

大阪大学 工学部 正員 小松定夫
 大阪市 土木局 正員 石面英男
 日立造船（株） ○正員 南条正洋

1. まえがき

南港南埠頭連絡橋は中央支間長240mの三径間連続・マルチケーブル斜張橋である。断面の形状は、逆台形箱型であるが、片側に歩道を有するため左右非対称となっている。本報告は、本橋の耐風安定性を検討するため、架設に先立って実施した風洞実験の結果について述べるものである。

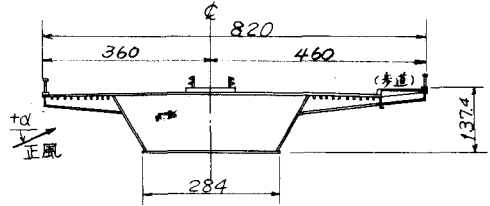


図1. 模型断面（原形）

2. 風洞実験

風洞実験は、縮尺1/50の部分模型により、バネ支持実験と三分力試験を行なった。バネ支持実験での相似縮尺は風速が1/5、振動数は、たわみ・ねじりともに5倍である。

まず、図-1に示す原設計断面（原形）に対する予備的なバネ支持実験の結果、迎角 $(\alpha) = 0^\circ$ でたわみ・ねじりとも相当大振幅の限定振動の発現が見られた。このような振動の抑止策として、ここでは付加物（フラップなど）を取付け、気流の剝離を防ぐ、または積極的に渦を壊す等による効果を期待することにした。工場製作工程との関連から、各種付加物を取付けた変形模型についてバネ支持実験を行ない、その結果より最も耐風安定性に秀れた断面を見出す方法をとった。変形模型のうち代表的なケースを表-1に示す。模型NO.1は、左右対称断面にしたもの、NO.4はリブおよび断続フェアリングによって流れを攪乱させたもの、その他のケースはいづれも整流させるという考えにもとづくものである。各模型の構造減衰は $\delta = 0.01 \sim 0.025$ 程度の範囲でバネ支持実験を行なった。その結果、NO.5, NO.6に示した2枚のフラップを組合せたタイプが比較的良好的な結果となった。続いてNO.6のタイプについて、上側のフラップのみ傾斜角を数ケース変化させてバネ支持実験を行なった。その結果図-2に示す上フラップの位置を中心に傾斜角 $\pm 3^\circ$ 程度の範囲に設置すれば、 $\alpha = -4^\circ \sim +6^\circ$ に対し実橋風速72%sec

変形模型 No.	模型状態	迎角	結果の概略
1	フラップ フェアリング (車道側)	0° (正風)	たわみ、ねじりの 限定振動 ($\delta_x = 0.019, \delta_\theta = 0.011$)
2	フラップ (30)	0° $+4^\circ$ (正風)	0° でねじり限定振動 $+4^\circ$ でたわみ、ねじり の限定振動 ($\delta_x = 0.007 \sim 0.019, \delta_\theta = 0.01 \sim 0.04$)
3	フラップ フェアリング (車道側)	$+4^\circ$ (正風) 逆風	たわみ 限定振動 ($\delta_x = 0.013, \delta_\theta = 0.013 \sim 0.014$)
4	リブ ($h=10$) 断続フェアリング	$+4^\circ$ (正風)	たわみ、ねじりの 限定振動 ($\delta_x = 0.014, \delta_\theta = 0.013$)
5	フラップ	0° (正風) $+4^\circ$ 逆風	$+4^\circ$ (逆風)で たわみ 限定振動 他は安定 ($\delta_x = 0.007 \sim 0.015, \delta_\theta = 0.008 \sim 0.02$)
6	フラップ	0° $+2^\circ$ $+4^\circ$ $+6^\circ$ -4° 逆風	$+6^\circ$ (逆風)で たわみ 限定振動 他は安定 ($\delta_x = 0.023 \sim 0.025, \delta_\theta = 0.022 \sim 0.027$)

表1. 変形模型でのバネ支持実験結果
 まで安定であることが確認された。次に、図-2に示す最終断面および原形断面につき、確認実験として詳細なバネ支持実験および三分力試験を行なった。以下に、結果の概略を述べる。

(1) バネ支持実験の結果 : バネ支持実験は、両断面とも構造減衰 $\delta_x, \delta_\theta = 0.019 \sim 0.021$ の範囲に統

