

炭素繊維による耐震補強

# SR-CF工法<sup>®</sup>

Seismic Retrofit by Carbon Fiber Sheet



SR-CF工法研究会

# SR-CF工法<sup>®</sup>

Seismic Retrofit by Carbon Fiber Sheet

建防災発第23002号

2004年 日本建築学会賞(技術)受賞

平成14年度 日本材料学会技術賞受賞

平成13年度 国土技術開発賞受賞

国土交通省 新技術情報システム (NETIS:登録番号KT-010053-V)

SR-CF工法は、炭素繊維シートを用いて、すべての耐震部材を補強可能にした工法です。CFアンカーを併用することにより、炭素繊維シート補強のメリットである施工性、安全性、静粛性はそのままに、壁付き柱やスラブ付き梁・耐震壁にも、独立柱と同様に高い補強効果が得られます。本工法の設計施工指針は、数多くの実験データに基づき作成されており、(一財)日本建築防災協会の技術評価を取得しています。

## SR-CF工法の特徴

### 居ながら短工期施工

- 資材が軽量で大がかりな機材が不要です。
- 火気や溶接が不要です。
- 騒音、振動が少ない工法です。
- 鋼板補強やコンクリート巻き立てなどの工法に比べて短工期で施工できます。

### 大きな補強効果と高い信頼性

- 建物の耐震性能(耐力、変形性能)を向上させることができ、その評価方法が確立されています。
- 耐火性能の評価方法が確立されています。

### 広範な適用対象

- 補強対象となる建物は、建築年代や用途により鉄筋の種類(丸鋼、異形鉄筋)や構造形式(RC造、SRC造)など、さまざまです。SR-CF工法では、各種構造に対応した補強設計法が確立されています。
- 既存部材のコンクリート強度は $11.8\text{N}/\text{mm}^2$ 以上とします。

### 容易な施工

- CFアンカーを用いるため、従来、施工が難しかった壁付き柱や梁、壁の補強にも研り作業がなく、また、アングルや、あと施工アンカーなども必要とせず、すべて炭素繊維で補強可能なため、施工が容易です。

## CFアンカーの特徴

CFアンカーとは、炭素繊維ストランドを束ねたもので、この束ねた炭素繊維ストランドの端部を扇状に広げて炭素繊維シートに接着します。

柱に壁が取り付けられている場合に、柱に巻き付けた炭素繊維シートが壁によって分断されますが、壁に小さな孔をあけてCFアンカーを挿入し、分断された炭素繊維シートを繋ぐことにより、閉鎖型の補強層を形成します。

※CFアンカーは現場作製と工場作製品があります。

写真:工場製品/CFアンカー



## 品質規格と設計強度

### 炭素繊維シートの品質規格

項目		品質規格
3,400MPa級	引張強度	$3,400\text{N}/\text{mm}^2$ 以上
	ヤング係数	$(230+39)\sim(230-20)\text{kN}/\text{mm}^2$

### 炭素繊維シートの設計強度

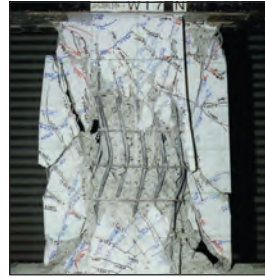
補強部位	設計強度
柱・梁	$2,300\text{N}/\text{mm}^2$
壁	$680\text{N}/\text{mm}^2$

SR-CF工法は、RC造、SRC造の独立柱はもちろん、垂壁・腰壁付き柱、袖壁付き柱、耐震壁、スラブ付き梁など、すべての耐震部材を補強可能な耐震補強工法です。数多くの構造実験に裏付けられた信頼性の高い工法で、その実験の範囲内では9N/mm<sup>2</sup>程度の低強度コンクリト部材でも評価できることを研究会として確認しています。

