

## 硫酸ナトリウム溶液の濃度がコンクリートに及ぼす影響

(株)熊谷組 正会員 河村彰男  
 (株)熊谷組 正会員 野坂 徹  
 (株)熊谷組 正会員 松村高宏  
 (株)熊谷組 正会員 小山秀紀

## 1. はじめに

コンクリートの硫酸塩による劣化のメカニズムはコンクリート中に拡散した硫酸イオンによる多くの化学反応によって支配されており、いまだ完全には解明されていない状況である。このような化学的腐食に対する耐久性の評価は、浸漬溶液の濃度を高めた促進試験によっておこなっているのが現状である<sup>1)</sup>。しかしそこの溶液濃度や温度の影響については明らかにされていない。本報告は、硫酸ナトリウム溶液に浸漬したコンクリートの溶液濃度による影響について、腐食過程を追跡する目的で実施した化学分析結果について取りまとめたものである。

## 2. 実験概要

浸漬供試体は、表-1に示す配合で作製した円柱供試体(φ10×20cm)に、浸食方向を一方向とするため側面に樹脂コーティングをしたものを用いた。浸漬溶液は濃度5%温度20℃、濃度10%温度20℃および水の3種類とした。浸漬期間は12ヵ月とし、浸漬期間中の溶液は、浸漬開始後1ヵ月間は1週間ごとに全量交換し、それ以降は1ヵ月ごとに全量交換して管理した。試験は供試体の外観観察と化学分析を行った。化学分析は、イオンクロマトグラフ、X線回折の2種類とし、浸漬前、浸漬期間3、6、9、12ヵ月に実施した。なお化学分析に用いた試料は、図-1に示す箇所から採取し、分析前処理としてアセトン置換およびD-乾燥を行ったものを用いた。

浸漬溶液は濃度5%温度20℃、濃度10%温度20℃および水の3種類とした。浸漬期間は12ヵ月とし、浸漬期間中の溶液は、浸漬開始後1ヵ月間は1週間ごとに全量交換し、それ以降は1ヵ月ごとに全量交換して管理した。試験は供試体の外観観察と化学分析を行った。化学分析は、イオンクロマトグラフ、X線回折の2種類とし、浸漬前、浸漬期間3、6、9、12ヵ月に実施した。なお化学分析に用いた試料は、図-1に示す箇所から採取し、分析前処理としてアセトン置換およびD-乾燥を行ったものを用いた。

浸漬期間は12ヵ月とし、浸漬期間中の溶液は、浸漬開始後1ヵ月間は1週間ごとに全量交換し、それ以降は1ヵ月ごとに全量交換して管理した。試験は供試体の外観観察と化学分析を行った。化学分析は、イオンクロマトグラフ、X線回折の2種類とし、浸漬前、浸漬期間3、6、9、12ヵ月に実施した。なお化学分析に用いた試料は、図-1に示す箇所から採取し、分析前処理としてアセトン置換およびD-乾燥を行ったものを用いた。

## 3. 実験結果と考察

## 3.1 外観観察

溶液濃度5%の場合、浸漬期間6ヵ月から9ヵ月において供試体表面部の浮き上がりが認められ、浸漬期間12ヵ月で隅角部の一部が剥落した。溶液濃度10%の場合、浸漬期間3ヵ月から6ヵ月において供試体表面部の浮き上がりが認められ、浸漬期間8ヵ月以降で隅角部が著しく剥落した。

## 3.2 イオンクロマトグラフ

図-2、3にイオンクロマトグラフにより得られた各浸漬期間における硫酸イオン濃度と浸透深さの関係を示す。図-2、3より表層部について着目すると、溶液濃度が5%の場合、硫酸イオン濃度は浸漬期間が3、6、9ヵ月までは浸漬期間に応じて増加したが、浸漬期間12ヵ月では逆に減少した。一方溶液濃度が10%の場合、硫酸イオン濃度は浸漬期間が3、6ヵ月までは浸漬期間に応じて増加したが、浸漬期間9、12ヵ月では逆に減少した。また取り込まれる硫酸イオンは溶液濃度が高いほど多くなった。このよ

表-1 示方配合

| W/C<br>(%) | S/a<br>(%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |      |       | 混和剤    |       |
|------------|------------|--------------------------|-----|------|-------|--------|-------|
|            |            | W                        | C   | S    | G     | AE減水剤  | AE補助剤 |
| 5.5        | 4.6        | 168                      | 305 | 83.8 | 100.2 | 1220ml | 0.5A  |

注1) AE補助剤 1A=C×0.003%

注2) 各材料の比重 C:3.16 S:2.64 G:2.69

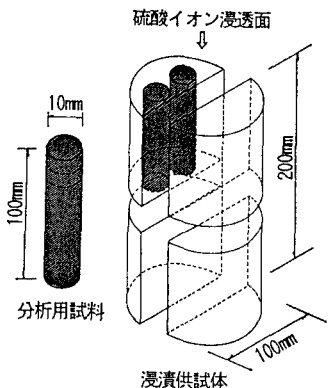


図-1 分析試料採取箇所

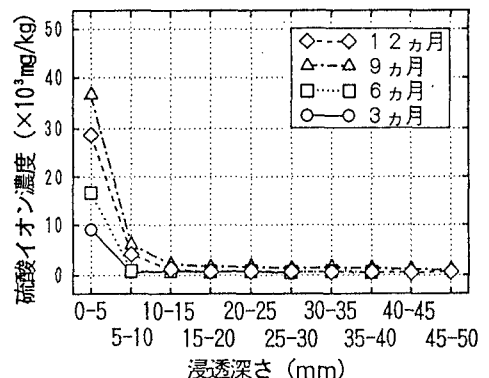


図-2 硫酸イオン濃度と浸透深さ(5%)

