

FAQ 連続繊維補強工法「よくある質問」

協会では、協会事業や連続繊維補強工法の施工技術等にかかわるお問い合わせを受け回答していますが、それらのうちから、比較的頻度の高いものにつきご紹介します。まずは、ご覧下さい。

Q 1. 連続繊維補強材は建築基準法に規定する指定建築材料として、一般建築に利用することができるのでしょうか。建築材料の指定を受けた材料は、どのような要件を満たしているのでしょうか。

A 1. 連続繊維補強材は、平成 18 年 2 月 28 日付けの「平成 13 年国土交通省告示第 1024 号の一部改正」において、許容応力度の指定を受けることができることになりました。但し、原則としてその適用は既存建築物の耐震改修工事であり、補強方法は、連続繊維シートを既存柱の外周部に巻き付けて補強する工法とされています。また連続繊維は炭素繊維シート及びアラミド繊維シートが、含浸接着樹脂はエポキシ樹脂がそれぞれ対象とされています。すなわち、指定を受けた材料を用いて耐震改修することにより、既存不適格建築物を建築基準法に適合した建築物へと補強することができることとなります。

国土交通大臣の指定は、繊維シート及びエポキシ樹脂の組み合わせごとに、一定の引張強度、ヤング係数を指定することで行われており、申請された管理条件の下で適切に施工されることによって安定した性能を発揮します。

Q 2. 協会で実施している連続繊維補強工法の資格認定試験を取得するには、どのような資格要件が必要でしょうか。

A 2. 一般社団法人 繊維補修補強協会では、「連続繊維施工管理士」及び「連続繊維施工士」の資格認定制度を運用しており、資格取得には一定の要件を満たした方が資格認定試験を受験して合格することが必要です。それぞれの資格を受験する要件は次のとおりです。

【連続繊維施工管理士】次の各号の一つに該当し、協会が実施する研修会を受講した者

- ① 1 級又は 2 級建築施工管理技士、1 級又は 2 級土木施工管理技士、1 級又は 2 級建築士、建設部門の技術士、のうち何れかの資格保持者
- ② 「連続繊維施工士」の資格を有する者で、資格取得登録後に工事管理実務経験を 1 年以上有する者
- ③ 建設工事管理実務経験を 3 年以上有する者

【連続繊維施工士】連続繊維補修補強工事の施工経験（管理業務及び補助業務を含む。）2 年以上の者で、協会が実施する研修会を受講した者

なお、連続繊維施工管理士試験は筆記試験が、連続繊維施工士は筆記試験のほか実技試験がそれぞれ行われます。

Q 3. 連続繊維補強材と被補強コンクリート部材の接着性の確認が検査項目としてあげられていますが、評価方法とその判定根拠を教えてください。

A 3. 連続繊維補強材が所定の強度を発揮するには、被補強部材である柱や梁等コンクリート構造部材に密着していることが望まれるため接着強度試験が行われます。接着強度試験は、JSCE E545 : 2007 や ISO10406-2 : 2008Ch8 などが準用されています。判定は、母材コンクリート破壊の場合を合格とし、境界面での剥離や補強材内部での層間剥離は不合格とされています。ただし、境界面剥離でも母材コンクリートの引張強度以上である場合や、 $1.5\text{N}/\text{mm}^2$ 以上であれば合格としています。この値は、一般にコンクリートの引張強度は圧縮強度の $1/10\sim 1/13$ 程度と言われていることや、連続繊維補強工法の補強対象構造物のコンクリート圧縮強度を $13.5\text{N}/\text{mm}^2$ 以上としていることによるものと思われます。

Q 4. 連続繊維補強材の引張強度や継手強度の試験について規格がいくつかあるようですが、評価はどの規格を使えばよいのでしょうか。

A 4. 連続繊維補強材の引張強度試験は、JIS A1191 : 2004 を用いることとされています。A1191 は、廃止された JIS K7073 (炭素繊維強化プラスチックの引張試験方法) を基に、コンクリート補強用連続繊維シートの引張強度試験の規格として設定されたもので、ISO10406-2 に対応しています。なお、関連する規格として、JIS K7165 : 2008 がありますが、この規格は一方プラスチック全般の引張強度試験の規格となっています。

