

# 論文 高強度せん断補強鉄筋を用いたRCはりのせん断耐力に及ぼすコンクリート強度の影響

黒岩 俊之<sup>\*1</sup>・谷村 幸裕<sup>\*1</sup>・岡本 大<sup>\*1</sup>・佐藤 勉<sup>\*2</sup>

**要旨**：本研究では、コンクリート圧縮強度 ( $f'_c$ ) が  $30\text{N/mm}^2$  以下のRCはり部材に対して、高強度鉄筋をせん断補強鉄筋として用いた場合の載荷実験を行い、既往の研究データを加えて、高強度せん断補強鉄筋の補強効果に及ぼすコンクリート圧縮強度の影響について検討した。その結果、 $f'_c$  が  $40\text{N/mm}^2$  以下の場合に高強度せん断補強鉄筋の補強効果を低減する必要性を確認し、現行の設計方法によって、せん断耐力を精度良く算定する方法として、設計上考慮するせん断補強鉄筋の降伏強度を  $f'_c$  によって制限する方法を提案する。

**キーワード**：高強度せん断補強鉄筋，鉄筋コンクリート梁，せん断耐力，コンクリート強度

## 1. はじめに

せん断補強鉄筋に対して高強度鉄筋を適用することは、過密配筋による施工不良の防止および配筋作業の簡略化など、RC構造物の耐久性および経済性を向上させる有効な手法の一つである。しかしながら、高強度鉄筋をせん断補強鉄筋として使用すると、終局状態においての斜めひび割れ幅が過大になり、ひび割れ面における骨材のかみ合いや引張鉄筋のダウエルアクション等によって抵抗するせん断耐力が低下することが考えられ、「コンクリート標準示方書 構造性能照査編」<sup>1)</sup> (以後、土木学会示方書) ならびに「鉄筋コンクリート造建物の終局強度型耐震設計指針・解説」<sup>2)</sup> (以後、終局強度型指針) においては、設計において考慮するせん断補強鉄筋の降伏強度に制限値を設けている。

特に土木学会示方書では、既往の梁部材による研究等<sup>3)4)5)</sup>を踏まえ、コンクリート圧縮強度  $f'_c$  が  $60\text{N/mm}^2$  以上の場合、せん断補強鉄筋の降伏強度  $f_{wy}$  を  $800\text{N/mm}^2$  以下に、 $f'_c$  が  $60\text{N/mm}^2$  未満の場合、 $f_{wy}$  を  $400\text{N/mm}^2$  以下に制限している。しかし、高強度鉄筋を用いたRC部材に関する研究の多くは、 $f'_c$  が  $50\text{N/mm}^2$  を超える範囲で行われており、実際の構造物に多く使用されている

$30\text{N/mm}^2$  以下のコンクリートに関する検討は十分とは言えない。また、 $f'_c < 60\text{N/mm}^2$  の場合に、 $f_{wy} \leq 400\text{N/mm}^2$  とする耐力計算では実験結果を過小評価するとの報告<sup>4)</sup>があることなどからも、高強度せん断補強鉄筋を有効に活用するためには、設計上考慮するせん断補強鉄筋の降伏強度の制限値を再検討する必要があるといえる。

本研究では、コンクリート圧縮強度が  $20 \sim 30\text{N/mm}^2$  程度のRC梁部材の実験結果と、既往の研究成果をもとに、高強度せん断補強鉄筋の補強効果について検討を加え、設計において考慮するせん断補強鉄筋の降伏強度の制限値を提案する。

## 2. せん断耐力の算定方法

本検討におけるせん断耐力の算定方法を以下に示す。棒部材のせん断耐力 ( $V_y$ ) は、土木学会示方書に従い、式(1)により算定する。

$$V_y = V_c + V_s \quad (1)$$

$V_c$ ：せん断補強鋼材を用いない棒部材のせん断耐力

$V_s$ ：せん断補強鋼材により受け持たれる棒部材のせん断耐力

ここで、 $V_c$  の算定式の基本となっているのが、

\*1 (財)鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部コンクリート構造 工修 (正会員)

\*2 (財)鉄道総合技術研究所 研究開発推進室 工博 (正会員)

