

## PC床版鋼2主桁断面の空力特性について

日本道路公団 東田典雅, 中村 元  
 三菱重工業 正会員 本田明弘 正会員 所 伸介

### 1. はじめに

鋼少数主桁構造（二主桁橋）はその経済性から近年採用が増加しているが、一方で横構の省略等によるねじれ剛性の低下（道路橋耐風設計便覧<sup>1)</sup>では未考慮）が耐風安定性に影響を及ぼす可能性も考えられ、断面形状の空力特性に関しては十分に検討を行なっておく必要がある。本稿は、上記断面形状を対象として実施された部分模型による風洞試験結果の概要を述べるとともに、便覧推定式との比較や桁高の変化に着目した種々の空力特性検討結果に報告するものである。

### 2. 風洞試験概要

鋼製高欄設置の断面形状を再現した縮尺1/16の二次元部分模型を用いて、たわみ・ねじれ2自由度のばね支持応答試験を実施した。尚、桁高は部材の陸送による制約条件等を考慮して、2.5m, 2.8m, 3.0m の3種類を設定し、同一の床版模型にて主桁部分のみを取り替えて各試験を実施した。下表に各模型の振動諸元を示す。

表 1 実験に用いた模型の断面形状及び振動諸元(縮尺: 1/16)

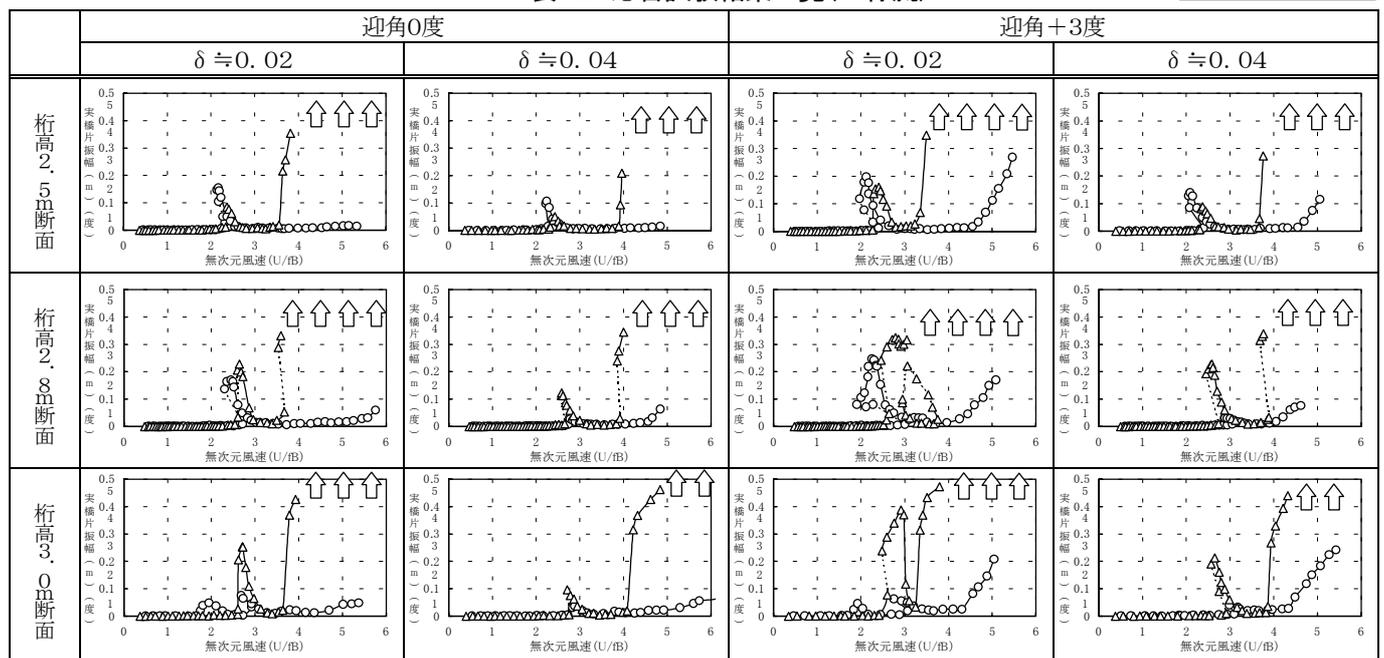
項目	断面寸法 (実橋)		
	桁高 2.5m 模型	桁高 2.8m 模型	桁高 3.0m 模型
単位長さ質量(実橋 ; 模型)	1.575 ton・s <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ; 6.152 kg・s <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	1.433 ton・s <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ; 5.596 kg・s <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	1.614 ton・s <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ; 6.304 kg・s <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
単位長さ極慣性(実橋 ; 模型)	15.66 ton・s <sup>2</sup> ; 0.235 kg・s <sup>2</sup>	15.39 ton・s <sup>2</sup> ; 0.231 kg・s <sup>2</sup>	19.42 ton・s <sup>2</sup> ; 0.293 kg・s <sup>2</sup>
たわみ振動数(模型)	4.19 Hz	4.12 Hz	3.89 Hz
ねじれ振動数(模型)	5.22 Hz	5.01 Hz	5.16 Hz
振動数比(ねじれ/たわみ)	1.25	1.22	1.33
構造減衰(たわみ, ねじれ)	0.02, 0.04, 0.06	0.02, 0.04, 0.06	0.02, 0.04, 0.06
回転中心(実橋寸法)	床版中心より上方 25.5cm	床版中心より上方 39.1cm	床版中心より上方 53.5cm

