

有機系短繊維を混入したコンクリート  
－ 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

土木構造物の安全性、耐久性を高めることは、国民の生活を守り、社会・産業活動を支える観点から技術者に求められる責務であり、常に新たな技術の開発と向上が期待されている。コンクリートにおける破壊の多くは、内部に起こる引張応力によって生じる微細なひび割れが原因であり、また破壊時にはコンクリート片が飛散し、非常に危険である。

このため、土木研究所第Ⅱ期中期計画（平成18～22年度）における重点プロジェクト「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」では、短繊維を混入したコンクリートの研究が行われ、ひび割れの進展抑制、耐荷力向上、はく落抑制等の効果を有する技術が開発された。

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研究成果であり、そのより広範な普及を図り、多くの土木構造物の良好な建設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お願いしたい。

# 有機系短繊維を混入したコンクリート

## － 設計施工の手引き（案）－

### 目次

1	総則	1
1.1	適用範囲	1
1.2	用語の定義	2
2	材料の設計値	3
2.1	一般	3
2.2	引張強度	3
2.3	圧縮の応力－ひずみ曲線	5
2.4	引張応力－ひずみ曲線	5
3	構造物の安全性照査	7
3.1	一般	7
3.2	棒部材の設計せん断耐力	7
3.3	面部材の設計押抜きせん断耐力	8
4	使用性の照査	9
4.1	一般	9
5	環境作用に対する照査	10
5.1	一般	10
6	施工	11
6.1	概要	11
6.2	使用材料	11
6.3	配合	12
6.4	製造と施工	12

# 1 総則

## 1.1 適用範囲

(1) 本手引き（案）は、有機系短繊維を混入したコンクリートの設計および施工についての一般の標準について示すものである。本手引き（案）による有機系短繊維混入コンクリートは、一般的な生コンクリートプラントによって製造可能であり、かつ一般的なポンプ車によって打設可能となる。なお、本手引き（案）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。

(2) 本手引き（案）では、有機系短繊維として PVA 短繊維を用いることを標準とする。また、有機系短繊維を軽量コンクリートに混入する場合には、細骨材に普通骨材を、粗骨材に頁岩系非造粒形の軽量骨材を用いることを標準とする。これら以外の材料を用いる場合は、コンクリートの強度特性、耐久性、および施工性に関する諸物性が、本手引き（案）に示される値と同等以上となることを確認するなど、所定の性能が発揮されることを確認した上で使用しなければならない。

### 【解説】

(1)について コンクリートは、引張力の作用によりひび割れが発生し、脆性的な破壊性状を示すことが知られている。これまで、コンクリートの引張靱性能の向上を目的に、種々の短繊維を混入する方法が提案され、実用化に向けた検討がなされている。従来は、鋼繊維を混入する方法が用いられてきたが、構造物表面における錆の発生が懸念されることなどが検討課題となっている。そのため、近年では、軽量で耐食性に優れる有機系短繊維が適用される事例も見られるようになってきた。しかしながら、有機系短繊維の比重や力学特性値は、鋼繊維の場合と大きく異なることから、有機系短繊維を混入したコンクリートの施工性、耐久性および力学特性を適切に把握し、その設計施工法をとりまとめる必要がある。このようなことから、本手引き（案）では、軽量で耐久性に優れる有機系短繊維を混入したコンクリートの設計および施工法を、過去の試験結果等に基づいてとりまとめている。なお、本手引き（案）に記載されていない一般的な項目については、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) 道路橋示方書 [共通編]，日本道路協会，2014
- 5) 道路橋示方書 [コンクリート橋編]，日本道路協会，2014
- 6) 超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針（案），土木学会，2004.

(2)について これまでの研究では、主として短繊維材料に PVA(ポリビニルアルコール)を、軽量粗骨材に頁岩系非造粒形のものをを用いた検討を行ってきたことから、本手引き（案）では、上記の材料の適用を前提としている。解説 表-1.1 に、PVA 短繊維(解説 写真-1.1)の形状寸法および力学特性値の一例を示す。また、解説 表-1.2 には、頁岩系非造粒形の軽量粗骨材(解説 写真-1.2)の物性値を示す。

解説 表-1.1 PVA 短繊維の寸法および材料特性値

直径 (mm)	長さ (mm)	アスペ クト比	弾性 係数 N/mm <sup>2</sup>	引張 強度 N/mm	破断 歪み (%)
0.66	30	45	$2.94 \times 10^5$	880	7.0



