

V-101

コンクリート中におけるアルカリの移動に関する研究

東京大学大学院 学生会員○河合研至
東京大学生産技術研究所 正会員 小林一輔
東京大学生産技術研究所 正会員 白木亮司

1. はじめに

相対湿度が 100% の環境下において養生した供試体中ではアルカリが一樣に分布しておらず、中心部に向かって濃度勾配を生じていることを確認した。供試体におけるこのようなアルカリの分布は、実際の構造物はもとより、アルカリシリカ反応の促進試験であるモルタルバーやコンクリートバーの膨張特性などにも大きな影響を与えると考えられるので、今回は主としてこのことについて検討を行なった。

2. 供試体中に生じているアルカリの濃度勾配の確認

供試体は、 $\Phi 5\text{cm} \times 10\text{cm}$ 円柱供試体とし、 $W:C:S=0.5:1:2.25$ （細骨材：チャート，供試体A）と、 $W:C:S=0.5:1:1.75$ （細骨材：標準砂，供試体B）の2種類のモルタルを作製した。セメントはともに普通ポルトランドセメントで、供試体Aでは $R_2O=0.52\%$ ，供試体Bでは $R_2O=0.57\%$ のものを使用し、 $NaOH$ によりそれぞれ 1.56%, 1.5% までアルカリ強化を行なっている。供試体は、打設後4週間 20℃, 100%R.H.で養生した後、供試体Aは 40℃, 100%R.H.の雰囲気下に、供試体Bは 20℃, 60%R.H.の雰囲気下に分析時まで置いた。

分析に際しては、供試体A, Bとも表層部、中心部ならびにそれらの中間部分から試料を採取し、微粉砕後、過塩素酸でアルカリを抽出し、原子吸光により濃度を測定した。

供試体A, Bでのアルカリ分析結果をそれぞれ 図-1, 図-2 に示す。アルカリ濃度はいずれも中心部で高く、表層部に近づくにつれて大きく減少している。

供試体AとBでは、打設後4週以降での養生方法が異なるにもかかわらず、同様の分布状態を示していることから、これらの分布は主に初期の湿空養生期間中に形成されたものと考えられる。すなわち、活発な水和反応中に表面から水が供給され、この水が内部へ移動していくとともにアルカリの移動も生じたのではないかと考えられる。

3. アルカリシリカ反応とアルカリの移動との関連性

こうしたアルカリの移動が一定の速度で進行しているものであれば、アルカリの再分布は供試体サイズの小さい場合に顕著に現れる。したがって、アルカ

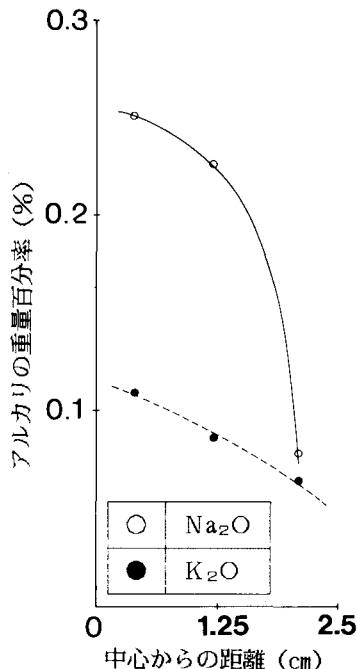


図-1 供試体Aのアルカリ分布

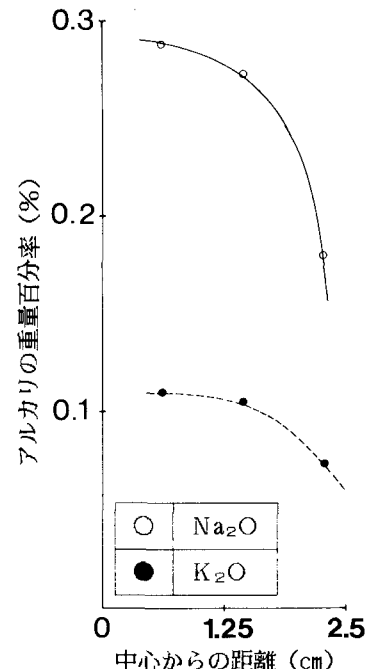


図-2 供試体Bのアルカリ分布

リシリカ反応が生ずるアルカリ濃度には閾値が存在し、そのレベルに達しないときにはアルカリシリカ反応が生じないとすれば、アルカリシリカ反応を起こす閾値に達する領域は供試体サイズの小さなもののほうが狭くなり、図-3 に示すような供試体寸法の相違による膨張量の相違¹⁾を説明できるのではないかと考えられる。

