

# コンクリートの炭酸化に関する研究(IV)

## Studies on Carbonation of Concrete (IV)

小林 一 輔\*・宇 野 祐 一\*  
Kazusuke KOBAYASHI and Yuichi UNO

### 1. は し が き

筆者らは、前報<sup>1)2)</sup>でコンクリートの炭酸化を促進する新たな要因としてセメント中のアルカリと孔隙水の移動があることをモルタル試料を用いた促進試験を通じて明らかにした。

今回は、コンクリートを用いて同様の促進炭酸化試験を行うことにより前報の結果を確認するとともに、養生条件の影響についても検討を行い、セメント中のアルカリがコンクリートの炭酸化速度に及ぼす影響を従来から指摘されていた水セメント比や養生条件の影響と比較検討したものである。

### 2. 実 験 概 要

実験に用いたセメントは、 $R_2O=0.31$ 、ならびに $0.57\%$ の2銘柄の普通ポルトランドセメントAならびにBである。その化学組成を表-1に示す。

骨材は、粗骨材として最大粒径が20mmの秩父両神産砕石(砂岩)を、細骨材として大井川産川砂(砂岩)を用い、水は水道水を使用した。コンクリートの水セメント比は、40、50、60および70%の4種類とし、スランプが8cmになるように配合を定めた。表-2にその配合を示す。なお、セメント中のアルカリを変化させるために $R_2O=0.57\%$ のセメントにNaOHを添加することにより等価 $Na_2O$ 量を0.9、1.2、1.5%に調整した。

コンクリートは打設1日後に脱型し、養生条件が炭酸化に及ぼす影響を調べるために、1)温度 $20^{\circ}C$ 、相対湿度100%の霧室内に4週間(以下湿潤と呼ぶ)、2)同霧室

表-2 コンクリートの配合

W/C (%)	S/a (%)	単位置 (kg/m <sup>3</sup> )			
		W	C	S	G
40	43	196	490	731	997
50	45	196	392	802	1008
60	47	196	327	862	1000
70	49	196	280	917	983

内に1週間置いた後、温度 $20^{\circ}C$ の室内に3週間(以下湿潤+気中と呼ぶ)、3)温度 $20^{\circ}C$ の室内に4週間(以下気中と呼ぶ)の3条件で養生を行った。

養生を終了した供試体は、温度 $20^{\circ}C$ で、湿度60%、 $CO_2$ 濃度10%の促進炭酸化槽(朝日科学:ルネイヤー)に所定の期間保存した後、炭酸化深さ測定に供した。

供試体は $\phi 10 \times 20$ cmの円柱供試体で、一部孔隙水の移動をシミュレートするために供試体の中央部に $\phi 16$ mm、長さ19cmの穴を設け、炭酸化期間を通じてpH13の水を供給した。

炭酸化深さは、供試体を $\phi 10$ cmの破断面が得られるように割裂し、フェノールフタレイン1%エタノール溶液を吹き付け呈色させた後、画像処理装置を用いて炭酸化面積を測定し算出した。

### 3. 実験結果と考察

図-1、2および3は、促進炭酸化8週における $R_2O$ と炭酸化深さの関係を示したものであり、それぞれ養生条件が湿潤、湿潤+気中、気中の結果である。また、図-4

表-1 セメントの化学組成

	ig.loss	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
A	0.7	21.2	5.7	3.4	64.3	1.8	1.9	0.16	0.23
B	1.1	22.1	4.8	2.9	64.9	1.4	1.9	0.24	0.50

