

軟弱地盤に構築されたカルバートンネルの健全度調査

東京都土木技術研究所 正会員 ○宍戸 薫、関口 幹夫

1. まえがき

本トンネルは、羽田新空港へのアクセス道路として東京湾岸道路・国道357号線と接続するように多摩川沿いを延伸する環状八号線のトンネルとして、空港の新A滑走路と誘導路と交差する位置に建設され、平成元年に完工した。平成5年9月に供用開始され、今日に至っている。図1に位置図とトンネル位置図及び断面図を示す。本トンネルは、滑走路と交差する位置に建設されたことから、周辺地盤と同様な沈下傾向を示すことが要求された。しかし、施工後早期の段階から躯体にひび割れや漏水が見られ、予想を上回る不等沈下を呈した。そこで、本トンネルでは竣工直後から、動態観測を実施し経年変化を調査してきた。本報文では、沈下などの動態観測から、躯体の健全性を評価した結果を述べる。

2. トンネルの環境条件

本トンネルは多摩川河口に位置し、沖積層下端の深度は約A.P.-40mである。土質断面は上から、埋土、沖積粘性土層上部、沖積砂質土層、沖積粘性土層下部となっている。このうち、沖積粘性土層は有楽町層と呼ばれN値が2~3程度であり、圧密を受けやすい土層となっている。本トンネルは東京湾の近傍に位置しているため、躯体ひび割れ部に浸透する地下水には塩素イオン（濃度0.14~4.33kg/m³）を含有する。このため塩素イオンによる鉄筋の腐食（発錆）が懸念された。

3. 健全度評価項目

本トンネルでの健全度評価の調査項目は、トンネル躯体の動態観測（躯体の沈下量、水平移動量、ひび割れ発生状況・目地開き状況、漏水状況調査など）と、耐久性確保に関わる調査（鉄筋腐食調査、電気防食の試験施工、中性化進行度など）について行った。この計測データから、不等沈下が躯体に与える影響と、鉄筋の腐食進行度合いを解析して健全性を評価した。

4. 結果及び考察

(1)変位と不等沈下量 図2にトンネル軸方向の沈下量を経年的に示す。なお、沈下量は躯体竣工時の躯体高さを基準値として算出した。これによると、沈下の収束はまだ明確に現れていない。図2に示すように、その5工区の沈下量は約1mとなっており、その1工区との不等沈下量は0.56mとなっている。不等沈下の経年変化を図3に示す。近年ようやく収束の傾向を示してきている。不等沈下によって躯体に作用する応力を把握する目的で、有限要素法（三次元FEM）を用いて応力解析した。解析モデルとして、不等沈下に相当する変位を与えたときに発生する鉄筋応力を算出した。その結果、鉄筋応力度は、最大でも100N/mm²程度であり、許容応力

