

開削トンネルの断面修復工に対する性能照査試験の検討

東京地下鉄(株) 正会員 ○三浦 丈典, 小西 真治, 伊藤 聡
 東京地下鉄(株) 正会員 田口 真澄, 新田 裕樹
 鉄道総合技術研究所 正会員 上田 洋, 飯島 亨, 津野 究
 東京大学 フェロー会員 岸 利治

1. はじめに

東京地下鉄(株)(以下、東京メトロ)では、営業線9路線約195kmのうち、約85%がトンネルであり、隅田川や荒川等の河川下や、東京湾近郊の埋立地に建設されたものもある。特に開削トンネルでは、漏水等が起因で生じる、浮きや剥離が大きな課題の1つになっている。浮きや剥離の補修方法として、劣化したコンクリートを除去しモルタルで覆う断面修復工を長年採用してきた。しかし、補修後数年経過すると再度劣化現象が見れる場合もあり、施工した断面修復に対して性能を確認する必要があった。

また、新しい工法や材料の導入を行い、より効果的な断面修復工の検討を行うにあたり、性能を評価する方法を確立させる必要があった。

そこで、東京メトロでは、外部有識者を含めた検討会を開催し、断面修復工に対する要求性能及び要求性能を確認するための試験方法について検討してきた。

2. 断面修復工の要求性能及び試験方法

断面修復工等の保守作業は、終電後から始発までの限られた時間内で行わなければならない。したがって限られた時間内で確実に施工ができ、補修後も劣化因子を侵入させず、長期的に断面修復部の剥離及び剥落が生じない材料及び工法が求められる。そこで表-1のように、断面修復工の要求性能及び要求性能を確認する試験方法を整理した。

断面修復工の要求性能は、地下空間という特殊な環境下でも適用できる施工性、長期的に所定の性能を發揮し続けることができる耐久性が求められる。加えて、断面修復部と既設コンクリートとの境界面(界面)に劣化の原因となる水等が入らないように、両者を隙間なく密着させる緻密性と接着性が求められる。

これら要求性能を満たすために、東京メトロとして独自の性能照査試験を検討した。本稿では、佐藤らによって行われた断面修復工の要求性能を、東京メトロの開削トンネルを模擬した供試体を用いることで簡易的に評価する室内試験と、実際のトンネルで行うことで精緻に評価する現地試験及びそれら各試験を運用するフローを紹介する。

表-1 断面修復工の要求性能及び試験方法

要求性能	内容	試験方法
施工性	き電停止中に所定の作業が完了でき、初電に影響を及ぼさない性能	現地試験施工
界面の緻密性	コンクリートと補修材との界面での物質移動を許容しない性能	室内透水試験 現地簡易注水試験*
接着性	施工後に容易にはく離及びはく落が生じない性能	室内建研式付着試験 現地建研式付着試験*
耐久性	長期的にはく離及びはく落が生じない性能	モニタリング

*劣化因子により腐食しやすい環境下を想定する場合に行う。



図-1 コンクリート供試体

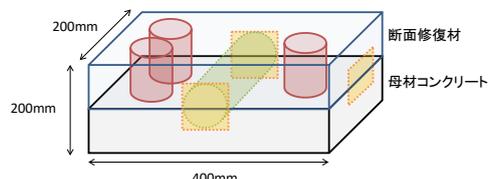


図-2 試験用コア採取方法

3. 各試験の方法

(1) 室内透水試験

室内透水試験は、断面修復工の要求性能である界面の緻密性を確認する試験である。

図-1 に示すとおり、コンクリート供試体 400mm×200mm×120mm を作製する。400mm×200mm×20mm を小型チッパーによりはつり除去し、断面修復材の施工要領に則り、はつり面に対して100mm厚の補修を行い、供試体 400mm×200mm×200mm とする。次に図-2 に示すとおり、平板型の供試体からφ100mm×200mmのコンクリートコアを採取し、円筒容器に入れて隙間をエポキシ樹脂でシールする。その後、円筒容器に入れたコンクリートコアを、透水試験機に設置し水圧1MPaで48時間加圧する。その間に水の排出が認められた場合にはアウトプット法により透水係数を求め、水の排出が認められない場合には、インプット法により拡散係数を求めて透水係数に換算する。

キーワード 開削トンネル, 断面修復, 透水試験, 付着強度試験

連絡先 〒110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6 東京地下鉄(株) 工務部土木課 TEL 03-3837-7264

(2) 室内付着試験

室内付着試験は、断面修復工の要求性能の接着性を確認する試験である。

はじめに、図-3 に示すように、コアボーリングで、接着剤剥離試験器用治具（直径 75mm）の外径と同じ径の切り込みを、コンクリートまで達するように入れる。切り込みを入れた箇所に治具をエポキシ樹脂系接着剤で接着し1時間以上硬化させる。その後、図-4 に示すように、接着剥離試験器を用いて付着強度を測定する。



図-3 引張強度試験概要図

図-4 引張強度測定状況

(3) 現地簡易注水試験

現地簡易注水試験は、断面修復材と母材コンクリート界面の緻密性を評価するための試験である。現地では、室内試験のようにコアを採取できないため、図-5、図-6 に示すような注水器を用いて注水量を測定し、界面の緻密性を評価する。以下に試験手順を示す。

