砂防堰堤における CIM の活用事例

いであ株式会社　　○増田 賢人，上葛 健太，木村 啓祐，森 克味

1．はじめに

国土交通省では，建設現場の生産性向上を図る i-Construction の取組において３次元モデルを活用し，社会資本の整備，管理を行う CIM（Construction Information Modeling/Management）を導入し，受発注者双方の業務効率化・高度化を推進している．現状は工事主体で活用されているが，今後は全ての計画・設計において CIM を活用されることから，その活用方法について考える必要がある．砂防分野においては現地条件が厳しく工事において危険を伴うことから，施工時の安全性向上のため，無人化施工等の ICT 技術の活用が望まれており，既に多くの試行がなされている．一方で，砂防施設の設計においては土工や無筋コンクリート構造物が主なため，CIM を活用した計画・設計はあまり進められていないのが現状である．本論文は砂防堰堤設計での CIM（三次元設計）の有効な活用を見出すことを目的に，「設計における精度の高い土工数量の算出」，「地形条件や建設重機の干渉等を考慮した施工計画」，「床掘時における“現場あわせ”の対応」に着目し，３つの事項について有益性及び課題を取り纏める．

2．三次元設計におけるモデル仕様

三次元モデルは『i-Construction における「ICT の全面的な活用（ICT 土工）」の推進について』[1)]，『CIM 導入ガイドライン（素案） 第２編　土工編』[2)] 及び『CIM モデル作成仕様【検討案】＜道路編＞』[3)] に基づき作成した．また，『LandXML1.2 に準じた三次元設計データ交換標準（案）』[4)] 及び『LandXML1.2 に準じた３次元設計データ交換標準の運用ガイドライン（案）』[5)] に示される詳細モデルの交換標準となる「LandXML1.2」に準じてデータ形式への交換・作成を行った．（表-1）

表-1　三次元モデル仕様

項　目	規　格	
	地形モデル仕様	設計モデル仕様
地理座標系	世界測地系(測地成果2011)	
単位系	m表記	
モデル	TIN形式	サーフェス(面データ)
データ形式	点群データ、TINデータ：.txt モデルデータ：.xml	モデルデータ：.bfox ビューアーデータ：.pdf
使用ソフト	GeoForm(32bit、64bit) ※OCF LandXML非対応	V-ROAD(i-Conオプション) V-nas Clair(32bit、64bit) ※OCF LandXML対応ソフトウェア

3．砂防堰堤設計及び工事用・管理用道路設計

3．1　設計における精度の高い土工数量の算出

一般的に土工数量は「平均断面法」により算出しており，砂防堰堤設計では堰堤軸直角方向の横断図を，道路設計では道路線形に対する測点毎の横断図を用いて行っている．三次元モデルにおいてはいずれもメッシュ交点における現況高と計画高の差を計測する「点高法」により土工数量を算出する．

「平均断面法」と「点高法」による土工数量を比較した結果，砂防堰堤設計ではあまり差が無かったが，道路設計では三次元モデルの方が掘削量が 30% 程度少なくなった．これは、山間部における道路設計では急峻な地形条件が多く、平均断面を取得する際、掘削や盛土の誤差が大きくなるためである．道路線形の選定では土工バランスが重要な要素であるため三次元設計は非常に有益であるといえる．

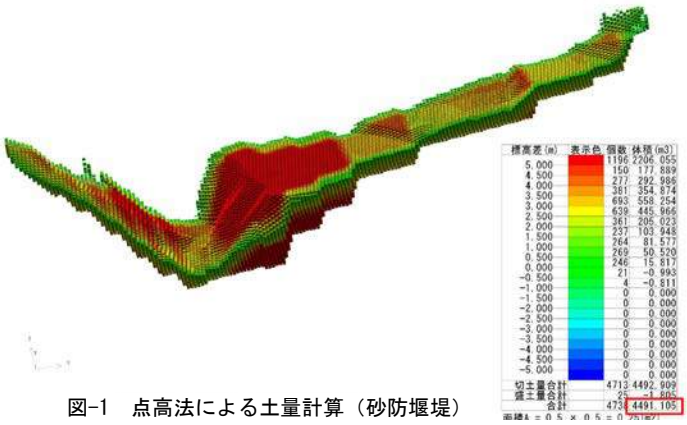

図-1　点高法による土量計算（砂防堰堤）

また，従来の道路線形等の検討方法は二次元の平面図から道路線形を決定し，ペーパーロケーションにより横断図へ展開する必要があり，線形が少しでも変われば横断方向の向きも変わることから，作業量が増大し，時間とコストがかかる．

三次元設計による道路設計は計画諸元を入力すれば平面図，縦断図及び横断図を自動で作図し，土工数量を算出できることから作業量が大幅に削減でき，コスト縮減が可能である．

3．2　地形条件や建設重機の干渉等を考慮した施工計画

急峻で狭窄部に計画される砂防堰堤は施工計画を適切に立案することが重要である．

図-2　三次元 CAD による施工計画

従来は平面図及び断面図等に仮設進入路，仮排水路，施工ヤード及び建設重機等を配置し，掘削影響や施工重機の進入等を考慮して計画を行っているが，空間的な干渉等を確認することができない．一方，三次元設計による施工計画を立案すると，空間的な干渉を視覚的に確認できることから，施工時の課題・問題点等を容易に確認することが可能である．

