

ドービー建設工業(株) 正 員 松 岡 篤
 三井建設(株) 正 員 三 上 浩
 室蘭工業大学 正 員 松 岡 健 一
 室蘭工業大学 正 員 岸 徳 光

1. はじめに

最近、軽量かつ高引張強度を有し、耐食性に優れた各種の連続繊維補強材(FRPロッド)をコンクリートの補強材として用いる研究が盛んに行われている。著者らも、高い弾性伸び率を有し降伏点のないアラミド繊維製のFRPロッド(AFRPロッド)で補強したRC部材の衝撃応答性状を検討してきた。その結果、付着特性を向上させたAFRPロッドで補強したRC部材の耐衝撃性は、異形鉄筋で補強した部材と同程度以上に優れていることが明らかになりつつある。本文は、AFRPロッドの他に、炭素繊維製(CFRP)ロッドおよびビニロン繊維製(VFRP)ロッドを主筋とするRC梁を製作し、重錘を梁中央に自由落下させて衝撃実験を行い、三者の衝撃荷重載荷時の挙動について比較検討するものである。

2. 衝撃実験の概要

実験に用いた試験体は表-1に示すように、補強筋が3種類、補強筋比が2種類の合計6体である。補強筋比が1%の梁には公称径9mmのロッドを、2%の梁ではAsCが径12mmのロッド1本を、CsCとVsCは径9mmのロッドを2本束ねて配筋した。表-2にFRPロッドの力学的特性を示す。FRPロッドは各種の繊維素材を組紐機で編み上げた後、樹脂を含浸硬化して成形した。コンクリートは粗骨材の最大寸法が15mmのレデーミクスコンクリートで、AsC梁の圧縮強度と弾性係数は各々514、 3.1×10^5 (kgf/cm²)であり、CsCとVsC梁では各々425、 2.69×10^5 (kgf/cm²)である。図-1に試験体の形状寸法及び補強筋配置の例(補強筋比1%の複筋配置)を示す。なお、本実験では重錘の加速度およびFRPロッドの歪と梁の変位を測定した。衝撃荷重は直径が15cmで重量が70kgfの鋼製の円柱からなる重錘を所定の高さにセットした後梁中央に自由落下させて載荷した。なお、梁は所定の位置で上下を治具で固定し、ピン支持の境界条件に近くなるように工夫している。重錘の衝突直前の速度(衝突速度)は第1回目を0.5m/secとし、第2回目以後は1m/secより1m/sec刻みで破壊するまで繰返し衝撃荷重載荷を行った。

表-1 試験体の一覧

試験体名	補強筋の種類	補強筋比(%)
AsC-1%	AFRPロッド, RA9S	1
AsC-2%	AFRPロッド, RA13S	2
CsC-1%	CFRPロッド, RC9S	1
CsC-2%	CFRPロッド, RC9S	2
VsC-1%	VFRPロッド, RV9S	1
VsC-2%	VFRPロッド, RV9S	2

表-2 補強筋の材料特性

補強筋名	RA9S	RC9S	RV9S
引張耐力 tonf	9.6	10.3	2.2
弾性係数 $\times 10^5$ kgf/cm ²	0.70	1.20	0.12
弾性伸び率 (%)	2.0	1.2	2.0

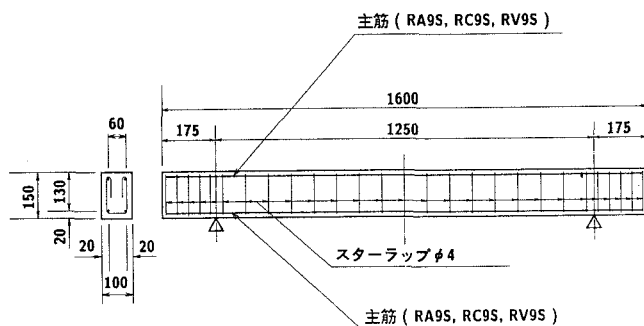


図-1 試験体の形状寸法および補強筋配置の例

3. 実験結果及び考察

3.1 破壊時の衝突速度と破壊形式

表-3に破壊時の衝突速度と破壊形式を要約した。最大衝突速度は補強筋比1%の梁では全て6 m/sec、2%では6~7 m/secであり、試験体間で顕著な差異は生じていない。しかし、2%のCsC梁では上部圧縮縁が圧壊し、上端

