

V-357

RC 梁の曲げ補強 FRP シートの付着性状に関する載荷点間隔の影響

室蘭工業大学 学生員 栗橋 祐介
三井建設（株） フェロー会員 三上 浩
室蘭工業大学 正 員 岸 徳光
計測技販（株） 正 員 佐藤 良一

1. はじめに

本研究ではFRPシートを用いたRC部材の合理的な曲げ補強設計法の確立を目的として、RC梁底面にFRPシートを接着した試験体を作製し、シートの材料特性および載荷点間隔を変化させた静的載荷実験を行った。

2. 実験の概要

表-1に本研究に用いた試験体の一覧を示す。試験体は無補強も含め、載荷点間隔（以後、載荷幅）を3種類、FRPシート材料を2種類に変化させた全9体である。図-1に試験体の概要として、載荷幅が40cmであるB40試験体を例に示す。試験体は底面シートが剥離する原因となる斜めひび割れの発生を低減するためせん断余裕度を十分にとり、せん断スパン比 a/d を5.5として製作した。本実験における測定項目は載荷荷重、梁中央部変位およびFRPシート上に10cm間隔で貼り付けた歪ゲージ出力である。コンクリートの実験時材齢は65日、平均圧縮強度は24.88MPaであった。表-2に本実験に用いたFRPシートの力学的特性を示す。

3. 実験結果

3.1 荷重-変位関係

各試験体の荷重-変位関係は、載荷幅に関わらずほぼ同様であったため、図-2に一例としてB40試験体の実験結果と計算結果を示した。なお、計算結果は前述のコンクリートおよびシートの力学的特性と主鉄筋の材料試験結果を用いて断面分割法により求め、図には○印を付した線で示している。図より、曲げ補強した試験体の載荷荷重は無補強試験体と異なり主筋降伏後も顕著に増大し、その後最大荷重時近傍においてシートの破断もしくは剥離により急激に低下していることがわかる。実験結果と計算結果を比較すると、補強した試験体では計算最大荷重時まで比較的精度良く対応していることから、主筋降伏後もコンクリートとFRPシートの付着は良好であったものと考えられる。表-3に実験結果および破壊形式を示す。表より、シートの材料特性に関わらず、載荷幅が広くなるとシート破断しやすくなることがわかる。

3.2 歪分布性状

図-3にB0-AとB40-AにおけるFRPシートの歪分布性状を示した。図-3(a)には、歪分布性状の実験値および計算値として、①: P_y

表-1 試験体一覧

試験体名	載荷幅 (cm)	スパン長 (cm)	補強材	目付量 (g/m^2)	せん断余裕度
B0-N	0	260	無補強	—	3.17
B0-A			AFRP	415	2.17
B0-C			CFRP	300	2.14
B40-N	40	300	無補強	—	3.17
B40-A			AFRP	415	2.17
B40-C			CFRP	300	2.14
B80-N	80	340	無補強	—	3.17
B80-A			AFRP	415	2.17
B80-C			CFRP	300	2.14

表-2 FRPシートの力学的特性

シートの種類	厚さ (mm)	弾性係数 (GPa)	引張強度 (GPa)	破断歪 (%)
AFRP	0.286	126.51	2.48	1.96
CFRP	0.167	230.46	4.07	1.77

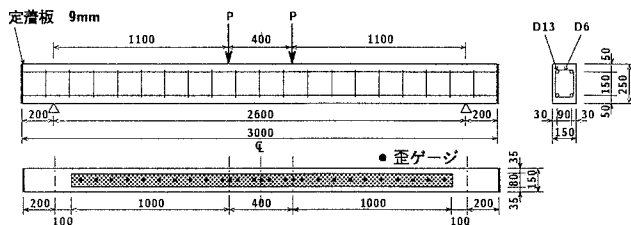


図-1 試験体の概要 (B40 試験体)

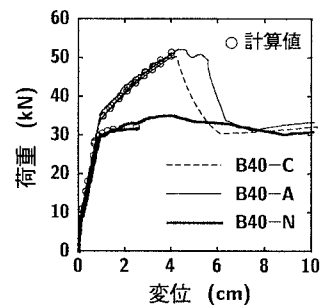


図-2 荷重-変位関係 (B40 試験体)

キーワード：RC 梁，FRP シート，載荷点間隔，ピーリング現象，平均付着強度
連絡先 〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 建設システム工学科 Tel 0143-46-5230 Fax 0143-46-5227

（梁中央部断面の主筋降伏）時，②：0.8Pcal（計算最大荷重Pcalの80%）時，③：0.9Pcal時，④：Pcal時のものを示した。なお，実験結果は太線で，計算結果は細線で示している。

