

2025.1.14  
UFC道路橋床版研究会  
技術セミナー

**土木学会**

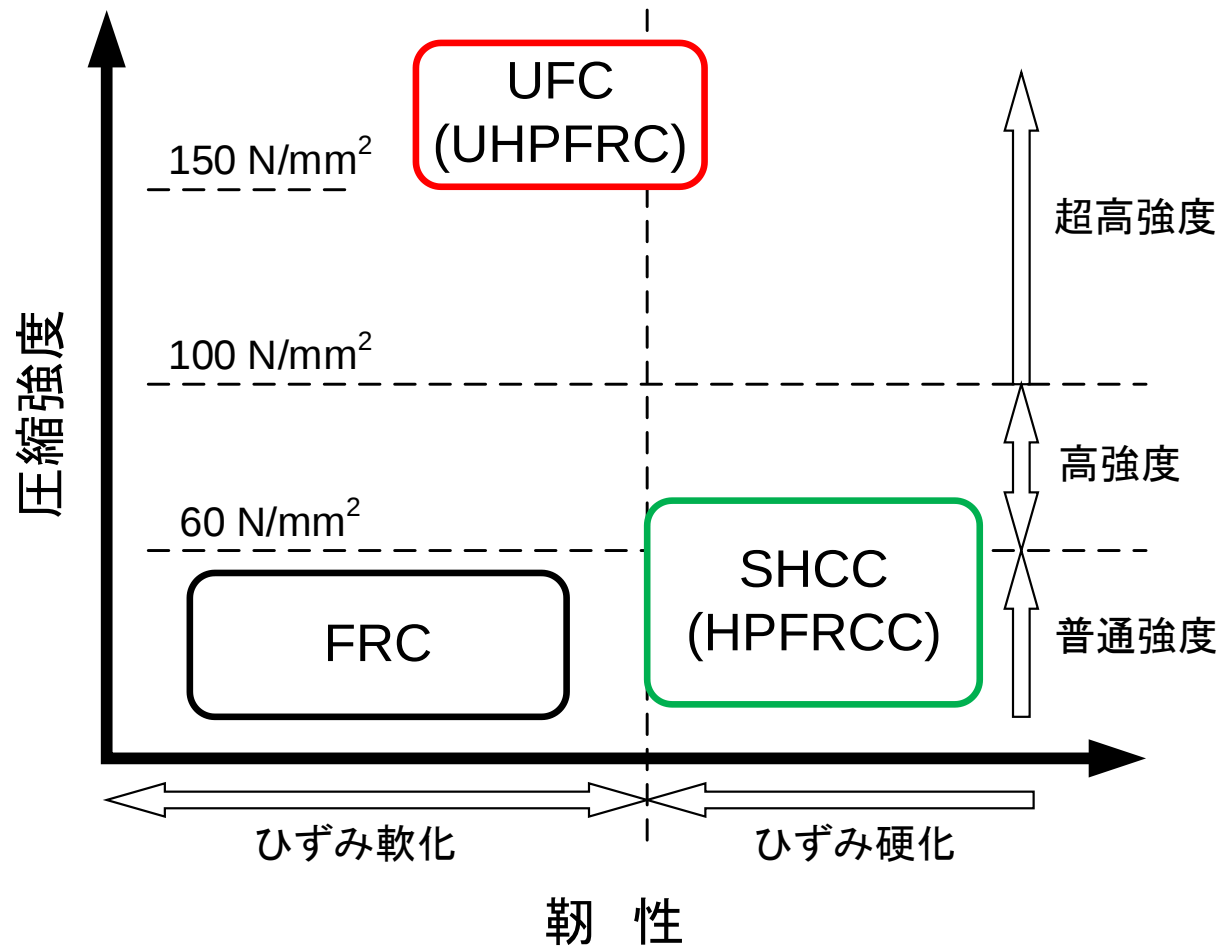
# **高強度繊維補強セメント系複合材料の 設計・施工指針（案）**

**内田 裕市**

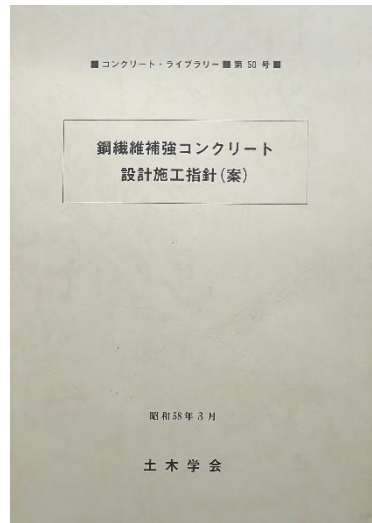
# 話 題

- これまでの繊維補強コンクリート(FRCC)の指針
- VFC指針

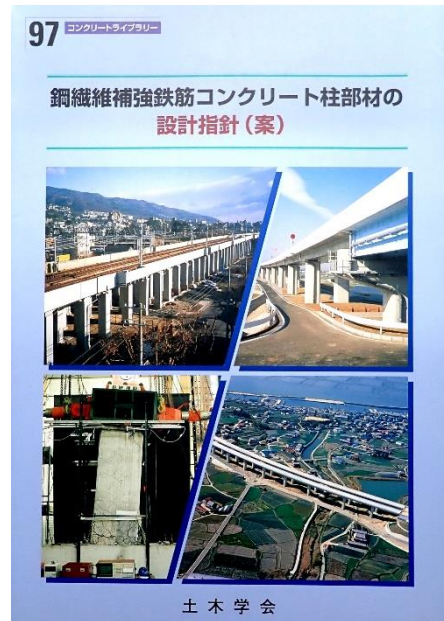
# FRCCの分類



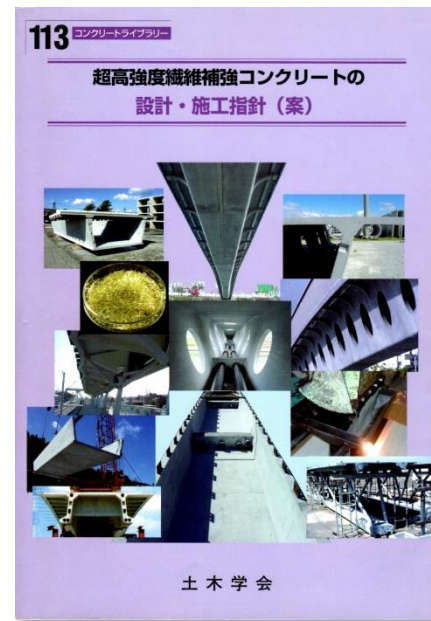
# 土木学会 FRCC指針



SFRC (1983)



