

ソルトスケーリング抵抗性におよぼす高炉スラグ細骨材の影響

岩手大学 学生会員 ○菅原 哲也
岩手大学 正会員 羽原 俊祐
岩手大学 正会員 小山田 哲也

1. はじめに

耐凍結融解抵抗性の向上技術として、細骨材をすべて高炉スラグ細骨材に置き換えたコンクリートが優れた耐久性を示すこと¹⁾が報告されている。本研究では、凍結防止剤使用環境下におけるソルトスケーリング抵抗性の向上を目的に、小片試験法²⁾を用い、高炉スラグ細骨材を普通骨材の一部または全部を置き換えた場合のスケーリング抵抗性への影響及びスラグの種類や再結晶化スラグの影響について検討した。

2. 実験概要

ガラス化率の高い高炉スラグ細骨材を使用した。他に 950℃2 時間加熱し結晶化したスラグ及び、わずかに結晶化が見られる別の製鉄所の高炉スラグ細骨材を使用した。スラグ細骨材は 1.2mm 篩下のものを使用した。比較の標準細骨材として角閃岩質碎石を使用した。高炉スラグ細骨材の置換量は 0, 25, 50, 75, および 100%とした。セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、モルタルの水：セメント：細骨材比は 0.4：1：2 とした。ソルトスケーリング抵抗性は、モルタル供試体（4x4x16cm）から切り出した小片（8mm 角）を使用し、小片試験法により試験を実施した。なお、溶液は、3%NaCl 溶液を使用した。

3. 実験結果および考察

スケーリングは硬化体表面から進行し、骨材とペーストとの界面を通して劣化が進行する³⁾ので、小片試験法の結果は、ASTM C632 などのスケーリング試験の結果とある程度の整合性がある⁴⁾。凍結融解サイクル後の 2.5mm 篩上の質量残存率の結果を図 1 に示す。通常細骨材では、凍結融解サイクルが 10 回で質量残存率は 0 となり、小片モルタルはほぼ崩壊するが、スラグ骨材の混入量が増えるにつれ、質量残存率は高くなる。高炉スラグ骨材の置換量が 50%以上になると、10 回での質量残存率は 60%を上回る。目視観察結果を図 2 に示す。凍結融解サイクル 1 回では、スケーリング劣化の変状は見られないが、通常細骨材や 25%高炉スラグ細骨材置換の場合には、サイクル 3 回で小片の隅角部が壊れ、崩壊した微粒分が認められる。50%では 5 回から、75%では 7 回、100%では 10 回が、高炉スラグ細骨材無置換の 3 回の場合と同じ状況になる。凍結融解サイクル 10 回では、無置換及び 25%置換の場合、小片モルタルはほぼ全壊した状態になるが、50%では、残っている小片の割合が大きい。75%では、小片の隅角部が壊れているものもあるが、ほぼ原形をとどめ、100%ではほぼ原形を保っている。これらの結果から、高炉スラグ細骨材の混入量が増加するに応じて、硬化体のスケーリング抵抗性が向上することが判明した。このメカニズムについて考察するため、高炉スラグを 950℃ 2 時間加熱処理して完全に結晶化した熱処理高炉スラグ細骨材、および一部結晶化している製鉄所のことなる高炉スラグ細骨材を用いて、小片試験を実施した。図 3 は、高炉スラグ細骨材、製鉄所のことなる高炉スラグ細骨材及び熱処理高炉スラグ細骨材の XRD（X線回折）結果である。高炉スラグ細骨材はほぼガラスであるため、32° を中心としたブロードなハローが見られるが、結晶の回折ピークは認められない。しかし、熱処理高炉スラグ細骨材では、32° 近くにスラグの組成に近いメリライトの回折ピークが認められる。製鉄所の異なる高炉スラグ細骨材では、わずかにメリライトの主ピークが認められ、結晶化していることがわかり、その量は 1-5%と少量である。これらを用いて小片試験を実施した結果を図 4 に示す。ガラス化率の高い高炉スラグ細骨材を使用した場合には劣化が小さく、また、結晶化にともなうガラス化率の低下に従い、凍結融解抵抗性は低下する結果となった。少量の結晶化でも劣化の程度は大きく、完全に結晶化しても通常骨材と比べて高い凍結融解抵抗性を持つことが判明した。

