

キュポラスラグのセメント代替材料の適用性に関する検討

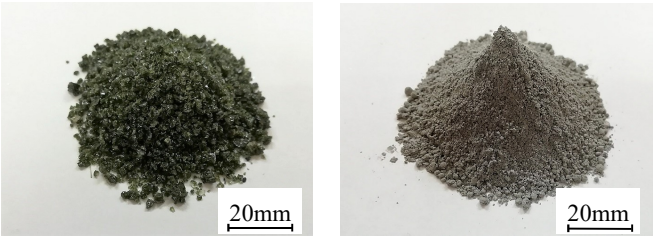
大有建設株式会社 正会員 ○土屋 天斗
大有建設株式会社 非会員 吉見 昌男
アイシン高丘株式会社 非会員 八幡 一義

1. はじめに

鑄造製品を製造する上で、キュポラ(溶解炉)から排出されたキュポラスラグは通常、産業廃棄物として廃棄されている。循環型社会への移行の観点から、本検討ではキュポラスラグを有効に活用するため、微粉末化したキュポラスラグ(以下、キュポラ微粉末と表記)を用い、セメントの一部代替材料としての適用性を検討した。

2. キュポラスラグおよびキュポラ微粉末

検討で用いたキュポラスラグは、キュポラから生成するスラグを多量の水により急冷して得られる平均粒径 1.5mm 程度のガラス質粒状体である。本検討ではキュポラスラグをさらに振動ミルにより粉碎し、平均粒径 4~18μm のキュポラ微粉末とした。それぞれの外観を写真-1(a), (b)に示す。また、キュポラスラグの組成分析結果を、セメントの混和材料として広く用いられている高炉スラグ微粉末¹⁾とあわせて表-1に示す。



(a) キュポラスラグ (b) キュポラ微粉末

写真-1 キュポラスラグ外観

表-1 組成分析結果

成分(%)	キュポラスラグ	高炉スラグ ¹⁾	NC ²⁾
SiO ₂	40.4	31.8~34.7	21.6
Al ₂ O ₃	7.3	12.8~15.3	5.2
Fe ₂ O ₃	12.4	0.2~0.9	2.9
CaO	32.0	40.5~43.0	63.8
MgO	1.3	5.3~7.4	1.8
SO ₃	0.0	0.6~1.0	2.2
TiO ₂	0.7	0.6~1.7	0.0
MnO	5.5	0.6~1.7	0.0
ZnO	0.4	0.0	0.0

3. キュポラ微粉末のモルタル圧縮強度への影響

3-1 モルタルの使用材料および配合条件

本検討では、キュポラ微粉末をセメント代替材料として使用し、キュポラ微粉末の比表面積および置換率の変化によるモルタル圧縮強度への影響をJIS R 5201により確認した。セメントは普通ポルトランドセメント(以下、NCと表記)とキュポラ微粉末の混合セメントとし、細骨材は標準砂を使用した。モルタルの配合は、質量比でセメント 1 に対して標準砂 3、W/C は 50%を基本としたが、キュポラ微粉末は、NC と比表面積が異なり、モルタルフロー値が変化するため、細骨材量を増減させてフロー値を統一した。また比較用として、セメントに NC のみを使用したモルタルおよび、NC に高炉スラグ微粉末(比表面積 4,500cm²/g)を混合したモルタルを作製した。

3-2 モルタル圧縮試験結果

(1) キュポラ微粉末の比表面積による影響

キュポラ微粉末の比表面積による影響を確認するため、比表面積を 3,600cm²/g~14,500cm²/g まで変化させ、材齢 28 日のモルタル圧縮試験を実施した。なお、キュポラ微粉末の置換率は 30%とした。試験結果を図-1に示す。キュポラ微粉末の比表面積の増加に伴い、圧縮強度も増加していくことを確認した。比表面積 8,000cm²/g において NC の圧縮強度を上回り、

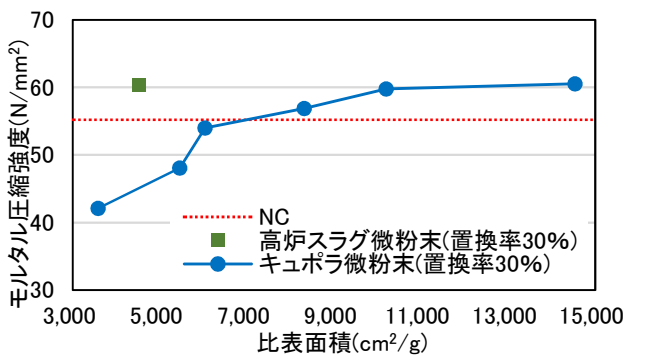


図-1 キュポラ微粉末の比表面積と圧縮強度の関係

キーワード キュポラ、スラグ、混合セメント、産業廃棄物、比表面積、潜在水硬性

連絡先 〒454-0055 愛知県名古屋市中川区十番町 6-12 大有建設株式会社 中央研究所 TEL 052-653-4556

14,500cm²/gでは高炉スラグ微粉末(置換率 30%)と同程度の圧縮強度を示した。この結果より、キュポラスラグが高炉スラグと同様に CaO, SiO₂, Al₂O₃ を多く含有しているため、キュポラスラグの比表面積を高めることで活性が促され、潜在水硬性を発揮したものと推察された。

