

MMA を用いたコンクリートの補修・増強に関する研究

日大生産工(院) ○樋口 貴泰 日大生産工 鶴澤 正美

1 諸言

メタクリル酸メチル (以下MMA) はアクリル樹脂の一種であり, 水族館の耐圧ガラスや接着剤, 倉庫の床の表面塗布剤といった様々な用途で使用されている機能性有機材料である。¹⁾ 現在使用されているコンクリートの補修材は, 硬化時間は短いが強度が小さいものや硬化時間は長いが強度が高いものといった一長一短のものが多い。しかし, MMAは硬化時間が約2時間と短く, 硬化後の強度が大きいという優れた特性があるため, コンクリートの補修材として利用することができるだけでなく従来の補修材よりも優れている可能性があるため検討を行った。

2 JISA6024に基づいた検討

2.1 供試体の作製

JISA6024建築補修用注入エポキシ樹脂の規格に基づきMMAがコンクリートの補修材として使用可能であるかの検討を行った。本実験のMMAは菱晃社製DR-90を使用した。

供試体は4×4×8cmの十分に養生させた2つのモルタルバーの間に1mmのスペースを作り, そこにMMAを注入し完全硬化したものを使用した。完全硬化後は3点曲げ治具を使用して曲げ強度試験を行った。

2.2 曲げ強度試験結果

曲げ強度試験を行った結果, MMA 注入部位ではなく MMA 注入部位近傍の母材部分にひび割れが発生した (図1)。これはMMAの曲げ強度が母材であるモルタルバーよりも強かったため, 先に母材が補修部近傍で発生したせん断力に耐えきれずせん断破壊を起こした事が原因であると推察される (図2)。この結果から通常の JIS 規格による曲げ強度試験では MMA の曲げ強度を測定し, 補修材として使用可能であるかの検討を行う事ができないため, 新たな試験方法を考案して曲げ強度試験を行い, MMA の評価を行う事とした。

3 繊維補強モルタルを用いた曲げ強度試験

通常コンクリートの補修は, ひび割れたコンクリートでおこなわれるため, 疑似的にモルタルにひび割れを作る事により実際の補修が必要なコンクリートを再現し, MMA で補修を行った後に曲げ強度試験を行い曲げ強度の変化によって評価を行った。

普通ポルトランドセメントを用いたモルタルでは荷重をかけると靱性が低いためひび割れを上手く作る事ができず, せん断破壊を起こしてしまう。そこで靱性を持たせることを着想し, 繊維を混入した繊維補強モルタル供試体の作製を行った。



図1 せん断破壊を起こした供試体

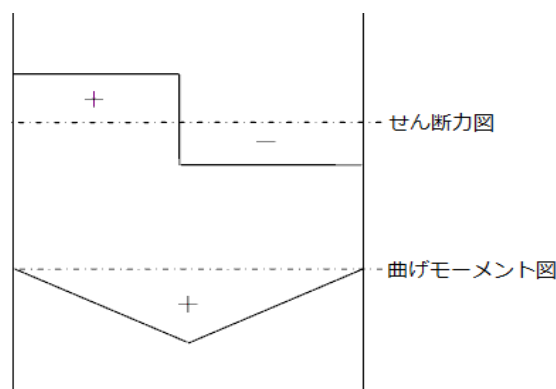


図2 せん断力, 曲げモーメント図

Study on enhancing effect of concrete using methyl methacrylate.
Takayasu HIGUCHI and Masami UZAWA

3.1 繊維補強モルタルの作製

繊維補強モルタルの作製に使用した材料は水道水 (W)、普通ポルトランドセメント (C：密度 3.14g/cm^3)、ケイ石微粉末 (Q：密度 2.6g/cm^3 、粒径 $24\mu\text{m}$)、5 号けい砂 (S：密度 2.56g/cm^3 、粒径 $0.8\sim 0.3\text{mm}$)、高性能 AE 減水剤 (M150：密度 $1.190\sim 1.21\text{g/cm}^3$)、有機繊維 (PVA：密度 $1.3\times 10^{-3}\text{g/cm}^3$) である。

PVA 繊維を選定した理由としては構造式に水酸基を持っているためコンクリートとの化学的付着性が優れている、他の有機繊維と比較して引張強度にも優れていたためである。

