

V-41

電気炉酸化スラグ細骨材を使用したコンクリートの凍結融解抵抗性に関する研究

八戸工業大学 ○学生員 小野 朝陽

八戸工業大学 正会員 庄谷 征美

八戸工業大学 正会員 阿波 稔

1. まえがき

近年、天然骨材の枯渇化および採取規制が年々厳しさを増してきており、地域によってはその入手が非常に困難な状況になってきている。一方で、産業副産物をソースとした人工骨材の研究開発が積極的に進められ、フェロニッケルスラグ細骨材、銅スラグ細骨材などが JIS コンクリート用スラグ骨材として統合規格化された。しかし、これまでの研究により、これらスラグ細骨材を凍害環境下のコンクリートに使用した場合、配合の条件などによっては過度なブリーディングが発生し、適切な空気泡の連行のみでは十分な凍結融解抵抗性が得られないことが確認されている。そこで本研究では、最近、使用可能性が確認された粗鋼を生産する際に副産される電気炉酸化スラグに着目し、それを細骨材として使用したコンクリートの耐凍害性について実験的に検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

本実験で使用したセメントは普通ポルトランドセメント（密度 3.16 g/cm^3 ）である。細骨材は密度の異なる電気炉酸化スラグ 2 種類（スラグ N 細骨材とスラグ H 細骨材）および比較用・混合用として天然砂（山砂と川砂の混合砂）、粗骨材は最大寸法 20mm の硬質砂岩碎石を使用した。表-1 にこれら使用骨材の品質を示す。

表-1 使用骨材の品質

骨材種類		表乾密度 (g/cm^3)	吸水率 (%)	粗粒率
細骨材	スラグN細骨材	3.71	0.35	2.73
	スラグH細骨材	3.88	1.28	2.97
	山砂・川砂の混合砂	2.6	1.72	2.63
粗骨材	硬質砂岩碎石	2.65	0.71	6.53

表-2 配合一覧表

W/C	Air	細骨材混合率				コントロール
		スラグN細骨材		スラグH細骨材		
		20%	50%	20%	50%	
45	5	○	○	○	○	○
	3	○				○
55	5	○	○	○		○
	7		○	○	○	○
60	5	○				○
	7	○	○	○	○	○

※目標スランプ 8 cm

表-2 に、コンクリートの配合を示す。水セメント比、空気量、細骨材混合率を変化させた 22 配合とした。なお、スラグ細骨材は天然砂等と混合して使用することが推奨されていることから今回の実験では 20% および 50% 混合使用のケースを設定した。

2.2 実験方法

ブリーディング試験は、JIS A 1123（ $\phi 25 \text{ cm} \times 28.5 \text{ cm}$ ）に準拠し練り混ぜ直後からブリーディングを測定した。凍結融解試験は、JIS A 1148 A 法（水中凍結水中融解）に準拠して行った。相対動弾性係数の測定は 30 サイクル毎に 300 サイクルまで行い、耐久性指数を算出した。硬化コンクリートの気泡組織の測定は、ASTM C 457 のリニアトラバース法にて実施した。

3. 実験結果および考察

図-1 に、耐久性指数と水セメント比との関係を示す。この図より水セメント比が小さくなると凍結融解抵抗性が向上し、これまで JIS 化されてきているスラグ細骨材を用いたコンクリートと同様な傾向が観察された。これは、空気量 5% を確保し、水セメント比を低下させることにより、緻密なコンクリート組織が形成され、凍結融解抵抗性が向上したと考えられる。本実験では、水セメント比の最大値を 60% に設定しているが、この場合においても適切な空気連行を行うことにより、耐凍害性を満足することが確認された。

図-2 に、耐久性指数と硬化後の空気量との関係を示す。空気量が多くなると耐久性指数は増大し、JIS で規格化されているスラグ骨材と同様の傾向にあることが分かる。しかし、空気量を 3% としたコンクリー

