

25. GPS活用土工管理システム

住友建設(株)：鳥生 晃・*山地 斉
稲嶋 豊

1. はじめに

道路やゴルフ場、宅地造成などの大規模土工事での土工管理は、進捗状況を把握し、残工事計画の確認・修正をするためにも重要な施工管理の一つである。これまでの土工管理は、パソコンレベルで行われているのが実状であり、入力・解析・出力等に時間を要し、出力管理図の種類や精度も限定されているうえ、土工管理のポイントとなる設計変更にも迅速な対応が不十分であった。また、出来形地形測量においても、光波測距儀やトータルステーションによるものが主流であり、天候の影響を受け易く、測点間の視通が必要であることや、最低二人の専門技師が不可欠であることなど、多くの制約を受けていた。このように、多大な労力と時間を要していた大規模土工事の土工管理業務の効率化・省力化を目指して、GPS（汎地球測位システム）と造成CADシステムを組み合わせたGPS活用土工管理システムを開発し、実用化した。本システムにより、リアルタイムな工事の進捗状況の把握、残工事工程の見直し、設計変更や新たな設計業務にも迅速かつ柔軟な対応が可能となった。

2. 概要

GPS活用土工管理システムは、新しい測量方法であるGPSと高度な機能を有する造成CADシステムにより構成されており、GPS測量データや原地形・計画データ等を使用して土工管理を行うものである。GPSはGlobal Positioning Systemの略で、米国の人工衛星からの情報を小型のレシーバーで受信して、自分の位置（3次元）を知ることができる測量方法である。本来、船舶や航空機などの航法支援用として米国で開発されたものであるが、高精度の測位が可能であるため、新しい測量方法として確立されている。造成CADシステムは、現況や計画データを数値地形モデルで扱うEWS（エンジニアリング・ワークステーション）対応の造成計画支援システムであり、ゴルフ場、宅地造成や道路等の設計やプレゼンテーションに適したシステムである。

GPS活用土工管理システムは、これら2つのシステムの特長を最大限に生かしつつリンクさせたものであり、土工出来形管理に必要な全ての管理図をリアルタイムに出力することにより、現場管理や設計変更への迅速なフィードバックを可能にするものである。

3. システムの特長

本システムは、以下のような特長がある。

- ① 出来高及び残工事切盛等高線や鳥瞰図など、高精度な各種土工管理図を短時間で出力することが可能であり、工事全体の進捗状況をビジュアルに把握することができる。
- ② 煩雑な解析・計算処理を必要とする土量バランスの調整、工事進捗に伴って変化する土量変化率に応じた計画高の早期予測、等の設計変更や新たな設計業務に迅速に対応できる。
- ③ 天候に左右されず、一人でも測位が可能であり、測量業務の省力化が図れる。

4. システムの構成機器

本システムは、図-1に示すように、解析・計算を行うEWSを中心に、出来形地形測量のためのGPS測量・解析機器、原地形や計画データを入力するためのデジタイザやスキャナーなどの入力機器、及びビジュアルな出力を可能にした多様な出力機器により構成されている。また、以下の流れにより本システムは運用される。

