

PCF壁高欄工法



① 瀧上工業株式会社

② 東海コンクリート工業株式会社

PRECAST CONCRETE FORM

CONTENTS

PCF壁高欄工法の特徴	2
PCF壁高欄工法の適用例	3
現場工程	4
PCF版の製品紹介	5
PCF壁高欄の設計計算例	7
壁高欄比較表	9
性能確認試験結果	
●施工試験	10
●材料試験	10
●PCF版の曲げ試験	11
●アンカー引き抜き試験	11
●付着試験	12
●静的載荷試験	12
●衝撃性能試験	13
PCF版の応用例	14

PCF壁高欄工法の特徴

■開発の経緯

近年、公共事業において、工期短縮をはじめとして、工事の安全性の向上、構造物の品質向上、環境負荷の軽減など様々な課題を解決することが求められています。特に市街地における養梁工事では、工期短縮による交通規制・交通渋滞の最小化、高架下の安全性の確保、ライフサイクルコストの縮減、生活環境への配慮などが重要課題となります。そこで、橋梁工事の壁高欄施工において、これらの課題を解決できる、PCF壁高欄工法を開発しました。

■PCF壁高欄工法の概要

PCF壁高欄工法は、あらかじめ工場にて製作したPCF版(Precast Concrete Form)を型枠として壁高欄の外側に設置し、場所打ちコンクリートを打設して壁高欄を形成する壁高欄工法です。

本工法は壁高欄外側の足場や防護を省略できることから、幹線道路上の高架橋や鉄道上の跨梁橋のように、足場や防護の設置に制約がある工事において特に有効となります。また、重交通上での高所作業が大層に省略できるため、安全性の向上や工期短縮などの面でメリットがあります。



■PCF壁高欄工法のメリット

安全性

- 張り出し足場上での作業の省略
- 高架下の交通の安全性確保

工期短縮

- 壁高欄外側の型枠・支保工の省略
- 壁高欄外側の足場・防護の省略

品質向上

- 車両衝突時のコンクリート飛散抵抗性の向上
- 壁高欄の中性化、塩害などに対する耐久性の向上

環境負荷の軽減

- 木製型枠・足場等の軽減
- 工期短縮による周辺環境への負荷軽減

PCF壁高欄工法の適用例

1. 跨線橋や高速道路上の橋梁など足場・防護工の設置が困難な場合に有効です。また、足場・防護工の省略により、交通規制の低減や安全性の向上を図ることができます。



高架下の交通を確保したままに施工した例

2. 鋼床版、コンクリート床版、合成床版、PC床版など様々な床版形式に適用できます。



鋼床版に施工した例



PC床版に施工した例

3. 桁の送り出し工法などで工期を短縮したい場合に、PCF版を先付け施工することができます。



PCF版を先付けして送り出し架設した例

4. 路面線形が比較的ゆるい由線橋 (R=300m程度以上) であれば、PCF版の直線折れが目立たないため使用できます。



田原橋に施工した例



PCF版の設置



目地部シール



鉄筋組立



内側型枠組立



コンクリート打設



施工完了

PCF壁高欄の設計計算例

1. 概要

壁厚250mmの壁高欄に対し、ここではPCF板が30mm厚、場所打ちコンクリートが220mm厚として設計を行なう。また、PCF板は型枠材として扱い、壁高欄の有効断面には算入しないことにする。

2. 設計条件

〈壁高欄〉

全厚 $d_c = 250\text{mm}$
 路面からの高さ $h = 1000\text{mm}$
 圧縮強度 $\sigma_{ck} = 24\text{N/mm}^2$
 主鉄筋 C16 (SD235A)

〈PCF板 (VFRCタイプ)〉

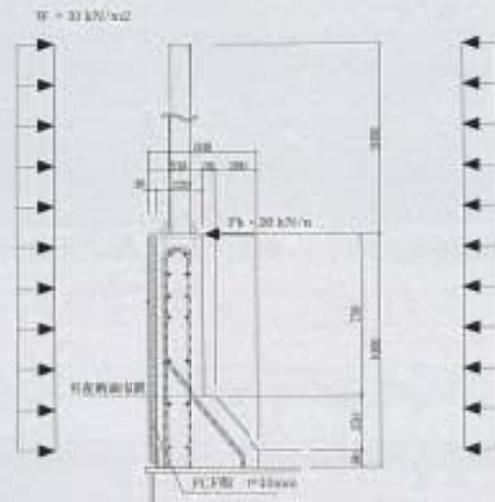
厚さ $t = 30$
 圧縮強度 $\sigma_{ck} = 50\text{N/mm}^2$

