

AFRP シート下面接着 RC 版の押し抜きせん断性状に与える鉄筋比の影響

三井住友建設（株）  
（独）土木研究所 寒地土木研究所

フェロー ○三上 浩  
正会員 栗橋 祐介

室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光  
室蘭工業大学 正会員 澤田 純之

表-1 試験体一覧

試験体名	下端鉄筋 (鉄筋比 $P_t$ )	繊維目付量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	シート層数
A-N		-	-
A-S1	D13	435/435 (二方向)	1
A-S2	@200		2
A-S3	(0.54%)		3
A-S4			4
B-N		-	-
B-S1	D16	435/435 (二方向)	1
B-S2	@150		2
B-S3	(1.09%)		3
B-S4			4
C-N		-	-
C-S1	D19	435/435 (二方向)	1
C-S2	@150		2
C-S3	(1.57%)		3
C-S4			4

1. はじめに

本研究では、連続繊維 (FRP) シート下面接着 RC 版の押し抜きせん断性状に与える鉄筋比の影響を検討するため、下端鉄筋の径や配筋間隔を変化させることにより鉄筋比を変化させた3種類のRC版を用いて押し抜きせん断実験を実施した。

2. 試験体概要

表-1には、試験体の一覧を示している。表中、試験体名の第1項目は鉄筋比 (A: 0.54%, B: 1.09%, C: 1.57%), 第2項目はシート補強の有無 (N: 無補強, Sn: シート補強および補強層数  $n$ ) を示している。

図-1には、本実験に用いた試験体の概要を示している。試験体は寸法が  $2,000 \times 2,000 \times 180 \text{ mm}$ , 下端鉄筋の平均かぶりが  $40 \text{ mm}$  のRC版である。下端鉄筋はA試験体でD13を  $200 \text{ mm}$  間隔, B, C試験体ではそれぞれD16, D19を  $150 \text{ mm}$  間隔で格子状に配置している。下面接着シートには、目付量  $435/435 \text{ g}/\text{m}^2$  の二方向アラミド繊維製FRPシート (AFRPシート) を用い、各支点の  $50 \text{ mm}$  手前まで貼り付けた。RC版の支持条件は4辺単純支持とし、支持間隔は  $1,750 \text{ mm}$  である。荷重は直径  $60 \text{ mm}$  の荷重板を版中央部に設置して行った。なお、AFRPシートの材料特性値 (規格値) は、弾性係数;  $118 \text{ GPa}$ , 引張強度;  $2.06 \text{ GPa}$ , 破断ひずみ;  $1.75\%$  である。また、実験時におけるコンクリートの圧縮強度は、A, C試験体で  $f'_c = 34.2 \text{ MPa}$ , B試験体で  $f'_c = 34.9 \text{ MPa}$ , 鉄筋の降伏強度はD13, D16, D19でそれぞれ  $f_y = 373, 386, 370 \text{ MPa}$  であった。

3. 実験結果および考察

3.1 荷重-変位関係

図-2には、各試験体の荷重と版中央変位の関係を示している。A試験体では、A-N試験体で早期のひび割れ発生、鉄筋の降伏に伴う曲げ剛性の低下が見られ、その後最大荷重を示した後に急激に低下し押し抜きせん断破壊に至った。一方、A-S試験体は、全般的に剛性勾配や最大荷重がN試験体に比較して大きくなる傾向にあることが分かる。