そこで、ここでは次のようなモデルを考え、供試体中のアルカリの分布状態について考察を行なった。供試体の中心から r の位置の微小部分 $dr \times r d\theta \times dz$ での時間 t におけるアルカリ含有量を $C_{r,t}$ とする。表層部から内部への水の供給により、時間 $t + \Delta t$ までにアルカリの一部が Δr だけ内部に移動し、このときの移動する割合を α とし、移動する量は微小部分の断面積 $r d\theta \times dz$ に比例するものとする。すなわち、 r の位置からの移動量は、

$$\alpha_r \cdot C_{r,t} = \alpha \cdot C_{r,t} \cdot (r d\theta \times dz) / (R d\theta \times dz), \quad R \text{ は供試体の半径}$$

で表わされるものとする。また、アルカリの移動が進むにつれて濃度勾配が生じ、これによりアルカリの拡散が起こってくる。拡散する割合は微小部分間でのアルカリ含有量の差に比例するものと考えられ、

$$k_{r,t} \cdot C_{r,t} = k \cdot (C_{r-\Delta r,t} - C_{r,t}) \cdot C_{r,t} \times (r d\theta \times dz) / (R d\theta \times dz)$$

で表わされるものとする。このとき、時間 $t + \Delta t$ におけるアルカリ含有量 $C_{r,t+\Delta t}$ は、

$$C_{r,t+\Delta t} = C_{r,t} - \alpha_r \cdot C_{r,t} + \alpha_{r+\Delta r} \cdot C_{r+\Delta r,t} + k_{r,t} \cdot C_{r,t} - k_{r+\Delta r,t} \cdot C_{r+\Delta r,t}$$

となる。

以上の仮定に基づいて計算したアルカリ分布の結果を 図-4 に経時的に示す。なお、ここで用いている α , k は任意に定めた値であり、これらの値は供試体の水セメント比やアルカリの種類によって変化するものと考えられる。

4. まとめ

本研究により、相対湿度 100% の環境下で養生を行なった供試体中では、アルカリの濃度勾配が生じており、アルカリ濃度が中心部で高く表層部で低くなっていることを確認した。この傾向は、供試体サイズの小さなもののほうが顕著に現れ、アルカリシリカ反応の促進膨張試験における供試体の寸法効果の原因は、供試体中のアルカリの移動にあるのではないかと考えられる。

参考文献 1) 小林一輔・瀬野康弘：骨材のアルカリ反応性の判定試験方法に関する研究(I)，生産研究，Vol.39，No.12，pp.517～520，昭和62年12月。

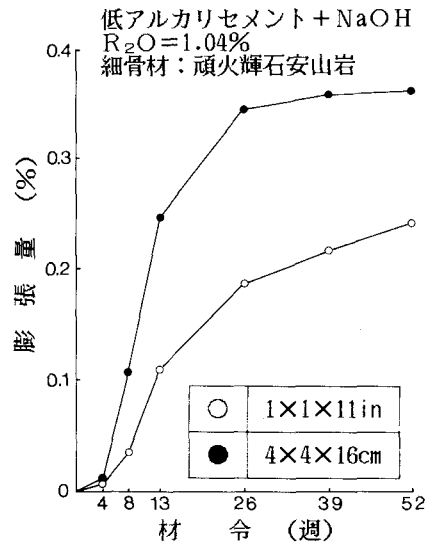


図-3 供試体寸法の違いによる膨張量の経時変化¹⁾

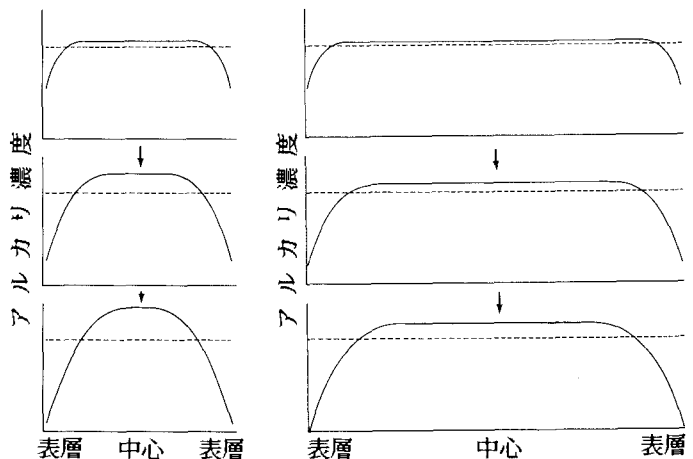


図-4 計算による供試体中のアルカリ分布の経時変化 (点線は平均を表わす)