３．３　床掘時における“現場あわせ”の対応

砂防堰堤の土工は，堰堤軸直角方向の横断図を作成して掘削計画を立案している．その際の床掘形状，すなわち掘削法勾配は地質条件により異なるが，砂礫地盤では１：0.6，岩盤では１：0.3 としている．

実際の施工現場では，この横断図を基に丁張を行って掘削するが，袖部の床掘においては，砂礫地盤で１：0.6 以上の急勾配となる法面や堰堤軸方向及び直角方向ではない法面（ひねり面）が生じるため，“過掘り“等の対応，いわゆる“現場あわせ”となる．三次元設計においては，上記のような今までは工事発注図面には出てこない，法面に対しても，その形状を明確にすることができるため，掘削形状の把握には非常に有益であると考えられる．

一方，施工管理の面からは，急勾配法面やひねり面についても受け取り形状（数量）となり，実際の施工現場においては，施工できない場面も考えられる．

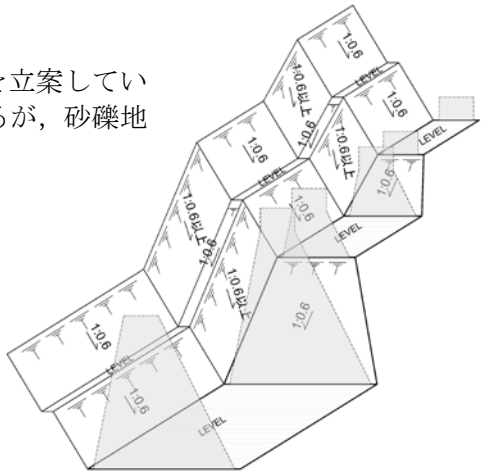

図-3　床掘形状イメージ図

写真-1　床掘施工状況事例①

写真-2　床掘施工状況事例②

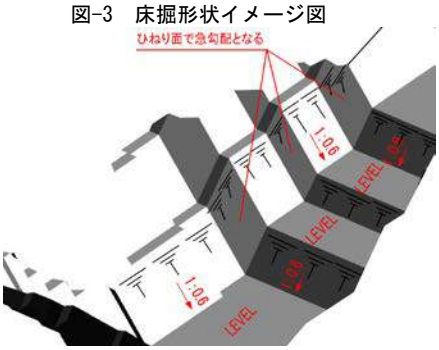

図-4　床掘形状の三次元モデル化

４．ＣＩＭの活用による検証結果

「設計における精度の高い土工数量の算出」,「地形条件や建設重機の干渉等を考慮した施工計画」,「床掘時における“現場あわせ”の対応」に対して有益性及び課題について整理した．

（１）現況地形を考慮した精度の高い土工数量の算出

有益性：複雑な地形条件でも設計段階で土工数量を正確に把握できることで生産性や施工性が向上する．

課題：現状ではモデル作成に時間がかかり，設計時の生産性にやや課題がある．

（２）地形条件や建設重機の干渉等を考慮した施工計画

有益性：設計段階で支障物や建設重機の干渉等を把握できるため，施工性の向上につながる．

課題：施工の段階毎にモデルを作成する必要があるため，生産性において課題がある．

（３）床掘時における“現場あわせ”の対応

有益性：床掘・掘削形状が正確に把握できることにより，施工性の向上につながる．

課題：急勾配法面やひねり面が受け取り形状となることで施工時の安全性に課題がある．

5. 今後の課題・展望

本論文では，砂防堰堤及び管理用道路の詳細設計において三次元設計を用いた設計を行い，「設計における精度の高い土工数量の算出」,「施工時における地形条件や建設重機の干渉等を考慮した施工計画の立案」,「床掘工事の“現場あわせ“の対応」の３つの事項について検証を行い，有益性及び課題を取り纏めた．特に床掘に関しては，実際の施工現場で，これまで”現場あわせ”で行っていた施工をどのように設計し，施工に反映させるか，また，検査時の施工管理基準をどのように定めるか等，議論していくことも必要であると考える．調査・測量，設計，施工（無人化施工），検査，維持管理のすべての過程で生産性，安全性，施工性，品質の向上に向け，砂防 ICT の実現に尽力したいと考える．

【参考文献】

1)『i-Construction における「ICT の全面的な活用（ICT 土工)」の推進について』，平成 28 年 3 月 30 日　国官技第 402 号

2)『CIM 導入ガイドライン（素案）　第 2 編　土工編』，平成 28 年 10 月　国土交通省　大臣官房技術調査課

3)『CIM モデル作成仕様【検討案】<道路編>』，平成 28 年 4 月　国土交通省国土技術政策総合研究所

4)『LandXML1.2 に準じた 3 次元設計データ交換標準（案)』平成 28 年 3 月　国土技術政策総合研究所（国総研資料 第 905 号）

5)『LandXML1.2 に準じた 3 次元設計データ交換標準の運用ガイドライン（案)』平成 28 年 10 月　国土交通省　大臣官房技術調査課