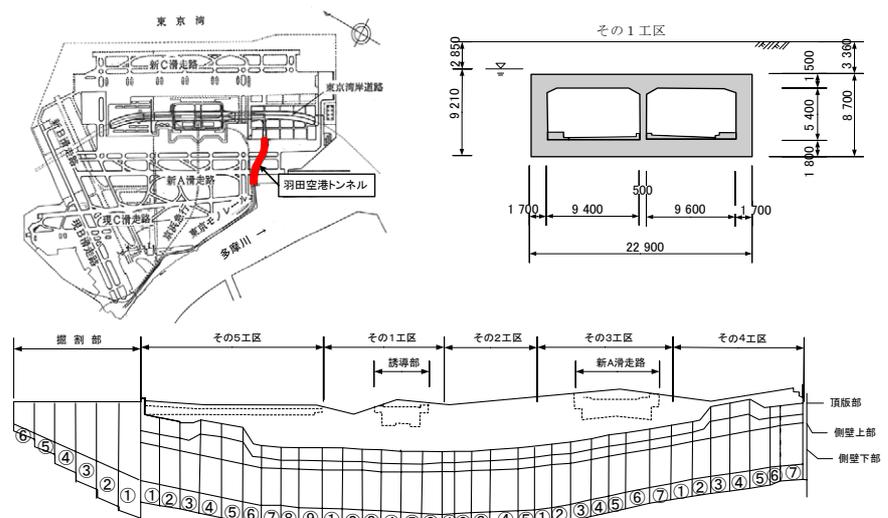


図1 位置図及び矩形図

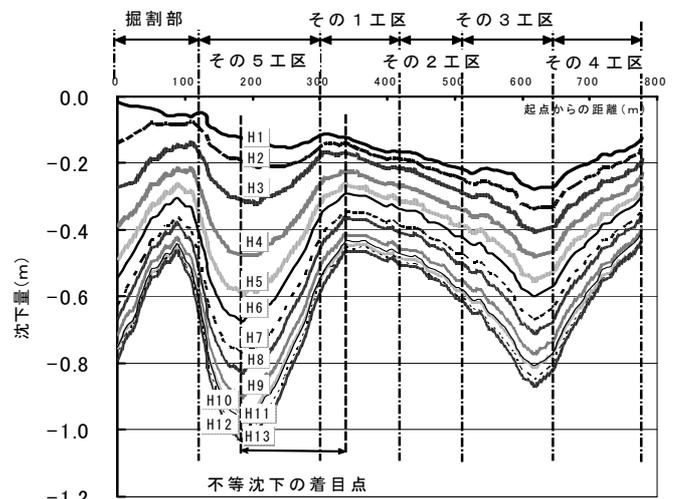


図2 トンネル軸方向の沈下量

キーワード：ボックスカルバート、不等沈下、塩化物イオン、鉄筋腐食

連絡先：〒136-0075 東京都江東区新砂 1-9-15 TEL03-5683-1522, Fax 03-5683-1515 (東京都土木技術研究所)

度 (180N/mm²) 以下の応力であることが確認できた。図4に不等沈下に伴う鉄筋応力のパフォーマンスカーブを示す。ここで、鉄筋の応力ひずみ曲線上に、現状の応力、最終不等沈下での応力などを表示した。鉄筋応力から見た耐荷力診断を行うと以下のとおりである。

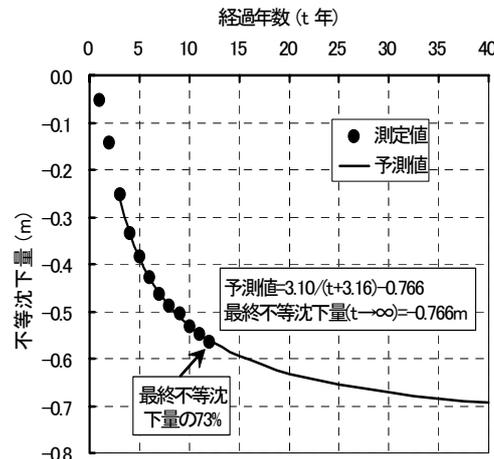


図3 不等沈下量の経年変化

鉄筋の許容応力 (σ_{sa})

以下であれば、構造耐

力上安全領域、 σ_{sa} と鉄筋の降伏応力 (σ_y) の範囲は注意領域、 σ_y は危険領域とそれぞれ設定すると、トンネルの現状は十分安全側に位置する。また、最終不等沈下量に達しても σ_{sa} に対し 1.3 の安全率を有しており、予測の最終沈下量で大幅に沈下傾向が変化せず、不等沈下の予測範囲内で推移すれば、構造耐荷力に関する問題は生じないと考えられる。

