

芝浦工業大学

正会員 ○中沢 重夫

法政大学工学部

正会員 大嶋 太市

1. まえがき 写真測量を利用して構造物の精密測定をするという方に2種類あり、その一つは構造物の形を立体的にとらえることと、他の一つは構造物の時間的・物理的変化をとらえることである。構造物の変位量を測定する方法は変化前の写真と変化中又は変化後の写真を撮影して、その構造物上の座標を解析写真測量の方法で求めその座標変化を求めれば良い。今回の実験では法政大学建築科川口衛教授の設計、試作による一重膜金属製空気構造物の精密測定を実施した。その空気ドームの大きさは底面での水平方向の長さが20m中心での高さが5.99mである。このような構造物の載荷による変形量の測定の方法は部分的にはゲイタルゲージや抵抗歪み型等で測定されるが全形として捕えることは不可能であるが、写真測量の方法は全形のひずみ量を撮影時にあわせて算出できるばかりでなくその撮影時の状態は後に何時でも再現し、再測したり、そのチェックをする事ができる。

2. 実験の概要 写真撮影はウィルド社の写真経緯儀P30を用いておこない主として水平垂直撮影、部分的に収れん撮影を実施した。測定結果は西ドイツ・カールツァイス社の解析ステレオプロッター・プラニコンP100を使って変位量の測定をおこなった。又一方ステレオコンパレーターおよび電子計算機で変位量を求めた。その作業の手順を示すと次のようになる。標識は6mの高さの支柱を5本たて下端より1m, 3m, 5mの地点に標識を設置した。空気ドームの表面にも230点の標識を取りつけた。その支柱に取り付けた標識ウィルドのT2セオドライトを用いておこなった。撮影した乾板は実体視して座標測定をおこなった。尚カメラのレンズのデストーションの測定と解像力測定および焦点距離、指標間距離、指標の直交性の検定を防衛庁技術研究所の光学研究室のフリメーター・アレイ装置を使って実施した。

3. 写真座標の測定と測地座標の計算 写真座標はカールツァイスイエナ社のステレオメーターを使ってミクロン(1/100mm)まで読定し独立に読んだ2回の平均値を採用した。写真座標の統一は2回行い、最初是指標で行なう。もう一度は各載荷パターンを観測して出てきた固定点の中数値でヘルマート変換をおこなう。ステレオコンパレーターで観測された値は X, Y, P_x, P_y で表示される。これを左, 右の写真座標に分けると

$X_L = X, Y_L = Y + P_y, X_R = X - P_x, Y_R = Y$ ヘルマート変換式は $X = X \cos \omega - y \sin \omega$
 $Y = y \cos \omega + X \sin \omega$ 標準観測で得られた X_L, Y_L, X_R, Y_R および左, 右の観測で得られた dx_L, dy_L, dx_R, dy_R を平行撮影の座標値に修正して相互標定で得られる $[K, \varphi, \omega]$ の三行三列のマトリックスを上記の各値に乗ずると

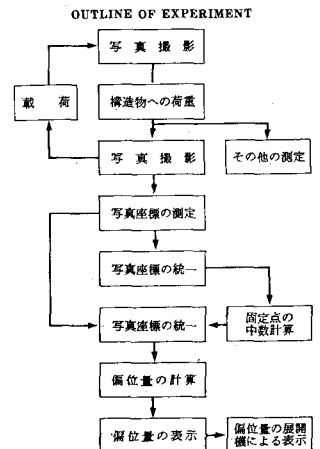
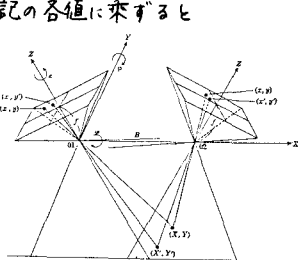
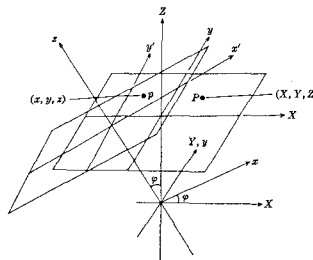


