

V-222

海洋環境下におけるコンクリート中の塩分浸透量推定に関する数値解析結果

鹿児島大学工学部 正会員 武若耕司
同 上 " 松本 進

1. まえがき

本報告は昨年の研究報告に引続き、海洋環境下からコンクリート中に浸透・蓄積する塩分量を数値解析により推定した結果について示したものである。すなわちここでは、コンクリート中における塩分の浸透・蓄積の過程を拡散現象と見なし、拡散方程式を基にした解析からこの推定を行うことにし、また、この場合に必要となるコンクリートの塩分拡散係数、外部環境とコンクリートとの間の境界条件、あるいはコンクリート中における塩分の固定化性状については、塩分量の測定データ等の既往の研究成果を参考とし、これらを総合的に検討してより実状に近い塩分浸透過程の推定が可能となるような工夫を行っている。

今回は、昨年報告した海水中にあるコンクリート中への塩分浸透過程の推定に加えて、海洋飛沫帯、海岸あるいは海洋大気中にあるコンクリート中への塩分浸透量の推定を行い、さらに、これらの結果を基にして海洋コンクリート構造物の耐久性に関する一評価を行った結果について報告する。

2. 数値解析および用いた諸条件の概略

2-1 数値解析に用いた拡散方程式

コンクリート中への塩分浸透量の推定を行うために用いた拡散方程式は、(1)式に示すように通常の2次元の拡散方程式に塩分の固定化を考慮した項を加えたものである。なお、この拡散方程式の数値解析にあたっては差分法を用いた。

$$\frac{\partial C(x, y, t)}{\partial t} = D \left(\frac{\partial^2 C(x, y, t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C(x, y, t)}{\partial y^2} \right) - K C(x, y, t) \dots (1)$$

ここで、 $C(x, y, t)$: 水溶性塩分量、 D : 拡散係数、 K : 固定化係数

2-2 数値解析に用いた諸条件

1) 塩分拡散係数: 前報では、コンクリート中の塩分量の測定結果からコンクリートの塩分拡散係数と水セメント比の関係について明確にさせたが、一方では、この値が水セメント比のみではなく例えばセメントの種類や材令によっても影響を受けることも予想された。そこでここでは、塩分拡散係数が圧縮強度あるいは水密性等と相関性があると考え、さらに実際の塩分浸透状況も考慮して、取り敢えず以下の式で定義してみた。また、図-1はこの関係を示したものである。

$$D = D1 \times D2 \times T^{-0.1} \dots (2)$$

$$D1 = (-6.274 - 0.076 \cdot (W/C) + 0.00113 \cdot (W/C)^2)$$

ここで、 $D1=10$

T : 材令

セメント	普通	早強	高炉	アルミナ
$D2$	1.2	1	0.3	0.08

2) 塩分固定化係数: 用いた拡散方程式には塩分固定化の項が加わった形となっており、塩分固定化係数を決定する必要もある。前報の結果から、この値はセメント量およびセメント中のアルミナの量と相関性のあること、そのオーダーが $10^{-9} \sim 10^{-8} (1/sec)$ 程度であることが明らかとなっており、これらの点を考慮して次式(3)で定義した。

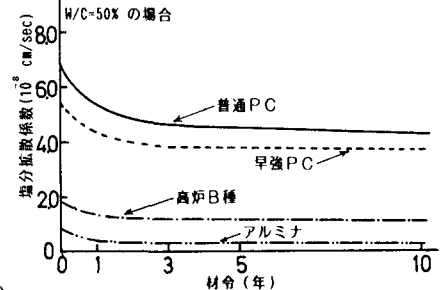


図-1 コンクリートの塩分拡散係数と材令の関係の一例

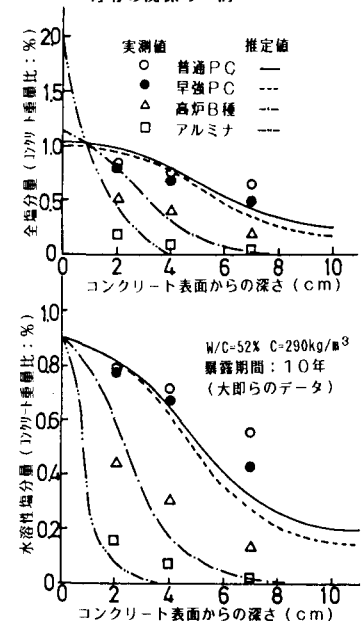


図-2 塩分浸透に及ぼすセメントの種類の影響に関する実測値と推定値の比較

$$K = K_1 \times K_2 \times 0.1E-8 \quad \dots\dots (3)$$

ここで、 $K_1 = C/150$ 、 C ：セメント量

セメント	普通	早強	高炉	7Aミナ
K2	1	1.08	2	10

なお、図-2は上記1)、2)の定義において特にセメントの種類の影響に関する妥当性を検討するため、海中浸漬コンクリート中の塩分量の実測値と今回の解析結果を比較をしたものである。未だ多少の相違は見られるが、全体的に見ると、今回の定義によってセメントの種類の影響をかなり明確に把握し得るようである。

