

## 炭酸イオンを含む溶液に接したモルタルの変質試験

(株)大林組 技術研究所 正会員 斉藤 裕司

### 1. まえがき

長期間水と接しているコンクリートでは、表面から外部の水に向かって水和組織中のCa<sup>2+</sup>イオンが徐々に拡散していくことによって水和生成物の溶解に伴う変質が生じていく。その挙動を正確に予測するためには、水質、特に化学的な侵食性を示す成分(炭酸イオンや硫酸イオンなど)の影響も考慮する必要があるが、それらが十分検討されているとは言えない。本報では、地下水中にごく普通に存在する炭酸イオンに着目し、それを含む溶液を用いた変質試験を行って炭酸イオンが水和生成物の溶出に及ぼす影響について検討した結果を報告する。

### 2. 試験概要

試験装置を図-1に示す。試験に用いたモルタル試験体は、水セメント比を0.65、砂セメント比を2.0としたもので、セメントには普通ポルトランドセメントを、細骨材には豊浦産の標準砂をそれぞれ使用した。試験体の形状は直径50mm、長さ30mmの円柱状とし、4週間20の標準水中養生を行った。試験に用いた溶液は、炭酸イオンを30、100および400ppm含む溶液で、試薬の炭酸ソーダをイオン交換水に溶解して作成した。これらのイオン濃度は、表-1に示すDIN 4030の判定基準<sup>1)</sup>を参考にした。試験では、溶液中の炭酸イオンの消費量が当初濃度の10%を越えない時期に全量交換し、その溶液中のCa量を測定した。この測定を約11か月行った後、試験体を取り出し、その表面の状態をSEMで観察した。

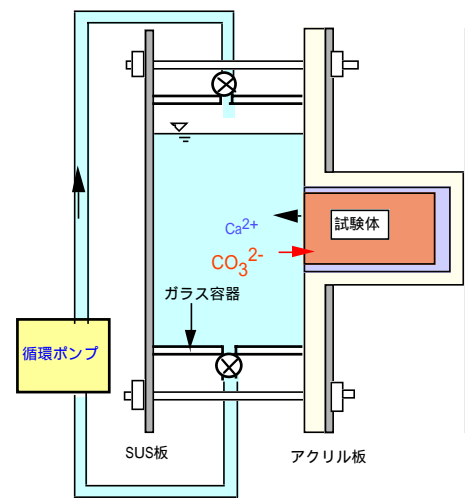


図-1 試験装置

表-1 炭酸イオンの侵食性の判定基準<sup>1)</sup>

CO <sub>2</sub> 濃度[mg/l]	侵食性の程度
15～40	弱い
40～100	強い
100以上	非常に強い

### 3. Ca溶出量の経時変化

#### (1) 炭酸イオンを含まない場合

Ca溶出量の経時変化を図-2に示す。試験開始から約1か月までのCa溶出速度は7～3[mg/日]と徐々に減少していき、150日以降は、約1[mg/日]の溶出速度を維持しながら、338日経過時点で

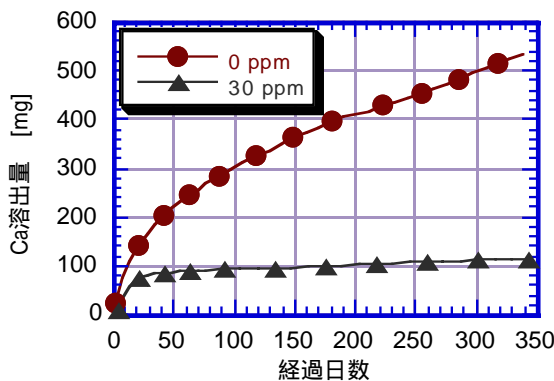


図-2 Ca溶出量の経時変化(1)

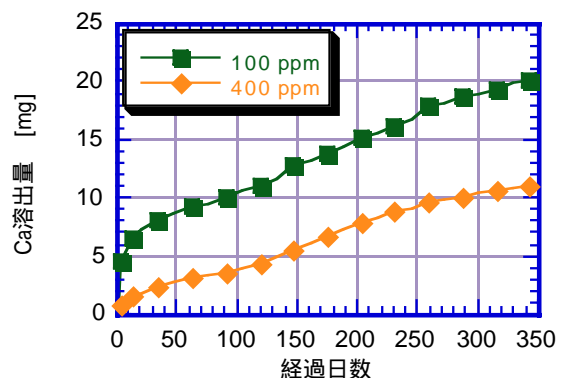


図-3 Ca溶出量の経時変化(2)

