

(株)奥村組技術研究所 正会員 ○園部富士雄

〃 〃 川野 善夫

〃 〃 伊藤 俊彦

〃 〃 畑山 栄一

1. はじめに

限定圧気シールド工法は圧気部分をシールド機の掘削、および排土機構の部分に限定できるため、全体圧気シールド工法と比べ、作業員が圧気下で作業する必要がなく、作業環境、施工能率などの面で非常に優れている。また、土被りの深い所で、高い圧気圧力を使用して施工することも可能である。反面、圧気部分の容量が小さいため、漏気に関して施工上いろいろな問題がある。

今回、密閉式カッターヘッドの採用、および漏気防止材の切羽への噴霧により漏気量を減少させる限定圧気圧機械掘りシールド（以下、空圧シールドと呼ぶ）工法の開発に際し行った模擬実験について報告する。

2. 実験装置（図-1 参照）

実験に用いたシールド機は、外径1mでカッターヘッド外周のシールより切羽側、およびカッターヘッドのスリット部（開口率16.3%）へ向けて漏気防止材を注入、噴霧できる構造にした。模擬地盤には海砂を用い、各実験ごとに水締めをし、仕上がり高さを4.1mにした。水締め後の透水係数は $2 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ である。漏気防止材には重量濃度で9%のペントナイト液（クニゲルV1）を用いた。使用量は外周シールド部への注入は 1.5 l/min 、スリット部への噴霧は 1.25 l/min を基準量とした。

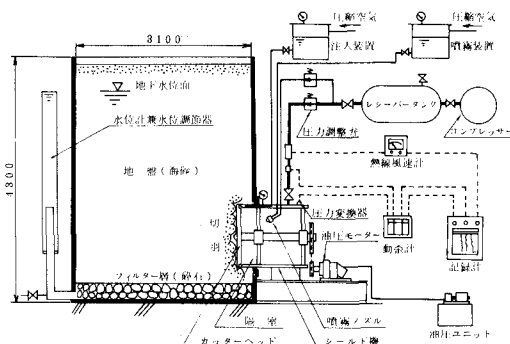


図-1 実験装置

表-1 実験項目と実験条件

No.	圧気圧力 kPa	スリット位置	漏気防止材		凡 例
			注入	噴霧	
1	24.5	A			スリット位置 ○ — A □ — B
2	25.5	B			
3	26.5	A			
4	27.4	B			
5	29.4	A			
6	29.4	B			漏気防止材 ○ — 水 ● — ペントナイト
7	29.4	B	シールド密封		
8	29.4	B	→ 掘削		
9	29.4	B		○	
10	29.4	B		○	
11	29.4	B	○	○	
12	29.4	B	●	●	
13	29.4	B	→ 掘削	●	
14	29.4	B	→ 掘削	●	

3. 実験条件

実験条件、および実験項目を表-1に示す組合わせにした。

4. 実験結果

(1) 密閉式カッターヘッドの漏気量

密閉式カッターヘッドの場合、漏気量は図-2に示すようにオープンタイプに比べてかなり少ない。圧気圧力が29.4kPaの場合、オープンタイプの漏気量が $9 \sim 11 \text{ ml/min}$ であるのに対し、密閉式は $1.5 \sim 3 \text{ ml/min}$ で70%以上の漏気低減効果がある。漏気箇所として外周シールド部とスリット部があるが、外周シールド部とスリット部からの漏気量の比は1.5:2であった。外周シールド部は漏気面積がスリット部のそれと比べ1/60以下と小さいにもかかわらず、漏気量の割合はその比率よりもかなり大きい。これはシールド上部の切羽の地下水に対する圧気の過剰圧力による影響と考えられる。

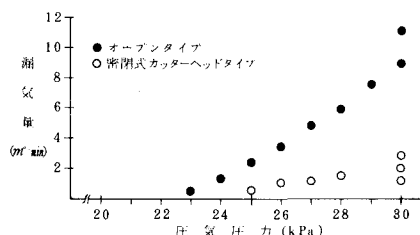


図-2 圧気圧力と漏気量

(2) 漏気防止材の漏気低減効果

密閉式カッターヘッドを静止して隔室に29.4 kPaの圧気圧力をかけ、漏気量が定常状態になってから漏気防止材を外周シール部とスリット部へ注入、噴霧を開始して漏気低減効果を調べた。開始前の漏気量を100としたときの注入、噴霧時間と漏気低減効果の関係を図-3、表-2に示す。

