

鉄道総合技術研究所 正会員 向谷地誠一
 鉄道総合技術研究所 正会員 涌井 一
 鉄道総合技術研究所 正会員 鳥取 誠一

1. はじめに

FRPロッドをせん断補強筋として用いたコンクリートはりのせん断耐力のうち、せん断補強筋の受持つせん断力は、一般にトラス理論によって求めたせん断耐力よりも小さくなることが示されている¹⁾。このため、本報告ではらせん状のFRPロッドのせん断補強筋(以下、せん断補強筋という)を用いたRCはりの載荷試験によって、せん断補強筋のひずみの挙動を調べ、そのせん断耐力を検討した。

2. 試験概要

試験に用いた供試体の形状および載荷方法を図-1に示す。供試体は主筋およびせん断補強筋の種類、せん断スパン $a/d (= 3, 4)$ 、せん断補強筋の配置間隔 $s (= 2d/7, d/2, 5d/7)$ をパラメータとした。

主筋およびせん断補強筋の強度特性を表-1に示す。表中のGF/CFのせん断補強筋は、ガラス繊維と炭素繊維を組合わせたFRPロッドでやや弾塑性的な応力-ひずみ特性を示すが、ここでは炭素繊維が破断する初期破断時のひずみを示した。また、コンクリートの圧縮強度は、 $320 \sim 730 \text{ kgf/cm}^2$ である。荷重の載荷方法は2点対称の集中荷重による静的一方向載荷とした。

3. 試験結果および考察

せん断補強筋の受持つせん断力の負担過程を調べるため、図-1に示す位置にひずみゲージを取りつけ、各荷重の段階ごとにせん断補強筋のひずみを測定した。

結果の例を図-2に示す。図中の V_c はせん断補強筋のないRCはりのせん断耐力を示しており、二羽らの提案式²⁾における鉄筋比に主筋の弾性係数比 E_f/E_s を乗じて求めた³⁾。これより $a/d=3$ では、せん断補強筋のひずみは載荷荷重 P が $2V_c$ をこえた付近から増加し、ほぼ $(P - 2V_c)$ に比例している。ただし、 $a/d=4$ の場合には供試体が破壊する直前からせん断補強筋のひずみが急増し、コンクリートの受持つせん断力が減少していることを示している。

破壊直前におけるせん断補強筋のひずみ分布を図-3に示す。 $a/d=3$ では最大ひずみの発生位置は荷重の載荷位置からせん断スパン a の $1/3$ 付近にあり、荷重載荷位置の直下および支点位置側から $a/3$ の範囲では

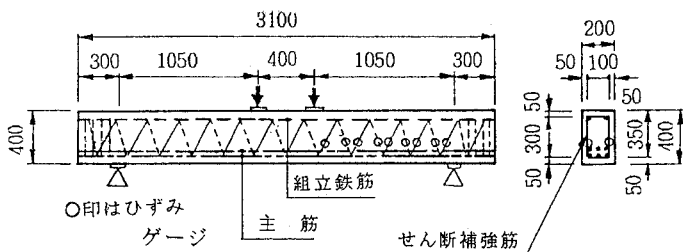


図-1 供試体の形状および載荷方法 ($a/d=3$)

表-1 主筋およびせん断補強筋の強度特性

FRPロッドの種類		断面積 (cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 ($\times 10^6$ kgf/cm ²)	破断ひずみ (%)
主筋	CFRP	0.76	21100	1.41	1.5
	AFRP	1.00	12800	0.63	2.2
せん断補強筋	GF/CF	0.37	7100	0.39	1.8
	AFK24S	0.18	15400	0.70	2.2
	CF 5.0	0.101	17800	1.40	1.5
	AFK24	0.225	12600	0.59	2.2
	AFK32	0.3	11100	0.589	2.2
	VF7.0	0.407	6100	0.37	3.0

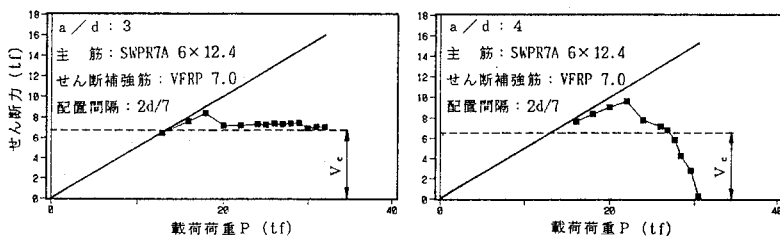


図-2 せん断補強筋の負担するせん断力の負担過程

ひずみが小さい。しかし、ひずみの値は表-1に示したせん断補強筋の破断ひずみよりも小さく、最大ひずみは 10^{-2} 程度で、供試体が破壊する直前でもせん断補強筋はその強度を完全に発揮していない状態にあることがわかる。

