

活性化した高炉スラグ微粉末と高炉スラグ細骨材を用いた

モルタルの圧縮強度特性と耐海水性に関する研究

日大生産工(院) ○櫻井 裕 日大生産工 鵜澤 正美

1. 緒言

高炉セメントはセメント使用量が少なく高炉スラグを利用しているため、環境負荷低減に貢献できるセメントとして広く公共工事などに使用されている。特に、高炉セメントB種は高炉スラグ含有量が30～60%であり、セメントの国内出荷量の約2割¹⁾を占めるほどである。

高炉スラグ微粉末(以下、BFSPと略記)は高炉での銑鉄精錬の際に鉄鉱石から分離される副産物であり、セメント分野などで再利用されている資源である。スラグにはBFSPの他にも製鋼スラグである転炉系スラグや電気炉系スラグが存在するが、本プロジェクトでは高炉セメントに使われている高炉スラグを対象とした。BFSPの生成量は年々減少しており、年間生成量は概ね19,000千tである²⁾。セメント分野でのBFSPの利用用途は大きく2つに分かれており、セメント原材料として15,000千t、セメント・コンクリート用混和材として1,300千tが利用されている。

また、高炉スラグ細骨材(以下BFSSと略記)を使用しているが、これは溶鉱炉でせん鉄と同時に生成する溶融スラグを水、空気などによって急冷し、粒度調整したものである。

現在多く使用されている細骨材であるJIS標準砂の使用を低減させ、副産物であるBFSSを使用しても圧縮強度、耐海水性に差異がみられなければ、より環境負荷の低減に繋がるものとしている。

これまでの研究成果よりBFSPにボールミル混合法の処理を施すことで初期の圧縮強度が増進し、活性化されることが確認されている。

本研究では、高炉セメントB種、C種を基に、BFSPを40%、50%、60%、70%セメント置換し、BFSSをJIS標準砂に対し、10%、20%、30%置換し、モルタル供試体を作成した。水中養生を7～91日間行い、圧縮強度試験を行った。

2. 手法

高炉セメントB種、C種を基にし、普通ポルトランドセメントの質量比40、50、60、70%をBFSPと内割置換した(以下それぞれの配合割合にBを付けた記載とする)。

また、これらに加え、モルタル供試体のJIS標準砂の内、10%、20%、30%をBFSSと置換し、供試体を作成した。それぞれBFSSの10%置換ではB40、B50、B60、B70、20%、30%置換ではB40、B70の高炉セメントを使用して検討を行った。

使用材料は、水道水(W)・普通ポルトランドセメント・JIS標準砂(セメント協会強さ試験用:S)・高炉スラグ微粉末(BFSP)・高炉スラグ細骨材(BFSS)とした。なお、BFSSは使用前にJISに準拠し、5mmのふるい分けを行ってから使用するものとした。

供試体の作成方法はJIS R 5201に準拠して40×40×160mmの角柱型とし、供試体の成型後20℃の恒温室で24時間の前置き養生後脱型を行い、水中養生した。

圧縮強度試験ではJIS R 5201 附属書Cに準拠し供試体6本の平均値を測定値とした。

耐海水性の検討には、JIS A 1132に準拠し、サミット缶(φ50×100mm)を使用した。円柱供試体は、底面のみ海水と接するよう側面をエポキシ樹脂で保護した。円柱供試体は28日間の水中養生の後、海水に浸け、28日後に計測するものとした。

3. 実験結果

初期強度が低い高炉セメントを基にしたモルタル供試体であるため、材齢28日まではB40であってもJISと同等であった。

Study on Compressive Strength Properties and Seawater Resistance of Mortar with Activated Blast Furnace Slag Powder and Blast Furnace Slag Fine Aggregate

