

論文 ポリプロピレン短繊維補強コンクリートのフレッシュおよび硬化性状

平石 剛紀*¹・坂田 昇*²・矢吹 増男*³・細田 常正*⁴

要旨: 最近、コンクリートの剥落事故が問題になっているが、その防止対策の一つとして、繊維補強によるコンクリートの靱性およびひび割れ発生後の耐力の向上が考えられる。本研究では、ポリプロピレン短繊維補強コンクリートの適用に着目し、繊維形状の違いが補強効果に及ぼす影響について検討を行った。実験の結果、繊維の形状を波型に改良することにより、コンクリートの靱性が大きく向上することを明らかにするとともに、繊維の表面処理および繊維径の違いが、フレッシュ性状および強度特性に与える影響を確認した。

キーワード: 繊維補強コンクリート, ポリプロピレン繊維, 繊維形状, 曲げ靱性

1. はじめに

最近、トンネル覆工コンクリートや高架橋コンクリートの剥落が相次いで起こり、大きな社会問題となっている。これらコンクリートが剥落する理由の一つとして、コンクリートが靱性に乏しい材料であることが考えられる。一方、コンクリートを短繊維で補強することによってコンクリートの靱性が改善されることは、これまで多くの研究がなされており、広く知られるところである¹⁾。

コンクリート補強用短繊維の中でも、ポリプロピレン繊維は、繊維混入によるコンクリートの流動性の低下が少なく、かつ、アジテータ車への投入の際に分散機を必要としないなど施工性に優れた材料であるが、その補強効果は、他の繊維（鋼繊維やピニロン繊維など）に比して小さいことが知られている。

そこで本論文では、ポリプロピレン短繊維補強コンクリートの補強効果の改善を目的として、繊維形状、表面処理剤および繊維径の違いがコンクリートのフレッシュ性状および硬化性状に及ぼす影響について検討した。

2. 試験概要

2.1 使用材料

使用材料を表-1に、使用した繊維の詳細を表-2に示す。繊維は、形状、表面加工（以下、エンボス加工と記す）、表面処理剤、繊維径の異なるポリプロピレン繊維6種類と、比較用のピニロン繊維・鋼繊維各1種類の計8種類を実験に供した。

ポリプロピレン繊維は、コンクリートとの十分な付着を確保するため、繊維表面に機械的な凹凸加工（エンボス加工）を施すが、本実験では、エンボス加工の強加工および弱加工の2種類を用いて実験を行った。また、撥水性を有するポリプロピレン繊維は、コンクリート用短繊維として用いる場合、繊維の浮上がり防止や、コンクリートとの付着向上を目的として、表面処理剤により繊維表面に親水性を付与させる必要がある。本実験では、表面処理剤として、多価アルコール系（以下、AL処理剤と記す）、エチレンオキサイド系（以下、EO処理剤と記す）の2種類を使用し実験を行った。

実験に用いたポリプロピレン繊維の形状を

*1 鹿島技術研究所 土木技術研究部 材料・施工グループ 研究員（正会員）

*2 鹿島技術研究所 土木技術研究部 材料・施工グループ 主管研究員 工博（正会員）

*3 萩原工業（株）ハギライン事業部 ハギライン商品開発グループ リーダー 工修

*4 萩原工業（株）ハギライン事業部 ハギライン商品開発グループ

表-1 使用材料

使用材料	記号	概要	
セメント	C	普通ポルトランドセメント	密度: 3.16g/cm ³ , 比表面積: 3320cm ² /g
混和材	LP	石灰石微粉末	密度: 2.73g/cm ³ , 比表面積: 3500cm ² /g
細骨材	S	新潟産山砂	表乾密度: 2.60kg/l, 吸水率: 1.88% 粗粒率: 2.53
粗骨材	G	八王子産硬質砂岩碎石 (2005)	表乾密度: 2.65kg/l, 吸水率: 0.67%, 粗粒率: 6.70, 最大寸法: 20mm
短繊維	PPF	ポリプロピレン繊維	密度: 0.91g/cm ³ , 繊維長: 30mm
	VF	ビニロン繊維	密度: 1.30g/cm ³ , 繊維長: 30mm
	SF	鋼繊維	密度: 7.8g/cm ³ , 繊維長: 30mm
混和剤	AD	AE減水剤	リグニンスルホン酸系
	SP	高性能AE減水剤	ポリカルボン酸系(標準形)
	VIS	特殊増粘剤	ウェランガム