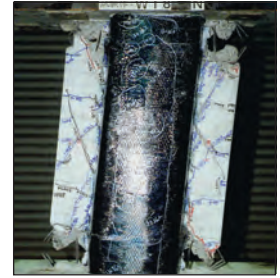
**壁付き柱も簡単に補強できます。**

炭素繊維シートの補強効果を発揮させるには、シートを柱の周りにぐるりと取り囲むように閉鎖型に巻き付ける必要があります。従来、壁（袖壁、腰壁、垂壁など）の付いた柱を閉鎖型に補強するには、柱と壁の間にスリットを設けたり、ボルトで定着鉄板をとめるなど、複雑な事前施工が必要でした。

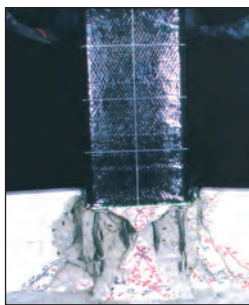
SR-CF工法では、CFアンカーを用いることにより複雑な事前準備を行うことなく、閉鎖型の補強効果を発揮させることができます。



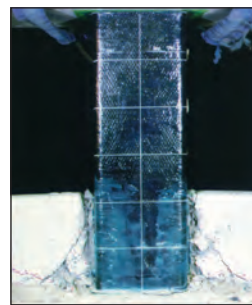
補強なし



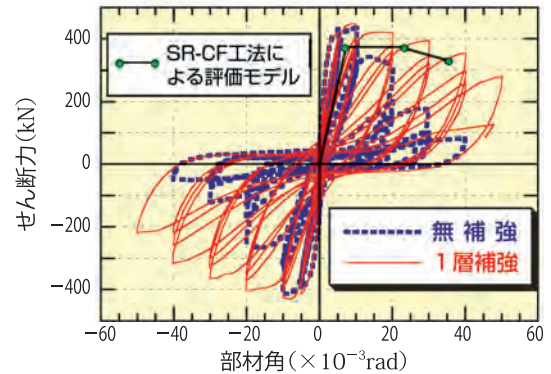
補強あり



補強なし



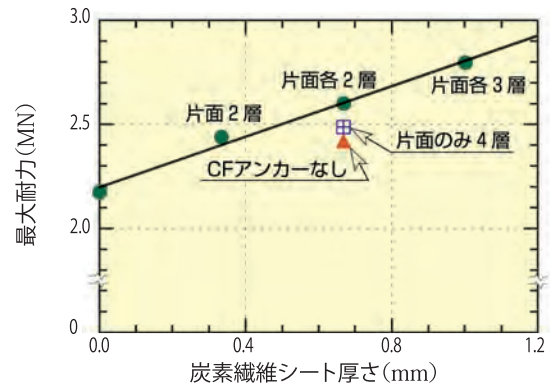
補強あり



**強度不足の耐震壁も容易に補強できます。**

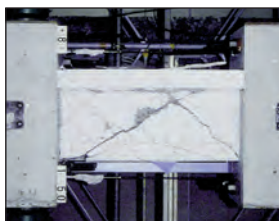
炭素繊維シートを壁板に貼り付けるだけでは不十分で、補強量に見合った補強効果を出すことはできません。しかし、シート端部を耐震壁周辺の柱・梁にしっかりと定着すれば、補強量（貼付シート枚数）に比例した補強効果が得られます。

