

コンクリート用火山ガラス微粉末を用いたフレッシュモルタルの流動性および空気連行性に関する実験的研究

(株)フローリック 正会員 ○熊本 光弘 (株)フローリック 正会員 西 祐宜
 東京大学大学院 正会員 友寄 篤 鹿児島県工業技術センター 非会員 袖山 研一
 (株)フローリック 非会員 秋山 五郎 (株)フローリック 非会員 平野 修也

1. はじめに

2020年にJIS A 6209 コンクリート用火山ガラス微粉末が制定され、南九州地方に大量に堆積した火山灰を原料とした火山ガラス微粉末を建設材料として有効活用する環境が整った。火山ガラス微粉末の物理的・化学的性質、それを使用したコンクリートやモルタルの強度と耐久性および流動性に関する研究は徐々に進んでいる^{例へば 1), 2)}が、空気連行性とレオロジー特性に関する検討事例は見当たらない。今後、火山ガラス微粉末を使用したコンクリートの普及を視野に入れた場合、火山ガラス微粉末を使用した際の空気連行性とレオロジー特性を把握しておかなければ、フレッシュコンクリートの製造および施工の上で、制御不能に陥る可能性が否めない。

そこで本研究では、火山ガラス微粉末（以下 VGP）を普通ポルトランドセメント（以下 OPC）の内割で使用したフレッシュモルタルを作製し、その流動性および空気連行性について実験を基に検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料およびモルタルの配合

表-1にモルタルの使用材料を示す。結合材としてOPCの他に、JIS A 6209のI種、II種およびIII種に相当するVGPを使用した。VGPの比較対象として、地盤工学の分野における粘土質分¹⁾が含まれるシラス風化物（以下CF）を使用した。

表-2にモルタルの配合を示す。W/B=30%は単位水量170kg/m³および単位粗骨材かさ容積0.550m³/m³、W/B=45%は同じく160kg/m³および0.600m³/m³のコンクリート配合のマトリクスモルタルとして、配合No.1およびNo.10を基準配合として設計した。VGP3種類(以下VR, VRGF, VRGC)およびCFは、基準配合に対して単位セメント量の内割で15%と30%になるように設計した。結合材BはOPCとVGPまたはCFを合算したものを指す。練混ぜは表-2の欄外に示す手順で行った。DF添加量は0.005(B×wt%)を基準とし、空気量試験では調合No.10のDF添加量を0.05(SP×wt%)で固定した。

2.2 試験項目

モルタルの流動性はミニスランプ試験により評価した。W/B=30%ではミニスランプフロー（以下MSF）値で225~375mm、W/B=45%ではミニスランプ（以下MSL）値で7.5~11.5cmの範囲に収まるようにSP添加率を調整した。また、SP添加率

表-1 使用材料

| 種類 | 記号 | 概要・主成分・物性値 |
|---------------------------|------|---|
| 水 | W | 上水道水(茨城県つくば市) |
| セメント | C | 普通ポルトランドセメント、 密度:3.16g/cm ³ , BET比表面積:1.0m ² /g, 強熱減量:1.93% |
| 火山 ガラス 微粉末 (VGP) | VR | JIS A 6209 II種・ローラミル全粉砕、 密度:2.38g/cm ³ , BET比表面積:6.0m ² /g, 体積平均粒径:4.40μm, 強熱減量:2.88% |
| | VRGF | JIS A 6209 I種・ローラミル気流分級(微粉)、 密度:2.37g/cm ³ , BET比表面積:9.7m ² /g, 体積平均粒径:2.03μm, 強熱減量:3.28% |
| | VRGC | JIS A 6209 III種・ローラミル気流分級(粗粉)、 密度:2.40g/cm ³ , BET比表面積:3.2m ² /g, 体積平均粒径:6.60μm, 強熱減量:2.72% |
| シラス 風化物 | CF | 密度:2.38g/cm ³ , BET比表面積:31.4m ² /g, 体積平均粒径:5.14μm, 強熱減量:4.47% |
| 細骨材 | S | 山砂(静岡県掛川市)、密度:2.58g/cm ³ , 吸水率:1.65%, F.M.:2.72 |
| 化学 混和剤 | SP | JIS A 6204・高性能AE減水剤 標準形I種 (ポリカルボン酸系化合物) |
| | DF | 消泡剤(ポリアルキレングリコール誘導体) |