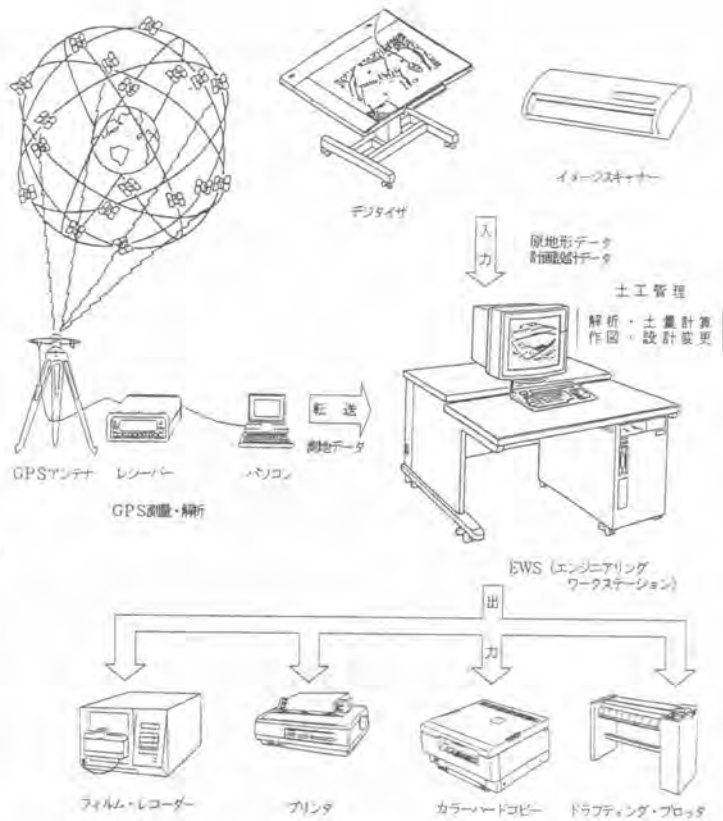


図-1 システムの構成機器

(1) GPSによる出来形測量

GPSにより出来形測量を行い、世界測地系（WGS-84）の3次元データを採取する。それらのデータを日本測地系（ベッセル）、さらに公共座標系（平面直角座標）に変換してEWSに転送する。また、ト

ータルステーションによる補足点等の測量データも取り込むことが可能である。

(2) 原地形及び計画データの採取

原地形等高線や計画データをデジタイザまたはスキャナーにより採取してEWSへ転送する。

(3) 解析・土量計算・作図

転送された原地形や計画・出来形データを使って、地形を数値モデル化して、各種解析および土量計算を行う。

(4) 土工管理

出力された土工管理に不可欠な出来形等高線図、切盛図、残工事切盛図や残工事運土計画図を使って、土工事全体の進捗状況を把握し、必要に応じて管理計画を変更し、最適な残工事管理計画を立案する。

(5) 設計変更

土量調整による設計高の変更等により、最終計画高や形状を確定する。

5. GPS

GPSは、22,000km上空の米国の人工衛星（現在24個の衛星が使用可能）の電波を受信することにより、世界のどこにいても（Global）、自分自身の位置を知る（Positioning）ことができる測位方法である。光波測距儀やトータルステーションを用いる従来の測量方法に対し、測点間の視通が不要で、雨天・夜間でも測量でき、長基線においても高い精度の確保が立証されている。GPS測量には表-1に示す測量方法があり、本システムでは基準点の設置及び既知点の確認のためにスタティック測量、出来形測量（三次元）には短時間で連続的に測量が可能なキネマティック測量を行う。

表-1 GPS測量手法

測位方法	分類	概要	期待精度	適用範囲	
単独測位	1点観測法	1点で受信し、コード情報の解析によりリアルタイムで測位結果を得る。	20~100m	航法支援等	
相対測位	ディファレンシャル法	単独測位を2点（以上）で行い、既知点の補正量を未知点の測位計算に適用する。既知点での補正量をリアルタイムで得ることにより、未知点側へ転送する結果が得られる。	3~5m	海上での位置決め等	
	干渉測位	スタティック測量	1点（以上）は未知点、45~90分間受信可能。	水平距離 5mm+2ppm 垂直距離 1cm+2ppm	基準点、制点、動点等
		キネマティック測量	1点（以上）は未知点、各測点で4個以上の衛星を追跡する。既知点（基準点）との距離が5~10秒程度に一定になるまで（近傍に停止してアンスキ受から高速でアンスキ受）の衛星（入れ代わり可）の追跡が必要。	水平距離 1~2cm 垂直距離 2~3cm	土工管理、測量等
擬似キネマティック測量	1点（以上）は未知点、受信開始から受信終了までの間、各測点の移動を連続的に追跡する。	同 上	土工管理、測量等		

6. システムの解析機能

解析機能は以下のようなもので構成されている。

(1) データ採取・編集機能

データ採取・編集機能は、原地形図の等高線や計画設計データ、任意の点および面をデジタイザまたはイメージスキャナーにより読み取る機能である。デジタイザでは会話的に、イメージスキャナーでは自動的に、高精度かつ均質にデータを採取することが可能である。また、開発区域面積が広大な場合、採取範囲を分割してデータ採取することが可能である。

(2) DTM（数値地形モデル）作成機能

採取された原地形等高線、計画設計データ及びGPS測量データを、指定された間隔の格子状の数値地形モデル（DTM）に変換・作成する機能である。

出来形地形モデルは、GPS測量データ（三次元）の隣接する点を結んで、三角形平面をつくることにより定義されるため、隣接する測点間を自動的に結ぶ三角網自動発生機能や、測点の追加・削除、三角網の修正機能がある。さらに、任意の断面図を作成することにより画面上で入力データの確認ができ、それを修正・変更する造成計画設計に必要な機能がある。

