

高炉セメント C 種を用いた鉄筋コンクリートの耐塩害性に関する検討

大分工業高等専門学校 学生会員 ○二宮雄哉

大分工業高等専門学校 非会員 畠山笑実

大分工業高等専門学校 正会員 山本大介

1. はじめに

今後の建設業界の方針として、二酸化炭素排出の大きな原因とされるセメントの使用を削減することが重要視されている。結合材の一部を高炉スラグによって置換した高炉セメントは、セメント使用量を削減した「低炭素型コンクリート」と呼ばれており、特にその置換率が高い C 種の使用が有効であるとされる¹⁾。そこで、高炉セメント C 種（以下 BC）の実用化に向け、同セメントを用いた鉄筋コンクリートの腐食状態について検討を行った。

2. 供試体概要

矩形供試体寸法形状は $150 \times 130 \times 80 \text{ mm}$ とした（図-1 参照）。電気化学的測定を実施するため、埋設する鉄筋（D16 異形鉄筋）に絶縁被覆付きコードを取り付け、かぶり厚さを 20 mm とし配置し、かぶり面の対面を打設面とした。また、強度試験のために同時に $\phi 50 \times 100 \text{ mm}$ 円柱供試体も作製した。骨材は、石灰石砕砂（表乾密度 2.59 g/cm^3 、吸水率 0.30% ）と石灰石碎石（表乾密度 2.73 g/cm^3 、吸水率 $??\%$ ）を使用し、結合材は普通ポルトランドセメント（以下 OPC）、高炉セメント B 種（以下 BB）高炉スラグ微粉末（粉末度 $6000, 4000 \text{ cm}^2/\text{g}$ の 2 種）（以下 BFS6000, BFS4000）、無水石膏（以下 GPS）を使用した。

実験要因として、水結合材比、高炉スラグ微粉末の粉末度、添加する石膏量をパラメータとした。このパラメータの違いがコンクリート中の鉄筋

の電気化学的特性へ及ぼす影響の差異を検討するため、表-1 に示す要因を比較した。

環境条件としては、打設から 24 時間後に脱型を行い、材齢 28 日まで水中養生を行った。その後すべての矩形供試体のかぶり面以外の面にエポキシ樹脂を塗布し、 $10\% \text{ NaCl}$ 水溶液による乾湿繰り返し環境下に暴露した。乾湿繰り返しは 3 日浸漬 4 日乾燥を 1 サイクルとした。

3. 試験方法

コンクリート抵抗は、矩形供試体と対極（ステンレス板）を水酸化カルシウム水溶液に浸し、ポテンショスタットを使用して鉄筋から対極の方向に 20 mA の定電流を与えオン電位を計測し、電流を遮断した時のインスタントオフ電位をマルチメーターにより測定し求めた。電流を与える操作中は鋼材電位が不安定であるため、操作を始めて 5 分後の安定した数値を、操作を止めた後は 2 秒後の数値を読み取った。このオン電位とインスタントオフ電位の電位差からかぶり部のコンクリートの電気的抵抗を算出した。この抵抗を 2 サ

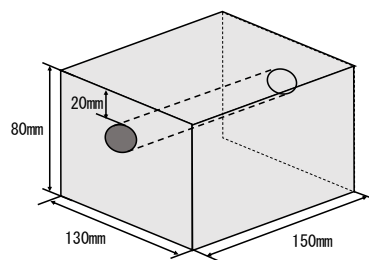


図-1 矩形供試体形状寸法 （単位：mm）

表-1 供試体要因

W/B (%)	OPC	BB	BC (BFS6000, GPS2%)	BC (BFS6000, GPS3%)	BC (BFS4000, GPS2%)	BC (BFS4000, GPS3%)
40	—	—	○	○	○	○
50	○	○	○	○	○	○
60	—	—	○	○	○	○

イクルに1度測定し、経時的变化を確認した。

また、強度試験については円柱供試体を矩形供試体の乾湿繰り返しサイクルに合わせて水道水を用いて乾湿を繰り返した。JIS A 1108 に準拠し、載荷前日に吸水させたのち、材齢 28 日及び 91 日の圧縮強度を測定した。

