

土量管理システム「土工上手」を利用した測量作業省力化

本社 荒井 信章
 本社 高橋 弘樹
 東京土木支店 岡部真一郎

概要：自社開発（旧三菱）の土量管理システムを利用した測量作業省力化事例を紹介する。土量管理システム「土工上手」は、道路工事・造成工事・ダム工事等の土工事に使用し、測量データからの図面および土量計算書の作成を自動化し、作業の省力化とデータ処理精度の向上を目的としている。

キーワード：土量管理システム，土工上手，平均断面法，4点柱状法，三角メッシュ

1. 土量管理システムの概要

(1) 開発の背景と目的

土工事における土量出来高管理は、工事の進捗を把握するばかりではなく、必要運土量の推定、設計変更への早期対応および手戻り工事の防止等にとって重要な業務となっている。そのため、多くの時間を費やして測量、土量計算、および図面の作成を行っているのが現状である。

そこで、土量管理システム「土工上手」は、測量データからの図面および土量計算書の作成を自動化し、作業の省力化とデータ処理精度の向上を目的として開発された。

(2) システムの概要

土量管理システム「土工上手」は、手入力データの他にトータルステーションで計測した地形変化点のランダムなデータをデータレコーダを介してパソコンに取り込み、点データから面データ（三角メッシュ：3次元処理）への変換を行っている。よって、縦横断測量等の必要性がなく、測量作業も簡素化されている。

測量データと現況データ、計画データと測量データ等、各測量に対する面データを比較することにより、図面および土量計算書の自動作成を可能にしている。

土量計算方法は平均断面法、4点柱状法により、各算出方法に対する計算書・図面の作成が自動化されている。

土量管理の同様なシステムは、大手ゼネコン数社で開発されているが、地層を考慮した土質別の土量管理は当社だけの技術である。

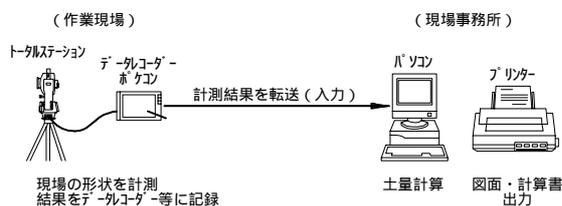


図-1 土量管理システム「土工上手」システム概要図

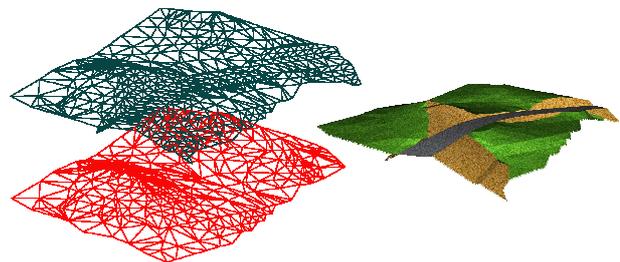


図-2 各測量に対する面データの比較イメージ図



荒井 信章
 技術本部
 土木技術第二部



高橋 弘樹
 技術本部
 土木技術第二部



岡部 真一郎
 土木事業部
 工事部

(3) システムのフロー

例として平均断面法での作業フローを挙げる。

a) 地形測量

トータルステーション等により変化点をランダムに測量する。(写真 - 1 測量状況 参照)

- ・縦横断測量のための基本測量は必要ない。
- ・トプコン、ソキア、成栄社等のデータレコーダーの使用が可能。

b) データ取り込み

測量データを点データとしてパソコンに取り込み、3次元の面データへの変換を行う。面データは三角メッシュで表現される。(図 - 3 取り込み後の点データ 参照)

- ・座標値の直接入力や座標リストの取り込みも可能。

c) 取り込みデータの編集

特異点の修正や、点データの追加を画面上で確認しながら行う。(図 - 4 データ編集 参照)

- ・面データの三角メッシュに等高線の表示が可能であるため、地形の把握が容易でデータ取込時の入力ミス等による特異点の判別が可能。
- ・点データの修正や追加はCADの技術を有さなくても可能なように、簡素化されている。

d) 図面作成と土量計算

断面基準線を設定し、土量計算処理を行う。(図 - 5 断面基準線作成 参照)

