

## 高炉スラグ細骨材の置換率がモルタルのフレッシュ性状と硬化体物性に及ぼす影響

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○阿部 航司  
 名古屋工業大学大学院 学生会員 大島 美穂  
 名古屋工業大学大学院 正会員 吉田 亮  
 竹本油脂株式会社 正会員 齋藤 和秀

## 1.はじめに

近年、環境負荷を低減するために天然骨材の採取が制限されている。そのため、コンクリートに用いる天然骨材の枯渇や品質の低下が問題となっている。従来から使用されてきた川砂、海砂の代替として高炉スラグ細骨材が注目されている。高炉スラグ細骨材は、潜在水硬性を有し、乾燥収縮の低減、中性化の抑制、長期強度増進といった硬化物性改善効果が期待できるが、流動性の低下、巻き込み空気やブリーディングの増加などのフレッシュ性状が悪化する。高炉スラグ細骨材による硬化体物性の向上効果と許容される程度のフレッシュ性状の低下を両立させる配合については未だ明らかでない。

本研究では、高炉スラグ細骨材による硬化体物性の向上は保持したまま、フレッシュ性状を低下させない配合を見出すことを目的として、高炉スラグ細骨材の置換率がモルタルのフレッシュ性状と硬化体物性に及ぼす影響を検討する。

## 2.実験概要

## 2.1 使用材料・配合

供試体は、普通ポルトランドセメント、高炉スラグ細骨材:JFE ミネラル(福山産)、大井川陸砂を使用して作製した。大井川陸砂に高炉スラグ細骨材を体積比で0、5、10、15、20、30、40、50、60、70、80、90、100%に置換した。また、セメントと細骨材の質量比は1:2.5とした。水セメント比は60%である。

## 2.2 骨材の物性試験

ふるい分け試験は大井川陸砂と高炉スラグ細骨材に対して JIS A 1102:2014 に準拠した。

実積率試験は JIS A 1104:2006 に準拠した。

## 2.3 フレッシュモルタルの試験

ブリーディング試験は JIS A 1123:2012 に準拠した。

フロー試験は JIS R 5201:2015 に準拠した。

空気量試験は JIS A 1116:2005 に準拠した。

## 2.4 モルタルの硬化体物性試験

圧縮強度試験は置換率が0、10、70、100%の封緘養生期間が7、14、28日のモルタル供試体に対して圧縮強度試験を行った。試験には曲げ強度試験で用いた供試体と試験機を用いて行った。載荷板は40×40mmとした。

## 3.実験結果と考察

図1に骨材の粒度曲線を示す。大井川陸砂と高炉スラ

グ細骨材の粗粒率を算出するとそれぞれ2.70と2.56であった。大井川陸砂より高炉スラグ細骨材の方が粒子の細かい細骨材といえる。置換率が大きくなるにつれて、大井川陸砂の粒度曲線から高炉スラグ細骨材の粒度曲線に近づくことが考えられる。

図2に骨材の実積率試験結果を示す。図2より置換率が0～15%までは実積率に変化は見られないが、置換率が20%以降では、置換率が大きくなると実積率が小さくなることがわかる。大井川陸砂が川砂であるため粒形が丸みを帯びている。高炉スラグ細骨材の粒形はいびつである。このことから、粒形の噛み合わせが実積率に影響を与えていると考えられる。

図3にブリーディング率を示す。この結果からは、置換率が大きくなるにつれて、ブリーディング率が大きくなることが確認された。これは、置換率が大きくなると骨材の実積率が小さくなり、水がすり抜けやすくなること、置換率が大きくなると単位水量が大きくなること、高炉スラグ細骨材がガラス質であることが起因していると考えられる。

