

武蔵工業大学 土木工学科 学会員 永井 健 正会員 小玉 克巳
 奈良建設 土木技術研究所 正会員 佐藤 貢一

1. はじめに

著者らは、これまでの研究で補強筋としてFRP(Fiber Reinforced Plastic)を、損傷を与えた鉄筋コンクリート梁(以下RC梁)の引張側に配置し、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)補強材で一体化する補強法を提唱してきた。本補強法で補強することにより、既存RC梁の静的曲げおよび疲労環境下において耐久性が向上されること、さらにこれらの曲げ性状が計算によって十分把握できることを示してきた[1][2]。またFRPを補強筋として使用した場合、FRPの引張剛性(繊維断面積 x 弾性係数)が補強後の性状に大きく影響することが認められた。そこで本研究ではモルタル補強材が補強効果に与える影響を把握するため、損傷を与えたRC梁をCFRPと各種性状の異なるモルタルを用い補強し、繰り返し荷重作用下における補強梁の曲げ性状を検討した。

2. 実験概要

(1) 引張材性状及びモルタルの性状

本研究で補強筋としてFRPとRC梁の主鉄筋として鉄筋D10(SD30)を用いた。使用したモルタルは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)、曲げ強度、付着強度にとみ、弾性係数は比較的lowく、耐久性の高いものである。さらに他のモルタルとして吹き付け補修材として用いられているシリカフェーム混合モルタル(以後SFモルタル)、また圧縮強度、弾性係数の高いプラスチック繊維混合モルタル(以後PLモルタル)を使用した。

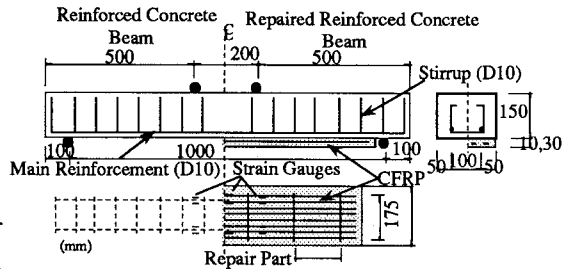
(2) 曲げ試験

RC構造物の損傷を想定し、RC梁にあらかじめ主鉄筋D10の降伏強度の75%(主鉄筋応力2700 (kgf/cm²), 0.3mm程度)のひびわれが発生する荷重を載荷した。供試体の形状は図-1に示す。損傷を与えたRC梁の下面に格子状に加工したCFRPを配置(8本)し、アンカー4本で固定した後、各種モルタルで一体化した。PPモルタルに関しては補強厚さ1および3cmの2種類とし(PP1,2補強)、SF、PLの補強厚さは3cmとした(SF,PL補強)。養生は補強後7日間室内養生とした。繰り返し曲げ試験方法は荷重を載荷点幅20cm、支点間隔 100cmで載荷し、載荷荷重は、上限荷重2.5t(無補修梁の主鉄筋降伏応力の75%, 2700kgf/cm²)から3.7t(無補修梁の破壊強度の95%), 下限荷重を0.2tの繰り返し載荷とし載荷速度を5Hzとした。各繰り返し回数で静的に上限荷重まで荷重を載荷し、計測は、ロードセルにより載荷荷重、抵抗線ひずみゲージより主鉄筋および補強筋のひずみ、クリップゲージによりひびわれ幅、変位計で梁中央点のたわみ量を測定した。

3. 繰り返し曲げ試験結果と考察

(1) 曲げ疲労試験結果と破壊形態

表-1に繰り返し曲げ載荷試験の結果を記す。上限荷重2.5tfにおいて無補強梁の破壊回数は21.3万回であったのに対し各種補強梁は繰り返し回数200万回で破壊せず、補強効果がうかがえる。200万回後における曲げ載荷試験では、補強厚さ3cmのPP2補強梁の破壊荷重は5.9tfであり、補強厚さ1cmのPP1補強梁の破壊荷重は6.3tfであった。しかしながら、シリカフェーム混合モルタルSF及びプラスチック繊維混入モ



FRP:弾性係数 3.5×10^4 引張強度27000kgf/cm²繊維断面積0.4cm²(8本)
 D10:弾性係数 1.92×10^4 引張強度3600kgf/cm² 断面積1.4cm²(2本)

図-1 補強供試体形状図

表-1 実験結果

補強方法	上限荷重 (kgf)	繰返し回数	破壊荷重 (kgf)	破壊性状
無補強	2100 2500	291627 213210		曲げ破壊 曲げ破壊
PP1補強 (補強厚1cm)	2500 3700	2000000* 345000	6300	せん断 曲げ剥離破壊
PP2補強 (補強厚3cm)	2500 3700	2000000* 194000	5900	せん断 せん断
SF補強 (補強厚3cm)	2500	2000000*	4900	曲げ剥離破壊
PL補強 (補強厚3cm)	2500 3700	2000000* 2300	4400	曲げ剥離破壊 曲げ剥離破壊

