

III-26

鋼製セグメントにおけるの防食セグメントの研究

東京電力㈱ 神奈川地中線建設所 正会員 ○須田 嘉彦
 〃 送電建設本部 〃 西原 茂雄
 新日本製鐵㈱ 表面処理研究センター 加治木 俊行

1. 研究開発の目的

最近の地中送電線用トンネルの建設においては、工事中における周辺環境への影響、交通支障の低減などの目的からシールド工法が主流となっている。シールド工法は一次覆工を鋼製あるいは鉄筋コンクリート製のセグメントを使用して構築する。従来より、鋼製セグメントで一次覆工を構築する場合は防食、止水等を目的に原則として無筋コンクリートで二次覆工を実施する。シールドトンネルの覆工の設計は設計外力を全て一次覆工のセグメントで負担し、二次覆工は外力を負担しない考え方が一般的である。そこで、建設工事費のコストダウンを図る方策として、覆工を一次覆工と二次覆工の合成部材として考える方法や、二次覆工を省略する方法が考えられる。

東京電力㈱では変形の小さいセグメントの採用および最近の止水工の技術の向上をとらえ、これを積極的に工事に反映し二次覆工を省略することにより、トンネル工事費のコストダウンを図っている。ここで、鉄筋コンクリート製セグメントを使用する場合には止水対策のみを確立することで二次覆工の省略が図れるが、鋼製セグメントを使用する場合にはさらに防食対策を確立することが不可欠ある。そこで、本研究は二次覆工コンクリートに代わる鋼製セグメントの防食材料の開発を目的に実施している。

2. 研究内容

研究のフローは図-1に示すとおりである。最初にセグメントの要求品質（表-1）を満足する防食材料を絞りこむために防食材料の基本特性を把握する基本性能実験を実施した。次に抽出された防食材料をセグメントに塗装しセグメントの変形に対して追従性がよいこと、施工時の取扱いに対して剥離やひび割れが生じないことをセグメント適用実験で確認し、最終的な防食材料を選定した。そして、現在選定された①変性ポリエチレン、②ポリマーセメントに対してトンネル供用時の防食材料の長期耐久性能を確認するため腐食促進試験を実施している。さらに促進試験によって得られた防食性能の寿命の妥当性を検証するため、実際に供用中の地中線トンネルに防食材料を塗装したサンプルを設置し、長期現場暴露試験を実施している。

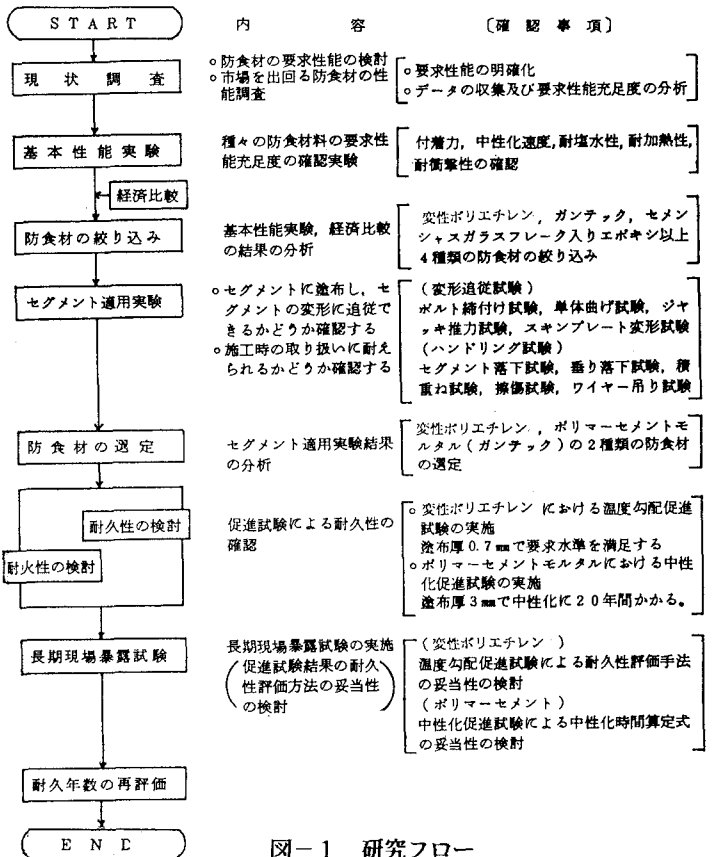


図-1 研究フロー

3. 防食材料の長期防食性の検討

表-1 防食材料の要求品質

要求性能項目	判 定 基 準
長期防食性	数十年程度の防食性能が必要
施 工 性	施工上の取扱い時に問題がない
補 修 性	施工時および保守時の傷に対して現場で補修可能なもの
耐 衝 撃 性	セグメントの落下、工具の落下等の衝撃に対してひびわれ・剥離が生じないもの
変形追従性	土圧・水圧・ジャッキ圧等の外力によるセグメントの変形に対して、ひびわれ剥離が生じないもの