〈遮音壁〉

壁高欄天端からの高さ $H = 2030\text{mm}$

3. 設計荷重

高欄推力 (衝突時) $Ph = 20\text{kN/m}$ 風荷重 $W = 3.0\text{kN/m}^2$



4. 断面力

(1) 風荷重による曲げモーメント M_w

$$\begin{aligned} M_w &= W \cdot h^2 / (2a) \\ &= 3.0 \times 2.750^2 / (2 \times 1.2) \\ &= 9.453 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

ここに、 W : 風荷重 3.0kN/m^2
 h : 風荷重の載荷高さ 2.750m
 a : 許容応力の増増し係数 1.2

(2) 高欄推力による曲げモーメント M_h

$$\begin{aligned} M_h &= Ph \cdot L / a \\ &= 20.0 \times 0.750 / 1.5 \\ &= 10.000 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

ここに、 Ph : 衝突荷重 20.0kN
 h : Ph の作用位置から断面両端位置までの高さ 0.750m
 a : 許容応力の増増し係数 1.5

以上、 $M_w < M_h$ より、高欄推力 $M_h = 10\text{kN} \cdot \text{m}$ により断面照査を行なう。

5. 断面計算

複鉄筋矩形断面として応力度の算出を行う。ここでは、在来型のRC壁高欄との応力度を比較する。

〈コンクリートの圧縮線より中立軸までの距離〉

$$x = n \cdot (A_s + A_s') / b + \sqrt{[n \cdot (A_s + A_s') / b]^2 + 2 \cdot n / b \cdot (d \cdot A_s + d' \cdot A_s')}$$

〈鉄筋の断面係数〉

$$k_s = 1 \cdot n \cdot x / (d - x) \cdot K_c$$

ここに、 A_s : 引張側の鉄筋断面積
 A_s' : 圧縮側の鉄筋断面積
 n : 鉄筋とコンクリートのヤング係数比 ($n=15$)
 d : コンクリートの圧縮線より引張鉄筋中心までの距離
 d' : コンクリートの圧縮線より圧縮鉄筋中心までの距離

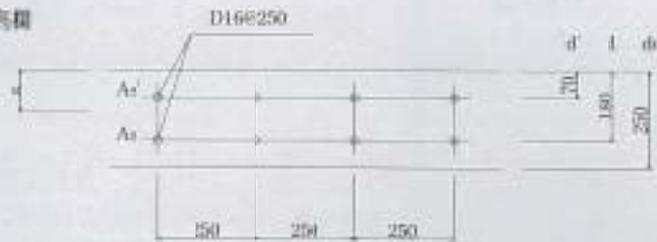
〈コンクリートの断面係数〉

$$K_c = b \cdot x / 2 \cdot (d - x / 3) + n \cdot A_s' \cdot (x - d') / x \cdot (d - d')$$

〈コンクリート及び鉄筋の応力度〉

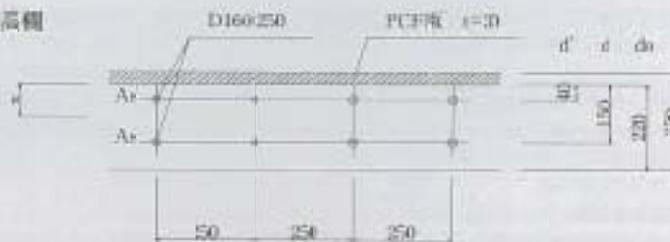
$$\sigma_c = M / K_c, \quad \sigma_s = M / K_s$$