### 3. 風洞試験結果

横軸を総幅及び振動数で無次元化した無次元風速、縦軸を実橋換算片振幅（質量諸元に各々若干の差異があるが、整理の簡便さを考慮して実橋換算値を用いた）にとつて応答図を整理した。迎角特性は概ね正迎角（吹上）の方が不安定となる傾向であったことから、下表に迎角0, +3度の場合を示す。

表 2 応答試験結果一覧(一様流)

○:たわみ, △:ねじれ



キーワード：2主桁断面，部分模型，風洞試験，空力特性，渦励振

三菱重工業 長崎研究所 〒851-0392 長崎市深堀町5丁目717-1 TEL:095-834-2842, FAX:095-834-2385

### 4. 空力特性に対する考察

(1)発散振動: 図1に桁高と各発散振動の限界無次元風速との関係を示す。これより、両現象ともに便覧推定式<sup>1)</sup>(以下、推定式)よりも高無次元風速で発生し(ギャロッピングは吹上風を想定)、ねじれ振動数が妥当に推定できれば便覧推定式が安全側の推定を与えることが判る。また、桁高変化及び減衰変化による発生風速の差異は小さいことが確認された。

(2)ねじれ渦励振: 図2に桁高とねじれ渦励振開始無次元風速との関係( $\delta \approx 0.02$ )を示す。これより、開始無次元風速は便覧推定式の基となる値(1.11)<sup>2)</sup>よりも高く、さらに表2も参照すると減衰によるその変化度合は小さいことが判る。また、質量・減衰パラメータとねじれ振幅との関係を図3に示すが、これより桁高変化に対する振幅の変化は便覧推定式と定性的に一致するが、その値は便覧推定値より大きな値となる。尚、図4には種々の断面形状のねじれ渦励振開始無次元風速<sup>2)</sup>と今回の結果を比較して示すが、これより2主桁断面のねじれ渦励振は物理的に数種類考えられる開始風速推定値の中で、便覧推定式(図中②が基)とは異なる式(図中③)で説明付けられ、他の開断面よりも床版の張り出し長が長くなることなどに起因する、これまででない断面形状の特殊性の影響が現れているものと考えられる。

(3)たわみ渦励振: 開始無次元風速及び振幅を(2)と同様に整理した結果を図5, 6に各々示す。これより、開始無次元風速はねじれ同様に推定式の基となる値<sup>2)</sup>(1.67)よりも高無次元風速で発生するが、桁高が高くなるに従って風速が高くなる傾向にある。(減衰による変化はねじれの場合同様に小さい) また、振幅の変化性状は桁高変化に対してばらつきがあり推定式との整合性は認められないが、桁高が低い場合には大振幅の渦励振が発生する可能性があり、推定式とは逆の傾向を示す結果となる。

