

黄土の種類がクリンカーフリーモルタルの基本性状へ及ぼす影響に関する研究

宇都宮大学大学院 ○ 学生会員 岩田 正幸
 宇都宮大学大学院 正会員 藤原 浩巳
 宇都宮大学大学院 正会員 丸岡 正知
 大韓民国全南大学 高 聖錫

1. はじめに

現在,地球温暖化の要因がCO₂を中心とする温室効果ガスの排出であると指摘されており,社会的な取り組みとしてCO₂排出量の削減が求められている。そこで,本研究は,製造時に多量のCO₂を排出するセメントを使用せず,ポゾラン物質および高炉スラグ微粉末を主材料とした,圧縮強度60N/mm²以上の高強度コンクリートを開発することを目的としている。本研究では,高炉スラグ微粉末(ブレン比表面積4000g/cm²)および天然ポゾランとして韓国産の黄土を主材料としたモルタルにおいて,フレッシュ性状および圧縮強度試験を行い,黄土の種類がクリンカーフリーモルタルの性状に及ぼす影響について比較,検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料

本実験における使用材料を表1に,4種類の黄土の化学成分を表2に走査型電子顕微鏡の画像を写真1にそれぞれ示す。

高炉スラグ微粉末および赤色黄土,黄色黄土,白色黄土,黒色黄土(以下RH, YH, WH, BHとする)の4種類の黄土を主材料とした。その他,無水石膏,多孔性高比表面積消石灰を混和材として使用した。

2.2 実験条件

本実験の配合条件を表3,粉体構成を表4に示す。

本実験では4種類の黄土の混合割合を30%一定とし,水粉体比W/Pを20,25%の2水準とした。無水石膏,多孔性高比表面積消石灰の混合割合はそれぞれ全粉体の10%一定とした。また,目標モルタルフロー値は,流動性を示さない配合があるため設定していない。したがって,供試体作製が可能なフレッシュ性状を有するモルタルとなったSP添加率を流動性の評価とすることとした。

2.2 練混ぜ方法

モルタルの練混ぜには,公称容量10ℓのオムニミキサーを使用した。練混ぜ方法は,まず粉体と細骨材を投入し空練りを1分間行う。その後,水と減水剤を投入して目標の流動性が得られたと判断したらミキサーを止める。このとき,水と減水剤を投入してからモルタルが作製されるまでの時間を練

表1 使用材料

| 材料 | 記号 | 材料名 | 粉末度 (cm ² /g) | 密度 (g/cm ³) |
|-----|----|--------------------|--------------------------|-------------------------|
| 結合材 | RH | 赤色黄土 | 6240 | 2.58 |
| | YH | 黄色黄土 | 5340 | 2.61 |
| | WH | 白色黄土 | 7500 | 2.76 |
| | BH | 黒色黄土 | 5800 | 2.43 |
| | BS | 高炉スラグ微粉末4000 | 4400 | 2.90 |
| | AG | 無水セッコウ | - | 2.90 |
| | TK | 消石灰 | 230000 | 2.40 |
| 水 | W | 上水道水 | - | 1.00 |
| 細骨材 | S | 鬼怒川産川砂 | - | 2.58 |
| 減水剤 | SP | ポリカルボン酸エーテル系高性能減水剤 | - | 1.08 |
| 消泡剤 | DF | ポリアルキレングリコール誘導体 | - | 1.00 |

表2 黄土の化学成分

| 試料 | 化学成分 (%) | | | | | | | |
|----|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------------------|------|------|-----------------|
| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MgO | K ₂ O | TiO | CaO | SO ₃ |
| RH | 64.77 | 24.29 | 6.04 | 0.92 | 3.12 | 0.85 | - | - |
| YH | 74.59 | 20.16 | 1.68 | 0.23 | 3.17 | 0.17 | - | - |
| WH | 76.10 | 21.62 | 0.30 | - | 0.24 | 0.57 | 0.14 | 0.63 |
| BH | 77.18 | 9.98 | 3.18 | 1.21 | 1.71 | 0.41 | 1.67 | 4.31 |

表3 配合条件

| 水粉体比 W/P (質量%) | 砂粉体比 S/P (質量%) | 空気量 (%) |
|----------------|----------------|---------|
| 20, 25 | 32 | 2.0以下 |

