

V - 445

各種補強筋を用いたRC梁の耐衝撃性に及ぼすコンクリート強度の影響

ドービー建設工業（株） 正会員 松岡 篤  
三井建設（株）技研 正会員 三上 浩  
室蘭工業大学工学部 正会員 岸 徳光  
三井建設（株）技研 正会員 田村 富雄

1. はじめに

最近、炭素繊維やアラミド繊維を主材とする連続繊維補強材（FRPロッド）をコンクリートの補強材として実構造物に適用する例が徐々に増えつつある。FRP ロッドは高引張強度を有し、耐食性に優れ、非帯磁性であるなど優れた特質を有している。著者らは、アラミド繊維製の FRPロッドが高い弾性伸び率を有し、降伏点を持たないことに着目して耐衝撃用途のコンクリート部材の補強材に適用するための研究を行ってきた。その結果、補強材の特性がコンクリート部材の衝撃挙動に大きな影響を与えることが明らかになった。本研究では既往の研究成果に加えて、補強筋の特性とコンクリート強度がRC梁の耐衝撃性に及ぼす影響を明らかにするために、3 種類の主筋を用いてそれぞれの補強筋に対して 2種類のコンクリート強度を有する梁を製作し、重錘を梁中央に自由落下させて衝撃実験を行ったのでその結果を報告するものである。

2. 衝撃実験の概要

表-1に試験体の一覧を示す。

同一の補強筋、コンクリート強度に対して 3体、合計18体の試験体を製作した。表中の載荷速度とは重錘が梁に衝突する直前の速度である。衝撃荷重の載荷は単一載荷とし、1 試験体に 1 回のみ載荷した。

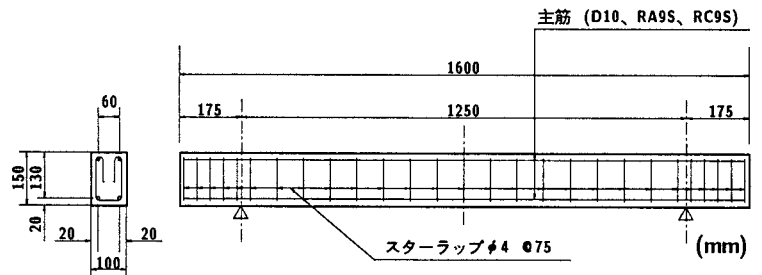


図-1 試験体の形状寸法および補強筋位置

表-2に補強筋の特性を示す。

アラミド繊維製、炭素繊維製（AFRP、CFRP）ロッドは表面に5号珪砂を接着したものを用いた。補強筋はすべて複筋配置とし、下端補強筋比は約1%とした。図-1に試験体の形状寸法および補強筋の配置位置を示す。衝撃荷重の載荷には外径が15cmで重量が200kgfの鋼製の円柱からなる重錘を用いた。梁は両端面から17.5cmの位置で上下を鋼製のピンを用いて支持した。

表-1 試験体の一覧

| 試験体名         | 補強筋の種類 | コンクリート強度 (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 載荷速度 (m/sec) |
|--------------|--------|---------------------------------|--------------|
| DC-L2, 3, 4  | D10    | 223                             | 2, 3, 4      |
| AsC-L2, 3, 4 | RA9S   | 223                             | 2, 3, 4      |
| CsC-L2, 3, 4 | RC9S   | 223                             | 2, 3, 4      |
| DC-H2, 3, 4  | D10    | 465                             | 2, 3, 4      |
| AsC-H2, 3, 4 | RA9S   | 465                             | 2, 3, 4      |
| CsC-H2, 3, 4 | RC9S   | 465                             | 2, 3, 4      |

表-2 補強筋の力学的特性

| 補強筋名                                          | 異形鉄筋 D10 | AFRPロッド RA9S | CFRPロッド RC9S |
|-----------------------------------------------|----------|--------------|--------------|
| 材質                                            | SD295A   | アラミド繊維       | カーボン繊維       |
| 公称直径(mm)                                      | 9.5      | 9.0          | 9.0          |
| 公称断面積(mm <sup>2</sup> )                       | 71       | 63           | 63           |
| 引張耐力(tf)                                      | 3.2~4.3  | 9.6          | 10.0         |
| 降伏耐力(tf)                                      | 2.1以上    | —            | —            |
| ヤング係数 (×10 <sup>6</sup> kgf/cm <sup>2</sup> ) | 2.1      | 0.7          | 1.2          |
| 弾性伸び率(%)                                      | 0.2      | 2.0          | 1.2          |

3. 実験結果および考察

3. 1 衝撃抵抗強さおよび破壊状況

表-3に示すように全試験体は4m/sec載荷で破壊した。これより、補強筋の特性やコンクリート強度は梁破壊時の載荷速度には顕著な影響を与えていないことが分かる。しかしながら、各梁の破壊状況は大きく異な

