

新燃岳火山灰を混入したセメントモルタルの強度特性

宮崎大学工学部 正会員 ○尾上 幸造 宮崎大学大学院 学生会員 坂井 義彰
宮崎大学工学部 学生会員 福田 浩一 宮崎大学工学部 フェロー会員 中澤 隆雄

1. はじめに

霧島連山新燃岳が平成 23 年 1 月 26 日に噴火し、翌 1 月 27 日の爆発的噴火とあわせ総噴出量は約 7 千万トン¹⁾にも上った。降り積もった大量の噴出物は農作物の不作や土砂災害リスクなど周辺市町村に甚大な被害をもたらした。厄介者である火山灰を有効活用しようとする取組みは、噴火後間もない時期から様々な形で行われ、これまでに染料、陶磁器、瓦、レンガなどへの適用例が報告されている。

火山灰の主な成分はシリカとアルミナであり、ポゾラン活性が期待できる。本報では火山灰をセメント置換あるいは細骨材置換で用いたモルタル（以下、火山灰モルタル）の材齢 182 日までの強度特性について報告する。

2. 実験概要

図-1 に平成 23 年 1 月 26 日～27 日にかけての噴出物の等重量線および本研究で使用した火山灰の採取位置を示す。火山灰は火口からの距離が異なる 4 地点から 2 日に分けて採取した。

写真-1 に示すように火口から遠ざかるにつれて粒形は細かいものとなっていた。図-2 に火山灰の粒度分布を示す。同図中、右側のグラフは JIS A 5005 の標準粒度の範囲を外れた粒の粗い火山灰①と粒の細かい火山灰③とを 3:2、2:1、1:1 の質量比で混合したものの粒度分布である。標準粒度を外れたもの同士を混合することにより、適度な粒度分布に調整できることが示されている。本研究では、このように混合使用した場合にフロー値や圧縮強度が改善されるかどうかについても検討を行った。

今回使用した火山灰の化学成分を表-1 に示す。主な成分は SiO₂ と Al₂O₃ でありポゾラン活性が期待できる。なお、塩基度を表値から求めると (CaO+MgO+Al₂O₃)/SiO₂=0.49 であり、潜在水硬性の目安となる 1.4 よりも大幅に小さく、アルカリ環境下における水硬性は期待できない。

使用材料を表-2 に示す。火山灰をセメント置換として用いた配合を表-3 に、細骨材置換として用いた配合を表-4 に示す。セメント置換の場合、JIS A 6201（コンクリート用フライアッシュ）を参考に普通ポルトランドセメントと火山灰を 3:1 の質量割合で用いた。このとき火山灰④を全量（無調整）、0.6mm 以下、0.3mm 以下の 3 種類に調整しモルタルを作製した。細骨材置換の場合にはアルカリ骨材反応の抑制対策として普通ポルトランドセメントに対し高炉スラグ微粉末を 50% 置換し高炉セメント B 種相当としたものを結合材に用いた。今回は極端な例として細骨材置換率 100% のケースについて検討を行った。なお、いずれの場合も火山灰は絶乾状態で用いた。

モルタルは JIS R 5201 付属書 2 に準拠してホバートミキサにより練り混ぜ、40 × 40 × 160 (mm) の 3 連型枠に流し込んだ。供試体は打

