

PRECAST CONCRETE FORM

PCF 壁高欄工法

ビニロン繊維補強セメント複合材料(VFRC)を
埋設型枠に用いた場所打ち壁高欄工法



鋼橋工事例



PC 橋工事例



瀧上工業株式会社



東海コンクリート工業株式会社

CONTENTS

- 1 PCF壁高欄工法とは
- 2 技術の特色
- 3 従来工法との比較
- 4 PCF壁高欄工法の適用範囲
- 5 製品の性能・形状
- 6 施工順序
- 7 完成外観
- 8 PCF版の製品紹介
- 9 実績施工写真
- 10 性能確認試験結果

■ はじめに

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、構造物の品質向上、環境負荷の低減など様々な課題の解決が求められています。特に市街地における橋梁工事では、工期短縮による交通規制・交通渋滞の緩和、高架橋下の通行安全性の確保、ライフサイクルコストの低減や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、これらの課題に対処すべくPCF壁高欄工法を開発しました。橋面内側から安全に施工ができ、鋼製型枠に代わる製品として国土交通省の新技術情報提供システム(NETIS)の平成23年度少実績優良技術にも選定されました。

■ PCF壁高欄工法の概要

本技術は、ビニロン繊維補強セメント複合材料による高靱性のプレキャストコンクリート型枠を適用しており、耐塩害、凍結融解、中性化に対し高性能化を図り、また、ライフサイクルコストの低減を可能にした壁高欄用の埋設型枠です。

橋梁上における橋面内側からの施工が可能であり、壁高欄の外側に埋設型枠としてPCF版を設置することにより、場所打ちコンクリートと一体性を図った壁高欄工法です。

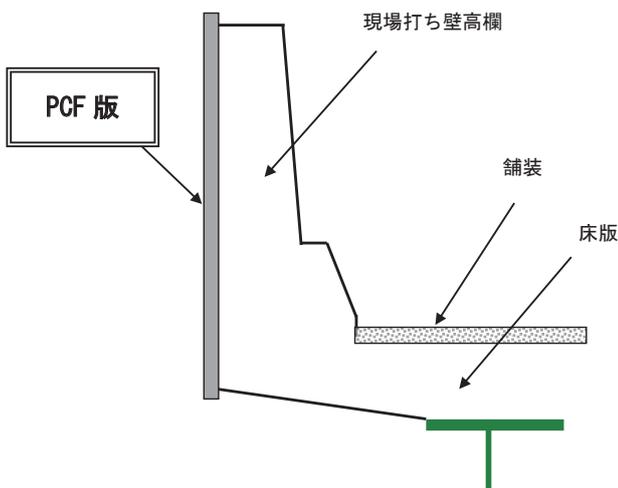


1 PCF壁高欄工法とは

PRECAST CONCRETE FORM

“PCF”とはPRECAST CONCRETE FORMの頭文字を取ったもので、工場にて製作したPCF版（コンクリート製型枠）を埋設型枠として壁高欄の外側に設置することにより、場所打ちコンクリートを打設して壁高欄を形成する工法です。

PCF版の特徴は、ビニロン繊維補強セメント複合材料（VFRC）を使用した厚さ30mmのコンクリート版です。無筋構造で、従来の鋼製型枠と同等の重量であり、プレキャスト化により品質の確保と現場での工期短縮が図れます。さらに、鋼製型枠の補修塗装と比べ、ライフサイクルコストの低減が可能となります。



PCF壁高欄工法：壁高欄の外側の型枠足場が省略できます。PCF版はそのまま残すため、解体する必要がありません。



[環境に優しい]

足場や木製型枠の使用量を減らして工期短縮が図れることから、周辺環境や地球環境に優しい工法です。

[耐久性]

品質管理の整った工場で製造される製品であるため、高強度で耐久性に優れた製品です。

[合理化・省力化]

コンクリート製の工場製品を用いるため足場や防護工の設置解体作業が軽減され、現場作業が省力化できます。

[安全性]

橋面（床版）上の作業のため、施工の安全性が向上します。通常の壁高欄に比べて、車両衝突時に飛散するコンクリートの量が少なく、高架橋下の安全性が向上します。

2 技術の特色

①コンクリート製であるため錆びが発生しません。

従来の鋼製型枠は経年により錆びが発生します。錆びにより景観が悪くなり、このため定期的に補修（塗装や亜鉛溶射）を必要とします。PCF版はコンクリート製の型枠であるため錆びませんので、補修費の低減が図れます。

鋼製型枠
(供用後15年)



