

VI-196

新型テールシール（ウレタン注入型）の開発

鹿島建設(株) 正会員 今立 文雄 鹿島建設(株) 今川 勉
 同上 正会員 五十嵐 寛昌 同上 石丸 裕

1. はじめに

現在シールド機に使用されているテールシールは、ワイヤーブラシ型テールシールにグリースを充填したものが多く、シールド施工時のテールクリアランスの変化によってグリースが逸失しテールシール内への裏込注入材の侵入及び固結が生じ、クリアランス変動への追従性が低下したりまた極端な場合はテールシールが損傷する、などの問題が生じることがある。

今回、このような問題点を解決するため、グリースに替えて発泡ウレタンをワイヤーブラシ間に充填した複合構造の新型テールシールを考案し、基本物性に関する実験・検討を行ったのでその結果を報告する。

2. 材料の選定

テールシールは図-1に示すように、シールド機とセグメントとのクリアランスから地下水や裏込注入材が侵入するのを防止することを目的としてシールド機最後部に円周方向に2又は3段設置される。クリアランスはシールド機の挙動に伴って数mmから数cmの間で変動するため、テールシールもその変動に追従しなければならない。そこで、追従性に優れ、定期的に補給する必要がない材質としてゴム状弾性高分子が適切であると判断した。

(1)テールシールへの適用条件

テールシールへの適用のための条件として、次の3つを考慮した。

- ①クリアランスの変動に伴ってテールシールの体積は図-2に示すように変化し、その変化率は $V/V_0 \times 100 \approx 65\%$ になる。したがって圧縮により65%以上の体積変化率が得られること。
- ②セグメントへの過度の押し付け力を与えないため、65%以上の体積変化率を得る応力はできるだけ小さいこと。
- ③泥水や裏込注入材、油などに対して安定であること。

(2)選定した材料

ゴム状弾性高分子としては天然ゴム、合成ゴム、熱可塑性エラストマー、熱硬化性エラストマーなどがあるが、施工性を考慮して常温で注入・成型できる熱硬化性エラストマーの中から選定することにした。熱硬化性エラストマーとしてポリウレタン、シリコンゲル、アクリル樹脂等について検討した結果、ポリウレタンを発泡させたものだけが(1)の条件を満たすことが明らかになり、現状で最適な材料として選定した。

(3)発泡ポリウレタンの物性

発泡ポリウレタンの各種耐久試験前後の物性を表-1に示した。なお、圧縮強度試験は供試体を $\phi 50\text{mm} \times H110\text{mm}$ のモールド内で拘束した条件で実施し、体積変化率50%の強度を測定した。この結果、試験前後の変化は僅かであり耐久性には問題がないと判断した。

3. テールシールの性能評価試験

(1)試験項目及び方法

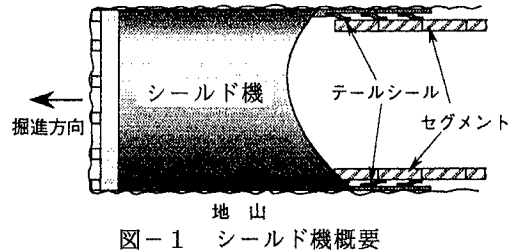
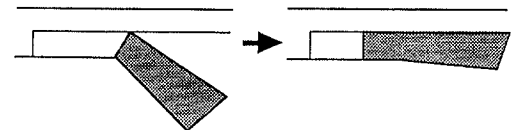


図-1 シールド機概要



V_0 : 最大クリアランス時の体積 V : 最小クリアランス時の体積

図-2 テールシールの体積変化

表-1 発泡ポリウレタンの物性

試験条件		項 目	引張強度比	圧縮強度比
試験前 (みかけ密度 0.12g/cm ³)			1.00	1.00
耐久 性 試 験 後	熱老化	70℃×96H	0.98	1.00
		70℃×168H	1.04	0.85
	耐アルカリ性 (飽和石灰水)	70℃×96H	0.95	0.85
		70℃×168H	1.03	0.89
	耐油性 (エンジンオイル)	70℃×96H	1.08	1.11
		70℃×168H	1.24	1.11
	耐水性 (純水)	70℃×96H	0.88	1.04
		70℃×168H	0.95	1.00

