

【3次元設計に向けた協調領域(その4)】

3次元手法を用いた堆砂量算出の有効性と課題

パシフィックコンサルタンツ株式会社 ○菊池 将人・飛岡 啓之・堂ノ脇 将光・上葛 健太
株式会社オリエンタルコンサルタンツ 井川 忠 日本工営株式会社 河合 政岐
株式会社建設技術研究所 奥野 敏也 八千代エンジニアリング株式会社 矢野 孝樹

1. はじめに

国土交通省が公表した i-Construction2.0 では、建設現場の省人化3割を目標とし、企業間の協調領域の整備による投資効率化が求められている¹⁾。この背景を踏まえ、建設コンサルタンツ協会では令和5年6月に協調領域検討会WGを設置し、砂防分野においては、「砂防堰堤の3次元設計」及び「施工計画」に着目した協調領域の検討を進めている。この中でも3次元設計では、パラメトリックモデルの活用により大幅な効率化が期待される²⁾。

砂防施設の要求性能を決定する計画堆砂量は、パラメトリックモデルにより作成した計画堆砂面からソフトウェア上で算出可能である。しかし、パラメトリックモデルを活用した計画堆砂面の生成方法には技術者・ソフトウェアごとに異なる手法が用いられ、同一条件であっても手法の違いにより堆砂範囲および計画堆砂量にバラツキが生じる。この結果、設計としての施設規模や用地買収範囲が過大または過小となる場合があり、公共事業として求められる品質の確保が課題となる。

このため、本検討ではパラメトリックモデルを活用した計画堆砂面（以下、3次元堆砂面）の作成方法を整理し、各手法による計画堆砂量等の比較結果を示す。そして、3次元堆砂面の妥当性確認方法を考察する。これにより、協調領域として砂防事業全体における検証コストの削減と品質・精度の向上を図ることを目的とする。

2. 3次元堆砂面の作成方法

2章では、パラメトリックモデルを活用し計画堆砂面を生成する方法と、生成手法の違いが生じる要因を説明する。なお、砂防設計における計画堆砂面に関して、本検討では設計論上「堆砂横断は水平」を前提とする。

計画堆砂面は、設計中心線が平面的に湾曲し、かつ縦断方向に勾配を有する特徴を持つ。これを3D-CADで表現

すると、図-1に示すように、屈曲部において横断面にねじれが生じる。ねじれを有する3次元堆砂面ではソフトウェアによる計画堆砂量の算出が不安定または困難となる。このため、3次元堆砂面の作成には、屈曲部における横断面の傾きを調整し、ねじれを解消する必要がある。しかし、表-1に示すように、ねじれを解消する方法は複数挙げられ、その違いにより、同一条件であっても生成される計画堆砂面に差異が生じる。つまり、ねじれの解消が、計画堆砂面の形状および計画堆砂量のバラツキの要因となる。

3. 3次元堆砂面から作成した計画堆砂量等の比較

3章では、表-1に示す各手法を用いて計画堆砂量等を算出し、その結果を比較した。対象とした地形は、現河床勾配1/7.1、計画堆砂勾配1/10.65の場所であり、堤高16.5mを想定した。各手法により生成した3次元堆砂面の平面図を図-2、代表横断図を図-3、計画堆砂量を表-2、各測点における計画堆砂面との両端標高差を表-3に示す。

両端標高差が生じなかった手法3を基準として比較すると、表-2に示すように、手法1は他手法と比較し最も計画堆砂量の差が大きい結果となった。この要因として、図-3と表-3に示すように、手法1は各測点における計画堆砂面との両端標高差が大きく、横断面の傾きが相対的に大きいことが挙げられる。つまり、手法1はねじれを抑制す

表-1 3次元堆砂面の生成する方法

手法	特徴	設計中心線	操作
手法1	堆砂横断を滑らかな曲線に沿って押し出す(スweep)	滑らかな曲線に修正	自動(1分)
手法2	“一定間隔”ごとに堆砂横断を滑らかな曲線に沿って押し出す(一定間隔ごとにスweep)	滑らかな曲線に修正	自動(1分)
手法3	屈曲部における堆砂横断を1点に集中させねじれを解消する	変更なし(折れ線)	手動(60分)
手法4	“一定間隔”ごとに堆砂横断を設計中心線に沿って押し出す。このとき、地形範囲内で交差した堆砂横断は使用しない	変更なし(折れ線)	自動(1分)