鋼製型枠の経年変化



PCF 壁高欄工法での施工例

②景観に配慮した壁高欄の製作が可能です。

PCF版は工場で作製するため、壁高欄にデザインを施すことができます。下の写真は、PCF版を屈折した形状に製作して景観に配慮した事例です。



施工例 1



施工例 2

③車両が衝突した時のコンクリート片の飛散を大幅に軽減します。

PCF版はビニロン繊維を補強材として混入しているため、車両が壁高欄に衝突した時のコンクリート片の飛散を大幅に軽減します。このため、高架下の車両や通行者に対する2次災害を軽減できます。



従来壁高欄の破壊状況



PCF 壁高欄の破壊状況

④地覆・壁高欄の取替補修工事にも使用することができます。

PCF版は、新しく建設する壁高欄だけでなく車両が衝突して破損した壁高欄の補修工事や、有害なひび割れ発生等による壁高欄取替工事でも使用することができます。

側道が近接していることから内側のみの施工が可能でPCF版を採用しました。

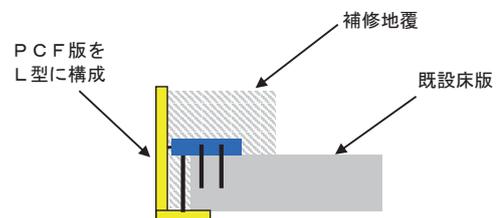
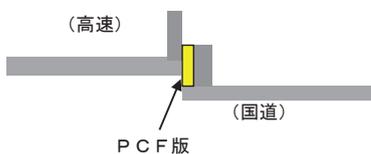


高欄の取替工事（鋼製高欄→壁高欄）の施工例

PCF版

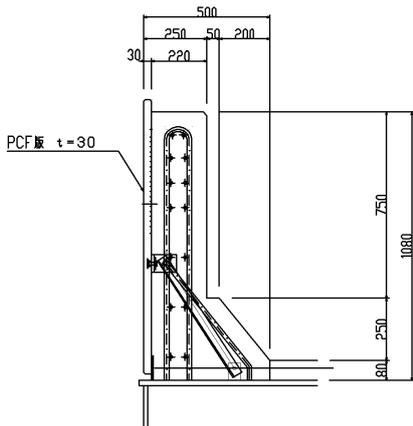
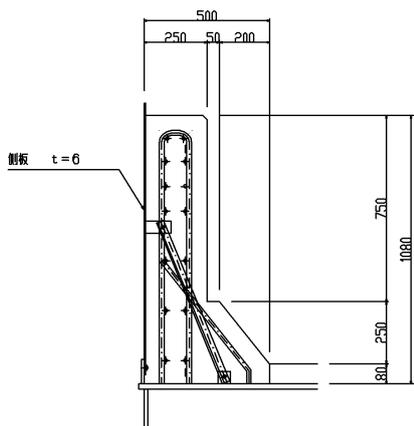


地覆の取替工事の施工例



3 従来工法との比較

従来工法との比較を下記に示します。6mmの鋼製型枠と比べた場合、初期、長期コストは経済的となります。

	PCF版	鋼製型枠
工法概要	PCF壁高欄工法（VFRCタイプ）は、あらかじめ工場にて製作したPCF版（Precast Concrete Form）を埋設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工法です。PCF版は、ビニロン繊維補強セメント複合材料（VFRC）を使用した厚さ30mmの埋設型枠です。設置後の内型枠組立・鉄筋配筋・コンクリート打設は鋼製型枠壁高欄と同様です。	鋼製型枠壁高欄は、厚さ6mmの側鋼板（メッキ仕様）と縦方向および横方向の補剛材（L30×30×5など）で構成される鋼製型枠です。あらかじめ工場で作成し、現場にて設置する。その後、内型枠組立、鉄筋配筋、コンクリート打設を通常の壁高欄と同様に施工します。
型枠の内側		
外観	 施工状況（合成床版に先付け施工）	 施工状況（合成床版に先付け施工）
概略断面図		
経済性 ※ （初期コスト）	1.00	0.87
経済性 （ライフサイクルコスト）	1.00	1.50
品質	高強度で緻密な繊維補強モルタルを用いた無筋構造であるため中性化しにくい。	メッキまたは塗装により防錆処理されるが、経年により塗替えや補修が必要である。

※（注意）実際の製品費は輸送、施工数量により変動しますので見積書の依頼をお願いします。

4 PCF壁高欄工法の適用範囲

■床版形式によるPCF版の取り付け例

様々なタイプの床版に取付可能です。

	床版形式	PCF版の取付方法	写真・実績
床版の種類	RC床版	インサートアンカー設置・施工	 福岡北九州高速道路公社
	PC床版	インサートアンカー設置・施工	 国土交通省 NEXCO
	鋼床版	鋼床版に取付金具を設置	 NEXCO 名古屋高速道路公社 阪神高速道路
	鋼コンクリート合成床版	底鋼板に取付金具を設置	 名古屋高速道路公社 国土交通省

