

有機系短繊維混入吹付けコンクリートと  
連続繊維メッシュを併用した補修補強工法  
－ 設計施工の手引き（案）－

平成26年版

独立行政法人土木研究所

寒地土木研究所

寒地保全技術研究グループ耐寒材料チーム

ホームページ掲載にあたって

高度経済成長期から約 50 年が経過し、集中的に建設された橋梁等の土木構造物が老朽化して一斉に更新時期を迎えており、今後の財政負担の増加とともに、安全性低下が懸念されている。特に積雪寒冷地である北海道では、凍結融解の繰り返しや冬期の凍結防止剤散布等の厳しい気象、使用環境により土木構造物の老朽化が著しく進行し、耐久性の向上が強く求められている。

このため、土木研究所第Ⅱ期中期計画（平成 18～22 年度）においては、コンクリート耐久性向上技術の開発等を目標に、重点プロジェクト「土木施設の寒地耐久性に関する研究」の個別課題「積雪寒冷地におけるコンクリートの耐久性向上に関する研究」を行ったところであり、様々な新技術の設計・施工法を開発している。

有機系短繊維混入吹付けコンクリートと連続繊維メッシュを併用した補修補強工法は、上記テーマにより開発された技術の 1 つであり、RC 構造物表面に連続繊維メッシュを貼り付けて有機系短繊維を混入したコンクリートを吹き付け、経済的かつ合理的に構造物の補修・補強を図る工法である。

本手引き(案)は、寒地土木研究所耐寒材料チームが実施した上記工法の研究成果である。そのより広範な普及を図り、多くの土木構造物の長寿命化に貢献するためここに「設計施工の手引き(案)」としてまとめ、ホームページに掲載するものである。

なお、本手引き(案)の内容は、まだ実績の少ない部分もあり、技術の進歩に合わせて改訂が必要となるものと考えている。運用にあたっては、構造物管理者と十分打合せをして頂くよう留意願いたい。

# 有機系短繊維混入吹付けコンクリートと 連続繊維メッシュを併用した補修補強工法 － 設計施工の手引き（案）－

## 目次

1	総則	1
1.1	適用範囲	1
1.2	工法の概要	2
1.3	用語の定義	2
2	使用材料	3
2.1	概要	3
2.2	PVA 短繊維混入吹付けコンクリート	3
2.2.1	セメント	4
2.2.2	骨材	4
2.2.3	混和材料	4
2.2.4	短繊維材料	6
2.3	連続繊維メッシュ	8
3	補修補強されたコンクリート構造物の性能照査	10
3.1	概要	10
3.2	既設構造物の評価	10
3.3	安全係数	10
3.4	安全性の照査	10
3.4.1	設計曲げ耐力	10
3.4.2	棒部材の設計せん断耐力	11
3.5	使用性の照査	12
4	施工	13
4.1	概要	13
4.2	使用機器	13
4.3	施工手順	14
4.3.1	下地処理	14
4.3.2	スペーサ取り付け	14
4.3.3	連続繊維メッシュ取り付け	15
4.3.4	コンクリート練り混ぜ	15
4.3.5	コンクリート吹付け	15

4.3.6 仕上げ .....	16
4.3.7 リバウンド処理 .....	16

# 1 総則

## 1.1 適用範囲

本手引き（案）は、有機系短繊維混入吹付けコンクリートと連続繊維メッシュを併用した既設コンクリート構造物の補修補強工法に関する設計および施工に適用するものである。

- (1) 有機系短繊維混入吹付けコンクリートは、のり面吹付けコンクリート配合を基本として、ポリマー材料や急結剤を用いない配合とする。
- (2) 連続繊維メッシュには、既設コンクリート構造物の補強実績があり、格子状に編まれたものを用いることとする。
- (3) 本補修補強工法の適用範囲は、断面修復による既設コンクリート構造物の補修、コンクリート部材の曲げおよびせん断補強とする。
- (4) 本手引き（案）書に記載されていない事項については、関連する規準および指針に準ずるものとする。

### 【解説】

有機系短繊維混入吹付けコンクリートと連続繊維メッシュを併用した補修補強工法(以後、本工法とする)は、既設コンクリート構造物の合理的な補修補強工法として開発されたものであり、本手引き（案）では、これまでの試験研究により得られている結果に基づき、使用材料、補修補強設計および施工についてとりまとめている。

(1)について 吹付けコンクリートの材料コスト削減のため、のり面吹付けコンクリート配合を基本に、ポリマー材料や急結剤を用いない配合によって補修補強することを基本とする。

