

CFRP製コンクリート補強材



・NETIS登録 補強筋:CBK-130003-VE (2019.1.23)
緊張材:CBK-130004-VE (2019.2.28)

軽い

強い

錆びない

2024年7月9日
東京製綱インターナショナル株式会社

(1)開発の背景

(2)「CFRP製コンクリート補強材：CFCC」とは

(3)適用実績

「CFRP製コンクリート補強材:CFCC®」開発の背景



PC鋼材の破断



コンクリートの剥落

融雪剤による塩害環境下における桁のダメージ（米国ミシガン州の例）

「CFRP製コンクリート補強材：CFCC®」開発の背景

コンクリート構造物早期劣化の大きな要因：

コンクリート補強鋼材の腐食劣化



解決策：補強鋼材を錆びない材料に換えてしまう。
但し、補強材としての十分な性能を有するもの



コンクリート補強材として使用できるCFCCを開発
※必要な性能を有することを確認、設計・施工方法の確立

CFRP製コンクリート補強材:CFCC®

- ・ **C**arbon **F**iber **C**omposite **C**able [炭素繊維複合材ケーブル]
- ・ より線状のCFRP（炭素繊維強化ポリマー）
- ・ PAN系の炭素繊維とエポキシ樹脂で構成される複合材

CFCC
CARBON FIBER COMPOSITE CABLE



» **軽量（鋼材の約1/5）**

» **耐腐食性**

» 高引張強度

» 非磁性

» 柔軟性（可撓性）

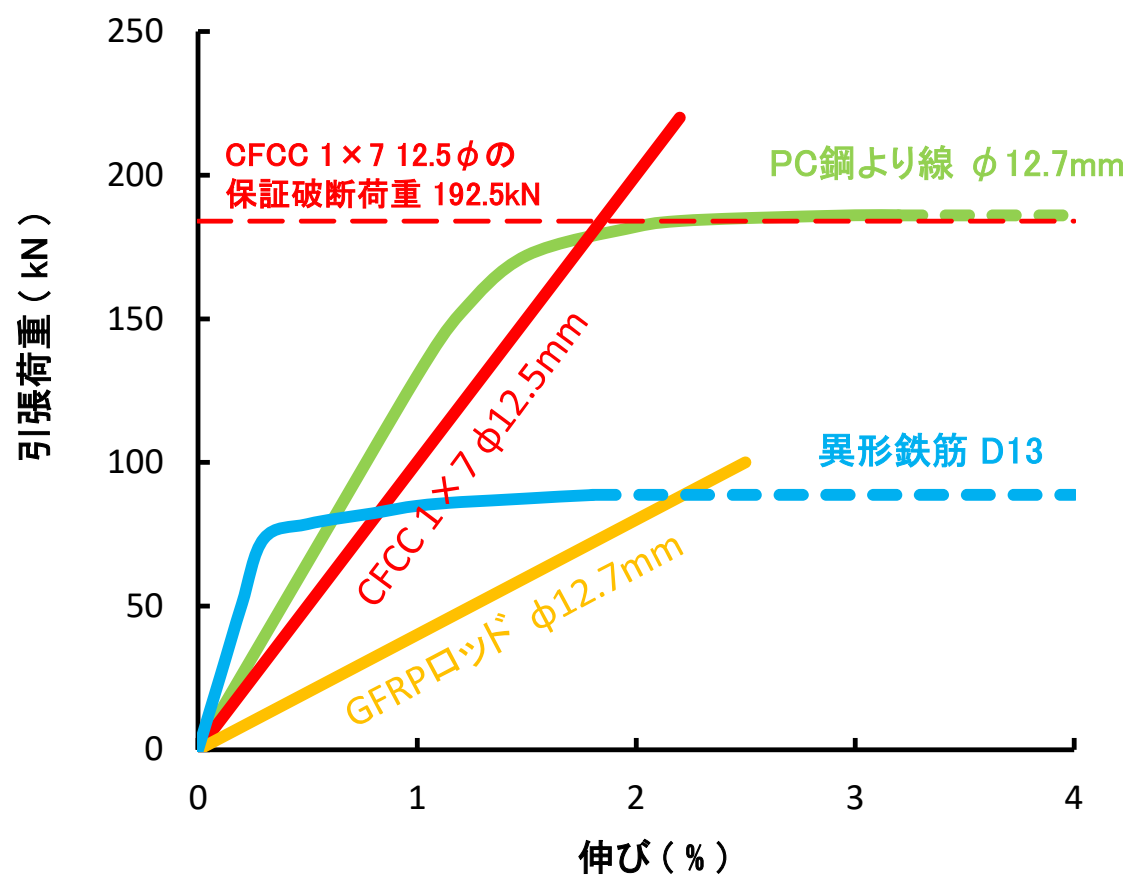
→長尺での製造・取扱いが可能



種類	Length	Weight
CFCC1×7 Φ15.2 mm	10 m	2.5 kg
PC鋼より線1×7 Φ15.2 mm		11.0 kg

CFCC®の基本特性

■引張特性

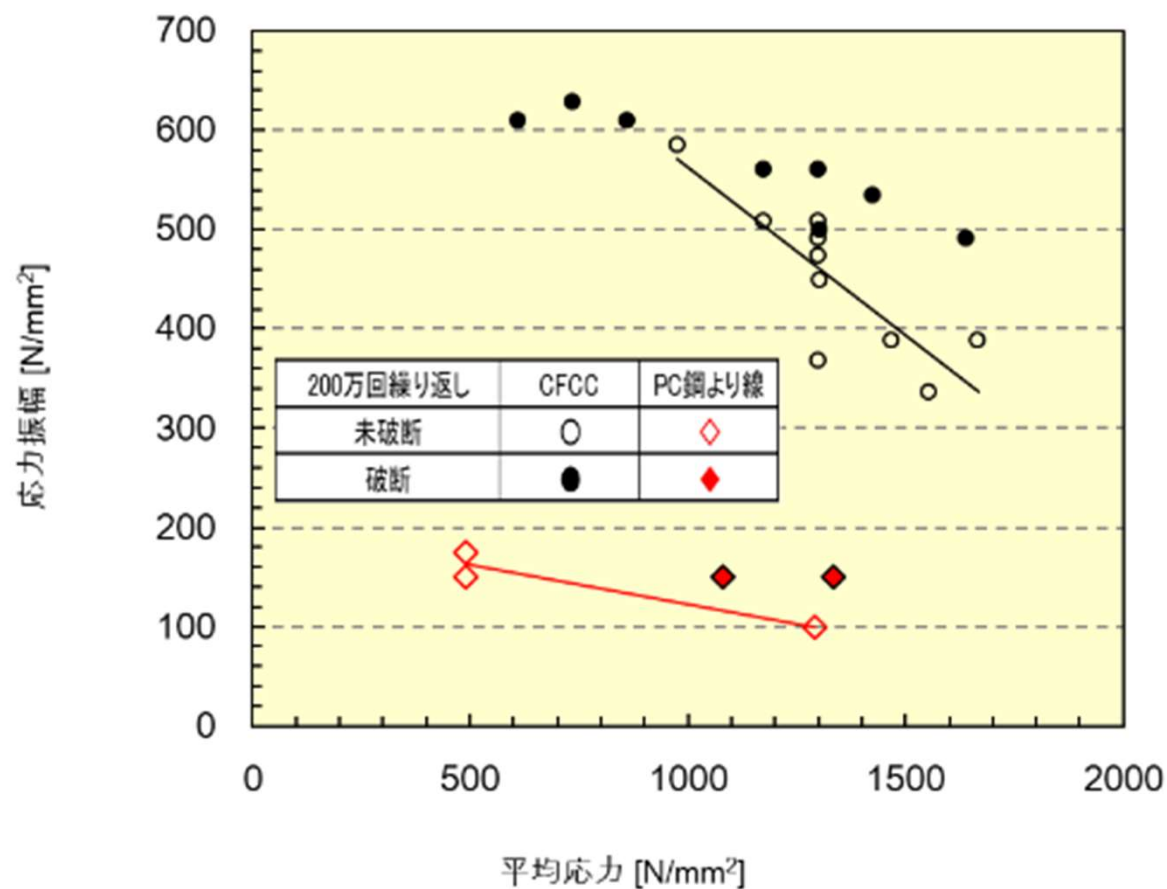


- ・CFCCの引張強度はPC鋼より線と同等以上
- ・CFCCの弾性率は鋼材よりやや小さいが、他のFRP材よりも高弾性

**高強度
高弾性**

CFCC®の基本特性

■引張疲労特性



・CFCCの耐疲労性はPC鋼より線の3倍以上

高耐疲労

CFCC®の基本特性

■耐腐食性

様々な暴露試験により、CFCCの高耐食性と高耐久性を確認

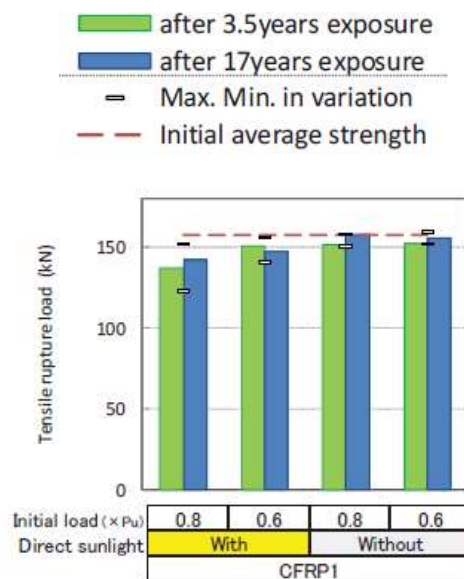
試験名	試験内容	結果
大井川沖海上暴露試験	CFCCを用いたPC構造物の自然暴露試験	17年間暴露後、CFCCの引張特性に変化なし
POSEIDON号海上暴露試験	大気、スプラッシュゾーン、海中	3年経過後、いずれも劣化なし
水中暴露試験	CFCCを水中に浸漬（淡水池）	22年経過後、CFCCの表面変化なし、強度低下なし

高耐久

CFCC®の基本特性

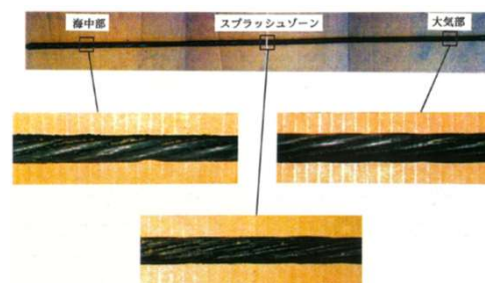
■耐腐食性

大井川沖海上暴露試験



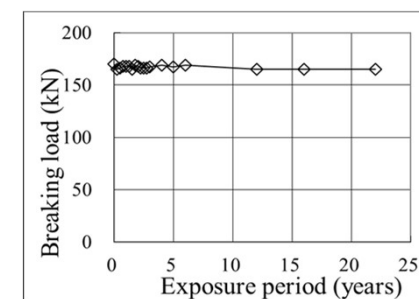