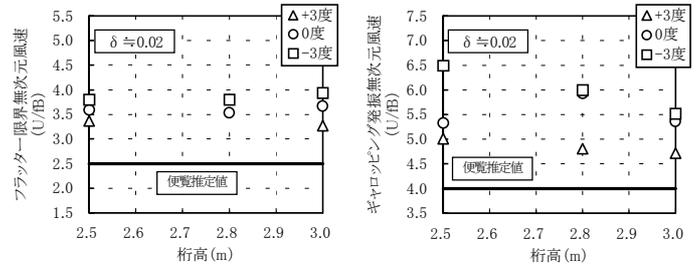


図1 桁高と発散振動の発生無次元風速の関係

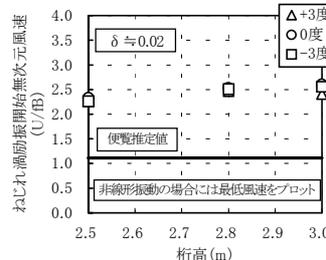


図2 ねじれ渦励振風速特性

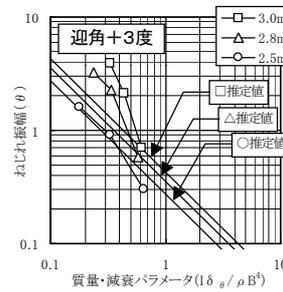


図3 ねじれ渦励振振幅特性

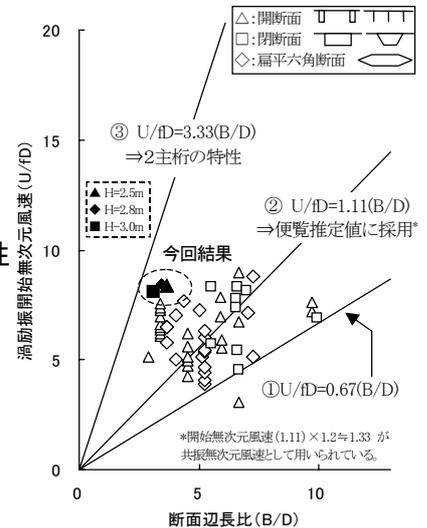


図4 断面辺長比とねじれ渦励振風速の関係<sup>2)</sup>

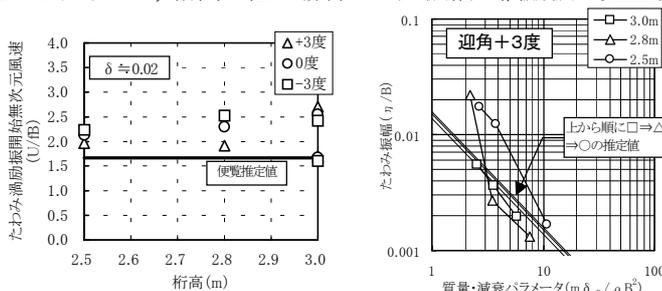


図5 たわみ渦励振風速特性 図6 たわみ渦励振振幅特性

### 5. 支間長50mを想定した場合の耐風安定性について

たわみ及びねじれの振動数を簡易的に下式で推定し、今回の検討対象断面に対して支間長50mを想定した場合の各種空力振動の発生風速を算出した結果を表3にまとめる。これより、別途照査風速に関する検証は要する(基本風速が高い、あるいは桁高度が高い場合など)ものの、支間長50m程度を想定した場合には概ね耐風安定性は確保されていると考えられる。

たわみ振動数=100/支間長, ねじれ振動数=たわみ振動数×1.11(文献3)などの振動試験結果を参考とした)

### 6. あとがき

本稿では、鋼製高欄設置断面を対象とした検討結果についてまとめたが、2主桁断面では高欄形状の差異によって空力特性が敏感に変化する傾向が示唆されていることから、今後は高欄形状の変化も含めてさらに基礎データを蓄積するとともに、2主桁断面に対する耐風設計のマニュアル化を図る必要があると考えている。

【参考文献】1) 道路橋耐風設計便覧, 1991. 2) 阪神高速道路公団設計荷重委員会報告書(HDL) 3) 中村, 宮越他, ”利別川第一橋(PC床版連続合成2主桁橋)の実橋振動試験”, 第55回土木学会年次学術講演会概要集, 2000.9.

表3 空力振動発生風速の推定(支間長50m)

【表中の数値範囲は迎角及び構造減衰(0.02~0.04)における変化範囲を示す】

	フラッター	ギャロッピング	ねじれ渦励振 (開始風速)	たわみ渦励振 (開始風速)
桁高2.5m 断面	85~96m/s	100m/s以上	57~59m/s	45~51m/s
桁高2.8m 断面	89~96m/s	100m/s以上	62~65m/s	44~66m/s
桁高3.0m 断面	83~100m/s	100m/s以上	61~67m/s	37~39m/s 55~67m/s