

アルカリ骨材反応によって早期劣化を生じた大規模集合住宅の調査研究(VI) ——白華現象とアルカリ分の移動——

An Investigation on the Large Scale Apartment Housing Deteriorated by Alkali-Aggregate Reaction (VI)
——Efflorescence and Migration of Alkalies——

小林 一 輔*・白木 亮 司*・星野 富 夫*
Kazusuke KOBAYASHI, Ryoji SHIRAKI and Tomio HOSHINO

1. は し が き

この団地の建物のPC板や基礎のコンクリートの表面にはいわゆる“白華”が異常に多く発生している(写真-1参照)。白華の発生は季節と関係があり、晩秋の11月から冬期の2月までの間が多いようである。白華は文字どおり白い綿花状のものがコンクリート表面に吹出すもので、セメント中の水溶性の成分のうち主としてアルカリと水酸化カルシウムが水に溶け、水の蒸発によってこれらが表面付近に蓄積して析出するか、あるいは空気中のCO₂と反応して炭酸塩として析出してくると考えられており、乾燥速度が白華の現れ方の主因子であるといわれている¹⁾。

白華はアルカリ骨材反応をおこしているコンクリート構造物によく見受けられるので、この団地に発生している白華成分の分析とコンクリート内部から表面に向かってのアルカリ分の移動を調べることにし、アルカリ骨材反応との関連性を検討することにした。

2. 白華に関する既往の研究

白華の発生条件を実験的に検討した既往の研究結果¹⁾

を要約すると以下のようである。

- 1) 一般に白華は、まだ十分に固まらない、あるいは硬化直後のモルタルに、風を伴った比較的乾燥速度の早い環境にさらすと生じやすい。
- 2)十分に硬化したモルタルが水と接しており、しかも水分乾燥速度の早い環境(20°C・60%R.H・風速3m, 5°C・70%R.H・風速3m)にあるときに白華を生じやすい。

その理由は、乾燥速度の比較的早いときには短期間に相当量の蒸発が起り、溶質の蓄積量も大となる。それらがある濃度限界を超すと速やかに結晶の析出が起り、表面を白くおおう。この際に比較的速やかな晶析がおこるので、析出結晶は微細である。

乾燥速度の遅いとき(20°C・60%R.H・無風, 5°C・70%R.H・無風)にも相当長時間その状態に保たれると、かなり粗大な白色針状物質を析出する。

- 3)十分に硬化したモルタルが水と接している場合に発生する白華の程度はセメント中のアルカリ分の多いものほど著しく、とくにNa₂O量の多少と関係している。析出物の成分はNa₂SO₄およびNa₂CO₃が多

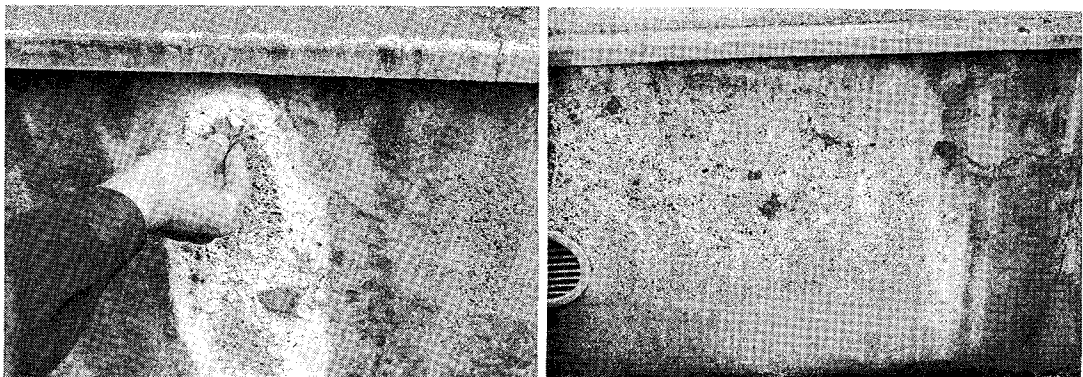


写真-1 建物基礎に発生した白華(14号棟)

