

コンクリート用骨材に含まれるローモンタイトの定量に関する研究

愛知工業大学 学生会員 ○渡邊 凌

愛知工業大学 正会員 岩月 栄治

1. はじめに

コンクリートの劣化原因の中で骨材に含まれる鉱物に起因するものはローモンタイト (Laumontite), シリカ鉱物, スメクタイト等がある. ローモンタイトは沸石の一種で白濁しており, 乾湿繰り返しに伴って体積変化を起こし, コンクリートにポップアウトや表面剥離を発生させる現象であり, アメリカでは 1923 年にコンクリート用骨材として相応しくないとされている¹⁾.

ローモンタイトは火山地帯での産出が多く, アメリカ西海岸やチリにおいてコンクリートの劣化事例がある²⁾³⁾. しかし, 日本においてはあまり知られていないが, 全国の広い地域で産出しており, コンクリート標準示方書 [施工編] にも注意事項が記載されている. ダム等の骨材の利用が限定される場合は使用せざるを得ない場合もあり, これまでに数例の報告がある.

現在, 海外の一部の地域ではこの劣化による被害が深刻な社会問題となっており, 良質な骨材の採取が困難な日本においても将来問題になる可能性が考えられることからローモンタイトに関する更なる知見と劣化対策が必要である.

ローモンタイトの劣化の特徴は乾燥によって体積が収縮してレオンハルダイト (Leonhardite) に変化し, 湿潤に戻ると体積が膨張してローモンタイトに戻る可逆性を有しており, 次式で示される⁴⁾.



コンクリート表面下でローモンタイトが降雨などの乾湿が繰り返されると, セメントペーストとの付着面でこの体積変化によって疲労破壊が発生する. これが長期に渡るとひび割れがコンクリート表面に達してポップアウトや表面剥離が生じる⁵⁾.

本研究はローモンタイトのコンクリートへの影響を検討するため, 海外と国内で入手したサンプルに対して粉末 X 線回折分析による定性分析で含有鉱物を確認し, さらにローモンタイトの検量線を作成して定量分析を行い, 含有量を推定した.

2. 実験方法

2.1 分析に使用した骨材のサンプル

海外から入手したサンプルはローモンタイトによる劣化が確認された地域で使用されていた骨材であり, 含有量の多い順から No.1, No.2, No.3 と非含有の No.4 の 4 サンプルである. このうち No.1 のみ白色の岩石が混入しており, それを回収してサンプルとした No.1 (白) の計 5 種類のサンプルで回折した.

国内のサンプルは, 玄武岩, 玄武岩 (白脈), 風化花崗岩, 粗砂, 砕砂, 脱水ケーキの 6 種類のサンプルを回折した. また, 各サンプルのローモンタイトを定量するためインド産のローモンタイトの結晶を標準試料として用いた.

2.2 X 線回折による定性および定量分析

各サンプルを粒径 0.15mm 以下に粉砕して粉末 X 線回折装置でピークデータを抽出し, 定性分析を行なった. その X 線回折条件を表-1 に示す.

定量分析には内部標準法を用いた. 内部標準物質には特級試薬のフッ化リチウム (LiF) を, 母材には試薬のけい砂 (Silica Sand) を用い, ローモンタイト結晶を 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20% 含有させた X 線試料を作製し, 各試料を 5 回測定し, 第一強線のピーク (9.3° (2θ CuKα1)) の平均をその試料のピーク強度とした. これを用いて検量線を作成し, その後, 定量分析を行った. X 線回折の条件は定性分析と同様である.

3. 結果および考察

海外および国内の骨材サンプルの定性分析の結果から骨材に含まれる鉱物を表-2, 表-3 に示す.

