

神戸市立工業高等専門学校専攻科
 神戸市立工業高等専門学校都市工学科
 近畿大学理工学部社会環境工学科
 奥村組土木興業（株）環境開発本部

学生員 ○秦 陸也
 正会員 水越 睦視
 正会員 東山 浩士
 正会員 佐々木 庸志

1. はじめに

わが国では、近年コンクリート舗装の普及が進み、コンクリート舗装に関する最新情報が学協会において取りまとめられている¹⁾。

本研究ではひび割れ抵抗性の高いハイブリット型繊維補強コンクリート（HFRC）の基礎的性状を把握し、高耐久性コンクリート舗装への適用を目的としている。その第一段階として HFRC の圧縮・曲げ強度特性を各強度試験により評価し、コンクリートの乾燥収縮および初期養生期間についても検討した。

2. 使用材料およびコンクリートの示方配合

使用材料とその物理的性質を表1に、コンクリートの示方配合を表2に示す。なお、乾燥収縮試験では、砕砂(表乾密度 2.57g/cm³)と砕石(G_{max}:20mm, 表乾密度 2.61g/cm³)を用いた。また、配合 No.15~19 は乾燥収縮試験の配合である。

目標スランプは 5.0±1.5cm, 目標空気量は 4.5±1.5%と

表1 使用材料

水	W	水過水 (密度: 1.00g/cm ³)
セメント	C	普通ポルトランドセメント (密度: 3.15g/cm ³ , 比表面積: 3430cm ² /g)
フライアッシュ	FA	JIS Ⅱ種 (密度: 2.24g/cm ³ , 比表面積: 3910cm ² /g, 強熱減量: 2.1%)
細骨材	S	砕砂、大阪府高規格、後買砂岩系 (表乾密度: 2.64g/cm ³ , 粗粒率: 2.99, 吸水率: 1.34%)
粗骨材	G	砕石、大阪府高規格、後買砂岩系 (最大寸法: 20mm, 表乾密度: 2.71g/cm ³ , 粗粒率: 6.73, 吸水率: 0.68%)
PP繊維 (繊維長30mm)	PPF30	ポリプロピレン繊維 (密度: 0.91g/cm ³ , 公称繊維径: 0.7mm, 繊維長: 30mm, 引張強度: 500N/mm ²)
PP繊維 (繊維長12mm)	PPF12	ポリプロピレン繊維 (密度: 0.91g/cm ³ , 公称繊維径: 0.0649mm, 繊維長: 12mm, 引張強度: 480N/mm ²)
PVA繊維 (繊維長30mm)	PVA30	ポリビニールアルコール繊維 (密度1.3g/cm ³ , 公称繊維径0.66mm, 繊維長: 30mm, 引張強度900N/mm ²)
遅和剤	AE減水剤	高機能タイプAE減水剤 (リグニンスルホン酸塩, オキシカルボン酸塩, ポリカルボン酸系化合物)
遅和剤 (助剤)	AE助剤	フライアッシュ用AE剤 (高級脂肪酸系界面活性剤)

表2 コンクリートの示方配合

配合No.	W/B (%)	s/a (%)	FA置換率 (%)	PPF30mm Vol.(%)	PPF12mm Vol.(%)	(kg/m ³)					B×(%)	Aの数	外割(kg/m ³)		
						W	C	FA	S	G			AE減水剤	AE助剤	PPF30mm
1				0	0										
2				1.0	0										
3				0.9	0.14										
4				1.0	0.1										
5				0	0										
6	40	50		1.0	0	350	88	832	854						
7			20	1.3	0	175				1.0					
8				1.3	0.1										
9				1.0	0										
10	45	51				311	78	869	859						
11	35	49				400	100	787	840						
12	40	50				350	88	832	854						
13	45	51		1.3	0.1	311	78	869	859						
14	35	49				400	100	787	840						
15															
16				1.0						0.7	1A				
				(PVA30mm)						0.4	10A				
17	40	50	20	1.0	0.1	165	330	83	834	846					
				(PVA30mm)						0.5	(高性能)	7.5A			
				(PVA30mm)						0.5	(高性能)	13			
				1.3						0.5	(高性能)	10A			
18										0.6	7.5A				
				1.3	0.1					0.6	(高性能)	10A			
19										0.6	(高性能)	7.5A			
										0.6	(高性能)	10A			