4. 結果及び考察

図-2 より、コンクリート抵抗について、OPC 及び BB に比べ、BC が優れており、特に BFS6000 を使用したものが大きな値を示した。これは BC を用いたコンクリートは腐食電流に対する抵抗性が高い環境にあると考えられる。そのため、発錆以降の腐食速度が小さく抑えられる可能性がある。BC を使用したすべての矩形供試体で、材齢 77 日(乾湿繰り返し7サイクル目)まで抵抗値は上昇を続け、それ以降の測定では下がる現象が確認された。一方で OPC 及び BB を使用したものは大きな変化がなく横ばいであった。

圧縮強度発現性については、図-3 と図-4 に示すように、水結合材比が 40 または 50% の場合で BFS6000 を使用すれば、材齢 28 日において OPC や BB と同等以上となることが確認された。

コンクリート抵抗や圧縮強度から、BFS の高置換により、スラグの持つ潜在水硬性の影響を受け、コンクリートが密実になり、圧縮強度の強度やコンクリート抵抗が増加する傾向が確認された。

また、これまでの自然電位(鋼材電位)の測定では、発錆を確認できず、当初の目的の BC の耐塩害性能の評価が出来なかった。今後、引き続き計測を続け、分極曲線や分極抵抗による腐食開始後の進行速度の判定や、塩化物の浸透量等から BC の塩害に対する性能を検討する必要がある。

5. まとめ

- 1) BC はコンクリート抵抗が高く腐食速度が抑えられる可能性がある。
- 2) BC を使用する場合、BFS4000 に比べ BFS6000 の方が強度発現性がよく、28 日、91 日強度では OPC や BB と同等以上の結果を示した。

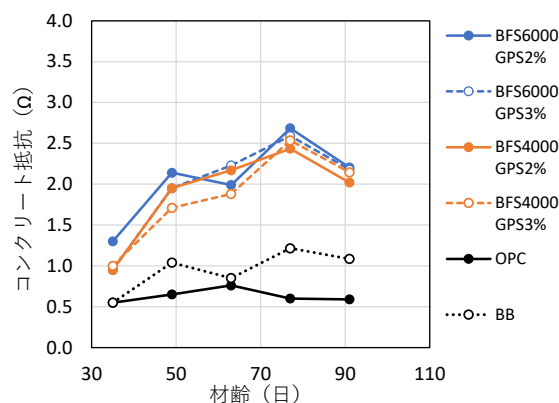


図-2 W/B=50%におけるコンクリート抵抗

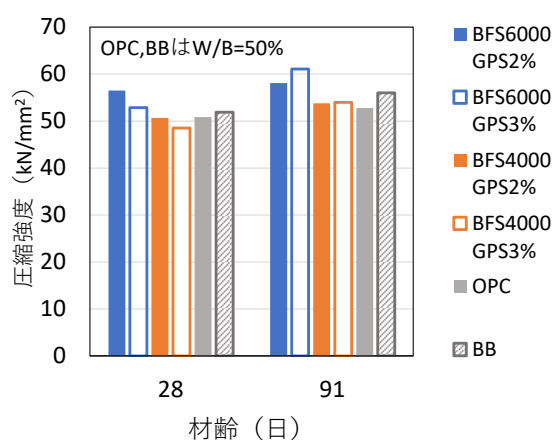


図-3 W/B=40%における圧縮強度

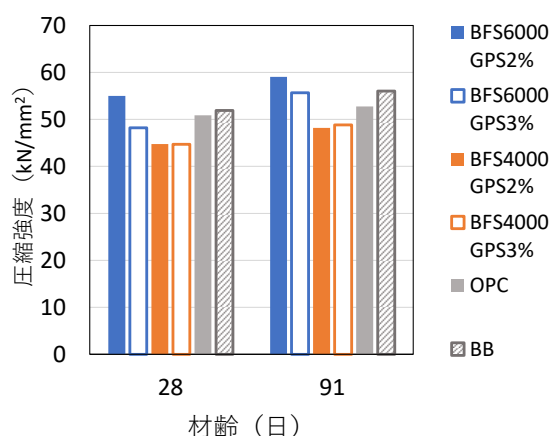


図-4 W/B=50%における圧縮強度

参考文献

- 1) 高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの品質・性能評価に関する調査研究小委員会成果報告書, 土木学会コンクリート技術シリーズ, No.129, pp. II5-II8, 2021