

広島大学工学部 正員 工博 船越 稔
同 上 学生員 ○ 山 中 茂

(まえがき)

本研究は、腹鉄筋に高強度異形鉄筋を使用する場合のせん断補強効果を知ることとを目的として行、たものである。すなわち、軸方向引張主鉄筋の品質、腹鉄筋の降伏点およびその配置、コンクリートの強度等を変化させて、矩形断面の鉄筋コンクリート梁を製造し、静的な載荷によって破壊試験を行い、試験結果を検討して、高強度鉄筋による腹部の補強方法、その他を論じたものである。

(使用材料および実験の概要)

供試体の断面寸法は、図-1に示すごとく幅14cm、高さ28cm、長さ140cm、スパンは115cmの矩形断面単純梁で、供試体の総数は32本である。軸方向鉄筋には直径16mmのを4本使用し、その品質をSR-24、SD-30およびSD-40の三種に変えた。鉄筋比は2.4%である。腹鉄筋には前記の三種軸方向引張鉄筋を折り曲げたものの他に、スターラップとしてSR-24直径9mmおよびSD-30直径10mmを使用した。引張試験の結果、鉄筋の降伏点は次のようであった。

D16mm	SD-40	4449 kg/cm ²
	SD-30	3375 kg/cm ²
φ16mm	SR-24	2976 kg/cm ²
	SR-24	2805 kg/cm ²
D10mm	SD-30	3461 kg/cm ²
φ9mm	SR-24	3426 kg/cm ²

腹鉄筋の配置は図-1のB,C,Dに示すごとく、垂直スターラップ、折り曲げ鉄筋およびこの両者を併用したものの三通りである。供試体のせん断補強率は、腹鉄筋の降伏点およびスターラップの配置間隔を変えて10通りとした。試験時のコンクリートの圧縮強度は約150kg/cm²および約300kg/cm²の2種とした。梁供試体の載荷は200トン油圧式万能試験機を用いて静的に行い、荷重の増加に伴う鉄筋およびコンクリートのひずみ、梁のたわみを測定し、ひびわれの進展状況を観察しながら破壊まで荷重を増大させた。載荷状態は図-1Aに示す通りであり、 η は1.9である。

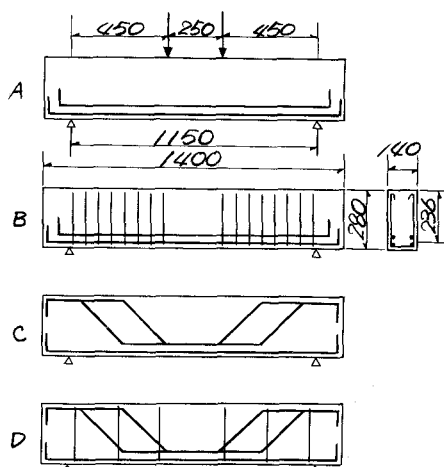
(実験の結果)

試験結果の一覧は表-1の通りである。本実験の範囲内で腹鉄筋によるせん断補強効果に関して、次のような傾向が認められた。

(1) せん断補強率と梁のせん断強さとの関係

図-2は、試験を行なったすべての梁の破壊時せん断耐力度(τ_u)とせん断補強率($K.R.R_g$)との

図-1



関係を示したものである。ここに $\tau_u = \frac{S_u}{b \cdot z}$ 、

$K = (\sin \alpha + \cos \alpha) \sin \alpha$ 、 $r = \frac{A_v}{b \cdot S \sin \alpha}$ であって、 S_u は破壊時のせん断力、 α は腹鉄筋が梁水平軸となす角度、 A_v は腹鉄筋の断面積、 S は腹鉄筋の配置間隔である。

$K \cdot r \cdot \sigma_{yg} = 0$ は腹鉄筋のなれことを表わす。図-2より、せん断補強率 $K \cdot r \cdot \sigma_{yg}$ の増加に伴うせん断強さ (τ_u) の増加の程度が、 $K \cdot r \cdot \sigma_{yg}$ が大となる程低下して行く傾向が認められる。本実験では q/a および鉄筋比 (p) は一定としているので、同じ $K \cdot r \cdot \sigma_{yg}$ の値における τ_u の値の変動は、主にコンクリートの強度、腹鉄筋の種類、配置、降伏点などの相違によるものと思われる。

