

## V-141

## 重ね継手を有するはりの曲げひびわれ幅に関する検討

中部大学 正会員 ○愛知五男

中部大学 正会員 平沢征夫

## 1. まえがき

コンクリートに生ずるひびわれ幅の大小は、コンクリート中の鋼材の発錆、ひいてはコンクリート構造物の耐久性にとって重要な問題である。コンクリート部材の設計では、使用限界状態の1つとして許容ひびわれ幅を設定し、鉄筋応力度を用いて算出したひびわれ幅が、それ以内であることを検討するよう規定している。一方、鉄筋の重ね継手を設ける場合などでは、継手周辺の応力状態は通常の応力状態と異なるため、コンクリートのひびわれ性状も変化し、これがひびわれ幅にも影響を及ぼすことが予想される。

本報告は、有効高さを一定とし、重ね継手をはり供試体中央部に設けた供試体を用い、かぶり厚さと重ね継手長さを変化させた実験を行なった結果について述べたものである。これらよりコンクリートのひびわれ幅、間隔、進展状況および耐荷力などについて検討した。

## 2. 実験概要

本実験に使用したコンクリートの試験時（材齢28日）における圧縮、引張強度およびヤング係数は、それぞれ  $f_c = 409 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $f_t = 27.1 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $E_c = 3.13 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$  であった。主鉄筋には、異形鉄筋D 13mm ( $f_{sy} = 3670 \text{ kgf/cm}^2$ ) を用い、スターラップと継手部補強筋は  $\phi 6$  を使用した。

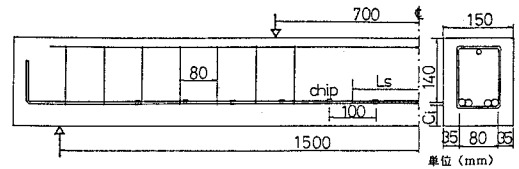


図-1 供試体の形状寸法と載荷方法

表-1 供試体条件と実験結果

実験の要因は、かぶり厚さ  $C_1 = 3.5 \text{ cm}$  ( $C_1 3.5$ ) と計算による基本定着長  $L_d = 27.5 \text{ cm}$  ( $L_d 27.5$ ) を基準として、継手なし ( $L_s 0$ )、継手長 20cm ( $L_s 20$ ) および 35cm ( $L_s 35$ ) のものとした。また、かぶり厚さ  $C_1 2.0$ ,  $5.0$  および  $6.5 \text{ cm}$  と変化させた場合の影響についても調べた。なお、 $C_1 3.5$  については、継手長さ部分に補強筋（長方形スパイラル）を設けた場合についても検討した。供試体の形状寸法と載荷方法を図-1に示した。ひびわれ幅の測定には、コンタクトゲージ ( $GL = 10 \text{ cm}$ ) とクラック幅測定器を併用し、鉄筋ひずみは、主筋の継手の中央部の全てと端部位置で測定した。

| 供試体<br>条件<br>(cm) |       | ひびわれ荷重               |      | (b)<br>(a) | 終局耐力              |      | (d)<br>(c) | 変形<br>能力<br>種 |
|-------------------|-------|----------------------|------|------------|-------------------|------|------------|---------------|
|                   |       | $P_{cr}(\text{kgf})$ | 実験値  |            | $P_u(\text{kgf})$ | 実験値  |            |               |
| $C_1$             | $L_s$ | (a)                  |      | (b)        | (a)               |      | (c)        | (d)           |
| 2                 | 20    | 1027                 | 1300 | 1.27       | 6164              | 5350 | 0.87       | C             |
| 2                 | 27.5  | 1017                 | 1200 | 1.18       | 6134              | 6730 | 1.10       | C             |
| 2                 | 35    | 1017                 | 1300 | 1.28       | 6134              | 7510 | 1.22       | B             |
| 3.5               | 0     | 1189                 | 1500 | 1.26       | 6087              | 7700 | 1.26       | A             |
| 3.5               | 20    | 1175                 | 1500 | 1.28       | 6164              | 5860 | 0.95       | C             |
| 3.5               | #20   | 1117                 | 1300 | 1.16       | 6094              | 7300 | 1.20       | A             |
| 3.5               | 27.5  | 1114                 | 1200 | 1.08       | 6148              | 7780 | 1.27       | B             |
| 3.5               | #27.5 | 1189                 | 1000 | 0.84       | 6087              | 7620 | 1.25       | A             |
| 3.5               | 35    | 1114                 | 1600 | 1.44       | 6148              | 7990 | 1.30       | A             |
| 3.5               | #35   | 1117                 | 1100 | 0.98       | 6094              | 7700 | 1.26       | A             |
| 5                 | 20    | 1672                 | 1600 | 0.96       | 6151              | 8110 | 1.32       | B             |
| 5                 | 27.5  | 1672                 | 1500 | 0.90       | 6151              | 7610 | 1.24       | B             |
| 5                 | 35    | 1477                 | 1200 | 0.81       | 6141              | 8540 | 1.39       | A             |
| 6.5               | 27.5  | 1679                 | 1300 | 0.77       | 6141              | 7900 | 1.29       | B             |