SFRC RC 柱 (1999)



UFC (2004)

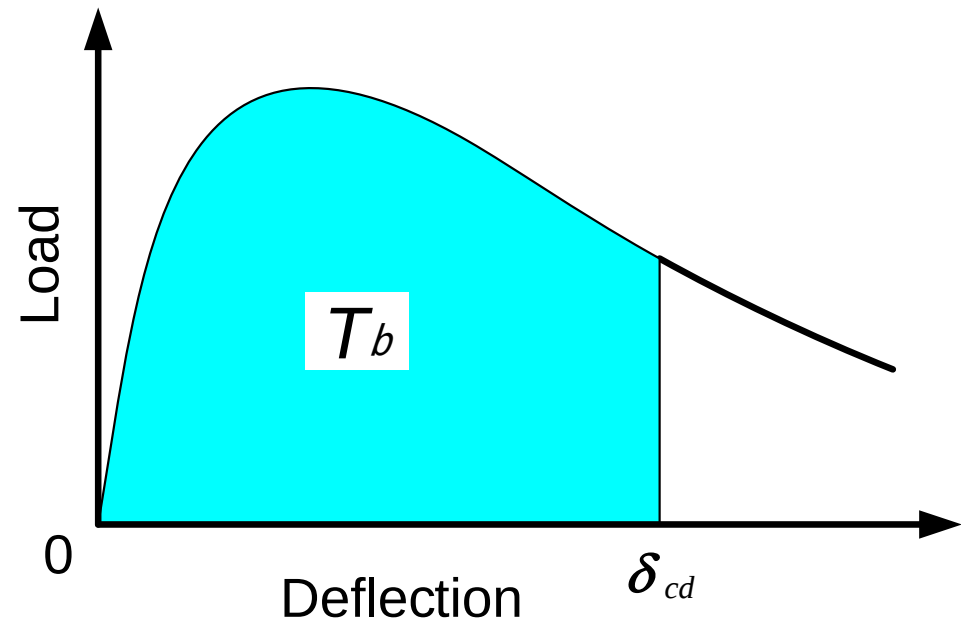
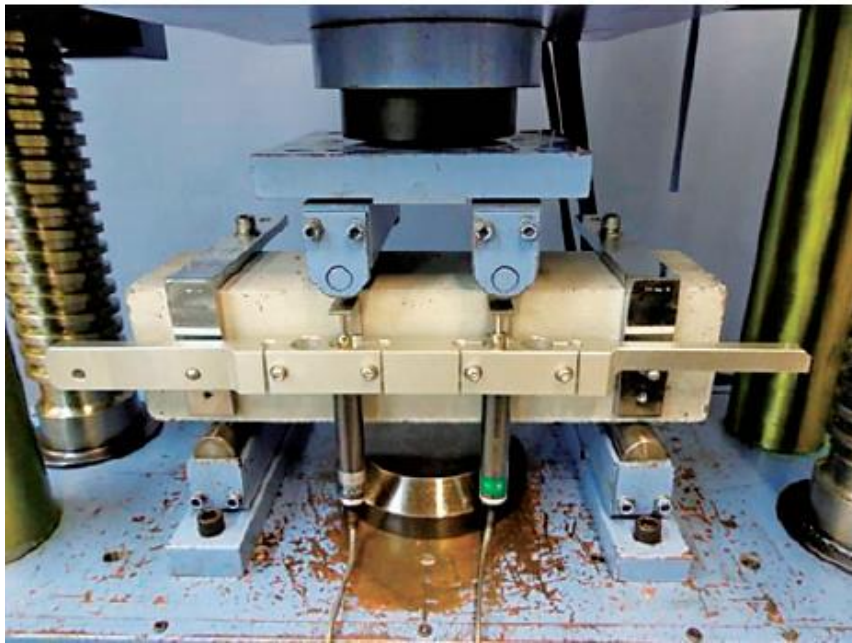


HPFRCC (2007)

- 鋼繊維補強コンクリートの設計施工指針(案) (1983)
- 鋼繊維補強鉄筋コンクリート柱部材の設計指針(案) (1999)
- 超高強度繊維補強コンクリートの設計施工指針(案) (2004)
- 複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料の設計施工指針(案) (2007)

# SFRC指針

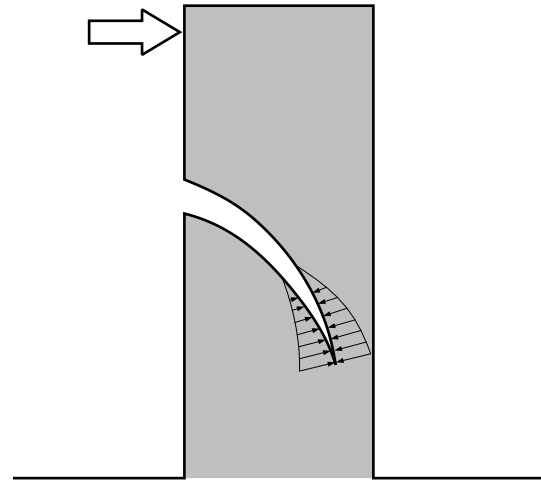
## 繊維補強コンクリートの設計施工指針(案) (1983)