- ・断面基準線は任意の位置や曲線での設定も可能。
- ・断面基準線上の測点の追加や削除が可能

e) 図面および土量計算書出力

縦横断面図および土量計算書を作成する。(図 - 6 縦断面図作成 図 - 7 横断面図作成 図 - 8 土量計算書作成 参照)

- ・国土交通省、日本道路公団、都市基盤整備公団に対応した仕様での出力が可能。
- ・CADデータやExcelデータで出力されるため、容易に修正が可能。

赤枠内は「土工上手」ソフトウェアの作業範囲



写真 - 1 測量状況

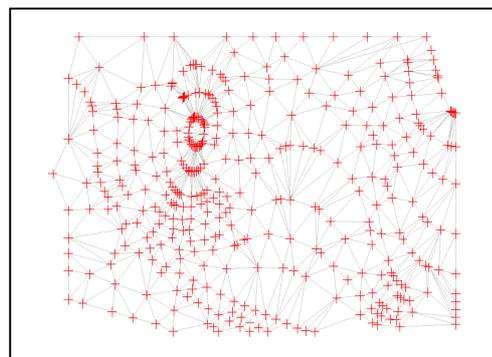


図 - 3 取り込み後の点データ

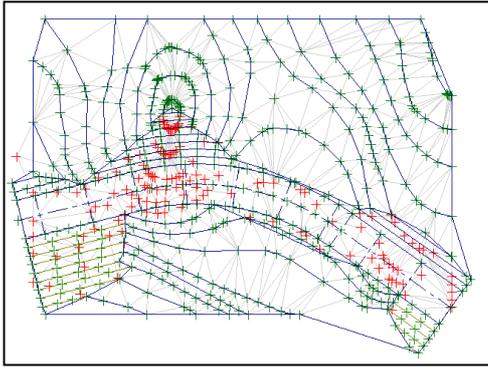


図 - 4 データ編集 (点データと平面データを重ね合わせた状況)