表-2 モルタルの配合

| No. | 配合名 | W/B (%) | 単位量(g/L) | | | | S/B | 密度 (g/cm ³) |
|-----|-----------|---------|----------|-----|-----------|------|------|-------------------------|
| | | | W | C | VGP or CF | S | | |
| 1 | 30-OPC | 30 | 266 | 885 | - | 1172 | 1.32 | 2.32 |
| 2 | 30-VR15 | | 266 | 753 | 133 | 1136 | 1.28 | 2.29 |
| 3 | 30-VR30 | | 266 | 620 | 266 | 1101 | 1.24 | 2.25 |
| 4 | 30-VRGF15 | | 266 | 753 | 133 | 1136 | 1.28 | 2.29 |
| 5 | 30-VRGF30 | | 266 | 620 | 266 | 1099 | 1.24 | 2.25 |
| 6 | 30-VRGC15 | | 266 | 753 | 133 | 1137 | 1.28 | 2.29 |
| 7 | 30-VRGC30 | | 266 | 620 | 266 | 1103 | 1.25 | 2.25 |
| 8 | 30-CF15 | | 266 | 753 | 133 | 1136 | 1.28 | 2.29 |
| 9 | 30-CF30 | | 266 | 620 | 266 | 1101 | 1.24 | 2.25 |
| 10 | 45-OPC | | 269 | 598 | - | 1398 | 2.34 | 2.26 |
| 11 | 45-VR15 | 45 | 269 | 508 | 90 | 1374 | 2.30 | 2.24 |
| 12 | 45-VR30 | | 269 | 418 | 179 | 1350 | 2.26 | 2.22 |
| 13 | 45-VRGF15 | | 269 | 508 | 90 | 1374 | 2.30 | 2.24 |
| 14 | 45-VRGF30 | | 269 | 418 | 179 | 1350 | 2.26 | 2.22 |
| 15 | 45-VRGC15 | | 269 | 508 | 90 | 1375 | 2.30 | 2.24 |
| 16 | 45-VRGC30 | | 269 | 418 | 179 | 1352 | 2.26 | 2.22 |
| 17 | 45-CF15 | | 269 | 508 | 90 | 1374 | 2.30 | 2.24 |
| 18 | 45-CF30 | | 269 | 418 | 179 | 1350 | 2.26 | 2.22 |

[混練手順] W/B=45% : S/2+B+S/2→低速10s.→W+SP→低速30s.→播落し→高速90s.→試験 W/B=30% : S/2+B+S/2→低速10s.→W+SP→低速30s.→播落し→高速90s.→5min.静置→低速30s.→試験 [練り量]1.5L

キーワード 火山ガラス微粉末, フレッシュモルタル, 流動性, 空気連行性

連絡先 〒355-0002 埼玉県東松山市東平 1551 (株)フローリック 東日本技術センター TEL 0493-23-6846

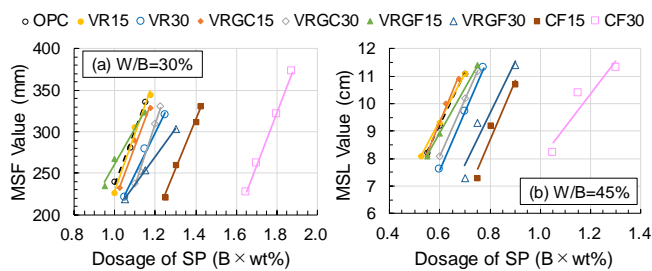


図-1 SP 添加率と MSF 値および MSL 値の関係 (W/B=30%および W/B=45%)