\*東京大学生産技術研究所 第5部

単位: wt%

研究速報

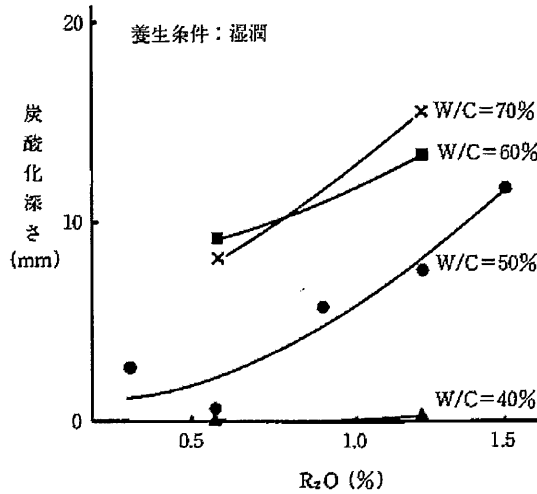


図-1 R<sub>2</sub>Oと炭酸化深さの関係(湿潤)

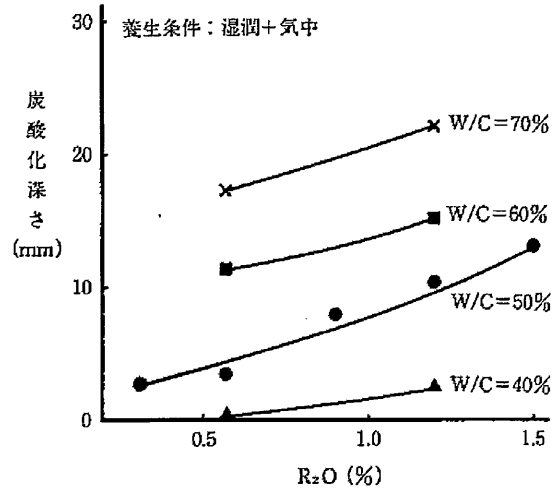


図-2 R<sub>2</sub>Oと炭酸化深さの関係(湿潤+気中)

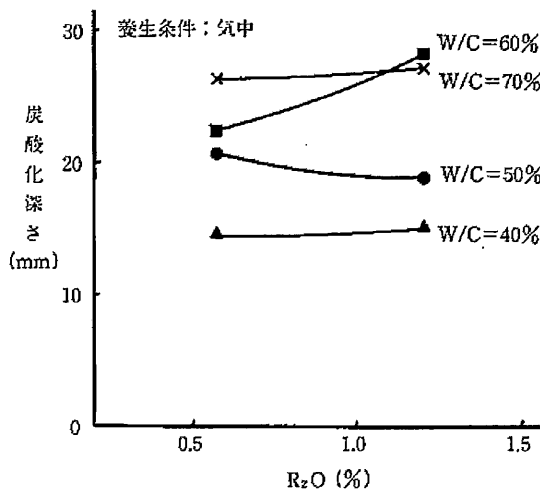


図-3 R<sub>2</sub>Oと炭酸化深さの関係(気中)

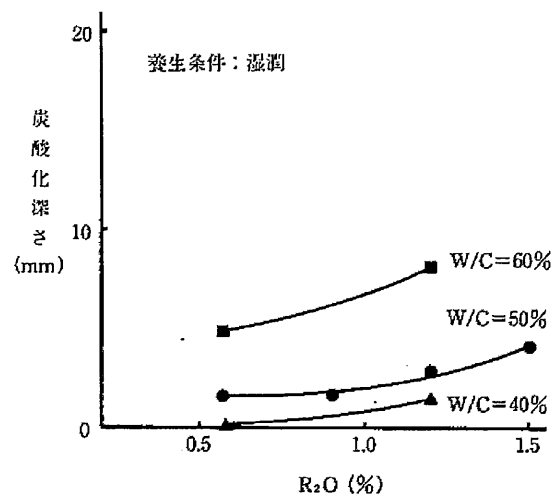


図-4 モルタルにおけるR<sub>2</sub>Oと炭酸化深さの関係(湿潤)

