

(2) 3次元モデルを活用する 堤防設計に関する一考察

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 総合政策局公共事業企画調整課（〒100-8918 東京都千代田区霞が関2丁目1番3号）
（元 国土交通省 北陸地方整備局千曲川河川事務所）

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

²国土交通省 北陸地方整備局高田河川国道事務所糸魚川出張所（〒941-0067 新潟県糸魚川市横町1丁目21番1号）
（元 国土交通省 北陸地方整備局千曲川河川事務所調査課）

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

³国土交通省 北陸地方整備局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 大阪支店技術第一部（〒530-0047 大阪府大阪市北区西天満1丁目2番5号）

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
（〒102-8539 東京都千代田区九段北1丁目14番6号）

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

本稿は、筆者らが試行したCIM(Construction Information Model-ing/Management)を適用し、3次元モデルを活用した堤防設計について、述べるものである。

試行の結果、設計に堤防法線の修正が伴うような修正が生じた場合においても、3次元モデルを活用することにより、従来に比して、設計の品質確保・向上や業務の効率性向上にも寄与することが期待できる。また、算出される築堤盛土の数量についてもその精度向上に資することを述べる。

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

1. はじめに

現在、国土交通省直轄事業において、建設生産システムにおける各過程での諸課題を解決し業務の効率化を図ることを目的に、CIM(Construction Information Model-ing/Management)について、導入の検討が行われている¹⁾³⁾。

平成24年度にCIMの検討が始まって以来、様々な事業で試行がなされているが、筆者らは堤防設計へCIMを試行した事例により、CIMにおいて活用する3次元モデルにより確実に近接構造物との干渉や離隔を確認・把握、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ることについて、確認し報告している⁴⁾。

また、3次元モデルを適用した場合における効果は、筆者らが既に報告した以外にも、例えば、設計に修正が生じた場合における設計の品質確保・向上や修正作業の効率化、従来の平均断面法による数量計上と比べより現地地盤を反映した数量計上となることへの期待をあげる

ことができる。

本稿においては、3次元モデルを堤防設計に活用することによる効果について、筆者らが実施した試行により得られた結果を報告するものである。

2. CIMを適用した場合の設計プロセス

築堤事業において、CIMを適用した場合の堤防の改修計画の3次元モデルは、地形（現況）の3次元モデルと堤防（計画）や構造物（計画）の3次元モデルにより構成される。また、それぞれの3次元モデルは、形状を表す3次元形状データと3次元形状データに付随する属性情報で構成することが考えられる（次頁図-1参照）。

このように整理した場合、CIMを適応する場合の堤防設計については、設計業務の契約後、受注者は、現地踏査と発注者から貸与される航空写真から作成したオルソ

画像やUAV (Unmanned Aerial Vehicle) による空中写真撮影やLS (Laser Scanner)による測量の結果を踏まえつつ、地形（現況）の3次元形状データの作成あるいは確認を行う。そして、地形（現況）の属性を選定し、地形（現況）の3次元モデルの作成を行う。また、計画諸元を設定し、発注者による諸元の確認を受けた後に、計画堤防・構造物の3次元モデルの作成を行い、地形（現況）の3次元モデルと統合することで改修計画の3次元モデルを作成する。受注者により作成された改修計画の3次元モデルについては、発注者や関係機関により確認がなされ、その後、受注者により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の検討が実施されると考えられる（図-2参照）。

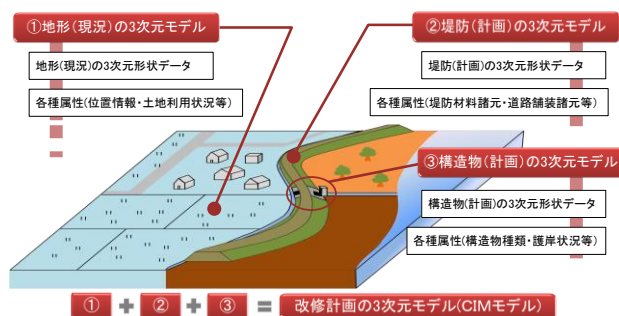


図-1 改修計画の3次元モデル

堤防設計においては、これまでも設計に対しては、設計者自らの照査の他、発注者や関係機関等による確認が行われ、設計の修正を行う場合がある。このことはCIMを適用した場合においても起こりえることと考えられ、CIMを適用した場合においては、コンピュータ上に作成された3次元モデルにおいて修正がなされ、また、数量算出も対応したソフトウェアにより行われることになると思われる。