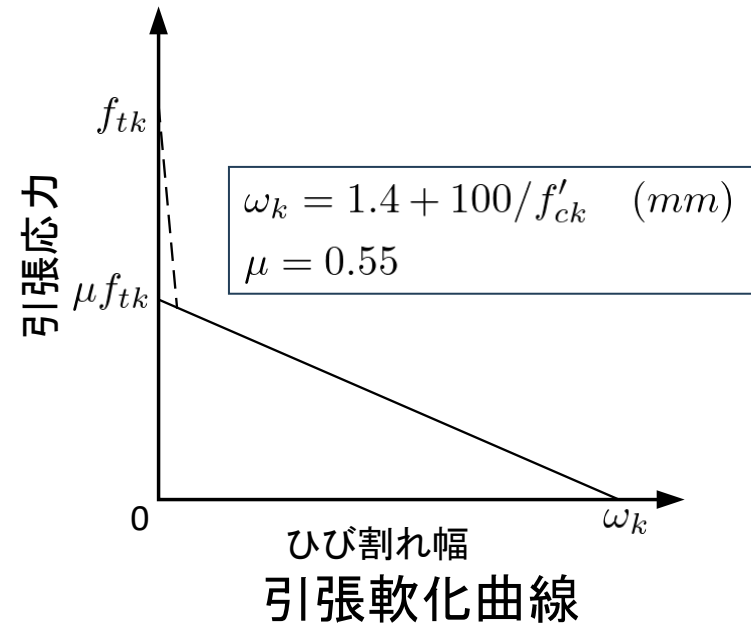
曲げタフネス試験

# SFRC柱指針

## 鋼繊維補強鉄筋コンクリート柱部材の設計指針 (案) (1999)



SFRC RC柱のせん断強度



$$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd} + V_{ped}$$

$$V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b$$

$$f_{vcd} = 0.2 \cdot (1 + \kappa) \cdot \sqrt[3]{f'_{cd}}$$

$\kappa$  : SFRCの効果を考慮する係数 (=1.0)

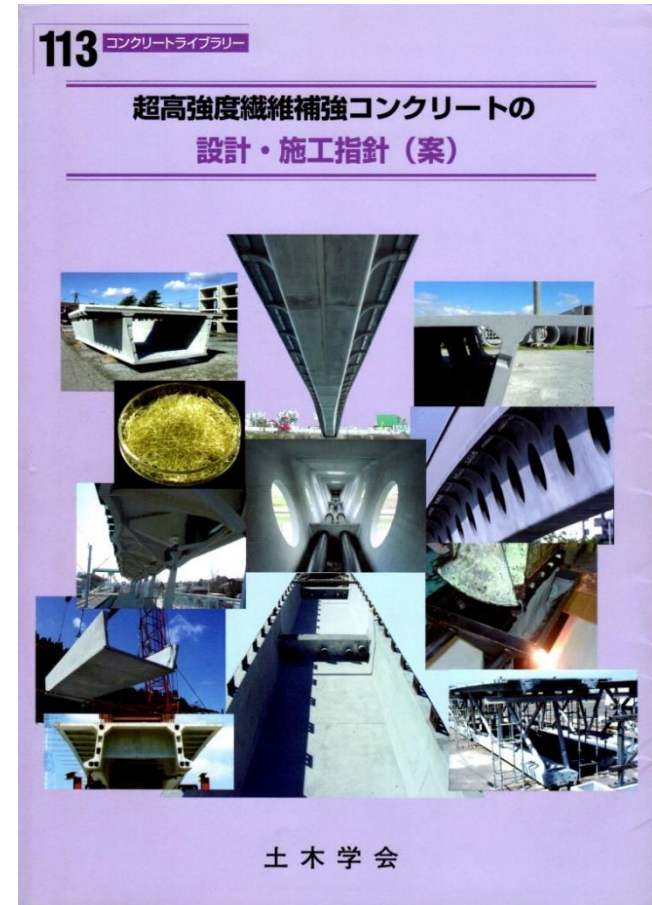
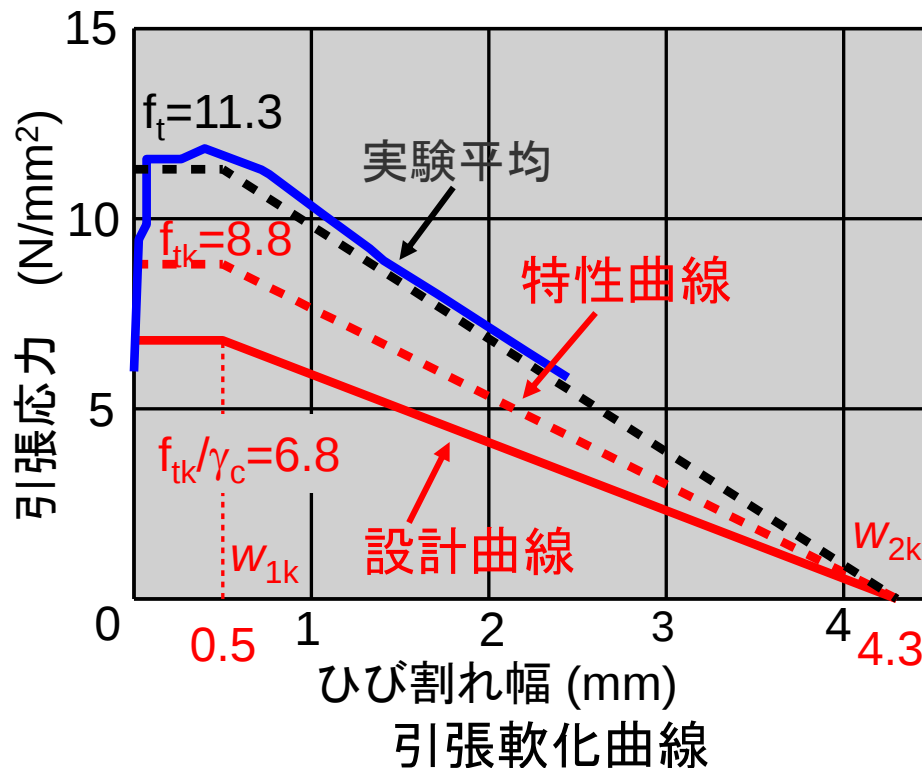
$$\beta_d = \sqrt[4]{1/d} \quad (d : m)$$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100p_w}$$

