

VI-108

水路トンネル補修に関する研究

—— スキンライニング工法に用いる材料の耐摩耗性試験 ——

清水建設(株)土木本部 正会員 菅 沼 義 則
 清水建設(株)技術研究所 沢 出 稔
 清水建設(株)技術開発本部 正会員 竹 中 久

1. はじめに

近年、水力発電所や農業用水路等の古い年代に施工されたトンネルにおいて、老朽化及び流水による洗掘などによって覆工コンクリート面の粗度が大きくなり、通水可能量の減少となって顕在化し、トンネル自体の補強を含めた補修施工が多くなってきている。

補修にあたっては、その使用条件から通水可能量を減ずることなく、耐久性の高い材料で補修しながら、むしろ粗度係数を減じるなどして、その量を少しでも増加させるような設計や施工方法が求められている。

本報は、以上の条件を満足すべく提案する「スキンライニング工法」に用いる材料を対象として実施した摩耗試験の結果を、その概要より報告するものである。

2. 試験概要

水流・衝撃型のスリヘリ試験機を用いて、特殊セメント、高強度混和剤、熱硬化型レジンコンクリート、ウレタン樹脂、そしてエポキシ樹脂貼付け強化繊維シートについて、2時間、4時間及び8時間の衝撃摩耗重量を測定し、それから「スリヘリ係数」を求め、特性を考察した。

3. 試験方法

表-1 試験材料の種類と供試体

3.1 試験材料と供試体形状

供試体は 295×142×60mmの立方体であり、295×142mmの面が衝撃摩耗を受ける。

強化繊維シートは、供試体コンクリート板にエポキシ樹脂によって貼付けた。また、ウレタン樹脂は、供試体コンクリート板表面部に厚さ20mmとなるよう拘束発泡させた。

試験に供した材料を、それぞれの強度と合わせて表-1に示す。

3.2 スリヘリ試験機

(電力中央研究所 奥田式)

ドラム状の回転保持部・外径 500mmに 6 個の供試体を取付け、内部にJIS M 4108(粉砕用ボール及びシルペップ)に規定する直径19、長さ40mm、重量95gのロッドを20個入れ、毎分20ℓを給水しながら、無段変速モータで毎分 375回転させ、ロッドの衝撃によって減ずる供試体の重量を測定するものである。

3.3 「スリヘリ係数」の求め方

衝撃摩耗重量を単位面積当りの摩耗損失容積量として(1)式で表す。

$$Ac = A/V \quad (1)$$

ここに、 Ac : スリヘリ係数 (mm^3/cm^2)、 V : 摩耗損失容積 (mm^3)

A : 摩耗を受けた面積 (cm^2) $\cdot 418.90\text{cm}^2$

材 料 の 種 類	供試体名	試験材令 (日)	強 度	個数
レジンコンクリート	(R)	11	¹⁾ 850	3
特殊セメント モルタル	(T-1)	20	¹⁾ 485.5	3
	(T-2)	20	¹⁾ 502.8	3
	(T-3)	20	¹⁾ 508.8	3
ウレタン樹脂発泡体	(U-1)	12	²⁾ 3.5	3
	(U-2)	12	²⁾ 7.0	3
強化 繊維	炭 素 繊 維 (TS-1)	12	³⁾ 280	2
	アラミッド繊維 (TS-2)	12	³⁾ 350	2
	ポリアリレート繊維 (TS-3)	12	³⁾ 350	2
高強度混和剤系	(Σコンクリート)	13	¹⁾ 835	3
	(Σモルタル)	13	¹⁾ 903	3

1) : 圧縮強度 (kgf/cm^2)

2) : 1層、1cm幅当りの強化繊維シートの引張強度 ($\text{kg} \cdot \text{f}/\text{cm}/\text{枚}$)

3) : 5%変位の圧縮強度 (kgf/cm^2)

