

# Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>を含む土壌中の含水状態がコンクリートの化学的侵食に及ぼす影響

(一財) 日本建築総合試験所 正会員 ○吉田 夏樹

## 1. はじめに

Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>を含む土壌に接するコンクリートでは、化学的侵食（いわゆる硫酸塩劣化）が懸念される。乾湿の影響を受ける地上部では Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>の晶出による劣化現象（物理的劣化）が生じることが知られているが<sup>1)</sup>、地中部における劣化現象は必ずしも明確ではない。

そこで本研究では、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>を含む土壌環境を想定し、土壌環境で生じる一連の劣化現象を整理することや、硫酸塩土壌中の含水状態が劣化現象に及ぼす影響を検討することを目的として、長尺のモルタル供試体を砂質土に埋設した。

## 2. 実験条件

### 2. 1 使用材料および供試体作製

使用した材料は、普通ポルトランドセメントと JIS 標準砂で、水：セメント：砂の質量比を 0.5：1：3 とし練り混ぜ、内径 4cm、長さ 100cm の塩化ビニル管内に打設した。1 日後に脱型したのち、材齢 14 日まで 20℃ の水中で養生し、長さ約 80cm に切断した。

### 2. 2 供試体の埋設方法

埋設実験の概要を図-1 に示す。温度 20℃（相対湿度は 30%～80%で変動）の室内において、透明なアクリル樹脂製円筒（外径 20cm、高さ 100cm）をバケツ（外径約 30cm、高さ約 40cm）に入れ、円筒内に供試体を直立させた。円筒底部から高さ 60cm まで豊浦産の砂を満した後、5%Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>溶液（SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度：3.4%）をバケツ内へ投入し、円筒の底部から 30cm 高さ位置が液面となるように調整した。初回に投入した溶液量は約 10L であり、その後は、水道水をバケツ内へ加えて液面を一定に保った。

以上より、モルタル供試体は 3 つの環境に曝される（Zone1～3）。Zone1 は、常に十分な水分に曝される。Zone2 は、土表面の乾燥と溶液の毛管上昇の影響により含水状態の異なる土に接すると想定される。Zone3 は、空気に曝され、乾燥の影響を受ける。

約 22 ヶ月間の埋設実験後に、分析を行った。

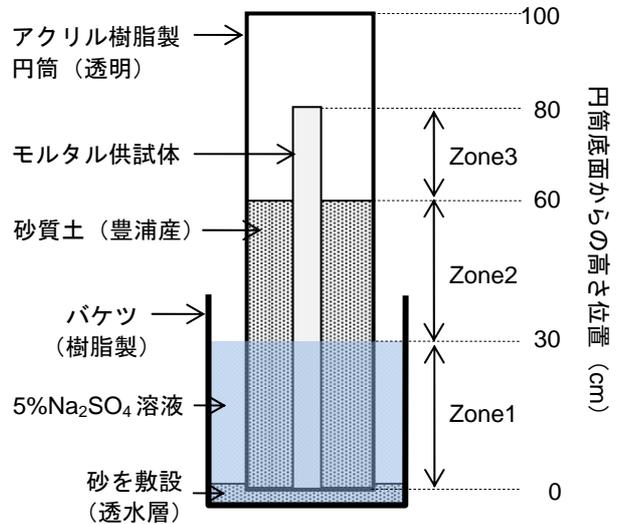


図-1 供試体の埋設方法

### 2. 3 分析方法

砂質土について、土の表面から 5cm 深さ毎に試料を採取し、地盤工学会基準（JGS 0241）に基づき、含水比および水溶性 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>量（質量%）を測定した。

モルタル供試体について、高さ 16～24cm、26～34cm、36～44cm、46～54cm、56～64cm 部分から円柱試験片を切り出し（計 5 試料）、その断面を対象として電子線マイクロアナライザ（EPMA）により分析を行った。

### 3. 実験結果および考察

埋設実験後の状況を写真-1 に示す。土表面には Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>の結晶が堆積した。毛管上昇してきた溶液が、土表面で乾燥して結晶が晶出したものと判断できる。



写真-1 全体 土表面  
約 22 ヶ月間の埋設実験後の状況

キーワード 硫酸塩土壌, 硫酸塩劣化, 土の含水比, 硫酸イオン濃度, 硫酸ナトリウム, エトリンガイト

連絡先 〒565-0873 大阪府吹田市藤白台 5-8-1 (一財) 日本建築総合試験所 材料部 材料試験室 TEL06-6834-0271

なお、実験後のバケツ内溶液の  $SO_4^{2-}$ 濃度は 1.8% であり、ほぼ半減していた。

図-2 に、土の含水比、水溶性  $SO_4^{2-}$ 濃度、モルタル供試体の外観、硫黄の EPMA 面分析結果、 $SO_3$  濃度分布プロファイル(各 EPMA 面分析データの中央位置から上下に各 3cm 範囲で計算)を円筒底面からの高さ位置 (Zone1~3) に合わせ、並べて整理する。

Zone1 について、本実験条件下で、土の含水比は平均 23.38%、水溶性  $SO_4^{2-}$ 濃度は平均 0.53%であった。これに接するモルタル表面は白色化して劣化した。EPMA 分析結果から、供試体側面の方向によって  $SO_4^{2-}$ 浸透量が異なることが分かった (Zone2 も同様) が、その要因は、本実験の範囲内では明らかにできなかった。なお、劣化部にはエトリンガイトの生成が認められた (写真-2)。