# UFC指針

## 超高強度繊維補強コンクリートの設計施工指針(案) (2004)

圧縮強度  $f'_{ck} = 180 \text{ N/mm}^2$   
ひび割れ発生強度  $f_{crk} = 8.0 \text{ N/mm}^2$   
引張強度  $f_{tk} = 8.8 \text{ N/mm}^2$



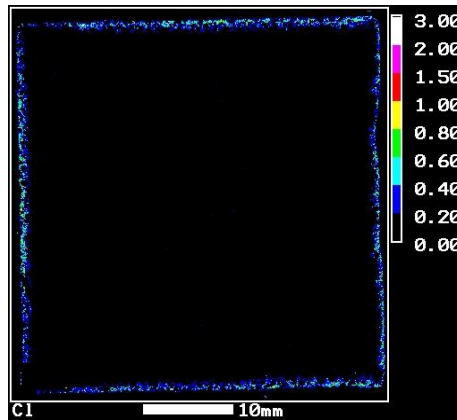
# UFC指針

## 超高強度繊維補強コンクリートの設計施工指針(案) (2004)

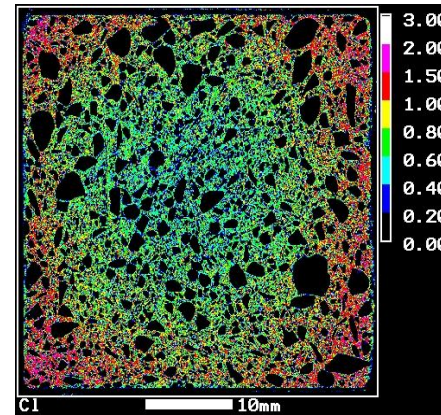
### 設計コンセプト

- 超高強度(圧縮強度)を使う
- ひび割れを許容しない
- 鉄筋を使用しない
- 終局時に引張分担を考慮する
- 超高耐久を使う

⇒ プレストレストコンクリート



(a) UFC



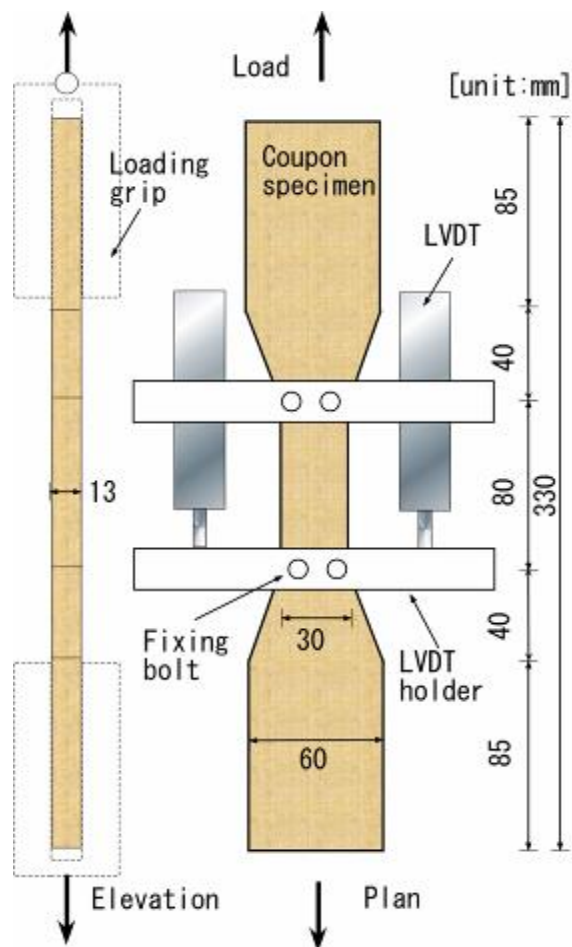
(b) w/c=0.4

40 × 40 mm

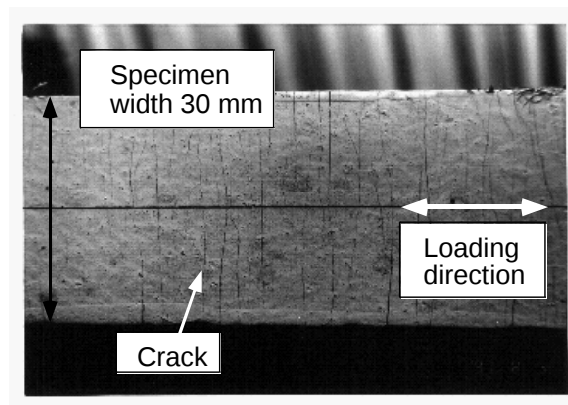
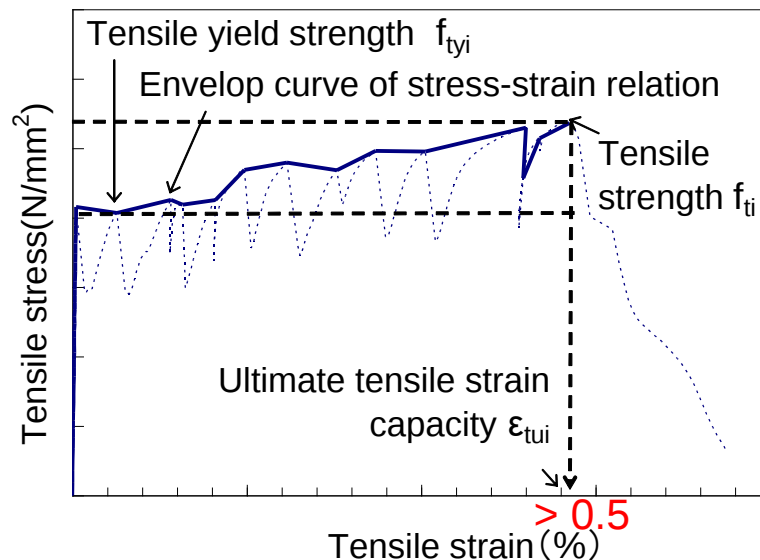
60°C 海水－乾燥30回繰返し後の Cl<sup>-</sup> イオン侵入

