

流速および圧力状態に着目した PCT 形桁に対する流体力に関する一考察

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○大野又稔 渡辺 健 河村佳英 岡本 大
大成建設 正会員 本田隆英

1. はじめに

本研究では、津波時の準定常状態の流速による橋桁流出を想定し、初期流速 V および桁下空間 h_s が、橋桁に作用する流体力に及ぼす影響を把握することを目的とした。一様流中にある橋桁の周辺に発生する流速および圧力分布を、粒子イメージ流速計測 (PIV) 法を用いて計測し、3次元数値波動水槽 : CADMAS-SURF3D¹⁾ (数値解析) の結果と比較検証した。

2. 実験および解析概要

実験では、図1に示す全長20mの2次元水路で一様流を発生させ、図2に示すT形断面桁試験体の桁下空間 h_s を変えながら、水位、流速、流体力を計測した。試験体は、実在する鉄道プレストレストコンクリートT形桁 (PCT 形桁) の諸元を参考に、1/30の寸法で塩化ビニルにて製作したものである。

実験水路には、試験体位置の上流および下流の6か所に水位計、同じく4か所および試験体直下の1か所に流速計を設置した。圧力計を13か所に配置した試験体を、分力計を介して固定することで、桁に作用する水平力、鉛直力、モーメントを計測した。また試験体周りの流速を、図3のように高速度カメラおよびシート光を用いて500枚/秒で記録した映像から、PIV法により1cm間隔で算出した。検討には、1秒間の流速の平均値を用いた。

数値解析では、図4に示す通り、実験水路および試験体をモデル化し、初期流速 V および桁下空間 h_s を変えた、表1に示す全24ケースにおいて、水位、流速、圧力を算出した。計算格子は桁模型周りで $\Delta x = \Delta y = 1\text{cm}$ 間隔とした。検討には、定常状態後の10秒間の平均値を用いた。

3. 水理実験と数値解析の結果の比較

橋桁に作用する流体力は、桁に発生する圧力の積分値として定まり、この圧力は流速と流向と関連していると考えられる。したがって、水理実験と数値解析で、流速分布および圧力分布が一致すれば、流体力も一致すると考えられる。本検討では、解析ケースで初期流速 V が最大あるいは最小である No.1, 4 について、水理

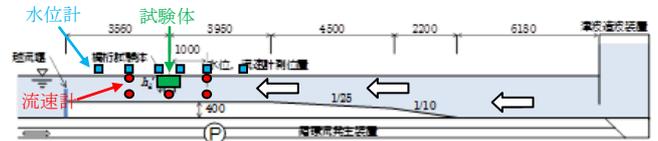


図1 実験水路の概要図

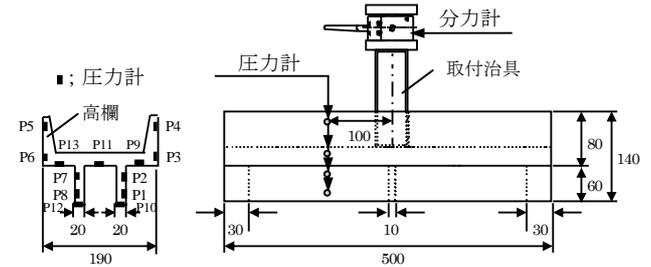


図2 試験体の概要

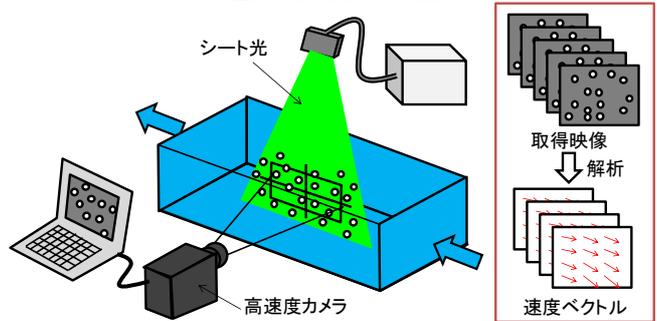


図3 PIV法の概要図

表1 解析ケース

No	ケース	初期流速V	初期水深H	桁下空間 h_s	跳水位置不変
1	T2V07H30	0.7m/s	30cm	5,10,15,20,25	$h_s=12\text{cm}$
2	T2V09H30	0.9m/s	30cm	5,10,15,20,25	$h_s=13\text{cm}$
3	T2V11H30	1.1m/s	30cm	5,10,15,20,25	$h_s=16\text{cm}$
4	T2V13H30	1.3m/s	30cm	5,10,15,20,25	$h_s=18\text{cm}$

