

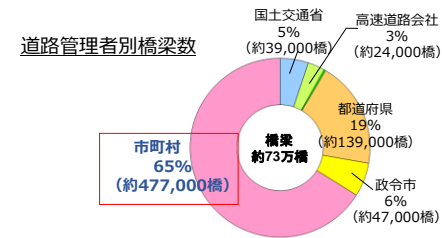
[VI-1134、VI-1135]

鉄筋コンクリート構造物の中性化深さと塩化物イオン量の測定と将来予測

コンクリートメンテナンス協会 正会員 峯松 昇司
 広島工業大学 フェロー会員 竹田 宣典
 広島県土木協会 甲斐 英樹
 近未来コンクリート研究会 名誉会員 十河 茂幸

【研究背景】

- ・道路橋の約65%を市町村などの**小規模自治体**が管理。
- ・**膨大な数の小規模橋梁**を管理する小規模自治体ほど、予算不足と人材不足が特に厳しい状況。
- ・事後保全から**予防保全型**の維持管理への移行。



出典：令和4年8月 道路メンテナンス年報 国土交通省道路局

【研究目的】

目的

- ・小規模自治体が管理する比較的小規模な橋梁の合理的かつ安価な維持管理のあり方について検討。

対象

- ・変状が顕在化する前の予防保全段階
- ・変状が軽微な段階での事後保全

実施内容

- ・必要最小限の維持管理項目を提案
- ・実構造物に適用し、その妥当性を検証

着目点

- ・**中性化深さと塩化物イオン量の測定および評価**

【調査項目】

- ・想定すべき劣化機構を塩害と中性化とした
- ・必要最小限の調査項目を以下のとおりとした

調査項目	実施項目
1 形状寸法	・橋梁の寸法・形状の記録 ・調査状況の写真
2 表面観察	・外観調査(ひび割れ、変色、浮き、剥離など)→スケッチ、写真 ・内部不具合調査(空洞、豆板など)→スケッチ、写真 ・打音検査(テストハンマー)
3 鉄筋位置 かぶり厚さ	・電磁波レーダーによる鉄筋の配置 ・かぶり厚さの測定
4 圧縮強度	・リバウンドハンマーによる表面硬度測定から推定 (JIS A 1155、JSCE-G-504)
5 中性化深さ	①ドリル法による粉末で中性化深さ測定 (NDIS 3419) ②ろ紙に噴霧したフェノールフタレイン溶液が赤紫色に呈色 ③ドリルを止めてその時の深さをノギスで測定
6 塩化物イオン量	・乾式ドリル粉の採取 →実験室で簡易塩分測定器「クロキット」による塩分量測定

【中性化深さの測定対象構造物】

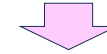


- ・ボックスカルバート形式の橋梁（1984年竣工）
- ・橋長2.3m、幅員4.1m
- ・広島県東広島市
- ・凍結防止剤散布

【中性化深さの測定方法】

従来の測定方法

- ・ **コア試料**を採取して割裂させる
- ・ 割裂面にフェノールフタレイン溶液を噴霧する
- ・ 非発色領域を中性化領域と判定する



より安価で簡易に測定するために

提案する簡易測定方法

- ・ Φ10mmのドリルにて**ドリル粉末**を採取
- ・ フェノールフタレイン溶液を浸したペーパーでドリル粉末を受け、発色したところでドリルを止める
- ・ そのときの削孔深さを中性化深さと判定する

【中性化深さの測定方法】



←ドリル粉末採取状況
(ペーパーで粉末を受ける)

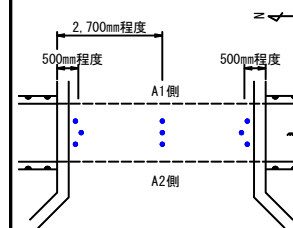


↑発色を確認したら



←そのときの削孔深さを測定

【測定結果と考察】



測定箇所		中性化深さ(mm)
上流側	A1橋台側	5.98
	中間部	4.35
	A2橋台側	2.59
中央部	A1橋台側	15.24
	中間部	3.57
	A2橋台側	1.81
下流側	A1橋台側	24.56
	中間部	22.52
	A2橋台側	29.31

- ・ 同一橋梁でも位置によって中性化深さが異なった。
- ・ 南面にあたる下流側で中性化深さが大きくなる傾向となった。
- ・ 鉄筋かぶり50mmであり、まだ腐食環境にはない。

