdot m \cdot s^2/m$ 0.0435
振 動 数 _{Hz}	たわみ	0.0608	1.31	0.0606	1.37
	ねじれ	0.1761	2.90	0.150Hz	2.91
振動数比		2.896	2.22	2.479	2.12
減衰	たわみ	—	0.021	—	0.023
	ねじれ	—	0.018	—	0.020

（模型縮尺：1/78）

（模型縮尺：1/80）

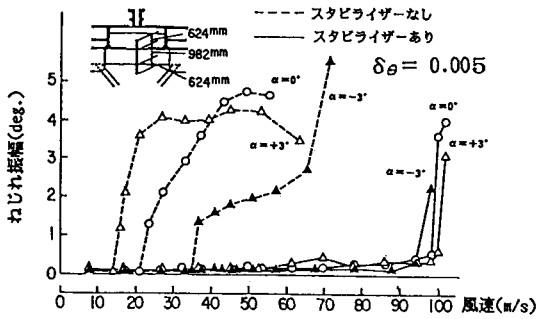


図2 トラス・12m（スタビライザーなし，あり）

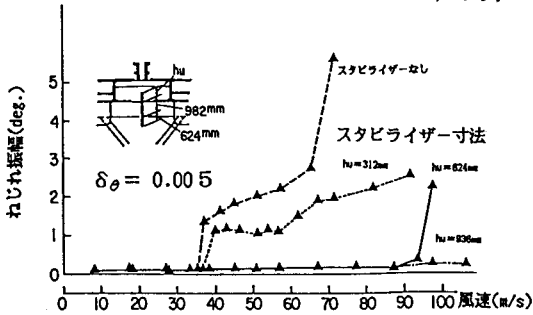


図3 トラス・12m（スタビライザー寸法検討）

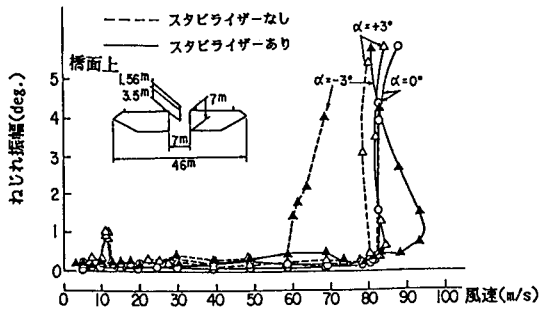


図4 トラス・8m（スタビライザーなし，あり）

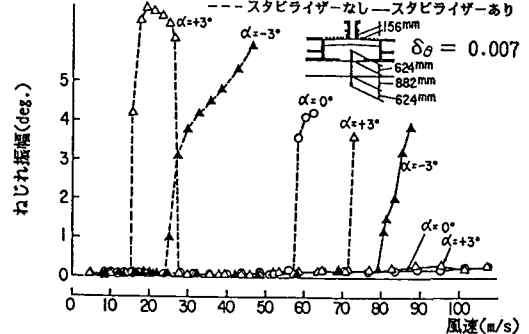


図5 トラス・8m（スタビライザーなし，あり）

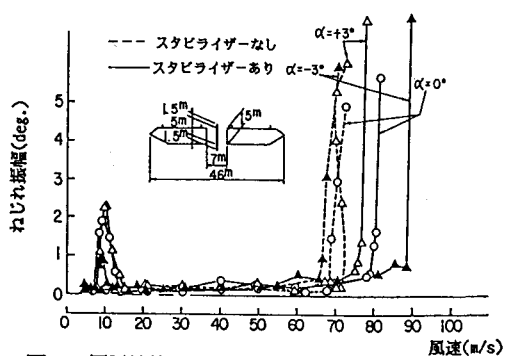


図6 偏平箱桁・7m（スタビライザーなし，あり）

図7 偏平箱桁・5m（スタビライザーなし，あり）