注1) 結合材量B=C+FA, AE助剤の1A=B×0.002%

した。試験練りの結果、繊維混入率の増加により、スランプが低下し、配合条件を満たさない配合も一部あったが、単位水量、混和剤の種類や量を適宜調整することで、最終的に実施した No.10~14, 乾燥収縮試験においては全て所要のスランプ、空気量を満足した。

3. 実験結果および考察

3. 1 繊維の種類と繊維混入率の影響

各配合の圧縮強度と静弾性係数の結果を図1に示す。ここで、例えば PP1.3+0.1 は PPF30mm を 1.3%, PPF12mm を 0.1%の配合を示している。圧縮強度は、繊維混入によりやや低下した配合もあったが、繊維無混入の PL と同程度の値が得られ、PP で単繊維型よりハイブリット型の方が圧縮強度は大きくなった。

各配合の曲げ強度と曲げタフネスの指標である曲げ靱性係数の結果を図2に示す。曲げ靱性係数は PVA より PP の方が大きくなり、PP のみに着目すると、12mm の PP を 0.1%混入した PP1.3+0.1 では、ハイブリッド化による曲げ靱性係数の向上が認められた。

荷重-たわみ曲線を図3に示す。荷重-たわみ曲線からも、ハイブリッド型の PP1.3+0.1 でひび割れ発生荷重を大きく超える曲げ耐荷力を発揮しており、曲げひび割れ抵抗性の向上が期待できると考えられる。

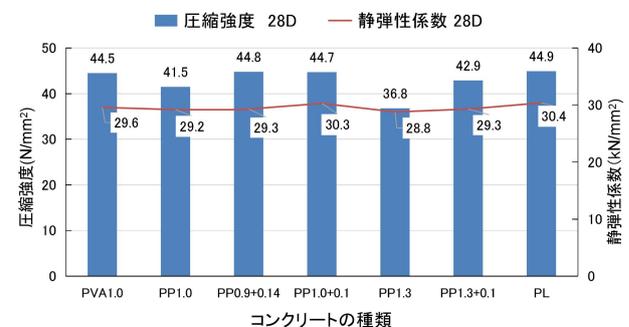


図1 各配合の圧縮強度と静弾性係数の結果

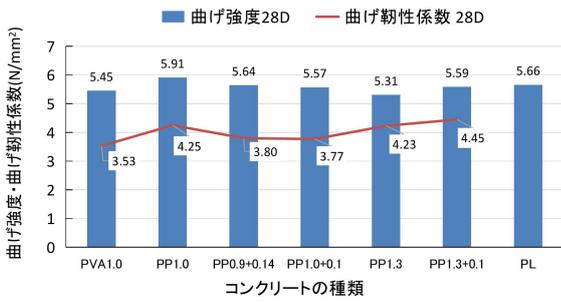


図2 各配合の曲げ強度と曲げ靱性係数の結果

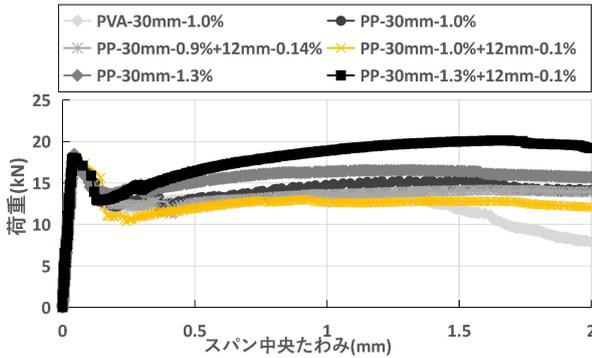


図3 曲げ荷重とスパン中央たわみの関係

3.2 結合材水比と圧縮・曲げ強度特性の関係

PP1.3+0.1の結合材水比(B/W)と圧縮・曲げ強度特性の関係を図4に示す。圧縮・曲げ強度とB/Wは線形関係にあり、全てのB/Wで舗装コンクリートにおける設計基準曲げ強度4.5N/mm²を満足している。ただし、曲げ靱性係数は図5に示す荷重-たわみ曲線において水結合材比W/B=40、45%はほぼ同じ挙動を示しており、曲げ靱性係数とB/Wは線形関係を示さなかった。

