

論文

[2150] FRPとポリマーモルタルによるPC板を用いたRC梁の補修に関する研究

正会員○大木 浩靖 (奈良建設土木技術研究所)
 正会員 佐藤 貢一 (奈良建設土木技術研究所)
 正会員 小玉 克己 (武蔵工業大学土木工学科)

1. はじめに

昨年まで著者らは、繊維強化プラスチック (FRP格子) を劣化させたRC梁の下面に配置し、塩害・コンクリートの中酸化・凍結融解作用に強く耐候性に優れているポリアクリル酸エステル系ポリマーモルタル (以後PPモルタル) で一体化させた補修方法により主鉄筋の応力、たわみ量、ひびわれ幅が低減される事を示してきた[1],[2],[3]。しかし、施工の面から考えた場合、現状のコテ塗りによる補修方法は施工の技術により品質・作業効率に変化が生じる事から、補修工程において技術者の技術に頼る部分を極力少なくする事が必要となっている。

そこで、本研究は補修部分をプレキャスト化したPC板をPPモルタルを用いてRC梁に接着する事でコテ塗りによる補修と同等の効果を得られるか否かを主鉄筋応力、たわみ量、ひびわれ幅等より確認する事を目的に行った。

2. 補強FRP材とPPモルタルの性状

表-1 補強材性状表

a) 補強材料：表-1に示すように、補強材としては高弾性炭素繊維 (CmFRP) が最も適しており[1],[2]、繊維量はD10の引張強度と同等になるように4712kg/本

補強材	弾性係数 (E) (kgf/cm ²)	断面2次 モーメント (cm ⁴)	繊維断面積 (A _f) (mm ²)	引張剛性 (AE) (kgf)
FRP CmTYPE	3.50×10 ⁶	0.02	17.45	6.1×10 ⁵
鉄筋 D10	1.84×10 ⁶	0.04	71.33	13.0×10 ⁵

とした。また、補強材の引張剛性値 (繊維断面積A×弾性係数E) を示す。補強材として使用したCmFRP (以後CFRP) は格子状に加工したものである。

b) PPモルタル：PPモルタル

表-2 PPモルタル性状 (28日強度)

の性状を表-2に示す。PPモルタルは、白セメントと珪砂からなるコンパウンドとエマルジョンを5:1混合したもので性状は曲げ引張強度、付着強度が特に高くコンクリートとの接着に適している。

圧縮強度	曲げ強度	引張強度	付着強度	ヤング係数	凍結融解
185.0 kgf/cm ²	73.0 kgf/cm ²	26.3 kgf/cm ²	75.0 kgf/cm ²	1.19×10 ⁵ kgf/cm	300サイクル 変化なし
促進耐候性試験		塩水噴霧試験	中性化促進試験	耐アルカリ性	
3000時間 異常なし		3000時間 異常なし	中性化深度 コンクリートの 1/5	異常無し	

3. 実験概要

CFRPを補強材 (格子状に加工したもの) として、厚さ 3cm, 2cmのプレキャスト板を作製しRC梁の下面にPPモルタルを用いて接着し、その補修効果をコテ塗り補修時の主鉄筋応力、たわみ量、ひびわれ幅を静的曲げ試験より比較して検討する。(PC板2cmは疲労試験のみ)

実験に使用したRC梁およびCFRPとPPモルタルで作製したPC板の形状寸法は図-1

に示す通りである。接着はPC板にPPモルタルを塗布し、ホールアンカー（φ6mm）4本で定着する。（定着後7日間室内養生）

a) 静的曲げ試験：荷重は図-1に示す位置，支点間隔100cm 載荷点幅20cmで載荷した。実験に際して載荷荷重，主鉄筋

及び補強鉄筋の歪，梁中央部のたわみ量，クラック発生後のひびわれ幅を測定した。

b) 曲げ疲労試験：荷重位置及び計測は静的曲げ試験と同様に行った。載荷荷重は上限2.5~3.7 t 下限 0.2 tの繰り返し載荷とし載荷速度を約 5.0 Hz とした。