試験項目及び方法を表-2に示した。

また、荷重試験の概要を図-3に、水圧試験概要を図-4に示した。

(2)試験結果

試験結果を従来型テールシールと比較して図-5及び表-3に示した。これから、以下のことが言える。

①セグメントへの反力

図-5から、新型テールシールは従来型テールシールにくらべて測定された荷重（＝押し付け力）が大きく、止水性能の面からみて有利であると判断できる。一方、押し付け力が大き過ぎる場合にはセグメントに損傷を与えることが懸念されるが、新型テールシールは一般的なセグメント構造を対象として設定した管理値（300kgf/ピース以下）を満たしていることが確認できた。

②止水性

クリアランス50mmにおける止水性は、従来型（グリス充填）が泥水圧3.0kgf/cm²で漏水したのに対して、新型は泥水圧9.4kgf/cm²でも漏水は認められず高い止水性が検証された。これは、クリアランスが大きくても押し付け力が高いこと及び充填したウレタンが高水圧に対抗できること、によるものと考えられる。

③耐磨耗性

重量減少量で比較すると従来型、新型ともほぼ同一レベルの性能である。

④耐バックング性

セグメント組立て時に生じるマシンの戻り（バックング）に対する抵抗性を評価した結果、新型は従来型と異なりワイヤーが露出していないためワイヤーの捲れがなく従来型より抵抗性が高いと評価できる。

⑤耐アルカリ性

耐アルカリ性は6ヵ月経過後の結果では特に問題はないものと思われる。

4. おわりに

ワイヤーブラシ間に発泡ポリウレタンを充填した新型テールシール単体の性能を評価した。その結果、クリアランスが大きい時の押し付け力、止水性、耐バックング性について従来型より優れた性能を有していることが明らかになった。

今後は実工事への適用に向けて、実大規模の模型による全体構造としての性能確認とシールド機への施工方法（取付け、充填など）の検討を進める予定である。

表-2 試験項目及び方法

性能評価項目	試験方法
セグメントへの反力	荷重試験：載荷によりテールクリアランスを変化させセグメントに対する反力を測定する
止水性	水圧試験：泥水圧力を変化させてテールシールからの漏水状況を観察する
耐磨耗性	摺動試験：回転する研磨砥石上を摺動させてワイヤーの磨耗量を測定する
耐バックング性	セグメント組立て時のマシンの戻りによるワイヤーの捲れ状況を逆回転の摺動試験で観察する
耐アルカリ性	浸せき試験：飽和石灰溶液及び水道水に一定期間浸せき後、反力を測定する

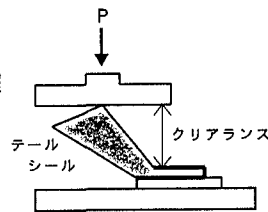


図-3 荷重試験概要

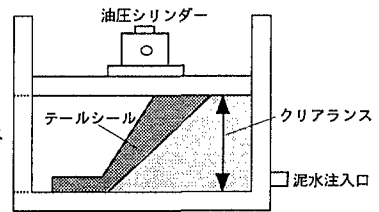


図-4 水圧試験概要

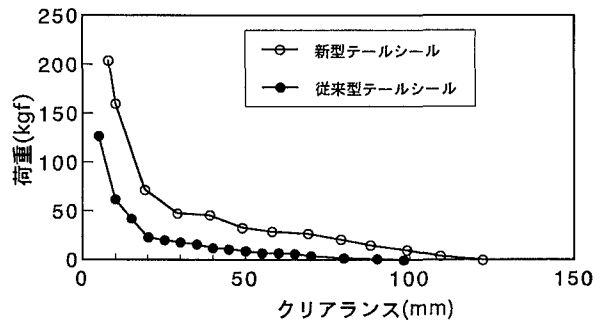


図-5 荷重試験結果

表-3 評価試験結果

性能評価項目	試験結果	
	新型テールシール	従来型テールシール
セグメントへの反力	クリアランス-10mmで160kgf クリアランス-100mmで10kgf	クリアランス-10mmで60kgf クリアランス-100mmで1kgf
止水性	クリアランス-50mm、泥水圧9.4kgf/cm ² で漏水無し	クリアランス-50mm、泥水圧3.0kgf/cm ² で漏水多い
耐磨耗性	摺動距離2.5kmで重量0.03%減少	摺動距離2.5kmで重量0.13%減少
耐バックング性	バックングによるワイヤーの捲れ無し	バックングによるワイヤーの捲れ有り
耐アルカリ性	6ヵ月経過後、外観及び反力に変化無し	—