

セグメント真円度計測装置の開発と計測結果

(株) 大林組	正会員	○守屋	洋一
京王電鉄(株)	正会員	寺田	雄一郎
京王電鉄(株)		岩村	忠之
京王電鉄(株)		大恵	勝
(株) 大林組	正会員	森	理人

1. はじめに

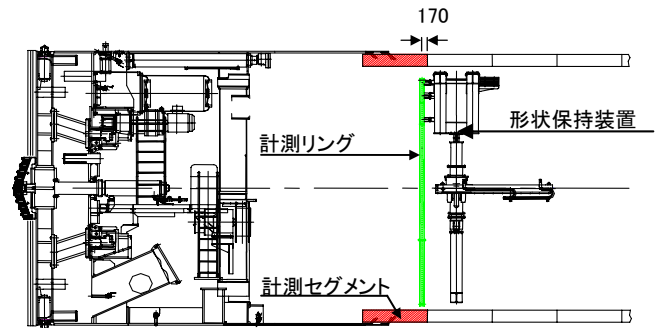
二次覆工を施さないシールドトンネルでは、RCセグメントの組立精度（真円度）が最終出来形を左右し、セグメントの不具合発生要因となることがあるため、慎重な施工管理が必要となる。しかしながら、これまでセグメントの真円度を組立直後から計測することは、スクリーコンベア等が支障するため困難であった。

著者らは、セグメント組立直後から掘進中においてセグメントの内空寸法（真円度）をリアルタイムに計測できる真円度計測装置を開発し、「調布駅付近連続立体交差化工事（土木）第2工区」（以下、「本工事」と記す）において実施工に供用した。本稿では、真円度計測装置の概要と計測結果について報告する。

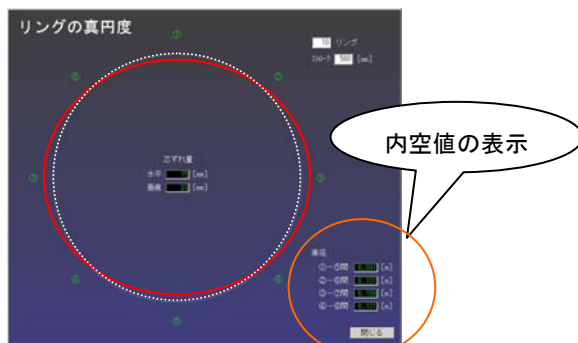
2. 真円度計測装置の概要

真円度計測装置の概要図を図－1に示す。真円度計測装置は、形状保持装置の上部に取り付けた6本の支持金物によって固定された円形の計測リングと、それに取り付けた8個の超音波距離センサー（図－2）から構成されている。計測手順は以下のとおりである。

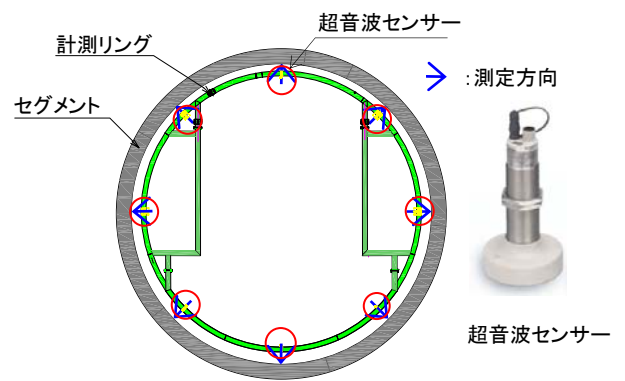
- ① 形状保持装置を所定の位置に移動し、組立直後の計測セグメントの坑口側から約170mmの位置に計測リングをセットする。
- ② 組立直後およびシールド掘進中における計測リングとセグメント内面の離隔を超音波距離センサーによって連続的に計測する。
- ③ 計測された8点のデータから算出された4方向（縦・横・右斜め・左斜め）の内空値（真円度）を伝送し、中央制御室（シールド運転室）のディスプレイ上へ表示（図－3）する。
- ④ シールドの運転手は、計測データを参考に、掘進中はジャッキ選択に留意すると共に掘進完了時のセグメントの真円度を切羽に連絡し、新しいセグメントの組み方の参考とする。



図－1 真円度計測装置概要図(掘進完了時)



図－3 真円度の表示



図－2 超音波センサー配置図

キーワード シールドトンネル，真円度，RCセグメント，超音波センサー，ひび割れ

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティB棟 TEL03-5769-1318

3. 計測結果

本工事の上り線 (L=861m) 計測データのうち、40～100 リング (曲線半径 R=500m) における分析結果を下記に示す。

(1) 真円度計測結果

真円度計測装置による 5 リング毎の掘進完了後の内空計測値 (縦・横) と後方でのセグメント内空実測値 (レーザー距離計による計測) を併記した表を表-1 に示す。表-1 より、設計内空寸法 6,100mm に対し、計測値は真円度計測装置および実測値において、いずれも $\pm 7\text{mm}$ (0.1%) 以内である。一般に真円度が $\pm 1\%$ を超えるとひび割れが増加するという報告¹⁾を勘案すると、本工事の真円度は極めて高いレベルにあるといえる。実際の現場においても、真円度の崩れによるひび割れは皆無であった。

