

橋梁箱型断面の滑動振動現象に及ぼす気流特性に関する実験的研究

住友重機械工業(株) 正 員 ○武内 隆文
 京都大学工学部 正 員 白石 成人
 京都大学工学部 正 員 松本 勝
 京都大学大学院 学生員 佐伯 英和

1. まえがき

本研究は、偏平逆橋型斜縁橋断面の耐風性を検討するにめに行な。1.、二次元剛体模型風洞実験結果をもとに、滑動振動に注目して、その空力特性を考察し、逐次計算法による変動気流中での応答予測についても述べる。

偏平逆橋型断面を有する実橋は、その形状が流線型に近いことから、耐風性の面からは比較的安全であると考えられている。ところが、この断面も迎角変化(形状変化)に対して非常に敏感であり、特に吹き上げの風を受ける場合、不安定振動が発現するという報告が、今までにもいくつかなされている。今回対象とした偏平逆橋型断面について、迎角 $\alpha = +7^\circ$ (吹き上げ)では、明らかな不安定振動領域の存在が確認されたが、この断面を対象に、(1)迎角変化に対する応答特性の変化、(2)変動流中での応答特性の変化、(3)フラップの制振効果について述べ、最後に、(4)制振減衰率を用いた逐次計算法による変動気流中での応答予測を行なうので、その結果も報告する。

2. 実験結果・数値解析 および考察

(1). 一様流中二次元剛体実験； 気流特性のうちでも、相対迎角が、応答特性に与える影響は特に重要と考えられる。今回、模型設定迎角、 $\pm 7^\circ, \pm 5^\circ, \pm 3^\circ, 0^\circ$ について、一様流中で、その応答特性を調べ以下の結果を得た。(i) 振動数比 $\times 1/9$ 、曲げ制振減衰率 0.015 ($\alpha = 7^\circ$ 、 $\alpha = 0^\circ$), 捩れ制振減衰率 0.02 ($\alpha = 7^\circ$ 、 $\alpha = 0^\circ$)の実験においては、迎角 (α) が $-7^\circ, -5^\circ, -3^\circ, 0^\circ, +5^\circ$ のいずれの場合にも、偏平逆橋型断面は耐風と安定であり、不安定振動は発現しなかった。しかし $\alpha = +3^\circ$ の場合の捩れ振動、 $\alpha = +7^\circ$ の場合の曲げ(Fig-1参照)・捩れ振動においては、低風速域での滑動振動の発現が認められ、この迎角の場合には、実風速 70m/sec 付近から、捩れフラッターの発現も認められた。(ii) 従って、この断面は、耐風性の面から比較的安全な断面と考えられるものの、迎角変化に対しては敏感であり、特に大きな角度を有する吹き上げの場合の不安定振動に対し、十分な検討を要する断面であるといえよう。

物理量	単位	記号	縮尺率	実験値	断分 橋 型	
					所 幸 橋	実 橋 橋
スパン長	m	l	1/9			0.83
橋 幅	m	b	1/9	30.0	0.40	0.40
橋 高	m	h	1/9	3.66	0.0488	0.0488
単位長当たりの質量	$\text{kg/sec}^2/\text{m}^2$	m	1/9	1773.0	0.3152	0.5605
単位長当たりの質量慣性モーメント	$\text{kg-sec}^2/\text{m}^2$	I	1/9	123300	0.00389	0.00992
固有振動数 f_n	cps	$f_{n,SV,1}$	$\sqrt{g}$	0.356	3.080	3.001
	cps	$f_{n,AG,1}$	$\sqrt{g}$	0.419	3.629	—
固有振動数 ϕ	cps	$f_{\phi,SV,1}$	$\sqrt{g}$	0.774	6.703	6.570
	cps	$f_{\phi,AG,1}$	$\sqrt{g}$	1.498	12.973	—
制 振 数 比	—	$\xi_{SV,1}/\xi_{AG,1}$	—	2.176	2.176	2.189
	—	$\xi_{\phi,SV,1}/\xi_{\phi,AG,1}$	—	3.575	3.575	—
制 振 減 衰	—	η_1	1	—	—	—
	—	η_2	1	—	—	—

TABLE. / 偏平逆型断面橋梁模型相似条件

n = 75

(2). 変動流中での応答の変化； 模型設定迎角 $\alpha = 0^\circ, +7^\circ$ の二種について、 $\times 0\text{Hz}$, $\times 2\text{Hz}$, $\times 0.65 + 1.5 + \times 2.0\text{Hz}$ の変動風を発生させ、一様流中実験結果との比較・検討を行なう。 $\alpha = +7^\circ$ の場合、比較的高周波数 $\times 0\text{Hz}$ 変動流中では、一様流中と比較し、曲げ・捩れともやや応答値が小さくなり、滑動振動発振風速の低下が見られる。それに対し、