5 製品の性能・形状

PCF版は、ビニロン繊維を補強材としたセメント系複合材料で出来ており、標準版厚30mmの無筋構造です。PCF版は壁高欄の外側に残存型埋設型枠として使用し、完成後は壁高欄の耐久性向上に寄与します。



■標準品の寸法及び質量

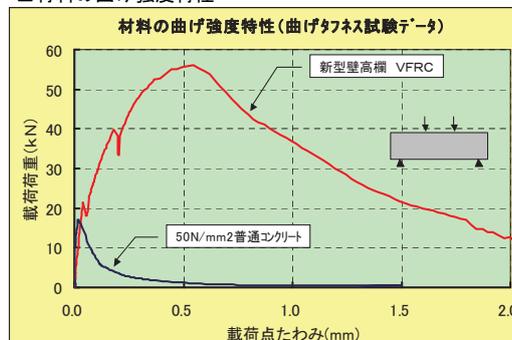
幅(m)	1.0
長さ(m)	2.0
板厚(mm)	30
質量(N)	1,380

※PCF版 単位質量 23kN/m³、
鋼製型枠とほぼ同じ重量です。

■強度特性及び性能

圧縮強度 σ_{ck}	50N/mm ²
曲げ強度 σ_{bk}	12N/mm ²
中性化	なし
塩分浸透	良好
凍結融解	良好
耐衝撃性	良好

■材料の曲げ強度特性



■ビニロン繊維



- PCF版は、ビニロン繊維が混入していることにより靱性の高い製品となるため、剥落抑制効果を期待できます。
注) VFRC : Vinylon Fiber Reinforced Cementitious composite. (ビニロン繊維を補強材として混合したセメント複合材料)

鋼桁架設完了

床版施工（鋼床版
コンクリート床版
合成床版 PC床版）

取付金具の設置

PCF版の設置
目地部の止水防止

鉄筋組立

内側型枠組立

場所打ち部の
コンクリート打設

コンクリート養生

内側型枠の脱型

天端シール施工

壁高欄施工完了



① クレーンでPCF版を吊り込み、設置します。



② PCF版同士の目地部をシール材で塞ぎます。



③ 壁高欄内部の鉄筋を組立てます。



④ 内側の型枠（木製型枠）を組立てます。



⑤ コンクリートを打設して、養生します。



⑥ 壁高欄天端部をシールします。



⑦ 施工完了です。

7 完成外観



【施工時の注意事項】

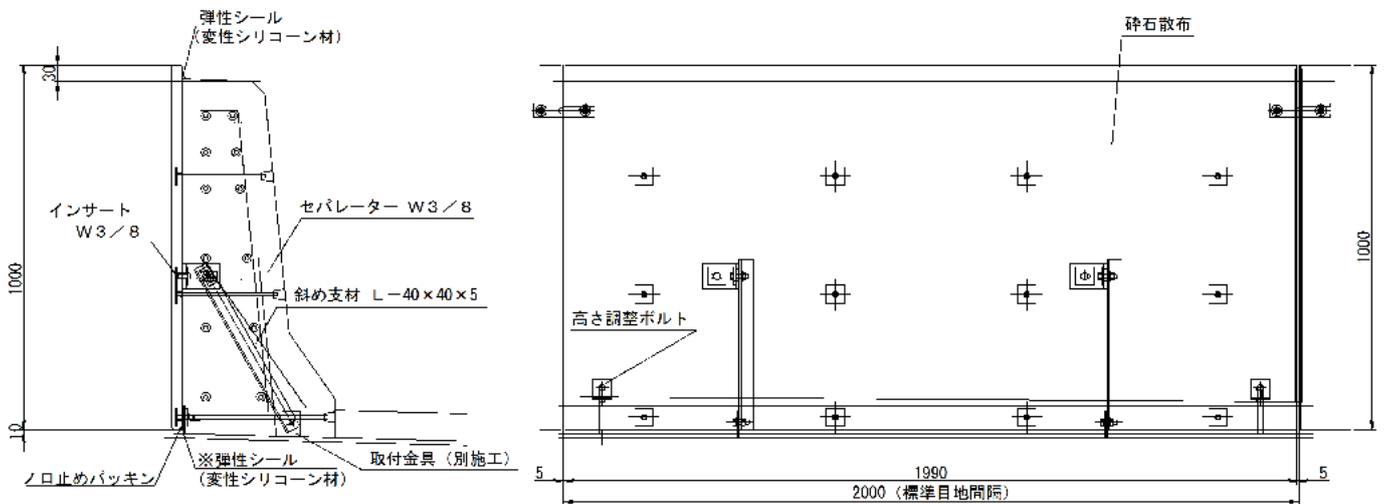
- ・セパレーターは間引かないようにして下さい。
- ・前型枠調整時にセパレーターを通して引っ張らないようにして下さい。
上段セパレーターを強く引くなどPCF版に曲げ応力を入れた状態でコンクリートを打設すると、打設後型枠にひび割れを誘発する恐れがあります。
- ・PCF版の取り付け金物類の締め付けは極力手締めで行ってください。インパクトによる連続的な締め付けは、インサート金具を通してPCF版に引張応力を与えるためひび割れを誘発する恐れがあります。
- ・PCF版はコンクリート製品のため、0.04mm未満の微細なひび割れを生じることがあります。PCF版は無筋構造のため水による腐食の心配ありませんが、外観に配慮して表面保護材“RTコート”を塗布しています。RTコートは特殊エマルジョン樹脂を配合したセメント系の材料で、最大0.6mm程度のひび割れに追従する柔軟な被膜を形成し雨水や塩化物の進入を防ぎます。

