

部材表層のみにポリプロピレン短繊維を混入した繊維補強コンクリートの施工手順と繊維埋込深さの関係

加藤 雄介 大久保 雅司 飯田 康介^{*1} 塚本 康誉^{*1} 藤下 大知^{*1} 木村 貴裕^{*1}
Yusuke Kato, Masashi Okubo, Kohsuke Handa, Yasuyoshi Tsukamoto, Daichi Fujishita
Takahiro Kimura

概 要

従来、繊維補強コンクリートの製造は、コンクリートプラントのミキサやトラックアジテータのドラム内のコンクリートに繊維を添加して行われてきた。この従来の繊維補強コンクリートは、トラックアジテータなどの繊維を取り除く洗浄作業に労力を要することが、普及の妨げの一因となっている。本報では、コンクリート打込み後、コンクリート表面にポリプロピレン短繊維を散布し、タンパーなどを使用して表層にポリプロピレン繊維を混入させて、表層のみを繊維補強コンクリートとする散布工法の施工手順と繊維埋込深さの関係を検討した。その結果、本工法では、繊維を表面に散布する前にバイブレータを用いてコンクリートを適切に締固め、繊維を表面に散布した後にタンパーを用いて叩き作業を行うことで、作業性良く、繊維を深く埋め込めることを確認した。

Fundamental Study on Construction Procedure and Embedment Depth of Fiber in FRC with Polypropylene Short Fibers Only in The Surface Layer

Abstract

Traditionally, fiber-reinforced concrete has been produced by adding fibers to concrete in the drum of truck agitators or the mixer of a concrete plant. However, this conventional method this conventional method requires significant labor to clean and remove fibers from equipment such as truck agitators, which has hindered its widespread use.

This report examined the relationship between the construction procedure and fiber embedding depth of the surface-application method. In this method, polypropylene short fibers were dispersed over the concrete surface after placement and mixed into the surface layer using a tamper or similar tools, creating a fiber-reinforced surface layer.

The results confirmed that fibers can be embedded deeply with good workability by properly compacting the concrete with a vibrator before fiber dispersion and by tamping the surface with a tamper after dispersion.

キーワード：ポリプロピレン短繊維，埋込深さ，施工手順，
繊維補強コンクリート

^{*1} 株式会社フジタ

1. はじめに

近年、建設工事では、労働時間短縮、人手不足から生産性向上が求められている。このような背景から、国土交通省は i-Construction¹⁾を掲げ、現場作業の効率化などに加え、建設プロセス全体での生産性向上の様々な取組みを進めている。

現場作業の効率化を図る工法として、土間コンクリートなどに用いられる鉄筋を合成短繊維に代替する工法がある。コンクリートに用いられる合成短繊維の仕様は、2015年にJIS A 6208「コンクリート用ポリプロピレン短繊維」²⁾として制定、2018年に「コンクリート及びモルタル用合成短繊維」³⁾と改正されている。また、ポリプロピレン短繊維補強コンクリート設計指針(案)⁴⁾が発刊されるなど、合成短繊維を混入したコンクリートの技術基準の整備が進み、普及しつつある。しかし、合成短繊維を混入したコンクリートは、現場から帰着したトラックアジテータなどの繊維を取り除く洗浄作業に労力を要することが、普及の妨げの一因となっている。そのため、古川ら⁵⁾はコンクリート打込み後、コンクリート表面にポリプロピレン短繊維(以下、PP繊維)を散布し、タンパーなどを使用して表層にPP繊維を混入させ、表層のみを繊維補強コンクリートとする工法(以下、散布工法)に着目して、基礎物性、施工性およびひび割れ抑制性能について検討を行い、基礎物性に大きな影響を与えず十分な耐久性を有すること、容易に施工できる散布量は100g/m²程度であること、PP繊維を混入していないコンクリートで発生するひび割れを98.9%~100%抑制することを明らかにしている。

