

# V-404 電流印加によるセメントペーストの物性変化に関する研究

早稲田大学理工学部 学生会員 杉橋直行  
 早稲田大学理工学部 正会員 関 博  
 運輸省港湾技術研究所 正会員 福手 勤  
 ピー・エス 正会員 石井浩司  
 ナカボーテック 千葉丈夫

## 1. まえがき

コンクリート構造物には、塩害対策としての鉄筋の防食を目的とした電気防食法の適用、迷走電流による鉄筋の電食など、コンクリート中を電流が流れる状況が想定される。この電流によりコンクリート自体の物性が変化し、力学的特性の変化、化学的な変化が生じる可能性が考えられる。今回は、電流印加による基礎的、定性的な物性変化を把握するために、セメントペーストを用い、大きな電流を印加してその影響を調べた。

## 2. 実験方法

セメントは早強ポルトランドセメント、練り混ぜ水はイオン交換水を使用し、W/C=0.4としてモルタルミキサーにより約3分間練り混ぜて、φ5×10cmの型枠に打設した。脱型後、恒温恒湿槽に搬入し20℃、湿度100%で養生し、材令28日で両端面を2.5cmずつ乾式で切断しφ5×5cmの円柱供試体を作製した。その後円柱供試体の軸方向に、表1に示す電流密度、積算電流密度の直流電流を図1に示すように印加した。通電は、養生と同じく20℃、湿度100%の恒温恒湿槽内で行った。通電後、図1に記した4断面で蛍光X線分析装置によりカルシウム、珪素、カリウム、硫黄の各元素の量を計測し、さらに、X線回折分析によりペースト組成の比較を行なった。また、図1に示すアノード、カソード2端面でマイクロピッカス硬さを測定した。

表1. 通電条件

シリーズ	積算電流密度	電流密度
Normal	0 Ah/m <sup>2</sup>	0 A/m <sup>2</sup>
S-1 S-2 S-3	1000 Ah/m <sup>2</sup>	80 A/m <sup>2</sup> 20 A/m <sup>2</sup> 5 A/m <sup>2</sup>
S-4 S-5	2628 Ah/m <sup>2</sup>	20 A/m <sup>2</sup> 5 A/m <sup>2</sup>
S-6 S-7	4380 Ah/m <sup>2</sup>	20 A/m <sup>2</sup> 5 A/m <sup>2</sup>

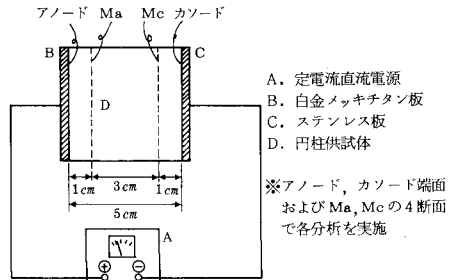
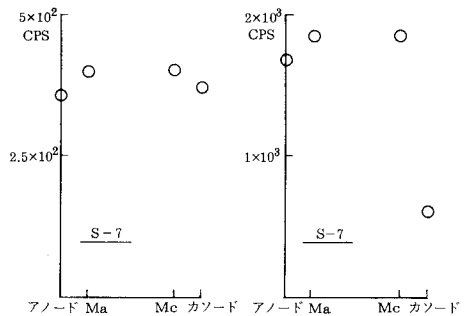


図1 通電状況および分析断面

## 3. 実験結果

### 3.1 蛍光X線による元素の通電軸方向分布測定

図2に計測結果の一例を示した。本図および実験結果から分布状況の概略をまとめると、①カルシウム：特別特徴的な分布性状を示していない、②珪素：カソード側では中心部に対して元素量の減少がみられる、③カリウム：アノード側からカソード電極側へと徐々に元素量が増加していく、④硫黄：アノード側では、中心部元素量に対して電流密度20A/m<sup>2</sup>以上の通電で元素量の増加がみられ、逆に5A/m<sup>2</sup>では元素量の減少が見られ、カソード側では中心部に対して元素量が減少している。



① カルシウム分布状況 ② 珪素分布状況  
 図2 蛍光X線による各元素の分布状況（その1）

### 3.2 X線回折分析

各断面から均一に試料を削り取り、粉末X線回折分析を行ったが、カソード断面は白色変色部のみを削り取り分析を行った。図3に示すように、積算電流密度4380Ah/m<sup>2</sup>の時カソード断面変色部は水酸化カルシウムが減少しカルサイト(CaCO<sub>3</sub>)が明確に認められた。しかし、積算電流密度1000Ah/m<sup>2</sup>ではこの傾向はあまり顕著ではない(図4参照)。

