

## 論文 合成短繊維によるブリーディングの抑制効果

高梨 大介<sup>\*1</sup>・細田 暁<sup>\*2</sup>・臼井 明子<sup>\*3</sup>

**要旨**：合成短繊維をコンクリートに少量添加することにより、ブリーディングが抑制されることを確認した。ブリーディングの総量が少なくなり、発生速度が緩やかになることが分かった。繊維の添加量の増加とともに抑制効果は大きくなったが、ある量以上では効果は頭打ちとなった。後添加で抑制効果があるが、先添加ではほとんど効果がないこと、繊維の親水性処理がブリーディング抑制効果に大きく影響すること、などの知見が得られた。

**キーワード**：合成短繊維, ブリーディング抑制, 添加時期, 親水性処理

### 1. はじめに

少量の合成短繊維をコンクリートに添加することによるコンクリート片の剥落対策が実施されている<sup>1)</sup>。また、筆者らにより、合成短繊維がプラスチック収縮ひび割れを抑制することが明らかになっている<sup>2)</sup>。また、ある種の合成短繊維をコンクリートに少量添加することで、収縮ひび割れが抑制される事例も見られる。添加量が少量で十分なひび割れ抑制効果がある場合、コンクリートの施工性に及ぼす影響も小さいため、収縮ひび割れの抑制対策として汎用的な方法となる可能性を秘めている。

筆者らは、ペーストを用いた高温養生の拘束試験において、合成短繊維のプラスチック収縮ひび割れ抑制効果を確認した<sup>2)</sup>。また、ナイロン繊維の添加によりブリーディングが抑制されることが既往の研究で報告されている<sup>3)</sup>。これらの結果に基づくと、合成短繊維はプラスチックな状態およびフレッシュな状態のコンクリートに影響を及ぼすことが明らかである。そこで本研究では、将来的に少量の合成短繊維による収縮ひび割れ抑制効果を解明することも念頭において、合成短繊維のブリーディング抑制効果を詳細に検討することとした。繊維の添加時期の影響、繊維添加により空気量が若干増加すること

の解決法なども合わせて検討した。

### 2. 実験概要

実験はシリーズ A とシリーズ B を行った。シリーズ A では、1 種類のポリプロピレン繊維（以下 PP 繊維）について、2 種類のスランプのベースコンクリートを用い、繊維添加量を変化させてブリーディング性状などを調べた。

シリーズ B では、同一配合のベースコンクリートに対して、種々の繊維を添加してブリーディング性状を調べた。

#### 2.1 実験方法（シリーズ A）

##### (1) 使用材料

コンクリートに使用した材料は、普通ポルトランドセメント、細骨材（幌延産砂、表乾密度：2.65g/cm<sup>3</sup>、吸水率：0.74%、粗粒率：2.60）、粗骨材（見晴産碎石、最大寸法：20mm、表乾密度：2.67g/cm<sup>3</sup>、吸水率：1.65%、粗粒率：6.60）、AE 減水剤である。

繊維は 1 種類の PP 繊維（PP300-12）とし、物性値を表-1 に示す。表-1 には、シリーズ B で使用した繊維も示した。直径は、繊維断面を円形と仮定して算定した。アスペクト比は長さの直径に対する比である。これらの繊維は比較的、直径の小さい繊維であり、多くがすでに剥落対

\*1 横浜国立大学工学部 建設学科 (正会員)

\*2 横浜国立大学大学院 工学研究院 助教授 博(工) (正会員)

\*3 横浜国立大学大学院 工学府社会空間システム専攻 (正会員)

策として使用されている<sup>1)</sup>。

シリーズ A においては、PP300-12 の添加量を 0.02%~0.30% (コンクリートに対する体積比) で添加し、表-2 に示す 2 種類の配合に対してブリーディング試験などを行った。

