

コンクリートの炭酸化に関する研究(III)

Studies on Carbonation of Concrete (III)

小 林 一 輔*・宇 野 祐 一*

Kazusuke KOBAYASHI and Yuichi UNO

1. は し が き

筆者らは、前報¹⁾²⁾よりコンクリートの炭酸化を促進する化学的要因としてセメント中に含まれる R_2O があることを報告した。本報告は、促進炭酸化を新たに行ったモルタル供試体の熱分析およびEPMA分析結果と前報の結果を用いて炭酸化の進行過程について考察を行ったものである。

2. 実 験 方 法

セメントは普通ポルトランドセメント ($R_2O=0.57\%$) を使用したが、モルタル中のアルカリ量を増やすために、このセメントをベースとしNaOHを添加して $R_2O=0.9, 1.2$ および 1.5% としたモルタルも作製した。細骨材には豊浦標準砂を、水はイオン交換水を使用した。C : W : S = 1 : 0.5 : 1.75のモルタルを練り混ぜて、 $10 \times 10 \times 40$ cm角柱体を成型し、温度 $20^\circ C$ 、湿度 $100\% R.H.$ の噴霧養生室中で28日間養生を行った後、促進炭酸化試験(CO_2 濃度 10% 、温度 $20^\circ C$ 、湿度 $60\% R.H.$) に供した。

12週の促進炭酸化を行った供試体は端部より5 cmの部分において 10×10 cmの破断面が得られるように割裂し、直ちにフェノールフタレイン1%エタノール溶液を

吹き付けて炭酸化深さを測定した。更に、図-1に示すように表層より中心に向かって5 mmずつ10試料を採取し、示差熱分析および熱重量測定を行った。

なお、同一破片からEPMA試料 ($10 \times 10 \times 1$ cm) を切り出して面分析を行い、炭素の分布状態も調べた。

3. 実 験 結 果 と 考 察

表-1はセメントの R_2O ごとの炭酸化深さを、写真-1はそのフェノールフタレインによる呈色の様子を示したものである。以上の結果は、コンクリートの炭酸化がセメント中の R_2O の増加とともに促進されることを示して

表-1 炭酸化深さ測定結果

$R_2O\%$	最 小 値	最 大 値	平 均 値
0.57	0	9.4	3.4
0.9	2.6	14.0	6.1
1.2	3.7	14.0	5.1
1.5	9.3	17.1	12.7

単位：mm

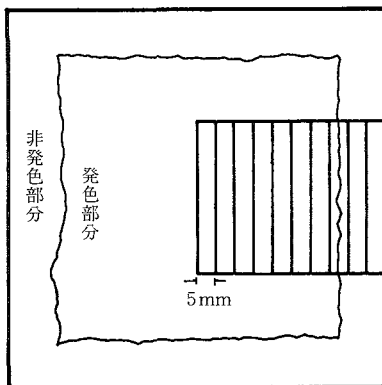


図-1 熱分析試料の採取方法

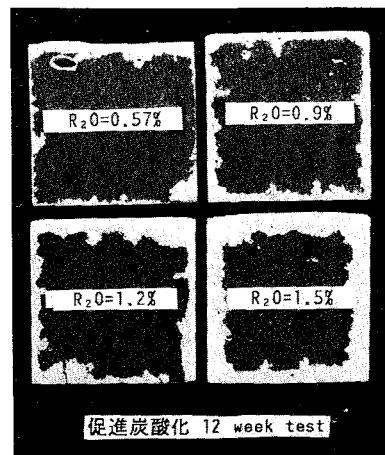


写真-1 R_2O の違いによる炭酸化の様子

*東京大学生産技術研究所 第5部

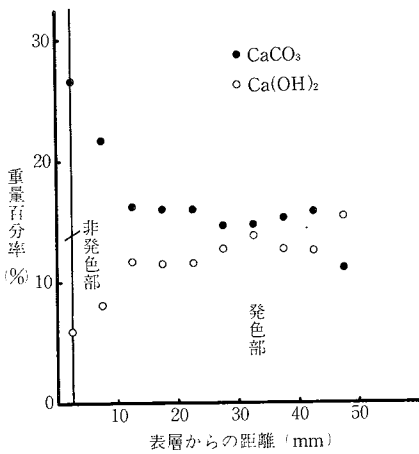


図-2 表層からの炭酸化的状態 ($R_2O=0.57\%$)