17年暴露後、破断荷重の低下なし

POSEIDON号海上暴露試験



3年経過後、海中、スプラッシュゾーン、大気中いずれも劣化なし

水中暴露試験(淡水池浸水)



水中22年暴露後、破断荷重の低下なし

CFRP製コンクリート補強材:CFCC®

■緊張材

- ・ PC緊張材
- ・ 外ケーブル



■補強筋（コンクリート補強筋）

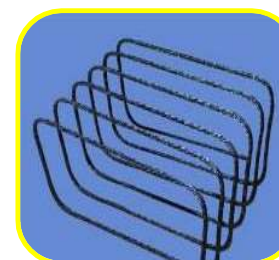
- ・ 主筋
- ・ スターラップ
- ・ スパイラル筋
- ・ グリッド筋



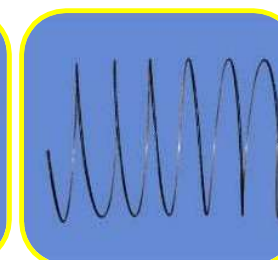
Stirrup



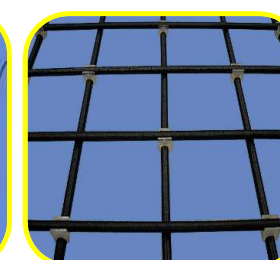
Stirrup



Spiral



Spiral



Grid

CFRP製コンクリート補強材：CFCC®

軽量補強筋



人の手で容易に持ち上げることが可能

コンクリート構造物におけるCFCC適用のメリット

塩害環境(塩害区分S)における塩害対策(PC桁の場合)

塩害区分Sの最小かぶり **70mm**、さらに塗装鉄筋の使用またはコンクリート塗装を併用
(一方、塩害区分Ⅲの最小かぶりは **25~35mm**) ※道路橋示方書 コンクリート橋編 5.2

CFCC採用により、塩害区分Ⅲの最小かぶりを適用



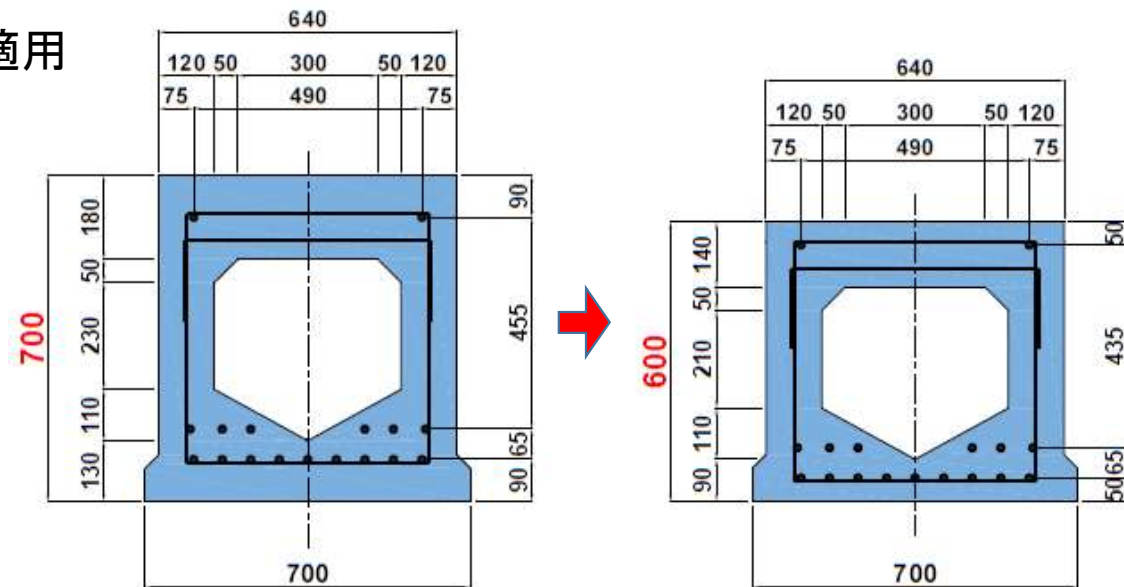
桁高が低くなり(**700mm→600mm**)断面が減少
桁の自重が10%以上減少



施工性改善、下部工の簡素化
耐震性向上、CO2削減



工事費削減、保守補修の軽減、取替不要



塩害区分S仕様

塩害区分Ⅲ仕様

※報告「CFRP仕様高性能プレテンションPC桁橋の経済性に関する検討」
コンクリート工学年次論文集, Vol.41, No.2, 2019 より

コンクリート構造物におけるCFCC適用のメリット

塩害環境(塩害区分S)における塩害対策(床版の場合)

CFCCを緊張材及び補強筋に採用し金属を排したプレキャストPC床版

道路橋示方書の耐久性確保の「方法3」相当 ※道路橋示方書 共通編 6.2

区分	具体的方法	コンクリート部材への具体例
方法1	劣化の影響を考慮した断面寸法	かぶりの確保
方法2	断面寸法とは別途の対策を追加	塗装鋼材、コンクリート塗装の併用
方法3	劣化の影響がないとみなせる材料	耐食性に優れた材料の使用



床版検討例

床版種類	法平×法直 (mm)	床版厚 (mm)	床版重量比
鋼材使用RC床版	4700×7000	400	1.00
鋼材使用PC床版		270	0.68
CFCC使用PC床版		250	0.58

- ・鋼材を使ったRC床版に比べ**42%の重量減**
- ・鋼材を使ったPC床版に比べ**10%の重量減**
- ・全体工事費は「方法2」に対し1～2割増加するが、100年以上の耐久性を確保

適用実績



国内外の構造物 300件以上の適用実績 (2024年2月現在)

