

V-205 コンクリートの炭酸化が海洋環境下における塩化物の浸透におよぼす影響

東京大学生産技術研究所 正会員 星野富夫
千葉工業大学土木工学科 正会員 小林一輔

1. はじめに

昭和24年制定のコンクリート標準示方書中の「海水の作用を受けるコンクリート」の章では「コンクリートは少なくとも材令4日になるまで、海水と接触しないように保護しなければならない」と規定している。これは、コンクリートの表層部が炭酸化すると二酸化炭素が水酸化カルシウムと結合して炭酸カルシウムを生成し、このときに容積が増大するために細孔が充填されて非炭酸化部分よりも腐食因子の遮蔽効果が増大するという趣旨であった。

本報告はこれを実験的に確かめるために、予め炭酸化を生じさせたコンクリートを海洋飛沫帯に約1.5年間暴露した後、供試体断面の塩化物の侵入状況をEPMAの面分析により明らかにしたものである。

2. 実験方法

2.1 コンクリート

コンクリートの配合は、水セメント比が43%、単位セメント量が 450kg/m^3 のプレストレストコンクリート部材を対象としたものである。セメントは $R_2O=0.51\%$ の早強ポルランドセメントを使用し、骨材は細粗骨材とも砕石（砂岩）を使用した。なお、これらの骨材のアルカリシリカ反応試験（化学法）の結果はいずれも無害であった。

2.2 供試体の作製と炭酸化処理

供試体は $10\times 10\times 40\text{cm}$ の角柱体であって、コンクリートは打設後24時間で脱型し直ちに 20°C の水中養生を行い、材令が7日の時点で一部の供試体は表面からの炭酸化深さが約25mm程度になるまで約6ヶ月間、 CO_2 濃度10%、湿度60%、温度 20°C の条件下で炭酸化処理を行った。この間、他の供試体は同じ温度および湿度環境に保存し、炭酸化の影響を殆ど受けないコントロール用供試体とした。

2.3 海洋暴露試験

前処理を終えた2種類の供試体は、伊豆の東海岸に設置されている海洋暴露試験場において1年5ヶ月間暴露した。

2.4 EPMAによる塩素の分析ならびに細孔分布の測定

図-1に示すような箇所からEPMAによる分析を行うための試料を切り出し、供試体断面において図-2に示すような範囲における塩化物の浸透状態を調べた。分析領域は 512×480 の画素から構成され、この場合は1画素を 0.17mm 平方と設定したため、分析領域全体の広さは $87.04\times 81.60\text{mm}$ となっている。また、結果は各画素のX線強度を、写真1～写真-2の右側に示されているような16段階の濃淡で表示している。すなわち、黒→白の順に分析元素の濃度が高くなっていることを意味している。また、写真-1および写真-2に示されているグラフは画面内の2直