### (2) ブリーディング試験

ブリーディング試験は JIS A 1123-1997 により実施した。試験時の室温は、20±2℃の室内で実施した。繊維添加コンクリートは、ベースコンクリートと性状を比較するため、両者は同一バッチから採取した。オムニミキサーでベースコンクリートを練混ぜたあと (セメントと骨材を投入後に空練り 60 秒間、水と AE 減水剤を投入後に 120 秒間)、排出し、ベースコンクリートのブリーディング試験を開始した。スランプ試験、空気量試験などを行った後に、ベースコンクリートの一部をミキサーに戻し、繊維を投入後 90 秒間練り混ぜて排出し、ブリーディング試験などを行った。ベースコンクリートと繊維コンクリートのブリーディング試験開始時間の差は約 10 分である。

### (3) 練り上がり後と締め固め後の空気量

JIS A 1128-1999 により空気量を測定した。繊維の添加により空気量が増加する傾向が見られたので、実構造物に打設されるコンクリートを想定して、棒状パイププレートにより振動を与えた後の空気量についての比較も行った。

### (4) 繊維添加時期の影響

スランプ 12cm で繊維添加量 0.10% の場合にのみ、繊維を先に添加した場合のブリーディング試験等を行った。先添加の場合、繊維は骨材と一緒に投入した。

表-1 使用した繊維の物性値

繊維名称	原材料	長さ (mm)	直径 (μm)	アスペクト比	繊維形状	備考
PP300-12	ポリプロピレン	12	300	40	棒状(網目)	
PP65-12	ポリプロピレン	12	65	185	棒状	
PP65-12NC	ポリプロピレン	12	65	185	棒状	親水性処理なし
NY19-12	ナイロン6.6	12	19	632	棒状	
PVA100-12	ポリビニルアルコール	12	100	120	棒状	

## 2.2 実験方法 (シリーズ B)

### (1) 使用材料

シリーズ B では、繊維の添加量を 0.15% に固定し、繊維の違いによる影響を調べた。使用した繊維の一覧を表-1 に示した。0.15% としたのは、前述の剥落対策での添加量よりやや多くし、ブリーディング抑制効果を目撃するためである。

コンクリートに使用した材料は、普通ポルトランドセメント、細骨材 (君津産山砂、密度: 2.62g/cm<sup>3</sup>, 吸水率: 1.59%, 粗粒率: 2.34), 粗骨材 (秩父産碎石、最大寸法: 20mm, 密度: 2.70g/cm<sup>3</sup>, 吸水率: 0.75%, 粗粒率: 6.80), AE 剤である。

コンクリートの配合を表-2 に示す。

### (2) ブリーディング試験

強制二軸ミキサーでベースコンクリートを練混ぜたあと (セメントと細骨材を投入後に空練り 60 秒間、水と AE 減水剤を投入後に 60 秒間、粗骨材を投入して 90 秒間)、排出した。ベースコンクリートの一部をミキサーに戻し、繊維コンクリートと練混ぜ条件を同じにするために 120 秒の再混練を行った。その後、ブリーディング試験を開始した。そして、ベースコンクリートの残りをミキサーに戻し、繊維を添加して 120 秒練混ぜた。排出後にブリーディング試験を開始した。この練混ぜ方法は、ベースコンクリートと繊維コンクリートの練混ぜ条件をできるだ

表-2 コンクリートの配合

	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				
						W	C	S	G	AE減水剤
シリーズA	20	12	4.5	55	45	146	265	864	1065	2.65
	20	15	4.5	55	48	174	316	867	945	3.16
シリーズB	20	12	4	60	45	178	296	829	1035	0.0148 (AE剤)

表-3 試験水準一覧

	スランブ (cm)	繊維種類	繊維添加量 (%)	締固め後の空気量測定	繊維添加時期	
シリーズA	12	PP300-12	0.02		後	
			0.05			
			0.10	○		
			0.10		先	
			0.15			
			0.20		後	
	0.30		○			
	15		0.05			後
			0.10			
			0.15			
0.20						
0.30						
シリーズB	12	PP65-12	0.15		後	
		PP65-12NC	0.15			
		NY19-12	0.15			
		PVA100-12	0.15			
		PP300-12	0.15			