3. 試行結果

(1) 対象範囲

本試行は、一級河川信濃川水系千曲川60.0km～62.5kmの左右両岸、長野市屋島地先及び須坂市福島地先を対象として、平成26年度に地上LSによる測量及びそれを反映した改修計画の3次元形状データを作成し、堤防設計を行った。

(2) 結果

a) 設計に修正が生じた場合の対応

試行において、既に報告した近接構造物との干渉等⁴⁾を解消する必要を生じたため、設計の修正を堤防（計

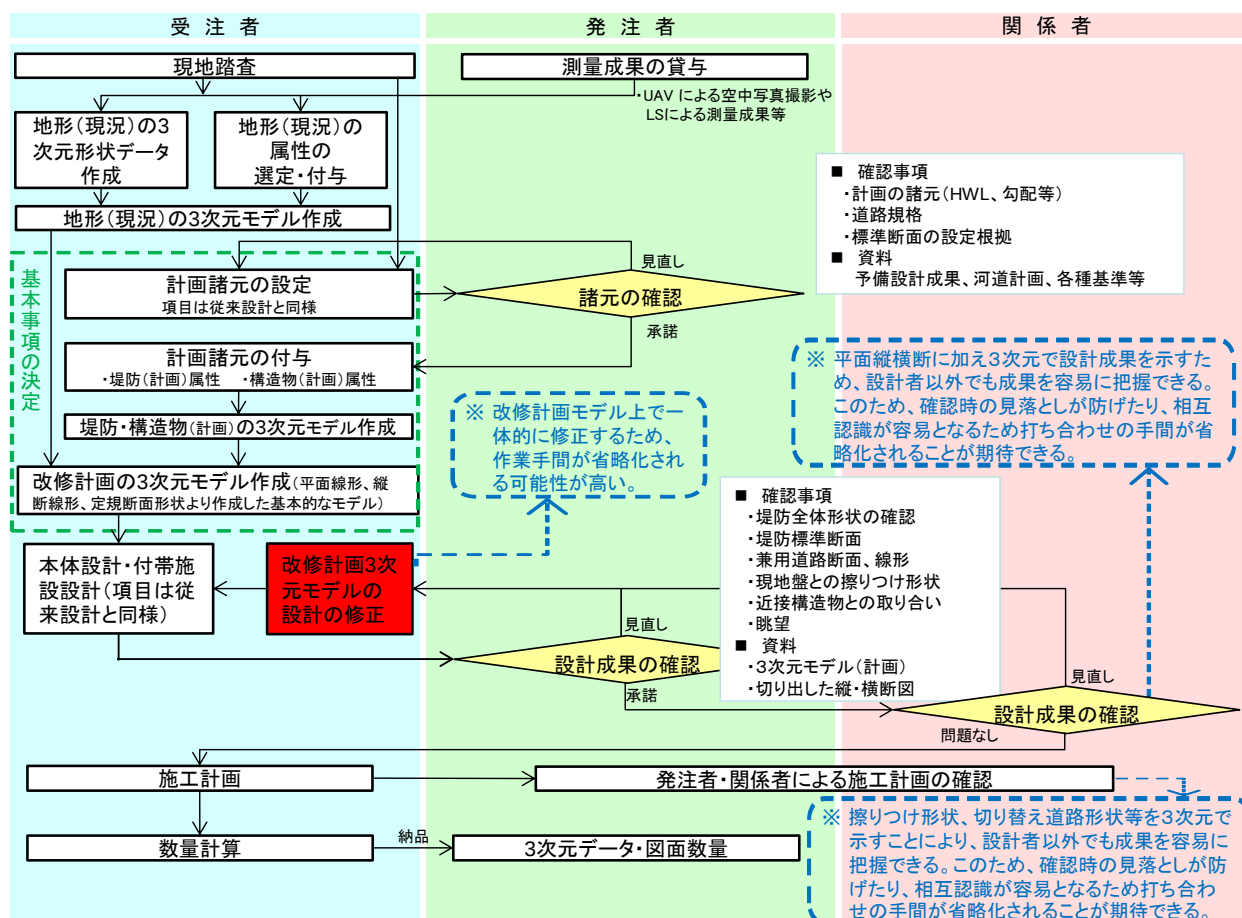


図-2 CIMを適用した場合の設計のプロセス

画)の3次元形状データをAutoCAD Civil 3D 2015上で堤防法線を修正(移動)することにより行った。なお、この際、計画堤防の位置は堤防法線の修正(移動)と連動して修正された。

その上で、地形(現況)の3次元形状データと統合することで、修正された改修計画の3次元形状データを作成し、修正された計画堤防と現況地形との擦りつけの状況や近接構造物との干渉や離隔の把握・確認を行った(図-3参照)。