(2)について 連続繊維メッシュは、引張補強材として用いるため、既設コンクリート構造物の補強実績があり、格子状に編まれたものを用いることを基本とする。

(4)について 本手引き（案）に記載されていない事項については、以下の規準および指針等に準ずるものとする。

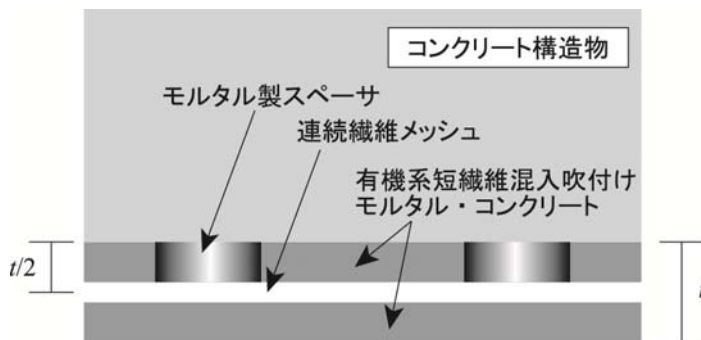
- 1) コンクリート標準示方書 [施工編], 土木学会, 2012.
- 2) コンクリート標準示方書 [規準編], 土木学会, 2013.
- 3) コンクリート標準示方書 [設計編], 土木学会, 2012.
- 4) 連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針, コンクリートライブラリー101, 土木学会, 2000.
- 5) 吹付けコンクリート指針 (案) [補修・補強編], コンクリートライブラリー123, 土木学会, 2005.

## 1.2 工法の概要

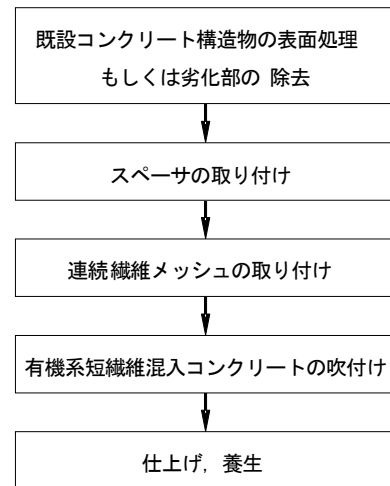
本工法は、既設コンクリート構造物の表面に連続繊維メッシュを配置し、その上から有機系短繊維混入コンクリートを吹き付ける補修補強工法である。

## 【解説】

本工法は、補強材である連続繊維メッシュを有機系短繊維混入吹付けコンクリート(以後、吹付けコンクリートとする)により、既設コンクリートと一体化させる方法である(図-1.1 参照)。そのため、既設コンクリート表面と吹付けコンクリートとの付着が重要となることから、既設コンクリート表面の処理を適切に実施するとともに、吹付けコンクリートを確実に付着させることが重要である。図-1.2 には、施工手順の概要を示している。



解説 図-1.1 補修補強工法の概要



解説 図-1.2 施工手順の概要

なお、本工法は、

- 1) 連続繊維シート接着工法のように施工面の平滑化やプライマー塗布の必要がなく表面処理工程を簡略化できること、
- 2) 有機系材料の使用量が少ないため施工後に仕上げ材料で被覆する必要がないこと、
- 3) 鋼材を一切使用していないため、防錆処理の必要がないこと、
- 4) 材料費が比較的安価であること、

などの長足を有していることから、工期の短縮および工費の縮減が期待できる補修補強工法の1つであるものと考えられる。

### 1.3 用語の定義

本手引き（案）に用いる用語を次のように定義する。

**有機系短繊維**：コンクリートの引張性能改善のために混入する短繊維。従来多く用いられてきた鋼繊維に比較して、軽量で耐食性に優れる特徴を有している。

**中空微小球**：凍結融解抵抗性に有効なエントレインドエア（50～500 $\mu$ m）とほぼ同様な径を有している中空の球体。コンクリートに混入することで耐凍害性が向上する。

**残存引張強度**：ひび割れ発生後において短繊維が負担する引張強度。短繊維の架橋効果の評価指標となる。

## 2 使用材料

### 2.1 一般

本工法に用いる材料は、使用目的に応じて施工性、耐久性、力学特性および補修補強性能などの要求性能を満足するものでなければならない。

#### 【解説】

本工法に用いられる材料には、連続繊維メッシュおよび吹付けコンクリートの構成材料であるセメント、水、骨材、各種混和材料および有機系短繊維がある。これらの材料は、既設コンクリート構造物の補修補強工法に求められる施工性、耐久性、力学特性および補修補強性能などの要求性能を満足することを試験により確認されたものを用いなければならない。

### 2.2 有機系短繊維混入吹付けコンクリート

#### 2.2.1 一般

有機系短繊維混入吹付けコンクリートには、既設コンクリート構造物との一体化を確実に確保できるものを用いなければならない。また、吹付けコンクリートは、補修補強対象となるコンクリート構造物の形状、劣化状況および周辺環境等に応じた施工性、耐久性、力学特性を有するものでなければならない。

なお、吹付けコンクリートの要求性能および性能照査は、吹付けコンクリート指針（案）〔補修・補強編〕の2章「要求性能」および3章「性能照査」によるものとする。

#### 【解説】

吹付けコンクリートの役割は、補強材である連続繊維メッシュを既設コンクリート構造物と確実に一体化させることである。そのためには、既設コンクリート表面の適切な下地処理は勿論のこと、吹付けコンクリートが適切に施工され十分な付着性能を確保している必要がある。また、吹付けコンクリートは、既設コンクリートの補修補強に要求される耐久性および力学特性を満足するものでなければならない。なお、本手引き（案）で対象としている有機系短繊維混入吹付けコンクリートの要求性能および性能照査は、吹付けコンクリート指針（案）〔補修・補強編〕によるものとした。