1) RC壁高欄



作用曲げモーメント $M = 10000\text{N}\cdot\text{m}$
 使用鉄筋径 $\text{D16} = 1.986\text{cm}^2$
 鉄筋量 $A_s = 7.944\text{cm}^2, A_{s'} = 7.944\text{cm}^2$
 中立軸 $x = 5.695\text{cm}$
 断面係数 $K_c = 4284.7\text{cm}^3, K_s = 1322\text{cm}^3$
 コンクリートの応力度 $\sigma_c = 2.3\text{N/mm}^2 < \sigma_{ca} = 8\text{N/mm}^2$
 鉄筋の応力度 $\sigma_s = 75.6\text{N/mm}^2 < \sigma_{sa} = 180\text{N/mm}^2$

12) PCF壁高欄



作用曲げモーメント $M = 10000\text{N}\cdot\text{m}$
 使用鉄筋径 $\text{D16} = 1.986\text{cm}^2$
 鉄筋量 $A_s = 7.944\text{cm}^2, A_{s'} = 7.944\text{cm}^2$
 中立軸 $x = 4.755\text{cm}$
 断面係数 $K_c = 3337.9\text{cm}^3, K_s = 1052\text{cm}^3$
 コンクリートの応力度 $\sigma_c = 2.9\text{N/mm}^2 < \sigma_{ca} = 8\text{N/mm}^2$
 鉄筋の応力度 $\sigma_s = 95.1\text{N/mm}^2 < \sigma_{sa} = 180\text{N/mm}^2$

6. 検討結果

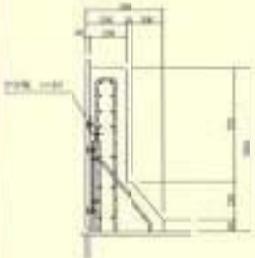
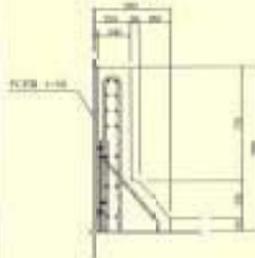
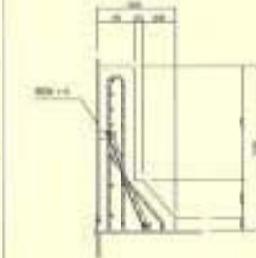
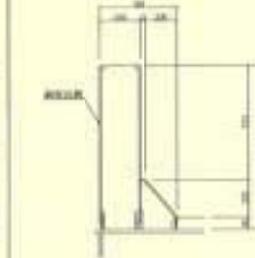
RC壁高欄とPCF壁高欄の応力度 (N/mm²)

		RC壁高欄	PCF壁高欄
主鉄筋	σ_c	2.3	2.9
	σ_{ca}	8	8
D16×250 (S3295A)	判定	OK	OK
	σ_s	75.6	95.1
	σ_{sa}	180	180
	判定	OK	OK

7. 留意事項

- 壁高欄の標準形状、標準配筋、作用荷重などは発注機関により異なります。
- PCF版を有効断面に算入して設計することも可能ですが、発注機関との協議が必要です。
- 壁高欄天端に取り付く遊音壁や照壁柱のアンカーは標準形状で対応できない場合があります。