*東京大学生産技術研究所 第5部

く、CaCO₃は少ない。これらは材令が経過するに従ってモルタルの炭酸塩化が進行するためと考えられる。すなわち、CaCO₃は水にほとんど不溶であるから、硬化モルタルよりの白華は主にNa₂SO₄およびNa₂CO₃となる。

3. この団地の建物に発生した白華の成分とアルカリの移動

まず18号棟503号階段側壁より採取した白華粉をそのままX線回折試験に供し、構成鉱物の同定を行ったところ

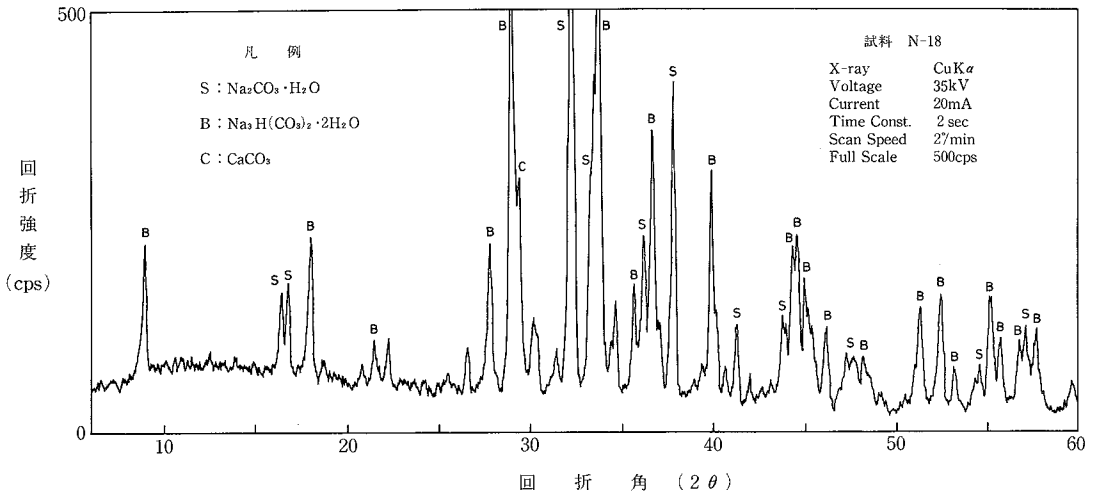


図-1 白華成分のX線回折図

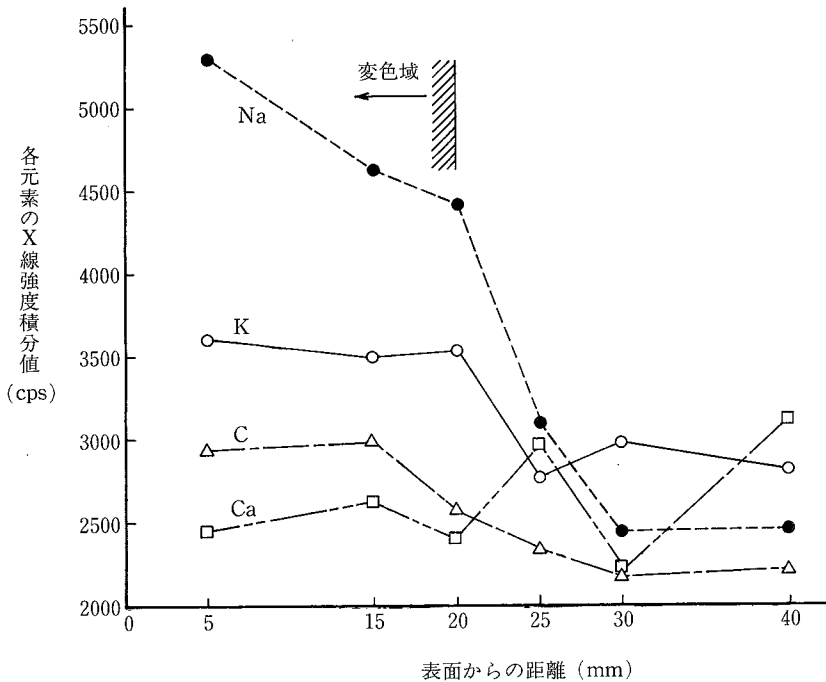


図-2 表面から内部にかけての各元素の分布状態 (14号棟)