過去に吹付けコンクリートの施工性、耐久性、力学性能に関する試験を行っており、積雪寒冷地においても適用可能な吹付けコンクリートの配合を提案している。表-2.1に、吹付けコンクリートの配合の例を示す。吹付け厚さが30 mm以下の場合にはモルタル配合、30 mm以上の場合にはコンクリート配合を適用するとよい。なお、本手引き（案）では、モルタルおよびコンクリート配合の場合ともに吹付けコンクリートと呼ぶこととする。

解説 表-2.1 有機系短繊維混入吹付けコンクリートの配合の例

吹付け材の種類	短繊維混入率(vol.%)	中空微小球混入率(vol.%)	W/B (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					SP (C×%)
				W	C	SF	S	G	
モルタル	0.5~1.5	-	39	255	622	33	1310	-	0.5
コンクリート		3.0	43	185	387	43	1365	340	0.8

B = C + SF, SF:シリカフェューム, SP:高性能減水剤

### 2.2.2 セメント

セメントには、対象構造物の供用状況や補修補強目的に対応した適切なものを選定しなければならない。

#### 【解説】

過去の試験結果に基づき、セメントには普通ポルトランドセメントを用いることを基本とするが、道路橋の桁および床版下面へ施工する場合のように車両交通を解放した状態で施工する場合や、複数層に重ねて吹き付ける場合など、早期の強度発現が必要となる場合には、早強ポルトランドセメントを用いても良い。

### 2.2.3 骨材

骨材には、良好な吹付け施工性および有機系短繊維混入吹付けコンクリートの品質が確保されるものを用いなければならない。

#### 【解説】

過去の試験結果より、細骨材は吹付けコンクリート施工時における脈動に影響を及ぼすことが明らかになっている。良好な吹付け施工のためには、粗粒率が2.80~2.90程度の良質な川砂を用いるのが望ましい。なお、砕砂は脈動の原因になることが明らかになっているため使用してはならない。

また、粗骨材は吹付けコンクリート表面の平坦性や凍結融解抵抗性に影響を及ぼすことから、最大粒径が10 mm程度のもので使用するのが望ましい。

### 2.2.4 混和材料

- (1) 吹付け施工性の向上やはね返り率の低減対策として、シリカフェューム等の混和材を用いてもよい。
- (2) 混和剤には、吹付けコンクリートのコンシステンシーを適切に調整可能で、かつ良好な吹付け施工性を確保できるものを選定しなければならない。
- (3) 凍害劣化の厳しい環境に用いる場合には、凍結融解抵抗性向上のため中空微小球を混入してもよい。

#### 【解説】

(1)について シリカフェュームを吹付けコンクリートに用いることにより、

- 1) ボールベアリング効果による吹付け施工性の向上、



2) 粘性向上による付着性能の向上とはね返り率の低減および

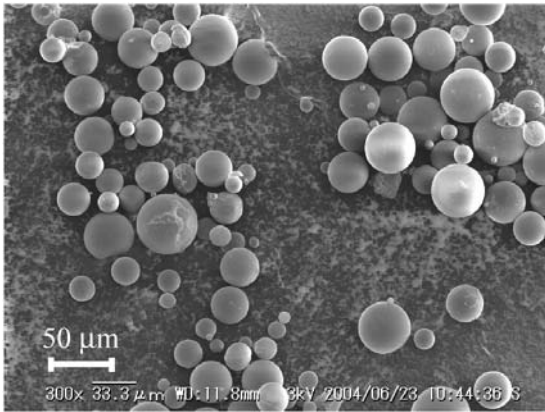
3) ポゾラン反応によるセメント硬化体の緻密化,

などの効果を発揮することが知られている。過去の試験において効果が確認されているシリカフェームの材料物性値を参考にすると、比表面積が  $20 \text{ m}^2/\text{g}$  程度、主成分である  $\text{SiO}_2$  の割合が 85%以上で、かつ JIS A 6207 に適合するものを用いるのが望ましい。

