

テールシール充填用グリス材の性能比較試験

(株)大林組 正会員 ○伊藤 透
 (株)大林組 正会員 三浦 俊彦
 (株)大林組 正会員 山元 寛哲

1. はじめに

昨今のシールドトンネル工事はますます大深度・長距離化し、さらには急曲線や海底・河川横断など様々な施工条件が加わり、一段と掘進管理が厳しくなる傾向にある。特に高水圧下での掘進においては、シールド機テールシール部での止水性能が重要であるが、テール部からの出水や、テールシール内に侵入した裏込め材が固結しセグメントに悪影響を及ぼす等の不具合が報告されている。今回、このテールシールのブラシ内およびブラシ間を充填するグリス材に着目し、国内外で流通している主要なグリス材について調べたところ、各社独自の性能試験はあるが、統一性がなく比較はできなかった。そこで、グリス材の耐水圧性と裏込め材混合後の流動性を比較評価することを目的として試験を実施した。本稿では、その試験概要および比較結果を報告する。

2. 比較試験方法

(1) 耐水圧試験

測定方法：高水圧下を模擬した圧力容器(内径 ϕ 50mm, 内高 70mm, 底面 ϕ 3mm $\times$ 16 孔開け加工)の底に、金網 20 メッシュを敷き、内高さ半分までグリスを入れ、一定圧がかかるよう水を高さ 1cm 程度入れ密封する(図-1)。空気の圧力ポンプを用いて圧力を段階的に加え(①0.5 $\rightarrow$ ②1.0 $\rightarrow$ ③2.0 $\rightarrow$ ④3.5 最大(MPa)), 各圧力にて 3 分間保持し、圧力容器下部からのグリスや水の流出の有無を調べる。水の流出がない場合、グリス流出量を測定し、初期充填量に対する流出した重量比率を求める。

(2) グリス裏込め材練混ぜ後ちょう度試験

ちょう度：ペーストの硬さを示す値。数値大 $\rightarrow$ 軟、数値小 $\rightarrow$ 硬。

測定方法：JIS K2220 のちょう度試験方法に基づいて行った。

所定の試験容器(内径 ϕ 100mm, 内高 57mm)にグリスを入れ、表面を均し供試体を作成する(3 個/組)。ちょう度計を用いて供試体の表面に規定の円すいの先端を合わせ、5 秒間円すいを自然落下させ、その貫入深さ(mm)を 10 倍に算した値をダイヤルゲージにて読み取る(図-2)。グリス供試体は、テール内で裏込め材とグリス材が混ざり合うという安全側の条件を模し、裏込め材(標準配合 $\sigma_{28}=2.0\text{N/mm}^2$)とグリス材を 1:1 の割合で練り混ぜたものとする。ちょう度の測定頻度は、練混ぜ直後、1 時間後 σ_{1h} 、1 日後 σ_{1d} 、7 日後 σ_{7d} 、28 日後 σ_{28d} とし、時間経過による混合物のちょう度変化を測定した。

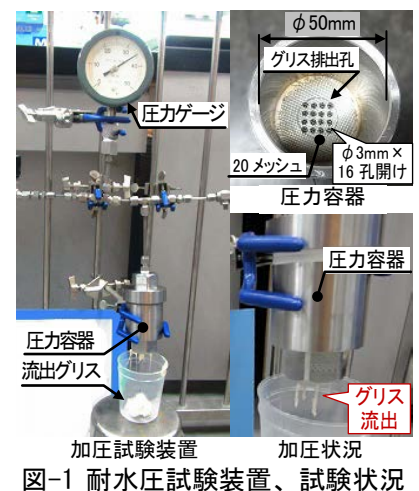


図-1 耐水圧試験装置、試験状況

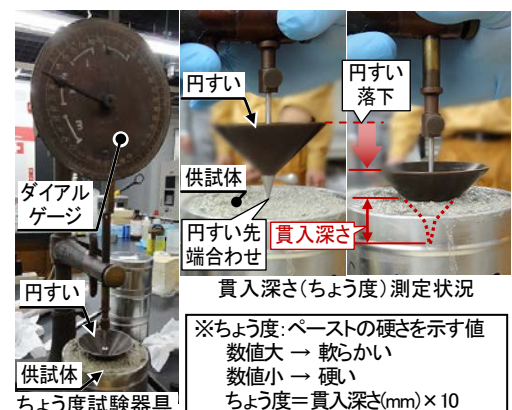


図-2 ちょう度試験装置、試験状況

3. 採用グリス

比較採用した充填用グリス材は、国内および国内での主要な 7 種類を採用した。

4. 試験結果および考察

(1) 耐水圧試験

耐水圧試験結果を表-1, 3 に示す。シールド掘進として事例が多い 0.5MPa 程度の水圧であれば、いずれのキーワード テールシール, テールグリス, 耐水圧試験, ちょう度試験, 裏込め材侵入, 硬化遅延

