

(18) 地上レーザ測量の堤防設計への 利活用に関する一考察

宮武 一郎¹・岡崎 仁司²・塚原 大輔³・栗山 卓也⁴・松田 寛志⁵

¹正会員 国土交通省 近畿技術事務所（〒573-0166 大阪府枚方市山田池北町11番1号）

E-mail:miyatake-i8310@kkr.mlit.go.jp

²国土交通省 信濃川河川事務所 計画課（〒940-0098 新潟県長岡市信濃1丁目5番30号）

E-mail:okazaki-h84n1@mlit.go.jp

³国土交通省 千曲川河川事務所 調査課（〒380-0903 長野県長野市鶴賀字峰村74）

E-mail:tsukahara-d84j4@mlit.go.jp

⁴正会員 日本工営株式会社 流域・防災事業部河川水工部（〒102-0083 東京都千代田区麹町4丁目2番）

E-mail:a7206@n-koei.co.jp

⁵正会員 日本工営株式会社 コンサルタント国内事業本部（〒102-0083 東京都千代田区麹町4丁目2番）

E-mail:a3388@n-koei.co.jp

本稿は、地上レーザ測量により作成した地形（現況）の3次元形状データを用いた堤防設計について述べるものである。

地上レーザ測量により得られる点群データについて、適切にノイズ処理を実施し、地形（現況）の3次元形状データを作成することにより、現況の地形形状が良好に把握でき、これを用いて改修計画の3次元形状データを作成することにより、より確実に近接構造物との取り合いの確認や、現況の地形形状をより反映した擦りつけ形状とすることができ、堤防設計の品質が向上することが確認できた。また、算出される盛土数量についても精度向上の可能性が示された。

Key Words : CIM, 3D model, design, embankment, laser profiler

1. はじめに

築堤事業のプロセスは、調査・計画、予備設計、路線測量、詳細設計、用地測量、設計・積算、工事施工から成っている。このうち設計に関するところについては、予備設計において平面図、定期横断図ベースで堤防法線を仮設定し、予備設計で設定した堤防法線を基に路線測量を実施した上で詳細設計がなされている。堤防の設計においては、現況の地形形状の把握は欠かせないものであり、通常（現状）、路線測量の際における横断測量は計画堤防法線に沿って20m間隔で実施されている。

一方、現在、国土交通省において導入の検討を行っているCIM（Construction Information Modeling）の適用にあたっては、地上レーザやUAV（Unmanned Aerial Vehicle）、MMS（Mobile Mapping System）、航空レーザによる測量等地形を立体的に把握することができる測量技術の適用が期待されている¹⁾。

そこで、本稿においては、CIMにおいて適用が期待さ

れている測量技術のひとつである地上レーザによる測量の結果を利活用し堤防設計を行った事例について、地上レーザ測量の堤防設計への利活用に対する期待とともに述べるものである。

2. 地上レーザ測量の堤防設計へ利活用への期待

堤防設計においては、通常（現状）、設計業務の契約後、まず、受注者は、現地踏査と発注者から貸与される横断測量の結果等も踏まえつつ現地状況を整理・把握する。これと並行して、計画諸元を設定し、発注者と諸元の確認をした後に、基本事項の決定、本体設計・付帯施設設計に取りかかり、平面縦断等の設計成果を確認できる基本的な図面を作成する。受注者により作成された図面については、発注者や関係機関により確認がなされ、その後、設計業務の受注者により平面図、縦断図、横断図等の図面が作成され、施工計画や工事発注時において

積算に必要となる数量算出等が実施される。

これらのプロセスのうち、発注者や関係機関による確認においては、堤防全体形状の確認や堤防標準断面の確認の他、兼用道路がある場合はその断面や設計の確認、また、現況地形との擦りつけ形状や近接構造物との取り合い等の確認がなされることが多い。

しかしながらこの確認において、20m間隔で行われる横断測量の間に位置し、測量がなされていない箇所については、近接する構造物との離隔や現況地形等が必ずしも把握されていないため、設計成果が必ずしも現地と整合しない場合もある。このような場合は設計のやり直しを余儀なくされることになる、あるいは、見過ごされた場合においては、施工の段階での手戻りが発生する恐れがある。

また、工事発注時において積算に必要となる数量算出については、通常（現況）、平均断面法で実施されており、横断測線の間に位置する地形の凹凸は必ずしも考慮されていない。