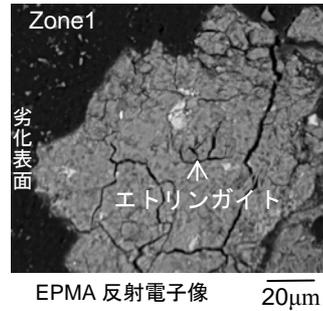


写真-2 生成したエトリンガイトの例

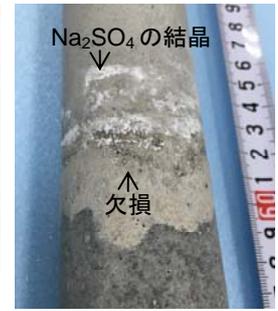


写真-3 土表面付近の供試体の状況

Zone2 について、想定したとおり土表面に向かって含水比および  $SO_4^{2-}$ 濃度に勾配ができ、表層 5cm の含水比は 9.13%、 $SO_4^{2-}$ 濃度は 0.31%であった。両者の勾配には相関関係が見られる。これに伴い、供試体の高さ 30~50cm 付近までは Zone1 と同様の劣化が見られるが、高さ 50~約 58cm では劣化が全く見られない箇所があり、再び 60cm 付近で劣化した。EPMA 分析結果から、 $SO_4^{2-}$ の浸透状況も整合している。劣化が見られない要因は、供試体に接する水分量が減少するためと推察され、土表面付近で劣化が見られるのは、土表面の乾燥で  $Na_2SO_4$  飽和状態となった水分が、局部的に供試体を侵食しているためと推察される。

Zone3 について、EPMA 分析結果から、 $SO_4^{2-}$ の浸透量は Zone1 より低いものの、相対的に大きく断面が欠損し、 $Na_2SO_4$  が析出していた (写真-3)。乾燥の影響により、物理的劣化が生じたものと判断できる。

以上より、実構造物では、土の含水状態や  $SO_4^{2-}$ 濃度に注意して劣化の診断や対策を行う必要がある。なお、土の含水比や  $SO_4^{2-}$ 濃度と劣化度合いとの関係については、今後さらに詳しく検討する必要がある。

4. まとめ

- (1)  $Na_2SO_4$  を含む土にモルタル供試体を埋設したところ、飽水状態の土に接する箇所 (本論の Zone1) では、エトリンガイトの生成による劣化が生じた。
- (2) 含水状態に勾配のある土に接する箇所 (同 Zone2) では、含水比が低くなるにつれ、劣化が全く生じない箇所が見られた。
- (3) 空気に曝される箇所 (同 Zone3) では、乾燥の影響を受けて  $Na_2SO_4$  の晶出による物理的劣化が生じた。なお、土表面には  $Na_2SO_4$  の結晶が堆積した。

参考文献

1) 吉田夏樹ほか：硫酸塩を含む土壌に建築された住宅基礎コンクリートの劣化，セメント・コンクリート論文集，No.61，pp.270-275、2007

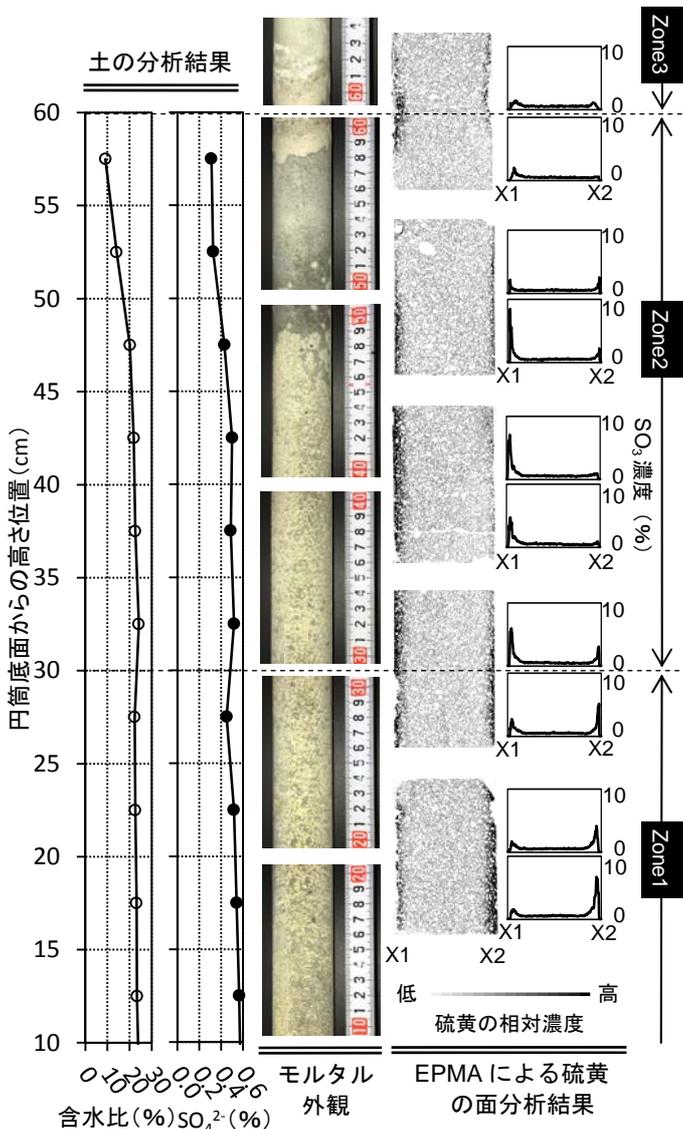


図-2 土およびモルタル供試体の分析結果の整理