

ジオポリマーモルタル配合におけるプレミックス化に関する基礎的検討

五洋建設株式会社 正会員 ○王 涛

五洋建設株式会社 正会員 谷口 修

ペンタテクノサービス株式会社 フェロー 内藤 英晴

1. はじめに

ジオポリマーモルタル（以下、GPMと呼ぶ）はセメントを使用せず、アルカリシリカ溶液（水ガラスと苛性ソーダの混和溶液、以下、GP溶液と呼ぶ）と活性フィラー（B：フライアッシュや高炉スラグ微粉末など）を使用することが多い。一方で普通コンクリートの製造と比べ、GP溶液の作製の複雑さや品質管理の難しさなどの課題がある。本研究は、ジオポリマーの製造過程における材料のプレミックス化を図ることを目的として粉体と水を混和した配合を用いた。ケイ素(Si)の供給材料はケイ酸ナトリウム、またはシリカフュームを使用する。アルカリ(A)は水酸化カルシウムの粉末により供給することとした。すなわち、GP溶液の代わりにケイ素とアルカリの供給材料を用いて練り混ぜを行い、常温条件下でのGPMのフレッシュ性状、凝結時間および圧縮強度などの基礎的な性質を実験的に検討した。

2. 実験方法

表-1 使用材料

材料名	記号	密度 g/cm ³	備考
フライアッシュ	FA	2.30	比表面積 4430 cm ² /g
高炉スラグ微粉末	BS	2.91	比表面積 4360 cm ² /g
シリカヒューム	SF	2.20	比表面積 18.2 m ² /g
水酸化ナトリウム	A	2.13	顆粒
ケイ酸ナトリウム	Na ₂ SiO ₃	2.50	粉末
強度増強剤	Ad1	2.68	フッ化物
凝結遅延剤	Ad2	1.23	グルコン酸
砂	S	2.64	川砂

使用材料の概要を表-1に示す。また、ジオポリマーモルタルの配合を表-2に示す。ここで、常温養生による圧縮強度の低下¹⁾の改善を目的として、強度増強剤の添加による圧縮強度への影響を検討した。また、凝結が早い問題²⁾に対しては、凝結遅延剤の効果を検討した。なお、各配合における強度増強剤の添加量は活性フィラー質量の5%

とした。凝結遅延剤の添加量は活性フィラー質量の0.5%（配合3と4）と1.0%（配合7と8）の2水準とした。ケイ素の供給材料として用いたケイ酸ナトリウムとシリカフュームは、モルタル練混ぜ時にミキサー内で溶解させた。製造後は温度20℃、相対湿度60%RHの環境下に静置して養生を行った。

表-2 ジオポリマーモルタルの配合

配合	活性フィラー		GP溶液に相当するパラメータ			混和剤		活性フィラー		ケイ素の供給源 ¹⁾	アルカリの供給源 ²⁾	水	砂
	BS (%)	FA (%)	W/B 質量比	A/W モル比	Si/A モル比	Ad1 (g)	Ad2 (g)	BS (g)	FA (g)	Si (g)	A (g)	W (g)	S (g)
1	30	70	40%	0.25	0.50	-	-	165.0	385.0	187.1	1.6	220.0	1268.1
2						27.50	-	165.0	385.0	187.1	1.6	220.0	1240.9
3						-	2.75	165.0	385.0	187.1	1.6	220.0	1262.3
4						27.50	2.75	165.0	385.0	187.1	1.6	220.0	1235.1
5	30	70	40%	0.25	0.50	-	-	165.0	385.0	96.5	125.4	220.0	1196.4
6						27.50	-	165.0	385.0	96.5	125.4	220.0	1169.2
7						-	5.5	165.0	385.0	96.5	125.4	220.0	1184.6
8						27.50	5.5	165.0	385.0	96.5	125.4	220.0	1157.4

注¹⁾ 配合1~4のケイ素の供給源はケイ酸ナトリウム、配合5~8のケイ素の供給源はシリカフューム、

注²⁾ 配合1~8のアルカリの供給源は水酸化カルシウムの粉末

キーワード プレミックス, ジオポリマー, 強度増強剤, 凝結遅延剤, 圧縮強度

連絡先 〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1 五洋建設(株) 技術研究所 TEL 0287-39-2105

3. 実験結果

モルタルフロー値の試験結果を図-1に示す。混和剤が無添加の配合1および5と、添加した他の配合との比較では、混和剤の添加がフロー値に及ぼす影響は小さいことが確認できた。