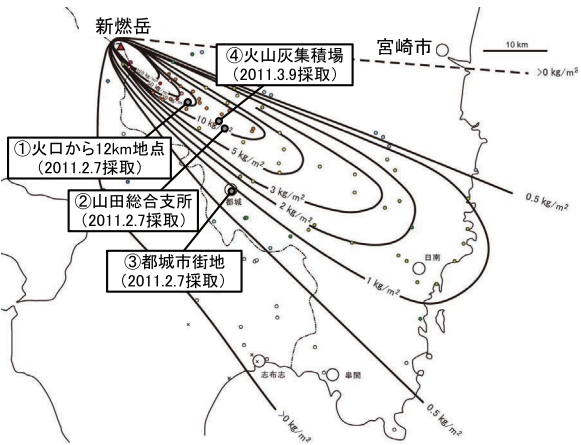


図-1 平成 23 年 1 月 26 ～ 27 日の噴出物の等重量線¹⁾ および火山灰の採取位置

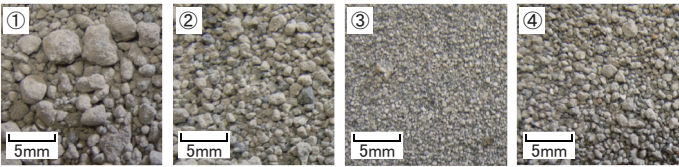


写真-1 異なる地点から採取した火山灰の外観

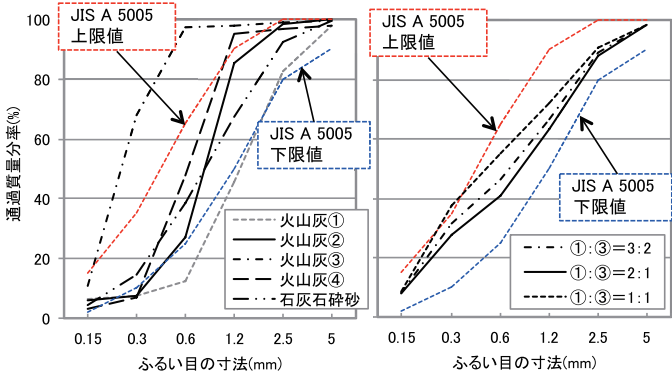


図-2 火山灰の粒度分布

表-1 火山灰の化学成分

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	MgO	TiO ₂	SO ₃	MnO
58.9	19.4	8.5	7.7	2.3	1.7	0.8	0.5	0.2
mass(%)								

表-2 使用材料

材料	物性値
普通ポルトランドセメント	比表面積: 3260cm ² /g, 密度: 3.16g/cm ³
高炉スラグ微粉末4000	比表面積: 4280cm ² /g, 密度: 2.89g/cm ³
石灰石砕砂	表乾密度: 2.66g/cm ³ , 吸水率: 0.12%, 粗粒率: 2.84
豊浦標準砂	密度: 2.64g/cm ³ , 吸水率: 0.42%
火山灰①	表乾密度: 2.07g/cm ³ , 吸水率: 7.37%, 粗粒率: 3.47
火山灰②	表乾密度: 2.11g/cm ³ , 吸水率: 11.03%, 粗粒率: 2.76
火山灰③	表乾密度: 2.23g/cm ³ , 吸水率: 10.34%, 粗粒率: 1.28
火山灰④	表乾密度: 2.23g/cm ³ , 吸水率: 11.77%, 粗粒率: 2.52

設後 24 時間で脱型し、その後は試験時まで水中にて養生した。

材齢 7, 28, 91, 182 (日) における曲げ強度 (N=3) および圧縮強度 (N=6) を測定した。本報では圧縮強度の結果のみを示す。

3. 実験結果

(1) モルタルの流動性に及ぼす火山灰混入の影響

火山灰モルタルのフロー値は表-3 および表-4 に示される通りである。セメント置換の場合、火山灰を用いることでフロー値は低下するが、フロー値比 (基準モルタルのフロー値に対する火山灰モルタルのフロー値の比) は 86% 以上となっており、フライアッシュⅢ種 (85% 以上) およびⅣ種 (75% 以上) の品質基準を満たすことがわかった。細骨材置換の場合、火山灰を用いることでフロー値が大幅に低下するが、粗粒と細粒を適度に混合することで、火山灰を単体で用いた場合よりもフロー値が改善されるといえる。

(2) モルタルの圧縮強度に及ぼす火山灰混入の影響

図-3 にセメント置換した火山灰モルタルの圧縮強度の測定結果を示す。セメント置換の場合、火山灰を用いることで圧縮強度は大きく低下する結果となった。活性度指数 (各材齢における基準モルタルの圧縮強度に対する火山灰モルタルの圧縮強度の比) を図-4 に示す。0.3mm 以下の火山灰を用いた場合、材齢 28 日までの活性度指数はその他のものより高いが、材齢 28 日以降はほぼ一定値となっている。無調整および 0.6mm 以下の火山灰を用いた場合、初期の活性度指数は低いものの、材齢 28 日以降も増加傾向にある。このことから、火山灰は微弱なポズラン活性を有しているものと推察される。しかしながら、セメント置換の場合、火山灰モルタルの活性度指数はフライアッシュⅣ種の品質基準 (材齢 28 日で 60% 以上、材齢 91 日で 70% 以上) よりもかなり低く、フライアッシュのような長期強度の増進効果は期待できないといえる。