4. 試験結果と考察

スリヘリ係数と試験時間の関係を図-1に示す。

これによると、レジンコンクリートは摩耗量が少なく極めて高い耐摩耗性を示し、一般に言われているように高強度で靱性の高い材料であることがうかがえる。

特殊セメントを用いたモルタルは、普通コンクリートに比して2倍程度大きい比較的高い耐摩耗性を示し、コンクリートとすると粗骨材の効果も得られ、より大きな耐摩耗・衝撃性が得られると考えられる。

ウレタン樹脂発泡体は、衝撃型の試験機とその強度特性から極めて低い耐摩耗性を示し、その作用等を考慮して活用しなければならないものと考えられた。

強化繊維シートは、アラミッド及びポリアリレート繊維が高い耐摩耗性・衝撃性を示しているが、炭素繊維は衝撃作用により試験途中で千切れてしまい、こうした作用箇所への使用には考慮を要することが分かった。これは、高弾性の材料特性によるものと考えられる。

高強度混和剤系の材料は、大きい圧縮強度から比較的高い耐摩耗性を示している。圧縮強度の大きいモルタルがコンクリートより摩耗量が多いのは、粗骨材の占める面積が影響していると考えられる。

既存覆工コンクリートの残されている力学的耐力の活用や補強効果、断面縮小度合い、材料の製作性や施工性、コスト及び施工条件への適応性などから考えると、強化繊維シートが、現状段階では一番有利と判断される。

5. まとめ

ウレタン樹脂発泡体を除く材料は、いずれも高い耐摩耗性が得られ、「スキンライニング」材として適用できると判断される。

なお、実際の水路トンネルへの適用にあたっては、既設覆工コンクリートの劣化、変状、湧水などの状況に合わせて、効果的な補強をも考慮した合理的な設計、施工方法が求められているので、材料を適宜に使い分けることも必要と考えられる。

九州電力(株)川上第一発電所(佐賀県)の導水路トンネルで、強化繊維シートを用いた「スキンライニング工法」を他社の工法と共に共同研究の形で平成3年末に実施しておりますので、結果が出た時点で報告できるものと思っております。

今回の実験を行うにあたり東燃(株)、東邦天然ガス(株)、麻生セメント(株)及び電気化学工業(株)の各社の協力をいただいたことを記して、感謝の意を表します。

〔参考文献〕

- 1) 園田春雄, 伊東通陽, 小谷昭一: 再開発水力発電所のコストダウン方策の一例について, 電力土木 No. 231, 1991.3

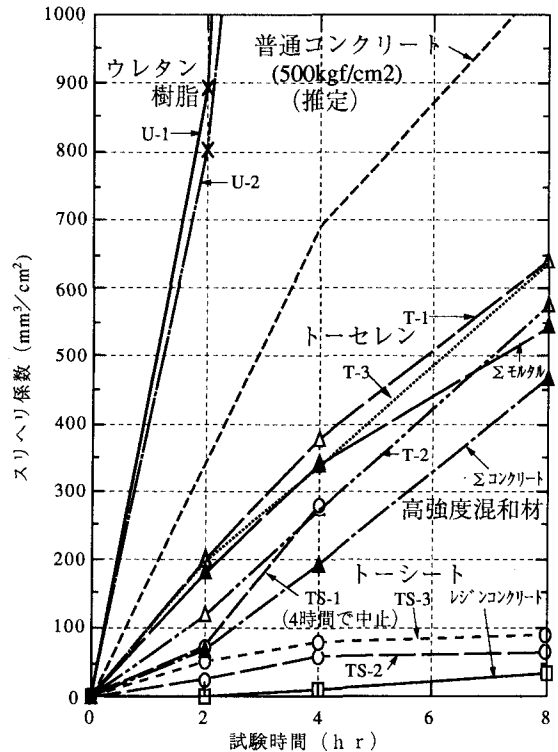


図-1 各種摩耗材料のスリヘリ係数と試験時間の関係