

FRP シート補強 RC 梁の梁高や補強量がシートの剥離性状に与える影響

三井建設(株) 正 員 三上 浩 室蘭工業大学 正 員 岸 徳光
北海道開発局 正 員 池田 恵二 室蘭工業大学 学生員 栗橋 祐介

1. はじめに

本研究では AFRP 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、AFRP シート補強 RC 梁の梁高および補強量を変化させた静的曲げ载荷実験を行った。

2. 実験概要

表 - 1 には本研究に用いた試験体の一覧を示している。試験体は梁高を 3 種類、シートの補強量を 2 種類に変化させた全 6 体である。試験体名の第 1 項目は梁高 (L: 18 cm, M: 25 cm, H: 40 cm) を表し、第 2 項目はシートの貼付層数を表している。試験体のせん断余裕度 (せん断耐力 / 曲げ耐力) は曲げ補強後も試験体がせん断破壊しないように十分大きく設定した。試験体の概要として、図 - 1 には梁高が 25 cm である M 試験体を例に示している。

表 - 1 試験体の一覧

試験体名	梁高 (cm)	せん断スパン比	シート層数	体積補強割合 (%)	せん断余裕度
L-1	18	7.5	1 層	0.138	3.97
L-2			2 層	0.275	3.34
M-1	25	5.0	1 層	0.099	3.32
M-2			2 層	0.198	2.72
H-1	40	2.9	1 層	0.062	2.65
H-2			2 層	0.124	2.06

本実験に用いた試験体は全て軸方向筋に D16(SD345) を用いた複鉄筋 RC 梁であり、せん断補強筋には D10 (SD295) を用い 10 cm 間隔で配筋している。曲げ補強材として全て AFRP シート (目付量: 415 g/m², 弾性係数: 126.51 GPa, 引張強度: 2.48 GPa, 破断歪: 1.96 %) を用い、梁底面に 1 層もしくは 2 層を中央部から支点の 10 cm 手前の範囲まで貼り付けている。また、シート上には付着性状を検討するために歪ゲージを 10 cm 間隔および载荷点直下に貼付している。

3. 実験結果

3.1 荷重 - 変位関係

本研究では、試験体製作時の施工誤差を除去した上で実験結果および計算結果を比較検討し、シートの補強効果を定量的に把握するため、実験および計算結果の主鉄筋降伏時における AFRPシートの歪分布が同様であったことをよりどころとして、両結果を各々の降伏荷重 P_{ye} , P_{yc} , 降伏変位 d_{ye} , d_{yc} で無次元化して整理することとした。表 - 2 には各試験体に関する実験および計算結果の降伏荷重および降伏変位の一覧を示している。また、図 - 2 には荷重 - 変位関係の実験および計算結果を無次元量で示している。図中、実験結果は細線、計算結果は太線で示している。計算結果はコンクリート、鉄筋および AFRPシートの材料特性を考慮して断面分割法により算出したものである。なお、計算はシートとコンクリートの完全付着を仮定し、梁上縁コンクリートの歪が 3,500 μ に達するもしくはシートの歪が破断歪に達するまで行っている。補強した場合の試験体の荷重は、主鉄筋降伏後も顕著に増大しその後シートの剥離により急激に低下している。両結果の最大荷重時にお

表 - 2 降伏荷重および降伏変位の一覧

試験体名	実験結果		計算結果	
	降伏荷重 P_{ye} (kN)	降伏変位 d_{ye} (cm)	降伏荷重 P_{yc} (kN)	降伏変位 d_{yc} (cm)
L-1	42.0	1.82	36.8	1.61
L-2	47.2	1.85	40.6	1.60
M-1	64.3	1.15	56.8	0.90
M-2	68.5	1.30	61.6	0.95
H-1	114.0	0.68	99.5	0.48
H-2	122.5	0.68	107.5	0.48

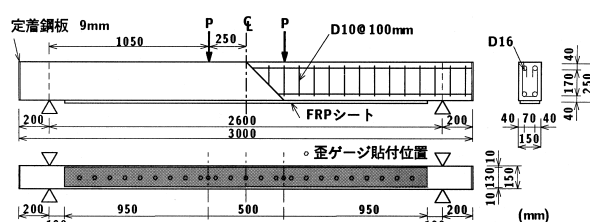


図 - 1 試験体の概要 (M 試験体)