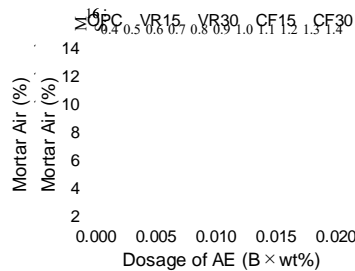


図-2 AE 剤添加率とモルタル空気量の関係

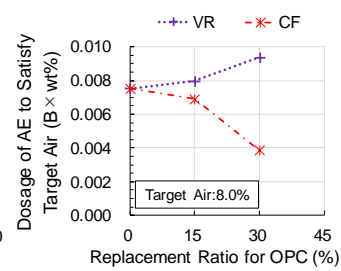


図-3 内割置換率と AE 剤必要添加率の関係

と MSF 値および MSL 値の関係を最小二乗法で線形近似した。

空気量測定は表-2 に示す W/B=45%の調合 No.10, 11, 12, 17, 18 を対象に施した。上述の MSL 値と SP 添加率の関係直線から求めた目標 MSL 9.0 ± 0.2 cm となる SP 添加率で固定し、AE 剤添加率(B \times wt%)を増減してモルタル空気量を測定した。測定は容積 400ml の鋼製容器を用いて、JIS A 1116 の質量方法により空気量を求めた。

3. 実験結果および考察

3. 1 ミニスランブ試験

図-1 に W/B=30%および 45%における SP 添加率と MSF 値および MSL 値の関係を示す。VGP 置換率増加に伴い、所定の流動性を得るのに必要な SP 添加率は増加傾向を示した。また、CF では、所定の流動性を得るのに必要な SP 量は顕著な増加傾向を示した。VGP や CF の種類によって SP 吸着量は異なる可能性が考えられる。強熱減量の高い火山性堆積物の置換率増加に伴い、混和剤同一添加率における流動性が著しく低下するとの報告¹⁾がある。表-1 の通り CF は VGP に比べて強熱減量が高く、BET 比表面積も非常に大きく、風化が進行していると推察される。また、文献³⁾の報告のように粒子表層が粘土鉱物に変化している可能性が高い。一方、3 種類の VGP における BET 比表面積と SP 添加率の関数に明確な規則性は認められなかった。なお、SP 吸着量がモルタルの流動性に与える影響については、今後の課題とする。

3. 2 空気量試験

図-2 に AE 剤添加率とモルタル空気量の関係を示す。VR15 は OPC と同等の空気連行性を示した。VR30 は OPC に比べて所定の空気量を得るのに必要な AE 剤添加率が増加する傾向を示し、その傾向は空気量が増加するほど顕著になった。CF は OPC や VR に比べて潜在的に空気連行性が高いことが示唆され、CF 置換率の増加に伴って、所定の空気量を得るのに必要な AE 剤量は減少した。

図-3 に OPC に対する VR または CF 置換率と目標空気量 8.0% (コンクリート換算で 4.8%に相当) を得るのに必要な AE 剤添加率の関係を示す。VR 置換率の増加に伴って AE 剤添加率は増加したのに対して、CF 置換率の増加に伴って AE 剤添加率は減少した。図-1 の SP 添加率の傾向とは異なり、CF 置換率増加に伴い AE 剤添加率が減少した理由として、CF の粉体的性質が空気泡の保持性を高めたためと考えられる。なお、本実験の範囲では、VR または CF を内割使用した場合も、空気量は一般的な AE 剤使用量の範囲で調整可能であることが確認された。

4. まとめ

VGP を使用したモルタルの流動性を SP により調整したところ、SP 使用量は OPC に対する VGP 置換率や VGP 種類によって変化した。一方、空気連行性は、一般的な AE 剤使用量の範囲で調整可能であることが確認された。

参考文献

- 1) 友寄篤, 野口貴文, 袖山研一, 東和朗: 火山ガラス微粉末と粘土微粉末の粉体特性と流動性に与える影響, セメント・コンクリート論文集, Vol.72, pp.438-445, 2018
- 2) 友寄篤, 野口貴文, 袖山研一, 東和朗: 火山ガラス微粉末の粉末度と置換率が強度発現に及ぼす影響, セメント・コンクリート論文集, Vol.73, pp.465-470, 2019
- 3) 友寄篤, 野口貴文, 袖山研一, 東和朗: 入戸シラスから乾式比重選別した火山ガラス質に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No1, pp.151-156, 2017.7