実験と数値解析の水位、流速、圧力、水平力、鉛直力、下流側桁下端部まわりのモーメントを比較した。流速は図4に示す流速抽出位置で、圧力は図2に示す圧力計設置位置で求めた。比較した結果を図5~9に示す。

図5~9より、 $V=0.7\text{m/s}$ では、水理実験と数値解析の結果が概ね一致した。一方、 $V=1.3\text{m/s}$ では、下流側の水位 (図5)、分力計の水平力 F_x (図8) およびモーメント (図9) について、実験結果に対して解析結果が大きい値を示した。図7によると、圧力は実験と解析で概ね一致しているものの、 $V=1.3\text{m/s}$ では上流側で解析結果は全体として小さく、逆に下流側で大きくなっている。力はこれらの積分値であるため、特に F_x において、解析結果が大きくなっているものと考えられる。

キーワード 一様流, 流速分布, 流体力, 粒子イメージ流速計測法, 3次元数値波動水槽

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 TEL042-573-728

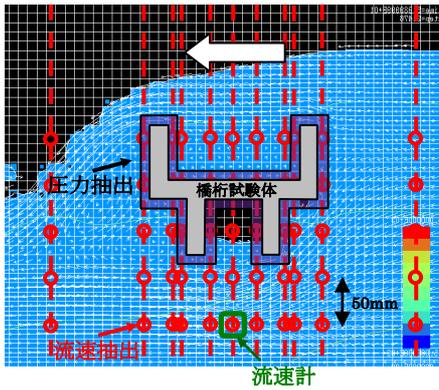


図4 3次元数値波動水槽の例

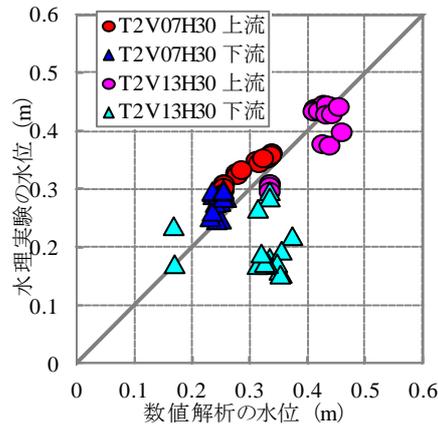


図5 水位の比較

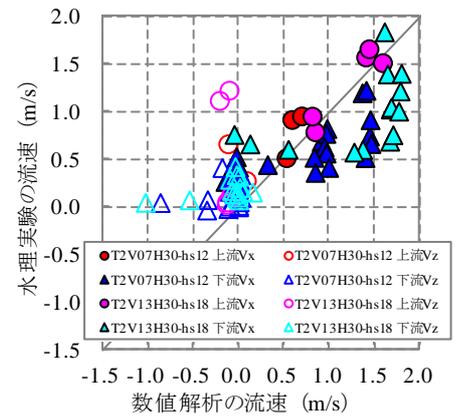


図6 流速の比較

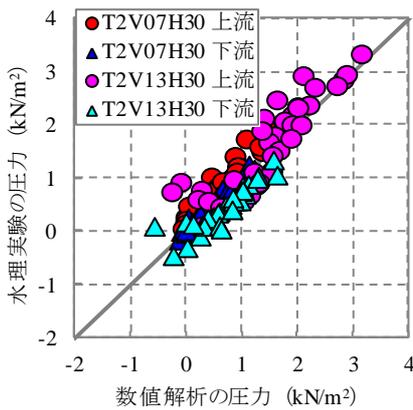


図7 圧力の比較

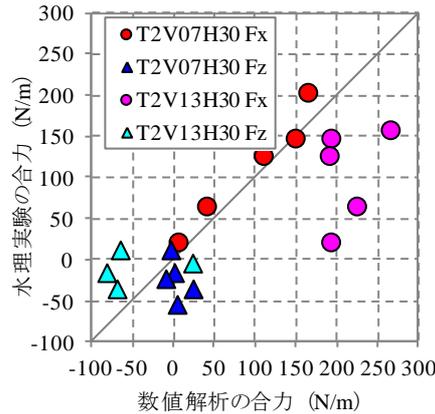


図8 合力の比較

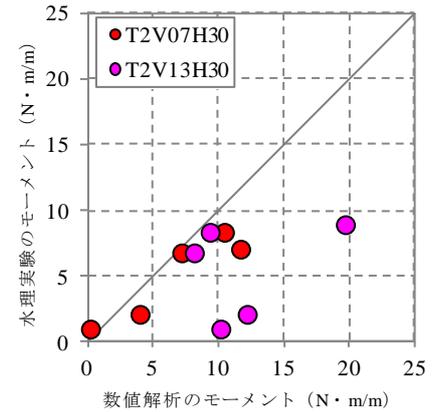


図9 モーメントの比較

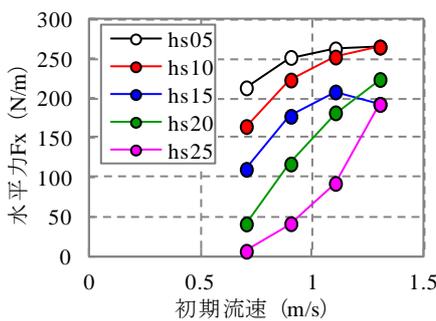


図10 水平力の検討