SR-CF工法のCFアンカーを用いれば定着は容易であり、耐震壁の補強を確実に実現することができます。

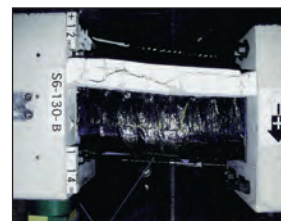


**スラブ上面を傷めずに梁補強ができます。**

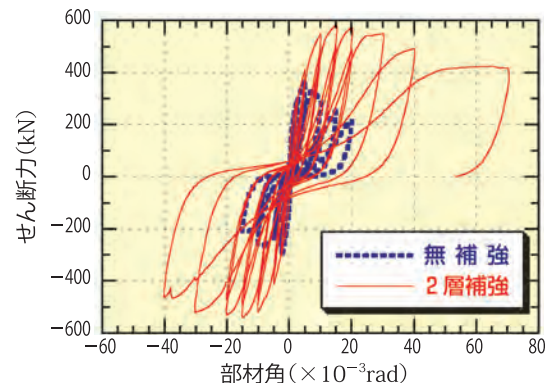
あばら筋方向に炭素繊維シートをUの字形に貼り付け、CFアンカーを用いてシート端部をスラブ内に定着することで、閉鎖型の補強効果を発揮させることができます。



補強なし



補強あり



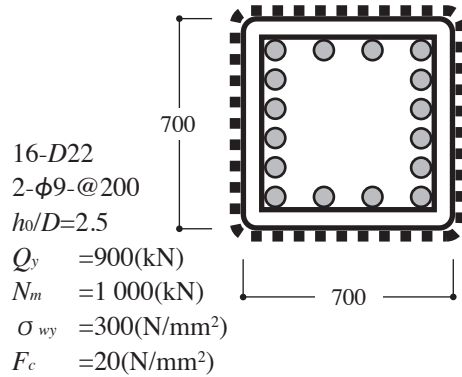
炭素繊維シートで既存部材を閉鎖型に拘束すると、せん断耐力の上昇はもとより、靱性能力も大幅に改善されます。SR-CF工法を用いると「より確実・より経済的」に補強設計ができます。

右記の柱を「文献1」と比較します。

SR-CF工法では、トラスアーチ理論に基づくせん断強度式を採用し、同時に付着破壊モードも考慮しています。

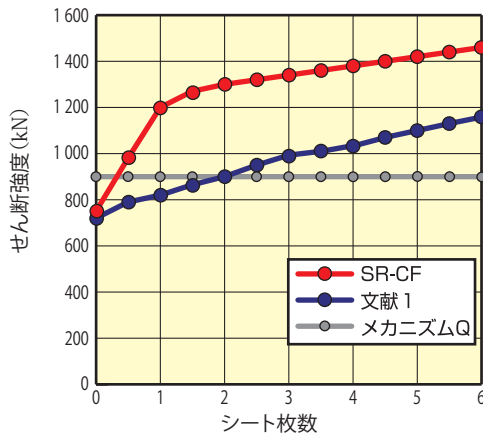
シート枚数の増加とともに、補強後のせん断強度は急激に増加し、あわせて靱性能力(靱性指標:F値)も大幅に改善されることが分かります。

文献1:『連続繊維補強材を用いた既存鉄筋コンクリート造及び鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計・施工指針』(財)日本建築防災協会2010年改訂版



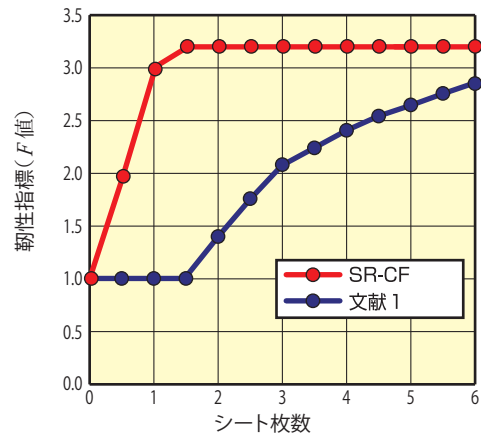
### 補強効果の例 (せん断強度)

既存評価式と比較して、せん断強度を正確に、より高く評価することができます。



### 補強効果の例 (靱性指標)

炭素繊維シートの拘束効果を厳密に評価し、靱性指標をより大きく正確に評価できます。



SR-CF工法は、平成9年4月に数多くの学識経験者および建設会社・施工会社・材料メーカーの有志によって発足した「炭素繊維シートによる建築物の補修補強工法研究委員会(委員長:森田司郎 京都大学名誉教授)」の研究成果を基にしています。

