

# 写真測量法による 空洞容積測量

堀田 明男・大竹 公一

資料

## まえがき

近年、エネルギー備蓄への対応が検討され、岩盤地下空洞などへの液体エネルギー貯蔵が具体化している。欧米各国では、すでに多くの実績もあり、岩盤内地下空洞や岩塩層内空洞あるいは廃坑利用などによる石油・LPGなどの備蓄が実施されている。

このような目的で使用される岩盤内空洞は、掘削後の岩盤地肌にコンクリートを吹き付けた程度のものであり不規則な凹凸が多く、従来の測定方法ではその空間容積を効率よくまた高精度に測定する事は困難である。

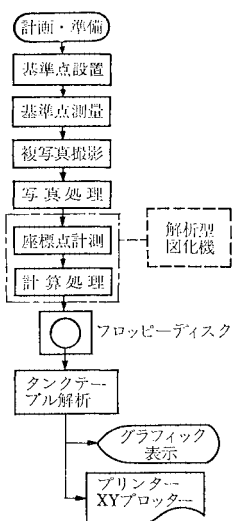
写真測量法による空洞容量測定法は、このような要求に対応するため開発した測量方法である。

## 1. 複写真法を応用した空洞容量測量作業

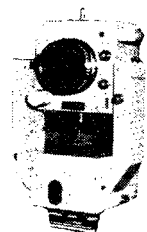
複写真法による空洞容量測定は、航空写真測量と同様な手法を応用しており、精度および作業性に優れている。主なシステム構成は、高精度写真測量用カメラ（写真—1）、解析図化機（写真—2）、小型コンピューターにより構成される。

測量解析作業フローは、図—1のような手順となる。

計画・準備段階において現場の断面形状や規模、壁面の凹凸、必要精度を考慮し、複写真撮影作業時の撮影アングルおよび基準点の設置計画を



図—1 作業フロー



写真—1 UMK-10/1318



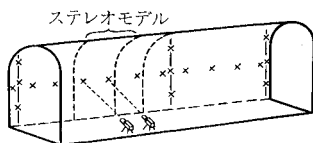
写真—2 解析型図化機プラニ  
コン C-100

う。

現地作業においては、計画に基づき、写真—3のようなさげふりを利用した基準点を設置し、基準点の座標を、空洞内の既知の固定点を基にして基準点測量作業により求める。次に測量用カメラを使用し、壁面オーバーラップ連続写真および空洞端部壁面の複写真撮影をもれなく実施する（図—2）。この時基準点は、連続写真の両端モデルおよび中央付近にそれぞれ3点以上写し込むようにする。また場合によっては何点かの補助点を設けておくことが効果的である。現地作業は基準点設置および測量、撮影のみであり、短期間に終了する。



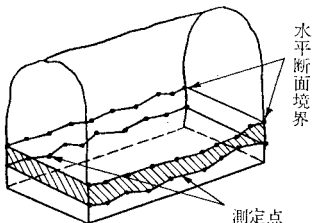
写真—3 さげふりを利用した  
基準点の設定



図—2 ステレオ写真撮影の模式図

であり、また、斜め写真も容易に解析・図化できることである。

解析図化機での標定作業によりステレオモデルを形成し、観測し任意のピッチまたは傾斜変換点で測定した座



図—3 座標点読み取り作業

標点観測作業を実施する。解析図化機の特徴としては、従来の図化機では困難だったひずみ補正、角度補正を内部における座標変換および演算処理プログラムにより可能としたこと

標をデータとして磁気テープあるいはフロッピーディスクに記録する。この作業を壁面に沿う連続モデルごとに行い、空洞全体の数値化モデルができ上がる（図

表-1

TANK		GAUGE		TABLE	
GAUGE (MM)	VOLUME (KL)	I	GAUGE (MM)	VOLUME (KL)	I
3801	6727.342154	I	3851	6815.296694	I
3802	6729.102251	I	3852	6817.054737	I
3803	6730.862307	I	3853	6818.812739	I
3804	6732.622323	I	3854	6820.570700	I
3805	6734.382297	I	3855	6822.328620	I
3806	6736.142229	I	3856	6824.086499	I
3807	6737.902121	I	3857	6825.844337	I
3808	6739.661972	I	3858	6827.602134	I
3809	6741.421782	I	3859	6829.359890	I
3810	6743.181550	I	3860	6831.117604	I