【測定結果と考察】

中性化の将来予測

- ・位置によって中性化速度係数が異なる。
- ・それが最大となる下流側にて将来予測する。

中性化速度係数A

- ・竣工後39年、中性化深さ25mm
- ・ $25 = A\sqrt{39}$ より、 $A \approx 4.0$

√t 則による将来予測

- ・中性化残り10mmとなる中性化深さ40mm
- ・ $40 = 4.0\sqrt{t}$ より、 $t = 100$ 年

腐食発生限界を超えるまでの期間

- ・ $100 - 39 = 61$ 年

【塩化物イオン量の測定対象構造物】

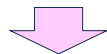


- ・ボックスカルバート形式の橋梁（1975年竣工）
- ・橋長7.0m、幅員12.6m
- ・広島県安芸高田市
- ・凍結防止剤散布

【塩化物イオン量の測定方法】

従来の測定方法

- ・コア試料を採取し、20mm毎にスライスして粉碎
- ・電位差滴定法などにより定量分析
- ・深さ方向の塩化物イオン量の分布をグラフ化



より安価で簡易に測定するために

提案する簡易測定方法

- ・Φ10mmのドリルにて深さ20mm毎のドリル粉末を採取
- ・各深さのドリル粉末5.0gを試料とし、簡易測定キットを用いて定量分析
- ・深さ方向の塩化物イオン量の分布をグラフ化

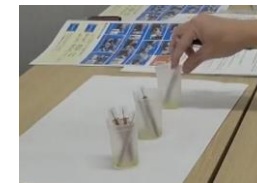
【塩化物イオン量の測定方法】



←ドリル粉末採取状況
(カップで粉末を受ける)

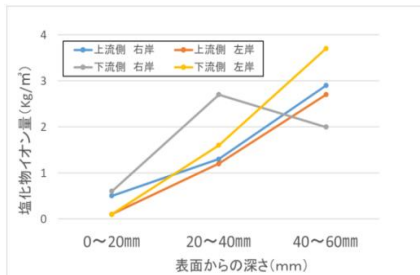


←塩化物イオン簡易測定キット



←測定状況

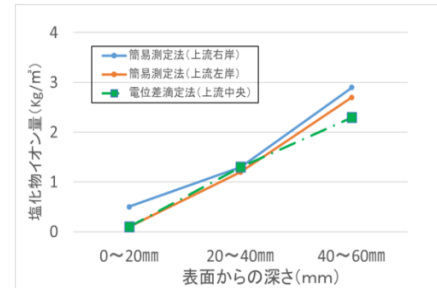
【測定結果と考察】



簡易測定法による塩化物イオン量の分布

- ・塩化物イオン量の分布は、表面から深いほど高くなる
- ・鉄筋かぶりの60mmの位置では腐食発生限界塩化物イオン量を超えており、鉄筋は腐食環境にある

【測定結果と考察】



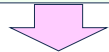
簡易測定法と電位差滴定法との比較

- ・塩化物イオンの濃度分布の傾向は両測定法で差がない
- ・各測定値の差異も許容できる範囲
- ・簡易測定法でも十分な精度で塩害評価が可能

【小規模橋梁の点検方法の提案（腐食環境の把握）】

従来の維持管理手法（予防保全）

- ・5年に1度の定期点検を実施し、その都度変状の有無を確認する
- ・変状が見られたら詳細調査を行い、補修要否を判定する
⇒ 常に同じレベルでの定期点検を繰り返す



より安価で合理的な維持管理手法へ

提案する維持管理手法（予防保全）

- ・鉄筋探査でかぶり厚さを測定（繰返し不要）
- ・中性化深さ、塩化物イオン量を測定
- ・鉄筋のかぶり厚さと中性化深さから劣化過程の評価および将来予測（潜伏期か進展期か）
- ・鉄筋腐食によるひび割れ発生までの期間を推定したうえで以後の維持管理を行う
⇒ 予測次第では定期点検の内容は頻度を低減可能

【まとめ】

- ・小規模な橋梁の合理的かつ安価な維持管理のあり方のうち、塩害に着目して検討した。
- ・中性化深さや塩化物イオン量の把握のために簡易測定方法を提案し、実構造物に適用した。
- ・予防保全段階で鉄筋探査、中性化深さおよび簡易な塩化物イオン量測定を行うことで、将来実施すべき調査項目および調査頻度を低減し、維持管理費を抑制できる可能性がある。