

超微粒既架橋ポリマーを混入したセメント硬化体の力学的性質

広島大学 正会員 田澤 栄一
防衛庁技術研究所 正会員 笠井 哲郎
広島大学 学生員 大津 一郎
広島大学 学生員 ○中山 英明

1. まえがき

ポリマーセメントモルタルに用いられているポリマーについては、その化学成分やイオン性などの影響が主に検討されているが、ポリマー粒子の粒径および形状についての報告は少ない。そこで、本研究では新しく開発された超微粒ポリマーを用いたポリマーセメントモルタルについて検討した。この超微粒ポリマーは従来まで用いられていたポリマーよりその粒径が一桁小さく、またポリマー分子内で架橋が進んでいるため性質が異なる。そこで、超微粒ポリマーを用いたポリマーセメントモルタルの圧縮および曲げ強度、限界応力拡大係数 (K_{ic}) 等を実測して、超微粒ポリマーがセメント硬化体の改質効率に及ぼす影響について実験的に検討した。

2. 使用材料および供試体

セメントは普通ポルトランドセメント (比重: 3.16) 細骨材は山口豊浦産標準砂 (比重2.61) を使用した。ポリマーは表-1に示す5種類のものを使用した。このうち $P_1 \sim P_4$ が超微粒ポリマーであり、 P_5 は一般に用いられているポリマーである。ポリマーセメントモルタルの配合は $W/C=40\%$ 、 $P/C=10\%$ 、 $S/C=1$ とした。また、練り混ぜは図-1に示すように従来の方法 (以下SM) およびダブルミキシング (以下DM) により行い供試体を製造した。

3. 実験方法

圧縮強度試験用供試体は $\phi 7.5 \times 15\text{cm}$ を、曲げ強度試験用供試体は $4 \times 4 \times 16\text{cm}$ とした。なお、曲げ強度試験は三等分点載荷 (スパン長: 10cm) で行った。また本実験での試験材令は全て28日とし、養生方法は2日湿空、12日水中、14日乾燥(40%RH)とした。限界応力拡大係数 (K_{ic}) の測定はSEN法により行った。ノッチは厚さ0.5mmのアクリル板を使用し、あらかじめ型枠に張りつけておき脱型時に供試体から取り外した。なお、加圧する前に予想最大荷重の10%の荷重で10回繰り返し載荷を行った。 K_{ic} はBroun And Srawley の解析式より算出した。

4. 実験結果および考察

図-2はSMおよびDMで製造した各種モルタルの圧縮強度を示したものである。図において圧縮強度はポリマーの種類に関係なくプレーンモルタルよりも低い値を示しているが、従来のポリマーと比較すると超微粒ポリマーを用いたほうが圧縮強度が増大しており、超微粒ポリマーが圧縮強度の増大に寄与していると考えられる。またDMで製造することによってSMの

表-1 使用ポリマーの諸性質

	P1	P2	P3	P4	P5
種 別	1)				2)
イオン性	ノニオン	ノニオン	ノニオン	アニオン	ノニオン
平均粒径 (nm)	87	60	89	81	220
粘度 (cP 20℃)	24	1200	28	22	200
ガラス転移温度 (℃)	-9	-10	-27	-27	—
pH (20℃)	7.2	8.14	7.5	7.4	9.0
固 形 分 (%)	40	50	40	40	45

1) アクリル系ポリマー-ラテックス 2) アクリル系ポリマー-エマルジョン 調25℃

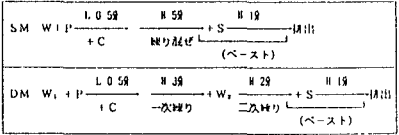


図-1 練り混ぜ方

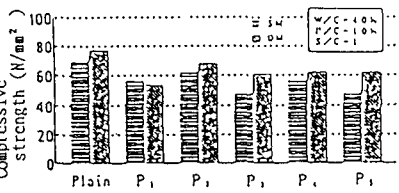


図-2 各種モルタルの圧縮強度

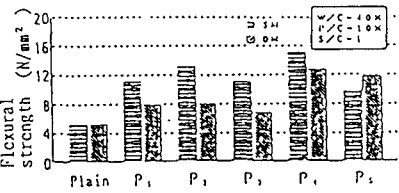


図-3 各種モルタルの曲げ強度

場合よりも圧縮強度は増大が見られた。図-3は圧縮強度試験と同一の条件で製造した各種モルタルの曲げ強度を示したものである。図よりSMの場合では超微粒ポリマーを用いた全ての場合で、従来のポリマーを用いた場合よりも曲げ強度は増大している。特に P_4 では P_0 よりも約50%の強度増大を示していることから、超微粒ポリマーのほうがセメント硬化体の改質効果が優れていると考えられる。一方、DMで製造した場合、超微粒ポリマーを用いたモルタルの曲げ強度が大幅に低下している。これは、図-4に示すように超微粒ポリマーを用いたポリマーセメントモルタルをDMで製造すると、SMの場合に比べて乾燥収縮量が増大したためである。

