

V-463

炭素繊維シート工法へのMMA樹脂の応用

日本道路公団御殿場管理事務所 正会員 矢嶋 尚彦 大阪大学土木工学科 正会員 李 泳昊
 日本道路公団試験研究所 正会員 ○中須 誠 小田急建設（株） 正会員 進藤 敏則
 東燃（株） 齊藤 誠

1. 概要

橋脚の耐震補強工事等で炭素繊維シート工法が用いられるようになったが、同工法はプライマーや不陸修正用のパテ材、炭素繊維シートを含浸接着させる樹脂はエポキシ樹脂が用いられている。しかし、一般的なエポキシ樹脂は5℃以下の低温では、施工が困難であったり、降雨や結露により表面が白化し易いなどの性質をもっている。これらの状況を改善すべく、低温での硬化特性に優れ、降雨や結露にも影響の少ない樹脂として、メチルメタクリレート樹脂（以下MMA樹脂）を用いた炭素繊維シート工法の検討を行なった。その結果、MMA樹脂は低温施工での硬化特性に優れ、硬化後はエポキシ樹脂施工と同等の耐久性や補強効果を有する事が確認された。また、実際の橋脚補強工事にも用いられ、実用性の面でも問題ない事が確認された。

2. 実験内容

(1) 材料試験 MMA樹脂は-10℃から30℃までの幅広い温度範囲での施工が可能である。MMA樹脂を含浸接着樹脂として、0℃の気温で2日間の養生条件で炭素繊維シート硬化板を作製し、引張強度とコンクリート接着強度を評価し、室温で施工したエポキシ樹脂での試験片との比較を行なった。引張試験片は0℃冷凍室内で、①離型フィルム上にMMA含浸接着樹脂を塗布、②炭素繊維シート設置、③含浸脱泡、④樹脂上塗り、⑤離型フィルム設置、⑥ゲル化後短冊状にカットの手順で作製し、上記条件にて養生を行なった後に室温に戻し、タブを接着して引張試験に供した。引張試験はJIS K7073に準拠して実施し試験点数はn=5とした。接着試験は同様に0℃の冷凍室内で、ケレン処理済のJISコンクリート平板に①MMAプライマーを塗布し、②MMAパテ材を約1mmの厚さで塗布、③その後MMA含浸接着樹脂を用いて、炭素繊維シートを1層施工した。同一条件で養生後、室温に放置して、4cm角の鋼製アッ

チメントを接着し、コンクリートまで届く切り込みを入れた後に建研式接着試験を実施した。試験点数はn=5とした。また、比較として室温（20℃）で養生したエポキシ樹脂およびMMA樹脂試験片の試験も実施した。結果をエポキシ樹脂試験片の結果と、室温で養生したMMA樹脂試験片の結果も合わせて表1に示す。尚、数値は引張試験、接着試験とも平均値を示す。0℃2日間の養生条件でも、MMA樹脂は引張強度、ヤング率、接着強度とも室温養生のエポキシ樹脂と比較して、ほぼ同等の結果となった。

(2) 促進暴露試験 MMA樹脂を用いて作製した炭素繊維シート引張試験片およびモルタル接着試験片（7cm角の試験用標準モルタル：日本テストパネル製）を用いて、促進暴露試験を実施し、最長で2000時間暴露後の引張特性、接着特性を評価した。引張試験片、接

表1 材料試験結果

	樹脂	養生条件	引張試験		接着試験	
			引張強度 N/mm ²	ヤング率 N/mm ²	接着強度 N/mm ²	破壊モード
1	MMA樹脂	0℃	4,020	2.37×10^6	3.2	コンクリート母材破壊
2	エポキシ樹脂	20℃	4,140	2.35×10^6	2.5	コンクリート母材破壊
3	MMA樹脂	20℃	4,270	2.40×10^6	2.9	コンクリート母材破壊

注）炭素繊維シートの仕様 高強度タイプ炭素繊維
 繊維目付け 300g/m²
 引張強度基準値 3480N/mm²

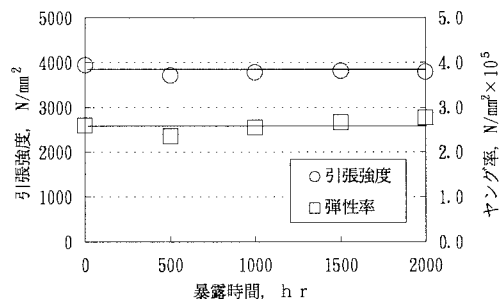


図1. 促進暴露引張試験結果

キーワード：炭素繊維シート、MMA樹脂、耐震補強

着試験片の作製は上記の手順に則って行なった。

促進暴露条件はJIS A1415に準拠するサンシャインカーボンアーク灯を用いた試験で、供試体は塗装無しの条件にて暴露した。引張試験は上記同様JIS K7073に準拠、接着試験はJIS A6909に準拠して実施した。試験結果を図1、2に示す。引張強度および接着強度とも、2000時間の暴露後も大きな低下がなく、従来のエポキシ樹脂と同様に良好な耐久性を示した。