# HPFRCC指針

## 複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料の 設計施工指針(案)(2007)

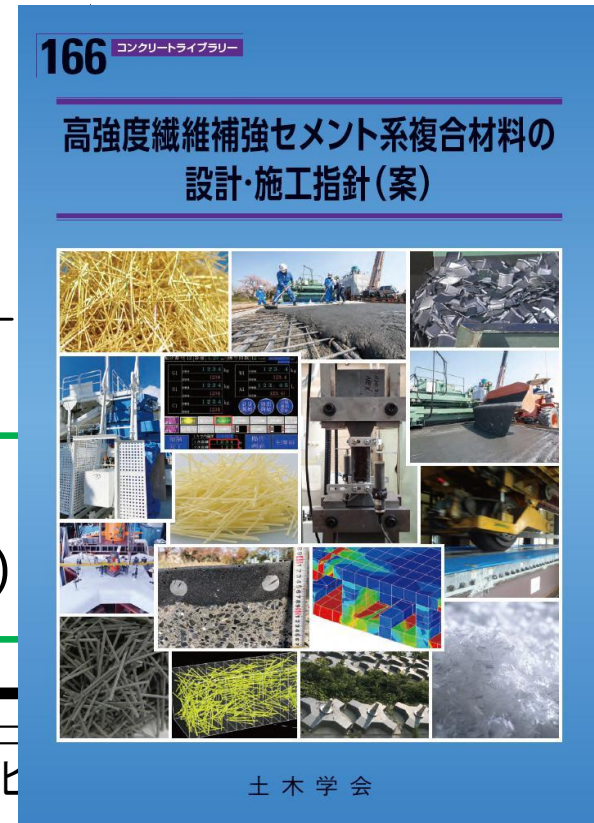
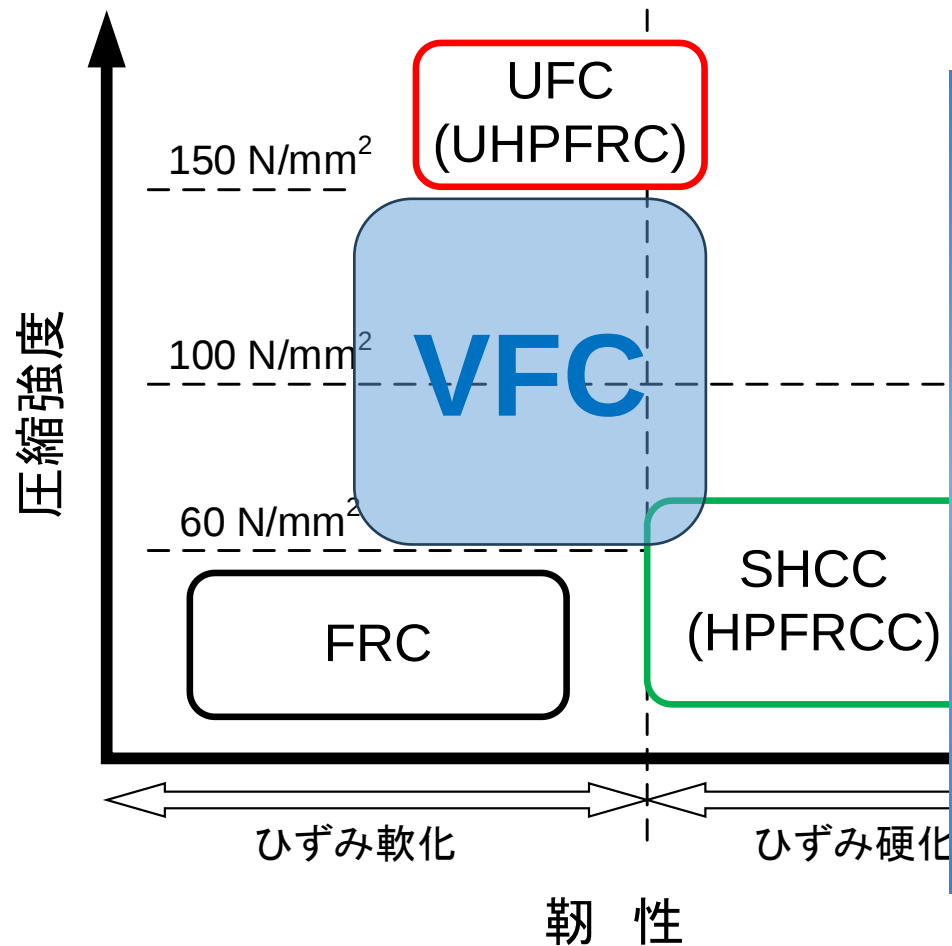


