

建設省 土木研究所 正会員 山内 幸裕
建設省 土木研究所 正会員 片脇 清士

1. まえがき

海岸附近において建設されたコンクリート構造物の損傷事例が、各地で報告されている。これは、コンクリート中の鋼材が腐食し、その膨張により、コンクリートのひびわれ、はくり等が生じたものである。コンクリート中の鋼材の腐食は、細骨材に海砂が使われ始めて以来、我が国では議論されているところであり、塩素イオンにより、鋼材の不動態化を阻害し腐食を生じさせることが、明らかにされている。

本調査は、鋼材の腐食を支配する塩分のコンクリート中への浸透状況を、実橋により把握することである。

2. 調査結果

(1) 調査橋梁の概要

調査橋梁は裏日本海岸部に建設されたPC橋（ポステンT桁）であり、建設後20年程度経過している。本橋梁は小さな入江を跨ぐ海上橋として、特に冬季は橋全体を海からの強い季節風と波しぶきで洗われる状況にある。主桁下フランジ下面の鋼材は全体に腐食しており、一部にコンクリートのひびわれ、はくりが生じている。図-1に、コンクリートの採取位置を示す。コンクリートコアは鋼材を避け、ひびわれ、はくりの生じていない比較的健全と思われる位置で採取した。

(2) 塩分分析方法

現在、コンクリート中の塩分分析方法が定められていない。ここでは、次の理由によりコンクリート中の塩分量を算出した。分析手順を図-2に示す。

① 分析方法によっては、水セメント、塩分抽出温度により、抽出される塩分量が異なること。

② コンクリート硬化後の浸透塩分量は、Friedel 塩として固定化される量が、少ないと思われること。

なお、コンクリートコアからのサンプリングは2cm ピッチとした。

(3) 分析結果

塩分量の分析結果を図-3に示す。塩分の浸透量は、表層近くでは、15~24 kg/m²と大きいのが、内部では急速に減衰する。これらの数字を土木学会規準（海砂中の塩化物は絶乾重量の0.1%以下）と比較すると、はるかに大きい値を示している。

(4) 拡散計算

コンクリート中の塩分の浸透は、巨視的には拡散の現象として取り扱うことができる。拡散方程式は次式で表わすことができる。

$$\partial c / \partial t = D \partial^2 c / \partial x^2 \quad (1)$$

今、コンクリート表面に、連続的に塩分の付着があり、それらがすべてコンクリート内部に浸透するものとすると、上式の解は(2)で表わされる。

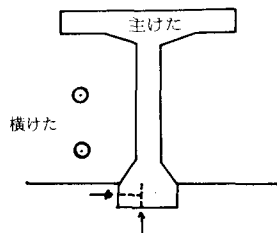


図-1 コンクリートコアの採取方向

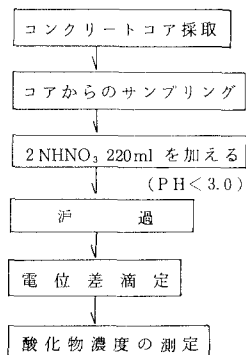


図-2 塩分分析手順

$$C(x, t) = \int_0^t \frac{w(\xi)}{\sqrt{\pi D \xi}} \exp\left(-\frac{x^2}{4 D \xi}\right) d\xi \quad (2)$$

ここで、 $C(x, t)$: 時間 t におけるかぶり x での浸透塩分量

D : 拡散係数 (一定とする。)

$W(t)$: 時間 t における単位時間、単位面積当りの塩分付着量

単位時間、単位面積当りの塩分付着量 $W(t)$ を一定とすると(2)式は、誤差関数を含んだ関数となる。

図-4 に計算結果を示す。拡散係数はセメントペーストで得られる平均的な直とした。浸透状況は拡散係数によって異なり、曝露年数が増すに従い、コンクリートの内部まで浸透していくことがわかる。