表-1 試験体諸元

No.	b (mm)	h (mm)	d (mm)	a (mm)	a/d	引張鉄筋			せん断補強鉄筋			f'ck (N/mm <sup>2</sup> )
						規格	本数	pt (%)	規格	ピッチ	pw (%)	
1	300	450	400	1200	3.0	SD490 -D29	4	2.14	SD785-D6	300	0.07	21
2									SD785-D6	150	0.14	21
3									SD785-D6	100	0.21	21
4									SD785-D6	300	0.07	30
5									SD785-D6	150	0.14	30

b: 断面幅 h: 断面高さ d: 有効高さ a: せん断スパン長 pt: 引張鉄筋比 pw: せん断補強鉄筋比  
f'ck: コンクリート圧縮強度の目標値 SD785: 引張降伏強度の特性値が785N/mm<sup>2</sup>相当の鉄筋

表-2 材料試験結果

No.	コンクリートの 圧縮強度 f'c (N/mm <sup>2</sup> )	せん断補強鉄筋の 降伏強度 fwy (N/mm <sup>2</sup> )
1	23.4	974 (0.2%offset)
2	22.6	
3	23.0	
4	29.9	
5	31.5	

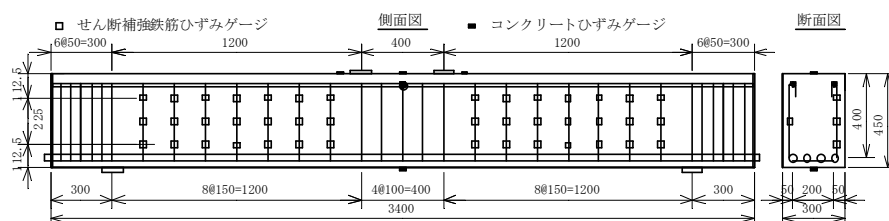


図-1 試験体形状 (No. 2, 5) (単位: mm)

二羽らの研究<sup>6)</sup>による式(2)である。

$$V_c = f_{vc} \cdot \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_a \cdot b \cdot d \quad (2)$$

ここで、 $f_{vc} = 0.2 \cdot \sqrt[3]{f'_c}$  ,  $\beta_d = \sqrt[4]{1000/d} \leq 1.5$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100p_t} \leq 1.5 \quad , \quad \beta_a = 0.75 + 1.4d/a$$

b: 断面幅 d: 有効高さ

f'c: コンクリート圧縮強度

pt: 引張鋼材比 a: せん断スパン長

なお、既往の研究<sup>7)</sup>において、高強度コンクリートを用いる場合に  $f_{vc} \leq 0.72 \text{N/mm}^2$  とする制限値を設けることの妥当性が示されていることから、本検討においてもそれに従うこととした。

また、Vs はトラス理論に基づく式(3)により算定する。

$$V_s = A_w \cdot f_{wy} / s_s \cdot z \quad (3)$$

ここで、Aw: 区間 ss におけるせん断補強鉄筋の総断面積

fwy: せん断補強鉄筋の設計降伏強度

ss: せん断補強鉄筋の配置間隔

z: 応力中心間距離で、d/1.15

なお、土木学会示方書においては、コンクリートの圧縮強度に応じて、式(3)における fwy に対して制限を設けている。本検討では、実験値と式(1)~(3)に基づいた計算値と実験値との比較により、Vy 算定時の fwy の制限値について検討を行った。

### 3. 実験概要

#### 3.1 試験体

試験体諸元を表-1に示す。着目パラメータは、コンクリート圧縮強度 (f'ck), せん断補強鉄筋比 (pw) とした。f'ck を 21, 30 N/mm<sup>2</sup> の 2 水準, pw を 0.07, 0.14, 0.21% の 3 水準とした。せん断補強鉄筋として、高強度鉄筋 (SD785 相当) を使用した。表-2に材料試験結果を示す。

試験体は単純梁試験体とし、せん断破壊を生じるように設計した。その形状を図-1に示す。載荷方法は、2点集中の単調載荷とし、支点は試験体の回転変形および軸方向変形を拘束しないように、ピン+スライド支持とした。