け同じにするための配慮である。ベースコンクリートと繊維コンクリートのブリーディング試験開始時間の差は約3分である。

### 2.3 実験水準

表-3に、本研究で実施した実験の一覧を示す。

## 3. 実験結果と考察 (シリーズ A)

### 3.1 スランブ試験結果

図-1および図-2にスランブ試験結果を示す。繊維を添加することにより、スランブの若干の低下が認められる。繊維コンクリートはベースコンクリートより約10分遅れてスランブ試験をおこなっている。図-1, 図-2ともに、ベースコンクリートはコーン形状が崩れていたのが、ごく少量でも繊維を添加することによりコーン形状が保持されていた。時間差の影響よりも、繊維の添加による形状保持効果の影響が大きいと考えられる。繊維の添加量が多くなると、ス

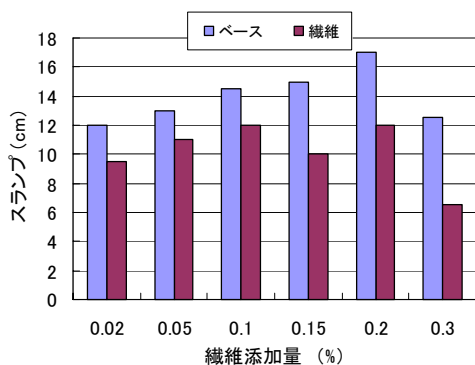


図-1 スランブ試験結果 (スランブ 12cm)

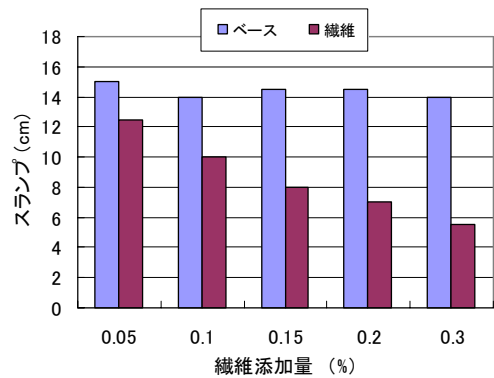


図-2 スランブ試験結果 (スランブ 15cm)

ランブの低下が顕著となった。

### 3.2 空気量試験結果

図-3にスランブ 12cm の場合の空気量試験結果を示した。0.05%以上では、空気量が1~3.5%程度増加した。0.10%と0.30%のケースにおいて、棒状パイプレータで締固めを行ったあとに空気量を再計測した。その結果、大幅に空気量は減少し、ベースと繊維コンクリートの差も小さくなった。実施工においては、空気量の増加が問題となる場合も考えられるが、増加した空気は、

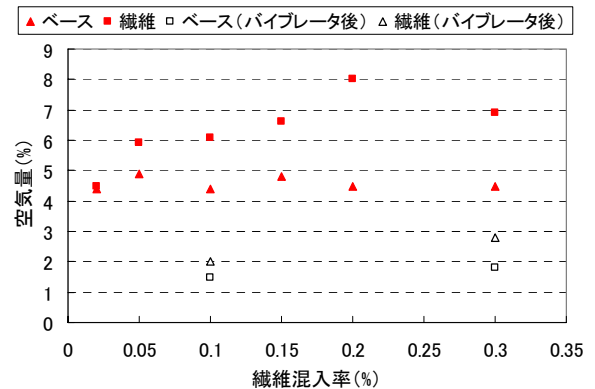


図-3 空気量試験結果 (スランブ 12cm)

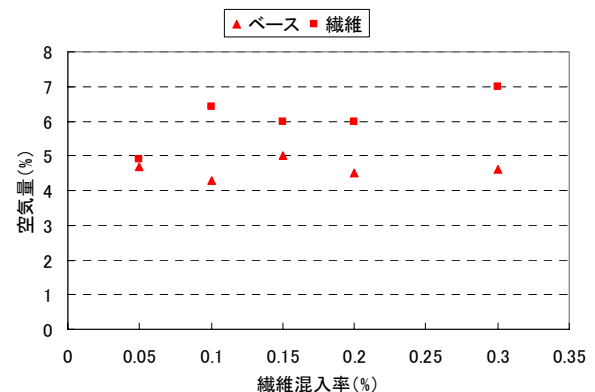


図-4 空気量試験結果 (スランブ 15cm)