表4 粉体構成

| 配合No. | W/P (%) | 質量比 (%) | | | | | | |
|-------|---------|---------|----|----|----|----|----|----|
| | | RH | YH | WH | BH | BS | AG | TK |
| RH-20 | 20 | 30 | 0 | 0 | 0 | 50 | 10 | 10 |
| YH-20 | | 0 | 30 | 0 | 0 | | | |
| WH-20 | | 0 | 0 | 30 | 0 | | | |
| BH-20 | | 0 | 0 | 0 | 30 | | | |
| RH-25 | 25 | 30 | 0 | 0 | 0 | 50 | 10 | 10 |
| YH-25 | | 0 | 30 | 0 | 0 | | | |
| WH-25 | | 0 | 0 | 30 | 0 | | | |
| BH-25 | | 0 | 0 | 0 | 30 | | | |

混ぜ時間とし,モルタルの作製しやすさの指標とした。その後,消泡剤を投入しさらに3分間練り混ぜを行った。

2.3 実験項目

(1) フレッシュ性状試験

モルタルフロー試験はJIS R 5201「セメントの物理試験方法」に,空気量試験はJIS A 1116「フレッシュコンクリート

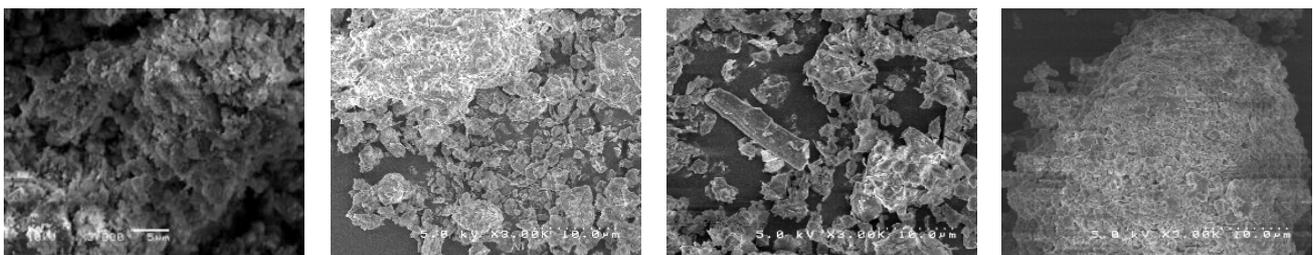


写真2 黄土のSEM画像 3000倍(左から, RH, YH, WH, BH)

キーワード セメント無混和 天然ポゾラン 黄土 高炉スラグ微粉末

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部 TEL 028-689-6211

表4 試験結果

| 配合No. | フレッシュ性状 | | | | 圧縮強度 (N/mm ²) | | | |
|-------|-------------|-------------|---------------|---------|---------------------------|-------|------|-------|
| | SP添加率 (×P%) | 練混ぜ時間 (min) | モルタルフロー値 (mm) | 空気量 (%) | 材齢・養生条件 | | | |
| | | | | | 水中7日 | 水中28日 | 温水7日 | 温水28日 |
| RH-20 | 3.0 | 3.0 | 100 | 1.4 | 58 | 75 | 95 | 105 |
| YH-20 | 3.0 | 4.5 | 250 | 0.3 | 49 | 60 | 99 | 113 |
| WH-20 | 5.0 | 10.0 | - | - | - | - | - | - |
| BH-20 | 5.0 | 5.5 | 100 | 3.1 | 17 | 21 | 46 | 60 |
| RH-25 | 2.0 | 2.5 | 100 | 1.2 | 44 | 59 | 76 | 91 |
| YH-25 | 2.0 | 2.0 | 330 | 0.2 | 43 | 56 | 77 | 92 |
| WH-25 | 3.5 | 4.5 | 228 | 1.5 | 19 | 23 | 59 | 81 |
| BH-25 | 3.0 | 4.0 | 100 | 1.7 | 27 | 37 | 62 | 79 |



写真2 RHによる粘着性発現の様子 (配合RH-20)



図1 SP添加率と練混ぜ時間

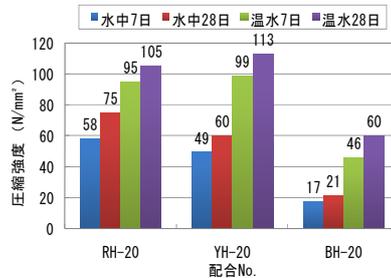


図2 圧縮強度試験結果 (W/P 20%)

