

ポリエステル系被膜養生剤の開発とトンネル覆工コンクリートへの適用

清水建設(株) 正会員 ○伊藤健一, 平野宏幸, 川上博史
 清水建設(株) 正会員 Phan Huu Duy Quoc, 田中博一, 江渡正満

1. 概要

トンネルの覆工コンクリートの初期ひび割れは漏水やはく落等の劣化の原因となるため、施工時の有害なひび割れ発生を防ぐことが重要である。初期ひび割れの主な原因の一つはコンクリートの乾燥収縮であり、近年は乾燥収縮ひび割れ抑制のために、シートやバルーンによる保湿養生など様々な対策が開発、実施されている。

平成20年度紀勢線海山トンネル工事において、被膜養生剤による覆工コンクリートの乾燥収縮ひび割れ発生の抑制対策を行った。その際、水分散系ポリエステルを主成分とする新たな被膜養生剤（以下、新被膜養生剤という）を開発し、室内および現場において、市販されている数種類の養生剤との性能比較試験を行った。その結果、新被膜養生剤がコンクリートの水分逸散の抑制やかび抵抗性において優位にあることを確認した。また、試験施工で施工性や仕上りが良好である施工方法を確認して、実施工に適用した。

2. 室内試験

2.1 試験方法

比較検証する養生剤は、①養生剤なし、②新被膜養生剤、③被膜養生剤 a、④表面養生剤 b、⑤浸透型表面養生剤 c、⑥乾燥収縮低減剤 d、⑦表面含浸型改質材 e、⑧封かん養生、⑨水中養生とした。

試験体はそれぞれの養生条件ごとに3個（150×150×150mm）製作し、養生剤の塗布量はメーカー指定量、および新被膜養生剤は200g/m²とした。①～⑦は材齢1日目で脱型後に養生剤を塗布し、その後材齢56日まで気中養生（温度20℃、相対湿度60%）とした。⑧、⑨は材齢3, 7, 28日まで封かん養生または水中養生、その後材齢56日まで気中養生とした。コンクリートの配合を表-1に示す。

表-1 コンクリートの配合

W/C(%)	s/a(%)	単位量 (kg/m ³)			
		W	C	S	G
55	46.4	165	300	847	988

評価方法は質量変化試験、表面透気試験、中性化促進試験、かび抵抗性試験とし、養生剤の効果を比較した。表面透気試験はトレント法¹⁾により行った。トンネル覆工コンクリートは多湿環境によりかびの発生が懸念されるため、かび抵抗性試験（JIS Z 2911）を行った。

2.2 試験結果

質量変化試験の結果を図-1に示す。試験体表面からの水分逸散による質量変化を、乾燥開始時の全体質量に対する割合(%)で評価した。②新被膜養生剤の質量変化が最も小さく、コンクリートの水分逸散の抑制効果が最も高いことを確認した。これに対し、被膜を形成しない養生剤④～⑦は乾燥を抑制する作用はあるものの、その効果は小さかった。

