

開削トンネルの中性化と内在塩分による劣化傾向について

エヌ・ティ・ティ・インフラネット株式会社	正会員	○荒田	正司
エヌ・ティ・ティ・インフラネット株式会社		堀江	豊司
西日本電信電話株式会社	正会員	橋本	暁典
通信土木コンサルタント株式会社	正会員	竹内	光

1. はじめに

通信ケーブルの敷設を目的とした開削方式のトンネル(以下、「とう道」と呼ぶ)では、建設から30年以上経過したものが多く、劣化が顕在化している。筆者らは、調査から劣化予測、さらにLCC評価までの予防保全型の維持管理の仕組みを検討し実施してきた¹⁾²⁾³⁾。本論文では、調査段階で得られた中性化と内在塩分による劣化状態の関係について考察する。

2. 調査概要

調査対象としたBとう道は瀬戸内地方に位置している全長約470mの開削方式のとう道で、建設後37年経過している。その概要を表-1、主な調査項目と調査方法を表-2に示す。外観変状としては、目視によりコンクリートのはく離・はく落を調査し、点検ハンマーの打音によりコンクリートの浮きを点

表-1 調査対象とう道の概要

項目	概要
設備名称	とう道(開削方式)
構造形式	箱形 π - π (1層1径間)
固有名称	Bとう道
内空寸法	H1.9m×B2.7m
全長	約469.6m
建設年	1973年

代表値を記載

表-2 調査内容

項目	方法	数量
外観変状	目視、打音による方法	全区間
鉄筋かぶり	電磁誘導法	154断面
圧縮強度	反発度法による方法、コア採取による方法	154ヶ所 4ヶ所
中性化深さ	コア採取による方法 はつりによる方法	4ヶ所 9ヶ所
塩化物イオン量	コア採取による方法	4ヶ所
鉄筋腐食状況	はつりによる方法	9ヶ所

検した。塩化物イオン量は、コア採取後、表層から60mmまでを20mmごとに3つにスライスして測定した。

3. 調査結果

3.1 外観変状の調査結果

外観変状調査による各区間の劣化状況の結果を表-3に示す。ここでは劣化状況によりB-1～B-3の3区間に分けている。区間B-1では64mの短い区間に、はく離・はく落および浮きが集中していることが見てとれる。区間B-2でははく離・はく落は少ないが潜在的な浮きが比較的多く、区間B-3では、他の区間に比べるといずれも少ないことが見てとれる。

表-3 各区間の劣化状況

区間	区間長	はく離・はく落	浮き	備考
B-1	64m	128ヶ所	195ヶ所	補修履歴有り
B-2	141m	35ヶ所	151ヶ所	砂すじ、コールドジョイント
B-3	265m	30ヶ所	28ヶ所	-

3.2 非破壊による鉄筋かぶりの調査結果

区間B-1の鉄筋かぶりは、上床版は平均で40mmを上回ったものの、両側壁は平均36mm、標準偏差17mmという調査結果を得た。一方、区間B-2、B-3は、上床版と両側壁ごとの平均で40mmを上回った。

3.3 採取コアによる各調査結果

中性化は、中性化深さで21.4～27.6mm、中性化速度係数で3.5～4.6mm/√年を示した。さらに塩化物イオン量は、3スライスの平均で0.95～1.23kg/m³となった。

4. 考察

図-1～3に各区間のコアにおける塩化物イオン量の深さ方向の分布を示す。各図に示す鉄筋位置は、採取したコアの近傍の平均鉄筋かぶり値を採用した。これより全ての採取コアにおける塩化物イオン量は、鉄筋位置付近で発錆限界である1.2kg/m³以上の高い値となった。また各コア共に中性化の進行領域の塩化物イオン量は

キーワード 塩害、中性化、コンクリート、開削トンネル、とう道

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 NTTインフラネット(株) TEL03-5645-1019

低い値を示しているが、これは未炭酸化部分に塩化物イオンが移動・濃縮したためである。一方とう道の環境下は、換気口以外は密閉されている空間であるため、飛来塩分による影響が少ない。Bとう道は、瀬戸内地方の構造物であり塩分規制が緩い1973年に建設されていることから、検出された塩分は建設当初から細骨材に含まれていたものと考えられる。さらに中性化は、中性化速度係数 $3.5 \sim 4.6 \text{ mm}/\sqrt{\text{年}}$ となっており、進行が速い環境下であることを示している。海砂中に含まれる塩化ナトリウムを多く含むコンクリートほど炭酸化の速度が速くなるとの報告⁴⁾もあるが、Bとう道においてもそれと合致する傾向を示した。以上のことから、Bとう道の主たる劣化原因は、中性化と内在塩分の複合劣化であると判断する。