配合は表-1 に示す。練り混ぜはモルタルミキサーを使用して行い、セメント、ケイ石、けい砂をあらかじめ混ぜておき、その後水、減水剤を加えて、手練りで 30 秒混ぜ、低速で 2 分 30 秒、高速で 3 分練り混ぜを行った後に再び低速で 30 秒かけて練り混ぜを行いながら繊維を投入し、その後 30 秒低速で練り混ぜを行った。練り混ぜ終了後、 $4\times 4\times 16\text{cm}$ の型枠に打ち込みを行い 1 日気中養生した後に脱型を行い、水中養生を 7 日間行った。

3.2 曲げ強度試験結果

図 4 より元の母材の曲げ強度よりも MMA 補修後の曲げ強度が低くなるという結果になった。図 5 より MMA 補修後の破断面を見ると、MMA 補修後は補修されたひびわれを避けて補修部近傍に新たなひびわれが入った。これは JISA6024 に基づいた試験と同様に MMA 補修部分の曲げ強度が母材強度よりも強かったため、先に母材が補修部近傍でせん断力に耐えきれずせん断破壊を起こした事が原因である。そのため、MMA によって補修部の曲げ強度は増加したが、せん断力に対する抵抗性は小さいため数値上では曲げ強度の数値が落ちるという結果になったと考察した。

このことから MMA にはひび割れを補修するだけではなく補修部の曲げ強度の増強効果があることが判明した。

4 従来から使用されている補修材との比較

2.2, 3.2 の実験から MMA には曲げ強度の増強効果があるという知見が得られた。そこで、現在主にコンクリートの補修材として使用されているセメント系補修材、エポキシ樹脂、ポリマーセメントモルタルとの強度比較を行った。

4.1 セメント系補修材との比較²⁾

本実験で使用したセメント系補修材はアッシュフォード社製クラックフィラーを使用して検討を行った。主成分がセメントであり、短時間で完全硬化することが大きな特徴である。

結果を図 6 に示す。図 6 より補修後は曲げ強度が著しく低下した。補修後の曲げ強度は母材の曲げ強度の約 14% となっており、セメント系補修材による強度の増強効果は見られなかった。また MMA とは異なり、補修を行ったひび割れ部から破壊していたことから補修部が供試体における破壊の起源になっていることが判明した。

表 1 繊維補強モルタル配合表

W/C(%)	Fiber content(%)	(kg/m ³)					
		W	C	Q	S	PVA	M150
40	1	253.5	650	283.7	1111.4	13	6.5

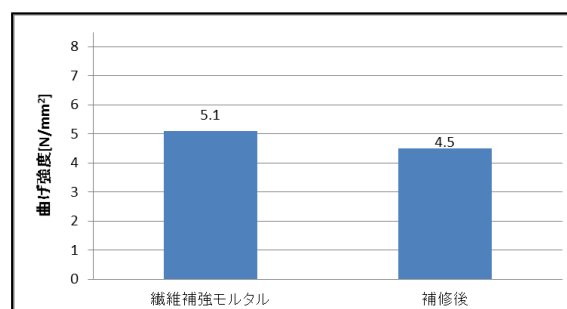


図 4 MMA の補修による強度変化



図 5 供試体破壊断面の模式図

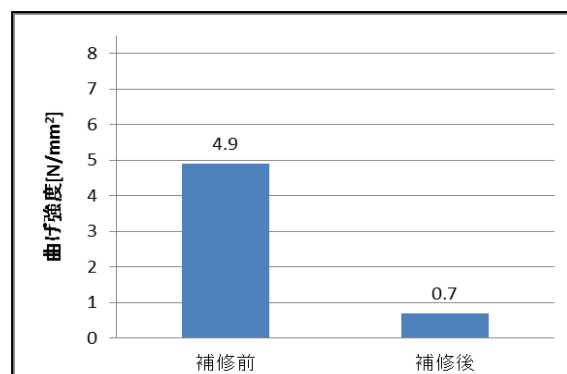


図 6 セメント系補修材による強度変化

4.2 エポキシ樹脂補修材との比較³⁾

エポキシ樹脂はアルファ工業社製アルファテック 380 を使用した。エポキシ樹脂は曲げ強度は大きいが発現するまでに 28 日間と長時間が必要なため、補修後に 1 週間気中養生硬化させ強度を測定した。

