

CFRP セン断補強筋の耐荷力に関する実験的研究

宮崎大学 学生員 ○柳川真未, 住 朋樹

宮崎大学 正員 今井富士夫, 中澤 隆雄

1. はじめに

著者らは先に、九州大学が独自に開発した CFRP をせん断補強筋に使用した場合のせん断機能を検討するための実験結果を報告しているが、主筋に使用した CFRP ロッドに引抜け防止策を講じなかったために、終局時に主筋すべりが生じ、十分な考察ができていなかった¹⁾。

本報告は主筋を鉄筋に換え、十分な主筋すべりを防止した供試体による、CFRP セン断補強筋のせん断耐荷力の検討を試みたものである。

2. 供試体の概要

本実験で使用した供試体は図-1 に示すように、2 点対称載荷するもので、せん断支間/有効高さ比を $a/d=2.5$ とした。

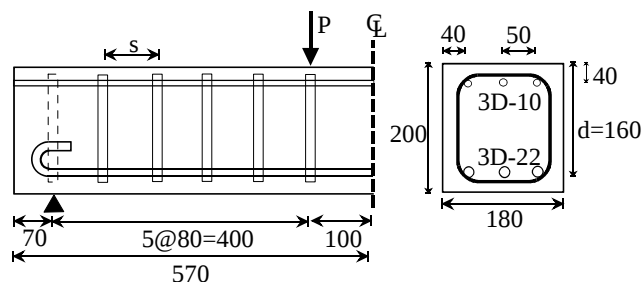


図-1 供試体の概要

供試体のスターラップには、表-1 に示すように異形棒鋼 (D6) と九州大学の作成した CFRP ロッドを使用している。また、コンクリートは呼び強度 40N/mm^2 の早強セメントを使用したもので、その配合は表-2 に示すとおりであり、これらの材料定数のうち、コンクリートについては表-3 に、主筋、圧縮鉄筋、スターラップに使用した鋼材と CFRP については、表-4 に示すとおりである。

表-1 供試体の概要

供試体	a/d	スターラップ	主筋	圧縮筋	スターラップ間隔
SS	2.5	D6	3-D22	3-D10	80 (d/2)
SC	2.5	CFRP			

表-2 コンクリート配合表 (kg/m^3)

水	セメント	細骨材	粗骨材	減水材
160	400	703	1074	2.4

表-3 コンクリートの材料特性

種類	強度 (N/mm^2)			弾性係数 (N/mm^2)	ポアソン比
	圧縮	引張	曲げ		
早強	46.9	4.37	6.86	3.83×10^4	0.24

表-4 補強筋の材料特性

種類	断面積 (mm^2)	降伏強度 (N/mm^2)	弾性係数 (N/mm^2)
D22	387	366	1.92×10^5
D10	71.3	368	2.00×10^5
D6	31.7	340	1.92×10^5
CFRP	6.44	4000	2.30×10^5

※CFRPは引張強度である。

3. 設計せん断耐力^{2), 3)}

コンクリート梁のせん断耐力 V_{yd} は以下のようになる。

$$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd} \quad (1)$$

ここに、 V_{cd} はコンクリートが分担するせん断耐力であり、 V_{sd} はせん断補強筋が分担するせん断耐力である。以下に、その詳細を記述する。

(1) コンクリートのせん断耐力

(a) 設計斜め引張破壊

$$V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d \quad (2)_a$$

$$\text{ここに、} \beta_d = (1000/d)^{1/4} \quad (d: \text{mm}) < 1.5$$

$$\beta_p = (100 \cdot A_s / (b_w \cdot d))^{1/3} < 1.5$$

$$f_{vcd} = 0.2 \cdot (f_{cd})^{1/3} \leq 0.72 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

(b) 設計せん断圧縮破壊

$$V_{dd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_a \cdot f_{dd} \cdot b_w \cdot d \quad (2)_b$$

$$\text{ここに、} \beta_p = (1 + (100 \cdot A_s / (b_w \cdot d))^{1/2}) / 2 < 1.5$$

$$\beta_a = 5 / (1 + (a/d)^2) < 1.5$$

$$f_{dd} = 0.19 \cdot (f_{cd})^{1/2}$$

(2) せん断補強筋のせん断耐力

(a) 鉄筋

$$V_{sd} = A_w \cdot f_{wyd} (\sin \alpha + \cos \alpha) \cdot z / s \quad (3)_a$$

(b) CFRP

$$V_{fd} = A_w \cdot f_{fbd} (\sin \alpha + \cos \alpha) \cdot z / s \quad (3)_b$$

$$\text{ここに、} f_{fbd} = (0.05 r / h + 0.3) \cdot f_{fuk}$$

r: 曲げ内半径, h: 連続繊維補強材の断面高さ,

f_{fuk} : 一軸引張強度の特性値

ここでの供試体は $a/d=2.5$ であり、せん断引張破壊とせん断圧縮破壊の遷移点となる。よって、式(2)_b はせん断圧縮破壊の場合のコンクリート耐力 V_{dd} を示したものである。

以上の式から得られた設計耐力を整理すると、表-5 のようになる。

表-5 設計耐力 (kN)

