

金沢工業大学 正会員 石森 広
 金沢工業大学 正会員 太田 実

1. はじめに

鉄筋コンクリート曲げ部材のせん断補強には、従来スターラップ、帯鉄筋など軸方向鉄筋に直角に配置する鉄筋が用いられてきたが、ここでは耐震上重要な靱性をさらに向上させるためのせん断補強法として、斜引張応力の作用方向に鉄筋の配置方向を一致させたX形補強鉄筋による補強法に着目し、その性能を確かめるためにはり供試体による交番繰返し載荷実験を行った。

2. 実験内容

供試体の形状および配筋詳細は図-1に示すとおりで、各供試体を2体ずつ作製した。供試体Sはスターラップを6cm間隔に配置した在来形供試体で、供試体X1~XXはスターラップ配筋に併せてX形補強鉄筋を配置したX形供試体である。供試体X1~X3ではX形鉄筋を配置した位置をそれぞれ変えており、供試体XXではせん断スパン領域にX形鉄筋を2個配置している。軸方向鉄筋にはSD30・D13 ($\sigma_{sy}=3800 \text{ kg/cm}^2$)、補強鉄筋にはSD30・D6 ($\sigma_{sy}=3600 \text{ kg/cm}^2$)を、またコンクリートは碎石・川砂コンクリート ($\sigma_c=200 \text{ kg/cm}^2$)を用いた。載荷には能力50tonのアムスラー型試験機を用い、スパン90cm、 $a/d \approx 2.1$ の2点曲げ載荷を行った。交番繰返し載荷は一方向1回の載荷ごとに供試体の上下を反転させる方法で行い、スパン中央での部材降伏変位 δ_y を尺度として、その整数倍に変位を漸次増加させつつ、 $2\delta_y$ 以後の各変位で各3回の繰返しとした。載荷実験中、はりの荷重-変位履歴、補強鉄筋のひずみなどを記録するとともに、ひびわれ・破壊状況を観察した。

3. 実験結果

図-2は載荷開始から最終状態に至るまでの荷重-変位履歴曲線を示したものである。各供試体のループ形状を見ると、スターラップのみを配置したSと支点付近にX形鉄筋を配置したX1は、せん断破壊形式の部材でよく見受けられる逆S字形のループとなっている。それに対して、X形鉄筋をせん断スパン中央寄りの位置に配置したX2、X3およびせん断スパン領域にX形鉄筋をダブルに配置したXXは、原点付近がやや膨らんだ紡錘形に近いループを示しており、S、X1よりもすぐれた復元力特性を有することがわかる。部材降伏までの初期剛性については、S、X1、X2およびX3はほとんど同じ値であったのに対し、XXだけは幾分大きな値を示した。しかし、変位振幅の増加に伴う剛性の低下割合は各供試体ともに同じになるのが確かめられた。

各変位振幅の1サイクル目における最大荷重値を結んだ包絡線を描くと、図-3のようである。図にはX3の結果を示していないが、これは変位制御に用いた変位計が実験中に移動を起し、その結果、変位振幅が一方に片寄って正確な載荷を行

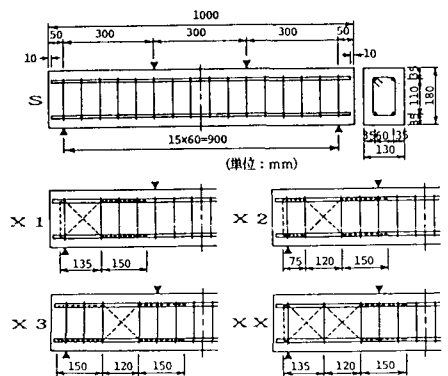


図-1 供試体

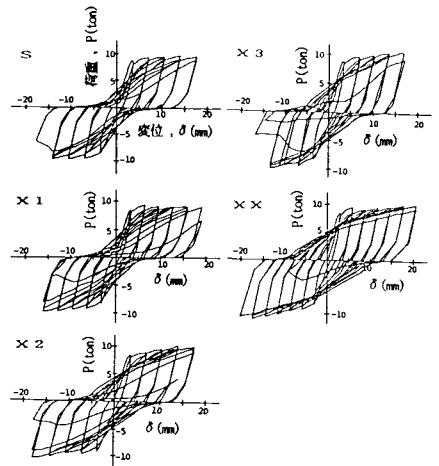


図-2 荷重-変位曲線例

えなかったことによる。図より、変位振幅 $\pm 15\text{mm}$ ($\pm 5 \delta y$) 程度までは各供試体の耐力は安定しており、それ以上の変位振幅の段階で耐力低下が生じる傾向が認められる。部材降伏荷重は各供試体ともほぼ等しい値を示し、最大荷重は総体的に見てS、X1よりもX2、XXのほうが大きな値を示している。なお、実験装置などの都合により供試体が完全に破壊する以前に荷重を打ち切ったために、靱性率を求めるまでには至らなかった。

