

## EPMAによる既設コンクリート内元素の定量化

(財) 首都高速道路技術センター ○正会員 木下 悠子  
 (財) 首都高速道路技術センター 正会員 植木 博  
 (財) 首都高速道路技術センター 正会員 青木 聡  
 (株) 太平洋コンサルタント 正会員 後藤 孝治

### 1. はじめに

コンクリート構造物のEPMA分析では、面分析結果をカラーマッピング表示させることにより内部状態を観察し、元素の移動を判断することができる。本研究は24年間供用した既設コンクリートの中性化領域のマクロな物質移動を捉え、中性化機構の詳細分析をする際に必要なデータを得ることを目的として行った。

### 2. 試験方法

既設鉄筋コンクリート壁高欄におけるコアの採取位置を図1に示す。当該高欄は高架部に設置されており、南側に面し日当たりがよく東京湾から約600mの距離にあった。採取した試料を、EPMAマッピング分析で、Ca、Si、Na、K、Al、Fe、Cl、Sについての分布を確認した。中性化領域の確認についてはフェノールフタレイン法で行った。なお、濃度に関しては、Clを除いて酸化物に換算して求めた。測定箇所は3箇所とし、鉄筋コンクリート壁の①高欄下部:角部、②高欄下部:側面、③床版張出部下表面とした。

### 3. EPMAマッピング結果

EPMAによる面分析画像の一例(高欄下部:側面)を写真1.1に示す。白い部分が元素の多い部分で黒い部分は元素がほとんど含まれていないことを示す。また、中性化領域を横線で示す。

①高欄下部:角部では下面側はほとんど中性化しておらず、側面側で約1cm中性化していた。Clでは下表面側で濃度が高い部分が見られた。②高欄下部:側面では側面から約1cmの範囲で中性化していた(写真1.0参照)。また、CaO(写真1.1参照)、SiO<sub>2</sub>の画像より表面のモルタル層が消失して骨材が露出していることがわかった。③床版張出部下表面では下表面から約1cmの範囲で中性化していた。下表面は下部側面と異なりモルタル層が消失していなかった。側面と比べて雨水等の影響が少ないためと考えられる。Clでは角部と同様に下表面側で濃度が高い部分が見られた。海が近いので飛来塩分の影響があり、これが雨水が作用する所は流失するが雨水の作用しない所はそのまま沈着しているものと考えられる。

EPMA画像により共通して解ることは、骨材部分はCaO、SO<sub>3</sub>が濃度が低く、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が高い。また中性化している部分はCl、SO<sub>3</sub>の濃度が低くなり、Na<sub>2</sub>Oでは高くなっていることが認められた。

### 4. 解析および考察

各画素毎に数値として保存したデータを基に解析を行う。

#### 4.1 CaO/SiO<sub>2</sub>比

高欄下部:側面のCaO/SiO<sub>2</sub>比の変化を写真2に、床版張出部下表面のCaO/SiO<sub>2</sub>比を写真3に示す。

中性化している部分(両者下1cm)は内部と比べ緑

色(C/S 1.4~1.8)と黄色(C/S 1.8~2.2)部分が減少し、赤(C/S 2.2~2.6)と青(C/S 0.5~1.0)の範囲が増加している。炭酸化によりC-S-HのC/Sが低下するとともに炭酸カルシウムが生成しているためと考えられる。

キーワード:EPMA、マッピング、コンクリート、中性化、元素

連絡先:東京都中央区日本橋箱崎町3-4 TEL 03-3664-2062

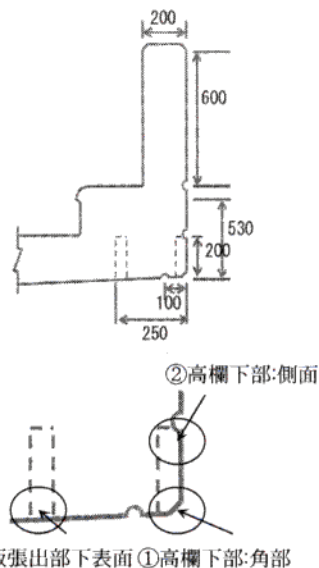


図1 コア採取位置

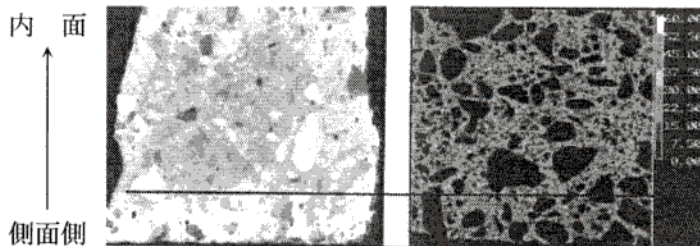


写真1.0 中性化領域

写真1.1 EPMA (Ca)

### 4.2 モルタル部分の各元素の濃度

データ処理により骨材部分を除きモルタル部分のデータを分析した。各元素の深さ方向の分布を図2、図3に示す。図2は②高欄下部:側面から図3は③床版張出部下表面からの分布である。CaOは図2の側面側では表面で濃度が低く、内部ではほぼ一定であるのに対し、図3の下面側で

