

## 建設から75年経過した銀座線トンネルのRCスラブの健全度調査

東京地下鉄(株)	正会員	山本	努
(財)鉄道総合技術研究所	正会員	佐々木	孝彦
(株)大林組	正会員	平田	隆祥
三協(株)	正会員	佐藤	登

## 1. はじめに

銀座線上野広小路～上野駅間は昭和3年に建設が開始され75年以上経過したトンネルである。当該区間では隣接する地下駐車場建設工事の施工に伴う銀座線トンネル補強用の資材搬入口としてトンネルの側壁の一部が撤去されることになり、健全度を把握するためにコンクリート及び鉄筋の調査を実施したので、その結果を報告する。

## 2. 当該トンネルの概要

当該区間は開削工法の箱型トンネルで、ベルリンやニューヨークの地下鉄に倣い、図-1のように一定間隔で鋼材の枠を並べ、RCの上床・側壁・下床スラブを配置する鉄構框トンネルと称される構造で建設されている。

当時の資料にはコンクリートの配合が1:2:4(セメント:砂:砂利の容積比)許容曲げ圧縮応力度は $3.5\text{N}/\text{mm}^2$ と記述されており、設計基準強度は $10\text{N}/\text{mm}^2$ 程度と推定される。コンクリートの施工は路面上の電動混合機で練り上げ、斜路のシュートを用いて坑内に打設したと記録されている。鉄筋は13、16の丸鋼である。

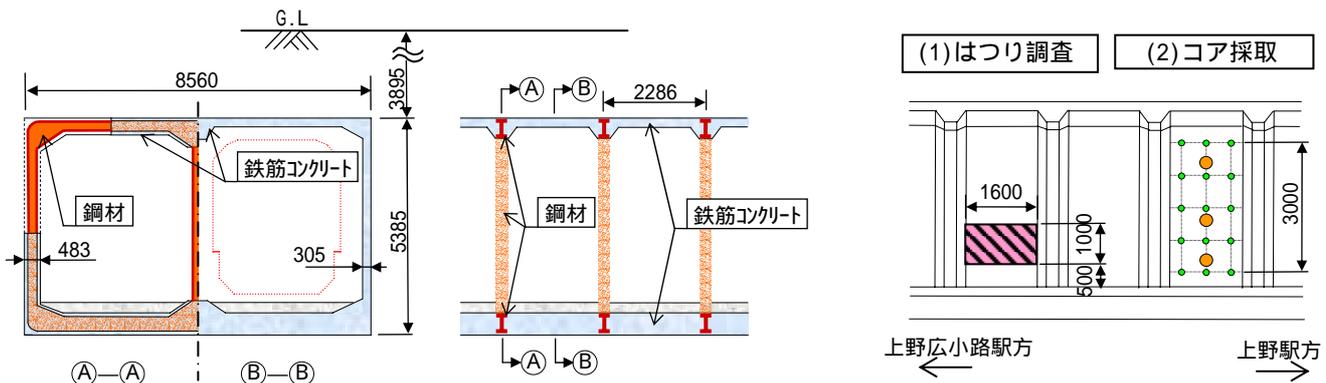


図-1 当該トンネルの構造

## 3. 調査項目

## (1) はつりによるコンクリートと鉄筋の状態調査

…内部変状、鉄筋配置状況、鉄筋腐食状況、中性化深さ

## (2) 採取コアによる試験

…圧縮強度・静弾性係数試験、標本コア採取

## 4. 調査結果

## (1) はつりによるコンクリートと鉄筋の状態調査

RCスラブ全体を撤去する前に図-2の範囲(1600×1000mm)を人力ではつり出して調査した。はつり出す前の表面上の変状は見られず、打音による浮きも確認されなかった。はつり出して内部を見てみると、上部(道床面から1000～1500mm)に部分的なジャンカが集中して見られたが、下部(道床面から500～1000mm)は健全な状態であった(図

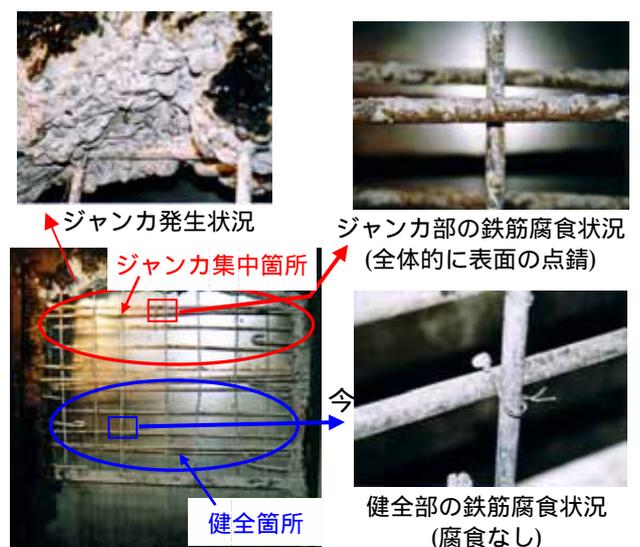


図-3 コンクリート打設状況・鉄筋腐食状況

- 3)。また背面側には15mmのアスファルト防水層と、30～40mmの保護モルタル層が見られた(図-4)。

キーワード：トンネル、鉄筋コンクリート、健全度、中性化深さ、強度

連絡先：〒110-8614 東京都台東区東上野3-19-6 東京地下鉄(株) 工務部構築物構造改善担当 TEL03-3837-7230

鉄筋の径、配筋ピッチ、かぶり厚などは、ほぼ設計通りであった(図-4)。鉄筋の腐食状況は、上部のジャンカ集中部分に位置する鉄筋には表面に点錆が認められたが、断面欠損に至るほどではなかった。一方、下部に位置する鉄筋は、腐食もなく結束筋も健全な状態であった(図-3)。

