

補強量の少ない AFRP シート補強 RC 梁の繰り返し衝撃荷重下における耐衝撃挙動

三井住友建設(株) フェロー ○三上 浩 室蘭工業大学大学院 正会員 小室 雅人
室蘭工業大学大学院 フェロー 岸 徳光 室蘭工業大学大学院 学生会員 瓦井 智貴

1. はじめに

本研究では、FRP シートを用いた合理的な耐衝撃性向上法の確立を最終目的として、補強量の少ない AFRP シート補強 RC 梁を対象とした、入力エネルギー一定および漸増繰り返し衝撃載荷実験を実施した。また、断面分割法により静的な鉄筋降伏変位や終局変位を算定し、AFRP シート補強 RC 梁の衝撃荷重下における累積入力エネルギーと終局状況との関係について比較検討を行った。

2. 実験概要

図1には、シート補強試験体の形状寸法、配筋およびシート接着による補強状況を示している。試験体の形状寸法(梁幅×梁高×スパン長)は、200×250×3,000 mm である。軸方向鉄筋は上下端に D19 を各2本配置し、せん断補強鉄筋には D10 を用い、100 mm 間隔で配筋している。また、梁底面には支点の 50 mm 手前まで AFRP シート(目付量 280 g/m²)を接着した。

なお、本補強試験体は、AFRP シートの補強量が少ないことにより、設計的には静荷重載荷時に計算終局時までシートが剥離せず載荷点部が圧壊によって終局に至る分類に属する。

図2には、衝撃荷重載荷実験の状況を示している。衝撃荷重載荷実験は、質量 300 kg、先端直径 200 mm の鋼製重錘を所定の高さから梁のスパン中央部に自由落下させることにより行っている。試験体の両支点部は、回転を許容し、矩形鋼製梁によって浮き上がりを拘束したビ

ン支持に近い構造となっている。

表1には、本実験に用いた試験体の一覧を示している。本研究では、いずれも繰り返し載荷を実施しており、その載荷方法は、落下高さを $H=0.5, 1.0$ m と一定にする場合、および1回目載荷時の落下高さを $H=1.0$ m とし、2回目載荷時には $H=2.0$ m とした入力エネルギーを漸増させた場合(以下、漸増繰り返し)の、計3ケースである。なお、梁は $H=0.5$ m の一定繰り返し載荷の場合には上縁圧壊により、その他2ケースについてはシート破断によって終局に至っている。重錘の落下回数は表1に示す通りである。表中の実験ケース名のうち、第一項目は載荷方法(C:一定繰り返し衝撃載荷、I:漸増繰り返し衝撃載荷)、第二項目のHに付随する数値は衝撃載荷時の設定重錘落下高さ(m)を示している。

本実験の測定項目は、重錘衝撃力、合支点反力(以後、単に支点反力)、スパン中央点変位(以後、単に変位)および AFRP シート各点の軸方向ひずみ(以後、単にひずみ)である。重錘衝撃力と支点反力は、起歪柱型の衝撃荷重測定用ロードセルを用いて計測している。また、変位はレーザ式非接触型変位計を用いて計測した。

3. 実験結果および考察

図3には、衝撃実験より得られた各種最大および残留応答値を累積入力エネルギーを横軸に取って整理している。図中、絶対最大変位と累積残留変位に関しては累積値を考慮しており、白塗りはシート破断に至ったケース