用途 >> コンクリート構造物の緊張材、補強筋
 >> 橋梁用ケーブル（ステイ、メインケーブル）

 >> グラウンドアンカーの緊張材
 >> 送電線芯材、木材補強 など

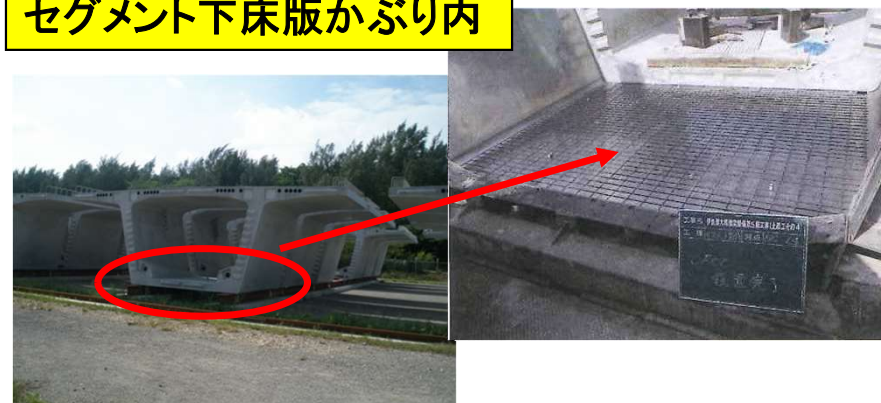
セグメント下床版、沓座モルタル補強(伊良部大橋)

沖縄 宮古島 伊良部大橋(2015年1月開通)

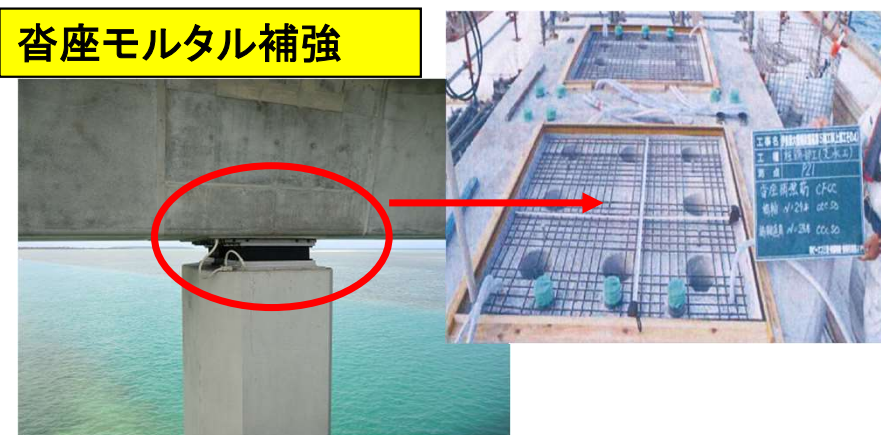


かぶりが十分に確保できない箇所の補強にCFCCを採用

セグメント下床版かぶり内



沓座モルタル補強

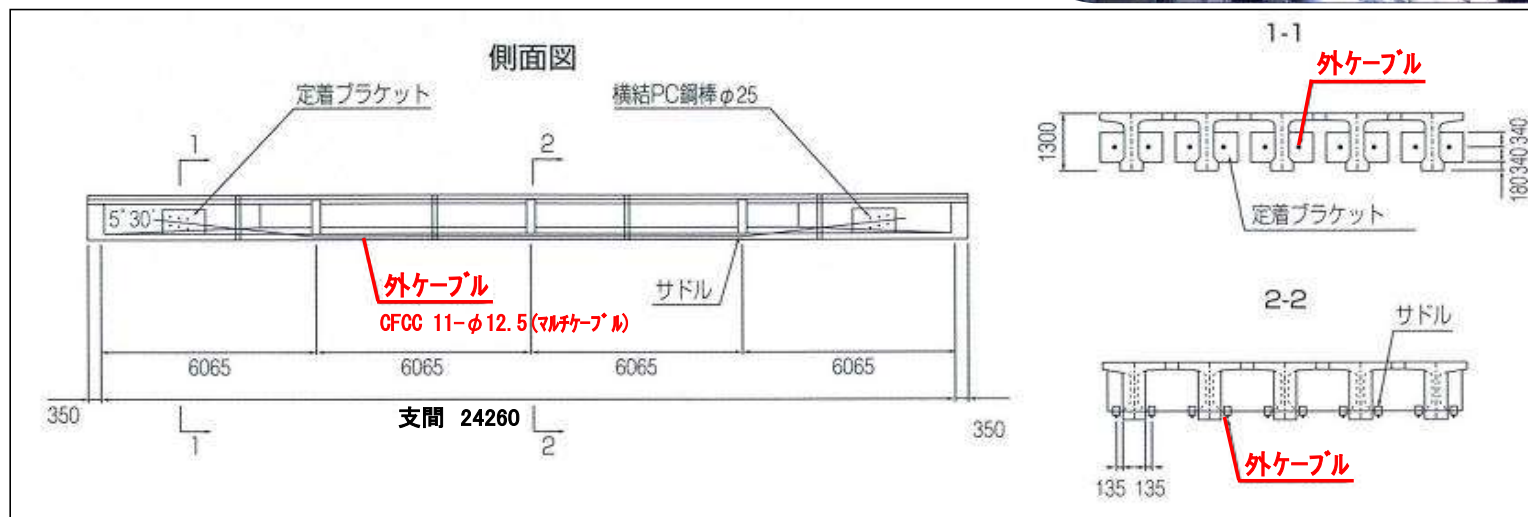


外ケーブル補強(阪神高速道路 環状線)

PC桁補強工事 1999年2月【阪神高速】
＜CFCC 1×7 11-φ12.5 長さ20.0m＞

平成10年度「PC桁補強工事(10-I-環)」

- ・炭素繊維を用いた外ケーブル補強の試験施工(S206)
- ・径間:環S206
- ・構造型式:単純PCT桁 5主桁



外ケーブル補強(阪神高速道路 環状線)

「軽量を活かした実績」



住宅密集地で
クレーンを使わず施工



プレストレスの経時変化を長期間(17年)モニタリング
→ 低リラクセーションPC鋼より戦と同等

CFCC緊張材および補強筋のコンクリート構造物への
適用検討に関する共同研究

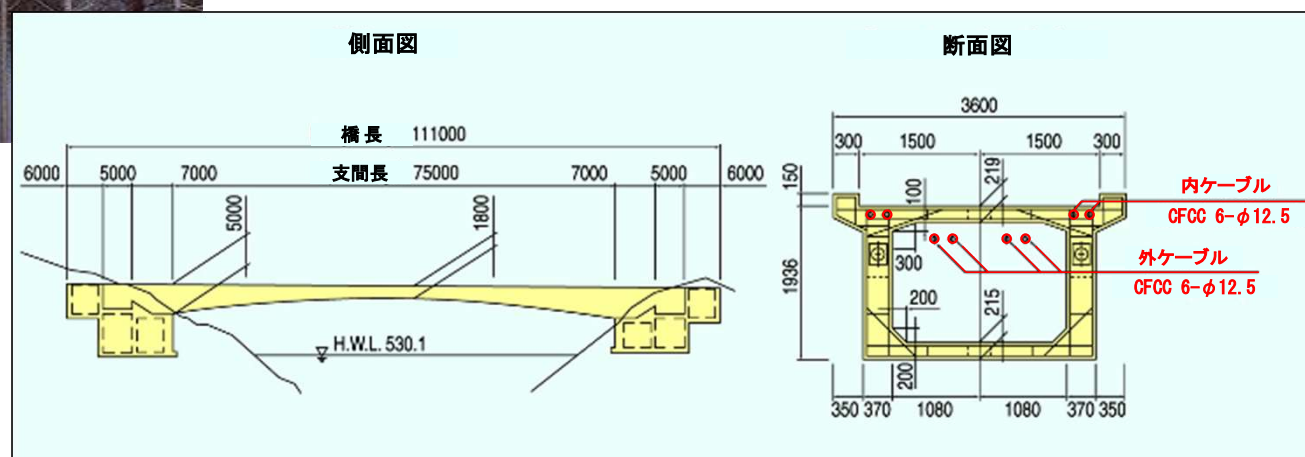
報告書

平成28年 9月

阪神高速道路株式会社 技術部
東京製綱株式会社

マルチストランドポストテンション(つくでCC 飛翔橋)

片持ち張出し工法(内ケーブル、外ケーブル) 1993年 6月



高腐食環境(火山・温泉・沿岸地)における地滑り対策 グラウンドアンカー

定山溪(札幌)