これらの状況に対し、地上レーザによる測量結果を活用した地形（現況）の3次元形状データでは現況地形を立体的に把握することができることから、地形（現況）の3次元形状データに計画される堤防の3次元形状データを統合し作成される改修計画の3次元形状データにより、堤防の法尻や近接構造物との離隔を容易に把握することや的確な擦りつけ形状の設計を行うことが期待される。

また、数量算出についても、地上レーザによる測量の結果を活用する場合は、従来、考慮されなかった横断測量の間に位置する地形の凹凸も算出される数量に反映されることにより、より精度が高くなることが期待される。

一方で、地上レーザ測量については、地形の突起等の陰にある部分にはレーザ光が到達せず、取得ができない。また、レーザ測量により取得される点群データは、レーザを反射する様々なものの形状を捉えるため、ノイズ除去の処理を施すことが必要になり、相当な業務量が生じることが懸念される。

3. 地上レーザ測量の利活用した堤防設計の試行

(1) 対象範囲

本試行は、一級河川信濃川水系千曲川千曲川60.0km～62.5kmの左右兩岸、長野市屋島地先及び須坂市福島地先を対象として、地上レーザによる測量及び堤防設計を行った。

表-1 地上レーザ測量の仕様等

項目	仕様・条件・設定
使用機器	測量機器：TOPCON製GLS-1500
スキャニングスピード	30,000点/秒
測量モード	ノーマルモード（反射強度18%で測定距離150m） 計算範囲：鉛直±35°、水平360°
機器設置基準	地図情報レベル500に準拠



写真-1 測量状況

(2) 3次元形状データの作成方法

試行においては、地上レーザ測量により点群データを取得し、取得データに含まれるノイズ除去をすることにより地形（現況）の3次元形状データを作成し、それと堤防（計画）の3次元形状データを統合することにより計画改修の3次元計上データとして作成した。

地上レーザ測量による点群データの取得については、TOPCON製GLS-1500を使用し、地形の突起物等により陰となる部分においてレーザ光が到達せず、点群データが取得できないことがないように機器を配置するとともに、予め草木の影響をできる限り排除するため取得に先立って堤防除草を行った。地上レーザ測量では点群データの取得のできない範囲については、従来測量（TS測量）により補完することとした（表-1、写真-1参照）。

取得した点群データについては、先に述べたようにレーザが反射する様々なものの形状を捉えるため、堤防の設計に必要な現況地形を示すデータとしては支障となるものがある。そのため、後述するノイズ除去処理を実施した後に、地上LPデータ（25cmメッシュ）として地形（現況）の3次元形状データとした。

堤防（計画）の3次元形状データについては、AutoCAD Civil 3D 2015を使用し、計画堤防法線、計画縦断を基に、計画横断（標準断面）を1m間隔で機械的に押し出して、堤防（計画）の3次元形状データを作成した（図-2参照）。

以上により作成した地形（現況）の3次元形状データと堤防（計画）の3次元形状データをAutoCAD Civil 3D 2015により統合することにより、計画改修の3次元形状