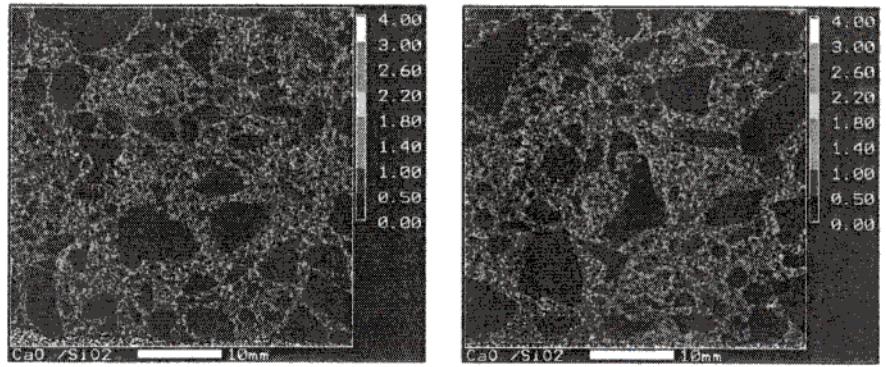


写真2 高欄下部:側面のCaO/ SiO<sub>2</sub>計算結果

写真3 床版張出部下表面のCaO/ SiO<sub>2</sub>計算結果

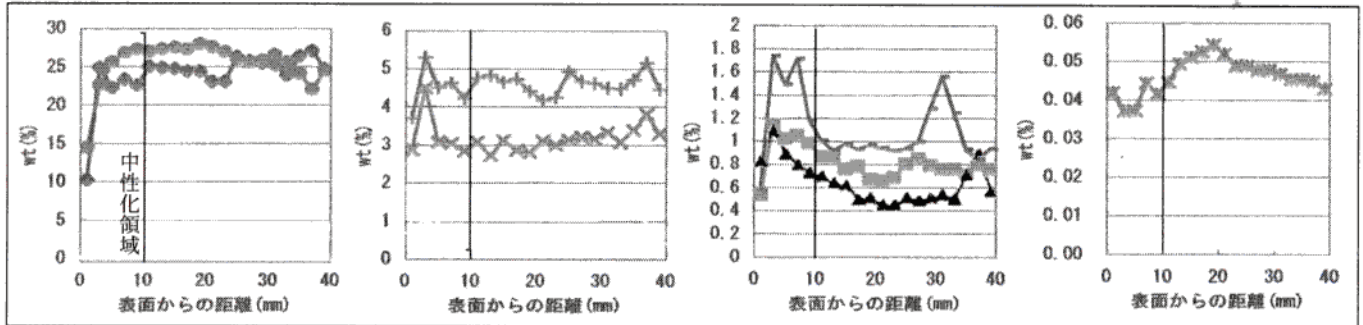


図2 側面からの元素の分布状況

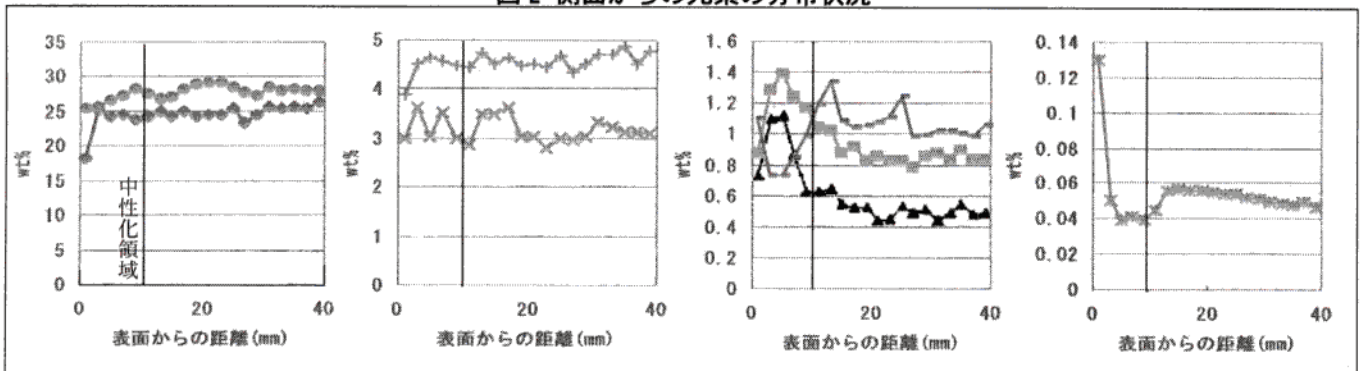
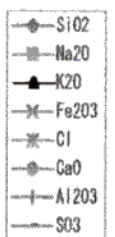


図3 下面からの元素の分布状況

では表面から内部まではほぼ一定濃度が得られた。これらの傾向は下面側には雨水等の影響少ないためと考えられる。側面、下面ともNa<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>Oでは中性化領域で濃度が高くなる傾向が認められた。空隙、乾燥等の影響と考えられる。SO<sub>3</sub>については側面側の中性化領域で濃度が高くなってのに対し、下面側では反対に濃度が低くなっていた。深さにかかわらず、高濃度の部分が散在していた。側面側Clでは中性化領域で濃度が低く、未中性化領域深さに達すると濃度が高くなり内部になると濃度が低下することがわかった。下面側では側面と同様の傾向に加え、表面で著しく高い濃度が得られた。飛来塩分が付着し、雨水の作用しない下面ではそのまま沈着しているものと考えられる。



### 5. まとめ

本研究により以下のことが明らかになった。

- ・Clは側面、下面とも中性化領域濃度が低く、未中性化領域との境界で濃度が高くなる。また、海洋に近いという周辺環境により、下面側について表面の濃度が高くなる。
- ・Sは部分的に濃度が高い部分があるが、側面の中性化領域では濃度が高くなり、反対に下面では濃度が低い。
- ・アルカリ塩基は中性化領域で濃度が高い。

### 6. 今後の課題

本研究において、側面側、下面側で異なった傾向が見られたが、気象条件等を把握したうえでの、環境作用による比較が望まれる。