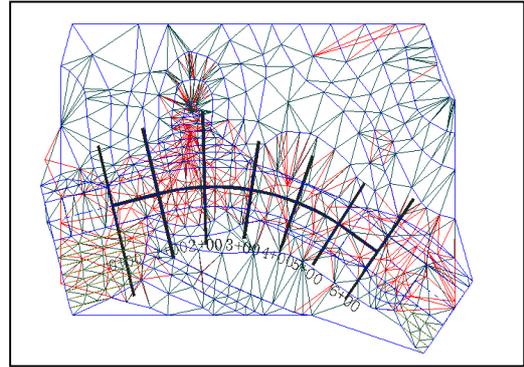


図 - 5 断面基準線作成

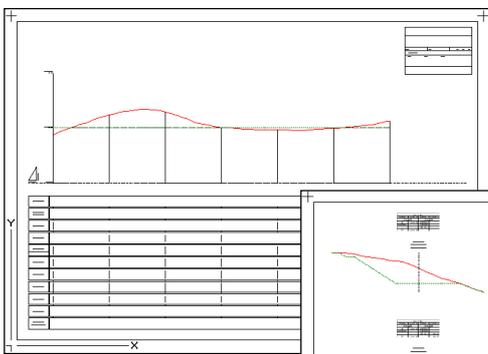


図 - 6 縦断図作成

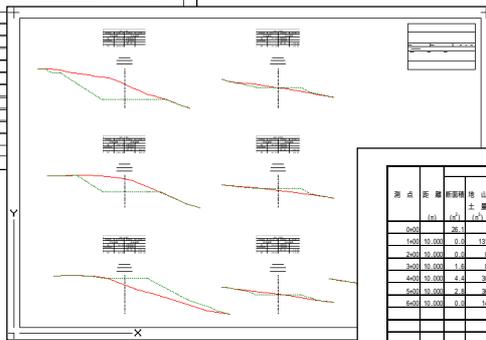


図 - 7 横断図作成

土量計算書 (1)												
測点	距離	既土量		新土量		借土量		埋立		引込		横方向土量
		山	谷	山	谷	山	谷	山	谷	山	谷	
(m)	(m)	(m ³)										
2+000	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1+000	10.000	0.0	131	131	0	0	0	0	0	0	0	131
2+000	20.000	0.0	0	0	0	45.4	345	345	345	345	345	0
3+000	30.000	1.0	0	0	0	2.4	228	228	228	228	228	0
4+000	40.000	4.0	33	33	0	0	0	0	0	0	0	33
5+000	50.000	2.0	38	38	0	0	0	0	0	0	0	38
6+000	60.000	0.0	14	14	0	14.4	84	84	84	84	84	14
計			218	218		854	824	824	824	824	824	179

図 - 8 土量計算書作成

(4) システムの特徴

土量管理システム「土工上手」は以下のような特徴を有している。

- ・ 測量作業および事務所内作業の省力化
- ・ CAD知識を必要としない操作性
- ・ 国土交通省，日本道路公団，都市基盤整備公団の仕様に合わせた成果品の出力
- ・ 各種座標系（国家，工事，数学）への対応
- ・ 地層を考慮した土質別の土量算出
- ・ その他

(5) 備考

システム開発にあたり，現場での立場に立ったシステム開発を行っている。実際に，モデル現場での試用を行い，現場サイドでの操作性の疑問・質問より，作業の省力化・操作性の向上・必要とする成果品の出力等へつながらるようにシステムの改良を行っている。改良後，現場での作業効率の向上が期待できた。

2. 測量作業省力化事例

土量管理システム「土工上手」を利用した、現在までの主な測量作業省力化事例を紹介する。

(1) JH国縫作業所(札幌支店)

a) インターチェンジの盛土管理

インターチェンジの盛土は測量の度に複雑な縦横断線の測量を行わなければならないが、基準測量に多くの時間を費やさなければならなかった。土工上手を利用することにより、地形の変化点や任意の点を測量することで、地形全体の形状をとらえ、図面上で縦横断の基準線を設定し、縦横断図を作成、土量管理を行うことが可能となった。基準測量の削減や土量算出の自動化により測量作業の省力化となった。

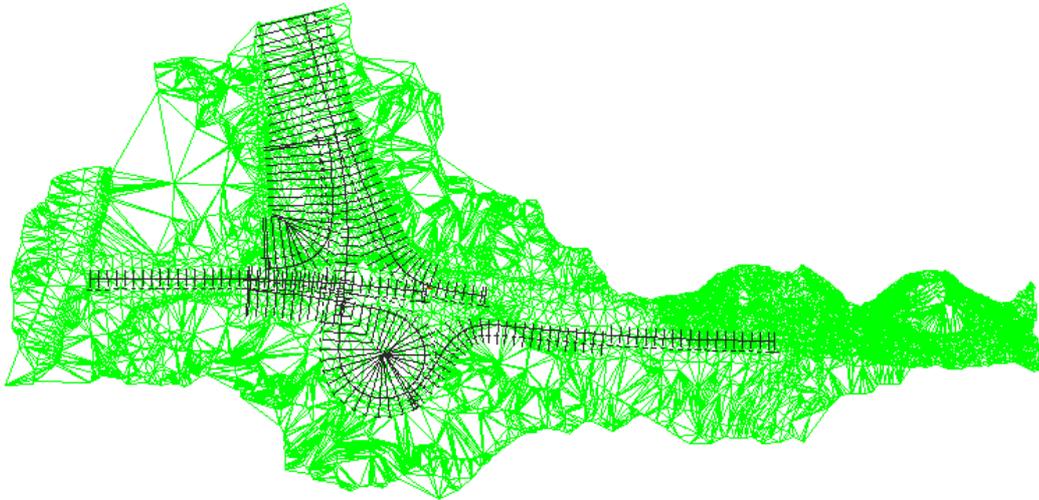


図 - 9 インターチェンジの複雑な縦横断線

効果：基準測量，測量結果の図面化等の作業を省力化することにより，切盛土量を迅速に把握できるようになった。

・全体測量 1回の作業量

従来の作業量	測量：約7日	解析作図：約4日
土量管理システムを利用	測量：約3日	解析作図：約1日

・月1回(年12回)の出来形測量を行った場合

従来の作業量	測量：約84日	解析作図：約48日 (Total：約132日)
土量管理システムを利用	測量：約36日	解析作図：約12日 (Total：約48日)

