

H型断面橋梁部材の風による振動の観測と風洞実験

九大 正員 吉村 虎蔵
 九大 " 吉村 健
 九大 " 水田 洋司

はじめに

前報¹⁾では、ランガー橋の吊材として広く用いられているH型断面吊材(フランジ幅:ウェブ高=1:0.83)とH型断面のウェブに穴をあけた吊材の風による動的応答について報告した。ここでは筆者がたまたま台風時に撮影することのできた8ミリ映画よりまとめた実橋におけるH型吊材の振動状態およびアルミ製のH型吊材模型を用いた追加実験について述べ、防振のための1~2の試みなどについて報告する。

1. H型断面吊材の風による振動の観測

振動した吊材の長さは22m~16.5mで、部材断面は2-PL 390×13(mm)、1-PL 300×6(mm)である。台風を中心の移動に伴って、風向きは吊材が振動した約50分間に迎角が約70°から90°近くまで徐々に変化した。以下時間を追って風速と吊材の振動状態を記す。(1)迎角約70°、風速18 m/s~22 m/s、吊材の振動がない。(2)迎角や増加、風速19 m/s~24 m/s、風上側主構の吊材1本が振動をはじめ。その後風下側主構のスパン中央の吊材の両側2本が微動をはじめ、中央吊材は振動しない。この時の振動は揺れ振動である。(3)迎角や増加、風速20%~25%、風下側主構の中央部分の吊材2~5本の揺れ振動がひどくなる。風上側吊材2本も振動する。風下側の主構の吊材5本だけが振動して、風上側主構の吊材が振動しない時もある。しばらく時間経過。迎角、風速ともや増加、最大風速26%のところであろうか。中央部分の7~8本の吊材の揺れ振動が最も激しくなる。揺れ角の最大全振幅は約5.5°。

(4)風速20%以下に落ちる。迎角約90°で曲げ振動をみる。最大全振幅約10mm。上の記述のうち、風速はアークフラウン上の風速計の記録による。迎角の値については、風向計の記録を参考にし、橋上で頭上に揚げたタオルのなびき具合を8ミリ映画の記録より読み、その概略値を記した。図-1はフィルムより求めた、スパン中央付近の吊材の揺れ振動を示す。これらの揺れ振動の振動数とその理論値とを比較して表-1を得た。この細長いH型断面吊材では、曲げ振り理論値と単軸振り理論値の比は約1.6倍以上となり、実験値と曲げ振り理論値とが一致する。これらの振りフラッター時の無次元風速 \bar{V} は11~13である。

2. H型断面吊材模型に関する追加実験

模型、実験装置等については前報¹⁾を参照された。追加実験は、模型の振動数を下げる目的でアルミ製模型を用い、質量分布は前報¹⁾と同じにした。追加実験に用いた模型の振動数と減衰率を表-2に示す。H型断面吊材の振動をまとめると次のようである。

〔曲げ振動〕 (1)迎角0°~20°の時 $\bar{V}=9$ 付近で鋭いピークをもつ渦励振が生じる(図-2)。(2)迎角80°~90°の時 $\bar{V}=9.5$ 付

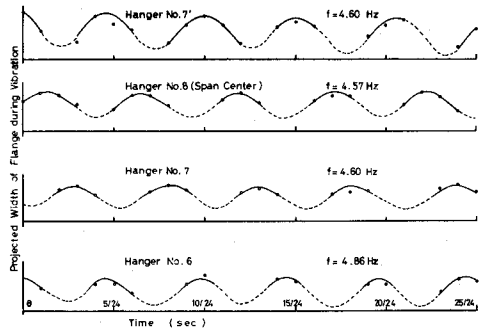


図-1 吊材の揺れ振動記録

吊材番号 (No)	8(中央) (22.0m)	7 (21.7m)	6 (20.6m)	5 (18.9m)	4 (16.5m)	備考
f_{EX} (Hz)	4.57	4.60	4.86	—	—	f_{EX} :観測値
f_{BT} (Hz)	4.59	4.83	5.10	5.85	7.29	f_{BT} :曲げ振り
比 f_{EX}/f_{BT}	1.0	0.95	0.95	—	—	
f_s	2.82	2.86	3.01	3.28	3.76	f_s :S.V.の値
比 f_{EX}/f_s	1.62	1.61	1.61	—	—	

