

1 まえがき

秩父公園橋（仮称）は、秩父鉄道秩父駅と長尾根丘陵を結ぶ一般県道秩父停車場秩父公園線が荒川を渡河する秩父市中村町に架けられる橋梁であり、構造形式は、主橋部は支間195mのPC2径間連続斜張橋、取付高架橋はPC3径間箱桁橋である。主橋部の2径間連続斜張橋は、桁高2.8m、総幅員19.0mのウィンドノーズタイプの箱桁断面を有し、3径間換算すると支間約400mに相当する構造規模をもつ長大橋である。

一般に斜張橋は、吊橋と同様にフレキシブルで風の影響を受けやすい橋梁であり、設計に際しては耐風安定性についての検討が必要である。近年多くみられるマルチケーブルタイプでは、桁高を低くおさえることができるため、比較的偏平な断面($B/H=6.79$)となり、低風速渦励振や高風速域でのフラッター発生の可能性が懸念される。本橋のようなPC斜張橋では、単位当りの重量および極慣性モーメントが大きいため、これらの現象に対しては鋼斜張橋と比べて有利であると言われているが、PC斜張橋の耐風安定性に関する検討実績が乏しいため、耐風安定性上有利な主桁断面形状の選定をするための風洞実験を行った。

2 実験内容

2.1 実験ケース

本風洞実験は、2次元部分模型を用いて曲げ-ねじり2自由度系で行うもので、ウィンドノーズ先端テーパ部の傾斜角度と地覆形状の違いの影響、歩車道境界上の車両防護柵の有無、壁高欄とした場合の影響、迎角の影響等を検討項目とした。また、現地の自然風の特性を想定したものではないが、一様流中における振動応答との違いを検討するため、乱流の影響についても実験を行った。

検討対象とした主桁の断面形状は、図-3に示すとおりで、それぞれについて、一様流で迎角 -5° 、 -3° 、 0° 、 $+3^{\circ}$ 、 $+5^{\circ}$ の場合と、格子乱流で迎角 0° 、 $+3^{\circ}$ 、 $+5^{\circ}$ の場合で実験を行い、主として前縁剝離渦励振、および高風速フラッターに対する安定性について検討した。

構造減衰は、PC斜張橋での実測結果を参考とし、工学的判断によって設定した $\delta=0.04$ を目標値としたが、重量および極慣性モーメントの相似が困難であるため質量減衰パラメータ(スケルトン数 Sc)を一致させることとし、電磁ダンパーにより調節した。また、模型の挙動を調べるため、電磁ダンパーを使用せず、減衰率を実験所要値よりかなり小さくした場合($\delta=0.008$)も実験を行った。

2.2 実験に用いた模型

実験に用いた2次元剛体部分模型は、実験に使用する風洞施設の規模を考慮し、本四公団耐風設計基準を満足する縮尺1/75、模型長1.05mとした。模型は幾何学的形状を相似させ、主として木材(ひのき、バルサ)を用いて製作した。

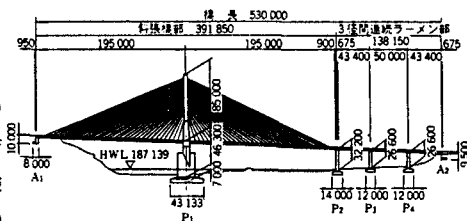


図-1 秩父公園橋側面図

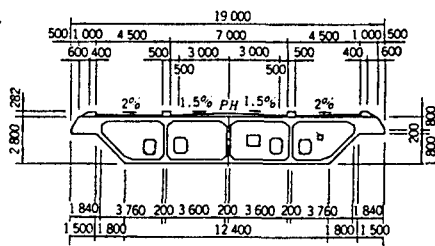


図-2 標準断面図（主橋部）

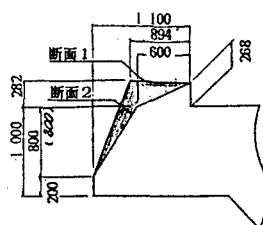


図-3 ウィンドノーズ断面図

3 実験結果

① 曲げの渦励振

一様流中の実験において、断面1は、質量減衰パラメータを実橋と一致させた場合、迎角 $+3^\circ$ と $+5^\circ$ において渦励振が生じた。実橋換算風速 10m/s 程度で $+5^\circ$ においては、車両防護柵なしで 31.7cm 、車両防護柵有りで 32.7cm 、また、 $+3^\circ$ においては、車両防護柵なしで 19.0cm の倍振幅（実橋換算値）が発生した。