また、B/C試験体ではB/C-N試験体の場合に早期のひび割れ発生に伴う剛性低下が見られ、その後最大荷重を示した後に押し抜きせん断破壊に至った。

一方、B/C-S試験体の剛性勾配は、B/C-N試験体のように顕著には低下せず、最大荷

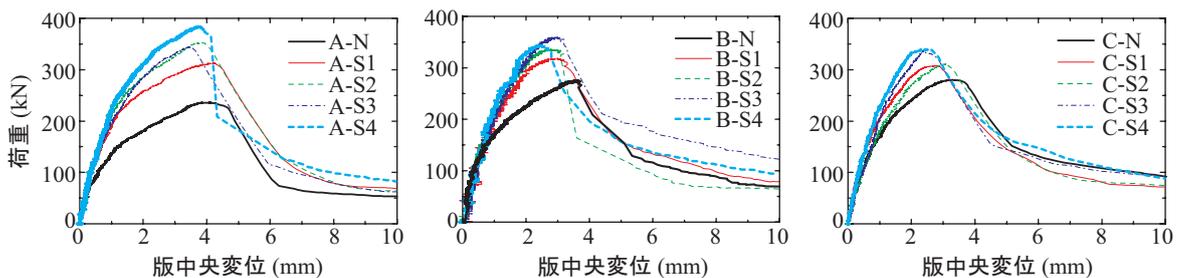


図-2 荷重-変位関係

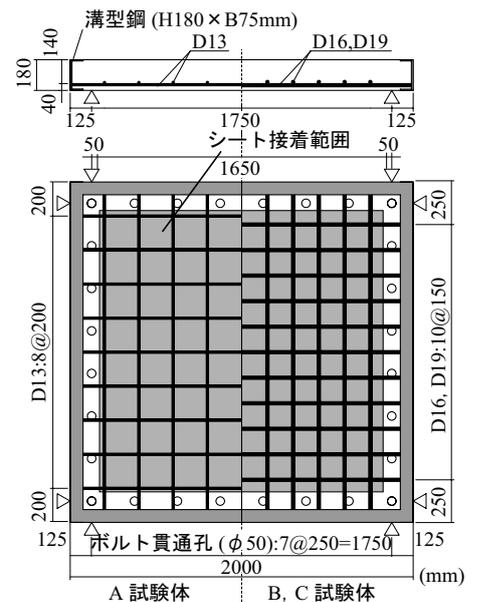


図-1 RC版の形状寸法、配筋状況および補強概要

キーワード: RC版, AFRPシート, 鉄筋比, 押し抜きせん断耐力

連絡先: 〒270-0132 千葉県流山市駒木518-1 三井住友建設(株) 技術研究所 TEL 04-7140-5201 FAX 04-7140-5216

重を示した後押し抜きせん断破壊に至っている。

3.2 FRP シート下面接着 RC 版の押し抜きせん断耐力

表-2には、実験および計算結果を一覧にして示している。FRPシート下面接着RC版の押し抜きせん断耐力は、既往の研究<sup>1)</sup>によれば、下縁かぶり部がせん断抵抗に寄与するものとして、かぶり部の耐力増分を加えることにより算定可能である。ここに、示方書式<sup>2)</sup>を基に提案されているかぶり部の押し抜きせん断耐力算定式を示すと、

$$V_{pcd} = \alpha \cdot \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_r \cdot f_{pcd} \cdot u_p \cdot d \quad (1)$$

$$f_{pcd} = 0.20 \sqrt{f'_{cd}} \text{ (N/mm}^2\text{)}, \quad \beta_d = \sqrt[4]{1/d} \text{ (d : m)}$$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100p}, \quad \beta_r = 1 + 1/(1 + 0.25 u/d)$$

$\alpha$  : 補強材の補強効果を示す係数 (補強効果係数)

$f'_{cd}$  : コンクリートの圧縮強度,  $u$  : 載荷面の周長

$u_p$  : 設計断面の周長,  $d$  : かぶり厚さ

$p (= n_f \cdot A_f / (b \cdot d))$  : 補強筋比,  $A_f$  : AFRPシートの断面積,  $b$  : 幅

$n_f (= E_f / E_s)$  : 弾性係数比 (AFRPシート/鉄筋)

なお、上式は実験終了後の切断面から、図-3に示すような押し抜きせん断破壊面をモデル化し提案されたものである。表中、式(1)より得られるかぶり部の計算耐力増分は補強効果係数 $\alpha$ を1.0として算出している。鉄筋比の小さいA試験体のせん断耐力比、耐力増分比は、A-S1試験体を除いていずれも1.0以上であることから、提案式は実測値を大略安全側に評価していることが分かる。A試験体よりも鉄筋比の大きいB、C試験体では、せん断耐力比はそれぞれ0.83~0.89, 0.68~0.81であり、実測耐力は計算耐力を下回っている。また、耐力増分比はそれぞれ0.47~0.67, 0.27~0.45と小さく、C試験体はB試験体と比較しても小さい。以上より、鉄筋比の大きいRC版ほど耐力増分が小さくなり、シート補強効果が十分に発揮されないことが分かる。