しかしながら、散布工法を使用したコンクリートの施工手順の違いが繊維の埋込深さに及ぼす影

響などについては、不明な点が多い。そこで、本報では散布工法を使用したコンクリートの施工手順と繊維の埋込深さの関係について検討した結果を報告する。

2. 実験概要

表1に試験体一覧を示す。施工手順は5水準とした。試験体Aでは、コンクリート打設、バイブレータでの締固め、トンボを想定した木罫での荒ならし後、繊維を散布し、タンパーで繊維が見えなくなるまで叩き、叩き跡を木罫で均し、金罫でのノロ出し、仕上げの手順とした。試験体Bでは、試験体Aのタンパーによる繊維の叩き作業を木罫に変えて行い、その後の施工手順は試験体Aと同じ手順とした。試験体Cでは、試験体Bの繊維散布前にタンパーによる叩き作業を行い、その後の施工手順は試験体Bと同じ手順とした。試験体Dでは、試験体Cのバイブレータでの締固め作業を省略し、その後の施工手順は試験体Cと同じ手順とした。試験体Eでは、試験体Aのバイブレータでの締固め作業を省略し、その後の施工手順は試験体Aと同じ手順とした。

表2に実験に使用したPP繊維の概要を示す。使用したPP繊維は、JIS A 6208に適合する合成短繊維とし、散布量を87.4g/m²とした。

表2 PP繊維の概要

項目	単位	値
密度	(g/cm ³)	0.91
公称繊維径	(mm)	0.7
繊維長	(mm)	30
引張弾性率	(N/mm ²)	8,000
引張強度	(N/mm ²)	500
表面加工		エンボス加工

表1 試験体一覧

施工手順	試験体A	試験体B	試験体C	試験体D	試験体E
①	コンクリート打設	コンクリート打設	コンクリート打設	コンクリート打設	コンクリート打設
②	締固め (バイブレータ)	締固め (バイブレータ)	締固め (バイブレータ)	荒ならし(木罫)	荒ならし(木罫)
③	荒ならし(木罫)	荒ならし(木罫)	荒ならし(木罫)	タンパーで叩く	繊維散布
④	繊維散布	繊維散布	タンパーで叩く	繊維散布	タンパーで叩く
⑤	タンパーで叩く	木罫で叩く	繊維散布	木罫で叩く	荒ならし(木罫)
⑥	荒ならし(木罫)	荒ならし(木罫)	木罫で叩く	荒ならし(木罫)	押さえノロ出し (金罫)
⑦	押さえノロ出し (金罫)	押さえノロ出し (金罫)	荒ならし(木罫)	押さえノロ出し (金罫)	仕上げ(金罫)
⑧	仕上げ(金罫)	仕上げ(金罫)	押さえノロ出し (金罫)	仕上げ(金罫)	—
⑨	—	—	仕上げ(金罫)	—	—

表3 コンクリートの調合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					Ad1 (C×%)	あと添加 Ad2 (C×%)
		W	C	S1	S2	G		
61.8	48.6	170	275	635	261	957	1.00	0.174

W : 上水道水
 C : 高炉セメントB種(密度: 3.04g/cm³)
 S1 : 砕砂(表乾密度: 2.69g/cm³)
 S2 : 山砂(表乾密度: 2.58g/cm³)
 G : 碎石(表乾密度: 2.68g/cm³)
 Ad1 : AE減水剤(リグニンスルホン酸系)
 Ad2 : あと添加粉末型流動化剤(リグニンスルホン酸系)

表4 フレッシュコンクリートの試験結果

流動化剤添加前			流動化剤添加後			
スランプ (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)	スランプ (cm)	スランプフロー (mm)	空気量 (%)	温度 (°C)
17.0	3.8	21	20.0	417	2.8	21

