

岩盤泥水シールド掘進特性について

西松建設(株)
西松建設(株)
(株)九建

正会員 ○倉岡 豊
正会員 西田 孝吉
正会員 郡司 靖丈

はじめに

福岡市中央区で施工中の電力地中線岩盤泥水シールドの実績と過去の数例の岩盤泥水シールドのデータから、岩盤泥水シールドの切削能力を中心とした掘進特性の分析結果を報告する。

1、地質およびシールド機仕様

図-1に示すように、シールド掘進位置の

地質は、新生代第三紀福岡層群の頁岩、砂岩、礫岩より成立ち、頁岩(構成割合約7割)を主体とし、砂岩、礫岩(構成割合約3割)が薄く挟在する。一軸圧縮強度および超音波伝播速度(Vp)は、頁岩30~100kgf/cm²、1.5~3.2km/sec、砂岩200~600kgf

/cm²、2.6~4.8km/sec、礫岩500~1000kgf/cm²、3.0~5.8km/sec程度である。シールド機の面板を図-2に、仕様を表-1に示す。

2、掘進速度の予測

シールド機の計画にあたり掘進速度(シールド面板1回転当り掘進量=ベネトレーション)は次の式より予測した。予測値を表-2に示す。

$$R = K \cdot (Wd - Wo)^{\alpha} \cdot N^{\beta} \quad (1)$$

R : 推定掘進速度 (cm/min)

K : ドリラビリティ定数

Wd : 単位口径荷重 (純スラスト力/掘削径)

$$224 \text{ t} / 4 \text{ m} = 560 \text{ kgf} / \text{cm}$$

切羽面積当りスラスト力は17.8 t/m²

Wo : スレッショルド荷重 (0.085 × qu) (kgf/cm²)

N : カッターヘッド回転数 4 r.p.m

α, β : 指数定数 α = 1.45 、 β = 0.95

表-2 ベネトレーション予測値

一軸圧縮強度	ドリラビリティ定数	ベネトレーション予測値
100kgf/cm ²	9.0 × 10 ⁻⁵	7.9mm/rev
200kgf/cm ²	9.0 × 10 ⁻⁵	7.8mm/rev
750kgf/cm ²	3.4 × 10 ⁻⁵	2.6mm/rev

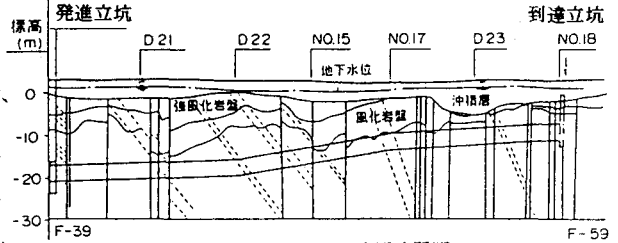


図-1 シールド掘進位置地質図

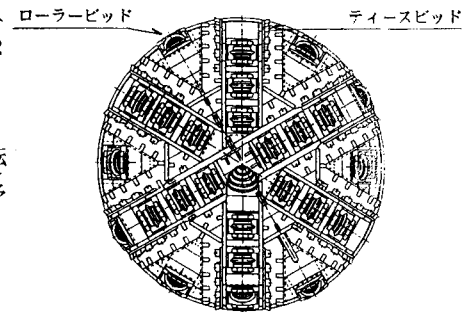


図-2 シールド面板図

表-1 シールド機仕様

項目	単位	仕様
掘削径	mm	4000
機長	mm	6112
装備電動機総推力	kw	480
カッタートルク	t・m	常用90 (最高130)
カッター回転数	r.p.m	0~4
ローラーカッター センター 装備数	個	1
インナー ゲージ		24
ティースカッター		2
		79
シールド推進力	t	最大 1400

α、β、Kは岩盤の強度、岩種等によって決まる定数で、経験値であるが軟岩での事例は少ない。

3、掘進実績と特性

岩質、線形によって区分した区間毎の掘進実績（ペネトレーション、切羽面積当りスラスト力、トルク係数）と過去の岩盤泥水シールド掘進実績を表-3、図-3に示す。ここで、切羽面積当りのスラスト力は切羽における泥水圧を控除している。しかし、周面抵抗、その他は控除していない。トルク係数は区間の平均トルク値／（シールド径）³ で求めた。

表-3 岩盤泥水シールド掘進実績(A: $\phi 4.0\text{m}$, B: $\phi 10.2\text{m}$, C: $\phi 2.2\text{m}$)

