

# 複鉄筋R.C梁のせん断特性に関する実験的研究

○ 東北大学 学 高橋 直正  
東北大学 学 桑澤 庄次郎  
東北大学 正 鈴木 基行

## 1. まえがき

鉄筋コンクリート構造物の合理的で簡便な耐震設計法の確立のためには、交番繰返し荷重を受ける鉄筋コンクリート部材や構造物の弾性域から塑性域に至るまでの挙動を、正確に把握しておかなければならない。特に、せん断力の作用が耐力や靱性に大きな影響をもつR.C部材に関し、その複雑な破壊機構を総合的に説明できる理論の確立を見ない現在、実験により、その破壊挙動を把握することは大きな意義がある。本実験は、このような観点から、矩形対称複鉄筋R.C梁に一点集中荷重を加え、スターラップ量、シェアースパン比、載荷方法の違いがせん断特性に及ぼす影響を調べ検討を加えたものである。

## 2. 実験概要

### (1) 供試体

供試体諸元を表-1に、供試体寸法図を図-1に示す。本実験では、コンクリートの終局ひずみを $3000\mu$ 、圧縮強度を $270\text{ kg/cm}^2$ とし、鉄筋の降伏強度及び降伏歪として公称値を用い、Hognestad理論により求まる終局低抗曲げモーメント $M_{ul}$ に対応するせん断力に対して必要なスターラップ量をACI規準のせん断規定に従って求め、そのスターラップ比を $\rho_{sa}$ とした。供試体番号の内、a, b, cは、スターラップ量の違いを示すものであり、aは $2\rho_{sa}$ 、bは $1\rho_{sa}$ 、cは $0.75\rho_{sa}$ だけのスターラップ量が入っていることを示す。ここで、Aシリーズでは $\rho_{sa}=0.18\%$ 、Bシリーズでは $\rho_{sa}=0.11\%$ であるが、Bシリーズの $\rho_{sa}$ は、ACI規準のせん断規定における最小スターラップ量規定により定まる値であり、計算上必要となる $\rho_{sa}$ は $0.016\%$ である。なお使用した鉄筋は、D16がSD35、D6がSD30である。

### (2) 載荷方法および測定方法

載荷は、スパン中央一点載荷とし、支承は両端ともローラー支承とした。交番繰返し載荷の載荷パターンを図-2に示す。各たわみ振幅における繰返し載荷は3サイクル行うことを原則とし、3サイクル目の載荷による耐力減少の程度が大きい場合は、耐力がほぼ一定になるまで同一たわみ振幅での載荷を続けることとした。測定は梁の変位を電気式変位計にて、軸方向主鉄筋歪、スターラップ歪、コンクリート歪をstrain gaugeにて行った。

## 3. 結果および考察

—— 実験結果の一覧を表-2に示す。

### (1) 荷重-変形(P- $\delta$ )特性について

図-3は1例として、Aシリーズの供試体の荷重とスパン中央変位の関係を示したものであるが、スターラップ量の増大により、靱性が大きくなり、P- $\delta$ ループの形状が紡錘形から逆S字形へ移行する時のたわみ振幅が増大する様子、及び繰返し載荷を受けた梁は1方向載荷を受けた梁に比べて靱性が極端に低下する様子がわかる。

表-1 供試体諸元

| 供試体番号 | 軸方向鉄筋比<br>$\rho_g$ (%) | せん断力<br>作用距離<br>$P_1$ (cm) | せん断力<br>作用距離<br>$P_2$ (cm) | スターラップ<br>率<br>$\rho_{sa}$ (%) | スターラップ<br>率<br>$\rho_{sa}$ (%) | 載荷方法 | $V_c$<br>(kg) |
|-------|------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|---------------|
| A-a-2 | 2.3                    | 14.25                      | 0.336                      | D6, S=63                       | 5方向                            | 284  | 284           |
| b-1   | "                      | "                          | 0.168                      | D6, S=26                       | 1方向                            | 262  | 262           |
| b-2   | "                      | "                          | "                          | "                              | 5方向                            | 262  | 262           |
| c-2   | "                      | "                          | 0.126                      | D6, S=16.8                     | "                              | 284  | 284           |
| B-a-2 | 3.5                    | 9.36                       | 0.254                      | D6, S=9.0                      | "                              | 263  | 263           |
| b-1   | "                      | "                          | 0.17                       | D6, S=18                       | 1方向                            | 263  | 263           |
| b-2   | "                      | "                          | "                          | "                              | 5方向                            | 263  | 263           |