#### 3.2 実験結果

##### (1) 破壊性状

試験体は、すべて引張鉄筋が降伏する前にせん断破壊した。各試験体間でひび割れ性状に大きな違いはなく、斜めひび割れが載荷点近傍の圧縮縁に貫通した時点で荷重低下した (図-2)。

図-3に荷重-変位関係を示す。各試験体は250~300kN付近でせん断ひび割れを生じて剛性が低下している。No.1~No.3, No.4, 5を比較すると、pwの増加に伴い最大荷重が増加している。

No.1とNo.4, No.2とNo.5は、それぞれpwを等しくして、f'cについて着目した試験体である。せん断ひび割れによる剛性低下時の荷重は、

No.1 および No.4 が 240kN 程度, No.2 および No.5 が 280kN 程度であり,  $f'_c$  の違いによる明確な差はなかった。しかし, 剛性低下は  $f'_c$  の低い試験体の方が大きく, 最大荷重の差は, No.1 と No.4 で約  $120\text{N/mm}^2$ , No.2 と No.5 では約  $60\text{N/mm}^2$  となった。すなわち, せん断補強鉄筋の補強効果をせん断ひび割れ発生以降のせん断耐力と仮定した場合,  $f'_c$  の違いによりせん断補強鉄筋の補強効果に差があるといえる。

## (2) せん断耐力

表-3 に実験結果の一覧を示す。なお, せん断耐力の計算値は, せん断補強鉄筋の降伏強度  $f_{wy}$  に材料試験結果を用いて算出した。また, せん断耐力の実験値は, 最大荷重時の作用せん断力 (最大荷重÷2) とした。

表より, No.4 を除いてせん断耐力の実験値は計算値を下回った。同様に, 最大荷重時のせん断補強鉄筋のひずみは, 材料試験より求めた 0.2%offset 降伏ひずみに達していない。すなわち, せん断補強鉄筋の強度が十分に発揮されていないと考えられる。

表-3 実験結果の一覧

No.	実験値	計算値 (kN)			実験値/計算値	せん断補強鉄筋のひずみ
	$V_s\text{EXP}$	$V_s\text{CAL}$	$V_s\text{CAL}$	$V_s\text{CAL}$	$V_s\text{EXP}/V_s\text{CAL}$	$\epsilon_{\text{max}}/\epsilon_{0.2\%}$
1	174	135	72	207	0.84	0.83
2	237	134	143	277	0.86	0.79
3	274	135	215	349	0.79	0.50
4	235	147	72	218	1.07	1.16
5	274	149	143	292	0.94	0.81

$\epsilon_{\text{max}}$  : 最大荷重時のせん断補強鉄筋のひずみ       $\epsilon_{0.2\%}$  : 0.2%offset ひずみ

