

V-76

海洋環境下における炭酸化したコンクリートへの塩化物の浸透

東京大学生産技術研究所 ○正会員 星野富夫
東京大学生産技術研究所 正会員 魚本健人

1. はじめに

コンクリートの炭酸化に伴って塩化物や硫化物の移動・濃縮を生じ、非炭酸化部においても鋼材腐食に影響を与えることが報告されている¹⁾。一方、筆者らはこの炭酸化も表層部分に形成されている場合には、塩化物の遮蔽効果が認められる事も明らかにしている²⁾。本報告は、条件の異なるコンクリートを用い、ほぼ鋼材位置の深さまで促進炭酸化させた供試体の海洋環境下における暴露実験を行い、鋼材腐食や塩化物の浸透にどのような影響を及ぼすかを実験的に検討したものである。

2. 実験概要

コンクリートは、水セメント比：60%，S/a：47%とし、骨材として川砂と最大寸法が15mmの砕石（砂岩）を用い、セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。供試体は、10×10×40cmの角柱体であって、かぶりが2cmになるように全長が34cmの異型鉄筋（D10）を2本埋め込んだものである。

促進炭酸化は、コンクリートの打設後4週間の湿潤養生の後、20℃、湿度60%、CO₂濃度10%の環境で5ヶ月間保持した。また、促進炭酸化を行わない供試体は、打設後1週間の湿潤養生を行い、各々海洋暴露に供した。

促進炭酸化させた角柱供試体の海洋暴露開始時（促進炭酸化5ヶ月）におけるフェノール法による炭酸化深さは8～19mmであって、全周平均では14mmであった。海洋暴露は、かぶり側が上面になるように固定し、暴露期間が0.5年と1年で供試体を引き揚げ、解体調査した。

塩化物の分析は、供試体の中央部から□30mm角柱を切りだし、所定の厚さに切断したコンクリート片を粉碎して、JCIの「硬化コンクリート中に含まれる全塩分の簡易分析方法」により電位差滴定法で行った。

3. 実験結果と考察

図-1は、暴露材令にともなう鉄筋の腐食を面積率で示したものである。この腐食面積率は、埋め込まれた2本の鉄筋の平均で示している。非炭酸化供試体の鉄筋腐食は、従来報告されている値に近いものとなっている。

しかし、促進炭酸化したものにおいては、暴露0.5年（6ヶ月）の時点でも既に10%程度の腐食面積率を示し、暴露1年では50%もの値を示している。この暴露1年の鉄筋表面を観察すると若干の断面欠損が認められた。これ

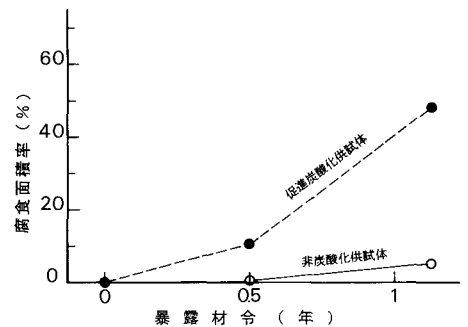


図-1 暴露材令と鉄筋の腐食面積率

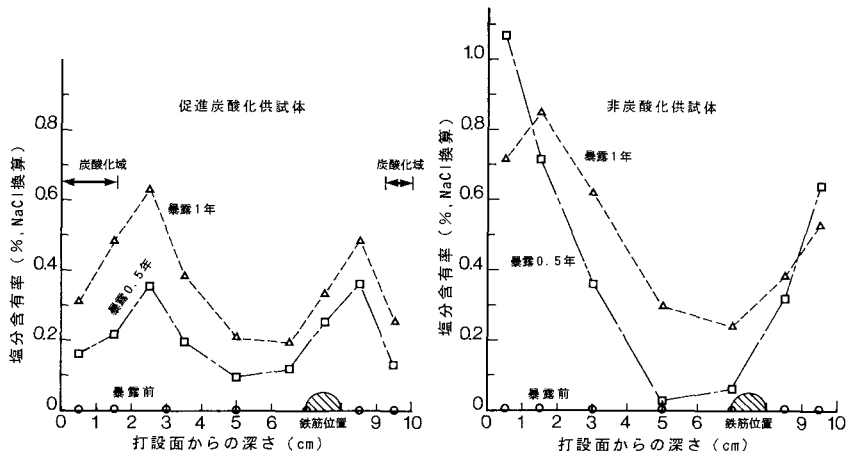


図-2 塩化物の浸透と分布

図-3 塩化物の浸透と分布

らの腐食状態を検討するために塩化物の分布と浸透状態を示したものが図-2~3である。促進炭酸化を行わない供試体への塩化物の浸透は、既往の報告に示すような塩分浸透量や分布状態を示しているが、図-2に示す促進炭酸化を行ったものへの塩化物の浸透は異なった傾向を示している。