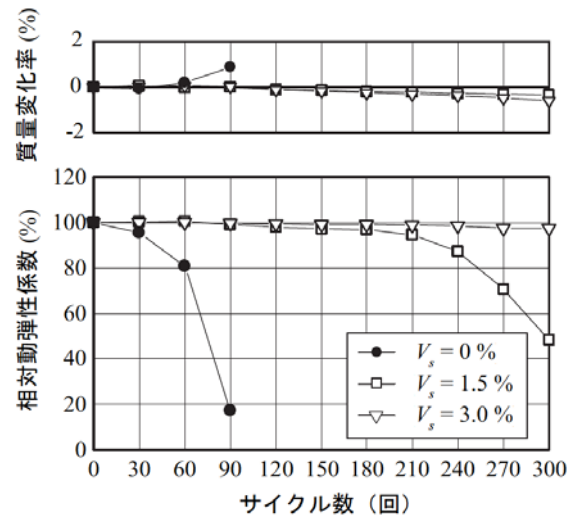
(2)について 本工法は、要求性能に応じて混和材料や短繊維の量が変化するとともに、現場により骨材の粒度分布が異なるため、吹付けコンクリートのコンシステンシーも変化する。そのため、混和剤には、吹付けコンクリートのコンシステンシーを規準値に調整可能で、かつ適切な吹付け施工性を確保できる性能が求められる。過去の試験結果では、主成分がポリグリコールエステル誘導体である高性能減水剤を用いることにより、良好な施工が可能であることを確認している。また、ポリエーテルを主成分とする収縮低減剤を使用することにより、良好なひび割れ抵抗性向上効果が得られるとともに、良好な施工が可能であることを確認している。

(3)について 本工法に用いる吹付けコンクリートは、高い圧力で吹き付けるためコンクリートが締め固められ、緻密で高い付着強度を有するコンクリートを施工できる。一方、その圧力によりエントレインドエアが消失し、凍結融解抵抗性が低下する傾向にある。従って、凍害劣化の厳しい環境下にあるコンクリート構造物に用いる場合には、中空微小球の混入により凍結融解抵抗性を改善する必要がある。過去の試験結果では、中空微小球を体積割合で 3%程度混入することにより、吹付けコンクリートの凍結融解抵抗性を改善可能であることを確認している。

なお、写真-2.1 に中空微小球の走査電子顕微鏡写真を示している。中空微小球は、直径  $50 \mu\text{m}$  の中空球体であり、その材質はポリビニルアクリロニトリルである。また、図-2.1 に中空微小球混入率が異なる吹付けコンクリートの水中凍結融解試験結果を示している。



解説 写真-2.1 中空微小球



解説 図-2.1 水中凍結融解試験結果  
(中空微小球混入率  $V_s$  の影響)

### 2.2.5 短繊維材料

有機系短繊維には、セメントマトリクスとの付着性に優れ、かつ力学的性質に優れる PVA 短繊維を用いることとする。

#### 【解説】

短繊維は、吹付けコンクリートのはく落抵抗性および靱性能の向上を目的に混入するものである。短繊維材料としては、これまでの試験結果および現場施工実績に基づき PVA (ポリビニルアルコール)短繊維を用いることを標準とする。なお、モルタル配合の場合には、直径 0.1 mm、長さ 6 mm のものを、コンクリート配合の場合には、直径 0.66 mm、長さ 30 mm のものを用いることとする。表-2.3 には、PVA 短繊維の寸法および材料特性値を示している。また、写真-2.2 には、PVA 短繊維の例を示している。

解説 表-2.3 PVA 短繊維の寸法および材料特性値

吹付け材の 基本配合	直径 (mm)	長さ (mm)	弾性係数 (GPa)	引張強度 (GPa)	破断歪み (%)
モルタル	0.1	6	29.4	0.88	7.0
コンクリート	0.66	30			

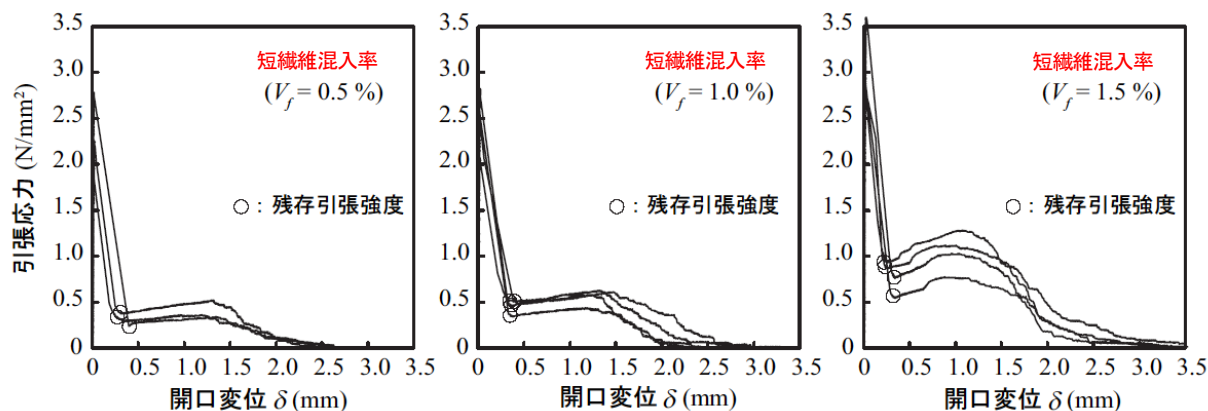


解説 写真-2.2 PVA 短繊維 (直径 0.66 mm, 長さ 30 mm)