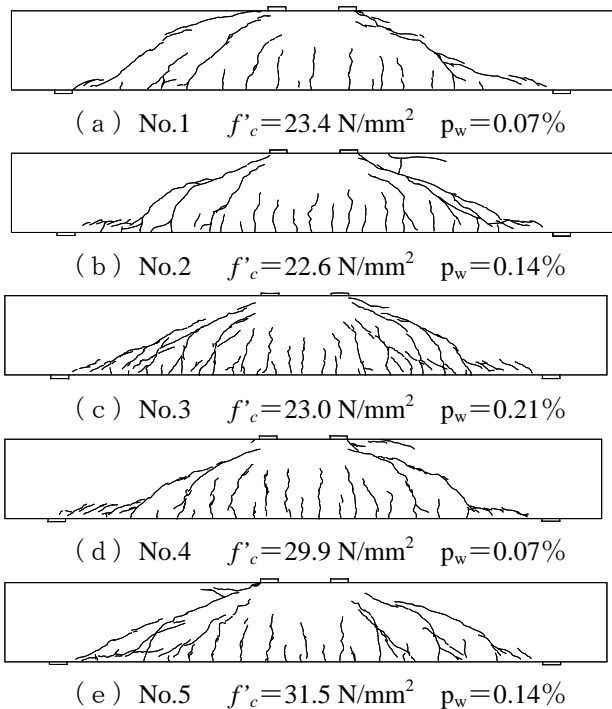


図-2 試験体破壊状況

## 4. $f_{wy}$ の制限値の検討

### 4.1 検討対象試験体

今回の実験で得られたデータと, 既往の研究<sup>3)4)5)7)8)</sup>によるデータをあわせて, せん断耐力の評価を行った。

検討の対象とした試験体を表-4 に示す。全 24 体の内, 普通強度コンクリート ( $22.6\sim 55.2\text{N/mm}^2$ ) と高強度せん断補強鉄筋 ( $706\sim 1403\text{N/mm}^2$ ) を組み合わせた試験体が 14 体であり, 今回の実験のデータを含んでいる。また, 高強度コンクリート ( $73.5\sim 98.5\text{N/mm}^2$ ) と高強度せん断補強鉄筋 ( $814\sim 1138\text{N/mm}^2$ ) を有している試験体は 10 体である。試験体のせん断スパン比 (a/d) は 3.0 であり, 載荷方法は, 単純梁として一方向載荷を行ったものである。最大荷重時のせん断力をせん断耐力の実験値 ( $V_s\text{EXP}$ ) として検討を行った。

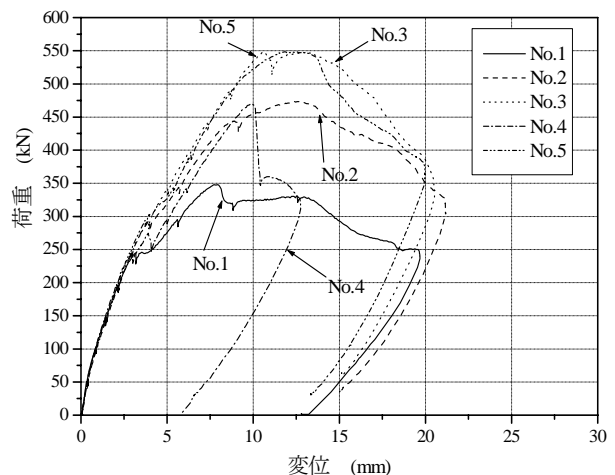


図-3 荷重-変位関係

### 4.2 コンクリート圧縮強度 $f'_c$ の影響

図-4 にコンクリート圧縮強度と,  $V_s\text{EXP}$  と  $V_s\text{CAL}$  の比の関係を示す。 $V_s\text{EXP}$  は, せん断耐力の実験値 ( $V_s\text{EXP}$ ) から, 式(1)により算定し

た  $V_c$  を差し引いた値とし、 $V_s$ CAL は、 $f_{wy}$  を降伏強度の実測値として式(3)により算定した。

図によれば、コンクリート圧縮強度が減少するに従い、実験値と計算値の比が小さくなる傾向が見られる。また、 $f'_c$  が  $40\text{N/mm}^2$  以下の試験体の多くが 1.0 を下回っており、過大評価となっている。 $f'_c$  が  $40\text{N/mm}^2$  程度以下の RC 梁部材に対して、高強度せん断補強鉄筋の補強効果を低減する必要性があるといえる。

### 4.3 せん断補強鉄筋比 $p_w$ の影響

図-5 に  $p_w$  と、 $V_s$ EXP と  $V_s$ CAL の比の関係を示す。図では、試験体のコンクリート圧縮強度 ( $f'_c=23, 30\text{N/mm}^2, 28\sim 33\text{N/mm}^2, 49\sim 55\text{N/mm}^2$ ) ごとに、凡例を変えている。

図によると、 $p_w$  と  $V_s$ の実験値と計算値の比には、明確な関係は認められない。むしろ、4.2 で述べたコンクリート圧縮強度の影響の方が支配的になっていると考えられる。

