

数値計算による流況再現の精度に関する一考察

パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 ○阿部康紀
 パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 原田大輔

パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 渡邊武志
 パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 赤塚芳弘

1. はじめに

本論文は、モデル河道を対象として実施した「一次元不等流計算結果」と「準三次元数値計算結果」と「水理模型実験結果」を比較し、「一次元不等流計算」と「準三次元数値計算」による水理現象（水位や流速）の再現性について考察したものである。

さらに、比較検討より得られた結果をもとに、分合流・湾曲・落差など複雑な水理現象を含む河道の検討手法を提案するものである。

2. 背景

河道の水位や流速を把握する手法として、簡易な方法では一次元不等流計算があり、詳細な方法では水理模型実験がある。最近では、平面二次元数値計算モデルや準三次元計算モデルの提案や FEM（三角形メッシュ）の適用により河道形状を詳細に再現することで、数値計算による流況解析の精度が向上している。

10 年位前までは、複雑な水理現象を把握するためには、水理模型実験を実施していたが、費用が高いことや工期が長いこと等から、徐々に数値解析による流況解析へと代替する流れになってきている。この流れは計算機の性能向上も大きく影響している。

3. モデル河道

表 1 と図 1 にモデル河道の諸元と一般図を示す。モデル河道の平面形状は、河道が湾曲し (R/B=5)、湾曲河道の外岸側から分水路が分派・合流する。横断形状は、2面張りの単断面 (n=0.030) を基本とし、一部コンクリート水路 (n=0.023) が設置される。

また、分水路合流地点の上流側 2.378 km において落差工 (h=0.5m) があり、複雑な河道形状を有している。

表 1 モデル河道の諸元

項目	数値	備考
河床	固定床	
河床勾配	1/300~1/400	
川幅	本川 11m 分水路 3.74m	
縦断範囲	550m 程度	
粗度係数	0.023	コンクリート水路
	0.030	2面張り水路
計画流量	80m ³ /s 程度	W=1/50

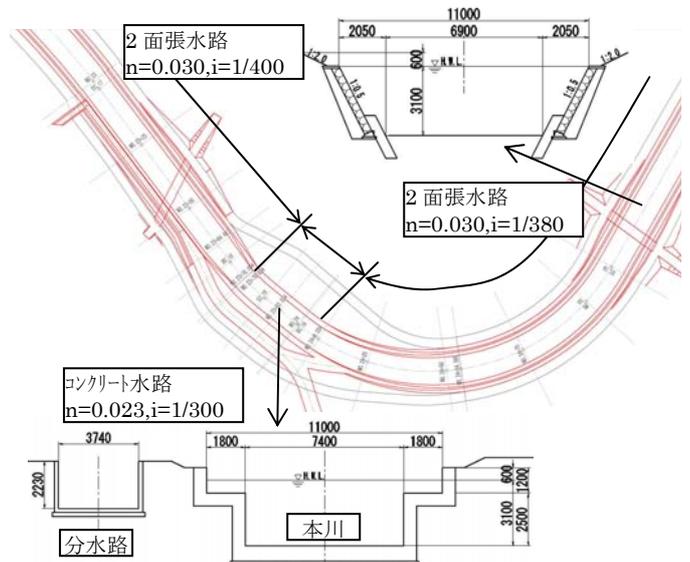


図 1 モデル河道一般図

4. 実験模型について

以下にモデル河道を対象として、作成した実験模型の諸元と模型写真を示す。模型縮尺は、S=1/25 とした。

表 2 平面解析モデルの概要

項目	縮尺量	現地量	模型値	摘要
距離	1/λ	350m	14m	
河道幅	1/λ	11m	44cm	
水深	1/λ	3.1m	12.4cm	本川
		2.0m	8cm	分水路
流量	1/λ ^{2.5}	80m ³ /s	25.6 リットル/s	W=1/50
流速	1/λ ^{0.5}	3.0m/s	0.6m/s	

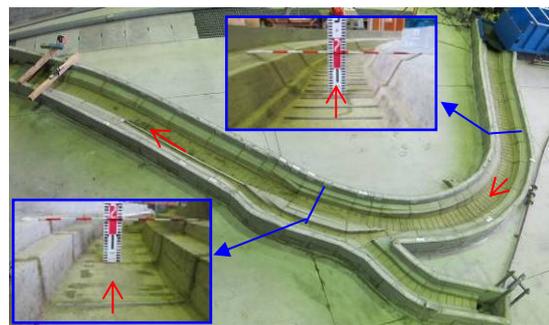


図 2 モデル河道実験模型 (s=1/25)

5. 数値計算モデル

(1) 一次元不等流計算

一次元不等流計算は、湾曲による水位上昇量を考慮する。分水路の分派・合流による水位上昇量は考慮しない。

キーワード 数値解析、模型実験、不等流計算、準三次元計算

連絡先 広島県広島市中区大手町 2 丁目 1 番 1 号広島商中日生ビル 8F、TEL:082-504-1039、FAX:082-504-1043

(2) 準三次元計算モデル

以下にモデル河道を対象として、作成した準三次元計算モデルの概要を示す。

表 3 準三次元解析モデルの概要

項目	数値	備考
メッシュ	5mピッチ	FEM
総接点数	1,987	
総要素数	3,649	
縦断範囲	550m	
粗度係数	0.023	コンクリート水路
	0.030	2面張

