

コンクリート構造物の複合劣化に関する研究

株式会社 大広 正会員○渡辺康彦 京都大学工学部 正会員 井上 晋
京都大学工学部 正会員 宮川豊章 京都大学工学部 正会員 藤井 学
近畿大学環境科学研究所 正会員 川東龍夫

1. はじめに 近年問題とされるコンクリート構造物の早期劣化要因の代表例には塩害、中性化、酸性腐食などがあり、これら単独要因としては、そのメカニズムがほぼ明らかになりつつある。しかし、複合要因としては不明な点が多い。したがって、本研究は、塩害—中性化の実験的検討を行なう。特に、劣化過程において生じる生成物質の定性・定量分析を通して、劣化メカニズムについて論じるとともに、その分析手法の確立を試みる。

2. 実験概要 供試体は10×10×15cmの角柱供試体とし、打設時にCl⁻量でセメント重量の約0.4%のNaClを練り混ぜ水に混入した。セメントは、普通、高炉B種の2種類とし、水セメント比として0.60を設定した。この供試体について7日間中性化促進(20±0.1℃、RH60±1%、CO₂濃度10%)を行なった後、中性化測定(フェノールフタレイン法)、電位差滴定法(JCI-SC4に準じた方法)による塩化物イオン分析、EPM Aによる面分析(加速電圧15KV、吸収電流2.0×10⁻⁷μA、ビーム径200μm—定)および粉末X線回折試験(ターゲットCu、印加電圧40KV、印加電流80mA、スリット径1°-1°-0.30mm)を行なった。図-1に実験試料採取位置を示す。

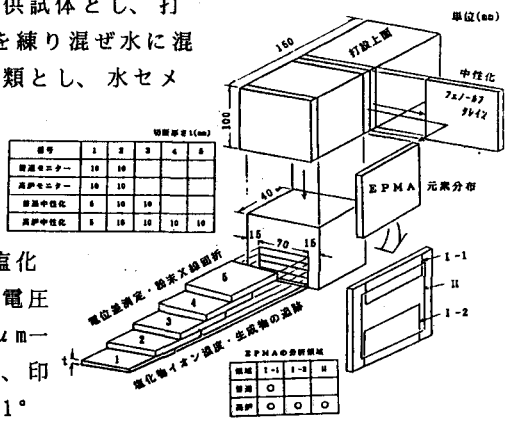


図-1 供試体の切断と分析領域

3. 結果および考察

(1) 中性化測定 中性化深さを表-1に示す。セメントの種類による中性化深さに顕著な差異は認められなかった。打設下面の中性化深さが他の面に比べて小さいのは、下層が密実であるためにCO₂浸透量が少なくなったことによるものと考えられる。打設上面が下面に比べて中性化深さが大きいものの、他の面との比較において材料分離による影響は顕著には認められなかった。中性化速度は、高炉セメントが普通セメントより若干大きいようである。

(2) 塩化物イオン分析 中性化促進を行なった供試体の打設下面について、全塩分量を測定した。その結果を図-2に示す。採取深さ0~5mmの中性化部において、塩化物イオン量が減少している。10mm位置にプロットした値は、試料としては深さ5~15mmのものをを用いており、このうち表面に近い部分については2.5mmにブ

表-1 中性化深さ (mm)

セメントの種類	打設下面	打設右面	打設左面	打設上面	平均値	比
普通	4.7	6.1	7.4	6.3	6.1	1.0
高炉	4.4	6.0	5.4	6.0	5.5	1.1

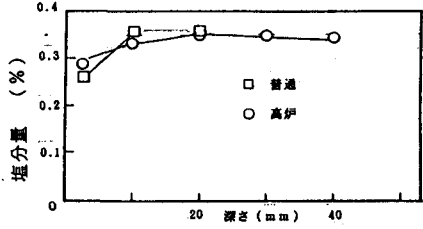


図-2 セメント重量に対する全塩分量

ロットした値と同様であるとすれば、表面から深い部分では、図に示された値よりもはるかに大きな値を本来は示すものと考えられ、塩化物イオンは中性化部から非中性化部へ移動しているものと考えられる。この移動は普通セメントの方が高炉セメントよりも顕著である。高炉セメントは普通セメントに比べて塩分の固定化が大きいとされる報告¹⁾があるが、この移動の推定による限り、普通が高炉より大きいものと推測され、固定化形態も含め、より詳細な検討が必要と考えられる。

