

3円形シールドに関する泥水環流実験

（財）鉄道総合技術研究所 小山 幸則

（株）熊谷組 ○北原 陽一 井原 俊一 勝川 藤太

1. はじめに

地下空間を合理的に構築する手段として、シールドトンネルの断面形状は多様化の様相を見せている。多円形シールドトンネルは、複数の大きさの異なる円を縦や横に組み合わせた多様な断面形状のトンネルで、その構造は、円形断面の持つ力学的優位性を持ち、比較的安定したものであると考えられる。

本報文は、3円形シールドマシンチャンバを一体構造型と想定し、チャンバ内の泥水の効率的な送排泥について、模型実験によって検討した結果を述べるものである。

2. 実験方法

実験は、3円形シールドマシンのチャンバ模型を用い、この中に流体および粒状体（ビーズ状）を循環させることにより実物チャンバ内の流体の流れを模擬し、循環経路や循環量の、流れに対する影響を観察して、その効果を検討した。実験模型の配管系統を図-1に示す。実験時の流体の流量は、総量（①=④）で59.1ℓ/minとし、実験パラメータとして、環流量⑤（0～30ℓ/min、表-1参照）、環流吐出位置（C1～C3）、送泥吐出位置（B1、B2）、および送泥分配比（D1～D6、表-2参照）を考え、チャンバ内の流体の流れや、投入した粒状体の堆積量および回収量などについて計測を行った。

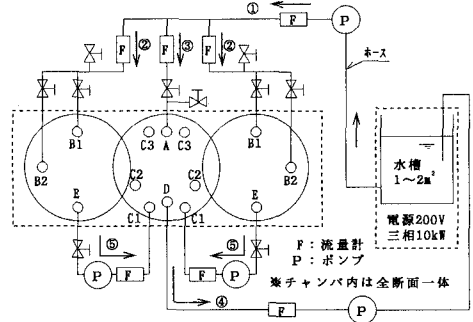


図1 配管系統

3. 実験結果

ここでは、実験結果のうち、投入した粒状体の回収量と堆積量の結果を示し、チャンバ内の流体の流れについては、文献（1）に詳しいので参照されたい。

3.1 送泥吐出位置と分配比が排泥効率に与える影響

送泥吐出位置と送泥分配比による回収量・堆積量の比較をそれぞれ図-2、3に示す。この図では、送泥吐出位置と送泥分配比に着目しているため、環流吐出位置と環流量については、分類せずに平均を用いている。

（1）送泥吐出位置（B1とB2）による比較（図-2）

吐出位置についてはB1のほうがB2よりも全ての分配比において回収量が多く、堆積量が少ない結果となった。回収量に関しては、Bからの流速が比較的速いD1とBからの流量が最も少なく影響の小さいD5との間に大差はないが、D2、D3、D4では大きな差となっている。堆積量に関しては、Bの影響の小さいD5以外はB1とB2の差が大きくなっている。この原因としては、B2がB1に比べると環流の影響を受けにくいことや、

表-1 環流量⑤

ケース	A0	A1	A2	A3
環流量（ℓ/分）	0	10	20	30

表-2 送泥分配比と流量

ケース	分配比		流量（ℓ/分）			
	②	③	②	③	②	③
D1	1	0	1	29.6	0	29.6
D2	1	1	1	23.6	11.8	23.6
D3	1	1	1	19.7	19.7	19.7
D4	1	2	1	14.8	29.6	14.8
D5	1	4	1	9.9	39.4	9.9
D6	0	1	0	0	59.1	0

B2の場合は流速が遅くなると、送泥口の真下にビーズが落下するような状態になり、ビーズが溜まりやすくなることなどが考えられる。

（2）送泥分配比（D1～D6）による比較（図-3）

堆積量は、D6の場合に最も少なくD5、D4と増えていく。D1～D3はD4～D6に比べて堆積量が多く、3ケースともほぼ同じ程度の堆積量となっている。D4～D6までの堆積量が少ないのは、D1～D3に比べて流速が速く、対流する範囲が広いためであると考えられる。D1～D3は多少の差はあるが、流速が遅いために堆積量が多いものと考えられる。また、D1とD4には同じ流速をもつ送泥口があるにもかかわらず、D1のほうが堆積量が多いのは、D4は中心円の送泥口Aから速い流れが出ているのに対して、D1では側円の送泥口Bから出ているために、対流している範囲が狭くなっているためと考えられる。

