

株式会社 大 林 組 正会員 ○ 藤井義明
株式会社 大阪写真測量所 増川真澄

1. まえがき

近年、大規模な土地造成工事が多く施工されるようになり、その管理に必要となる土工量の把握、場内バランスの技術に関して、迅速かつ正確な作業方法を開発する必要がでてきた。

そこで、航空写真測量によるデータ採取の迅速性、正確性、安全性と電算機の大量データ処理能力とを一体化した土工管理システムを、1979年から開発し改良を重ねてきた。

その主要目的は、土工量、残土工量、土の合成変化率を把握し、施工を中断することなく計画の妥当性を検討することである。必要が生じれば早期に計画変更を行ない、手戻り工事をなくすことにより、工期の短縮、費用の節減を図ることができる。現在までに数件の工事に適用し、十分な効果をあげたので、本文ではこのシステムの概要と利用事例について述べる。

2. システムの概要

本システムは航空測量システムと電算処理システムに分かれるが、FDを媒体として一体化している。

準備段階において、現場では対空標識の設置等の作業を行なうが、実施にあたっては図-1に示すようなルーチン・ワークとなる。即ち、現場から測量の指示を行なうと、直ちに航空写真撮影を行ない、地形メッシュ・データをFDに作成・収納する。作成されたFDと既存のメッシュ・データ・ライブラリーにより土工量把握、残土工計画に必要な資料を出力する。

この間の作業時間に関して、100 haの造成地について述べると、20mのメッシュを採用すれば2500ポイントのデータが必要であり、観測作業に約5日間を要する。しかし、工事の途中では実際に土が動く部分は20ha(500ポイント)程度であるので、測量の指示から結果の受取まで約3日である。これをスタジア測量と手作業で行なった場合約10日もの多量な労力を要する。また、測量中に土が動くため得られた結果の信頼性も低い。

3. 航空測量システム

(1) 撮影と基準点の関係

- a 大規模造成(100ha程度)の撮影縮尺は、1/4000～1/6000を採用する。
- b モデル(1対の写真)数にして2～3モデルであり、空中三角測量を実施せず1モデルに4点(できる限り造成地の外側)の基準点を設定する。
- c 撮影に際して飛行はメッシュに並行か直角方向にする。(原則的には東西か南北方向)
- d 基準点の条件

- ・施工期間中繰返し使用できること。
- ・施工に支障がないこと。
- ・はっきりと写真にでる点で、対空標識が設置できる場所であること。

(2) 使用機械

表-1に示す。

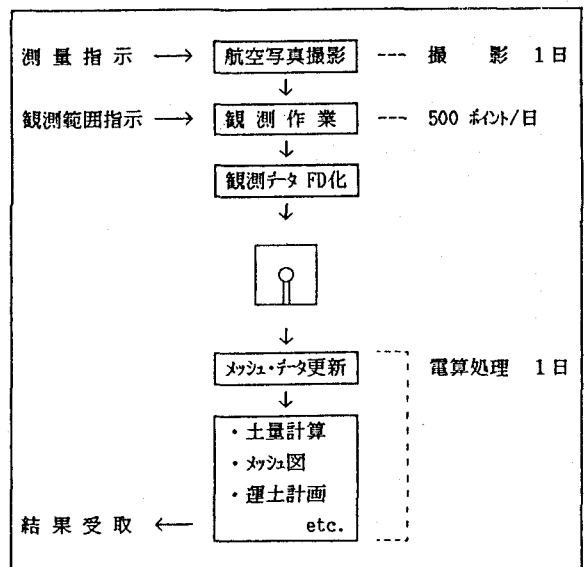


図-1 土工管理システムの概要

表-1 観測機械

機 械	機 種	備 考
図 化 機	オートグラフ A7	一級図化機
自動穿孔機	タビュラ	図化機と連動し紙テープ出力
電子計算機	OKITAC50/60	512KB

(3) 観測作業

- 1モデルを撮影時と同一な関係に置き、現地の再現を行なう。
- 標定作業（図化機・描画台・タイピュータの相互連結）終了後、描画台に貼付けたメッシュ図上を、モニターテレビを見ながらハンドルを操作してメッシュ点へ誘導する。その点の標高値を図化機により観測し、タイピュータを通して自動的にメッシュ番号と標高値を紙テープに穿孔する。
- 紙テープをFDに変換する。

(4) 精度・誤差分布

通常、一級図化機の最小読取値は撮影高度の 1/10,000程度である。10cmの読取を確保するには、撮影高度 1,000mで撮影縮尺 1/6700（焦点距離0.15m/1000m）より大きな写真を利用する。