断面2は、質量減衰パラメータを実橋と一致させた場合、まったく渦励振は発生しなかった。（図-4）

② ねじれの渦励振

質量減衰パラメータを小さくした場合、断面1では正の迎角において振動が大きくなる傾向を示す。この傾向は車両防護柵有りの場合、やや振幅が大きくなるものの同様である。断面2では、車両防護柵なしの場合、正の迎角および 0° では 1° 弱の渦励振が発生するが、負の迎角ではほとんど発生しない。また、車両防護柵有りの場合は、迎角に関係なく 1° 弱の渦励振が発生する。

質量パラメータを実橋と一致させた場合、断面1では $+5^\circ$ において車両防護柵の有無にかかわらず約 1° 、 $+3^\circ$ の車両防護柵なしで約 0.8° の振動が発生した。これに対して、断面2では曲げと同様に渦励振は発生しなかった。

③ 高風速域でのねじりフラッタは、質量減衰パラメータを実橋と一致させた場合、限界風速内（ 51.7m/s ）では断面1、2とも発生しなかった。

挙動を調べるため、質量減衰パラメータを小さくした場合、断面1でのみフラッターが発生した。

車両防護柵なしの場合に、迎角 $+3^\circ$ 、 $+5^\circ$ において実橋風速約 70m/s で発振するが、 0° 以下では発振しない。

車両防護柵有りの場合は、迎角 $+5^\circ$ において、実橋風速約 70m/s でフラッターが発生した。

④ 断面2において、壁高欄タイプの検討を行ったところ、質量減衰パラメータを実橋と一致させた場合、渦励振が発生した。また、風速を上げて行くとともに、橋軸方向のバフェティング的なねじれが発生した。

⑤ 格子乱流中では、渦励振は発生しなかった。

⑥ 断面2において、高欄の閉塞率が30%の場合、渦励振の発現は見られなかった。

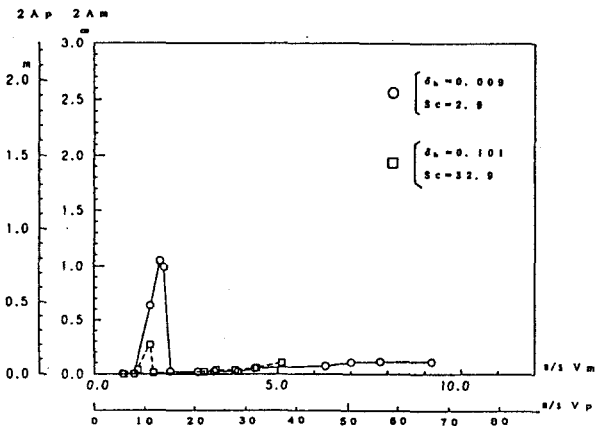


図-4 たわみ振幅と風速の関係図
断面1 $\alpha=+3^\circ$ ガードレール無し

	気流	車両防護柵 有 無	減衰率 目標値	迎角 α (度)					
				-5	-3	0	+3	+5	
断面 1	一様流	無	0.04	○	○	○	●	●	
			0.008	●	●	●	●	●	
		有	0.04	○	—	○	—	●	
			0.008	●	—	●	—	●	
		乱流	無	0.04	—	—	○	○	○
断面 2	一様流	無	0.04	○	—	○	—	○	
			0.03	○	—	—	—	○	
			0.008	●	—	●	—	●	
		有	0.04	○	—	○	—	○	
			0.008	●	—	●	—	●	
				乱流	無	0.04	—	—	○
断面 2 (壁高欄)	一様流	無	0.04	—	—	—	●	●	
		有	0.04	—	—	—	—	●	

●印は渦励振が発現した場合の実験ケースを示す

表-1 実験結果一覧表

4 まとめ

断面1の場合は一様流の厳しい条件であるとはいえ、比較的小さい $+3^\circ$ の迎角でも渦励振が生じており、断面2の場合では、渦励振の発生はなかった。したがって、主桁断面形状としては断面2を採用することとした。