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2 丁目 1 5 番 2 号 株式会社 大林組 TEL 03-5769-1318

ースにおいても、グリスの流出量の差はあるが止水性を確保できている。ただし、流出量が多いということは、掘進中テールシール内からのグリス流出量が多くなり、打込み量が増える傾向にあるといえる。グリスCの

表-1 耐水圧試験結果一覧

グリス種類	単位	A	B	C	D	E	F	G
グリス重量	g	108.53	155.10	130.85	119.38	99.05	114.10	112.41
グリス 加圧 毎の 流出 量	①0.5MPa	g	9.05	5.08	11.10	4.04	6.78	0.52
	②1.0MPa	g	9.05	6.06	26.26	4.04	13.19	0.88
	③2.0MPa	g	9.92	7.34		4.04	15.60	2.57
	④3.5MPa	g	12.91	8.56		4.04	16.84	13.13
流出比率	%	11.9	5.5	20.1	3.4	17.0	11.5	22.9
流出少順:止水状況		④:良好	②:良好	⑦:出水	①:良好	⑤:良好	③:良好	⑥:良好

み 1.0MPa の水圧保持 2 分 50 秒時点で出水している。他は 3.5MPa まで良好であった。グリス G はグリス C より流出比率が多いが、止水性に関しては問題なかったため、グリスの組成材料に違いがあるかと思われる。

(2) グリス・裏込め材練混ぜ後ちよう度試験

グリスと裏込め材の練混ぜちよう度試験結果を表-2, 3 に示す。グリス D については、グリス材と裏込め材がきれいに混ざり合ったこともあり、1 時間後のちよう度 184 とテールから押し出せない程度まで硬化していた。一方、グリス G は、練混ぜ 1 時間後でもちよう度はほぼ変わらず、1 日後においても押し出し可能なちよう度を確保しており、裏込め材と混ざり合っても硬化しにくい特性を確認できた。G, D 以外のグリスのちよう度変化率については、1 時間後は 13~19% とほぼ同じ程度で硬化するものの、押し出すには十分な軟らかさである。しかし、1 日後では、G 以外すべてのグリス材が 100 前後であり、かなり硬化した状態であった。

表-2 グリス裏込め材練混ぜちよう度試験結果一覧

グリス種類	A	B	C	D	E	F	G
経過時間 毎ちよう度							
練混ぜ前(常時)	231	316	305	227	252	251	250
練混ぜ直後	306	354	367	246	304	356	366
1 時間後 (σ_{1h})	251	306	310	184	246	300	362
1 日後 (σ_{1d})	135	72	66	85	121	97	210
7 日後 (σ_{7d})	58	15	13	52	77	55	143
28 日後 (σ_{28d})	41	6	5	39	43	23	53
ちよう度低減率 (硬化率)							
σ_{1h}	18%	13%	16%	25%	19%	16%	1%
σ_{1d}	56%	80%	82%	65%	60%	73%	43%

※ : 押し出し可能なちよう度の目安ライン (ちよう度: 150~200 程度)

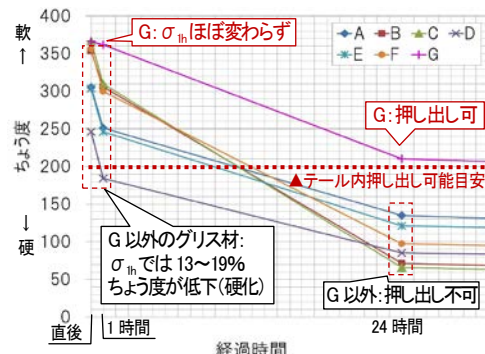


図-3 テールグリス裏込め材練混ぜ硬化遅延試験

表-3 充填用グリス材試験写真および考察

種類	A	B	C	D	E	F	G
通常時							
耐水圧試験後							
耐圧性	メッシュとの界面は綺麗なフィルター状態となり止水効果良好			1.0MPa 加圧時 2 分 50 秒で出水	メッシュとの界面は綺麗なフィルター状態となり止水効果良好		
裏込め材練混ぜ							
直後のグリス状態							
練混ぜ	混ざりやすい	混ざりにくい	混ざりにくい	非常に混ざり易い	若干混ざりにくい	混ざりにくい	混ざりにくい
流動性	若干硬化しやすい	硬化しやすい	硬化しやすい	硬化しやすい	若干硬化しやすい	硬化しやすい	硬化しにくい

5. おわりに

今回、高水圧下での耐水圧性能と、裏込め材がテールシール内に侵入した際の流動性能の 2 点についてグリス材の比較試験を実施し、同条件における各材料の特性を確認できた。これらは現場で使用するグリス材を選定する際の一つの判断基準となりうる良好な結果であった。今後は、グリス材を組成する材料成分を分析することで、高機能、環境負荷低減、低コストにつながる材料を開発していきたい。