梁における全斜引張応力を腹鉄筋だけで受け持たせ、せん断破壊時に腹鉄筋は降伏点に達するものと仮定した場合の梁のせん断強さの計算値を表わす $K \cdot r \cdot \sigma_{yg}$ の値の算出値 τ_u に対する比 $\frac{\tau_u}{K \cdot r \cdot \sigma_{yg}}$ は、前記仮定に基づき計算方法による場合の梁のせん断破壊に対する安全性の程度を示すものである。

この $\frac{\tau_u}{K \cdot r \cdot \sigma_{yg}}$ と $K \cdot r \cdot \sigma_{yg}$ との関係を示したのが 図-3 である。図-3より、 $\frac{\tau_u}{K \cdot r \cdot \sigma_{yg}}$ の値は $K \cdot r \cdot \sigma_{yg}$ の大なる程明らかに減少し、

これは前記計算方法によると、大量に腹部の補強を行なうとせん断破壊に対する安全度を低下させることを示すものであって、

このような場合、コンクリートの許容せん断応力度に上限値を設けることはもちろん、腹鉄筋の降伏点、コンクリートの品質なども合せて考慮すべきことを示していると思われる。

(2) 腹鉄筋の降伏点の相違が梁のせん断強さにおよぼす影響。

図-4は、折り曲げ鉄筋を配置した梁の試験結果を記したもので、 $\frac{\tau_u}{K \cdot r \cdot \sigma_{yg}}$ と折り曲げ鉄筋の降伏点との関係を表わしたもので、図中の数は $K \cdot r \cdot \sigma_{yg}$ を kg/cm^2 単位で示したものである。図-3より、 $K \cdot r \cdot \sigma_{yg}$ が同じであれば、 σ_{yg} が 2800 kg/cm^2 、 4450 kg/cm^2 のいずれの場合も $\frac{\tau_u}{K \cdot r \cdot \sigma_{yg}}$ はほぼ同じ値であることが認められる。これはコンクリートの強度およびせん断補強率が同じであれば、腹鉄筋の降伏点が 4450 kg/cm^2 程度までは降伏点の相違に関係なく、同様なせん断補強効果があることを示すものであると思われる。

表-1

せん断補強方法	腹鉄筋の種類	補強率 $K \cdot r \cdot \sigma_{yg}$ (kg/cm^2)	コンクリート強度 f_c (kg/cm^2)	破壊荷重 P_u (t)	せん断強さ τ_u (kg/cm^2)
なし		A	178.5	12.1	22.6
"		A	149.0	12.1	22.6
"		C	178.5	16.8	31.3
"		A	268.0	19.8	36.9
"		C	"	20.0	37.2
スターラップ	$\phi 9SR-24$	A 47.7	182.0	24.8	46.1
"	"	C 28.6	"	18.9	35.4
"	"	A 47.7	293.0	30.5	56.7
"	"	B 43.0	"	24.4	45.5
"	"	C 28.6	"	22.4	41.7
"	D10SD-30	A 40.4	144.0	22.2	41.5
"	"	C 21.5	182.0	17.0	31.8
"	"	A 40.4	285.5	31.0	58.6
"	"	C 21.5	285.0	22.5	42.1
"	"	A 57.3	144.0	23.1	43.0
"	"	C 34.4	"	18.8	35.2
"	"	A 57.3	285.0	29.5	55.0
"	"	C 34.4	"	22.9	42.9
"	$\phi 9SR-24$	A 47.7	149.0	23.0	42.8
"	"	C "	"	19.6	36.7
"	"	A "	309.5	31.9	59.4
"	"	B "	"	25.9	48.4
"	"	C "	"	23.6	44.2
折り曲げ鉄筋	D16SD-40	A 44.0	164.0	21.0	39.0
"	D16SD-30	B 32.5	"	20.8	38.9
"	$\phi 16SR-24$	C 30.4	"	17.8	33.3
"	D16SD-40	A 44.0	297.0	25.1	46.7
"	$\phi 16SR-24$	C 30.4	"	22.5	42.1
併用	SD-40SR-24	A 58.3	153.5	20.0	37.2
"	SR-24SR-24	C 42.1	"	19.1	35.9
"	SD-40SR-24	A 58.3	285.5	29.0	54.0
"	SR-24SR-24	C 42.1	"	22.1	41.3