一般的に観測精度は最小読取値の3倍である。従って、撮影高度 1000mのとき、最小読取値10cmの3倍、±30cm以内となる。そこで、メッシュ320ポイントについて航測値と実測値との差を調査したところ、図-2に示すように平均で-7cm程度、殆どのデータが±20cmの範囲にはいっており、撮影縮尺1/5000での最小読取値7.5cm、観測誤差22.5cm(7.5×3)の範囲内でもあり実用上十分な精度である。

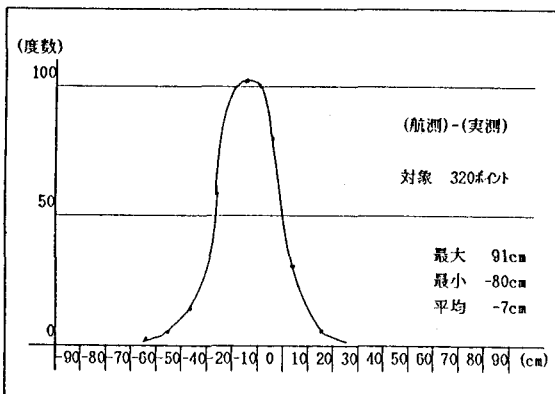


図-2 誤差分布

4. 土工管理システム

(1) システム構成

本システムは、航空写真測量データ以外にも、20～30 haの造成地では地上測量(ランダム・データ)の利用も可能となっている。

システムは図-3に示すようにメッシュ・データの管理と土工管理資料作成に大きく分かれる。メッシュ・データ・ライブラリーには、原形、計画及び各回のデータが保存されており、どの期間の計算も可能である。

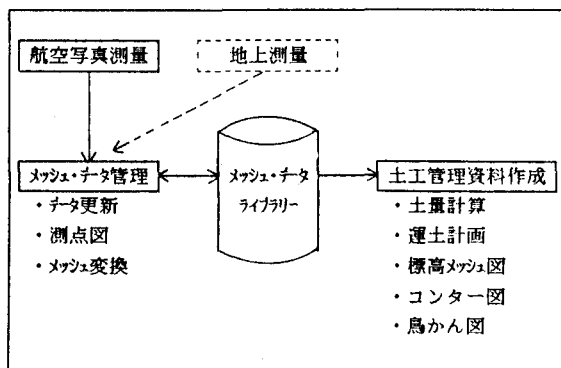


図-3 電算処理システム

(2) データ構成

航空測量によるデータは図-5に示す形式で入力される。IDの"1"の造成地と"2"の仕上り部のデータを前回のデータに対して更新している。また、図-5に示すように各回のデータは全域データとして保存している。即ち、その回に測量されなかった区域は前回のデータを含んでいる。従って、当該期間に土の動きがあった区域については必ず測量する必要がある。

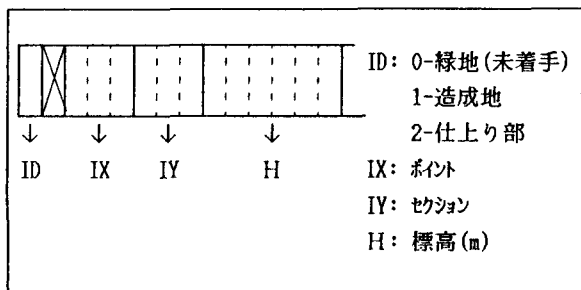


図-4 観測データの形式

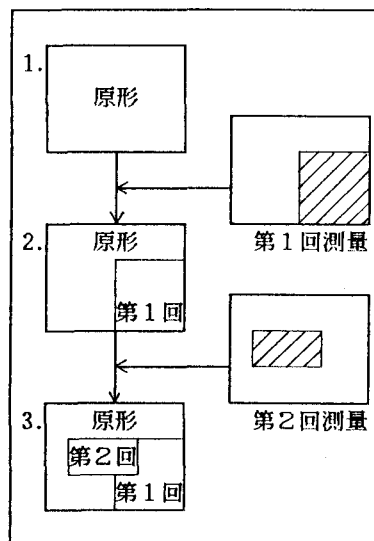


図-5 メッシュ・データの保持方法

(3) 土量計算方法

土量計算にはメッシュ法を用いるが、単に切盛土量を計算するだけでなく、3つのメッシュ・データ（原形・現況・計画）の高さ関係により、図-6に示すような分類を行なうことが特徴である。