図-1 供試体寸法図 (単位: cm)

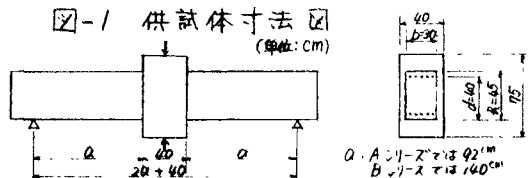


図-2 交番繰返し載荷パターン

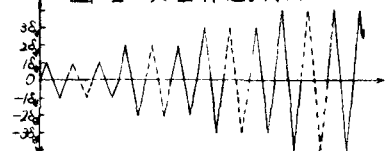


表-2 結果一覽

| 供試体<br>番号 | スターラップ<br>比<br>$R_w$           | 荷重 (ton)<br>$P_y P_u$ | $R_y R_u$ | たわみ (mm)<br>$\delta_y \delta_u$ | 靱性<br>率<br>% | 部材降伏時歪 ( $\mu$ ) |             |          |       | はじめてスターラップが降伏した時のたわみ $\delta$ (mm) | はじめてスターラップが降伏した時の $E_{st}(\mu)$ | P-Sループが逆S字状へ移行した時のたわみ $\delta$ (mm) |
|-----------|--------------------------------|-----------------------|-----------|---------------------------------|--------------|------------------|-------------|----------|-------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
|           |                                |                       |           |                                 |              | $E_{ST}$         | $E_{ST}$    | $E_{SS}$ | $E_c$ |                                    |                                 |                                     |
| A-a-2     | 0.336% = $2P_{wa}$             | 34.0 37.0             | 1.09      | 4.5 22.5                        | 5            | 2200 ~ 2650      | -400 ~ -750 | 最大値 -700 | -1100 | 1.8y-344mm                         | 2500以上                          | 3.8y-344mm                          |
| b-1       | 0.168% = $1P_{wa}$             | 33.4 37.3             | 1.12      | 5.5 31.5                        | 5.7          | 2500 ~ 10,500    | -250 ~ -800 | 最大値 -230 | -550  | 0.6 $\delta_y$                     | 1300 ~ 1950                     | —                                   |
| b-2       | "                              | 34.2 36.0             | 1.05      | 5.0 10.0                        | 2            | 2500 ~ 14,000    | -300 ~ -600 | 最大値 -300 | -1150 | 0.6 $\delta_y$                     | 1700 ~ 1950                     | 2.8y-344mm                          |
| C-2       | 0.126% = $0.75P_{wa}$          | 34.6 36.3             | 1.05      | 5.0 10.0                        | 2            | 2500 ~ 3,900     | -350 ~ -150 | 最大値 —    | —     | 0.6 $\delta_y$                     | 1850 ~ 2000                     | 2.8y-244mm                          |
| B-a-2     | 0.234% = $2P_{wa}$<br>(14.7mm) | 21.5 24.0             | 1.12      | 6.0 36.0                        | 6            | 2000 ~ 3000      | -450 ~ -600 | 最大値 -750 | -1150 | 3.8y-144mm                         | 3000以上                          | 3.8y-344mm                          |
| b-1       | 0.117% = $(7P_{wa})$           | 21.7 27.2             | 1.25      | 8.0 180.0                       | 22.5         | 2350 ~ 17,300    | -500 ~ -600 | 最大値 -850 | -950  | 2.2 $\delta_y$                     | 1400以上                          | —                                   |
| b-2       | "                              | 20.5 22.0             | 1.07      | 6.0 12.0                        | 2            | 2200 ~ 8,400     | -450 ~ -750 | 最大値 -700 | -900  | 2.8y-344mm                         | 5000以上                          | 2.8y-344mm                          |