外周シール部へ注入した場合、開始時1.5 m³/minの漏気量が0.3 m³/minになり減少率が80%であった。スリット部へ噴霧した場合についても減少率が79%になった。しかし、初期の漏気量の低下こう配を比較すると、外周シール部へ注入したほうがこう配が大きく速効性があり、効率もよいといえる。

(3) 漏気防止材を用いた掘削時の漏気量

上述と同様に漏気量が定常状態になってから注入、噴霧を行い漏気量の低下が限界に達した後、カッターヘッドを回転させながら掘進し、漏気量を調べた。結果を図-4に示す。

掘進時の漏気量は停止時より多少増加する。スリット部へ漏気防止材を噴霧した場合0.34 m³/minから2 m³/minへと掘削とともに漏気量は増加するが、ある程度掘進すると安定する傾向が見られた。スリット部への噴霧と外周シール部への注入を併用すると0.5 m³/minと低い値を持続した。漏気量の増加は以下の理由からと考えられる。

- i. 噴霧装置をカッターヘッド停止時のスリット部に向け固定し取付けたので、回転時にスリット部にうまく噴霧できない
- ii. 土砂が連続して取込まれるので、漏気防止材が掘削土砂に付着し、スリット内部の土砂、および切羽地盤に不透気層を形成できない
- iii. 掘削時はカッターヘッドによって切羽地盤が乱され、緩められて透気しやすくなる

5. あとがき

実験結果をまとめると以下のとおりである。

- i. 密閉式カッターヘッドはオープンタイプに比べ、漏気量が70%以上減少する
- ii. 密閉式カッターヘッドの漏気低減には外周シール部からの漏気を少なくするほうが効率が良い
- iii. 漏気防止材はカッターヘッド停止時における漏気低減に効果的で、漏気量が80%減少する

今回、空圧シールドの工法化に際し行った実験の中から模擬機による漏気実験について述べたが、現在では、実機による現場試験施工も終了している。機会があれば、これら実験の結果について報告したい。

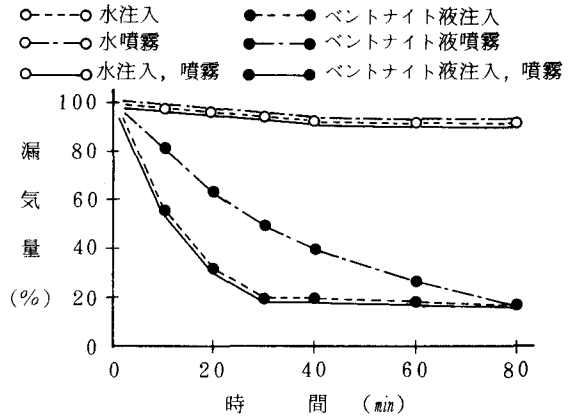


図-3 漏気低減効果

表-2 静止時漏気量

No.	漏気量 m ³ /min	No.	漏気量 m ³ /min	
			使用前	使用后
1	0.61	8	2.39	
2	1.22	9	1.95	1.92
3	1.30	10	2.34	2.14
4	1.92	11	2.78	2.47
5	2.11	12	1.50	0.30
6	3.00	13	1.65	0.34
7	1.00	14	1.64	0.28

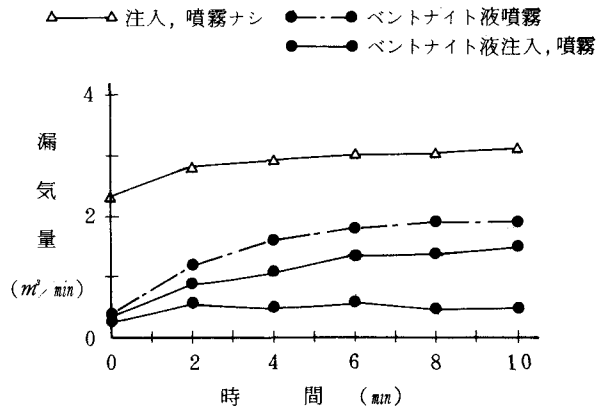


図-4 掘削時漏気量