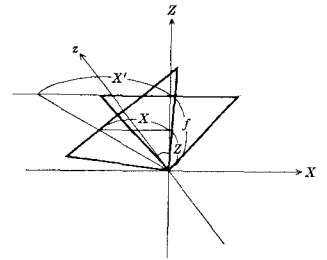
表-1



収束撮影の状態



傾きを修正



$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos k \cos \varphi - \cos k \sin \varphi \sin \omega + \sin k \cos \omega & \cos k \sin \varphi \cos \omega + \sin k \sin \omega \\ -\sin k \cos \varphi & \sin k \sin \varphi \sin \omega + \cos k \cos \omega - \sin k \sin \varphi \sin \omega + \cos k \sin \omega \\ -\sin \varphi & -\cos \varphi \sin \omega & \cos \varphi \cos \omega \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ f \end{bmatrix}$$

写真座標は

$$\begin{cases} X = x(\cos k \cos \varphi) + y(-\cos k \sin \varphi \sin \omega + \sin k \cos \omega) + f(\cos k \sin \varphi \cos \omega + \sin k \sin \omega) \\ Y = x(-\sin k \cos \varphi) + y(\sin k \sin \varphi \sin \omega + \cos k \cos \omega) + f(-\sin k \sin \varphi \cos \omega + \cos k \sin \omega) \\ Z = x(-\sin \varphi) + y(-\cos \varphi \sin \omega) + f(\cos \varphi \cos \omega) \end{cases}$$

$X' = X \cdot f/Z$ $Y' = Y \cdot f/Z$ の関係から上式を代入すると

$$X' = f \cdot \frac{x(\cos k \cos \varphi) + y(\sin k \cos \omega - \cos k \sin \varphi \sin \omega) + f(\cos k \sin \varphi \cos \omega + \sin k \sin \omega)}{-x \sin \varphi - y \cos \varphi \sin \omega + f \cos \varphi \cos \omega}$$

$$Y' = f \cdot \frac{-x(\sin k \cos \varphi) + y(\sin k \sin \varphi \sin \omega + \cos k \cos \omega) + f(\cos k \sin \omega - \sin k \sin \varphi \cos \omega)}{-x \sin \varphi - y \cos \varphi \sin \omega + f \cos \varphi \cos \omega}$$

で計算できる。測定結果の1例を次に示す。

東松山 X 座標			
写真番号	撮影方法	撮影点	
101 - 201	直角水平	S ₁ - S ₂	
単位: m			
番号	名称	測地座標	標定座標
1	R ₁	5.2052	5.2056
2	R ₂	5.1838	5.1863
3	R ₃	5.1843	5.1860
4	T ₁	- .7977	- .7931
		差	

Y 座標

番号	名称	測地座標	標定座標	差
1	R ₁	4.9340	4.9374	- .0034
2	R ₂	2.6967	2.6959	- .0008
3	R ₃	.7566	.7549	- .0017
4	T ₁	4.8825	4.8793	- .0032

Z 座標

番号	名称	測地座標	標定座標	差
1	R ₁	- 21.6457	- 21.6556	.0099
2	R ₂	- 21.6121	- 21.6278	.0157
3	R ₃	- 21.5836	- 21.6039	.0203
4	T ₁	- 21.0825	- 21.0557	- .0268

4. まとめ 今回の実験では構造物の測定に解析地上写真測量などの程度利用できるようにテストする目的であったが所期の結果が得られたと考えている。3次元の変位量を測定するためには基線eが重要なファクターで1:1の基線eを保持できればよいが対象物の形状によっては死角が多くなり不可能な場合が出てくる。すなわち総べての場所がステレオ部分として写す必要がある。又その場合に基準点のターゲットの位置、大きさ、形も重要で今後研究を要する所である。デストーション等の写像の物理的な要素を加味して計算したが更に測定し易い写像をどのようにして得るかが今後の研究課題となろう。対象物の大きさ、形、又測定目的によってカメラに要求される内容も異なるので充分に検討する必要がある。