

ハイブリッド型繊維補強コンクリートの基本特性

神戸市立工業高等専門学校専攻科 学生員 ○秦 陸也
 神戸市立工業高等専門学校都市工学科 正会員 水越 睦視
 近畿大学理工学部社会環境工学科 正会員 東山 浩士
 奥村組土木興業(株)環境開発本部 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に向けた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ド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の曲げ強度特性を曲げ強度・タフネス試験により評価し、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。

表1 使用材料

水	W	水道水(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:3810cm ² /g, 強熱減量:2.1%)
細骨材	S	硬質砂岩砕砂(表乾密度:2.64g/cm ³ , 粗粒率:2.98, 吸水率:1.34%)
粗骨材	G	硬質砂岩砕石(最大寸法:20mm, 表乾密度:2.71g/cm ³ , 粗粒率:6.73, 吸水率:0.68%)
繊維	PP30	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)
	PP12	ポリプロピレン繊維(密度:0.91g/cm ³ , 公称繊維径:0.0648mm, 繊維長:12mm, 引張強度:480N/mm ²)
	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)
	PVA8	ポリビニールアルコール繊維(密度1.3g/cm ³ , 公称繊維径0.04mm, 繊維長:8mm, 引張強度1560N/mm ²)

表2 コンクリートの示方配合

試験項目	W/B (%)	s/a (%)	FA置換率 (%)	PPF30mm Vol.(%)	PPF12mm Vol.(%)	(kg/m ³)					B×(%) AE減水剤
						W	C	FA	S	G	
強度特性	40	50	20	1.3	0.1	175	350	88	832	854	1.0
	45	51	20	1.3	0.1	175	311	78	869	859	1.0
	35	49	20	1.3	0.1	175	400	100	787	840	1.0
乾燥収縮	40	50	20	-	-	165	330	83	834	846	0.7
	40	50	20	1.0	-	165	330	83	834	846	0.4 ^{注3)}
	40	50	20	1.0	0.1	165	330	83	834	846	0.5 ^{注3)}
	40	50	20	1.3 ^{注1)}		165	330	83	834	846	0.5 ^{注3)}
	40	50	20	1.3 ^{注1)}	0.1 ^{注2)}	165	330	83	834	846	0.6 ^{注3)}

注1):PVA30mm, 注2):PVA8mm, 注3):高性能AE減水剤

2. 使用材料およびコンクリートの配合

使用材料を表1に、代表的な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、流紋岩砕砂(表乾密度2.57g/cm³)と流紋岩砕石(G_{max}:20mm, 表乾密度2.61g/cm³)を、混和剤はAE減水剤と高性能AE減水剤を用いた。目標スランプは5.0±1.5cm, 目標空気量は4.5±1.5%とし、所要のスランプ、空気量を満足することを確認した。

3. 実験結果および考察

各種強度試験は20℃水中養生後、材齢28日で実施した。

各配合の曲げ強度と曲げ靱性係数の結果を図1に示す。ここで、曲げ靱性係数は供試体のスパンLが300mmのため、たわみが2mm(L/150)まで測定を行い、2mmに至るまでの荷重-たわみ曲線下の面積(曲げタフネス)を計算し、これを2mmで除して曲げ応力に換算した換算曲げ強度であり、曲げタフネスの指標である。また、記号PP1.3+0.1はPP30を1.3%, PP12を0.1%の配合を、PLは繊維無混入の普通コンクリートを示している。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、PP12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2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。

PP1.3+0.1の水結合材比(W/B)と各種曲げ強度の関係を図3に示す。ここで、残存曲げ強度はASTM C 1609に規定

キーワード ハイブリッド型繊維補強, ポリプロピレン繊維, 曲げ強度, 曲げ靱性係数

連絡先 〒651-2194 兵庫県神戸市西区学園東町8-3 神戸市立工業高等専門学校 TEL078-795-3311

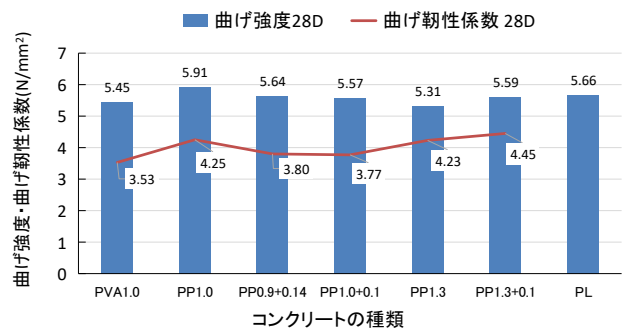


図1 各配合の曲げ強度と曲げ靱性係数

された限界たわみ2mmにおける荷重から算出される曲げ応力である。この値はAltoubatらによって提案された有効曲げ応力の算定に用いられ、繊維補強コンクリートの版厚を検討する際に必要となり、この値が大きいほど版厚の低減効果が大きくなる²⁾。図3より、曲げ強度は、W/Bの低下に伴って大きくなるが、曲げ靱性係数および残存曲げ強度はW/Bの影響を受けず、全てのW/Bで4N/mm²程度を確保することができている。また、全てのW/Bで舗装コンクリートにおける設計基準曲げ強度4.5N/mm²を満足していることがわかる。

