

I-342 長大吊橋架設時の耐風対策に関する実験的研究

—制振ネットの有効性について—

(株)横河橋梁製作所 正員 佐々木 保 隆
 (株)横河橋梁製作所 正員 清 田 錬 次
 東京大学工学部 正員 藤 野 陽 三
 東京大学工学部 正員 伊 藤 学

1. まえがき

吊橋は可とう性に富み、風に対する影響を受けやすい橋梁形式である。特に架設途中においては、剛性および死荷重が完成時に比べ小さく耐風上不利な条件下におかれ、渦励振、パフエッティング、フラッターの発生が危惧される。本報告は、箱断面を有する長径間吊橋の一制振対策として吊橋ハンガー位置にネットを取付ける方法を提案し、その効果を検証するものである。

2. 実験内容

風洞は、東京大学土木工学科所有の空力弾性試験用風洞を使用した。対象とした断面は、図-1に示す逆台形偏平箱断面補剛桁架設時とし、模型は縮尺 1/60 の部分模型を用いた。構造諸元を表-1に示す。制振ネットの取付け状況を写真-1に示す。

実験は、制振ネットの取付け高さH(高欄位置より)制振ネット幅B、ネットの閉塞率 ϕ をパラメータとして行なった。対象とした迎角は、基本断面(制振対策なし)時に渦励振およびフラッターの発生が認められた $+5^\circ$ 、 $+7^\circ$ の吹き上げの角度を中心に実験し、制振ネットを取付けることによる効果として①限定振動の減少、②限界風速の増大を確認する一方、基本断面において安定な 0° 、 -5° 、 -7° についてもネット取付けによる悪影響がないことの検証も合わせて行なった。実験は、全で一様流中にて実施した。

3. 実験結果

図-2に制振ネットを取付ける前の基本断面におけるV-A曲線を示す。渦励振は低風速域(15~20 m/s)で発生しており、 $+7^\circ$ に対して曲げモードで最大片振幅 536 mm、ねじれモードで最大 2.3° を示し、 $+5^\circ$ に対しては若干低めの振幅となっている。フラッターの限界風速は $+7^\circ$ で 34 m/s、 $+5^\circ$ で 44 m/sである。本橋は 0° に対して最も安定しており、吹き降ろしの角度に対しては 0° に比べ限界風速が下がる傾向を示した。上記の振動特性をもつ断面に対し、制振ネットを取付けて実験した結果を示す。

i) ネット取付け幅による比較

図-3にネット取付け高H=20 mm、閉塞率 $\phi=4.0\%$ に固定し、ネット幅を10~40 mmまで変化させた場

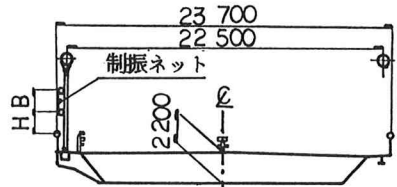


図-1 対象断面

表-1 構造諸元 (n=60)

	実 構	模型所要値
桁 幅	23.7 m	395 mm
桁 高	2.2 m	37 mm
重 量	11.63 t/m	3.39 kg/Model
極慣性モーメント	752.10 t·m ² /m	609.34 kg·cm ² /Model
固有振動数	曲 げ	0.248 Hz
	ね じ れ	0.575 Hz
振動数比	2.319	2.319
構造減衰率	0.02	0.02

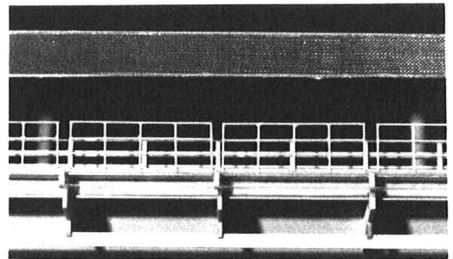


写真-1 制振ネット取付け状況

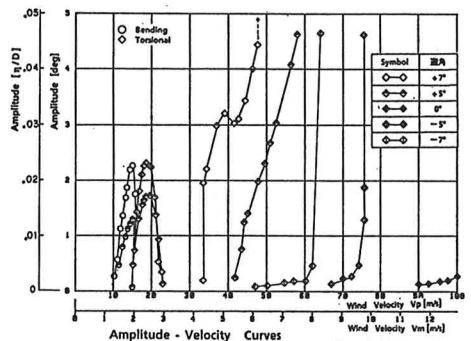


図-2 V-A曲線(基本断面)