8 PCF 版の製品紹介

PCF版とは、ビニロン繊維補強セメント複合材料を用いた厚さ 30mm のコンクリート版です。場所打ちコンクリートとの一体性は、PCF版の表面に設けた碎石により付着を確保します。

【PCF版(VFRCタイプ)のメリット】

- ① 30mmという薄さの無筋コンクリート構造のため、鋼製型枠と同等の重量で扱い易く錆びることはありません。
- ② 繊維補強のため、靱性が向上するだけでなく剥落防止効果があります。
- ③ 無筋構造であるため、腐食の心配はなく側面アンカーなどの後削孔や切断が可能です。



PCF 版の概略図

9 実績施工写真 (1/3)

国土交通省 北陸地方整備局【床版：グレーチング床版】



① 搬入状況



② 荷下し状況



③ 荷下し完了



④ 設置状況 (内面)



⑤ 設置状況 (外面)



⑥ 全景

北海道開発局 旭川開発建設部【床版：合成床版】



① 全景



② PCF 設置状況 1



③ PCF 設置状況 2



④ 合成床版架設 1



⑤ 合成床版架設 2



⑥ PCF 目地部シール状況

9 実績施工写真 (2/3)

□国土交通省中国地方整備局【床版：PC床版（場所打ち）】



①全景



②張出し架設



③設置状況（内面）



④設置状況（外面）



⑤設置状況（内面）



⑥内側表面

注) PCF型枠を採用した「張出し架設PC橋の壁高欄の施工方法」は、(株)ピーエス三菱・瀧上工業(株)・東海コンクリート工業(株)の特許(第5773814号)である。

□沖縄総合事務所【床版：PC床版（場所打ち）】



①試験体



②PCF設置状況L側下段パネル



③PCF設置状況R側パネル



④L側外観1



⑤L側外観2



⑥R側外観

9 実績施工写真 (3/3)

□JR東日本【鋼床版】



①搬入状況



②設置状況 1



③設置状況 2



④設置状況 3



⑤設置完了 1



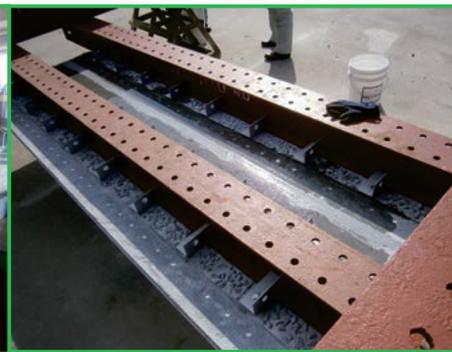
⑥架設完了 2

□JR西日本【下路SRC I 桁橋 床版埋設型枠】

注) 底版型枠のため、版厚 $t=50\text{mm}$ の有筋構造とした事例



①性能試験



②施工試験



③現地搬入



④設置状況



⑤設置構造



⑥送り出し架設後外観

施工試験

実際の施工手順に沿った実物大施工試験を行い、構造や施工上の問題がないか確認しています。

【施工時確認事項】

1. P C F 版の吊込作業
 - ①ハンドリング時の施工性（ひび割れが発生しないか）
 - ②専用吊り治具を使用することによる作業性
2. P C F 版の取付作業
 - ①あらかじめ床版に設置された取付金具の施工性
 - ②調整金具による水平垂直位置の調整機能
 - ③床版上から施工性
3. コンクリート打設
 - ①場所打ちコンクリート打設時の目地部の止水性
 - ②場所打ちコンクリート打設時に P C F 版の性状（ひび割れ変形がないか）

