

## V-264

## FRP棒材を緊張材に用いたコンクリートはりのせん断耐力について

鉄道総合技術研究所 正会員 寺田年夫

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

せん断補強を有しない鉄筋コンクリートはりおよびプレストレストコンクリートはりのせん断耐力の評価については従来より数多くの研究が行われているが、これらは鋼材を用いたはりの実験結果を基にしたものである。近年、塩害対策等で注目されている繊維強化プラスチック（以下、FRP）棒材のように弾性係数の小さい材料を緊張材に用いたコンクリートはり（以下、はり）のせん断耐力の評価についての研究は数少なく十分に明らかになってはいない。

本報告は、緊張材にFRP棒材を用いたはりの載荷実験を行った結果から、緊張材にFRP棒材を用いたはりのせん断耐力の評価を、既往の鋼材を用いたはりのせん断耐力算定式を用いてその適用性の検討を行うものである。

## 2. 実験概要

実験に使用した供試体の形状および載荷方法を図-1に示す。供試体は全部で9体とし、それぞれ緊張材の種類とプレストレスの大きさを変えている。緊張材はPC鋼材、炭素繊維を用いたFRP棒材（以下、CFRP）

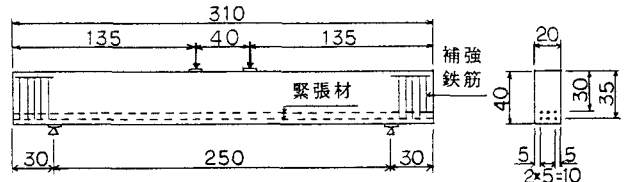


図-1 供試体形状および載荷方法（単位：cm）

およびアラミド繊維を用いたFRP棒材（以下、AFRP）の3種類である。表-1に緊張材の強度特性を示す。プレストレス力は0, 14tf, 21tfとした。使用したコンクリートは、目標強度を400kgf/cm<sup>2</sup>とし、セメントは早強ポルトランドセメント、粗骨材の最大寸法は13mmとした。載荷方法は2点对称の集中荷重とし、静的一方向載荷とした。

表-1 緊張材の強度特性

| 緊張材  | 繊維含有率 (%) | 断面積 mm <sup>2</sup> | 引張強度 kgf/mm <sup>2</sup> | 破断ひずみ (%) | 弾性係数 ×10 <sup>3</sup> kgf/mm <sup>2</sup> |
|------|-----------|---------------------|--------------------------|-----------|-------------------------------------------|
| PC鋼材 | —         | 93.9                | 185                      | 7.4※      | 19.6                                      |
| CFRP | 65.0      | 76.0                | 211                      | 1.5       | 14.0                                      |
| AFRP | 63.0      | 92.6                | 143                      | 2.3       | 6.3                                       |

注1) 表中のPC鋼材はJIS G 3536に規定されているPC鋼より線径SWPRTA 12.4mm、CFRPはPAN系炭素繊維強化材の線条体をより線としたFRP棒材、AFRPはアラミド繊維を粗粒状にした表面に粒砂を接合したFRP棒材

注2) 表中の※印の値は降伏ひずみを示す

## 3. 実験結果および考察

## 3.1 破壊性状

(1) 最大荷重 各供試体の載荷時のコンクリートの圧縮強度 $f'_c$ と最大荷重 $P_{test}$ を表-2に示す。また、耐力の比較を容易にするために最大荷重はコンクリートの圧縮強度 $f'_c$ の3乗根に比例するとし、 $f'_c = 450 \text{ kgf/cm}^2$ に換算した値を $P_{test}'$ として載せてある。

(2) ひびわれ性状 全供試体とも破壊はせん断破壊し、ひびわれの発生状況はほぼ同じであった。破壊に支配的となったひびわれは、載荷点より支点側に発生した曲げひびわれから斜めひびわれに進展したひびわれである。また、ひびわれの分散性は緊張材の種類による違いは認められなかった。

## (3) せん断耐力に及ぼす緊張材の弾性係数の影響

せん断耐力と緊張材の弾性係数との関係を示したのが図-2である。比較を行った供試体は緊張材の断面積が

表-2 供試体一覧および実験結果

| No. | 名称  | コンクリート圧縮強度 $f'_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 有効プレストレス力 $P_s$ (tf) | 実験値             |                  | 計算値 $P_{cal}$ (tf) | $\frac{P_{test}}{P_{cal}}$ |
|-----|-----|------------------------------------------|----------------------|-----------------|------------------|--------------------|----------------------------|
|     |     |                                          |                      | $P_{test}$ (tf) | $P_{test}'$ (tf) |                    |                            |
| 1   | S 0 | 456                                      | —                    | 15.0            | 14.9             | 14.5               | 1.035                      |
| 2   | S 1 | 535                                      | 12.9                 | 27.0            | 25.5             | 24.7               | 1.094                      |
| 3   | S 2 | 535                                      | 18.7                 | 32.0            | 30.2             | 28.9               | 1.106                      |
| 4   | C 0 | 454                                      | —                    | 12.5            | 12.5             | 11.8               | 1.055                      |
| 5   | C 1 | 443                                      | 12.8                 | 22.3            | 22.4             | 21.1               | 1.057                      |
| 6   | C 2 | 468                                      | 17.7                 | 30.0            | 29.6             | 24.9               | 1.205                      |
| 7   | A 0 | 508                                      | —                    | 11.7            | 11.2             | 10.1               | 1.189                      |
| 8   | A 1 | 508                                      | 13.4                 | 23.0            | 22.0             | 19.7               | 1.158                      |
| 9   | A 2 | 512                                      | 20.3                 | 25.0            | 23.9             | 24.9               | 1.003                      |

