

(I - 1) 高速载荷を受ける鉄筋コンクリートはりの終局限界性能に及ぼす せん断補強筋効果に関する実験的研究

防衛大学校 学生員 丸山貴司 防衛大学校 正会員 高橋芳彦
防衛大学校 正会員 大野友則 防衛大学校 正会員 内田 孝

1. はじめに 鉄筋コンクリート（以下、RC）部材の耐震性や耐衝撃性を評価する指標としては、一般に終局荷重、終局変位量およびエネルギー吸収容量などが用いられている。¹⁾これらの性能を向上させるための有効な手段の一つとして、せん断補強筋の量や形状などの配筋方法の検討が考えられている。例えば、せん断補強筋を密に配置することはRCはりの靱性を改善する方法として最も有効であることが知られている。²⁾しかしながら、RC部材が衝撃荷重のような高速度の载荷を受ける場合、圧縮部コンクリートの拘束が終局変位量などにどのように影響するのかは明らかにされていない。そこで本研究は、RCはりにおけるせん断補強筋間隔あるいは载荷速度の大きさが部材の終局荷重や変形性能に及ぼす影響について調べたものである。

2. 実験概要 試験体の寸法・諸元を図-1に示す。各タイプともRCはりの引張鉄筋および圧縮鉄筋には異形鉄筋D16 (SD35、 $f_y=3658\text{kgf/cm}^2$)をそれぞれ2本（引張鉄筋比 $p=1.56\%$ 、複鉄筋比 $p'/p=1.0$ ）配置し、せん断補強筋間隔を4cm、6cmおよび8cm（せん断補強筋比 $p_w=0.47\%$ 、 0.63% および 0.94% ）に変化させた。試験体は各種類ごと6体ずつ作成した。せん断補強筋には丸鋼φ6 (SR24、 $f_y=2803\text{kgf/cm}^2$)を用いた。実験時のコンクリートの圧縮強度は、平均 295kgf/cm^2 であった。载荷形式は、せん断スパン比3の条件で両端を単純支持した試験体の中央に対する1点集中载荷である。载荷速度は静的（約 $1\times 10^{-5}\text{m/sec}$ ）、低速（約 0.04m/sec ）および高速（約 4m/sec ）との3種類とした。なお、低速および高速荷重の载荷には高速変形負荷装置を用いた。

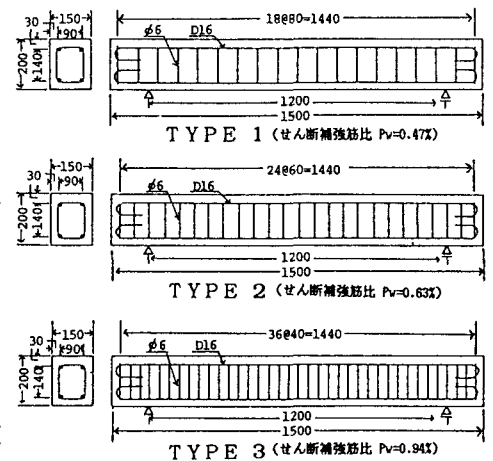


図-1 試験体の寸法・諸元

3. 実験結果および考察

(1) 弾塑性挙動

図-2(a)に荷重～載荷点変位関係を示す。本研究では、降伏以後、荷重が急激に減少する時点（図中の○点）を終局状態と定めた。この時点における荷重および変位量を、それぞれ試験体の終局荷重および終局変位量とした。低速载荷および高速载荷を受ける場合、各タイプの試験体とも静的载荷に比べ荷重および変位量がいずれも大きな値を示すことがわかる。また図-2(b)からわかるように、高速载荷を受ける場合、せん断補強筋間隔が異なるにもかかわらず、弾塑性挙動はほぼ同様である。すなわち、高速载荷に対しては、破壊が載荷点近傍に集中するためと考えられ、本実験に用いたせん断補強筋間隔の範囲では、その間隔が弾塑性挙動に及ぼす影響はほとんど認められない。

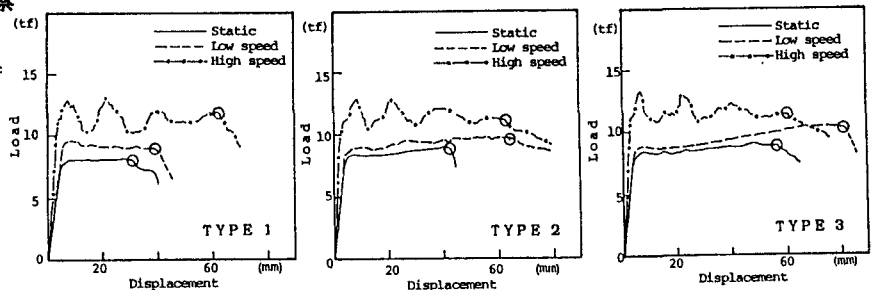


図-2(a) 荷重～載荷点変位関係

よび変位量を、それぞれ試験体の終局荷重および終局変位量とした。低速载荷および高速载荷を受ける場合、各タイプの試験体とも静的载荷に比べ荷重および変位量がいずれも大きな値を示すことがわかる。また図-2(b)からわかるように、高速载荷を受ける場合、せん断補強筋間隔が異なるにもかかわらず、弾塑性挙動はほぼ同様である。すなわち、高速载荷に対しては、破壊が載荷点近傍に集中するためと考えられ、本実験に用いたせん断補強筋間隔の範囲では、その間隔が弾塑性挙動に及ぼす影響はほとんど認められない。