① P C F 版設置



④ 壁高欄コンクリート打設



② 床版コンクリート打設



⑤ 型枠脱型



③ 壁高欄鉄筋組立



⑥ P C F 版のひずみ計測



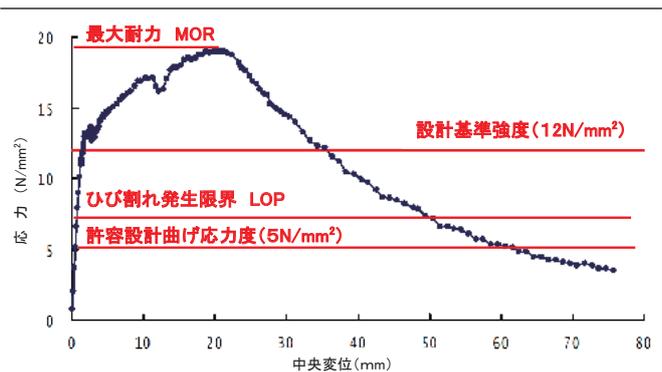
曲げ試験

P C F 版の曲げ試験により曲げ耐力性能を確認しています。



■ 試験結果（平均値）

曲げ方向	曲げ応力度 (N/mm ²)	
	測定値	曲げ設計基準強度
正曲げ	16.4	12.0
負曲げ	17.3	12.0

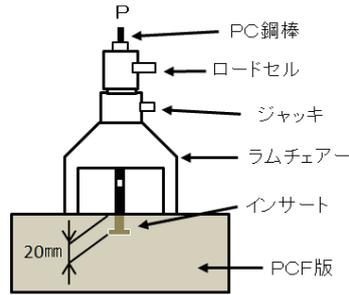
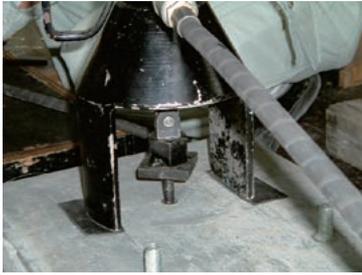


応力と中央変位の関係

アンカー引き抜き試験

PCF版に埋め込まれたインサート（セパレーター用及び取付金具固定用）の引き抜き試験を行い、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

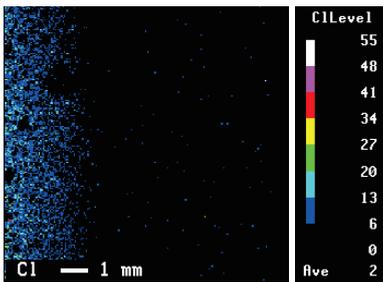
	測定値 (kN)	架設時作用力 (kN)
M12取付用インサート	21.9	2.21
W3/8セパレーター用インサート	20.7	3.97

※架設時作用力は、風荷重とコンクリート打設時を想定したFEM解析による算出値です。

塩害耐久性試験

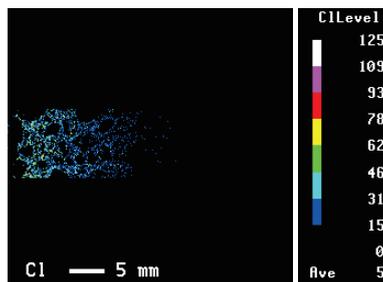
塩害耐久性を十分有することを確認しています。

■Cl⁻の面分析結果



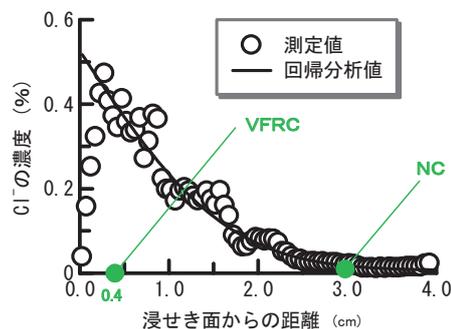
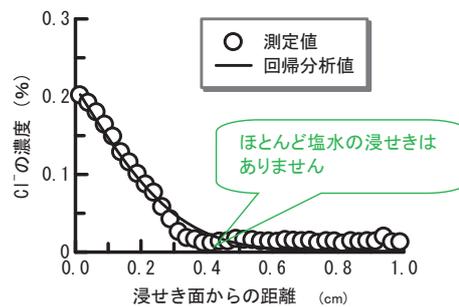
塩水の浸せき方向

①VFRC



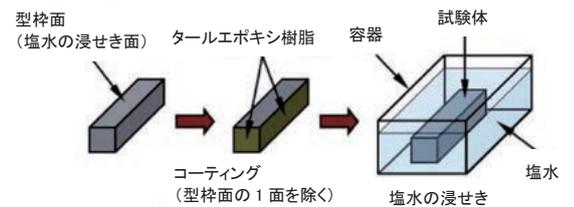
塩水の浸せき方向

②普通コンクリート (NC)

