

PSV-18 海洋環境下のコンクリートの含有塩分量に関する既往調査結果の整理と分析

鹿児島大学工学部 正会員 武若耕司

1. まえがき

塩害問題の顕在化によって、海洋環境下のコンクリート構造物の劣化調査例は急激に増加しているが、これに伴って、塩害の元凶であるコンクリート中の塩分量の調査データもかなりの量蓄積されてきている。一方著者らはこれまで、海洋コンクリート構造物の耐久性設計方法の確立を目的として、コンクリート中の塩分浸透過程について一連の検討を行い、その一推定手法を提案しているが[1]、この推定結果の信頼性を確認し、また、より実情に即した解析条件の設定を行うためには、これまで報告されている種々の実測データを整理し、積極的に活用する方法を考えなければならない。そこで本報告は、我が国で過去15年間に調査報告された約400組にのぼる海岸・海洋コンクリートの塩分量の調査データを、塩分浸透過程推定に有効活用できる資料とするために整理・分析した結果についてその概要を示したものである。

2. 使用調査データとその分析方法

2-1 使用データの内訳 今回整理を行った塩分量調査データは、過去15年間に我が国の土木、建築両分野のセメント・コンクリート関係の学会、雑誌などで報告された実構造物あるいは暴露供試体等の調査結果であって、ここでは59件の文献から合計409組のデータを引用した。なお、引用データはいずれも、整理の都合上、①コンクリートの配合および使用セメントの種類等、②構造物や供試体の設置環境と設置期間、③塩分抽出方法および定量方法などがおおむね明確であり、さらに、④データ1組には、異なった3か所以上の深さ位置での測定

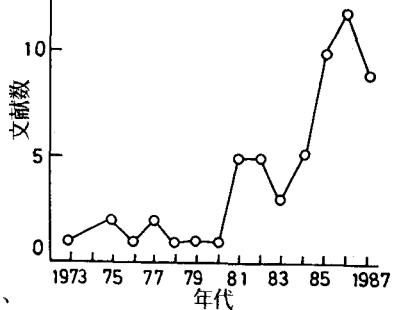


図-1 年代別引用文献数

結果があることが確認されたものである。図-1には年代別引用文献数を、また表-1、2には調査データ数と調査対象の諸条件との関係の一例を示した。これらから、1980年以降の塩害調査数の急激な増加とその調査対象が建設後20年前後の構造物であることなどを確認できる。

表-1 測定対象の設置環境条件別分類

環境条件	データ数
海中部・干潟帯	45
海洋飛沫帯	83
海岸(1-100m)	129
海岸(100-500m)	74
海岸(500m以上)	21
海水浸漬・散布実験	51
合計	409

表-2 測定対象の材令別分類

調査材令	データ数
1年未満	12
1~4年	79
5~14年	96
15~24年	121
25~34年	30
35~44年	24
45~54年	8
55~64年	39
合計	409

2-2 データの処理方法 調査データをコンクリート中の塩分浸透過程推定のより具体的な資料とするために、次の処理を行った。すなわち、コンクリート中への塩分

浸透を拡散現象と見な

して浸透量が1次元非定常拡散方程式の解で表されると仮定し、各組毎にデータとこの解を最小二乗近似させることによってそれぞれのコンクリートの塩分拡散係数あるいはコンクリート表面の塩分の供給条件を推定して、

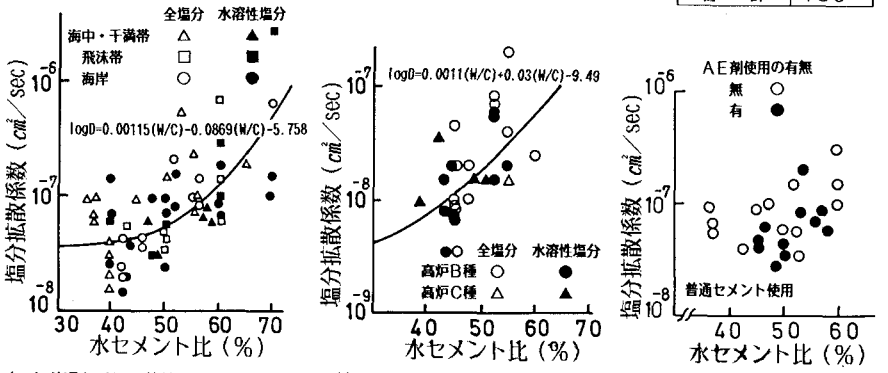


図-2 コンクリートの推定塩分拡散係数に関する整理結果の一例

この結果を整理するものである。なお、拡散方程式の解としては、海洋環境を塩分供給条件の異なる①海中・干満帯および②飛沫帯・海岸地域の2つに分け、それぞれについて、次の(1)および(2)式を用いた。

$$C(x,t) = C_0 \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) \right] \dots\dots\dots(1)$$

