

モルタルのひび割れ抵抗性向上に関する研究

東海大学大学院 正 会 員 ○馬場 勇介 東海大学大学院 学生会員 大野 浩継
 東海大学大学院 学生会員 齋藤富美夫 東海大学工学部 正 会 員 笠井 哲郎

1. はじめに

著者らの一部は、セメント中のアルカリ含有量を極力低下させることで、伸び能力が大きく、ひび割れ抵抗性の高いセメント硬化体を得られることを報告しており¹⁾、耐ひび割れ性の向上を指向した超低アルカリ含有量のセメントの実用化を検討している。一方、近年ゼオライト等が、セメント中のアルカリに起因する反応であるアルカリ骨材反応やエフロレッセンスの抑制に効果があることが報告されている^{2), 3)}。これらの効果は、セメント硬化体中のアルカリ金属イオンの吸着あるいは拘束・固定によるものと考えられており、セメント中のアルカリ含有量を極力低下させた場合と同様に、セメント硬化体の耐ひび割れ性の向上が期待できる。そこで本研究では、合成ゼオライトを用いたモルタルのひび割れ抵抗性について検討を行った。また、セメントの水和生成物（ゲル）の形態を変化させ、セメント硬化体の保水性を高める効果のある亜硝酸リチウムについても併せて検討を行った。

2. 実験概要

使用材料は、表-1 に示す普通ポルトランドセメント、大井川水系陸砂、合成ゼオライト（イオン交換サイトに Ca イオンを保持したタイプ）および亜硝酸リチウムを用いた。本研究では、既報¹⁾の再現実験を行い、全アルカリ量の違いによるひび割れ抵抗性の大小がより顕著に認められるモルタルの配合を選定し、この条件で検討を行うこととした。なお、再現実験は、W/C=50% (S/C=2.5)および W/C=30% (S/C=1.5)の配合条件で、試薬の添加の有無により全アルカリ量を調整した2種類のセメント（表-2）を用いて検討を行った。

本研究では、モルタルのひび割れ抵抗性を、リング型拘束応力試験および無拘束条件下における収縮試験にて評価した。リング型拘束応力試験は、写真-1 および図-1 に示すリング状の鋼製拘束型枠（SS400）を使用した。なお、モルタルと型枠との摩擦を低減するため、型枠底面にはテフロンシート（厚さ：0.5mm）を設置し、また、拘束型枠の円周方向のひずみを測定するため、内リングの内側4ヶ所にひずみゲージを設置した。モルタルの打込み後、水分の逸散を防止するため試験体上面をポリエスチルフィルムとラップで密封し、20±3℃、90±5 R.H.%の恒温恒湿槽に静置し、直ちに内リングの円周方向のひずみの測定を開始した。その後、材齢 24 時間で内リング以外の型枠を脱型し、20±3℃、60±5 R.H.%の恒温恒湿槽に静置し、試験体にひび割れが発生するまでひずみの測定を継続した。なお、ひび割れ発生材齢は、内リングのひずみが急激に減少する時期（内リングに接するモルタルの拘束応力が急激に開放される時期）とした。

無拘束条件下における収縮試験は、「セメントペースト、モルタルおよびコンクリートの自己収縮および自己膨張試験方法（改訂版 2002）」に準じて行い、養生方法はリング型拘束応力試験と同条件とした。

キーワード ひび割れ抵抗性、アルカリ、ゼオライト、モルタル、拘束応力、収縮ひずみ

連絡先 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117 東海大学 工学部土木工学科 TEL 0463-58-1211

表-1 使用セメントの物理的性質

セメントの種類	全アルカリ (%)	比表面積 (cm ² /g)	密度 (g/cm ³)	鉱物組成 (%)			
				C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
普通ポルトランドセメント	0.47	3,280	3.16	56	16	9	9