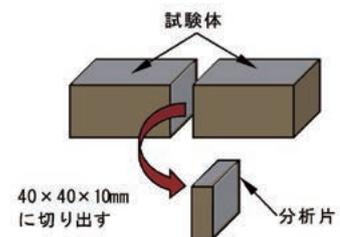


■鋼材位置における塩化物イオン濃度が鋼材腐食発生限界濃度に達する年数

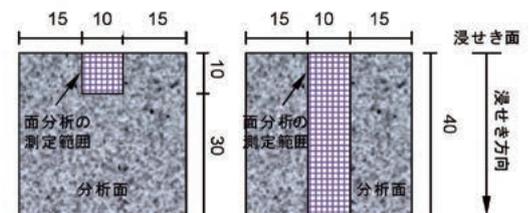
鋼材位置 c (mm)	海岸から の距離 (km)	表面濃度 Co (kg/m ³)	到達年数 t (年)	
			VFRC	NC
50	飛沫帯	13	61	2
	汀線付近	9	75	2
	0.1	4.5	125	4
	0.25	3	193	7
	0.5	2	200以上	14
	1.0	1.5	200以上	29



試験体の塩水浸せき



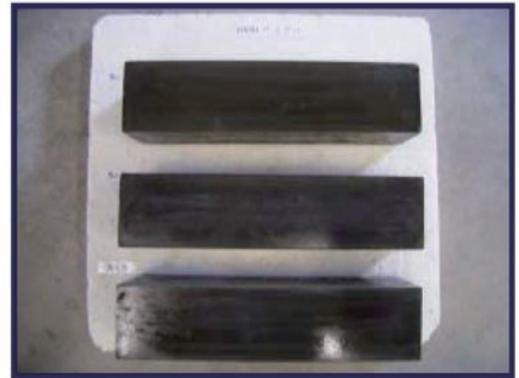
分析片の採取方法



面分析測定範囲

凍結融解耐久性確認試験

凍結融解試験により、耐凍害性も十分有することを確認しています。



1000 サイクル終了時 試験体状況



相対動弾性係数および質量変化率と凍結融解サイクル数の関係

JIS A 1148より
 $DF = 100 \times 300 / 300 = 100$

耐久性指数: $DF = P \times N / M$

ここで、P: Nサイクルのときの相対動弾性係数%

N: 相対動弾性係数が60%になるサイクル数

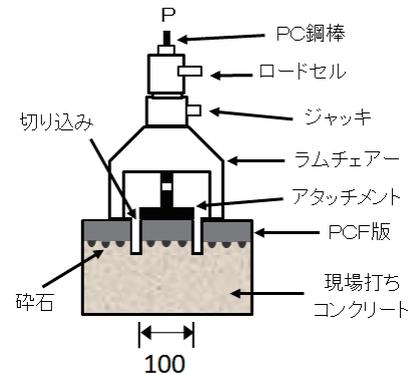
又は300サイクルの小さい方

M: 300サイクル

質量変化はほとんどありません

場所打ちコンクリートとの付着性能確認試験

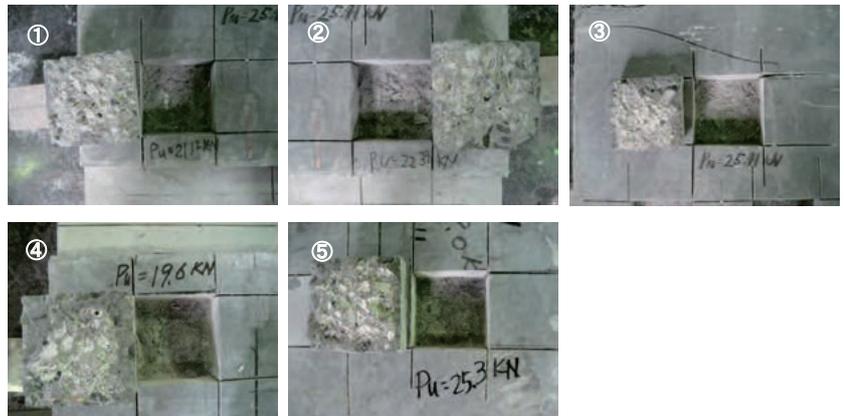
PCF版を鉛直方向に引張り、場所打ちコンクリートとの付着強度を確認しています。破断面はいずれも場所打ちコンクリート面であり、十分な付着強度を確保しています。