次に、コンクリートのかぶり 1 cm の点を基準とした時の浸透塩分量の減衰状況を図-5 に示す。図中の記号は図-3 と同様である。実測値と計算値の減衰傾向はほぼ同じであり、コンクリートの拡散係数はほぼ $1.0 \sim 5.0 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{sec}$ にあることが推察される。

3. まとめ

以上の調査結果をまとめると次の通りである。

① 飛沫帯でのコンクリート構造物の浸透塩分量は、土木学会で規定している海砂の規制値よりも、はるかに大きい。

② 飛沫帯での塩分飛来量は図-4 で仮定した付着塩分量 W より数倍大きく、したがって鉄筋周囲の塩分量も数倍大きくなる。また実際の構造物では打継目や豆板の存在により拡散係数 D が仮定より大きくなり鉄筋周囲の塩分量が増加する等の理由によりコンクリート構造物の耐用年数を50年と考える場合には、飛沫帯のコンクリート構造物ではかぶりの割増しのみで塩分の浸透を防ぐことは困難であろう。

今回の調査は、比較的きびしい環境下での実橋調査であり、今後、さまざまな環境下での、飛来塩分量、付着量、浸透量を、コンクリート構造物の部材形状、位置及びコンクリートの質等の関係から補足していかなければならないと思われる。

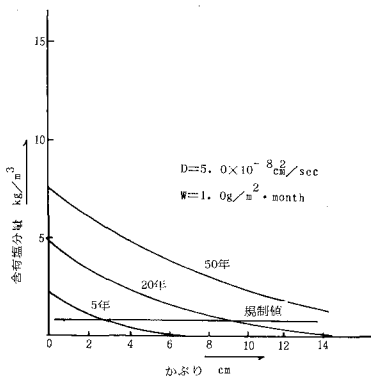
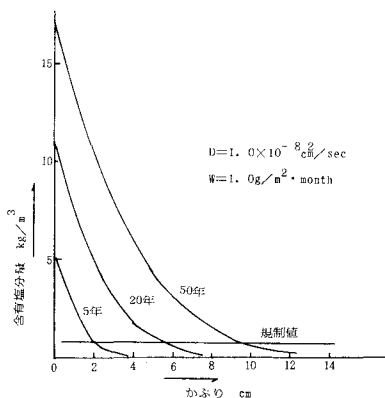


図-4 計算結果

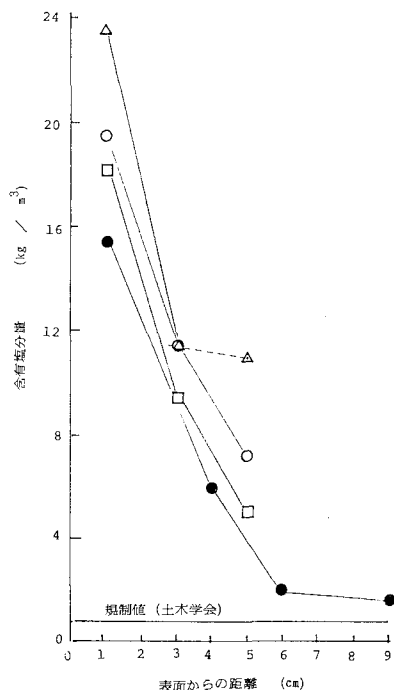


図-3 塩分分析結果

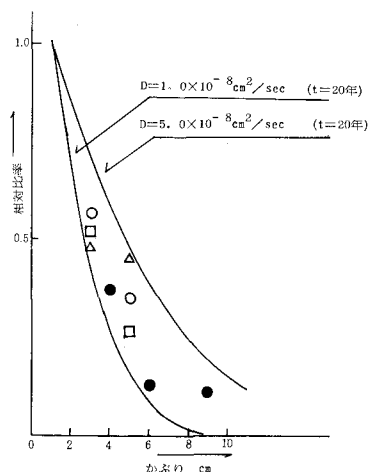


図-5 かぶり 1 cm の点を 1 とした時の減衰曲線