

1. まえがき

土木技術の中でも近代化の遅れていた岩石トンネルの掘削にも本格的にシールド工法が使用されるようになり、作業環境の改善と、一歩進んで、生産性の向上を計る動きが活発化しだして、その試みが世界各地に散見されるようになってきた。その使用目的は大略つぎの3種に分類できる。

- 1) 軟弱地帯突破用(断層、崖錐等)
- 2) ジャンボの防護屋根用
- 3) 掘削機の支持・運搬・防護用

軟弱地帯はシールドによって容易に突破されると想像されがちであるが、現在一般に使用されている程度の推進ジャッキでは、たとえ風化

した岩であっても貫入させることは不可能に近い。また、シールド工法の最大の弱点である方向制御の困難性もつきまとうなど、多くの問題点を有しており、その採用にあたっては慎重な検討が必要である。

2. 余掘りと先掘り

シールド推進ジャッキは、一般に、シールド前面の面積1㎡あたり20tとかいう数値で設計される。したがって、シールドの推進能力はあまり大きいものではなく、N値にしてせいぜい20程度の地山にしかならないのが普通である。とくに、基礎の上を転動するハーフシールド以外では、方向制御の点からも、余掘りと先

表-1 シールドを用いた岩石トンネルの施工例

トンネル名		施工年	施工延長	シールドの種類	摘 要
1	マーシー MERSEY	1925~34	880 ^M	ハーフシールド	大断面水底トンネル 巾14.1 ^m 、高8.2、長3.8 (24×25 ^t =600 ^t)
2	関門国道	1953~4	273	ハーフシールド	真砂地帯突破 21 ^m /月 巾11.52、高4.22、長4.55 (12×75 ^t =900 ^t)
3	カルデコット3 CALDECOTT 3rd	1963	394	ハーフシールド	屋根つき上半ジャンボ 5.6 ^m /日 巾12.8、高6.7、長7.5 (18×125 ^t =2,250 ^t)
4	ベルヘン BELCHEN	1963~8		ハーフシールド	屋根つき全断面ジャンボ 2 ^t /ジャッキ 巾11.5、高7.7 (2 ^t)
5	ハレック BAREGG	1964~8		馬蹄形シールド	手掘り馬蹄形シールド 巾11.3、高9.3、長6.0 (28×150 ^t =4,200 ^t)
6	パリ地下鉄 セヌ河東岸	1964~7	2,751	シールド + ロビンス掘削機	部分圧気併用機械化シールド 径10.30 ^m (37×170 ^t =6,290 ^t)
	東西線 セヌ河西岸	1965	782	シールド	手掘り円形柵式シールド 3 ^t /ジャッキ 径10.16 ^m (36×150 ^t =5,400 ^t)
7	ブラット BLATT	1965~7	226	馬蹄形シールド	手掘り馬蹄形シールド 巾11.3 ^m 、高9.0、長6.0
8	恵那山 東補助トンネル	1968~9	930	シールド + ロビンス掘削機	掘削機の支持・運搬・防護 径4.41 ^m (12×85 ^t =1,020 ^t)
	西補助トンネル	1969	75	馬蹄形シールド	手掘り馬蹄形シールド 巾4.56 ^m 、高4.03、長5.75 (16×100 ^t =1,600 ^t)
9	ストレイトクリーク STRAIGHT CREEK	1968~9	1,260	ハーフシールド	屋根つき全断面ジャンボ 巾12.5、高11.6、長7.6 (50×200 ^t =10,000 ^t)
10	カスタイック2 CASTAIC No.2	1968	4,200	シールド + ビックジョン	掘削機の支持・運搬・防護 径7.0 ^m

掘りがせむとも必要な条件となる。けっきょく、側壁導坑を先進させて、基礎版を打設し、その上を推進させてトンネル掘進機を支持・運搬・防護する目的のシールド工法は、自立性の良好な地山にしか使用できず、本来の目的を十分に達しているとはいえない。

3. 山留め機構

湧水を伴う断層破砕帯などの軟弱地帯突破用のシールドには、切羽の流動を押えることのできる十分な山留め機構が必要である。圧気による方法は、最高圧が 2 kg/cm^2 程度と限度があり、山岳トンネルで、地下水の滲出を防止することは不可能である。そのため、予め地盤改良を行なうか、シールドに強力な山留め機構を装備する必要が生じる。この山留め機構としては、切羽押え用のフェイスジャッキとデッキ、掘削上盤および側面を押えるためのポーリングプレートが必要である。山留めジャッキの能力は湧水圧に耐えるものでなければならず、山岳トンネルでは、 $2\sim 4\text{ kg/cm}^2$ 程度の水圧はまま経験するところであるので、推進ジャッキの能力にほぼ匹敵するものとしなければならない。しかし、軟弱地帯の突破をはかるには、強力な機械化シールドを開発していくのが本筋であろう。

4. セグメント

機械化シールドの開発と相まって、その能力を十分に発揮させるために、高強度のセグメントを考えなければならないが、通例セグメントは割高となりがちである。現場フロントで経済的に製作でき、設置も容易な無筋のセグメンタルブロックライニング形式のものを開発していかなければ、岩石トンネルでのシールド工法を急速に普及させることは困難であろう。この可能性をもつものとして、ロンドンの地下鉄で使

用されたドンセグ型セグメントをあげることができる。軟弱地帯でのシールド工法では、地山のゆるみによる締付け力が強大で、シールドの静止時間が長くなると、推進不能の事態も起こりうる。岩石トンネルでは、正常時の所要推力が、ほぼ土砂トンネルシールドの全推力近く必要で、さらに、何らかの事故で数日停止した状態から発進するためには、所要推力の約3倍の推力が必要となるようである。したがって、軟弱地帯突破用シールドは、従来考えられていた値の3倍程度の推力が必要で、セグメントはコンフリートに限定され、形状も円形がすべての点で有利となってくる。

5. あとがき

以上述べてきたことから、岩石トンネルで最も工期・工費を律する軟弱地帯を突破するためのシールドとしては、つぎの能力と条件を備えることが必要であろう。

1) 山留め機構： $10\sim 40\text{ t/切羽}1\text{ m}^2$

2) 推進ジャッキ： $150\sim 200\text{ t/切羽}1\text{ m}^2$

3) ポーリングプレート：ストローク 1.2 m 以上
推力 300 t

4) セグメンタルブロックライニングの使用

5) 碇積み機：切羽面積 $\times 1.2\text{ m}/20$ 分の能力

ここでは、岩石トンネルのシールド工法について、とくに、軟弱地帯の場合のものを中心に問題点をあげ検討したが、岩石トンネルの軟弱地帯でシールド工法が成功を収めた例はなく、また、万能の機械化シールドの開発にもいさ少しの時日を要する現在、シールド工法を地盤改良工法などを併用して成功させるためには、正確な地質状態を把握するための急速大口径先進ポーリング機械の開発も一方からの急務といえよう。