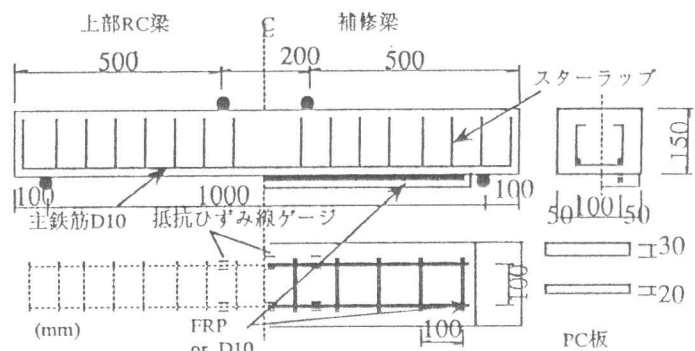


図-1 補修梁形状寸法

表-3 静的試験結果

補修方法	最大破壊荷重(kg)	破壊形状
PC 3cm	6500	曲げ剝離
CFRP コテ	6300	曲げ剝離
鉄筋 D10	7998	曲げ
無補修	3999	曲げ

4. 静的試験の結果と考察

静的試験の結果を表-3に示した。表-3より，PC板で補修した場合の破壊荷重は鉄筋（D10）補修時の最大破壊荷重である7998kgと比較した場合82%にあたる6500kgであった。コテ塗りの破壊荷重と比較した場合にはコテ塗りの破壊荷重（6300kg）を200kg上回った値が確認された。この静的試験の結果より，PC板で補修した場合においても補修効果は十分期待できる。また，施工方法による破壊荷重の変化はなかった。

主鉄筋の応力に関しては，載荷荷重 2tで比較してみると無補修供試体の主鉄筋応力が $2100\text{kg}/\text{cm}^2$ に対して補修後は $1300\text{kg}/\text{cm}^2$ に低減された（図-2）。この値で比較した場合コテ，PC板共に同様の傾向を示している。（鉄筋の応力は図-1に示すゲージにより測定し最大値を採用した。）

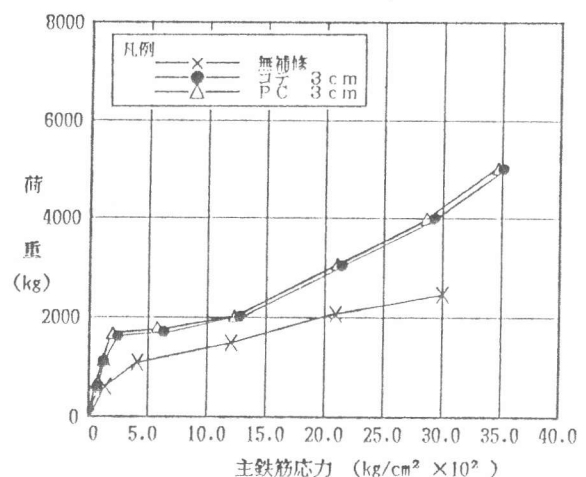


図-2 主鉄筋応力～荷重

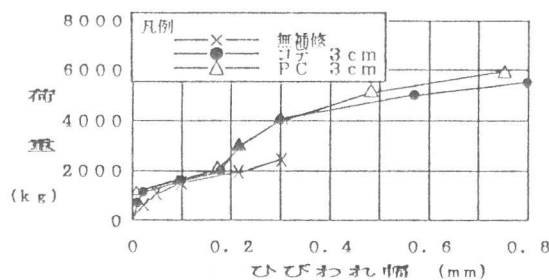


図-3 ひびわれ幅～荷重

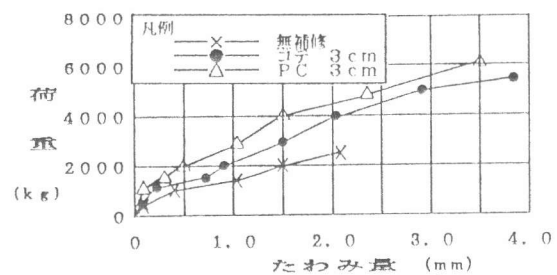


図-4 たわみ量～荷重

補修後のひびわれ幅，たわみ量の値も無補修時の約1/2となっており効果が確認された。すなわちコテとPC板の比較では，ひびわれ幅で荷重が4tを越えた時点からPC板の補修効果がコテを上回った(図-3)。たわみ量に関してはさらに顕著に現れており，PC板補修の場合のたわみ量はコテの値と比較した場合荷重2tでは約1/2であった(図-4)。