表-2 使用セメントの全アルカリ量

全アルカリ (%)	セメント中の全アルカリ (%)		試薬の添加量 (%)	
Na ₂ Oeq	K ₂ O	Na ₂ O	K ₂ SO ₄	Na ₂ SO ₄
0.47	0.33	0.25	-	-
0.90			0.570	0.535



写真-1 リング型拘束応力試験用型枠

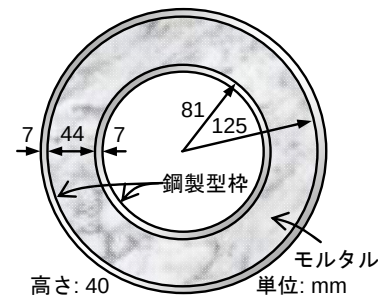


図-1 リング型拘束応力試験用試験体

3. 実験結果および考察

図-2 は既報¹⁾の再現実験結果であり、リング型拘束試験体のひび割れ発生材齢における無拘束供試体の収縮ひずみと全アルカリの関係を示したものである。

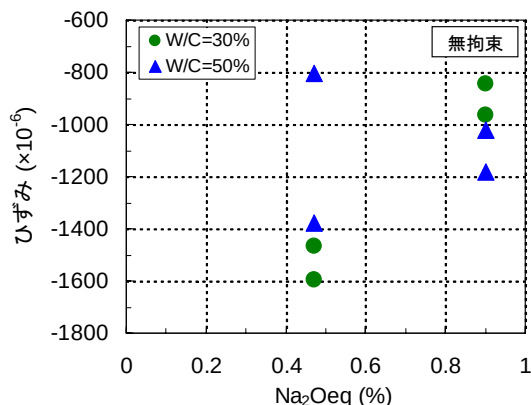


図-2 リング型拘束試験体のひび割れ発生材齢における無拘束供試体の収縮ひずみと全アルカリの関係

なお、リング型拘束応力試験では、各々の実験水準につき2個の試験体を作製した。図-2より、W/C=30%では、セメント中の全アルカリが少ないほど、拘束ひび割れ発生時の自由収縮ひずみが大きくなり、ひび割れ抵抗性が向上していることが判る。一方、W/C=50%では、全アルカリが0.47%の条件においては、2個の試験体のバラツキが大きく、明確な傾向が認められなかった。既報¹⁾においても低水セメント比の場合ほど、アルカリの影響が顕著に認められることが報告されており、上記の傾向と一致した。そこで、本研究ではW/C=30%の条件で検討を行うこととした。図-3は、リング型拘束試験体のひび割れ発生材齢における無拘束供試体の収縮ひずみと亜硝酸リチウムの使用量(C×%)の関係を示したものである。亜硝酸リチウムの使用量の増大に伴い、拘束ひび割れ発生時の自由収縮ひずみは小さくなり、その効果は認められなかった。

図-4、図-5は、それぞれゼオライトを使用した場合の拘束応力、無拘束供試体の自由収縮ひずみの経時変化を示したものである。ゼオライトをC×5%使用した場合、無使用(C×0%)に比較して自由収縮ひずみが大きく、これに伴い引張拘束応力も大きくなり、ひび割れ発生材齢も若干早くなる傾向にあった。しかし、ゼオライトを使用することにより、ひび割れ発生時の引張拘束応力が約12%増大するとともに、図-6に示すように拘束ひび割れ発生時の自由収縮ひずみも約18%大きくなり、ひび割れ抵抗性の向上が認められた。