表-1 振り振動数の比較

	振動数(Hz)	減衰率(δ)
曲げ振動 B-1	41.7	0.034
曲げ振動 B-2	37.2	0.025
揺れ振動	80.7	0.026

表-2 アルミ製模型の振動数と減衰率

近で小さなピークをもつ渦励振が生じる(前報⁽¹⁾参照)。また図-2に記すように、迎角が $0^{\circ} \sim 20^{\circ}$ の範囲の高風速で振動振幅が大きくなり始める。(かもこの時の振動数は190Hz(1次振動の約5.1倍)である。風洞の関係上 $v=45\%$ までしか実験できなかったが、 $\alpha=10^{\circ}$ の時 $v=45\%$ でも振幅は増加する傾向にあり、この時の \bar{v} は約9($f=180\text{Hz}$ を用いた時)である。本模型は支持条件が固定とピン支持の中間にある事等から推察して、約190Hzの振動は1次の37.2Hzに対し3次振動と思われ、また1次振動のときのピークを示す \bar{v} と3次振動の時の \bar{v} とが共に約9であることから、3次振動も曲げの渦励振であると判断される。

[振り振動] 迎角 $\alpha=0^{\circ} \sim 20^{\circ}$ の範囲において $\bar{v}=8.5$ 前後で振れの渦励振が起り(前報⁽¹⁾参照)、 $\alpha=75^{\circ} \sim 80^{\circ}$ の範囲で振れフラッターが生じ、 $\alpha=82.5^{\circ}$ 、 $\bar{v}=8.5$ で振れの渦励振がみられる(図-3)。なお迎角 $75^{\circ} \sim 80^{\circ}$ の狭い範囲で起る振れフラッターは前報⁽¹⁾のスティール製模型においても確かめることができた。実験において観測した振れ振動は $\alpha=75^{\circ} \sim 80^{\circ}$ における振れフラッターということができよう。

3. 防振の1~2の試み

アルミ製模型を用いて、2つの模型すなわちH型模型の端部を補強したもの(モデル記号H-A-S)と箱型模型(モデル記号Box)について行った実験の結果について述べる。この時の振動数と減衰率を表3に記す。

曲げ振動は2つの模型とも $\bar{v}=9$ 付近でピークをもつ渦励振があらわれ、防振効果が期待できない。曲げ振動の防止としては、前報⁽¹⁾で報告したH型断面のウェブに穴をあけてフローパターンを変える方法があり、他にダンパー⁽²⁾を付ける方法もある。

振り振動はこのH型の場合、減衰率が0.026から0.062位まで高くなると微小な渦励振はあらわれるが、振れフラッターはあらわれない。また箱型断面を用いると振り振動数を非常に高めることができるので共振風速を高めることができ、この実験では $v=45\%$ で $\bar{v}=4$ であるから振り振動は生じなかった。従って箱型断面を吊材の全長あるいは面端部に部分的に用いることは、台風時の振り振動防止に効果が期待できると考えられる。また前報⁽¹⁾に報告したようにウェブに孔列を設けることは振りフラッターをひどくすることがあり、孔を設けることは必ずしも耐風上得策とはいえないことを留意すべきである。

[参考文献]

(1) 吉村虎蔵 他:「細長いH型断面橋梁部材の風洞実験」第27回年次学術講演会講演概要集

(2) H. Wilmer: "Hanging Chain impact damper", Proc International Research Seminar, N.R.C., Ottawa, Canada, Sept, 1967

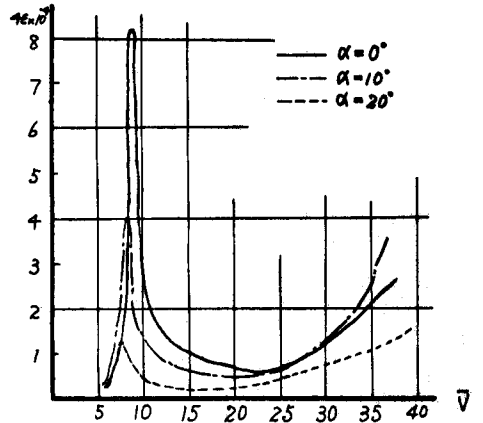


図-2 曲げ振動

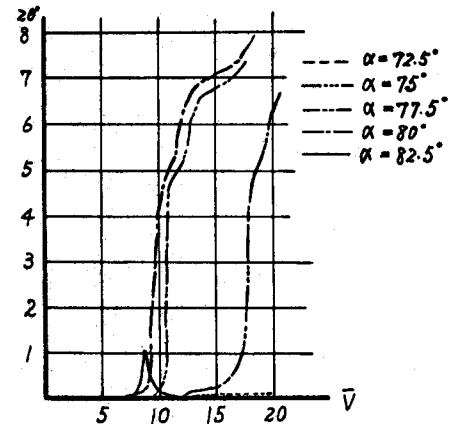


図-3 振り振動

模型	曲げ振動				振り振動	
	B-1		B-2		f (Hz)	δ
	f (Hz)	δ	f (Hz)	δ	f (Hz)	δ
H-A-S	44.5	0.055	37.2	0.025	83.2	0.062
Box	44.8	0.044	48.3	0.064	400	0.067

表-3. 防振模型の振動数と減衰率