っている。DC梁ではコンクリート強度に関わらず梁中央部で下端鉄筋の降伏による角折れが生じた。AsC-L 梁では上部圧縮縁が広い領域で破壊し、上端筋の一部分で座屈現象が見られた。一方、AsC-H 梁では上部圧縮縁が広域的に破壊したが上端筋の座屈現象は見られなかった。CsC-L 梁では上部圧縮縁が広域的に破壊し、CsC-H 梁では下端補強筋が破断して破壊した。すなわち、異形鉄筋を用いた梁ではコンクリート強度よりも鉄筋の降伏現象の方が衝撃抵抗強さや破壊状況に与える影響が大きい。

一方、FRP ロッドを用いた梁ではコンクリート強度が破壊状況に影響を与え、AFRPロッドを用いた梁では高強度コンクリートに上端筋の座屈を抑制する効果が見られる。他方、CFRPロッドを用いた梁では高強度コンクリートが下端補強筋の破断を助長する結果となっている。各梁とも同一の荷重速度で破壊したことより破壊状況で耐衝撃性を比較すると、AFRPロッドを用いてコンクリート強度が高い梁ほど破壊状況は安定しており耐衝撃性に優れていると言える。

表-3 破壊状況

| 試験体名   | 荷重速度<br>(m/sec) | 破壊状況             |
|--------|-----------------|------------------|
| DC-L4  | 4               | 下端筋降伏            |
| AsC-L4 |                 | 圧縮部破壊<br>(上端筋座屈) |
| CsC-L4 |                 | 圧縮部破壊            |
| DC-H4  | 4               | 下端筋降伏            |
| AsC-H4 |                 | 圧縮部破壊            |
| CsC-H4 |                 | 下端筋破断            |

### 3.2 最大衝撃力

図-2に荷重速度と最大衝撃力の関係をコンクリート強度ごとに示した。最大衝撃力は重錘の最大加速度に重錘重量を乗じて求めた。この図から、荷重速度およびコンクリート強度に関わらずDC梁の最大衝撃力が最も小さいことが分かる。次に小さいのが高強度コンクリートを用いた梁の4m/sec荷重の1例を除いてAsC梁で、最も最大重錘衝撃力が大きい梁はCsC梁である。また、最大衝撃力は上述した1例を除いて荷重速度が大きくなるに従い大きくなっている。

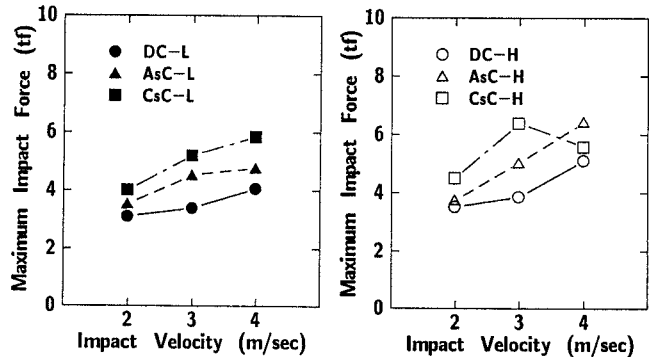


図-3 荷重速度と最大衝撃力の関係

一般に最大衝撃力は変形量が小さい剛性の高い梁ほど大きくなるものと考えられる。したがって、本実験ではDC梁が最も最大衝撃力が大きくなるものと推察されるが、実験結果はこれと逆の結果を示している。これは、本実験で用いた重錘の重量が200kgfと重く、2m/sec荷重の落下エネルギー程度でも鉄筋が降伏して局部的な変形量が増加し、見かけ上DC梁の剛性が最も低い状態になったためと考えられる。

一方、高強度コンクリートを用いたCsC梁の4m/sec荷重では、下端ロッドが破断して梁が2つに折れたため、4m/sec荷重での最大衝撃力が3m/sec荷重よりも小さくなったものと考えられる。また、4m/sec荷重で上端ロッドに座屈現象が見られたAsC-L 梁では、損傷が圧縮部に集中したため変形量が顕著には増加せず、4m/sec荷重での最大衝撃力は3m/sec荷重よりも大きくなっている。しかし、その増加の割合は他の梁に比べて小さい。コンクリート強度で比較すると、高強度コンクリートを用いた梁が低強度コンクリートを用いた梁に比べて最大衝撃力が若干大きくなっている。その程度は、高強度コンクリートを用いた梁が、低強度コンクリートを用いた梁に比べて1m/sec程度高い荷重速度での衝撃力とほぼ等しい。

### 4. まとめ

コンクリート強度はRC梁の最大衝撃力の大きさに影響を与えるが補強筋の特性ほどは顕著ではない。補強筋の特性はRC梁の衝撃破壊状況に大きな影響を与える。同時に、コンクリート強度も破壊状況に大きな影響を与えるが、この影響はFRPロッドで補強した梁のみでみられる。RC 梁の破壊状況は、異形鉄筋を用いた梁では鉄筋の降伏、AFRPロッドを用いた梁では圧縮部破壊、CFRPロッドを用いた梁ではコンクリート強度によって異なり、圧縮部破壊とロッド破断による破壊であった。荷重速度と破壊状況からみて、RC梁の耐衝撃性を向上させるためには、AFRPロッドで補強して高強度コンクリートを用いることが有効であると考えられる。