この促進炭酸化をさせた供試体における塩化物の分布をみると、コンクリートの中心部分においては、炭酸化を行わないものと同様に外部から浸透した塩化物含有量が凹のとなるような分布を示している。しかし、炭酸化域とその界面の部分では、塩化物含有量はピークを示している。炭酸化域においては、熱分析によるCaは殆ど CaCO_3 となっていることから材令の経過とともに塩化物含有量が増えているのは、外部から浸透した塩化物が細孔溶液中に存在しているものと考えられる。この塩化物の分析に用いた試料の熱分析試験を行った結果、打設面から2cmの深さまでは、500℃付近における水酸化カルシウムの脱水の傾向が全く認められなかった。このことは、炭酸化領域では塩化物の固定化が殆ど行われないと考える事が出来る。以上の事から、炭酸化を生じたコンクリートの場合、炭酸化に伴う塩化物の移動というよりも炭酸化層においては外部から浸透する塩化物の固定がなされず、非炭酸化部分で固定化されていると考えられる。これを模式的に示すと図-4のようになる。

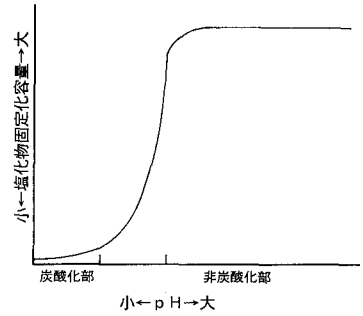


図-4 水和物による塩化物の固定化能力の模式図

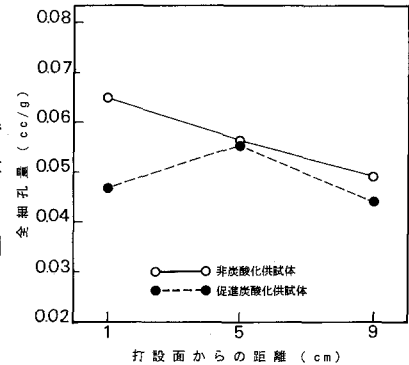


図-5 細孔量の変化(暴露:1年)

一方、塩化物の浸透は結合形態と細孔径分布が大きな要因となることから、コンクリート断面内の全細孔量(図-5)の変化をみると、炭酸化した部分のコンクリートは、いずれの場合にも中心部分と比べ全細孔量が減じている。しかし、この細孔径分布(図-6)をみると炭酸化部分には粗大な径の細孔が増加している。特に打設面側の炭酸化部分においてはこの傾向が顕著となっている。この粗大な径の細孔の存在も塩化物の浸透を容易にしているものと考えられる。

4. まとめ

コンクリート表面の炭酸化層が塩化物の浸透を抑制すると報告されているが、この現象はコンクリート表面近傍において炭酸化が生じている場合であると考えられる。コンクリートの品質や環境

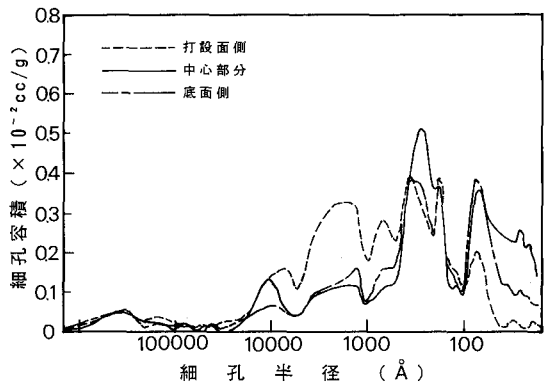


図-6 細孔径分布(暴露:1年)

によっても異なるが、炭酸化が進行するとその炭酸化域において塩化物の固定(結合)がなされないために、そこを通過した塩化物が炭酸化の界面である非炭酸化部へ浸透し、結果的に塩化物の濃縮を生じるような傾向を示すと考えられる。

(参考文献)

- 1) 岸谷, 小林, 榎野, 宇野: 塩化物を含むコンクリート中における鉄筋腐食と中性化との関係, コンクリート工学論文集, Vol. 2, 1, pp. 77~83, 1991年1月
- 2) 星野, 小林: 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ぼす影響, 土木学会第45回年次学術講演会概要集, 第5部, 1990年9月