### 4.4 $f_{wy}$ の制限値の評価

図-6 にコンクリート圧縮強度と  $f_{wy}$ EXP の関係を示す。 $f_{wy}$ EXP は、実験により得られたせん

表-4 検討試験体一覧

試験体 No.	部材幅 $b$ (mm)	部材高さ $h$ (mm)	有効高さ $d$ (mm)	せん断スパン $a$ (mm)	$a/d$	コンクリート圧縮強度 $f'_c$ ( $\text{N/mm}^2$ )	引張鉄筋		せん断補強鉄筋		文献
							降伏強度 $f_{sy}$ ( $\text{N/mm}^2$ )	鉄筋比 $p_t$ (%)	降伏強度 $f_{wy}$ ( $\text{N/mm}^2$ )	鉄筋比 $p_w$ (%)	
1	300	450	400	1200	3.0	23.4	520	2.14	974	0.070	
2	300	450	400	1200	3.0	22.6	520	2.14	974	0.141	
3	300	450	400	1200	3.0	23.0	520	2.14	974	0.211	
4	300	450	400	1200	3.0	29.9	520	2.14	974	0.070	y
5	300	450	400	1200	3.0	31.5	520	2.14	974	0.141	
RTRI-5	500	750	690	2070	3.0	33.9	704	1.98	1029	0.225	y 7)
RTRI-6	500	750	690	2070	3.0	54.3	704	1.98	1029	0.225	y 7)
RTRI-7	500	750	690	2070	3.0	35.6	704	1.98	1403	0.160	y 7)
RTRI-8	500	750	690	2070	3.0	54.7	704	1.98	1403	0.160	y 7)
MD02-1	400	400	350	1050	3.0	27.8	698	1.84	747	0.158	8)
MD02-2	400	400	350	1050	3.0	32.7	754	1.84	706	0.158	y 8)
MD01-2	400	400	350	1050	3.0	49.4	698	1.84	747	0.158	y 5)
MD01-3	400	400	350	1050	3.0	51.0	698	1.84	803	0.178	y 5)
MD01-4	400	400	350	1050	3.0	55.2	698	1.84	747	0.211	y 5)
TK98-4	350	450	400	1200	3.0	93.2	724	2.27	1138	0.090	y 3)
TK98-6	350	450	400	1200	3.0	98.5	724	2.27	814	0.362	3)
TK98-10	350	450	400	1200	3.0	95.0	724	2.27	1138	0.121	y 3)
TK99-1	600	450	400	1200	3.0	75.0	744	2.32	1028	0.119	y 4)
TK99-2	525	450	400	1200	3.0	78.1	744	2.27	1028	0.136	y 4)
TK99-3	435	450	400	1200	3.0	78.2	744	2.28	1028	0.164	y 4)
TK99-4	350	450	400	1200	3.0	79.5	744	2.27	967	0.241	4)
TK99-10	600	450	400	1200	3.0	81.0	737	2.32	1028	0.159	y 4)
RTRI-3	500	750	690	2070	3.0	75.3	709	1.98	1065	0.253	y 7)
RTRI-4	500	750	690	2070	3.0	73.5	709	1.32	1086	0.095	y 7)