試験から求まる各供試体のせん断補強筋の受持つせん断力 $V_{s, test} (= V_{test} - V_c)$ を bz で除した値と、式(1)中の係数 $k = A_f E_f (\sin \alpha + \cos \alpha) / bs$ との関係を図-4に示す。

$$V_s = A_f E_f \epsilon_f (\sin \alpha + \cos \alpha) z / s = k b z \epsilon_f \quad (1)$$

ここに、 V_s : せん断補強筋の受持つせん断力

E_f : せん断補強筋の弾性係数

α : せん断補強筋と部材軸のなす角度

s : せん断補強筋の配置間隔

A_f : せん断補強筋の断面積

ϵ_f : せん断補強筋のひずみ

z : $(=d/1.15)$ ただし d は有効高さ

b : 供試体の幅

これより、各供試体のせん断補強筋の受持つせん断力 $V_{s, test}$ は、どのFRPロッドのせん断補強筋を用いてもほぼ k に比例し、せん断補強筋量が増加し k が大きくなる場合にはやや比例関係がずれる傾向にあることがわかる。また、図中のデータを原点を通る直線に近似する場合、直線の傾きは ϵ_f の値になるが、本試験データからその値は 10^{-2} 程度になる。

式(1)の ϵ_f に表-1で示したせん断補強筋の破断ひずみを代入すると、 V_s は計算上取り得る最大値 $V_{s, max}$ となる。試験から求まるせん断補強筋の受持つせん断力 $V_{s, test}$ と上記の $V_{s, max}$ との比を補強効率 β とし、せん断補強筋の破断ひずみ ϵ_{ftu} の逆数との関係を図-5に示す。これより、補強効率 β はせん断補強筋の破断ひずみ ϵ_{ftu} の逆数にほぼ比例することがわかる。

4. まとめ

本試験より、せん断補強筋のひずみの挙動およびせん断補強筋の受持つせん断力に関して次の結果が得られた。

(1)せん断補強筋のひずみは載荷荷重が $2V_c$ 。前後から増加しはじめるが、供試体の破壊する直前においてもFRPロッドの破断ひずみ ϵ_{ftu} に達していない。

(2)試験から求まるせん断補強筋の受持つせん断力 $V_{s, test}$ は、係数 $k = A_f E_f (\sin \alpha + \cos \alpha) / bz$ に、補強効率 β はせん断補強筋として用いたFRPロッドの破断ひずみ ϵ_{ftu} の逆数にほぼ比例している。

[参考文献]

- 1) 涌井 一他 : FRP棒材をらせん状せん断補強筋として用いた場合のコンクリートはりのせん断補強効果
コンクリート工学年次論文報告集 12-1 1990
- 2) 二羽淳一郎他 : 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
- 3) 辻 幸和他 : FRPで補強したコンクリートはりの曲げおよびせん断性状、コンクリート工学年次論文報告集 10-3 1988

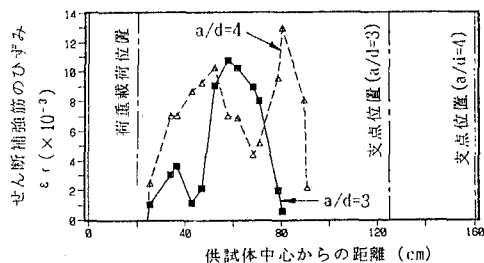


図-3 せん断補強筋のひずみ分布

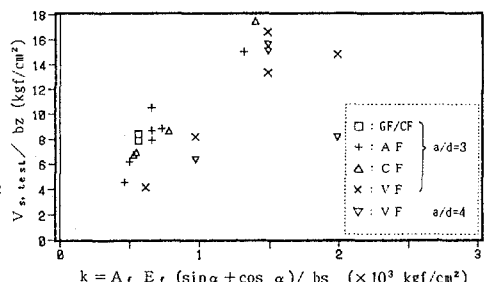


図-4 $V_{s, test} / bz$ と k の関係

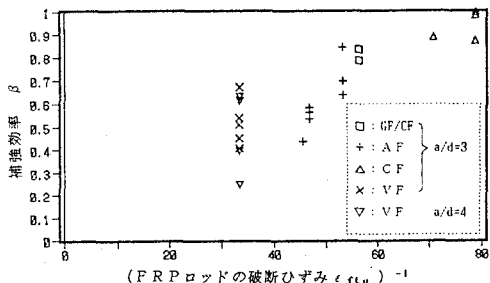


図-5 せん断補強筋の補強効率