(2) キュポラ微粉末の置換率による影響

次に、キュポラ微粉末の比表面積 3,600cm²/g と 14,500cm²/g の 2 種類を用い、キュポラ微粉末の置換率を 10~60%まで変化させ、材齢 28 日のモルタル圧縮試験を実施した。試験結果を図-2 に示す。比表面積 3,600cm²/g のキュポラ微粉末では、置換率の増加に伴い圧縮強度は概ね直線的に低下していく傾向にある。一方で、比表面積 14,500cm²/g のキュポラ微粉末では、置換率 15%から 45%において NC と同程度の強度が得られ、置換率 30%において圧縮強度が最大を示し、高炉スラグ微粉末と同程度まで強度を発現することを確認した。ただし、置換率 60%では強度が大きく低下することも確認した。

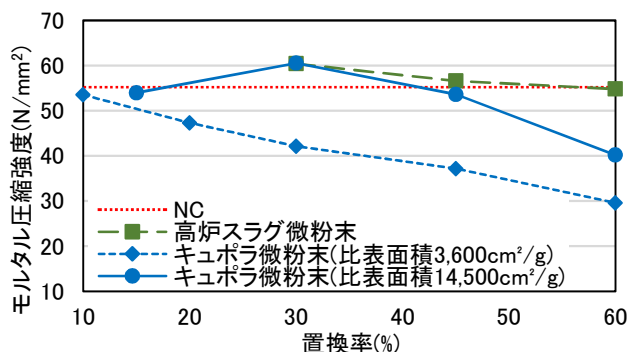


図-2 キュポラ微粉末の置換率と圧縮強度の関係

4. キュポラ微粉末のコンクリート強度への影響

キュポラ微粉末の比表面積および置換率によるコンクリートの圧縮強度への影響を JIS A 1108, 曲げ強度への影響を JIS A 1106 に準拠し確認した。

4-1 コンクリートの使用材料および配合条件

セメントは NC とし、キュポラ微粉末の比表面積を 6,000cm²/g~18,000cm²/g, 置換率を 30%および 60% とした。細骨材は砕砂を、粗骨材は砕石を、混和剤にはポリカルボン酸系高性能減水剤を使用した。配合は、コンクリート二次製品への適用性を考慮し、W/C を 50%, s/a を 48%とした。作製したコンクリートはすべて、目標としたスランプ 18.0±2.5cm, 空気量 3.0±1.5%を満足する結果となった。

4-2 コンクリート強度試験結果

図-3 に材齢 28 日のコンクリート圧縮試験結果を、図-4 に材齢 28 日の曲げ試験結果を示す。コンクリートにおいてもモルタルの検討と同様に、キュポラ微粉末の比表面積 6,000cm²/g では強度が NC を下回るが、比表面積の増加に伴い強度も増加し、NC と同等以上まで向上することを確認した。特に、曲げ強度の増加が顕著であったが、これは、水和反応の進行によりコンクリート中の細孔量が低下し緻密化したことによるもの¹⁾と考えられる。

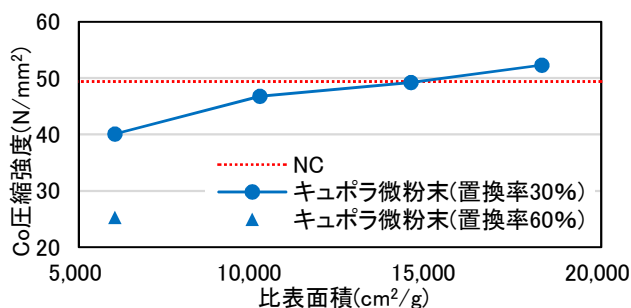


図-3 キュポラコンクリートの圧縮試験結果

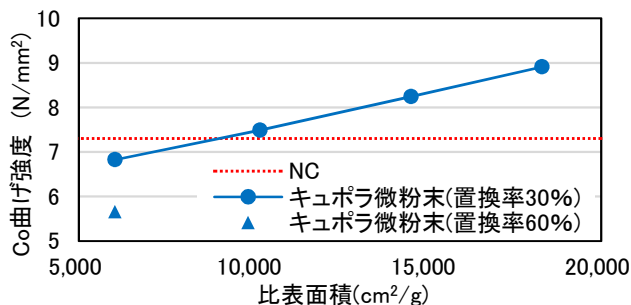


図-4 キュポラコンクリートの曲げ試験結果

5. まとめ

キュポラ微粉末をセメント代替材料として用いるため、キュポラ微粉末の比表面積および置換率を変化させてモルタルおよびコンクリートの強度試験を実施した。その結果、比表面積の増加により、NC および高炉スラグ微粉末と同程度の強度発現が確認されたため、キュポラ微粉末をセメント代替材料として適用することは可能であるものと判断された。今後は、コンクリートの早期および長期強度の確認も含め、実用化に向けた検討を継続していく所存である。

参考文献

- 1) 土木学会, 高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの施工指針, 1996
- 2) 日本コンクリート工学会, コンクリート便覧, 1996