

溶融スラグ骨材を用いたコンクリートの品質に関する研究

八戸工業大学大学院 学生員 ○菊池 圭一
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、資源のリサイクル、積極的な有効利用と言った気運の高まりから、産業副産物あるいは一般廃棄物をコンクリート用材料として利用するための開発研究が鋭意進められている。最近では、一般家庭等から排出される生ゴミや紙、石油化学製品、ガラスなどの都市型廃棄物の焼却灰を溶融、固化することによって減量および無害化し、スラグ化するための技術開発が積極的に進められ、2006年7月「一般廃棄物、下水汚泥又はそれらの焼却灰を溶融固化したコンクリート用骨材」がJIS A 5031として公表された。しかしながら、産業廃棄物を原料とした溶融スラグ骨材については、所定の品質が得られる安定性とコンクリートの耐久性を確保できる十分なデータが得られていなかったため、時期尚早との判断からJIS化への適用が見送られた。一方で今後、良質なコンクリート用骨材の入手が次第に困難になりつつある情勢を考慮すると、これらの人工骨材などをコンクリート構造物の施工に使用する機会は今後益々増加するものと予想される。

以上のような背景のもと本研究は、コンクリート用粗骨材として廃棄物溶融スラグ、細骨材としてフェロニッケルスラグを使用したコンクリートの耐凍害性とその改善策について検討することを目的としたものである。

2. 実験概要

(1) 廃棄物溶融スラグの製造方法

本実験で使用した廃棄物溶融スラグは、一般廃棄物焼却灰4割と産業廃棄物（燃え殻、污泥、動物性残渣、金属くず、ガラスくず陶磁器くず、鋳さい、ばいじん）6割を乾燥キルンで乾燥させ、コークスおよびホタテ貝殻を原料として加え、電気溶融炉約1500℃で還元溶融を行った。さらに、溶融時に密度の大きい溶融メタル層（重金属類）を別途に取り出し、純度の高い溶融スラグ層からスラグを製造した。その後、溶融状態のスラグを鑄造機で徐冷し、破碎・粒度調整を行いコンクリート用粗骨材とした。

(2) 使用材料および配合

セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。本研究では、細骨材としてフェロニッケルスラグ（表乾密度：2.93g/cm³、吸水率：1.93%、FNS2.5）粗骨材として廃棄物溶融スラグ（表乾密度：2.84g/cm³、吸水率：2.45%）、比較用に石灰岩砕砂（表乾密度：2.69g/cm³、吸水率：0.27%）および碎石（表乾密度：2.71g/cm³、吸水率：0.97%）を使用した。コンクリートの配合は、水セメント比 55%、目標空気量 5.0%、目標空気量 8cmと一定とし、表-1に示す骨材の組み合わせを変化させた4ケースを基本配合として、AE減水剤の使用により単位水量を5kg/m³低減したケースおよび石灰石微粉末（比表面積：6000cm²/g）を細骨材に容積置換した（置換率5%、15%）ケースの合計16配合とした。

表-1 コンクリートの示方配合【基本配合(Control)】

配合	W/C (%)	目標空気量 (%)	目標スランブ (cm)	s/a (%)	単位量 (Kg/m ³)				AE剤 C* %
					水	セメント	細骨材	粗骨材	
石灰岩砕砂+石灰岩碎石	55	5.0 ± 0.5	8.0 ± 1	41	161	293	768	1113	0.020
FNS+石灰岩碎石				41	159	289	840	1119	0.017
石灰岩砕砂+WMS				40	162	295	748	1184	0.020
FNS+WMS				43	159	289	881	1132	0.018

(3) 実験方法

一般的に、密度の大きな溶融スラグ骨材を使用した場合、フレッシュコンクリートのブリーディング性状に大きな影響を及ぼすことが知られている。そこで、本研究ではJIS A 1123に従いコンクリートのブリーディング試験を行った。また、コンクリートの凍結融解試験を、JIS A 1148 A 法（水中凍結水中融解方法）に準拠し実施した。

3. 実験結果および考察

(1) ブリーディング試験結果

図-1 はコンクリートのブリーディング試験結果を示したものである。この図より、フェロニッケルスラグおよび廃棄物溶融スラグを使用したコンクリートのブリーディング量は、石灰岩砕砂、碎石を使用したコンクリートと比較して、大きくなる傾向にある。特に、FNS細骨材と石灰岩碎石を組合せたコンクリートでは、発生した最終ブリーディング量は $0.5\text{cm}^3/\text{cm}^2$ 程度と著しく増加した。これは、使用したFNS細骨材の密度が石灰岩砕砂と比べて大きいことから、フレッシュコンクリート中での骨材粒子の沈降に伴い圧密などの影響を受けたためと考えられる。また、AE減水剤の使用による単位水量の低減および石灰石微粉末の置換により、何れの場合の場合も基本配合 (Control) と比較してブリーディングの抑制効果が確認された。特に、石灰石微粉末を 15% 置換したコンクリートでは、60 ~ 70% のブリーディング量の減少が確認された。

