

V-68

降水による海砂の塩分除去機構

東京電力㈱柏崎刈羽原子力建設所 正員 国分千代美
 正員 今井澄雄
 正員 寺田賢二
 東亜建設工業㈱技術研究所 正員 羽瀧貴士

1. はじめに

近年コンクリート用細骨材のうち海産骨材への依存度は増大している。しかし海砂は鉄筋コンクリートの耐久性に影響を与える塩分を含んでおり、これを取り除く方法が大きな問題となる。ここでは、長期間野積みしたときの海砂における降水量と砂中の塩分減少量の関係について、室内実験により塩分減少機構をモデル化し、現場計測との比較を行った結果を報告する。

2. 実験概要

海砂は東京電力㈱柏崎刈羽原子力発電所専用港湾内のものを使用した。その物性値(比重及び粒度分布)を表-1に示す。

比重	粒度分布(通過率%)と粗粒率						
	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	FM
2.715	99	98	96	88	71	13	1.34

室内実験は、現場の野積み状態を再現できるよう次の方法により行った。実験は直径20cm×高さ10cmの供試体を用い、散水を図-1のように行い、24時間後に間隙水の安定した状態で、供試体の中央付近の砂の含水比および塩分濃度について、①砂の締固め程度の影響および散水量と砂中の塩分量の関係を調査し、②排出水の塩分濃度の経時変化を求めた。締固め程度は供試体の突き固め回数により2種類に変え、各塩分濃度はモール法によって測定した。さらに排出水の塩分濃度の変化は排出水を一定量づつ分取し塩分濃度を測定した。

現場計測は、図-2に示す状態で砂を野積みし、降水量と深さ方向の塩分分布の関係を調べた。

3. 実験結果および考察

室内実験の結果、以下のことがわかった。①表-2に示すように締固め程度の違い(乾燥密度の違い)は含水比に大きな影響を与え、初期の砂中の塩分濃度に大きく影響する。ここで2種類の締固め程度の含水比の比は各散水量での塩分濃度の比にほぼ等しくなっている。また間隙量(土粒子を除く体積)の1倍弱の散水量によって塩分濃度は初期の濃度の10分の1以下まで低下する。②図-3に示すように、散水によって排出される水の塩分濃度は、始めのうちはもとの間隙水がそのまま排出(押出)され、その後徐々に侵入

水の影響を受けて塩分濃度の低下した水が排出される。砂の含水比が変わった場合にもこの傾向は変わらず、またこの散水量によってほとんどの塩分が排出されることも表-2に示した結果と一致する。

表-2 締固め程度と塩素イオン濃度の関係

散水量	砂中 (%)			間隙水中 (%)		
	密(A)	疎(B)	A/B	密(D)	疎(E)	D/E
0.00	0.394	0.608	0.65	1.770	1.905	0.93
0.45	0.116	0.189	0.61	0.522	0.605	0.86
0.90	0.031	0.049	0.63	0.137	0.158	0.87
2.00	0.001	0.002	—	0.006	0.005	—
5.00	0.001	0.001	—	0.003	0.002	—
10.00	0.001	0.001	—	0.003	0.002	—
ω	22.26	31.90	0.69	ω : 含水比(%)		
ρ_d	1.515	1.384	ρ_d : 乾燥密度(g/cm ³)			

(注: 散水量は砂の間隙量の倍数)

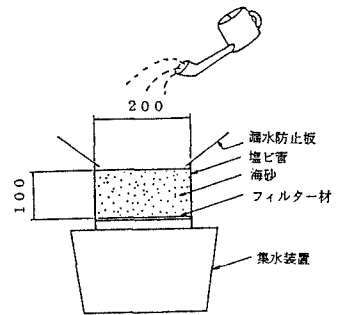


図-1 室内実験散水方法

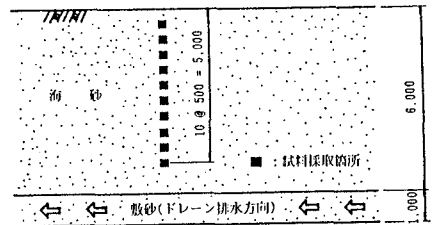
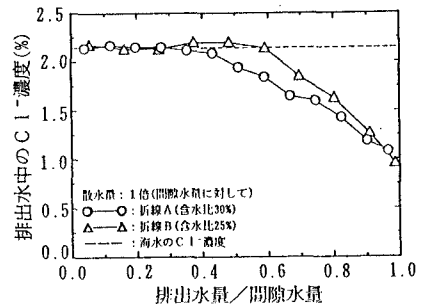