薄別川災害関連緊急上部末端対策工事 2002年



高腐食環境(火山・温泉・沿岸地)における地滑り対策 グラウンドアンカー

明礬温泉(別府) 高温、強酸性



緊張作業



CFCCは腐食・損傷なし



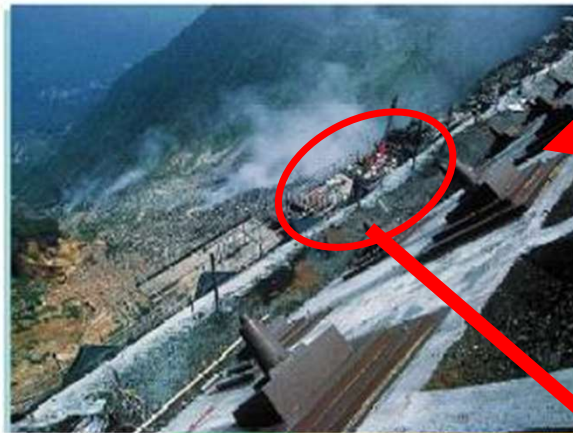
PC 鋼より線は、腐食が激しい

暴露試験調査(暴露3年経過)

菅、末吉、他：「グラウンドアンカー材の高腐食環境下における強度変化」、日本地すべり学会誌 第43巻 第4号、2006, pp.31-35 より

高腐食環境(火山・温泉・沿岸地)における地滑り対策 グラウンドアンカー

箱根 (早雲山地区) 厳しい施工環境 (搬入道路なし)

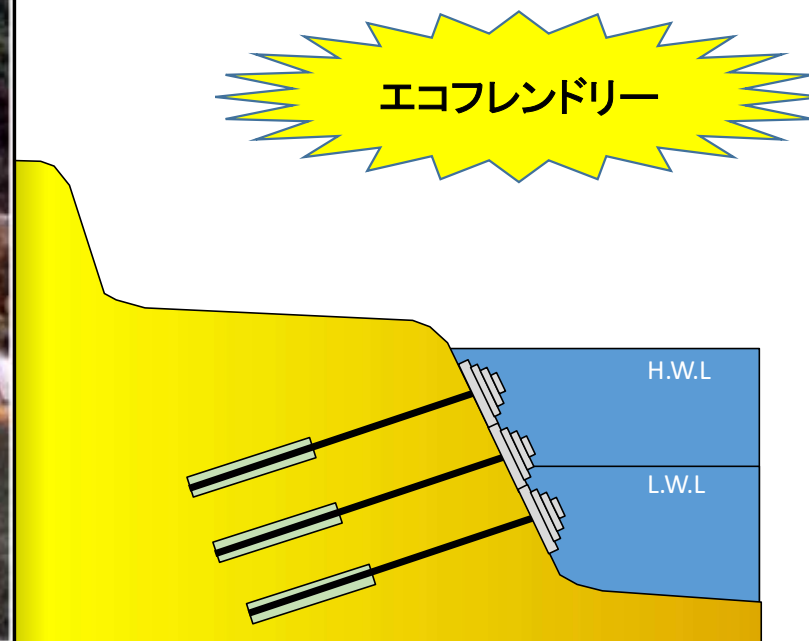


軽量(人力作業、
重機不使用)



高腐食環境(火山・温泉・沿岸地)における地滑り対策 グラウンドアンカー

交通安全設備等整備事業(兵庫県上郡[赤穂])



2重防食が不要(グリースなどを使わない)なため、水質を汚染することがなく環境に優しい

ミニマム維持管理(補強材が塩害劣化しない)栈橋 PC床版

国際バルク戦略港湾 釧路港 国際物流ターミナル

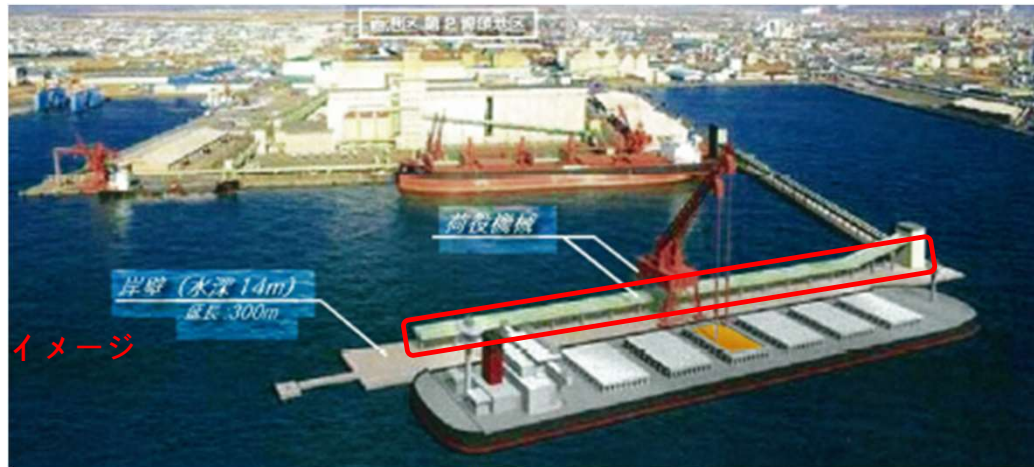


写真提供：北海道開発局釧路港湾事務所

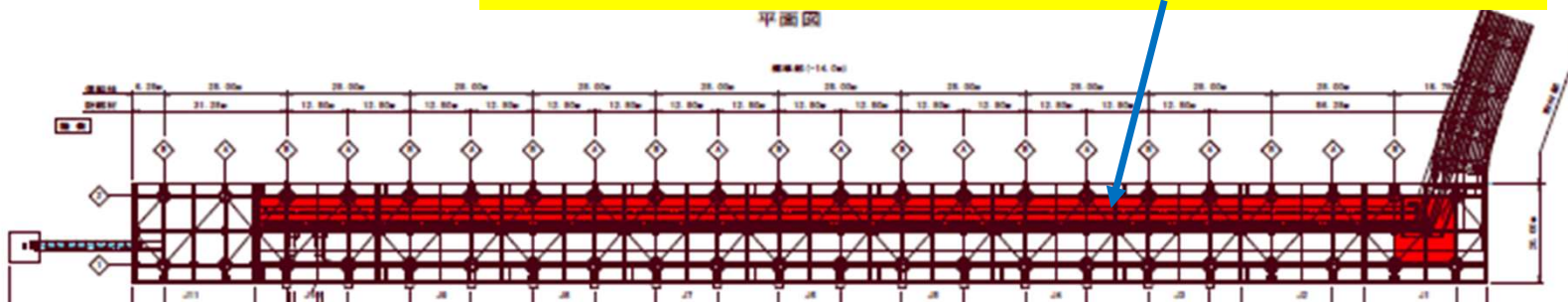
- 第3回インフラメンテナンス大賞 優秀賞案件 2019年9月受賞
- 2019年日本港湾協会技術賞受賞