表-4 試験項目

試験項目	試験方法
スランブ(SL)	JIS A 1101
空気量	JIS A 1128
コンクリート温度	温度計により計測
圧縮強度	JIS A 1108
静弾性係数	JSCE-G502-1988
引張強度	JIS A 1113
曲げ強度 (曲げタフネス)	JSCE-G552-1983
せん断強度	JSCE-G553-1983

表-2 繊維の仕様

NO.	繊維種類	繊維長	形状	繊維径*	エンボス加工	表面処理剤
1	PPF	30mm	直線型	6400d	強	多価アルコール系 (AL処理)
2			波型		弱	
3			直線型		強	
4			波型			
5			直線型	9000d		
6			波型			
7	VF		直線型	4000d	-	-
8	SF		両端フック型	0.6mm	-	-

* ; 1d (デニール) = 1g/9000m (繊維9000mの質量が1g)

直線型 (N)



波型 (W)



図-1 ポリプロピレン繊維の形状

表-3 コンクリートの配合

繊維種類	繊維混入量	W/C (%)	Air (%)	s/m (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					VIS (W×%)	AD,SP (C×%)
						W	C	LP	S	G		
無混入	-				46.0	175	319	-	812	972	-	-
PPF	0.5vol%	55	4.5	53.1	49.1	183	333	-	851	899	4.6	-
	1.0vol%										9.1	-
	1.5vol%										13.7	-
VF	1.0vol%										13.0	-
SF	1.0vol%				53.7	195	355	-	905	794	78.0	-
無混入	-	45	4.5	52.4	44	160	356	-	781	1012	-	-
PPF	1.0vol%				47.2	168	374	-	820	936	9.1	-
無混入	-	35	4.5	40.8	44.7	175	500	117	673	848	-	-
PPF	1.0vol%										9.1	0.05

容積を変化させて、所定の流動性が得られるよう修正した。なお、ビニロン繊維を用いた配合およびポリプロピレン繊維の混入量の違いによる配合の修正は行わず、ポリプロピレン

図-1に示す。繊維の形状は、市販されている直線型と、その形状を波型に改良したものの2種類とした。

2.2 コンクリートの配合

実験に供したコンクリートの配合を表-3に示す。W/C=55%のコンクリートは目標スランブ 8±2.5cm, W/C=45%のコンクリートは目標スランブ 12±2.5cmとした。また、W/C=35%のコンクリートは目標スランブフロー60±5cmとした。空気量はすべての配合において、4.5±1.0%を目標値とした。

繊維を1.0vol%混入する配合は、繊維無混入の配合を基に、モルタルを構成する材料(水、セメント、砂)の容積割合を一定とし、粗骨材

繊維1.0vol%混入配合と同じとした。また、繊維はコンクリートの外割として使用した。

2.3 練混ぜ方法

練混ぜには、容量100Lの強制2軸ミキサを使用し、練混ぜ量は90Lとした。W/C=55%のコンクリートについては、繊維を除く材料を一括投入し60秒間練り混ぜた後、ポリプロピレン繊維およびビニロン繊維の場合は繊維を一括投入し30秒間、鋼繊維の場合は30秒間ミキサを回転させながら投入し、投入後さらに30秒間練り混ぜた。高性能AE減水剤を用いたW/C=45, 35%のコンクリートについては、繊維を投入する前の練混ぜ時間を90秒とし繊維投入方法はW/C=55%と同じとした。