また、連続繊維シートの継手強度の試験方法として、JSCE E542 : 2007 があります。継手強度試験はシートを繊維方向に接着接続した部分の引張強度を確認するための試験ですので、連続繊維シートの引張強度と同等の強度であることが必要です。

Q 5. 連続繊維補強工法を用いた補強部材の仕上げを行う際の標準的仕上げの仕様や留意事項を教えてください。

A 5 . 連続繊維シート工法の仕上げは、連続繊維補強材の表面の保護、防火性能の確保、意匠性などの観点から、必要に応じて、モルタル塗り、塗装、ボード貼りなどの仕上げが施されています。国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「建築改修工事監理指針 平成 25 年度版」の「8.21.8 仕上げ」、(財)日本建築防災協会「2010 年改訂版・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」の「4.2.13 仕上げ」などを参考にしてください。

モルタル仕上げとする場合には、含浸接着樹脂とモルタルとの付着を高めるため、接着剤や付着改善材を施工することが望まれます。接着剤としては含浸接着樹脂と同系統のもの、改善材としては珪砂やメタルラス、立体織布などがあります。

塗装仕上げの場合、一般的な塗装仕上げ塗料として溶剤形アクリルウレタン樹脂塗料が用いられています。この塗料は硬化剤としてイソシアネートを用いているため、含浸接着樹脂であるエポキシ樹脂の硬化剤がアミンブラッシング (硬化剤成分が表面に浮きあがる現象) を起こした場合、この硬化剤と反応し、硬化不良が発生する可能性があります。そのため、アミンブラッシングを起こしにくいエポキシ樹脂プライマーを塗布する仕様を用いる場合がありますが、含浸接着樹脂が通常の硬化状態であればこの工程を省いても性能上問題はありませぬ。また、アクリルウレタン樹脂の 1 層仕上げでは硬化塗膜が薄くなるため、塗布ムラなどで下地が透けてしまう恐れがありますので、2 層仕上げをお勧めします。

Q 6. 上水道施設の補強実績の有無について教えてください。上水道施設の補強工事では特有の規格への合致が求められますが、これに準拠する材料はありますか。

A 6. 連続繊維補強工法は上水道施設の補強にも多数用いられており、その補強に対しては、例えば全国上下水道エポキシ工事業協会から、「水道用施設のコンクリート補強・防食/炭素繊維シートによる耐震補強設計・施工マニュアル (案) 2000 年 10 月」や「エポキシ樹脂ライニング工法施工要領書・日本水道協会規格・水道用コンクリート水槽内面エポキシ樹脂塗料塗装方法 JWWA K143 適合」などのマニュアルが作成されています。

基本は、補強層の表面に「JWWA K143 : 2004 「水道用コンクリート水槽内面エポキシ樹脂塗料塗装方法」適合の仕上げ材で被覆する。」ということになっています。炭素繊維シートに使用する含浸接着樹脂は溶剤等を含んでいないので、問題はないのですが、それ単体 (JWWA 仕上げをしない状態) での使用はなされていないのが現状のようです。しかしながら、耐食層の剥離・膨潤などの劣化もあり、連続繊維補強材を構成する含浸接着樹脂をはじめプライマー、下地調整材にも規格に適合する材料開発の機運も見られるようで、一部製品には適合するものも出てきているとのこと。

なお、結露を起こしやすい環境であるため施工には注意が必要です。

Q 6-2 また、配水池などの内部の補強に用いる場合の補強方法などについて教えてください。

A 6-2 配水池を、箱型の壁式構造で地震時に面外の曲げに対して強度が不足する場合を想定してお答えします。

①繊維シートに働く引張力を伝達できるような定着が可能であれば、部材端部でも補強することができます。端部内側で入り隅になっている箇所は、金物等で躯体に定着させる必要があります。金物定着では、鋼製のプレートやアングルを用いて繊維シートを抑えボルトで躯体に固定する方法です。金物定着以外ではCFアンカーを用いて定着する工法（SR-CF工法）も開発されています。

