

## 開削トンネルの鉄筋腐食における鉄筋かぶりと中性化の進行について

日本電信電話（株）アクセスサービスシステム研究所	正会員	長谷川 恵
日本電信電話（株）アクセスサービスシステム研究所	正会員	入江 浩志
日本電信電話（株）アクセスサービスシステム研究所		古閑 康作
エヌ・ティ・ティ・インフラネット（株）	正会員	鉄矢 仁

### 1. はじめに

現在NTTの開削トンネルは、建設後30年経過したものがおよそ50%を占めている。目視による定期的な点検結果より鉄筋腐食が劣化現象の6割強を占めることが判明しており、構造物の耐久性に大きく影響を及ぼすことから鉄筋腐食の発現を抑制することが今後の維持管理において有効である。鉄筋かぶりが十分確保されていない構造物および高度経済成長期に建設したコンクリート品質の低い構造物が鉄筋腐食の劣化要因である中性化の影響を受けやすいと言われている。今回鉄筋腐食について過去に実施した詳細点検結果のサンプルを基に鉄筋かぶりと中性化の進行に着目して整理したので報告する。

### 2. 調査概要

#### (1) 対象トンネル

目視点検の結果より劣化現象が著しいと判断した37トンネル（沿岸部33トンネル，内陸部4トンネル）

#### (2) 調査箇所

鉄筋腐食部42箇所，健全部37箇所 合計79箇所

#### (3) 調査内容

- ・中性化深さ測定（ドリル法：フェノールフタレイン1%エタノール溶液噴霧）
- ・鉄筋位置（鉄筋探査器又は、はつり調査）
- ・鉄筋かぶり（鉄筋探査器又は、はつり調査）
- ・鉄筋の腐食具合を確認（はつり調査）

1トンネルに2～3箇所を健全部とトンネル内で顕著な劣化現象が生じているところ，もしくは腐食ひびわれ等の劣化が顕在化しているところを調査した。

### 3. 詳細点検における調査結果と考察

37トンネル79箇所（腐食部42箇所，健全部37部）の鉄筋腐食に関する調査結果と考察は次の通りである。

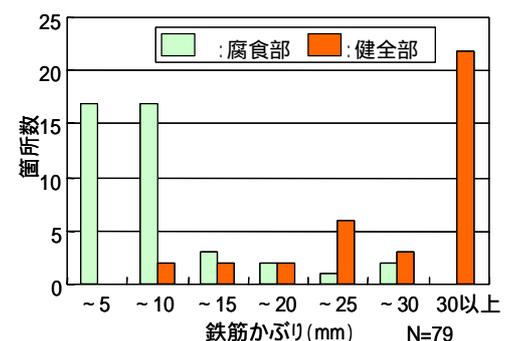
#### (1) 鉄筋かぶりの調査結果

健全部，腐食部の分布を図-1に示す。鉄筋かぶり10mmを下回ると腐食部のサンプル数が急激に増加し，鉄筋かぶり30mm以上に腐食部はなく健全部の大半が存在することが得られた。従来鉄筋かぶりが確保されていないところは腐食が発生し，鉄筋かぶりが確保されているところは腐食開始に抑制があるといわれており，本調査でも同様な傾向であった。

#### (2) 中性化残りの調査結果

健全部，腐食部の分布を図-2に示す。中性化残り25mm以上あると腐食部は見られず，中性化残り10mmを境にそれ以下になると腐食部が顕在化していることが得られた。既往の研究<sup>1)</sup>でも中性化残り10mm以下になると鉄筋腐食が開始すると言われているが，本調査でも同様な傾向であった。

図-1 鉄筋かぶりの健全部・鉄筋腐食部分布



キーワード 維持管理，劣化現象，中性化，鉄筋腐食

連絡先 〒305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1 日本電信電話（株）アクセスサービスシステム研究所 TEL 0298-68-6220

#### (3) 鉄筋かぶりと中性化残りの考察

鉄筋腐食を劣化機構で考察すると中性化残り 10 mm以下に劣化が分布しているため、中性化により劣化が発現していると判定できる。ただし点検結果サンプルより腐食部は鉄筋かぶり 10 mm以下が多いことを考慮すると竣工直後より中性化残り 10 mm以下の厳しい状況に置かれており、中性化の影響を受けやすい状態であったと推測する。中性化の進行如何に関わらず鉄筋かぶりが十分確保されていないため中性化残りが必然的に小さくなり鉄筋腐食を起こしていることが調査結果より考察できる。