作業費用 1年あたり	測量作業：3人/日 解析作業：従来 3人/日 土量管理システム 1人/日 作業費用：20,000円/人 とする。	
------------	--	--

従来の作業量	約132日：約792万円
土量管理システムを利用	約48日：約240万円+システム代17万円 =約257万円

年間の作業日数として約84日，費用として約535万円の作業費の低減となり，大幅な測量作業の省力化となった。

b) 土量管理・切土法面法肩チェック

法面等を測量し，計画データと重ね合わせることで測量のチェックにつながる．また，地層データの機能を利用し，表層・軟岩等の地層データを入力することで土質別の土量管理も行うことができた．

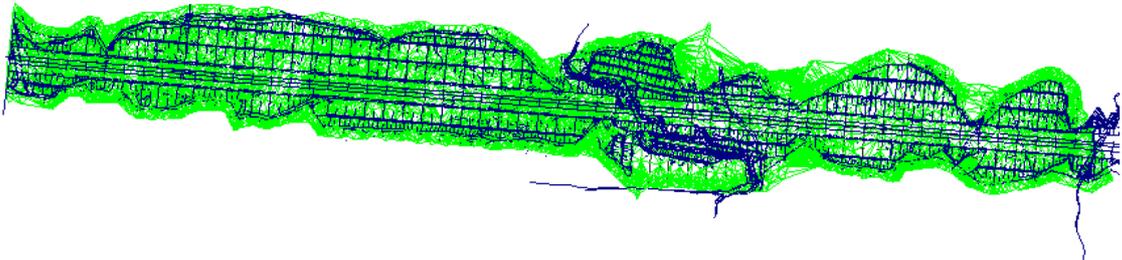


図 - 1 0 測量データと計画データの比較による測量のチェック

c) 施工状況の把握

測量データは，面データ（三角メッシュ）に変換され，3次元での表現が可能である．土量管理システム「土工上手」は，CADの知識がなくても3次元のイメージを付属の3D Viewにて簡単に確認することが可能である．