研究速報
 ろ、図-1に示すように $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ と $\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の強い回折ピークが認められ炭酸ソーダと重炭酸ソーダが多量に含まれていることが判明した。このため、さらに4号棟、14号棟、15号棟および22号棟より採取した白華成分を分析したところその成分は炭酸ソーダであることが確認された。このような炭酸ソーダのコンクリート表面への晶析現象は、前記の白華に関する研究結果に照らしてみると、セメント中のアルカリ分の著しく多いPC板または基礎のコンクリートに水の供給がある場合に起こることになる。すなわち、このような水分がコンクリート中の毛管孔隙中を溶解成分を伴った孔隙水としてコンクリート中を移動し、前記のような白華発生条件を満足するようなコンクリート面における水分の蒸発の結果によるものと考えられ、このようなPC板または基礎のコンクリートにおいては内部から白華を生じているコンクリート表面に向かってアルカリ分の濃縮が生じているはずである。

図-2は14号棟の基礎(写真-1)から採取したコアを用いて、表面から内部に向かってEPMAによる線分析を行い、これを確かめたものである。この結果をみると、NaとKのX線強度は表面に近づくに従って高くなっており、この傾向はとくにNaの場合に顕著である。さらにCのX線強度も表面付近が高くなっており、前記の白華

析出物の主成分が Na_2CO_3 であるという分析結果を裏付けている。

さて、以上のような分析を行ったコアは採取した当初より写真-2に示すように表面から約20mmの部分は内部と全く異なる色調を呈していた。すなわち、やや黄色を帯びた漂白されたような色に変色していたのである。図-2より明らかなように、NaやKの顕著な濃縮はこのような変色部分において生じている。図-3および4はこれより約半年を経過したのち、白華を生じていた1号棟

