

日本電信電話公社 正員 ○ 田中恵二
森本恵二
尾吹利彦

I まえがき

近年、都市部およびこの近郊におけるトンネル築造工法は、多くがシールド工法となっているが、このシールド工法のなかでも、湧水を伴い切羽の自立が困難な土質に対応し、かつ、棄注、酸欠等の公害問題の少ない、泥水加圧式シールド工法が社会的ニーズに応える工法として多く施工されてきている。本工法は、その機構上、機械強りとなっているが、手振り式と異なり余強りができず、さらにテールシール取付等の関係で機械長も長くなっているため曲線施工が難しい。今回、電電公社のケーブル収容トンネルの築造に際し、外径 $\phi 850\text{mm}$ の大口径泥水加圧式シールド工法を採用し、この径での施工実績が無く、施工困難とされていた曲半径 $R=150\text{m}$ の曲線施工を、伸縮可変の抵抗板による方向制御により可能にした実施例を報告する。

II 工事概要

本工事のルートは、旧海岸線沿いの道路幅員 7m 程度の狭い道路であり、人家が密集し、屈曲部が多い道路となっている。したがってシールドもこれに合わせた線形となり、6カ所の曲線部が必要となった。

(1) 工事内容

本工事の工事内容は表-1のとおりである。

表-1 工事内容

掘削径	$\phi 850\text{mm}$
施工延長	840m
土被り	$10\text{m} \sim 20\text{m}$
地下水位	GL- $2\text{m} \sim -3\text{m}$
線形	$R=150\text{m} \times 6\text{カ所}$
勾配	$0.3 \sim 0.5\%$

(2) 土質特性

シールド通過地盤の土質は、一般に成田層群と呼ばれている細中粒砂層で、砂分が $80 \sim 90\%$ 以上の粒径均一で崩壊性の大きい土質である。主な特性は次のとおりである。自然含水比 $24 \sim 25\%$ 、間隙比 $0.6 \sim 0.7$ 、内部摩擦角 $26 \sim 26.5^\circ$ 、透水係数 $3.7 \times 10^{-2}\text{cm/sec}$ 、均等係数 $2 \sim 8$ 。

III 可動抵抗板の原理と構造

本装置は図-1に示すとおりシールド側面の前部寄りに左右スカ所取付けられている。断面形状は円形であり油圧ジャッキにより伸縮する。原理は楔状の抵抗板面に加えられた地盤反力の分力によりシールド旋回中心に旋回モーメントを加えてシールドを曲げようとするものである。

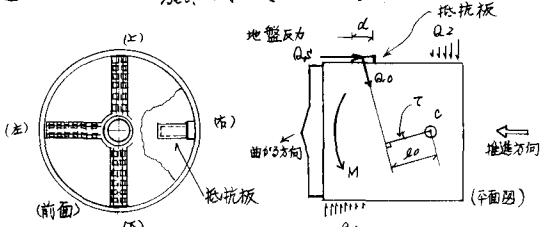


図-1

IV 曲線施工に対する検討

(1) マシン推進に対する抵抗カ(P)

$$P = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$$

(W_1 = 地山とスキンプレーットの摩擦カ、 W_2 = セグメントとスキンプレーットの摩擦カ
 W_3 = 切羽の切斷抵抗、 W_4 = 切羽水圧抵抗、

(2) 地盤反力

$$Q_1 (\text{旋回の内側で受ける地盤反力}) = K \cdot \sigma_1 \cdot l_1 \cdot \frac{D}{2} \div 869\text{トン}$$

但し、 K : 地盤反力係数 σ_1 : 地山へ貫入する距離 l_1 : マシンが地山へ貫入する範囲 D : 外径

$$Q_2 (\text{旋回の外側で受ける地盤反力}) = K \cdot \sigma_2 \cdot l_2 \cdot \frac{D}{2} \div K\text{トン}$$

(3) 旋回トルク

$T = P \cdot R - (Q_1 a + Q_2 b) \div -105 \text{ Tm}$ (但し a, b は旋回中心から各々の距離)
すなわち、 105 Tm の旋回トルクが不足することになり、これを抵抗板で補うことになる。

(4) 抵抗板による地盤反力

$Q_0 = K \cdot s_1 \cdot \frac{\pi}{4} D^2 \sin^2 \alpha$ ここで s_1 はセグメント長辺の長さであり、この Q_0 による旋回トルクを最大にする角度では次式による。

