

# 鋼繊維補強コンクリートの配合設計資料(1)

— 舗装用コンクリートの場合 —

Mix Design Data for Steel Fiber Reinforced Concrete (1)

小林 一 輔\*・国分 修 一\*\*・岡村 雄 樹\*\*\*

Kazusuke KOBAYASHI, Shuichi KOKUBU and Yuki OKAMURA

## 1. は し が き

鋼繊維補強コンクリートの配合を定めるに当たってとくに検討を要する点は次の二つである、その一つは、従来のコンクリートと同様な配合を用いてこれに鋼繊維を混入すると、コンシステンシーが著しく小さくなるとともにワーカビリティも悪くなるので、これらの点をできる限り改善できるような配合を見出すことであり、もう一つは、従来のコンクリートの場合、粗骨材の最大寸法や細骨材率などの配合要因が強度に及ぼす影響は比較的小さいわけであるが、鋼繊維補強コンクリートにおいてはとくに曲げ強度の場合相当に大きいことが予想されるので、この点について明らかにすることである。

本文では以上の2点のうち、所要のワーカビリティを有する鋼繊維補強コンクリートの配合を定める場合に必要となる資料、すなわち最適単位粗骨材容積と単位水量の参考値を舗装用コンクリートを対象として示したものである。

## 2. 最適単位粗骨材容積と単位水量の参考値を求める実験

### 2.1 使用材料

鋼繊維は主として  $0.5 \times 0.5 \times 30$  mm のせん断ファイバーを使用した。一部の試験では  $0.25 \times 0.5 \times 25$  mm のせん断ファイバーで波形のデフォーメーションを与えたものならびに直径が 0.5 mm でアスペクト比が 30, 60 及び 80 の 3 種のカットワイヤーを使用した。粗骨材(砕石)は最大寸法が 10 mm, 15 mm 及び 25 mm の 3 種とし、それぞれ標準粒度曲線に入るように調整したものをを用いた。細骨材には川砂を用い、セメントは普通ポルトランドセメントを使用した。

\*東京大学生産技術研究所 第5部

\*\*大林道路(株)技術研究所

\*\*\*日本大学大学院学生

## 2.2 試験方法

鋼繊維補強コンクリートの練りませには強制攪拌式ミキサ(容量 100 ℓ)を使用した。鋼繊維の混入方法は鋼繊維以外の材料を投入し、その攪拌中に鋼繊維分散機を用いて鋼繊維を一様に混入した。練りませ時間は材料の投入開始より3分間とした。

沈下度の測定は土木学会規程 65 に示されている振動台式コンシステンシー試験方法に準じて行った。

## 3. 最適単位粗骨材容積の求め方

図1に示すように、沈下度と単位粗骨材容積との関係

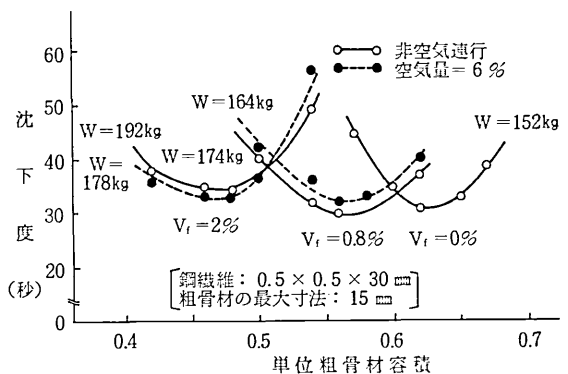


図1 単位粗骨材容積と沈下度との関係

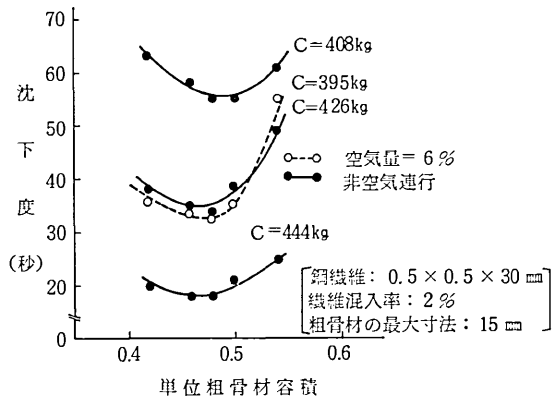


図2 最適単位粗骨材容積と単位セメント量との関係

研究速報  
 を求めると、硬練りの普通コンクリートと同様に鋼繊維補強コンクリートにおいても沈下度が最小となる単位粗骨材容積の値が存在し、またこの値は単位セメント量や空気量の値如何を問わずほぼ一定値をとる(図2)。

鋼繊維補強コンクリートの場合にもこの値を用いれば所要のワーカビリティを確保しつつ最も単位セメント量の少ない経済的な配合を得られることになるので、この値をもって最適単位粗骨材容積とした。

#### 4. 鋼繊維補強コンクリートにおけるスランプと沈下度との関係

図3は鋼繊維補強コンクリートの沈下度とスランプとの関係を示したものであるが、参考のために普通コン

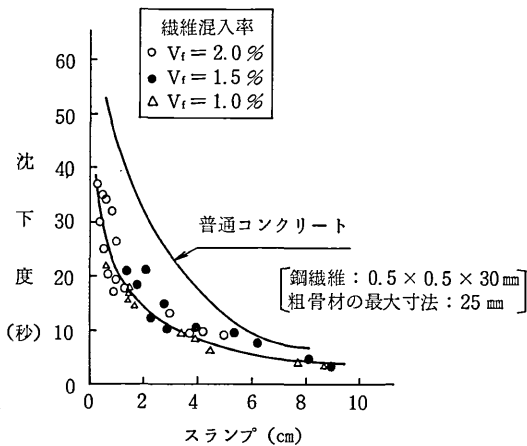


図3 沈下度とスランプとの関係

リートの場合の関係も併せてかかっている。この図から明らかなことは、スランプの値が同一ならば沈下度は鋼繊維補強コンクリートの方が小さい値となることであり、このことは鋼繊維補強コンクリートの方が締め固めに要する仕事量が小さいことを意味する。また、舗装コンクリートにおける沈下度の標準値30秒に相当するスランプは普通コンクリートでは約2.5cmであるが、鋼繊維補強コンクリートでは約1cmとなる。この理由は、鋼繊維補強コンクリートにおいては一般に単位セメント量が大きく、しかも細骨材率が高いこと、すなわち富配合のモルタル量が多いことがあげられる。