ミニマム維持管理(補強材が塩害劣化しない)栈橋 PC床版

釧路港西港地区-14m岸壁床版その他工事 2017年8月



ベルトコンベアーが配置される箇所にCFCC床版

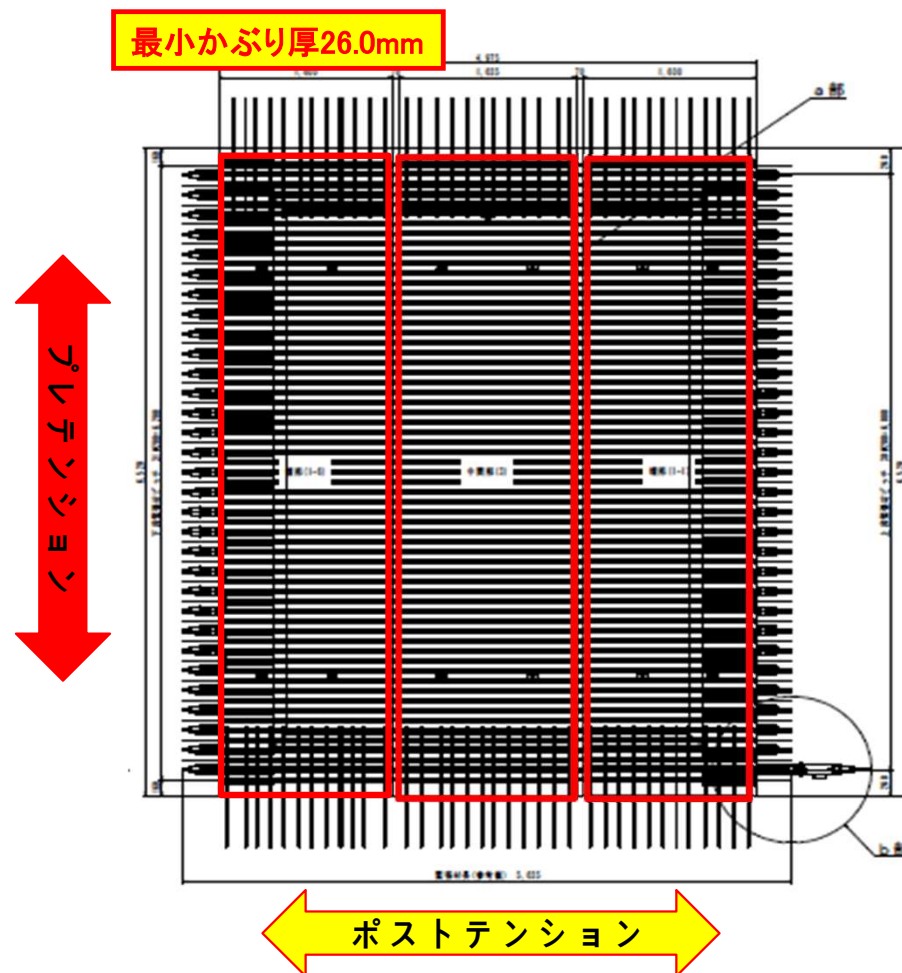


ベルトコンベヤ基礎部分にCFCCを補強材としたPC床版を採用

- メンテナンス困難エリアに優位
- 25%軽量化し根入れ杭への死荷重も負荷を軽減

ミニマム維持管理(補強材が塩害劣化しない)栈橋 PC床版

釧路港西港地区-14m岸壁床版その他工事 2017年8月



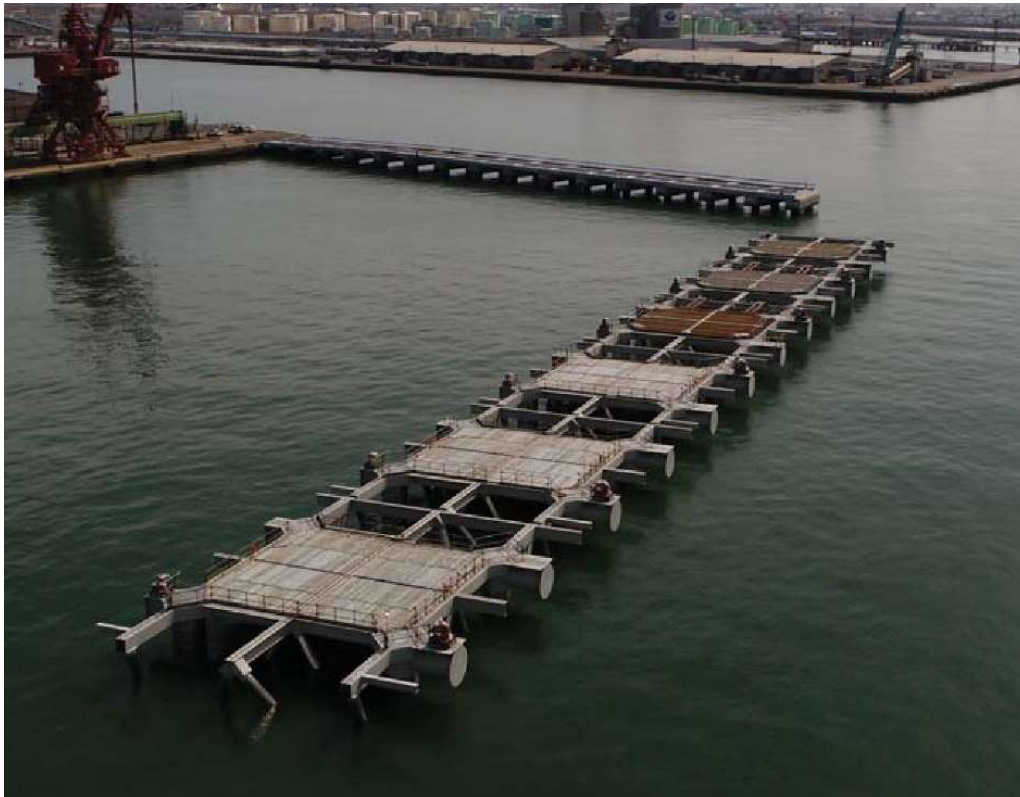
プレキャストPC版(プレテンション方式緊張中)



プレキャストPC版の連結
(ポストテンション緊張グラウト定着: 定着金具切断除去)

ミニマム維持管理(補強材が塩害劣化しない)栈橋 PC床版

釧路港西港地区-14m岸壁床版その他工事 2017年8月



建築補強

京都府民ホール茶室 1988年

北山杉の梁にCFCCでプレストレスを導入し、
視界を遮る柱の本数を減少



東京北ゴルフクラブ正門

栃木県栃木市 1989年9月

建築分野における最初のポストテンション実施例

構造 鉄筋コンクリート造地上2階建て

梁スパン 16m

CFCC 1×7 12.5φの3本マルチ(21m)×18本



アメリカでの実績

Bridge Street Bridge ミシガン州サウスフィールド市 2001年建設



横締めケーブル (Transverse Post-Tension)

米国初のCFRPを緊張材として使用したPC橋

米国連邦政府 (FHWA) とミシガン州交通局 (MDOT) から資金援助

横締めケーブ

CFCC 1 × 37 40.0 ϕ : 9.2 m × 10本

9.4 m × 7本

CFCC 1×19 21.8φ : 9.0 m × 6本

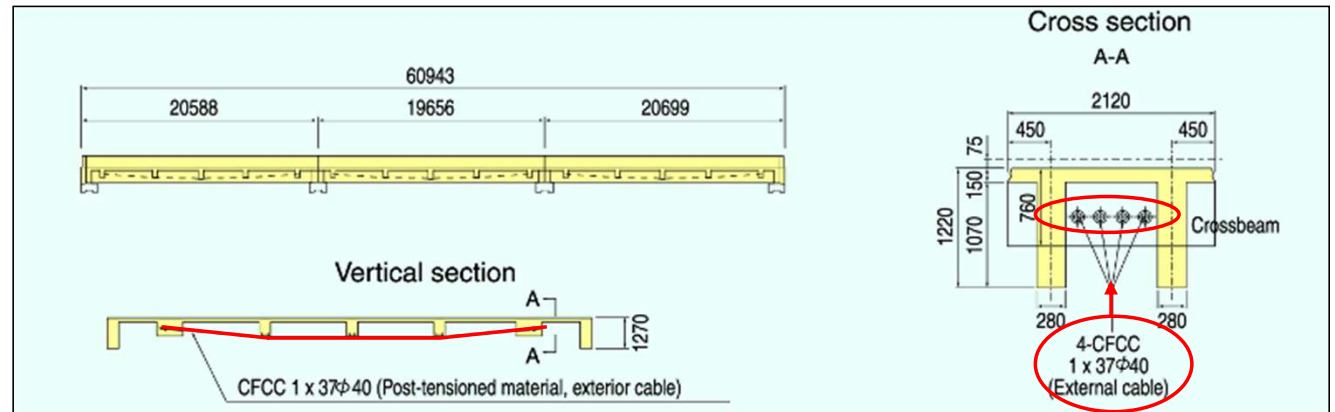
外ケーブル

CFCC 1×37 40.0φ : 16.8 m × 24本

17.0 m × 30本



外ケーブル(External Tendon)