なお、本システムは株式会社構造計画研究所の造成支援システム“LAPLAS”との互換性があり、ゴルフ場や道路設計等の膨大なデータの取り込みが可能である。

図-2は、適用事例で後述する工業団地造成工事の出来形測量データを使って、三角網を自動発生させたものである。各々の三角形の頂点がGPS測点であり、出来形地形の変化点を網羅したものである。

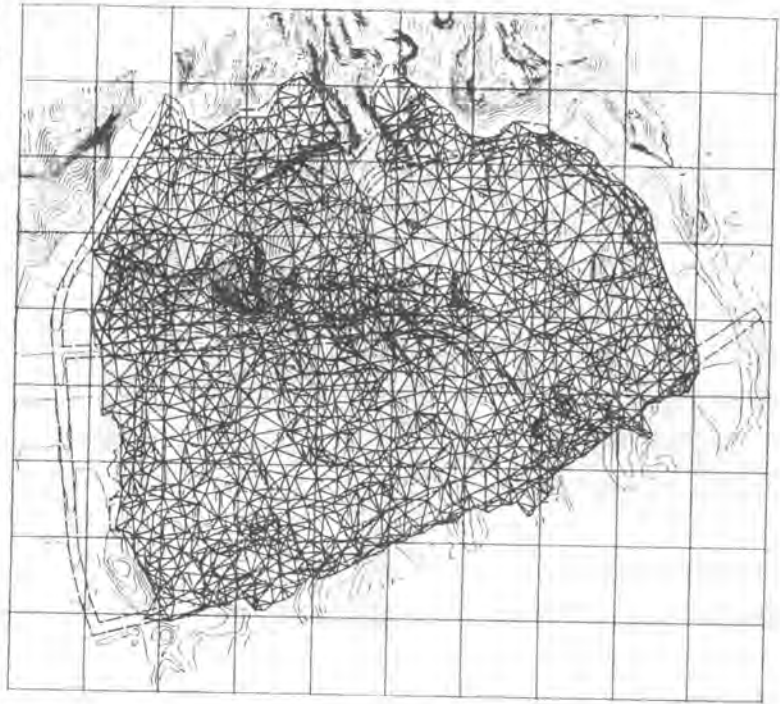


図-2 GPS測地データ三角網平面図

(3) 地層定義機能

地層分布は、掘削・運搬機械の選定などの施工方法の決定や土量バランスの調整をする際の大きな要因であり、地質別の切盛土量を把握しておく必要がある。

地層定義機能は、指定した領域内の地層を5層まで定義する機能であり、土層別の切盛土工量を算出することができる。

(4) 土量計算機能

土量計算機能は、指定された2つのDTM（例えば原地形と出来形DTM）を用いて、地質別に切盛土量の計算を点高法により行う機能である。切盛土量の比より、工事の進捗に伴って変化する包括的な土量変化率（C値）を推定でき、残工事の土量調整や運土計画に反映できる。圧密沈下が予想される場合は、その領域と盛土高に対する予想沈下量を指定することによって、圧密沈下を考慮した土量計算が可能である。

(5) ブロック作成機能

ブロック作成機能は、切土領域・盛土領域の平面分布を色分けして表示すると同時に、それぞれの領域の土量も合わせて集計できる機能である（図-3）。

残工事の切盛分布や、任意の領域での必要切土量、または盛土量を把握することが可能である。

(6) 運土計画機能

運土計画機能は、仕事量が最小になるように最適な運搬経路を通して、必要な運土をメッシュ単位で計画する機能である。また、地形条件や施工条件から重機の通行に支障がある場合、通行不能領域

と迂回点を指定することにより、実状に即した運土計画が行える。計画段階では、土質別にC値を与えることにより、切土または盛土ベースによる最適な運土計画が可能で運土距離別、土質別に運土量を集計できる。さらに、ブロック作成機能と組み合わせることにより、ブロック化された切盛図をベースとした運土計画を行うことができる。ブロック毎の切土重心位置から出る矢線は運搬経路を示し、その上、下部に運土量と運搬距離が図示される(図-4)。

(7) 作図機能

作図機能は、解析結果を製図出力する機能であり、出力図面は以下のとおりである。

- ① 原地形・計画・出来形等高線図
- ② 原地形・計画・出来形断面図
- ③ 測量データ平面図
- ④ 測量データ三角網平面図
- ⑤ 設計・出来形・残工事切盛平面図