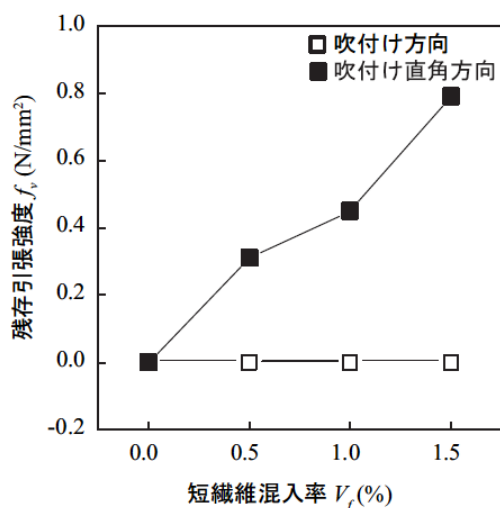
また、吹付けコンクリートに混入される PVA 短繊維は、吹付けコンクリートにひび割れが発生した後、その架橋効果によりひび割れ幅の抑制効果を発揮する。これまでの研究では、PVA 短繊維の架橋効果を定量的に評価するため、吹付けコンクリート供試体の一軸引張試験を行っている。また、一連の研究では、ひび割れ発生後において短繊維が受け持つ引張強度を残存引張強度と定義することとし、短繊維の架橋効果を定量的に評価する指標としている。

過去の試験結果では、1) PVA 短繊維は吹付け施工面と平行して 2 次元的に配向するため、吹付け直角方向には架橋効果を発揮するものの、吹付け方向にはその効果を発揮しないことや、2) 残存引張強度は短繊維混入率が高い場合ほど大きくなる傾向にある、ことなどが明らかになっている。

図-2.2 には、吹付けコンクリート供試体に関する吹付け施工面に平行方向の一軸引張試験結果を示している。また、図-2.3 には、PVA 短繊維の残存引張強度と短繊維混入率との関係に及ぼす引張方向の影響を示している。なお、これらの試験結果は前述の表-2.1 とほぼ同配合の吹付けコンクリートによるものである。



解説 図-2.2 吹付け直角方向の一軸引張試験結果



解説 図-2.3 残存引張強度と短繊維混入率との関係（引張方向の影響）

### 2.3 連続繊維メッシュ

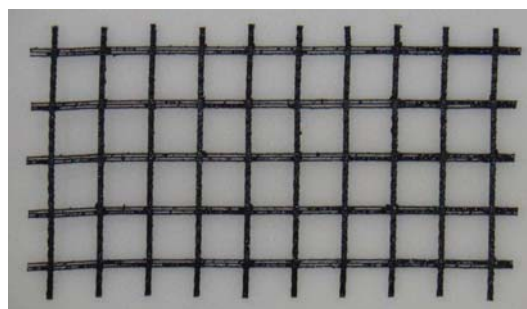
- (1) 連続繊維メッシュは、既設コンクリート構造物の補強に要求される力学性能を満足するものでなければならない。また、耐久性に優れるものでなければならない。
- (2) 連続繊維メッシュの保証耐力と格子間隔は、補強効果と吹付け施工性を考慮して決定するものとする。

【解説】

(1)について 連続繊維メッシュは、本工法の主補強材として機能するものであることより、材料試験によりその力学特性および耐久性が確認されているものを用いる必要がある。表-2.4には、各種RC部材の載荷実験により補強効果が確認されている連続繊維メッシュの力学特性値を示している。また、写真-2.3には、連続繊維メッシュの例を示している。

解説 表-2.4 連続繊維メッシュの材料特性値

弾性係数 (GPa)	引張強度 (GPa)	破断ひずみ (%)
118	2.06	1.75



解説 写真-2.3 アラミド繊維メッシュ

(2)について 連続繊維メッシュの形状は、短繊維混入吹付けコンクリートの施工性や品質に大きな影響を及ぼすことより、補強効果と施工性の両側面から適切なものを選定する必要がある。特に、メッシュの格子間隔は、吹付けコンクリートに混入する短繊維の長さよりも十分に広いことが必要となる。表-2.5には、試験および現地施工において実績のある連続繊維メッシュの保証耐力および格子間隔の一覧を示している。

解説 表-2.5 保証耐力および格子間隔

吹付け材 の種類	保証耐力 (kN/m)	格子間隔 (mm)
モルタル	50	30
	100	30
	200	40
コンクリート	150	60

### 3 補修補強されたコンクリート構造物の性能照査

#### 3.1 概要

本工法により補修補強されたコンクリート構造物の性能照査は、既設コンクリート構造物の性能を評価し、かつ補修補強効果を適切に評価して行わなければならない。

各性能の照査においては、連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針の6章「補修補強されたコンクリート構造物の性能照査」を参考にする。

##### 【解説】

既設コンクリート構造物の補修補強設計を行う場合には、既設コンクリート構造物および補修補強効果を適切に評価しなければならない。なお、各性能の照査においては、連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針の6章「補修補強されたコンクリート構造物の性能照査」を参考にすることとする。ただし、本手引き（案）の1.1「適用範囲」にも述べたように、本工法では既設コンクリート構造物の断面修復による補修、コンクリート部材の曲げおよびせん断補強を対象としている。

