

— 配合および基本的性質について —

徳島大学 正員 河野 清
大阪セメント 正員 中野 錦一
鹿島建設 正員 中原 康

I. はじめに

鋼繊維補強コンクリート(以下SFRCと記す)の特性を生かす最も適した用途の一つとして、コンクリート舗装がある。諸外国ではSFRC舗装の施工例も多いが、我国においては実績も少なく、今後積極的な施工研究が望まれている。今般、大阪セメント徳島サービスステーションの構内舗装の一部にSFRCを用いることを計画し、その挙動を把握することを目的として、配合および硬化コンクリートの物性について検討を行った。

II. 配合の検討

従来の舗装コンクリートの配合は、できる限り単位水量を減ずるために、粗骨材最大寸法は $G_{max}=40\text{mm}$ 、スランプは 2.5cm とし、細骨材率(S/a)を最小限にすることが一般に行われているのに対し、SFRCでは、その特徴を生かすためには、施工性および曲げ強度の点からスランプおよび S/a はあまり小さくできず、 G_{max} も大きくできないという特性を持っている。舗装コンクリートの曝される特殊な環境から、SFRCといえどもできる限り単位水量を少なくする必要があり、適正な舗装用SFRCの配合を決めることは重要な問題である。 G_{max} や S/a の変更により、施工性はもとより単位セメント量や単位水量が従来の舗装コンクリートの配合と異なることを最小限にとどめ、かつ曲げ強度をできるだけ大きくすることを目的として、配合検討を行った。

G_{max} については、生コン工場の保有骨材の関係から 15mm とし、鋼繊維(SF)の混入率は $1.0, 1.5\%$ 、スランプは生コン車運搬も考えて 7cm とした。試験練りではこの条件で、できる限り単位水量を少なくするために粗骨材の混入率および細骨材セメント比(S/c)を変化させ、検討した。

その結果、SFの混入率が $1.0, 1.5\%$ の場合粗骨材の混入率の限界はそれぞれ、 $25, 20\%$ 程度で、 S/a としては $61, 66\%$ となり、[※]SF混入率の増加にしたがって S/c を小さくする必要のあることも分った。

使用材料および決定した配合を表-1, 2に

示す。なお、表-2の②③は実際に現場で使用した配合で、骨材は川砂利を使用しているが、各種物性についての試験では碎石を用いているので、スランプや強度は現場で使用したものとは異っている。

III. 硬化コンクリートの物性

表-2に示す配合について各種物性を比較した結果を表-3に示す。この表のうち配合番号①, ②は、SFRCの配合①②よりSFを除いたものである。以下、得られた結果のうち、主要な点について検討する。

表-1. 使用材料

セメント	大阪セメント社製 普通ポルト
細骨材	川砂 比重 2.56 FM 2.71
粗骨材	$G_{max} 15\text{mm}$ 碎石 比重 2.70
	$G_{max} 40\text{mm}$ 碎石 比重 2.69
鋼繊維	$0.21 \times 0.60 \times 25\text{mm}$ (住友金属工業製)

表-2. 配合表

配合番号	粗骨材最大寸法 (mm)	セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)					スランプ (cm)	空気量 (%)
				C	w	S	G	F		
①	15	48.4	61.4	403	195	1001	664	79	6.0	4.6
①'								—	15.5	6.5
②	15	45.1	66.2	455	205	1033	559	118	5.0	4.3
②'								—	20.5	5.7
③	40	42.6	35.0	340	135	643	1254	—	4.0	3.2

* 混和剤はボグリス N65LE 使用

表-3 硬化コンクリートの性質

配合 番号	強度 (28日 kg/cm^2)		弾性係数	ポアソン比	耐久性	乾燥収縮 ($\times 10^{-4}$)	膨張率 (mm/mm)	
	圧縮	曲げ	引張 ($\times 10^3 \text{ kg/cm}^2$)					
①	43.7	74.4	41.0	25	0.19	99.1	4.91	0.96
①'	39.0	60.9	33.6	25	0.19	99.5	4.82	0.78
②	50.8	85.6	46.8	27	0.20	100.4	5.04	1.00
②'	42.9	66.4	32.8	25	0.19	99.1	5.25	0.84
③	49.7	65.8	40.1	33	0.19	99.6	3.90	1.00