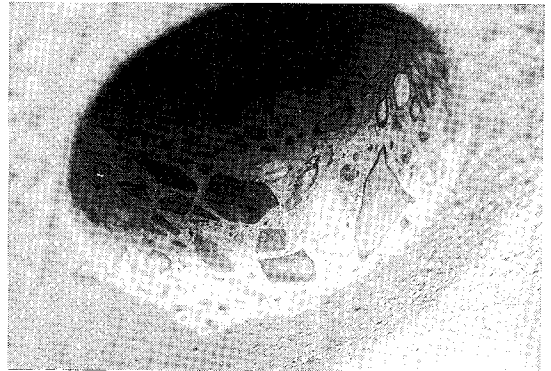


写真-2 表面から20mm程度の部分が変色していた14号棟基礎のコンクリート

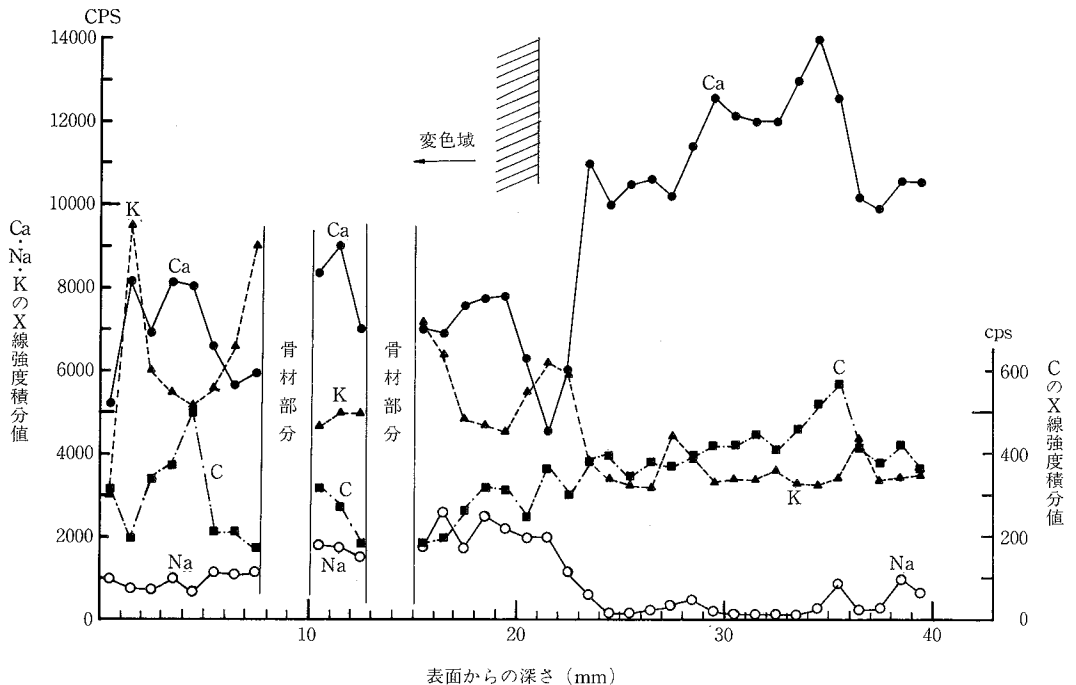


図-3 表面から内部にかけての各元素の分布状態(1号棟)

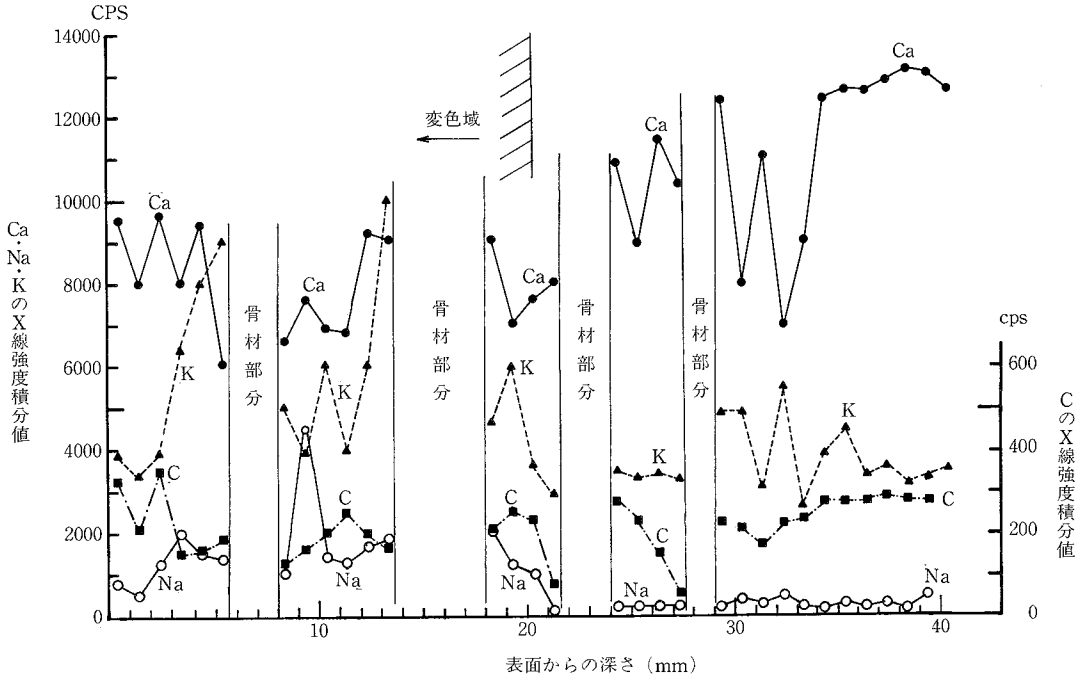


図-4 表面から内部にかけての各元素の分布状態 (19号棟)

および19号棟の基礎から採取したコアについて行ったEPMAによる線分析の結果を示したものである。図-2ほど顕著ではないが、表面から20mmまでの層(変色部分)においてNaとKの濃縮現象が認められる。一方、Caが表面に近づくに従って減少する傾向を示している。これらの結果は、この変色域のセメント硬化体組織が著しい変化を受けていることを示しているものである。次報ではこのような組織の変化についての検討結果を示す予定である。

4. む す び

今回の報告はこの団地の建物のコンクリートに用いられたセメントのアルカリ分が高く、少なくとも R_2O で1%をこえるアルカリを含むセメントが使用された可能性が高いことを示唆している。(1987年8月31日受理)

参 考 文 献

- 1) 齊藤, 石井: セメント製品の白華について, 小野田研究報告, Vol. 19, No. 70 (1967)