当初の独立柱から、CFアンカーを取り込むことによって壁付き柱へ、さらに、梁・耐震壁へと拡張し、現在では、すべての耐震部材を炭素繊維シートによって補強することが可能になっています。

平成9年 4月 補修補強工法研究委員会(委員長:森田司郎 京都大学名誉教授)が発足

平成9年 12月 (財)日本建築センター「コンクリート構造評定・防災性能評定」を取得(建築基準法旧38条、67条の2)

平成10年 7月 独立柱:建設大臣の一般認定を取得(建築基準法旧38条、67条の2)

平成11年10月 壁付き柱を包含:(財)日本建築防災協会の「技術評価」を取得<sup>注)</sup>(建防災発第1288号)

平成13年 2月 耐震壁・梁を包含:(財)日本建築防災協会の「技術評価」を取得<sup>注)</sup>(建防災発第1399号)

平成18年 6月 同上:(財)日本建築防災協会の「技術評価」を追加・更新(建防災発第1978号)  
(建防協2001年改訂版 RC耐震診断基準に準拠)

平成23年 7月 同上:(財)日本建築防災協会の「技術評価」を追加・更新(建防災発第2762号)  
(建防協2009年改訂版 SRC耐震診断基準に準拠)

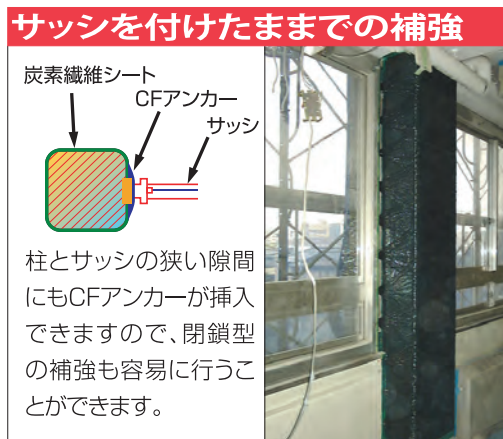
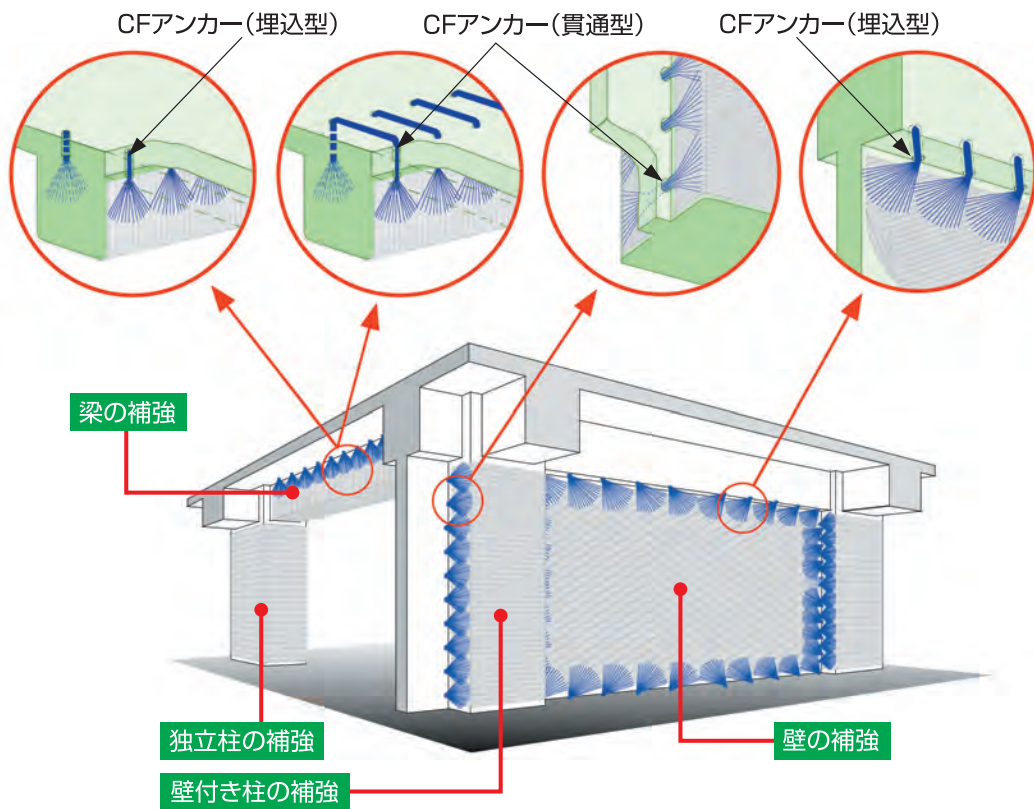
平成25年 3月 同上:(一財)日本建築防災協会の「技術評価」を更新(建防災発第12118号)

