

## 小断面部材における鋼繊維補強鉄筋コンクリートのせん断補強効果

JR 東日本 正会員 ○高山 真揮 正会員 本田 諭  
株式会社ホクコン 非会員 白崎 能生 非会員 宇山 真幸

## 1. はじめに

一般に、JIS 規格のプレキャストボックス（以下、Pca-box とする.）は、あらかじめ定められた設計条件下で部材寸法および配筋が規格化されており、せん断補強筋は不要とされている。

一方、鉄道構造物等設計標準・同解説<sup>1)</sup>（以下、鉄道標準とする.）により設計される Pca-box は、急激な破壊に至るのを防ぐために、照査の結果せん断補強筋が不要とされる場合でも、これを配置することとなっている。その為、部材厚は JIS 規格品よりも厚くなり、Pca-box 製作時に使用する鋼製型枠は新規に製作することとなる為、製品価格上昇の一因となっている。

そこで、JIS 規格の Pca-box 製作時に使用される鋼製型枠を、鉄道標準により設計される Pca-box 製作時に使用することを検討した。その際、JIS 規格で定められている Pca-box の部材厚は 130mm～310mm と比較的小断面であり、せん断補強筋の配置が困難である。その為、せん断補強筋の代わりに鋼繊維によるせん断耐力の補強に着目した。しかし、小断面部材での鋼繊維によるせん断耐力の補強効果に関する知見が少ない為、梁部材の静的載荷試験を実施し、せん断補強効果について確認した。

## 2. 試験概要

表 1 に試験ケースと示方配合を示す。鋼繊維の配合率は、鋼繊維補強鉄筋コンクリート柱部材の設計指針（案）<sup>2)</sup>（以下、指針（案）とする.）の適用範囲である 1.0%と 1.5%、水セメント比(W/C)は 45%（目標 $f'_{ck}=35\text{N/mm}^2$ ）及び 35%（目標 $f'_{ck}=60\text{N/mm}^2$ ）の 4 ケースとした。使用した鋼繊維は、端部がフック加工されており、繊維長 30mm、直径 0.55mm である。

図 1 に試験体概要を示す。せん断スパン(a)が 250mm、部材厚(t)が 140mm、有効高さ(d)が 90mm である。部材厚は、JIS 規格における呼び寸法 1500×1500 の側壁厚から定めた。せん断スパン比(a/d)は 2.8 となる。試験体の断面下部には、引張鋼材として異形 PC 鋼棒を 2 本配置した。また、試験区間を左側に限定して斜めひび割れを誘引する目的で、片側のせん断スパン及び支点外側にはせん断補強筋を 50mm の間隔で配置した。

載荷中、支間中央及び支点部に変位計を設置し、たわみを計測した。また、試験体の圧縮縁、支間中央部の引張鋼材にゲージを貼付し、ひずみを計測した。

## 3. 試験結果

表 2 に載荷試験結果( $V_{exp}$ )を示す。また、別途実施した圧縮強度試験結果( $f'_c$ )と、その結果を反映した係数( $f_{wcd}$ )も合わせて示す。鋼繊維補強鉄筋コンクリート棒部材のせん断耐力の算出値( $V_{cal}$ )、せん断補強鉄筋を用いない棒部材の設計せん断耐力の算出値( $V_c$ )、鋼繊維のせん断補強効果を表す指標( $\kappa_{exp}$ )は、指針（案）、鉄道標準、渡辺らの研究<sup>3)</sup>より、式(1)～(3)とした。

表 1 試験ケースと示方配合

case	W/C (%)	SF (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						
			水	セメント	混和材	鋼繊維	細骨材	粗骨材	混和剤
case1	45	1.0	173	385	145	79	726	896	3.98
case2	45	1.5	173	385	145	118	720	888	4.24
case3	35	1.0	175	500	50	79	757	859	4.40
case4	35	1.5	175	500	50	118	752	852	4.95

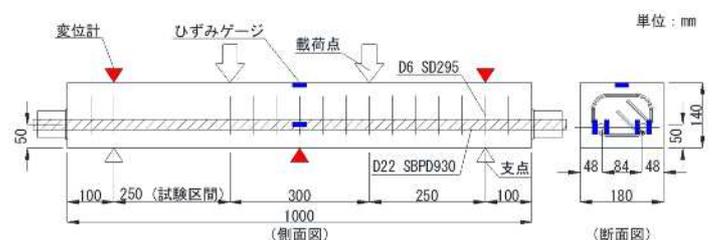


図 1 試験体概要

表2 荷重試験結果

試験体	諸元				圧縮強度試験結果		荷重試験結果		算出値				
	W/C(%)	SF(%)	a/d	$\beta_d$	$\beta_p$	$f'_c(N/mm^2)$	$f_{vcd}$	$V_{exp}(kN)$	破壊形態	$V_{cal}(kN)$	$V_c(kN)$	$\kappa_{exp}$	$V_{exp}/V_{cal}$
case1	45	1.0	2.8	1.826	1.684	43.7	0.704	93.5	曲げ圧縮	88.1	44.1	1.12	1.06
case2		1.5				47.5	0.724	98.2	曲げ圧縮	90.6	45.3	1.17	1.08
case3	35	1.0				59.5	0.781	111.6	曲げ圧縮	97.7	48.9	1.28	1.14
case4		1.5				62.8	0.795	114.4	曲げ圧縮	99.5	49.7	1.30	1.15