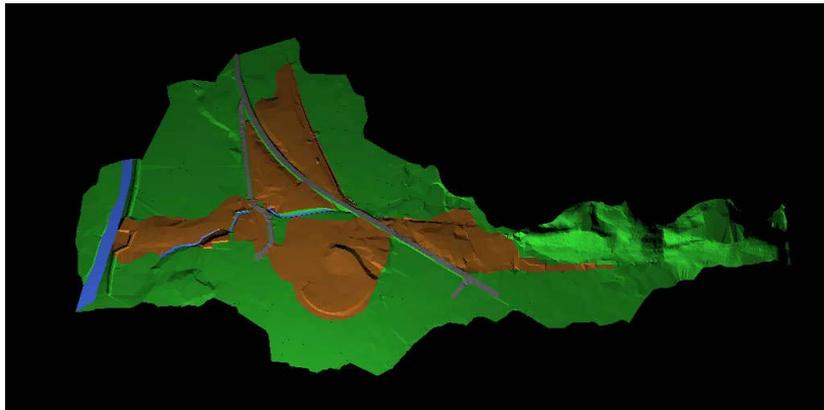


図 - 1 1 インターチェンジ部 鳥瞰図

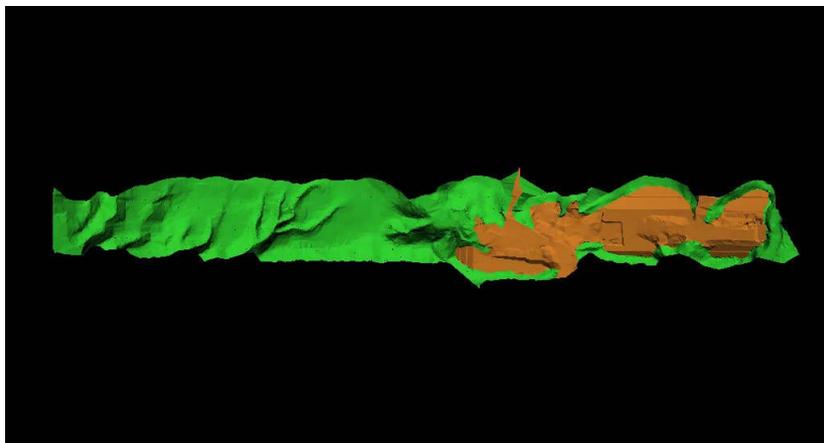


図 - 1 2 本線部 鳥瞰図

(2) 当別改良作業所(札幌支店)

a) 盛土土量管理 盛土量と沈下量の管理

現場は、含水比の高い泥炭地に盛土施工をする計画であった。盛土を施工することにより、現地盤は沈下する傾向にあり、盛土施工箇所には沈下棒設置し沈下量の測定を行った。土量管理システム「土工上手」を利用し、盛土出来型を測量、沈下データを入力することで盛土量と沈下量の管理を行った。また、日常管理として毎日の土量管理も行った。

現況データ、計画データは横断面図を利用し3次元データを作成、沈下入力用Excelデータを作成した。

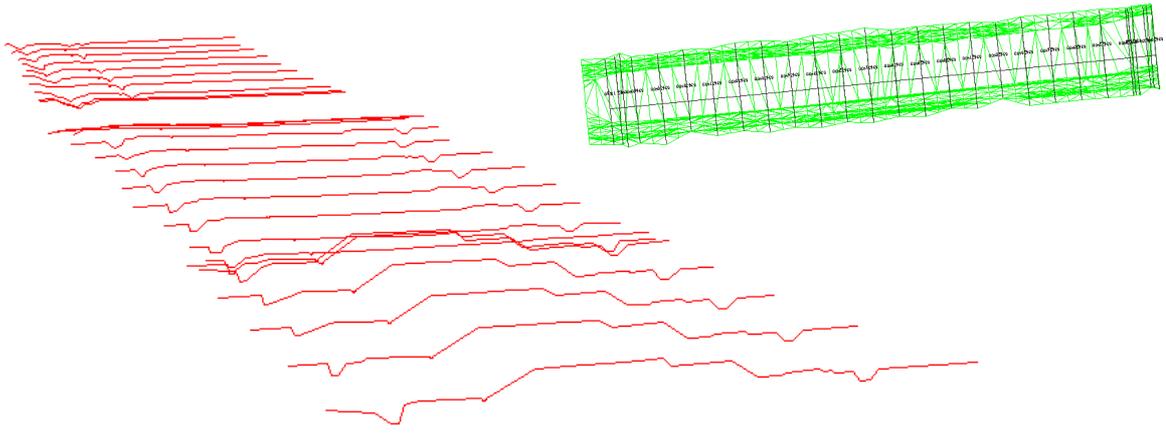


図 - 13 横断面図を利用した現況・計画データの作成(左:3次元データ 右:平面データ)

1	A	B	C	D	E
2					
3					
4	SP53420E	-60310.544	-90793.480	0.000	
5	SP53440E	-60330.446	-90795.463	0.000	
6	SP53460E	-60350.347	-90797.446	0.000	
7	SP53480E	-60370.249	-90799.429	0.000	
8	SP53500E	-60390.150	-90801.412	0.000	
9	SP53520E	-60410.052	-90803.395	0.000	
10	SP53540E	-60429.953	-90805.378	0.000	
11	SP53560E	-60449.855	-90807.362	0.000	
12	SP53580E	-60469.756	-90809.345	0.000	
13	SP53600E	-60489.658	-90811.328	0.000	
14	SP53620E	-60509.559	-90813.311	0.000	
15	SP53640E	-60529.460	-90815.294	0.000	
16	SP53660E	-60549.362	-90817.277	0.000	
17	SP53680E	-60569.263	-90819.260	0.000	
18	SP53700E	-60589.165	-90821.243	0.000	
19	SP53720E	-60609.066	-90823.226	0.000	
20	SP53740E	-60628.968	-90825.209	0.000	
21	SP53760E	-60648.869	-90827.193	0.000	
22	SP53780E	-60668.771	-90829.176	0.000	

