

VI-42

シールド機実測データのヨーイング角とピッチング角に関する検討

長岡技術科学大学 学 森内誠悟 正 杉本光隆
川崎地質 岩田孝信 ハザマ 正 粥川幸司

1. はじめに

シールド工法には、エキスパートシステムや AI を利用した自動掘進システムが採用され、これに伴って多くの実測データが得られるようになってきている。しかし、シールドマシンの挙動には未だ未解明な点が多い。こうした点を明らかにするためには、実測データを基にした解析が必要であるが、自動掘進システムにより測定された実測データは、欠測データや誤差を含むこともある。そこで、洪積礫層中(N値 50 以上)の土かぶり 15m、地下水位面下 11m に、マシン外径約 4m の前胴押し型中折れ式泥土圧シールドで掘削されたトンネルの実測データ(計測間隔 5sec)の詳細な検討を行った。本報告では、ジャイロ(静止点精度 12', 追従精度 6')で計測されたヨーイング角 ϕ_{y-j} と傾斜計(精度 3')で計測されたピッチング角 ϕ_{p-j} に関して行った検討について述べる。

2. 検討方法

表 1 に示す実測データより、①掘削中であること、②ジャッキ推力が一定値以上であること、を条件として、掘削中のデータを抽出した後、前後 2 データを用いて重みつき移動平均を求めた。ジャッキストローク 10cm 毎の上記データを図 2 Case70 に示す。

図 2 より、セグメント組立時(以後 start 時と呼ぶ)と、ズリトロ待ち時(以後 stop 時と呼ぶ)にデータが不連続になることがあることから、データが連続的になるように基準位置をシフトした。また、各 Ring の最初の 10cm に初期掘進の影響が入るという研究¹⁾も有るので、最初の 10cm を除外した場合も検討した。表 2 に検討ケースを示す。

データが不連続となる原因としては、①マシン移動、②計測基準位置ドリフトが考えられる。このような要因を含むデータに、基準位置のシフトを施すことは、図 1 に示す処理を行うことになるので、基準位置のシフト後の相関係数、マシン回転角は表 3 に示すように変化すると考えられる。ここで「相関係数」とは、ジャッキストローク 10cm 毎のジャッキ水平モーメント平均値(M_p)と ϕ_{y-j} 変化($d\phi_{y-j}$)、及び、ジャッキ鉛直モーメント平均値(M_q)と ϕ_{p-j} 変化($d\phi_{p-j}$)の相関係数である。

3. 検討結果

相関係数と 1Ring 当たりのマシン回転角変化(以後正規化回転角変化と呼ぶ)を表 4 に、マシン回転角の動きの例を図 2 に示す。

(1)ヨーイング角

表 4 より、以下のことがわかる。① T3 の Case81 と Case83 を比較すると、相関係数が増加しているにもかかわらず、正規化回転角変化が余り変化していないことから、基準位置がドリフトしていること。②曲線部より直線部の方がマシンが動いていること。③ stop 時より start 時の方がマシンが動いていること。

これらは、以下のように考えられる。①セグメント組立による衝撃

キーワード：シールド、実測データ、マシン回転角

連絡先：〒940-2137 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 TEL 0258-47-9618 FAX 0258-47-9600

表 1 実測データとトンネル線形

データ No.	Ring No.	平面線形
T0	2020~2028 97リング*	R 300 m 左 1873.274m
T1	2050~2064 15リング*	R 300 m 左 ↓ 1906.805m R ∞ 1909.373m
T2	2098~2114 17リング*	R ∞ 1959.358m
T3	2131~2144 14リング*	R ∞ ↓ 1985.320m R 300 m 右 1989.475m

表 2 検討ケース

使用データ (ジャッキ ストローク)	基準位置のシフト位置			
	—	start	stop	start +stop
0mm~	70	71	72	73
100mm~	80	81	82	83

表 3 データ不連続の原因と基準位置シフト後のデータの変化

原因	相関係数	マシン回転角
マシン移動	増加	逸脱
基準位置ドリフト	増加	不変

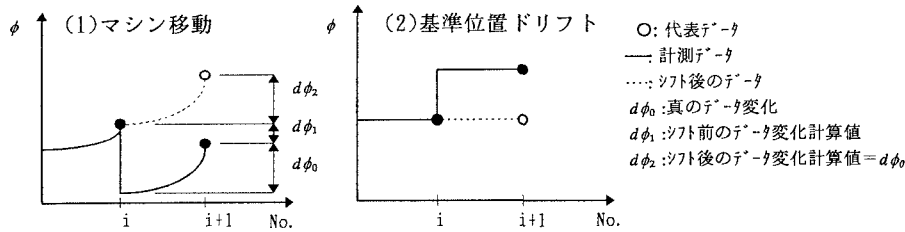
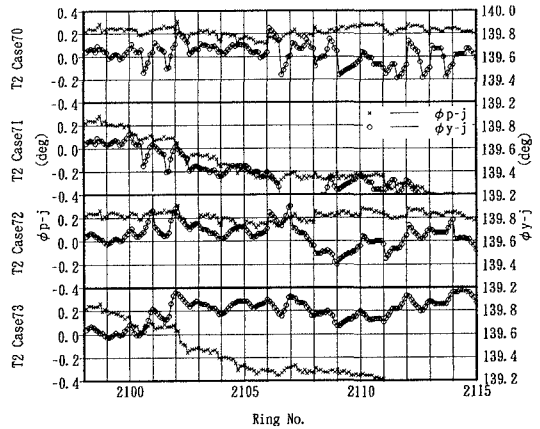