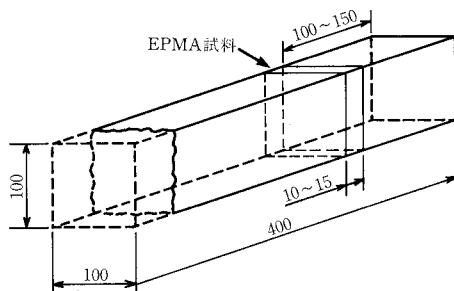


図-1 EPMA試料の切り出し（単位:mm）
（左端の破線部分は、暴露開始時点での炭酸化深さ測定に供した）

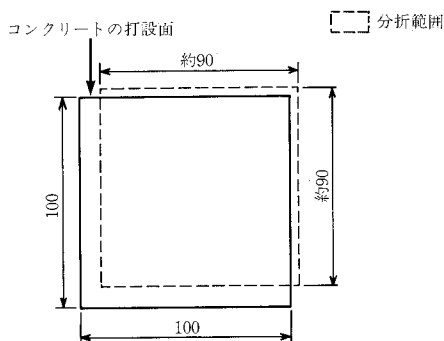


図-2 EPMAによる面分析の範囲

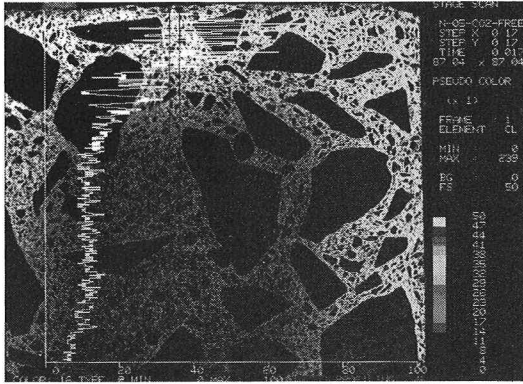


写真-1 炭酸化を生じさせない状態で暴露した
コンクリート断面における塩素の浸透状態

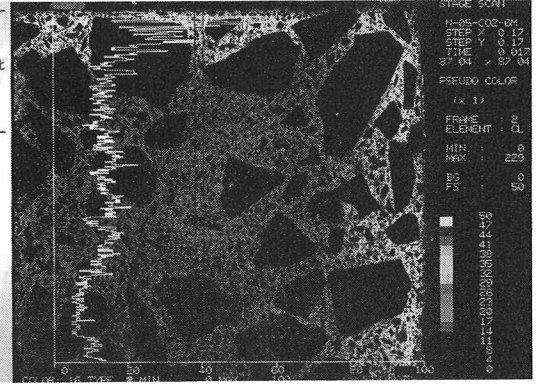


写真-2 炭酸化を生じさせた状態で暴露した
コンクリート断面における塩素の浸透状態

線で囲まれた領域の平均X線強度をプロットしたものである。一方、ポロシチー試料の採取は図-3に示すような位置から行い水銀圧入式ポロシメーターにより測定したものである。

3. 実験結果と考察

写真-1および写真-2から明らかなように、炭酸化処理を行わない場合、塩素の浸透はコンクリート表面から20mm程度に達しているが、炭酸化処理を行った場合には塩素の浸透は10mm程度に留まっており、炭酸化が塩化物の浸透を遅延させていることが明かである。また、ナトリウムの分布状態を調べたところ、塩素の場合と同様に炭酸化処理を行った供試体においてナトリウムの浸透が少ないこともわかった。図-4は、これらの供試体の炭酸化部と非炭酸化部の細孔構造を調べたものである。炭酸化領域における全細孔容積は、コンクリート断面の中央においては促進炭酸化の供試体も無処理供試体もほぼ同程度の細孔量となったが、これらの供試体の表面付近の細孔容積は両者で大きく異なり、炭酸化がコンクリートの細孔容積を減じていることが明かである。即ち、写真-2に示した塩化物の遮蔽効果が炭酸化によるコンクリート組織の緻密化によるものであることを裏付けている。

4. 結論

コンクリート表層部に形成されている炭酸化部分が、海洋環境においては塩化物の浸透を遅延させる作用を有することを確認した。

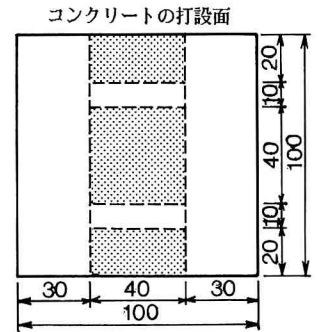


図-3 ポロシチー試料の
採取方法（単位mm）

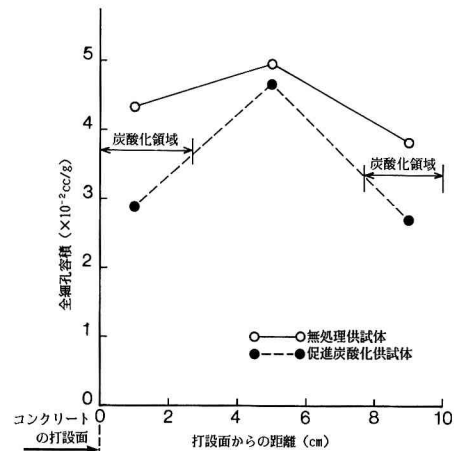


図-4 炭酸化とポロシチーの関係