

V-96

チャート質骨材のアルカリシリカ反応について

京都大学工学部 正会員 ○西山 孝 佐藤 秀 楠田 啓 日下部吉彦
大阪セメント㈱ 正会員 中野 錦一

1. はじめに

チャート質骨材に起因するとみられるアルカリ骨材反応による構造物の損傷、変状が報告されている。そこでチャート質骨材のアルカリシリカ反応により膨張、ひびわれを起こしたコンクリート構造物から9個のコアを採取し、その中に含まれているチャートについて、肉眼観察、顕微鏡観察、X線粉末回折分析、示差熱分析によりその特徴を調べ、チャート質骨材の反応性評価に関する検討を行った。

2. 肉眼観察および顕微鏡観察

コンクリートコアを切断し、水中でアルカリシリカ反応を促進させ観察すると、反応生成物、チャート質骨材には種々の形態が観察され、骨材周辺部に反応環の存在しているもの、骨材の周辺部あるいは内部に白いアルカリシリカ反応生成物の滲出しているものが認められるが（写真A～C）、ほとんど変化のみられない骨材も存在する。偏光顕微鏡観察では、染料を添加したシアノアクリレートにより反応生成物およびクラックを染色した薄片を作成し、観察した。その結果さまざまな形状をしたアルカリシリカ反応生成物が、チャート質骨材のなか、モルタル中およびモルタルと骨材の境界部に滲出しているものが認められた。

3. シリカ鉱物のX線粉末回折分析および示差熱分析

これまでの研究によるとシリカ鉱物におけるアルカリシリカ反応はシリカ鉱物あるいはその集合体の結晶度に関連があり、玉髄、碧玉、瑪瑙など結晶度の低いものは反応性が高く、水晶（石英）やホルンフェルス化したチャートなど結晶度の高いものは反応性が低いとされている。水晶、ホルンフェルス化したチャート、玉髄、瑪瑙、碧玉などの結晶度についてX線粉末回折分析ならびに示差熱分析によって調べた結果は図1の通りである。図1にみられるようにピークの高さや分解能に顕著な相違がみられる。反応性チャート質骨材について同様の分析を行ったところ、水晶に近い回折線あるいは吸熱ピークを示すものから碧玉や玉髄の回折線に近い試料まで存在していることが明らかになった。

4. 考察

骨材から溶出したシリカは容易に移動するので、アルカリシリカ反応に関与した骨材にはアルカリシリカ反応生成物が必ず存在するとは限らない。しかしながら写真Aからも明らかなように一般に反応性

