

V-506

アラミド繊維シートの付着特性について

住友建設技術研究所 正会員 松元香保里

同上 正会員 中井 裕司

同上 正会員 小田切隆幸

1. まえがき

近年、鉄筋コンクリート構造物の補修・補強に、FRPシートが用いられるようになってきている。FRPシートは、コンクリート表面に接着することにより、コンクリート内の鉄筋とともに引張力やせん断力を分担し、補強効果を発揮する。しかしながら、FRPシートとコンクリートとの界面での付着力が十分でない場合、界面において付着破壊が生じ、FRPシートは剥離し、十分な補強効果は得られない。そこで、FRPシートとコンクリートの付着特性の把握を目的として、アラミド繊維を用いたFRPシート（AFRPシート）で曲げ補強をしたRC梁の曲げ試験を行ない、シートとコンクリート界面の付着および剥離を考慮したモデルによる解析を行なったので報告する。

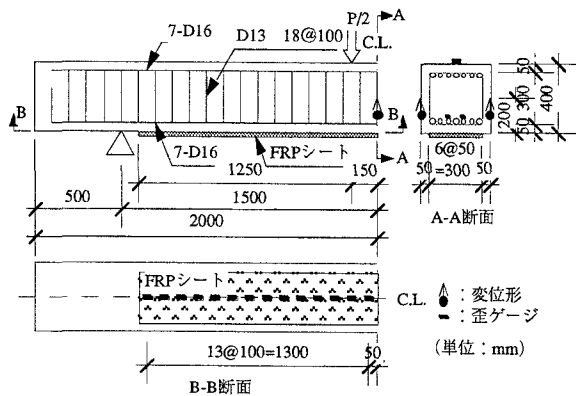


図-1 試験体図

表-1 試験水準

試験体	引張主鉄筋	せん断補強鉄筋	補強量	付着補強	接着面の処理	繊維
A-0	7-D16 (0.99%*1)	D13@100 (0.63%*1)	無補強	無	無	—
A-1			60tf/m		無	テナー
A-2			120tf/m		無	テナー
A-2P			120tf/m		有	テナー
A-3			160tf/m		無	テナー
A-4P			360tf/m		有	テナー
B-2			120tf/m	40tf/m	無	テナー
C-1			116tf/m (232tf/m*2)	無	有	フオルトグゼント

注) *1は面積比を表わす。

*2は両繊維の引張剛性比により換算したアラミド繊維に相当する補強量

2. 試験結果

(1) 試験概要

試験体の形状と配筋および計測位置を図-1に、試験水準を表-1に示す。試験体のシート接着面は、電動チッパーによる目粗しを行なった。接着面の処理は、未処理のケースと、プライマー塗布後、接着全面を不陸調整剤で成形し、シートを接着した処理有りのケースの2種類とした。

(2) 試験結果

試験結果の一覧を表-3に示す。曲げ補強

表-2 試験結果一覧

試験体	降伏荷重 P_{sy} (kN)	圧壊荷重 P_{cu} (kN)	最大荷重 P_{max} (kN)	剥離荷重 P_{bo} (kN)	破壊形式	平均付着強度 τ_f (MPa)
A-0	246.1	267.7	319.4	—	圧壊	—
A-1	265.1	312.2	330.2	323.9	圧壊	0.36
A-2	286.7	338.3	341.3	330.5	圧壊	0.46
A-2P	275.9	350.8	374.3	367.8	圧壊	0.60
A-3	280.5	367.1	368.1	347.5	圧壊	0.82
A-4P	309.6	427.2	438.7	433.5	圧壊	0.93
B-2	276.9	345.9	415.5	—	圧壊	1.10
C-1	283.7	252.7	390.0	385.4	付着破壊	0.66