一軸引張試験



$$w_{mean} < 0.2 \text{ mm}$$

# FRCCの分類



2024.9 発刊

**V**ery high strength **f**iber reinforced cementitious **c**omposites

# VFC指針

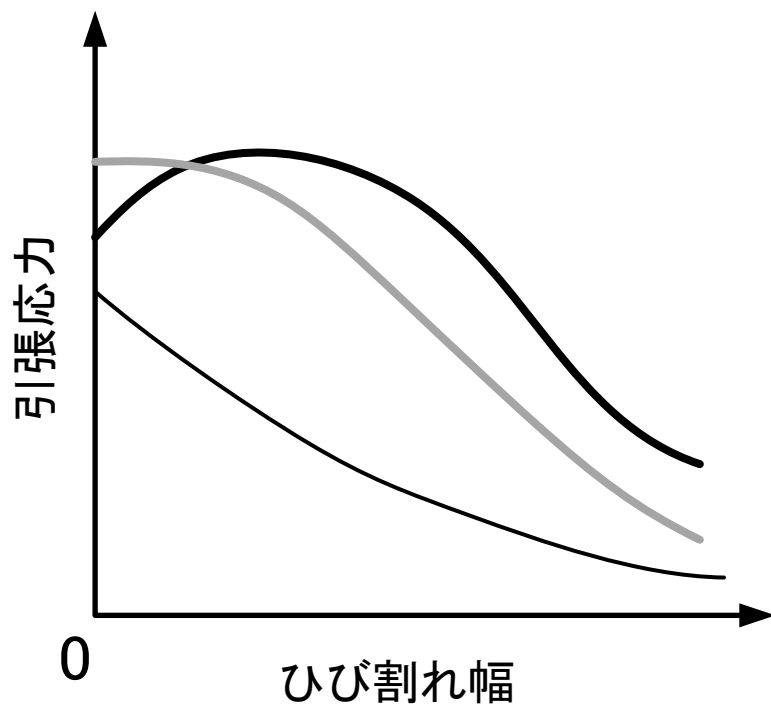
## 高強度繊維補強セメント複合材料の設計施工指針 (案) (2024)

### VFC 構造の設計コンセプト

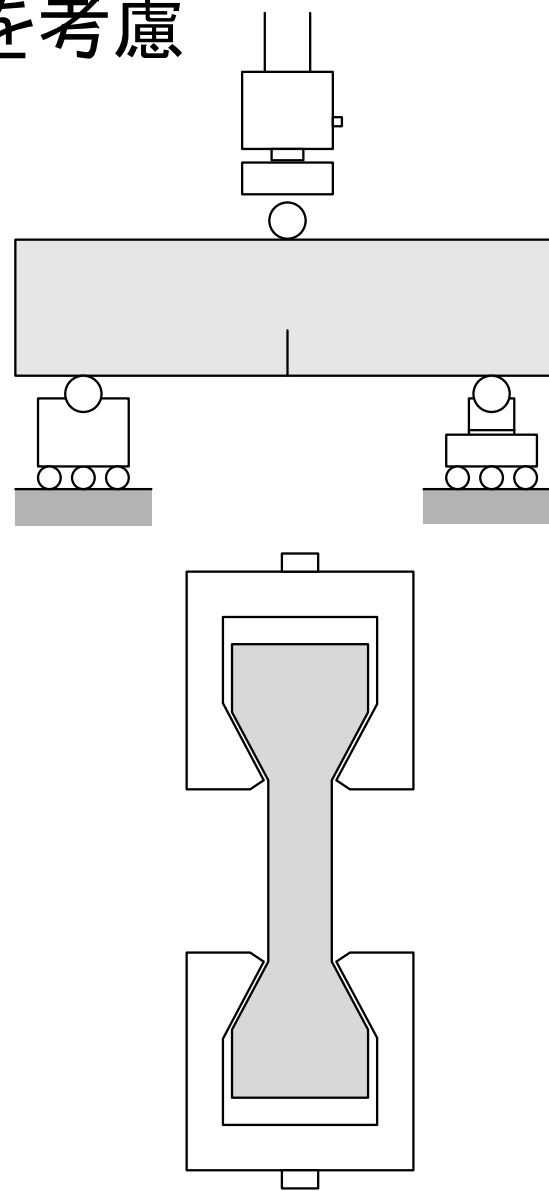
- 圧縮強度:  $> 60 \text{ N/mm}^2$
- 使用時にひび割れを許容する
- 鉄筋を使用する
- 引張分担を考慮する
- 繊維の配向性を考慮する (配向係数)

# VFC指針

ひび割れ発生以降の応力分担を考慮



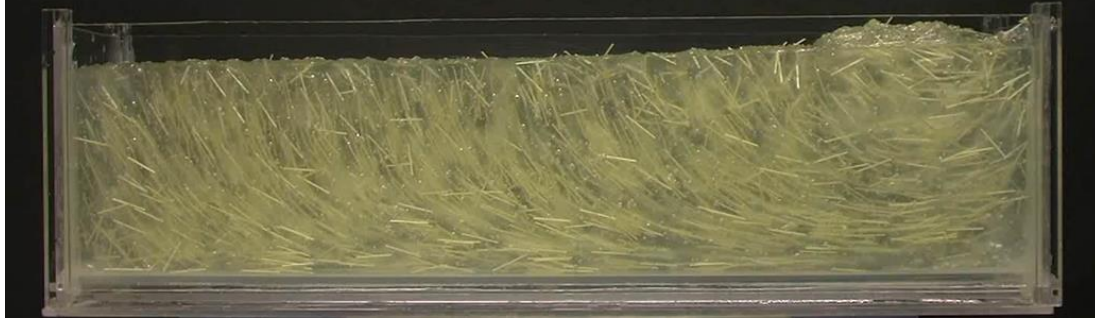
引張軟化曲線



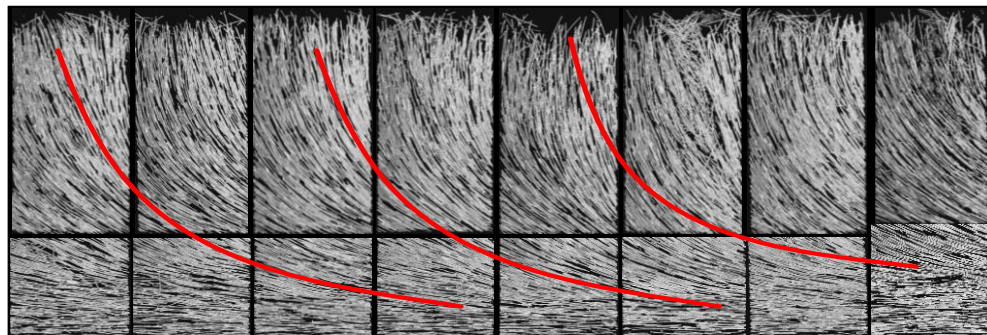
試験により定める必要あり

# 配向係数

モデルコンクリート (SAP + PVA fiber)



