

解説 自動化への挑戦

あらゆる施工環境下で 長距離・曲線推進の可能性をめざす 小口径管推進工法 —ジャット工法—



はまだ じゅうろう
濱田 十郎
ジャット工法協会

1 はじめに工法開発の経緯

大口径管曲線推進中のマシン水平位置の測定には、通常トランシットを管内に持ち込んで測量しているが、その測量方法において、トランシットに

代わって人間の入れない小口径管の狭いところで角度測定ができるものはないかというところから出発しました。

ジャット工法の計測方法は管内にト

ランシットに代わって、角度測定には CCD カメラを uses。その CCD カメラに写した特定の画像（ターゲット）の移動量を角度に変換することにより、トランシットと同じ角度計測の働きをさせます。トランシットと違うところは、回転を伴わずに角度を測定できること、トランシットより小さい径の管内に入ることが利点です。

またカメラを回転させずに、CCD カメラをひとつのユニットに複数設置することで1台のカメラでは写しきれない画像の移動量を角度に変換することが可能になります。ジャット工法では一つのユニットにカメラを左右背中合わせに2台設置しております（CCD カメラセンサ）。詳しくは次の測量理論を参照してください（図-1、写真-1、2）。

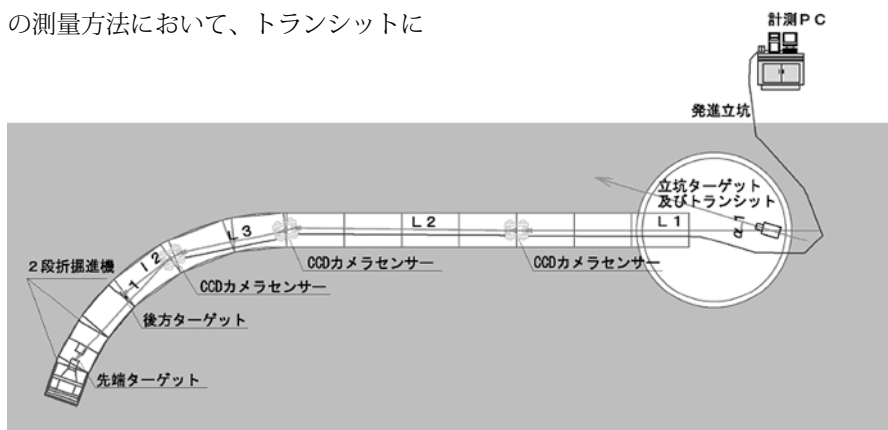


図-1 ジャット工法測量概念図（平面図）

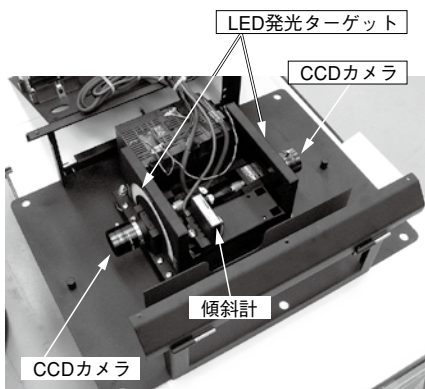


写真-1 CCD カメラセンサ

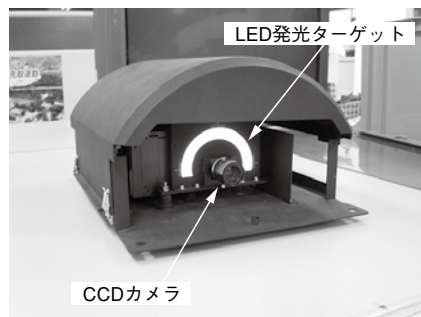


写真-2 センサ内

2 ジャット工法の測量理論

角度測定方法（CCD カメラによる角度測定原理）

ジャット工法の角度測定の基本原理は、CCD カメラで映した特定の画像（ターゲット）角度に変換することで（図-2）。

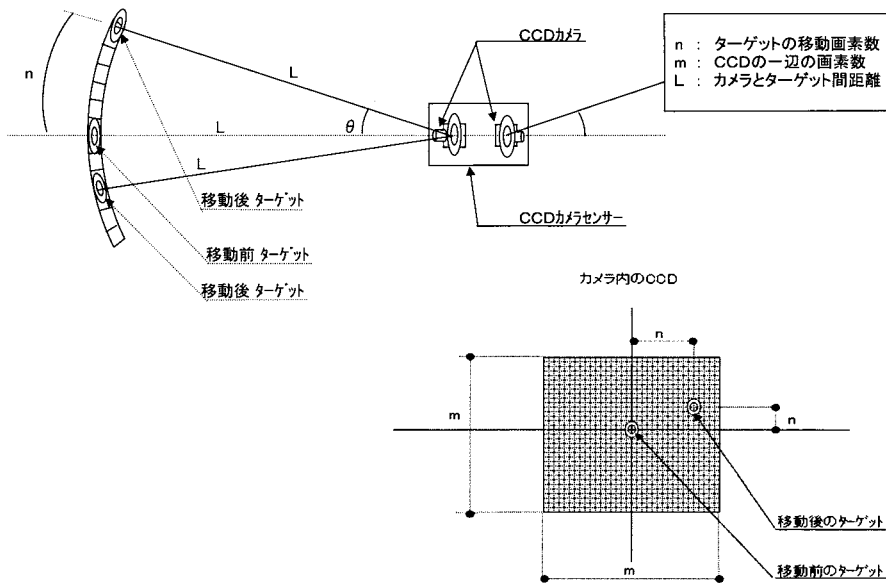


図-2 画像移動と角度変換

CCDカメラによる、角度 θ の計測は、下記の計算式で算出することができます。

$$\theta = \frac{n \cdot \Delta G}{L} \text{ ラジアン} \quad \dots \text{①}$$

$$L = \frac{m \cdot \Delta G \cdot \ell}{C} \quad \dots \text{②}$$

②のLを①に代入

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{n \cdot \Delta G \cdot C}{m \cdot \Delta G \cdot \ell} \\ &= \frac{n \cdot C}{m \cdot \ell} \text{ ラジアン} \\ &= \frac{n \cdot C \cdot 180}{m \cdot \ell \cdot \pi} \text{ 度} \\ &= \frac{n \cdot C \cdot 180 \cdot 3600}{m \cdot \ell \cdot \pi} \text{ 秒} \end{aligned}$$