水和生成物、溶脱、変質、炭酸イオン、

〒204-8558 清瀬市下清戸4-640 TEL 0424-95-0976 FAX 0424-95-1091

534mgのCaが溶出した。

## (2) 炭酸イオンを含む場合

図-2, 3に示すように、炭酸イオンを含む場合のCa溶出量は著しく減少する。例えば、30 ppmの場合は試験開始から1か月までのCa溶出量は4 ~ 0.7 [mg/日]であるが、2か月以降の溶出速度は80 [μg/日]以下にまで激減する。炭酸イオン濃度とCa溶出量の関係を溶出速度がほぼ一定となった48日経過時で比較してみた。図-4に示すように、炭酸イオンを含まない場合に比べて30 ppmでは40%、100 ppmでは4%と激減しており、DIN 4030に示されている判定基準とは大きく異なっている。この減少理由は、4.に後述するように、試料の表面に炭酸カルシウムの緻密な皮膜が形成されるためと判断される。

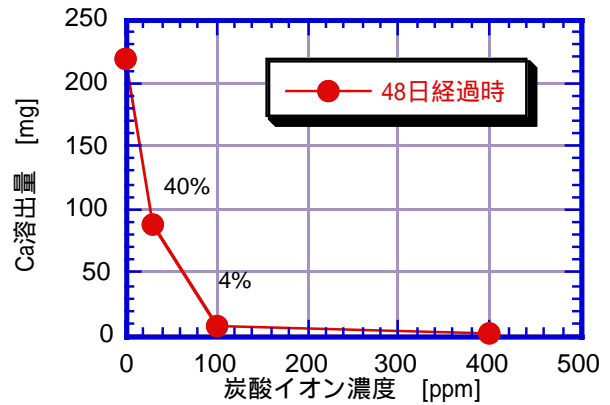
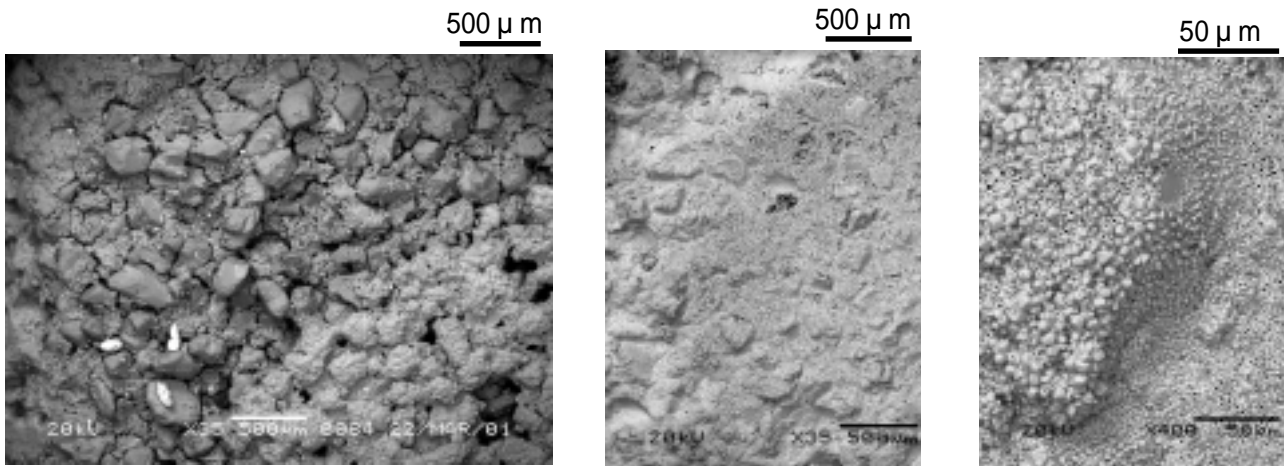


図-4 炭酸イオン濃度とCa溶出量の関係

## 4. 表面の状態

図-5に示すように、炭酸イオンを含まない場合の表面は、細骨材の間隙を充填していた水和生成物の一部が溶脱し、ポラスになっている様子が観察できる。一方、例示した100 ppmの炭酸イオンを含んだ場合の表面は微細な物質で覆われていることが分かる。この物質はEDSによる元素分析結果からCaとOとCから構成されており、炭酸カルシウムの結晶であると判定された。



< 炭酸イオンを含まない場合 >

< 炭酸イオンを含む場合 >

図-5 表面のSEM像

## 5. 考察

上記の結果は次のように解釈できる。水和組織の細孔を通して表面まで達したCaイオンは炭酸イオンと反応して溶解度の小さな炭酸カルシウムとして沈澱し、徐々に細孔を塞いでいく。この事象の進展が以後のCaの溶出を抑制する。したがって、水中の炭酸イオンはセメント水和生成物の溶脱を抑制する作用を示すと判定された。また、DIN 4030に示されている炭酸イオンの判定基準とは異なる結果となり、我が国独自の侵食性の判定基準を作成する必要性が示された。

## 6. あとがき

今回の試験によって、水中の炭酸イオンは水和生成物の溶脱を抑制する作用を示すことが明らかとなった。引き続き表面から深さ方向の変質状態を詳細に調査した後、変質機構のモデルを作成する予定である。

## [ 参考文献 ]

- 1) DIN 4030