モルタル凝結試験結果を図-2に示す。ケイ酸ナトリウムを使用の配合では、凝結遅延はあまり変わらないが、シリカフェュー

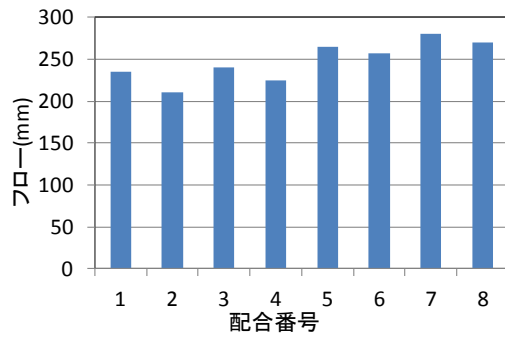


図-1 モルタルフローの0打の試験結果

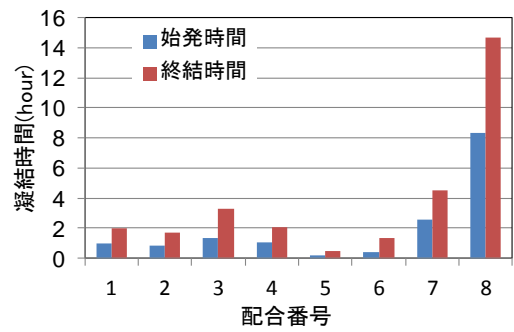


図-2 モルタルの凝結試験結果

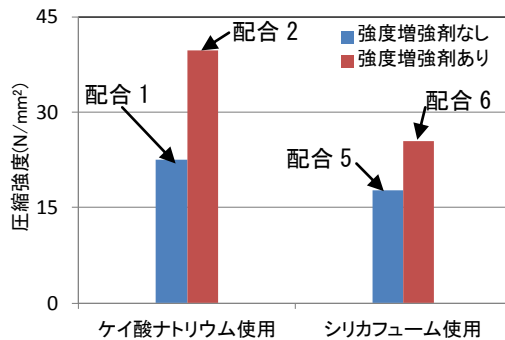


図-3 強度増強剤の有無に対する圧縮強度

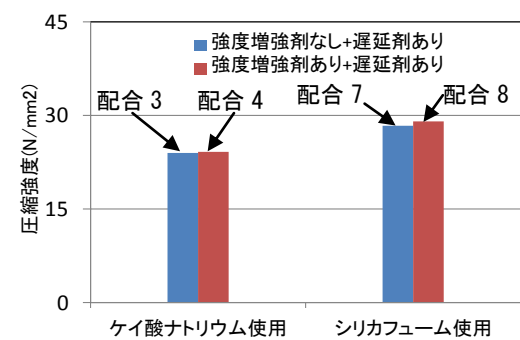


図-4 強度増強剤の有無に対する圧縮強度 (遅延剤を添加する場合)

ム使用配合の5と7を比較すると凝結遅延剤の添加により、凝結遅延効果が確認できた。ただし、両混和剤の添加により、配合8において凝結時間が大きく遅延した。これは、ケイ素の供給材料であるシリカフェューム、あるいは凝結遅延剤の添加量の影響によるものと思えるが、今後さらなる検討を要する。

図-3に強度増強剤の有無と材齢28日の圧縮強度との関係を示す。強度増強剤を使用した場合の圧縮強度は、使用しない場合に比べてケイ素の供給材料がケイ酸ナトリウムの場合には約1.76倍に、シリカフェュームの場合に1.44倍に増加した。また、シリカフェュームの使用に比べ、ケイ酸ナトリウムを使用したほうがケイ素の溶出がしやすいため、強度の増進が大きくなると推測した。また、凝結遅延剤を添加する場合において、強度増強剤の添加の有無と圧縮強度を示したものが図-4である。凝結遅延剤を併用した場合には、強度増強剤の効果は見られなかった。

4. まとめ

ジオポリマーモルタルに用いるケイ素の供給材料の種類、および混和剤の添加の有無等の要因が、モルタルのフロー、凝結時間および圧縮強度に及ぼす影響について検討した。その結果、諸要因がモルタルのフローに及ぼす影響は小さいものであった。また、シリカフェューム使用の場合において遅延剤の使用は、凝結遅延に効果的である。さらに、強度増強剤を単独に使用すると28日圧縮強度の増大効果がみられるが、凝結遅延剤と併用する場合には、効果が見られなかった。本検討の範囲では、凝結遅延剤の効果が有意であることから、シリカフェュームがジオポリマーモルタル用のプレミックス材料として適当と考える。

参考文献

- 1) 市川敬悟, 三島直生, 前川明弘, 畑中重光: 高炉スラグ微粉末添加型ジオポリマーペーストの圧縮強度発現性に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 38, No. 1, pp. 2271-2276, 2016
- 2) 木村享, 沼尾達也, 小沼遥佑: 酸化カルシウム含有率が異なる活性フィラーを用いたジオポリマーモルタルの各種諸特性, コンクリート工学年次論文集, Vol. 38, No. 1, pp. 2289-2294, 2016