一方、回収量も、堆積量とほぼ同じ排泥効率の傾向を示したが、D5でやや少ない結果となった。

3.2 環流吐出位置と環流量が排泥効率に与える影響

環流吐出位置と環流量による回収量・堆積量の比較を図-4、5に示す。この図も、図-2、3と同様に、送泥吐出位置と分配比については平均を用いている。

（1）環流吐出位置（C1～C3）による比較（図-4）

環流吐出位置としては、C1が最も排泥効率が高く、C2とC3の排泥効率は同程度で、C1と比べるとかなり悪い結果となっている。これは、C1がビーズの溜まりやすい中心円の底面付近にあり、そこに堆積しようとするビーズを拡散するためと考えられる。C2も比較的低い位置にあるが、中心円と側円の継ぎ目付近のビーズの溜まりにくい位置にあるため、堆積しようとするビーズを拡散する作用は小さいと考えられる。C3についても、中心円の上方にあるため、堆積しようとするビーズにはあまり影響がないと考えられる。

（2）環流量（A0～A3）による比較（図-5）

回収量は、環流量が多くなるほど増える傾向にあるが、堆積量はこれと逆の傾向になっている。

4. まとめ

3円形シールドマシンのチャンバ模型を用い、泥水環流実験を行った結果、最も排泥効率が良いと考えられるケースをある程度特定することができた。今後は、より実機に近い形での検討が必要であると考えられる。

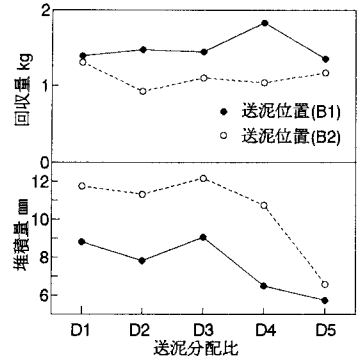


図-2 送泥吐出位置と回収量・堆積量

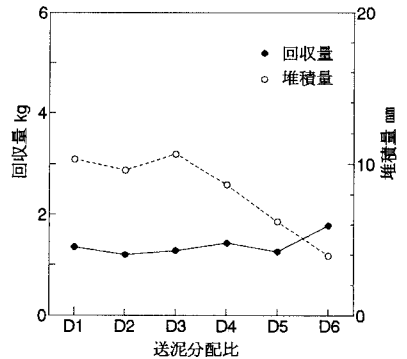


図-3 送泥分配比と回収量・堆積量

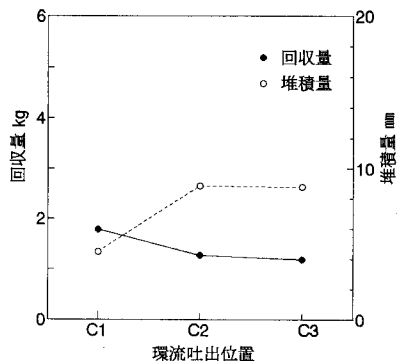


図-4 環流吐出位置と回収量・堆積量

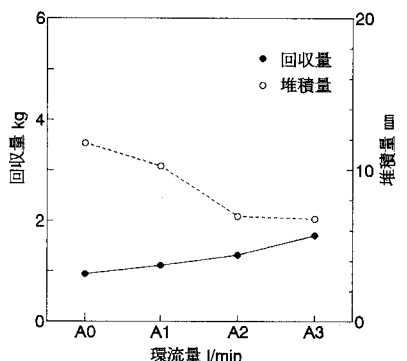


図-5 環流量と回収量・堆積量