②曲げ応力に対して曲げ強度が不足する範囲を繊維シートで補強し、そのシートに働く引張力をシートの接着力を介して躯体に伝達できるだけの余長（定着長）を取ることができれば、必ずしも全体を覆う必要はないと考えられます。

なお、配水池内での施工は水分の存在が問題となりますが、施工可能な条件として「湿度は結露が生じない湿度（85%以下）、雰囲気温度5℃以上」とに注意が必要です。

Q 7. 連続繊維補強材の耐火性能について教えてください。建築部材の補強の場合の耐火被覆の必要性はいかがでしょうか。

A 7. 炭素繊維やアラミド繊維そのものの耐熱性は高いのですが、含浸接着樹脂の耐熱性が高くありません。したがって、耐火被覆などが無い場合には、火災時に連続繊維補強材はその強度を失うと考えることが妥当と思われるます。

建築の分野では耐震改修促進法のもとで、連続繊維補強工法に耐火性能を要求しないことになっています。これは、耐震補強に用いる連続繊維補強材は常時の荷重を負担せず地震時のみその強度を発揮すればよいため、火災に遭遇してもまた貼りなおせばよいという考えに基づいています。地震と火災とは同時に来ないという考えです。

連続繊維補強工法は構造部材の外部から張り付ける工法なので張り直しという対処ができます。土木構造物においてもコンクリートの剥落や劣化防止のための利用で、このような考えが通用できるのであれば、耐火性能は必ずしも要求されないということになるのではないのでしょうか。

Q 7-2. 連続繊維補強材の高温環境での使用可能性はいかがでしょうか。

A 7-2. 連続繊維補強材は、含浸接着樹脂の性能によっては難燃化することはできますが不燃ではないといえます。使用環境温度に対しては、一般的にエポキシ樹脂はガラス転移温度を境に強度特性が大きく変化するので、樹脂がガラス転移温度を超えないように保護しなければなりません。ガラス転移温度は、混入されているフィラー等でかなり変わるので、各メーカーによって違いがあるかと思われます。

なお、60℃程度までの使用環境向けの耐熱樹脂も開発されており、煙突や道路橋床版上面に使用されています。

Q 8. 連続繊維シートを多層に張り付けて補強する際の層数の上限や留意事項について教えてください。

A 8. 基本的には、同種の繊維であって、幾何学的な偏りを考慮しなければ、負担応力は繊維量に比例すると考えられます。200g目付シートを3層施工したものと、300g目付シートを2層施工したものとは同じ効果が期待されます。また、同種の繊維シートであれば、併用についての問題はないと考えます。ただし、含浸接着樹脂は性能が確認された同種の樹脂の使用を推奨します。

含浸接着樹脂は、シートが目付量に応じて、各層ごとに所要の樹脂量を用いる必要があります。土木分野では目付量の大きなシートが用いられることもありますが、300g目付シートの含浸接着樹脂使用料は、0.8 kg/m²（シート面積）、600g目付シートの含浸接着樹脂使用料は、1.2 kg/m²（シート面積）が標準となっています。

また、多層の積層枚数については、設計面で幾何学的偏りを考慮すれば、施工上は層数の制約はないと見られます。ただし、各種指針類においては設計上の制約（せん断補強量の上限）を設けているものもあることに注意が必要です。

以上（20160120）

FAQ 連続繊維補強工法「よくある質問」その2

協会ホームページでは、協会事業や連続繊維補強工法の施工技術等にかかわるお問い合わせを受け回答していますが、それらのうちから、比較的頻度の高いものにつき、第2回として以下ご紹介いたします。

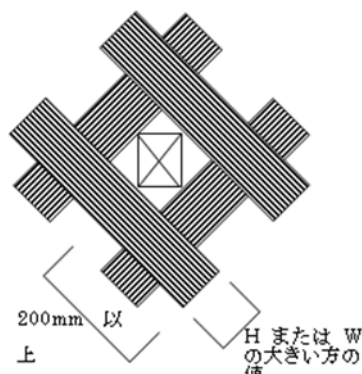
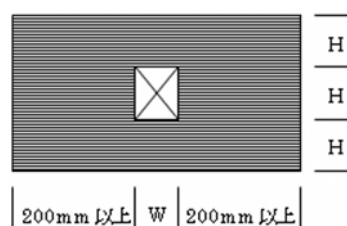
Q1. 連続繊維補修補強工事は建設業法ではどの工事に分類されるのでしょうか。