2000000*: 2000000回で繰返し回数を止めその後静的曲げ試験を行った。

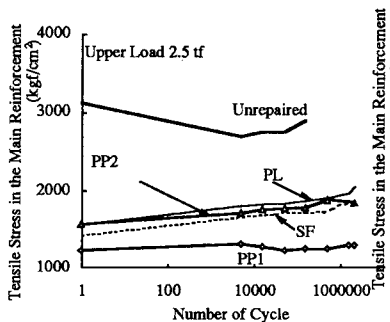


図-2 主鉄筋応力と繰り返し回数との関係 (2.5tf)

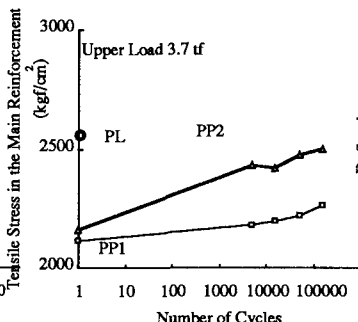


図-3 主鉄筋応力と繰り返し回数との関係 (3.7tf)

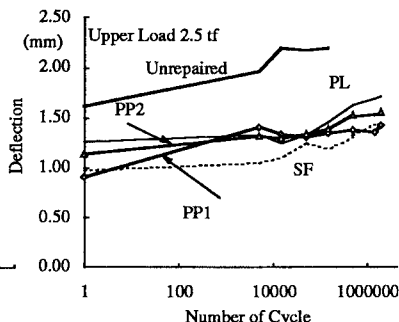


図-4 補強梁のたわみ量と繰り返し回数との関係 (2.5tf)

ルタルPLは5.0tf以下と補強効果が発揮できなかった。上限荷重3.7tfは無補強梁の破壊荷重の95%にもかかわらずPP2補強梁の破壊回数は19.4万回であり、特に補強厚さ1cmのPP1補強梁の破壊回数は34.5万回であった。このことは、補強厚さ1cmのPP1補強梁は、細いひびわれが多数発生し、繰り返し曲げ荷重に対して梁全体に応力分散したのに対しSF、PL補強梁は補強部分の剛性が高いために既往ひびわれ部に応力集中し、早期破壊に至ったものと考えられる。

(2) 鉄筋に作用する応力

図-2に上限荷重2.5tfにおける各繰り返し回数での最大荷重時における主鉄筋D10に作用した最大応力を記す。鉄筋応力値は図-1に示すようにひずみ計測した3断面の最大値とした。無補強梁の主鉄筋に作用した応力が約3000kgf/cm²程度であったのが補強後は2000kgf/cm²以下に低減されている。補強厚さ1cmのPP1補強梁は梁全体に応力分散するために、応力低減が有効に作用し主鉄筋に作用した応力は1200kgf/cm²程度と最も低い値を示した。しかも繰り返し曲げ載荷荷重作用状況下で継続的に応力低減が行われている。補強厚さ3cmのPP2、SF、PL補強梁は応力が1断面に集中することから主鉄筋に作用した応力は1500kgf/cm²以上の値を示した。このことは上限荷重3.7tfにおいても同様で、補強厚さ1cmのPP1補強梁はPP2と比較して応力低減効果が高く、このことがPP1補強の繰り返し回数増加につながったものと考えられる(図-3)。

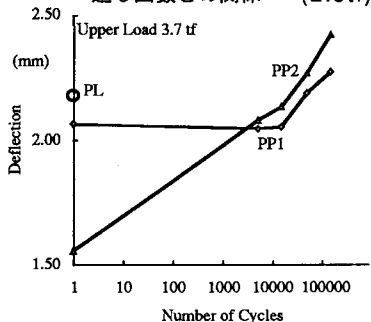


図-5 補強梁のたわみ量と繰り返し回数との関係 (3.7tf)

(3) 補強梁のたわみ変位量に関する検討

上限荷重2.5tfにおける梁中央部のたわみ量は各種補強梁すべてほぼ同様な値を示している。しかしながら、SF、PL補強は繰り返し荷重が増すとともにたわみ量が微増し、界面での剥離が生じた事が確認できる(図-4)。上限荷重3.7tfにおいては、PP2補強梁は1.5mmと応力分散型のPP1のたわみ量約2.0mmより低い値であったが、繰り返し回数の増加と共にたわみ量は増し破壊に至っている。応力分散型のPP1は1.5万回程度までたわみ量の増加はない(図-5)。

5. まとめ

本実験結果より以下のことが言える。

- 1) 曲げ部材の引張側を補強筋とモルタルを用いて補強する場合、繰り返し荷重作用下において弾性係数の高いモルタルを用いると、一断面に応力集中し主鉄筋応力、ひびわれ幅、梁中央部のたわみ量の低減効果が少なく、繰り返し回数初期より補強部分の剥離が生じる。
- 2) 補強部分の断面厚の増加によっても、一断面に応力集中し、早期に破壊に至る。
- 3) 以上のことから、弾性係数の低いフレキシブルなモルタルを用い、補強部分の断面厚は薄い形状のものが良好であると言える。

参考文献

(1) 佐藤賢一・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
 (2) 佐藤賢一・小玉克巳 他:FRPとポリマーモルタルで補修したRC梁の曲げ性状に関する研究,コンクリート工学年次論文報告集,Vol.13,No.2,PP.877-882,1991.6