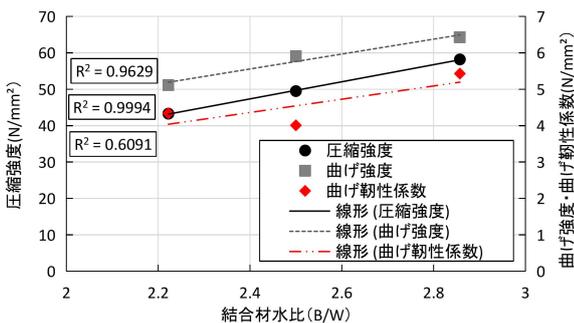


図4 B/Wと圧縮・曲げ強度特性の関係

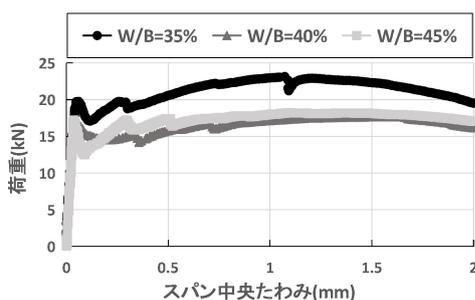


図5 W/Bと荷重-スパン中央たわみの関係

3.3 乾燥収縮試験

各配合におけるコンクリートの長さ変化率と乾燥期間の関係を図6に示す。繊維を混入することにより、乾燥収縮が小さくなるが、ハイブリッド化の効果は現時点では認められない。

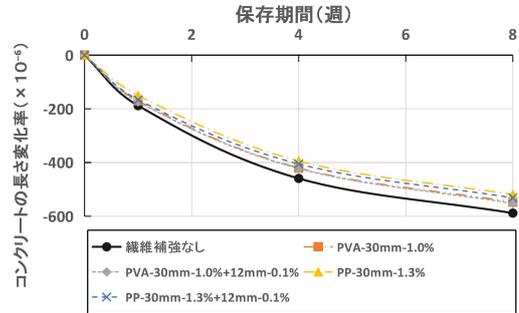


図6 コンクリートの長さ変化率と乾燥期間の関係

3.4 初期養生期間の検討

PP1.3+0.1の配合で現場養生を行った供試体の曲げ強度と積算温度の関係を図7に示す。この関係式から脱型時の曲げ強度を3.5N/mm²とした場合の、各養生温度の初期養生期間を算定した結果を表4に示す。

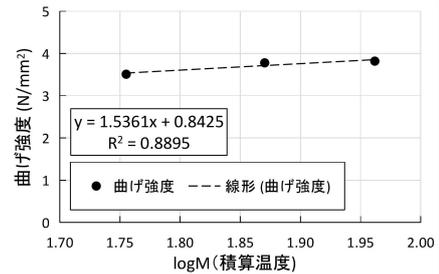


図7 積算温度と曲げ強度の関係

表4 各養生温度と養生期間の関係

養生温度(°C)					
5	10	15	20	25	30
養生日数(日)					
3.6	2.7	2.1	1.8	1.5	1.3

4. まとめ

PPF30mmを1.3%にPPF12mmを0.1%混入したHFRCが最も優れた曲げひび割れ抵抗性を発揮し、高耐久性コンクリート舗装への適用性が期待できる。

本研究は新都市社会技術融合創造研究会「ハイブリッド型繊維補強コンクリート舗装に関する研究プロジェクト」の一環として実施したものである。

参考文献

- 1) 日本道路協会：コンクリート舗装ガイドブック 2016, 2016.3月.