■試験結果

PCF版+現場打ちコンクリート

試験体	測定値(kN)	応力(N/mm ²)
①	21.12	2.11
②	22.39	2.24
③	25.41	2.54
④	19.60	1.96
⑤	25.30	2.53
平均値	22.76	2.28



場所打ちコンクリートとのずれ止め性能確認試験

平面寸法 100×100 の P C F 版に場所打ちコンクリートを打設した試験体を準備し、P C F 版の部分を耐圧試験機で押して場所打ちコンクリートとのせん断強度を確認しています。破断面はいずれも場所打ちコンクリート面であり、十分なせん断強度を確保しています。



■試験結果

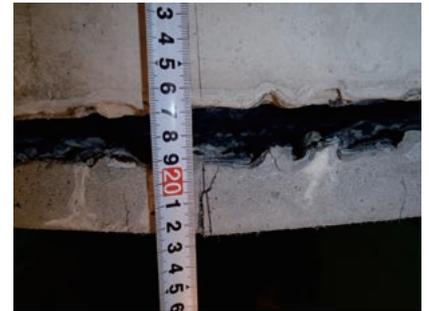
P C F 版+現場打ちコンクリート

試験体	破壊荷重 (kN)	応力 (N/mm ²)
①	10.7	1.05
②	35.9	3.52
③	41.5	4.04
平均値	29.4	2.87

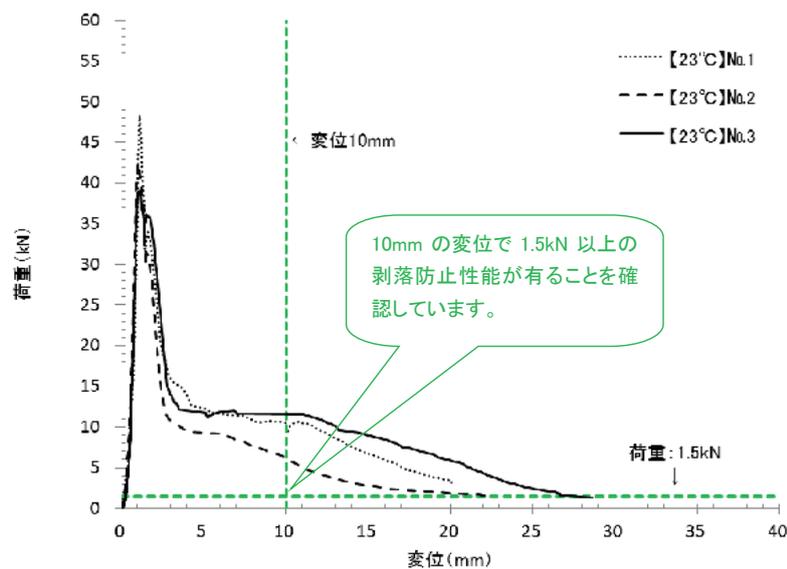


押し抜き試験

P C F 版の剥落防止性能を確認するため、土木学会の基準 (JSCE-K533) を参考に試験しています。



■試験結果



耐衝撃性能確認試験

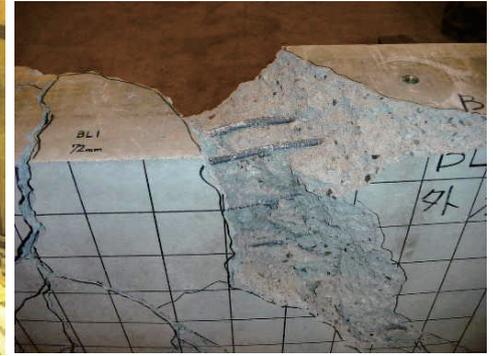
壁高欄への車両衝突を想定した衝撃荷重試験を行い、PCF壁高欄のコンクリート飛散抵抗性能を確認しています。場所打ち壁高欄に比べて、PCF壁高欄はコンクリートの飛散抑制に効果があります。



