

# I-17 積雪寒冷地の塩化物供給を考慮した LCC について

岩手大学工学部 正会員 ○出戸 秀明  
 (株) 土木技研 正会員 新銀 武  
 岩手大学工学部 佐々木 佑太

## 1. 概要

道路構造物は高度成長期にその多くが建設されたことから、今後 10～15 年の間に一斉にその更新時期を迎えると言われている。それに伴う維持管理費の増大を極力抑える為の施策のひとつとしてライフサイクルコスト(以下 LCC)を最小化することで将来的な維持管理及び更新についてのメンテナンスを実現するという手法も考えられてきている。LCC の最小化につながる基礎的事項として、道路構造物の劣化予測や健全度評価等があるが、本論文ではコンクリート部材の主な劣化の中から塩害に着目してその劣化予測を試みる。

積雪寒冷地では、融雪剤などから供給される塩害による被害が深刻化しており、橋梁の LCC を考える上で、供給塩害についてその影響度の判定は特に重要であるといえる。本論文では主に路面上から供給される塩化物量を舗装下面のコンクリートから採取・計測する微破壊試験による塩化物判定手法を提案する。また、提案手法を実際の既設橋に適用し、LCC を検討する際の塩化物拡散速度を明確にし、積雪寒冷地特有の塩化物供給の影響度を考慮した実橋の LCC の比較を試みている。

## 2. 塩化物量調査

### 2-1 調査橋梁と調査内容

調査橋梁は、久慈市中の橋、安代町蛇石橋と佐比内橋、岩手町苗代沢橋、遠野市沢田橋、北上市昭和橋であり、積雪寒冷地である岩手県内の 30～50 年経過した橋梁である。調査は橋梁舗装下面の床版コンクリート部に含まれる塩化物量に着目して実施した。図-1 に示すように床版コンクリート上の舗装をコアドリルで除去し、舗装下面の床版コンクリートから資料を 20g 程度採取、その試料から①舗装下面の床版損傷の計測、②塩化物量の測定を行った。それらの計測結果を基に、塩化物量の拡散係数の推定による床版コンクリート劣化進展予測を行う方法をとった。

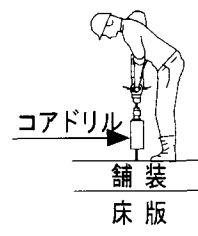


図-1 コア採取状況

### 2-2 調査結果と考察

図-2 は調査を実施した橋梁別の最大塩化物量を竣工年度を横軸に示したものである。図に示すように、国道に位置する橋梁では、供用期間が短くても測定される塩化物量が多く、逆に市道は少なかった。国道は市道に比べて路線として管理重要度が高く冬季の塩化物供給量が多いためと考えられる。図-3 は国道・県道に位置する橋梁の施工年度と最大塩化物量計測深さの関係を示したものである。図-3 よりある程度その管理状態が同一であると判断される橋梁においては塩化物量の拡散速度の推定が代表的な橋梁から判断可能であると考えられる。図-4 は苗代沢橋において、床版から 1cm 刻みで試料を採取し、そのデータを基に独立行政法人土木研究所が提案している塩化物濃度分布分析シートを用いて現時点での塩化物量の拡散状態を推定した結果である。これらの結果をフィックの拡散法則（式(1)）に当てはめることで、任意の時点における鉄筋位置付近の塩化物量が推定でき、鉄筋の発錆限界値であるコンクリート中の塩化物量  $1.2\text{kg/m}^3$  に達するまでの余寿命が推定可能になる。

$$C(x,t) = C_0 \left( 1 - \text{erf} \left( \frac{0.1 \times x}{2\sqrt{D \cdot t}} \right) \right) C_1 \quad (1)$$

ただし、 $C(x,t)$ : t 年経過後の、表面から x(mm) の塩化物量( $\text{kg/m}^3$ )  
 $C_0$ : 表面塩化物量( $\text{kg/m}^3$ )  
 $C_1$ : 初期塩化物量( $\text{kg/m}^3$ )  
 $D$ : 拡散係数( $\text{cm}^2/\text{年}$ )  
 $\text{erf}()$ : 誤差関数