図-5 に細骨材置換した火山灰モルタルの圧縮強度の測定結果を示す。細骨材置換の場合、材齢 28 日における火山灰モルタルの圧縮強度は石灰石砕砂を用いたモルタルの 65% ~ 79% 程度であるが、材齢 91 日では 74% ~ 92%、材齢 182 日では 83% ~ 100% となっており、長期的な強度増進を見込めることが明らかとなった。なお、粗粒と細粒を混合することによる圧縮強度の改善効果は特に認められない。

4. まとめ

新燃岳火山灰をコンクリート用材料として用いるための基礎的検討として火山灰をセメント置換および細骨材置換したモルタルを作製し、材齢 182 日までの強度特性について検討した。その結果、新燃岳火山灰は微弱なポズラン活性を有することが明らかとなった。セメント置換の場合には標準モルタルと比較して強度が大幅に低下するため注意が必要であるが、細骨材置換の場合には 100% 置換した場合であっても長期的には標準的なモルタルの 8 割程度以上の強度発現が期待できる。実際には細骨材の 100% を置換してコンクリートに用いることはなく、乾燥収縮やその他耐久性のデータから適切な使用量が定まると思われるので、少なくとも強度発現の観点からは特に問題なく適用可能であると考えられる。

【参考文献】

1) 産総研・地質調査総合センター：霧島山新燃岳 2011 年噴火, <http://www.gsj.jp/kazan/kirishima2011/>

表-3 火山灰モルタルの配合 (セメント置換)

配合 No.	火山灰の粒度調整	水結 合材 比 W/B	水 W	結合材 B		標準砂 S	フロー 値	フロー 値比 (%)
				セメント	火山灰			
				(g)				
1	－	0.5	225	450	0	1350	176	－
2	④全量(無調整)			337.5	112.5		152	86
3	④0.6mm以下を使用						167	95
4	④0.3mm以下を使用						168	96

表-4 火山灰モルタルの配合 (細骨材置換)

配合 No.	細骨材の種類	水セメント比 W/C	水 W	セメント BB	細骨材 S	フロー値
1	石灰石砕砂	0.5	300	600	900	249
2	火山灰①					183
3	火山灰②					182
4	火山灰③					178
5	火山灰④					171
6	①:③=3:2					218
7	①:③=2:1					221
8	①:③=1:1					210

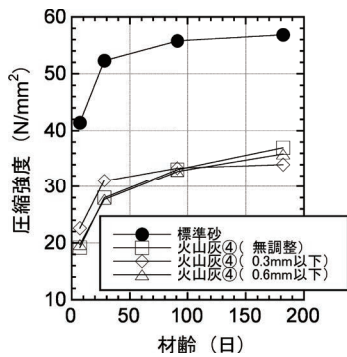


図-3 火山灰モルタルの圧縮強度 (セメント置換)

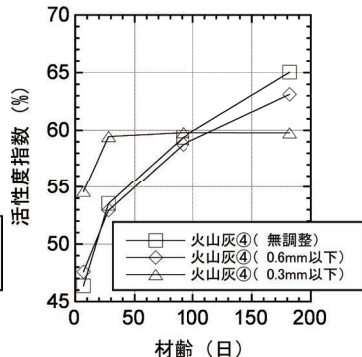


図-4 火山灰モルタルの活性度指数 (セメント置換)

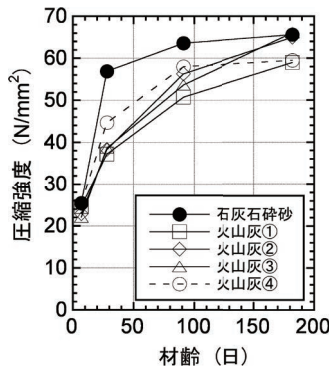


図-5 火山灰モルタルの圧縮強度 (細骨材置換)