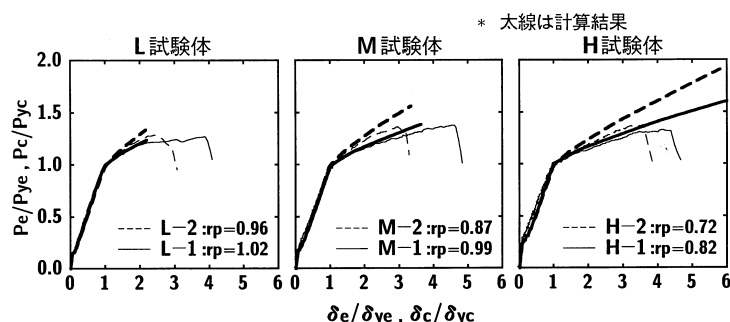


図 - 2 荷重 - 変位関係

キーワード: RC 梁, FRP シート, 曲げ補強, ピーリング作用

連絡先: 〒270-0132 流山市駒木 518-1 三井建設(株) 技術研究所 TEL 0471-40-5202 FAX 0471-40-5216

ける変位を見ると、L-1, 2 および M-1では実験結果が計算結果よりも大きく示されており、M-2 および H-1, 2 では実験結果が計算結果よりも小さくなっている。また、計算に対する実測最大荷重の比（以下、最大荷重比） r_p は L-1, 2 および M-1で 1.0 程度、M-2 および H-1, 2では 0.87 以下と小さくなっている。計算結果が上縁コンクリートの圧縮破壊（以下、圧壊）もしくは圧壊前シート破断時までの結果であることを考慮すると、L-1, 2 および M-1 試験体は圧壊後、M-2 および H-1, 2 試験体は圧壊前にシートが剥離破壊しているものと推察される。以後の考察では各梁の破壊形式として前者を曲げ圧壊型、後者を剥離破壊型と呼ぶこととする。なお、主鉄筋降伏後における実験結果の荷重の増加勾配（以下、第2勾配）は、曲げ圧壊型の場合には計算結果と比較的良く対応しているが、剥離破壊型の場合には計算結果と比較して若干小さなものになっている。このことは、剥離破壊型の場合、主鉄筋降伏後においてシートの剥離が徐々に進行していることを暗示している。

3.2 AFRP シートの歪分布性状

図 - 3 にAFRP シートの歪分布性状の実験および計算結果を示している。なお、破壊形式が曲げ圧壊型の場合には計算最大変位時、剥離破壊型の場合には実測最大変位時近傍の歪分布により検討することとした。図中には等曲げモーメント区間（以下、等曲げ区間）における発生歪の計算値（以下、最大歪）および実測歪が載荷点から支点側に線形に低下すると仮定した場合の零歪位置までの長さ（以下、付着抵抗長さ）を明記している。図より、梁高およびシート補強量にかかわらず等曲げ区間における歪は実験結果と計算結果でよく対応していることがわかる。また、等せん断力区間の歪分布に関する実験および計算結果は、曲げ圧壊型の場合には、M-1 で若干対応していないものの、L-1, 2 ではほぼ良好に対応している。一方、剥離破壊型の場合には計算結果と実験結果で大きく異なったものとなっている。すなわち、計算結果は等曲げ区間で一様の歪を生じるのに対し、実験結果は等曲げ区間よりも左右に 30～40 cm 程度広い範囲に最大歪と同程度の歪が発生

する傾向にある。これは、等曲げ区間よりも外側 30～40 cm の領域で下縁かぶりコンクリートに発生した曲げおよび斜めひびわれの交叉により形成されたコンクリートブロックがシートを押し下げ引き剥がすピーリング現象が発生しているためと考えられる。前述の剥離破壊型試験体の荷重 - 変位関係の実測第2勾配が計算第2勾配よりも小さくなっているのは、等曲げ区間の外側、特に鉄筋が降伏する範囲においてピーリング現象が発生しシートが徐々に剥離することと関連するものと考えられる。

3.3 AFRP シートの付着性状

表 - 3 には図 - 3 より得られる AFRP シートの曲げ付着性状に関する実験結果の一覧を示している。表中、平均付着抵抗長さは図 - 3 の載荷点両側の付着抵抗長さを平均化したものであり、単位幅当たりの平均引張力は最大歪に AFRP シートの弾性係数とシートの厚さを乗じたものである。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、平均付着強度は曲げ圧壊型の場合で 1.0～1.2 MPa、剥離破壊型の場合で 0.8～1.0 MPa となっており、破壊形式によって若干異なっている。これより、合理的な設計法確立のためにはさらにピーリング現象などの剥離要因を考慮した詳細な検討が必要であるものと判断される。

4. まとめ

- 1) 梁高が高くかつシート補強量が多い場合ほど、圧壊前にピーリング現象が発生して剥離破壊する傾向にある。
- 2) 平均付着強度は剥離破壊型の方が曲げ圧壊型よりも小さく、合理的な曲げ補強設計法確立のためには、ピーリング現象などの剥離要因を考慮した検討が必要であるものと考えられる。

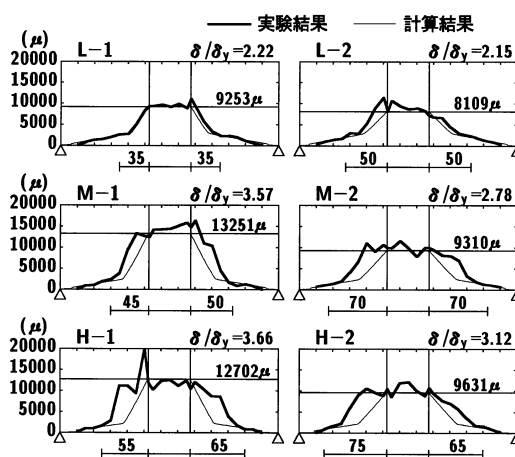


図 - 3 AFRP シートの歪分布性状

表 - 3 試験体の一覧

試験体名	平均付着抵抗長さ (cm)	最大歪 (μ)	単位幅当たりの平均引張力 (kN/cm)	平均付着強度 (MPa)
L-1	35.0	9,253	3.35	0.96
L-2	50.0	8,109	5.87	1.17
M-1	47.5	13,251	4.79	1.01
M-2	70.0	9,310	6.74	0.96
H-1	60.0	12,702	4.60	0.77
H-2	70.0	9,631	6.97	1.00