解説 写真-1.1 PVA 短繊維  
(直径 0.66 mm, 長さ 30 mm)

解説 表-1.2 軽量粗骨材の材料特性値

最大 寸法 (mm)	絶乾 密度 (g/cm <sup>3</sup> )	表乾 密度 (g/cm <sup>3</sup> )	粗粒 率	単位 容積 質量 (kg/l)
15	1.25	1.37	0.809	64.7



解説 写真-1.2 軽量粗骨材  
(頁岩系非造粒形, 最大寸法 15mm)

本手引き（案）では、有機系短繊維の混入によって通常期待されるコンクリート片の剥離剥落の防止効果のみならず、鉄筋コンクリート部材としての耐荷性能を補い、さらに向上させることを目的としている。そのため、耐荷性能の向上効果と施工性の観点から、短繊維混入率の適用範囲を体積割合で0.3～3.0%程度とする。また、粗骨材に軽量骨材を用いる場合には、同様の観点から、短繊維混入率の適用範囲を体積割合で0.5～1.5%程度とする。

## 1.2 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。

- (1) 有機系短繊維：コンクリートの引張靱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。
- (2) 架橋効果：ひび割れ発生後において、ひび割れ発生位置における有機系短繊維により、ひび割れの開口が抑制される効果。
- (3) 残存引張強度：ひび割れ発生後において短繊維が負担しうる引張強度。短繊維の架橋効果の評価指標となる。
- (4) 短繊維混入率  $V_f$ ：コンクリートの単位体積あたりに占める短繊維の割合（%）

## 2 材料の設計値

### 2.1 一般

本章は、有機系短繊維混入コンクリートの材料特性のうち、設計において特に留意すべき事項について示すものである。本章に示されていない事項については、コンクリート標準示方書〔設計編〕5章「材料の設計値」によることを原則とする。

#### 【解説】

有機系短繊維混入コンクリートにおいて、有機系短繊維の効果はひび割れ発生後に発揮される。ひび割れ発生後、ひび割れ発生位置における有機系短繊維によってひび割れが架橋され、ひび割れの開口が抑制されるとともに有機系短繊維が引張応力を負担する。この架橋効果によって、RC部材のせん断耐力が向上することになる。

一方、ひび割れ発生前の特性については、ベースとなるコンクリートの影響が支配的であり、有機系短繊維の混入の影響はほとんど認められない。例えば、圧縮強度や引張強度、弾性係数等の諸定数は、短繊維混入率に依らず同程度となる。

以上のことから、本手引き（案）では、有機系短繊維混入コンクリートに固有事項のうち、設計において特に必要となる事項についてのみ記述している。それ以外の事項については、通常のコンクリートと同様にコンクリート標準示方書〔設計編〕10章「使用性に関する照査」によることを原則とした。

### 2.2 引張強度

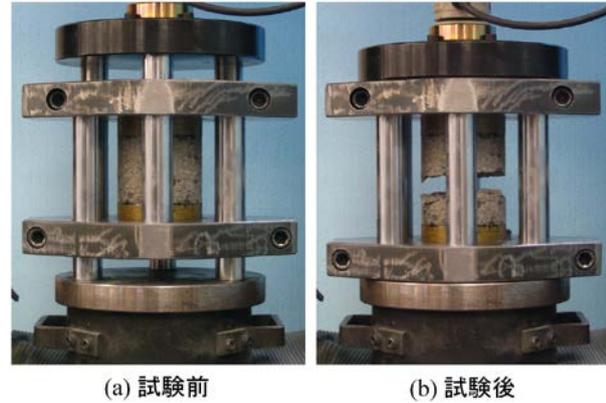
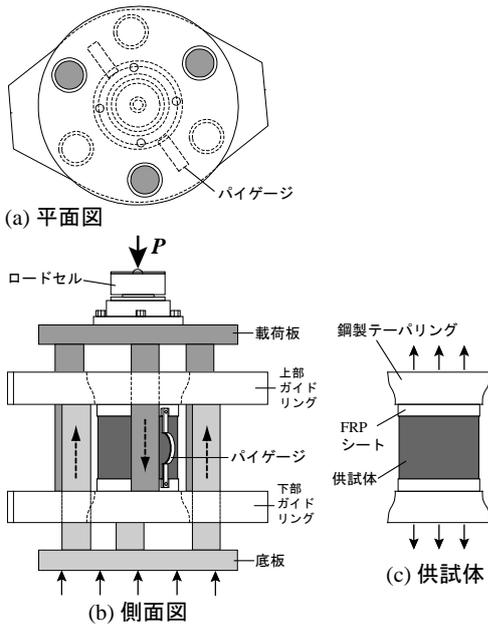
- (1) 引張強度は、通常のコンクリートと同様にコンクリート標準示方書〔設計編〕5.2「コンクリート」によることを原則とする。
- (2) 残存引張強度は、原則として適切に評価可能であることが確認されている試験法により求めるものとする。