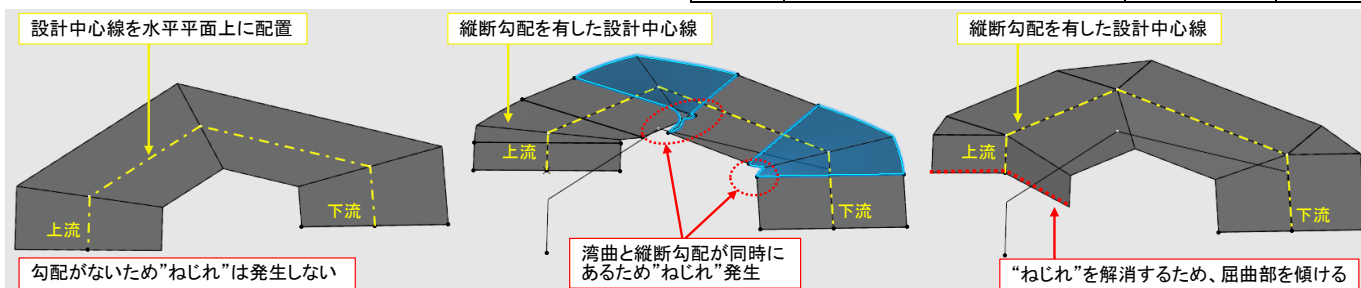


図-1 3D-CAD で作成した3次元堆砂面の例

るため横断面を大きく傾けた結果となり、これが計画堆砂量の差として現れた。なお、手法3で両端標高差は生じなかった理由としては、各測点において必ず堆砂横断が水平となるよう処理したためであり、湾曲部における測点間の堆砂面では大きく傾きが生じている。

4. 3次元堆砂面の妥当性検証方法の考察

図-2 と表-2 に示すように、手法の違いにより計画堆砂量や計画堆砂範囲に大きく差異が生じるものの、各手法の

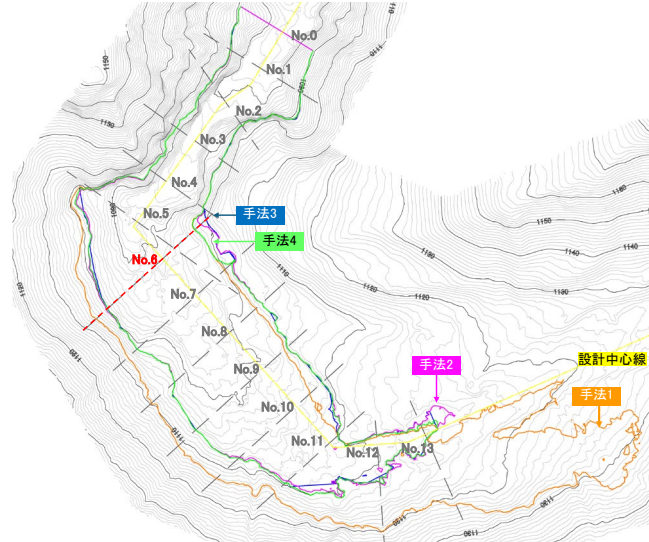


図-2 各手法で作成した3次元堆砂面の平面図

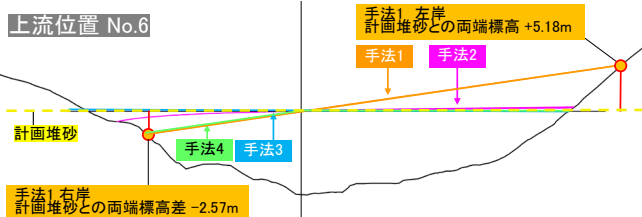


図-3 本検討での代表横断面図 (No.6)

表-2 各手法で算出した計画堆砂量の比較表

	計画堆砂量 m ³	差分 m ³ (手法N-手法3)	差分割合 (手法N-手法3)
手法1	63.311	14.946	30.60%
手法2	47.989	-377	-0.80%
手法3	48.366	-	-
手法4	48.874	508	1.00%