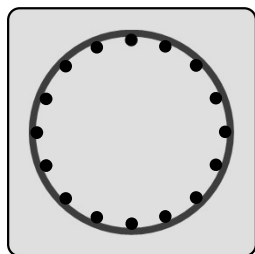


アメリカでの実績

NIMMO PARKWAY

バージニア州

試験パイル: 2012年製作、実橋パイル: 2013年製作



24" PCパイル

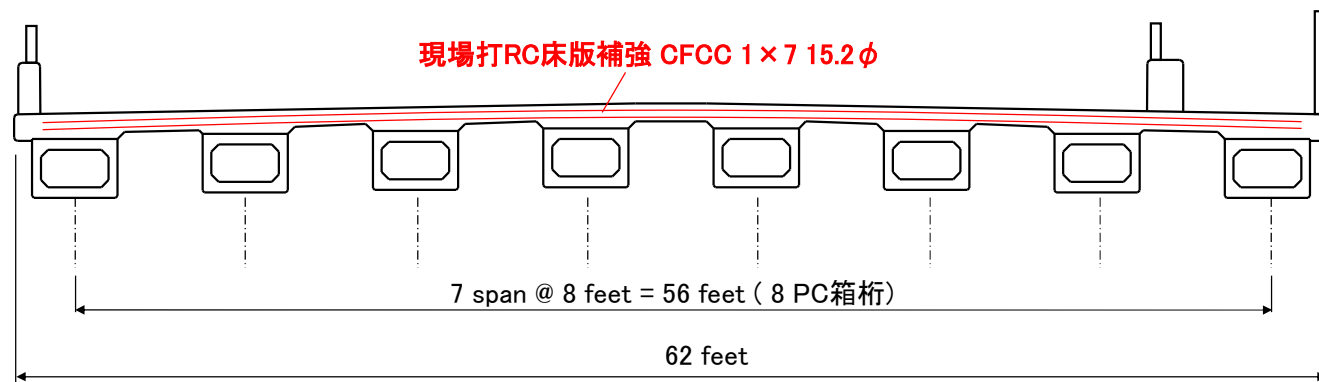
緊張材 16本: CFCC 1×7 15.2mm

スパイラル筋: CFCC U 5.7mm

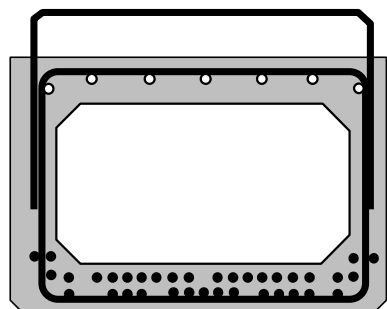


アメリカでの実績

M-102 over Plum Creek ミシガン州サウスフィールド市 2013年建設



8 beams × 2 bridges = 16 beams

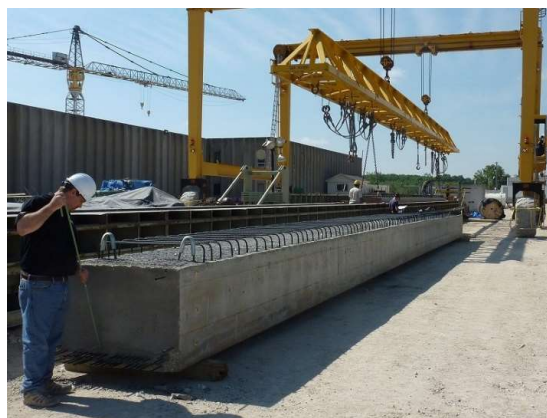


PC箱桁

緊張材: CFCC 1×7 15.2φ

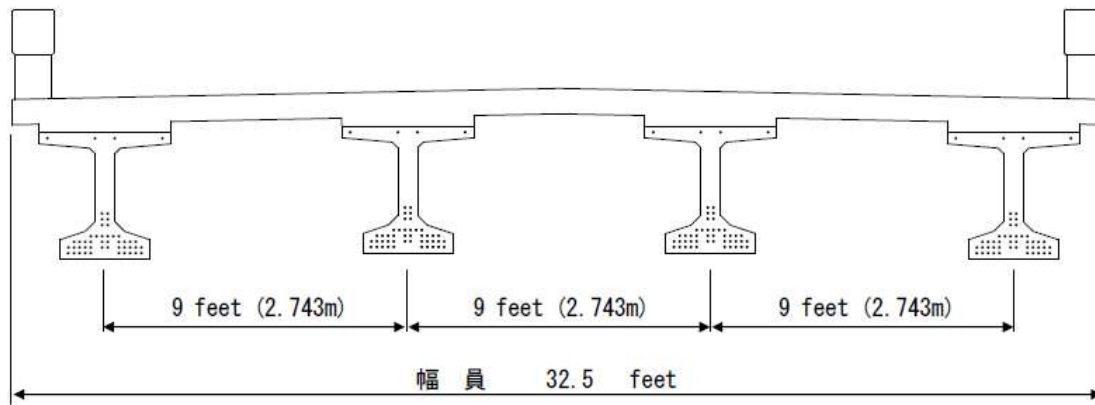
スターラップ: CFCC 1×7 15.2φ

補強筋: CFCC 1×7 15.2φ



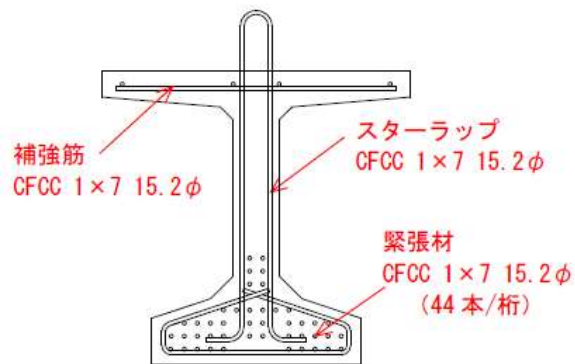
アメリカでの実績

RTE.49 Bridge over Aaron's Creek バージニア州 2015年建設



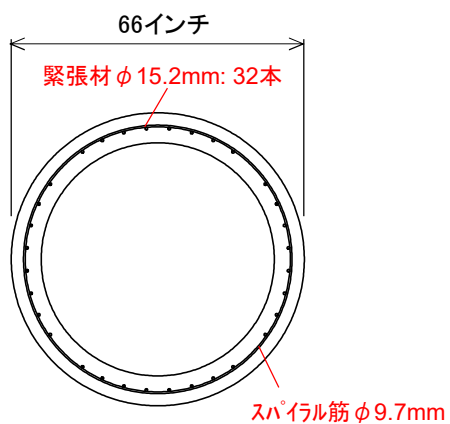
橋長: 168' - 10"
幅員: 32' - 4"

バルブT桁の緊張材、補強筋にCFCCを適用



アメリカでの実績

Harry Nice Middleton Bridge メリーランド州 2020年建設



メリーランド州とバージニア州の間を流れるポトマック川に架かる橋に
PCパイルの緊張材とスパイラル補強筋に採用



アメリカでの実績

Harkers Island Bridge ノースカロライナ州 2022年建設

ハーカース・アイランド(ノースカロライナ州沿岸部沖合の小島)へつながる
橋長3,200フィート(約1km)のPCパイルベント橋

CFCCの採用箇所

24インチPCパイルの緊張材及びスパイラル筋

54~78インチPC桁の緊張材



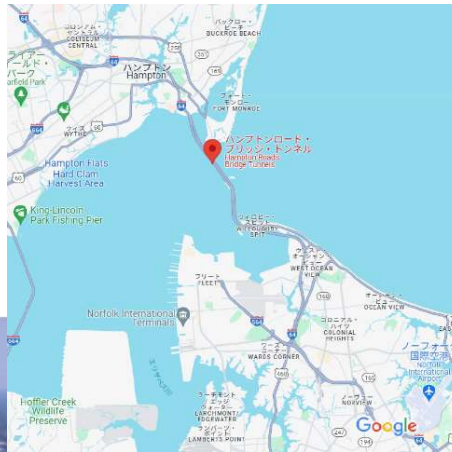
アメリカでの実績

Hampton Roads Bridge-Tunnel

バージニア州 2025年完成予定

ハンプトン市とノーフォーク市を結ぶ
全長16km(海上部8.6km)の片側4車
線化拡幅工事

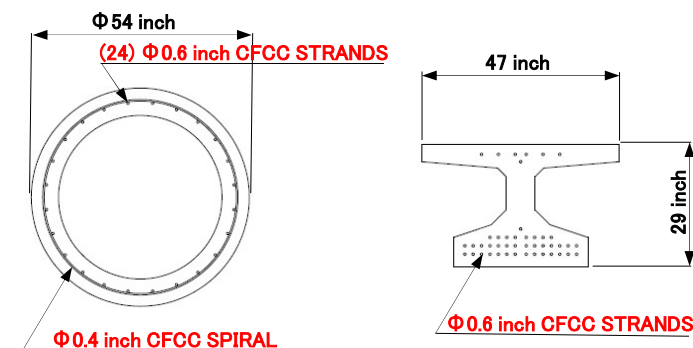
CFCCがPCパイプ及びPC桁の緊張材、
PCパイプのスパイラル筋に採用(CFCC
の総延長約5,000km)



