

廃ガラスの ASR 抑制に関する一考察

松江工業高等専門学校 生産・建設システム工学科 ○垣田 真志
 松江工業高等専門学校 高田 龍一
 松江工業高等専門学校 生産・建設システム工学科 周藤 将司
 島根大学 生物資源科学部 野中 資博
 高知大学 農学部 佐藤 周之

1. はじめに

コンクリートは、その優れた種々の性質によって、最も多用されている建設材料の一つである。このコンクリート構造物の耐久性が損なわれる原因として近年注目され課題となっているのがアルカリ骨材反応 (ASR) である。

昨年度の廃ガラスの研究から、抑制方法について、促進蒸気養生あるいは圧力養生を長時間行うこと、あるいはガラス微粉末を混和材として利用することによる ASR 抑制の手がかりをつかむことができた。

本研究では、促進蒸気養生による抑制効果及びガラス微粉末の混和材としての利用による抑制効果について、詳細な検討を行った。さらに、この抑制効果の一般的骨材に対する適用性を検討するための基礎試験として、代表的な反応性骨材であるオパール石のペシマム混入率について検討を行った。

2. 実験の概要

各種の検討に当たっては、骨材のアルカリシリカ反応性試験方法のモルタルバー法 (JIS A 1146-2001) に準じて試験を行った。この規格は、20℃、湿度 95%での条件下でモルタルバーの長さ変化を測定することによって、骨材のアルカリシリカ反応性を判定する方法について規定している。

初期蒸気養生温度を 60℃、80℃の 2 種類について初期養生時間を 4 時間、6 時間、8 時間、10 時間として行った。ガラスパウダーによる ASR 抑制効果については、ガラスパウダーのセメントに対する混入率 5%~25% の 5%刻みで検討を行った。オパール石の反応性については、ISO 標準砂をベース骨材とし、これに対するオパール石の混入率を 0%~25%の 5%刻みで検討を行った。

3. 結果・考察

3.1 促進養生による ASR 抑制効果の検討

初期養生方法が ASR 膨張抑制に及ぼす影響について検討を行った。初期養生の温度を 60℃とし、養生時間を変化させたときの長さ変化率を図 1 に示す。図 1 より、昨年の試験結果から、12 時間以上の初期蒸気養生だと 6 ヶ月を過ぎた時点でも基準値となる 0.1%以下の値を示し、初期養生を促進することによって ASR 膨張抑制効果が見られた。しかし今回の試験では、3 ヶ月の時点で全ての供試体が 0.050%以上の膨張し、十分な ASR 膨張抑制効果が見られないことが明らかとなった。

次に、初期養生の温度を 80℃とし、養生時間を変化させたときの長さ変化率を図 2 に示す。図 2 より 60℃の時と同様、12 時間以上の初期蒸気養生の場合、6 ヶ月を過ぎた時点でも基準値となる 0.1%以下の値を示し、初期養生を促進することによって ASR 膨張抑制効果が見られた。しかし、今回行った 10 時間以下の促進養生では、3 ヶ月で 0.050%以上の膨張を示しており、十分な ASR 膨張抑制効果が見られないことが明らかとなった。

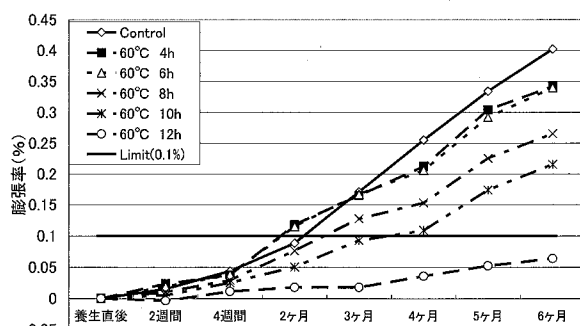


図1 長さ変化率

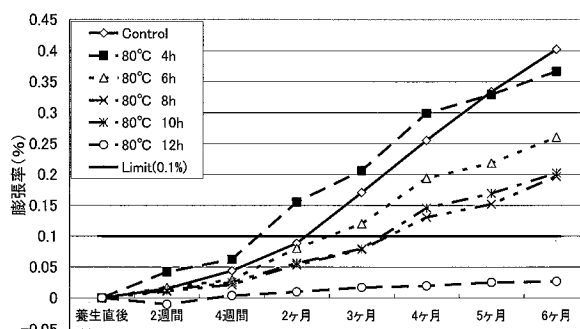


図2 長さ変化率

図 1, 図 2 を比較してみると, ASR 膨張を十分には抑制できなかったが, 初期養生温度が高い方が ASR 膨張を抑制する傾向があることが分かった。また, 初期養生時間が長ければ長いほど ASR 膨張を抑制する傾向があることがわかった。このことより, ASR 膨張抑制効果は, 初期蒸気養生の温度と時間が大きく関係すると思われる。

