

ポリプロピレン繊維を用いた舗装用コンクリートに関する検討

奥村組土木興業株式会社 正会員 ○佐々木庸志
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、アスファルト舗装が主流であるが、アスファルトのコスト高騰やライフサイクルコストの観点から、コンクリート舗装が注目されている。環境面では、アスファルト舗装に比べてコンクリート舗装の路面の転がり抵抗は小さく、大型車の燃料消費量を削減できることから、交通量の多い路線では二酸化炭素排出量が少なくなると報告されている¹⁾。

これらのことを踏まえ、コンクリート舗装の更なる長寿命化と二酸化炭素排出量の低減を目的に、ポリプロピレン繊維を混入し、セメントの一部をフライアッシュに置換した舗装用の繊維補強コンクリート（PPFRC）に関する検討を行ってきた²⁾。本研究では、繊維混入率や細骨材率、水結合材比が舗装用コンクリートの強度特性およびヤング係数に及ぼす影響について検討を行った。

2. 使用材料と目標性能

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（FA）を使用した。骨材は碎石と砕砂、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のものを使用した。本検討では、既往研究²⁾より、水結合材比40%、繊維混入率1.3vol.%のPPFRCのスランプおよび空気量を5.0±1.5cmおよび4.5±1.5%とし、混和剤の割合は一定とした。また、配合基準強度は、設計曲げ強度4.5N/mm²に対して、変動係数10%を考慮した5.5N/mm²以上とした。

3. 配合および力学特性

3. 1 繊維混入率

PPFRCの基本配合は、文献3)を参考に、水結合材比40%、細骨材率50%、単位水量165kg/m³、FA置換率20%とし、繊維混入率0.0vol.%、0.7vol.%、1.0vol.%、

1.3vol.%の4配合で検討を行った。

4点曲げ試験による曲げ応力と中央点変位の関係を図-1に示す。曲げ供試体は100×100×400mmである。PPFRCは曲げひび割れ発生後、応力の低下が生じるものの、繊維の架橋効果により一定の曲げ応力を保持する。ASTM C 1609では曲げ試験における供試体中央点変位がL/150（Lはスパン：300mm）に達したときの応力を残存曲げ強度としている。フレッシュ性状と強度試験の結果を表-2に示す。繊維混入率の増加に伴い、圧縮強度、曲げひび割れ強度、および残存曲げ強度は増大し、繊維混入率1.3vol.%では繊維を混入しない配合と同等の曲げひび割れ強度であった。また、繊維混入率1.3vol.%では、曲げひび割れ強度に対して53%の残存曲げ強度を有する結果となった。

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3300cm 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	碎石：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	PP	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

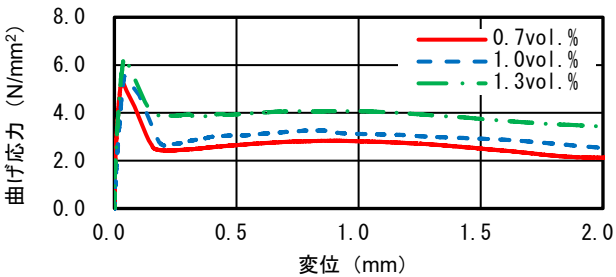


図-1 曲げ応力と中央点変位の関係

表-2 フレッシュ性状と強度試験の結果

vol.%	スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)	曲げひび割れ強度 (N/mm ²)	残存曲げ強度 (N/mm ²)
0.0	10.5	6.4	49.3	6.56	-
0.7	8.0	6.1	52.7	5.25	1.96
1.0	6.5	5.6	53.0	5.54	2.38
1.3	4.5	4.8	53.4	6.34	3.36

キーワード コンクリート舗装、ポリプロピレン繊維補強コンクリート、フライアッシュ、強度特性
連絡先 〒552-0016 大阪市港区三先1丁目11番18号 TEL. 06-6572-5262

3. 2 細骨材率

上述の検討結果を踏まえ、繊維混入率は 1.3vol.%とし、細骨材率 35%, 40%, 45%, 50%, 55%の 5 配合で検討を行った。スランプおよび圧縮強度と細骨材率の関係を図-2 に示す。スランプは細骨材率 55%で目標値以下となり、50%で最も高いスランプ値となった。また、圧縮強度は細骨材率 35%で 55.9N/mm²、50%で 55.6N/mm²と高い値となった。フレッシュ性状と圧縮強度の結果より、細骨材率 50%を最適細骨材率と判断した。

