

[43] ポリエチレン繊維補強コンクリートによる試験舗装に関する研究

正会員 ○岡本 直

(三井建設 技術研究所)

小林是則 (三井石油化学工業 ポリマー応用研究所)

末吉正二

(三井道路 技術研究所)

1 はじめに

繊維補強コンクリートは、従来のコンクリートの弱点である脆性を改善できることから、新しい複合材料として様々な研究が各方面で活発に行なわれるようになってきた。

今回の報告は、コンクリートの靱性の向上に優れた特性を発揮するポリエチレン繊維補強コンクリート (PFRC) を道路舗装に適用するための実用化研究の一環として、昭和56年12月に三井石油化学(株)大竹工場の敷地内道路に試験舗装を実施し、配合に関する考え方、施工性、各種材料特性等についてまとめたものである。

2 試験舗装の構成

試験舗装区間は、図-1に示すように延長80m、幅員5mの規模であり、これを繊維混入率の異なる4種類のコンクリートにより施工した。コンクリート厚は全て15cmである。

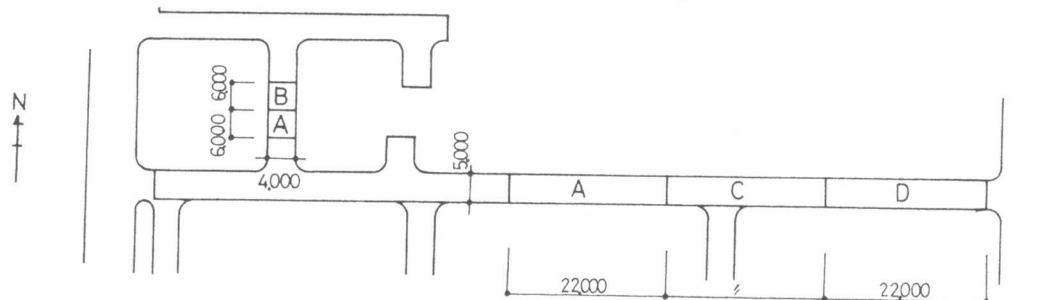


図-1 試験舗装区分

3 PFRCの混練りと打設及び試験項目

3.1 PFRCの混練りと打設

舗装用コンクリートは耐久性を考慮して、水セメント比45～50%のAEコンクリートを2.5cm程度の低スランプで打設することが基本とされている。しかし今回の試験施工では新しい試みとしてポリエチレン繊維を生コンクリートの段階で投入するのではなく、アジテータ車により現場まで運搬し、現場で高流動化剤を添加してコンクリートを流動化させた後、写真-1に示すような特殊な投入機を用いて14.6～15.0 kg/minの速度で繊維を投入する方法を採用した。そのためベースコンクリートのスランプ値はアジテータ車による運搬および混練りの可能な範囲として5cmを最低とした。また4 m³のアジテータ車に3.5 m³の生コンを塔載して運搬した。以上により、従来パッチャープラントで繊維を投入しなければならないために生じていた多くの問題点をなくし施工現場で容易に能率よくPFRCを製造できるようになった。今回の各コンクリートの混練りからの施工までの順序と各段階における目標スランプ値を

表-1 各コンクリートの繊維混入率

	繊維混入率 (vol.%)	打設日	打設量 (m ³)	繊維使用量 (kg)
A	0%	12/18	21.0	—
B	0.5%	12/18	3.5	16.6
C	1.0%	12/15	17.5	166.3
D	2.0%	12/16	17.5	332.5



写真-1 ポリエチレン繊維投入機

図-2に示す。コンクリートの打設にあたっては、規模の関係からスプレッダー等は使用せず全て人力によった。
またコテ仕上げ後、粗め仕上げとしてホーキ目による仕上げを行なった。

3.2 試験項目

1) まだ固まらないコンクリート試験

a スランブ～現場到着時、高流動化剤添加後、繊維投入後の3段階で測定

b 空気量 ～ 同上

c 洗い試験による繊維分散率の測定

2) 硬化コンクリートの試験

a 圧縮試験 (10φ×20cm、各3本) b 曲げ試験 (10cm×10cm×40cm、各3本)

c すべり抵抗試験 (TRRLポータブルテスター) d 平坦性試験 (3mプロファイルメータ)