(2) 凍結融解試験結果

図-2 はコンクリートの凍結融解試験結果を示したものである。この図より廃棄物溶融スラグ粗骨材を用いたコンクリートは、凍結融解抵抗性が大きく劣る結果となった。原因として、WMS 粗骨材の吸水率が比較的大きく骨材自身が劣化の基点となったことや、比較的多くのブリーディング発生により凍結融解抵抗が低下したものと考えられる。

一方、AE減水剤を使用し単位水量を $5\text{kg}/\text{m}^3$ 低減したコンクリートでは、凍結融解抵抗性の大きな改善効果は確認されなかった。しかし、石灰石微粉末を細骨材に容積置換したコンクリートは、ブリーディングの抑制に伴い凍結融解抵抗性も改善される傾向にある。これは、コンクリートのブリーディングの抑制による初期欠陥の低減に加えて、微粉末効果より密実なコンクリート組織が形成されたためと考えられる。以上の結果より、FNS細骨材およびWMS粗骨材を単身で使用したコンクリートであっても、微粉末材料を適切に利用することにより凍結融解抵抗性の改善が期待できるものと考えられる。

4. まとめ

フェロニッケルスラグおよび廃棄物溶融スラグを使用したコンクリートは、発生するブリーディング量が多く、凍結融解抵抗性にも劣る傾向にある。しかし、FNS 細骨材および WMS 粗骨材を単身で使用したコンクリートであっても、微粉末材料を適切に利用することにより凍結融解抵抗性の改善が期待できるものと考えられる。

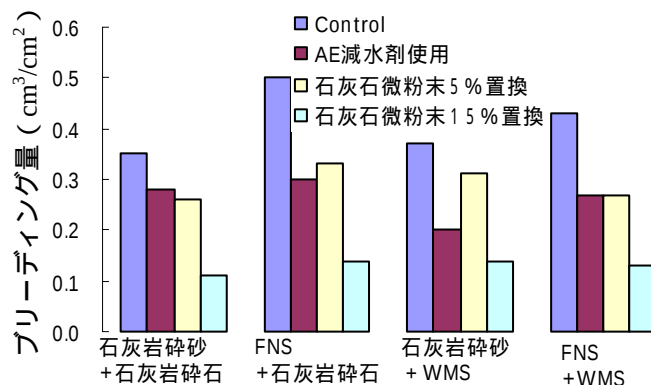
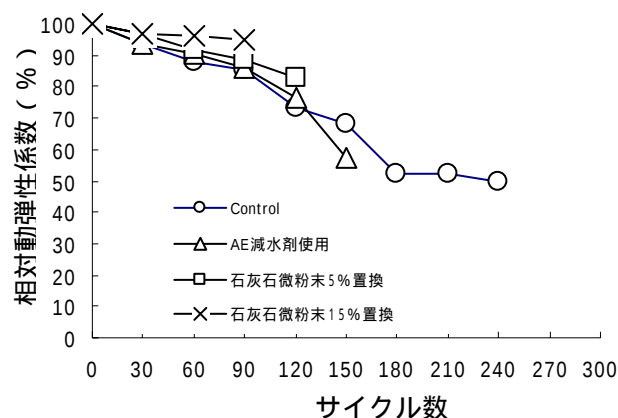
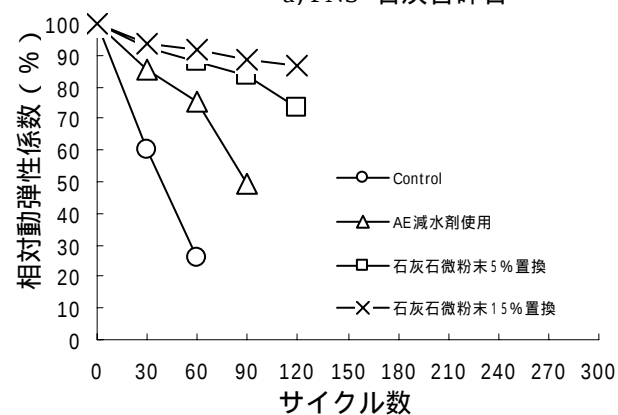


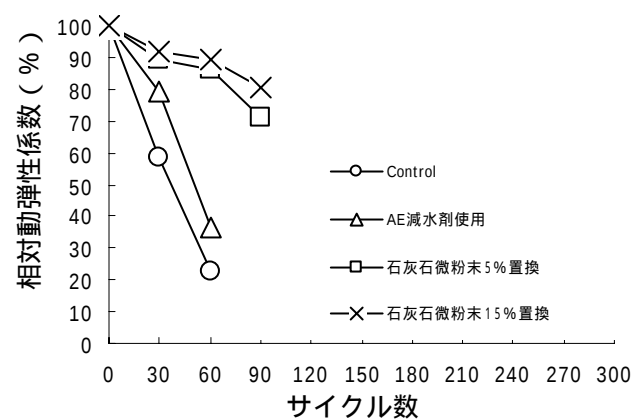
図-1 ブリーディング試験結果



a) FNS+石灰岩碎石



b) 石灰岩砕砂+WMS



c) FNS+WMS

図-2 凍結融解試験結果