※ y : 最大荷重時に、せん断補強鉄筋のひずみが降伏ひずみに達していた場合

断耐力  $V_s$ EXP を用いて式(4)から算出した、最大荷重時のせん断補強鉄筋の応力度である。

$$f_{wy}EXP = \frac{(V_sEXP - V_c) \cdot s_s}{A_w \cdot z} \quad (4)$$

また、図中には、せん断補強鉄筋が降伏しなかった試験体データを黒塗りの凡例で示し、以下の制限値を併記している。

$$A-B : f_{wy} \leq 400 \quad (\text{単位: N/mm}^2)$$

$$C-D : f_{wy} \leq 800$$

$$E-F : f_{wy} \leq 25 f'_c$$

A-B および C-D は、前述した土木学会示方書の制限値であり、E-F は、終局強度型指針に示されている、せん断補強鉄筋の応力度限界の

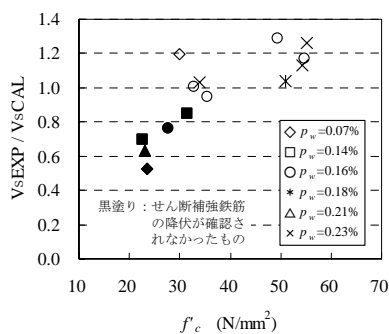


図-4  $f'_c$  と  $V_s$ EXP/ $V_s$ CAL の関係

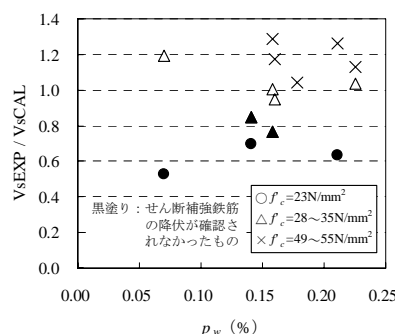


図-5  $p_w$  と  $V_s$ EXP/ $V_s$ CAL の関係

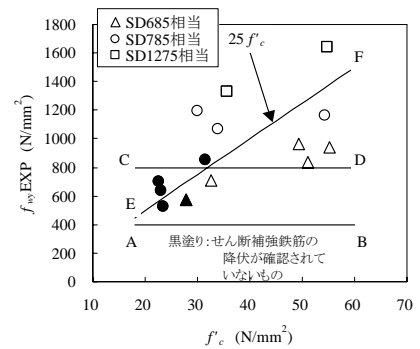


図-6  $f'_c$  と  $f_{wy}$ EXP の関係

規定である。

図によると、 $f'_c$  が  $20\sim 32\text{N/mm}^2$  の範囲でせん断補強鉄筋が降伏していないものは、 $f'_c$  の低下に伴い  $f_{wy}\text{EXP}$  が減少する傾向が見られる。これに対して、A—B の制限値ではすべての範囲で実験値を過小評価し、C—D では  $20\sim 32\text{N/mm}^2$  の範囲において実験値を過大評価することがわかる。一方、E—F は  $20\sim 32\text{N/mm}^2$  の範囲において  $f_{wy}$  が減少する傾向を概ね評価している。 $f_{wy} \leq 25 f'_c$  の制限値を設けることによって、 $f'_c$  が  $30\text{N/mm}^2$  以下の領域を含めた実験データを適切に評価することが出来ると考えられる。

#### 4.5 $f_{wy}$ の制限値の検証

$f_{wy}$  の制限値の検証は、以下の①～⑤のケースについて行った。

- ①  $f_{wy}$  の制限値を設けず、 $f_{wy}$  = 降伏強度の実測値として式(1)～(3)をそのまま適用した方法。(V<sub>y</sub>CAL1)
- ②  $f'_c$  が  $60\text{N/mm}^2$  未満について  $f_{wy} \leq 400\text{N/mm}^2$ 、 $f'_c$  が  $60\text{N/mm}^2$  以上について  $f_{wy} \leq 800\text{N/mm}^2$  とする方法。土木学会示方書の規定。(V<sub>y</sub>CAL2)
- ③  $f_{wy}$  の制限値を  $f'_c$  に関わらず  $f_{wy} \leq 800\text{N/mm}^2$  とする方法。(V<sub>y</sub>CAL3)
- ④  $f_{wy}$  をコンクリート圧縮強度の一次関数  $f_{wy} \leq 25 f'_c$  とする方法。終局強度型指針

の規定。(V<sub>y</sub>CAL4)

- ⑤  $f_{wy} \leq 25 f'_c$  かつ  $f_{wy} \leq 800\text{N/mm}^2$  とする方法。(V<sub>y</sub>CAL5)

①～⑤の評価手法について、せん断耐力の算定精度を検証する。 $f'_c$  と実験値/計算値の関係を図-7～11に、平均値および変動係数を表-5に示す。

ケース①では、 $f_{wy}$  の制限値を考慮していないため、特に  $f'_c$  が  $40\text{N/mm}^2$  未満の実験データを、過大評価している。 $f'_c$  が  $32\text{N/mm}^2$  未満について、実験値と計算値の比 (V<sub>y</sub>EXP/ V<sub>y</sub>CAL1) の平均値  $\mu$  および変動係数 C.V. (C.V.= $\sigma/\mu$ 、 $\sigma$  : 標準偏差) は、 $\mu = 0.90$ 、C.V.=11.2%となっている。

$f'_c$  によって、段階的に制限を設けているケース②では、実験データはすべて安全側の評価となっている。しかし、 $f'_c$  が  $60\text{N/mm}^2$  以上の結果と比較して、 $32 \leq f'_c < 60\text{N/mm}^2$  では、実験データを過小評価している。