結果を図 7 に示す。図 7 よりエポキシ樹脂は補修前よりも高い曲げ強度を示し、補修部の強度の増強効果が確認された。破断様式は図 5 の MMA とほぼ同様で、モルタル界面とに近いところでクラックが生じた。補修後の強度が MMA に比して上昇した理由は、補修した供試体の表面に残存したエポキシ樹脂被膜を完全に除去することができず、曲げ試験時において供試体破断後もエポキシ樹脂被膜が残存し強度を高めたからであると推察している。

4.3 ポリマーセメントモルタルとの比較⁴⁾

ポリマーセメントモルタルは EVA (エチレン酢酸ビニル) 系のハイモルエマルジョン (昭和電工建材社製ペタルス EV-300) を使用し、水セメント比が 50% のセメントペーストに外割りでそれぞれ 10%、50% の二種類の配合で混合し、ポリマーセメントモルタルとして補修を行った。結果を図 8 に示す。

図 8 より外割り 10% と 50% の混入率による補修後の曲げ強度の差は見られなかった。破断面はセメント系補修材と同様に補修部から破断した。また、硬化時間や曲げ強度はセメント系補修材とエポキシ樹脂の中間の特性を示した。

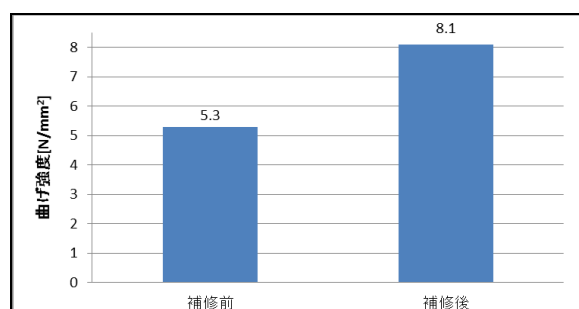


図 7 エポキシ樹脂の補修による強度変化

表2 ポリマーセメントモルタル配合表

EV300 content(%)	W/C (%)	W	C	EV300
10	50	25	50	7.5
50				37.5

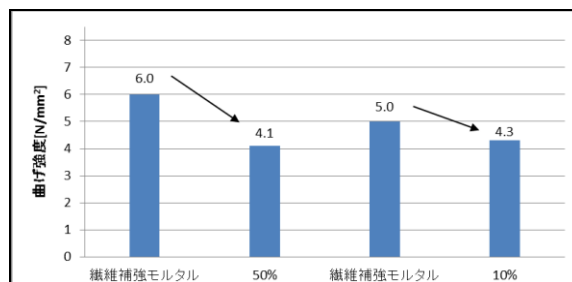


図8 ポリマーセメントモルタル補修後の強度変化

表3 各補修材の引張強度

	セメント系補修材	MMA	エポキシ樹脂	ポリマーセメントモルタル
引張強度(N/mm²)	2.16	8.83	11	2.57

表4 各補修材の性能評価

	セメント系補修材	MMA	エポキシ樹脂	ポリマーセメントモルタル
硬化時間	◎	◎	△	△
増強効果	x	◎	○	x
低温対応性	△	◎	△	△
コスト	◎	△	△	○
総合所見	○	◎	△	x

4.4 各補修材の性能評価

表 3 に各補修材の引張強度を示した。表 3 より、補修材による強度の増強効果は母材である繊維補強モルタルの曲げ強度よりも高い引張強度の樹脂でのみおこることは明らかである。これは曲げ試験時に供試体下部にかかる引張縁応力を強度が高い樹脂被膜が受け持ったために引張強度が増強し、引張強度と密接な関係を持つ曲げ強度の増強効果がおこったと事が主因であると推察される。

3.2, 4.1, 4.2, 4.3の結果をまとめて性能を一覧表に示すと表4のように判断される。セメント系補修材は硬化時間とコストに優れているが補修による強度の増強効果がなく、ひび割れ部を充填するだけである。エポキシ樹脂は補修による強度の増強効果はあるが硬化時間が長く、強度が発現するまでに時間がかかってしまう。ポリマーセメントモルタルはセメント系補修材とエポキシ樹脂の中間の性質を示したが補修による強度の増強効果は確認されなかった。MMAは補修による増強効果が確認されると共にエポキシ樹脂よりもはるかに優れた硬化時間であることから優れた補修材の一種であると判断される。