#### 【解説】

(1)について ひび割れ発生前の特性については、ベースとなるコンクリートの影響が支配的であり、有機系短繊維の混入の影響はほとんど認められない。そのため、有機系短繊維混入コンクリートの引張強度は、通常のコンクリートの場合と同様の方法で評価することとした。

(2)について ひび割れ発生後の架橋効果によって短繊維が分担する応力は、一軸引張試験により得られる残存引張強度として定量的に評価することができる。残存引張強度は、RC部材のせん断耐力の設計計算に用いられることから、適切に評価可能な試験法により求めなければならない。これまでの研究では、寒地土木研究所において開発した一軸引張試験装置により評価できることを確認している。解説 図-2.1 および解説 写真-2.1 に、試験装置の概要を示している。この装置は、圧縮力  $P$  を載荷することで円柱供試体に簡易に引張力を作用させることが可能な鋼製治具よりなっている。この治具は、載荷板に作用した圧縮力  $P$  が下部ガイドリングを押し下げることにより、供試体に引張力を作用させる仕組みになっている。載荷は、万能試験機を用いて載荷速度 0.01 mm/sec 程度で行った。測定項目は、荷重および変位であり、それぞれロードセ

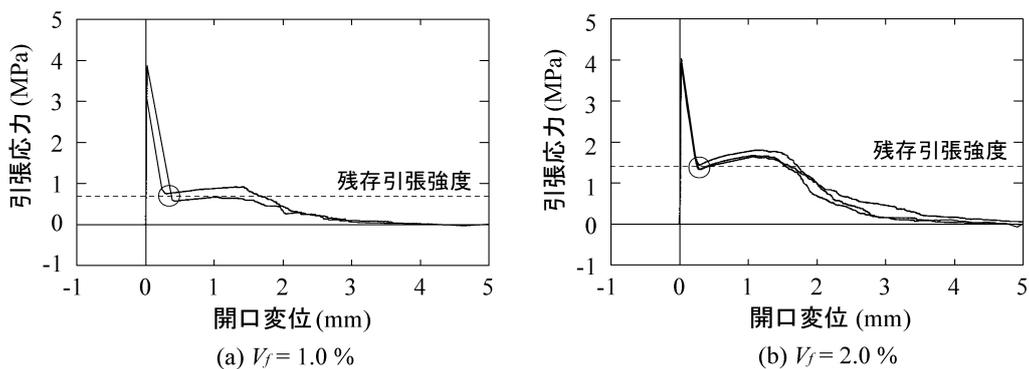
ルおよびパイゲージを用いて測定している。



解説 写真-2.1 一軸引張試験の状況

解説 図-2.1 一軸引張試験の概要

過去の研究では、有機系短繊維混入コンクリートの一軸引張試験の結果、解説 図-2.2 のような引張応力-開口変位関係が得られることを明らかにしている。図より、いずれの場合も引張応力が最大値に到達した直後、ひび割れの発生により急激に低下していることが分かる。しかしながら、引張応力は短繊維の架橋効果により零レベルまでは低下せず、再度緩やかに応力が増加してピークを向かえた後、短繊維の破断もしくは抜け出しにより応力が徐々に低下していることが分かる。本手引き（案）ではひび割れ発生直後の引張応力（解説 図-2.2 の○印部分）を残存引張強度と定義した。



解説 図-2.2 一軸引張試験による短繊維混入コンクリートの引張応力-開口変位関係

なお、ひび割れ発生後の残存引張強度は、一般に解説 表-2.1 に示した値としてよい。解説 表-2.1 に示す値は、実験結果から得られた一軸引張試験結果の平均値である。残存引張強度は適切な試験から求めることを原則とするが、既往の研究において、表に示す値を用いることで RC 部材のせん断耐力を概ね推定可能であることが確認されていることから、表に示す値を用いてもよいものとした。