材料試験に用いる供試体にも配向性がある



X-線 CT 画像

# 配向係数

- 配向性を有する供試体から求められた引張特性  $\sigma(w)$
- $\sigma(w)$ を用いて部材耐力を算定  $P_{cal}$
- 部材中の配向は不明  $P_{exp} \neq P_{cal}$
- 配向係数  $\kappa_f$  を導入
- $\kappa_f \sigma(w)$  を用いて部材耐力を算定  $P'_{cal}$
- $P_{exp} = P'_{cal}$  となるように  $\kappa_f$  を定める

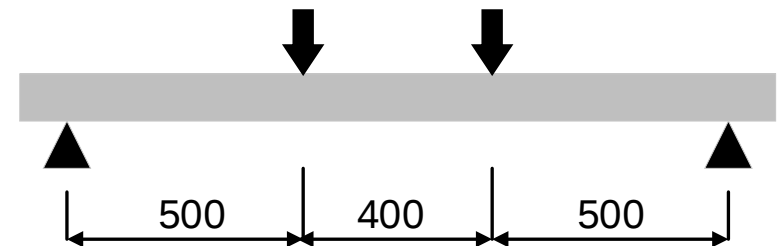
# 配向係数の共通試験

スラブ 1000 × 1600 × 100 mm  
無筋、有筋  
VFC 7種類  
載荷 正・負載荷



## $\kappa_f$ の試験結果

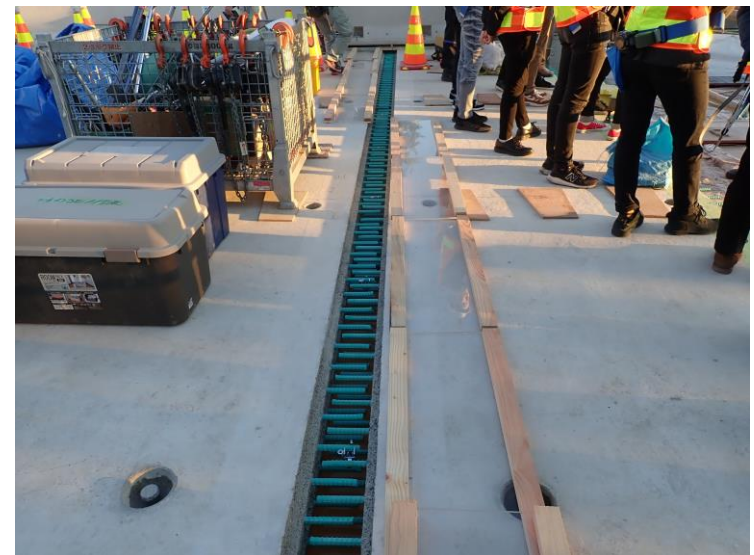
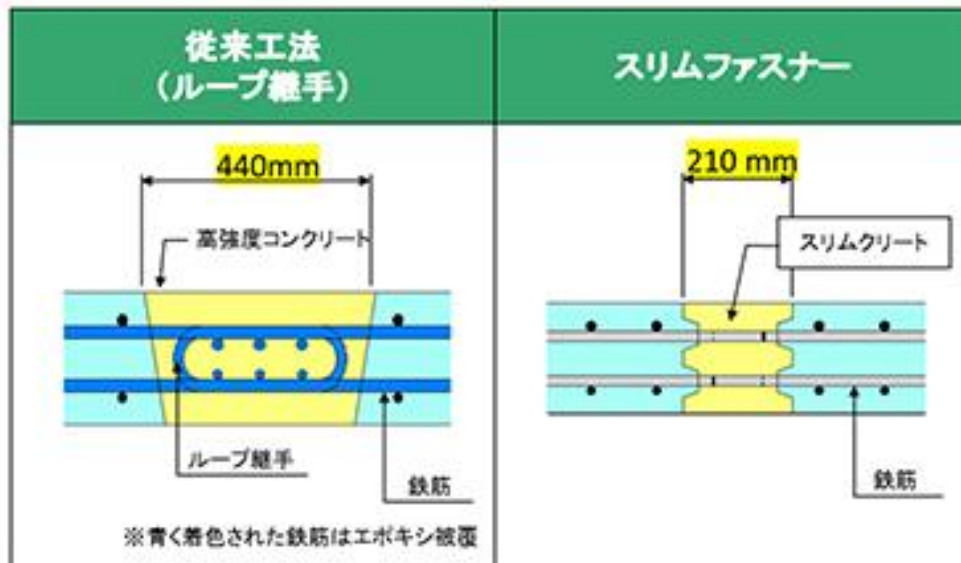
無筋・正載荷 0.81~1.57  
有筋・正載荷 1.50  
無筋・負載荷 0.51~0.89  
有筋・負載荷 0.83~0.97