4. まとめ

本研究で用いた合成ゼオライトは、モルタルの収縮ひずみを大きくする負の効果があるものの、ひび割れ抵抗性は向上する傾向にあった。今後は、収縮を低減する手法を併用した場合や、ゼオライトの種類、使用量の影響について詳細な検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 泉英司, 皆川哲也, 笠井哲郎, 田澤栄一: セメントのアルカリ含有量が硬化体の収縮ひび割れ性状に及ぼす影響, セメント・コンクリート論文集, No.57, pp.335-341, 2003
- 2) 立松英信, 高田潤, 半田実, 飯田達郎: アルカリ骨材反応抑制型補修材に関する一研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.14, No.1, pp.939-942, 1992
- 3) 水口裕之, 津田礼紀: 人工ゼオライトのエフロレッセンス防止効果に関する基礎的研究, 土木学会第60回年次学術講演会講演概要集, DISC 2, pp.663-664, 2005

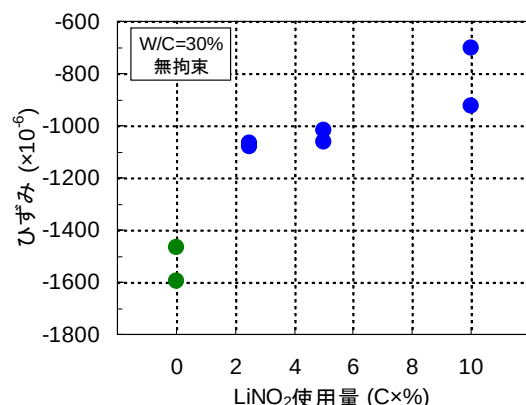


図-3 リング型拘束試験体のひび割れ発生材齢における無拘束供試体の収縮ひずみと亜硝酸リチウムの使用量の関係

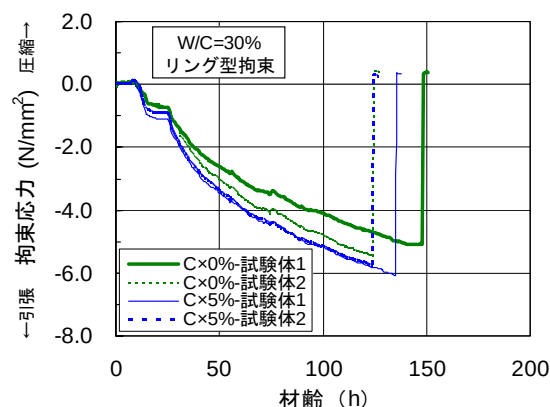


図-4 拘束応力の経時変化（ゼオライト）

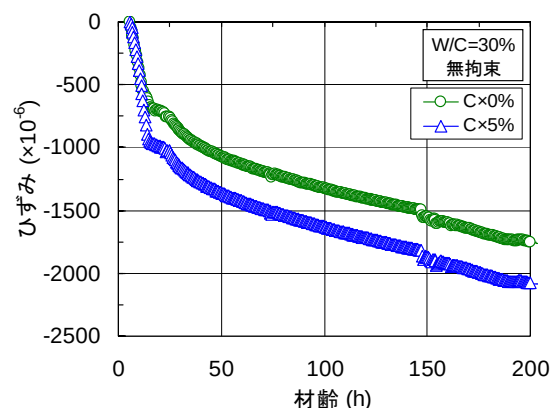


図-5 無拘束供試体の収縮ひずみの経時変化（ゼオライト）

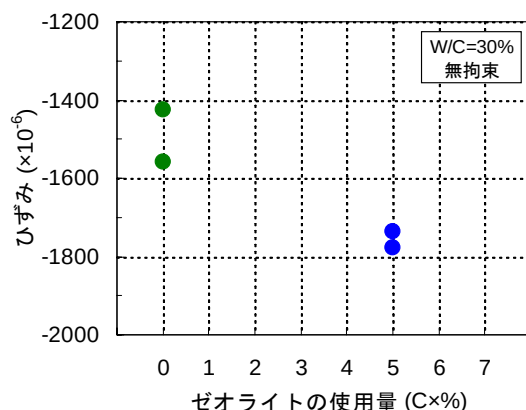


図-6 リング型拘束試験体のひび割れ発生材齢における無拘束供試体の収縮ひずみとゼオライトの使用量の関係