施工時に十分締め固め作業をおこなうことでほとんどが排除されると思われる。

図-4には、スランプ 15cm の場合の試験結果を示した。

### 3.3 ブリーディング試験結果

図-5から図-10にスランプ 12cm の場合のブリーディング試験結果を示した。それぞれ、同一バッチのコンクリートから採取したベースコ

ンクリートとの比較である。

これらの図より、繊維を添加することでブリーディングの総量が抑制され、また、ブリーディングの発生速度が緩やかになり、終了までの時間も長くなっていることがわかる。

繊維の添加量が 0.02%とごく少量の場合でもブリーディング抑制効果が認められ、添加量の増加とともに抑制効果が大きくなる様子が認め

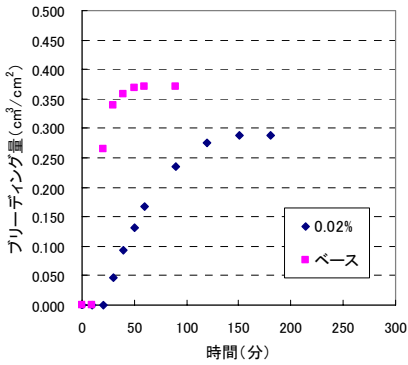


図-5 ブリーディング試験結果  
(スランプ 12cm, 0.02%)

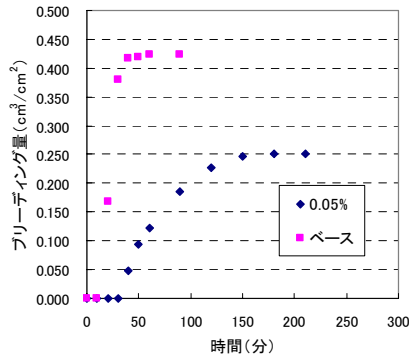


図-6 ブリーディング試験結果  
(スランプ 12cm, 0.05%)

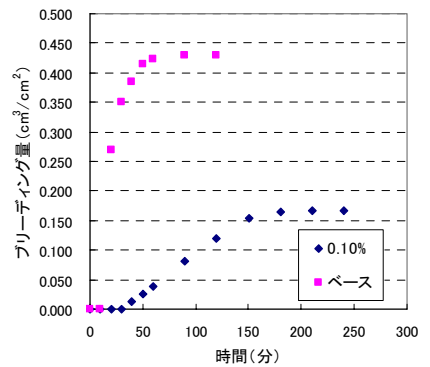


図-7 ブリーディング試験結果  
(スランプ 12cm, 0.10%)

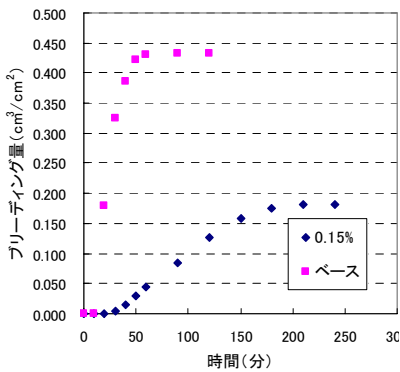


図-8 ブリーディング試験結果  
(スランプ 12cm, 0.15%)

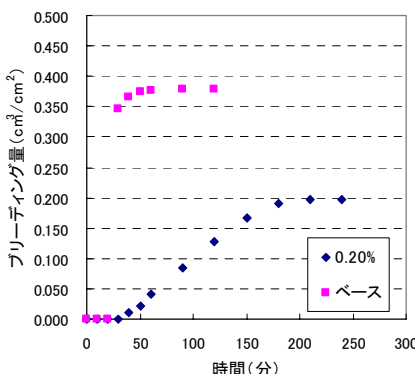


図-9 ブリーディング試験結果  
(スランプ 12cm, 0.20%)

