

VI-2

小口径シールドにおける自動方向制御の実施例

—中折れ装置を用いたSカーブ施工への適用—

佐藤工業㈱ 正会員 安原 正人 藤井 英雄
桐谷 祥治

1. はじめに

シールド工法は都市トンネルの主要工法として、適用例が増加している。一方では、労働力不足や熟練技能者の高齢化等の深刻な問題を抱えているのが現状である。このような状況の中で、シールドトンネルの品質を如何にして維持し、向上させていくかが緊急かつ重要な課題となっている。シールド工事の機械化・自動化は、このような課題への有効な対応策として、研究・開発が精力的に進められている。

シールド工事の自動化の中で、近年非常に高い関心を集めているものに、シールド掘進方向制御の自動化がある。しかしながら、地盤中におけるシールド掘進機の挙動は非常に複雑であるため、シールドの方向制御の自動化は技術的な課題が多く残されており、開発が遅れていた。

このほど、地下鉄単線断面シールドで実用化された自動方向制御システムを、これまで適用が困難とされていた小口径シールドで、かつ中折れ装置を用いたS字曲線施工に適用したところ、良好な結果が得られたので以下に紹介する。

表－1 工事概要

2. 工事概要

工事概要を表－1に示す。

シールド掘進位置付近の土質は、N値 5～20の砂質土が主体で、地下水が豊富に滞水している。土被りは3～3.5 mと小さく、また既設埋設物が接近して多く設置されている。

平面線形には、3カ所のR150 mのS字曲線があり、これに対応するため、中折れ装置を装備している。

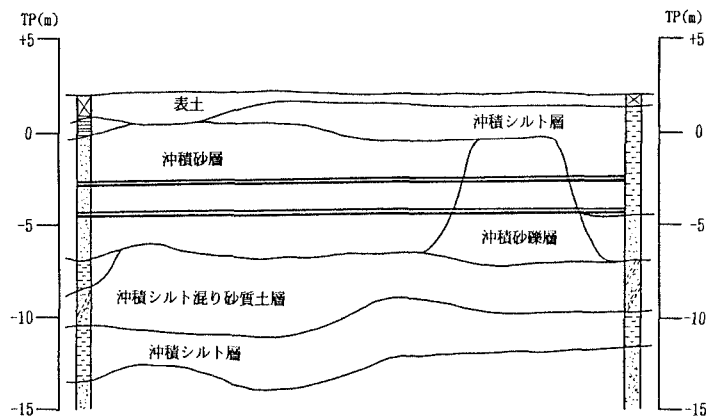
3. 自動方向制御による掘進実績

3-1. 掘進開始時の制御係数

発進立坑よりシールド機が全て地中に入った直後から、自動方向制御システムにより掘進を行った。掘進開始当初は、本工事に対する制御データがないため、実績工事から類推して制御係数を安全側に設定して適用した。掘進にともない、逐次蓄積される本工事のデータにより、最適な制御係数が設定されていった。

これらのことから、制御係数は掘進実績データにより速やかに修正されるため、掘進当初に大まかに設定することにより、発進時よ

工 事 件 名	公共下水道小雑賀幹線工事（その7）
施 工 場 所	和歌山県和歌山市
発 注 者	和歌山市下水道建設課
工 期	自 昭和63年12月 至 平成 2年 3月
工 法	気泡式シールド工法
シールド延長	L = 624 m
シールド機外径	φ2,880 mm
平 面 線 形	R150 m Sカーブ 3カ所



図－1 想定地質縦断面図

り自動制御運転が可能であることが確認できた。このことは、制御基本式における補償値を動的解析から求めることの有効性が示されたものと考えている。

3-2. 中折れ区間における制御状況

R150mのSカーブ区間において中折れ装置を用いて掘進した。この区間においても自動制御により掘進を行い、良好な結果を得ることができた。

中折れ装置を用いると、シールドの方向変化特性が変化する。これにともない、制御基本モデル式における制御係数も変化する。すなわち、中折れ装置を用いてシールドを右方向に折ると、右方向に曲がり易くなる。本工事では、Sカーブの施工に伴い、右・左対象に中折れを行った。

制御係数は、掘進実績データにより自動的に変更さ

れ、直線部同様の方向制御が行われた。制御基本モデル式におけるゲイン値（A）は、中折れ区間においても変更されず、中折れによる方向変化特性の変化には、制御基本モデル式における常数項（B）および補償項（ α ）の調整により対応することができた。

4. 考察

本工事における実績から、小口径シールドに対しても本自動方向制御システムが有効であることが確認された。さらに、中折れ装置を用いることによる、シールドの方向変化特性の変化に対しても、制御基本モデル式の制御係数の調整により対応できることが確認できた。

本工事は、土被りの小さな沖積砂質地盤における気泡式シールドであり、地下埋設物が近接して輻輳するなど、シールドの掘進管理を慎重に行う必要があった。従来、シールドオペレータは、線形管理および切羽安定管理を同時に行う必要があったが、本工事では、線形管理から開放されて切羽管理に専念することができ、安定した掘進を行うことができた。

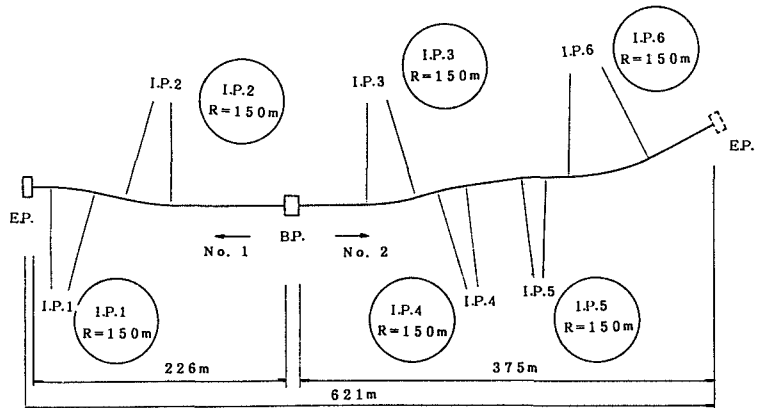


図-2 平面線形図

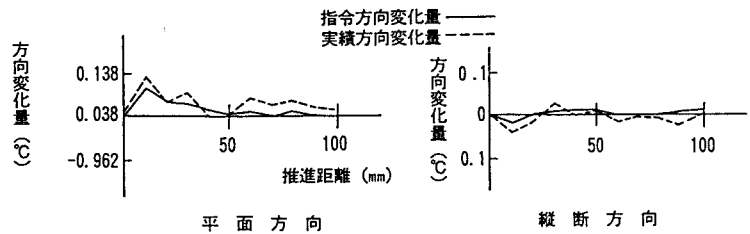


図-3 自動方向制御状況図

< 制御基本モデル式 >

$$M_s = A \cdot Y_o + B + \alpha$$

$$\alpha = F(S_i, S_{i-1}, S_{i-2}, \dots)$$

A : 比例係数（ゲイン）

B : オフセット量

M_s : 指令回転モーメント

Y_o : 目標方向変化量

α : 補償値

S_n : 制御偏差