

鹿児島大学工学部 正会員 ○ 武 若 耕 司
同 上 正会員 松 本 進

1. まえがき

著者らは、塩害対策を考慮した海洋コンクリート構造物の設計・施工条件の決定あるいは耐久性の評価・判定に不可欠となるコンクリート中への塩分浸透過程の推定に関する一連の研究を行ない、その結果としてこれまでに、この浸透過程をマクロ的な拡散現象と見なした場合のコンクリートの塩分拡散係、外部環境とコンクリートとの間における塩分量の境界条件あるいは、塩分固定化量等についての概略を把握できた。そこで本研究ではこの研究結果に加えて、我が国各地の諸研究機関で実施されている海洋暴露実験あるいは実構造物調査等によって得られたデータを参考として用い、これらを総合的に検討することによってコンクリート中への塩分浸透過程のより実状に近い状況の推定を試みるものである。

2. 測定データの処理方法およびその結果

暴露実験あるいは実構造物の調査から得られたコンクリート中の塩分量分布については以下に示すデータ処理を行なって、そのコンクリートの塩分拡散係およびコンクリート表面における塩分の供給条件の推定を行なった。すなわち、コンクリート中への塩分浸透量が1次元の非定常拡散方程式の解として表されるものと仮定し、この解とな

$$C(x,t) = C_0 \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{\sqrt{4Dt}} \right) \right] \cdots \cdots (1) \quad (\text{海中、干満帯の場合})$$

る(1)式あるいは(2)式 $C(x,t) = W \left[\frac{1}{\sqrt{4Dt}} \exp \left(-\frac{x^2}{4Dt} \right) - \frac{x}{2D} \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{\sqrt{4Dt}} \right) \right) \right] \cdots \cdots (2)$

(海洋飛沫帯および海上大気中の場合)

によって測定データを最小二乗近似し、拡散係数D、コンクリート表面塩分量C₀あるいはコンクリート表面への付着塩分量を推定した。さらに、測定データの内コンクリート中に含まれる全塩分量と水溶性塩分量を同時に測定しているものについては、その差からコンクリート中における塩分固定化量を求めるとともに、後述の数値解析に用いる塩分固定化係数推定の参考資料とするため、次式(3)で得られる値をみかけの塩分固定化係数と称してこの値を求めた。

$$\text{みかけの塩分固定化係数} = \frac{\text{塩分固定化量}}{\text{水溶性塩分量} \times \text{暴露期間}} \cdots \cdots (3)$$

ポルトランドセメントを使用したコンクリートにおける塩分拡散係数の推定値を水セメント比の関係で示したものである。この結果から、コンクリートの塩分拡散係数が $10^{-8} \sim 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{sec}$ の範囲にあり、水セメント比の増加に伴ってこの値も増大する傾向にあることを明瞭に把握できる。ま

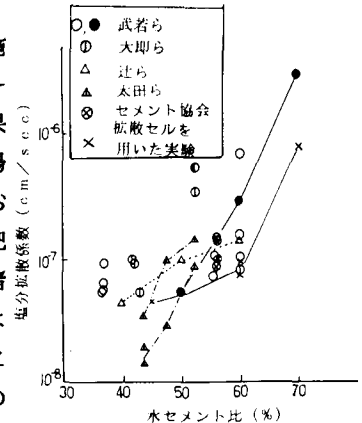


図-1 コンクリートの塩分拡散係数の推定値と水セメント比の関係

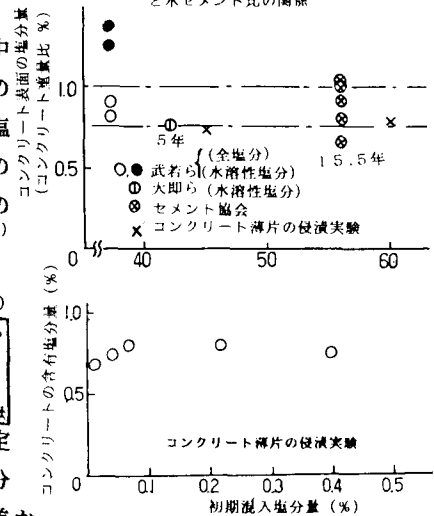


図-2 海中部のコンクリート表面の塩分量の推定値

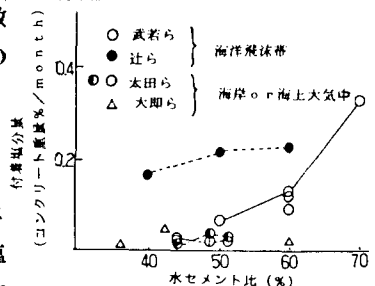


図-3 海洋飛沫帯あるいは海上大気中のコンクリート表面に付着し吸収される塩分量の推定値

た図-2は、海水中にコンクリートが存在している場合にはコンクリート表面の塩分量は常時一定になると仮定して、その値の推定を行なった結果である。この結果によると海水中のコンクリート表面における水溶性塩分量がコンクリートの水セメント比、材令あるいはコンクリートの練り混ぜ時に混入される塩分量の如何にかかわらず、コンクリートの重量比0.75~1.00%の範囲内で一定値をとるようである。一方図-3は、海洋飛沫帯あるいは海上大気中においてコンクリート表面に付着吸収される塩分量を推定したものである。この結果から、例えば海洋飛沫帯では1ヶ月間でコンクリート重量の約0.1~0.2%もの塩分量がコンクリートに付着し吸収されるが、この吸収量は水セメント比が増加するにしたがって多くなる傾向にあることが確認できる。