#### 3.2 既設構造物の評価

連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針 6.2「既設構造物中の材料の設計強度」によるものとする。

##### 【解説】

補修補強の対象となる構造物は、連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針のものと同様であることから、同指針によるものとした。

#### 3.3 安全係数

連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針 6.3「安全係数」によるものとする。

##### 【解説】

本工法において、補強材として用いる連続繊維メッシュは、連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針に対応するものであることから、同指針によるものとした。

#### 3.4 安全性の照査

##### 3.4.1 設計曲げ耐力

本工法により曲げ補強された RC 部材の設計曲げ耐力は、補強部の剥離の有無を考慮した適切な方法で求めなければならない。

##### 【解説】

本工法により補強されたコンクリート部材の設計曲げ耐力は、連続繊維シート接着工法の場合と同様、RC 部材の曲げ理論に基づいて算定することができる。ただし、曲げ補強する場合には、補強部が剥離し、計算終局曲げモーメントに到達する前に終局に至る場合も考えられることから、剥離の有無を考慮した適切な方

法で設計曲げ耐力を求めなければならない。

過去の研究では、補強された RC 部材の降伏曲げモーメント  $M_y$  と終局曲げモーメント  $M_u$  の比を用いた式 (解 3.1) を満たす場合には、計算終局時までシートが剥離せずに上縁コンクリートが圧壊して破壊に至ることが明らかになっている。

$$M_y / M_u > 0.7 \quad \dots\dots\dots (解 3.1)$$

なお、補強設計に当たっては、部材実験等により、その補強効果を事前に確認するのが望ましい。

### 3.4.2 棒部材の設計せん断耐力

設計せん断耐力  $V_{yd}$  は、式 (3.1) によって求めてよい。

$$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd} + V_{fd} + V_{sfd} \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

ここに、

$V_{cd}$  : せん断補強筋等の補強材を有しない RC 棒部材のせん断耐力で、コンクリート標準示方書 [設計編] に準拠する。

$V_{sd}$  : せん断補強筋が受け持つせん断耐力でコンクリート標準示方書 [設計編] に準拠する。

$V_{fd}$  : 連続繊維メッシュが受け持つせん断耐力で、以下の式による。

$$V_{fd} = \alpha [A_f \cdot f_{fu} (\sin \theta_f + \cos \theta_f) / s_f] z / \gamma_b \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

$\alpha$  : 連続繊維メッシュのせん断補強効率 (=0.6)

$s_f$  : メッシュの格子間隔

$A_f$  : メッシュ 1 本当たりの断面積

$f_{fu}$  : AFRP メッシュの設計引張強度

$\theta_f$  : メッシュの配置方向が部材軸となす角度

$z$  : 圧縮合力作用位置から主鉄筋の図心までの距離、 $d/1.15$  としてよい。

$d$  : 有効高さ

$\gamma_b$  : 部材係数 1.25

$V_{sfd}$  : 短繊維が受け持つせん断耐力で、以下の式による。

$$V_{sfd} = b (z / \tan \theta) f_r / \gamma_b \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

$b$  : ウェブ幅

$z$  : 圧縮合力作用位置から主鉄筋の図心までの距離、 $d/1.15$  としてよい。

$d$  : 有効高さ

$\theta$  : 軸方向と斜めひび割れ面のなす角度 (=45° )

$f_r$  : 短繊維混入コンクリートの残存引張強度

$\gamma_b$  : 部材係数 1.3

#### 【解説】

過去の実験では、本工法によりせん断補強した RC 梁の静載荷実験の結果、短繊維混入吹付けコンクリートにおける短繊維の架橋効果と連続繊維メッシュの引張強度を加算して、せん断補強効果を評価可能である

ことを確認している。

本工法により補強したコンクリート部材の設計せん断耐力は、連続繊維シート接着工法の場合と同様、既設部材のせん断耐力に連続繊維メッシュの補強効果を加算する形で算定するものとした。また、吹付けコンクリートに含まれる短繊維の残存引張強度が確認されている場合には、短繊維による補強効果を加算してもよいこととした。

### 3.5 使用性の照査

本工法により補修補強されたコンクリート構造物の使用性の照査は、連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針 6.5「使用性の照査」を参考にしてよい。ただし、ひび割れ幅については、連続繊維メッシュの影響を考慮しないこととする。

#### 【解説】

本工法により補修補強されたコンクリート構造物の使用性は、連続繊維シートによる補修補強の場合に対応するものであることより、連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針の 6.5「使用性の照査」を参考にしてよいこととした。

ただし、連続繊維メッシュによるひび割れ幅の抑制効果に関しては、未だ十分な検討がなされていないことより、連続繊維メッシュの影響は考慮しないこととした。この場合、コンクリート標準示方書〔設計編〕10.3「外観に対する照査」を参考にするとよい。



