

ジオポリマー用遅延剤に関する検討

ライオン・スペシャリティ・ケミカルズ(株) 正会員 ○小林 可奈, 小川 翔平

西松建設(株) 正会員 原田 耕司

1. はじめに

ジオポリマー(以下、GP と呼ぶ)は、フライアッシュ(以下、FA と呼ぶ)等の活性フィラーとアルカリ溶液の反応によって硬化する、セメントを全く使用しないコンクリート材料である。GP は、セメントに比べて材料製造時のCO₂排出量が非常に少ないことや、FA 等の産業廃棄物を有効活用出来ることから、次世代の建設材料の一つとして注目されている。しかし、GP はスランプの保持時間が短く作業性に劣ることから、その普及に向け、硬化を遅延させる混和剤の開発が望まれている。本稿では、セメント用遅延剤として用いられる化合物を GP に添加した際の流動性保持時間を確認するとともに、新たに開発した GP 用遅延剤の性能について検討を行った。

2. 試験概要

試験に用いた材料を表-1 に示す。また、以下に述べる検討 A および検討 B の配合を表-2、検討 C の配合を表-3 に示す。練混ぜ方法は、図-1 に示すように、粉体材料を 30 秒間攪拌後、混和剤(水溶液)およびGPWを添加して 120 秒間攪拌した(練混ぜ方法①)。なお、使用した混和剤は全て粉体であるため、試験では配合表に記載した量の水に混和剤を溶かし水溶液とした。混和剤無添加の配合では、混和剤(水溶液)の代わりに水を添加した。なお、検討 C では、No.2-2 の配合を用い、練混ぜ方法①の試験に加えて、GP 用遅延剤を粉体として添加(練混ぜ方法②)した試験を実施した。

2-1. 【検討 A】セメント用遅延剤の効果確認

セメント用遅延剤および開発した GP 用遅延剤の効果確認のため、No.1-2 の配合で試験を実施した。試験に用いた遅延剤は、クエン酸、グルコース、グルコン酸 Na および開発した GP 用遅延剤の 4 種類である。なお、配合は既報のモルタル配合¹⁾を参考に決定した。

2-2. 【検討 B】GP 用遅延剤の添加量検討

GP 用遅延剤の添加量を最適化するため、添加量を変えた No.1-2、No.1-3、No.1-4 の配合で試験を実施した。

2-3. 【検討 C】GP 用遅延剤の添加方法検討

より多くの GP 用遅延剤を添加することを考慮すると、粉体で添加した方が作業性に優れる。そこで、開発した GP 用遅延剤を水溶液または粉体で添加し、効果比較を行った。なお、実施工への適用性を確認

表-1 使用材料

材料名	種類	表記	密度(g/cm ³)
アルカリ溶液	ジオポリマー溶液(市販品)	GPW	1.40
活性フィラー	フライアッシュⅡ種品①	FA-1	2.32
	フライアッシュⅡ種品②	FA-2	2.34
	高炉スラグ微粉末①	BS-1	2.91
	高炉スラグ微粉末②	BS-2	2.90
細骨材	標準砂	S-1	2.64
	ケイ砂(絶乾状態)	S-2	2.60
混和剤	クエン酸(市販品)	CI	-
	(+)-グルコース(市販品)	GL	-
	グルコン酸 Na(市販品)	SG	-
	GP 用遅延剤	GA	-

表-2 検討 A、B の配合(kg/m³)

配合 No.	GPW	FA-1	BS-1	S-1	水	混和剤
1-1	391.5	451.4	142.3	1223.6	18.0	0.0
1-2	↑	↑	↑	↑	↑	4.7
1-3	↑	↑	↑	↑	↑	7.0
1-4	↑	↑	↑	↑	↑	9.4

表-3 検討 C の配合(kg/m³)

配合 No.	GPW	FA-2	BS-2	S-2	水	混和剤
2-1	489.6	523.8	225.5	829.4	29.7	0.0
2-2	↑	↑	↑	↑	↑	12.8

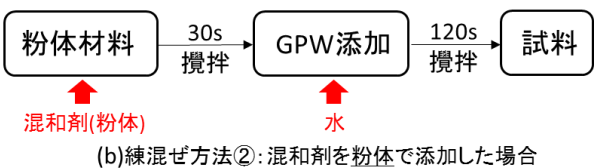
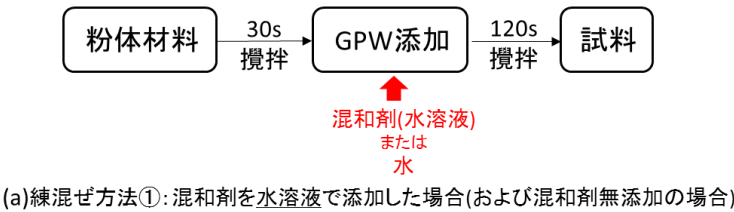


