

3次元データを用いた「デ・レイケ導流堤」の復原

村本建設（株） 正会員 ○高井 伸一郎
同上 重安 満、村山 恭一

1. はじめに

「デ・レイケ導流堤」は、明治 23 (1890) 年、内務省技師の石黒五十二らによって、筑後川の河口付近に造られた総延長 6.5km、推定幅約 20m、推定高約 4~5m という大規模土木構造物である。近代河川計画を検討したオランダ人技師のヨハニス・デ・レイケの名前を充てて、通称「デ・レイケ導流堤 (写真-1)」と呼ばれており、2008 年に土木学会推奨土木遺産に認定された歴史的に価値ある土木構造物である。

当該工事は、デ・レイケ導流堤の一部を解体し、別の場所に移築復原する工事である (図-1)。歴史的価値の高い構造物であるため、移設前の風合いや石の噛み合わせを十分に把握し、現状通りに移築復原する必要があった。石積み構造の復原工事に際して、3D データを活用した施工事例として、施工精度や留意点について報告する。

2. 3次元データを用いた復原

風合いや景観を重視する文化財に対して、全体を高精度に復原することを目的として SFM (Structure from motion) 技術による 3 次元データを採用した。現在、3 次元計測技術は 3D レーザースキャナが主流となっているが、標準的に三脚の上に機材を固定するなど計測上の制約が大きい。一方、SFM ではデジタルカメラによる写真の画像処理による 3 次元計測であるため、低コストで 3 次元データが得られる。画像解析により得られた 3D データは、写真画像に XYZ の位置情報を割り当てることができるため、高精度で復原するための手法として有効である。SFM 技術は 3D データを活用する i-Construction の取組として今後の発展が期待できる。

3. 写真測量方法

デ・レイケ導流堤復原部分は、高さ 2.5m、長さ 6.0m、幅 9.9m の小規模な形状のため、先端にデジタルカメラを装着したポールを用いて 360 度全周方向から撮影を行った (写真-2)。使用したカメラは単焦点のデジタル一眼レフ (1600 万画素) を使用し、画像ラップ率は 80% 程度を目安とした。写真撮影時に基準ポイント (12 点) についてトータルステーションによる事前測量を行い、画像解析時に座標補正を行うことで、3D データの精度向上を図った。



写真-1 デ・レイケ導流堤

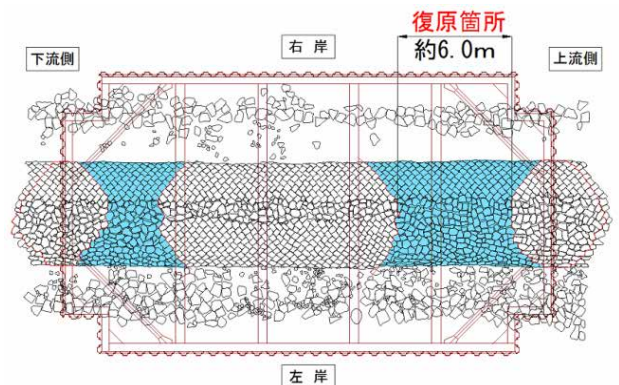


図-1 解体範囲と復原箇所

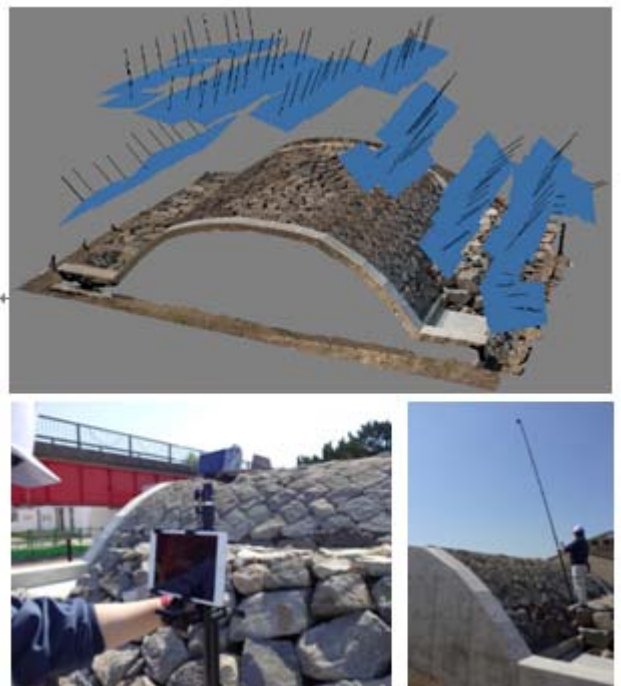


写真-2 撮影箇所と撮影状況

キーワード 土木遺産, デ・レイケ, 導流堤, SFM, 3次元データ, i-Construction, 石積み

連絡先 〒543-0002 大阪市天王寺区上汐 4-5-26 村本建設株式会社 TEL06-6772-8201

4. 3D データを活用した石積み復原

一般的に石積み等の復原は、写真と照合しながら丁張りや水糸を用いて積み上げる熟練工の技に委ねられている。今後、高齢化に伴う熟練工の減少が予測される中、3D データを活用することで、それらの技術を補うことを試みた。移設前の石積み形状の 3D データをもとに、基準となる石の座標値を求めて、その座標値を基に復原する方法である。基準石の設置に際して、自動追尾型のトータルステーションと 360 度プリズムを使用して、座標値により正確に誘導する方法を採用した(図-2)。基準となる根石は、設置誤差が 5mm 以内に収まるように据え付けた。3D データをタブレットで操作し、石工は石相互の間隔をその場で確認したり、石のかみ合わせをいろいろな角度でズームしながら確認するなど、写真では得られない情報を活用した(写真-3)。石積み復原の全工程は、タイムラプスカメラによる映像として記録し、今後の技術伝承に役立てる資料とした。