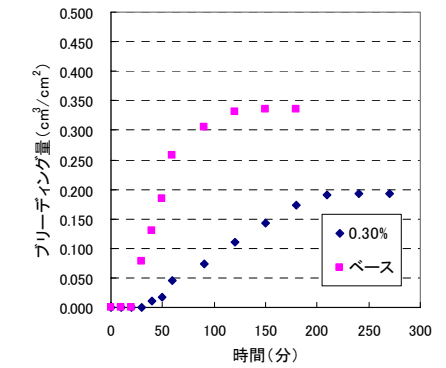


図-10 ブリーディング試験結果  
(スランプ 12cm, 0.30%)

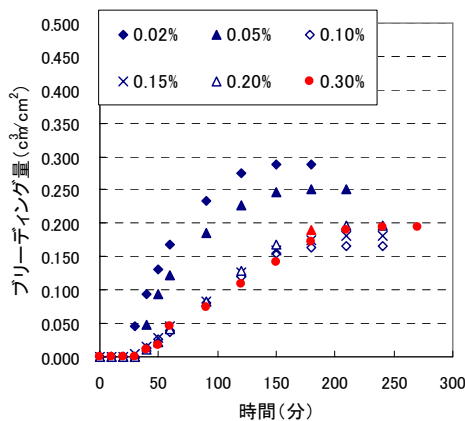


図-11 ブリーディング試験結果  
(スランプ 12cm)

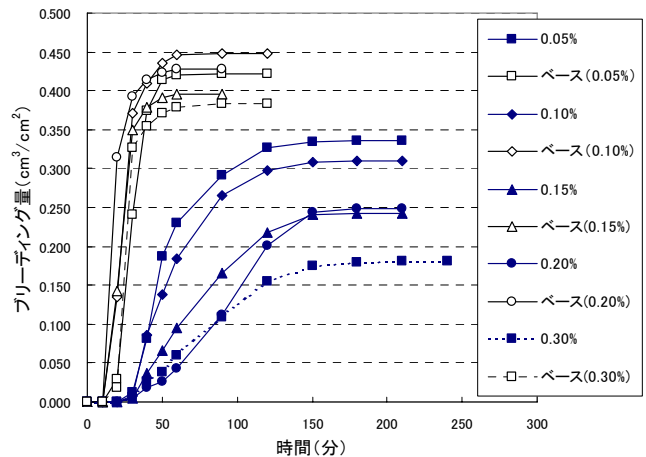


図-12 ブリーディング試験結果  
(スランプ 15cm)

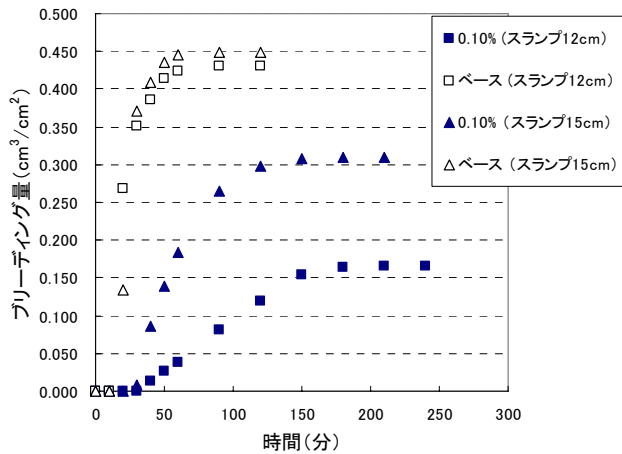


図-13 スランプ 12cm とスランプ 15cm のブリーディング試験結果比較 (0.10%)

られる。図-11 にはスランプ 12cm の場合の繊維コンクリートのみでのブリーディング試験結果をまとめて示した。それぞれのベースコンクリートのブリーディング発生量は  $0.34 \sim 0.43 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$  とややばらつきがあるが、図-11 より、繊維の効果には上限があり、添加量が 0.10% 以上では効果が頭打ちとなった。ただし、シリーズ A の配合は、シリーズ B と比較してベースコンクリートのブリーディングの発生速度が非常に速く、繊維の抑制効果が顕著に見られる条件であったと思われる。