うに硫酸イオン濃度が減少する現象は、コンクリート中に浸透した硫酸イオンがセメント水和物との化学反応により消費され、他の物質に変化したことを示している。したがって、硫酸イオンとセメント水和物との反応は、溶液濃度が5%の場合では9ヵ月から、溶液濃度が10%の場合には6ヵ月から起こっているものと推測される。

### 3.3 X線回折

図-4、5に表層部（0～5mm）のX線回折結果を示す。

図-4より溶液濃度5%の場合、せっこうのピークは、浸漬期間3、6、9、12ヵ月のいずれにおいても認められた。エトリンガイトのピークは、浸漬期間6、9、12ヵ月において認められており、とくに浸漬期間9ヵ月以降において

顕著に認められた。水酸化カルシウムのピークは、浸漬期間3ヵ月から6ヵ月および9ヵ月から12ヵ月までは小さくなり、浸漬期間6ヵ月から9ヵ月までは大きくなった。図-5より溶液濃度10%の場合、せっこうのピークは、浸漬期間3、9、12ヵ月で認められたのに対して浸漬期間6ヵ月では認められなかった。エトリンガイトのピークは、浸漬期間6、9、12ヵ月において同程度認められた。水酸化カルシウムのピークは、浸漬期間3ヵ月から6ヵ月までは大きくなり、浸漬期間6ヵ月から12ヵ月までは小さくなった。エトリンガイトの生成時期およびそのピークに着目すれば、硫酸イオンとセメント水和物との化学反応は、溶液濃度5%の場合、浸漬期間6ヵ月から9ヵ月の間、溶液濃度10%の場合、浸漬期間3ヵ月から6ヵ月の間に起こっているものと推測される。

### 4. まとめ

今回の分析結果から得られた結果についてまとめると次のようになる。

①外観観察における表層部の浮き上がり等の変化は、溶液濃度が5%の場合には浸漬期間6～9ヵ月の間、溶液濃度が10%の場合には、浸漬期間3～6ヵ月の間に認められた。②イオンクロマトグラフの結果より、表層部の硫酸イオン濃度に着目すると、硫酸イオンとセメント水和物との反応は、溶液濃度が5%の場合には浸漬9ヵ月から、溶液濃度が10%の場合には浸漬6ヵ月から起こっているものと推測される。③X線回折の結果より、エトリンガイトの生成時期およびそのピークに着目すると、硫酸イオンとセメント水和物との化学反応は、溶液濃度が5%の場合には浸漬期間6～9ヵ月の間、溶液濃度10%の場合には浸漬期間3～6ヵ月の間に起こっているものと推測される。

【参考文献】1) 佐々木他「濃度の異なる $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 溶液に浸漬したモルタル供試体の化学的特性」コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 15、No. 1、1993

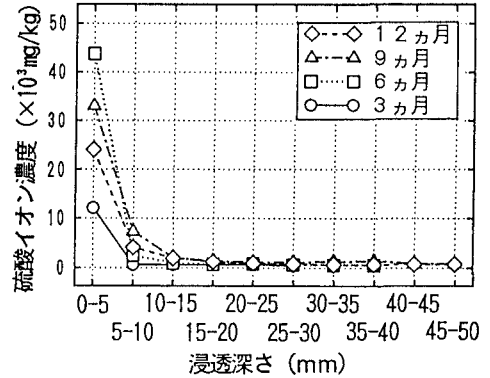


図-3 硫酸イオン濃度と浸透深さ (10%)

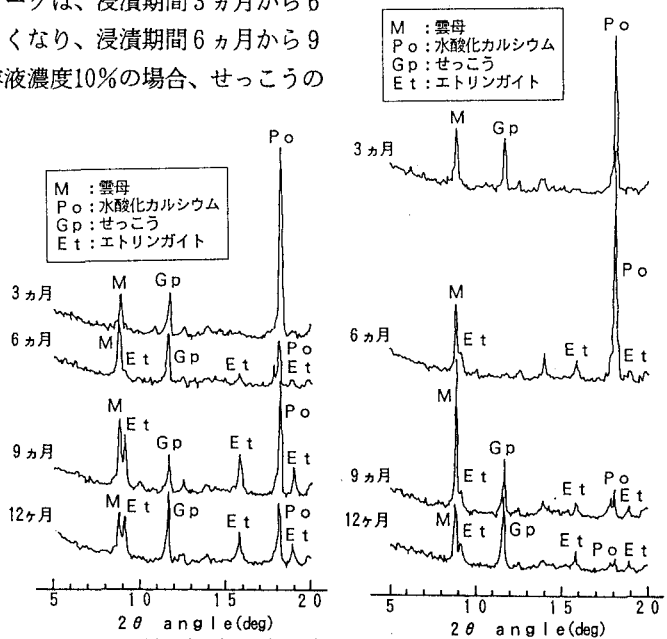


図-4 X線分析結果 (5%)

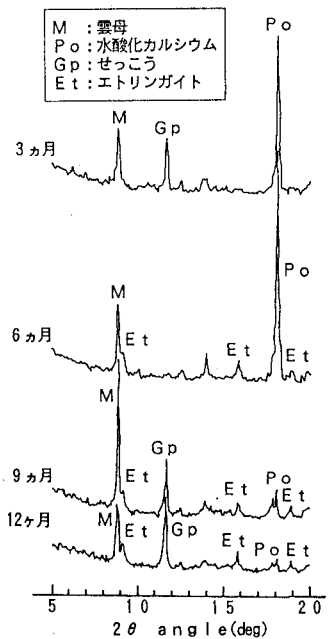


図-5 X線分析結果 (10%)