図1 基準位置シフト時のデータの動き

表4 ϕy_{-j} , ϕp_{-j} に関する相関係数とマシン回転角変化

項目	Case No.	r (相関係数)				d (正規化回転角変化) (min)			
		T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
$Mp - d\phi y_{-j}$	70	0.397	0.533	0.100	0.135	-1.07	-0.47	-0.23	-3.40
	71	0.635	0.601	0.270	0.447	-2.93	-1.11	-2.74	-6.08
	72	0.439	0.605	0.429	0.159	-0.73	-0.15	-0.44	-3.32
	73	0.660	0.638	0.695	0.566	-1.60	0.05	0.79	-5.18
	80	0.413	0.511	0.089	0.133	-0.87	-0.32	-0.28	-3.40
$Mq - d\phi p_{-j}$	81	0.622	0.573	0.259	0.455	-0.14	0.88	-2.79	-6.03
	82	0.426	0.540	0.447	0.132	-0.54	0.00	-0.49	-3.32
	83	0.652	0.608	0.666	0.575	1.19	2.04	0.74	-5.13
	70	0.469	0.377	0.486	0.338	-0.44	-0.67	-0.04	-0.18
	71	0.477	0.372	0.379	0.332	-0.55	-2.62	-2.39	-1.78
	72	0.505	0.314	0.465	0.351	-0.57	-0.67	-0.14	-0.23
	73	0.497	0.363	0.386	0.345	-1.75	-3.78	-3.13	-2.47
	80	0.431	0.370	0.386	0.338	-0.42	-0.73	-0.10	-0.10
	81	0.495	0.388	0.361	0.319	0.37	-0.84	-1.32	-0.59
	82	0.488	0.304	0.333	0.335	-0.55	-0.73	-0.20	-0.16
	83	0.521	0.384	0.356	0.330	-0.83	-2.00	-2.03	-1.27
データ数	7*	88	149	170	140	$d\phi y_{-j}$	+: 右向き		
	8*	84	134	153	126	$d\phi p_{-j}$	+: 下向き		

 d (正規化回転角変化) = (回転角変化 - 計画線形変化) / Ring 数

図2 ϕy_{-j} , ϕp_{-j} の時系列変化

や、掘進による振動のため、ジャイロの基準位置がずれることがあること。②曲線部では、掘削領域とシールド機の幾何学的位置関係からシールド機位置・回転角が拘束されるのに対し、直線部では、拘束が弱く、シールド機が動きやすいこと。③ start 時は、セグメント組立のため、種々のジャッキ力が作用し、シールド機が動きやすいのに対し、stop 時は、ズリトロ待ちで、ジャッキ力の変化は小さく、シールド機はあまり動かないこと。

(2) ピッチング角

表4より、以下のことがわかる。① T2 の Case81 と Case83 を比較すると、相関係数、正規化線形変化はほとんど変わっていないことから、基準位置はドリフトしていないこと。②直線部と曲線部、start 時と stop 時の影響は、 ϕy_{-j} と同様の傾向がみられること。③ジャッキストローク 100mm 以上のデータを用いた方が正規化線形変化が小さいこと。④ Case70 より Case71 の正規化線形変化が小さいことから、start 時には、シールド機が掘進中より下向きで停止していること。

これらは、以下のように考えられる。①傾斜計の基準位置はずれないこと。②直線部と曲線部、start 時と stop 時の影響は、 ϕy_{-j} と同様に考えられること。③ start 時の影響を初期掘進のデータ(ジャッキストローク 0~100mm)が受けていること。④掘進時には上向きモーメントを載荷しているが、start 時には、掘進時ほどの上向きモーメントが作用していないのでシールド機が下向きになること。

4. あとがき

実測データを基に、 ϕy_{-j} , ϕp_{-j} のばらつきの原因を定性的に明らかにした。また、 ϕp_{-j} に対し ϕy_{-j} の精度が低いことから、シールド機の挙動を解明するためには、よりよい精度で ϕy_{-j} 、マシン位置を計測する必要がある。

参考文献 1) 山口巖、山崎糸治、福島健一、杉崎敏夫、大西豊：掘進制御方式の統一により得られた4本併設シールド掘進時のシールド挙動と地盤変化、トンネル工学研究論文・報告集, Vol. 7, pp. 85-92, 1997. 11.