## 4 施工

### 4.1 概要

本工法は、補修補強の対象となる構造物の形状、劣化状況、供用状況および周辺環境等に応じて適切な方法で施工しなければならない。

#### 【解説】

本工法は、補修補強の対象となる構造物の形状、劣化状況、供用状況および周辺環境等に関する事前調査に基づいた施工計画の下に、効率の良い適切な方法で施工する必要がある。なお、吹付けコンクリートの品質には、ノズルマンの技能が大きく影響することから、本工法を熟知したノズルマンにより施工するものとする。

写真-4.1には、吹付け施工試験およびコンクリートの付着状況を示している。



(a) 斜め下向き吹付け



(b) 上向き吹付け

解説 写真-4.1 吹付け施工試験およびコンクリートの付着状況

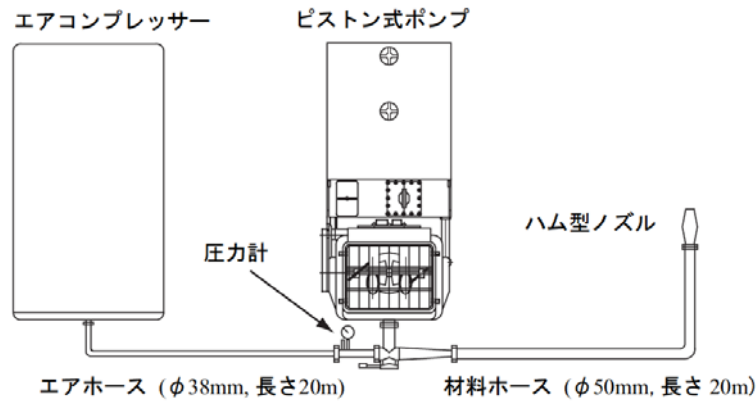
### 4.2 使用機器

使用機械および設備は、使用材料、施工規模および施工条件等を考慮して、本工法を適切に施工でき

ることが確認されているものを選定しなければならない。

【解説】

使用機械および設備は、使用材料、施工規模および施工条件等を考慮して、本工法を適切に施工できることが確認されているものを選定する必要がある。図-4.1 に吹付けシステムの一例を示している。



解説 図-4.1 吹付けシステムの例

解説 表-4.1 使用機器の仕様例

使用機器	仕様
ポンプ	ピストン式, 吐出量 1~7 m <sup>3</sup> /h
ミキサー	二軸ミキサー, 容量 0.5 m <sup>3</sup>
コンプレッサー	容量 18.5 m <sup>3</sup>
発電機	75 kVA

### 4.3 施工手順

#### 4.3.1 下地処理

既設コンクリート構造物の下地処理は、短繊維混入吹付けコンクリートとの良好な付着を確保できる適切な方法で実施しなければならない。また、かぶりコンクリートの劣化が著しい場合には、既設コンクリートに有害なひび割れを残さない方法で劣化部を除去しなければならない。

【解説】

一般的な補修補強の場合と同様、既設コンクリート構造物の表面は、短繊維混入吹付けコンクリートとの良好な付着を確保できるように、レイトンス等の脆弱部を除去する必要がある。

また、かぶりコンクリートの劣化が著しく、劣化部を除去する場合には、ウォータージェット工法等により、既設コンクリート構造物に有害なひび割れが発生しない方法で実施する必要がある。

#### 4.3.2 スペーサ取り付け

スペーサにはモルタル製のものを使用することとする。また、固定用のネジおよび座金には、耐食性

に優れるステンレス製のものを使用することとする。

【解説】

本工法では、発錆が懸念される鋼材等の材料を一切使用しないこととしているため、スパーサにはモルタル製のものを、固定ネジおよび座金にはステンレス製のものをを用いることとする。

#### 4.3.3 連続繊維メッシュ取り付け

連続繊維メッシュは、ゆるみやたるみがないように取り付けなければならない。

【解説】

連続繊維メッシュのゆるみやたるみは、コンクリート吹付け時におけるメッシュの振動を誘発し、吹付けコンクリートのはく落の要因になる。また、連続繊維メッシュにゆるみやたるみがある状態で吹付けコンクリートが硬化すると、連続繊維メッシュの補強効果が適切に発揮されない可能性がある。従って、連続繊維メッシュは、ゆるみやたるみがないように取り付ける必要がある。

#### 4.3.4 コンクリート練り混ぜ

コンクリートの練り混ぜは、本工法に用いる吹付けコンクリートの練り混ぜが確実に行われることが確認されているミキサーを用いなければならない。

【解説】

本工法に用いる吹付けコンクリートは、ポリマーや急結剤を用いずに既設コンクリートとの付着を確保するため比較的硬練りの配合となっている（スランプ値で4～7 cm程度）。また、シリカフェュームの混和により粘性が高く、かつ力学性能や耐久性向上のためにPVA短繊維および中空微小球が混入される場合もあるため、コンクリートの練り混ぜには、十分な練り混ぜ性能が確認されているミキサーを用いる必要がある。

