

高炉スラグ細骨材によるコンクリートの耐凍害性改善に関する研究

岡山大学大学院	学生会員	○森	雅聡
ランデス(株)	正会員	Paweena	JARIYATHITIPONG
岡山大学大学院	正会員	藤井	隆史
岡山大学大学院	フェロー会員	綾野	克紀

1. はじめに

寒冷地における沿岸部や、凍結防止剤として塩を撒く地域など、塩害が発生する地域では、凍結融解作用による劣化が促進されるため、構造物の凍害による劣化が問題となっている。本研究では、細骨材に高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートは、硬質砂岩砕砂を用いたコンクリートに比べ、凍結融解抵抗性が向上することを示した。また、そのメカニズムを、凍結融解試験後のコンクリート断面の観察結果から検討を行った。

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 ，ブレン値： $3,350\text{cm}^2/\text{g}$ ）を用いた。細骨材には、硬質砂岩砕砂（表乾密度： 2.65g/cm^3 ，吸水率：1.70%）および高炉スラグ細骨材（表乾密度： 2.69g/cm^3 ，吸水率：0.61%）を用いた。粗骨材には、硬質砂岩砕石（最大寸法：20mm，表乾密度： 2.74g/cm^3 ，吸水率：0.49%）を用いた。混和剤には、高性能減水剤を用いた。コンクリートの水セメント比を50%とし、単位水量は、 175kg/m^3 で一定とした。凍結融解試験は、JIS A 1148: 2010 に規定される水中凍結融解方法（A 法）に準拠して行った。コンクリート断面のひび割れ観察には、凍結融解試験終了後の供試体から切り出した試験片を用いた。試験片表面に蛍光塗料を含浸させた後、表面を研磨し、デジタルカメラで記録した。また、一辺が1cmのモルタル小片を用いた凍結融解試験を行った。試験は、グリセリン水溶液中で1週間、2週間および4週間凍結後、蒸留水を用いて凍結融解試験を行った。グリセリン水溶液は、濃度が0%、25%、および50%のものを用いた。容器に凍結水と試験片を浸漬させ、 -17°C の冷凍庫に16時間静置後、 20°C の恒温槽に8時間置く行程を1サイクルとして試験を実施した。融解行程終了時にモルタル小片を取り出し、崩れ落ちた部分を除いて質量を計った。

3. 実験結果および考察

図1は、高炉スラグ細骨材が凍結融解抵抗性に及ぼす影響を調べた結果である。細骨材に高炉スラグ細骨材を用いると、細骨材に砂岩砕砂を用いた場合に比べ、凍結融解抵抗性が向上していることが分かる。写真1は、砂岩砕砂を用いたコンクリートの凍結融解試験終了後の断面を示したものである。骨材界面に多くひび割れが生じており、骨材界面に入り込んだ水が凍結し、膨張することで、ペースト部分にひび割れを生じさせたと考えられる。一方、写真2は、高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの凍結融解試験終了後の断面を示したものである。骨材界面に隙間が生じておらず、ペースト部のひび割れもないことが分かる。図2は、モルタル小片を、濃度の異なるグリセリン水溶液に、 -17°C の冷凍庫内で2週間浸漬させた後、蒸留水を用いて凍結融解試験を行った結果である。濃度が高いグリセリン水溶液にあらかじめ浸漬させたものほど、早期に劣化していることが分かる。水酸化カルシウムの水への溶解度は、温度が下がるほど大きくなる。濃度が50%のグリセリン水溶液は、 -17°C でも凍結することはない、25%のグリセリン水溶液でもシャーベット状になる程度で凍結することはなかった。濃度が高いグリセリン水溶液ほど、低温で液体の状態が続くため、より骨材界面に析出した水酸化カルシウムが溶け出しやすくなると考えられる。骨材界面に集積した水酸化カルシウムが溶け出すことで隙間が生じ、隙間に入り込んだ水が凍結し膨張することにより、ひび割れが生じて、劣化に至ったと考えられる。図3および図4は、それぞれ、細骨材に砂岩砕砂および高炉スラグ細骨材を用いたモルタル小片を、濃度が50%のグリセリン水溶液中に1週間、2週間および4週間浸漬した後に、蒸留水で凍結融解試験を行った結果である。砂岩砕砂を用いたモルタルは、長期間グリセリン水溶液