$$\tau_f = \epsilon_{max} \times E_f \times A_f / (b_f \times l_f)$$

 ϵ_{max} : FRPシートの最大歪

 E_f : FRPシートの弾性係数

 A_f : FRPシートの断面積

 b_f : FRPシートの補強幅

 l_f : FRPシートの付着長さ

アラミド繊維、FRPシート、付着、剥離

〒329-04 栃木県河内郡南河内町仁良川1726 TEL 0285-48-2611 FAX 0285-48-2655

量が多い試験体程、接着面の処理および付着補強により付着性状を向上させた試験体程、降伏荷重、圧壊荷重、最大荷重および、シートの剥離荷重は高くなった。

3. 解析結果

(1) 解析モデル

解析は、図-1の試験体と同じモデルを、50mm×50mmのメッシュで要素分割し、材料の非線形性を考慮した2次元平面応力弾塑性解析で行なった。AFRPシートとコンクリートの付着特性は、4節点アイソパラメトリック板ボンド要素を用いて最大付着強度 τ_{max} とせん断剛性 G_f によりモデル化した(図-2)。シートの剥離は、ボンド要素のせん断応力度が最大付着強度に到達すると、せん断応力度およびせん断剛性は0まで低下することでモデル化している。AFRPシートはトラス要素でモデル化し、材料物性は材料試験より得られた弾性係数と引張強度を特性値とするリニア型のモデル化とした。コンクリート部は、4節点アイソパラメトリック平面応力要素を用いて、1軸応力-歪関係により、引張側、圧縮側とも軟化を考慮したモデルとした。鉄筋は、主鉄筋およびせん断補強鉄筋をトラス要素とし、材料物性は、材料試験結果に基づくバイリニア型のモデル化とした。鉄筋とコンクリートの付着は、AFRPシートとコンクリートの付着と同様、4節点アイソパラメトリック板ボンド要素を用いてモデル化し、ボンド要素のせん断応力度が最大付着強度に到達後、せん断剛性が低下することで鉄筋のすべりをモデル化している。

(2) 解析結果

A-2P試験体の解析例を示す。図-2は、荷重-たわみ関係における試験結果と解析結果の比較である。解析結果は、シートの剥離による荷重低下と、荷重低下後の挙動をよく再現している。荷重の低下過程において、解析ではシートの剥離が一度に生じないため、階段状に荷重が低下している。

シートの歪分布について、試験結果と解析結果の比較を図-3に示す。解析値A、B、Cは、図-2に示した各段階における歪分布である。解析による歪分布は、試験結果とやや異なるが、最大歪値はほぼ同じ値となっている。解析値は、荷重がA～C段階に進むに連れて、スパン中央から支点部に向かって順にシートが剥離し、C段階ではシートは完全に剥離して応力が解放されている過程をよく再現している。

4. まとめ

AFRPシートとコンクリートの付着特性の把握を目的として、AFRPシートで曲げ補強をしたRC梁の曲げ試験を行ない、試験結果を解析によりシュミレーションすることを試みた。本試験結果の範囲内では、補強量が少なく、圧壊荷重がシートの剥離荷重に比べかなり小さい場合には、付着強度はやや小さめの値となったが、補強量が十分あり、圧壊荷重とシートの剥離荷重の差が小さければ、付着強度は0.46MPa以上の結果を得ることができた。付着補強やシート接着面の処理を施して付着性を向上すれば、さらに高い付着強度も確保できた。解析においては、シートとコンクリートの付着は、板ボンド要素を用いて最大付着強度とせん断剛性によりモデル化し、シートの剥離は、最大付着強度到達後の応力解放と剛性低下によりモデル化した。この解析モデルにより、シートの歪分布やシート剥離後の挙動まで試験結果を精度よく再現することができた。

【謝辞】解析では、(株)トータル・インフォメーション・サービス金刀督純氏にご協力頂いた。ここに、謝意を表す。

【参考文献】

- [1] 緒方ら：炭素繊維による段落し部を有する既存RC橋脚の耐震補強に関する研究、土木学会論文集、No.540/VI-31、pp.85-104、1996.6
- [2] 李ら：炭素繊維シートによって曲げ補強したRC梁の有限要素解析、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.18、No.1、pp.1965-1970、1996

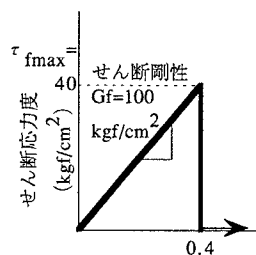


図-2 シートとコンクリートの付着モデル

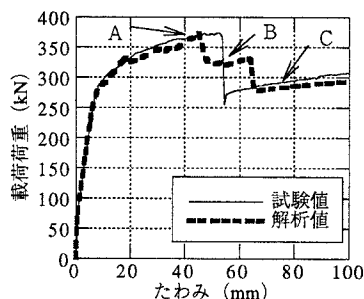


図-3 荷重-たわみ関係

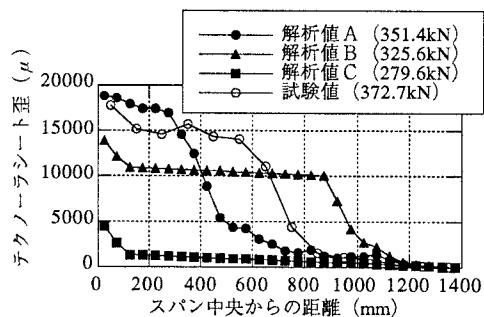


図-4 シートの歪分布