

## 高張力鉄筋のはり部材への適用に関する研究

京都大学 岡田 清 京都大学 正員 小林 和夫  
京都大学 宮川 豊章 大阪府庁 正員 青木 誠

1. まえがき 本研究は、降伏点強度が50~70kgf/cm<sup>2</sup>程度の高張力鉄筋を用いたRCはりおよびⅢ種PCはりについて種々載荷試験を実施したが、そのうち静的、持続、繰返し荷重下での曲げ変形特性や耐力などの基本的諸特性について述べることにする。

2. 試験概要 高張力鉄筋としてSD50と表面形状がインデンティッド型の実降伏点70kgf/cm<sup>2</sup>程度(SH70と呼ぶ)の2種類、比較用の普通鉄筋としてSD30を使用した。これらとⅢ種PCはり用のPC鋼棒の実強度を表-1に示す。供試体は、断面寸法(b, h, d)とコンクリート強度を同一とし、終局曲げ耐力をほぼ等しくしたRCはり：

SD30-2D16, SD50-2D13, SH70-2φ11とⅢ種PCはり：SH70-2φ9.2(Ⅲ)(目標下縁フレストレス50kgf/cm<sup>2</sup>)の4種類とした。コンクリートの設計基準強度はいずれも450kgf/cm<sup>2</sup>とした。これは主鉄筋の $\sigma_{sa}$ とSD30:1800kgf/cm<sup>2</sup>, SD50:2300kgf/cm<sup>2</sup>(土木学会のSD30, 35, 40に対する $\sigma_{sa}/\sigma_{sy}$ 比を直線補間)。

SH70:3000kgf/cm<sup>2</sup>(既報告より主筋位置での表面最大ひびわれ幅が0.2mm程度)と想定したとき、それらに対応するコンクリート上縁圧縮応力(常用式による,  $n=15$ ) $\sigma_c$ のほぼ3倍に等しい。はりは図-2のような対称2点載荷とし、以下のような試験を行った。

a) 静的載荷：設計荷重時( $\sigma_s = \sigma_{sa}$ )、スパン中央圧縮縁ひずみ $\epsilon_c = 1.0, 2.0, 2.5, 3.0 \times 10^{-3}$ および最大耐力時で

完全除荷しながら漸増載荷した。b) 持続載荷：20±2℃, 75±5%RHの室内におき、同一条件の1対のはりに材令約50週でバネで持続荷重を与えた。

c) 繰返し載荷：下限荷重はAタイプは安定死荷重( $\sigma_s = 0.33 f_{sy}$ ( $f_{sy}$ :降伏点規格値)となるもの荷重)、Bタイプは0.5t、上限荷重はA, B両タイプとも静的載荷下における終局曲げ耐力実測値の90%とした。載荷速度はいずれも0.6H/sとし、高応力低サイクル疲

表-1 使用鋼材の実強度

| 種類   | 径    | 降伏点 <sup>a)</sup><br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 引張強度 <sup>a)</sup><br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|------|------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| SD30 | D16  | 3780                                        | 5980                                         |
| SD50 | D13  | 5300                                        | 6800                                         |
| SH70 | φ9.2 | 6600                                        | 7500                                         |
|      | φ11  | 7300                                        | 8500                                         |
| PC鋼棒 | φ9.2 | 11000                                       | 11700                                        |

<sup>a)</sup> SH70, PC鋼棒については0.2% proof stress

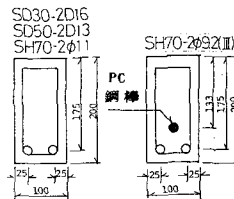


図-1 供試体断面

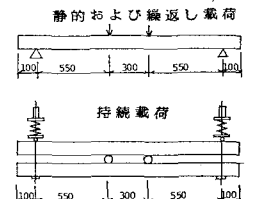
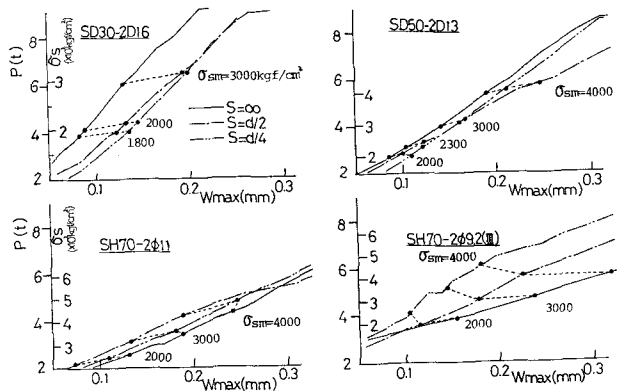