$$V_{cal} = (1 + \kappa)V_c + V_s \quad \text{式(1)}$$

$$V_c = 0.20(0.75 + 1.4d/a) \cdot \sqrt[3]{f'_c} \cdot \beta_d \cdot \beta_p \cdot b_w \cdot d \quad \text{式(2)}$$

$$\kappa_{exp} = (V_{exp} - V_c - V_s)/V_c \quad \text{式(3)}$$

ここに、 $\kappa$ :鋼繊維によるせん断強度の増加を考慮する係数(指針(案)で $\kappa = 1.0$ )である。式(2)においては、 $\beta_d$ 及び $\beta_p$ に上限値1.5、 $f_{vcd}$ に上限値0.72を設けるが、今回は実験値と比較する為、 $V_c$ にこれらの上限値を用いていない。鋼繊維を混入した試験体のせん断耐力は、 $V_{cal}$ に対する $V_{exp}$ は1.0以上となり、実験値は算出値を上回った。また、 $\kappa_{exp}$ も1.12~1.30となり、 $\kappa = 1.0$ を上回った。

図2に試験体の荷重終了時のひび割れ性状を示す。図中の太線は終局に至ったひび割れを示す。いずれの試験体も、荷重開始後に、荷重点間に曲げひび割れが発生した。その後、荷重点と支持点を結ぶ斜めひび割れが発生したものの、最終的にせん断破壊せず、圧縮縁のコンクリートが圧縮破壊する結果となった。

図3に荷重-たわみ関係を示す。いずれのcaseもたわみ量が6mm程度となった時点で曲げ圧縮破壊に至り、急激に荷重が低下した。case1,2とcase3,4で生じた荷重のピーク値の差は、コンクリートの圧縮強度の差によって生じたと考えられる。

図4にcase4における荷重-ひずみ関係を示す。引張鋼材のひずみが降伏ひずみ( $\epsilon_y = 5090\mu$ )に達する前に、圧縮縁コンクリートのひずみが終局圧縮ひずみ( $\epsilon'_{cu} = 3200\mu$ )に達し、試験体が曲げ圧縮破壊に至ったと考えられる。

本試験では、発生したひび割れの開口幅が進展する前に、圧縮破壊に至ったと推定される為、実際の鋼繊維によるせん断耐力の補強効果は、さらに大きいと考えられる。

4. まとめ

- ・有効高さ  $d=90mm$  の小断面部材において、鋼繊維補強鉄筋コンクリートのせん断補強効果について試験を実施し、いずれのcaseにおいても $\kappa_{exp}$ が1.0以上となることを確認した。
- ・いずれの試験体も曲げ圧縮破壊となった為、実際の鋼繊維によるせん断耐力の補強効果は、今回確認した値よりも大きいと考えられる。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説－コンクリート構造物，2004.4
- 2) 土木学会：鋼繊維補強コンクリート柱部材の設計指針(案)，1999.11
- 3) 渡辺ら：鋼繊維とせん断補強鉄筋の併用によるRC棒部材のせん断補強効果，土木学会論文集E，Vol.65 No.3,322-331,2009.7

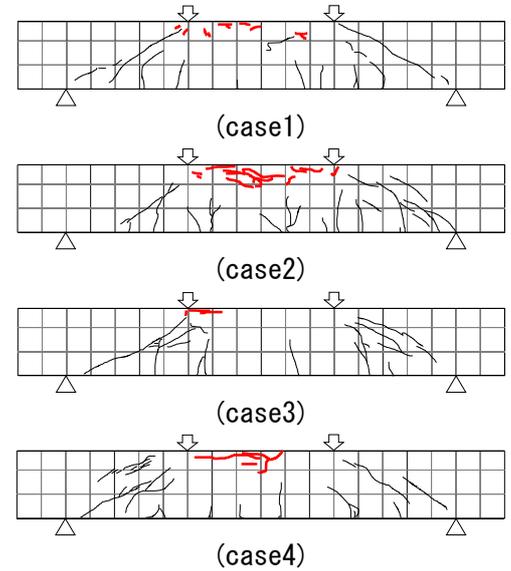


図2 はりのひびわれ性状

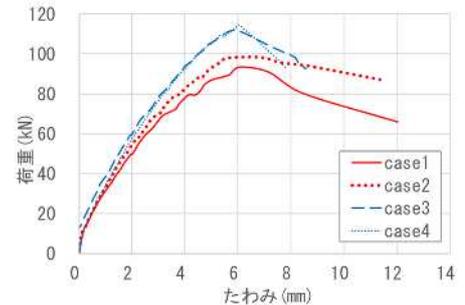


図3 荷重-たわみ図

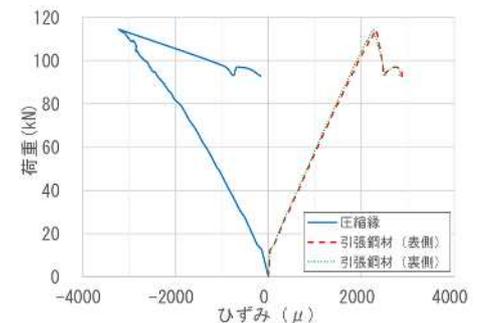


図4 荷重-ひずみ図 (case4)