注：軸方向鉄筋 A:SD-40, B:SD-30, C:SR-24,

(3) コンクリートの強度がせん断強さにおよぼす影響。

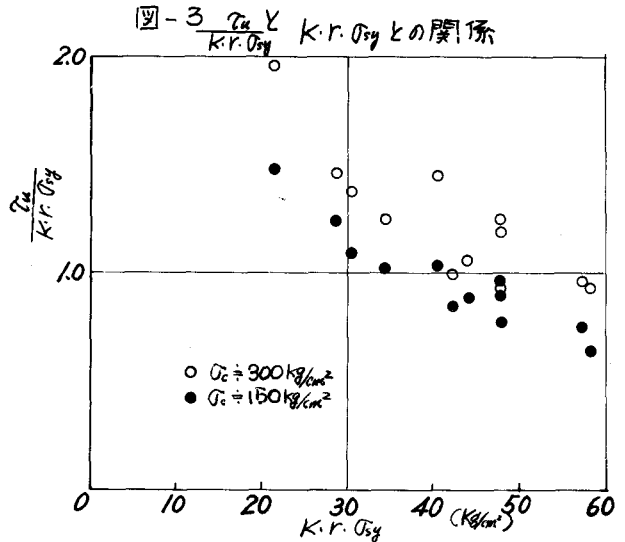
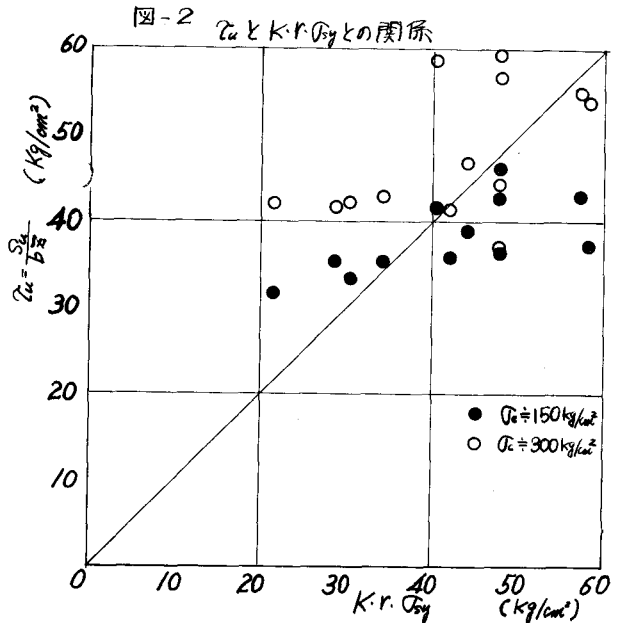
図-2~4より、 $K \cdot R \cdot \sigma_{sy}$ が同じであっても、せん断強さ τ_u および $\frac{\tau_u}{K \cdot R \cdot \sigma_{sy}}$ の値はコンクリートの強度によって相当変化することが認められる。これは腹鉄筋を配置した梁においても、コンクリートの品質が τ_u に影響を与えることを示すもので、全引張力を腹鉄筋のみで受け持たせると仮定することが必ずしも合理的でない場合があることを表わしていると考えられる。図-5は $K \cdot R \cdot \sigma_{sy}$ と $\frac{\tau_u}{K \cdot R \cdot \sigma_{sy} + \tau_c}$ との関係を記したもので、ここに τ_c は破壊時にコンクリートで受け持たれるせん断応力を表わす。この τ_c はACIの極限設計法による場合の値を用い、 $\tau_c = 0.50 \sqrt{f'_c} + \frac{176 P V d}{M}$ により計算したものである。 $K \cdot R \cdot \sigma_{sy} + \tau_c$ は、腹鉄筋の受け持ち分に、腹鉄筋のない梁のせん断強さを加えたもので、コンクリートの分相分も含めて考慮したせん断強さの計算値と考えることができる。

