

[19] コンクリート中のアルカリ分析法に関する二、三の実験

正会員 ○西崎 到 (建設省土木研究所)

正会員 守屋 進 (建設省土木研究所)

1. まえがき

コンクリート中に存在するナトリウム、カリウムの挙動は、アルカリ骨材反応の重要な要因のひとつと考えられる。本報告は、これらのアルカリの挙動を解明するために行った実験の一部である。また、コンクリート中のアルカリの分析法についても、二、三の実験的検討を行ったので報告する。

2. 実験概要

コンクリート中のアルカリ(ナトリウム、カリウム)の挙動、存在状態を知るための実験として、コンクリート中に存在するアルカリを、水によって抽出されるナトリウム、カリウムと、過塩素酸によって溶出されるナトリウム、カリウムの2通りに考え、その各々を、コンクリートよりも簡単な系であるセメントペースト、モルタルについて(あるいは、水和していないセメントについても)その量を調べることにより、ナトリウム、カリウムのコンクリート中での存在状態についての検討を試みた。

3. 実験

(1) 試料の製作

i) セメントペースト

セメントは、N社製の普通ポルトランドセメントと、高炉B種セメントを用いた。水セメント比はいずれも50%とし、 $2 \times 2 \times 3$ cmの型を用い、セメントペーストのブロックを作った。水はイオン交換水を用いた。数日後脱型し、およそ1カ月後に粉砕した。粉砕は、ステンレス製すりばち、または振動ミルを用い、粒径を0.3mm以下にした。このようにして得られた粉末を、セメントペースト試料として用いた。

ii) モルタル

セメントは、N社製の普通ポルトランドセメントと、高炉B種セメントを用いた。また細骨材には2種類(T, K)を用いた。

セメントと細骨材の組み合わせは任意に行っている。水セメント比は50%、細骨材/セメント=2.25とした。水はイオン交換水を用いた。セメントペーストと同様にブロックを作り、約1カ月後に粉砕した。粉砕は、ステンレス製すりばち、または振動ミルを用い、粒径を0.84mm以下になるようにした。このようにして得られた粉末を、モルタル試料として用いた。

(2) 全アルカリ(ナトリウム、カリウム)の定量方法

セメント、セメントペースト、モルタルの各試料について、過塩素酸で抽出されるナトリウム、カリウムの量を基準(全アルカリ量)として、水溶性アルカリ量を調べることにした。全アルカリ量は、試料を数gビーカーにとり、これに60%過塩素酸を加え、約30分間加熱した後水で希釈し、濾過、水洗後、濾液及び洗液をメスフラスコにうけ、この液のナトリウム、カリウム濃度を求め、その値から試料1gあたりから、過塩素酸で抽出されたナトリウム、カリウムの質量を算出した。アルカリの水による抽出率は、この全アルカリ量に対する、水溶性アルカリの量で表した。

(3) 水溶性アルカリ定量方法

ナトリウム、カリウムの試料からの水による抽出量の変化をみるが、ここで主に考慮した条件は、試料と水の量(固/液比)、抽出温度、時間である。固/液比は、試料(g)に対する水(ml)の量を、適当な整数比に定めて調べた。また温度は、20、40、60℃の3段階をとって調べた。時間は、分単位から時間単位での変化を追跡した。

抽出操作は次のように行った。ポリエチレン、またはテフロン樹脂製の容器に試料を秤量し、水を加え直ちに栓をし、恒温槽中でかくはんした。一定時間の攪拌後、乾いた濾紙で吸引濾過を行い、濾液のナトリウム、カリウムの濃度を測定することにより、試料1gあたりからの抽出量を算出し、更に、全アルカリ量に対する抽出

