

## コンクリートの炭酸化に関する研究 (II)

Studies on Carbonation of Concrete(II)

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)</sup>でコンクリートの炭酸化を促進する新しい要因として孔隙水のpHとその移動があることを示した。本報は、前報の促進炭酸化8週までの結果に引き続き16週の試験結果を報告するとともに塩化物イオンが炭酸化にどのような影響を及ぼすかについての検討結果をとりまとめたものである。

### 2. 実験方法

使用材料、供試体、実験条件等は前報と同様である。

塩化物イオンについては、JIS A 5308「レデーミクストコンクリート」に規定されている塩化物量の許容限度である0.3kg/m<sup>3</sup>をモルタルに換算した1.2kg/m<sup>3</sup>を最低量とし、さらに2.4kg/m<sup>3</sup>および3.6kg/m<sup>3</sup>をCaCl<sub>2</sub>として添加した。

### 3. 実験結果と考察

図-1は、促進炭酸化16週におけるW/C=50%、R<sub>2</sub>O=0.57%の場合の炭酸化深さを基準として各条件の炭酸化深さを炭酸化比とし、これとアルカリ量との関係を表したものである。この図は、前報8週目の結果と同様に、セメント中のアルカリ量の増加が炭酸化を促進することを示したものであるが、各水セメント比ごとにR<sub>2</sub>O=0.57%の場合を基準としてR<sub>2</sub>O=1.2%の場合の炭酸化深さを比較すると、W/C=40%の場合が13倍、W/C=

50%が1.4倍、W/C=60%が2.2倍となり、アルカリ量が炭酸化深さに及ぼす影響は前報に示した8週の結果に比べて特にW/C=40%の場合において著しいことを示している。このことは、炭酸化を促進する要因として、水セメント比よりもアルカリの影響が卓越する傾向が生じていることを示すもので注目値する。一方、図中の点線はW/C=50%で塩化物(Cl<sup>-</sup>=2.4kg/m<sup>3</sup>)を含む場合の結果であるが、塩化物を含まない場合と比較すると、アルカリ量の増大に伴う炭酸化の増加の割合はやや異なり、全般的には塩化物の添加が炭酸化をさらに促進する傾向を示している。

図-2は促進炭酸化16週における孔隙水(pH=13)の移動をモデル化した供試体の炭酸化比とアルカリ量との関係を示したもので、図-1と同様にW/C=50%、R<sub>2</sub>O=0.57%の炭酸化深さを基準としている。前報と同様にR<sub>2</sub>O=0.3%の場合を除いて孔隙水の移動が炭酸化を著しく促進することを示している。R<sub>2</sub>O=0.3%の結果が逆転している理由として、低アルカリセメントを用いた場合の細孔分布は孔径の小さいものが卓越しているが、孔隙水の供給はこれらの細孔を水で満たしてCO<sub>2</sub>の拡散を制御していることによるものと考えられる。

図-3はR<sub>2</sub>O=1.5%の場合についての促進炭酸化期間と平均炭酸化深さとの関係を示したものである。この図は、孔隙水の供給が炭酸化を促進する傾向が促進炭酸化

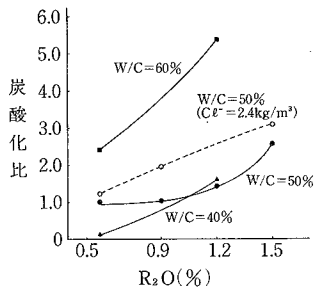


図-1 アルカリと炭酸化比との関係

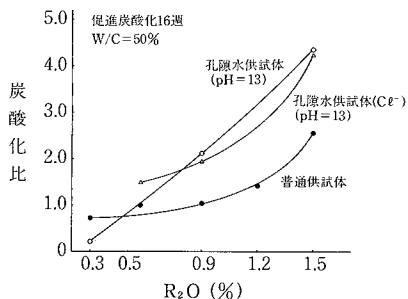


図-2 アルカリと炭酸化比との関係(孔隙水供試体)

\*東京大学生産技術研究所 第5部

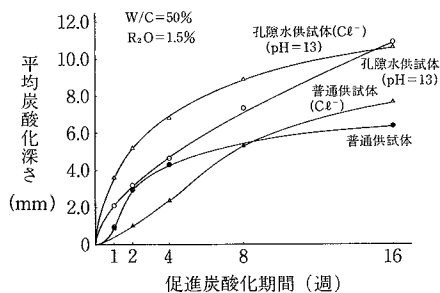


図-3 炭酸化的条件が平均炭酸化深さに及ぼす影響

の期間と共に顕著になることを示している。特に塩化物を添加しない供試体は16週を過ぎててもほぼ直線的に炭酸化が進行しており、孔隙水が高いpH値を保ち続けるならば炭酸化も長期にわたり継続して進行することを示している。ここで注目すべきは塩化物をCaCl<sub>2</sub>として添加した供試体の炭酸化挙動である。図より明らかなように、普通供試体では促進炭酸化初期においては塩化物を添加しないものに比べて炭酸化速度が小さいが、促進炭酸化8週を越えると逆に炭酸化速度が大きくなる。一方、孔隙水供試体では促進炭酸化の初期の段階から炭酸化速度が大きいが、塩化物を含まない供試体の炭酸化速度がほぼ直線的に増大しているために、促進炭酸化16週近くになると炭酸化速度に関する両者の関係が逆転している。

