

V-126

かぶりコンクリートがひびわれ性状に及ぼす影響

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

鉄筋コンクリート構造物の耐久性、水密性、美観などの観点からは、特にひびわれが問題となり使用限界状態に対する検討を行なう場合、許容ひびわれ幅を制限するよう示方書では定めており、特にかぶりの変化に対応させるのが適当であるとしている。本報告では、有効高さを一定にして、かぶり厚さを変化させたコンクリートのはりの曲げ試験を行い、鉄筋応力度の増加に伴うコンクリートひびわれ幅の変化をこれまでの一部の提示式とを比較し鉄筋位置付近における表面ひびわれと内部ひびわれとの関係などについて実験的に検討した。

2. 実験概要

本実験に用いた材料は、コンクリートの圧縮強度 $f_c = 335 \text{ kgf/cm}^2$ 、引張強度 $f_t = 25.9 \text{ kgf/cm}^2$ 、ヤング係数 $E_c = 3.08 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ を用い、主鉄筋には降伏点 3910 kgf/cm^2 の異形鉄筋 D 13 を 2 本使用した。供試体は載荷スパン $L = 120 \text{ cm}$ 、幅 $b = 12 \text{ cm}$ （一部 15 cm ）有効高 $d = 12.9 \text{ cm}$ 、鉄筋純間隔を 3.4 cm と一定として、供試体底面から主鉄筋面までの距離を $2.0, 3.5, 5.0$ 及び 6.5 cm をかぶりの要因とした。供試体本数は、一要因 4 体として、2 体は曲げ試験機により破壊までの曲げ性状を調べ一部の結果について表-1 に示した。一方、同時に作製した同一要因の供試体 2 体を一組として同一荷重の載荷可能な装置（昨年度本大会で発表）により、鉄筋位置に一定範囲（ $0.20 \sim 0.25 \text{ mm}$ ）のひびわれ幅を生じさせた。漸増載荷時のひびわれ幅は、直読式のオプティカルメーターと下縁及び鉄筋位置にチップを取り付けコンタクトゲージで測定した。

$0.20 \sim 0.25 \text{ mm}$ のひびわれ幅の荷重を保持した状態で、2 ～ 3 本の表面ひびわれ幅を下縁から 1 cm 間隔で測定したのち、ひびわれ幅に樹脂注入し硬化後カッターで切り出し、内部ひびわれ幅とひびわれ性状などを調べた。

3. 実験結果及び考察

表-1 に試験に用いた供試体の性状を表わしたが、有効高さを一定としているため、終局耐力には殆ど差はなく実験値と計算値の強度比は平均 1.13 であった。試験に供したはり高の違いが、はり断面の回転角すなわち曲率への影響を調べるため、コンクリート圧縮縁ひずみと引張鉄筋ひずみから $M \sim \phi$ の関係を求め図-1 に示した。

この結果からは、供試体の条件が異なる場合を除いて若干の差異が生じているもののほぼ同様な曲率と見なされ曲げ変形に対しては差はないものと思われる。

表-1 供試体の種類と試験結果

供試体の 記号	引張鉄筋比		有効高荷重 $P_{cr}(\text{tf})$	終局荷重 $P_u(\text{tf})$		強度比 $\frac{P_u}{P_{cr}}$
	$p(\%)$	$\bar{p}(\%)$		Cal	Test	
$S_{12-2.0}$	1.63	1.36	0.72	4.45	5.35	1.20
$S_{12-3.5}$	1.63	1.24	0.80	4.44	4.90	1.10
$S_{12-5.0}$	1.63	1.14	0.88	4.50	4.98	1.11
$S_{12-6.5}$	1.63	1.05	1.16	4.50	5.00	1.11
$S_{15-5.0}$	1.31	0.91	1.12	4.62	5.25	1.14

$$\bar{p} = A_s/bh$$

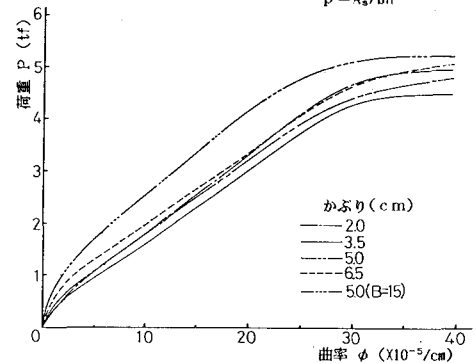


図-1 荷重と曲率の関係

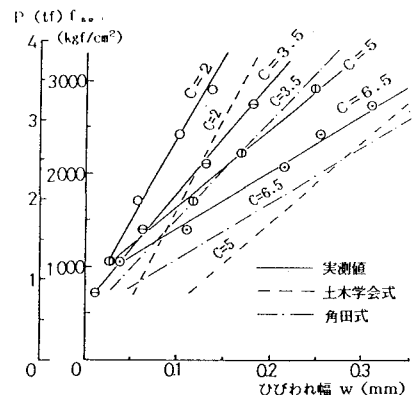


図-2 かぶりとひびわれ幅の関係

ひびわれ幅の算定には、これまでに数多くの研究者により定式化されており、一般には線形で表わしている。今回の実験で求めた鉄筋応力度とひびわれ幅との関係を図-2に示し、参考までに土木学会式（かぶり $c=2$ 、 $c=5$ ）と角田式（ $c=3.5$ 、 $c=6.5$ ）により算出した結果をも併せて図に示している。通常の応力状態では、角田式の方がひびわれ幅は小さく算出される。