次に, ASR 膨張後の強度について検討するため, 曲げ試験と圧縮試験を行った。その結果, 初期蒸気養生温度が 80℃の方が, 60℃の強度値と比べ, 曲げ, 圧縮強度が高い結果となった。このことから, ASR 膨張によってモルタルは劣化し, 強度が低下することが確認できた。

3.2 ガラスパウダーによる ASR 抑制効果の検討

ガラスパウダーの混入率を変化させた場合の ASR 抑制効果について, 長さ変化率の結果を図 3 に示す (混入率 30%のデータは昨年の試験値を引用)。図 3 より, 混入率 5%以外の混入率において基準値となる 0.1%以下の値を示しており, 無害域であることが分かる。混入率 15%, 20%, 25%, 30%はほぼ同じ値を示しておりガラスパウダーを混入することによる ASR 抑制効果が明らかとなった。

次に ASR 膨張後の強度について検討するために, 曲げ試験と圧縮試験を行った。その結果, どの混入率も強度に大きなバラつきはなく, ASR 膨張抑制効果があったといえる。混入率 5%に関しては, ASR 膨張抑制効果は見られなかったが, 長さ変化率も 0.21%と比較的低かったため, 強度面に大きな影響がなかったと考えられる。

3.3 オパール石の ASR 反応特性

オパール石の混入率を変化させた場合の ASR 抑制効果について, 長さ変化率の結果を図 4 に示す。図 4 より, 混入率 5%のみが著しく膨張していることが分かる。その他 6 種類に関しては, 6 ヶ月を過ぎた時点でも基準値となる 0.1%以下の値を示し, オパール石のペシマム混入率が 5%付近であることが明らかとなった。

次に, ASR 膨張後の強度について検討するため, 曲げ試験と圧縮試験を行った。その結果, 膨張率の高かった混入率 5%が曲げ強度, 圧縮強度ともに他に比べて低いことがわかった。このことから, 初期養生の条件を変化させた場合の比較と同様, ASR 膨張により, モルタルは劣化し, 強度が低下する傾向があることがわかった。

4. まとめ

これらの試験結果から, 廃ガラスを骨材として利用するには, 初期蒸気養生にあたって, 高温かつ十分な養生時間により ASR 膨張抑制の傾向があることが明らかとなった。また, ガラスパウダーを混和材として使用し混入率 10%以上にすることにより, ASR 膨張抑制効果があることが確認できた。そして, オパール石の ASR 反応性にあたっては, ペシマム混入率が 5%付近であることが明らかとなった。

今後の検討課題として, 初期蒸気養生の条件について, さらに詳細な検討が必要であると考えられる。具体的には, 蒸気養生温度の 60℃, 80℃の場合の 10 時間以上の養生時間, あるいは蒸気養生温度 100℃, オートクレーブ養生の場合について検討する必要がある。また, オパール石のペシマム混入率を 5%付近でさらに細かく検討する必要があると考えられる。さらには, オパール石のペシマム混入率を用いて, ASR 膨張抑制効果について検討することも必要であると考えられる。

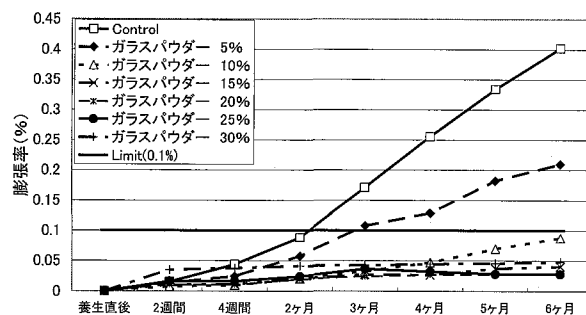


図3 長さ変化率

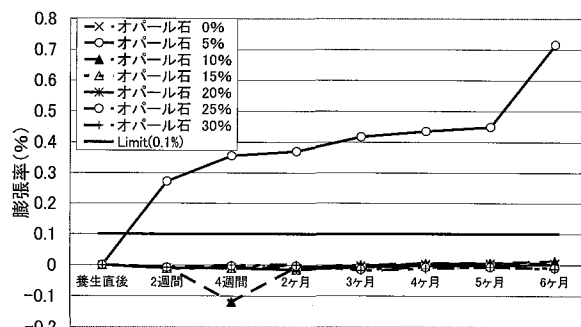


図4 長さ変化率