5 MMAの靱性の有無の検討

コンクリートの補修材においては強度の他に靱性も重要なパラメータのひとつである。補修材に靱性があれば、補修部分に仮に応力がかかっても補修材の伸びで応力を吸収することができるからである。そのためひずみゲージ(PL-60-11)を使用して供試体下部に発生する引張り縁応力で発生するひずみの測定を行い靱性の有無の検討を行った。

5.1 供試体の作製

供試体は2.1の実験と同様に2つのモルタルバーを用いて作製した。しかし、2.1で作製した供試体と同面積でMMAの注入を行い、曲げ強度試験を行うとせん断破壊を起こしてしまうため接着面積を2.1で作製した供試体の1/160まで減少させることによってMMAと母材の間で界面破壊が起こるように調整を行った。

5.2 実験結果

図9より曲げ応力が0-25[N/mm²]の範囲はモルタルの弾性域であり、モルタルが弾性変化をしている。24-32[N/mm²]の範囲はモルタルからMMAへの遷移域となっており曲げ応力が32-35[N/mm²]の範囲でMMAが弾性変化をしている。35[N/mm²]で供試体の最高強度に達しておりMMAとモルタルの界面剥離が起こった。35[N/mm²]以降のひずみに関してはひずみゲージが伸びているだけである。

この結果からMMAには靱性もあることが確認された。

6 結言

- (1)MMAは曲げ強度が高く、硬化時間が短いことからコンクリートの補修材として使用することが可能である。
- (2)樹脂によるコンクリートの補修は単なるひび割れの充填だけでなく補修個所の増強効果もある。
- (3)MMAには靱性があり、曲げ応力が加わった際に弾性変化する。

以上より、MMA補修材は、補修・増強・靱性の三つの要素を併せ持つ補修材であることが明らかとなった。

7 謝辞

本研究を行うにあたり株式会社菱晃ケミカル製品事業部アクリシラップ部から様々な指導を頂きました。この場を借りて深謝いたします。

参考文献

- 1) 株式会社菱晃ケミカル製品事業部:メタクリル樹脂液アクリシラップ-DR製品カタログ
- 2) アッシュフォードジャパン株式会社:クラックフィラー製品カタログ
- 3) アルファ工業株式会社:アルファテック380製品カタログ
- 4) 昭和電工建材株式会社:ハイモルエマルジョン製品カタログ

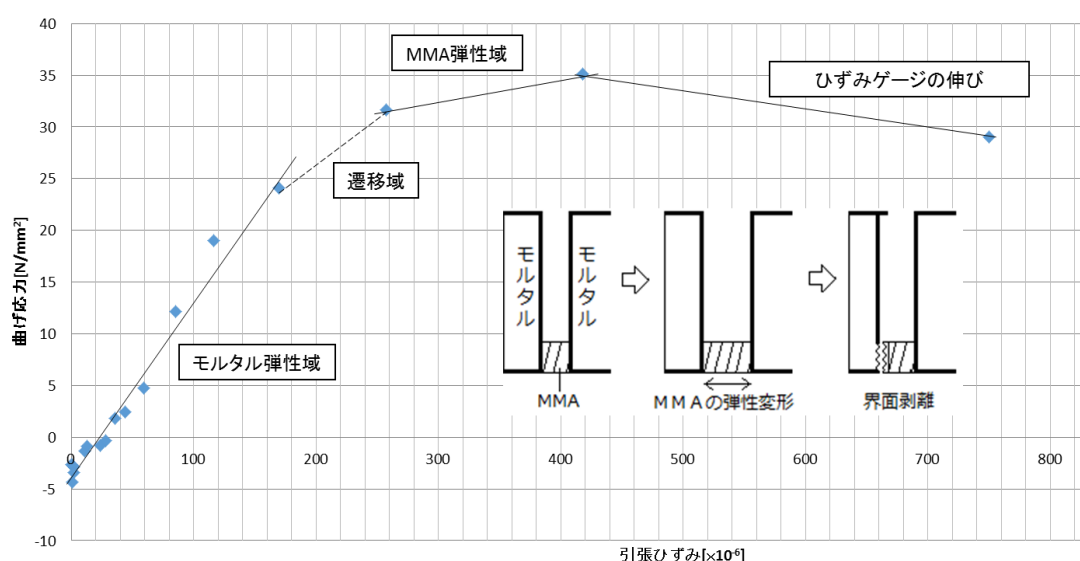


図9 MMAで補修したモルタルの応力-ひずみ曲線と補強メカニズム