（3）橋脚補強実験 コンクリート供試体でのMMA樹脂の補強効果確認のために、モデル橋脚を用いた補強実験を実施した。実験に用いた供試体の仕様は表2および図3に示す通りで、補強の仕様としては下部1.5D（52.5cm幅）を炭素繊維シート（繊維目付け300g/m²）

2層横巻きとした。試験は軸力0.98 N/mm²での正負交番載荷試験を実施し、靱性補強効果の確認を行なった。

供試体は①無補強、②エポキシ樹脂+炭素繊維補強、③MMA樹脂+炭素繊維補強の3種類とした。試験結果を破壊崩落線として図4に示す。①無補強は8δy載荷途中で、圧縮側かぶりコンクリートの剥落、主筋の座屈により破壊した。一方②エポキシ樹脂補強は12δy載荷途中にシートが破断し、13δyにてコンクリートの圧壊、主筋の座屈により破壊した。③MMA樹脂補強はシートの破断は生じず、主筋の破断により破壊した。MMA樹脂で施工した補強供試体は、エポキシ補強供試体と比較して、同等の変形性能を示し、十分な靱性補強効果を有する事が確認された。

3. 実施工例

実際の橋脚補強に用いた、工事の実例を紹介する。写真1は東名高速道路酒匂川橋の橋脚補強で、MMA樹脂を用いて施工した際の写真である。高さ60mのP2右およびP2左の上部2.5mの範囲（下地面積55m²）を高強度炭素繊維シートを周方向に3層補強した。施工行程はP2右のケースの場合、サンダーケレン処理後、プライマー処理、パテ材による不陸修正処理及び炭素繊維シート1層目の施工を一日目を実施。2層目、3層目の施工を二日目で実施し、プライマー処理から3層目の施工までの行程を二日で終了することができた。ゴンドラ上での施工も問題なく行われ、実用性の点でも、問題ない事が確認された。

4. 謝辞

実験にご協力頂いた、ケミカル工事（株）真鍋氏に感謝いたします。

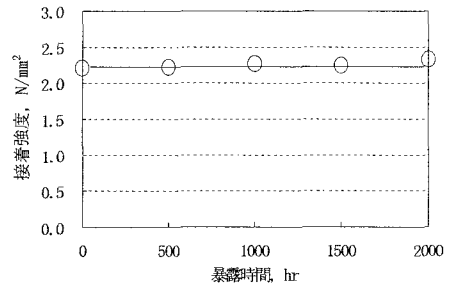


図2. 促進暴露接着試験結果

表2 供試体仕様

供試体名	樹脂	断面形状	鉄筋比		炭素繊維シート補強
			主筋	サブ筋	
①無補強	—	円形	0.79%	0.57%	—
②炭素繊維補強	エポキシ樹脂	円形	0.79%	0.57%	周方向2層
③炭素繊維補強	MMA樹脂	円形	0.79%	0.57%	周方向2層

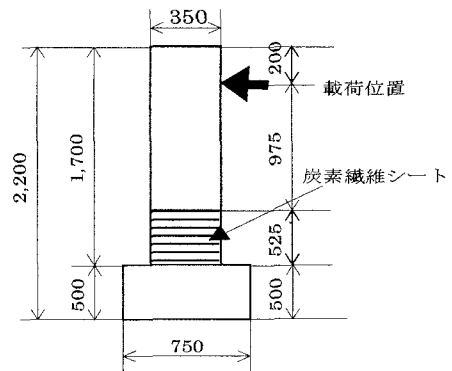


図3 供試体概略図

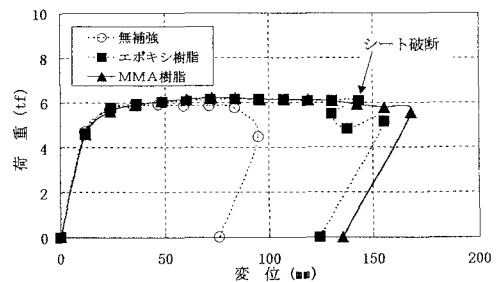


図4 破壊崩落線



写真1 施工状況