(2) 終局荷重 図-3に、終局荷重とせん断補強筋比との関係を示す。

図から、終局荷重の大きさは載荷速度の増大にともなって上昇するが、せん断補強筋の間隔の影響をほとんど受けないことがわかる。この原因としては、①本試験で用いた試験体はすべて曲げ破壊をしている。つまり、曲げ破壊による終局荷重は断面諸元のみにより決定される、②本実験で用いたせん断補強筋比の範囲では、せん断補強筋の拘束効果による圧縮部コンクリートの強度の上昇が図れなかった、ことが考えられる。また低速載荷および高速載荷に対する終局荷重は、静的載荷に比べそれぞれ平均約10%および約40%大きな値を示す。これは、ひずみ速度効果によって鉄筋の降伏点およびコンクリートの圧縮強度が増大するためと考えられる。とくに、部材が曲げ破壊する場合の終局荷重の大きさは、引張鉄筋が負担する引張力の大きさに依存する。低速載荷と高速載荷に対する終局荷重の増加率の差は、載荷速度に応じて生じる破壊断面の引張鉄筋のひずみ速度の差によるものと推察される。

(3) 終局変位量 図-4に、終局変位量とせん断補強筋比との関係を示す。静的載荷および低速載荷の場合は、せん断補強筋間隔が小さくなるにつれて終局変位量が増加する。またその増加率は、静的載荷および低速載荷のいずれもほぼ一定で、せん断補強筋間隔を2cm小さくする毎に、せん断補強筋間隔が8cmの場合の終局変位量に対し約50%の値を示している。これは、せん断補強筋によってコンクリートに拘束の効果が生じ、圧縮部コンクリートの終局ひずみが増大したためと考えられる。また、低速載荷の場合、終局変位量はせん断補強筋間隔の大小によらず静的載荷に比べ約35%~45%増加している。これは、圧縮部コンクリートの終局ひずみの増大に対し、せん断補強筋による拘束効果のほかに、ひずみ速度効果の影響を受けたことを示している。一方、高速載荷の場合の終局変位量はせん断補強筋間隔の大小によらずほぼ一定の値を示す。これは破壊が載荷点近傍に集中し、せん断補強筋の配置や本数の影響を受けなくなるためである。

(4) エネルギー吸収容量 図-5にエネルギー吸収容量とせん断補強筋比との関係を示す。本研究では、エネルギー吸収容量は、終局状態に至るまでの荷重~載荷点変位曲線に囲まれた面積によって算定されるものとする。前述したように、終局荷重の大きさがせん断補強筋間隔の影響を受けないため、エネルギー吸収容量は終局変位量とせん断補強筋比との関係とほぼ同じ傾向を示す。

5 まとめ 本研究で得られた成果を要約すれば、以下ようになる。

- ① RCはり曲げ破壊する場合、載荷速度が増加するにしたがって終局荷重は増大するが、本実験の範囲では、せん断補強筋間隔の大小は終局荷重の大きさに影響しない。
- ② 部材の変位速度が $1 \times 10^{-5} \sim 0.04 \text{ m/sec}$ 程度であれば、せん断補強筋間隔を小さくすることにより終局変位量は増大する。しかしながら、変位速度が 4 m/sec 程度になると、破壊が一部の断面に集中するためせん断補強筋を増してもその効果は期待できない。

1) 高橋、辻本、山田、大野、内田：高速載荷を受けるRC部材の終局限界性能に関する実験的研究、

コンクリート構造物の靱性とその評価法に関するコロキウム論文集、1988年3月、pp. II-163~II-172

2) 小阪、谷川、畑中：構成モデルに基づく各種構拘束コンクリートの圧縮靱性の統一評価、第8回コンクリート工学年次講演会論文集、1986、pp.365~368

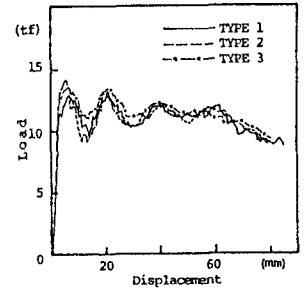


図-2(b) 高速載荷時の荷重~載荷点変位関係

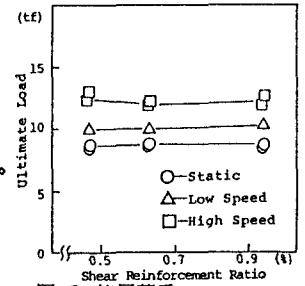


図-3 終局荷重~せん断補強筋比関係

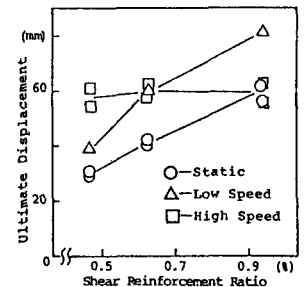


図-4 終局変位量~せん断補強筋比関係

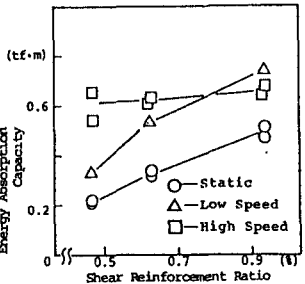


図-5 エネルギー吸収容量~せん断補強筋比関係