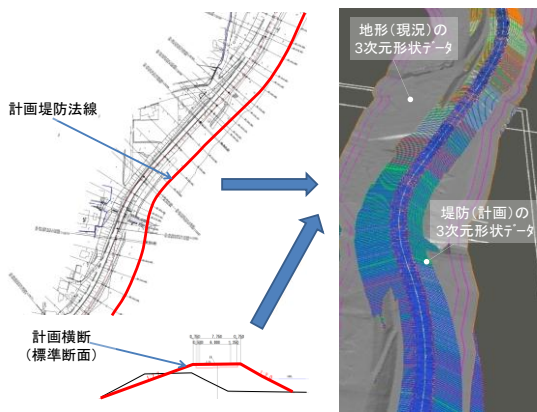


図-2 改修計画の3次元形状データの作成

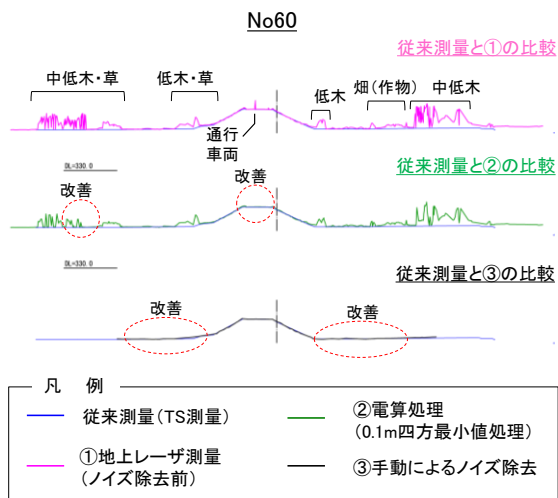


図-3 地形形状の比較

データを作成した。

(3) 結果と考察

a) 地形（現況）の3次元形状データ

従来測量データ（TS測量）の横断面図と、①地上レーザ測量で取得しノイズ除去前の点群データ（以下「地上レーザ測量（ノイズ除去前）」という。）、②地上レーザ測量（ノイズ除去前）を電算処理で0.1m四方内の最小値以外の点データを削除した点群データ（以下「電算処理0.1m四方最小処理による簡易ノイズ除去」という。）、③電算処理（0.1m四方最小処理）による簡易ノイズ除去後に手作業によるノイズ除去（ノイズ指定・削除）を行った点群データ（以下「手動によるノイズ除去」という。）によりそれぞれ作成された地上LPデータを比較したところ、①地上レーザ測量（ノイズ除去前）の地上LPデータは十分に現況形状を捉えられておらず、③手動によるノイズ除去がなされた地上LPデータは良好に現況の地形形状を捉えられていると考えられる（図-3参照）。

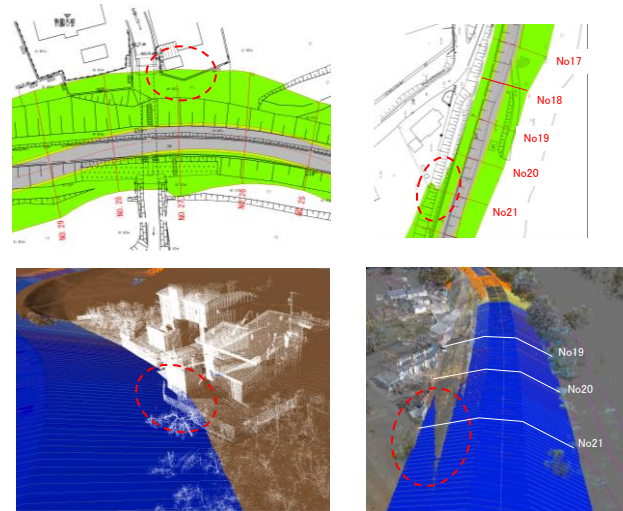


図-4 設計形状（左：近接構造物との取り合い、右：現況地形との擦りつけ）

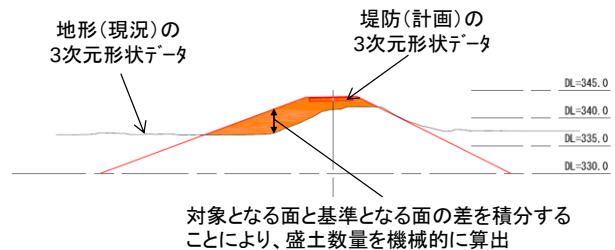
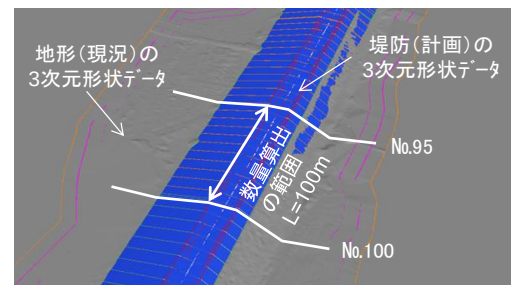


図-5 盛土数量算出

但し、ノイズ処理に要した時間について、レーザ測量を実施した者より聞き取りをしたところ、左岸屋島地区の場合、電算処理0.1m四方最小処理による簡易ノイズ除去までで24時間、手動によるノイズ除去まで含めると348時間を要しており、また、手動によるノイズ除去は、その作業を実施する者によりその成果の品質が左右される場合もあると考えられることから、今後、ノイズ処理の更なる自動化や処理に要する時間の短縮化が必要である。

b) 改修計画の3次元形状データ

試行において、比較のため並行して行った従来の20m間隔の横断測量を基にした堤防設計と改修計画の3次元形状データを比較したところ、従来の設計成果における横断測量がなされていない箇所では法尻形状が違ふことや構造物との干渉が判明した（図-4参照）。

