

ポリプロピレン繊維を用いた舗装用コンクリートの配合検討と強度特性

奥村組土木興業株式会社 正会員 ○佐々木庸志 藤森 章記
 近畿大学 正会員 東山 浩士
 神戸市立工業高等専門学校 正会員 水越 睦視
 奥村組土木興業株式会社 高原 良輔

1. 目的

わが国の道路舗装は、初期コスト、養生期間、乗り心地や騒音などの観点からアスファルト舗装が主流で、コンクリート舗装は道路総延長の5%となっている。コンクリート舗装はアスファルト舗装と比べて、耐久性が高く、初期コストこそ高いが路面機能は長期にわたり維持できることから、ライフサイクルコストを考えるとアスファルト舗装より安価となる可能性があり、コンクリート舗装が注目されている。

本研究では、コンクリート舗装の更なる耐久性の向上とCO₂の排出量削減を目的とし、フライアッシュ(FA)を混入したポリプロピレン繊維(以下、PP繊維)による舗装用繊維補強コンクリート(以下、PPFRC)の圧縮および曲げ強度などの強度特性を検討した。

2. 使用材料とPPFRCの目標性能および目標強度

本検討で使用した材料を表-1に示す。セメントは普通ポルトランドセメント、混和材としてフライアッシュII種を使用した。骨材は兵庫県西島産の砕石と砕砂、混和剤は高性能AE減水剤とAE剤を使用した。繊維補強材はポリプロピレン製の長さ30mmと12mmのものを使用した。フレッシュコンクリートの目標性能は、トラックアジテータでの運搬と繊維混入を考慮して、スランプ5.0±1.5cm、空気量4.5±1.5%とした。また、目標曲げ強度は4.5N/mm²以上とした。

3. フライアッシュ置換率の検討

セメントの一部をFA置換する配合について検討を行った。表-2に配合表を示す。FA置換率の検討を0%、10%、20%、30%の4ケースで行った。コンクリートのフレッシュ性状と圧縮強度試験結果よりFAの最適置換率を決定することにした。

コンクリートのフレッシュ性状と圧縮強度の試験結果を表-3に示す。混和剤の添加率を一定とした場合、

FA置換率が大きくなるに従ってスランプおよび空気量の低下が見られ、置換率30%では空気量の目標値をやや下回った。この原因はFAの未燃カーボンの影響であり、混和剤での性状改善が可能であると考えられる。

圧縮強度試験の結果より、材齢7日ではFA置換率が0%と10%では同等、置換率が20%、30%と大きくなるに従って圧縮強度は低下した。材齢28日では置換率10%が最も高い値となり、0%と20%、30%は同等であった。さらに材齢91日ではFA置換した配合がFAを添加しない配合より高い圧縮強度となった。

コンクリート舗装の早期交通開放を目標に、若材齢での曲げ強度の推定を行った。はじめに、Shen¹⁾らが提

表-1 使用材料

種類	記号	仕様
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3330cm ² /g
混和材	FA	フライアッシュII種：密度2.22g/cm ³ ，比表面積3800cm ² /g，JISII種
水	W	上水道水：堺市水道局
細骨材	S	砕砂：兵庫県西島産，表乾密度2.57g/cm ³
粗骨材	G	砕石：兵庫県西島産，Gmax20mm，表乾密度2.61g/cm ³
混和剤	SP	高性能AE減水剤：主成分：ポリカルボン酸系化合物
	AE	AE剤：主成分：高級脂肪酸系界面活性剤
ポリプロピレン繊維	PP30	繊維径700μm，繊維長30mm，引張強度500N/mm ² ，弾性率8kN/mm ² ，比重0.91g/cm ³
	PP12	繊維径64.8μm，繊維長12mm，引張強度480N/mm ² ，弾性率5kN/mm ² ，比重0.91g/cm ³

表-2 配合表

No.	W/B (%)	s/a (%)	FA (%)	SP (wt.%)	単位量(kg/m ³)				
					W	C	FA	S	G
FA0	40	50	0	0.5	165	413	0	849	859
FA10	40	50	10	0.5	165	372	41	842	854
FA20	40	50	20	0.5	165	330	83	834	846
FA30	40	50	30	0.5	165	289	124	826	838

表-3 フレッシュ性状と圧縮強度の試験結果

No.	スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度(N/mm ²)		
			7日	28日	91日
FA0	17.0	5.9	47.9	59.4	68.7
FA10	16.5	3.3	47.2	62.6	75.4
FA20	16.0	3.3	43.0	58.7	71.2
FA30	16.0	2.7	39.0	57.4	72.1

キーワード ポリプロピレン繊維，繊維補強，フライアッシュ，圧縮強度，曲げ強度

連絡先 〒552-0016 大阪市港区三先1丁目11番18号 TEL. 06-6572-5262

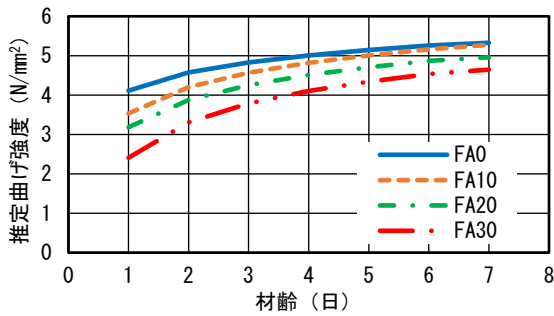


図-1 推定曲げ強度と材齢の関係

表-4 PPFRC の配合とフレッシュ性状

No.	繊維混入率 (vol.%)	混入比率 (vol.%)		SP (wt.%)	AE (wt.%)	スランブ (cm)	空気量 (%)
		PP30	PP12				
PL	-	-	-	0.5	0.01	15.0	4.7
PP-1	1.0	1.0	-	0.5	0.01	7.5	4.1
PP-2	1.1	1.0	0.1	0.6	0.01	7.0	3.4
PP-3	1.3	1.3	-	0.5	0.01	4.0	3.6
PP-4	1.4	1.3	0.1	0.6	0.02	5.5	4.3