—3 参照). これを小型コンピューターで処理し容積計算を行う。

小型コンピューターによる出力としては、必要に応じて液位 1 cm ないし 1 mm ごとに空洞容積を求め、設備・配管等の容積を高さごとに補正してタンクテーブル (表-1, 図-4), また、任意の高さの水平・垂直断面図 (図-5) が得られる。

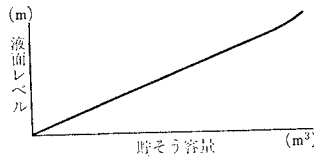


図-4

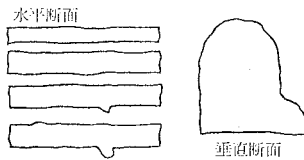


図-5 断面図

## 2. 本システムの特徴

### (1) 高精度の測量が可能である

航空写真測量と同様な手法であり、測量対象までの撮影距離が短いため高精度に解析ができる。また、解析図化機の適用により、従来の図化機では観測が困難な斜め写真についても対応が可能であり、高精度かつ均一に測量が可能である。

座標解析精度：撮影距離×1/5 000

容量測定精度：0.25% 以下

### (2) 現場作業時間が短い

現場における作業は、基準点設置・測量関係の作業と撮影作業のみであり、観測解析作業は室内で行えるため、他の作業に与える影響が少ない。

### (3) 写真データとしての保存が容易である

写真測量用の高精度カメラを使用して、ステレオ写真として記録するため、貯槽などの運転が開始された後でも必要に応じて解析図化機により作業が実施できる。また、ある時期に撮影作業を行い前回のデータと比較することにより経年変化を比較することも可能である。

## 3. 実規模空洞における検証

### (1) 水注入による検証

大成建設では、軟岩地帯に掘削された空洞において複写真法を用いて容積測定を実施し、さらに精度を確認するために水を注入し検証作業を行った。

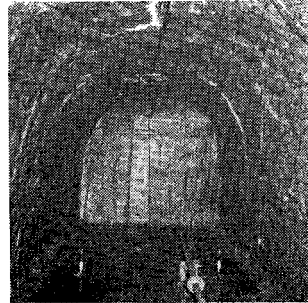


写真-4 軟岩地下空洞の写真

積算流量計を通して水を注入することにより計測を行い、水注入前の流入地下水量を補正することによりタンクテーブルを作成し、このデータと複写真法により作成したものとの比較を行った。この

とき使用した流量計のカタログ精度は 0.2% とされており、両者の相対誤差は小さく、複写真法の実用上の精度がきわめて高いことを確認した。

### (2) 原油運転との検証

石油公団が 1982 年 3 月に完成させた石油地下備蓄菊間実証プラントでは、建設工事、実証実験を担当した清水、鹿島、大成、日揮・菊間実証プラント共同企業体が空洞写真測量を行い、タンクテーブルを作成した。さらに、原油運転を担当した太陽石油 (株) と共同でタンクテーブル検証作業を行った結果、複写真法による 50 cm 間隔の断面測量および補間積分によるタンクテーブル値と原油受入、払出時の積算流量計による値との相対誤差は 0.04~0.45% であった。この値は、タンクテーブルとしての必要な精度を有しており、この結果、複写真測量法が精密な空洞容積測量技術であると認められた。

## あとがき

写真測量法分野においても、最近のコンピューター技術の進歩により解析図化機が利用されるようになり、従来の図化機では原理的に可能でも実現が不可能であった分野にも、コンピューター処理技術との組み合わせにより応用範囲を広げることが可能である。

本システムは、地上写真測量技術と解析図化機および小型コンピューターによる処理技術の組み合わせにより、大断面掘削での測量作業において、作業性、安全性、経済性の点で対応できるものである。

## 参考文献

- 1) 堀田明男・大城保隆・堀部晋：写真測量による空洞容積測定，測量，1982年7月号。
- 2) 大竹公一・堀田明男：地下空洞と写真測量，「写真測量とリモートセンシング」特集号，II，1983。