筋も部分的に破断していた。一方、1%のVsC梁は上、下端筋ともに破断して破壊した。以上から、衝撃を考慮する部材の補強材にFRPロッドを用いる際には、CFRPロッドは他のロッドに比べて脆性的であること、VFRPロッドは引張耐力が他と比べて低いことに留意する必要があると考えられる。

表-3 破壊時の衝突速度と破壊形式

試験体名	破壊時の衝突速度(m/sec)	破壊形式
AsC-1%	6	圧壊
AsC-2%	6	圧壊
CsC-1%	6	圧壊
CsC-2%	7	圧壊(上端筋が部分的に破断)
VsC-1%	6	上下端筋の破断
VsC-2%	7	圧壊

3.2 最大変位分布

図-2には補強筋比1%の試験体の $V=1\text{m/sec}$ における各点の最大応答変位を結んで得られる分布図を示している。図より、載荷点より40cmの間までのVsC梁の変位が他に比べてかなり大きく、AsCとCsC梁の変位差は比較的小さいことが判る。これは、VsCが他AsC、CsCに比べ剛性が小さいため、低衝突速度より載荷点部近傍に大きな曲率が発生していることを意味しているものと考えられる。

3.3 応答歪波形

図-3に $V=4\text{m/sec}$ における補強筋比が2%の試験体の梁中央での上端筋応答歪波形を示す。これより、AsCとCsC梁には顕著な差異はないが、VsCの上端筋は他と異なる性状を示していることが判る。すなわち、載荷初期の歪は圧縮から引張へ移行せず、上端筋が引張領域内でのみ応答している。これは、VsC梁の剛性が低いために第1波目の衝撃荷重載荷時には、中立軸が上端筋位置よりも上方に移動しているため引張歪が発生し、第2波目は荷重除荷によって、他AsC、CsCと同様にはねかえりによってさらに大きな引張歪が発生したものと考えられる。

3.4 ひびわれ性状

図-4に補強筋比が1%の試験体の破壊後のひびわれ性状を示す。図より、VsC梁は上下方向のひびわれが顕著であり、CsC、AsC梁の順に斜めひびわれ及び水平方向のひびわれが顕著に発生していることが判る。これよりいずれのケースもひびわれの分散性が良好であることが明らかである。特に、AsC梁ではCsC梁に比べて上端筋に沿った水平ひびわれが顕著に発生している。

4. まとめ

- 1) CsC梁では上端筋の部分的な破断、VsC梁では上下端筋の破断がみられ、衝撃を考慮する部材の補強筋に用いる際には各々脆性材料であることおよび引張耐力の低さに留意すべきと考えられる。
- 2) 最も剛性の低いVsC梁の応答変位量は、他の梁に比較して低衝突速度から大きく示される。この傾向は特に載荷点近傍で顕著である。
- 3) VsC梁では衝突速度 4m/sec において上端筋が引張歪領域内でのみ応答し、他の梁とは極めて異なる性状を示した。
- 4) VsC梁のひびわれは上下方向に顕著であるが、CsC、VsC梁では斜め及び水平方向にもひびわれが発生し、上端筋に沿ったひびわれはAsC梁で最も顕著であった。

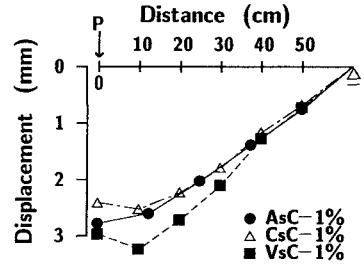
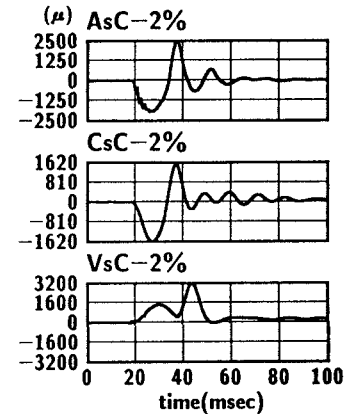
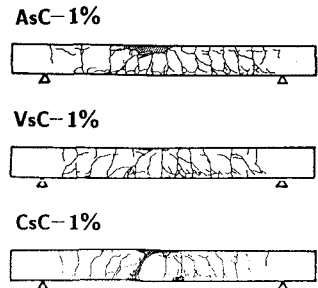
図-2 最大変位分布 ($V=1\text{m/sec}$)図-3 上端筋の応答歪波形 ($V=4\text{m/sec}$)

図-4 ひびわれ性状