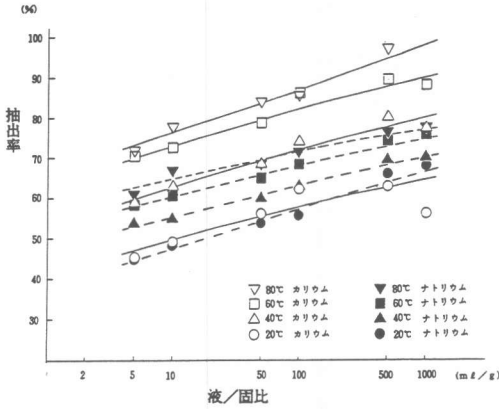


図-1 セメントペーストからのアルカリの抽出
(抽出時間10分, 普通ポルトランドセメント使用)

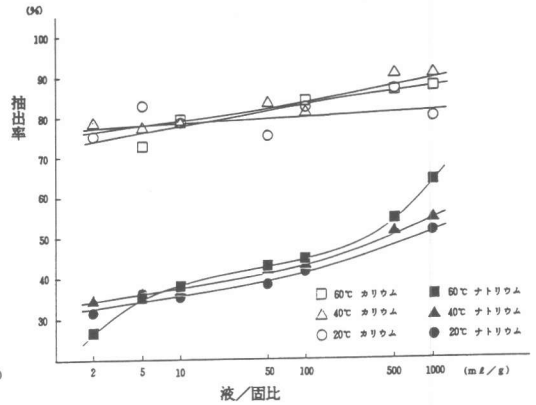


図-2 セメントからのアルカリの抽出
(抽出時間10分, 普通ポルトランドセメント使用)

量から、抽出率 (%) を算出している。

(4) ナトリウム, カリウムの定量

ナトリウム, カリウムは、原子吸光光度法によって定量を行った。

4. 実験結果

(1) セメントペースト中のナトリウム, カリウム

セメントペーストの水抽出の際の固/液比, 温度と抽出率との関係を図-1に示した。また図-2は比較のために、同じ実験をセメントに対して行ったものである。まず、固/液比についてみると、セメント, セメントペーストいずれの場合にも、水が多い程抽出率も高くなる傾向にあった。また、同じ温度で見ると、ナトリウムよりもカリウムの方が抽出率が高い傾向を持っている。温度の影響をみてみると、セメントの場合は、図-2より温度の抽出率への影響は、大して大きく

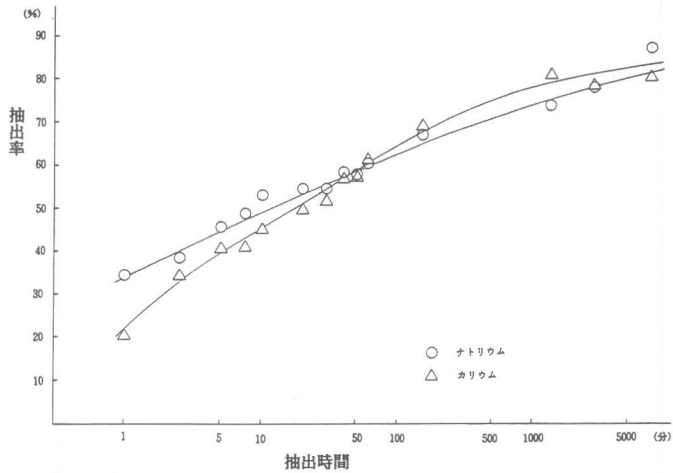


図-3 (1) セメントペーストからのアルカリの抽出 (時間と抽出率の関係)
(固/液比=1/50 (g/mL), 室温, 普通ポルトランドセメント使用)