合の結果を示す。ネット幅は、広くなる程その制振効果は向上するが、 $H/B=1$ 程度確保すると渦励振の振幅は $1/2$ 以下となり、限界風速は 1.3 倍以上となる。しかし、極端に幅を広げても（ $H/B=0.5$ ）大きな効果は期待できないことがわかる。実橋への適用を考慮すると、効果が確認された $B=20\sim30\text{ mm}$ （実橋 $1.2\sim1.8\text{ m}$ ）は十分可能な幅と思われる。

ii) ネット取付け高さによる比較

図-4にネット幅 $B=20\text{ mm}$ 、閉塞率 $\phi=100\%$ に固定し、ネット取付け高さ H を $0\sim40\text{ mm}$ まで変化させた場合の結果を示す。いずれのケースも渦励振を消滅させその効果が認められる。しかし、高欄位置に極端に近すぎる（ $H=0\text{ mm}$ ）と、限界風速の向上は期待できない。また、離し過ぎても（ $H=40\text{ mm}$ ）効果は $H=20\text{ mm}$ に比べ小さい。やはり、 $H/B=1$ 程度とすると明らかな制振効果が認められる。

iii) ネット閉塞率による比較

i), ii)の結果から判断し、十分制励効果の期待できる $H/B=1$ に固定し、ネットの閉塞率 ϕ を変化させた結果を図-5に示す。 $\phi=40\%$ では、曲げ、ねじれ両モードの渦励振は振幅が $1/2$ 以下になるものの完全に消えない。 $\phi=50\%$ にすると曲げモードは消え、 1° 以下のねじれの渦励振のみとなる。さらに $\phi=100\%$ にすると渦励振は完全に消え、限界風速は約2倍に向上する。

iv) $H/B=1$ の比較

図-6に $\phi=50\%$ に固定し、 $H/B=1$ を満足するネット幅と取付け高さの組み合わせを変えた結果を示す。 10 mm の場合、効果は小さい。 $20, 30, 40\text{ mm}$ の3ケースとも、限界風速は 50 m/s 程度で有意差はない。

v) 0° および負の迎角に対しての比較

迎角 -7° に対して 100% 閉塞では渦励振の発生、若干の限界風速の低下がみられたが、その他のケースでは全て制振ネットを取付けることによる悪影響は認められなかった。

4. まとめ

以上の結果から、実橋に適用する制振方法としては、ネット取付け高さ H とネット幅 B の比 $H/B=1$ 、 $H=B=20\sim30\text{ mm}$ 、閉塞率 $\phi=50\%$ が適切であると思われる。今後、各種断面について実験し検討を加えたいと考える。

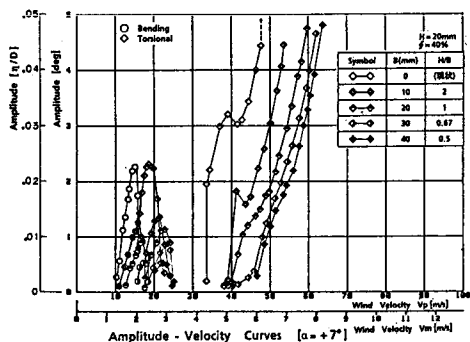


図-3 V-A曲線（ネット幅による比較）

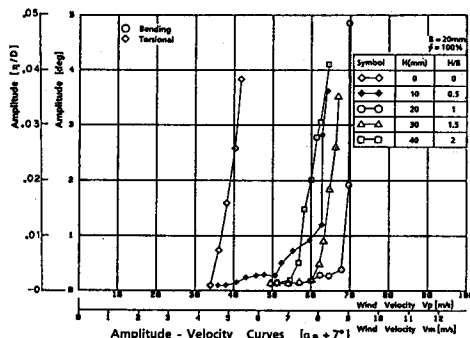


図-4 V-A曲線（取付け高さによる比較）

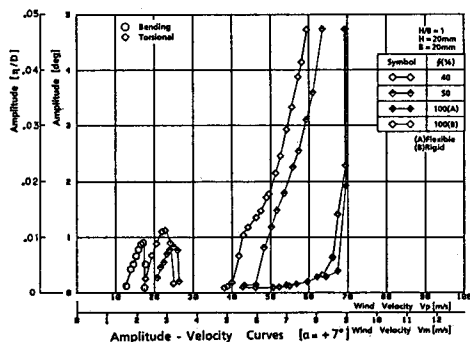


図-5 V-A曲線（閉塞率による比較）

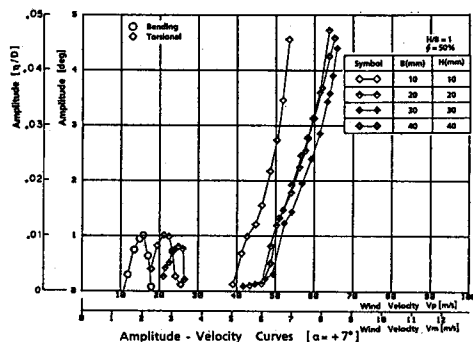


図-6 V-A曲線（ $H/B=1$ の比較）