にモルタルにおける促進炭酸化8週の結果(湿潤)をあらためて示す。図-1および2より、同一水セメント比においてはセメント中のR<sub>2</sub>Oが増えるに従って炭酸化が促進されることが明らかであり、モルタルの結果と同様にコンクリートにおいてもセメント中のR<sub>2</sub>Oが炭酸化の促進要因であることがわかる。また、図-1と図-4を比較することにより、コンクリートのほうがモルタルより総じて炭酸化が早く、R<sub>2</sub>Oによる促進の影響が顕著にあらわれることがわかる。これは、コンクリートの組織が粗骨材が入ったことにより多孔質になるため、特に骨材下面とセメント硬化体との間には空隙が形成されやすいことが知られており、炭酸ガスが骨材界面に沿って内部へ進入しやすくなっているためと考えられる。ここで注目すべきは図-3が図-1、2と異なった挙動を示

していることである。図-3のような湿潤養生を全く行わないコンクリートが極端に早い炭酸化を示すのは、水和が不完全であるために、水和に消費されなかった水がそのままの形で残っており、コンクリートが乾燥状態に置かれると水の存在していた部分は空隙となってコンクリートをより多孔質とすることに起因するものと考えられる。図-3に図-1、2のようなR<sub>2</sub>Oの炭酸化促進効果がないのは、上述したような空隙の要因が卓越しているためにアルカリがマイナーな効果しか示さないためと考えられる。一方、いずれの図を見ても、水セメント比が大きくなるに従って炭酸化は早くなっており、前報までのモルタルの結果と同様となっている。しかしながら、養生が完全であれば、水セメント比60%と70%で差異はないようである。更に、これら3つの図を比較すること

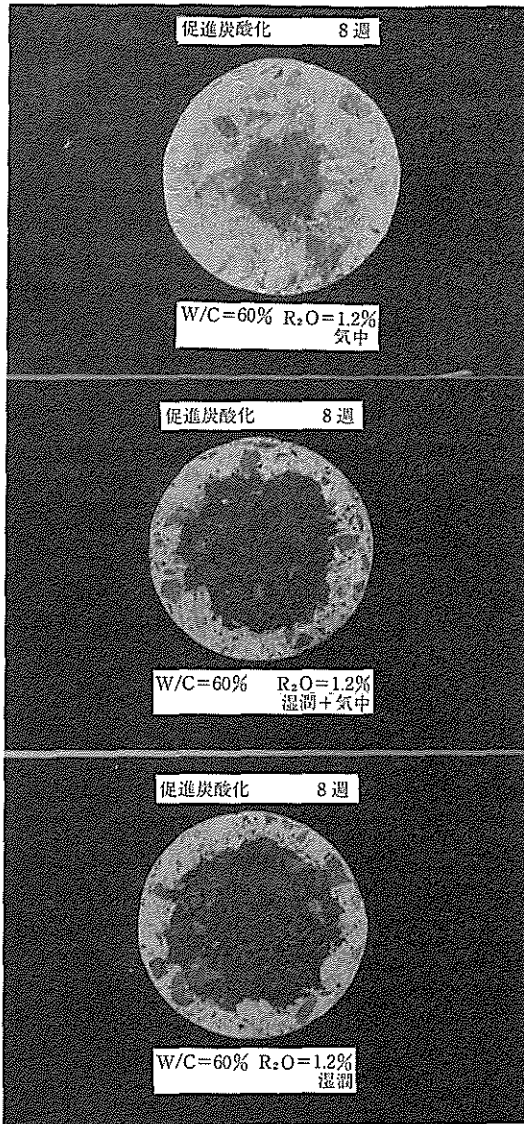


写真-1 炭酸化供試体の呈色の様子

により、初期養生が炭酸化に対してかなり重要であることがわかる。初期に1週間でも湿潤養生を行うことは炭酸化に対しても非常に有効であり、特に水セメント比40%の場合にこの効果は顕著となっている。換言すれば、低水セメント比のコンクリートは炭酸化に対してかなりの抑制効果を持っているが、養生が不完全であれば、その効果は全くなくなることがわかる。

