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２）
－面的点検･劣化予測･ゾーニングの事例－

通信土木コンサルタント株式会社　正会員　○井野　智章
エヌ･ティ･ティ･インフラネット株式会社　非会員　栗林　恭嗣
エヌ･ティ･ティ･インフラネット株式会社　非会員　岩上　一宏
エヌ･ティ･ティ･インフラネット株式会社　正会員　熊膳　和也

１．はじめに

予防保全型の維持管理は，構造物の劣化状態を把握し，劣化予測により潜在的な劣化が存在する部位を特定することで，顕在化する前に処置を施すことに特徴がある．通信ケーブルの敷設を目的とした開削とう道で導入を検討している“面的補修設計法”は、劣化予測を用いた予防保全型の維持管理を基本としている．本報告は，供用中の開削とう道に適用した面的補修設計法のうち，面的点検と劣化予測，ゾーニングについて述べたものである．

２．面的点検の実施内容

2-1　対象構造物

対象構造物（以下，A とう道と称す）の概要を表-1 に示す．A とう道の主な劣化状況は，鉄筋露出であり左側壁に多く発生している．その他は一部の区間で漏水が見られる程度である．また A とう道は，一般的なとう道と同様に中性化と内在塩分の複合劣化であった．

表-1　対象構造物の概要

項目	概要
設備名称	開削式とう道
構造形式	箱形ラーメン(1 層 1 径間)
固有名称	A とう道
内空寸法	H2,250×B2,450mm
全長	263.8m
建設年	1976 年
主鉄筋	D16　200mm ピッチ

※上記の数値は代表値を記載

表-2　面的点検の項目

項目	内容	数量
鉄筋かぶり	電磁誘導法	80 断面
圧縮強度	反発硬度法･コア抜き試験(1 箇所)	80 箇所
中性化深さ	主にハツリ試験	14 箇所
塩化物イオン量	コア抜きによるスライス試験	3 箇所
鉄筋径測定	鉄筋付近をハツリ，鉄筋径を直接測定	3 箇所

2-2　開削とう道の評価単位

A とう道では，ケーブルを敷設するために軸方向に対して 0.8m おきに筋金物が設置されている．このことから A とう道の評価単位は，筋金物間隔 0.8m を 1 断面として定義し設定した．

2-3　面的点検の項目

面的点検で実施した主な項目を表-2 に示す[1)]．鉄筋かぶりと圧縮強度から推定した水セメント比，中性化深さ，ならびに塩化物イオン量は，劣化予測を行うための諸数値として用いる．直接測定した鉄筋径は，劣化予測結果と照合するために測定した．なお，塩化物イオン量の測定は，表層から 30mm の位置までのコンクリートスライス片を試験体として用いた．

３．面的点検結果

A とう道の面的点検結果を表-3 に，採取したコアから得られた塩化物イオン量と中性化深さの関係を図-1 に示す．鉄筋かぶりは，左側壁の値が小さい傾向にある．このことは，左側壁に鉄筋露出が多く発生している目視結果に合致する．圧縮強度は，全ての箇所で設計基準強度 21.0N/mm^2 を上回った．また中性化速度係数は，A とう道の平均で 3.5mm/√年を超過しており，他の開削とう道の事例[2)]と比較し中性化の進行が早い環境であることがわかった．一方，塩化物イオン量は，0.23~1.37kg/m^3 となり，測定値にバラツキが生じた．ここで図-1 に示すとおり，塩化物イオン量は中性化が進行している箇所ほど低い値であることがわかる．これより A とう道では，中性化の進行により，非中性化領域へ塩分が移動･濃度拡散したことが推測される．特に低い塩分量が検出された箇所では，30mm のスライス片より奥の非中性

表-3　面的点検の結果

項目	点検結果の平均値			採用値
鉄筋かぶり	上床版(最小値)	右側壁(最小値)	左側壁(最小値)	※1
	42.6mm (11.0mm)	38.0mm (7.0mm)	34.1mm (7.0mm)	※1
圧縮強度	28.6 N/mm^2 (23.4~39.7 N/mm^2)			※1
中性化深さ	19.3mm (10.5~29.0mm) ［中性化速度係数平均=3.54mm/√年］			※1
塩化物イオン量	0.76kg/m^3 (0.23~1.37kg/m^3)			※2

※1：測定した箇所の値もしくはその近傍の値
※2：測定値の平均をとう道全体に引用

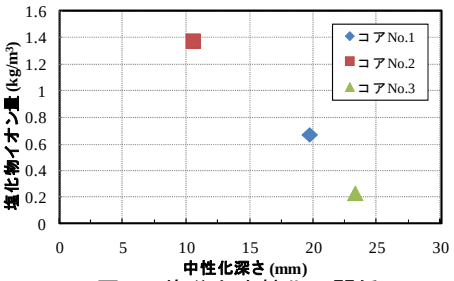

図-1　塩分と中性化の関係

キーワード　予防保全，面的補修設計法，劣化予測，面的点検，開削トンネル
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