3) 海洋環境—コンクリート環境の境界条件：海中部のコンクリートでは前報で示したように、コンクリートの表面の水溶性塩分量が常にコンクリート重量比で0.9%一定であるとして解析を行った。一方、海洋飛沫帯あるいは海岸・海上大気中においては、海水飛沫や海塩粒子によってコンクリート表面へ塩分の供給が成される。図-3は、このような環境下における一ヶ月間の付着塩分量をコンクリート中の浸透塩分量から逆算して求めたものである。また、図-4は東北地方の日本海沿岸付近の大気中に浮遊する海塩粒子量の測定結果をコンクリート重量比に換算して示したものである。これらの結果から、コンクリート表面の付着塩分量のおよそのオーダーは、飛沫帯で一ヶ月あたりコンクリート重量比 $10^{-2} \sim 10^{-1}\%$ 、海岸部で $10^{-3}\%$ 程度である。本報告では、海岸付近のデータとしては図-4に示したものを、また、飛沫帯のデータとしては図-4とほぼ同じ地方の橋梁中の浸透塩分量分布から逆算して推定した付着塩分量($0.03\%/month$)を用いた。

3. 浸透塩分量の推定結果

2-2で示した諸条件を基に、断面寸法 $50 \times 50cm$ 、単位水量 $190kg/m^3$ のコンクリートブロック中の浸透塩分量の推定を行った。図-5は海洋飛沫帯の種々のコンクリートにおいて浸透塩分量分布を推定した結果の一例である。また、図-6、7は海洋環境下に建設されるコンクリート構造物の耐久性について、浸透塩分量と鉄筋腐食発生限界塩分量との関係から把握することを試みた結果である。これらの結果は、これまでの実構造物の劣化調査結果とかなり良く対応するようである。

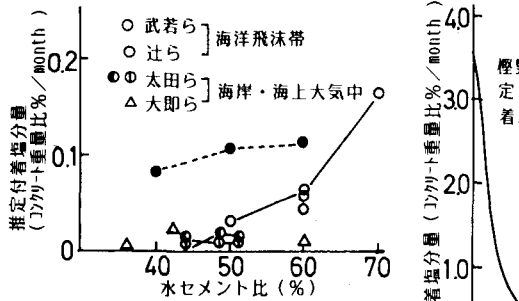


図-3 飛沫帯あるいは海岸・海上大気中のコンクリート表面に付着する塩分量の推定結果（浸透塩分量の実測値より推定したもの）

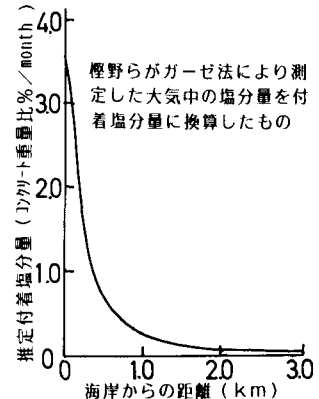


図-4 海岸付近の大気中に浮遊する塩分量より推定したコンクリート表面の付着塩分量

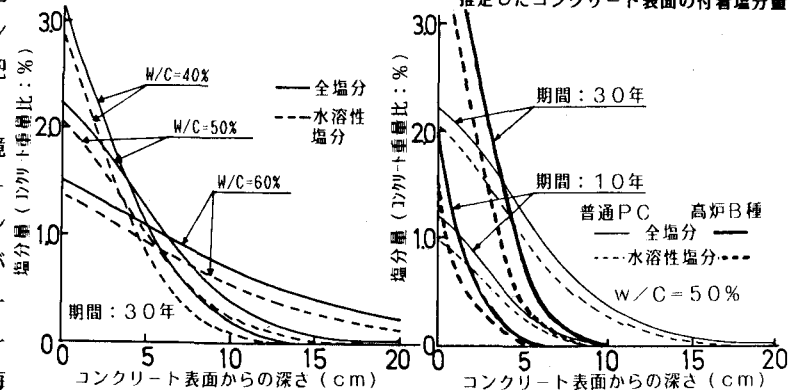


図-5 海洋飛沫帯におけるコンクリート中の塩分浸透量の推定結果（付着塩分量： $0.03\%/month$ ）

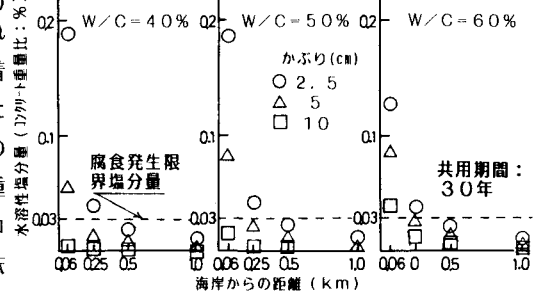


図-6 海岸からの距離と鉄筋腐食発生の危険性との関係に関する検討結果の一例

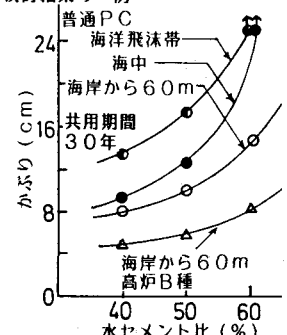


図-7 構造物の設計条件と鉄筋腐食発生の危険性との関係に関する検討結果（図中の曲線よりも下方の場合、鉄筋腐食発生の危険性が高い）