A1. 平成26年12月25日付にて、建設工事の内容を定める告示及び区分の考え方を定めるガイドラインの改正（<http://www.mlit.go.jp/common/001064710.pdf>）が施行されました。連続繊維補強工事はどの工事に分類されるかについて、この告示においては明示されておりませんので、実際に行われる個々の工事の内容や目的によってこのガイドラインに照らし合わせて判断されることになります。補修、改造又は解体する工事はその対象となる元の建設工事の種類に属することになりますので、対象構造物全般にかかわるものであれば「土木一式工事」「建築一式工事」であり、コンクリート工事に対するものや土木構造物の防水工事であれば「とび・土工・コンクリート工事」に、塗装工事ないし塗装の補修を主たる目的としている場合は「塗装工事」に、建築の防水工事ないしその補修を主たる目的としているのであれば「防水工事」にそれぞれ分類されると理解されます。また工事受注においては、当該工事の規模（工事金額）によっては、付帯工事や軽微な建設工事として許可業種を問わずに請け負うことができます。

Q2. 連続繊維による補強を行った構造物に付属設備を取り付ける等でアンカーを後打ちする場合の留意事項を教えてください。

A2. 連続繊維シートによる補強面に穴等をあけると繊維を破断することとなり、連続繊維補強材断面が欠損し所定の強度を得ることができなくなる恐れがあります。施工後の穴開けは極力避けるようにして下さい。

やむを得ず施工する場合でも構造設計に係ることですので、設計者との協議とが必要です。コンセントボックスのような小さい開口の場合では、連続繊維シートの開口周囲に炭素繊維シートの増し貼りをを行い、開口部の補強を行う方法があります。補強方法については、（一財）日本建築防災協会発行「連続繊維補強材を用いた既存RC造及びSRC造建築物の耐震改修設計・施工指針」に下記のような例示もされていますので参考にしてください。ただし、開口の大きさはもちろん、位置やピッチ、数量などに十分な注意が必要です。



Q 3. 炭素繊維シートには高強度品の他、弾性率の異なる製品がありますが、それらの材料特性や使用用途の違いなどを教えてください。

A 3. 炭素繊維シートには、通常補強工事に用いられる高強度品のほか、中弾性品、高弾性品があります。後者は床版や梁のたわみ対策や曲げ補強に用いられることが多くなっています。それらの材料特性の比較例を以下に示します。

種別	ヤング係数 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	目付量 (g/m ²)	密度 (g/cm ³)
高強度	2.4×10 ⁵	3,400	200～600	1.80
中弾性	3.9×10 ⁵	2,900	300～400	1.82
	4.3×10 ⁵	2,400	300～400	1.82～2.10
高弾性	5.4×10 ⁵	1,900	300	2.10
	6.4×10 ⁵	1,900	300	2.10

Q 4. 常時水位があるコンクリート構造物の補強に連続繊維補強工法を用いる場合に、水に対する補強層の安全性、耐久性などについて教えてください。

A 4. 接着硬化が終了したあとでは、FRPとしての引張強度・接着強度は、通常の水質および温度条件であれば、水中であっても劣化することはありません。ただし、連続繊維シートの接着工事においては、表面含水率8%以下、湿度85%以下、気温5℃以上（エポキシ樹脂の場合）で施工すること、また接着後の樹脂硬化養生中に水分に晒されないことが重要です。

安全性の面では上水施設にも多数使用されており、炭素繊維補強に関して全国上下水道エポキシ工事業協会よりマニュアル等が発行されています。炭素繊維シートに使用するレジンは溶剤等を含んでないので問題はないのですが、マニュアルでは「日本水道協会規格（JWWA）適合の仕上げ材で被覆する。」ということになっています。補強層単体（JWWA 仕上げをしない状態）での使用はなされていないのが現状のようです。