5. 施工精度検証

復原モデルの施工精度検証は、石積み配置と位置高さによって評価した。

(1) 石積み配置の復原精度

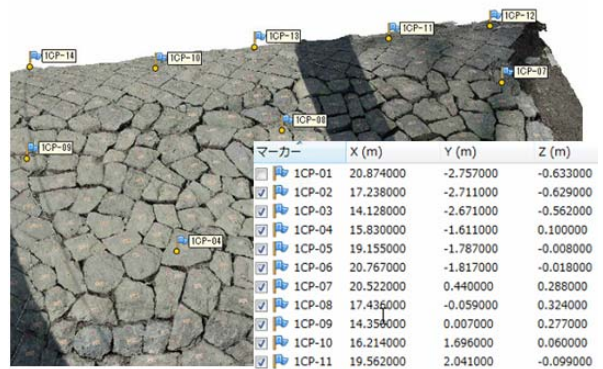
配置精度の検証は、導流堤平面のオルソ画像から石積みの輪郭画像を抽出し、画像の重ね合わせを行った(図-3)。復原箇所の導流堤は、右岸側は「谷積み」、左岸側は「乱積み」となっていた。谷積み側では、正確に復原できているが、乱積み側では、若干のズレが生じている。「谷積み」では、根石を正確に据えれば、規則的な復原が可能であったが、「乱積み」の場合は、個々の石形状が異なるため、据え付け位置や角度などの若干のズレが累積することで、正確な一致が困難であったと考えられる。

(2) 形状高さの復原精度

復原前後の画像データから点群データを作成し、その差分を比較検証することで、高低差の出来形精度を確認した。3D 点群処理システムを用いたヒートマップ(図-4)による検証の結果、誤差は概ね 3cm 程度であった。

6. まとめ

- ①石積み復原に際して、3D データを活用することで、施工の効率化が図られた。
- ②座標値を有する画像データが得られるため、施工前後の出来形について、誤差を数値として検証できるだけでなく、視覚的な検証も可能となった。
- ③動画記録により技術伝承に関わる貴重な資料が得られた。



マーカー	X (m)	Y (m)	Z (m)
ICP-01	20.874000	-2.757000	-0.633000
ICP-02	17.238000	-2.711000	-0.629000
ICP-03	14.128000	-2.671000	-0.562000
ICP-04	15.830000	-1.611000	0.100000
ICP-05	19.155000	-1.787000	-0.008000
ICP-06	20.767000	-1.817000	-0.018000
ICP-07	20.522000	0.440000	0.288000
ICP-08	17.436000	-0.059000	0.324000
ICP-09	14.358000	0.007000	0.277000
ICP-10	16.214000	1.696000	0.060000
ICP-11	19.562000	2.041000	-0.099000

図-2 基準石の座標値



写真-3 石積み状況
(TS による座標誘導、タブレット確認)

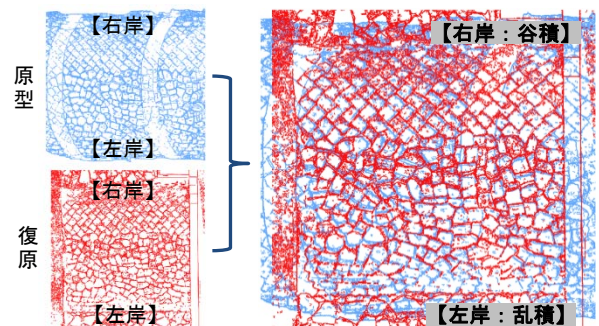


図-3 重ね合わせ画像による配置検証

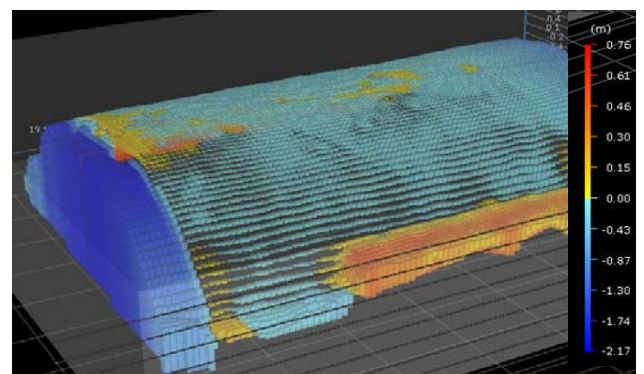


図-4 形状高さの復原精度(ヒートマップ)