これは、施工中に仮設道路、仮置等の出来高にはでてこない土の動きがあるため、このような数量を把握することが土のバランスを考えるうえで重要である。

また、図-7は前回データを加えた4つのデータの位置関係により土工量を計算した例である。

(4) メッシュ図の利用

原形と現況（各回測量時）との対比により出来高を高さで表す。ペン・プロッターを利用すると切土と盛土を色分けして出力できる。また、現況と計画を対比してコンター図に重ね、切盛高さの確認を行ない、残土工の計画に利用する。

(5) 運土計画

施工段階では計画変更に伴い運土計画も変更する。従って、今後の土工計画を検討するために、輸送型LPを用いて運土計画矢線図、平均運土距離、距離別土量等を出力する。

また、施工段階を考慮できるように、切盛高さを入力し次の段階までの最適計画を作成できる。

その他、移動ルート の考慮、勾配による評価係数の増減等の機能が利用できる。

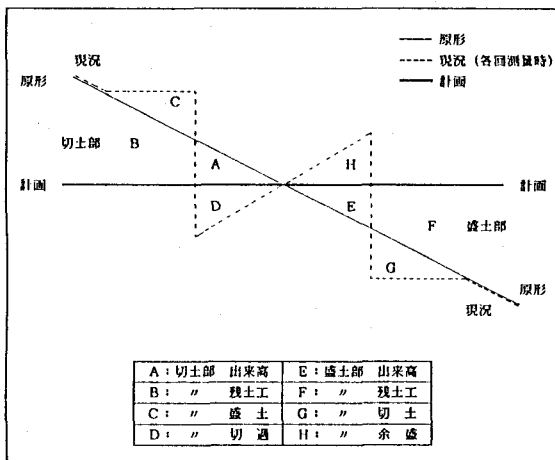


図-6 累計土量計算分類

ミッド・ア : 7400 - 7400 > 0				
コンクリ	207579.0	37368.0	37500.0	12340.0
レイアウト	2225037.0	76360.0	53444.0	
サンパ	92737.8	52444.0	76360.0	
ミッド・ア : 7400 - 7400 > 0				
コンクリ	236798.9	60576.0	41200.0	8084.0
レイアウト	2349707.0	68355.9	2580.0	
サンパ	148807.0	2580.0	68355.9	

図-7 土量計算

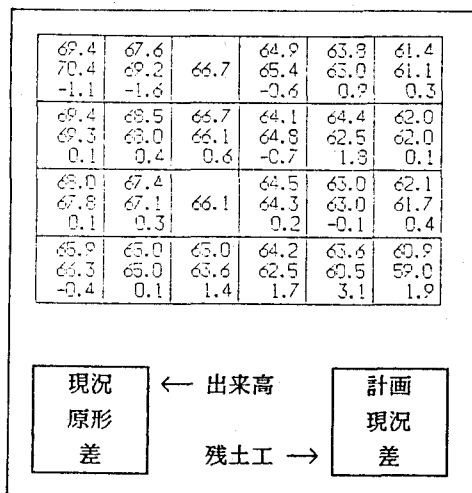


図-8 メッシュ図

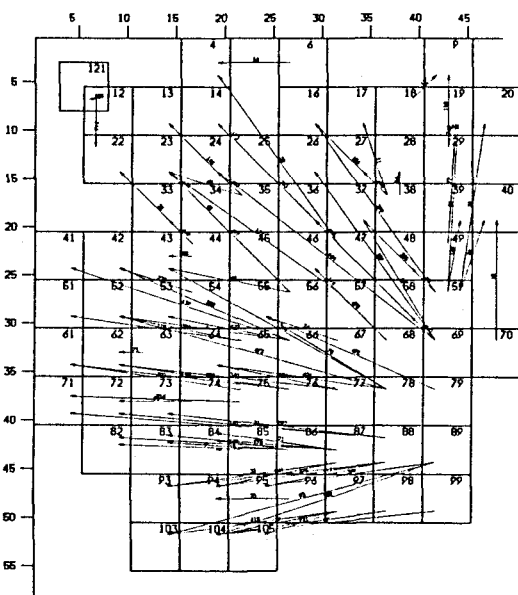


図-9 運土計画矢線図

5. 実施例

表-2は本システムを利用した工事で、他に地上測量を利用した工事（20~30 ha）も6件ある。

図-10はA工事の管理プロセスの例であるが、施工初期には原地形の確認を中期には出来高・土の変化率の管理を終期には場内バランスのための土工計画調整を目的として実施した。

