

ゼオライトを混入したセメントペーストのフレッシュ性状に関する基礎的研究

五洋建設(株) 正会員 ○保木本 智史 同左 フェロー会員 内藤 英晴

電気化学工業(株) 正会員 石田 積 中央大学 正会員 大下 英吉

1. はじめに

セメントペーストにゼオライトを混入すると、ゼオライトが K^+ , Na^+ 等のアルカリ金属を捕集することで、低アルカリのセメントペーストとなり、ひび割れ伸び性能が向上するとの報告がなされている¹⁾。しかし、ゼオライトがセメントペーストに与える影響に関する研究が少なく、その特性は十分に明らかにされているとは言えない。そこで、本研究では、ゼオライトを混入した場合の基本配合を設定する基礎資料とするため、各種ゼオライトを添加したセメントペーストについてフレッシュ性状の確認試験を行い、ゼオライトがセメントペーストのフレッシュ性状に与える影響を評価した。

2. 実験概要

本研究ではゼオライトがセメントペーストのフレッシュ性状に及ぼす影響を確認するため、材料分離抵抗性と流動性に着目し、ブリーディング試験とフロー試験を行った。また、ゼオライトを混入したときの、結合材（セメント＋ゼオライト）に拘束される水量および水量の増減に対する敏感度合の確認試験も行った。

2. 1 使用材料および配合

ゼオライトは Li 型 1 種類と Ca 型 2 種類を使用して試験を行った。表-1 に使用した材料の物性を示す。平均粒径はゼオライト A でセメントの 1/2 程度、ゼオライト B, C で 1/4 程度である。

実験ケースの一覧を表-2 に示す。ブリーディング試験とフロー試験では、水結合材比 W/B を 50%としたが、ゼオライトを混入するケースでは、普通ポルトランドセメント（OPC）質量に対するゼオライト混入率を 15%（内割）とした。変形係数と拘束水比の確認試験では、セメント質量に対するゼオライト混入量 15%（内割）は固定し、水結合材比 W/B を変化させ試験を行った。

練混ぜはモルタルミキサを使用し、練混ぜ水を一次水と二次水に分けて練混ぜを行った。

2. 2 ブリーディング試験

ブリーディング試験は JSCE-F 533-2007「PC グラウトのブリーディング率および膨張率試験方法（容器方法）（案）」に準拠し、ブリーディング率のみについて試験を行った。本実験ではブリーディングの経時的な変化をより詳細に把握するため、通常よりも計測回数を増やして試験を行った。

2. 3 フロー試験

フロー試験は JIS R 5201「セメントの物理試験法」を参考にし、フローテーブルの振動は与えないで試験を行った。

2. 4 変形係数と拘束水比の確認試験

各種ゼオライトを混入した場合の練混ぜに使用する水量が流動性に及ぼす影響を把握することを目的として、「ペーストを用いた HPC 用セメントのフレッシュ性状に関する品質管理試験方法（案）」²⁾を参考に、変形係数と拘束水比の判定を行った。

キーワード ゼオライト, フレッシュ性状, ブリーディング, フロー, 変形係数, 拘束水比

連絡先 〒329-2705 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 五洋建設(株)技術研究所 TEL 0287-39-2109

表-1 材料物性

材料	種類	比重 (g/cm ³)	平均粒径 (μm)
OPC	—	3.16	約 15.0
ゼオライト A	Li 型	2.12	約 6.5
ゼオライト B	Ca 型	2.10	約 3.4
ゼオライト C	Ca 型	2.10	約 3.1

※OPC は普通ポルトランドセメント

表-2 実験ケース

実験 ケース	使用材料	置換率 (C×%)	W/B(%)
ブランク	OPC のみ	—	50
ZI-A	ゼオライト A	15	
ZI-B	ゼオライト B		
ZI-C	ゼオライト C		

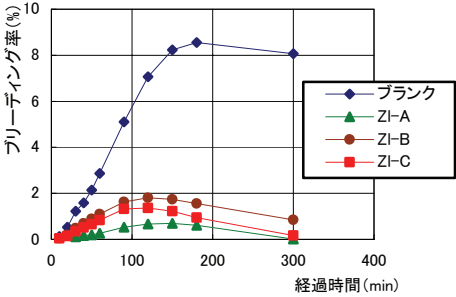


図-1 ブリーディング試験結果

3. 実験結果および考察

3. 1 ブリーディング試験

図-1 にブリーディング試験の結果を示す。ゼオライトを混入していないブランクと比較し、ゼオライトを混入したケースでは最大ブリーディング率および 6 時間後のブリーディング率が大幅に低減し、 $ZI-B > ZI-C > ZI-A$ の順にブリーディング率が小さくなることが確認された。また最大ブリーディング率はすべてのケースにおいて、120～180 分の間にピークを迎えており、ゼオライトを混入したケースではブリーディングの湧出時間が短くなっている。これらの結果から、ゼオライトにはブリーディング抑制効果があると推測できる。

