

裏込め注入材で硬化しにくく止水・圧送性能のよい新型テールグリースの開発（その1）

J Xエネルギー(株)

正会員 ○泉 徹

内海 孝之

荒井 孝

(株)大林組

正会員 山元 寛哲

正会員 星野 智紀

1. はじめに

昨今のシールドトンネル工事は、大深度・長距離・急曲線・高速施工など、一段と施工条件が厳しくなっている。特に大深度工事では高い水压下での掘進を強いられるため、坑内作業の安全を確保するにはシールドのテールシールに使用されるテールグリースの止水性能が重要となる。また、裏込め注入材の一部がテールシール内に侵入すると、テールグリースを硬化させ、その影響によりテールブラシやセグメントの破損、出水事故や工期遅延といったトラブルを引き起こす懸念がある。そこで、裏込め注入材に触れても硬化しにくく、従来品と同等以上の止水・圧送性能を有するテールグリース「シールノックCR」を新たに開発した。

2. 製品概要および従来品との比較

表-1 今回開発品と従来品の比較

グリース		従来品			開発品
		①	②	③	CR
ちょう度※1 (25℃)		240	270	230	240
密度 (25℃, g/cm ³)		1.4	1.4	1.2	1.1
主成分	鉱油	○	○	○	○
	ポリマー	○	○	○	○
	繊維物	A	A	B	B
	粉粒体	C	C	D	D

A：セルロース系繊維物 B：ポリエステル系繊維物

C：炭酸カルシウム系粉粒体 D：タルク系粉粒体

※1 硬さを表す指標。小さいほど硬く、大きいほど軟らかい。

今回開発品と従来品（国内製、3種類）の性状および主成分の分析比較結果を 表-1 に示す。従来品①と②は、ちょう度※1 以外の相違は認められず、③はちょう度、密度ともに①、②よりも小さい。また、①、②と③では含有する繊維物と粉粒体の種類が異なっており、①と②はセルロース系繊維物と炭酸カルシウム系粉粒体、③はポリエステル系繊維物とタルク系粉粒体であった。これに対し、今回開発品は、従来品③と同種の繊維物、粉粒体を配合して密度を小さくし、圧送性を考慮してちょう度を 240 とした。

3. 裏込め注入材での硬化に対する材料の工夫

セメントの凝結・硬化を遅らせる物質としては、無機系ではフッ化物・ほう酸類・りん酸塩・亜鉛・鉛・銅酸化物など、有機系ではカルボン酸塩・ケト酸塩・糖類・糖アルコール類など多くの化合物が公知となっている。このうち、糖類が水溶してできるオキシカルボン酸（グルコン酸・クエン酸・リンゴ酸など）は、含有する水酸基（-OH）とカルボキシル基（-COOH）がセメントと結び付くことで水和反応を遅らせていると考えられており、取り扱いも比較的容易である。今回開発ではこれらの技術を適用し、裏込め注入材に触れても硬化しにくい性能を有する配合とした。

4. シールノックCRの性能

(1) 裏込め注入材での硬化を遅延させる性能

前述の今回開発品も含めた4製品について、裏込め注入材とグリースを混合し（図-1）、混合前後のちょう度を測定した（図-2）。測定結果を 図-3 に示す。注入材混合直後、従来品①と②のちょう度は混合前と比較して 100 程度上昇し軟化する傾向が見られたが、従来品③と今回開発品はほとんど変化しなかった。その後、①は急激に硬化し、24 時間後には圧送可能な目安（ちょう度 150 程度以

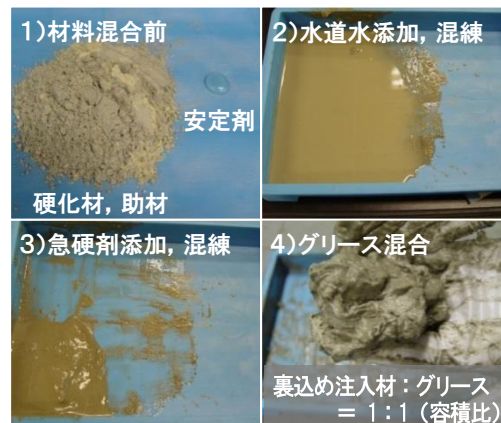


図-1 裏込め注入材とグリースの混合方法

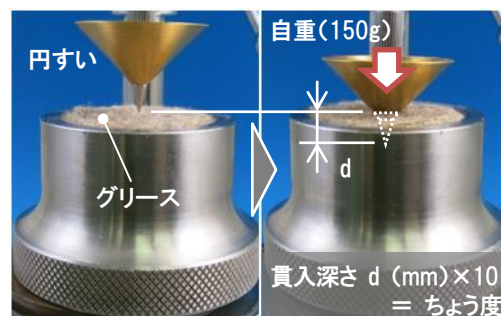


図-2 ちょう度測定方法（JIS K 2220）

キーワード シールド、テールグリース、裏込め注入材による硬化、止水性能、圧送性能

連絡先 〒231-0815 横浜市中区千鳥町8番地 J Xエネルギー(株) TEL：045-625-7155

上)を下回った。②と③は、1 時間後までは①に比べ緩やかに硬化しているが、24 時間後では①と同様に圧送可能な目安を下回った。一方、今回開発品は従来品よりも硬化する程度が緩やかであり、24 時間後も圧送可能なちょう度を確保していた。また、それ以降も完全には固結せず、ちょう度 50 程度(爪先が貫入する程度)を確保していた。以上より、今回開発品は、一部従来品のように裏込め注入材と触れた直後に軟化することなく、テール内部への地下水逸走を防止できるとともに、シールド掘進中や長期停止後においても注入材によるグリースの硬化を抑制でき、テールブラシやセグメントの破損リスクを低減できると考えられる。