解説 表-2.1 短繊維混入率と残存引張強度の関係

短繊維混入率 $V_f$ (%)	0.5	1	2	3
残存引張強度 $f_v$ (N/mm <sup>2</sup> )	0.25	0.48	0.95	1.11

### 2.3 圧縮の応力-ひずみ曲線

コンクリート標準示方書 [設計編] によることを原則とする。

**【解説】**

圧縮の応力-ひずみ曲線に関しては、ポアソン効果等により、通常のコングリートよりも圧縮靱性能が向上することがこれまでの研究から確認されているが、現段階においては試験データが十分でないことより、通常のコングリートと同程度なものとして評価することとした。

### 2.4 引張応力-ひずみ曲線

- (1) 有機系短繊維混入コンクリートにおいては、限界状態の検討の目的に応じて、適切な形の引張軟化曲線もしくは引張応力-ひずみ曲線を仮定するものとする。
- (2) 曲げモーメントおよび曲げモーメントと軸力を受ける部材の断面破壊の終局状態に対する検討においては、一般に図-2.1 に示したモデル化された引張応力-ひずみ曲線を用いてもよい。ここで図中の  $W_{1k}$  は残存引張強度を保持できる開口変位、 $W_{2k}$  は引張応力が 0 となる開口変位、 $l_{av}$  は平均ひび割れ間隔である。

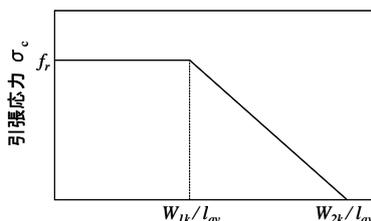


図-2.1 引張応力-ひずみ曲線

**【解説】**

(2) について 断面破壊の終局限界状態に対する検討において、試験により引張軟化曲線を求めない場合、有機系短繊維混入コンクリートの引張応力-ひずみ関係に図-2.1 に示す曲線を用いてよい。この曲線は解説 図-2.2 に示した引張軟化曲線を基に、平均ひび割れ間隔  $l_{av}$  を用いて変換したものである。 $l_{av}$  は断面高さ、断面形状、主鉄筋のかぶり、主鉄筋間隔、主鉄筋径等、多くの要因の影響を受けるため、コンクリート標準示方書等の文献を参考に適切に定めるのがよい。なお、解説 表-1.1 に示す PVA 短繊維を用いた既往の研究では、 $W_{1k}$  および  $W_{2k}$  を 1.5 mm および 3.0 mm とし、 $l_{av}$  をコンクリート標準示方書 [設計編] 7章「応答値の算定」を参考に、式 (解 2.1) を用いることで実験結果を概ね再現可能であることを確認している。

$$l_{av} = \{ 4c + 0.7(c_s - \phi) \} / 2 \dots\dots\dots (解 2.1)$$

ここに,  $c$  : かぶり (mm)

$c_s$  : 鋼材の中心間隔 (mm)

$\phi$  : 鋼材径 (mm)

### 3 構造物の安全性照査

#### 3.1 一般

コンクリート標準示方書〔設計編〕9章「安全性に関する照査」によることを原則とする。ただし、せん断力に対する安全性の検討は、有機系短繊維混入コンクリートの引張靱性能を考慮して実施してよい。

#### 【解説】

有機系短繊維混入コンクリートを用いた構造物の安全性照査は、本章に記載されている項目を除き、コンクリート標準示方書〔設計編〕9章「安全性に関する照査」によるものとした。また、有機系短繊維を混入することにより RC 部材のせん断耐力が向上することが明らかになっていることから、せん断耐力に対する安全性の検討に関しては、短繊維の架橋効果を考慮した評価を行うこととした。

#### 3.2 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。

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

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。

$V_{sfd}$  : 短繊維が受け持つせん断耐力で、以下の式による。

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

$b$  : 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 (=  $45^\circ$ )

$f_r$  : 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】

設計せん断耐力は、過去の実験結果に基づき、コンクリート標準示方書〔設計編〕に準拠して求めたせん断耐力( $V_{cd} + V_{sd}$ )に、短繊維が受け持つせん断耐力  $V_{sfd}$  を加算する形で算出することとした。

なお、短繊維が受け持つせん断耐力  $V_{sfd}$  は、RC 部材の斜めひび割れ発生位置において短繊維の残存引張強度で抵抗するとの考え方に基づいた式である。また、短繊維混入コンクリートの残存引張強度  $f_r$  は「2.2 引張特性」によるものとする。

### 3.3 面部材の設計押抜きせん断耐力

面部材の設計押し抜きせん断耐力  $V_{uc}$  は、式(3.3)によって求めてよい。

$$V_{uc} = V_{pcd} + V_{pf} \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