トのケースでは、耐久指数 60 を下回っている。

コンクリート標準示方書では、凍結融解作用を繰り返し受けるコンクリートの空気量について 4～7%を推奨している。本実験ではコンクリートの空気量を 3～7%に設定しているが、4%以上確保することにより耐久指数 60 以上となる結果が得られた。このことから、電気炉酸化スラグ細骨材を 20～50%混合使用したコンクリートの凍結融解抵抗性を得るための空気量の選定は、コンクリート標準示方書に適合するものと考えられる。

図-3 に、耐久指数と気泡間隔係数との関係を示す。この図より、気泡間隔係数が小さくなると、凍結融解抵抗性は向上する傾向が見られた。スラグ細骨材を 20%混合使用したコンクリートについては、気泡間隔係数が天然砂を使用したコンクリートとほぼ同じレベルである。しかしながら、スラグ細骨材を 50%混合使用したコンクリートは、気泡間隔係数を 250 μm 程度確保しても、スラグ細骨材を 20%混合使用したコンクリートに比べ凍結融解抵抗性は低下する傾向にある。

図-4 に、耐久指数とブリーディング量との関係を示す。この図に見られるようにブリーディング量が多くなると、耐久指数は低下する傾向が観察された。これはブリーディング量の増加に伴うコンクリート表層部の水密性の低下によるものと考えられる。空気量を 3%としたケースを除き、いずれも耐久指数 60 を満足する結果が得られているが、密度が大きなスラグ H 細骨材を用いたコンクリートの耐凍害性を考える場合、ブリーディング量の増加による影響も考慮する必要があると考えられる。

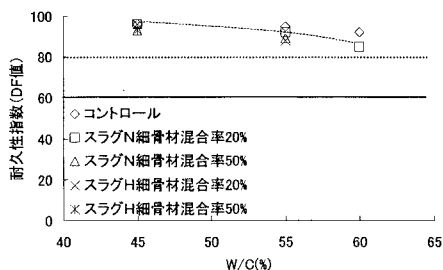


図-1 耐久指数と水セメント比の関係
(Air5%)

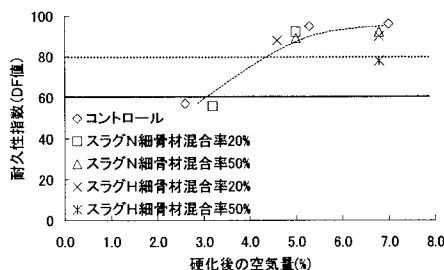


図-2 耐久指数と空気量の関係

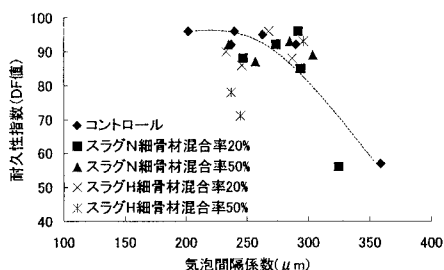


図-3 耐久指数と気泡間隔係数の関係

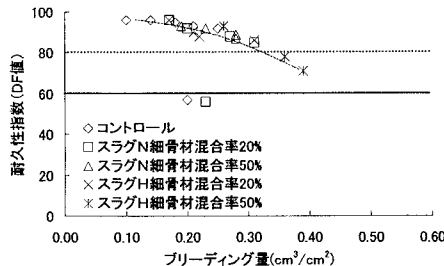


図-4 耐久指数とブリーディング量の関係

4.まとめ

密度の異なるスラグ N 細骨材およびスラグ H 細骨材を混合率 20%の割合で使用したコンクリートの耐凍害性は、普通コンクリートと同等であることが確認された。また、スラグ細骨材を混合率 50%の割合で使用したコンクリートは、適切な配合により耐久指数 60 を満足する結果が確認された。しかし、スラグ細骨材の混合率の増加に伴いブリーディング量が増加し、耐凍害性を低下させる傾向があることから、凍害環境下のコンクリートに電気炉酸化スラグ細骨材を使用する場合、従来の水セメント比、空気量の制限に加え、ブリーディングの影響も考慮する必要があると考えられる。