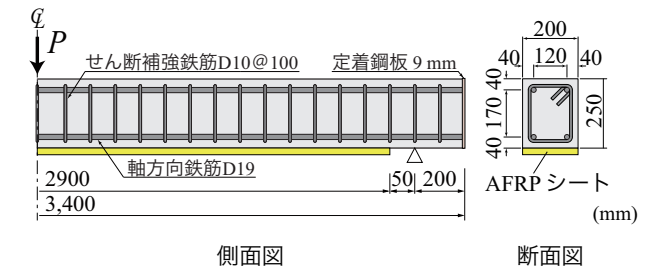


図1 試験体の形状寸法と配筋およびシート接着状況

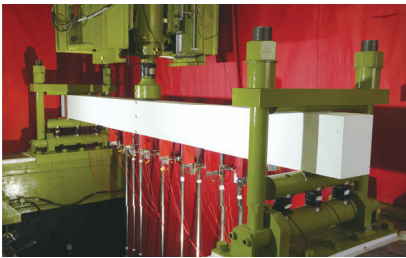


図2 衝撃載荷実験の状況

表1 試験体一覧

試験体 No.	実験 ケース名	設定 落下高さ H (m)	終局時 重錘落下 回数	載荷方法	実測 衝突速度 V' (m/s)	実測入力 エネルギー E (kJ)	コンクリート 圧縮強度 f'_c (MPa)	主鉄筋 降伏強度 f_y (MPa)	せん断筋 降伏強度 f_{sy} (MPa)	終局状況
1	C-H0.5	0.5	9	同一高さ	3.19*	1.53*	34.3	393.7	373.1	上縁圧壊
2	C-H1.0	1.0	2	一定繰り返し載荷	4.59*	3.16*				シート破断
3	I-H1.0	1.0	2	1 m 落下 → 2 m 落下 漸増繰り返し載荷	4.52	3.06	33.7	371.0	401.9	シート破断
	I-H2.0	2.0			6.24	5.84				

* 同一試験体全ケースの平均値

キーワード：RC 梁、AFRP シート下面接着、衝撃荷重、繰り返し載荷

連絡先：〒 270-0132 千葉県流山市駒木 518-1 三井住友建設(株) 技術研究所 TEL 0471-40-5201

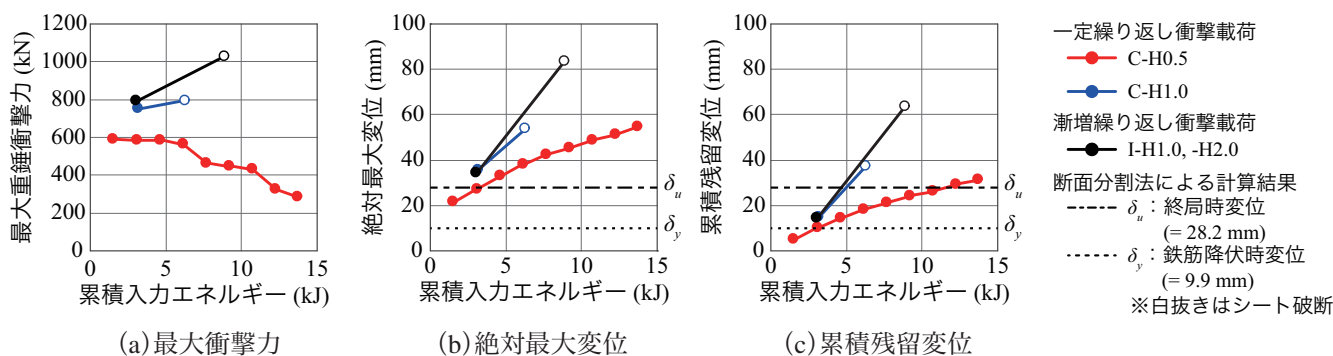


図3 累積入力エネルギーと各種応答値の関係

を示している。また、絶対最大変位および累積残留変位分布図においては、土木学会コンクリート標準示方書に準拠した断面分割法により得られた鉄筋降伏時の変位 δ_y および終局時の変位 δ_u も併せて記載している。なお、計算はコンクリートとAFRPシート間を完全付着とした平面保持を仮定しており、上縁コンクリートの圧縮ひずみが $3,500 \mu$ に達した時点で終局としている。