(2) 止水性能

耐水压性能試験を行い、止水性を確認した。試験方法は、圧力容器内の半分(高さ 35mm)までグリースを詰め込み、その上に高さ 10mm 程度の水を入れて密封する。その後、圧縮空気により段階的に圧力を作用させ(各圧力で 3 分間保持)、圧力容器下部からの水の流出の有無およびグリース流出量を測定した(図-4)。その結果、今回開発品は従来品と同等の止水性を確保しており、従来品①や②に比べてグリース流出量が少なく安定して止水できていることがわかった(表-2)。

(3) 圧送性能

中・小口径、大口径それぞれのシールド機を想定した圧送性能試験を行った。中・小口径を想定した試験では 1 インチホース 20m とパール缶用グリースポンプ、大口径を想定した試験では 2 インチホース 50m とドラム缶用グリースポンプと、実機と同様の設備を用いた。ポンプとホースの連結部に圧力計(ポンプ部でのグリースの送り圧(元圧)を計測)、ホース吐出口手前に圧力計(ホース吐出口からのグリースの吐出圧を計測)とバルブを設置し、元圧(4~7.3MPa)と吐出圧(0.5~3.0MPa)を調整しながら、それぞれの吐出圧での吐出量と圧力損失((元圧-吐出圧)/ホース長さ, MPa/m)を測定した。その結果、今回開発品は、同量のグリースを圧送しようとする際の圧力損失が従来品①よりも小さく、ポンプ圧送性に優れることがわかった(図-5, 6)。

5. まとめ

今回新たに開発したテールグリース「シールドロック CR」について、裏込め注入材に触れても硬化しにくく、従来品と同等以上の止水・圧送性能を有することを試験によって確認できた。これに続き、シールド実機を用いた圧送性能試験および実現場での実証実験を実施しており、その成果を「新型テールグリースの開発(その2)」として別途報告しているので、参照されたい。

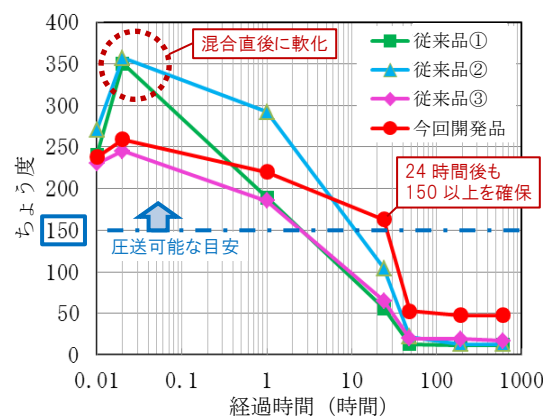


図-3 裏込め注入材混合後のちょう度変化

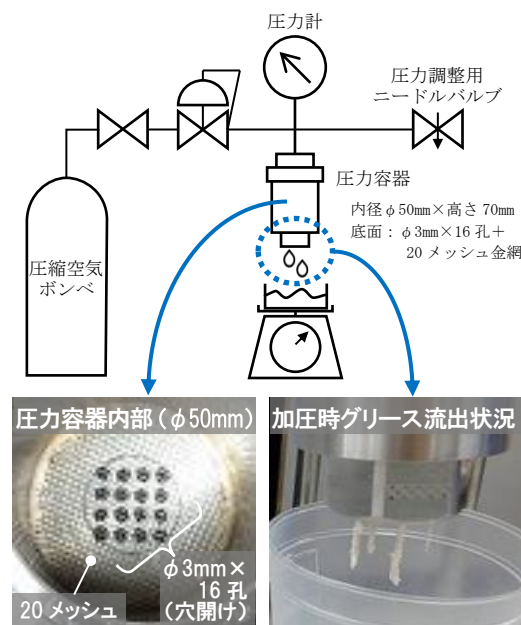


図-4 耐水压性能試験

表-2 耐水压性能試験結果

グリース	従来品			開発品
	①	②	③	CR
水の流出	なし	なし	なし	なし
グリース 流出量 (g)	0.5MPa	8	7	8
	1.0MPa	14	15	11
	2.0MPa	18	21	12
	3.5MPa	19	22	13

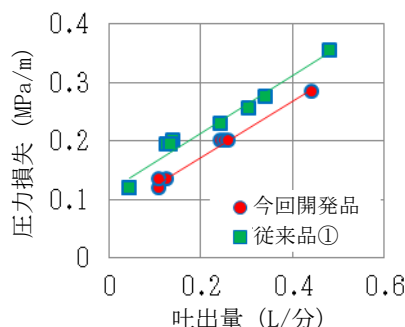


図-5 圧送性能試験結果(中・小口径シールド想定, 1インチホース)

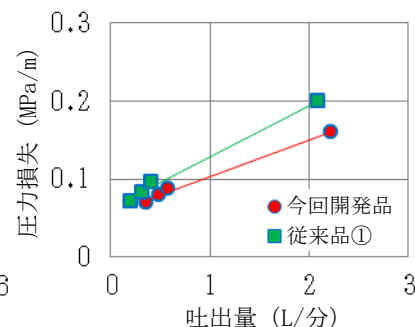


図-6 圧送性能試験結果(大口径シールド想定, 2インチホース)