混練り順序 コンクリート種別		パッチャー プラント	現場到着	流動化剤添加 ()内添加なし	繊維混入	打設
A (Vf=0%)	スランブCM	5.0	5.0	8.0 (5.0)	—	8.0 (5.0)
	空気量%	4.0	—	—	—	4.0
B (Vf=0.5%)	スランブCM	8.0	8.0	12.0 (8.0)	8.0 (5.0)	8.0 (5.0)
	空気量%	4.0	—	—	—	—
C (Vf=1.0%)	スランブCM	10.0	10.0	15.0 (10.0)	8.0 (5.0)	8.0 (5.0)
	空気量%	4.0	—	—	—	—
D (Vf=2.0%)	スランブCM	15.0	15.0	20.0 (15.0)	8.0 (5.0)	8.0 (5.0)
	空気量%	4.0	—	—	—	—

図-2 各コンクリートの混練り順序と目標スランブ

4 コンクリートの配合

表-2 ポリエチレン繊維の諸元

4.1 使用材料

1) ポリエチレン繊維 三井石油化学(株)製のポリエチレン繊維を使用した。その諸元を表-2に示す。

2) 骨材 粗骨材は20mm径の砕石で比重は2.68である。

細骨材は砕砂70%、海砂30%の混合砂とし、比重は2.56、FMは2.80である。

3) セメント セメントは小野田セメント(株)の普通ポルトランドセメントを使用した。

4) 混和剤 AE減水剤および高流動化剤を使用した。

物 目	単 位	試験方法	数 値
材 質			ポリエチレン
密 度	g/cm ³	ASTMD1505	0.95
長 さ	mm		40
換 算 径	mm		0.9
引張り強さ	kg/cm ²	JISL1073	2600
引張り伸び率	%	JISL1073	15
伸長弾性率	kg/cm ²	JISL1073	22×10 ⁴
融 点	℃		135

4.2 コンクリートの配合 コンクリートの配合は、あらかじめ試

し練りを行ない、表-3に示す配合

表-3 コンクリートの配合

を定めたが、各コンクリートとも道路としての耐久性を考えて出来るだけ低い砂率で図-2に示す所定のスランブ値が得られるよう調整した。

5 試験結果

5.1 スランブ、空気量及び繊維分散率の測定結果

表-4に各コンクリートのスラン

種 別	水セメント比 (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)					
			水	セメント	細骨材	粗骨材	AE減水剤	流動化剤
A (Vf=0%)	45	41	163	363	732	1058	0.908	スランブ 1cm あたり 0.07%/c
B (Vf=0.5%)	45	42	176	391	740	1025	0.978	
C (Vf=1.0%)	45	42	180	400	719	997	0.98	
D (Vf=2.0%)	45	50	203	451	801	807	1.13	

ブ、空気量、繊維分散率の測定結果を示す。なお値は各コンクリート毎にアジテータ車でとれた値を平均したものである。また繊維残留率は洗い試験によりアジテータ車内の残留繊維量を測定して得られた値である。表から分かるように繊維の投入によるスランブロス¹⁾は0.5%混入で3cm、1.0%混入で8.4cm、2%混入で12.8cmであった。このときの繊維混入時間は2分～5分程度であった。以上から各コンクリートとも繊維混入後のブレンコンクリートとしてはスランブ5cm程度のコンクリートを繊維混入前に高流動化剤を添加することによりスランブを8cm程度にして施工することができた。

5.2 硬化コンクリートの試験結果

表-5に圧縮試験、曲げ及びタフネス試験、すべり抵抗試験、平坦性試験の結果を示す。また図-3に曲げ試験により得られたP-δ曲線を示す。曲げ試験はスパン30cmの一点荷重で行なった。圧縮強度はブレンコンクリートが最も大きな値(346.5Kg/cm²)を示し、1.0%の繊維混入率のコンクリートが最も小さな値(311.1Kg/cm²)を示したが、