- ① 断面修復箇所の鉄筋近傍に直径 5mm のドリルビットを取り付けたハンマードリルで深さ 100mm まで削孔し、削孔箇所に座金をエポキシ樹脂系接着材で接着する。
- ② 接着後 24 時間以上経過した時点で容器内を清水で満たし、ストッパーを用いて容量 50ml 位置でプランジャーを固定する。
- ③ 加圧ゴム 2 本をプランジャーとシリンジとに掛け、座金に取り付ける。
- ④ 座金を容器を固定した後にストッパーを解除して容器を加圧状態とする。
- ⑤ 加圧開始（ストッパー解除時）から 5, 10, 20, 30 分間後までのシリンダー内の清水減量を記録して注水量として記録する。

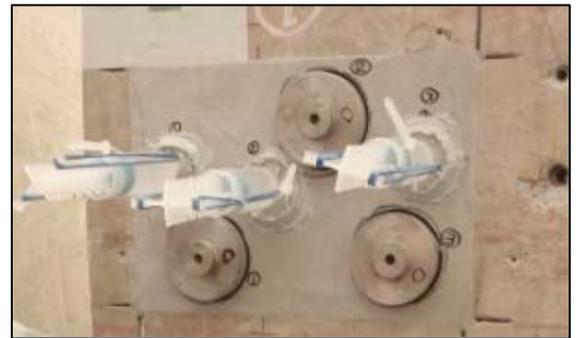


図-5 現地簡易注水試験状況

(4) 現地付着試験

現地付着試験は、現地の環境を考慮した上で断面修復材と母材コンクリートの付着性を評価するための試験である。

試験手順としては、室内付着試験と同様の手順で図-6 に示すように接着性を評価する。

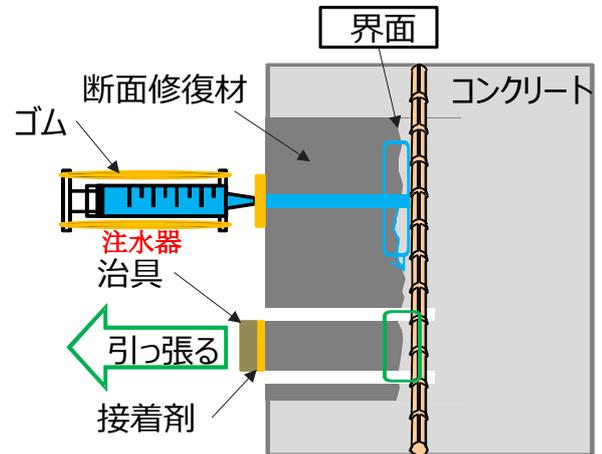


図-6 現地試験概要図

4. 性能照査試験運用フロー

前項で示した断面修復工における要求性能の照査方法の運用の流れを図-7 に示す。これにより、まず供試体を用いた室内試験を行うことで、簡易的かつ定量的に適用の可否を行うことが可能となる。塩害区間等劣化因子により腐食しやすい環境では、実際のトンネル内でも試験を行うことで母材の状態等施工環境を考慮した上で精緻に評価することが可能である。

また新しい工法や材料について試験により採用可能になった場合は、実際のトンネルにおける施工後もモニタリングによる評価を継続することにより、新たな標準工法としての採用も検討できる態勢を整えることができる。

5. まとめ

断面修復工における具体的な基準値については、現在検討を進めている。今後の新しい工法や材料の評価方法は、試験施工及び長期的なモニタリング調査を行うことで、東京メトロとして求めるべき基準等を明確にしていく。

参考文献

- 1) 佐藤謙, 小西真治, 大塚努, 瀬筒新弥, 津野究, 岸利治: 箱型トンネル構築補修方法現地試験工事, 第 24 回鉄道技術・政策連合シンポジウム (J-RAIL 2017), pp.94-97, 2017

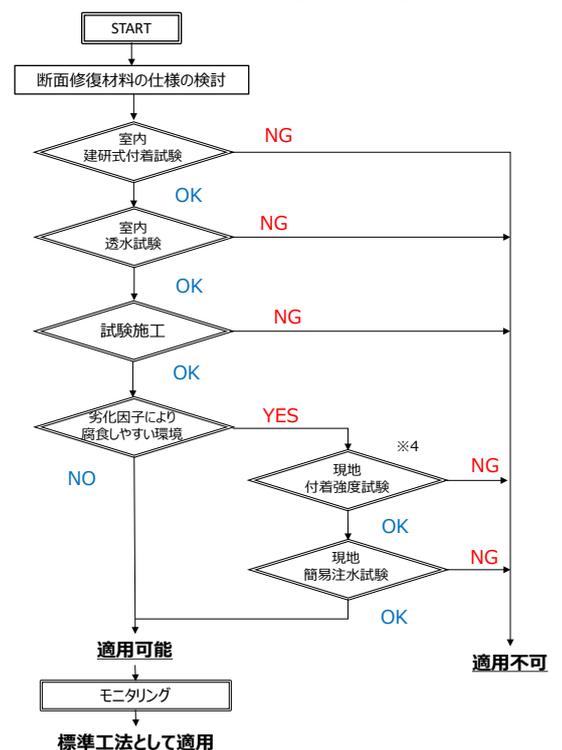


図-7 断面修復工性能照査フロー