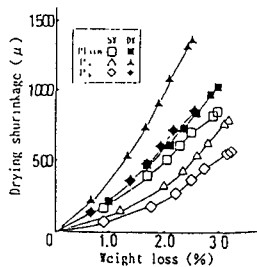


図-4 乾燥収縮ひずみと重量減少率の関係

しかしながらDMの場合がSMの場合よりも圧縮強度が増大している結果から、曲げ強度においても、モルタルの配合や養生条件を変えることでDMで製造することによって高強度が期待できる。図-5～10は圧縮強度、曲げ強度とノッチ深さを変えて測定した K_{Ic} の関係をそれぞれ示したものである。大岸¹⁾は、プレーンペーストにおいて圧縮強度の増加にともない K_{Ic} は増加し、両者には強い相関性が認められると述べている。しかしモルタルを用いた本実験では、ノッチ深さに関係なくSMでは圧縮強度、曲げ強度が大きくなるほど K_{Ic} も大きくなり直線は右上がりとなったが、DMでは圧縮強度、曲げ強度の増加とともに K_{Ic} は若干右下がりの傾向を示した。また同一強度に対してDMの K_{Ic} がSMの場合よりも大きくなっており、この差は低強度になるほど大きくなっている。このことはDMで製造することにより低強度域において高いクラック抵抗性を有する材料の製造が期待できることを示唆している。さらに、SMで製造した場合、超微粒ポリマーを用いた全ての場合で、従来のポリマーを用いた場合よりも K_{Ic} は大きい値を示している。このことから超微粒ポリマーを使用する場合またはDMで製造する場合にポリマーセメントモルタルの K_{Ic} を大きくでき、クラック成長に対する抵抗性を向上できることが明かとなった。

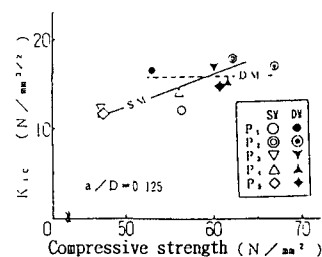


図-5 圧縮強度と K_{Ic} の関係

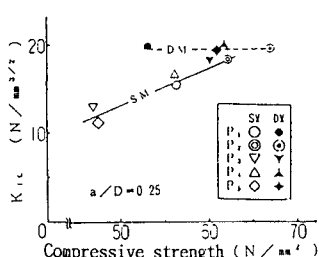


図-7 圧縮強度と K_{Ic} の関係

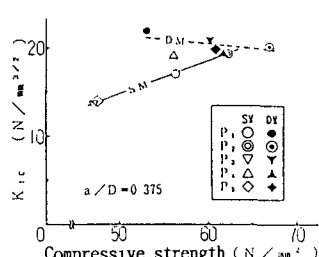


図-9 圧縮強度と K_{Ic} の関係

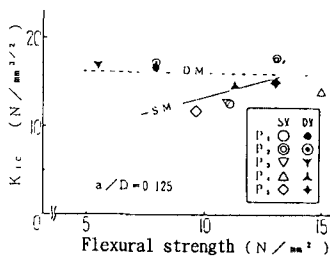


図-6 曲げ強度と K_{Ic} の関係

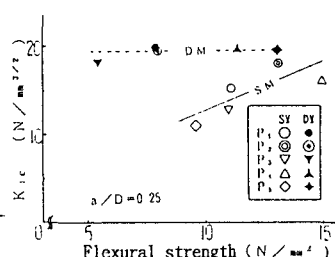


図-8 曲げ強度と K_{Ic} の関係

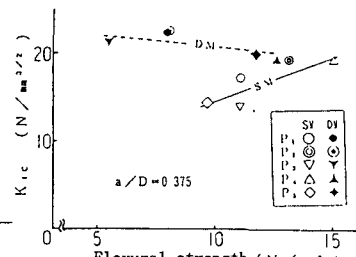


図-10 曲げ強度と K_{Ic} の関係

<参考文献>

大岸佐吉他：セメントペースト，モルタルの破壊性状に及ぼす試験要因効果
コンクリート工学，No. 87, 2-1, Feb. 1987.