

I - 808

各種補強筋を用いたRC梁の衝撃挙動に及ぼす載荷方法の影響

専修大学北海道短期大学 正員 三上敬司 室蘭工業大学 正員 岸 徳光
三井建設技術研究所 正員 三上 浩 室蘭工業大学 正員 松岡健一

1. まえがき

最近、鉄筋に代わる補強筋として新素材のアラミド繊維 (AFRP) やカーボン繊維 (CFRP) を用いたコンクリート部材に関する研究が盛んに行われ、また実構造物に適用されるようになってきている。著者らは、各新素材繊維を補強筋とするコンクリート部材の衝撃荷重載荷時の挙動に着目して、繰り返し載荷方法による重錘落下衝撃実験を行い、異形鉄筋を補強筋とする場合と比較検討を行っている。実験結果より弾性伸び率の高い補強筋を用いたコンクリート部材ほど耐衝撃性に優れていることが明らかになっている。しかしながら、衝撃荷重載荷による構造物の耐衝撃性に関する問題は単一載荷状態で評価することが一般的であり、繰り返し載荷と単一載荷における部材の耐衝撃性状を把握し、載荷方法による部材の耐衝撃性状への影響を明らかにすることは工学的にも重要であるものと考えられる。

本研究ではこのような観点より、異形鉄筋 (DC) および AFRP, CFRP ロッドを用いた RC 梁に関する単一載荷と繰り返し載荷による耐衝撃性に関する実験を行い、載荷方法による RC 梁の耐衝撃性について比較検討を行った。ここでは紙面の都合により、弾性状態から塑性状態の過渡的領域における最大応答歪分布と限界状態におけるひび割れ状況により考察を行った。

表-1 試験体一覧

名称	補鉄筋の種類	載荷速度 (m/sec)
DC-S1,R2,R3	D10	1,2,3
DC-S2,S3,S4		2,3,4
AsC-S1,R2,R3,R4	RA9A	1,2,3,4
AsC-S2,S3,S4		2,3,4
CsC-S1,R2,R3,R4	RC9S	1,2,3,4
CsC-S2,S3,S4		2,3,4

2. 衝撃実験

衝撃実験は、円柱状鋼製重錘 ($W=200\text{kgf}$) を所定の高さにセットし、自由落下させることにより衝撃荷重を試験体中央に作用させる方法で行っている。衝撃荷重の載荷方法は、RC が破壊するまで衝突速度を 1m/sec づつ増加させた繰り返し載荷の場合および各衝突速度に対する単一載荷の場合の2通りである。試験体一覧を表-1に示した。試験体名を簡略化して示すために、補強筋として用いている異形鉄筋

(D10)、砂付きの AFRP ロッド (RA9S) および CFRP ロッド (RC9S) の略称をそれぞれ DC, AsC, CsC としている。なお、単一載荷に関しては S, 繰り返し載荷に関しては R, 載荷速度 $V=1\sim 4\text{m/sec}$ に関してはそれぞれ 1~4 と記号化している。

試験体に用いたコンクリートは、粗骨材の最大寸法が 15mm のレディミクストコンクリートで W/C が

62% 、単位セメント量が 210kgf である。コンクリートの弾性係数は $2.20 \times 10^6 \text{kgf/cm}^2$ 、ポアソン比は 0.18 、実験時の材令は $119\sim 120$ 日、圧縮強度は 223kgf/cm^2 である。図-1は、コンクリート梁の配筋図、歪ゲージおよび変位計位置を示している。なお、補強筋は全て複鉄筋配置とし、下端補強筋比は全て約 1% とした。また梁は両端面から 17.5cm の位置で上下を鋼製のピンを用いて支持している。

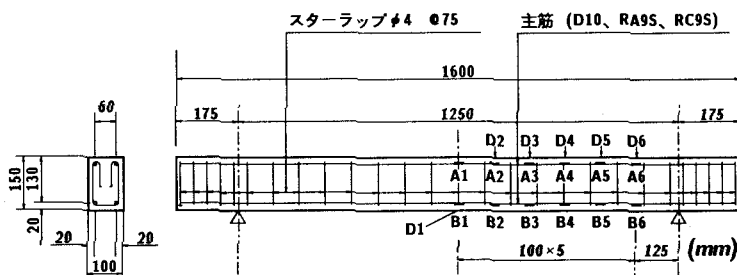


図-1 コンクリート梁の配筋図、歪ゲージおよび変位計位置

3. 実験結果

3.1 スパン方向の下端筋最大歪分布

図-2は弾性状態から塑性状態に移行する過渡的領域である衝突速度 $V=2\text{m/sec}$ の場合に対する RC 梁の各測点における下端筋の最大歪分布を示している。測点 B2~B6 の歪分布を見ると、いずれの梁も -S, -R において大きな

