

関東学院大学 正 会 員○小倉 盛衛
学生会員 相澤 宏明

1. まえがき

これまでの報告[1],[2]において、著者らはアルカリ骨材反応(以下、『アル骨』と略称)に起因する膨張性状を評価する上において、体積変化を直接測定することが極めて有効であることを指摘した。本研究はこれらの成果を踏まえて、長期に及ぶ測定結果から細骨材のFM、長さ変化と体積変化の関係および高炉水砕スラグ(以下、『スラグ』と略称)混入の効果などについて若干の考察を試みた結果について報告するものである。

2. 使用材料および実験方法

実験に用いたセメントは $R_2O=0.72\%$ の市販の普通ポルトランドセメントである。細骨材は山形県産の安山岩で、火山ガラス質を40%含む極めて反応性の高い砕砂である。細骨材のFMは2.47および3.04の2種類であり、後者は砕砂を洗浄することによって 150μ 以下の微粒分を大半除去したものである。モルタルの配合は単位水量 $281g/l$ 、単位砂量 $1404g/l$ 、水セメント比45%である。配合は高強度を要する土木構造物を想定して決定した。試薬特級のNaOHを練り混ぜ水に添加することによりセメント重量比に対する R_2O を変化させた。実験の一部には潜晶質石英からなる堆積岩系のチャートをを用いている。

養生は $40^\circ C$ の水中促進養生とし、空气中重量と水中重量の差により体積変化を求めた。

3. 実験結果および考察

図-1にFM=3.04の安山岩およびFM=3.30のチャートの材令と膨脹量の関係を示す。図によれば、安山岩の場合は材令23週以降に至って、 $R_2O=1.3\%$ の場合には膨脹量が2.6%程度に達して収束する傾向が明瞭に現れている。膨脹量が R_2O との間で極めて高い比例関係があることについては既に報告[2]しているが、材令30週に至ってその比例関係は一層明瞭となっている。ただし、チャートの場合は材令9週に至るまでは膨脹量とアルカリ量との関係が明瞭でなく、水中材令9週以降に至って $R_2O=1.30\%$ のもの膨脹量が急激に大きくなり、材令15週以降で膨脹量が 0.70% に達した後に収束している。

$R_2O=0.72\%$ の場合は膨脹量が 0.26% で収束しており、仮にこの膨脹量の $1/3$ を線膨脹量とすると膨脹量が 0.08% 強となるので、アルカリ水準が比較的低い場合には使用可能と判断してよいものと考えられる。

図-2には同一の安山岩においてFM=2.47の場合の膨脹性状を示している。この場合は全体的に膨脹量が図-1に示すFM=3.04の場合の60%程度に止まっており、微粒分の混入が著しい膨脹抑制効果を示すことが分かる。岩石中のガラス質がシリカフェウムなどにおける非晶質のシリカと同質のものであることを考えれば必然的な結果であり、反応性の骨材であっても砕石製造の過程で適量の微粒分が混入するよう工夫することにより、非反応性の骨材とほぼ同等の骨材を製造することが可能なることを示唆している。

図-3は長さ変化(供試体:4×4×16cm)と体積変化の関係を示しており、

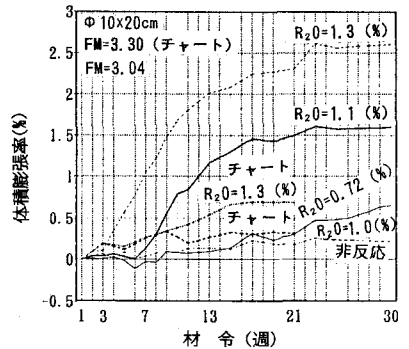


図-1 R_2O と体積膨張率の関係

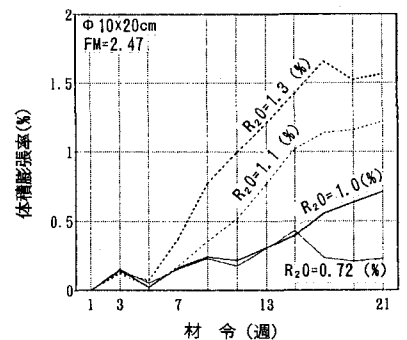


図-2 R_2O と体積膨張率の関係

図中の斜めの太線は線膨脹量の3倍の値が体膨脹量に匹敵すると仮定した場合の関係である。体積変化は R_2O が低くなるほど長さ変化に比較して大きく、長さ変化が収束した後も一方的に膨脹し、 $R_2O=1.45\%$ の場合には体積変化が3%強にも達している。このことは長さ変化試験により得られた情報が信頼性に乏しく、より信憑性のある情報を得るには体積変化試験による方が有利であることを示している。