図-2 海砂野積み断面図

図-3 排出水中のCl⁻濃度の変化

4. 海砂中の塩分減少機構のモデル化

実験結果より、海砂中の塩分減少機構を以下のような概念によりモデル化した。

『ある砂中の要素に水が侵入する際に既に存在する（塩分濃度の高い）間隙水の一部が押出され、その後侵入水と残された間隙水の一部が混合し、そのうち初期の間隙水量より多い分が余剰水として排出され、もとの含水状態に戻る』

モデルは図-4に示すように、この概念に沿って降水量と砂中の塩分減少量の関係を知るために、次の3つの作用を考慮した。①押出作用；既に存在する間隙水の一部が侵入水により押出される作用、②混合作用；間隙水の一部と侵入水が混合する作用、③飽和度の上昇作用；侵入水により一時的に飽和度が上昇する作用。

以上の3つの作用に対してそれぞれ①押出率(X)；既に存在する間隙水のうち侵入水により押出される割合(%)、②混合率(Y)；押出されなかった間隙水のうち侵入水と混合する割合(%)、③最大飽和度(Z)；侵入水により一時的に上昇する飽和度の最大値(%)、というパラメーターを設定した。

この3つの作用を塩分減少機構のモデルの中に取り込み、図-5に示す計算のフローに従って砂中の塩分濃度を計算した。

5. 計算結果と現場計測結果の比較

計算結果(条件は表-3に示す)と現場計測結果を降雨量30mm、120mm、300mmの場合について比較したものを図-6に示す。この結果、①降雨量30mmでは深度0.0mから-0.5mあたりまでは若干違っているが、120mm、300mmではよく一致している。②計算結果では全く除塩されていない位置(深度)においても、現場計測結果ではいくらか塩分濃度が低下している。③骨材として使用可能な深度を知るために必要な除塩完了値(砂中のNaCl濃度：0.02%程度)付近を精度良く再現することができた。

6. おわりに

以上の検討の結果、先に示した3つの作用(押出作用、混合作用、飽和度の上昇作用)だけに注目することにより砂中の塩分除去機構の概要を把握し、簡単な計算手法によって塩分除去の進行を推測することがわかった。

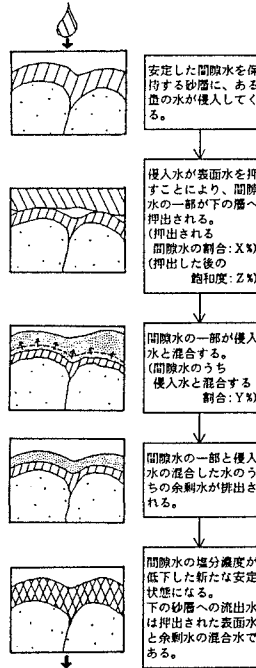


図-4 モデルの概要

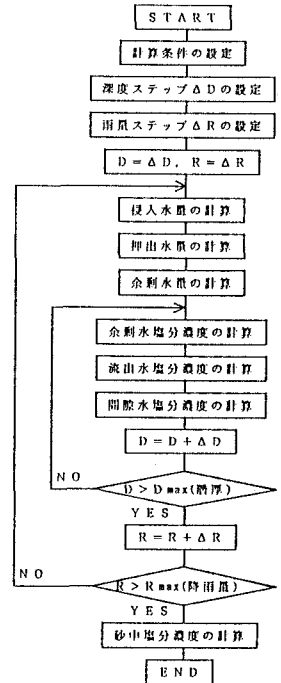


図-5 計算のフロー

表-3 計算条件

海砂の比重	2.715
乾燥密度	1.44 (g/cm ³)
含水比	10 (%)
砂中初期C I濃度	0.2144 (%)
押出率(X)	90 (%)
混合率(Y)	100 (%)
最大飽和度(Z)	50 (%)

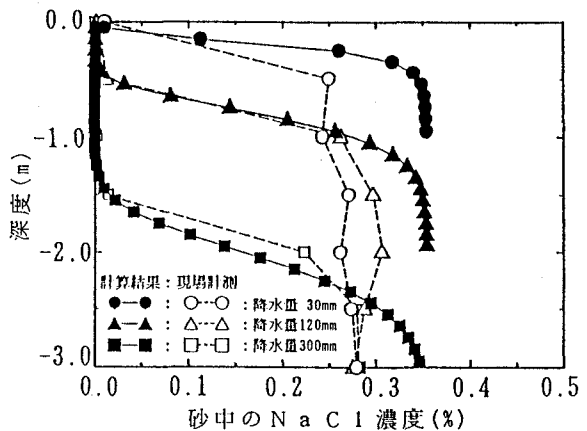


図-6 計算結果と現場計測結果の比較