注) 供試体名称の記号の説明

アルファベットは緊張材の種類を表し、SはPC鋼材、CはCFRP、AはAFRPを示す。数字は緊張力を表し、0は無し、1は緊張力14tf、2は緊張力21tfを示す。

ほぼ等しいPC鋼材とAFRPを用いた供試体において行っている。これより、緊張材の弾性係数が小さいAFRPを用いた場合にせん断耐力が小さくなっていることが認められる。

（4）せん断耐力に及ぼすプレストレス力の影響   せん断耐力とプレストレス力との関係を示したのが図-3である。これより、緊張材にFRP棒材を用いた場合でもPC鋼材を用いた場合と同様にプレストレス力が大きければせん断耐力が大きくなることが認められる。

### 3. 2   せん断耐力の算定手法

3. 1により、緊張材にFRP棒材を用いたはりのせん断耐力はPC鋼材を用いた場合よりも低下すること等が認められたので、既往のせん断耐力式を適用する場合に補正を要することは明かである。

せん断耐力の算定に用いる基本式は、(1)式<sup>1)</sup>を用いることとし、緊張材の弾性係数の影響は辻らが示している方法<sup>2)</sup>による(2)式、プレストレス力の効果は(3)式<sup>3)</sup>によることとした。

$$V_o = 0.94(0.75 + 1.4d/a)f'_c\beta_p\beta_d b d \quad (1), \quad A_s = A_f E_f / E_s \quad (2),$$

$$V_p = 2M_o/a \quad (3)$$

$$\text{ただし, } \beta_p = (100 p_w)^{1/3}, \quad \beta_d = (100/d)^{1/4}$$

ここで、 $V_o$ :コンクリートが負担するせん断耐力、 $V_p$ :プレストレスの効果、 $f'_c$ :コンクリートの圧縮強度、 $a$ :せん断スパン、 $d$ :有効高さ(cm)、 $p_w$ :引張鋼材比( $A_s/bd$ )、 $b$ :腹部の幅、 $A_s$ :引張鋼材の断面積、 $A_f$ :引張FRP棒材の断面積、 $E_s$ :鋼材の弾性係数、 $E_f$ :FRP棒材の弾性係数、 $M_o$ :デコンプレッションモーメント

以上により算出したせん断耐力の計算値 $P_{cal}$ ( $=2V_o+2V_p$ )を表-2に示す。

### 3. 3   せん断耐力の実験値 $P_{test}$ と計算値 $P_{cal}$ との比較

せん断耐力の実験値 $P_{test}$ と計算値 $P_{cal}$ との比 $P_{test}/P_{cal}$ を表-2に示す。これより、供試体9体の $P_{test}/P_{cal}$ の値の平均値は1.10となった。図-4に全供試体の $P_{test}/P_{cal}$ と緊張材の弾性係数との関係を示し、図-5に全供試体の $P_{test}/P_{cal}$ とプレストレス力との関係を示す。これより、図-4、5からは特に傾向が認められない。以上により、はりの緊張材にFRP棒材を用いた場合のせん断耐力は本実験の範囲内においては3. 2に示した手法によりほぼ算出できると思われる。

### 4.   まとめ

本実験結果から、緊張材にFRP棒材を用いたコンクリートはりのせん断耐力は、既往のせん断耐力算定式を用いて3. 2に示した手法によりほぼ評価できると思われる結果が得られた。

参考文献 1) 二羽・山田・横沢・岡村: 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 1986. 8

2) 辻・斎藤・関島・小川: 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, JCI年講論文集 10-3 1988

3) 佐藤・山住・渡邊: プレストレストコンクリートはりのせん断強度, 鉄道総研報告 Vol.2 No.8 1988. 8

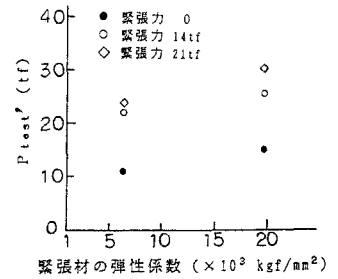


図-2   せん断耐力と緊張材の弾性係数との関係

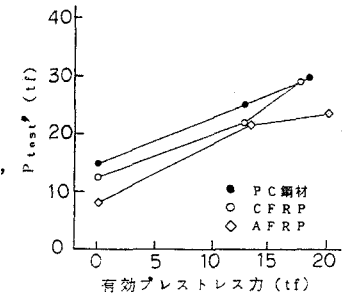


図-3   せん断耐力と有効プレストレス力との関係

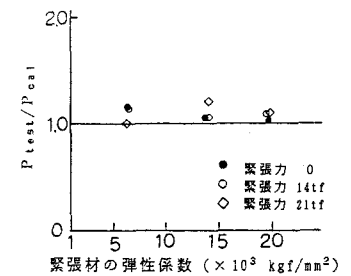


図-4    $P_{test}/P_{cal}$ と緊張材の弾性係数との関係

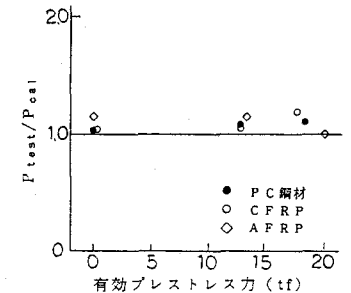


図-5    $P_{test}/P_{cal}$ と有効プレストレス力との関係