図 - 14 沈下入力用Excelデータ

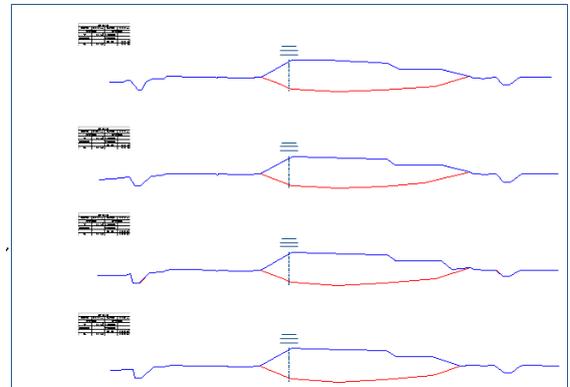


図 - 15 沈下データ入力後横断面図

効果：沈下データと盛土の測量データの比較より、全体土量の正確な把握ができた。また、地層別管理の機能を利用し、日々の測量データを重ね合わせることで、盛土・沈下量の管理を簡単に行うことができた。

b) 周辺地盤への影響チェック

盛土を施工することにより軟弱な周辺地盤に影響を与える。そのため、法尻付近での周辺地盤に変位等の影響があった。盛土前の現況データと測量データを比較することで周辺地盤への影響をチェックすることができた。

(3) 宇根鉱山作業所(東京土木支店)

ノンプリズム測量と等高線図作成

自動測量研究会(当社を含むゼネコン13社で共同開発)のノンプリズム出来高自動計測システムを使用し,人が入っていきことができないような計測困難な箇所にもノンプリズム測距を行い,土工上手でデータを処理,等高線図を作成し,採掘計画を行った.

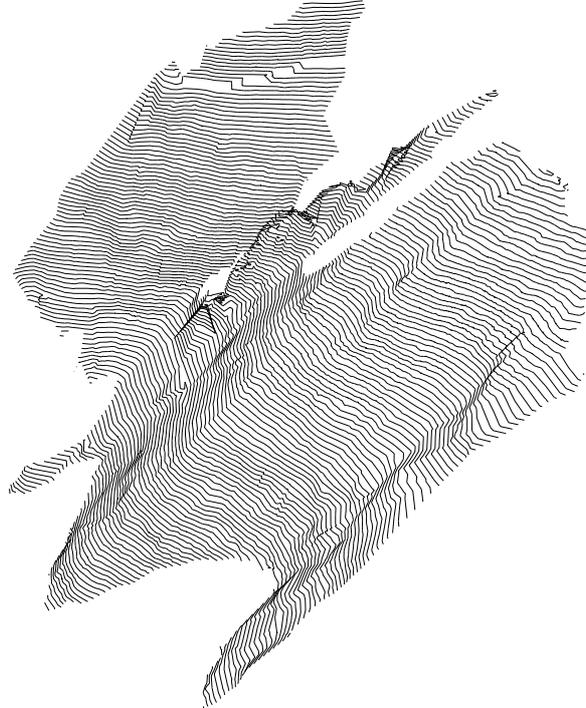


図 - 1 6 3次元の等高線図



写真 - 2 採掘場現況写真



写真 - 3 ノンプリズム測距測角装置

ノンプリズム出来高自動計測システムは,人の立ち入ることのできない箇所や,視準距離が1000mまでの測量に適している.