Q 5. 梁の連続繊維補強工法について教えてください。一般的な梁の補強は梁下面だけで良いのでしょうか。また地下躯体底盤の基礎梁のせん断補強など、梁の一面のみへの施工方法等は可能でしょうか。

A 5. 連続繊維シートによる梁の補強は、せん断補強に係るものが規定されています（財）日本建築防災協会発行 国土交通省住宅局建築指導課監修「連続繊維補強材を用いた既存鉄筋コンクリート造及び既存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」2010年改訂版）。この中では、矩形断面の梁に閉鎖型にシートを巻き付けることとし、スラブ等により閉鎖型が取れない場合は適切な方法でシート端部を躯体に定着することとしています。定着方法としては、定着長さを取る方法、アンカーボルトを用いる方法、炭素繊維アンカーを用いる方法等独特の工法が開発されており、技術評価等が取得されている工法も複数あります。補強の一例を写真に示します。



(梁の補強例)

梁の下端面に材軸方向にシートを貼ることによって、梁のたわみ防止に一定の補強効果が認められていますが、この場合においてもシートの定着が重要なことが示されています（前記指針）。

基礎梁のせん断補強においては、少なくともコの字型の補強が可能であれば前記方法が準用できる可能性があります、梁の片面のみの補強は対象外となっています。

Q 6. 炭素繊維シートやアラミド繊維シートの残材を廃棄処分する際の廃棄物分類や注意事項を教えてください。

A 6. 建設工事現場から発生する炭素繊維シートやアラミド繊維シートの残材は産業廃棄物として処理しなければなりません。炭素繊維シートやアラミド繊維シートは廃棄物の種類としては廃プラスチック類として処理することになります。繊維単体は基本的には安定型廃棄物として扱われますが、繊維表面やシート表面には取り扱いを容易にするためやシート加工のために樹脂が施されているものがあり、これらが埋設処分後に地下水に溶出する可能性があることや、建設現場では様々な汚損があるため通常は管理型廃棄物として扱われています。また、炭素繊維は容易には燃焼しないので通常の焼却処理は難しいので埋立処分すること、炭素繊維は導電性がありフライとなって感電事故を起こす危険性がありますので、収集・分別の際には注意が必要です。

Q 7. 下地コンクリートの処理において、エポキシ樹脂注入による処理対象を、ひび割れ幅 0.3 mm を超えるものとしていますが、この根拠を教えてください。

A 7. この判断は、協会の上位指針としている「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」（国土交通省住宅局建築指導課監修・日本建築防災協会発行）の下地処理の記述に基づいています。同指針では、連続繊維補強工法の下地ひび割れ処理の目的は、隙間があることによる連続繊維補強材への力の伝達が十分でなく構造上の欠陥となりやすいことを指摘しており、さらに耐久性を考慮して処理対象として 0.3 mm 以上を原則とするとしています。

また、コンクリートのひび割れに対する一般的判断基準として、日本コンクリート工学協会発行の「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針」（2003年版）では、耐久性評価からは、対処を要しない「小」評価として 0.3 mm 以下を示しており（一般的環境下）、また本文解説の【参考資料】の中で構造検討を要するひび割れ幅を 0.3 mm 以上としています。

Q 8. 連続繊維補強工法をスラブの構造補強に用いる場合の耐火規定などを含めた法的取り扱いはどのような判断になるのでしょうか。

A 8. 連続繊維補強工法の建築基準法上の扱いは、既存構造物の耐震補強に限って炭素繊維シート及びアラミド繊維シートとエポキシ樹脂による連続繊維補強材の適用が認められています（平成 18 年 2 月 28 日国土交通省告示第 314 号）。したがって、長期荷重に対するスラブの構造補強に適用する場合は、前記建築基準法の適用外ということになりますので、法に基づく構造設計の上乗せ（自主改修）として扱うことになります。

耐火性能については、（一財）日本建築防災協会発行の「連続繊維補強材を用いた既存 RC 及び SRC 建築物の耐震改修設計・施工指針」1.3.5 防耐火性能において、内装制限がある場合や火災後の再使用を意図する場合等には適切な防火被覆を設ける等の対処が示されていますので、参考にしてください。

以上（20160701）