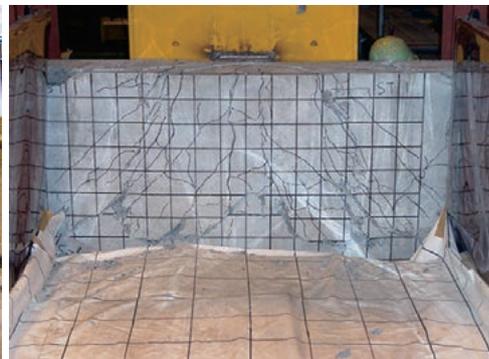
試験装置外観



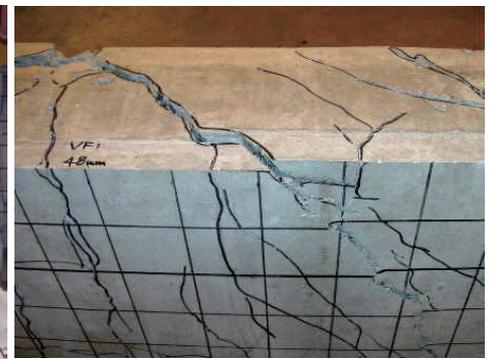
場所打ち壁高欄



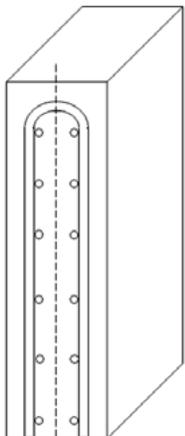
試験体固定状況



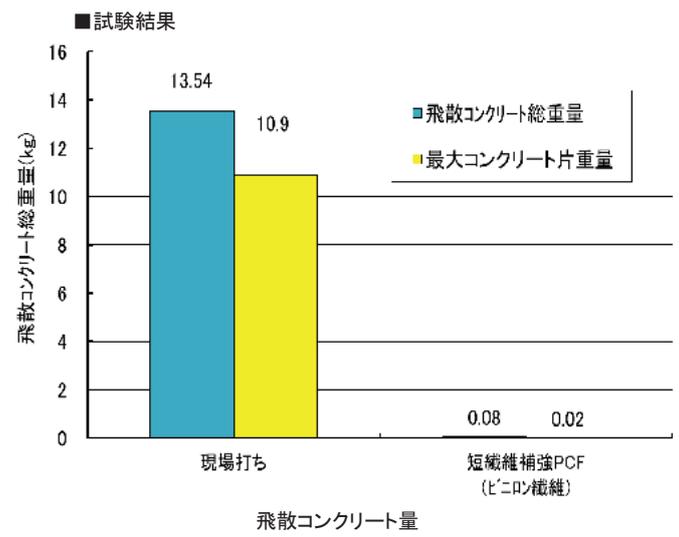
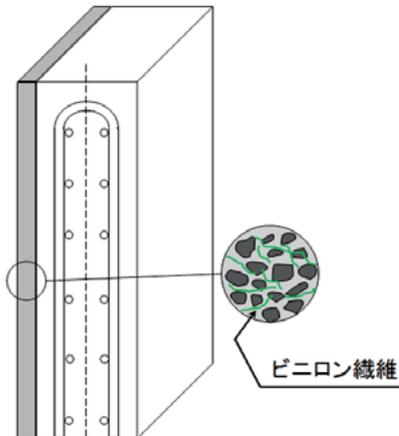
PCF壁高欄



場所打ち壁高欄



短繊維補強PCF壁高欄



定 瀧 上 工 業 株 式 会 社

本 社	〒475-0826 愛知県半田市神明町1-1	TEL (0569)89-2101 (代)
東 京 支 店	〒104-0033 東京都中央区新川2-31-1 八丁堀トーセイビル 9F	TEL (03)3552-6681 (代)
大 阪 支 店	〒542-0081 大阪市中央区南船場1-16-13 堺筋ベストビル 7F	TEL (06)6755-8220 (代)
保 全 本 部	〒466-0064 名古屋市昭和区鶴舞2-19-22 5F	TEL (052)882-5510
札幌営業所	〒060-0061 札幌市中央区南1条西10-4-143 第2タイムビル 5F	TEL (011)222-2311
仙台営業所	〒980-0811 仙台市青葉区一番町2-8-15 太陽生命仙台ビル 9F	TEL (022)267-3791
静岡営業所	〒420-0858 静岡市葵区伝馬町11-6	TEL (054)252-1807
岐阜営業所	〒500-8842 岐阜市金町8-26 AZMOND 2F	TEL (058)212-3556
広島営業所	〒730-0029 広島市中区三川町2-10 愛媛ビル広島 8F	TEL (082)545-2567
福岡営業所	〒810-0001 福岡市中央区天神3-10-1 天神源氏ビル 7F	TEL (092)741-1253
沖縄営業所	〒901-2221 沖縄県宜野湾市伊佐2-22-2 EL DULCE ISA 702号室	TEL (098)901-3705
本 社 工 場	〒475-0826 愛知県半田市神明町1-1	TEL (0569)21-4111 (代)

●お問合せ窓口：技術企画グループ TEL (0569)89-2103

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 (代)
三 重 工 場	〒511-0274 三重県いなべ市大安町大井田 2250	TEL (0594) 77-1511 (代)
販売推進本部	〒451-0041 名古屋市西区幅下 1-10-28	TEL (052) 587-2320 (代)

●お問合せ窓口：営業部 TEL (052)587-2335