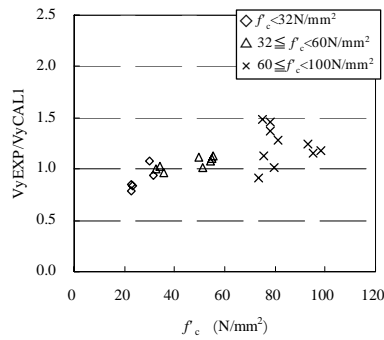


図-7  $f'_c$  と V<sub>y</sub>EXP/V<sub>y</sub>CAL1 (ケース①)

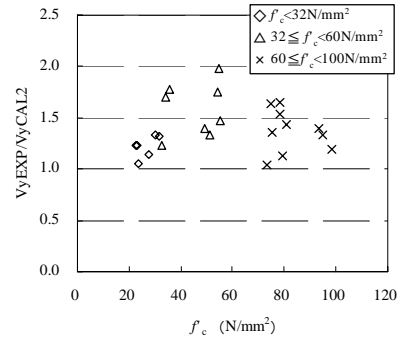


図-8  $f'_c$  と V<sub>y</sub>EXP/V<sub>y</sub>CAL2 (ケース②)

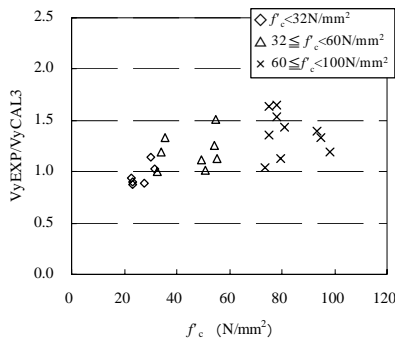


図-9  $f'_c$  と V<sub>y</sub>EXP/V<sub>y</sub>CAL3 (ケース③)

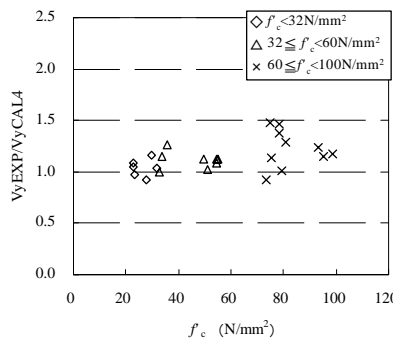


図-10  $f'_c$  と V<sub>y</sub>EXP/V<sub>y</sub>CAL4 (ケース④)

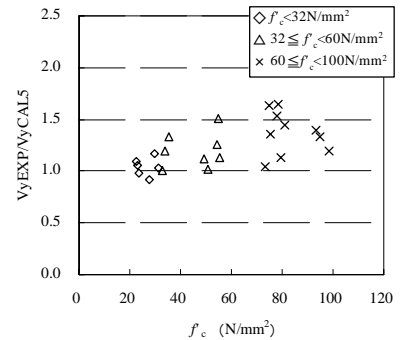


図-11  $f'_c$  と V<sub>y</sub>EXP/V<sub>y</sub>CAL5 (ケース⑤)

$f_{wy}$  に一定の制限を設けたケース③の場合、 $32 \leq f'_c < 60\text{N/mm}^2$  については、 $\mu = 1.20$ 、 $\text{C.V.} = 14.0\%$  であり、ケース②に比べて実験値を妥当に評価している。しかし、 $f'_c$  が  $32\text{N/mm}^2$  未満では  $\mu = 0.96$ 、 $\text{C.V.} = 10.6\%$  となり、実験データの多くを過大評価している。

$f_{wy}$  の上限値を  $25 f'_c$  としたケース④では、 $\mu$  および  $\text{C.V.}$  は、全ての検討ケースの中で一番良い整合性を示した。特に、 $f'_c$  が  $60\text{N/mm}^2$  未満の場合の  $\mu$  および  $\text{C.V.}$  は、 $f'_c$  が  $32\text{N/mm}^2$  未満において  $\mu = 1.04$ 、 $\text{C.V.} = 8.2\%$ 、 $32 \leq f'_c < 60\text{N/mm}^2$  では  $\mu = 1.11$ 、 $\text{C.V.} = 7.3\%$  であり、実験値と良く整合している。