n : 移動画素数

m : 一辺の画素数

C : カメラのCCDサイズ

ΔG : 1画素の寸法

L : カメラとターゲット間距離

ℓ : カメラの焦点距離

ジャットで使用しているCCDカメラの仕様はCCDサイズ3.6mm、一辺の画素数は480です、カメラの分解能は0.05画素です。

▶ 焦点距離16mmレンズを装着すると、最小計測角度 θ は、

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{n \cdot C \cdot 180 \cdot 3600}{m \cdot \ell \cdot \pi} \\ &= \frac{0.05 \cdot 3.6 \cdot 180 \cdot 3600}{480 \cdot 16 \cdot \pi} \end{aligned}$$

$$\theta = 4.8 \text{ (秒)}$$

になります。

▶ 焦点距離25mmレンズを装着すると、最小計測角度 θ は、

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{n \cdot C \cdot 180 \cdot 3600}{m \cdot \ell \cdot \pi} \\ &= \frac{0.05 \cdot 3.6 \cdot 180 \cdot 3600}{480 \cdot 25 \cdot \pi} \end{aligned}$$

$$\theta = 3.1 \text{ (秒)}$$

になります。

ジャット工法では現在焦点距離16mmレンズ、または25mmレンズを使用しています。

ジャットのCCDカメラは上記の計算結果から、精度5秒のトランシットと同等以上の機能を有しています。

ちなみに角度5秒は10m先で0.24mmの変位量(10000mm \times tan5°)、角度3秒は10m先で0.15mmの変位量(10000mm \times tan3°)です。



写真-3 誤差補正計測



写真-4 誤差補正計測 (夜間)

ジャット工法は管内を開放トラバース測量するものです。開放トラバースでは既知点がトラバース内にないと誤差の補正ができません。そこで、ジャット工法では、開放トラバースの誤差を少しでも小さくするため、実際に施工を行う線形にCCDカメラセンサを複数台、地上に設置して誤差を取り除く補正を行ってから現場で使用するようにしています(写真-3、4)。

昼間に設計曲線の測量をしておき、夕方から夜間にかけて閉合誤差をとる計測作業を行う。

3 ジャット工法の概要・特長

3.1 ジャット工法の概要

(1) 推進工法の分類

ジャット工法は分類すると、小口径管推進工法高耐荷力方式泥水方式一工程式の推進工法に分類されます(図-3、4)。