写真-1に、3種類の養生条件についてのフェノールフタレインの呈色の様子を水セメント比60%、 $R_2O=1.2\%$ を例にとり示す。これらの写真より気中養生のみのコンクリートは極端に炭酸化が早いことがわかる。また、

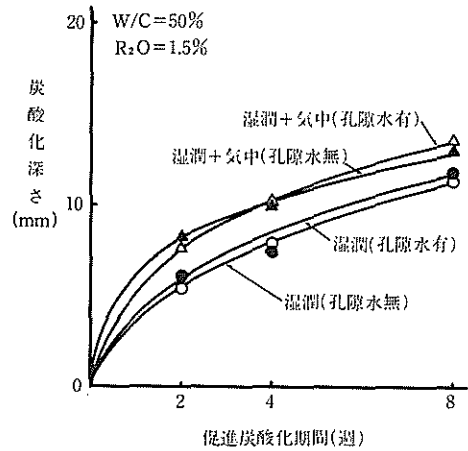


図-5 炭酸化期間と炭酸化深さの関係 (W/C=50%,  $R_2O=1.5\%$ )

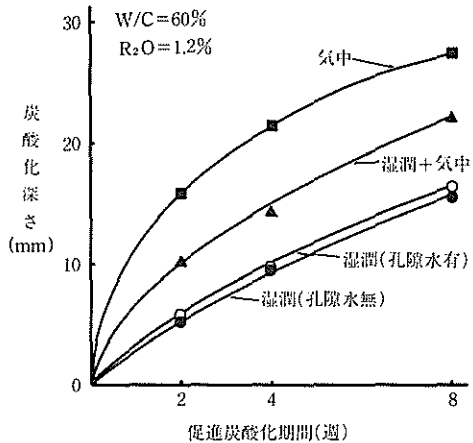
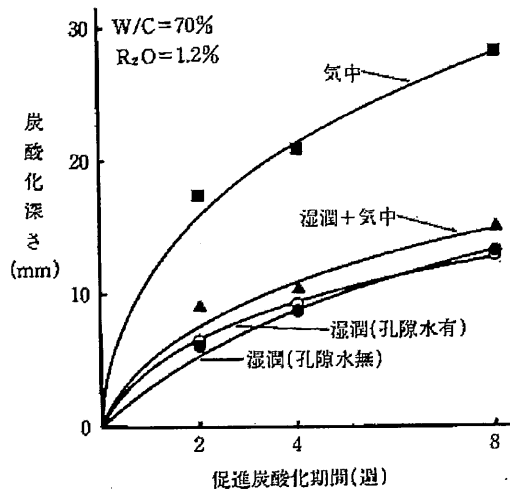


図-6 炭酸化期間と炭酸化深さの関係 (W/C=60%,  $R_2O=1.2\%$ )

その呈色が他に比べて薄いのは、おそらく供試体が乾燥状態にあるためにフェノールフタレインを濃く発色させるだけの水が存在しないためであると考えられる。

図-5、6および7は促進炭酸化期間と炭酸化深さの関係を孔隙水の移動の有無および養生条件の異なる供試体についてプロットしたものである。これらの図より、養生条件が炭酸化に及ぼす影響は炭酸化期間によって変化することなく、前述したような傾向を持つことは明らかである。また、孔隙水の移動の有無が炭酸化に及ぼす影響は前報までのモルタルの結果と異なり、あまり顕著には現れていない。この理由としては、供試体の大きさが前報に比べて大きいため、その効果がかかなり減

研究速報



図一七 炭酸化期間と炭酸化深さの関係 (W/C=70%, R<sub>2</sub>O=1.2%)

少しているためと思われる。また、前報でも示したとおり孔隙水のpHが13の場合には、その促進効果が炭酸化期間8週以降に現れていることから更に試験を継続する予定である。

4. ま と め

本報告は、セメント中のアルカリが炭酸化を促進する要因となることをコンクリート供試体について確かめるとともに、このような条件下においても養生条件が炭酸化に大きく影響することを促進炭酸化条件下において示したものである。  
(1988年11月17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