

III-B 149 軟岩掘進における岩盤セミシールドの閉塞予測に関する研究（その4） —閉塞対策としての切羽注水の効果—

日産建設技術研究所 正会員 五味 信治
 日産建設技術研究所 正会員 袁 大軍
 日産建設技術研究所 正会員 岡本 將昭
 早稲田大学理工総研 名誉会員 森 麟

1. はじめに

岩盤セミシールドの掘削時の面板の閉塞現象を予測するための閉塞判定規準は、別報(その3)により修正し、明らかにしたが、実機への適用性を考えると、相似性は十分でないためそのまま適用はできない。閉塞判定規準によると閉塞しない場合、一般にその掘進速度は遅いので、経済性の面からそのまま実機に適用するのは難しい。したがって、実際の現場において実用的な掘進速度で掘進する場合には、閉塞防止対策を考える必要がある。本報告では、面板中心から清水を切羽に注入し、閉塞現象を防止する方法が有効と考え、実験を行いこの方法の有効性を調べた。さらにチャンパーへの送泥水がある程度以上切羽空間に分流することも考えられるので、この分流の程度を推定するために注入水量と閉塞の相関性を調査した。

2. 実験方法

掘削実験に用いた掘削実験装置は、別報(その3)の図-1に示す実験装置に面板から切羽に直接清水を注入できる装置を付加した。面板の概念図を図-1に示す。掘削地山は、人工軟岩を用いた。人工軟岩の塑性指数と一軸圧縮強度を表-1に示す。実験のパラメータは、面板からの注入水量を0.2, 0.3, 0.5, 1.0および2.0 l/minの5水準とした。また、土質の変化による性状を知るために、塑性指数の異なる3種類の人工軟岩を使用した。機械条件は、これまでの実験結果から完全に閉塞する条件として掘進速度12mm/minの一定とし、面板の開口率は5%、チャンパー内への送泥水量は従来通り10 l/min、閉塞の判定は別報(その3)の判定規準に基づいて判定した。実験ケースを表-2に示す。

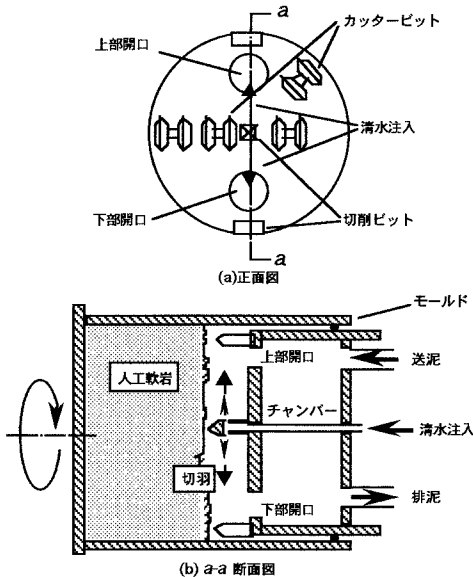


図-1 面板の概念図

表-1 人工軟岩の塑性指数及び一軸圧縮強度

配合	塑性指数 %	一軸圧縮強度 kg/cm ²
A	29.1	22.5
B	26.5	33.8
C	22.4	61.7

表-2 実験ケースおよび実験結果

TEST NO.	掘進速度 mm/min	開口率 %	注入口 形状	注入量 L/min	配合	閉塞
TEST_01	12	5	横2穴	0.0	A	●
TEST_02	12	5	横2穴	0.2	A	●
TEST_03	12	5	横2穴	0.3	A	○
TEST_04	12	5	横2穴	0.5	A	○
TEST_05	12	5	横2穴	1.0	A	○
TEST_06	12	5	横2穴	2.0	A	○
TEST_07	12	5	横2穴	0.3	B	○
TEST_08	12	5	横2穴	0.5	B	○
TEST_09	12	5	横2穴	1.0	B	○
TEST_10	12	5	横2穴	0.2	C	●
TEST_11	12	5	横2穴	0.3	C	○
TEST_12	12	5	横2穴	0.5	C	○
TEST_13	12	2.5*	横2穴	0.5	A	○
TEST_14	12	2.5*	横2穴	1.0	A	○
TEST_15	12	2.5*	横2穴	2.0	A	○

ただし、●は閉塞、○は閉塞しない場合とする

*は下部開口のみ(2開口の内上部を閉鎖)