化領域で，より高い濃度の塩分が存在していると考えられる．

4．劣化予測

4-1　劣化予測のキャリブレーション

本検討では，劣化予測結果の整合性を検証するため，腐食した鉄筋をハツリ出しノギスにより鉄筋の質量減少率を 3 箇所測定した．ここで，図-2 に鉄筋質量減少率の直接測定と劣化予測の結果を示す．これより鉄筋質量減少率は，直接測定値より劣化予測値が低い値となる傾向を示し，直接測定値と劣化予測値に 4~12%の差が見られた．これは，3 項で示したようにコアから検出された塩分が非中性化領域に移動･濃度拡散し，測定した塩化物イオン量にバラツキが生じたことに起因していると推測される．そこで，直接測定結果から劣化予測に用いるべき，最適な塩化物イオン量を推定することとした．これによると図-3 に示すように，測定した塩化物イオン量の平均値を用いることで，直接測定値と劣化予測値の差が 0~4%となり，ほぼ合致する結果となった．以上のことから，A とう道における劣化予測に採用する塩化物イオン量は，測定値の平均を適用することとした．また鉄筋かぶりなどの項目は，測定した箇所ごとの値および対象箇所の近傍の値を劣化予測に用いることを基本とした．

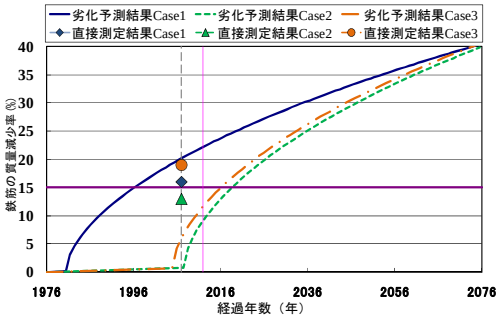

図-2　鉄筋質量減少率(各断面の塩分)

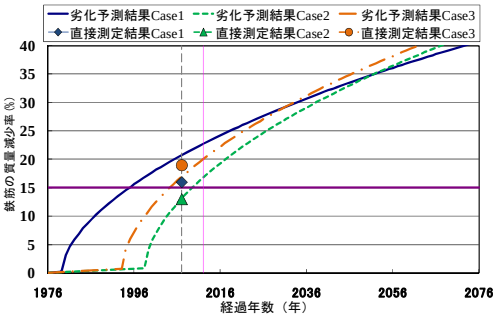

図-3　鉄筋質量減少率(塩分の平均値)

4-2　劣化予測事例

図-4 に劣化予測結果の一例をゾーンごとに示す．これより，劣化予測では鉄筋かぶりが浅いほど，ゾーンⅠの方に推移していることがわかる．このことから，劣化予測の結果は，特に鉄筋かぶり値に影響されることが考えられる．次に，図-4 のように各断面で検討した劣化予測結果を用いて，ゾーニングを行う．

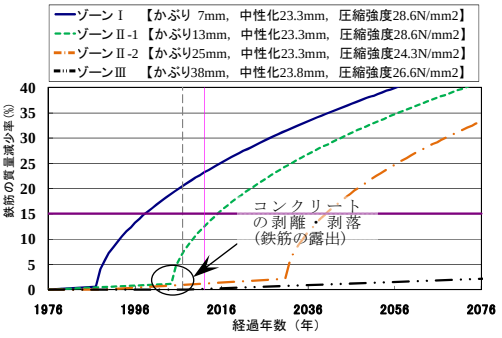

図-4　劣化予測結果の一例

5．ゾーニング

ゾーニング結果の一例を図-5 に示す．このように劣化箇所や潜在的な劣化箇所を視覚的に表すことで，補修･補強すべき範囲が明確になる．ここで，図-5 の“①鉄筋露出状況”と“②ゾーニング結果(補正前)”では，劣化予測と鉄筋露出結果が異なる箇所が一部あるが，比較的精度の良い結果が得られた．しかし，鉄筋露出は生じていないがゾーンⅠ,Ⅱ-1 である箇所や，鉄筋露出は生じているがゾーンⅡ-2,Ⅲである箇所では，実際に生じている事象を優先すべきと考える．これより，実際の事象と反する劣化予測結果となった場合は，図-5 の“③ゾーニング結果(補正後)”のようにゾーニング結果の補正を行った．以上のようにゾーニングを行うことで，補修･補強すべき範囲と無補修として良い範囲を示すことができる．さらに，各ゾーンの補修･補強対象面積を算出することで，LCC を算定するための基礎資料となる．

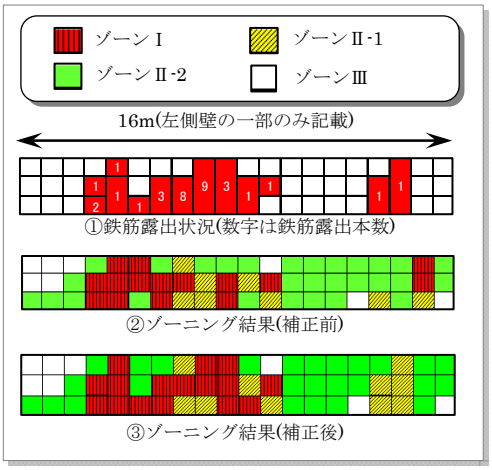

図-5　ゾーニング結果の一例

6．まとめ

本報告では，既存の開削とう道をモデルとした面的補修設計法の適用事例について述べた．A とう道では，比較的精度の良い劣化予測結果になったものと考えているが，今後このような事例を積み重ね，より劣化予測の精度を向上させることが重要である．面的点検においても，実施項目の数量の適否について課題が残る．これらの事項は，実際に運用しながらデータを蓄積することで，改善を図る必要があると考える．

【参考文献】　1) 土木学会：コンクリート標準示方書［維持管理編］，2001 年制定

2) 竹内光ほか：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,土木学会第 60 回年次学術講演会 5-044,2005.9