ると0.5%の混入率のコンクリートが最も大きな値(2150kg)を示し、ブレンコンクリートが最も小さな値(1871kg)となりポリエチレン繊維の混入により多少強度の向上があるが、あまり大きな変化はない。

しかしポリエチレン繊維を混入したコンクリートは図-3に示すように、最大耐力後一度耐力が低下した後、変

表-5 硬化コンクリートの試験結果 (28日強度)

		圧 縮 (kg/cm ²)	曲 げ (kg)		*2 タフネス比	*3 すべり抵抗 (BPN)	平 坦 性 (mm)
			最大	*1 二次			
A (Vf=0%)	1	341.4	1825	—	1.0	7.6 6.0	4.55
	2	357.9	1875	—			
	3	340.1	1913	—			
	平均	346.5	1871	—			
B (Vf=0.5%)	1	337.5	2125	500	3.4	7.6 6.4	—
	2	356.5	2188	505			
	3	315.9	2138	475			
	平均	336.7	2150	493			
C (Vf=1.0%)	1	296.8	2063	713	5.2	8.1 6.3	3.95
	2	325.7	1950	763			
	3	310.8	1825	1000			
	平均	311.1	1946	825			
D (Vf=2.0%)	1	314.6	1975	1720	11.8	7.5 6.9	4.87
	2	319.7	2113	1800			
	3	304.4	2163	1845			
	平均	312.9	2084	1788			

- *1 最大耐力後再び安定した荷重
- *2 5mmまでの変形量に至るP-δ曲線で囲まれた面積のAに対する比
- *3 上段はホーキ目仕上、下段はポリッシング後の値

表-4 各コンクリートのスランブおよび空気量

	スランブ CM			空 気 量 %			残 留 率 %
	現場到着時	流動化剤添加	繊維投入	現場到着時	流動化剤添加	繊維投入	
A (Vf=0%)	4.4	6.7	—	—	—	—	—
B (Vf=0.5%)	7.3	10.6	7.6	—	—	—	—
C (Vf=1.0%)	10.6	16.2 (-)	7.8 (5.0)	3.9	4.1 (-)	4.0 (3.5)	0.31
D (Vf=2.0%)	15.0	20.8 (-)	8.0 (4.1)	3.9	4.6 (-)	5.4 (3.7)	0.47