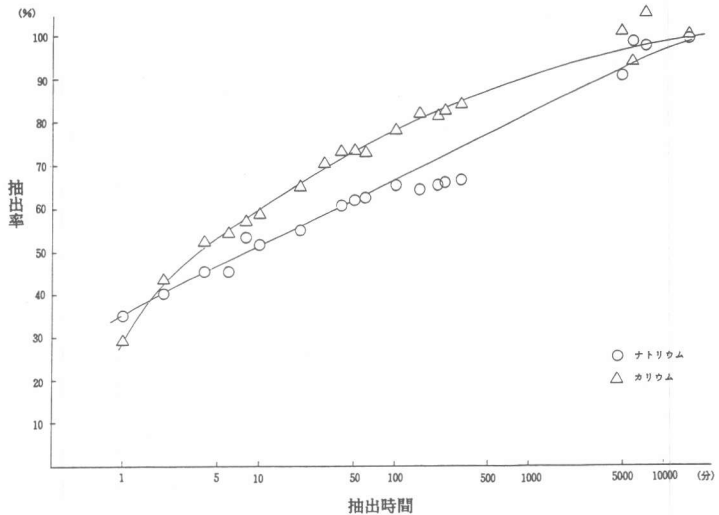


図-3 (2) セメントペーストからのアルカリ抽出 (時間と抽出率の関係)
(固/液比=1/50 (g/mL), 室温, 高炉B種セメント使用)

はないことがわかるが、図-1のセメントペーストでは、温度により抽出率に大きな差が出てくるのがわかる。この場合、ナトリウムよりもカリウムが受ける影響の方が大きいようである。

図-3は、セメントペースト中のナトリウム、カリウムの水相への抽出の時間的変化を示したものである。抽出率が時間と共に増加し、ナトリウム、カリウム共に、最終的にかなりの割合で抽出されることがわかる。また、時間を対数にとると、抽出率はほぼ直線的になることに注目すべきであろう。(この傾向は、モルタルについてもみられる。)

(2) モルタル中のナトリウム、カリウム

セメントペーストについて行ったのと同様の実験をモルタルについても行い、セメントペーストのときと比較している。固/液比、温度と抽出率の関係を図-4に示した。固/液比が大きくなると、抽出率が高くなる点、温度による抽出率への影響が無視できない点では、セメントペーストのグラフに類似している。固/液比が大きい方で、温度による抽出率のばらつきが少なくなる傾向にあるがこの原因については、未だ解決が付いていない。抽出時間と抽出率についての関係は、図-5に示した。セメントペーストと同様に、時間とともに抽出率が増えていくのがわかる。更に、これに加えて、固/液比についても考えに入れて、時間と抽出率の関係をみたのが図-6である。セメントペーストにおいてはカリウムの抽出率がナトリウムよりも高かったのが、モルタルでは必ずしも高いとは言えないようである。これは、細骨材の種類の影響と推定できる。

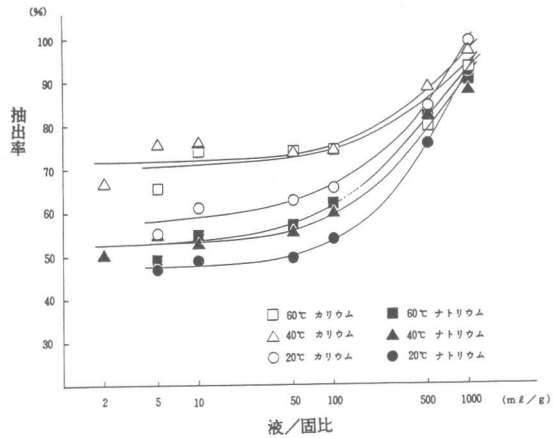


図-4 モルタルからのアルカリの抽出 (抽出時間3.5分, 高炉B種セメント, K骨材使用, 材令1.5ヶ月)