壁高欄比較表

	PCF壁高欄 (VFRCタイプ)	PCF壁高欄 (トラス鉄筋タイプ)	鋼製型枠壁高欄	鋼製壁高欄
断面図				
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ①PCF版(プレキャストVFRC厚t=30mm)を外側の型枠として使用。 ②PCF版表面の凸凹(デフォーム加工)により場所打ち部と一体化する。PCF版を構造部材とすることも可能。 ③車両衝突時にPCF版が場所打ちコンクリートの飛散を防止する。 ④割断アンカー等加工が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ①PCF版:プレキャストRC厚t=50mm)を外側の型枠として使用。 ②PCF版トラス鉄筋を埋め込むことにより場所打ち部と一体化する。PCF版を構造部材とすることも可能。 ③車両衝突時にPCF版が場所打ちコンクリートの飛散を防止する。 	<ul style="list-style-type: none"> ①鋼製鋼板(≒6mm)を外側に遮断型枠として使用。 ②車両衝突時に鋼製型枠が場所打ちコンクリートの飛散を防止する。 	<ul style="list-style-type: none"> ①壁高欄部材の全てが鋼製である。 ②全て部材材であるので、コンクリート打設作業が不変で、車両衝突時の飛散も無い。
施工法	<ul style="list-style-type: none"> ①工場にて鋼床版にPCF版取り付け金具を取り付ける。 ②PCF版を取り付け金具にセットする。 ③配筋の後、内側型枠(木型枠)を組み立てる。 ④場所打ちコンクリートを打設する。 ⑤内側型枠を撤去する。 	<ul style="list-style-type: none"> ①工場にて鋼床版にPCF版取り付け金具を取り付ける。 ②PCF版を取り付け金具にセットする。 ③配筋の後、内側型枠(木型枠)を組み立てる。 ④場所打ちコンクリートを打設する。 ⑤内側型枠を撤去する。 	<ul style="list-style-type: none"> ①工場にて鋼床版に鋼製型枠取り付け金具を取り付ける。 ②鋼製型枠を取り付け金具にセットする。 ③配筋の後、内側型枠(木型枠)を組み立てる。 ④場所打ちコンクリートを打設する。 ⑤内側型枠を撤去する。 	<ul style="list-style-type: none"> ①工場にて鋼床版に鋼製高欄取り付け金具を取り付ける。 ②桁架設置後に鋼製高欄を取り付け金具にセットする。
鉄筋の配筋	標準配筋と同様とする。	PCF版との干渉を避けるため、主鉄筋間隔が標準配筋より狭くなる(110mm→90mm)。	標準配筋と同様とする。	—
維持管理	特に必要なし。	特に必要なし。	鋼製型枠外面の防錆処理(再塗装)が必要。	鋼製高欄外面全体の防錆処理(再塗装)が必要。
完成時重量	0.98	1.00	0.98	0.40
工期	1.00	1.00	1.10	0.70
工費	0.95	1.00	1.15	25

注1 工期の比較は、幅員19m、橋高200mの3径鋼管鋼床版架設橋を想定しています。壁高欄長さ400m

施工試験

施工試験により、PCF版の設置作業性、コンクリート打設の作業性を確認しています。

1. PCF版の吊込作業

- ①ハンドリング時にひび割れが発生しないことを確認。
- ②専用吊り治具を使用することによる作業性の確認。

2. PCF版の取付作業

- ①あらかじめ床版に設置された取り付け金具へのPCF版の取付け施工性の確認。
- ②調整金具による水平・垂直位置の調整機能の確認。
- ③全ての作業が床版上から実施可能なことの確認。

3. コンクリート打設

- ①場所打ちコンクリート打設時に目地部からノロ漏れが無いことを確認。
- ②場所打ちコンクリート打設時にPCF版にひび割れ・有害変形などが生じないことを確認。

■吊込作業



■取付作業



■コンクリート打設



材料試験

材料試験により、VFRCの材料特性を確認しています。VFRCは、引張強度・引張靱性に優れた材料です。

■試験装置



圧縮試験



曲げ試験

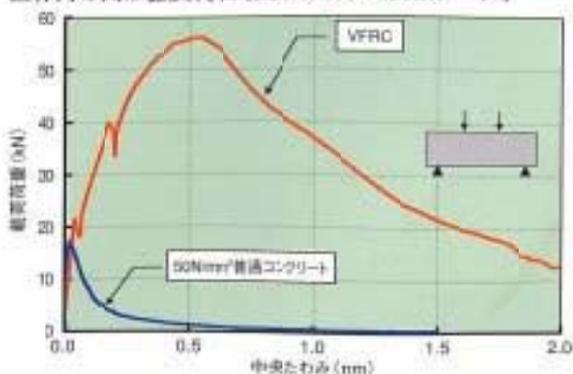
■ビニロン繊維



■試験結果

	圧縮強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)
測定値	96.4	16.8
設計基準強度	50.0	12.8

■材料の曲げ強度特性 (曲げタフネス試験データ)



