

高炉スラグ細骨材を用いた耐硫酸性コンクリートに関する研究

岡山大学大学院 学生会員 ○西野 隆
岡山大学大学院 学生会員 嶋田 典浩
岡山大学大学院 正 会 員 藤井 隆史
岡山大学大学院 正 会 員 綾野 克紀

1. はじめに

コンクリート構造物は、その置かれた環境によっては種々の化学物質の腐食により早期に劣化が進行し健全な機能を失うことがある¹⁾。特に下水道施設のコンクリート構造物の化学的腐食は重要な問題として取り上げられている。この化学的腐食は、主に下水道施設内の硫化水素が結露した硫酸により起因するものである。そこで、コンクリートの耐硫酸性およびその他の性状の向上を図るために、結合材および骨材がコンクリートの耐硫酸性およびその他の性状に及ぼす影響について検討したものである。また、結合材に高炉スラグ微粉末および細骨材に高炉スラグ細骨材を用いることで環境負荷低減となる材料の開発を目指す。

2. 実験概要

結合材には、普通ポルトランドセメント(密度: 3.15g/cm^3 , ブレーン値: $3,300\text{cm}^2/\text{g}$)および高炉スラグ微粉末(密度: 2.89g/cm^3 , ブレーン値: $4,150\text{cm}^2/\text{g}$)を用いた。細骨材には、高炉スラグ細骨材(密度: 2.77g/cm^3 , 吸水率: 0.72% , 粗粒率: 2.15) および川砂(密度: 2.61g/cm^3 , 吸水率: 1.96% , 粗粒率: 2.96)を用いた。粗骨材には、砂岩碎石(密度: 2.75g/cm^3 , 吸水率: 0.54% , 単位容積質量: $1,640\text{kg/m}^3$) および安山岩系反応性碎石(密度: 2.60g/cm^3 , 吸水率: 2.12%)を用いた。混和剤には、ポリカルボン酸系高性能減水剤および AE 剤を用いた。

耐硫酸性試験では、供試体を、質量パーセント濃度で 5% および 10% の硫酸に浸漬させ、7 日毎に水で洗浄し、劣化した箇所を除去した後、質量を測定した。また、浸漬開始後から所定の期間でコンクリートカッターを用い、コンクリートの中央部を切断し、フェノールフタレイン溶液を噴霧し、侵食深さを測定した。乾燥収縮ひずみの測定は、温度が $20^\circ\text{C} \pm 0.5^\circ\text{C}$ で、相対湿度が $65\% \pm 5\%$ の条件で行った。乾燥開始時材齢は 1 日である。凍結融解試験は、JIS A 1148:2001(A 法)に従って行った。アルカリ骨材反応試験は、JCI AAR-3:1987 に準拠して行った。ただし、アルカリ添加量は酸化ナトリウム当量で 4.8Kg/m^3 である。

3. 実験結果および考察

図 1 は、質量パーセント濃度で 5% の硫酸による蒸気養生を行ったコンクリートの質量変化を示したものである。結合材に普通セメントおよび高炉スラグ微粉末を質量比で $4:6$ の割合で混合したものを用い、細骨材に高炉スラグ細骨材のみを用いた耐硫酸性水和固化体は、質量変化が少ないことが分かる。図 2 は、硫酸への浸漬期間と硫酸濃度の積と、標準養生を行ったコンクリートの硫酸侵食深さの関係を示したものである。浸漬期間と硫酸濃度の積と侵食深さの間には、線形関係が成り立つことが分かる。これより、コンクリートの侵食深さを浸漬期間および硫酸濃度から予測することが可能であることが分かる。また、この図より、耐硫酸性水和固化体は、普通コンクリートに比べ、およそ 6 倍の耐硫酸性を有していることが分かる。図 3 は、蒸気養生を行ったコンクリートの乾燥収縮ひずみを示したものである。蒸気養生を行うことで、耐硫酸性水和固化体の乾燥収縮ひずみは小さくなることが分かる。図 4 は、標準養生を行ったコンクリートの 28 日圧縮強度を示したものである。耐硫酸性水和固化体の結合材水比を大きくする、すなわち、水結合材比を小さくすることで、普通コンクリートと同程度の圧縮強度を発現させることが可能である。図 5 は、耐硫酸性水和固化体の凍結融解抵抗性試験の結果を示したものである。耐硫酸性水和固化体は AE 剤を用いなくても十分な耐凍害性を有していることが分かる。図 6 は、アルカリ骨材反応によるコンクリートの長さ変化率を示したものである。耐硫酸性水和固化体は、アルカリ骨材反応を生じる粗骨材を用いてもアルカリ骨材反応による有害なコンクリートの膨張が生じないことが分かる。