5. 曲げ疲労試験結果と考察

図-5はRC梁の鉄筋応力と繰返し回数との関係で，主鉄筋の応力は上限荷重2.5tで無補修3000kgに対して1/2以下(コテ，PC板共に1500kg以下)に低減されている。ここでは，PC板厚3cmと2cmについて比較も行った。主鉄筋作用応力は双方ほぼ同等であったが，PC板厚2cmのものは繰返し回数140万回で破壊しており多少の問題点は残った。上限荷重3.7t(破壊荷重の95%に相当)に関しても，補修方法にかかわらず3cm厚では主鉄筋応力は無補修時の応力(2.5t載荷時)の2/3程度に低減する事が確認された。たわみ量に関しては上限荷重2.5tの場合では無補修時の1/2(1mm程度)で，コテとPC板共にほぼ同等の結果が得られた。PC板厚に関しても3cmと2cmではたわみ量の低減効果は同等に有するものと考えられる。(図-6)

また，同図より上限荷重3.7t時の場合わみ量を比較した場合，荷重が破壊荷重近くまで上昇しているにもかかわらず無補修時(上限荷重2.5t)のたわみ量に留まっている。PC板厚の違いについても荷重2.5tと同様にたわみ量に大きな変化は認められなかった。

図-7から，上限荷重2.5tにおいては補修後のひびわれ幅は，補修方法，補修厚に関わらず0.2mm以下に低減されており，無補修(0.5mm)の約1/3になっている。上限荷重3.7tにおいてもひびわれ幅は無補修の6割程度(0.3mm以下)に抑えられており，この値は無補修供試体に2.4tを静的載荷した時のひびわれ幅0.3mmと同じである。ひびわれ幅の低減に繰返し回数に関してはプレキャスト化は十分効果が期待できる。

図-7から，上限荷重2.5tにおいては補修後のひびわれ幅は，補修方法，補修厚に関わらず0.2mm以下に低減されており，無補修(0.5mm)の約1/3になっている。上限荷重3.7tにおいてもひびわれ幅は無補修の6割程度(0.3mm以下)に抑えられており，この値は無補修供試体に2.4tを静的載荷した時のひびわれ幅0.3mmと同じである。ひびわれ幅の低減に繰返し回数に関してはプレキャスト化は十分効果が期待できる。