(2) 真円度計測装置の計測精度

表-1 より計測装置による値と実測値の差は、最大 8mm, 平均 2mm であり、計測時期の違いを考慮すると、実用上十分な計測精度を有していることがわかった。

(3) 掘進中におけるセグメント内空値の経時変化

シールド (45 リング) 掘進中における内空値の経時変化を図-4 に示す。図-4 より掘進開始前の内空値は、縦・横それぞれ 6,101mm, 6,099mm とほぼ設計値に近い値であったが、1,400mm の掘進後ではそれぞれ 6,103mm (+2mm), 6,095mm (-4mm) に変化したため、最終的にやや縦型つぶれの形状となった。変形の要因としては、テールブラシ圧、土水圧、ジャッキ推力等の様々な荷重が考えられるが、変形量はわずかであり、真円度は組立時の精度に左右されると考えてよい。

(4) ジャッキ推力と内空値の関係

ジャッキ推力と内空値の関係を図-5 に示す。図-5 より、全般的に推力が大きいリングでは縦方向の内空値が大きくなる縦型つぶれの形状を示す傾向にある。

本区間の線形は R=500m の曲線部であったが、他の直線部ではほとんど横型つぶれの形状を示していることから、曲線施工にともなうテール部での横方向の競りの影響で縦型つぶれになったのではないかと想定される。

4. おわりに

真円度計測装置は、単純な設備装置でありながら、これまで把握できなかったセグメントの真円度をリアルタイムに計測することができるものである。そのため、本装置の採用は、セグメントの組立精度を含めた品質向上に大きく貢献するものと考えられる。今後は、下り線での計測を引き続き行い、掘進中の挙動を分析することによって、さらなるセグメントの幅広化、薄肉化の検討に役立てたい。

参考文献

- 1) 土木学会トンネルライブラリー第 17 号「シールドトンネルの施工時荷重」

表-1 内空寸法の計測結果

(設計内空値 6,100mm)

リング No.	縦方向内空寸法(mm)			横方向内空寸法(mm)			真円度(%)	
	真円度計測装置	実測値	差	真円度計測装置	実測値	差	真円度計測装置	実測値
40	6.097	6.098	0.001	6.103	6.102	-0.001	99.9	99.9
45	6.103	6.102	-0.001	6.098	6.095	-0.003	100.1	100.1
50	6.095	6.099	0.004	6.097	6.098	0.001	100.0	100.0
55	6.095	6.100	0.005	6.097	6.097	0.000	100.0	100.0
60	6.099	6.102	0.003	6.095	6.100	0.005	100.1	100.0
65	6.100	6.102	0.002	6.099	6.098	-0.001	100.0	100.1
70	6.102	6.103	0.001	6.094	6.100	0.006	100.1	100.0
75	6.104	6.106	0.002	6.101	6.094	-0.007	100.0	100.2
80	6.100	6.099	-0.001	6.097	6.100	0.003	100.0	100.0
85	6.100	6.099	-0.001	6.101	6.100	-0.001	100.0	100.0
90	6.093	6.099	0.006	6.113	6.105	-0.008	99.7	99.9
95	6.100	6.100	0.000	6.100	6.100	0.000	100.0	100.0
100	6.099	6.101	0.002	6.099	6.101	0.002	100.0	100.0
平均値	6.099	6.101	-0.002	6.100	6.099	0.001	100.0	100.0
最大値	6.104	6.106		6.113	6.105		100.1	100.2
最小値	6.093	6.098		6.094	6.094		99.7	99.9

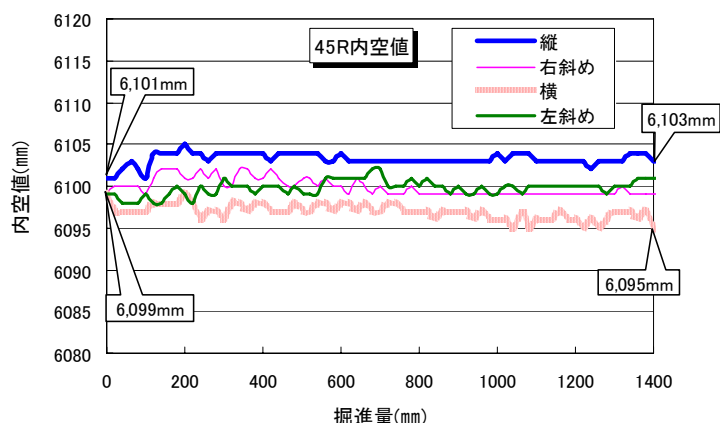


図-4 内空値の経時変化(例)

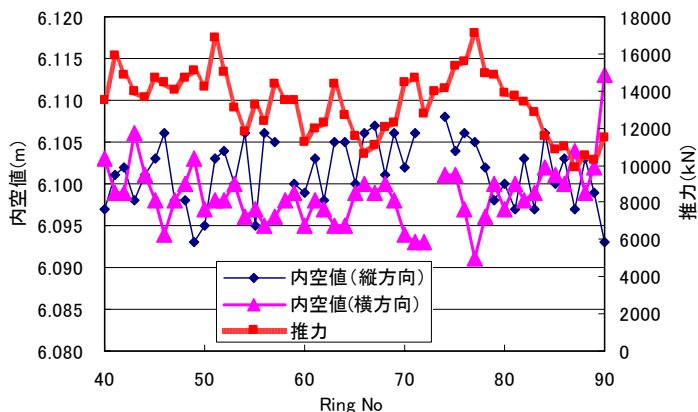


図-5 ジャッキ推力と内空値の関係