以上の結果をまとめると、式(1)~(3)によってせん断耐力を算定する場合、設計上考慮する  $f_{wy}$  は、 $25 f'_c$  を上限値とすることが妥当であると考えられる。ただし、本検討の範囲では、降伏強度の規格値が  $800\text{N/mm}^2$  超えるせん断補強鉄筋を用いた試験データは 2 体 (RTRI-7,8 : SD1275 相当) と少ない。したがって、降伏強度の規格値が  $800\text{N/mm}^2$  超えるせん断補強鉄筋を用いる場合は、 $25 f'_c$  以下とした  $f_{wy}$  を  $800\text{N/mm}^2$  で頭打ちにするか、実験等により確認することがよいと考えられる。 $25 f'_c$  以下とした  $f_{wy}$  に対して、 $800\text{N/mm}^2$  の上限値を設けた場合についてケース⑤に示す。実験値との整合性はケース④に劣るが、概ね実験値を妥当に評価している。

## 5. まとめ

本研究で得られた結果を以下にまとめる。

- (1)  $f'_c$  が  $40\text{N/mm}^2$  以下の RC 梁部材に対して、高強度せん断補強鉄筋の補強効果を低減する必要性が再確認された。
- (2) 高強度せん断補強鉄筋の補強効果に与える影響としては、 $p_w$  の影響に比較して、 $f'_c$  の影響の方が支配的であった。
- (3)  $f_{wy}$  の上限値を  $25 f'_c$  とすることで、その計算

表-5 各ケースの平均値  $\mu$  と変動係数 C.V. ( $V_y\text{EXP} = \text{最大耐力}$ )

検討ケース ( $\text{N/mm}^2$ )		①	②	③	④	⑤
		$f_{wy}$ 上限なし VyEXP/VyCAL1	土木学会示方書 VyEXP/VyCAL2	$f_{wy} \leq 800\text{N/mm}^2$ VyEXP/VyCAL3	$f_{wy} \leq 25f'_c$ VyEXP/VyCAL4	$f_{wy} \leq 800\text{N/mm}^2$ かつ $f_{wy} \leq 25f'_c$ VyEXP/VyCAL5
$23 \leq f'_c < 32$	$\mu$	0.90	1.22	0.96	1.04	1.04
	$\sigma$	0.100	0.105	0.102	0.085	0.085
	C.V.	11.2%	8.7%	10.6%	8.2%	8.2%
$32 \leq f'_c < 60$	$\mu$	1.06	1.58	1.20	1.11	1.20
	$\sigma$	0.062	0.258	0.167	0.081	0.167
	C.V.	5.8%	16.3%	14.0%	7.3%	14.0%
$60 \leq f'_c < 100$	$\mu$	1.22	1.37	1.37	1.22	1.37
	$\sigma$	0.183	0.204	0.204	0.183	0.204
	C.V.	15.0%	14.9%	14.9%	15.0%	14.9%
全体 $23 \leq f'_c < 100$	$\mu$	1.09	1.40	1.21	1.14	1.23
	$\sigma$	0.185	0.244	0.233	0.151	0.212
	C.V.	17.1%	17.4%	19.2%	13.2%	17.2%

値は実験値と良い整合性を示すことがわかった。

## 参考文献

- 1) 土木学会編：2002 年制定・コンクリート標準示方書（構造性能照査編），2002
- 2) 日本建築学会編：鉄筋コンクリート造建物の終局強度型耐震設計指針・同解説，1990
- 3) 下野一行ほか：高強度材料を用いた RC 梁部材に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.20, No.2, pp.1039-1044, 1998
- 4) 下野一行ほか：高強度材料を用いた RC 梁部材のせん断耐力に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.21, No.3, pp.175-180, 1999
- 5) 原夏生ほか：自己充填型高強度高耐久コンクリートを用いた RC 梁のせん断耐力，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.23, No.3, pp.925~930, 2001
- 6) 二羽淳一郎ほか：せん断補強鉄筋を用いない RC はりのせん断強度式の再評価，土木学会論文集，第 372 号/V-5, 1986
- 7) 黒岩俊之ほか：高強度材料を用いた RC 梁のせん断耐力に関する実験的検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.24, No.2, pp.733~738, 2002
- 8) 土屋智史ほか：コンクリートの自己充填性の有無がせん断補強筋の補強効果に及ぼす影響に関する検討，土木学会第 57 回年次学術講演会，2002