なお、現況地形については、LSによる測量により立体的に把握していたため、横断測量の再測量や20m間隔で行われている横断測量の結果を修正された堤防法線に対して垂直となるように補正(投影)することは行わなかった。また、修正は延長約2.5km行ったが、それに要した日数は約2日であった。

b) 盛土数量算出

現況地形との擦りつけ箇所的设计形状が従来設計と異なっていた箇所を対象に、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により算出した盛土数量、およびその各区間の測定の盛土の断面積を比較した。

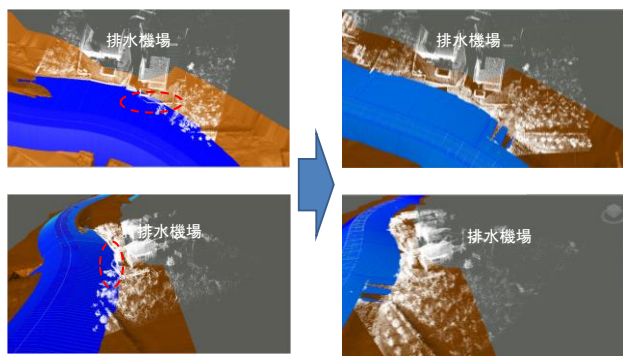


図-3 修正が生じた改修計画の3次元形状データ

測点No23からNo24、No25からNo26、No26からNo27の各区間で盛土数量が従来比1以上となった。これらの区間の盛土の断面積は、測点No23、No24、No25では従来比1未満、No26、No27では従来比1以上となった(表-1参照)。

そこで、No23からNo24、No25からNo26、No26からNo27の3区間について、堤防(計画)の線形や詳細な断面測量結果等をそれぞれ確認をした。

No23からNo24区間は、堤防(計画)は直線部であり、法面形状についてはNo23、No24ともに、LSによる測量の結果は従来測量の結果より地盤標高がいずれの地点でも高く、低くなることはなかった。しかし、No23からNo24の区間の改修計画の3次元形状データを詳細にみると、くぼ地があることが分かった(図-4参照)。

No25からNo26の区間は、堤防(計画)の法線は堤内地側に凸に湾曲し、また、堤内地側に多く盛土を行う計画である。法面形状についてはNo25、No26ともに、LSによる測量の結果は従来測量の結果より地盤標高が低くなっているところがみられた。

No26からNo27の区間は、堤防(計画)の法線は堤内地側に凸に湾曲、また、堤内地側に多く盛土を行う計画である。法面形状についてはNo26は上記のとおりであり、No27もこれと同じような状況がみられた。

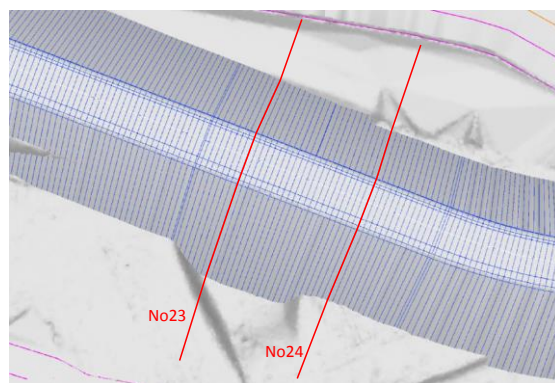


図-4 No23からNo24における改修計画の3次元形状データ

表-1 盛土数量の比較

	測量の方法	区分	単位	区 間										
				No20～No21	No21～No22	No22～No23	No23～No24	No24～No25	No25～No26	No26～No27	No27～No28	No28～No29	No29～No30	No30～No31
盛土数量	TS測量	盛土数量①	m3	1267	1224	1323	1327	1259	1337	1450	—	1551	1588	1748
	LS測量	盛土数量②	m3	1258	1206	1262	1344	1220	1339	1552	—	1473	1423	1670
		従来差①-②		9	18	61	-17	39	-2	-102	—	78	165	78
		従来比②/①		0.993	0.985	0.954	1.013	0.969	1.001	1.070	—	0.950	0.896	0.955
盛土部分の断面積	TS測量	断面積③	m2	60.2	55.4	55.9	65.3	56.3	58.5	64.1	69.8	72.7	71.3	76.1
	LS測量	断面積④	m2	58.8	55.1	55.1	63.0	53.5	57.6	64.8	73.8	71.5	63.2	70.4
		従来比④/③		0.977	0.995	0.986	0.965	0.950	0.985	1.011	1.057	0.983	0.886	0.925

