

青木建設	研究所 正会員	森野亮吾
三菱レイヨン	商品開発研究所	林 繁次
三菱レイヨン	商品開発研究所	佐野智雄
青木建設	研究所 正会員	酒井芳文
青木建設	研究所 正会員	牛島 栄

1. はじめに

現在、既存RC構造物における維持管理の重要性が高まり、補修、補強工法の研究および開発が盛んに行われている[1]。本報では、炭素繊維（以下CF）シートの含浸接着用樹脂として一般的に用いられているエポキシ樹脂に替えて、低温硬化性、速硬化性に優れたメチルメタクリレート系（以下MMA）樹脂を用いた場合のCFシートの材料特性および耐久性について述べる。

2. 実験概要

試験体の作製に用いたCFシートの仕様を表-1に、MMA樹脂およびエポキシ樹脂の特性を表-2に示す。コンクリートへのCFシートの貼付けには、含浸接着用樹脂と同系のプライマーも用いた。

MMA樹脂は、速硬化性を有するため可使時間が制限される。そこで、本実験では実施工に対応できるような作業時間を確保するため、硬化剤と促進剤を別々に配合した2種類の樹脂液を順次CFシートに含浸させ、塗布面で両液を接触混合することにより硬化させる2液法を採用し、比較のため硬化剤と促進剤を1液に配合した通常のMMA 1液配合樹脂、エポキシ樹脂の3種類で引張試験、接着力試験、一軸圧縮試験を行った。また、接着樹脂の耐久性を検討するため下記の試験を実施後接着力試験を行った。

- (1)耐熱試験：+70℃（4時間）～-10℃（4時間）を100サイクル。
- (2)耐塩水試験：NaCl濃度3%の食塩水を温度40℃3日間連続噴霧、温度50℃で4日間強制乾燥を10サイクル。
- (3)曝露試験：6ヶ月屋外に放置。（6ヶ月以降も継続中）

2液法の施工フローを図-1、試験体形状を表-3に、試験項目、試験水準と測定数を表-4に示す。

表-1 CFシート¹⁾の仕様

シート目付	300g/m ²
設計厚み	0.167mm/枚
繊維密度	1.8g/cm ³
引張強度	3432MPa
引張弾性率	236GPa

1)三菱レイヨン社製：一方向クロス

表-2 含浸接着用樹脂の特性

樹脂	環境温度 (℃)	粘度 (Pa·s)	硬化時間 (分)
MMA ¹⁾	30	0.20	43
	20	0.26	50
	10	0.52	41
	0	0.72	42
エポキシ ²⁾	20	10以上 ³⁾	10時間 ³⁾

1)三菱レイヨン社製を使用

2)CFシート補強工法で一般に使用されている
常温硬化¹⁾エポキシ樹脂

3)ポロ[®]値

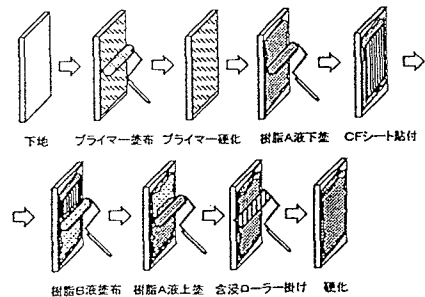


図-1 2液法施工フロー

表-4 試験項目、試験水準と測定数

試験水準	引張試験			接着力試験			一軸圧縮試験 ¹⁾		
	MMA2液	MMA1液	エポキシ1液	MMA2液	MMA1液	エポキシ1液	MMA2液	MMA1液	エポキシ1液
硬化環境温度									
30℃	6	—	—	6	—	—	6	—	—
20℃	24	6	6	6	6	6	12	6	12
10℃	—	—	—	6	—	6	—	—	—
5℃	—	—	—	6	—	6	—	—	—
0℃	18	6	—	6	—	6	6	—	—
耐熱	—	—	—	6	—	6	—	—	—
耐塩水	—	—	—	6	—	6	—	—	—
曝露	—	—	—	6	—	6	—	—	—

1)一軸圧縮試験における12は、1層6体、2層6体の計12体とする。

表-3 試験体形状

試験項目	CFシート	コンクリート
引張試験	12.5×250	—
接着力試験	100×400	100×100×400
耐熱試験	100×400	100×100×400
耐塩水試験	100×400	100×100×400
曝露試験	100×400	100×100×400
一軸圧縮試験	415×180	100φ×200

(単位:mm)

キーワード：炭素繊維シート、MMA樹脂、耐久性、引張試験、接着力試験、一軸圧縮試験

〒300-26 (株) 青木建設 茨城県つくば市要36-1 TEL:0289-77-1114 FAX:0298-77-1137
〒461 三菱レイヨン株式会社 名古屋市東区砂田橋4-1-60 TEL:052-723-8221 FAX:052-723-8244

