

鉄筋コンクリートはりのせん断破壊機構
— 主鉄筋のせん断力伝達能力について —

早稲田大学 正 眞 神 山 一

1. 研究の目的 せん断破壊形式の一つであるせん断引裂破壊の条件を明らかにすることと目的として、斜引張りひびわれが主鉄筋を切る断面における主鉄筋のせん断力伝達能力を検討したものである。

2 主鉄筋のせん断力伝達能力 図-1のひびわれ面の鉄筋にせん断力 S_s が作用したときの鉄筋の鉛直変位は、鉄筋を埋込みばりと考えれば次の通りである。

$$\left. \begin{aligned} y &= \frac{e^{R_0} \alpha \beta x}{2 \beta^3 E_s I_s} S_s, & y_0 &= y_{x=0} = \frac{S_s}{2 \beta^3 E_s I_s} \\ \text{ひびわれ両側のコンクリートの相対変位 } \delta_0 &= 2y_0 = \frac{S_s}{\beta^3 E_s I_s} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$l_0 = \frac{\pi}{2\beta}$, $\beta = \sqrt{\frac{E_s}{4E_c I_s}}$

バネ定数 k_0 は図-2のつり合い状態を仮定すれば次の通りである。

$$k_0 = \frac{(b - \Sigma \phi) \Sigma \phi}{m h \Sigma \phi + (b - \Sigma \phi)(h - d)} E_c \quad (2)$$

式(2)の m はコンクリートの引張弾性ひずみと破断ひずみの比である(図-3参照)。

せん断力伝達能力は「 l_0 区間の $\frac{1}{2}$ がコンクリートの引張強度に到達したとき、鉄筋に沿って水平ひびわれを生じて破壊する」と仮定すれば次の通りである。

$$S_{su} = \frac{3}{4} l_0 (b - \Sigma \phi) \sigma_{tu} \quad (3)$$

実験は図-4-Aの試験体を用い、主鉄筋にせん断力を伝達した。

この試験はりの諸係数は下記の通りである。

$$\left. \begin{aligned} \Sigma \phi &= 2.6 \text{ cm}, & b - \Sigma \phi &= 6.4 \text{ cm}, & h &= 7 \text{ cm}, & h - d &= 3 \text{ cm}, & m &= 2 \\ k_0 &= 0.2993 E_c, & \beta &= \sqrt{\frac{E_s}{4 E_c I_s}} = 0.4592, & l_0 &= 3.4 \text{ cm}. \\ \delta_0 &= \frac{S_s}{\beta^3 E_s I_s} = 0.1754 \cdot 10^{-4} S_s \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

式(3)の値と実験値との比較は表-1の通りである。ひびわれ両面の

表-1 主鉄筋のせん断力伝達能力

No.	σ_c	σ_t	σ_f	$S_{su} \text{ kg (cal.)}$	$S_{su} \text{ kg (exp.)}$	$S_{su} \text{ kg}$	No.	σ_c	σ_t	σ_f	$S_{su} \text{ kg (cal.)}$	$S_{su} \text{ kg (exp.)}$	$S_{su} \text{ kg}$
A-1	397	334	473	565	675	1.19	A-7	397	334	473	557	415	0.75
A-2	397	334	473	565	500	0.88	A-8	397	334	473	565	750	1.33
A-3	418	291	44.4	478	675	1.41	A-9	418	291	44.4	478	435	0.91
A-4	418	291	44.4	493	450	0.91	A-10	418	291	44.4	515	410	0.80
A-5	418	291	44.4	508	640	1.26	A-11	397	334	473	540	525	0.97
A-6	418	291	44.4	493	445	0.90	A-12	397	334	473	574	460	0.80

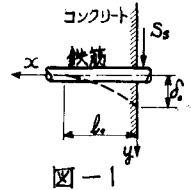


図-1

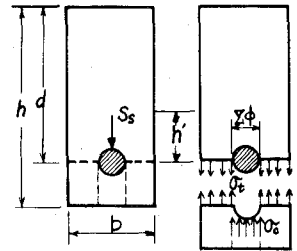


図-2

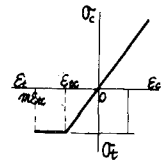


図-3

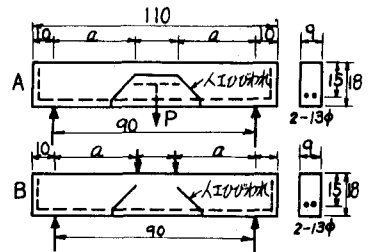


図-4

コンクリートの相対変位 δ_0 の計算値と測定値との関係は図-5の通りである。

3. せん断引裂け強度 腹鉄筋をもたないはりの斜引張りびわ水断面の鉛直変位と分担せん断力との関係を図-6 のモデルで表わせば次の関係が得られる。 δ_c は圧縮コンクリート部分の鉛直変位、 δ_s は主鉄筋の鉛直変位である。

$$\left. \begin{aligned} S &= S_c + S_s, \quad \delta_c = K_c S_c, \quad \delta_s = K_s S_s, \quad \delta_c = \delta_s \\ S_c &= \frac{K_s - K_c \frac{a}{d}}{K_c + K_s} S, \quad S_s = \frac{K_c + K_c \frac{a}{d}}{K_c + K_s} S \\ K_c &= \frac{2(HV)}{E_c D}, \quad K_c = \frac{V}{2E_c D}, \quad K_s = \frac{1}{2B E_s I_s} \end{aligned} \right\} (5)$$

