

アルカリ骨材反応に関する基礎的実験

法政大学 学生会員 ○今野浩孝
 法政大学 フェロー会員 満木泰郎
 MCR 科研 中村行伸

1. 研究目的

本研究では、アルカリと反応して膨張することで知られている、パイレックスガラスを細骨材として用い、アルカリ量、水セメント比、P/C(パイレックスガラス混入量/セメント混入量)、粗粒率の要因を用い、配合条件の異なるモルタルを作製し、各要因が膨張に与える影響を比較し検討する。その結果を用い、アルカリ骨材反応抑制のための無機混和材の効果を検証するためのモルタル配合の選定をすることを目的とする。

2. 実験方法

供試体の作成は、パイレックスガラス、普通ポルトランドセメント、水、水酸化ナトリウムを練り混ぜ、4×4×16cm のプラグ付型枠を用いて行った。養生は、材齢7日までは、20±3℃で気中養生、材齢8日から28日までの間は20±3℃で水中養生を行った。材齢28日以降は、養生条件を40±3℃、RH≥95%として養生を行った。

長さ変化の測定では、材齢28日を基長とし、4週周期でダイヤルゲージを写真-1 材齢12日での反応生成物を用いて供試体の長さ変化の測定を行った。測定を行う16時間前に40±3℃、RH≥95%の養生槽から20±3℃、RH=50%の恒温室に供試体を移動させた。

また、供試体の一部を採取し、細骨材として使用したパイレックスガラスの周囲に生成された反応生成物を観察した。測定には、走査型電子顕微鏡及びDigital microscopeを用い、倍率は、20、50、200、500、1000倍とした。(写真-1～写真-3)

本実験に用いた要因と水準を表-1に示す。

表-1 要因と水準

要因	水準
水セメント比(%): W/C	50 60 70
パイレックス混入量/セメント混入量: P/C	1.80 2.25 3.00
パイレックスガラス粗粒率	2.0 2.5 3.0
全アルカリ量(%)	0.51 1.0 1.5 2.0

注1) アルカリ添加の際は、NaOHを用い、Na₂Oとして換算

2) 対比として、川砂(静岡県浜岡産)を用いた供試体を作製

3. 結果・考察

3.1 反応生成物の性状: 写真-1～写真-3はそれぞれ材齢12・16・20週、P/C=3.00、アルカリ量1.5%、粗粒率2.5、W/C=50%の供試体の一部を採取し、走査型電子顕微鏡によりパイレックスガラスの周囲に生成された反応生成物を500倍で観察したものである。縦方向には大きなクラックが入っており、周囲に出来た反応生成物が乾燥しガラス表面に付着していることにより白く写っている。しかし本来パイレックスガラスは、黒く写るはずであり、この反応生成物が形成されたことで膨張が起きていると考えられる。

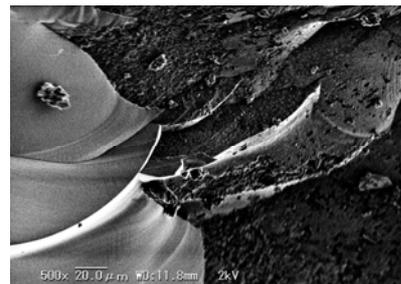


写真-2 材齢16日での反応生成物



写真-3 材齢20日での反応生成物

キーワード アルカリ骨材反応 膨張率 パイレックスガラス

連絡先 〒184-8584 東京都小金井市梶野町3-7-2 TEL 042-387-6268

3.2 パイレックスガラス粒度の影響：図-1 は W/C= 50%，アルカリ 2.0%，P/C=2.25 として，パイレックスガラスの粗粒率を 2.0，2.5，3.0 と変化させた場合の膨張率を示したものである．これによると粗粒率が大きいほど大きな膨張率を示している．この結果より，粗粒の骨材粒子が多いため膨張に寄与する反応生成物量が多くなり，より膨張すると考えられる．