各配合におけるコンクリートの乾燥収縮量の経時変化を図4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、ハイブリット化の効果は現時点では認められない。PPの方がPVAよりやや収縮量は小さい。

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対数値の関係を図5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3に示す。今回検討した配合では、20℃を下回る養生温度においても早期に3.5N/mm²を満足できることがわかる。

表3 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。また、このHFRCでは水結合材比W/B=35~45%の範囲では、曲げタフネスおよび残存曲げ強度に大きな変化はなく十分に繊維混入の効果が発揮され、設計基準曲げ強度4.5N/mm²を確保できることが確認された。

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.
- 2) S.A. Altoubat, J. Roesler, D.A. Lange, and K.A. Rieder: Simplified method for concrete pavement design with discrete structural fibers, Construction and Building Materials, Vol.22, pp.384-393, 2008.

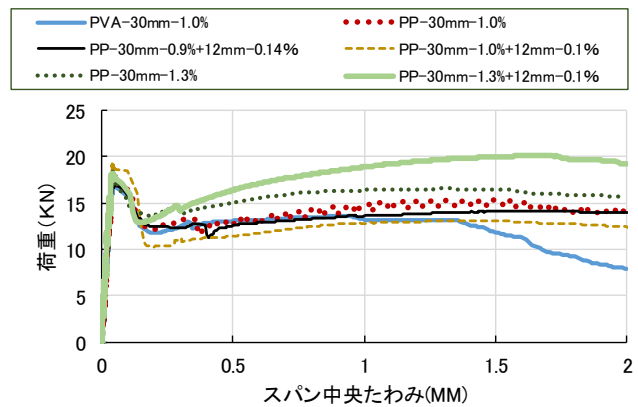


図2 曲げ荷重-たわみ曲線

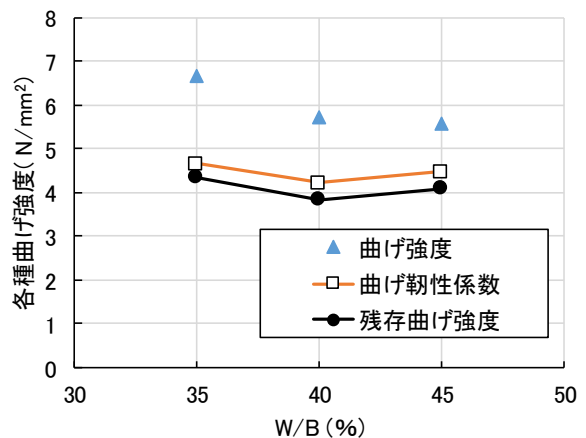


図3 W/Bと各種曲げ強度

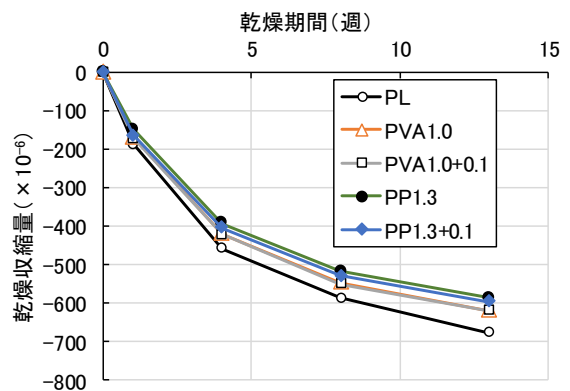


図4 乾燥収縮量の経時変化

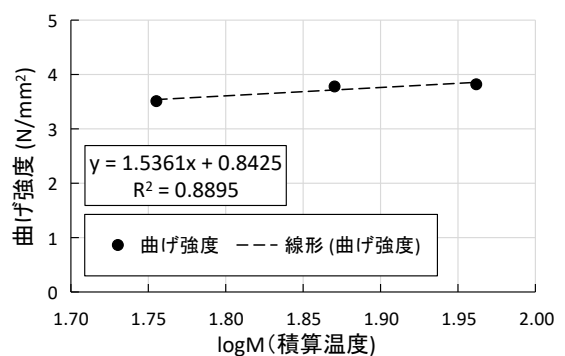


図5 積算温度と曲げ強度の関係