$\frac{\tau_u}{K \cdot R \cdot \sigma_{sy} + \tau_c}$ の値は、同じ $K \cdot R \cdot \sigma_{sy}$ に対してもコンクリートの強度の相違によって異なり、 $K \cdot R \cdot \sigma_{sy}$ が大きな程低下する傾向がある。すなわち、腹鉄筋を配置した梁におけるせん断強さは、腹鉄筋のない場合のせん断強さに腹鉄筋の受け持ち分を単純に重ね

合わせただけでは正確に表わし得ないと思われる。腹鉄筋を配置した梁のせん断強さにおよぼすコンクリートの品質の影響は今後さらに検討を要する問題であろう。

(4) 軸方向鉄筋の相違がせん断強さにおよぼす影響。

表-1より、同じコンクリートの強度と $K \cdot R \cdot \sigma_{sy}$ を持つ梁において、せん断強さは引張鉄筋比が同じであっても、軸方向鉄筋の降伏点が大きい程大となっていることが認められる。これは、梁のせん断



破壊時に、軸方向鉄筋の dowel action によって受け持たれるせん断力の相違によるものと考えられる。すなわち、腹鉄筋を配置した梁においては、コンクリートの強度、腹鉄筋の補強方法、断面寸法等が同じであっても、梁断面の曲げ耐力が大なる程、せん断強さもいくぶん増大すると思われる。

(おすび)

実験の範囲内で、鉄筋コンクリート梁のせん断補強効果その他に関して、次のような事が言えると思われる。

(1) $K \cdot R \cdot \sigma_{sy}$ で表わされるせん断補強率が、或程度以上大になると、せん断強さは $K \cdot R \cdot \sigma_{sy}$ より小になる。

(2) 大量に腹鉄筋の補強を行なう場合、その効果を高めるためには、使用するコンクリートの強度は十分大にしなければならぬ。

(3) コンクリートの品質に応じて腹鉄筋の補強には限界があり、ある値以上にせん断補強率を増加させても、梁のせん断強さは増加しないと見られる。

(4) 腹鉄筋の降伏点が 4400 kg/cm^2 程度までは、降伏点の相違に関係なく同じせん断補強率では、同様な補強効果があると思われる。

(5) 載荷位置、断面寸法、せん断補強率、コンクリートの強度などが同じであっても、断面の曲げ耐力の大なる程、梁のせん断強さも大きくなる傾向が認められた。これは、軸方向鉄筋の dowel action によるせん断力の分担が大きくなるためと思われる。

(参考文献)

- ・ ACI Standard Building Code for Reinforced Concrete 1963.
- ・ Shear and Diagonal Tension, ACI Journal Jan. ~ Mar., 1962.

図-4
折り曲げ鉄筋 および
折り曲げ鉄筋とスターラップとの併用

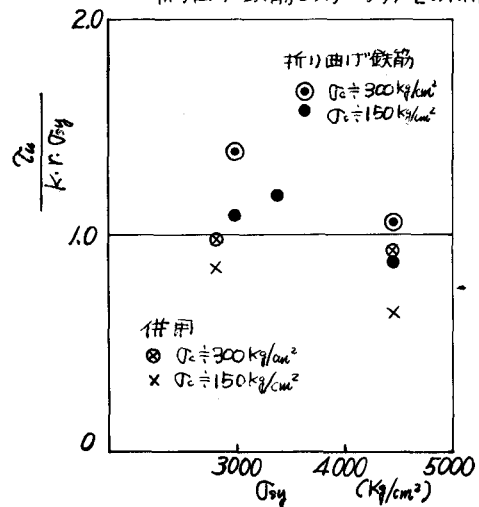


図-5
 $\frac{\tau_u}{K \cdot R \cdot \sigma_{sy} + \sigma_c}$ と $K \cdot R \cdot \sigma_{sy}$ との関係。