図-1 練混ぜ方法

するため、既報の GP コンクリート²⁾を参考に配合および材料を決定し、試験ではコンクリート配合から粗骨材を除いて作製したモルタルを用いた。

2-4. 評価方法

モルタルの流動性評価は、JIS R5201 を準用し、混練直後のモルタルをフローコーンに詰め、フローコーンを引き抜いてから 30 秒後の 15 打での広がり測定した。なお、本稿では、流動性保持時間は、テーブルフローが 100mm となった測定の一つ前の測定時の経過時間とした。

3. 試験結果

3-1. 【検討 A】 混和剤無添加の GP の混練直後のフローは 233mm、流動性保持時間は 15 分であった。セメント用遅延剤であるクエン酸、グルコースおよびグルコン酸 Na を添加しても、流動性保持時間は延長されなかった。一方、GP 用遅延剤を添加した配合は、流動性保持時間が 45 分となり流動性保持時間が大幅に改善された。

3-2. 【検討 B】 GP 用遅延剤を 4.7kg/m^3 添加した配合では 60 分、 7.0kg/m^3 添加した配合では 120 分で 100mm となり、 9.4kg/m^3 添加した配合では 120 分でも 100mm にならず、GP 用遅延剤の添加量が多いほど流動性保持時間が長くなることが分かった。

3-3. 【検討 C】 練混ぜ方法①および②のいずれの添加方法においても、混和剤無添加の GP と比較して 30 分以上の流動性保持時間の延長が見られた。特に、水溶液で添加した練混ぜ方法①の流動性保持時間は混和剤無添加に比べ 60 分以上延長出来ることを確認した。

4. まとめ

検討の結果、セメント用遅延剤に GP の遅延効果は期待出来ないことが確認された。一方、新たに開発した GP 用遅延剤では、水溶液として添加すると流動性保持時間が大幅に改善されるとともに、添加量が多いほど流動性保持時間が延長され、施工性の向上が期待出来る結果となった。GP 用遅延剤が GP の流動性保持に効果を示した理由は現在のところ明確ではないが、GP 用遅延剤の添加により、FA や BS からの金属イオンの溶出が抑制され、GP の硬化反応を遅延させているものと考えられる。

参考文献

1. 原田ら, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.1, 2014, ジオポリマーの高炉スラグの影響に関する基礎的研究
2. 原田ら, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.1, 2017, ジオポリマーコンクリートはりの曲げせん断特性

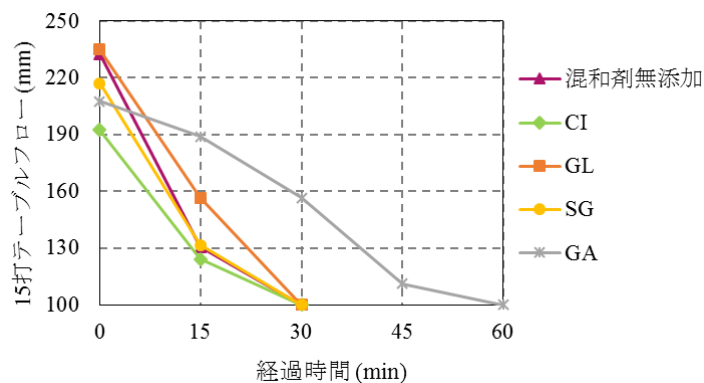


図-2 セメント遅延剤および GP 用遅延剤の流動性

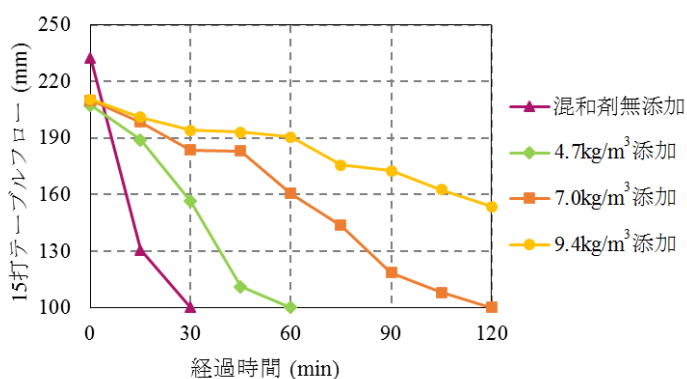


図-3 添加量の影響

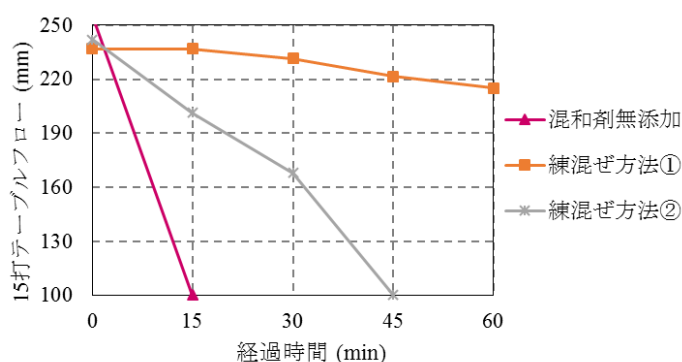


図-4 添加方法の影響