図-2 試験方法

表-2 静的試験結果

| Name          | As    | $\rho$<br>(%) | q     | S   | Pt   | Meal<br>kN | Cal.<br>kN | Pu/Pj |
|---------------|-------|---------------|-------|-----|------|------------|------------|-------|
| SD30-2D16     | 2D16  | 2.27          | 0.147 | ∞   | 1.85 | 10.52      | 8.67       | 1.19  |
|               |       |               |       | d/2 | 1.49 | 9.90       | 8.85       | 1.12  |
|               |       |               |       | d/4 | 1.51 | 10.18      | 8.85       | 1.15  |
| SD50-2D13     | 2D13  | 1.45          | 0.130 | ∞   | 1.82 | 8.96       | 7.99       | 1.12  |
|               |       |               |       | d/2 | 1.60 | 9.14       | 7.99       | 1.14  |
|               |       |               |       | d/4 | 1.28 | 9.30       | 7.99       | 1.16  |
| SH70-2φ11     | 2φ11  | 1.03          | 0.130 | ∞   | 1.58 | 8.74       | 7.82       | 1.15  |
|               |       |               |       | d/2 | 1.31 | 9.02       | 7.82       | 1.15  |
|               |       |               |       | d/4 | 1.50 | 8.93       | 7.82       | 1.14  |
| SH70-2φ9.2(Ⅲ) | 2φ9.2 | 1.19          | 0.159 | ∞   | 2.84 | 9.62       | 8.67       | 1.11  |
|               |       |               |       | d/2 | 2.30 | 9.74       | 8.67       | 1.12  |
|               |       |               |       | d/4 | 2.78 | 10.20      | 8.67       | 1.18  |



<sup>a)</sup>  $\sigma_{sa}$ : 計算値, 常用設計式による  $n=15$   $\sigma_{sm}$ : 実測値, 主筋ひずみ測定値による

図-3 P( $\sigma_s, \sigma_{sm}$ ) -  $W_{max}$  関係

荷試験を行った。以上のa), b), c) 荷試験においてはスパン中央たわみ、主筋位置での表面ひびわれ幅、さらに静的荷では主筋ひずみも測定した。なお、せん断スパンは矩形スターラップでせん断補強し、さらに静的荷試験ではス

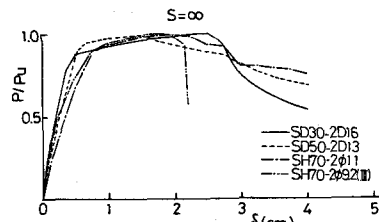


図-4 P/Pu- $\delta$  関係

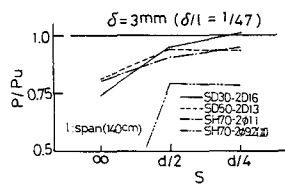


図-5 P/Pu-S 関係

パン中央 65cm 区間に  $S = d/2, d/4$  ( $d$ :有効高) ピッチで矩形閉合スターラップ ( $\phi 6$ mm) を配置したはりも作製し、そのじん性改善効果も検討した。