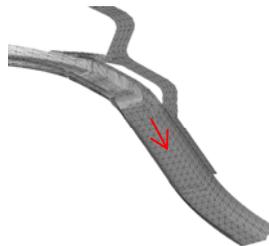


図 3 鳥瞰図

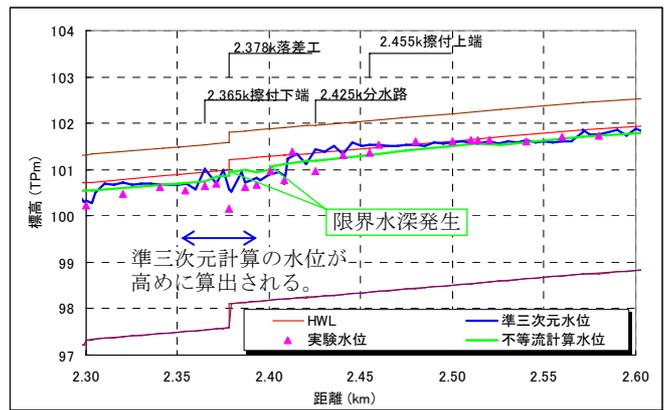


図 5 水位の比較図 (左岸側：湾曲外岸側)

6. 解析結果の考察

(1) 一次元不等流計算モデル

- ・ 2.378km 落差工、2.408km にて、限界水深が発生する。この現象は水理模型実験では生じていない
- ・ 図 5 より、湾曲による水位上昇量が低めに算出されている。落差工周辺の水面形は再現できていない。→概略の河道形状を検討するのに適している。

(2) 準三次元計算モデル

1) 数値解析のキャリブレーション

はじめに、数値解析結果と水理模型実験の結果を比較して、数値解析に以下の改良を加えた。

- ・ 分流・合流地点のメッシュ分割を修正した (メッシュ分割を細分化)。
- ・ 2.378~2.408km の粗度調整 (n=0.023→0.020) 分合流・湾曲・落差工・摩擦による複合した損失を粗度係数で調節した。

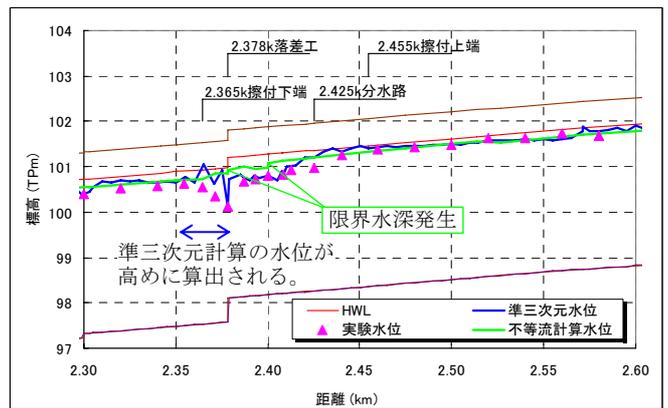


図 6 水位比較図 (右岸側：湾曲内岸側)

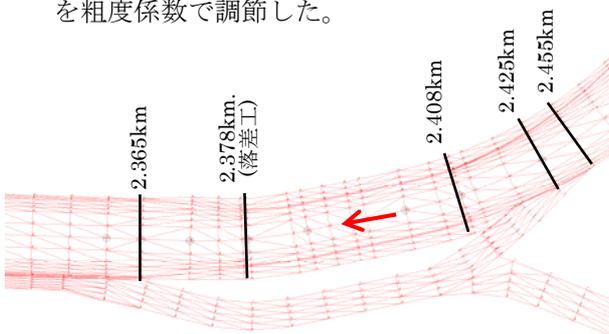


図 4 メッシュ分割図

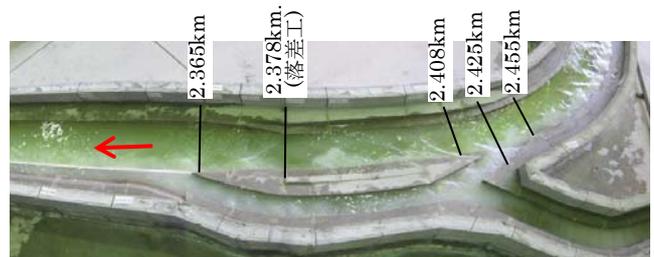


図 7 水理模型実験流況

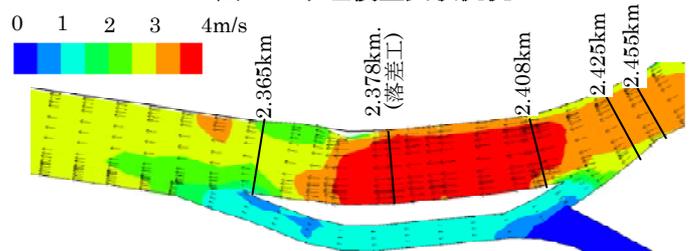


図 8 流速ベクトル図 (準三次元計算)

2) 数値解析結果

- ・ 数値計算結果は、概ね模型実験の計算結果を再現できている。
- ・ 局所的に 2.35km~2.45km の範囲において、数値計算結果が模型実験より若干高めに評価される区間がある (20~40cm 程度)。これは、分合流や落差工や湾曲の影響が複合している部分であり、数値解析で完全には再現できていない。→河道形状を様々に変化させて、最適な河道形状を検討するのに適している。

7. 結論

検討手法	用途
一次元不等流計算	・ 河道断面、縦断形状を概略把握するのに適している。
準三次元計算	・ 分合流、湾曲、落差工など複雑な水理現象についても適用可能。 ・ <u>キャリブレーションが必要。</u> ・ 河道平面、断面、分合流形状の検討。 ・ 水理量を詳細に出力可能。外力把握。
模型実験	・ 分合流、湾曲、落差工など複雑な水理現象の把握に適する。 ・ <u>数値解析の検証データとする。</u> ・ 最終形状の流況確認。細部の形状確認