防食材料の要求品質のうち表-1に示す施工性、補修性、耐衝撃性および変形追従性に経済性をそれぞれ満足する防食材料として①変性ポリエチレン、②ポリマーセメントの2種類を選定したが、これを実際に鋼製セグメントに適用するためには、もう1つの要求品質である長期にわたる防食性が必要である。そのため変性ポリエチレン、ポリマーセメントを塗装したテストピースを作成して促進試験を実施し発錆時期を確認することで耐久性の把握を行った。

今回はこのうち発錆メカニズムが比較的明確な変性ポリエチレンの長期防食性の検討について述べる。鋼材の発錆メカニズムはまず最初に水と酸素が防食材料を透過し、鋼材表面に到達する。そして水と酸素が鋼材と防食材料の界面にたまり、鋼材表面上に局部電池が形成されることで錆が発生することが、発錆の主要因と考えられる。よって、促進試験は塗装した防食材料の表面と鋼材表面の温度

に大きな差をつけることにより、防食材料中の水と酸素の透過速度を速くして発錆時期を早めることを基本としている。（この試験を温度勾配促進試験と呼ぶ）

温度勾配促進試験は防食材料の塗膜厚を5水準（100, 200, 300, 400, 700 μm ）、温度差の水準については塗膜厚 100 μm のケースが5水準（3, 10, 20, 30, 40 $^{\circ}\text{C}$ ）、塗膜厚 200, 300, 400, 700 μm のケースが3水準（20, 30, 40 $^{\circ}\text{C}$ ）で実施した。発錆時期と各温度差における水蒸気圧差 ΔP （mmHg）との関係を図-2に示す。塗膜厚 100 μm のケースの発錆時期と水蒸気圧差には明確な直線関係が認められる。温度勾配促進試験での水の透過速度が水蒸気圧差に依存し、吸水量が直線的に増加すると仮定すると、

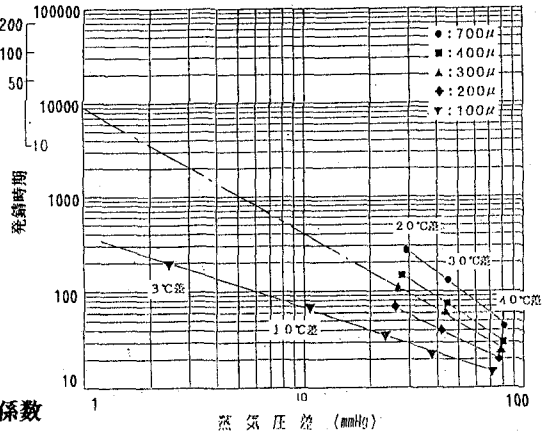


図-2 温度勾配促進試験結果

$$Q = D(T_{A \cdot}) k \Delta P / L \quad D(T_{A \cdot}) : \text{透過係数}$$

$$Q = \int q \, dt = k \Delta P t / L \quad q : \text{透過速度}$$

$$\therefore \log(t) = -\log(\Delta P) + C \quad Q : \text{吸収量}, L : \text{塗膜厚}, t : \text{発錆時期}$$

となり、発錆時期は水蒸気圧差 ΔP に比例する。

地中送電線用トンネルの雰囲気温度は計測の結果、20 $^{\circ}\text{C}$ ～30 $^{\circ}\text{C}$ であった。また、東京の地中温度は低く見積もっても15 $^{\circ}\text{C}$ である。以上の条件および空気、ポリエチレン、鋼材の熱伝導率から図-3に示す ΔT に応じた水蒸気圧差を算出すると 0.5mmHgとなる。この結果と温度勾配促進試験の結果から発錆時期を実験値から外挿することで塗膜厚 300 μm で50年程度の耐久性はある。しかし、塗装の信頼性等を総合的に勘案すれば、適用にあつたては塗膜厚 700 μm 程度が妥当と考える。

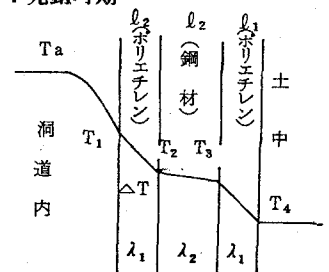


図-3 塗膜表面の温度差厚

4. 今後の課題

研究の成果として、所要の防食性能を有する防食セグメントを開発の目途を得ることができた。今後は現在、現場暴露試験の実環境における発錆時期と温度勾配促進試験のキャリブレーションにより、予測発錆時期の精度向上を図るとともに、部分的な現場適用を検討し、順次適用範囲の拡大を図っていきたい。

（参考文献 *1：土木技術者のための地質学 鹿島出版）