

日本電信電話公社 茨城電気通信研究所 正員 ○船渡英幸
 “ “ “ 松本喜一
 “ 武蔵野電気通信研究所 堀内敏行

1. まえがき

従来ツールド機の鉛直位置計測は、レベルによる光学測量により行なってきたが、現在電電公社で研究を進めている小断面ツールド工法(トンネル内径1.2m, 掘進長500m, 可能曲率半径200mを目標とする。)では、光学測量に代わるものとして連通管を用いる方法について検討を行なっている。通常の連通管では容器の深さ以上に計測範囲をとれず、しかも管径が小さく長さが長い場合は応答速度が著しく鈍い。そこで容器を密閉して中の液体を拘束し、内部流体圧力を検出する方法を検討し実験してきた。その結果、計測範囲、精度、応答速度共に良好であることが判明したので、その結果について述べる。

2. 装置の原理

非粘性、非圧縮性(密度一定)の液体の定常流れについては、ベルヌーイの定理が成立し、外力が重力だけであれば

$$\frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} + Z = \text{const} \quad \text{----- (1)}$$

(V:速度, g:重力加速度, γ:比重量, P:圧力, Z:鉛直位置)となる。ここで、図1のように両容器を密閉し、内部の流体の動きを拘束して、V=0の状態にすると

$$P/\gamma + Z = \text{const} \quad \text{----- (2)}$$

となり、容器1,2において圧力を測定し、それぞれP₁, P₂とすると、各圧力測定点の相対鉛直位置hが次式により求まる。

$$h = (P_1 - P_2) / \gamma \quad \text{----- (3)}$$

容器1を基準容器として立坑に設置し、他方の容器2をツールド機に搭載すれば、ツールド機の鉛直位置を計測することができる。

3. 実験内容と結果

これまでの検討により、密閉型連通管方式は、小断面ツールド工法の鉛直位置計測には原理的に十分可能であり、計測所要時間、計測精度ともにはば満足できる範囲内におさまると推察できた。そこで実験装置を試作し実用化に向けて次のような実験を行なった。

(1) 温度変化による影響の実験

鉛直位置計測装置は実際に用いる場合、連通管の両端の2容器が同じ環境ではなく、一方の容器はツールド機に搭載、他方の容器は立坑に設置となり、環境温度が異なることが予想される。このため、連通管の両端2容器に故意に温度差をつけ、影響をみることにした。図2に示すように、連通管2容器を試験台上に等レベルに据え、液面ゲージ2cmの位置(空隙部223.5mm)まで注水した。片方の容器の周囲に図のごとく豆電球(AC100V, 7W)6個を吊るして点燈することにより加熱し、温度差をつける。両方の容器を密閉すると、加熱の影響が双方に圧力

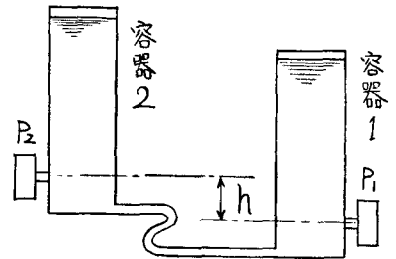


図-1. 密閉型連通管による鉛直位置計測装置の原理

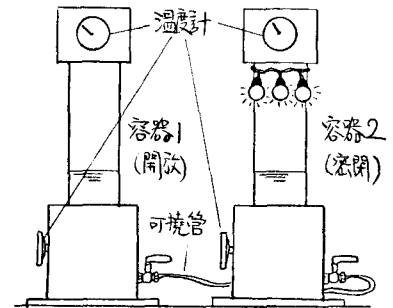


図-2. 温度の影響をみる実験

変化をひきおこして解析が複雑となるため、加熱する容器のみを密閉し、他方の容器は開放とした。温度変化に対応する鉛直位置計測誤差は、図3に示す通りである。容器間の温度差と位置計測誤差との関係を見ると、位置計測誤差は加熱初期の段階で大きくなっており、容器間温度差が大きくなると加熱終了前では誤差が小さい。このことは、位置計測誤差は容器間の温度差には直接関係していないことを示している。次に、温度変化速度と位置計測誤差との関係を調べた。