フェノールフタレイン法による中性化深さは、コンクリートが健全な部分ではトンネル内空側で約35mmであったが、背面側は約7mmと小さかった。一方、ジャンカ集中部分では、ほぼ側壁厚全部にわたって中性化が進行している無色を呈していた(図-5)。

## (2) 採取コアによる試験

圧縮強度・静弾性係数試験用として、(1)に隣接する側壁スラブ全面で75コアを15本採取した。圧縮強度は平均 $14.7\text{N/mm}^2$ (最低 $9.5\sim$ 最高 $19.7\text{N/mm}^2$ )であり、推定される設計基準強度 $10\text{N/mm}^2$ をほぼ上回っていた。静弾性係数は平均 $14.3\text{ kN/mm}^2$ であった。

また、今回標本用として150のコアも採取した。コアの外観観察によれば、粗骨材は最大粒径 $40\text{mm}$ で砂岩を主体としたチャートや花崗岩を含む川砂利であり、細骨材は川砂が使用されている。配合に関する知見として、現在の標準的なコンクリートに比べ骨材の比率が高く、セメント量が少ない特徴が見出される。これは別途同駅間で行った配合推定試験で得られた単位セメント量が $180\sim 200\text{kg/mm}^3$ であったこととも符合する。

## 5. 考察

本調査結果から考察される事柄は以下のとおりである。

- ・ はつり箇所上部のように表面変状が見られなくても、内部に部分的なジャンカが集中して存在する可能性がある。
- ・ ジャンカ集中部分では中性化が内部まで進行しているため鉄筋の腐食が始まっているが、腐食度は比較的低いことが判った。これは別途同駅間で行ったコンクリート含水率測定結果から、当該トンネルでは含水率が極めて低い(漏水がなければ1%未満)ため、中性化が進んでも水分の供給が少ないことから鉄筋腐食速度は小さくなることに起因していると考えられる。
- ・ 従って当該トンネルのような構造物では劣化の進行程度は中性化深さのみでは評価できず、含水状態や鉄筋の腐食状況も十分に考慮する必要があると考えられる。
- ・ 健全部分の背面側の中性化深さが小さいのは、背面地盤が地下水位以下であり二酸化炭素の浸入が少ないことと、防水層が健全であったためと考えられる。
- ・ よって、コンクリートの良質な施工とともに、防水層の施工の良し悪しが耐久性上大きな影響を与える可能性が高いことが判った。

## 6. おわりに

当該トンネルは、昭和初期に現場練りで施工されたコンクリート構造物であったが、所要の強度は確保されており、経年による中性化が進行していたにもかかわらず鉄筋の腐食量は小さく、今後も適切な維持管理を行っていけば供用に十分耐うる構造物であることが判った。

当該箇所を含む銀座線トンネルの鉄構区間では本調査と同時期に大規模な現場調査・測定、構造解析、劣化予測、要求性能照査を行っている。これらの結果についても機会があれば報告したい。

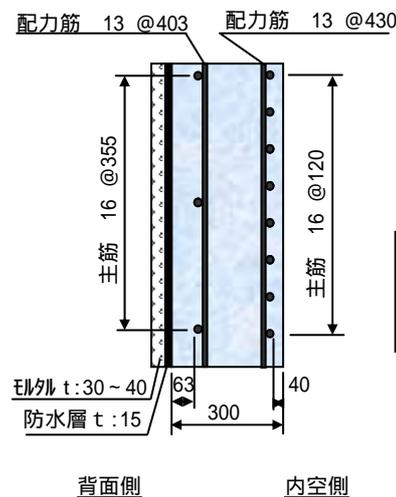


図-4 鉄筋の配置状況

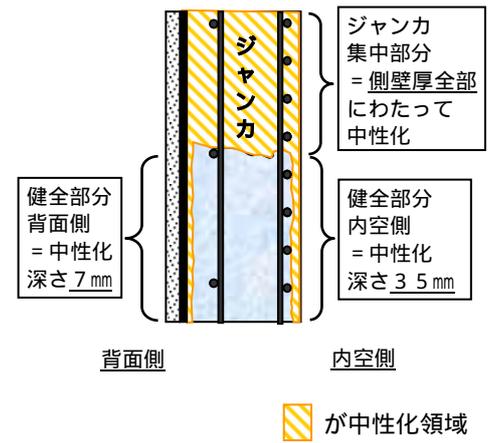


図-5 中性化進行状況