\* Bシリーズ、応力の ( ) 内の値は、計算上必要となるスターラップ比の何倍であることを示す。\* 歪率はヤガ引張、一ガ引張  
\* 記号の色味は次のとおり。  $P_y$ : 部材降伏荷重  $P_u$ : 終局荷重  $\delta_y$ : 部材降伏たわみ  $\delta_u$ : 終局たわみ  
 $E_{ST}$ : 軸方向引張主鉄筋歪  $E_{ST}$ : 軸方向圧縮主鉄筋歪  $E_{SS}$ : スターラップ歪  $E_c$ : コンクリート歪

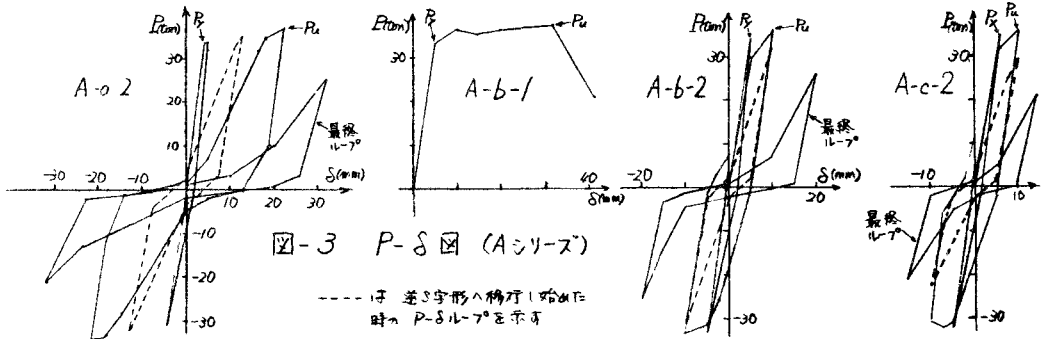


図-3 P- $\delta$ 図 (Aシリーズ)

これと同様のことが、Bシリーズの供試体についても言える。又、供試体 A-b-1、A-b-2、A-c-2は、軸方向引張主鉄筋降伏以前にスターラップが降伏したものであるが、その時点ではP- $\delta$ 図の傾きの変化はほとんど見られないのに対し、いずれの供試体も、部材降伏時においてすべての軸方向引張主鉄筋が降伏した。このことは、本実験で用いた軸方向引張主鉄筋量及びスターラップ量の範囲においては、部材降伏が主に軸方向引張主鉄筋の降伏によりもたらされることを示している。

## (2) 靱性について

図-4は、繰返し載荷を受けた梁の靱性率とたわみの関係を示したものである。これより、スターラップ量2.2%の梁では、スターラップ降伏から終局耐力に至るまで、3.5~4.5の余裕があるのに対して、1.2%以下の梁では、スターラップ降伏後短時間の内に終局に至ることがわかる。

図-4 靱性率- $P_w$ 曲線

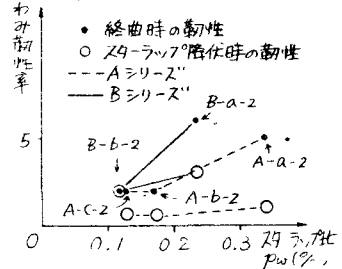
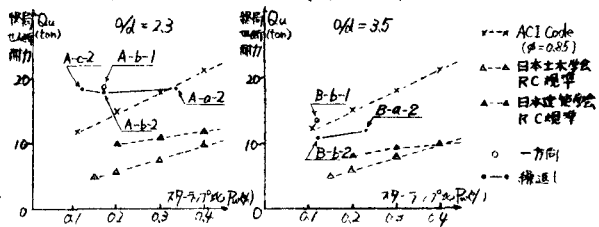


図-5 セン断耐力の比較



## (3) セン断耐力の評価について

図-5は、実験で得られた各供試体の終局せん断耐力と各種規準により評価されるせん断耐力との比較をしたものである。ここで  $d/a=3.5$  の繰返し載荷を受けた梁では、実験値が、ACI規準による評価耐力の8割程度の値を示すにとどまっている。このことは、地震力のような繰返し荷重を受ける梁に対するACI規準のせん断耐力評価が、危険側の評価となる可能性のあることを示唆している。

4. あらまし 本実験の供試体はすべて軸方向主鉄筋比が0.828%と一定であったが、今後はそれ以外の軸方向主鉄筋比の梁についても実験を行い、せん断特性に及ぼす影響の把握に努めたい。