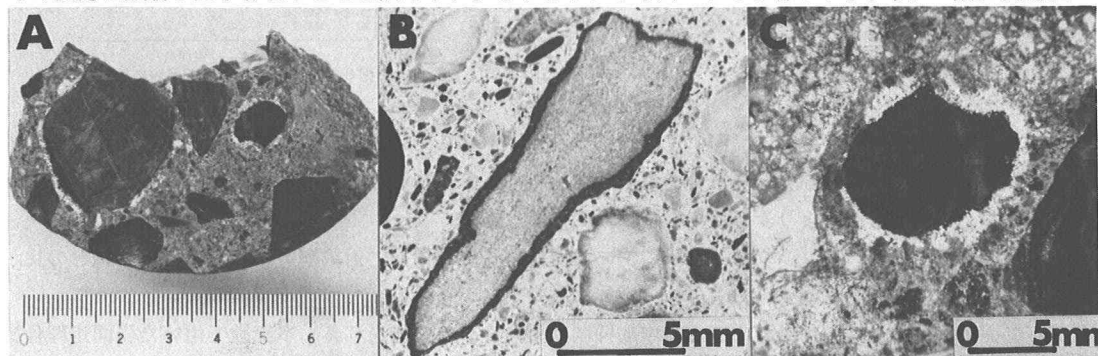


写真 チャート質骨材のアルカリシリカ反応
（A：コンクリートコア、B：反応環、C：骨材周辺部の反応生成物）

骨材の周辺には多量のアルカリシリカ反応生成物、あるいは反応環が存在する。すなわち、肉眼観察および顕微鏡観察による判定は反応性骨材の一つの目安と考えることができる。そこで分析した30個の試料について肉眼観察および顕微鏡観察により反応性の程度を3段階に分けた。次にX線回折線のみだれについては、格子間隔 $d=0.91597\text{ \AA}$, $0.91508\text{ \AA}$ のそれぞれ $\text{CoK}\alpha_1$ 、 $\text{CoK}\alpha_2$ に注目し（図1）、回折線の分解能および高さを調べたが、分解能の方が高さよりも顕著な相違がみられた。そこで図2における I_2, I_3, I_4 を比較した。すなわち $(I_2+I_3+I_4)_S / (I_2+I_3+I_4)_{RC}$ （Sは骨材試料、RCは水晶の回折線）を求めた。示差熱分析では試料と水晶の吸熱ピークの高さを比較した。これらの結果をまとめると図3のようになる。まずX線回折線の分解能と示差熱分析の吸熱ピークの高さには正の相関関係がみられ、骨材中のアルカリシリカ反応生成物の生成状況ではアルカリシリカ反応が顕著にみられる試料は、1試料を除きいずれも回折線の分解能はわるく、吸熱ピークは小さいところに集まっている。しかし回折線の分解能がわるくてもアルカリシリカ反応の認められない試料も存在する。この点については、アルカリシリカ反応がシリカの溶脱だけでなく、コンクリート材料の条件および環境条件が複雑に重なって起こる現象であり、反応性骨材であっても他の条件が満たされなかったために反応は進まなかった試料が存在するためと思われる。

以上のことからチャート質骨材の反応性を評価するために石英の回折線および吸熱ピークの検討は有効である。なかでも格子間隔 $d=0.91597\text{ \AA}$, $0.91508\text{ \AA}$ の回折線がアルカリシリカ反応性のチェックにもっともよく適しており、 $(I_2+I_3+I_4)_S / (I_2+I_3+I_4)_{RC}$ が0.3以下のチャートは反応性チャートと推定できる。

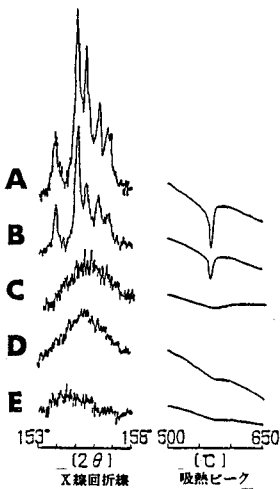


図1 シリカ質物のX線回折分析の回折線および示差熱分析の吸熱ピーク
(A:水晶, B:ホルンフェルス化したチャート, C:玉髄, D:瑪瑙, E:碧玉)

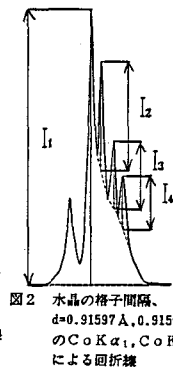


図2 水晶の格子間隔、 $d=0.91597\text{ \AA}$, $0.91508\text{ \AA}$ の $\text{CoK}\alpha_1$, $\text{CoK}\alpha_2$ による回折線

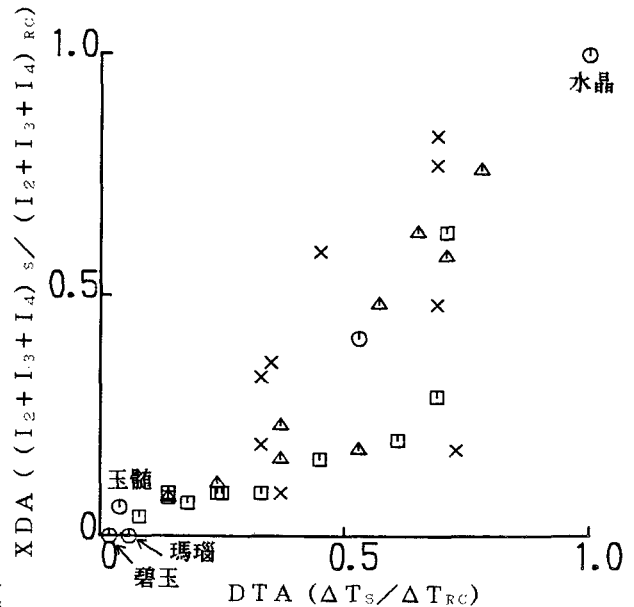


図3 肉眼観察および顕微鏡観察結果（□：反応生成物が著しく見られるもの、△：反応生成物が見られるもの、×：反応生成物がほとんど見られないもの）とX線回折分析結果および示差熱分析結果の比較。