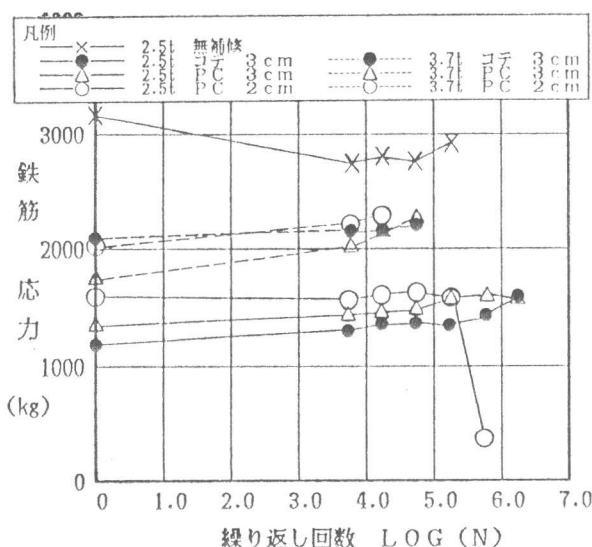


図-5 主鉄筋応力～繰返し回数

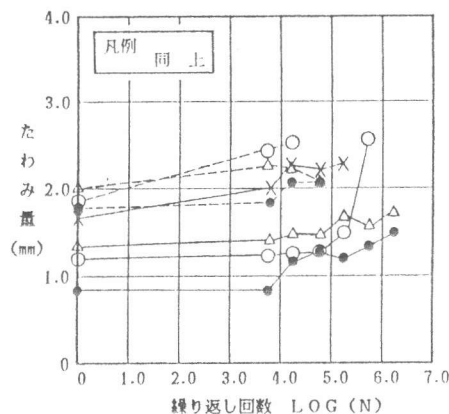


図-6 たわみ量～繰返し回数

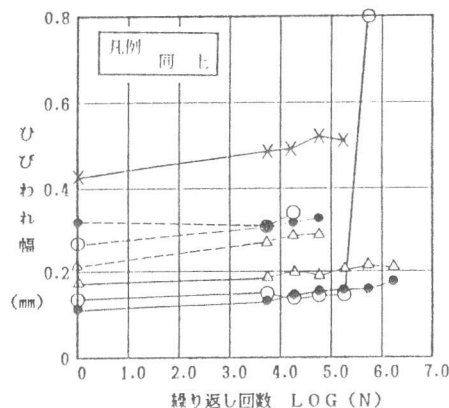


図-7 ひびわれ幅～繰返し回数

6. 曲げ疲労試験における破壊状況

本試験において、繰り返し応力の上
 限值3.7t（無補修梁降伏応力の
 95%）を繰り返し載荷した場
 合の疲労回数は表-4に示され
 るように、コテ塗りによる補修
 供試体が60710回であったのに対
 しPC板3cmは200万回を越え十
 分な補修効果を確認した。また
 , 荷重上限値2.5t（無補修梁降
 伏応力の75%）における破壊
 回数も無補修供試体が213210回
 であったのに対して、コテ塗り

表-4 疲労試験結果一覧表

補修方法	上限荷重 (t)	繰り返し回数	破壊形状
無補修	2.5	213210	曲げ
PC 3cm	2.5	2000000	—
	3.7	226090	曲げ剝離
PC 2cm	2.5	1372420	曲げ剝離
	3.7	34280	曲げ剝離
CFRP コテ	2.5	2000000	—
	3.7	60710	曲げ剝離

PC板3cm共に200万回を越えた。PC板2cmに関しては、上限荷重3.7t及び2.5t共にコテ塗り、PC板3cmより少ない疲労回数で破壊している。特に2.5tにおける破壊状況は補修供試体が曲げ破断し、PPモルタルとCFRPとの剝離が認められた。この原因としては、「格子状の補強材CFRPの付着応力初期（付着応力20kg/cm²程度）は、FRPの軸方向筋の付着が有効であるが、その後横方向筋に付着が依存される」[4]というメカニズムに関係すると考えられる。その結果、繰り返し荷重の値が大きい場合においては、横方向筋の前後に圧縮と引張りの付着応力が繰り返し作用しCFRPとPPモルタルの早期剝離を招き、補修梁の早期破壊に至ったと考えられる。

また、PC板2cmの疲労回数が短かったもう一つの理由としては、補修供試体への接着の際に接着面にねじれが生じておりアンカーによる固定時にPC板に微細クラックが生じた事も考えられる。

7. まとめ

以上の結果より、昨年までFRP補強材をPPモルタルでコテ塗りにより供試体に接着し補修効果を確認するために集められたデータは、補強材をPPモルタルで固めたプレキャストにおいても同等の性状を確認できた事（PC板3cmにおける値）により、今後プレキャストにおいても有効に利用出来ると考えられる。今回の実験でプレキャスト化へのめどが立った事により補修工事の手間の低減に大いに役立つものと思われるが、PC板接着にあたっては、接着面の不陸整正をしっかりと行う必要がある事も注意点として挙げられる。

8. 参考文献

- [1] 佐藤貢一・大木浩靖・小玉克巳：特殊ポリマーモルタルを使用したRC梁の補強工法，土木学会第44年次学術講演概要集，1989.10
- [2] 佐藤貢一・小玉克巳 他：FRPとポリマーモルタルを用いたRC梁の補修に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.12, No.1, PP.1269～1274, 1990.6
- [3] 佐藤貢一・小玉克巳 他：FRPとポリマーモルタルで補修したRC梁の疲労性状，土木学会第45回年次学術講演概要集 V-229, PP.624, 1990.10
- [4] 佐藤貢一・小玉克巳 他：FRP梁の曲げ性状に関する研究，第13回コンクリート工学年次講演会（発表予定）