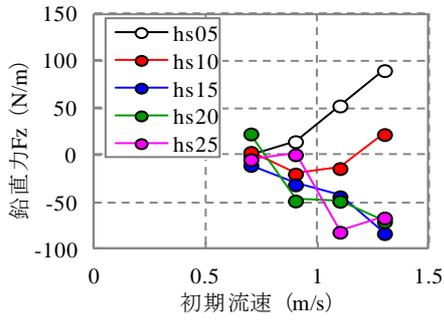


図11 鉛直力の検討

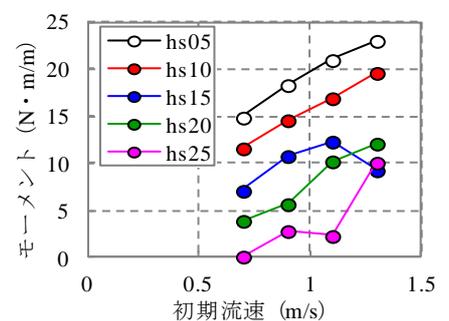


図12 モーメントの検討

4. 流体力の検討

試験体周りに発生する流速および圧力分布が、水理実験と数値解析で概ね一致し、数値解析の再現精度が確認されたことから、表1に示す20ケースの数値解析における流体力を比較した。

図10～12に、数値解析による水平力、鉛直力、下流側桁下端部まわりのモーメントの計算値を示す。図10より、 V が速く h_s が小さいほど水平力 F_x が大きくなるが、 $h_s=5, 10\text{cm}$ 、 $V \geq 1.1\text{m/s}$ では概ね $F_x=250\text{N/m}$ となった。図11より、初期流速が速いほど $h_s=5\text{cm}$ では上方向の力が大きく、 $h_s \geq 15\text{cm}$ では下方向の力が大きくなっている。図12より全体的に V が速く h_s が小さいほど、モーメントが大きくなるが、特徴的に、 $V=1.3\text{m/s}$ 、 $h_s=15\text{cm}$ のモーメントは小さくなっている。

5. おわりに

水理実験における橋桁の周りに生じる流速および圧力分布を、3次元数値波動水槽により概ね再現できることを確認した。一般に V が速く h_s が小さいほど、 F_x 、 M が大きくなり橋桁が流出する可能性が高いが、鉛直下向きの力が大きくなることでモーメントが小さくなる条件があることを確認した。

本研究は、科学研究費補助金(24246079)および国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施した。

参考文献

- 1)CADMAS-SURF/3D 数値波動水槽の研究・開発、(財)沿岸技術研究センター、沿岸技術ライブラリーNo.39、H22.12