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{\sqrt{(12 B^2 + \frac{9}{2} D^2) - \sqrt{(12 B^2 + \frac{9}{2} D^2) - 16 \times 9 (B^2 + \frac{9}{2} D^2) B^2}}}{2 (9 B^2 + \frac{9}{2} D^2)}$$
 但し B : 旋回中心から抵抗板までの距離
 D : シールド径

設置可能な抵抗板の大きさは構造的に 40 cm と考えられ、これによる旋回トルクは約 62 Tm となった。

V. 施工状況

(1) ジャッキ操作 (図-2)

ジャッキは合計16本有るが、曲線部においては、特別に片押しせず上部2本程度を使用せず推進した。

(2) シールド総推力、カッター旋回トルク

シールド総推力は表-2に示すように抵抗板を用いた曲線部の方が、用いない直線部より 200 トン 程度小さくなった。カッターの旋回トルクはほぼ同じであった。

(3) シールド蛇行量

シールドの計画線からの蛇行量は、表-4に示すとおり平均値で 70 mm 程度、最大で 150 mm 程度であり、許容値に入る値であった。なお直線部においては、ほぼ同値であり、抵抗板の効果と実用性が確認された。

VI まとめ

(1) 本工事の場合、 $R = 150 \text{ m}$ の曲線施工の実績が無いという理由から、その補助工法として伸縮可能な抵抗板を用いた結果、十分期待通りの効果が得られ、所定の曲線施工が可能となった。

(2) 抵抗板は曲線部の始末から曲ろうとする方向と反対側の方を伸ばし、通常の推進を行ない、ジャッキを片押しは持に行なわない。なお、抵抗板を出す総推力が 200 トン 程度減少するが、これはシールドスキンプレートと、地山との摩擦力が抵抗板後方でカットされ減少するものと思われる。また、カッターの旋回トルク(切削抵抗)はほぼ同じであった。

(3) 抵抗板使用による特別な蛇行は認められない。また、左右両方向出した場合は、直線部における総推力の減少に役立つことが確認されたが、地山を乱すおそれがあり、乱用はすべきでないと思われる。

(4) 抵抗板は正さるだけ地山との接触面積を大きくする必要があり、円筒体に装着させるためシールドが難しく、ネリスペース等から限度があり、シールド径 6 m 程度の場合、 $\phi 40 \sim 50 \text{ cm}$ が適当であろう。さらに地山との接触角度はシールドの重量配分、シールド径、長さ、セグメント幅等の構造的な面と地山の土質特性によりそのつと検討する必要がある。

(5) 抵抗板の適用土質は本工事地盤のような崩壊性はあるが、やや硬く、地山の抵抗土圧が期待される地盤に効果があり、軟弱粘土層等には不適と思われる。

(6) 本工事において、所定の曲線施工を可能にしたことは、抵抗板を用いたことによるが、ただ、それのみでなく、施工業者の立派な施工技術、施工管理によることを、あげなければならぬ、ここに感謝する次第である。

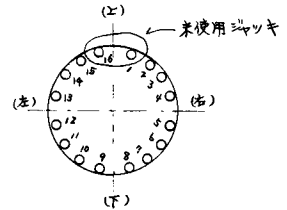


図-2 ジャッキ配置図

表-2 シールド総推力

曲線部番号	リッ数	総推力	直線部の総推力
1	37 R	2830 t	3110 t
2	9 "	2500 "	2850 "
3	13 "	2240 "	2380 "
4	28 "	2850 "	2960 "
5	47 "	2980 "	3230 "
6	23 "	3050 "	3170 "

*直線部の値は曲線部前後の平均値

表-3 カッター旋回トルク

曲線部番号	カッター旋回トルク	直線部のトルク
1	85 Tm	83 Tm
2	22 "	26 "
3	19 "	22 "
4	33 "	30 "
5	23 "	25 "
6	28 "	28 "

表-4 計画線からの蛇行量

曲線No	曲線方向	最大値 (mm)	最小値 (mm)	平均値 (mm)
1	左	127 (L)	107 (L)	117 (L)
2	左	18 (L)	11 (L)	14 (L)
3	右	23 (R)	9 (R)	13 (R)
4	左	28 (R)	14 (R)	21 (R)
5	左	159 (L)	11 (L)	100 (L)
6	右	141 (R)	11 (R)	72 (R)