注) 1. 測量の方法うちLS測量は、手動によるノイズ除去等後(グリッドデータ)の場合である。

2. 盛土数量の算出方法は、TS測量の場合は平均断面法、レーザ測量の場合はAutoCAD Civil 3Dにより機械的に算出した。

3. No.28～No.29は、樋門樋管があるため、対象外とした。

4. 断面積の欄のうち、測点No20～No31までの欄の面積は、Noの小さい方の断面積である。

4. 考察

(1) 設計に修正が生じた場合の対応

近接構造物との干渉等を解消するため堤防法線を見直し設計を修正する必要がある場合において、横断測量の再測量や20m間隔で行われている横断測量の結果を修正された堤防法線に対して垂直となるように補正（投影）することをしなくても、改修計画の3次元形状データ上で堤防法線を見直すことで、改修計画の修正が行えることが確認できた。

これが可能となった要因のひとつは、使用したソフトウェアの機能によるところもあるが、現況地形がLSによる測量により立体的に把握されていたこともそのひとつの要因とも言える。また、20m間隔で行われる横断測量の場合の結果を修正する場合に比しても、設計の品質確保・向上に寄与していると考えられる。

なお、平面図、横断図等の修正作業は、堤防法線の修正以上に相当手間の掛かる作業であることを鑑みれば、これがコンピュータ上に作成されたモデルにおいて、堤防法線の修正と連動して、平面・縦横断の修正が機械的にに行えることとなり、設計に修正が生じた場合における作業の効率化に大いに寄与するものと考えられる。

(2) 盛土数量算出

平均断面法による盛土数量の算出については、堤防（計画）の法線が直線なのか湾曲しているか、また、その盛土を堤外地側、堤内地側のどちらに盛土するかで、その数量が変わってくることが想定される。具体的には、堤防法線が堤内地側に凸に湾曲しており、かつ、堤内地側に多く盛土を行う場合、平均断面法では実際の数量よりも計算された数量は小さくなる恐れがある。

また、従来測量の結果を基にした、現況地形の断面は、法肩、法尻等の測点を直線で結ぶもので、その間の法面形状の凹凸は反映されていない場合があることも考えられる。

このほか、従来測量では、測点間においては正確な地形形状が把握されておらず、これが数量に反映されていないことも要因として考えられる。

このような視点から、先に述べた結果を改めて整理すると、次のようになる。

No23からNo24の区間については、LSによる測量の結果により算出された盛土数量が、従来のそれよりも上回ったことについて、堤防（計画）の線形や、従来測量から起こした断面形状では説明できない。

しかし、LSによる測量で把握できたくぼ地について縦断方向でみると、No23からNo24の区間では、くぼ地の部分の方がくぼ地でない部分よりもその延長が長いこ

とが分かる。このため、平均断面法による算出では、くぼ地の部分の盛土数量への反映が過小となり、結果として、LSによる測量の結果により算出された盛土数量が、従来のそれよりも上回ったものと考えられる。

No25からNo26の区間およびNo26からNo27の区間については、3章で詳細に確認した結果のいずれもが、LSによる測量の結果により算出された盛土数量が、従来のそれよりも上回ったことについての要因としてあげることができる。

このように考えると、試行の結果は、LSによる測量の結果を利活用して盛土数量を算出することにより、これまでの従来測量を使用していた算出結果よりも精度を上げる可能性が十分にあるものと考えられる。

5. おわりに

本稿は、3次元モデルを利活用した堤防設計を試行したものであり、試行を通じて次のことが確認できた。

設計に修正が生じた場合においても、3次元モデルを利活用することにより、従来の比して、設計の品質確保・向上や業務の効率性向上にも寄与することが期待できる。また、算出される築堤盛土の数量についても、その精度向上に資することとなると考えられる。

CIMは、その適用により設計・施工や事業マネジメントが改善されることが期待されており、今後も更なる調査・研究の他、試行を積み重ねていくことが必要と考えられる。この際、本稿が参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) CIM 技術検討会：CIM 技術検討会 平成 24 年度報告, 2013.<http://www.cals.jacic.or.jp/CIM/Contents/CIM_Report130430.pdf>, (入手 2016.5.16) .
- 2) CIM 技術検討会：CIM 技術検討会 平成 25 年度報告, 2014.<http://www.cals.jacic.or.jp/CIM/Contents/H25report_0519.pdf>, (入手 2016.5.16) .
- 3) 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 2016.5.16) .
- 4) 宮武一郎, 岡崎仁司, 塚原大輔, 栗山卓也, 松田寛志：地上レーザ測量の堤防設計への利活用に関する一考察, 土木情報学シンポジウム講演集 Vol.40,pp.63-66, 2015.