ここに、

$V_{pcd}$  : コンクリートが分担する押抜きせん断耐力で、コンクリート標準示方書 [設計編] に準拠する。

$V_{pf}$  : 短繊維が受け持つ押抜きせん断耐力で、以下の式による。

$$V_{pf} = 2\pi (r + d/2) d \cdot f_r / \gamma_b \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

$r$  : 載荷版の半径

$d$  : RC 版の有効高さ

$f_r$  : 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】

設計押抜きせん断耐力は、過去の実験結果に基づき、コンクリート標準示方書 [設計編] に準拠して求めたせん断耐力  $V_{pcd}$  に、短繊維が受け持つ押抜きせん断耐力  $V_{pf}$  を加算する形で算出することとした。

なお、短繊維が受け持つ押し抜きせん断耐力  $V_{pf}$  は、棒部材における短繊維が受け持つせん断耐力  $V_{sfd}$  と同様に、RC 部材の斜めひび割れ発生位置において短繊維の残存引張強度で抵抗するとの考え方に基づいた式である。また、短繊維混入コンクリートの残存引張強度  $f_r$  は「2.2 引張特性」によるものとする。

## 4 使用性の照査

### 4.1 一般

コンクリート標準示方書〔設計編〕10章「使用性に関する照査」によることを原則とする。

#### 【解説】

有機系短繊維混入コンクリートは、ひび割れ発生後において、短繊維の架橋効果による引張靱性能の向上効果が発揮される。また、過去の実験においては、短繊維混入によるひび割れ分散効果が確認されているものの、定量的な評価には至っていないのが現状である。そのため、本手引き（案）では、有機系短繊維混入コンクリートの使用性の照査は、通常コンクリートと同様にコンクリート標準示方書〔設計編〕10章「使用性に関する照査」によることを原則とした。

## 5 環境作用に対する照査

### 5.1 一般

コンクリート標準示方書〔設計編〕 8章「耐久性に関する照査」によることを原則とする。

#### 【解説】

これまでの試験において、有機系短繊維混入により凍結融解抵抗性や塩化物イオンの浸透抵抗性などの耐久性能が低下する傾向は認められていないことから、有機系短繊維混入コンクリートの耐久性能の照査は、コンクリート標準示方書〔設計編〕 8章「耐久性に関する照査」によることを原則とした。

## 6 施工

### 6.1 概要

有機系短繊維混入コンクリートは、配合や現場条件に対応した方法で適切に製造、施工しなければならない。その他、本章に記述されていない項目については、コンクリート標準示方書〔施工編〕によるものとする。

#### 【解説】

有機系短繊維の混入により、コンクリートのフレッシュ性状が変化するため、適切な配合および施工がされない場合には、ファイバーボールの形成や材料分離の原因となる場合がある。そのため、有機系短繊維混入コンクリートを適切に配合し、現場条件に対応した適切な方法で施工する必要がある。その他、本章に記述されていない項目については、コンクリート標準示方書〔施工編〕によるものとした。

### 6.2 使用材料

- (1) セメントには、JIS R 5210 に適合するポルトランドセメントを用いることを標準とする。
- (2) 粗骨材には、短繊維の架橋効果が効率良く発揮される粒径のものを用いなければならない。
- (3) 軽量粗骨材には、頁岩系を使用することを標準とし、骨材含水率の上限の目安は 15～17%とする。  
また、普通粗骨材との併用は避ける。
- (4) 混和材料は、有機系短繊維に有害な影響を及ぼすものであってはならない。
- (5) 有機系短繊維には、コンクリートの引張靱性能の向上効果が認められているものを用いなければならない。

#### 【解説】

(2)について 有機系短繊維の架橋効果を効率的に発揮させるため、粗骨材径の最大寸法  $G_{max}$  は短繊維の長さ以下にするのがよい。過去の研究では、長さ 30 mm の PVA 短繊維を用いる場合には、粗骨材の最大寸法  $G_{max} = 20$  mm 程度とすることにより、コンクリートの引張靱性能が向上することを確認している。

(3)について 耐凍害性の観点から、使用する軽量骨材は含水率が小さい頁岩系を標準とする。なお、ポンプ圧送により打設を行う場合、圧送管内の閉塞を避ける必要性から、軽量骨材の含水率を高める必要があるが、含水率が 17%を超えると耐凍害性の低下が危惧される結果を実験により得ていることから、軽量骨材の骨材含水率の上限の目安は 15～17%とすることとした。ただし、耐久性に問題がないことが確認されている場合にはこの限りではない。軽量骨材の含水率の管理については、絶乾骨材を水中に浸漬する日数で行う方法もある。既往の実験によると、浸漬日数が 11 日程度で含水率を 15%に調整できることを確認しているので参考としてよい。ただし、浸漬日数は水温によっても変化するため注意する必要がある。また、既往の研究によると、軽量骨材に加えて普通骨材を併用した場合はポンプ圧送性が低下するため、ポンプ圧送により打設を行う場合には普通骨材との併用は避けるのが望ましい。