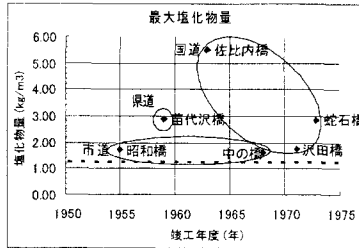


図-2 橋梁別塩化物量

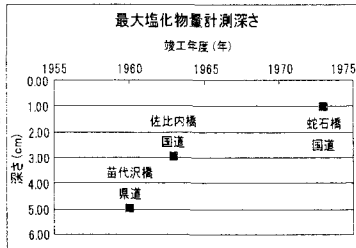


図-3 最大塩化物量計測深さ

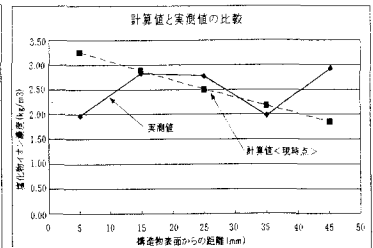


図-4 苗代沢橋

### 3. 橋梁 LCC 算出による新設橋案と補修案の比較検討

岩手県一般県道盛岡和賀線に位置する上根子橋を対象に LCC の試算を行った。橋梁諸元を図-5 に示す。

LCC は現況補修案と一般的な形式での新設橋案について算出した。それぞれの結果を表-1, 2 に示す。表-2 において塩化物拡散予測は管理状態がほぼ同一と判断できる苗代沢橋の予測に準拠した。

表-1 新設橋案

(単位:千円)

| 工 種     | 金額      | 0年      | 10年     | 20年     | 30年     | 40年     | 50年     | 60年     | 70年     | 80年     | 90年     | 100年    |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 新設工事費   | 524,509 | 524,509 |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 舗装補修費   | 4,901   |         |         | 4,901   |         | 4,901   |         | 4,901   |         | 4,901   |         | 4,901   |
| 伸縮補修費   | 4,224   |         |         |         | 4,224   |         |         | 4,224   |         |         | 4,224   |         |
| 床版補修費   | 21,762  |         |         |         |         |         | 21,762  |         |         |         |         | 21,762  |
| 支保補修費   | 49,200  |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         | 49,200  |
| 落橋防止補修費 | 5,760   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         | 5,760   |
| 防護欄補修費  | 19,488  |         |         |         |         |         | 19,488  |         |         |         |         | 19,488  |
| 足場工     | 10,054  |         |         |         |         |         | 10,054  |         |         |         |         | 10,054  |
| 累計      |         | 524,509 | 524,509 | 529,410 | 533,634 | 538,535 | 589,839 | 598,964 | 598,964 | 603,865 | 608,089 | 719,254 |

表-2 現況補修案

(単位:千円)

| 工 種        | 金額      | 0年      | 10年     | 20年     | 30年     | 40年     | 50年     | 60年     | 70年     | 80年     | 90年       | 100年      |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
| 補修補強工事費    | 287,000 | 287,000 |         |         |         |         |         |         |         |         |           |           |
| 舗装補修費      | 3,866   |         |         | 3,866   |         | 3,866   |         | 3,866   |         | 3,866   |           | 3,866     |
| 伸縮補修費      | 38,600  |         |         |         | 38,600  |         |         | 38,600  |         |         | 38,600    |           |
| 床版補修費      | 11,060  |         |         | 11,060  |         |         | 11,060  |         | 11,060  |         |           | 11,060    |
| 支保補修費      | 78,400  |         |         | 33,600  |         | 44,800  |         |         | 33,600  |         | 44,800    |           |
| 落橋防止補修費    | 11,428  |         |         |         |         |         |         |         |         |         |           | 11,428    |
| 防護欄補修費     | 9,008   |         |         | 9,008   |         | 9,008   |         |         | 9,008   |         | 9,008     |           |
| 外ケーブル補修費   | 45,302  |         |         |         | 45,302  |         |         | 45,302  |         |         | 45,302    |           |
| 炭素繊維シート補修費 | 92,388  |         |         |         | 92,388  |         |         | 92,388  |         |         | 92,388    |           |
| 足場工        | 7,685   |         |         |         | 7,685   |         |         | 7,685   |         |         | 7,685     |           |
| 累計         |         | 287,000 | 287,000 | 344,534 | 526,509 | 586,183 | 597,243 | 785,084 | 838,752 | 842,618 | 1,080,400 | 1,106,754 |

表-2 では、床版の維持更新サイクルを塩化物供給による劣化進展速度を考慮し、20~30 年として現況補修案の LCC を試算した。その結果、新設橋案と現況補修案での LCC は本橋では約 30~40 年で新設橋案の方が有利となる結果となった。床版は橋梁維持補修において重要な構成部材であるとともに、LCC を考える上でもその更新サイクルの決定は全体維持費に大きく影響することがわかる。

### 4. まとめ

本研究では、床版劣化進展速度の判定に大きな影響をもつ積雪寒冷地特有の路面からの塩化物供給について、微破壊調査による簡易測定方法を提案するとともに、測定結果から塩化物の拡散係数および維持更新時期を決定する劣化速度の算出方法を提案した。また、それらの結果を考慮した LCC の試算を行い、その重要性について示した。調査範囲の偏りおよび抽出した橋梁が少ないこともあるため、今後更なる調査の必要性はあるが、手法の有効性については評価できると考えられる。

### 【参考文献】

- 1) 独立行政法人土木研究所構造物マネジメント技術チーム：コンクリート中の塩化物濃度分布簡易分析シート使用マニュアル