3.3 補強効果係数  $\alpha$  と鉄筋比  $P_f$  の関係

図-4には、補強効果係数 $\alpha$ と鉄筋比 $P_f$ の関係を示している。なお、図中の補強効果係数 $\alpha$ は表-2に示す耐力増分比とした。図より、鉄筋比 $P_f$ の増加に伴い補強効果係数 $\alpha$ が低下する傾向にあることが分かる。

このことから、算定式における補強効果係数 $\alpha$ は、鉄筋比 $P_f$ が大きいほど小さく設定する必要があることが分かる。本研究の範囲内では、鉄筋比 $P_f$ が最も小さくかつ鉄筋が降伏して終局に至るA試験体で $\alpha = 1.0$ とし、鉄筋比の増加に対して反比例の関係にあるものとして補強効果係数 $\alpha$ を定式化することが可能であるものと考えられる。

4. まとめ

- 1) 既往の研究で提案した下縁かぶり部のせん断耐力寄与を仮定した押し抜きせん断耐力算定式を用いて耐力評価を行う場合には、鉄筋比が大きい場合ほど補強効果係数 $\alpha$ を小さく設定する必要がある。
- 2) 補強効果係数 $\alpha$ を鉄筋比 $P_f$ との関係に基づいて設定すると実測値とほぼ対応する。

参考文献

- 1) 三上 浩, 岸 徳光, 藤田 学, 澤田 純之: AFRPシート下面接着RC版の押し抜きせん断性状に関する一考察, 構造工学論文集, Vol.51A, pp.1299-1307, 2005.3
- 2) 土木学会: コンクリート標準示方書 (構造性能照査編), 2002

表-2 実験および計算結果一覧

試験体名	計算せん断耐力 (kN) (i)	計算耐力増分 (kN) (ii)	実測せん断耐力 (kN) (iii)	実測耐力増分 (kN) (iv)	せん断耐力比 (iii)/(i)	耐力増分比 (iv)/(ii)
A-N	220.1	-	236.5	-	1.07	-
A-S1	302.6	82.5	312.8	76.3	1.03	0.92
A-S2	313.2	93.1	352.3	115.8	1.12	1.24
A-S3	326.9	106.8	344.2	107.7	1.05	1.01
A-S4	339.4	119.3	383.8	147.3	1.13	1.23
B-N	280.3	-	276.2	-	0.89	-
B-S1	370.8	90.5	318.5	42.3	0.86	0.47
B-S2	394.3	114.0	336.2	60.0	0.85	0.53
B-S3	404.7	124.4	359.0	82.8	0.89	0.67
B-S4	414.5	134.2	343.8	67.6	0.83	0.50
C-N	346.7	-	280.4	-	0.81	-
C-S1	430.4	83.7	307.6	27.2	0.71	0.32
C-S2	456.8	110.1	310.6	30.2	0.68	0.27
C-S3	475.9	129.2	336.2	55.8	0.71	0.43
C-S4	479.5	132.9	339.8	59.4	0.71	0.45

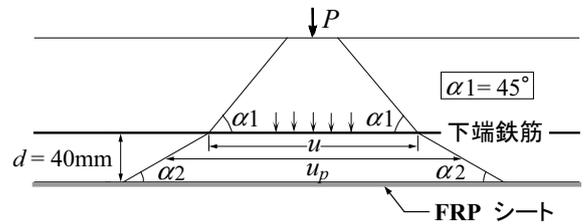


図-3 押し抜きせん断性状のモデル化

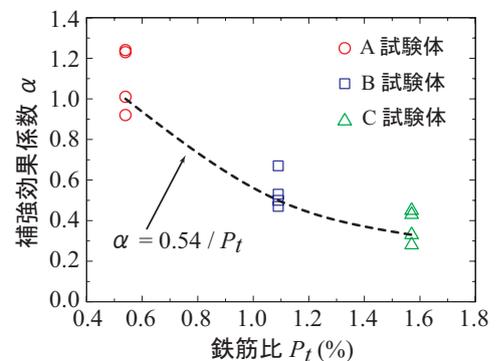


図-4 補強効果係数  $\alpha$  と鉄筋比  $P_f$  の関係