\* 補強筋有り 種  $\delta/L$  比 1/50以上: A 1/50~1/250: B 1/250以下: C

## 3. 実験結果及び考察

表-1に供試体条件による実験結果を示す。ひびわれ発生荷重は、ストレインゲージと目視によって求めた結果、 $1.0 \sim 1.6 t_f$  であった。 $C_1 2$  と  $C_1 3.5$  で  $L_s 20$  のものは終局耐力が計算値より低下し、 $C_1 3.5$  は、 $L_s 0$  よりも25%低下し、また、 $C_1 2$  は  $L_s 35$  の実験値より29%低下した。その他はほぼ同等かそれ以上であった。わみとスパン比 ( $\delta/L$ ) で変形能力をA, B, Cと3段階に区分し評価して見たが、ここでも終局耐力比が小さいものはかなり劣っている。評価B, Cのものは、破壊パターンが重ね継手部付近における付着割裂破壊の様相を示した。 $C_1 3.5$  以上とし、また、 $L_s 20$  で補強筋を設けるか  $L_s 35$  とすれば、継手  $L_s 0$  の基準供試体とほぼ同等以上の終局耐力と変形能力が得られることがわかる。継手を有するはりのスパン中央での荷重～たわみは、継手なし ( $L_s 0$ ) に比べ、継手部の剛性が大きいと、許容荷重付近 (約

P=3tf)で15%程小さくなっている。図-2に、C<sub>1</sub>3.5のL<sub>s</sub>0, L<sub>s</sub>27.5およびL<sub>s</sub>35についてひびわれ進展状況を示した。図中の実線は、荷重が3.0~3.5tfでのひびわれであり破線は、それ以降に確認されたひびわれである。継手区間で許容荷重までに鉄筋を横切るひびわれ本数は、一本程度と少なくこれに伴ひびわれ間隔は、L<sub>s</sub>27.5で21.5cm, L<sub>s</sub>35で31.0cmと増大し、これに対してL<sub>s</sub>0は14.9cmであった。L<sub>s</sub>27.5の破壊パターンは、鉄筋降伏以降に継手部での付着割裂破壊であった。

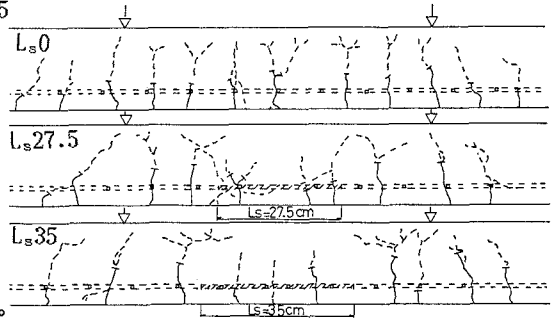


図-2 ひびわれ状況

図-3に継手端部と中央部における平均鉄筋ひずみの実測値と計算値を示した。実直線は、ひびわれ断面における鉄筋応力 $\sigma_{s,m}$ をヤング係数 $E_s$ で除して求めた値である。○印は、L<sub>s</sub>0の場合の鉄筋の平均ひずみ $\varepsilon_{s,av}$ をCEB-FIPの方法を参考にして次式から算出した。

$$\varepsilon_{s,av} = \sigma_{s,m} / E_s [1 - (\sigma_{sr} / \sigma_{s,m})^2] \quad (1)$$