ゆっくりに $\times 2\text{Hz}$ 変動流中では、 $\times 0\text{Hz}$ 変動流中の場合より、さらに応答値の低下、および曲げ・捩れ滑動振動ともに発振風速の低下が見られ、応答振動自体かなりの幅を占めており、

曲げ・振れとも第1の不安定域の渦励振動が消滅した。以上2種の周期的変動流に対し、次にランダム流を想定して0.65+1.5+2.0Hzの変動流中での応答を調べると、上記2種の場合よりさらに応答値は低下し、振れに関しては第2の不安定域の渦励振動も認められなくなり、応答振幅のbeat傾向がより顕著になった。(Fig-3) 以上より周期的変動流中あるいはランダム変動流中に存在する構造物に関しては、渦励振動が発現している風速域において、非定常効果による、応答値の低減が認められるが、低減効果は変動流の変動周波数と密接な関係にあるものと考えられる。また実橋の渦励振動に関していうならば、自然風中の乱れは、渦励振動に寄与すれば、構造物固有周波数と変動流周波数特性にかよってむしろ安全側に作用するものではないかと考えられる。

(3). フラップの制振効果について； $\alpha=+7^\circ$ で顕著な渦励振動領域の存在が確認された対象断面に、末広大橋型の床板に対し、 10° の迎え角をもつフラップを付設して一様流中で実験したところ(Fig-4)に示されるように $\alpha=+7^\circ, +3^\circ$ と渦励振動は抑えられ、この型のフラップが偏平逆梯形断面に付して、制振効果があることが確認された。

(4). 以上で偏平逆梯形二次元剛体模型の耐風性の面からの空力特性が明らかとなったが、続いて、上で得られた実験結果(例、Fig-2)をもとに、風速-振幅-対数減衰率(V-A-S)より、応答振動/周期当りの外力としての空力が一様であるとする、1周期当りの線型性を仮定し、次の振動振幅が1周期前の振動振幅にのみ依存するものとし、対数減衰率を風速・迎角・振動振幅の関数として、逐次計算法により、0.2Hz変動気流を入力とした場合の応答予測と行った。このため、結果の1例を(Fig-5)に示す。これより、入力とした変動流の変動に従って、応答振幅の変動に関しては比較的その傾向が表われているものの、応答振幅値は、計算結果の方が、風洞実験記録より多少大きく表われており、計算結果に変動流の振動周波数による低減効果・非定常効果が考慮されていないためと考えられる。

3. 今後の課題

今後、変動流の振動周波数による応答の低減効果に関して、さらに実験を重ね、上述の逐次計算法による応答予測に修正を加え、より実際に近いものにする必要とされる。【参考文献】

1). 小西、白石、松本：斜張橋の耐風性に関する実験的研究、研究成果報告書。

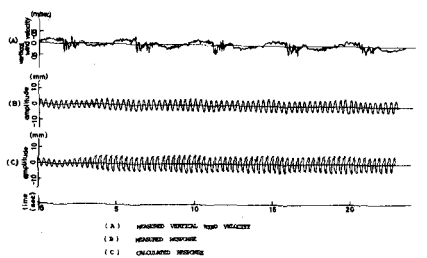
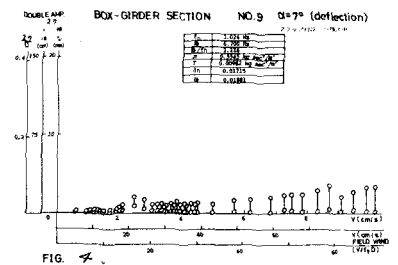
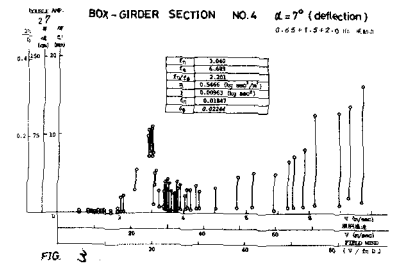
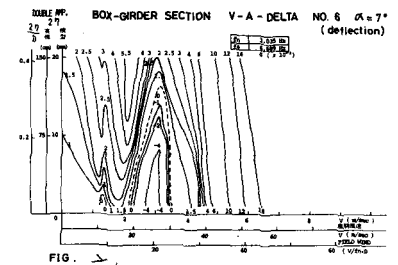
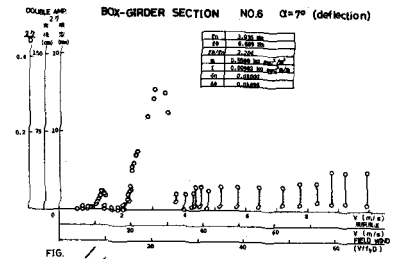


FIG. 5 COMPARISON OF EXPERIMENTAL RESPONSE OF VIBRATION FLUCTUATIONS (BOX NO. 9) WIND SPEED RANGE = 10-60 m/sec. WIND DIRECTION = 45 DEG. INITIAL CONDITION = 0.00 mm