3. 3 水結合材比

繊維混入率および細骨材率の検討結果を踏まえ、水結合材比 40%, 細骨材率 50%, 単位水量 165kg/m³, FA 置換率 20%, 繊維混入率 1.3vol.%を基本配合とし、水結合材比 35%, 40%, 45%の 3 配合で検討を行った。フレッシュ性状と強度試験の結果を表-3 に示す。スランプ値はすべて目標値以内となったが、水結合材比 45%の空気量が目標値以上となった。圧縮強度および曲げひび割れ強度と結合材水比の関係を図-3 に示す。水結合材比が大きくなるに従い、圧縮強度および曲げひび割れ強度は小さくなった。曲げひび割れ強度と結合材水比の関係から求めた相関式より、曲げひび割れ強度が 5.5N/mm²以上となる結合材水比は 2.34 以上、すなわち、水結合材比は 42.8%以下となった。また、繊維混入率 1.3vol.%では、曲げひび割れ強度に対して 50%以上の残存曲げ強度を有する結果であり、表-2 の結果と同様である。

3. 4 ヤング係数

繊維混入によるヤング係数への影響を把握するため、繊維混入率検討時の圧縮供試体のひずみを測定した。ヤング係数と圧縮強度の関係を図-4 に示す。繊維混入率 0.7~1.3vol.%の範囲では、繊維量や繊維の有無によるヤング係数への影響は無いと判断できる結果となった。

4. まとめ

PP 繊維を混入することで圧縮強度は増加するが、曲げひび割れ強度は減少する。繊維混入率の増加に伴い、圧縮強度、曲げひび割れ強度、および残存曲げ強度は増大する。また、繊維混入率 0.7~1.3vol.%の範囲では、繊維量や繊維の有無によるヤング係数への影響は無いことがわかった。

なお、本研究の一部は、新都市社会技術創造融合研究

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。

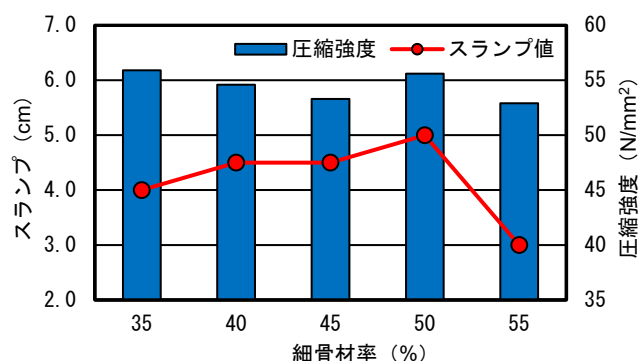


図-2 スランプおよび圧縮強度と細骨材率の関係

表-3 フレッシュ性状と強度試験結果

W/B (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)	曲げひび割れ強度 (N/mm ²)	残存曲げ強度 (N/mm ²)
35	4.5	4.3	50.4	6.82	3.89
40	5.5	4.5	43.2	6.02	3.07
45	6.0	6.5	32.5	5.17	2.75

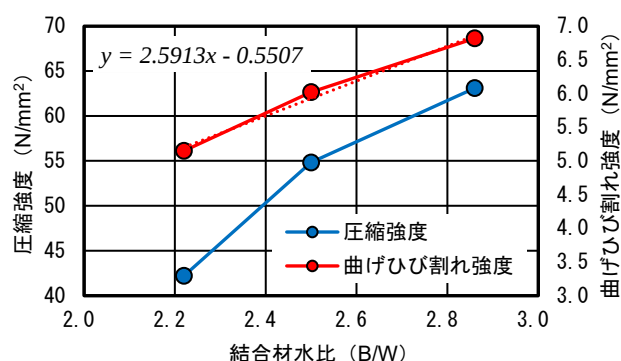


図-3 圧縮強度および曲げひび割れ強度と結合材水比の関係

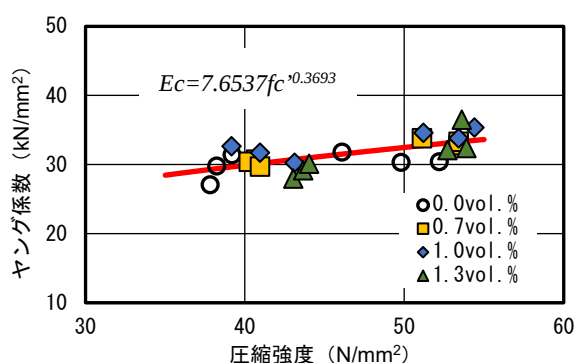


図-4 ヤング係数と圧縮強度の関係

参考文献

- 1) 新見龍男, 吉本徹: 大型車の燃料消費を考慮したコンクリート舗装とアスファルト舗装の LCCO₂, 土木学会舗装工学論文集, 第 25 巻, Vol.76, No.2, 2020
- 2) 佐々木庸志, 東山浩士, 水越睦視, 藤森章記: ポリプロピレン繊維およびフライアッシュを用いた舗装用コンクリートの基礎的研究, 材料, Vol.72, No.2, pp.131~138, 2023
- 3) (社) 鋼材倶楽部 SFRC 構造設計施工研究会編: 鋼繊維補強コンクリート設計施工マニュアル (道路舗装編), 技報堂出版, 1992