キーワード 凍結融解抵抗性、高炉スラグ細骨材、ソルトスケーリング、高炉スラグ、ガラス化率

連絡先 〒020-8551 岩手県盛岡市上田 4-3-5 岩手大学工学部社会環境工学科 TEL 019-621-6303

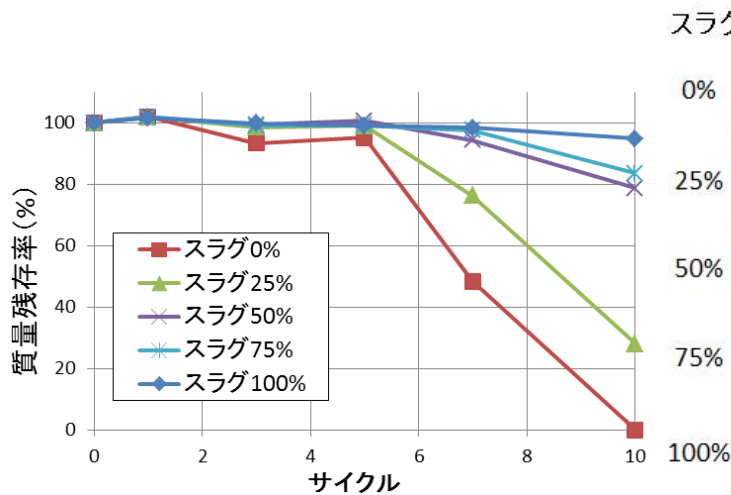


図1 小片凍結試験による質量残存率

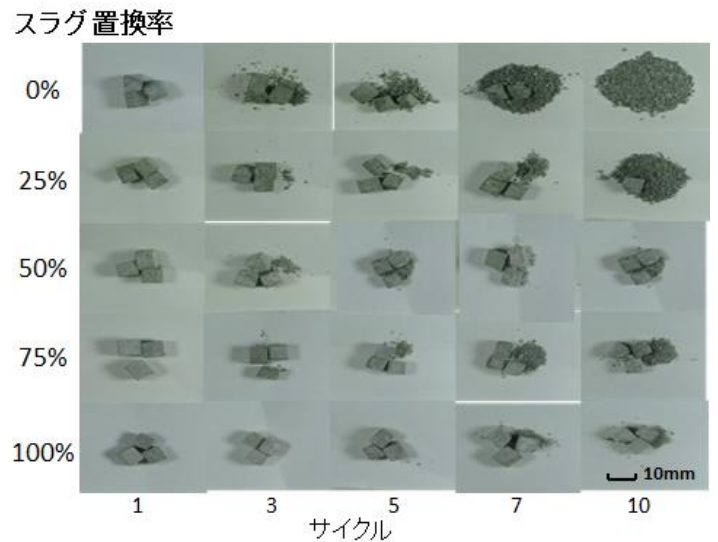


図2 小片凍結試験による各サイクルにおける硬化体の変状

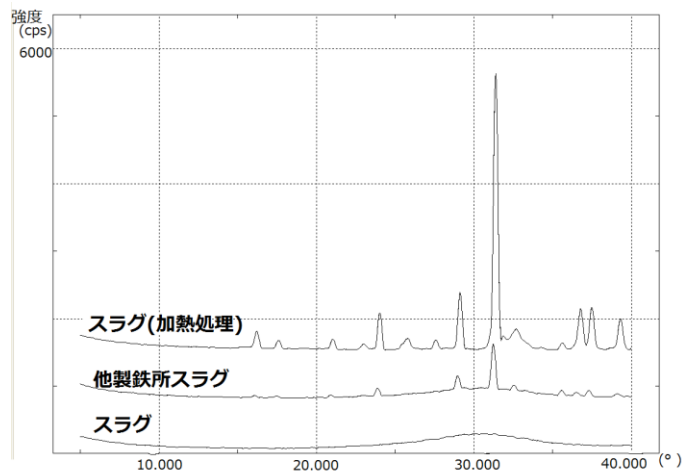


図3 各種高炉スラグ細骨材のXRDプロファイル

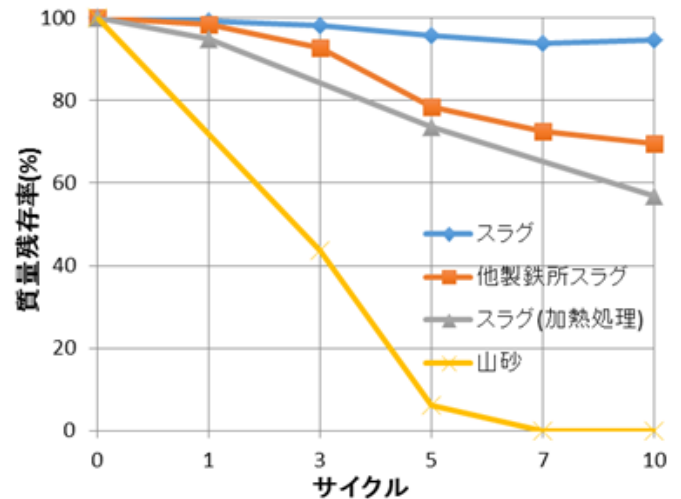


図4 ガラス化率の異なる高炉スラグ細骨材の小片試験結果

4. まとめ

通常の細骨材を高炉スラグ細骨材に置換した場合、高炉スラグ細骨材の混入量が増加するに応じて、硬化体のスケーリング抵抗性が向上する。また、高炉スラグ骨材のガラス化率との関係では、ガラス化率の高いほど劣化が小さく、結晶化にともなうガラス化率の低下に従い、凍結融解抵抗性は低下する。

謝辞：本研究の実施にあたっては、JFEスチール（株）スチール研究所 高橋克則博士の多大なご協力がありましたこと、深く感謝いたします。本研究の一部は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の「SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」（管理法人：NEDO）によって実施されたものであり、ここに、謝意を表する。

参考文献

- 綾野克紀, 藤井隆史: 高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの凍結融解抵抗性に関する研究, 土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造), Vol. 70, No. 4, pp.417-427, 2014. 12
- 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
- 羽原俊祐, 小山田哲也, 菅野華果, 中村大樹: コンクリートのスケーリング劣化に及ぼす凍結防止剤の影響, セメント・コンクリート論文集, No. 67, pp. 95-101, 2013. 12
- 菅野華果, 羽原俊祐, 小山田哲也, 越後貴司, 既存スケーリング試験方法に対する小片凍結融解試験方法の整合性, セメント・コンクリート論文集, No. 68, pp. 419-425, 2014. 12