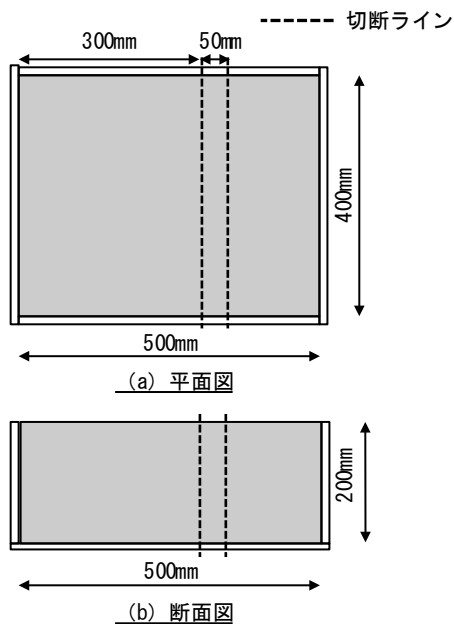


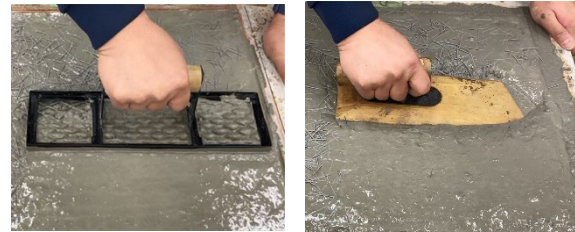
図1 試験体概要

表3にコンクリートの調合を示す。表4にフレッシュコンクリートの試験結果を示す。コンクリートは初めにスランプ15cm程度のベースコンクリートを製造後、表3に示す粉末流動化剤を添加し、スランプフロー35cmから50cmに流動化した現場作業の効率化に配慮したコンクリートを用いた。練混ぜは試験室にて行い、フレッシュコンクリートの試験項目は、スランプ、スランプフロー、空気量および温度とした。図1に実験に使用した試験体概要を示す。試験体サイズは、500×400×200mmとした。試験体は、表1に示す手順で各1体製作した。計測項目は、施工時のタンパーおよび木鏝で繊維が見えなくなるまでの1箇所当たりの叩き回数および作業時間、硬化後の繊維本数および打設

表5 繊維埋込作業性の評価結果

作業性評価項目	試験体				
	A	B	C	D	E
叩き回数(回/箇所)	2	2	2	2	2
作業時間(秒)	28	46	38	39	38
繊維埋込作業性の評価	○	×	△	△	△

○ : 良好 △ : 時間増加 × : 時間と労力増加



(a) 試験体 A

(b) 試験体 B



(c) 試験体 C

(d) 試験体 D



(e) 試験体 E

写真1 繊維埋込作業の状況

面からの繊維埋込深さとした。また、施工時の繊維叩き回数、作業時間および作業状況から繊維埋込作業性を3段階で評価した。なお、硬化後の計測は、図1に示す切断ラインで試験体を切断し、2本の切断ラインに存在する繊維を計測した。

3. 結果と考察

3.1 繊維埋込作業性の評価

表5に繊維埋込作業性の評価結果を示す。写真1に試験体AからEの繊維埋込作業の状況を示す。表5によれば、試験体AからEは施工手順に関わらず叩き回数は同じである。しかし、作業時間に差が生じている。試験体Aは、一般的なタンパーでの叩き作業とほぼ同様の力加減で繊維を埋め込み可能で作業性が良好であった。試験体Bでは、木鏝を使用しての繊維埋め込み作業を試験体Aと比べて力を入れて深く叩く必要があり、時間を要した。試験体Cおよび試験体Dでは、繊維散布前の

表 6 硬化後の繊維埋込深さと本数の測定結果

繊維埋込深さ (mm)	試験体A		試験体B		試験体C		試験体D		試験体E	
	本数 (本)	分布率 (%)	本数 (本)	分布率 (%)	本数 (本)	分布率 (%)	本数 (本)	分布率 (%)	本数 (本)	分布率 (%)
0以上2未満	23	20	40	23	66	49	78	44	21	19
2以上4未満	29	25	66	37	60	44	63	36	36	32
4以上6未満	38	33	36	20	9	7	32	18	33	29
6以上8未満	18	16	28	16	0	0	3	2	19	17
8以上10未満	6	5	6	3	0	0	0	0	2	2
10以上12未満	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
12以上14未満	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14以上16未満	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
16以上18未満	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
18以上20未満	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