主鉄筋が分担できる最大せん断力として式(3)を採用すれば、せん断引裂け強度 S_u は次式で求められる。

$$S_u = \frac{3}{4} \frac{K_c + K_s}{K_c + K_s \frac{a}{d}} (b - \Sigma \phi) l_o \sigma_{tu} \quad (6)$$

本実験に使用したコンクリートその他の条件で係数 K_s , K_c および K_{cs} を計算すれば次の通りである。

$$K_s = 0.175 \cdot 10^{-4} \frac{\text{cm}^2}{\text{kg}}, \quad K_c = 0.0164 \cdot 10^{-4} \frac{\text{cm}^2}{\text{kg}}, \quad K_{cs} = 0.000610 \frac{\text{cm}^2}{\text{kg}}$$

表-2 に計算値と実験値との比較を示した。せん断引裂け破壊以外の場合の計算値は参考のために示したものである。

4. むすび 以上を要約すれば次の通りである。

1) 主鉄筋のせん断力伝達能力すなわち主鉄筋のホヅ作用によるせん断力伝達能力は式(3)によって計算できる。

2) 斜引張りびわ水が主鉄筋を切る位置における鉄筋の変形は弾性理論値と良く一致しない(図-5参照)。

3) 2)の理由で圧縮部コンクリートと主鉄筋のせん断力分担係数は変動する。このために弾性諸係数を検討する必要がある。

4) 式(6)によって計算したせん断引裂け強度は表-2 の通り実験値と良く一致しない。これは2)の理由と支点反力などの影響によるものと考えられる。

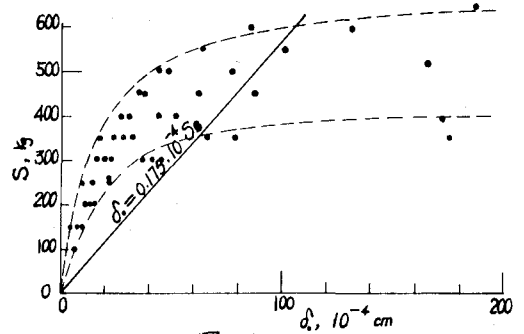


図-5

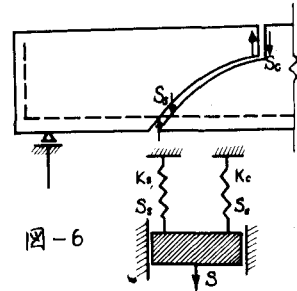


図-6

表-2 せん断引裂け強度(図-4-Bのはりで試験)

No.	コンクリートの強度 $\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$			a/d	$S_{uc} \text{ tm}$ (Cal.)	$S_{ue} \text{ tm}$ (Exp.)	$\frac{S_{ue}}{S_{uc}}$	破壊
B-1	431	31.1	46.8	1.5	5.29	6.52	1.23	せん断引裂
B-2				"	5.65	7.29	1.27	" "
B-3				"	5.74	6.55	1.14	" "
B-4				"	5.42	5.89	1.09	" "
B-5	423	30.8	48.7	"	5.59	6.60	1.18	" "
B-6				"	5.68	7.56	1.33	" "
B-7				"	5.59	7.33	1.31	" "
B-8	431	31.1	46.8	2.0	5.55	4.75	0.86	" "
B-9				"	5.89	5.20	0.88	" "
B-10				"	5.72	4.91	0.86	" "
B-11	423	30.8	48.7	"	5.67	—	—	—
B-12				"	5.32	4.85	0.91	" "
B-13	410	34.3	49.4	"	6.30	4.14	0.66	せん断圧縮
B-14				2.5	6.01	5.00	0.83	" "
B-15	431	31.1	46.8	"	5.62	—	—	—
B-16				"	5.62	4.25	0.76	" "
B-17				"	5.45	3.94	0.72	せん断引裂
B-18	423	30.8	48.7	"	5.31	—	—	—
B-19				"	5.40	3.25	0.60	せん断圧縮
B-20				"	6.10	4.00	0.66	" "
B-21	410	34.3	49.4	"	6.29	—	—	—