

CFRP シートおよびロッドを用いて曲げ補強した RC 梁の耐衝撃性に関する実験的検討

西松建設(株) 正会員 ○ 船木 隆史 室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光
 室蘭工業大学大学院 正会員 栗橋 祐介 室蘭工業大学大学院 正会員 小室 雅人
 三井住友建設(株) フェロー 三上 浩

1. はじめに

本研究では、CFRP 補強材の形状が耐衝撃性向上効果に及ぼす影響を比較検討することを目的に、CFRP シート/ロッドを用いて曲げ補強した RC 梁を対象に重錘落下衝撃実験を行った。

2. 実験概要

表 1 には、試験体の一覧を示している。表中の試験体のうち、第一項目は曲げ補強の有無(N:無補強, CS:CFRP シート下面接着, CR:CFRP ロッド下面埋設)を示し、第二項目は載荷方法(S:静載荷, I:衝撃載荷)、第三項目の H に付随する数値は設定重錘落下高さ(m)を示している。

図 1 には、試験体の形状寸法と配筋および補強状況を示している。本実験に用いた試験体の形状寸法(梁幅×梁高×スパン長)は、200×250×3,000 mm である。また、軸方向鉄筋は上下端に D19 を各 2 本配置し、梁軸方向端面に設置した厚さ 9 mm の定着鋼板に溶接固定している。さらに、せん断補強筋には D10 を使い、100 mm 間隔で配筋している。CFRP シートは目付量 600 g/m² であり、CFRP ロッドの場合には直径 8.5 mm のロッドを 2 本用いた。引張耐力は、それぞれ 226.4, 228.2 kN である。

静載荷実験は、梁幅方向に 200 mm、梁長さ方向に 100 mm の載荷板をスパン中央部に設置し、容量 500 kN の油圧ジャッキを用いて行った。一方、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一度だけ自由落下させる単一載荷法に基づいて行っている。なお、重錘落下位置は梁のスパン中央部に限定している。また、試験体の両支点部は、回転を許容し、浮き上がりを拘束するピン支持に近い構造となっている。

3. 実験結果

3.1 荷重-変位関係

図 2 には、CFRP 補強材で曲げ補強した RC 梁と無補強 RC 梁の荷重-変位関係に関する実験結果を示している。図より、補強試験体に着目すると、載荷荷重はひび割れ発生後から主鉄筋降伏点近傍まで線形に増加していることがわかる。その後、主鉄筋降伏前の勾配よりも小さい勾配で単調に増加し、最大荷重到達後に CFRP シート/ロッドの剥離によって終局に至った。無補強試験体と比較すると、CFRP シート/ロッドを用いて曲げ補強することによ

表 1 試験体一覧

試験体名	設定重錘落下高さ H (m)	補強材の軸剛性 E _r A (MN)	コンクリート圧縮強度 f _c (MPa)	主鉄筋降伏強度 f _y (MPa)
N-S	静的	-	32.4	381.7
N-I-H2.5	2.5			
SC-S	静的	16.3	32.4	381.7
SC-I-H1.0	1.0			
SC-I-H2.0	2.0			
SC-I-H2.5	2.5			
SC-I-H3.0	3.0			
CR-S	静的	16.0	32.8	402.6
CR-I-H1.0	1.0			
CR-I-H2.0	2.0			
CR-I-H2.5	2.5			406.7
CR-I-H3.0	3.0			402.6

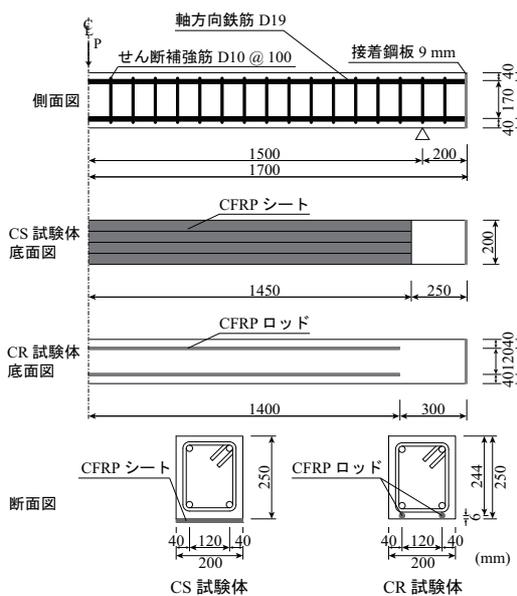


図 1 試験体概要

り主鉄筋降伏荷重は 30% 程度、最大荷重は 47~49% 程度増加していることが分かる。また、CFRP 補強材は形状によらず補強材の剥離によって終局に至ることが明らかになった。

3.2 各種時刻歴応答波形

図 3 には、衝撃荷重載荷実験時に CFRP ロッドが破断した設定重錘落下高さ H = 2.5 m の場合における各試験体の重錘衝撃力波形、支点反力波形、載荷点変位波形を比較して示している。