性能確認試験結果

PCF版の曲げ試験

PCF版の曲げ試験を実施し、PCF版の曲げ耐力を確認しています。PCF版に生じる架設時の応力度はFEMにより算出しています。

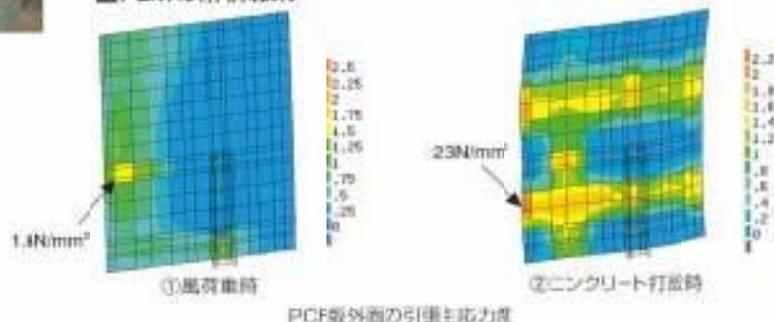
■試験装置



■試験結果

曲げ方向	曲げ応力度 (N/mm ²)	
	測定値	曲げ設計基準強度
直曲げ	16.4	120
斜曲げ	17.3	120

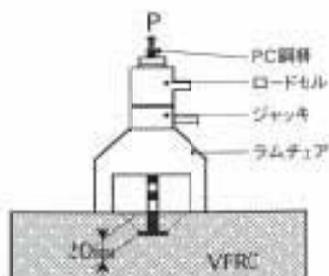
■FEMの解析結果



アンカー引き抜き試験

PCF版に埋め込まれたインサート（セパレータ用およびPCF版取付用）の引き抜き試験を実施し、架設時に生じる引き抜き力に対して安全であることを確認しています。

■試験装置



■破壊状況



■試験結果

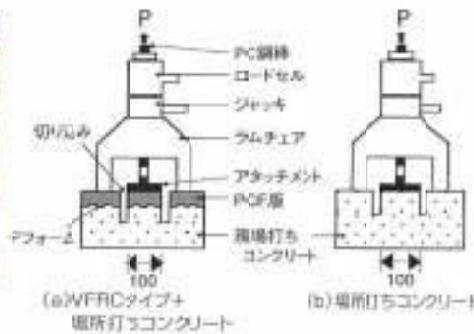
	測定値 (kN)	架設時作用力 (kN)
取付用インサート	21.9	2.21
セパレータ用インサート	20.7	3.98

※架設時作用力は、荷重時とコンクリート打設時を想定したFEMより算出。

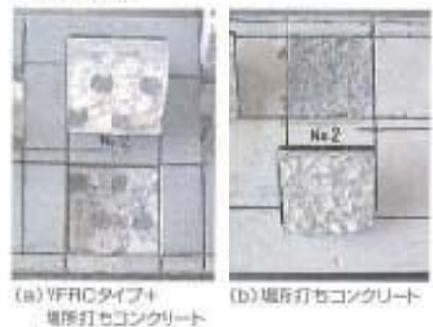
付着試験

PCF版を鉛直方向に引張り、PCF版と場所打ちコンクリートの付着強度を確認しています。場所打ちコンクリートのみの水準と比べて、破壊形状、付着強度ともに同等です。

■試験装置



■破壊状況



■試験結果

	測定値 (N/mm ²)
PCF版+場所打ちコンクリート	1.67
場所打ちコンクリート	1.85

静的載荷試験

PCF壁高欄の静的載荷試験を行ない、供用時の安全性を確認しています。PCF壁高欄の終局耐力は在来型のRC壁高欄を上回り、終局状態においてもPCF版がはく離して落下することはありません。

■試験装置



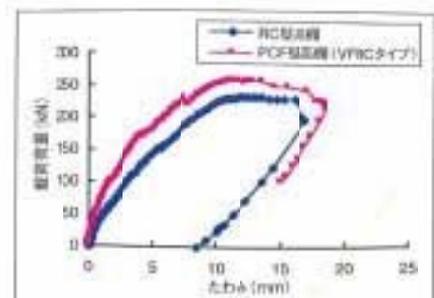
■破壊状況



■試験結果

		終局出げモーメント Mu (kN·m)	最大変位時の設計モーメント Md (kN·m)	安全率 Mu/Md
RC壁高欄	①	105.0	18.86	5.6
	②	105.4		5.6
PCF壁高欄 (VFRCタイプ)	①	12.6		6.0
	②	16.9		6.2