平成30年 4月 同上:(一財)日本建築防災協会の「技術評価」を更新(建防災発第18065号)  
(建防協2017年改訂版 RC耐震診断基準に準拠)

令和5年 4月 同上:(一財)日本建築防災協会の「技術評価」を更新(建防災発第23002号)

注(一財)日本建築防災協会の技術評価は下記の10社で取得

清水建設(株)／鹿島建設(株)／(株)コンステック／ショーボンド建設(株)／日鉄エンジニアリング(株)／大成建設(株)／  
(株)東邦アーステック／東レ(株)／日鉄ケミカル&マテリアル(株)／三菱ケミカルインフラテック(株)



サッシを付けたままの補強

炭素繊維シート  
CFアンカー  
サッシ

柱とサッシの狭い隙間にもCFアンカーが挿入できますので、閉鎖型の補強も容易に行うことができます。

すべての耐震部材に  
適用できます。

## 下地処理

補強部位のコンクリート表面を平滑で脆弱部のない状態とします。隅角部は半径20～30mmの曲面に整形します。大きなひび割れには樹脂注入などによる補修を行います。



貫通孔穿孔

## 穿孔 (CFアンカー用)

CFアンカーを用いる場合には、壁の柱際にCFアンカーを通すための貫通孔を設けます。スラブ付き梁や耐震壁の補強の場合、埋込型 (非貫通) タイプもあります。



CFアンカーの作製

## プライマー塗布

炭素繊維シートの接着を強固にするため、コンクリート表面にプライマーを塗布します。指触硬化後、必要に応じてコンクリート表面をエポキシパテにて再度平滑にします。



CFアンカーへの樹脂含浸

## 炭素繊維シート貼付け

柱の周方向に、エポキシ樹脂を含浸させながら炭素繊維シートを貼り付けます。CFアンカーを接着する部分には、柱材軸方向に炭素繊維シートを下貼りしておきます。



CFアンカーの挿入

## CFアンカーの作製

必要本数の炭素繊維ストランドを束ねてCFアンカーを作製します。

## CFアンカーの樹脂含浸・取付け

CFアンカーにエポキシ樹脂を含浸させ、壁の孔に挿入します。CFアンカー端部のストランドを扇状に広げ、柱面に貼り付けた炭素繊維シートにエポキシ樹脂で接着します。



CFアンカーの貼付け

## 仕上げ

必要に応じて、モルタル塗り、ボード張り、塗装などの仕上げを行います。どのような仕上げも自由に選択できます。

## SR-CF工法研究会

事務局  
日鉄ケミカル&マテリアル株式会社 コンポジット事業部  
〒103-0027 東京都中央区日本橋 1-13-1 日鉄日本橋ビル  
Tel: 03-3510-0341 Fax: 03-3510-1196  
URL: <https://www.sr-cf.com>