

(V - 36) 容積直接測定法によるアルカリ骨材反応に起因する膨張特性
に関する基礎研究

関東学院大学工学部 小倉 盛衛
同 上 相澤 宏明

1. まえがき

本研究はアルカリ骨材反応（以下、“アル骨”と略称する）に起因するモルタルの膨張を容積の直接測定法により検討したものであり、これらの異常膨張現象を的確に把握することの可能性について検討したものである。これらの実験結果により、膨張量が従来のモルタルバー法に比較して数倍にも達することを明らかにしている。さらに、膨張量の収束も明瞭ではなく、養生条件によっては長期間に亘って巨大な膨張が継続的に発生する可能性が高いことを示しており、現行の試験方法を根本的に見直す必要があることを指摘している。

2. 使用材料、モルタルの配合および実験方法

セメントは市販の普通ポルトランドセメントであり、現セメントのアルカリ量は $R_2O=0.72\%$ である。水溶性アルカリ分は $R_2O=0.42\%$ ($K_2O=0.38\%$, $Na_2O=0.16\%$) である。骨材は山形安山岩の砕砂であり、比重2.71、吸水量0.2%、火山ガラス質は40%程度の極めて反応性の高い砕砂である。細骨材のFMは3.02および2.47の2種類のものを使用した。前者は工業砕砂の洗浄砂であり、後者は微粉分を多量に含む工業砕砂である。これは砕砂の微粉分の影響についても検討するためである。モルタルの配合は単位水量281g/ℓ、 $W/C=0.45$ 、単位砂量1404g/ℓであり、NaOHを添加することにより全アルカリ量を変化させた。

養生方法は40℃の水中養生とし、所定の材令ごとに空气中重量と水中重量との差により各供試体の容積および吸水量を求めた。初期吸水による気泡の付着による誤差を避けるため、材令1週間まで20℃の水中に保存して初期値を決定した。

3. 実験結果および考察

図-1にΦ10×20cmの供試体の材令と体膨張率の関係を示す。結果によれば、体膨張率は最大で3%弱にも達しており、膨張の速度は幾分遅くなるものの膨張は材令20週に至るまで収束する傾向が認められない。また、現セメントを用いた $R_2O=0.72\%$ の場合でも膨張率は0.25%程度にも達しており、長期的にはさらに膨張する傾向を示す。同一のモルタルを用いたモルタルバーの試験の結果(図-2)と比較すると、線膨張率は体膨張率に換算しても1/4倍程度にとどまっておりモルタルバーの膨張がほぼ収束した材令10週以降も体膨張は継続的に進行することを示している。材令10週以降に達すると供試体には0.5mm前後のひびわれが無数に発生しており、見かけ上の体積の測定値は小さくなるものと考えられる。材令が経過するに従って膨張速度が遅くなったり膨張率にはらつきが生ずる原因についてはひびわれからのゲルの溶出または充填によるものと考えられる。