3. 測量作業省力化報告

過去の実績より、従来の測量方法と土量管理システム「土工上手」を利用した場合と比較し、留意点をまとめ、経済比較を行った。

(1) 留意点

下記に「従来の手法」と「土工上手利用」の場合の留意点を挙げる。

表 - 1 「従来の手法」と「土工上手利用」の場合の留意点

	「従来の手法」の場合	「土工上手利用」の場合
施 工 について	・ 2次元の図面では計画イメージの把握が困難。	・ 3次元で計画を表現することで計画イメージの把握が容易。
	・ 進捗状況の把握に多大な時間を費やし、施工順序の選定等に手間取る。	・ 進捗状況を短時間で把握できるため、現場での早期対応が可能。
	・ 任意の位置での施工に関する情報を得ることが困難。	・ 任意の位置で、施工に関する詳細な情報の把握が可能。(地層データ、測量チェック等)
測量作業 について	・ 土工事により基準点が消失し、その都度、基準点測量が必要。	・ 視準できる基準点が2点以上あれば、基準測量が不必要。
	・ 測量機械の据付回数や測量点数が多い。作業量が多大。	・ 任意の場所から、地形の変化点のみの測量。作業量が少。
	・ 汎用 CAD は数学座標系であり、測量データを変換することが困難。	・ 数学・測量・国家座標系に対応しているため、データ変換が不必要。
土量管理 について	・ 工事の進捗ごとに、図面作成や集計に多くの時間を費やす。	・ 図面作成・集計を自動化。人員の削減・時間の大幅短縮。
	・ 各測点のデータしかないため、任意の範囲の土量計算は、再度測量が必要。	・ 測量結果を3次元の地形として処理。任意の範囲の土量計算が可能。
	・ 断面積の測定は、プランニメーター等を用い、横断図から手作業で計測。	・ 断面積の測定は横断図から自動計算。正確な断面積が測定可能。
	・ それぞれの地層の図化、及び土量計算が困難。	・ 地層データから、土質の種類ごとの土量推定が可能。
工 費 について	・ 基準測量・機械据付・測量点数が多く、作業量および工費は多大。	・ 任意の場所で地形の変化点のみの測量作業。作業量および工費は縮小。
	・ 図面作成、集計作業が別作業。作業は煩雑、工費は多大。	・ 図面作成、集計作業を自動化。人員削減・時間短縮・工費削減。
	・ 施工時、測量ミスが発生した場合、手戻り工事に至る可能性有り。	・ 計画・測量データの比較から、測量のチェックが可能。測量ミスの早期発見から手戻り工事の防止。

(2) 経済比較

過去の実績より、従来の測量方法と土量管理システム「土工上手」を利用した場合との経済比較を行った。従来の手法は、測量作業を行い、図面化作業を手作業で行う場合と市販されている汎用CADを利用する場合を比較対照とした。

表 - 2 1回の測量による経済比較 (円)

	測量人件費	図面作成・土量集計人件費	ソフト費用	合計金額
従来の手法 (CAD 無)	3日 * 3人 * 2万 = 18万	4日 * 3人 * 2万 = 24万		42万
従来の手法 (CAD 有)	3日 * 3人 * 2万 = 18万	3日 * 1人 * 2万 = 6万	(8万)	(32万)
土工上手 利用 (CAD 付属)	1日 * 3人 * 2万 = 6万	1日 * 1人 * 2万 = 2万	(17万)	(25万)

「従来の手法」(CAD無)による測量作業を3日、図面作成・土量集計作業を4日かかると仮定した場合。

上記は過去の実績の一般的な事例より算出している。地形がより複雑化、図面数が増加する等の条件により、図面作成・土量集計人件費等の差は大きくなる。土工上手を利用することで人件費をおさえることが可能である。また、測量の回数を重ねるごとに費用対効果は大きくなる。

4. まとめ

土量管理システム「土工上手」は、測量作業の省力化を図ることが可能である。また、測量作業だけでなく、設計・施工・解析といった様々な分野でも応用した利用が可能である。今後、さらに測量作業の省力化を考慮し、改良を行っていきたい。

謝辞

土工上手の開発にあたり、御指導・御検証に協力いただいた現場関係者の各位に感謝の意を表します。