表-3 各測点における計画堆砂面との両端標高差

測点 No	延長 (m)	計画堆砂との両端標高差(m)							
		手法1		手法2		手法3		手法4	
		右岸	左岸	右岸	左岸	右岸	左岸	右岸	左岸
No.1	20	-0.06	0.08	-0.13	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
No.2	40	0.28	-0.29	0.22	-0.23	0.00	0.00	0.00	0.00
No.3	60	-0.14	-0.03	-0.21	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
No.4	80	-0.04	-0.07	0.22	-0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
No.5	100	-	-	-	-	-	-	-	-
No.6	120	-2.57	5.18	-1.14	0.37	0.00	0.00	-2.45	0.00
No.7	140	-2.26	5.22	0.10	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
No.8	160	-2.00	5.93	0.01	-0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
No.9	180	-1.70	6.17	-0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
No.10	200	-1.18	5.95	0.06	-0.26	0.00	0.00	0.00	0.00
No.11	220	0.04	4.65	0.16	-0.64	0.00	0.00	-0.33	0.00
No.12	240	-0.72	8.62	-0.04	0.10	0.00	0.00	-0.49	0.00
平均		-0.94	3.77	-0.08	-0.06	0.00	0.00	-0.30	0.00

結果の妥当性は、既存の基準等に基づき判断することは現時点で困難である。このため4章では、3次元堆砂面の妥当性検証方法について考察した。

妥当性を検証する前提条件として、計画堆砂面は設計論上「堆砂横断は水平」であるものとした。これを踏まえ、妥当性検証方法は、3次元堆砂面から切り出した堆砂横断が水平とみなせる範囲にあるか、すなわち計画堆砂面との両端標高差が許容誤差範囲内にあるか確認するものとした。許容誤差範囲の考え方は、地形精度の観点から、3次元地形データの精度上識別が困難な範囲内に計画堆砂との両端標高差が収まる場合に、「堆砂横断は水平」とみなすことができるものとした。3次元地形データの精度は、BIM/CIM 活用ガイドライン(案)において、砂防構造物設計において地図情報レベル 500~1000 とされている³⁾。また、3次元地形データの精度上識別が困難な範囲内は、測量法作業規程の準則を参考に、地図情報レベルの標高点の標準偏差とした(表-4)⁴⁾。

また、3次元堆砂面の特性上、湾曲部では横断面に傾きが生じる。以上から、堆砂面全体が地形精度の誤差範囲内に収まるか検証する観点として、計画堆砂面との両端標高差の平均値が各地図レベルにおける標高点の標準偏差内にあるかを確認する妥当性検証方法を提案する。この提案方法を用いて表-3を検証した場合、手法2~4の結果は設計論上妥当であると判断する。

5. おわりに

本検討では、パラメトリックモデルを活用した3次元堆砂面の作成方法の違いによる計画堆砂量等の差を示した。また、作成した3次元堆砂面の妥当性を検証する手法が現時点では未整備のため、「堆砂横断は水平」を前提とした地形精度の観点に基づく検証方法を提案した。今後は、対象地形や条件を拡張した検証を行い、検証方法の妥当性および標準化に向けた検討を進める予定である。

【参考資料】

- 1) 国土交通省 (2024) : i-Construction2.0 ~建設現場のオートメーション化, p1~p17.
- 2) 菊池ら (2025), パラメトリックモデルを活用した3次元設計技術の開発 砂防堰堤予備設計への適用に向けて, 令和7年度砂防学会研究発表会
- 3) 国土交通省 (2024) : BIM/CIM 活用ガイドライン (案) 第3編砂防及び地すべり対策編令和4年3月, p39~p40
- 4) 測量法 作業規程の準則 一部改正令和7年3月31日 第105条

表-4 数値地形図データの精度表

地図レベル	水平位置の標準偏差	標高点の標準偏差
250	0.12m 以内	0.25m 以内
500	0.25m 以内	0.25m 以内
1000	0.70m 以内	0.33m 以内
2500	1.75m 以内	0.66m 以内