して行なった。図-3は、最終断面の $\alpha=0^\circ, +4^\circ$ (正風)に対する風速(V)と減衰(対数減衰率; δ)の関係である。たわみ振動は、 V の増加とともに δ がほぼ比例的に増加する。一方、ねじり振動は $V=4.5\text{m/sec}$ 付近で δ 値が若干小さくなるが高風速域では増加する傾向である。 $V=15\text{m/sec}$ までの範囲で、たわみ・ねじりとも振動は発現しない。他の迎角についても同様な傾向であった。図-4は原形断面の $\alpha=0^\circ, +4^\circ$ (正風)に対する V と限定振幅振幅との関係である。低風速で、たわみ、高風速でねじりの限定振動が発現する。静止模型で測定したストローハル数は、桁高さを代表長として $S=0.13$ ($\alpha=0^\circ$)であった。 $V=2\sim 3\text{m/sec}$ で生じるたわみ限定振動は、このストローハル数によって規定される渦に起因するものと考えられる。ねじり振動の発振風速はこのようなストローハル数で規定される風速ではなく、単純な渦励振によるものとは異なっている。なお、図中のピーク点に記した $T(\text{sec})$ の値は、静止状態

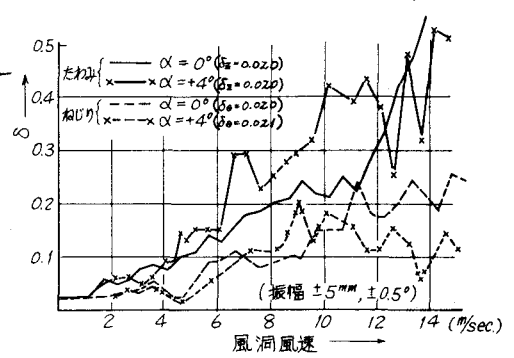
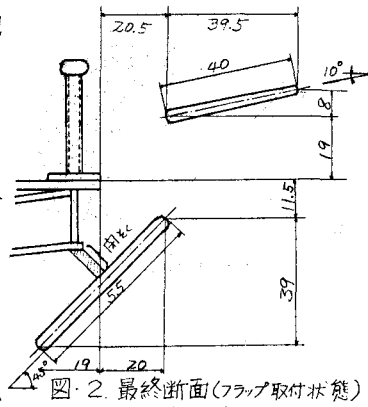


図3. 風速と減衰の関係(最終断面)

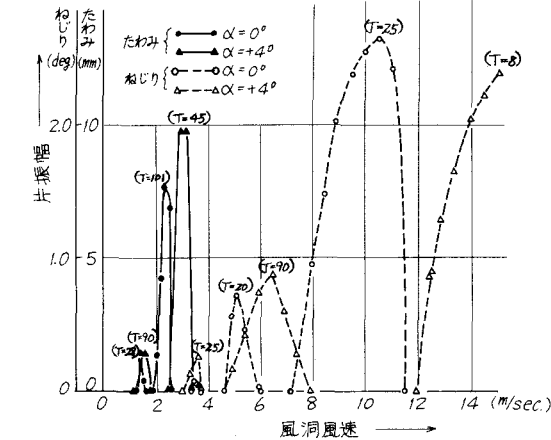


図4. 風速と振幅の関係(原形断面)

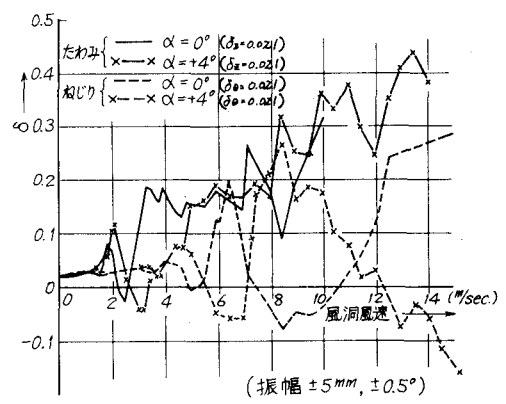


図5. 風速と減衰の関係(原形断面)

から定常振幅に発達するまでの時間である。図-5は原形断面の V - δ 図である。たわみ・ねじりとも負減衰域があり、最終断面の結果と著しく異っている。(2)三分力試験の結果：最終および原形断面に対する三分力係数曲線は、図-6に示すように明らかな差が認められる。原形断面では、 C_L, C_M が負勾配となる迎角が $\alpha=+4^\circ$ 付近であるのに対し、最終断面では $\alpha=+10^\circ$ となっている。また C_D 値は原形に比べ相当小さくなり、フラップの効果を裏付ける結果である。

3. 結論

原形断面については、大振幅の限定振動が発現することがわかった。フラップ2枚を組合せた最終断面については、 $\alpha=-4^\circ\sim +6^\circ$ までの範囲で、いかなる振動も発生しないことが確認できた。

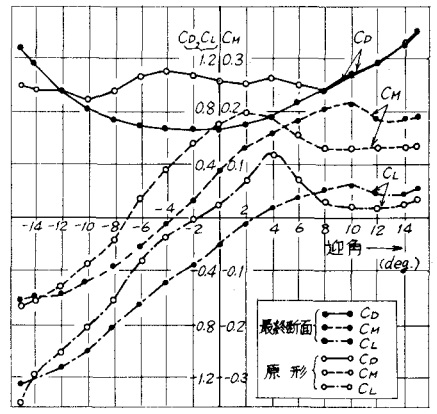


図6. 三分力係数曲線