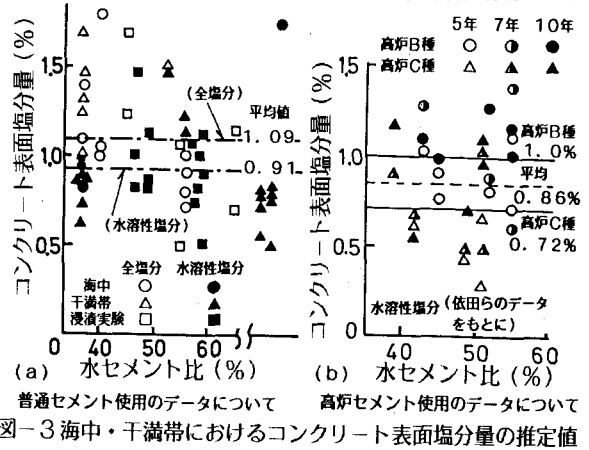
$$C(x,t) = 2W \left[\sqrt{\frac{t}{\pi D}} \cdot \exp \left(-\frac{x^2}{4Dt} \right) - \frac{x}{2D} \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) \right) \right] \dots\dots(2)$$

ここで、 $C(x,t)$: t 時間後の表面から x の深さにおける塩分量(%)
 C_0 : コンクリートの表面塩分量(%)
 D : コンクリートの塩分拡散係数(cm^2/sec)
 W : 単位時間あたりのコンクリート表面付着塩分量(%/sec)

また、コンクリート中の全塩分量と水溶性塩分量を同時に測定している場合には、両者の差からコンクリートの塩分固定化性状についても検討した。

3. データの分析結果とその考察

図-2は、コンクリートの塩分拡散係数の推定結果を整理した一例である。この結果からコンクリートの塩分拡散係数が、①およそ $10^{-8} \sim 10^{-7} \text{cm}^2/\text{sec}$ の範囲にあること、②水セメント比の増大に伴って放物線的増加傾向を示すこと、③高炉セメントの使用によって普通セメント使用の場合の1/5 ~ 1/10になること、④AEコンクリートとすることによっても幾分か小さくなること等を確認できる。また、図-3



には海中、干満帯におけるコンクリート表面の塩分量を、図-4には、飛沫帯や海岸付近におけるコンクリート表面への付着塩分量の推定結果を示した。これらの推定結果にはかなりのばらつきも見られるが、その平均的な傾向から、①海水と接する表面の塩分量はコンクリートの品質や材令に拘らずコンクリート重量比1.0%程度と考

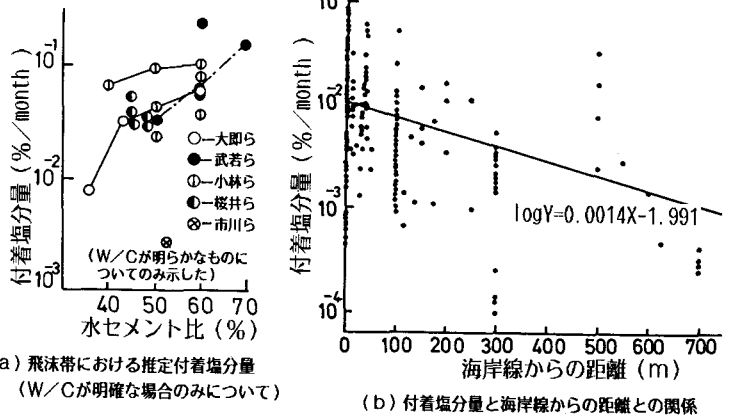


図-4 飛沫帯・海岸地域におけるコンクリート表面の付着塩分量の推定値

えて差支えないこと、②飛沫帯やその周辺でコンクリート重量比で $10^{-2} \sim 10^{-1} \text{%/month}$ 、また100m以内の海岸地域でも 10^{-2}%/month の付着塩分があること、③海岸から離れるに従って付着塩分量は指数関数的に減少すること等を確認できる。図-5は、コンクリートの塩分固定化状況の整理結果の例である。これから、①普通ポルトランドセメント使用の場合、平均的には浸透塩分量の約20%程度はコンクリート中で固定化されるが、この比率は含有塩分量が多くなるに従って減少すること、②高炉セメント使用の場合の塩分固定化率は普通セメント使用の場合の2倍以上にもなること等を確認した。

<参考文献>

- [1] 武若他：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、第42回土木学会年次学術講演会要集、1987

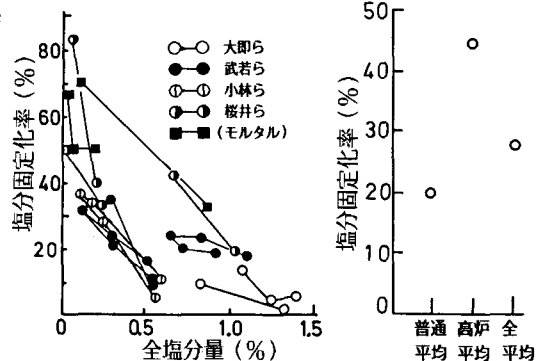


図-5 コンクリートの塩分固定化性状に関する検討結果の一例