図-4は体積変化試験によって、 $R_2O=1.3\%$ とした場合のスラグ混入の効果について検討したものである。材令10週までの結果については既に報告[2]したが、材令20週に達してもさらに膨脹する傾向にある。ただし、スラグの添加にともなう膨脹抑制の効果は極めて顕著であり、添加率を40%まで高めた場合には膨脹する傾向がほとんど認められない。図-2に示したように R_2O を1%とした場合は $R_2O=1.3\%$ の場合に比べて膨脹量が1/2程度となることから、現実のセメントを用いた場合には比較的少量のスラグ混入により十分の膨脹抑制効果が期待できると考える。

写真-1にスラグ混入率が異なる供試体のひびわれ状態を示した。これによると、スラグ混入率が高くなるほどひびわれが少なくなり、混入率が40%に達するとひびわれが全く認められない。供試上面(打設面)は0.5~1.0mm程度にも達するひびわれが発生している反面、底面はひびわれが強く圧縮された形跡があり、指による感触では非常に大きな段差が発生していることが確認された。側面のひびわれは網目状に発生しており、表面は上下左右に引張力が作用していることを示唆している。円柱体が膨脹する場合はひずみを中心から外周部に向かって扇形に分布することで応力的に安定し、かつ表層部に近い部分が長手方向に膨脹する場合は中心部に圧縮応力が発生することで応力的な釣合状態が保たれるとすれば、網目状のひびわれが発生することは必然的な結果であろう。

図-5に $R_2O=1.3\%$ とした場合のスラグ混入率と膨脹率との関係を示す。図から明らかのように、スラグの混入は顕著な膨脹抑制効果を示し、この効果はスラグ混入率とほぼ比例的な関係にある。既に上記で指摘したように、 R_2O を1%とした場合には膨脹量が1/2程度となることから、現実の市販セメントのアルカリ水準に近いところで試験を行って結論を出す必要があるが、ここに提案した体積変化試験方法によれば、この程度の比較的低いアルカリ水準での試験を行っても有意な成果が得られる可能性が大きく、本試験方法は汎用性が極めて高いと考えられる。

4. むすび

本試験方法による結果を要約すると、アルカリ骨材反応に起因する体積膨脹量は長さ変化に比べてアルカリ量が少ないほど顕著となる。また、スラグ混入率と膨脹抑制効果との間に極めて高い比例関係が認められ、カラグの膨脹抑制効果は極めて高いといえる。

参考文献

- [1]小倉, 相澤: 容積直接測定法によるアルカリ骨材反応に起因する膨脹特性に関する基礎研究, 土木学会関東支部第19回年次講演会論文集, pp. 342, 1992、[2](発表予定)小倉, 相澤: JCI第14回年次講演会論文集, 1992

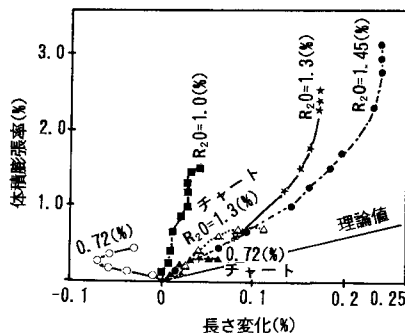


図-3 長さ変化と体積変化の関係

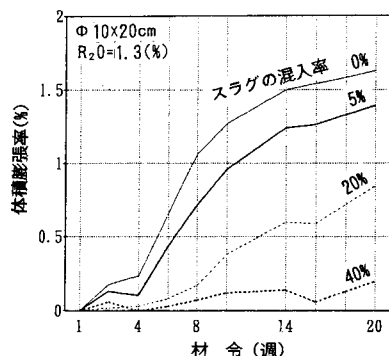


図-4 スラグの混入量と膨脹率の関係

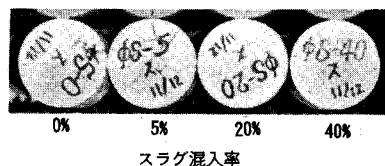


写真-1 ひびわれ発生状況

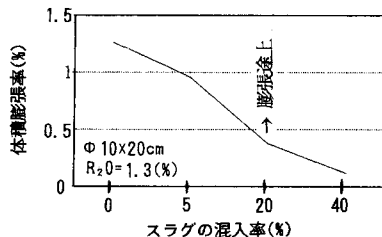


図-5 スラグの混入率と膨脹抑制効果