

CFRP ロッドを下面埋設した RC 梁の衝撃荷重載荷実験

釧路工業高等専門学校
 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 材に着目し、RC 梁に CFRP ロッドを下面埋設補強した場合における耐衝撃的な補強効果について検討を行うこととし、重錘落下衝撃実験を行った。ここでは、これまで実施してきた AFRP シート接着/ロッド下面埋設補強の場合と同一条件下で実験を行うこととした。すなわち、設計時の RC 梁試験体の形状寸法や鉄筋量、コンクリート強度を同程度とし、CFRP ロッドの軸剛性を AFRP ロッド/シートと同程度に設定して比較検討を行った。

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 CFRP ロッド下面埋設補強の有無（N：無補強，RC：ロッド下面埋設）を示し、第二項の H に付随する数値は設定落下高さ（m）を示している。

図 1 には、試験体の形状寸法と配筋及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 を用い、100 mm 間隔で配筋している。補強に用いた CFRP ロッドの公称直径は 8.5 mm であり、公称の弾性係数および引張強度は、それぞれ 141.1 GPa，2.01 GPa である。

CFRP ロッド下面埋設試験体は、以下のようにして施工を行った。すなわち、1) 梁下面のロッド埋設位置に矩形状に溝を切り込み、2) 溝切削部を清掃してエポキシプライマーを塗布する、3) 指触乾燥状態であることを確認した後、エポキシ系パテ状接着樹脂を溝切部に充填してロッドを埋設・接着する、である。なお、養生期間は 1 週間程度である。

表 1 実験ケース一覧

試験体名	補強材の種類	設定重錘落下高さ H (m)	実測重錘落下高さ H' (m)	コンクリート圧縮強度 f'_c (MPa)	主鉄筋降伏強度 f_y (MPa)
N-H2.5	-	2.5	2.3	32.4	381.7
RC-H1.0	CFRP ロッド	1.00	1.0	32.8	402.6
RC-H2.0		2.00	2.0		
RC-H2.5		2.50	2.4		
RC-H3.0		3.00	3.1		

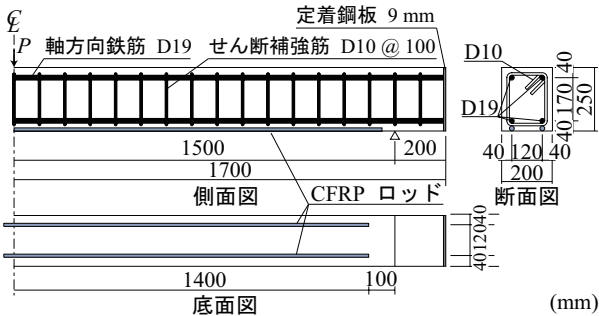


図 1 試験体の形状寸法、配筋状況及び補強状況

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き実施している。載荷位置は梁のスパン中央部に限定している。なお、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 各種時刻歴応答波形

図 2 には、重錘衝撃力、支点反力、載荷点変位の各波形を示している。図 2 (a) より、重錘衝撃力波形は、試験体の種類や設定落下高さ H 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。H = 2.5 m の場合における無補強と CFRP ロッド下面埋設した試験体の波形分布を比較すると、12 ms 前後の時点までは類似の波形性状を示しており、ロッド下面埋設による曲げ剛性の影響が小さいことが分かる。

図 2 (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。全体を見ると、入力エネルギーの増加と共に継続時間も長くなる傾向にある。H = 2.5 m の場合において、無補強試験体と補強試験体を比較すると、補強試験体の場合にはロッドが破断しているものの、無補強試験体の場合よりも波動継続時間が短く、この時点では補強効果が出現していることが推察される。

図 2 (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、減衰自由振動状態に至っていることが分かる。また、入力エネルギーの増加と共に残留変位が増加し、かつ減衰自由振動の固有

