

アルカリ骨材反応に及ぼすイオン交換性鉱物の影響

岩手大学 学生員 ○ 木村 良彦
 岩手大学 正 員 藤原 忠司
 オリエンタル化学産業 佐藤 一男

1. まえがき

アルカリイオンや水酸化イオンが、骨材中の不安定なシリカ鉱物と化学反応を起こして、反応生成物を作り、その反応生成物が周囲の水を吸収することによって生じる膨張圧が、アルカリ骨材反応の原因であることは広く知られている。それらのイオンの供給源は、セメントや混和剤等であると一般には考えられているが、骨材によっては、これらの有害なアルカリイオンなどをそれ自体から放出したりするタイプのものも存在する。本実験の目的は、イオン交換の性質をもつ鉱物が、アルカリ骨材反応にどのような影響を及ぼすかを明らかにすることにある。

2. 実験概要

モルタルの配合や養生条件は、ASTM C227に従い、供試体寸法については $4 \times 4 \times 16$ cmとした。骨材には、化学法 (ASTM C289) により潜在的に有害と判定された安山岩質の碎石 (以下A) を使用した。イオン交換の性質を持つ鉱物 (以下イオン交換性鉱物と呼ぶ) としては、温泉熱水作用によって変質した凝灰岩質のものを2種類用いた。これらは、アルカリ又はアルカリ土類のアルミノケイ酸塩から成るもので、結晶格子中に水を含んでいる。本実験では、イオン交換能力の違いによる影響をより明瞭にするため、これらの鉱物に人為的処理を施して表-1のような5種類とした。人為的処理とは、原石を焼成し、結晶水を取り除くことによってイオン交換容量 (以下 C.E.C) を高めたもの (No.1,4) と、それらをアルカリの溶液にひたすことによって組成を替え、C.E.C をさらに高めたもの (No.2,3,5) である。これらを微粉末状に粉碎し、モルタルに添加してみた。セメントには、等価 Na_2O 当量 0.63% のものを使用し、等価 Na_2O 当量 2.0% となるように NaOH を添加して、モルタルの膨張量を測定した。

表-1 使用イオン交換性鉱物

	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
外 観	茶色結晶状微粉末	白色結晶状微粉末	白色結晶状微粉末	茶色結晶状微粉末	茶色結晶状微粉末
組 成 式	$\text{Na}_{12} [(\text{AlO}_2)_{12} (\text{SiO}_2)_{12}] 27\text{H}_2\text{O}$	$\text{CaO}, \text{Na}_2\text{O}, \text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3 24\text{H}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}, \text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3 12\text{H}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}, \text{SiO}_2, n\text{H}_2\text{O} (n=3\sim 4.5)$	$\text{Na}_2\text{O}, 2\text{SiO}_2, n\text{H}_2\text{O} (n=3\sim 4.5)$
粉 末 PH	7.5~8.3	9.0~9.5	10.0~11.0	8.0~8.5	8.5~9.0
C. E. C	80~120 meq/100g	550~600 meq/100g	550~650 meq/100g	250~300 meq/100g	300~350 meq/100g

3. 実験結果及び考察

図-1 は、イオン交換性鉱物の原石、原石を焼成したもの及び骨材Aを、それぞれ粒度調整して細骨材としたモルタルバーの、膨張量を測定した結果である。骨材Aは、試験開始初期より膨張が始まり、わずか10日前後で 1.0×10^{-3} を超えてしまったのに対し、イオン交換性鉱物の原石及び原石を焼成したものは、ほとんど有害な膨張を示していない。この結果から、原石と原石を焼成したものいずれにも、それ自体には、アルカリ骨材反応を引き起こす性質はないといえる。

図-2 は、表-1 に示した5種類のイオン交換性鉱物について、それぞれ添加量を変えてみたときの、2ヶ月目のモルタルの膨張量を表したものである。鉱物の添加割合は、セメント重量に対するものであり、その鉱物を骨材に置き換えて用いた。この図から、いずれの鉱物を添加しても、モルタルの膨張量が大きくな