海外のサンプル No.1, No.2, No.3 からはローモンタイトの存在が確認され, No.1 が全サンプルで一番大きいピーク強度であった. また, ローモンタイト以外のコンクリートに対する有害鉱物は確認されなかった. さらに, No.1(白)からはローモンタイトが確認されなかったことから, 岩石の色調によるローモンタイトの有無は判別不可能である. また, 国内のサンプルからはローモンタイトのピークは確認されなかった.

ローモンタイトの標準試料から作成した検量線を図-1 に示す. この検量線を使用して海外のサンプルのローモンタイトの含有量が多いとされる No.1 を定量分析した結果, 含有量は約 6 %であった. これは日本で使用される骨材のローモンタイトの許容量 1~2%を大きく上回る結果で, コンクリートに使用するにはふさわしくない骨材となる⁶⁾.

4. まとめ

本研究の結果を以下に示す.

- 1) 海外のサンプルからはローモンタイトが最大約 6%含有しており, コンクリート用骨材に使用した際, 乾湿が繰り返される条件下では劣化を及ぼす可能性が高い.
- 2) 今回使用した国内のサンプルからはローモンタイトは確認されなかった.

謝辞

本研究は㈱トクヤマの協力を得た.

参考文献

- 1) Pearson J.C. and Loughlin G.F. : An interesting case of dangerous aggregate, Proc. Am. Conc. Inst. 19, pp.142~154 (1923)
- 2) M.E.Kaley : Laumontite and Leonhardite cement in Miocene sandstone from a well in San Joaquin Valley, California. Amer. Min, 40, pp.923~925(1955)
- 3) Arturo Bravo : Dehydration-hydration reactivity of laumontite analyses and tests for easy detection. Clay Minerals pp.315~327(2017)
- 4) Wakizaka Y. and Anan S. : Deterioration of concrete due to laumontite and its mechanism. Proc. Int. Symposium on Industrial Minerals and Building Stones. IAEG pp.647~654(2003)
- 5) Gottardi G. and Galli E. : Natural Zeolite, Springer-Verlag, pp.100~110(1985)
- 6) 丸章夫 : 骨材品質に関わる耐久性の診断手法, コンクリート工学, 26 巻, 7 号 pp.40~48(1988)

表-1 X線回析条件

	条件
管球	CuK α 1
管電圧	40kV
管電流	30mA
走査範囲	5° ~70°
走査速度	0.5° /min

表-2 海外サンプルの定性分析結果

試料	含有鉱物				
No.1	石英	方解石	緑泥石	ローモンタイト	
No.1(白)	石英				
No.2	石英	曹長石	緑泥石	閃石	ローモンタイト
No.3	石英	緑泥石	ローモンタイト		
No.4	石英	灰長石	方解石	輝石	

表-3 国内サンプルの定性分析結果

試料	含有鉱物			
玄武岩	石英	緑泥石	方解石	スメクタイト
玄武岩(白脈)	方解石			
風化花崗岩	石英	スメクタイト		
粗砂	石英	曹長石		
砕砂	石英	曹長石		
脱水ケーキ	石英	曹長石	緑泥石	スメクタイト

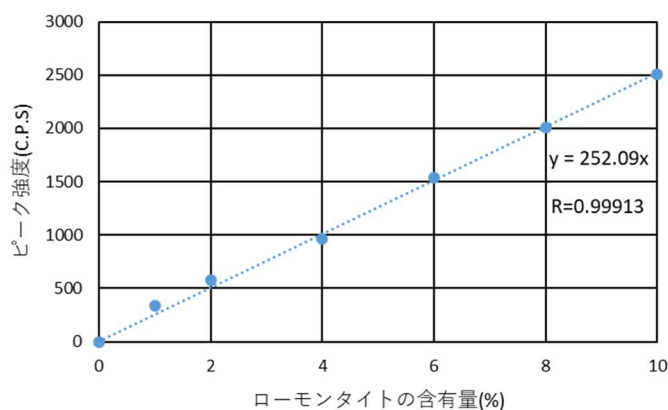


図-1 今回作成したローモンタイトの検量線