

V-256 付着の異なるせん断補強鉄筋を有するはりの曲げせん断ひびわれ性状

清水建設機技術研究所 正 長澤 保紀
清水建設機技術研究所 正 滝本 和志

1. まえがき

鉄筋コンクリートはりの曲げせん断設計は、トラス的な耐荷機構を前提にした設計手法が採用されている。それゆえに、せん断補強鉄筋による設計分担力は、せん断補強鉄筋の総断面積・配置間隔・部材軸とのなす角度によって決定されることになっている。しかし、実際のせん断補強鉄筋のひずみ分布をみると、支点／載荷点からの距離・せん断スパン比（ a/d ）や、せん断ひびわれの発生状況によって変化するようにあり、せん断補強鉄筋のひずみ分布について実験的提案が2～3行われている。ところが、実際のせん断ひびわれの挙動を詳細に調査した研究はほとんどみられない。そこで、著者らは、せん断補強鉄筋の付着とせん断ひびわれの挙動について実験的に検討したので、以下にその概要を述べる。

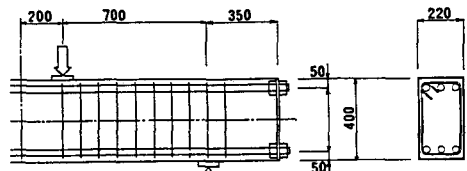
2. 実験方法

試験体は図-1に示すはり試験体12体であり、コンクリート圧縮強度 270kgf/cm^2 、主鉄筋比3.13%（ $F_{sy} = 11100\text{kgf/cm}^2$ ）、2種類のせん断スパン比、3種類のせん断補強鉄筋（D：異形D6，R：丸鋼 $\phi 6$ ，U：アンボンド鋼棒M6、 $\phi 7$ 、配置間隔87.5mm）、2種類のせん断補強鉄筋降伏点強度（L：3390, 6990, 7430 kgf/cm^2 、H：10130, 10170, 16740 kgf/cm^2 、ただし、D・R・Uの順）とした。

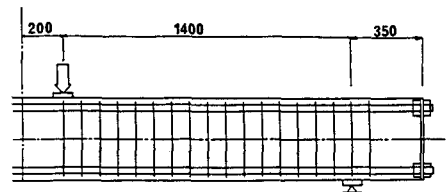
アンボンド鋼棒M6、 $\phi 7$ の配置穴は、コンクリート打設前に所定の位置に $\phi 13\text{mm}$ の塩ビ管を設け、コンクリート硬化後にこれを除去することによって製作した。

載荷方法としては、2点集中荷重載荷方式とした。

ひびわれ計測は、せん断ひびわれ発生後に、せん断補強鉄筋位置および中間位置の主要なひびわれに直径8mmの円を描き、図-2の機器でフィルム面倍率約2倍で写真撮影し、現像・焼き付け後に図-3の方法で読み取る事とした。



(a) $a/d = 2$ の場合



(b) $a/d = 4$ の場合

図-1 試験体の形状・配筋

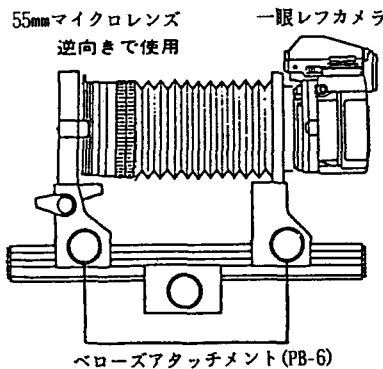


図-2 ひびわれ撮影機器

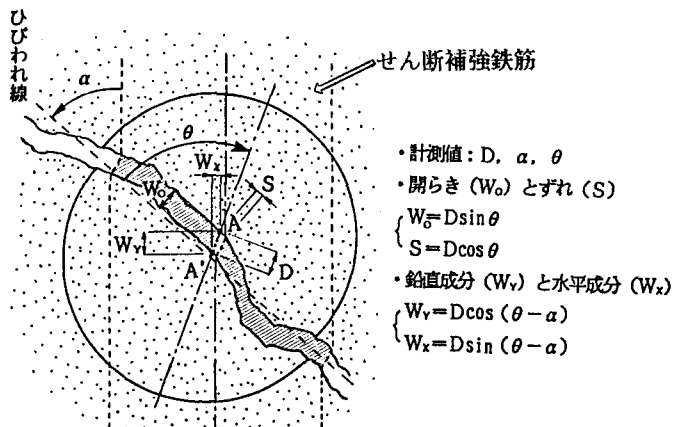


図-3 せん断ひびわれの計測値と各成分の計算方法

3. 実験結果

試験体の耐力結果を表-1に示す。

ひびわれデータの W_y-W_x の相関が強いことに注目し（図-5）、単回帰式からひびわれの拡幅方向と鉛直方向のなす角（移動角 β ）、ひびわれ線とのなす角（交差角 $\bar{\theta}$ ）、ひ

表-1 実験結果および計算結果一覧表

試験体 名 称	実 験 結 果 (tf)				計 算 結 果 (tf)			V_{max} V_u
	V_{ny}	V_{sy1}	V_{sy2}	V_{max}	V_c	V_s	V_u	
S2LD	—	16.3	31.7	37.9	12.9	7.5	20.4	1.85
S2LR	23.8	33.3	—	38.1	*	13.7	26.6	1.43
S2LU	—	—	—	29.9	*	14.6	27.5	1.09
S2HD	34.7	35.9	—	38.9	*	22.3	35.2	1.11
S2HR	21.4	34.6	—	37.9	*	20.0	32.9	1.15
S2HU	—	—	—	45.8	*	44.8	57.7	0.79
S4LD	—	13.9	23.2	23.7	9.9	7.5	17.4	1.36
S4LR	15.4	20.3	—	22.2	*	13.7	23.6	0.94
S4LU	—	—	—	27.7	*	14.6	24.5	1.13
S4HD	27.3	—	—	27.9	*	22.3	32.2	1.25
S4HR	15.6	22.1	—	22.6	*	20.0	29.9	0.76
S4HU	—	—	—	30.5	*	44.8	54.7	0.56