表-5 引張試験結果

硬化環境 温度(℃)	材料・工法	引張強度(N/mm ²) 平均値/最小値	引張弾性率(N/mm ²) 平均値×10 ⁵	破断ひずみ (%)
30	MMA-2液	3981/3834	2.47	1.54
20	MMA-2液	3707/3511	2.39	1.48
	MMA-2液	3887/3628	2.43	1.53
	MMA-2液	3834/3756	2.39	1.54
	MMA-2液	3903/3570	2.40	1.54
	MMA-1液	3887/3727	2.43	1.54
0	エポキシ-1液	3952/3717	2.47	1.54
	MMA-2液	3707/3432	2.41	1.47
	MMA-2液	3619/3315	2.42	1.45
	MMA-2液	3736/3393	2.44	1.47
	MMA-1液	4060/3913	2.48	1.58

3. 実験結果および考察

(1) CFシートの引張試験結果

試験結果を表-5に示す。硬化温度、施工法が引張強度に及ぼす影響はほとんどなく、エポキシ樹脂を用いた場合と同等の引張特性を示している。

(2) 接着力試験結果

試験結果を表-6に示す。引張強度と同様に、接着強度もエポキシ樹脂を用いた場合との差異は見られなかった。また、耐久性試験においても接着性の著しい低下はなく、十分な耐久性を有しているものと思われる。なお、破壊状態がコンクリート母材破壊であることから、良好な接着性を有することが認められた。

(3) 一軸圧縮試験結果

試験結果を表-7に、また、代表的な試験体の軸方向応力と軸方向ひずみおよび周方向ひずみの関係を図-2に示す。MMA樹脂を用いた補強試験体は、無補強試験体と比べて大幅に圧縮強度、終局ひずみが増大しており、エポキシ樹脂を用いた場合とほぼ同等の補強効果が得られた。

4. まとめ

CFシート含浸接着用樹脂としてMMA樹脂を用いた各種実験により、以下の事が明らかとなった。

- (1) 硬化時間の大幅な短縮、および低温（5℃以下）環境下での施工が可能となる見通しが得られた。
- (2) 樹脂を含浸硬化したCFシートは、引張特性、コンクリートとの接着性および一軸圧縮補強効果においてエポキシ樹脂を用いた場合と同程度であった。また、施工法の違いが強度に影響を及ぼすことはないということが判った。
- (3) 塩害環境下および繰り返しの熱作用を受ける過酷な環境下においても、十分な耐久性を有しており、コンクリートとの接着性も低下しないことが判った。

参考文献

[1] 酒井芳文、宇賀田康夫、秋山吉弘、牛島栄：炭素繊維シートを用いて曲げ補強を行ったRC床版の力学的特性、コンクリート工学年次論文報告集、Vol18, No. 1, pp1445-1450, 1996

表-6 接着力試験結果

試験水準	材料・工法	接着力(N/mm ²)
30℃硬化	MMA-2液	3.7
20℃硬化	MMA-2液	4.0
	MMA-1液	3.0
10℃硬化	エポキシ-1液	3.4
	MMA-2液	3.0
5℃硬化	エポキシ-1液	3.7
	MMA-2液	4.0
0℃硬化	エポキシ-1液	硬化不良
	MMA-2液	3.0
耐塩水性	エポキシ-1液	硬化不良
	MMA-2液	3.9
耐熱性	MMA-2液	3.6
	エポキシ-1液	3.8
曝露	MMA-2液	3.6
	エポキシ-1液	3.4

注) 硬化不良以外はすべて母材破壊。

表-7 一軸圧縮試験結果

硬化環境 温度(℃)	材料・工法	層数	圧縮強度 (N/mm ²)	強度比 ¹⁾	破壊状態と個数
30	MMA-2液	1	71.2	2.1	シート2, 継手2, 混合2
20	MMA-2液	1	69.4	2.0	シート2, 継手2, 混合2
	MMA-2液	2	98.9	2.9	シート2, 継手2, 混合1
	MMA-1液	1	69.2	2.0	シート2, 継手4
	エポキシ-1液	1	71.9	2.1	シート6
	エポキシ-1液	2	103.9	3.0	シート6
0	MMA-2液	1	69.1	2.0	継手4, 混合2

1) 無補強試験体の圧縮強度(34.5N/mm²)を1.0とした時の強度比。

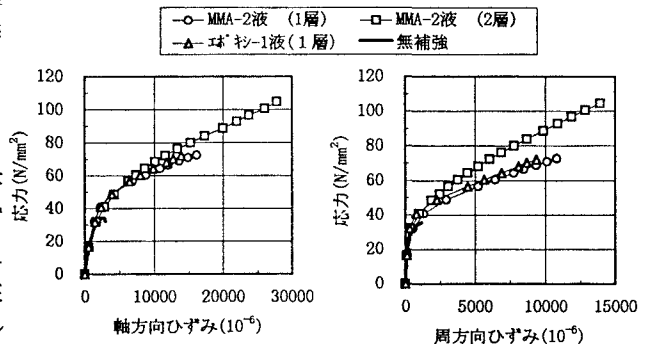


図-2 軸方向応力とひずみの関係