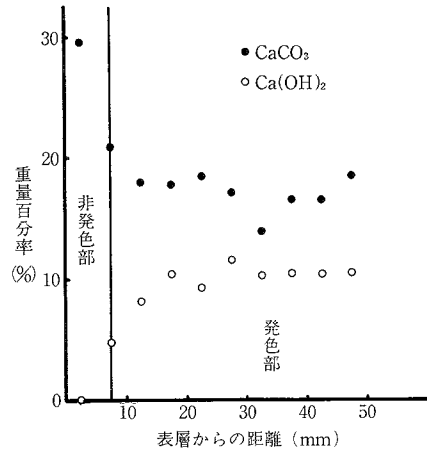


図-3 表層からの炭酸化的状態 ($R_2O=0.9\%$)

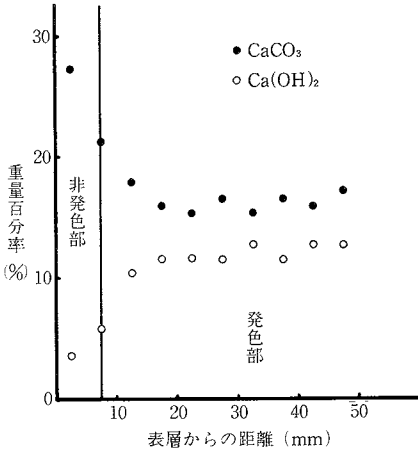


図-4 表層からの炭酸化的状態 ($R_2O=1.2\%$)

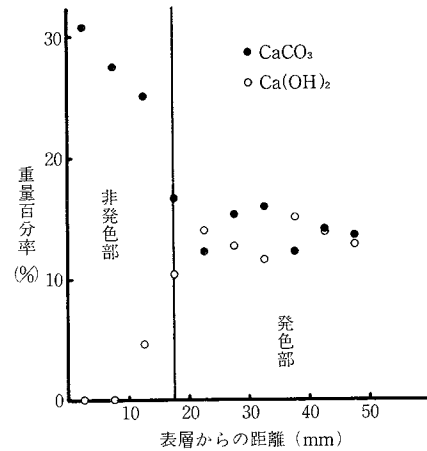


図-5 表層からの炭酸化的状態 ($R_2O=1.5\%$)

おり、前報と同様の結果となっている。次に、これらの試料の熱分析結果について、供試体の表面からの距離と $CaCO_3$ および $Ca(OH)_2$ のセメントペーストに対する重量百分率との関係を示したものが図-2~5である。

従来、炭酸化的進行過程を表す模式図としては図-6³⁾に代表されるようなものが用いられており、炭酸カルシウムのみの部分、炭酸カルシウムと水酸化カルシウムが共存する部分、炭酸カルシウムのみ部分がはっきりと分けられているが、本結果では水酸化カルシウムのみ部分は存在せず炭酸化的は中心にまで及んでいることがわかる。この結果は、コンクリートの炭酸化的が表層部から一様に漸進的に進行するのではなく、炭酸ガスの進入しやすい部分（たとえば孔径の大きい毛管空隙）では急速に内部まで進行することを示唆している。すなわち、多