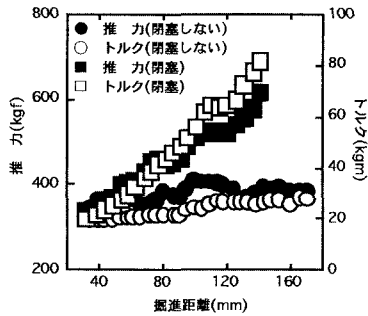


図-2 掘進距離と推力、トルクの関係

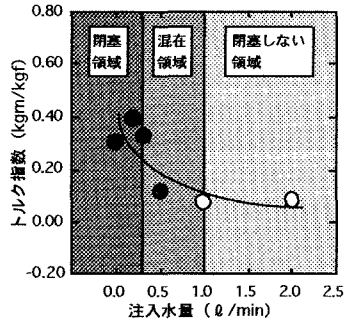


図-3 注入水量とトルク指数の関係

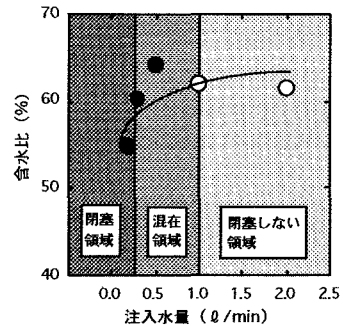


図-4 注入水量と含水比の関係

3. 実験結果

面板への直接注水の掘削実験の場合も、掘進距離と推力、トルクの関係は、別報(その3)と同様な傾向を示したので、閉塞の判定は同じ基準を適用した。掘進距離と推力、トルクを図-2に示す。トルク/推力の値をトルク指数と定義すると、トルク指数と注入水量との関係は、図-3で表され、閉塞現象は、トルク指数が大きくなると発生し、曲線的に減衰して、注入水量が1.0 l/min以上になるとほぼ一定値となっている。この結果から、注入水量が0.2 l/min以下は閉塞領域、0.2 l/min～1.0 l/minの間は閉塞が発生したり、しなかったりする混在領域、1.0 l/min以上を閉塞しない領域という3つの領域があると考えられる。閉塞発生が全くない注入水量1.0 l/minは、トルク指数が安定した一定値となる領域に相当する。このことから切羽へまわる閉塞防止に必要な分流量は注入による1.0 l/minとチャンパーからの分流量の和となると考えられる。この必要水量を確かめるために、上下2開口の内、上部を閉鎖して実験を行った。その結果、開口率が1/2になったにもかかわらず閉塞現象は全く発生しなかった。この場合開口が1つなのでチャンパーからの分流量は生じず、切羽への必要分流量は、1.0 l/minであることがわかった。したがって、切羽へ直接注水しない一般の場合には、チャンパーの泥水が切羽へ1.0 l/min以上(清水でなく泥水のため)分流通しなければ閉塞することを示すものと考えられる。また、切羽への分流通泥水の必要量は、泥水の性状により異なる。図-4に注入水量と切羽空間残留土の含水比の関係を示す。閉塞しない場合の注入水量1.0 l/min以上では含水比はほぼ一定であるが、閉塞の可能性のある1.0 l/min以下では、しだいに含水比が低下している。これは、閉塞する場合、切羽空間で残留土の圧密現象が発生しているためと推察される。

4. おわりに

閉塞現象は、面板の中心から切羽空間へ注水することで防止できることがわかった。ただし、閉塞現象を防止するには、切羽空間への注入水量が1.0 l/min以上必要である。トルク指数と注入水量の関係から、閉塞する領域、混在領域、閉塞しない領域が存在することがわかった。今後は、注入水に泥水を使用した場合の実験および切羽空間への注水のある場合とない場合のチャンパーからの切羽空間への分流通の測定実験により、閉塞防止のメカニズムを明らかにしたい。

<参考文献>

- 1) 五味, 袁, 他: 軟岩掘進における岩盤セミシールドの閉塞予測に関する研究(その2), 第50回土木学会年次学術講演会概要集3, pp.1298-1299, 1995.
- 2) 五味, 袁, 他: 軟岩掘進における岩盤セミシールドの閉塞予測に関する研究(その3), 第51回土木学会年次学術講演会概要集3, 1996(投稿中).
- 3) 五味, 岡本: 岩盤セミシールドの実験に用いた人工軟岩の強度について, 第50回土木学会年次学術講演会概要集3, pp.1480-1481, 1995.