図-12 には、スランプ 15cm の場合のブリーディング試験結果をまとめて示した。同様にブリーディング抑制効果が見られるが、図-11 と比較すると、0.30% まで繊維の添加量が増加するにともない、抑制効果が大きくなっている。図-13 には、繊維量が 0.10% においてスランプ 12cm と 15cm の結果を合わせて示した。ベースコンクリートは大きな差が見られないが、繊維コンクリートはスランプ 15cm の方がブリーディング量がかなり多い。ブリーディング抑制の程度については、コンクリートの配合によって大きく異なる結果となった。

繊維がブリーディングを抑制する機構は、4 章で述べる親水性処理の影響を勘案すると、繊維がコンクリート中の水分を捕捉することにより、材料分離で上方へ移動する水分が減少することによると考えられる。

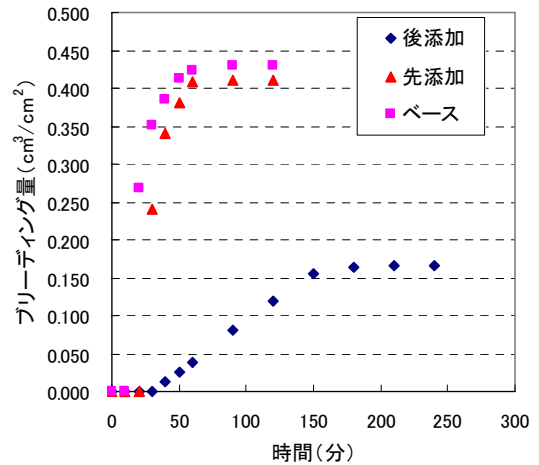


図-14 繊維の添加時期の影響 (スランプ 12cm, 0.10%)

### 3.4 繊維添加時期の影響

図-14 には、スランプ 12cm で添加量が 0.10% の条件で、繊維の添加時期の影響を示した。先添加では、ベースコンクリートとほぼ同じブリーディング性状を示し、抑制効果がほとんど見られない。この原因を現状で特定することはできていないが、繊維の分散性は先添加の場合も後添加の場合とほぼ同様であった。

すでに実施されている剥落対策<sup>1), 4)</sup>では、繊維はアジテータ車に投入して数分間のアジテータの高速回転で攪拌している。後添加であるため、合成短繊維のブリーディング抑制効果は期待できるとと思われる。

## 4. 実験結果と考察 (シリーズ B)

図-15 に、シリーズ B のブリーディング試験結果を示した。同一バッチから採取した無添加コンクリートの試験結果がほぼ一致していることから、本研究のブリーディング試験方法の精度がよいことが分かる。

PP65-12 と PP65-12NC は、親水性処理の有無のみが異なる。PP 繊維では、親水性処理を施さない場合、ブリーディング抑制効果がほとんど見られない結果となった。

また、ナイロン繊維 (NY19-12)、PVA 繊維 (PVA100-12) を添加した場合も、PP300-12 と同程度のブリーディング抑制効果を示し、繊維の素材の影響はあまり受けない結果となった。

