

## 通信用トンネルの耐久性能および鉄筋腐食傾向について

NTT インフラネット（株） 正会員 竹内 光  
 NTT インフラネット（株） 正会員 藤橋 一彦  
 NTT インフラネット（株） 非会員 松田 知巳  
 NTT アクセスサービスシステム研究所 正会員 柏木 巧

### 1. はじめに

NTT では、通信用トンネル(以下、とう道と呼ぶ)を保有している。とう道は大都市圏を中心に総延長 600km にも及ぶ構造物であるが、構築後 20 年～30 年以上経過したものが多く、開削とう道では鉄筋腐食やかぶりコンクリートのはく離といった劣化現象が発生しているものも多々確認されている。よってそれらの対策も含めた維持管理が今後非常に重要となってくる。そこで本報告では、維持管理を行う上で基礎的な情報となる、中性化速度、塩化物イオン拡散係数および鉄筋腐食量について、いくつかの開削とう道において実際に調査を行い、それらのデータを整理した。さらに、中性化深さおよび塩分量と鉄筋腐食の相関について検討を行った。

### 2. 調査概要

調査を行ったとう道の概要を表 - 1 に示す。全部で 10 とう道の調査を行い、それらの結果を整理した。A とう道～D とう道は内陸（沿岸から 5km 以上）に位置し、E とう道～J とう道は沿岸付近に立地している。また、調査時の経過年数はほとんどが 30 年前後である。

### 3. 調査方法

主な調査項目と調査内容を表 - 2 に示す。中性化深さについては、コア採取およびはつりによる方法（JIS A 1152「コンクリートの中性化深さの測定方法」に準拠）、ドリル法<sup>1)</sup>により測定した。塩化物イオン量については、コア採取とドリル法により試料を採取し、JCI-SC4「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法」に準じて深さ毎に全塩化物イオン量の測定を行った。鉄筋腐食については、鉄筋を取り出して腐食減量などを測定することが最も良い方法であるが、供用中の構造物であることを考慮し、鉄筋が腐食している場合は錆びを取り除き、残存鉄筋径を測定することで腐食量を評価した。

### 4. 調査結果

中性化速度や塩化物イオン拡散係数を評価するためには、水セメント比の情報が必要となる。そこで、圧縮強度と水セメント比の関係性を調べるための試験を行った。その結果を図 - 1 に示す。

調査で得られたコア圧縮強度から図中の回帰式を用いて水セメント比を算出した（以下推定水セメント比と呼ぶ）。

図 - 2 にとう道別の推定水セメント比と中性化速度係数の関係を示す。印は各とう道の平均中性化速度係数を示しており、上下の線は 95%信頼区間を示している。また図中には、既存の推定式（土木学会式<sup>2)</sup>、岸谷式<sup>3)</sup>、和泉式<sup>3)</sup>）を示す。和泉式につ

表 - 1 調査とう道概要

とう道	立地条件	経過年数
A とう道	東京, 内陸	42 年
B とう道	東京, 内陸	28 年
C とう道	東京, 内陸	31 年
D とう道	東京, 内陸	31 年
E とう道	東京, 沿岸	29 年
F とう道	神戸, 沿岸	31 年
G とう道	東京, 沿岸	33 年
H とう道	横浜, 沿岸	30 年
I とう道	東京, 沿岸	29 年
J とう道	東京, 沿岸	28 年

表 - 2 調査内容

調査項目	調査内容
目視調査	ひび割れ, コンクリートはく離, 鉄筋腐食の状況
コア採取	圧縮強度, 中性化深さ, 塩化物イオン量
ドリル法 <sup>1)</sup>	中性化深さ, 塩化物イオン量
はつり	中性化深さ, 鉄筋かぶり, 鉄筋腐食量

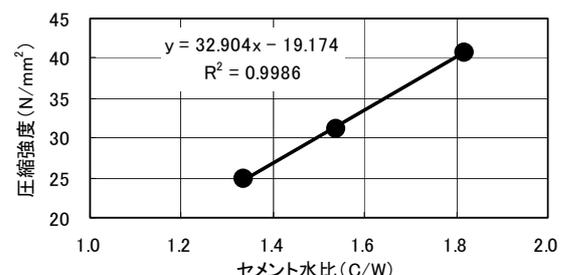


図 - 1 セメント水比と圧縮強度の関係

キーワード とう道, 中性化, 塩分浸透, 鉄筋腐食

連絡先 〒103-0007 東京都中央区日本橋浜町 2-31-1 浜町センタービル 15F TEL 03-5645-1019

いては、温度 20 で、相対湿度 40%、60%、80%の3種類とした。調査の結果、とう道の推定水セメント比は55%~77%程度であった。中性化速度はとう道によってかなりバラツキがあるが、概ね土木学会式に沿った分布を示すものと、岸谷式に近い分布を示すものに大別される結果となった。

図-3には推定水セメント比と塩化物イオン拡散係数の関係を示す。データ数が少ないので、全データを示し、土木学会式<sup>2)</sup>も併せて示した。拡散係数については、水セメント比による違いはあまり見られない。また土木学会式は測定結果に対し概ね安全側の傾向となっている。