案する圧縮強度の推定式 (式(1)) を用いて、若材齢時の圧縮強度を算出し、次に若材齢での曲げ強度を CEB-FIP Model Code 90 の寸法効果則と引張強度式を元にした式 (2) より算出した。

$$f'_{c(t)} = f'_{c(28)} \left\{ 1 + a \ln \left(\frac{t}{28} \right) \right\} \quad (1)$$

$$f_b = 0.404 f_c'^{2/3} \quad (2)$$

ここに、 $f'_{c(t)}$ は材齢 t 日の推定圧縮強度 (N/mm^2)、 $f'_{c(28)}$ は材齢 28 日の圧縮強度 (N/mm^2)、 a は試験結果より算定される係数 (置換率 0% : 0.136, 10% : 0.176, 20% : 0.187, 30% : 0.224)、 t は材齢 (日)、 f_b はコンクリートの曲げ強度 (N/mm^2)、 f'_c はコンクリート圧縮強度 (N/mm^2) である。式 (2) より算出した推定曲げ強度と材齢の関係を図-1 に示す。FA 置換率が大きくなるほど同材齢での曲げ強度が低く、置換率 20%と 30%の間で強度発現の差が広がっている。以上の結果より、PPFRC 舗装の最適 FA 置換率は 20%とした。

4. PPFRC の配合と強度特性

繊維を混入した配合とフレッシュ性状を表-4 に示す。長さ 30mm の繊維混入率は 1.0vol.%と 1.3vol.%の 2 ケースとし、12mm は 0.1vol.%とした。PPFRC のスランブは 7.5cm~11cm となり、空気量ロスは 0.6%~1.3%となった。また、PP12 を混入させた PP-2 と PP-4 では、スランブと空気量のロスが大きかった。PP-1 と PP-2 は目標スランブ 5.0 ± 1.5 cm の範囲を超えたが、混和剤で調整可能である。空気量は全ての配合で 4.5 ± 1.5 %の範囲内となった。

強度試験の結果を表-5 に示す。材齢 28 日の圧縮強度

表-5 PPFRC の強度試験結果

No.	圧縮強度 (N/mm^2)		曲げ強度 (N/mm^2)		曲げ靱性係数 (N/mm^2)	
	7日	28日	7日	28日	7日	28日
PL	39.3	53.4	5.27	7.08	-	-
PP-1	38.1	55.8	4.70	6.77	3.11	3.53
PP-2	43.9	59.7	4.66	6.19	3.16	4.04
PP-3	43.5	58.9	4.91	6.80	4.08	4.71
PP-4	40.9	56.4	4.47	5.79	3.38	4.59

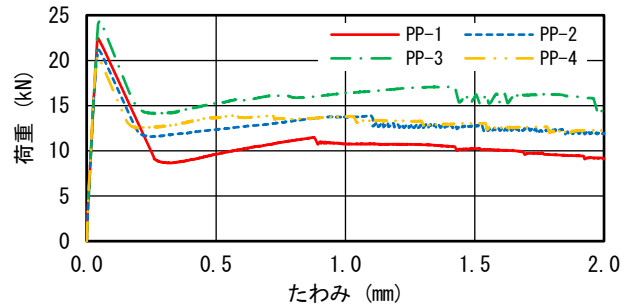


図-2 荷重とたわみの関係

では、繊維を混入させた方が 10%程度高い値となった。また、材齢 28 日の曲げ強度では、繊維混入により 4%~18%程度の強度低下が見られた。特に PP12 を混合させた PP-2 と PP-4 で低下が大きかった。

それぞれの配合における代表的な荷重とたわみの関係を図-2 に示す。曲げひび割れ発生後は荷重の低下が見られるものの、その後、たわみ 2mm までの荷重低下は小さく、PP 繊維による曲げ靱性の改善が確認できた。PP30 の混入量が増加すると曲げ靱性が向上するのに対し、PP12 を投入した PP-4 では曲げ靱性の低下が見られた。曲げ靱性係数の結果より、繊維混入率が高いと曲げ靱性係数も高い値となったが、PP-2 と PP-4 では 12mm の繊維混入による効果が確認できなかった。

5. まとめ

舗装用コンクリートのフライアッシュ置換率の検討を行った結果、置換率が大きくなるに従い、スランブおよび空気量の低下が見られた。推定曲げ強度と材齢の関係から、最適 FA 置換率は 20%とした。PPFRC の曲げひび割れ強度には繊維補強の効果が見られなかったが、曲げひび割れ発生後は繊維が曲げ靱性の改善に大きく寄与していることがわかった。本研究は新都市社会技術創造研究会「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」の一環において実施したものである。

参考文献

- 1) D. Shen 他, "Relationship between tensile Young's modulus and strength of fly ash high strength concrete at early age", Construction and Building Materials, Vol.123, 2016.