### 3.3 硬さ

表2および表3に示すように、電流印加によって硬度低下部分が現われることが確認された。

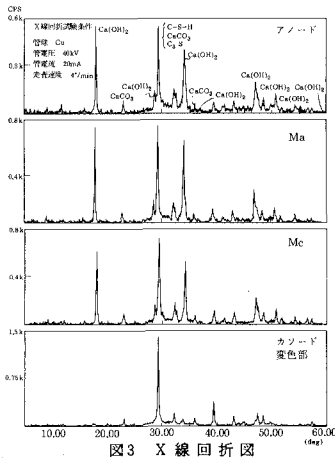


図3 X線回折図

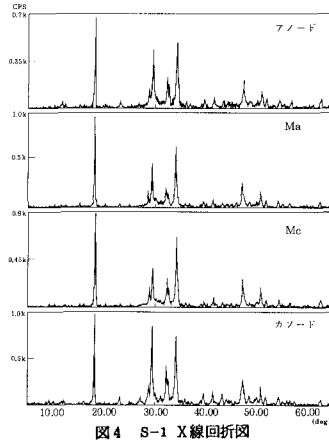


図4 S-1 X線回折図

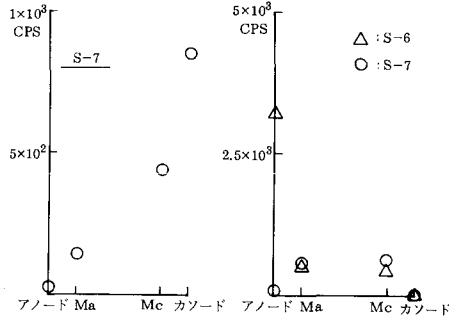


図2 蛍光X線による各元素の分布状況(その2)

表2 カソード部ピッカス硬さ

シリーズ	平均	最大値	最小値
S-1	57.4	136.2	6.7
S-2	49.9	296.3	7.0
S-3	45.0	127.1	9.9
S-4	22.0	71.3	3.8
S-5	30.8	100.7	3.4
S-6	25.0	85.2	2.9
S-7	22.8	83.2	3.3
Normal	71.6	120.0	48.6

表3 アノード部ピッカス硬さ

シリーズ	平均	最大値	最小値
S-1	43.3	68.4	15.6
S-2	42.9	84.5	6.9
S-3	50.4	135.1	9.9
S-4	24.5	49.7	1.9
S-5	28.8	63.2	3.7
S-6	45.0	81.8	14.9
S-7	41.1	61.2	18.7
Normal	90.2	133.3	51.1

### 4. 考察

本実験から、アルカリ金属類(本実験ではカリウム)がカソード側に集積しカソード周辺のペーストが変質する現象が確かめられ、既往の研究<sup>1) 2) 3)</sup>と同様の傾向が得られた。アルカリ金属の中でカルシウムについては移動のような特徴的分布は捉えられなかったが、これは逆に集積するアルカリ金属類は細孔溶液中でイオン形態をとっていることを示すものと思われる。

また、カソード部、変質部分の主成分はカルサイトと考えられる。

### 5. まとめ

本実験の範囲ではセメントペーストの物性変化に対して、以下の知見を得た。

- (1)電流印加ペーストのカソード部周辺にはアルカリイオン(主にNa<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>)が集積する。
- (2)カソード部の変質部では水酸化カルシウムが減少し、カルサイト(CaCO<sub>3</sub>)が検出された。
- (3)ピッカス硬さにより、電流印加ペーストでは硬度低下部分が認められた。

[謝辞] 試料分析に関しては、永島正久氏をはじめ三菱マテリアル・セメント研究所の方々、また実験に関しては、阿部正美氏、井川一弘氏、長井健雄氏、井上隆広君に多大な御協力を賜った。記して感謝の意を表する次第である。

[参考文献] (1)Carl E.Locke, Changiz Dehghanian, Lane Gibbs: Effect of impressed current on bond strength between steel rebar and concrete:Corrosion 83,178,1983

(2)山本信行: 鉄筋コンクリートの電氣的崩壊(I), (II): セメント界彙報、313,314, 昭和9年

(3)黒井登起男: 電流作用を受けた硬化セメントペーストの諸特性: セメント・コンクリート論文集, N044