差が見られず、補強筋の剛性の大きさに順に従って DC, CsC, AsC の順に歪分布が大きくなっている。測点 B1 では、AsC, CsC の場合は測点 B2-B6 と同様載荷方法による明確な差は示されていない。一方 DC の場合は B1 が B2 の 2 倍以上の歪値となっており、B1 に歪が集中し梁中央部で角折れの状態であることを示している。載荷方法による応答値の差を調べると単一載荷の場合(-S)が繰返し載荷(-R)の 2 倍以上の大きさになっている。

以上より、 $V=2\text{m/sec}$ 落下の時点では AsC, CsC 梁は載荷方法の影響が小さいが DC 梁の場合は載荷点部でその影響が示されることが明らかになった。

3.2. ひび割れ状況

図-3 に載荷速度が最も大きな場合についての梁側面のひび割れ状況を示した。ただし、DC 梁は繰返し載荷の場合には -R3 の状態で角折れ角度も大きくなっているため限界の状態と判断し載荷速度 $V=4\text{m/sec}$ の実験は行っていない。このため DC-S3 の場合について示した。DC 梁の場合は DC-R, -S とともにひび割れが主に載荷点近傍部に集中しており、図-2 の最大歪分布からも明らかなように角折れ状態を示していることがわかる。折れ角度を調べると、DC-R3 の方が -S3 より大きく、繰返し載荷によって損傷が蓄積されていることがわかる。なお、DC-S4 の場合は載荷点部のコンクリートが著しく損傷を受け剥離している。

AsC-S4 の場合は、梁の広範囲にひび割れが分散して発生しており、衝撃荷重に対して梁全体で抵抗していることがわかる。また DC 梁と異なり上端にもひび割れが発生し、梁が負載荷状態（上側に凸の変形）になっていることを裏付けている。これは、AFRP ロッドの弾性伸びが異形鉄筋の 10 倍程度と大きいことより、梁がリバウンド状態になったためと考えられる。また載荷点近傍部のコンクリートの一部が剥離している。AsC-R4 の場合は AsC-S4 よりもひび割れ本数も少なく分散の程度も劣っている。これは損傷が初期の載荷段階において発生したひび割れ部に集中蓄積するためと考えられる。また載荷端近傍より斜め方向に大きくコンクリートが剥離している。これは損傷の蓄積によって載荷点近傍部の梁上端から下端に上下方向に貫通するひび割れが発生し、その部分が弱点となって載荷点部の曲げ領域が押し抜かれるようになったためと考えられる。

CsC-S4 は AsC-S4 と同様梁の広範囲にひび割れが分散している。AsC と比較するとひび割れの進展する方向が AsC より斜め方向になっている。CsC-R4 の場合はひび割れ本数が若干多いものの AsC-R4 と同様な挙動を示している。大きく異なる点は載荷点近傍で CFRP ロッドが破断し梁が 2 分している点である。これは CFRP ロッドの弾性伸び能力が AFRP ロッドの 1/2 程度であることが大きな要因となっているものと考えられる。

以上より、弾性から塑性状態に至る過渡の状態である載荷速度の小さい段階では AsC, CsC とも載荷方法の影響は小さいが、DC では載荷点近傍の歪状態に載荷方法の影響が現れている。一方、載荷速度が大きい場合には繰返し載荷の方が損傷の程度が著しいものの、耐力的には大きな差がないように考えられる。補強筋によって衝撃耐力を評価すると AsC 梁がロッドの破断もなく最も優れ、次いで CsC 梁であり、DC 梁が最も劣ることが明らかになった。

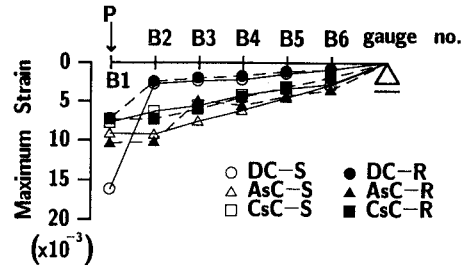


図-2 $V=2\text{m/sec}$ の場合の最大歪分布

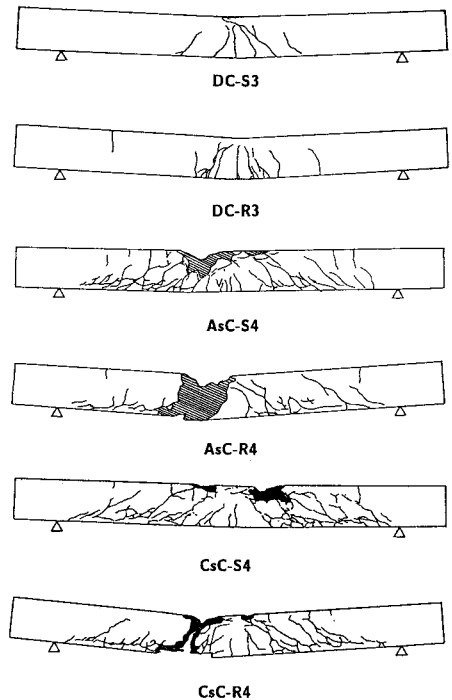


図-3 最大衝突速度におけるひび割れ状況