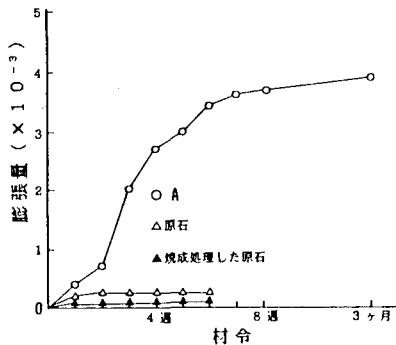


図-1 膨張量の経時変化

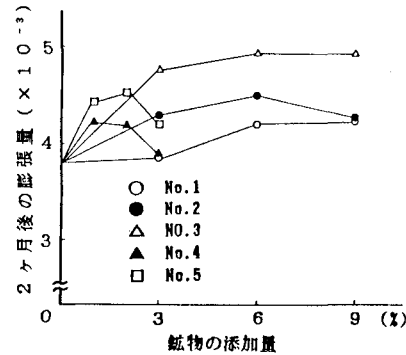


図-2 各鉱物の添加量と膨張量の関係

ることが認められる。したがって、これらの鉱物が、アルカリ骨材反応に対して、何らかの形で反応を促進させる性質を持っているのは疑いない。また、どの鉱物にも添加量のペシマムが存在しているように思われる。

図-3は、C.E.C と各鉱物の2ヶ月目の最大膨張量との関係を示している。C.E.C の高いものほど膨張量大きいことが認められる。このうち、最も大きな膨張量を示したNo.3は、C.E.C を高めるため、苛性ソーダの溶液にひたしたものであり、 Na_2O の重量比が他のイオン交換性鉱物に比べて大きいため、ナトリウムイオンが容易に交換されて、このような過度の膨張を示したと思われる。

粉末PHとこの最大膨張量との関係を示したのが、図-4である。粉末PH値の高いものほど膨張量大きいことが認められ、アルカリ骨材反応に対して反応を促進させる性質は、鉱物自体のPH値に左右されるものと判断できる。

これらのことから、なぜこの鉱物を添加したモルタルが著しい膨張をきたしたのかを考えてみる。一般にモルタルやコンクリートを打設する際、セメントペースト中には多量の OH^- , Na^+ , K^+ などが存在するが、このイオン交換性鉱物が添加されると、さらに多くの有害イオンが放出され、早い時期から有害イオンによる骨材へのアタックが起こる。また長期的に見ても、イオン交換性鉱物が、モルタル中で陽イオンとそれ自身のアルカリイオンを交換することから、有害イオンの供給源となっておりと思われる。ここで最も問題なのは、セメント重量に対してイオン交換性鉱物が、数%程度の僅かな量でもアルカリ骨材反応を著しく促進してしまうおそれがあることであろう。したがって、このような鉱物がたとえ微量でも混入している可能性のある骨材を使用する場合には、慎重な配慮が望まれる。

おわりに、本研究の遂行に際し、種々の御援助を賜った楠野勇登氏に、深甚の謝意を表します。

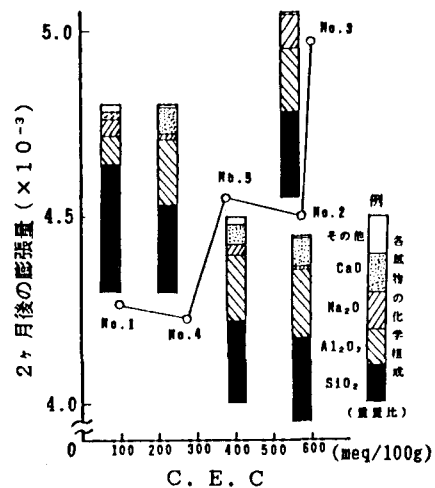


図-3 C.E.Cと各鉱物の最大膨張量の関係

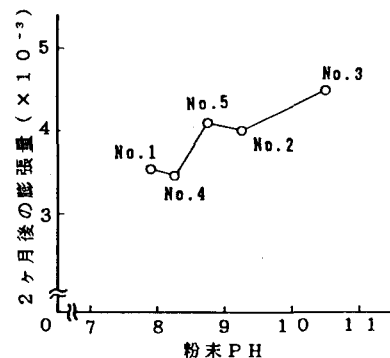


図-4 粉末PHと各鉱物の最大膨張量の関係