3. 試験結果と考察 静的荷試験ではいずれも最終的に曲げ破壊を示し、実測値と計算値との比、 $P_u/P_u'$  は 1.1 以上となっている。(表-2) また前述のように設定した  $\sigma_{sa}$  に対応する最大ひびわれ幅はいずれのケースでも 0.2mm 以下となる。(図-3) 一方、降伏荷重時までの部材剛性は鉄筋強度が大で鉄筋比を小さくした RC はりほど低下するが、フォーリングブランチ領域の耐荷性状には顕著な差異はなく、また高張力鉄筋使用部材のひびわれ制御や部材剛性の改善からはⅢ種 PC 断面が有効である。(図-3,4) さらに RC はり、Ⅲ種 PC はりのいずれも少くとも  $S = d/2$  ピッチで拘束筋を配置するとじん性が著しく改善される。(図-5) 持続荷重下のたわみや最大ひびわれ幅の増大比は鉄筋強度・

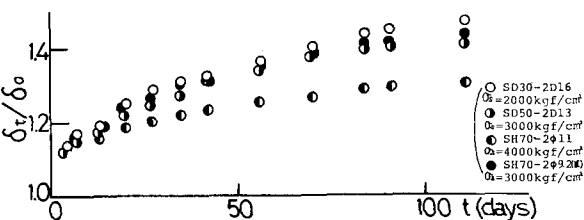


図-6  $\delta t/\delta_0 - t$  関係

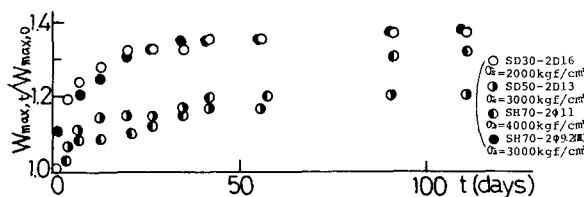


図-7  $W_{max,t}/W_{max,0} - t$  関係

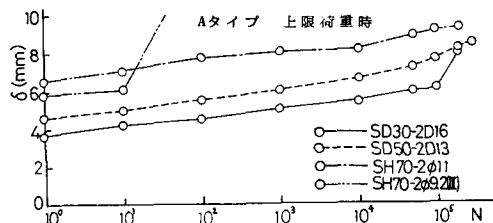


図-8  $\delta - N$  関係

鉄筋比や荷重レベルで顕著な差はみられない。(図-6,7) 繰返し載荷では繰返し回数によるたわみの増大量には鉄筋種別により顕著な差はみられず(図-8)、上限荷重が同一で応力振幅の大きい B タイプは A タイプより、また SH70 の RC はりやⅢ種 PC はりは SD30 SD50 の RC はりより疲労寿命は低下する傾向がある。

表-3 繰返し載荷結果

| はりの種類    |            | 破壊回数<br>N (回) | 破壊形式                        | 疲労寿命推定値 <sup>*)</sup>       |                    | 判定            |
|----------|------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|---------------|
|          |            |               |                             | 鋼筋発断<br>Ns (回)              | コンクリート圧壊<br>Nc (回) |               |
| A<br>タイプ | SD30-2D16  | 296440        | 鉄筋の疲労破断                     | 5331                        | 74465              | 鉄筋の破断         |
|          | SD50-2D13  | 328520        | 鉄筋の疲労破断                     | 1304                        | 43955              | 鉄筋の破断         |
|          | SH70-2φ11  | 225410        | 鉄筋の疲労破断                     | 213                         | 521                | 鉄筋の破断         |
|          | SH70-2φ9.2 | 74            | 曲げスパン内における<br>コンクリートの<br>圧壊 | 鉄筋<br>361<br>PC鋼棒<br>107677 | 745                | 鉄筋の破断         |
| B<br>タイプ | SD30-2D16  | 95210         | 鉄筋の疲労破断                     | 4065                        | 16885              | 鉄筋の破断         |
|          | SH70-2φ11  | 7700          | 曲げスパン内における<br>コンクリートの<br>圧壊 | 184                         | 144                | コンクリートの<br>圧壊 |
|          | SH70-2φ9.2 | 40            | 曲げスパン内における<br>コンクリートの<br>圧壊 | 鉄筋<br>330<br>PC鋼棒<br>60343  | 170                | コンクリートの<br>圧壊 |

※土木学会コンクリート構造の限界状態設計指針(案) (1983)

※岡田・小林・宮川・青木・東辻：セメント技術年報 PP. 475～478, 37巻 (1983)