R_2O と体膨張率の関係を示した図-3によれば、膨張率は全アルカリ

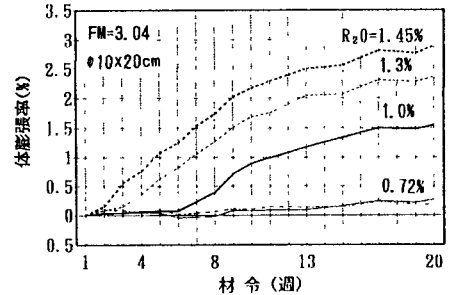


図-1 Φ10×20cmモルタル供試体の容積変化

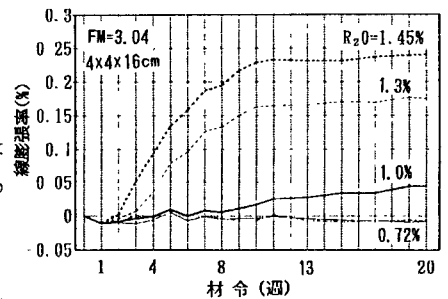


図-2 4x4x16cmモルタル供試体の長さ変化

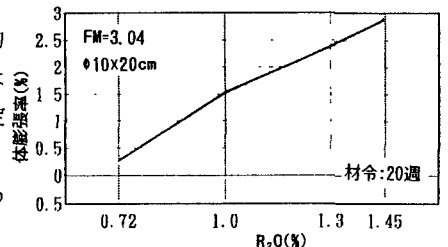


図-3 アルカリ量と体膨張の関係

量との間で非常に良い相関関係が認められる反面、現セメントの場合は相関関係が幾分異なった傾向を示す。

同一のモルタルバー(4×4×16cm)につき膨張率の比較を行った図-4および図-5によれば体膨張率と線膨張率の膨張性状は全く異なった傾向を示し、また、細骨材の粗粒率が大きくなるほど膨張率は大きく、また一時的にせよ低アルカリ量の場合であってもかなり大きな膨張を生じ、以後急激に収縮することが分かる。粗粒率が大きくなった場合の方が膨張率が大きくなる原因については、モルタルの硬化がかなり進行した後にアルカリシリカ反応が発生する為と考えられ、微粉分が多い場合には一種のポゾラン効果により膨張が抑制される為であると考えられる。これらは従来の一般的な説とは全く異なった結果であり、微粉分が多くアルカリとの反応面積が大きい細骨材ほどアル骨が発生し易いとする説は間違いのようである。また、モルタルバーにおいては全く異常が認められない場合でも、体膨張率の測定結果では非常に大きな変動が認められることから、膨張特性を適切に判定する上において大いに疑問の余地が残る。

供試体の寸法と膨張性状との関係について検討した図-6によれば、寸法と体膨張率との間に極めて明瞭な差が認められ、寸法の大きなものほど長期に亘って継続的に膨張する傾向を示す。また、これらの結果によれば、長期に亘って正確な情報を得る目的では、φ10cm以上のものが望ましく、寸法の小さなものは正確な情報を得る上で疑問がある。材令初期において膨張率が負になる傾向はほとんど例外なく現れる現象であり、セメントの水とおよびアル骨の進行に伴って結晶水を奪われ、吸水が遅れるために見かけ上乾燥収縮を引き起こすような現象が現れるためであると考えられる。

図-7に供試体寸法と膨張率との関係を示す。材令が経過するするに従って寸法の大きな供試体の膨張率が大きくなり、膨張量と寸法効果の関係が非常に明瞭に現れている。これは膨張が供試体内部において均等に発生するのではなく、表層部に引張力が発生し中心部に負圧が作用することにより応力的にバランスしているためであると考えられ、引張応力が作用する領域に差が生ずるためであろう。

写真-1に寸法の異なる供試体のひびわれ状態を示す。亀甲状のひびわれの大きさは何れも同程度であり、ひびわれはゲルによってほぼ完全に充填されている。従って、本報に示した容積の直接測定法によってほぼ正確な結果を得ることが可能であると考えられる。

4. まとめ

本研究から得られた結果を要約すると、膨張特性を評価する上で円柱体の容積直接測定法は極めて有効であり、種々の異常現象を正確に把握することが可能となる。アル骨に起因する膨張は収束する傾向が認められず、長期に亘って継続的に進行する。

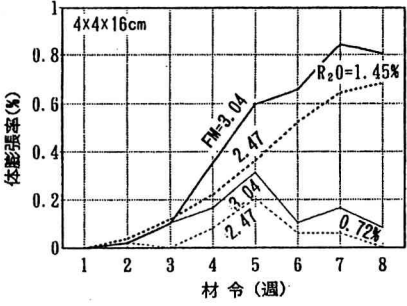


図-4 細骨材のFMと体膨張量の関係

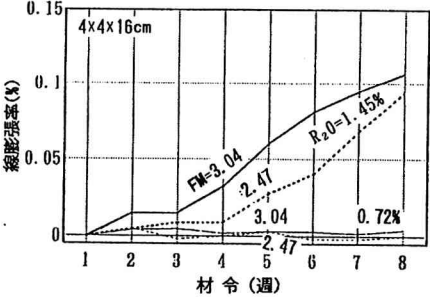


図-5 細骨材のFMと線膨張量の関係

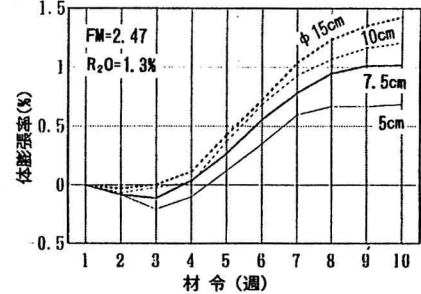


図-6 供試体の寸法と膨張性状の関係

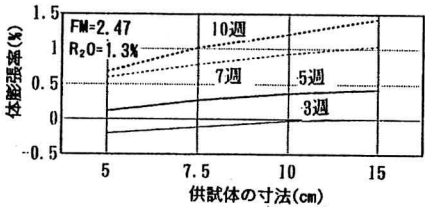


図-7 供試体の寸法が膨張性状に及ぼす影響

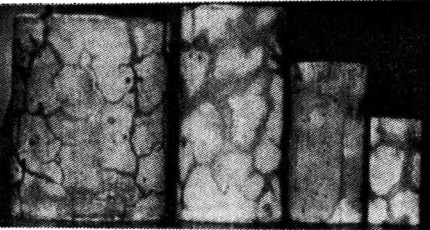


写真-1 各供試体のひびわれ発生状況