供試体	曲げ	せん断耐力			
		V_{cd}	V_{dd}	V_{sd}	V_{fd}
SS	282	93	121	75	—
SC	282	93	121	179	92

4. 実験結果と考察

4.1 荷重に対する変形挙動

図-2 は CFRP せん断補強筋の供試体による荷重—たわみ曲線を示したものである。図に示すように、終局耐力に達した直後に急激な荷重低下とたわみの急増が生じている。

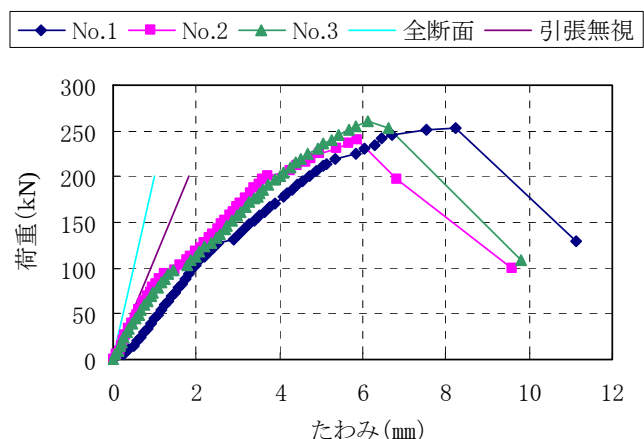


図-2 荷重—たわみ曲線

図-3 は CFRP せん断補強筋の供試体の荷重に対するせん断補強筋のひずみの変化を図示したものである。荷重 100kN から 130kN において、それまでせん断補強筋のひずみはほぼ 0 であったものが、急激な増加となっている。これは、これらの荷重におい

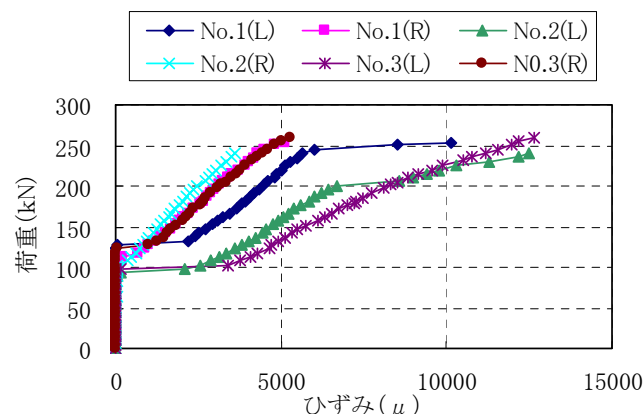


図-3 セン断補強筋の荷重—ひずみ曲線

て、せん断分担力がコンクリートからせん断補強筋へと移行していったことを示すものである。

4.3 耐力の評価

表-6 は実験で得られた終局荷重とせん断耐力の設計値を比較したものであり、表-7 は補強筋のせん断耐力を抽出したものである。なお、実験でのコンクリートのせん断分担力は、図-3 でせん断補強筋のひずみが急増する荷重の平均値を採用した。

表から明らかなように、せん断耐力全体では鉄筋・CFRP とともに種々の設計値を満足するものとなっている。せん断補強筋の耐力については、ここで使用した CFRP は示方書による式(3)_a では危険側の値となるが、CFRP 用に規定された式(3)_b については十分に満足するものとなっている。

表-6 実験と設計のせん断耐力比

供試体	終局 (kN)	せん断耐力比				破壊形式
		V_{ex}/V_1	V_{ex}/V_2	V_{ex}/V_3	V_{ex}/V_4	
SS	No.1	219	1.30	1.12	—	斜め引張
	No.2	255	1.51	1.30	—	せん断圧縮
	No.3	294	1.75	1.50	—	せん断圧縮
SC	No.1	254	0.93	0.85	1.37	斜め引張
	No.2	240	0.88	0.80	1.30	斜め引張
	No.3	260	0.95	0.87	1.41	せん断圧縮

注) $V_1=V_{cd}+V_{sd}$, $V_2=V_{dd}+V_{sd}$, $V_3=V_{cd}+V_{fd}$, $V_4=V_{dd}+V_{fd}$

表-7 セン断補強筋の耐力比

供試体	終局 (kN)	せん断耐力 (kN)		せん断耐力比	
		コンクリート	補強筋	V_{ex}/V_{sd}	V_{ex}/V_{fd}
SS	No.1	219	92	1.23	—
	No.2	255	128	1.71	—
	No.3	294	167	2.23	—
SC	No.1	254	127	0.71	1.38
	No.2	240	113	0.63	1.23
	No.3	260	133	0.74	1.45

謝辞

本実験を遂行するにあたり、CFRP ロッドの提供を頂いた九州大学工学研究院の佐島隆生先生に感謝の意を表します。さらに、実験遂行にご協力いただいた日本管洗工業(株)の皆様にも深謝いたします。

参考文献

- 1) 上城 他：平成 19 年度土木学会西部支部発表会講演概要集，2008
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書[設計編]，pp.131-141，2008
- 3) 土木学会：連続繊維補強材を用いたコンクリート構造物の設計・施工指針(案)，pp.18-24，1996