アメリカでの実績

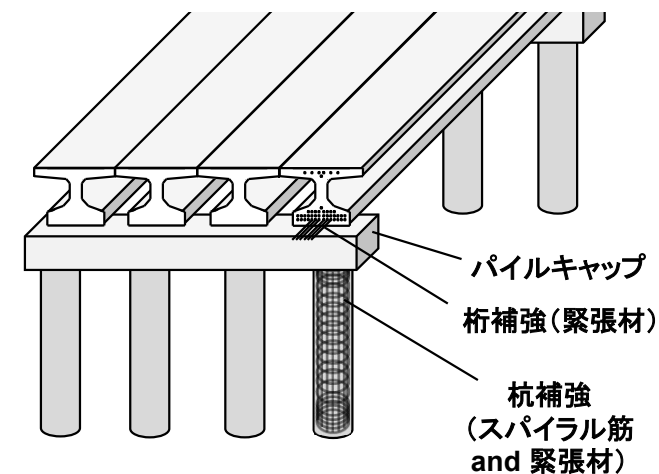
Hampton Roads Bridge-Tunnel

バージニア州 2025年完成予定



PC杭断面図

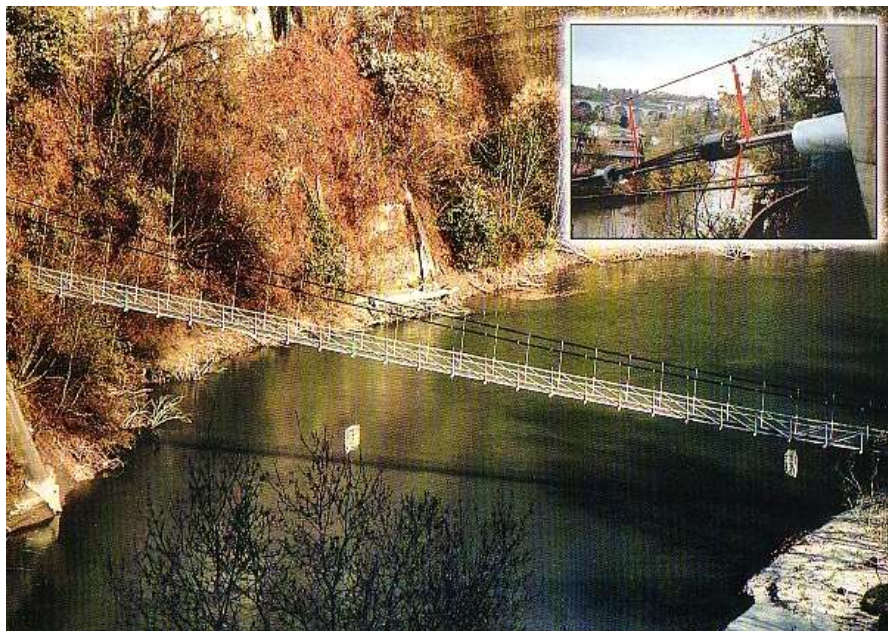
PC桁断面図



CFCC使用箇所

海外での実績(アメリカ以外)

ネーグルの吊り橋(人道橋) 1998年11月 (スイス)



掛替え前の鋼製
ケーブル



ポリエリレンチューブで
保護されたCFCCケーブル



CFCCケーブルの設置

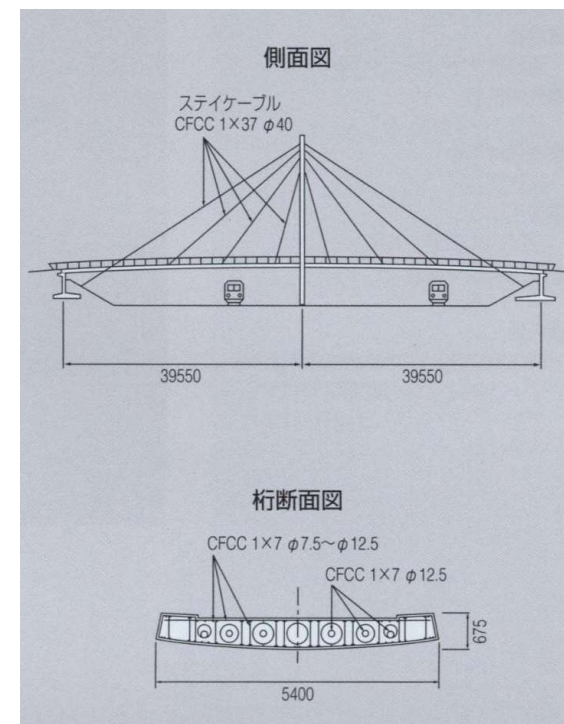


CFCC 1 × 7 12.5φ 16本
マルチケーブル

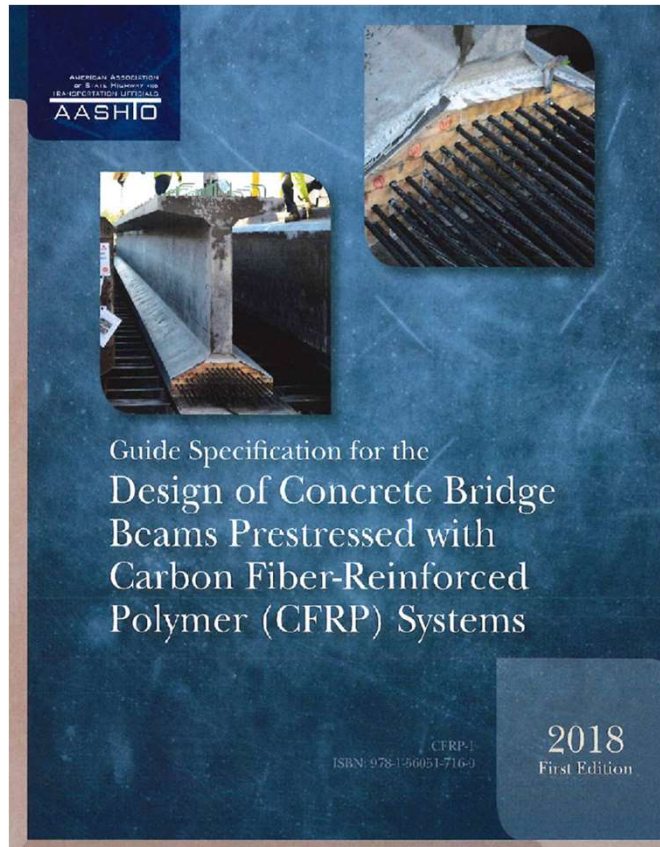
ハーニングブリッジ(鉄道額跨線人道橋) 1999年5月 (デンマーク)