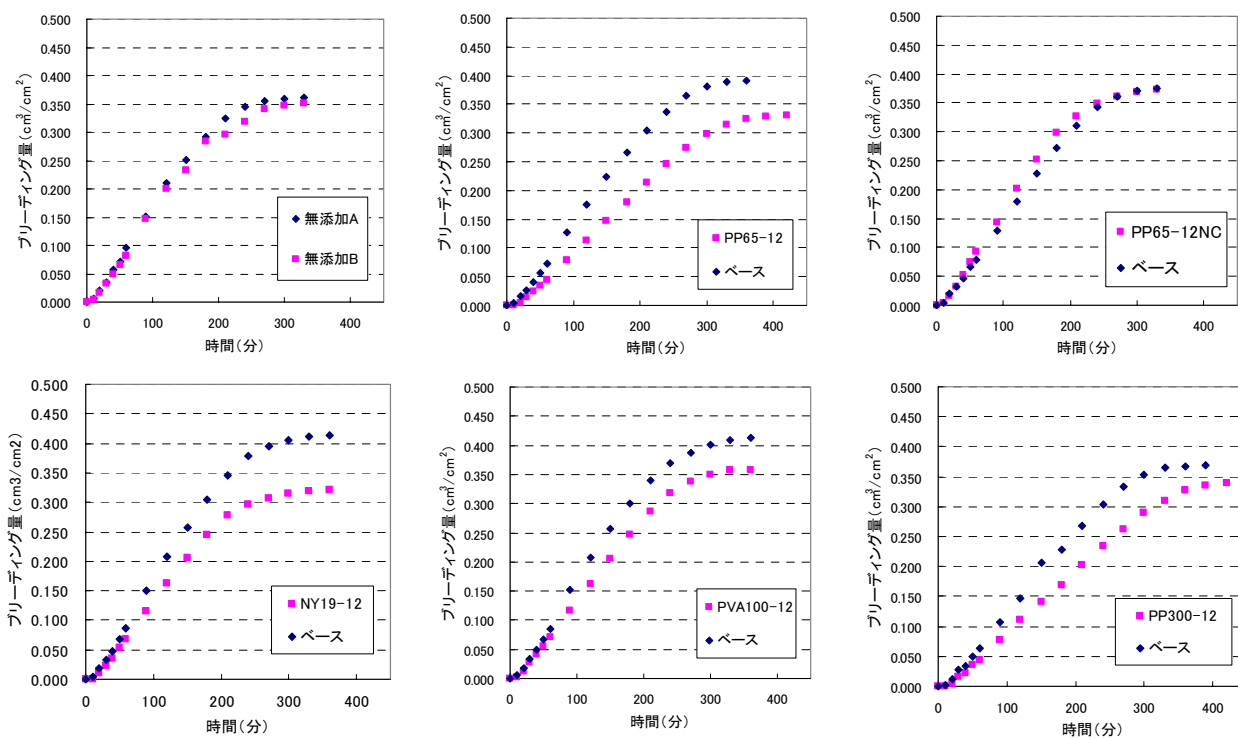


図-15 ブリーディング試験結果 (シリーズ B)

ただし、シリーズ B のベースコンクリートは、シリーズ A に比較してブリーディング量は同程度であるものの、ブリーディング発生速度が非常に緩やかであり、繊維種類の違いが表れにくかった可能性はある。

## 5. まとめ

本研究で得られた成果を以下にまとめる。

- (1) PP 繊維によりブリーディングが抑制された。ベースコンクリートのブリーディング速度が速い場合、ブリーディング量が抑制され、発生速度も緩やかになった。繊維の添加量の増加にともない、抑制効果が大きくなったが、配合によっては抑制効果が頭打ちとなった。
- (2) コンクリート練混ぜ後に繊維を添加した場合はブリーディング抑制効果があったが、繊維を骨材と同時に投入した場合は抑制効果がほとんど見られなかった。
- (3) 繊維の添加により空気量が増加したが、バイブレータにより締固めることで増加した空気はほぼ排除されることが分かった。
- (4) PP, PVA, ナイロンの各繊維でブリーディング抑制効果が確認された。PP の場合は、親水

性処理がない場合、ブリーディング抑制効果がみられなかった。

【謝辞】本研究の一部は、平成 16, 17 年度文部科学省科学研究費補助金（若手研究(B), 課題番号 16760360, 研究代表者；細田 暁）によっておこなわれた。また、(株) ウェスコットの北山譲治氏にご協力いただいた。

## 参考文献

- 1) 細田 暁, 菅野貴浩, 石橋忠良：合成短繊維添加によるコンクリート片の剥落対策, コンクリート工学年次論文集, Vol.25, No.1, pp.275-280, 2003
- 2) 細田 暁, 秋浜圭太：合成短繊維補強コンクリートの曲げタフネスと収縮ひび割れ抑制効果, セメント・コンクリート論文集, No.58, pp.413-418, 2004
- 3) 上田賢司, 佐藤嘉昭, 清原千鶴, 広原寿竜：短繊維補強コンクリートの強度特性と乾燥収縮ひび割れ, コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No.2, pp.211-216, 2001
- 4) 大畑公嗣ほか：合成短繊維コンクリートの現場での施工性に関する試験結果, SED, No.20, pp.70-77, JR 東日本, 2003.5