区間	区間延長 m	線形	岩質	岩盤強度 q_u : kgf/cm ²	ペネトレーション 掘進速度 mm/回	切羽面積 当りスラスト 力 t/m ²	トルク 係数
A-1	20	直線	礫岩・砂岩主体	500~1000	4.15	12.9	0.39
A-2	50	R=60m 直線	礫岩・砂岩主体	500~1000	3.90	14.8	0.38
A-3	89	直線	頁岩主体	30~90	5.84	21.0	0.38
A-4	29	R=100m 直線	頁岩主体	30~90	3.47	22.8	0.33
A-5	186	直線	頁岩主体	30~90	6.60	22.5	0.26
A-6	33	直線	硬質頁岩	100~200	5.11	14.5	0.33
A-7	194	直線	頁岩主体	30~90	6.73	23.5	0.47
A-8	30	直線	風化砂岩頁岩	5~10	4.48	25.8	0.50
B-1	800	R=600 直線	風化花崗岩	N=50以上	31.48	19.9	0.43
B-2	156	直線	風化花崗岩	0.3~267	16.32	33.2	0.68
C-1	228	直線	安山岩	400程度	2.83	26.2	0.71
C-2	172	直線	安山岩	800程度	1.32	26.3	0.76

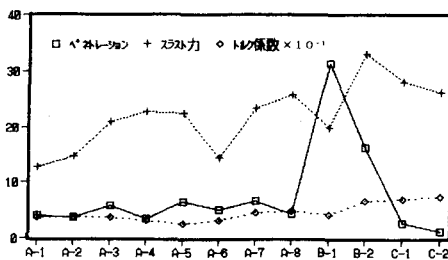


図-3 掘進実績図

表-3、図-3からシールド掘進の特性として次のことが考察できる。①、区間A-1、2では表-2で予測した $q_u = 750 \text{ kgf/cm}^2$ の値より小さいスラスト力で大きなペネトレーションを得ている。これは弾性波速度で判断できるように地山強度が割れ目の影響で大きく低下している結果と考えられる。なお、この区間の準岩盤強度を算出すると $100 \sim 300 \text{ kgf/cm}^2$ となる。②、A-3、4、5、7、8ではスラストの大きさに比べペネトレーションが小さい。これは風化が進んだ頁岩のため、シールド周面の摩擦抵抗でスラスト力が他の区間より大きく低減された為と判断される。また、この区間の岩石の一軸圧縮強度と準岩盤強度はほぼ同一の値となっている。③、曲線部と直線部とはペネトレーションに違いがある。その差は94%~53%程度である。これは、周面の摩擦抵抗の増加とシールド機スキムプレートとセグメントの摩擦抵抗が原因と考えられる。④、トルク係数は過去の事例のB、Cに比べ比較的小さい値を示している。これは、平板型コンクリートセグメントを使用しているため推力によるひび割れ防止の目的で極力スラスト力を少なくした為と考えられる。また、一般的に中硬岩では同一スラスト力では岩盤強度が大きいほどトルクは小さくなると言われているが、軟岩に属する今回の地質の場合、顕著なデータは見受けられない。

4、掘進速度の予測方法について

掘進速度の予測の修正を行った。区間の平均的な準岩盤強度を使用、 $q_u = 200 \text{ kgf/cm}^2$ 以下の岩盤ではドリラビリティ定数 9.0×10^{-5} を採用した。

さらに、スラスト力はシールドの周面摩擦、曲線掘進時のスキムプレートとセグメントの摩擦抵抗を考慮修正した。実績、当初予測のケースと比較したものを図-4に示す。B-2をのぞきほぼ修正した予測値は実績値と合致している。これは、予測式(1)

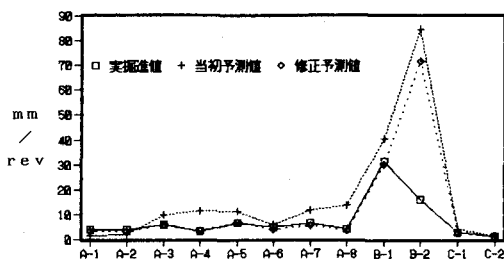


図-4 実績掘進速度と予測掘進速度比較図

が $\phi 2.2\text{m} \sim \phi 4.0\text{m}$ 前後でかつ同様な面盤形式の岩盤泥水シールドであれば準岩盤強度の把握と真のスラスト力の予測が出来れば掘進速度の予測が可能であることがわかった。

おわりに

岩盤泥水加压シールドは泥水圧、周面摩擦、面盤開口率、カッタービットの配置、岩種等でその掘進速度を正確に推測するのは困難な場合が多い。今後、大断面の複合地盤形の泥水シールドの必要性が増大するものと考えられ、さらに、データの蓄積と分析が必要である。