#### 4.3.5 コンクリート吹付け

- (1) 吹付け施工時における圧縮空気圧力および時間当たり吐出量は、吹付けコンクリートの配合や使用機器に応じて良好な施工および品質を確保可能な値に設定しなければならない。
- (2) 1層当たりの最大吹付け厚さは、吹付けられたコンクリートがはく落しない厚さを設定しなければならない。
- (3) 多層吹付け施工を行う場合には、前層の吹付けコンクリートが凝結してから、次層を施工しなければならない。
- (4) ノズルマンには吹付け施工の経験が豊富な熟練の技能者を選定しなければならない。

【解説】

(1)について 吹付けコンクリートの施工には、i) 脈動や閉塞のない圧送性状、ii) 材料分離やダレのない吐出性状、iii) ノズルマンの作業負担が少ないこと、iv) 吹付けコンクリートが十分に締固められ、かつコテならしが容易であること、などが求められる。これまでの研究では、吹付け施工時において背圧(図-4.1の圧

力計における測定値)を 0.4 MPa, 時間当たり吐出量を 1.5 m<sup>3</sup>/h とすることにより, 良好な施工が可能であることを明らかにしている。

(2)について 過去の吹付けコンクリートの施工試験では, 上記 1) の条件で吹付けることにより, 上向き吹付けの場合において最大 100 mm 程度の厚さまで吹付け可能であることが明らかになっている。実施工においては, 安全性を考慮して 80 mm を最大吹付け厚として設定するのが望ましい。

(3)について 吹付け施工の厚さが 80 mm 以上の場合は, 吹付け施工の回数を複数回に分けて施工する必要がある。ただし, 前層の吹付けコンクリートが硬化する前に次層の吹付け施工を行うと, 前層の吹付けコンクリートとともに吹付けコンクリートが剥落する可能性がある。従って, 多層にわたって吹付け施工を行う場合には, 前層の吹付けコンクリートの凝結を確認してから次層の施工を行うこととした。なお, 試験等により凝結を確認しない場合には, 1 日程度の養生期間を設けるのが望ましい。

(4)について 吹付けコンクリートの品質は, ノズルマンの技能に大きく依存することが知られている。そのため, ノズルマンの選定は慎重に行わなければならない。特に, 鉄筋および連続繊維メッシュの背面への吹付けを適切に施工できることなどを事前に確認しておく必要がある。

#### 4.3.6 仕上げ

吹付けコンクリートの施工面は, 木ごてや金ごてなどにより平滑にするものとする。また, 仕上げ後は, ひび割れなどが生じないように適切な方法で養生しなければならない。

##### 【解説】

吹付けコンクリートの施工面は, 木ごてでならした後, 金ごてで最終仕上げを行うのが望ましい。また, 仕上げ後は乾燥等によるひび割れが生じないように適切な方法で養生する必要がある。

なお, 養生のみでひび割れの発生を抑制できない可能性がある場合には, 収縮低減剤等の混和剤の使用を検討する。ただし, この場合には吹付けコンクリートの施工性, 力学特性および耐久性について十分な性能が確保されていることを確認する必要がある。

#### 4.3.7 リバウンド処理

(1) 吹付けコンクリート施工時に生じるリバウンド材は, 適切な方法で処理しなければならない。

(2) 河川や住宅付近において吹付けコンクリート施工を行う場合には, リバウンドのみならず粉じんや短繊維の飛散防止に十分配慮しなければならない。

##### 【解説】

(1)について 吹付けコンクリートの施工によりリバウンドが発生するため, 適切に処理する必要がある。特に, リバウンド材は一定の時間が経過すると硬化を開始することより, 速やかに足場上から撤去する必要がある。

(2)について 補修補強の対象となるコンクリート構造物が橋梁等の場合には, 河川上や住宅付近における施工を余儀なくされるケースが多い。その場合には, 吹付けコンクリートのリバウンドのみならず, 粉じんや

短繊維の飛散防止に十分配慮する必要がある。

#### 参考文献

- 1) 寒地土木研究所報告第 132 号:短繊維混入吹付けコンクリートと連続繊維のメッシュを併用した補強法の開発と現場適用に関する研究, (独)土木研究所寒地土木研究所, 2009.8
- 2) コンクリート標準示方書 [施工編], 土木学会, 2012.
- 3) コンクリート標準示方書 [規準編], 土木学会, 2013.
- 4) コンクリート標準示方書 [設計編], 土木学会, 2012.
- 5) 連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針, コンクリートライブラリー101, 土木学会, 2000.
- 6) 吹付けコンクリート指針 (案) [補修・補強編], コンクリートライブラリー123, 土木学会, 2005.

有機系短繊維混入吹付けコンクリートと連続繊維メッシュを併用した補修補強工法  
－設計施工の手引き（案）－

発行日：平成 26 年 11 月 初版

発 行：独立行政法人土木研究所 寒地土木研究所寒地保全技術研究グループ  
耐寒材料チーム

札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1 番 34 号

011-841-1719（耐寒材料チーム 直通）