エネルギー消費能力を比較したものを図-4に示す。縦軸は履歴曲線より得られた累積エネルギー消費量を示し、横軸は変位振幅を示す。S、X1およびXXは供試体2体の結果を平均したもので、X2、X3は供試体1体の結果である。変位振幅の小さい範囲では供試体による差はほとんど見られないが、変位振幅が大きい $\pm 4 \delta y$ 以上になると供試体による差が明確に現れており、S、X1よりもX2、X3およびXXは大きな累積エネルギー消費量を示している。

図-5は繰返しに伴う補強鉄筋のひずみ挙動を正載荷時について示したもので、図中のプロットは4測点(供試体の幅・長さ方向の対称位置に1枚ずつ)におけるひずみの平均値を表す。図より明らかなように、Sでは変位振幅 $3 \delta y$ の段階ですでに3本の鉄筋が降伏ひずみ値を越えているのに対し、X形供試体ではSよりも大きな変位で鉄筋が降伏し始める傾向にあるのが認められる。X3ではX形鉄筋が、XXではせん断スパン中央のスターラップと荷重点寄りのX形鉄筋がともにせん断に対して有効に作用していることがわかる。また図中に Δ 、 ∇ 印で示す位置におけるスターラップは各供試体において配置位置が同じであるが、変位振幅増加に伴うそのひずみ値は供試体によりかなり異なっている。このように、個々の補強鉄筋が負担する応力の分担性は部材内部の配筋状態によって大きく変化するものと言えよう¹⁾。

4. おわりに

今回の実験で、適切な位置にX形鉄筋を配置したX形せん断補強法は、はり部材の靱性を向上させる手段として有効であることがおおむね確かめられた。

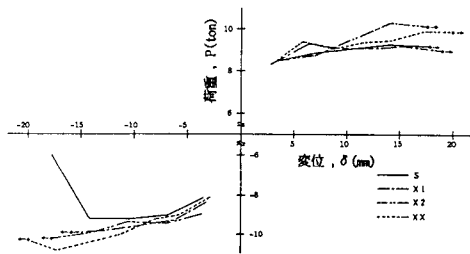


図-3 荷重-変位曲線の包絡線(2回目)

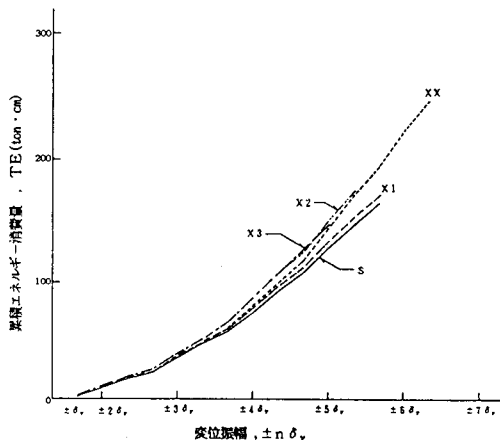


図-4 累積エネルギー消費量

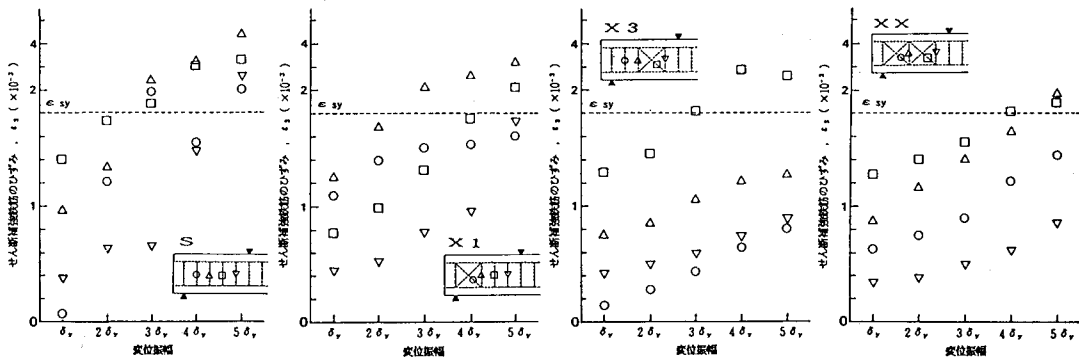


図-5 せん断補強筋のひずみ

参考文献 1) 池田、信田：鉄筋コンクリート部材のせん断耐荷機構に関する研究、第33回土木学会年次講演会概要集・第5部。