3. 2 フロー試験

図-2 にフロー試験の結果を示す。ブランクと比較し、ゼオライトを混入したケースではフロー値が減少し、 $ZI-C > ZI-B \gg ZI-A$ の順に小さくなっている。また、各ケースとも 60 分後までのフローの経時変化量に大きな差異は見られなかった。この結果より、ゼオライトはフローを低下させ、 $ZI-A$ ではその傾向が顕著であることがわかる。そのことから、ゼオライト A は水を拘束しやすいものと推測される。

3. 3 変形係数と拘束水比の確認試験

図-3 に水結合材容積比とフロー面積比の関係を示し、表-3 には、図-3 で得られた近似直線の傾き（変形係数）と切片（拘束水比）を示す。この結果より、変形係数はゼオライトを混入するとすべてのケースで、ブランクよりも大きな変形係数を示していることがわかる。また、拘束水比はブランク、 $ZI-B, C$ で同程度の値であり、 $ZI-A$ では他のケースに比べ大きな値を示していることがわかる。この結果からも、 $ZI-A$ のゼオライト A は水を拘束しやすい性質があることが確認できる。さらに、 $ZI-B, C$ はブランクと拘束水比がほぼ同程度であるものの、変形係数は若干大きな値となった。これは、フロー試験でブランクより $ZI-B, C$ のフロー値が小さくなる結果とも一致する（ $W/B=50\%$ を水結合材容積比に換算するとおおよそ 1.50 程度）。

ゼオライトの平均粒径はセメントよりも小さいことから、ゼオライトを混入すると拘束水比が増加することは予測できる。しかし、ゼオライト B, C はセメントよりかなり小さな粒径であるにもかかわらず、拘束水比がブランクと同程度の値を示していることは、ゼオライト B, C が形状、電気的性質など、何らかの流動性に貢献する効果を有していることが推測される。さらに、ゼオライト A はゼオライト B, C より大きな粒径であるものの、拘束水比が大きいのは、ゼオライト A が水を拘束しやすい性質を備えている可能性が考えられる。

4. まとめ

ゼオライトを混入すると大幅にブリーディング率を低下でき、Ca 型ゼオライト (B, C) に比べて Li 型ゼオライトではその効果が高い。また、ゼオライトを混入するとフロー値が低下し、Li 型ゼオライトを混入した場合はフローが顕著に低下する。これらのことから、ゼオライトを混入する場合、通常配合と同様のフロー値を得るためには多くの水が必要となり、適切な混和剤の選定にも留意する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 木下貴史, 大下英吉: ゼオライトのイオン交換能に着目したセメントの耐ひび割れ性能向上に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, pp.457-462, 2009.
- 2) 岡村甫, 前川宏一, 小澤一雅: ハイパフォーマンスコンクリート, 技報堂出版, 1993.

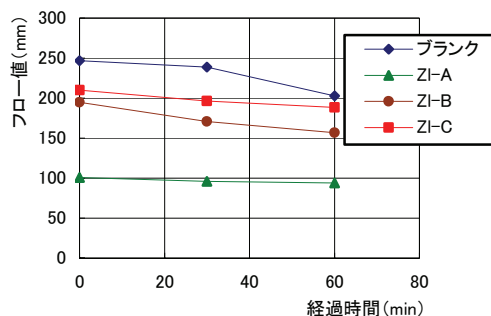


図-2 フロー試験結果

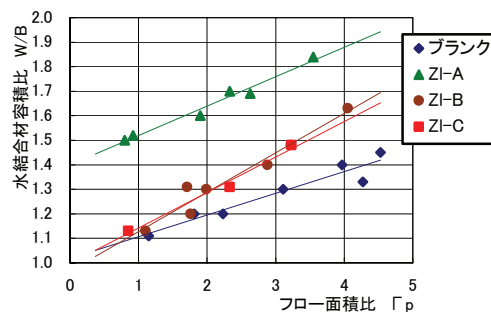


図-3 フロー面積比と水結合材容積比の関係

表-3 変形係数と拘束水比

実験ケース	変形係数	拘束水比
ブランク	0.089	1.02
ZI-A	0.122	1.40
ZI-B	0.162	0.96
ZI-C	0.146	0.99