次に鉄筋腐食の傾向についての検討結果を示す。図-4は中性化深さおよびかぶり厚さと目視観察状況との相関を表したものである。「露出部」は鉄筋が露出していた部分、「浮き」はかぶりコンクリートの浮きや、ひび割れが確認された部分、未露出は変状が見られなかった部分であり、それぞれG1（鉄筋近傍塩分量 1.2kg/m<sup>3</sup>未満）とG2（鉄筋近傍塩分量 1.2kg/m<sup>3</sup>以上）で分けた。露出部は中性化残り（=かぶり厚さ-中性化深さ）が0cmの線（実線）よりも下にあり、比較のかぶり厚さが小さい部分に集中している。浮き部は概ね中性化残り1cmの線（破線）よりも下にある結果となった。未露出部は概ね中性化残り0cmの線よりも上に存在している。全体的に目視状況と中性化の進行程度は合致している結果となった。図-5は中性化残りと残存鉄筋量との相関を示したものである。図中、黒丸は鉄筋近傍塩分量 1.2kg/m<sup>3</sup>未満、白三角は鉄筋近傍塩分量 1.2kg/m<sup>3</sup>以上の測定値である。中性化残りが概ね1cmよりも小さいと腐食が発生しており（図中の実線円内）、中性化残りが小さくなるに連れて、残存鉄筋量も少なくなっている。また塩分が存在する場合は、中性化残りが大きくても腐食が発生しており（図中の点線円内）、中性化残りが小さくかつ塩分が存在する場合は、腐食の程度も激しいものとなっている（図中の破線円内）。

5.まとめ

本報告で明らかとなった事項を以下に示す。

- ・ 中性化速度係数は、既存の推定式の範囲内である。
- ・ 塩化物イオン拡散係数は土木学会式で安全側に評価できる。
- ・ 鉄筋腐食は概ね中性化残り1cm以下の場合に発生しており、塩分が存在する場合には複合劣化現象も確認された。

【謝辞】本稿をまとめるに際して、ご指導・ご助言を頂いた早稲田大学社会環境工学科小泉教授に深謝いたします。

参考文献

- 1) 日本非破壊検査協会：NDIS3419「ドリル削孔粉を用いたコンクリート構造物の中性化試験方法」, 1999
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書[施工編], 2002年制定
- 3) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針(案)・同解説, 2004年制定

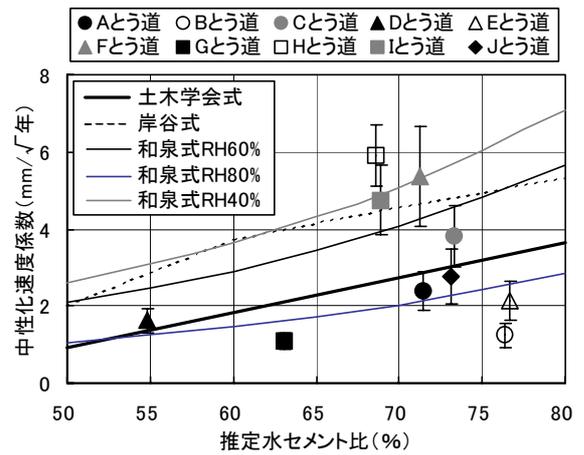


図-2 中性化速度係数の検討

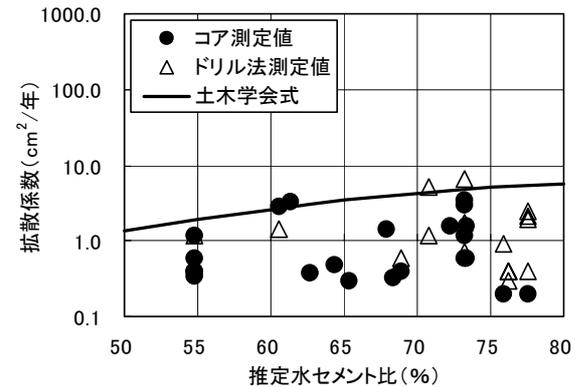


図-3 塩化物イオン拡散係数の検討

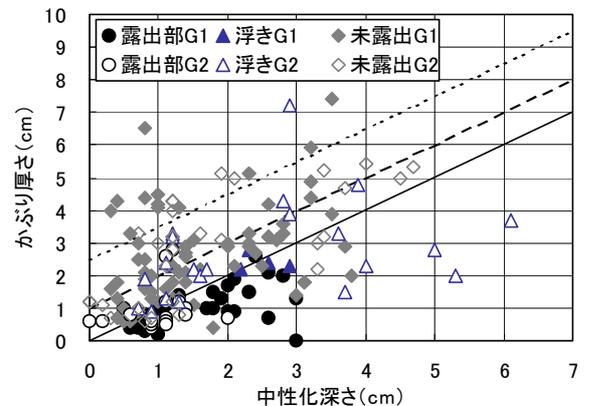


図-4 中性化深さとかぶり厚さの関係

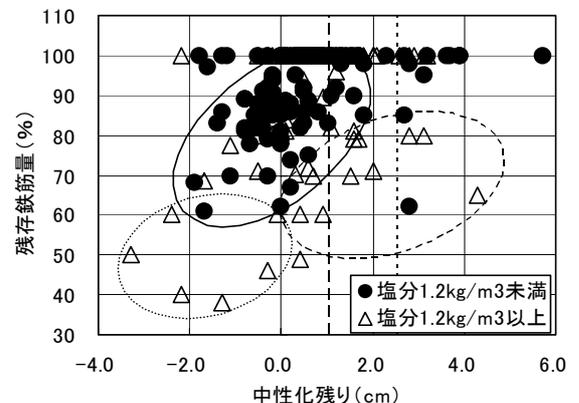


図-5 中性化残りと残存鉄筋量の関係