一方、各区間で同傾向の塩化物イオン量や中性化速度係数を示したものの、表-3に示すとおり各区間の劣化状態が異なる。図-3より劣化が顕在化していない区間B-3の鉄筋かぶりは、十分に確保されている傾向にあることから、鉄筋かぶりの深浅が現在の劣化状態に起因したものと判断する。現時点で区間B-3は、はく離・はく落や浮きが顕在化していないが、中性化がさらに進行することで鉄筋位置の内在塩分がさらに濃縮し、将来的にははく離はく落や浮きが発生することが懸念される。これらを考慮したうえで、劣化予測やLCC評価により補修設計を実施し、対策を検討する計画である。

図-4は、はつり調査による鉄筋の劣化状況別の塩化物イオン量と中性化残りの関係を示したグラフである。これより中性化残り10mm以下の場合、塩化物イオン量に関わらず点錆や欠損が確認された。さらに中性化残りが30mm以上の場合について1ヶ所測定したが、健全な状態であった。しかし、中性化残りが10mm以上の場合のデータが少なく、塩化物イオン量と鉄筋劣化状況の関係を明確にすることができなかった。内在塩分を多く含むとう道に対して予防保全的に維持管理するためには欠かせないデータであることから、今後の検討課題としたい。

5. まとめ

本論文で明らかになった事項と今後の検討課題を以下に示す。

- ・内在塩分を多く含む場合、中性化の進行速度も速い傾向が得られた。
- ・劣化原因を特定するとともに、鉄筋かぶりなどの傾向を詳細に調査することで劣化予測が可能となる。
- ・内在塩分を多く含み、かつ中性化残り10mm以上の鉄筋劣化状況の傾向分析を今後の検討課題としたい。

【参考文献】

- 1) 橋本曉典ほか：開削トンネルのLCC低減を目的とした面的補修設計法の提案(その1) - 面的補修設計法の構成 - , 土木学会第63回年次学術講演会, 5-284, 2008.9
- 2) 井野智章ほか：同上(その2) - 面的点検・劣化予測・ゾーニングの事例 - , 土木学会第63回年次学術講演会, 5-285, 2008.9
- 3) 熊膳和也ほか：同上(その3) - LCC評価の事例 - , 土木学会第63回年次学術講演会, 5-286, 2008.9
- 4) 小林一輔：コンクリートの炭酸化に関する研究, 土木学会論文集, No.433/ -15, pp.1~14, 1991.8

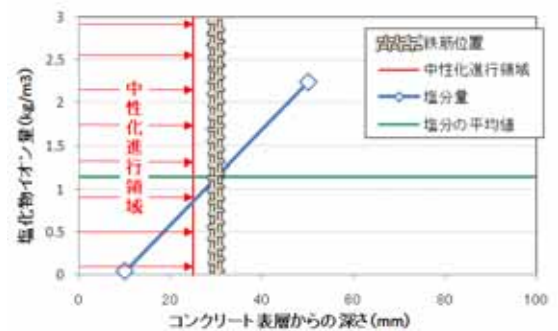


図-1 塩化物イオン量の分布 (区間 B-1)

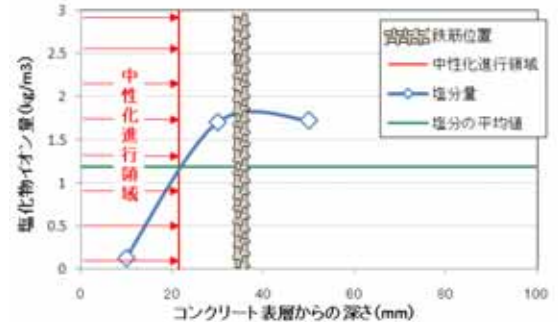


図-2 塩化物イオン量の分布 (区間 B-2)

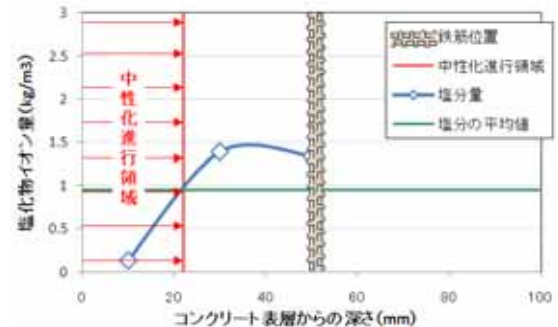


図-3 塩化物イオン量の分布 (区間 B-3)

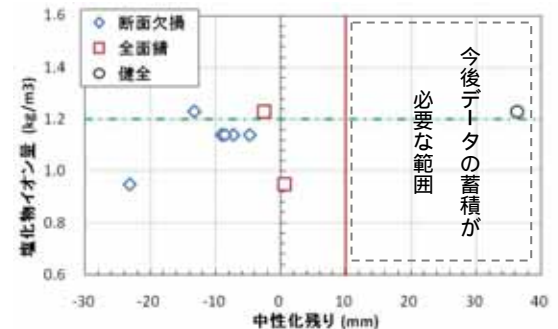


図-4 塩化物イオン量と中性化残り