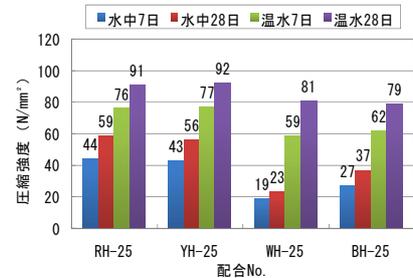


図3 圧縮強度試験結果 (W/P 25%)

の単位体積質量試験方法および空気量の質量による試験方法」に準拠した。

(2) 圧縮強度試験

JSCE-G 505「円柱供試体を用いたモルタルまたはセメントペーストの圧縮強度試験方法」に準拠した。測定は 20°C水中養生材齢 7, 28 日, 60°C温水養生材齢 7, 28 日とした。なお, 60°C温水養生とは促進養生条件で, 水和反応を促進し, 早期にポテンシャル強度を引き出すための条件である。

3. 実験結果及び考察

表4に試験結果を示す。

(1) フレッシュ性状

図1に配合毎のSP添加率と練混ぜ時間を示す。

WHを使用し水粉体比20%とした, 配合WH-20はSP添加率を5.0%とし10分間練混ぜたが, 十分な流動性が得られなかった。これは, WHの比表面積が他の黄土と比べ大きく, 多くの自由水およびSPを吸着したため¹⁾と考えられる。

図1より, 各配合のSP添加率と練混ぜ時間の関係を見ると, RHとYHを使用した配合がほぼ同様の値を示し, WHとBHを使用した配合でSP添加率, 練混ぜ時間がともに増加した。また, YHを使用した配合と, WHを使用し水粉体比25%とした配合WH-25は良好な流動性を示したが, RHおよびBHを使用した配合では水粉体比に係わらず, 十分な流動性を得ることはできず, モルタルの粘着性が見られた。RHを使用した配合RH-20における粘着性発現の様子を写真2に示す。このようなフレッシュ性状の違いは, 写真1に示した黄土のSEM画像から比較すると, RHおよびBHは非常に細かく丸みを帯びた粒子同士が密集した構造をとっており, 見かけは多孔質な粒子であると考えられることができる。一方, YHおよびWHは比較的表面が滑らかで角ばった形状の粒子からなっていることが分かる。このような違いがモルタルの流動性に大きく影響していると考えられる。

(2) 圧縮強度

RHおよびYHを使用し, 水粉体比20%とした配合RH-20

とYH-20が20°C水中養生材齢28日で, 目標とする圧縮強度60N/mm²を得られた。

水粉体比20%の圧縮強度試験結果を図2に, 水粉体比25%の結果を図3にそれぞれ示す。なお, WHを使用し水粉体比20%の配合WH-20は, 供試体作製に十分な流動性が得られなかったため実施していない。

RHおよびYHを使用した配合において, 他の黄土と比較して高い圧縮強度が得られた。また, その傾向は20°C水中養生の際に強い。一方, 水粉体比25%におけるWHとBHを使用した配合の差はわずかでWHとBHの強度発現性は同等であった。

また, YHの強度発現性はRHとほぼ同等であることが分かる。しかし, 水粉体比20%において20°C水中養生での強度発現性が劣っており, 活性度などに違いが有ると思われる。しかしながら, RHを使用した配合ではフレッシュ状態において強い粘着性が確認されているので, 高い強度発現性を有し, 適度な流動性を示すYHの方が使用しやすいと考える。しかし, 黄土の特性とモルタルの性状との関係については, 今後さらなる検討が必要であると考えられる。

4. まとめ

本研究の結果から, 4種類の黄土を比較した結果, RHおよびBHを使用した場合モルタルの流動性は低く, 強い粘着性を発現した。しかしながら, YHおよびWHは適度な流動性を示すことが分かった。また, YHおよびRHを使用した配合の圧縮強度は他の2種類よりも大きく, その傾向は水中養生時に顕著であった。本研究において, クリンカーフリーモルタルに黄土を使用する場合には, 高い強度発現性を持ち, フレッシュ性状が良好であったYHが適している。

参考文献

1) 崔熙容 他: 粘土質の黄土を用いたセメントコンクリート混和材の適用に関する研究 (第2報: 混和材種類によるモルタルおよびコンクリートの基礎物性について), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp227-228, 2001