⇒ 部材試験を実施しない場合には  $\kappa_f = 0.5$   
 $\kappa_f$  の上限1.5

# VFCの適用事例

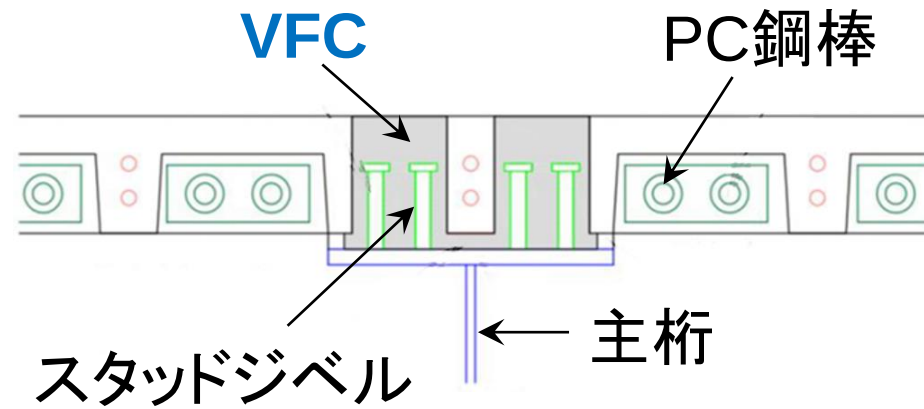
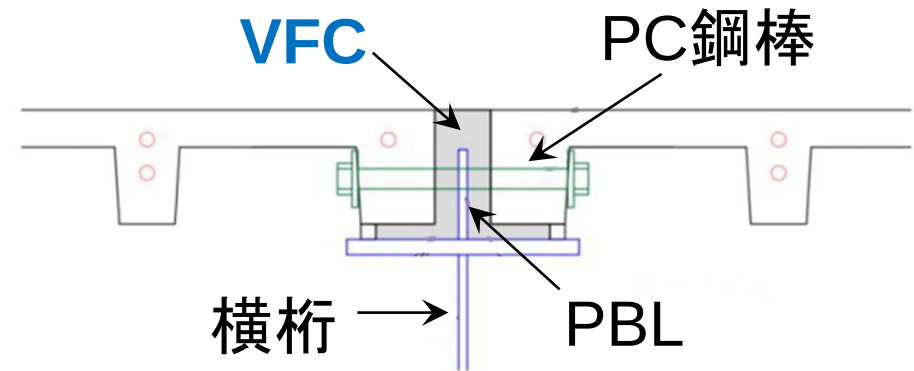
## UFC材料のVFC使い スリムファスナー



大林組HPより

# VFCの適用事例

## UFC床版のジョイント



# VFCの適用事例

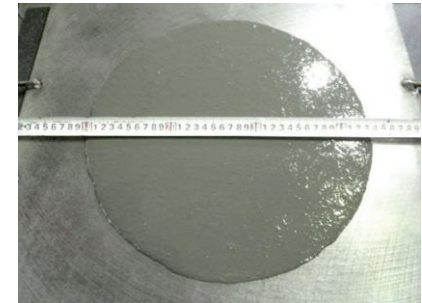
## ESCON

$$f'_{ck} = 150 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{tk} = 6.8 \text{ N/mm}^2$$

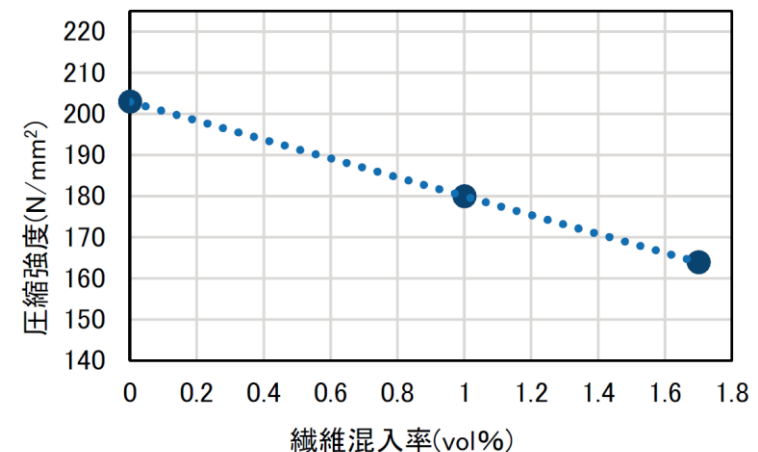
$$W/C = 15\%$$

$$V_f = 1.7\% \text{ (}\Phi 0.2\text{mm, 長さ12mm PVA繊維)}$$



## 適用例

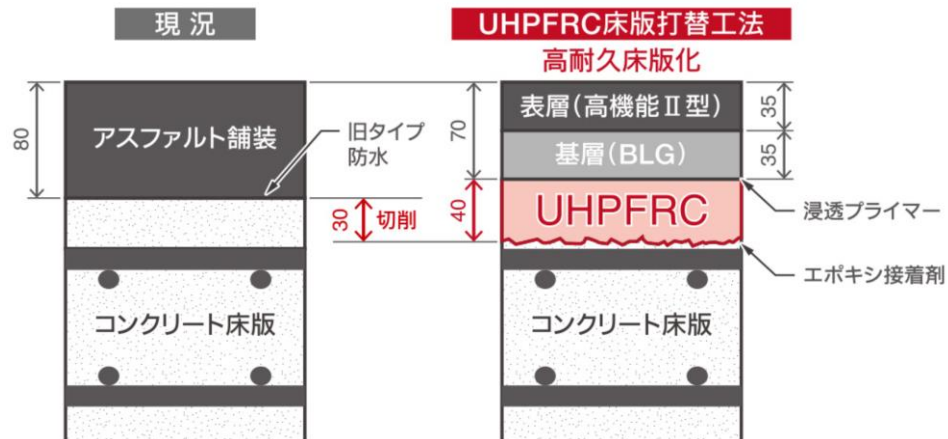
- スラブ(道路橋床版)
- デッキ(覆工版)
- 受圧板(アースアンカー)
- ビーム(高強度鉄筋との組合せ)
- ジョイント(床版鉄筋継手)



繊維混入率と圧縮強度の関係

# VFCの適用事例

## 床版断面修復



岡谷高架橋改良工事(鹿島建設)



J-ティフコム



大林組

# まとめ

指針には設計，施工，維持管理が記載されている。

しかし，本指針はマニュアルではない。

具体的な特性値や算定式は示されていない。

実際に設計をするためには，事前の情報収集と設計者の判断（センス）が必要。