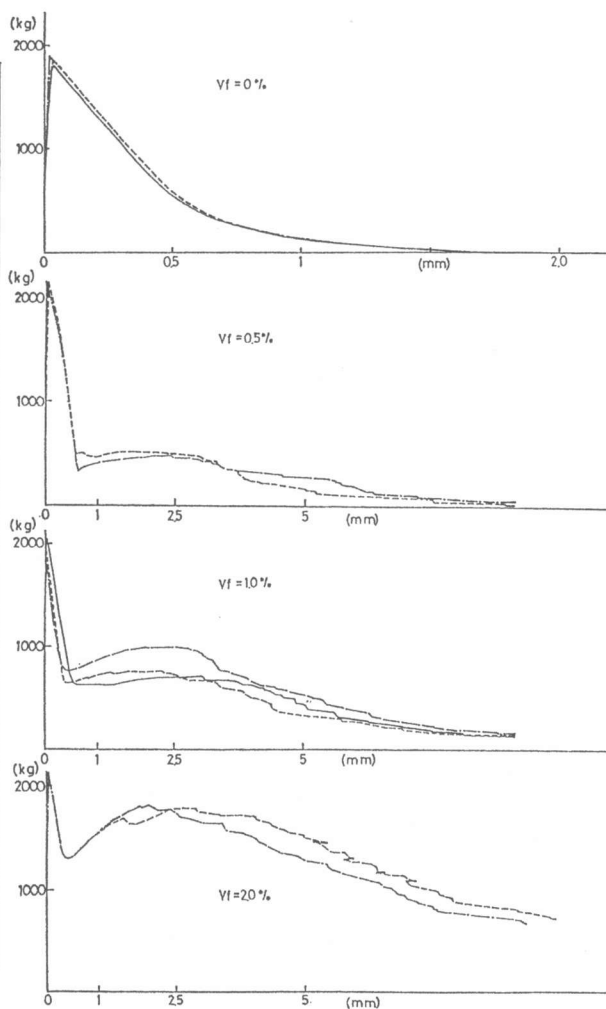


図-3 各コンクリートのP-δ曲線

形の進行に伴ってある耐力で安定した状態を示しブレンコンクリートのような脆性破壊は生じない。¹⁾ これはコンクリートにひびわれが発生した後は、繊維の引張力で耐力を負担することが出来ることを示しており、安定する荷重は繊維混入率の多いものほど高い。2.0%の混入率のコンクリートでは最大耐力と安定状態との耐力は、ほぼ同程度となる。従って5mmの変形時までのP- δ 曲線により囲まれた面積を比較したタフネス比を見ても混入率の多いほど著しく良い結果となっている。またすべり抵抗、平坦性の試験の結果は、各コンクリート共略々等しい値を示しており、この試験からも繊維を混入することによる道路表面の仕上げ状態はブレンコンクリートに対して全く差違が認められない。又、写真-2にPFRCの施工風景を、写真-3に施工後の仕上げ状態を示すが、写真からもわかるようにホーキ目仕上げを行うことによる繊維のコンクリート表面からの飛び出しはきわめて少なく、ブレンコンクリートと変らない仕上げ面が得られた。

6 まとめ

以上の施工および実験結果をまとめてみると次のようなことが言えよう。

1) 新しい試みとして行なった現場におけるアジテータ車へのポリエチレン繊維の直接投入法は、高流動化剤を利用することによりスランプ5cm程度の硬練りコンクリートにも十分使えることが確認された。なお今回は繊維の分散性を良くするため4m³アジテータ車で3.5m³のコンクリートを運搬した。繊維の投入に要した時間は2分～5分程度であった。また混入率2.0%においてもファイバボールは出来ず順調に施工出来た。

2) 繊維混入率とスランプの低下は砂率を補正することにより、ほぼ一定の関係となり0.5%の混入率について3cm程度のスランプが低下した。

3) アジテータ車への繊維残留率は混入量に関係なく0.4%程度であった。

4) 曲げ試験の結果からポリエチレン繊維を混入したコンクリートはブレンコンクリートに比べて著しくタフネス(じん性)が増大し、2.0%の混入率のコンクリートの結果が最も良いタフネスを示した。

5) 繊維混入によるコンクリート表面の仕上げに対する影響はほとんどなく、平坦性試験やすべり抵抗試験においてもブレンコンクリートに対して遜色のない結果が得られた。

6) 今回のような施工方法によるPFRCの道路舗装は従来のコンクリートによる舗装に比べて、それほど施工性も変わらずにタフネスに富んだ舗装面が得られることが確認できた。今後も、スパイクタイヤ等に対する摩耗性能の確認を行なうなどしてより一層の実用化に向けての検討を進めていくつもりである。

さいごに、今回の試験舗装の計画の基本的な考え方について東京大学小林一輔教授のご指導を頂きました。厚く御礼申し上げます。また、実際の施工および測定にあたられた三井石油化学工業(株)、三井建設(株)、三井道路(株)の多くの関係者の方々に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 小林一輔 繊維補強コンクリート P. 197~P. 209 オーム社



写真-2 PFRCの施工

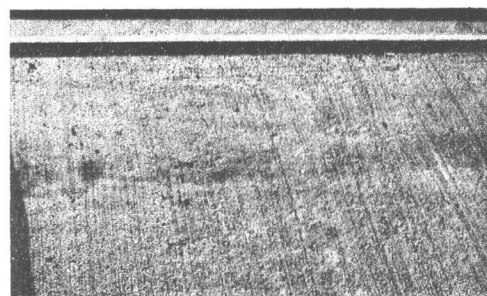


写真-3 PFRCの表面仕上げ