表面透気試験の結果を図-2に示す。被膜養生剤②③が表面透気係数は小さく、7日封かん養生と同等であり、コンクリートの組織が緻密化したことを確認した。

中性化促進試験の結果においても、②被膜養生剤の中性化深さが最も小さく、7日封かん養生と同等であり、耐中性化性の向上効果を確認した。

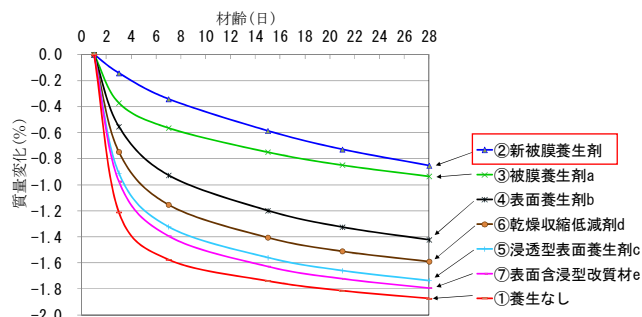


図-1 質量変化試験の結果

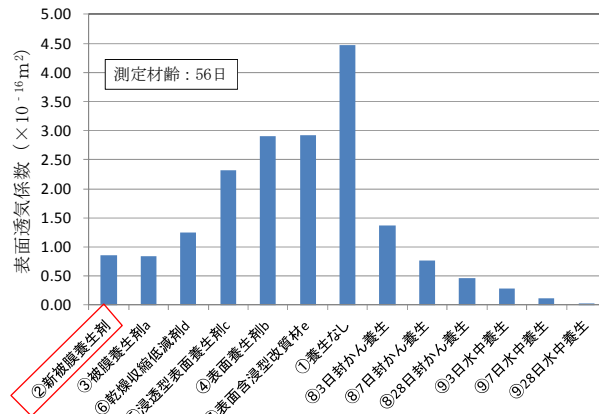


図-2 透気試験の結果

キーワード かび抵抗性試験, 質量変化試験, トレント法, トンネル覆工, 被膜養生剤, 表面透気試験

連絡先 〒460-8580 愛知県名古屋市中区錦1-3-7 清水建設株式会社名古屋支店土木技術部 TEL 052-201-7623

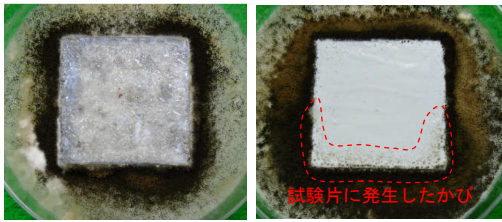
かび抵抗性試験の試験体の状況を写真-1に示す。①養生剤なしや③被膜養生剤 a では試験片にかびの発生が見られたが、②新被膜養生剤では試料又は試験片の接種した部分に菌糸の発育が認められず、十分なかび抵抗性があり、トンネル覆工に問題なく適用できることを確認した。

以上の室内試験結果より、新被膜養生剤の養生効果とかび抵抗性を確認し、実施工に適用することとした。

3. 現地試験

3.1 試験方法

比較検証する養生剤は、①養生剤なし、②新被膜養生剤、③被膜養生剤 a、⑤浸透型表面養生剤 c、⑩被膜養生剤 f、⑪含浸型養生剤 g とした。試験体はそれぞれの養生条件ごとに質量変化試験用（φ100×200mm）3本とした。試験体はセントル脱型材齢に合わせて脱型し、迅速に被膜養生剤を塗布した後、覆工コンクリートと同じ坑内湿潤環境となる場所に静置した（写真-2）。覆工コンクリートの配合を表-2に示す。



②新被膜養生剤 ③被膜養生剤 a
写真-1 かび抵抗性試験の結果

3.2 試験結果

質量変化試験の結果を図-3に示す。これより、③被膜養生剤 a、②新被膜養生剤の質量変化が小さく、他の養生剤と比較して水分逸散の抑制効果が高いことを確認した。

以上の結果から、②新被膜養生剤と③被膜養生剤 a の養生効果を確認したが、③被膜養生剤 a はコンクリートに着色されて外観が変化するため、着色することなく、かび抵抗性も確認された②新被膜養生剤を適用することとした。

4. 試験施工

新被膜養生剤の覆工コンクリートへの適用において、事前に、塗布規定量 200g/m² となる塗布回数の確認や、作業性、仕上りを比較検証する試験施工を行った。

表-3に検証結果を示す。これより、手押しポンプ噴霧器で噴霧後にローラーで手直しを行う方法、およびローラーのみによる塗布方法が施工性は良好と判断した。

表-2 覆工コンクリートの配合 21-15-40BB

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)			
		W	C	S	G
54	44.6	165	306	786	994



写真-2 現地試験の状況

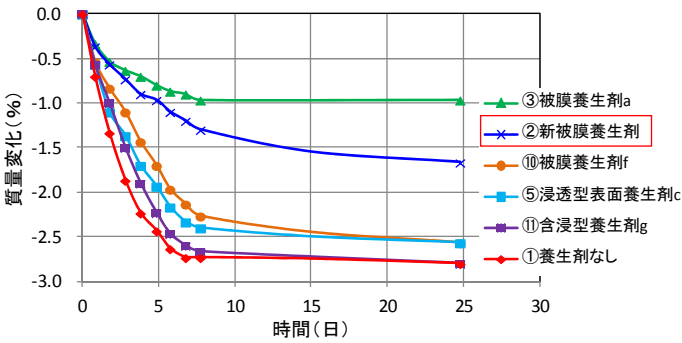


図-3 質量変化試験の結果

表-3 新被膜養生剤の試験施工の結果まとめ

塗布方法	刷毛	ローラー	手押しポンプ 噴霧機	電気式噴霧機
塗布時間	長	中	短	短
作業性	1回の塗布量が少なく、作業量が多い	2,3回塗布する必要があるが、作業性は良好	1回の噴霧で十分な量を塗布でき、作業性は良好	養生剤の硬化が速く、噴霧機内部で閉塞する傾向がある
仕上り	良好	良好	良好、ただし部分的に手直しが必要	良好、ただし部分的に手直しが必要
総合評価	△	○	○	△

5. 実施工

室内試験および現地試験にて性能を確認した新被膜養生剤を、平成20年度紀勢線海山トンネル工事の覆工コンクリートに適用した。実施工では高所作業車上の狭隘な作業場所のため、ローラーによる2回塗布の方法を最終的に採用した。全体で覆工コンクリート 8,400m²（35ブロック）に施工し、その結果、材齢2.5カ月の目視調査で有害な乾燥収縮ひび割れは確認されず、品質を確保することができた。

【参考文献】

1) Phan H. D. Quoc, T. Kishi, (April 2009), Strong effect of curing condition on air permeability of surface concrete, Concrete Plant International, pp 72-76