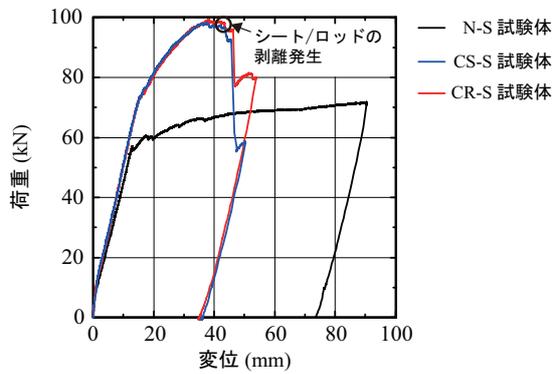


図2 荷重-変位関係

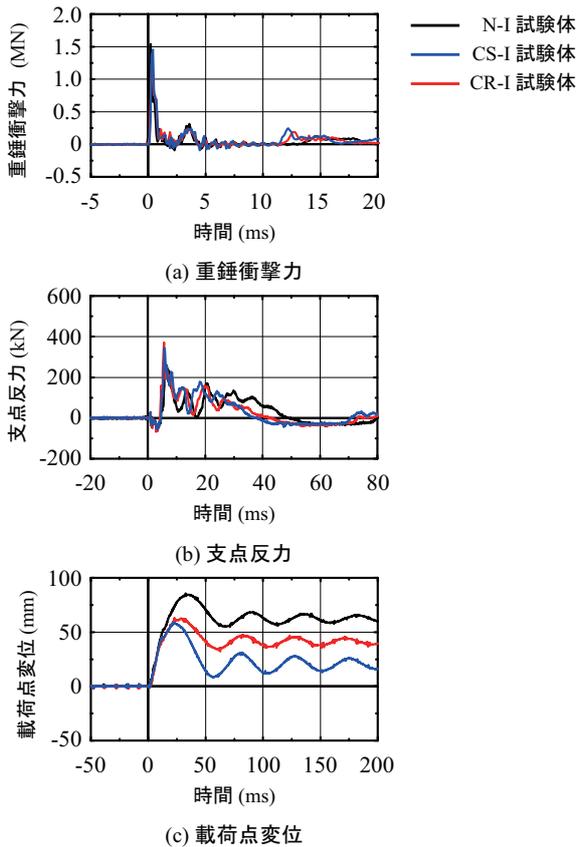


図3 時刻歴応答波形 ($H = 2.5 \text{ m}$)

図3(a)より、重錘衝撃力波形は、補強の有無や補強材の種類によらず、振幅が大きく継続時間が1 ms程度の第1波に振幅が小さい第2波目が後続する性状を示していることが分かる。これは、いずれの梁も圧縮強度が同程度のコンクリートであることより、衝撃初期の重錘衝撃力波形は衝突部コンクリートの材料物性に依存していることを暗示している。

図3(b)より、支点反力波形は、継続時間が30～50 ms程度の主波動に高周波成分が合成された分布性状を示していることが分かる。なお、CR試験体の場合にはロッド破断に至っているが、この時点では支点反力波形に対する影響が小さいものと考えられる。

図3(c)より、載荷点変位波形は、いずれの試験体においても最大振幅を示す第1波が励起した後、減衰自由振

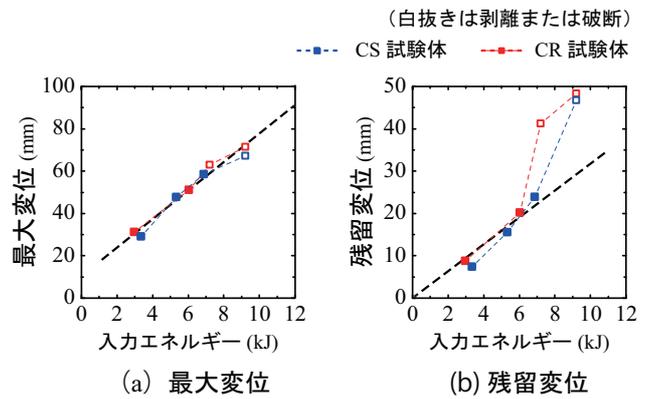


図4 入力エネルギーと各種応答変位の関係

動状態に至っていることが分かる。また、CS/CR-I試験体は、N-I試験体よりも応答変位が小さいことから、シート/ロッド補強により変形が抑制されていることが分かる。なお、前述の通り、CFRPロッドは破断していることから、応答変位はCR試験体の場合がCS試験体よりも大きい。

これらのことから、CFRP補強材を用いることによりで、RC梁の耐衝撃性を向上可能であることが明らかになった。ただし、 $H = 2.5 \text{ m}$ においてCFRPロッドが破断するのに対しCFRPシートは破断していないことから、CFRPロッドの耐衝撃性向上効果はCFRPシートを用いる場合に比して低いことが明らかになった。

3.3 入力エネルギーと各種応答変位の関係

図4には、補強試験体に関する入力エネルギーと最大/残留変位の関係を示したものである。

図4(a)より、最大変位は両試験体とも入力エネルギーの増加に伴ってほぼ線形に増加している。図4(b)より、残留変位はCFRPシート/ロッドが剥離破断した場合を除くと、両試験体で同一の勾配を有しほぼ原点からの線形分布を示していることが分かる。この傾向は、無補強RC梁に関する著者等の研究成果と同様の特性を示しており、入力エネルギーと残留変位、補強後の梁の静的耐力を用いた耐衝撃設計法の定式化の可能性を示唆している。

4. まとめ

- 1) 静載荷実験の場合には、ほぼ同程度の髒補強効果を発揮し、CFRP補強材の形状によらず、いずれの試験体も補強材の剥離により終局に至る。
- 2) 衝撃載荷実験の場合には、重錘落下高さ $H = 2.5 \text{ m}$ においてCFRPロッドが破断するのに対しCFRPシートは破断していない。このことから、CFRPシート接着補強による耐衝撃性向上効果はロッド下面埋設補強に比較して優れていることが明らかになった。

謝辞

本研究はJSPS科研費JP15K06199の助成により行われたものである。ここに記して感謝の意を表する。