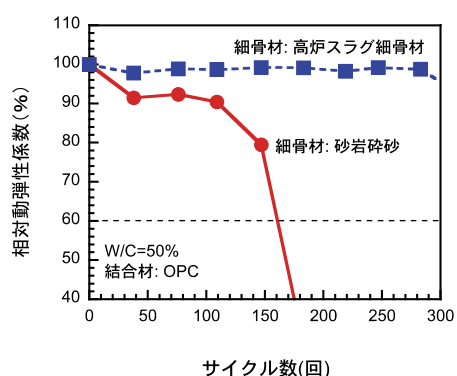


図1 高炉スラグ細骨材の凍結融解抵抗性への影響

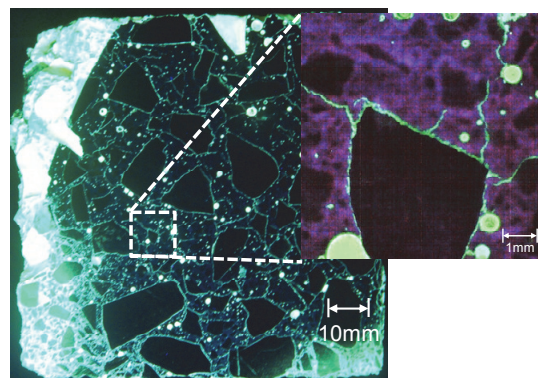


写真1 普通コンクリートの試験後の断面写真

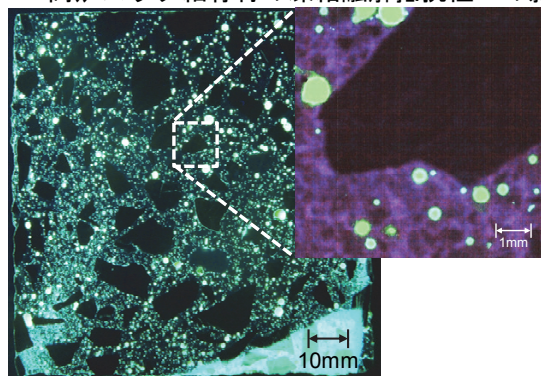


写真2 高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの試験後の断面写真

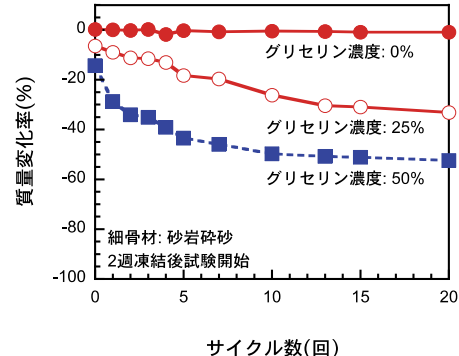


図2 凝結温度の異なるグリセリン水溶液に浸漬させたモルタルの凍結融解抵抗性への影響

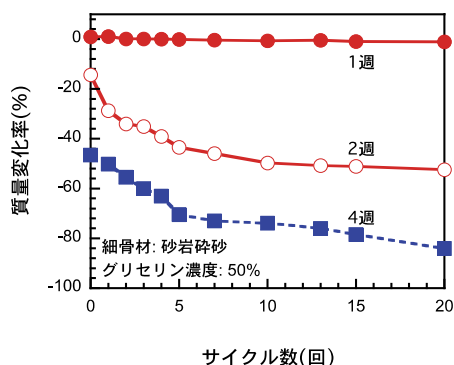


図3 砂岩砕砂を用いたモルタルの凍結融解抵抗性にグリセリン水溶液の浸漬期間が与える影響

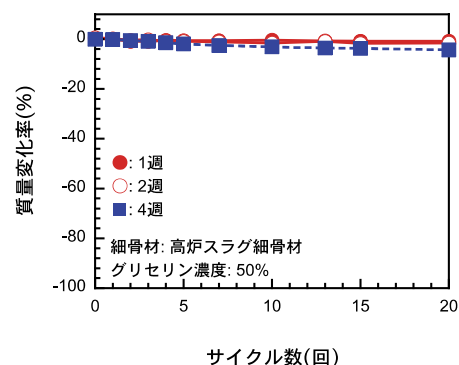


図4 高炉スラグ細骨材を用いたモルタルの凍結融解抵抗性にグリセリン水溶液の浸漬期間が与える影響

に浸漬させたものほど、骨材界面の水酸化カルシウムが多く溶出するため、劣化が速くなると考えられる。それに対して、高炉スラグ細骨材を用いたものは、骨材界面の水酸化カルシウムが少なくなるため、水酸化カルシウムが溶け出すことで生じる骨材界面の隙間が少なくなり、凍結融解抵抗性が向上すると考えられる。

4. まとめ

高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートでは、凍結融解抵抗性が向上することが分かった。一般的なコンクリートでは、骨材界面の水酸化カルシウムが低温環境下で水に溶出することで生じる隙間に、水が入り込み、凍結することで膨張し、セメントペースト部分にひび割れが生じ、耐力が低下すると考えられる。一方、高炉スラグ細骨材を用いると、骨材界面の水酸化カルシウムが少なくなるため、凍結融解に対する抵抗性が向上すると推察される。

参考文献

- 1) 小山田哲也, 羽原俊祐, 高橋拓真, 高橋俊介: スケーリング劣化を考慮した新しい凍結融解試験法の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp.935-940, 2011.6