その結果、300万 m^3 施工時に約 17万 m^3 の山やせを確認し原地形高の修正を行ない、450万 m^3 施工時に20万 m^3 不足、35万 m^3 不足の場合の計画変更案を作成し、残施工区域の 38万 m^2 において土地利用上も考慮し、可能であることを確認し暫定的に盛土高を1m下げて施工した。そして、500万 m^3 施工時に最終不足土量を25万 m^3 と確定し、追加切土量 20万 m^3 と5万 m^3 の盛土盤を下げることを決定した。

その後、変更計画案に従い土工事を中断することなく続行し、構造物残土搬入場所を残し土工事を完了することができた。

6. あとがき

現状では汎用電算機を使って管理資料を作成しているため、遠隔地の現場では不便である。将来は、ハードウェアの発達からパソコン程度でも十分処理可能となるので現場事務所での処理を検討中である。

また、航空写真測量は天候に左右されやすいため最適撮影が困難なので、今後は赤外線写真等の技術も検討し、さらに精度が高まることを期待している。

表-2 実施工事

工 事	面積 (ha)	切土 (m ³)	盛土 (m ³)	期間 (回数)
A	106.00	6,180,000	6,535,000	54.06 ~ 57.01 (10回)
B	71.35	2,930,000	2,936,000	57.01 ~ 59.08 (7回)
C	99.90	5,920,000	6,440,000	56.10 ~ 58.12 (26回)
D	57.80	2,796,000	2,796,000	59.04 ~ 59.05 (1回)

この他、地上測量による工事6件実施している。

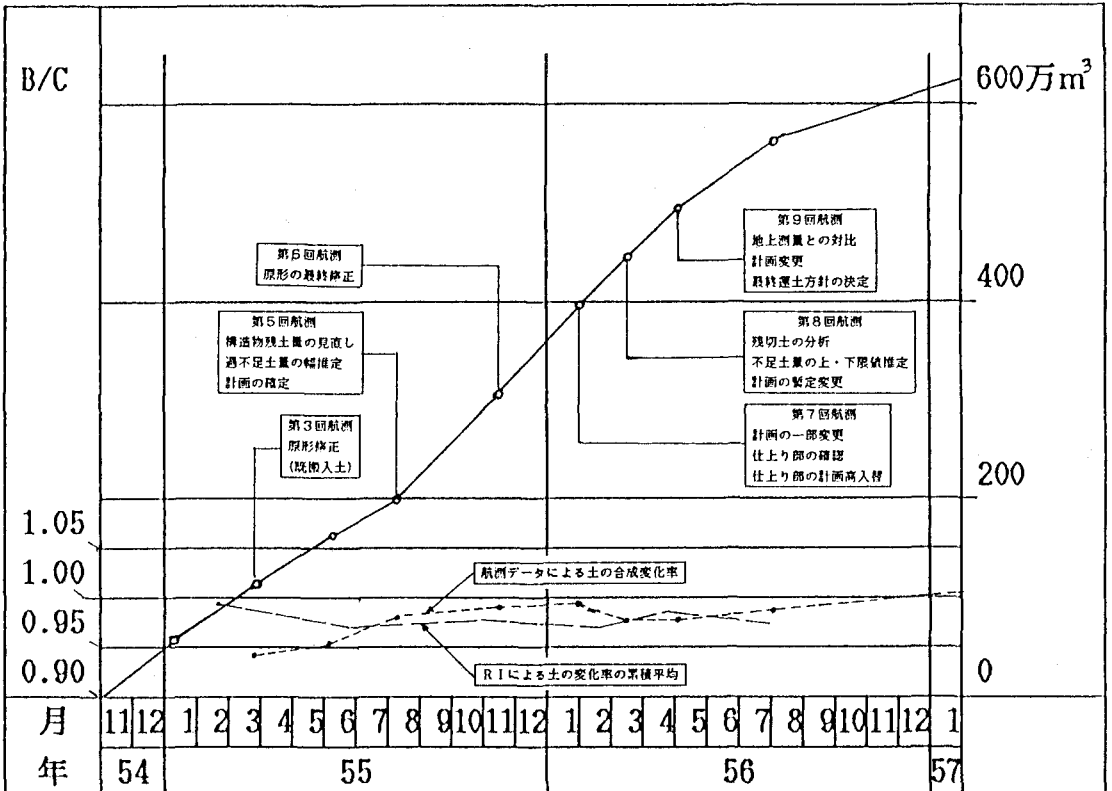


図-10 土工管理プロセス