本調査結果では中性化深さが鉄筋面を超える中性化残り 0 mm未満に腐食部が多数見られた。これは調査結果サンプルより鉄筋かぶり 5 mm以下、言い換えると中性化残り 5 mm以下の中性化が鉄筋位置に到達しやすい状態のものが当初より多数存在していたことによると推測する。

#### (4) 中性化深さの調査結果

図-3に37トンネルの建設経過年数による平均中性化深さを示す。現在の中性化深さは建設後30年経過で10mm以下が多く中性化の顕著な進行は見られないが、建設後30年付近を中心にW/C=60%曲線を境にして中性化深さが大きいものと小さいものに区分できトンネルによるバラツキが見られることが得られた。

#### (5) 中性化に関する考察

従来、トンネルは地下構造物であることより外部構造物に比べ中性化の進行は遅いと考えてきたが、一部のトンネルで進行の大きいものがあることが図-3各トンネルの中性化深さより得られた。中性化深さが大きいものについて図-3の平均中性化深さがW/C=60%以上をサンプルとした回帰曲線A曲線を求めた。A曲線は土木学会式を用いてW/C=71%相当の粗雑なコンクリートであると求められ、二酸化炭素の侵入が容易であるためW/C=60%と比べ中性化深さの進行が50%増と大幅に上回ったと推測する。これに対しW/C=60%以下をサンプルとした回帰曲線B曲線はW/C=60%と比べ中性化深さの進行が60%減と小さく、W/C=48%相当の非現実的な値からトンネル内の環境が要因で中性化の進行が遅いと推測する。

図-4のt則を用いた100年後の中性化深さの予測より現在10mm以下の健全部は100年後に中性化深さ20mmに到達するものはほとんど無い。設計上の一般的な鉄筋かぶり30mm程度が確保されていれば中性化による鉄筋腐食の発現はないと推測する。しかし、図-4の中性化深さの進行が早いものは、鉄筋かぶりを十分確保していても中性化残りの減少も早く近い将来に鉄筋腐食が発現すると推測される。

### 4. まとめ

本調査より以下の知見を得た。

- ・ 鉄筋かぶり10mmを下回る、または中性化残り10mm以下になると鉄筋腐食は急激に増える。
- ・ 鉄筋かぶりが少ないと中性化残りが必然的に小さくなり鉄筋腐食を起こしやすい。
- ・ 建設後30年付近を中心に中性化進行の早いトンネルが存在する。
- ・ 中性化の進行が早いと鉄筋かぶりが確保されていても鉄筋腐食が発現しやすい。

### 参考文献

- 1) ・土木学会コンクリート委員会 コンクリート標準示方書改定小委員会 維持管理編改定部会：コンクリート標準示方書「維持管理編」に準拠した維持管理マニュアル（その1）および関連資料：pp.20, 2003.11

図-2 中性化残りの健全部・鉄筋腐食部分布

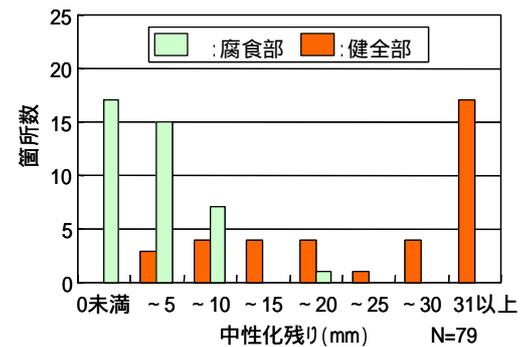


図-3 各トンネルの中性化深さ

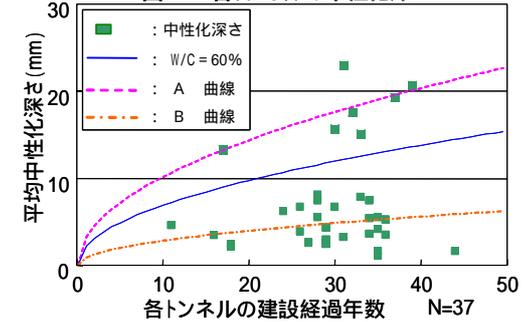


図-4 t則を用いた100年後の中性化深さ