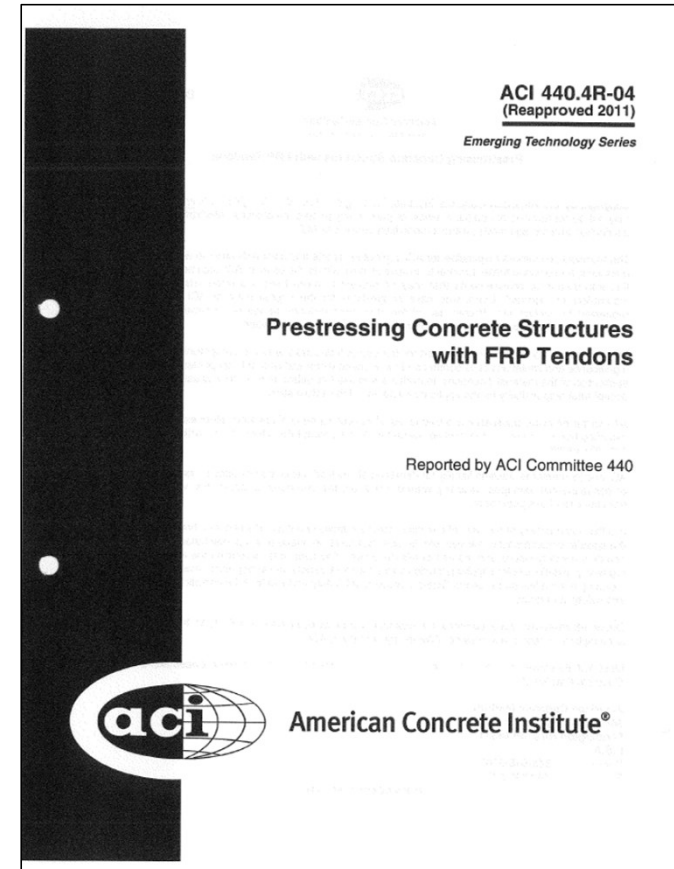
CFCC 1 × 37 φ40



設計施工のための指針など（米国の場合）

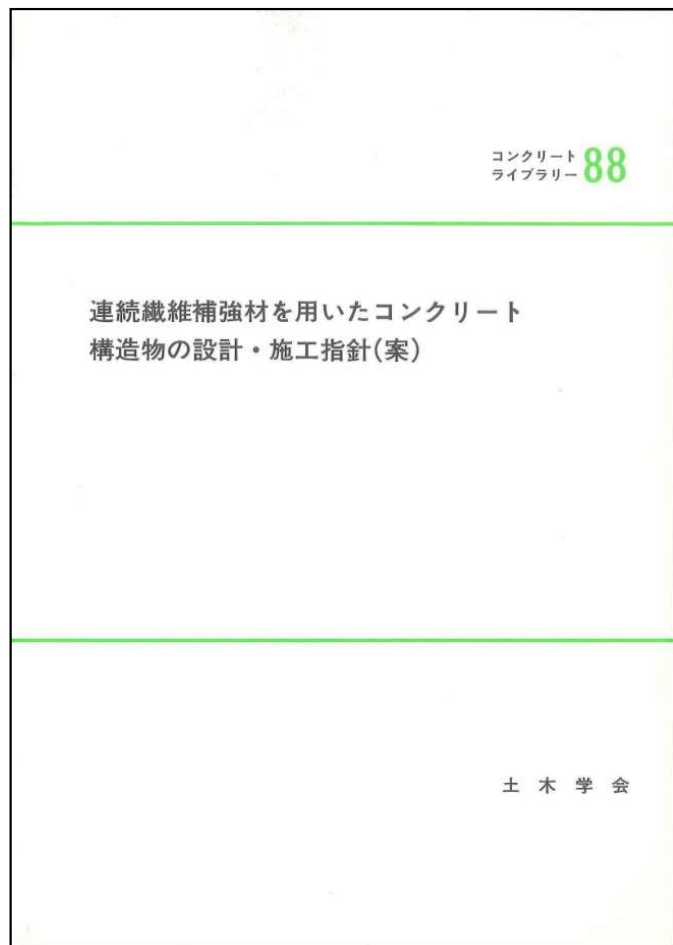


AASHTO :
米国全州道路交通運輸行政官協会

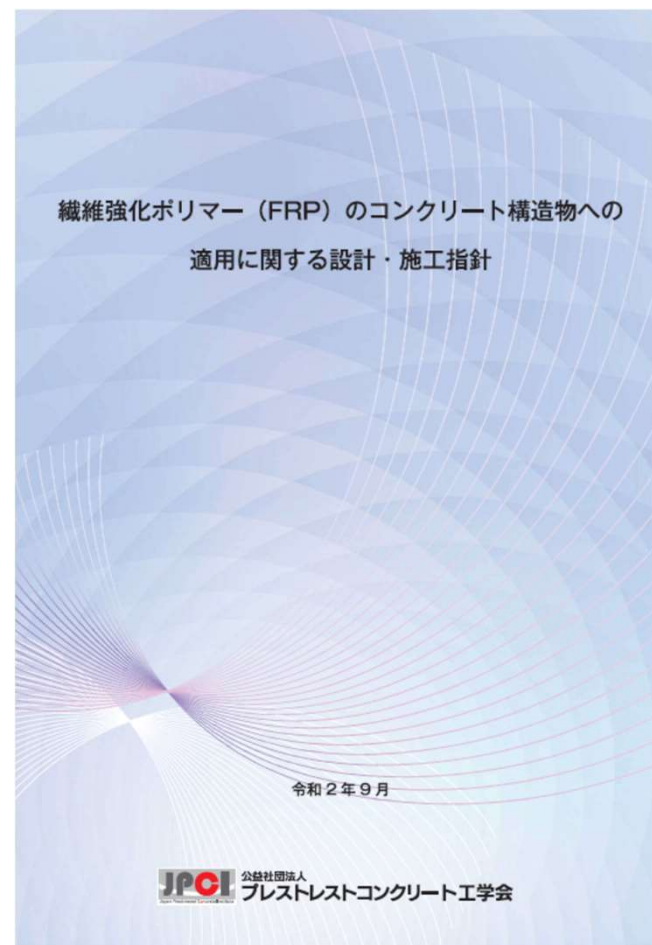


ACI :
アメリカコンクリート工学協会

設計施工のための指針など（国内の例）

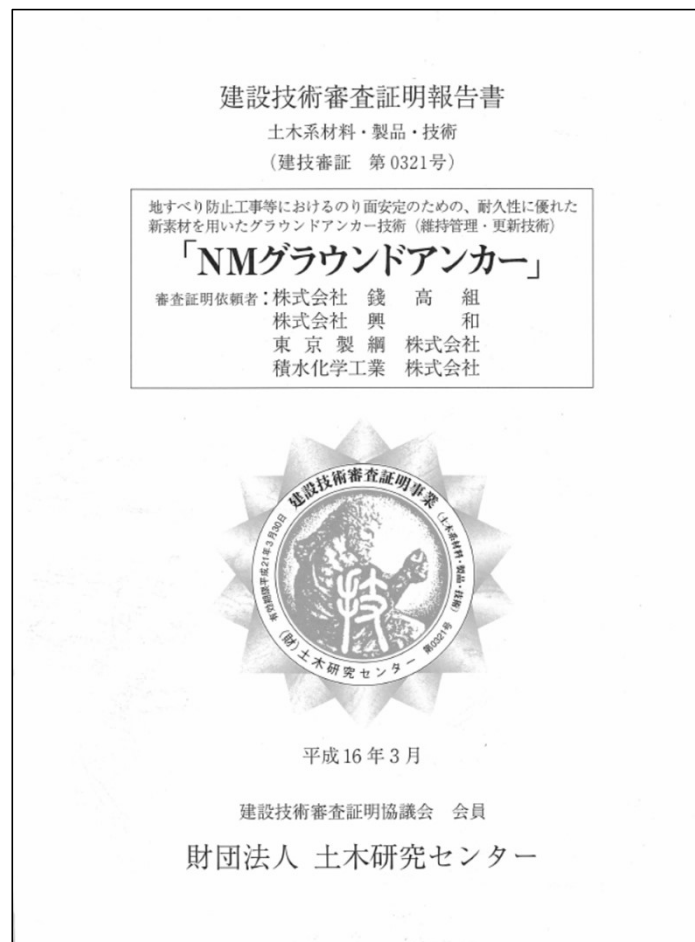


土木学会

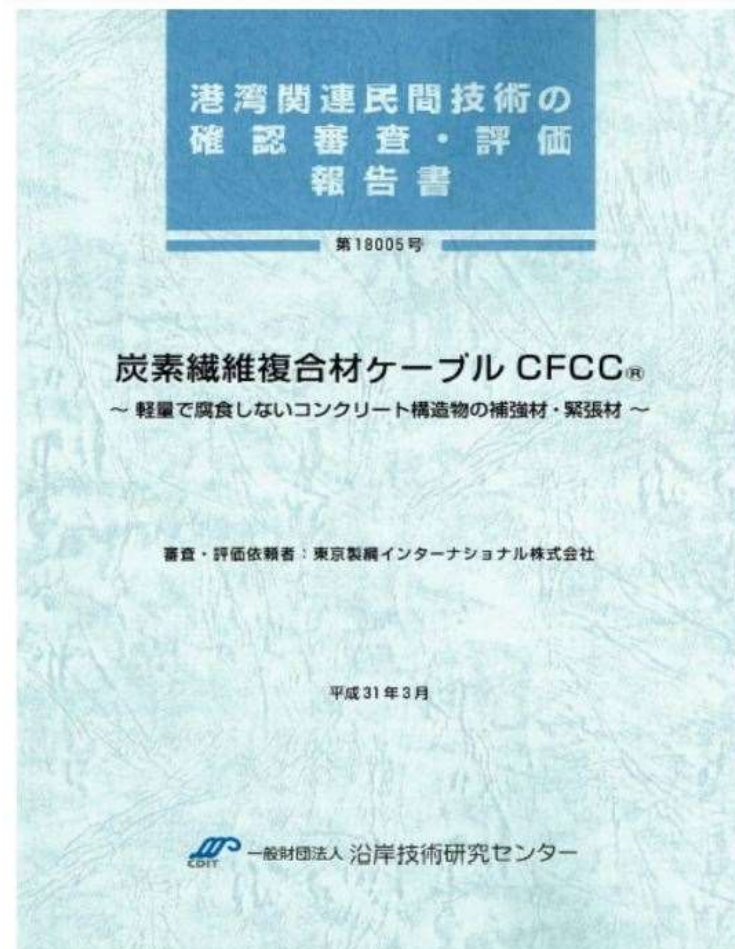


プレストレストコンクリート工学会

設計施工のための指針など（国内の例）



土木研究センター



沿岸技術開発センター

東京製綱インターナショナル株式会社 CFCC土木建築事業部

〒135-8306 東京都江東区永代二丁目37番28号 澁澤シティプレイス永代5階

TEL 03-6366-7701 FAX 03-3643-7750

技術担当: 牛島 健一 E-mail: ushijima.ken-ichi@tokyorope.jp

営業担当: 秋山 実 E-mail: akiyama.minoru@tokyorope.jp

〒914-0061 福井県敦賀市蓬萊町6-15

株式会社秋田船具店

TEL 0770-22-0146(代) FAX 0770-22-2530

社長 秋田 晶 a.akita@akita-s.co.jp 090-3292-3727

専務 秋田 陽祐 y.akita@akita-s.co.jp 090-2125-7713