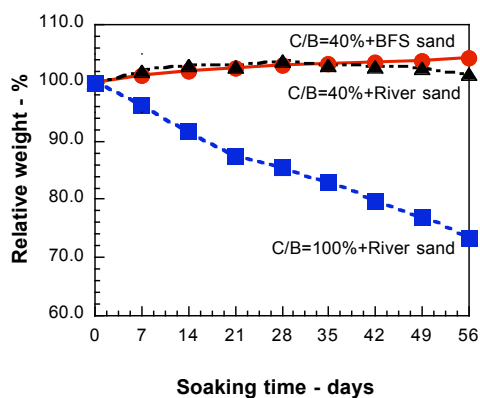


図 1 コンクリートの質量変化

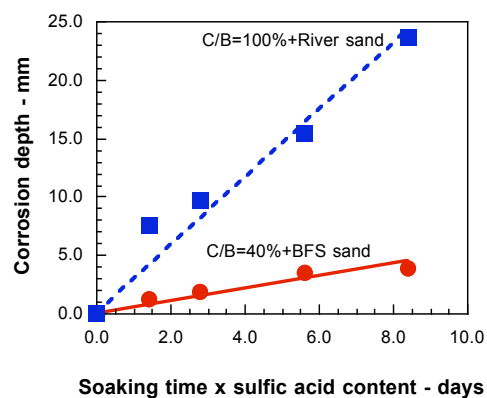


図 2 侵食深さと浸漬期間と硫酸濃度の積の関係

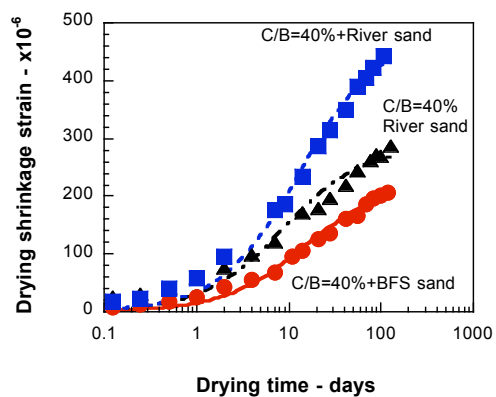


図 3 種々の配合を用いたコンクリートの乾燥収縮ひずみ

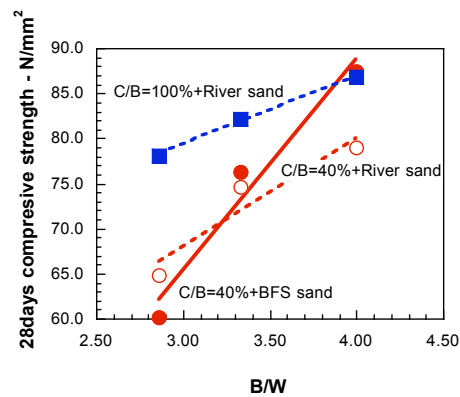


図 4 結合材水比と圧縮強度の関係

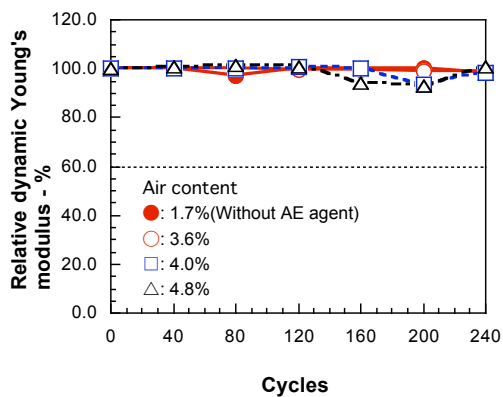


図 5 耐硫酸性水和固化体の相対動弾性係数

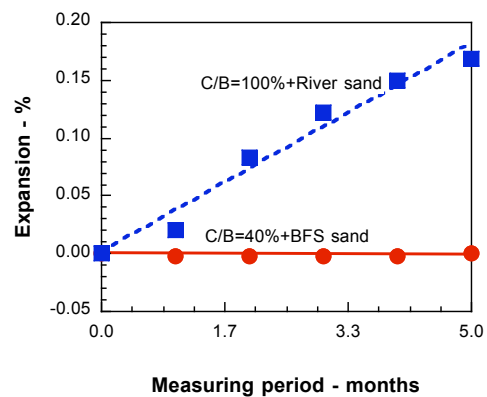


図 6 アルカリ骨材反応性試験結果

4. まとめ

浸漬期間と硫酸濃度の積と、コンクリートの侵食深さの間には、線形関係が成り立つ。これより、浸漬期間および硫酸濃度からコンクリートの侵食深さを予測することが可能である。また、耐硫酸性水和固化体は、普通コンクリートに比べ、およそ 6 倍もの耐硫酸性があることが分かった。さらに、耐硫酸性水和固化体は、乾燥収縮ひずみ、圧縮強度、耐凍害性およびアルカリ骨材反応において、コンクリートとして十分な性能をもつ優れた材料であることが分かった。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリートの化学的侵食・溶脱に関する研究の現状，土木学会コンクリート技術シリーズ，土木学会，2003