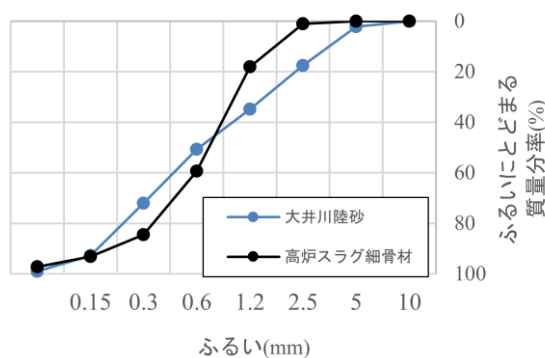


図1 骨材の粒度曲線

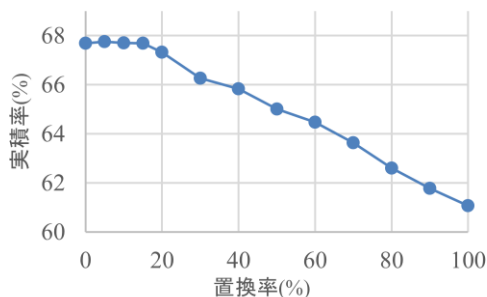


図2 骨材の実積率

キーワード：高炉スラグ細骨材、置換率、モルタル、フレッシュ性状、圧縮強度

連絡先：〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学大学院 TEL 052-735-5125

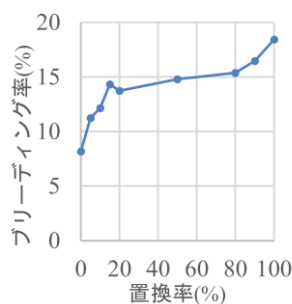


図3 ブリーディング率

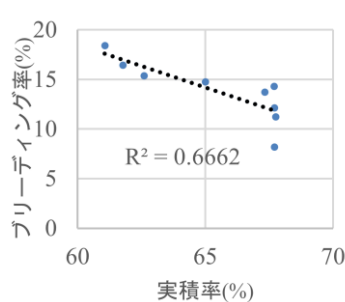


図4 ブリーディング率と実積率の相関

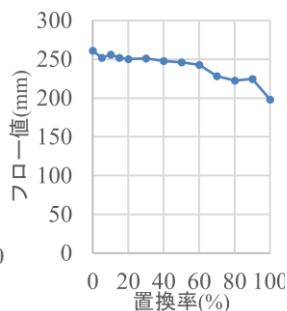


図5 フロー値

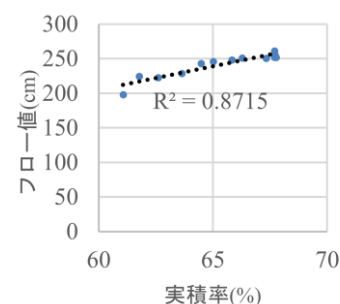


図6 フロー値と実積率の相関

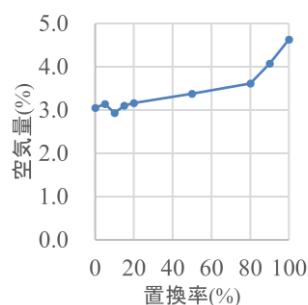


図7 空気量

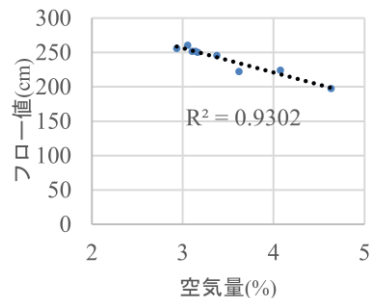


図8 フロー値と空気量の相関

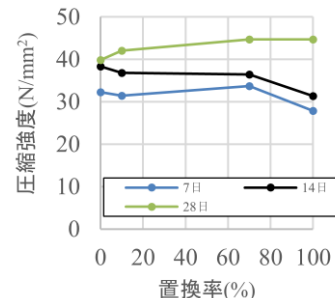


図9 圧縮強度

しかし、骨材の実積率に変化の少ない置換率が 0~15%の範囲でも、置換率が大きくなるにつれてブリーディング率、ブリーディング量ともに大きくなっている。これより、骨材の実積率による影響よりも高炉スラグ細骨材がガラス質であること、単位水量の増加による影響の方が大きいと考えられる。図4にブリーディング率と実積率の相関を示す。図4よりブリーディング率と実積率の相関がやや強いことがわかる。

図5にフロー試験結果を示す。図5より置換率が比較的小さい 0~30%ではフロー値にあまり変化は見られないが、置換率が 40%以降では置換率が大きくなると流動性が悪化した。図6にフロー値と実積率の相関を示す。これより骨材の実積率に起因すると考えられる。また、大井川陸砂の丸みを帯びた粒形と高炉スラグ細骨材のいびつな粒形がモルタルの流動性に影響を与えていると考えられる。さらに、高炉スラグ細骨材の粒度が細かく比表面積が大きくなるために、流動性に寄与するセメントペーストが相対的に減少することも原因とされる。

図7に空気量試験結果を示す。図7より置換率が 0~20%の範囲では空気量の変化が少なく、置換率が 30%以降では置換率が大きくなると空気量が大きくなっている。図8にフロー値と空気量の相関を示す。これよりフレッシュモルタルの流動性と関係があると考えられる。フレッシュモルタルの流動性が高ければ、練り混ぜ時の巻き込み空気量は少ない。逆に、フレッシュモルタルの流動性が低ければ練り混ぜ時の巻き込み空気量は多くなる。

図9に圧縮強度試験結果を示す。養生期間 7、14 日に着目する。置換率 0~10%の範囲では、ブリーディング率は増加するが、空気量は大きく変化しない。よって、この

範囲の圧縮強度の低下はブリーディング水が細骨材の下面にたまることによる遷移帯の脆弱化によるものだと考えられる。置換率 10~70%の範囲では、ブリーディング率、空気量は大きく変化しない。よって、この範囲ではブリーディング、モルタル中の空気泡による圧縮強度への悪影響がほとんどないと考えられる。置換率 70~100%の範囲では、ブリーディング率、空気量が増加する。よって、この範囲では圧縮強度が低下する。養生期間が 28 日の供試体に着目してみる。養生期間 7、14 日と傾向が異なるため潜在水硬性が発現したとされる。また、フレッシュ性状の低下よりも潜在水硬性の効果による影響の方が大きいことが確認された。

#### 4.まとめ

本研究は高炉スラグ細骨材の置換率がモルタルのフレッシュ性状と硬化体物性に及ぼす影響について検討を行った。得られた知見を以下に示す。

- (1) モルタルのフレッシュ性状は骨材の粒度や実積率、粒径、材質の影響を受けやすく、置換率が大きくなるほど悪くなる。
- (2) 圧縮強度試験より養生期間が 28 日で潜在水硬性が発現し、28 日より短い養生期間ではフレッシュ性状の影響の方が大きい。

以上より、本研究における、高炉スラグ細骨材による硬化体物性の向上は保持したまま、フレッシュ性状を低下させない配合は置換率 10%と考える。

#### 謝辞

本研究は鉄鋼スラグ協会の助成を受けて実施いたしました。ここに記し、深く謝意を表します。