表-3 算出数量の比較

測量の方法	算出方法	区分	測 点					合計	合計(設計表示數位)
			No.95～ No.96	No.96～ No.97	No.97～ No.98	No.98～ No.99	No.99～ No.100		
従来測量(TS測量)	平均断面法	盛土量	1,583㎡	1,616㎡	1,651㎡	1,672㎡	1,693㎡	8,215㎡	8,200㎡
①地上レーザ測量 (ノイズ除去前)	地形の3次元 形状データと 堤防の3次元 形状データを 基にAutoCAD Civil 3D 2015 により数量を 算出	盛土量	1,441㎡	1,523㎡	1,585㎡	1,580㎡	1,411㎡	7,540㎡	7,500㎡
		従来差	-142㎡	-93㎡	-66㎡	-92㎡	-282㎡	-675㎡	-700㎡
		従来比	(0.910)	(0.942)	(0.960)	(0.945)	(0.833)	(0.918)	(0.915)
盛土量		1,450㎡	1,531㎡	1,602㎡	1,596㎡	1,502㎡	7,681㎡	7,700㎡	
従来差		-133㎡	-85㎡	-49㎡	-76㎡	-191㎡	-534㎡	-500㎡	
従来比		(0.916)	(0.947)	(0.970)	(0.955)	(0.887)	(0.935)	(0.939)	
③手動によるノイズ 除去		盛土量	1,534㎡	1,574㎡	1,626㎡	1,626㎡	1,648㎡	8,008㎡	8,000㎡
		従来差	-49㎡	-42㎡	-25㎡	-46㎡	-45㎡	-207㎡	-200㎡
		従来比	(0.969)	(0.974)	(0.985)	(0.972)	(0.973)	(0.975)	(0.976)

注) ()内は従来測量を1,000とした場合の比である

これらの結果は、地上レーザによる測量結果を反映した地形(現況)の3次元形状データも反映した改修計画の3次元形状データを作成することにより、より確実に近接構造物との取り合いの確認を可能にし、また、現況の地形をより反映した擦りつけ形状とすることが可能になり、設計の品質向上に資することを示していると考えられる。

c) 盛土数量算出

設計延長100mを対象に、従来より行っている20m間隔の横断測量の結果を基に平均断面法により算出した盛土数量と、地形(現況)の3次元形状データと堤防(計画)の3次元形状データを基に、AutoCAD Civil 3D 2015によりノイズ除去の状況別にそれぞれ算出した盛土数量を比較した(図-5参照)。

平均断面法では盛土数量8,215m³、ノイズ除去前では7,540m³(平均断面法との差-675m³)、電算処理による簡易ノイズ除去後では7,681m³(平均断面法との差-534m³)、電算処理及び手動ノイズ除去後では8,008m³(平均断面法との差-207m³)となり、ノイズの処理状況によって、通常(現状)において適用されている平均断面法との差異が変化し、時間をかけてノイズ処理を行うことによって差異は小さくなる結果となった(表-3参照)。

通常(現状)、平均断面法では、20m間隔でされる横断測量の結果を基に、かつ、法面の凹凸については必ずしも反映されていない状況での数量計上となっていることから、地上レーザによる測量結果をノイズ処理を行い適用することにより、算出される数量の精度が向上する可能性は高いと考えられる。

但し、その精度は、上記結果でも示されるようにノイズの除去レベルに左右されることが考えられるため、先に述べたノイズ処理の改善等を踏まえつつ、導入に向けた検討が必要であると考えられる。

4. おわりに

本稿は、CIMにおいて適用が期待されている測量技術のひとつである地上レーザによる測量の結果を活用し堤防設計を行った事例について述べたものであるが、その利活用により設計の品質が確保・向上することが、試行を通じて確認ができた。

なお、紙面の都合上割愛したが、築堤事業においては、設計成果の発注者の確認や発注者と関係機関との協議等の結果、堤防法線の変更を生じる場合がある。このような場合においては、通常(現状)、横断測量をやり直す、あるいは、既存の横断測量の結果を補正した上で設計を再度行うことが考えられるが、このような場合においても、地形(現況)の3次元形状データを用いることにより、従来に比して効率的な対応も可能になるものと考えられる。このことについても機会があれば報告して参りたい。

参考文献

- 1) CIM 技術検討会：CIM 技術検討会 平成 26 年度報告、2015。<http://www.cals.jacic.or.jp/CIM/Contents/H26report_0522.pdf>、(入手 2015.6.26)。