注) V_{ny} : ある1本のフック部の縦ひずみが降伏ひずみに達した時の作用せん断力
 V_{sy1} : せん断補強鉄筋の1本が降伏ひずみに達した時の作用せん断力
 V_{sy2} : 1本のせん断ひびわれ上のせん断補強鉄筋すべてが降伏した時の作用せん断力
 V_{max} : 実験において得られた試験体の最大せん断耐力
 V_c : 試験体コンクリートが分担するせん断耐力計算値
 V_s : 試験体のせん断補強鉄筋が分担するせん断耐力計算値
 V_u : $V_c + V_s$ 試験体のせん断耐力計算値

びわれ線と鉛直線のなす角（発生角 $\bar{\alpha}$ ）を求め、以下の結果を得た。

- ①試験体の最大耐力はせん断補強鉄筋のひびわれ拘束が少ないと、主鉄筋の付着破壊を発生させ、その補強効果は著しく低減する。
- ②曲げせん断ひびわれ幅はひびわれ線に沿った凸レンズ状を示す。また、せん断補強鉄筋の付着がないと約3倍以上のひびわれ幅を示す。
- ③曲げせん断ひびわれ発生角 $\bar{\alpha}$ は $a/d = 2 \sim 4$ では $50 \pm 10^\circ$ でほぼ一様に分布し、せん断補強鉄筋の付着の有無の影響を受けない。
- ④曲げせん断ひびわれ幅の拡幅方向は、交差角でみると発生角との相関が強く $\bar{\theta} = -10.9 - 1.6 \bar{\alpha}$ の関係が認められるが、移動角では相関が弱い。
- ⑤せん断補強鉄筋に異形を使用すると、ひびわれ幅の拡幅方向は $a/d = 2$ で鉛直線に対して平均で $\beta \approx -28^\circ$ $a/d = 4$ では $\beta \approx -21^\circ$ である。
- ⑥はりの曲げせん断では、せん断補強鉄筋の補強効率が最大になるのは、部材軸に対して 45° 方向でも、ひびわれの直角方向でもない。

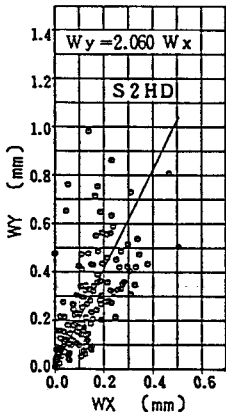


図-5 $W_y - W_x$

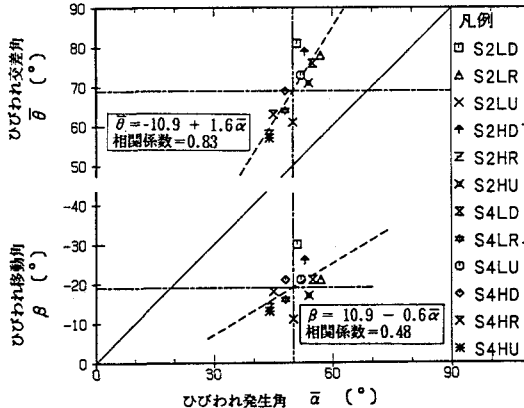


図-7 発生角に対する移動角・交差角の関係

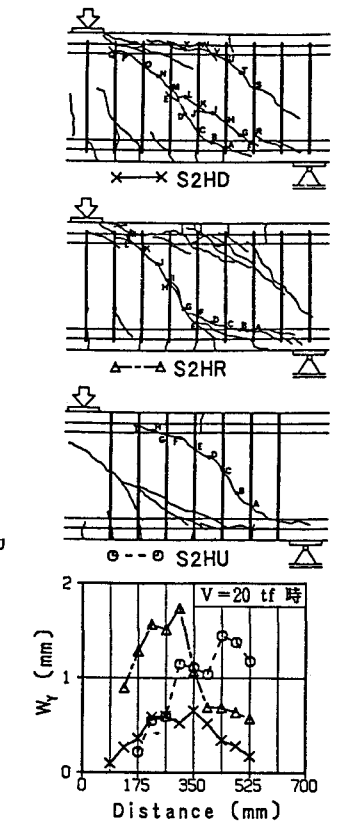


図-4 ひびわれ幅 W_y の分布

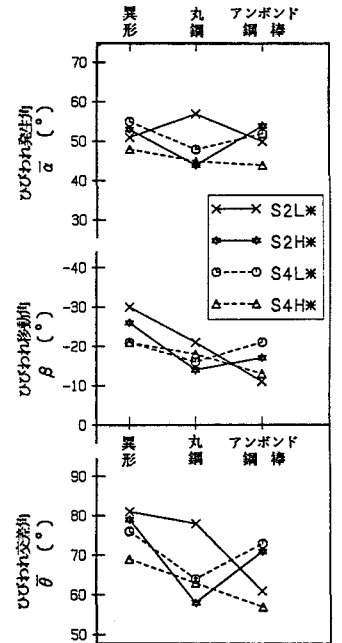


図-6 せん断補強鉄筋の相違