* 1/3 サイクルにおける E_d 低下率

** 材令28日での値、

乾燥収縮 ; 乾燥収縮については、1週間水中養生した後、 20°C 、76% RH の恒温恒湿の条件下においた供試体につき長さ変化を測定した。測定結果を図-1に示す。配合が同じであればSF混入が乾燥収縮におよぼす影響は顕著でないが、実際の舗装に用いた普通コンクリートと比較した場合、SFRCでは単位水量が多いため乾燥収縮は大きくなり、今回の試験ではその差は25~30%であった。このような乾燥収縮の増加分、実際の舗装版にどのような影響を与えるかについては、今後の長期観測によって検討して行く必要がある。

熱的性質 ; 熱伝導率は、28日間水中養生した後、 100°C にて炉乾燥した供試体について測定した。一般にSFRCは熱伝導率が大きいので、舗装に用いた場合におよ温度応力が小さくなり、有利であるとされている。配合が同じであれば、鋼繊維混入によって熱伝導率は20%程度大きくなるようである。しかし実際の舗装に用いた普通コンクリートとSFRCとを比較した場合、両方とも約 $1\text{ kcal/m}\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{C}$ と大差ない値が得られた。実際の舗装版は水分を含んでおり、今回の結果をそのまま使用することはできないものと思われるが、SFRC舗装の温度応力は、普通コンクリートの場合とあまり変わらないことも十分考えられる。温度応力については実際の舗装版で測定を行う予定である。

耐久性 ; $-18\sim 4^{\circ}\text{C}$ の範囲で気中凍結、水中融解を繰返した供試体につき、動弾性係数を測定したが、その低下率はSFRC、普通コンクリートとも大差なく、両方とも良好な結果が得られた。

IV. SFRCの疲労特性

SFRCを舗装に用いる場合に問題となる曲げ疲労特性については、いまだ実験データも少なく、あまり明らかにされていない。そこで、実施工に使用した材料を用いて曲げ疲労試験を行った。供試体寸法は、 $10\times 20\times 110\text{ cm}$ であり、スパン 80 cm 純曲げスパン 25 cm の二点載荷とし、クローズドループ電気油圧式試験機(MTS社製)を使用した。繰返し荷重は、最大値を静的最大荷重の60~75%、最小値を 50 kg (繰返し力約 1 kg/cm^2)とした。SN曲線を図-2に示す。SFRCの100万回繰返し時疲労強度は、静的荷重の60~65%であり、普通コンクリートより

優れているが、一般に考えられているより低い値であった。供試体破壊時には、ほとんどの鋼繊維が引抜けていた。繰返し載荷によって鋼繊維の付着が低下したことも考えられるが、詳細については更に検討する必要がある。SFRCの曲げ疲労試験においては、供試体の引張縁付近に存在する鋼繊維の数が、強度に大きく影響するものと思われる。疲労試験に用いた供試体をカットし、切断面に存在する鋼繊維の数も、供試体下縁より 3 cm ごとに区切って調査した結果の一例は、表-4に示すとおりであり、鋼繊維の本数はかなりのバラツキが見られる。このことは、SFRCの疲労強度がかなりバラツキを示唆しているものと思われる。疲労性状について最終結論を得るためにはさらに多くの実験を行う必要がある。

V. お ち ぎ

従来の舗装コンクリートと大幅に異なるSFRCの配合の相違による物性の相違について把握したが、実際の舗装においてどのような挙動の違いになるかについては、長期の挙動を把握した上で今後検討する予定である。

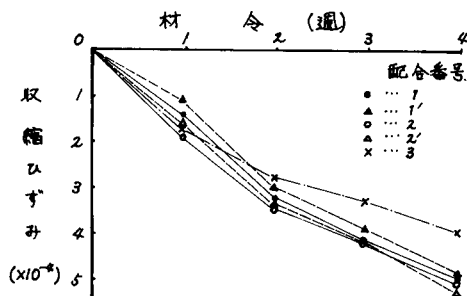


図-1. 乾燥収縮

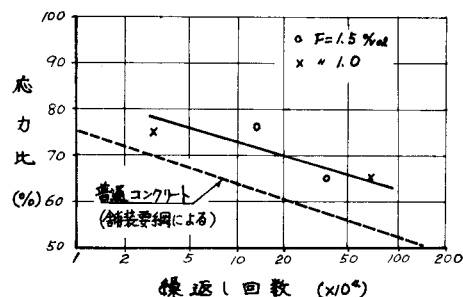


図-2. SFRCの疲労曲線

表-4. 鋼繊維の分布

種 類	(本/cm)	
	SF=1.0% _{vol}	SF=1.5% _{vol}
平 均	5.1	8.1
最大値	7.2	11.4
最小値	2.7	5.6
標準偏差	1.01	1.56