

(V - 7) 混和材として火山灰を用いたモルタルの諸特性

東京工業大学 学生会員 大谷隆之 正会員 長滝重義 正会員 大即信明
正会員 久田 真 学生会員 Nathaniel B. Diola

1. はじめに

古くは明治時代に火山灰をセメント用混和材として用いたことが、多くの文献¹⁾に残っている。現在でも窯業などで有効利用されているが、全体の発生量からみると少量にとどまっているのが現状である。土木分野でそれら火山灰を資源として利用が可能であれば、環境的側面、経済的側面より非常に有効であると考えられる。本研究では、まず国産の火山灰（長崎県雲仙普賢岳）およびフィリピン産の火山灰（ピナツボ火山）の化学的性質を明らかにした。次にそれら火山灰を混和材として用いモルタルを作製し、それらの強度および耐久性に関して既存の混和材を用いたものと比較検討を行った。

2. 使用材料および試験方法

使用した材料は、普通ポルトランドセメント（比重 3.16、ブレン値 $3270\text{cm}^3/\text{g}$ ）および JSCE-D106-1995 に準じた細骨材（比重 2.62、吸水率 0%）であり。モルタルの配合、練混ぜは JSCE-D106-1995 に準じて行った。供試体は $4 \times 4 \times 16\text{cm}$ とし、 20°C の湿気箱内で湿空養生をおこない打設 24 時間後脱型したあと所定の材齢まで水中養生を行った。混和材は火山灰、高炉スラグ微粉末（比重 2.89、ブレン値 $4090\text{cm}^3/\text{g}$ 、以下 BFS）、フライアッシュ（比重 2.18、ブレン値 $3220\text{cm}^3/\text{g}$ 、以下 FA）を用い、セメント重量に対して内割として用いた。所定の材齢を経た供試体を用い、強度試験、促進炭酸化試験、塩化物イオン浸透試験を行った。圧縮強度は JIS-R-5201 に準じて行い、促進炭酸化試験および塩化物イオン浸透試験は初期養生 28 日を経過した後それぞれの条件下に暴露した。暴露期間が 1, 2 および 4 週において、それらの供試体を割裂させ溶液を噴霧し、暴露面から変色境界部分までの長さを 4 点測定し平均値を測定値とした。促進中性化試験の条件は、温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $60 \pm 10\%$ 、二酸化炭素濃度 $10 \pm 0.1\%$ とし、溶液はフェノールフタレイン水溶液を用いた。塩化物イオン浸透試験の条件は温度 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 、3wt% NaCl 水溶液の条件下とし溶液は硝酸銀水溶液を用いた。

3. 実験結果および考察

3.1 火山灰の化学成分

火山灰の採取位置を図 1 に示す。火山灰は、ピナツボ火山を中心に 20km から 40km の範囲で採取され（以下 PP#1～PP#6）、雲仙普賢岳では水無川に沿って採取された（以下 UN#1～UN#2）。図 2 で明らかなように本研究で用いた火山灰の化学成分は、BFS に比べ CaO の含有量が少ない。むしろ FA と類似していることがわかる。また表 1 から明らかなように、それらの化学成分は採取地によらずほぼ一定の値となっている。