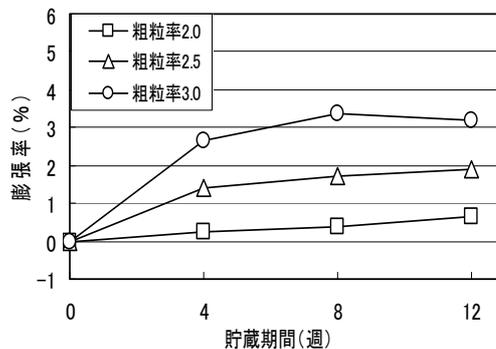


図-1 粗粒率の影響

3.3 W/C(水セメント比)の影響：W/C の影響については図-2 に示すように，アルカリ量 2.0%，P/C=2.25，粗粒率 3.0 として，W/C のみを 50，60，70% と変化させた場合の膨張率により比較した．

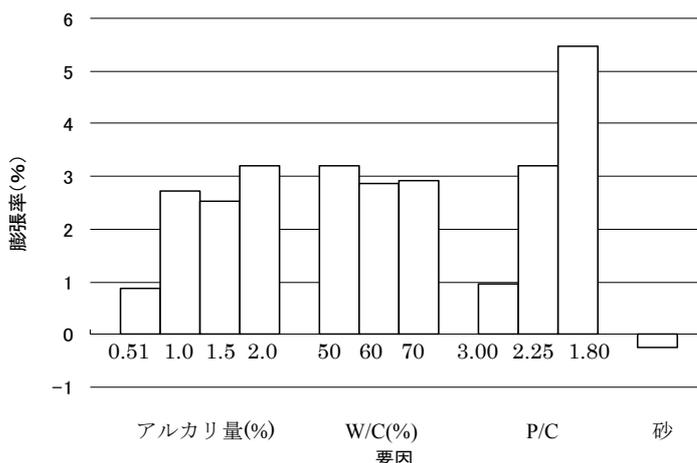


図-2 貯蔵期間 12 週における各要因の膨張率

これによると，膨張率に差はほとんど見られない結果となっている．これは，W/C が大きいと硬化組織中の空隙が多くなり，反対に小さいと組織の細密化によりアルカリイオンの移動が困難となり膨張率を低下させてしまうためであると考えられる．つまり W/C が膨張に及ぼす影響は，他の要因に左右されやすいと考えられ，一概にどの W/C が最も膨張に作用するかは判断できなかった．

3.4 アルカリ量の影響：アルカリ量の影響については図-2 に示すように，W/C=50%，P/C=2.25，粗粒率 3.0 として，アルカリ量を 0.51，1.0，1.5，2.0% と変化させた場合の膨張率により比較した．

これによると，アルカリ量 2.0% が最大膨張率を示し，0.51% が最小膨張率を示している．アルカリ量 1.0% が 1.5% の膨張率よりも大きくなっているが，あまり大きな差が見られない．よって，アルカリ量 2.0% と 0.51% の膨張率に大きな差があることから，アルカリ量の多いものほど膨張すると考えられる．

3.5 P/C(パイレックス混入量/セメント混入量)の影響：P/C の影響は図-2 に示すように，W/C=50%，アルカリ量 2.0%，粗粒率 3.0 として，P/C を 1.80，2.25，3.00 と変化させた場合の膨張率により比較した．これによると，P/C が小さいほど，すなわちセメント混入量が多いほど大きな膨張率を示している．この結果は，セメント中のアルカリ総量が多くなるためであると考えられる．また，本研究では水セメント比 50%，アルカリ量 2.0%，粗粒率 3.0，P/C=1.80 が最大膨張率であり，その膨張率は約 5.5% であった．なお，骨材がパイレックスガラスの場合と砂の場合の膨張率の違いについては，図-2 より，モルタル中にアルカリが存在しても反応性骨材がない限り，アルカリ骨材反応による膨張は起こさないと考えられる．

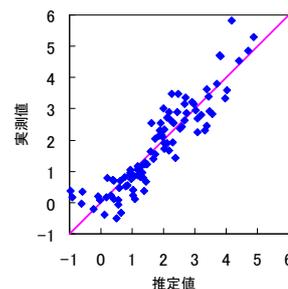


図-6 重回帰分析

3.6 重回帰分析：質量変化率(Δ)，貯蔵期間(t)，アルカリ量(Al)，水セメント比(W/C)，パイレックス混入量/セメント混入量(P/C)，粗粒率(FM)，フロー値(F)を説明変数，膨張率(y)を目的変数として重回帰分析を行った．回帰した結果，多少のバラつきも見られるが，推定値と実測値は比較的高い相関性にあった．今後の課題としてはこのバラつきを減らし，より精度を高めて行くことだと思われる．

なお推定式は， $y = -0.79 + 0.43\Delta + 0.16t + 1.3Al - 0.027W/C - 2.0P/C + 1.1FM + 0.28F$ であった．

4. 結論

以上の結果から，膨張は配合により支配されることがわかった．これより，アルカリ骨材反応抑制のための無機混和材の効果を検証するためのモルタル配合は，最大膨張率であったアルカリ量 2.0%，粗粒率 3.0，W/C=50%，P/C=1.80 を提案する．この配合により貯蔵期間 12 週で約 5.5% の膨張率が期待できる．