CaCl<sub>2</sub>の添加がセメントの水和反応に及ぼす影響はきわめて複雑であるため、以上の理由に関して明確な説明を行うに足る検討はまだ行っていないが、一応、次のように考えることができる。まず、普通供試体の場合に初期に炭酸化速度が小さくなるのはFriedel氏塩の分解によって遊離したCl<sup>-</sup>が細孔溶液のpHを低下させるためであると考えられる。一方、孔隙水供試体の場合、初期に炭酸化速度が大きいのは、Friedel氏塩として固定されていたCl<sup>-</sup>が炭酸化によってイオンに解離し、中心部に向かって拡散する一方、OH<sup>-</sup>が表面方向に拡散する一種の対向拡散を生ずることによるものと考えられる。また、ある段階から炭酸化速度が相対的に小さくなるのは、炭酸化部分に到達したOH<sup>-</sup>がFriedel氏塩の分解によって生じたCa<sup>2+</sup>と結合してCa(OH)<sub>2</sub>となり、これが再び炭酸化してCaCO<sub>3</sub>を形成するために細孔径が全般的に小さくなってOH<sup>-</sup>の拡散が不活発になるとともに、Cl<sup>-</sup>が中心部分に濃縮される結果、Cl<sup>-</sup>の拡散速度も遅くなるためと考えられる。

図-4、図-5は塩化物イオンを添加した孔隙水供試体の促進炭酸化4週における炭酸化および非炭酸化部分の細孔構造を示したものであって、それぞれの供給孔隙水

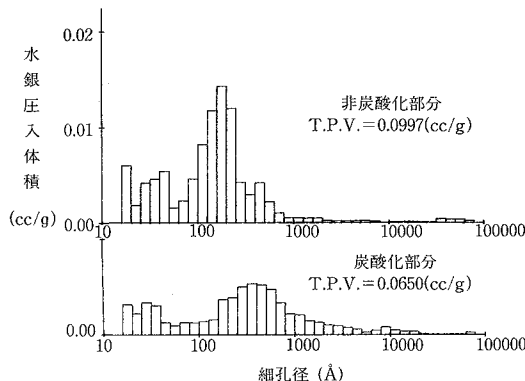


図-4 炭酸化部と非炭酸化部の細孔構造  
—孔隙水供試体 (pH = 7) —

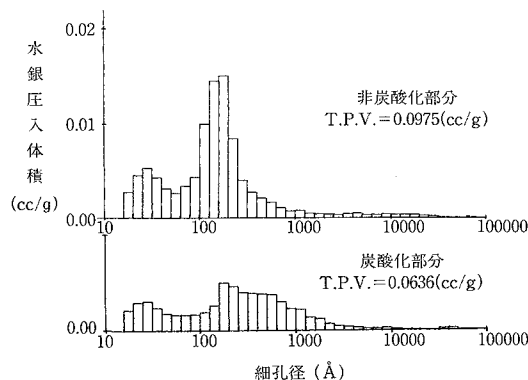


図-5 炭酸化部と非炭酸化部の細孔構造  
—孔隙水供試体 (pH=13) —

のpHは7ならびに13である。いずれの場合にも既往の研究<sup>3)</sup>によって指摘されているように20 Å~100000 Åの全細孔量は炭酸化により著しく減少しておりさらに細孔分布は100 Å~250 Åの細孔と10000 Å以上の粗大細孔が減少し、350 Å~3500 Åの細孔が増えており、Kondoらの試験結果<sup>4)</sup>と似た傾向を示している。

(1988年7月6日受理)

参 考 文 献

- 1) 小林・宇野：生産研究，Vol. 40，No. 5，pp. 27~30，1988
- 2) 川田尚哉：東京工業大学学位請求論文，pp. 131~202
- 3) Philajavaara, S.E.：Materials and Construction, Vol. 1, No. 6, pp. 521~528, 1968
- 4) Kondo, R, Daimon, M, Akiba, T：Proceedings of 5th Intl. Symp. on the Chem. of Cem., Tokyo, 1968, Part III, pp.405~409