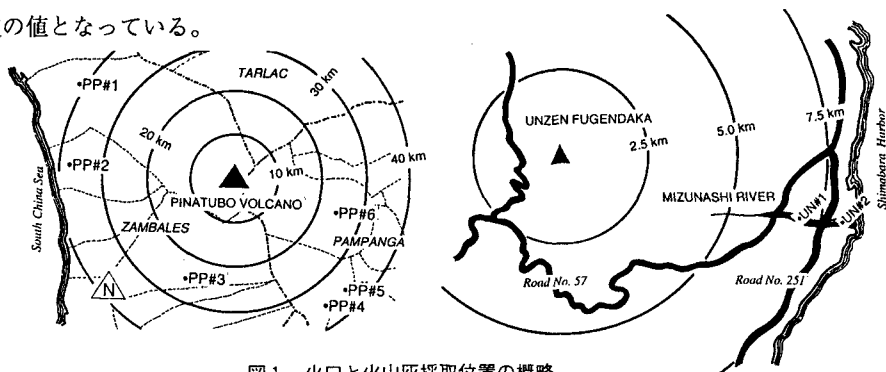


図 1 火口と火山灰採取位置の概略

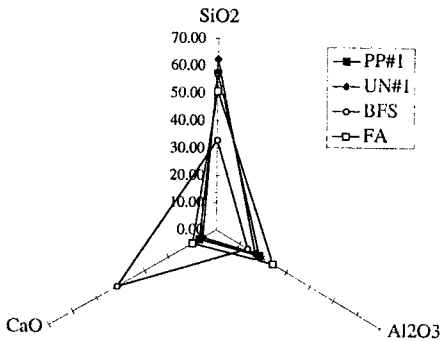


図2 代表的な混和材の3成分図

3.2 圧縮強度に関する検討

図3は各材齢ごとの活性度指数(=混和材を用いたモルタルの圧縮強度/無混和モルタルの圧縮強度)を示したものである。比較のためBFS、FAは折線を加えてある。火山灰(置換率10%)用いたときは、材齢によらずほぼ同じ活性度指数を示しており、FAおよび火山灰(置換率30%)も同様である。BFSは材齢が経過するにつれ活性度指数は増加しており他の混和材と比べて長期的な強度増進が起こっていることがわかる。

3.3 炭酸化深さ、塩化物イオン浸透深さに関する検討

図4は同期間暴露したときの炭酸化深さと塩化物イオン浸透深さを示したものである。なお、図における線はPP#1~6(10%)、PP#1~6(30%)の各点を原点を通る直線で近似したものである。無混和モルタル、UN#1~2(10%)およびFAは、PP#1~6(10%)と同様の傾向を示すことがわかる。火山灰を30%混和すると塩化物イオンの浸透に比べて中性化が速く進行することがわかる。これは、セメントを火山灰で多く置換することによりモルタル内のpHが下がったことに起因すると考えられる。

4. 結論

- (1)他の混和材と比較により火山灰の化学成分はFAと類似していることがわかった
- (2)セメントを火山灰(10%)で置換したときの性能は、FA(25%)で置換したときの性能とほぼ等しいと考えられるが、さらに長期的な検討が必要と思われる。

表1 火山灰の化学成分

銘柄	UN#1	UN#2	PP#1	PP#2	PP#3	PP#4	PP#5	PP#6
i.g.loss	1.09	0.44	0.56	0.83	1.02	1.14	1.05	0.81
SiO ₂	62.20	62.30	57.14	58.11	59.70	59.12	57.14	60.96
Al ₂ O ₃	16.60	16.60	18.36	19.03	17.21	18.75	18.07	17.59
Fe ₂ O ₃	5.02	5.40	5.59	5.17	4.82	5.00	7.22	4.76
CaO	5.64	5.92	6.99	6.23	5.98	6.10	6.57	5.78
MgO	2.48	2.56	3.93	3.49	3.35	2.52	3.30	2.43
SO ₃	-	-	0.02	0.02	0.09	0.04	0.02	0.11
Na ₂ O	3.58	3.70	4.69	4.93	4.39	4.72	4.47	4.77
K ₂ O	2.16	2.07	0.78	0.75	1.36	0.98	0.83	1.23
合計	98.77	98.99	98.06	98.56	97.92	98.37	98.67	98.44

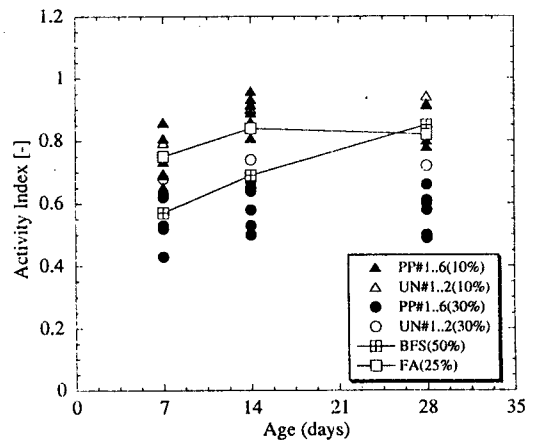


図3 材齢と活性度指数の関係

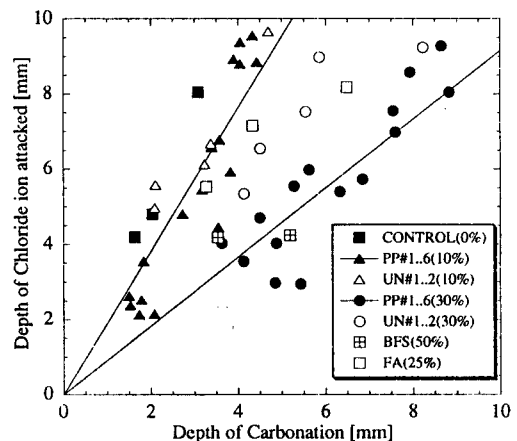


図4 中性化深さと塩化物イオン浸透深さの関係

【参考文献】

- 1)長滝重義：「コンクリートの長期耐久性」小樽港百年耐久試験に学ぶ、技報堂出版、1995 など