(4)について 本手引き（案）では、現時点において試験実績の多い PVA 短繊維を用いることを標準としている。他の有機系短繊維を使用する場合には適切な試験を行い、有効性を検証する必要がある。

### 6.3 配合

有機系短繊維混入コンクリートの配合は、施工性、耐久性、力学特性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】

有機系短繊維混入コンクリートの配合は、通常のコンクリートと同様、荷重条件や環境条件に応じて種々の要求性能を満足しなければならない。特に、フレッシュ性状は短繊維の混入により大きく変化し、配合が適切でない場合にはファイバーボールの形成や材料分離を生じることがある。

過去の研究では、解説表-6.1に示す配合により、ポンプ圧送が可能でかつ厳しい凍害環境における耐久性が確保できることを確認している。

解説表-6.1 良好な施工性、耐凍害性、圧縮強度が確認されている配合の例

	骨材種類	骨材含水率 (%)	V <sub>f</sub> (%)	W/C (%)	W	C	S <sub>g</sub>	S	G	SP (C×%)	AE 剤 (C×%)	増粘剤 (W×%)	スランプ (cm)	スランプフロー (mm)	空気量 (%)	ポンプ圧送距離	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )
(1)	普通	—	1	45	170	378	0	1,061	704	0.75	0		19.1	—	9.6	水平 40m	43.0
(2)	普通	—	1	38.5	170	442	0	1,028	702	0.75	0		17.2	—	6.5	水平 40m	
(3)	軽量	17	0.5	34.5	150	435	30	920	350	1.25	0.002	0.05	—	600		水平 50m	50.0

※ C：早強ポルトランドセメント，S<sub>g</sub>：スラグ，SP：高性能 AE 減水剤

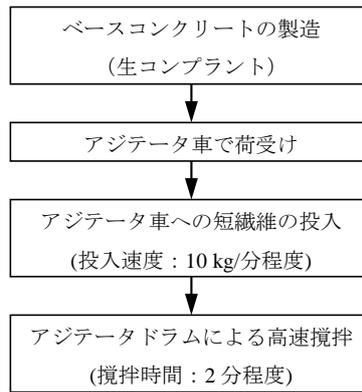
※ スランプ，空気量は短繊維投入後の値

### 6.4 製造と施工

- (1) 有機系短繊維は不純物が混入しないように貯蔵しなければならない。
- (2) 有機系短繊維混入コンクリートの練混ぜは、有機系短繊維が均等に分散されることが確認されている方法で行わなければならない。
- (3) 有機系短繊維混入コンクリートの打込みは、有機系短繊維の分散や配向を考慮した方法で行わなければならない。

#### 【解説】

(2) について 有機系短繊維混入コンクリートの引張特性は、短繊維の分散および配向に強く依存することから、練り混ぜは短繊維が均等に分散されることが確認されている方法で行う必要がある。簡易な方法としては、解説図-6.1のようにベースコンクリートを生コンクリートプラントで製造し、アジテータ車に積載した後、施工現場において有機系短繊維を投入する方法がある。短繊維の投入はアジテータ車のドラムを回転させながら行い、投入後には高速回転して攪拌する。過去の試験では、解説表-6.1の配合(1)において、有機系短繊維混入コンクリートの製造が可能であることを確認している。



解説 図-6.1 有機系短繊維混入コンクリートの製造手順の概要

(3)について 有機系短繊維混入コンクリートの打込みは、有機系短繊維の分散や配向に十分に配慮する必要がある。特に、打ち重ね部においては、突き棒等により十分にかき乱す必要がある。また、打ち継ぎ部は、短繊維の架橋効果が十分に発揮されないことが考えられるため、設計上、短繊維が作用外力を分担しない部位に設ける必要がある。

#### 参考文献

- 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) 道路橋示方書 [共通編], 日本道路協会, 2014.
- 5) 道路橋示方書 [コンクリート橋編], 日本道路協会, 2014.
- 6) 超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針 (案), 土木学会, 2004.

有機系短繊維を混入したコンクリート ー設計施工の手引き（案）ー

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）