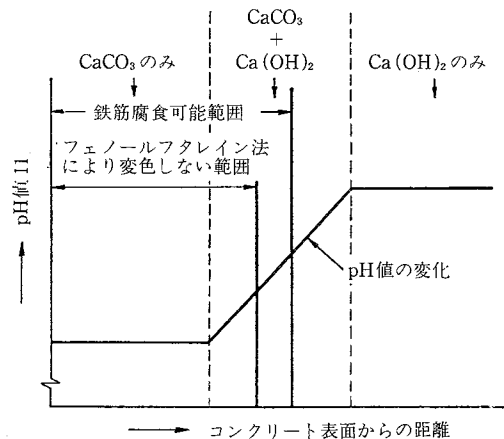


図-6 従来の炭酸化的進行過程の概念

研 究 速 報

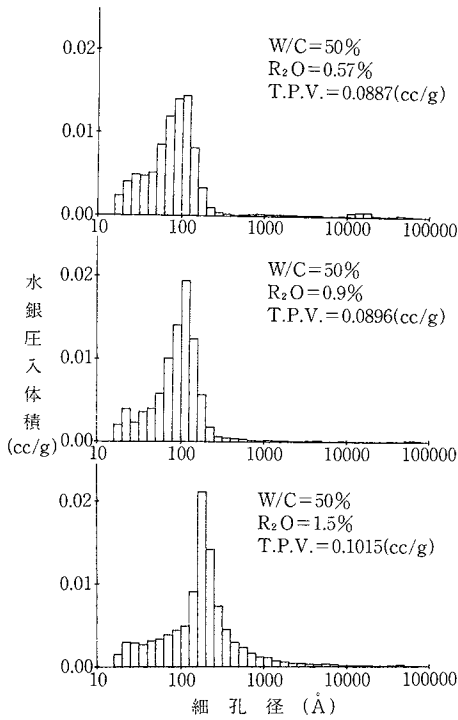


図-7 R₂Oの違いによる細孔径分布

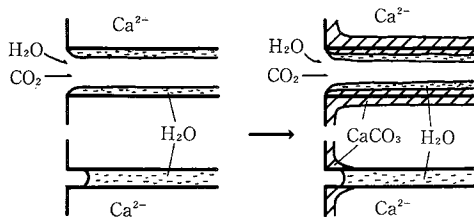


図-8 炭酸化的進行過程の模式図

孔材料としてのコンクリートの細孔構造は図-7より明らかなように均一なものではなく、ミクロンオーダーの粗大な毛管空隙からオングストロームオーダーのミクロな細孔までが混在しているが、大気に露出しているコンクリートの表層部では、大気の湿度に応じて粗大な毛管空隙は水によって満たされてはおらず、孔壁に大気の湿度に平衡する水分子層が存在すると考えられる。炭酸ガスはこのような毛管空隙を通じて急速に内部に進入し、コンクリートに局所的に楔を打ち込んだような形で炭酸化を進行させると考えられる。このような進行過程を模式的に表したものが図-8である。

写真-2はR₂O=1.5%の試料のEPMAによる炭素の面分析結果である。この図より明らかなように、中心部でも大きな空隙のまわりには炭酸化が生じていることが

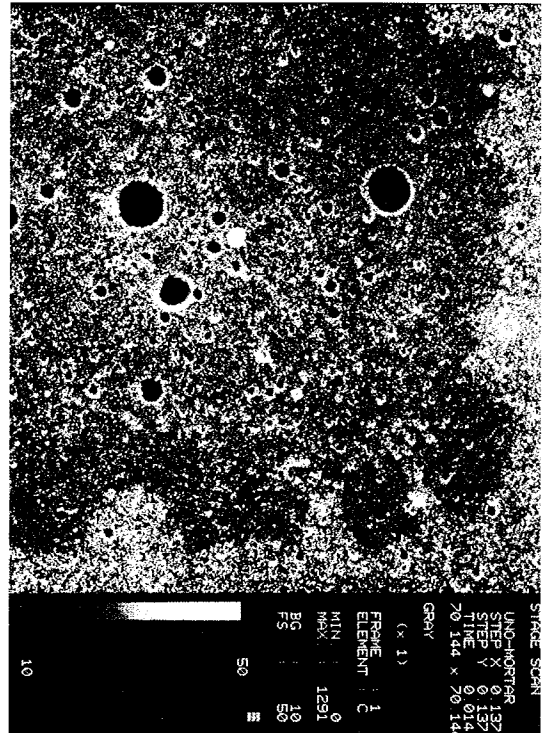


写真-2 EPMAによる炭素の分析結果 (R₂O=1.5%)

わかる。この結果は、上記の熱分析結果から予測した炭酸化の進行過程を裏付けるものである。ただし、本試験が高い炭酸ガス濃度の下で行った促進炭酸化試験であることを考慮する必要があるので、今後は大気中に暴露した供試体について以上の炭酸化の進行過程のモデルの妥当性を確認する予定である。

4. 終わりに

本文は、コンクリートの炭酸化がその細孔径分布（従来の炭酸化に対する影響要因である水セメント比、連行空気量、施工程度等はこの細孔径分布に集約できる）とコンクリート中の水の存在状態に大きく影響を受けること、また従来の考え方とは異なり炭酸化が表層より一様に進行することがないことを示したものである。

(1988年8月25日受理)

参 考 文 献

- 1) 小林・宇野：コンクリートの炭酸化に関する研究 (I), 生産研究, Vol. 40, No. 6, 1988
- 2) 小林・宇野：コンクリートの炭酸化に関する研究 (II), 生産研究, Vol. 40, No. 9, 1988
- 3) 岸谷, 梶野：コンクリート中の鉄筋の腐食に関する研究, 日本建築学会論文報告集, 第283号, P. 11, 1979