Yu SAKURAI, Masami UZAWA

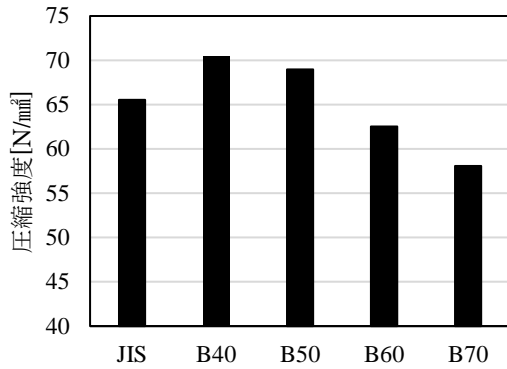


Fig.1 JIS, BFSS 無添加モルタル
材齢 56 日の圧縮強度

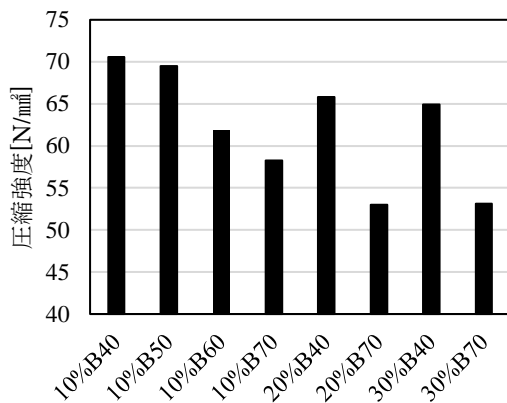


Fig.2 BFSS 添加モルタル
材齢 56 日の圧縮強度

しかし、B40 に対し、JIS 標準砂を BFSS に 10%, 20%, 30% 置換したものは、材齢 7 日では同等の圧縮強度であった。これに対し、材齢 28 日では 10% の置換は同等の結果であったが、20%, 30% の置換では圧縮強度が伸びにくい結果となった。

Fig.1, Fig.2 にそれぞれの供試体の材齢 56 日の圧縮強度試験の結果を記す。高炉セメントの特徴の通り、B40, B50 では JIS に対し高い圧縮強度になった。JIS に対し、B40 が 7.4%、B50 が 5.2% の強度増進となった。これらに対し、両者に BFSS を 10% 添加したモルタル供試体の強度増進は、JIS と比較し、10%B40 が 7.6%、10%B50 が 6.0% となった。これらの結果より、潜在水硬性による強度増進が発現する材齢 56 日では、高炉セメント B 種である B40, B50 は当然、JIS よりも圧縮強度が増進した。これらに BFSS を 10% 置換、添加した圧縮強度も無添加の供試体と同等の結

果が得られた。これにより、JIS 標準砂を 100% 使用するのではなく、高炉セメントを使用する際の BFSS の有用性が確認された。

BFSS10% 置換、添加では無添加と同等の結果が得られたが、20%, 30% の置換、添加では無添加に比べて低い結果となった。無添加よりも低い結果になってしまったことにより、高炉セメントを使用したい場合には最適ではないことが確認できた。しかし、JIS と比較すると、B40 において 20%, 30% 共に同等の結果が得られた。この結果より、本研究で行った最大置換の 30% であっても、JIS よりも圧縮強度が低下することはないことが得られた。

4. 結言

- 1) B40 供試体に、BFSS を JIS 標準砂に対し、10%, 20%, 30% 置換したものは、材齢 7 日では無置換のものと同等の圧縮強度が得られる。
- 2) JIS に対し、B40, 10%B40 は材齢 28 日では同等、材齢 56 日では JIS を上回る。
- 3) 高炉セメント C 種に該当する B60, B70 では、JIS を上回ることはないが、BFSS を 10% 置換したものであっても、材齢 56 日では無置換と同等の圧縮強度が得られ、下回ることはなかった。

参考文献

- 1) 福永晃久, 鶴澤正美, 青木康平, 畑実, 高活性化下水汚泥焼却灰を用いたモルタルの圧縮強度発現に及ぼす諸条件の影響, *J. Soc. Inorg. Mater., Japan*, 29, 210-216, 2022
- 2) 青木康平, 鶴澤正美, 高活性化フライアッシュを用いたモルタルの圧縮強度発現に及ぼす諸条件の影響, *J. Soc. Inorg. Mater., Japan*, 28, 259-264, 2021