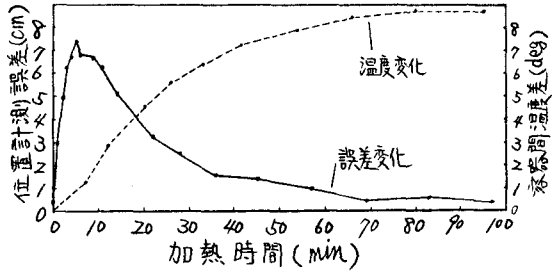


図-3. 加熱にともなう誤差の変化

その結果を図4に示す。図4より明らかのように、位置計測誤差は温度変化速度と相関をもっており、温度変化速度が小さい時は温度変化速度にほぼ比例した位置計測誤差となる。以上より、シールド機内と立坑の容路間で温度差ができることは差しつかえないが、各容器とも急激な温度変化が生じないよう考慮しなければならぬことがわかった。

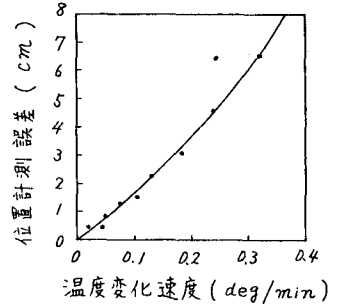


図-4. 温度変化速度と誤差の関係

(2) 長期安定性の実験

上記実験結果等をふまえて、小断面シールドモデル実験機(トンネル内径67cm)にも搭載できるように新たに装置を設計し、500mの長区間における計測値の安定性および、現場で長期間使用する際の信頼性について実験を行った。装置の主な諸元は次の通りである。

- センサパッケージ寸法: 縦140mm×横240mm×高さ165mm
- 可撓管寸法 : 内径6mm 外径11mm
- 計測範囲 : ±2000mm

500m区間における安定性の実験図を図5に示す。実験はハンドリフト上の容器を約300mmおきに、0→1500→0の順で5分の間隔をおいて動かし、スケールで実測した値と装置による計測値を比較した。実験結果を図6に示す。图中的矢印は計測を行った順序を示す。この実験は現在 週1回のペースで6回行なった段階であるが、現時点での零点の経時ドリフトは2mm以下、また、実測値に対する誤差は2分後で1500mmスケールに対して±4mm以内である。

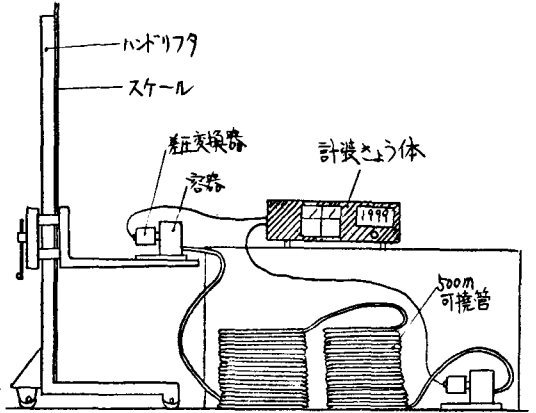


図-5. 500m区間における安定性の実験

次に、当研究所にて今年1月より50日間にわたって実施した、小断面シールドモデル実験機による27mの掘進実験において、この計測装置を搭載した結果、発進坑口と到達坑口の鉛直位置差は、光学測量で求めた値(320mm)と計測装置による表示値が一致した。

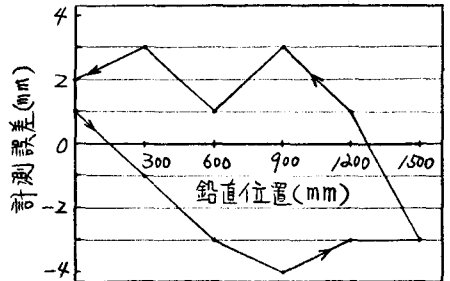


図-6. 位置計測実験結果

4. むすび

実験結果により、この鉛直位置計測装置はかなりの精度と安定性を有することがわかった。今後は本装置の実用化に向けて、可撓管のコネクション方式および安定性についてさらに調査検討していく予定である。