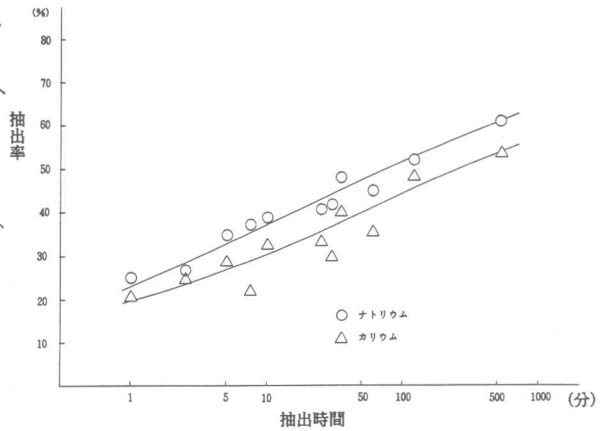


図-5 モルタルからのアルカリの抽出 (時間と抽出率の関係) (固/液比=1/5.0 (g/ml), 室温, 普通ポルトランドセメント使用, T骨材)

5. 考察

(1) セメントペースト中のナトリウム、カリウム

条件にもよるが、ごく短時間でも50%程度の抽出率であり、条件によってはかなりの割合で抽出されうることから、セメントペースト中のナトリウム、カリウムと、セメントペースト粒子との間の結合は、さほど強くはなく、水によって抽出されうる状態にあるものが多い。また、抽出のされやすさには、ナトリウムとカリウムでは差があり、カリウムの方がナトリウムよりも、抽出され易い傾向にあることがわかる。また、セメントペーストは温度による影響を受けるが、セメントでは、大きな影響を受けることはないようであり、このことから、セメントとセメントペーストでの、ナトリウム、カリウムの存在の状態が異なることが示唆される。

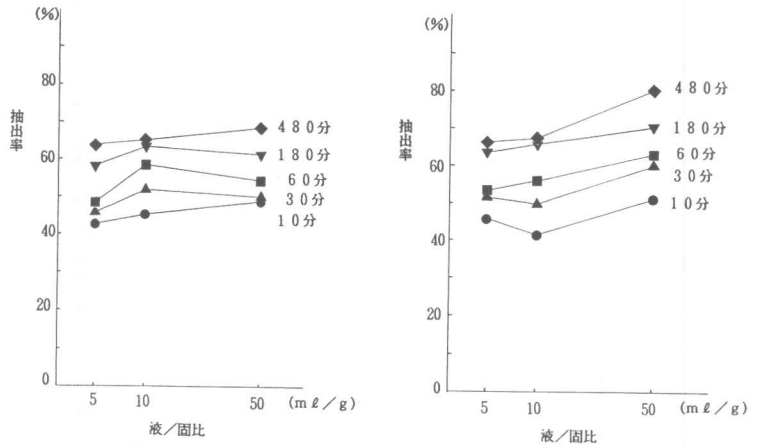
(2) モルタル中のナトリウム、カリウム

モルタルの試料を用いた実験においても、抽出の傾向はセメントペーストと、よく近似している。モルタルとセメントペーストの相違点は、モルタルには骨材が入っていることであり、モルタルとセメントペーストの結果の相違は骨材の寄与と考えることができる。モルタルの水による抽出では、抽出量にある程度の上限が出て

くるが、これも骨材が存在することによる影響と考えられる。

(3) 抽出条件

抽出率は、抽出時間、固/液比、温度等の影響を受けることがわかり、抽出条件による抽出量の変化の傾向が、おおよそつかめたといえる。また、これから、抽出条件を変えることによって、コンクリート中のナトリウム、カリウムの存在状態を把握することのできる見通しがあった。



(a) ナトリウム

(b) カリウム

図-6 モルタルからのアルカリの抽出 (固/液比と抽出時間の関係)
(温度 40℃, 普通ポルトランドセメント使用, T骨材, 材令1ヶ月)

6. まとめ

実験結果をまとめると、次のようなことがいえる。

- (1) セメントペースト中のナトリウム、カリウムは、かなりの部分が水溶性である。
- (2) セメントペーストからのアルカリ抽出率は、温度、固/液比、時間の影響を受ける。
- (3) モルタルのアルカリ抽出は、セメントペーストと同様の傾向がみられる。

7. あとがき

今後、配合等を考慮したコンクリートへも、実験を拡げるとともに、アルカリ金属の存在状態の解明をさらに進めたい。