ここに、 $\sigma_{sr}$ ：ひびわれ荷重が作用した時の鉄筋応力

$\sigma_{s,m}$ ：鉄筋応力の変化量

この結果L<sub>s</sub>0では計算値とよく一致したが、継手端部におけるひずみは鉄筋応力が1.3tf/cm<sup>2</sup>以上でL<sub>s</sub>0よりも小さくなる傾向が見られる。L<sub>s</sub>35よりもL<sub>s</sub>27.5と短い方がこの傾向は大きい。これは鉄筋の相対すべり量の影響であると考えられる。

設計上でのひびわれ幅の制限は、最大ひびわれ幅が対象となる場合が多い。本実験での最大ひびわれ幅は、鉄筋レベルにおいて供試体左右で求めた2本の最大ひびわれ幅を平均して求め、結果を図-4に示した。最大ひびわれ幅 $w_{max}$ の計算値は、(1)式で求めた平均ひずみと継手長さの積と考えて次式より算出した。

$$w_{max} = k (\varepsilon_{s,av} - \varepsilon_{c,av}) L_{s1} \text{ (or } L_{s0,m}) \quad (2)$$

ここに、 $\varepsilon_{c,av}$ ：コンクリートの引張弾性ひずみ;100 $\mu$

$L_{s1}$ ：重ね継手長さ

$L_{s0,m}$ ：L<sub>s</sub>0の最大ひびわれ間隔

k：実験定数

kに0.45程度を与えることにより、重ね継手L<sub>s</sub>27.5, とL<sub>s</sub>35の最大ひびわれ幅は、計算値と実測値はほぼ一致したが、L<sub>s</sub>20のそれらの間には若干差異が見られた。また、L<sub>s</sub>0の計算値は実測値より平均0.01mm大きくなった。

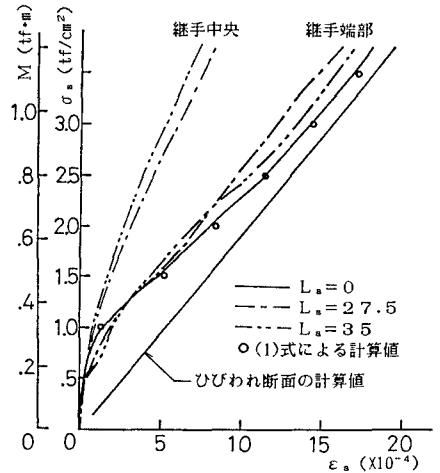


図-3  $\sigma_{s,m}$ と $\varepsilon_{s,av}$ の変化量

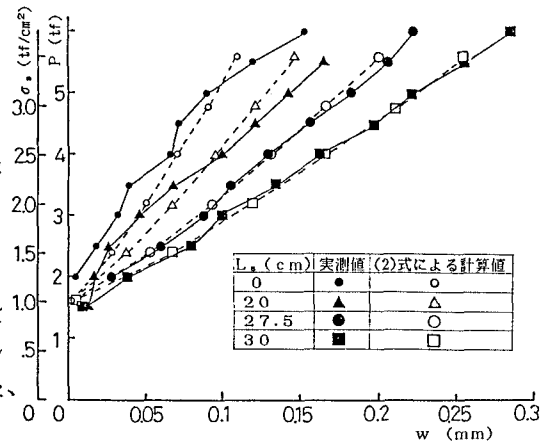


図-4 P,  $\sigma_{s,m}$ と $w_{max}$ との関係

鉄筋の重ね継手を、はり中央部に設けて曲げ試験によりひびわれ幅などへの影響を検討した。この結果、鉄筋軸方向の各断面における剛性の違いにより、変形性状に差異が生じた。最大ひびわれ幅は、鉄筋継手端部から約15cm離れた範囲以内で測定され、重ね継手の重ね合せ長さを大きく取る場合、増大する傾向が見られた。

【参考文献】鈴木 他：PRC部材の曲げひびわれ幅算定法，プレストレストコンクリート vol.24 1982