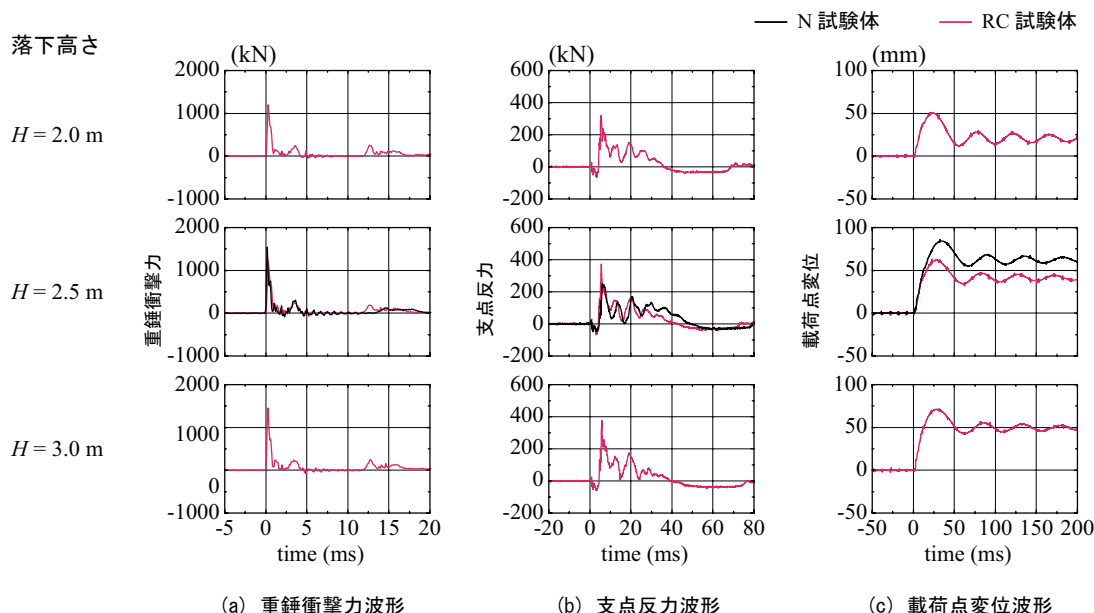


図2 重錘衝撃力，支点反力，載荷点変位に関する時刻歴波形分布

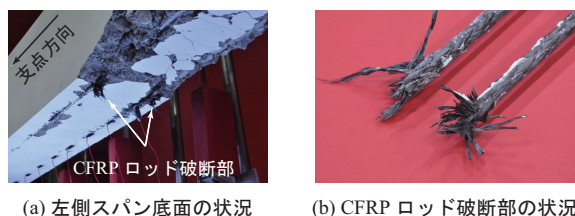


図3 CFRP ロッドの破断状況 (RC-H3.0 試験体)

振動周期が長くなっている。 $H = 2.5\text{ m}$ の場合において、CFRP ロッド下面埋設試験体の場合には、ロッドが破断しているにもかかわらず無補強試験体の場合よりも最大変位及び残留変位とも小さく、未だ若干成りとも補強効果が現れていることが分かる。

3.2 FRP 材料による梁の耐衝撃性向上効果に関する比較

ここでは、AFRP ロッド下面埋設 RC 梁に関する実験結果¹⁾と比較する形で、ロッド材料の違いによる RC 梁の耐衝撃性向上効果について検討を行うこととする。この実験に用いられた AFRP ロッド下面埋設試験体は、ロッドの軸剛性が $EA = 13.0\text{ MN}$ 、梁の静的計算曲げ耐力が $P_u = 90.2\text{ kN}$ であり、いずれも本実験における試験体と類似である。

AFRP ロッドを用いる場合の実験結果は、実測落下高さが $H' = 3.13\text{ m}$ の場合においても、ロッドは剥離や破断に至っていないことが明らかになっている。これに対して、本実験の場合には、実測落下高さ $H' = 2.4\text{ m}$ において、既に CFRP ロッドが破断に至っている。

これより、CFRP ロッドを下面埋設して曲げ補強する場合の耐衝撃性向上効果は、AFRP ロッドを用いる場合に比較して小さいことが明らかになった。その要因には、ロッドの軸剛性 EA や梁の静的計算曲げ耐力 P_u が類似の大きさであることより、ロッドの材料特性が大きく影響して

いることが推察される。すなわち、CFRP 材料を組紐状のロッドに加工したことにより脆性的な破断には至っていない。しかしながら、図3に示すように、斜めひび割れ先端部のピーリング作用によって一部剥離と共に組紐上編まれたロッドが除荷時にほどかれ、斜めひび割れ先端部がさらに下方に押し下げる純せん断的な作用によって、繊維が連鎖的に破断したものと推察される。

4. まとめ

- 1) 重錘落下衝撃実験結果より、設定落下高さ $H = 2.5\text{ m}$ (実測落下高さ $H' = 2.4\text{ m}$) において、CFRP ロッド下面埋設補強を施すことによって最大変位や残留変位を抑制することができる。但し、実験終了後、CFRP ロッドは一部剥離と共に斜めひび割れ先端部近傍において破断していることを確認している。
- 2) FRP ロッドの軸剛性や梁の計算曲げ耐力が類似の条件下において、CFRP ロッドを下面埋設する場合には、AFRP ロッドを適用する場合に比較して梁の耐衝撃性向上効果が小さいことが明らかになった。
- 3) これは、CFRP 材料の脆性的な材料特性が、顕在化したものと推察される。

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。

参考文献

- 1) 岸 徳光, 栗橋祐介, 三上 浩, 佐藤元彦: AFRP ロッド下面埋設曲げ補強 RC 梁の重錘落下衝撃実験, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.2, pp.1375-1380, 2016.7