図-4には、セメントの種類の異なるコンクリートについてそれぞれのみかけの塩分固定化係数を示した。このような測定資料は少ないため未だ十分な結論は下せないが、この結果によると、固定化の割合は使用するセメントの種類によって異なり、特に高炉セメントあるいはアルミナセメントの場合にその割合が高いようである。また表-1は、みかけの塩分固定化係数の平均値を早強ポルトランドセメントの場合に対する比率で示したものであるが、この比率はセメント中に含まれるアルミナ分の比率とほぼ同程度となる。さらに、このみかけの塩分固定化係数はセメント量の増加に伴って増大するようであった。

3. コンクリート中への塩分浸透過程推定の一例

コンクリート中への塩分浸透量をより実際に近い状態で推定するため、上記の処理結果を基にして、次式(4)に示す2次元拡散方程式に対して差分法による数値解析を行なった。

$$\frac{\partial C(x,y,t)}{\partial t} = D \left(\frac{\partial^2 C(x,y,t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C(x,y,t)}{\partial y^2} \right) - K C(x,y,t) \quad (4)$$

ここで、
 $C(x,y,t)$: 水溶性塩分量 ($x=0$, あるいは $y=0$ の時 $C'=0.9\%$ とする.)
 D : 塩分拡散係数 (図-1の近似曲線として $D=1.0$ で与えられるとする)
 K : 塩分固定化係数 ($K=M_1 \cdot M_2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/sec}$ ここで M_1 はセメントの種類による係数でここでは表-1の値を用いる。 M_2 はセメント量に関する係数)
 (なお、解析に当たっては固定化量の上限値を M_1 に比例するかとちで定める。)

図-5.6は、種類のコンクリートについて解析を行ない、水溶性塩分量および全塩分量の推定を行なったものであり、図-7は測定結果との比較を行ったものである。これらの詳細については紙面の都合で当日報告する。

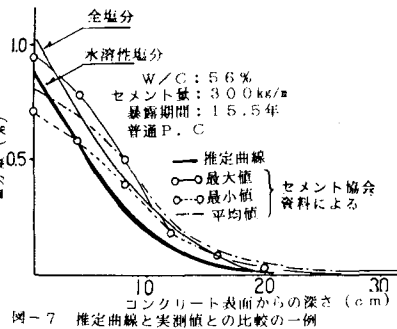


図-7 推定曲線と実測値との比較の一例

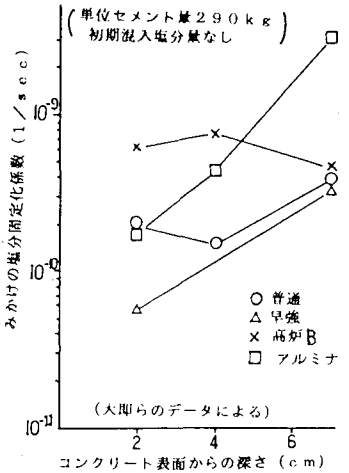


図-4 みかけの塩分固定化係数におよぼすセメントの種類の影響

表-1 早強P.C.を使用したコンクリートのみかけの塩分固定化係数の平均値に対するその他のセメントを使用した場合の比率

早強	普通	高炉B	アルミナ
1.0	1.5	3.5	8.0

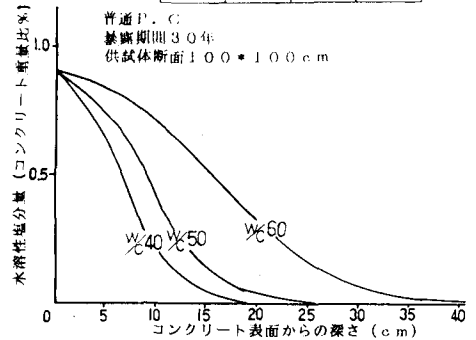


図-5 塩分拡散性状推定の一例

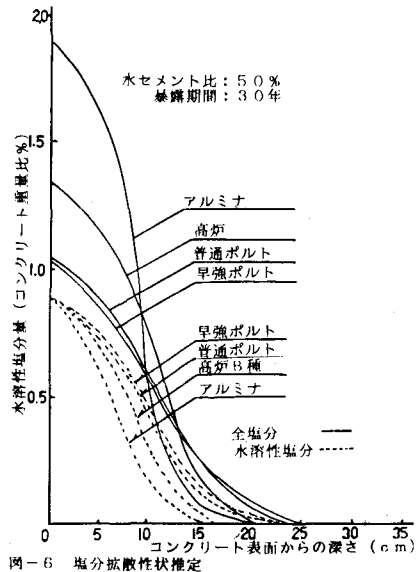


図-6 塩分拡散性状推定