図より，両試験体においてPy時から0.8Pcal時におけるシートの歪は，主筋の降伏域の拡大とともに載荷点近傍で急増していることがわかる。なお，計算結果は実験結果と良く対応しており，シートの付着が十分に保たれている場合には，計算によりシートの歪分布を精度良く推定できることがわかる。一方，0.9PcalからPcal時では，両試験体ともに実測値は計算値よりも小さい。特に，一点載荷（B0-A）の場合には，三角形分布から徐々に台形分布に移行していることがわかる。

図-3（b）に実測最大荷重時近傍の歪分布を示している。図中には，付着強度を算定するために等曲げモーメント区間の歪の平均値（平均歪）および載荷点と平均歪の交点から支点側に向かって歪がほぼ0に収束するまでの位置（付着抵抗長さ）を示し，これらを細線で結んでいる。ただし，B0試験体の歪分布は載荷点から支点側に直線的に低下せず台形分布となっているため，歪がほぼ一様な区間の平均値を平均歪と定義し，載荷点から歪がほぼ0に収束するまでの位置を付着抵抗長さとした。

3.3 FRP シートの付着性状

表-4に，図-3（b）の歪分布から得られるシートの付着性状に関する実験結果を整理した。単位幅当たりの平均引張力は，平均歪にFRPシートの弾性係数とシートの厚さを乗じたものであり，平均付着抵抗長さは図-3（b）の載荷点両側の付着抵抗長さを平均化したものである。また，平均付着強度は単位幅当たりの平均引張力を平均付着抵抗長さで除したものである。

表より，剝離破壊したB0試験体は同様に剝離破壊したB40-A試験体に比して最大荷重が大きいにも関わらず，発生する平均歪が小さいことがわかる。これは，B0試験体では最大荷重到達前にアーチ状ひび割れが卓越しコンクリートが押し抜け，ひび割れ近傍からピーリング現象が生じてシートが剝離したためと考えられる。

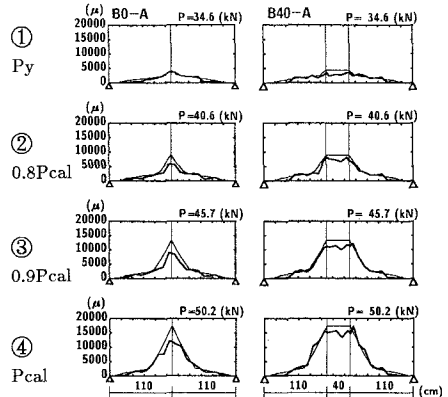
一点載荷試験体ではシート剝離時の平均歪が二点載荷のものに比べて小さく，かつ，付着抵抗長さも若干長くなるため平均付着強度は0.70MPa程度以下と小さい。一方，二点載荷試験体では載荷幅やシートの材料種別に関わらず付着抵抗長さは55cm程度とほぼ一定であり，平均付着強度は0.9～1.1MPa程度となっている。

4. まとめ

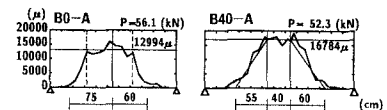
- (1) 断面分割法によって梁底面に接着したFRPシートの歪分布を比較的精度良く推定できるものと考えられる。
- (2) 一点載荷試験体はアーチ状のひび割れが起因となるピーリング現象が発生し，シートの剝離が支点側に進展しやすい。この場合の平均歪は二点載荷試験体よりも小さいため，平均付着強度は小さく評価される。
- (3) 二点載荷試験体では載荷点の間隔やシート材料の種類に関わらず平均付着抵抗長さは55cm程度であり，平均付着強度は0.9～1.1MPa程度である。

表-3 実験結果の一覧

試験体名	最大荷重 (kN)	最大荷重時 変位 (cm)	破壊形式
B0-N	42.9	4.99	主筋降伏後圧壊
B0-A	56.1	2.94	剝離破壊
B0-C	55.1	3.49	剝離破壊
B40-N	35.1	3.96	主筋降伏後圧壊
B40-A	52.3	4.39	剝離破壊
B40-C	49.9	4.23	シート破断
B80-N	35.2	7.11	主筋降伏後圧壊
B80-A	52.4	6.39	シート破断
B80-C	52.5	6.10	シート破断



(a) Py時からPcal時までの歪分布性状



(b) 実測最大荷重時近傍の歪分布性状

図-3 FRP シートの歪分布性状

表-4 シートの付着性状

試験体名	最大荷重 (kN)	平均歪 (μ)	単位幅当たりの平均 引張力 (kN/cm)	平均付着抵抗 長さ (cm)	平均付着 強度 (MPa)
B0-A	56.1	12,994	4.70	67.5	0.70
B0-C	55.1	11,579	4.46	67.5	0.66
B40-A	52.3	16,784	6.07	57.5	1.06
B40-C*	49.9	12,945	4.98	55.0	0.91
B80-A*	52.4	16,364	5.92	55.0	1.08

* シート破断した試験体