図-3 切盛平面図

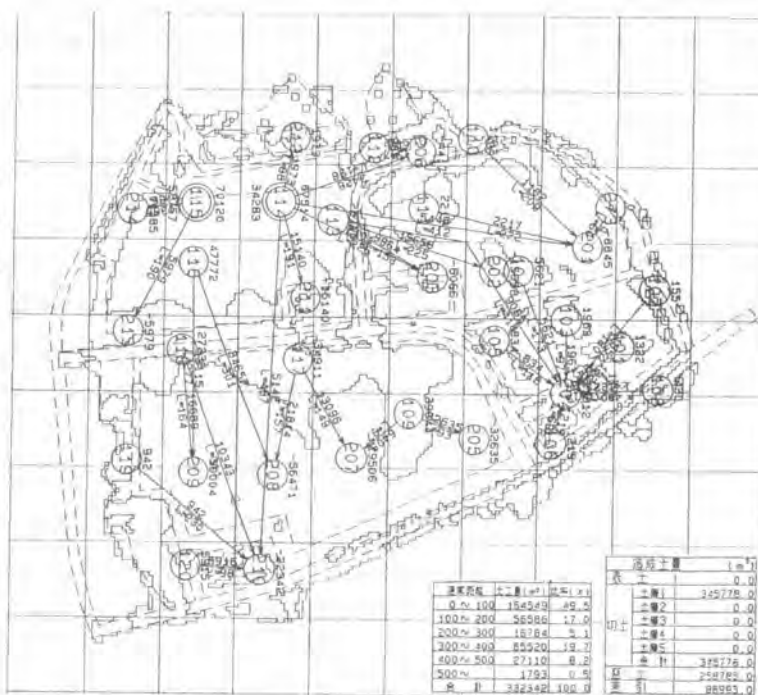


図-4 残工事運土計画

- ⑥ 設計・出来形・残工事切盛等高線図
- ⑦ 原地形・計画・出来形鳥瞰図
- ⑧ 計画・残工事運土計画図

7. 適用事例

大東上土芳工業団地造成事業基盤造成工事

(静岡県企業局発注)は開発面積約40haの大規模造成工事(工期平成4年5月～平成5年7月)であり、数回に亙り土工管理に本システムが採用された。その結果、従来方法では測量作業終了後土工出来高を把握するだけで、3人で5日を要していたものをわずか1人で3時間に短縮できた。しかも工事全体の包括的な土量変化率(C値)が把握でき、的確な

残工事量を推定することにより、計画高さの変更等に迅速に対処できた。さらに土工管理に不可欠な出来形等高線図、切盛図、残工事切盛図・等高線図や残工事運土計画図等の管理図も同時に出力でき、現場管理に威力を発揮した。

また、日本道路公団北海道横断自動車道羽帯工事(工期平成4年5月～平成6年11月)においても、道路土工管理に適用中である。本工事は、道路延長約4.100m、道路幅員24.5m、計画土工量が約56万m³の大規模道路土工事であり、平面状に広がる土工事に限らず帯状の土工事への本システムの有効性を確認できた。

8. おわりに

GPS測量業務のより一層の省力化・省人化を目指して、受信機を建設機械に搭載する

ことを計画中であり、傾斜地でもGPS測量を可能にする水平保持装置を開発中である。

さらに、既に実用化している軟弱地盤上の盛土情報化施工システムとリンクさせるとともに、土工機械稼働状況管理システム、品質管理システムなどのサブシステムを構築することにより、総合的な土工事施工支援トータルシステムの確立を推進していく計画である。

なお、このGPS活用土工管理システムは、(株)構造計画研究所との共同開発によるものである。

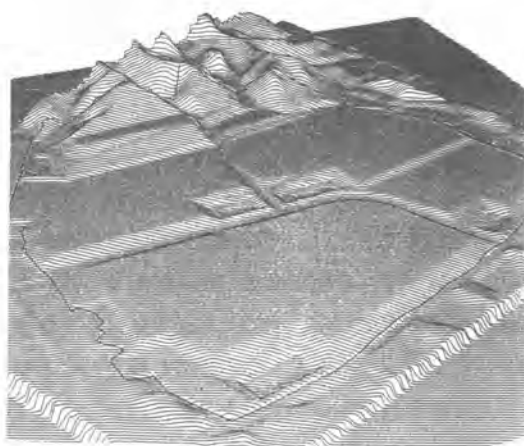


図-5 出来形鳥瞰図



写真-1 GPSによる出来形測量状況