■荷重—変位曲線



性能確認試験結果

衝撃性能試験

壁高欄への車両衝突を想定した衝撃荷重試験を行い、PCF壁高欄のコンクリート飛散抵抗性能を確認しています。従来のRC壁高欄に比べて、PCF壁高欄はコンクリートの飛散抑制に効果があります。

■試験装置



装置外観



試験体固状状況

■破壊状況



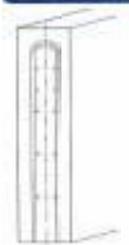
場所打ち壁高欄



PCF壁高欄



場所打ち壁高欄



PCF壁高欄



従来型補強PCF壁高欄



ビニロン繊維

長繊維補強PCF壁高欄



アラミ繊維メッシュ

■コンクリート片飛散防止効果

同一の試験条件による飛散コンクリートの総重量・最大重量を示す。



PCF版を床版下面の埋設型枠として利用した例を紹介します。

トラス鉄筋タイプ



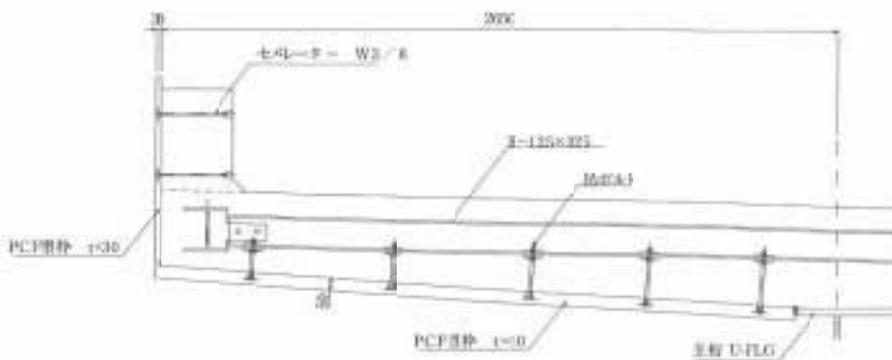
開断面給排水の上フランジ部に設置した例



床版突出し部に設置した例

VFRCタイプ

VFRCタイプについても、床版下面の埋設型枠として利用可能です。



PRECAST CONCRETE FORM

① 瀧上工業株式会社

東京本社	〒104-0043	東京都中央区湊1-9-9	TEL (03) 3552-6681#0
名古屋本社	〒454-3517	名古屋市中川区清川町2-1	TEL (052) 351-2211#0
大阪支店	〒550-0014	大阪市西区北堀江2-10-19	TEL (06) 6532-5355#0
札幌営業所	〒064-0808	札幌市中央区南八条西20-1-10	TEL (011) 561-5482
仙台営業所	〒980-0811	仙台市青葉区一番町2-7-5 (飯田ビル)	TEL (022) 267-3791
静岡営業所	〒420-0858	静岡市葵区佐馬町11-6	TEL (054) 252-1807
岐阜営業所	〒502-0845	岐阜市早田町3-7	TEL (058) 295-3070
和歌山営業所	〒640-3044	和歌山市板屋町21	TEL (073) 402-2740
広島営業所	〒730-0013	広島市中区八丁堀6-11 (グレースビル)	TEL (082) 227-6532
福岡営業所	〒810-0062	福岡市中央区荒戸1-11-6	TEL (092) 741-1253
沖縄営業所	〒900-0013	那覇市牧志2-13-15	TEL (098) 867-5026
半田工場	〒475-0826	愛知県半田市神保町1-1	TEL (0569) 21-4111#0
半田第二工場	〒475-0033	愛知県半田市日津町2-1	

●お問い合わせ窓口：技術設計グループ開発チーム TEL (052) 351-2269

② 東海コンクリート工業株式会社

本社	〒511-0274	三重県いなべ市大安町大井田2250	TEL (0594) 77-0511#0
三重工場	〒511-0274	三重県いなべ市大安町大井田2250	TEL (0594) 77-1511#0
販売推進本部	〒451-0041	名古屋市西区橋下1-10-2B	TEL (052) 587-2320#0

●お問い合わせ窓口：第三営業部 TEL (052) 587-2320