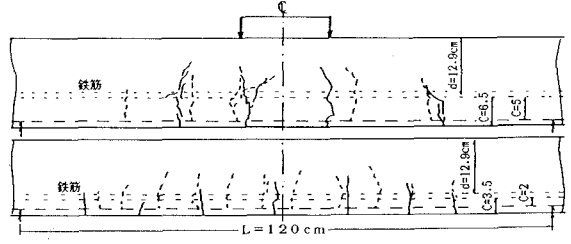


図-3 かぶりによるひびわれパターンの違い

鉄筋位置における初期ひびわれ幅と思われる幅0.03mm程度と鉄筋応力度 1000 kgf/cm^2 程度との間には、かぶりは殆ど影響を与えないようである。しかし、鉄筋応力度の増加に伴いかぶりがひびわれ幅に大きく関与してくる。実測値は、2つの式の提示式により求めた線形のいずれよりもひびわれ幅は小さく内側に現われており、その差は角田式に較べ0.05mm程度であった。この原因としては、側面かぶりが 3.0 cm と比較的小さくコンクリートと鉄筋の境界面における滑動と内部のひびわれが分散した結果ならびに乾湿条件等の違いが考えられる。しかし、実測によって求めた線形は、角田式による線形の勾配とほぼ近似している。

ひびわれ幅は、ひびわれ間隔と密接な関係があるため、図-3に鉄筋位置におけるひびわれ幅が $0.2 \sim 0.25 \text{ mm}$ の範囲に達した場合のかぶりの相違によるひびわれパターンを示した。

かぶりと最大ひびわれ間隔との関係を図-4に示した。Saligerと角田Iによって提示された式に実験条件を与えて求めた結果を図中に示したが、これらは、両引試験により定式化したものであり、曲げ部材に対する適合性の悪さが指摘されている。角田IIは、鉄筋径と純間隔を考慮した式により算定した結果であり、実測値により求められた線形と非常に良い一致が見られた。

土木学会の示方書では、使用限界状態に対する検討の内ひびわれ幅に対する検討を行なうよう各条件に応じて規定している。コンクリート表面ひびわれ幅が同程度であっても、内部ひびわれ幅などの性状にはかなりの違いが生じると思われるが、その実験結果の一例を図-5に示す。

これは、縁側からのかぶり 5.0 cm を同一とし、供試体幅の 12 cm と 15 cm における側面と内部ひびわれ幅の関係を下縁ひびわれ幅を基準にして表わしている。相対的に側面のひびわれ幅に対して内部ひびわれ幅が小さくなる傾向を示し、特に鉄筋近傍ではこの傾向が顕著である。

4. まとめ

鉄筋位置におけるひびわれ幅 0.03 mm 程度と計算鉄筋応力度 1000 kgf/cm^2 以下では、かぶりの影響は殆ど見られない。側面と内部のひびわれ幅は、相対的に内部が小さく側面からのかぶりの影響が大である。

<参考文献>

- 1) 愛知・平沢：土木学会第42回年講，第5部門，62.9
- 2) 岡村 甫：コンクリート構造の限界状態設計法，53.11

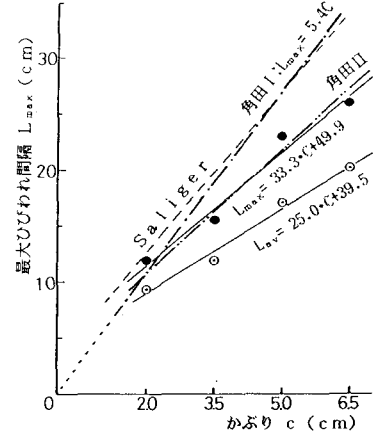


図-4 かぶりと最大ひびわれ間隔

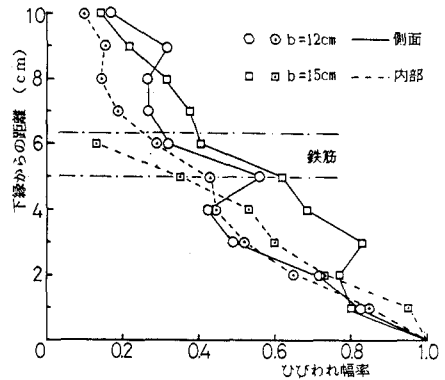


図-5 側面と内部のひびわれ幅率