網掛け部：分布率が最も高い範囲

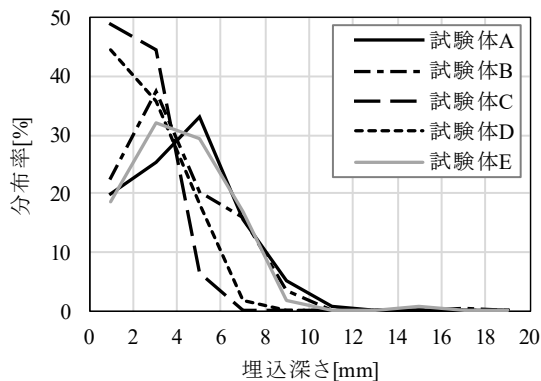


図 2 繊維埋込深さと繊維分布率の関係

タンパーでのコンクリート叩き作業で粗骨材が沈み込み、木罨を使用しての繊維埋め込み作業を丁寧にする必要があり、時間を要した。試験体 E では、試験体 A と比べて、1 回目のタンパーによる叩き作業での繊維の沈み込みが悪く、2 回目のタンパーによる叩き作業に時間を要した。

3.2 繊維埋込深さと分布率の関係

表 6 に硬化後の繊維埋込深さと本数の測定結果を示す。図 2 に繊維埋込深さと繊維分布率(各試験体の繊維埋込深さ 20mm 未満の範囲に存在する繊維全本数に対する、2mm 毎に測定した各埋込深さに存在する繊維本数の割合)の関係を示す。表 6 および図 2 から、繊維散布後にタンパーによる叩き作業を実施した試験体 A および E の 0mm 以上 2mm 未満の繊維分布率は 20%以下となる傾向を示している。その一方で、繊維散布前にタンパーによる叩き作業を実施した試験体 C および D の 0mm 以上 2mm 未満の繊維分布率は 44%以上となる傾向を示している。また、繊維散布後にタンパーによる叩き作業を実施した試験体 A と繊維散布後に木罨による叩き作業を実施した試験体 B の繊維分布率の最大値を比較すると、試験体 A の繊維埋込深さが深くなる傾向を示している。さらに、コンクリート打設後にバイブレータによる締固めを実施した試験体 A とバイブレータによる締固めを実施して

いない試験体 E の繊維分布率の最大値を比較すると、試験体 A の繊維埋込深さが深くなる傾向を示している。

4. まとめ

本報では、コンクリートの現場作業の効率化を目的として、PP 繊維散布工法の施工手順と繊維の埋込深さの関係について検討した。その結果、散布工法では、繊維散布前にバイブレータによる適切な締固めを行い、繊維散布後にタンパーによる叩き作業を実施することで、繊維を深く作業性良く埋め込むことができる施工手順の基礎的な知見を得ることができた。

参考文献

- 国土交通省：i-Construction の推進，pp.6,
<https://www.mlit.go.jp/common/001149595.pdf>,
(参照 2025-08-25)
- 日本工業標準調査会：コンクリート用ポリプロピレン短繊維，JIS A 6208，2015.
- 日本工業標準調査会：コンクリート用及びモルタル用合成短繊維，JIS A 6208，2018.
- ポリプロピレン短繊維普及協会：ポリプロピレン短繊維補強コンクリート設計指針（案），2018.
- 古川雄太，大岡督尚：ポリプロピレン短繊維を部材表層のみに混入させた繊維補強コンクリートの基礎物性およびびびわれ抑制効果に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.41，No.1，pp.287-292，2019.

執筆者紹介

ひとこと

現在、建設工事では人手不足が深刻化しています。今後も建設現場の生産性向上に寄与できる技術の検討を行い、人手不足の改善に貢献していきます。



加藤 雄介
修士（工学）