(3) EPMAによる面分析 ①炭素 炭素は表面より0~5mm付近に多く存在し、その他の部分はほぼ均一に分布しているようである(写真-1)。この表面付近に多量に存在する炭素は中性化によって炭酸カルシウムとして固定されている炭素と思われる、前述の中性化測定結果に一致する。非中性化部に偏在する炭素は、CO₂の浸透量の相違により生じたと考えられる。②塩素 Cl濃度は深さ0~5mmの中性化部付近では低く、中性化部と非中性化部の境界面が最も高くなり、非中性化部は若干低くなるが中性化部に比較して高い(写真-2)。すなわち、塩化物イオンは中性化部から非中性化部へ移動し、そのため中性化部と非中性化部の境界面に集中する。これは電位差滴定による結果に一致している。次に、EPMAによる各領域におけるClのX線強度の平均値と電位差滴定による塩化物イオン量の比を図-3に示す。各結果の間に極めてよい相関は認められなかったが、これは分析面の表面粗度と傾きに影響されたためと考えられる。

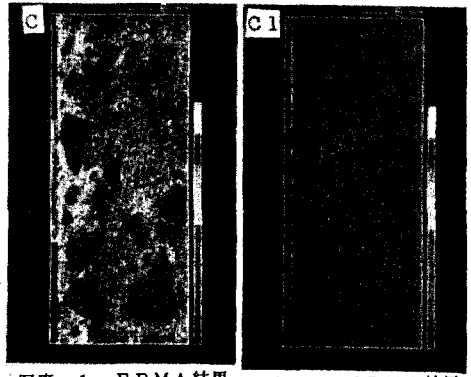


写真-1 EPMA結果 (普通-下面: 0-25mm) 写真-2 EPMA結果 (普通-下面: 0-25mm)

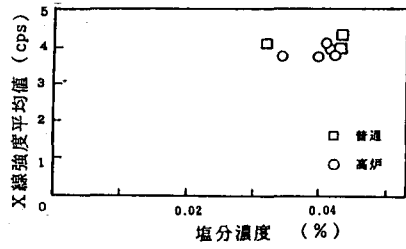


図-3 塩分濃度-X線強度の平均値

(4) 粉末X線回折試験 表-2は、高炉セメントコンクリート供試体の中性化促進およびモニター試料の水酸化カルシウムとフリーデル氏塩のピーク強度を示したものである。採取深さ0~5mmの中性化促進試料はモニター試料に比して水酸化カルシウムが明らかに減少している。これは前述の中性化深さ測定結果に一致している。また、採取深さ0~5mmの中性化促進試料では明かなフリーデル氏塩のピークが認められず、塩化物イオンがコンクリート中にほとんど固定されていないものと考えられる。

4. 結論

- (1) コンクリート中にフリーデル氏塩として固定されている塩化物イオンは中性化によって遊離し、中性化部から非中性化部へと移動し塩化物イオンの濃縮を引き起こす。
- (2) 塩化物イオン濃度とEPMAによるClのX線強度との間には顕著な相関性を見いだすことが出来なかった。
- (3) コンクリート中にはCO₂の浸透量の相違によって生じたと推測される非中性化部の炭素の偏在の可能性がある。

参考文献 1)セメント協会: コンクリート専門委員会報告F-40、海砂の塩分含有量とコンクリート中の鉄筋の発錆に関する研究-材令10年中間報告(その2)-、Aug.1987

表-2 粉末X線回折試験結果 (回折強度: cps)

遊離物質	中性化促進供試体			モニター供試体	
	1	2	3	A	B
水酸化カルシウム	390	1620	1701	1788	1583
フリーデル氏塩	なし	403	498	494	445