(a)図より、最大重錘衝撃力を見ると、C-H0.5試験体の場合には、4回目载荷時まではほぼ一定であるが、それ以降は累積入力エネルギーの増加に伴い、最大衝撃力は減少する傾向を示している。これは、5回目载荷後に载荷点部に圧壊の傾向が現れ、9回目载荷に至るまでに損傷が蓄積され、载荷点近傍部コンクリートの剛性が徐々に低下したものと類推される。

C-H1.0やI-H1.0, -H2.0試験体の場合には、重錘衝突回数が2回でシート破断で終局に至っている。そのため、载荷点部の累積損傷が小さく、累積入力エネルギーに対応して最大衝撃力も増加する傾向を示しているものと推察される。

(b)図より、絶対最大変位の分布性状を見ると、C-H0.5試験体の場合には、入力エネルギーの増加に伴い増加勾配は徐々に小さくなっていることが分かる。これは、重錘衝撃力が減少する傾向を示すことが一因と推察される。いずれのケースにおいても、絶対最大変位が δ_y を上回っていることより、主鉄筋は1回目载荷時点から降伏しているものと推察される。また、終局時変位 δ_u に着目すると、いずれのケースにおいても δ_u を大きく上回っている状態で終局に至っていることが確認できる。

(c)図の累積残留変位の分布性状を見ると、C-H0.5試験体の場合には、累積入力エネルギーの増加に伴ってその増加勾配が減少傾向にある。これは、繰り返し载荷によって载荷点部の損傷も累積し圧壊の傾向が現れることにより梁の耐衝撃性が低下するものの、未だAFRPシートの補強効果が発揮されていることを示唆している。また、 δ_y , δ_u に関しては、絶対最大変位と同様な傾向を確認できる。

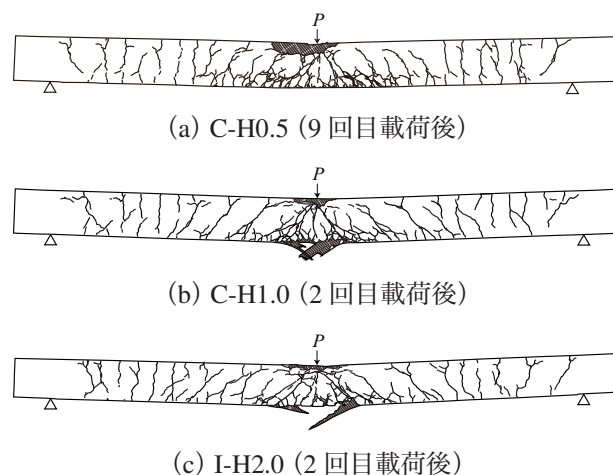


図4 終局時におけるひび割れ分布の比較

図4には、全試験体の終局時における側面のひび割れ分布を比較して示している。いずれの梁においても、スパン全長に渡って下縁のみならず上縁からもひび割れが進展し、かつ载荷点近傍下縁部には斜めひび割れが発生している。上縁からのひび割れの進展は、衝撃初期に曲げ波が両端固定梁のような性状を示して支点方向に伝播することによって発生したものと推察される。また、C-H0.5試験体に関しては、コンクリート上縁部の圧壊が、他のケースよりも著しく、この段階で終局と判断し実験を終了している。

4. まとめ

補強量が少ない目付量 280 g/m^2 のAFRPシート補強RC梁に対して、終局に至る場合の1/6程度の入力エネルギーが小さい衝撃荷重が繰り返し载荷する場合には、シート破断には至らずコンクリート上縁部に損傷が蓄積し、圧壊によって終局に至る傾向がある。また、絶対最大変位や累積残留変位が静的な計算終局変位 δ_u よりも小さい場合には、シート破断には至らないことが示唆された。

謝辞

本研究はJSPS科研費JP17K06527の援助により行われたものである。また、研究で使用したAFRPシートはファイベックス(株)、接着剤等は住友ゴム工業(株)からご提供頂いた。ここに記して感謝の意を表する。