(2) 塩害について： 塩害による鉄筋腐食に関して、定点で腐食進行度を計測した。計測は、鉄筋の自然電位等の三要素を測定し、土木学会・コンクリート委員会腐食防食小委員会報告¹⁾に従ったしきい値で腐食度の評価を行った。経年での測定結果を表1に示す。これから、平成13年度の調査で腐食大領域が拡大している傾向がつかめる。そこで、コンクリートのかぶり部分をはつり出し鉄筋の状況を肉眼観察した。写真1に点錆の発錆状況を示す。これによると、三要素測定で腐食大と判定された箇所でも、大きな腐食面積を持つものではなく、点錆程度の発生状況であることが確認された。また、この部位での鉄筋近傍の塩化物イオン量は 1.2kg/m³であった。これらの結果から、塩害のパフォーマンスカーブを描くと図5のとおりであり「進展期」初期の段階であると評価できる。躯体表面には劣化現象は顕在化していないが、コンクリート内部の一部の鋼材は腐食が開始していることから、塩害の進展について注意が必要な時期であるといえる。トンネル側壁背面側からの劣化因子（塩化物イオン）の浸透を遮断することは非常に困難であると思われる。電気防食工法のように積極的に鉄筋腐食の進行を抑制する工法の適用を考えるべきである。

5. まとめ

本トンネルの健全度評価を行うと以下の通りである。

- ① 沈下傾向は今後収束方向に向かうと思われ、不等沈下傾向も収束方向にある。
- ② 塩害については、劣化グレードが「進展期」となっており、劣化現象は顕在化していないが注意が必要な時期である。

トンネルの機能維持の観点から、健全度は良好と判断される。しかし、当面の着目点として塩害の影響が顕著であり、予防的維持管理計画を立て、劣化が顕在化する前に手を打つことが肝要と考える。最後に、本調査を行うに当たり、東京都第二建設事務所、補修課並びに蒲田工区の多大な協力を得た。ここに、紙面を借り深謝する次第である。

[参考文献] 1) 土木学会(2000):鉄筋腐食・防食および補修に関する研究の現状と今後の動向、154-155

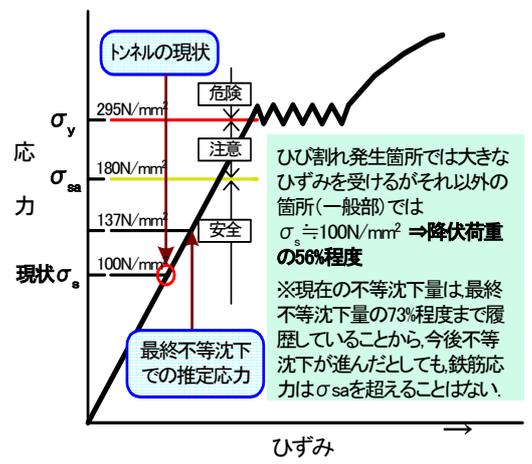


図4 鉄筋応力のパフォーマンスカーブ

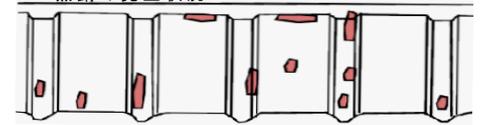
表1 塩害による腐食の進行

腐食モニタリングによる面積率(%)

年度	平成7年度	平成10年度	平成13年度	所見
腐食大	0	0.56	14.53	漏水痕部及び下端部に腐食増大
腐食軽微	0	2.97	5.9	
腐食なし	100	96.47	79.57	



点錆の発生状況



同上模式図

写真1 鉄筋の発錆状況(点錆)

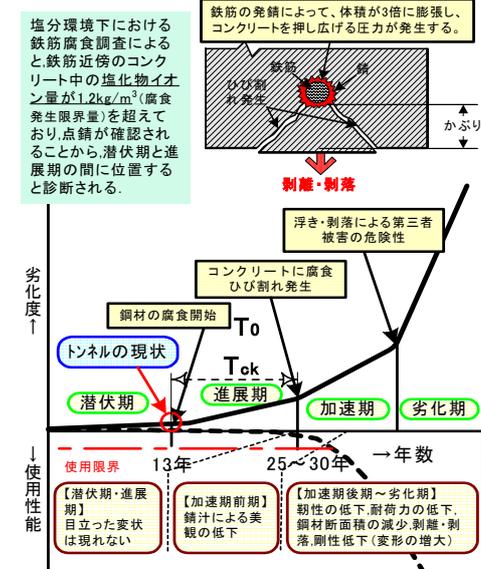


図5 塩害におけるパフォーマンスカーブ