#### 5. 鋼繊維補強コンクリートの最適単位粗骨材容積に及ぼす各種要因の影響

鋼繊維補強コンクリートの最適単位粗骨材容積に影響を及ぼす一次要因は鋼繊維の混入率であり(図1)、二次要因は粗骨材の最大寸法と鋼繊維の形状寸法である。

図4は最適単位粗骨材容積と繊維混入率との関係を粗

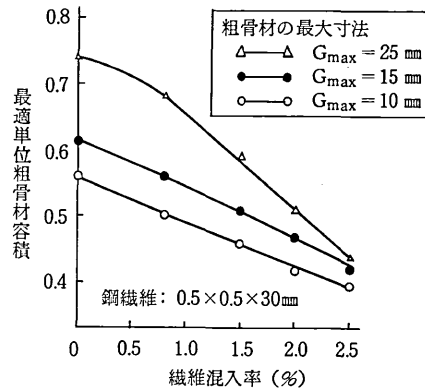


図4 最適単位粗骨材容積と繊維混入率との関係

骨材の最大寸法がそれぞれ10, 15 および 25 mm の場合について示したものである。この図より、最適単位粗骨材容積は繊維混入率の増加に従ってほぼ直線的に減少することがわかる。この理由については、鋼繊維をある一定のかさ容積を有する粗骨材とみなし、この分だけ最適単位粗骨材容積が小さい値を示すと考えればよいであろう。一方、図5は最適単位粗骨材容積と粗骨材の最大寸

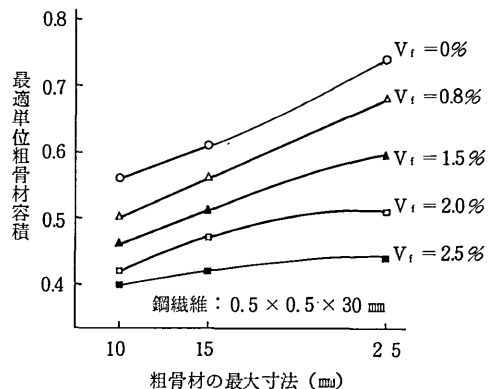


図5 最適単位粗骨材容積と粗骨材の最大寸法との関係

法との関係を示したものである。この図を見ると鋼繊維の混入率が1.5%程度までは粗骨材の最大寸法が大きくなるほど最適単位粗骨材容積も大きい値となるが、繊維の混入率が2%以上になると最適単位粗骨材容積に及ぼす粗骨材の最大寸法の影響は小さくなる。

図6は最適単位粗骨材容積と鋼繊維の長さとの関係を示したものである。この図より、使用する鋼繊維の長さが大きくなるに従って最適単位粗骨材容積の値はほぼ直線的に減少し、しかもこの減少率は粗骨材の最大寸法の如何を問わずほぼ一定であることがわかる。この理由は鋼繊維の長さが大きくなる程かさ容積の大きい粗骨材が存在するのと同様な効果を生じ、その分だけ最適単位粗

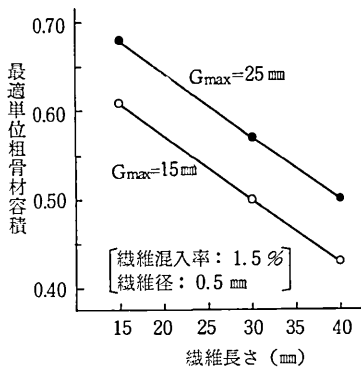


図6 最適単位粗骨材容積と繊維長さとの関係 (カットワイヤー使用)

表1 鋼繊維の種類と最適単位粗骨材容積ならびに単位水量 (繊維混入率: 1.5%)

鋼繊維の種類と寸法 (mm)	粗骨材の最大寸法 (mm)	最適単位粗骨材容積	単位水量 (kg/m <sup>3</sup> )
せん断繊維 0.5 × 0.5 × 30	15	0.51	180
	25	0.59	172
せん断異形繊維 0.25 × 0.5 × 25	15	0.49	187
	25	0.58	182
カットワイヤー ∅ 0.5 × 30	15	0.50	184
	25	0.57	176

骨材容積が小さくなることによるものと考えられる。また表1は鋼繊維の種類と最適単位粗骨材容積との関係を示したものである。この表より、現在実用化されている範囲の鋼繊維を使用する限り、鋼繊維の種類は最適単位粗骨材容積に殆んど影響を与えないことがわかる。

6. 単位水量と沈下度との関係

図7は最適単位粗骨材容積の場合における鋼繊維補強コンクリートの沈下度と単位水量との関係を示したものである。この図より、鋼繊維補強コンクリートの場合にも単位水量と沈下度との間には (log 沈下度) ~ 単位水量の間には直線関係が成立するがその傾きは繊維量に応じて異なる。従って、沈下度30秒の近くにおいて沈下

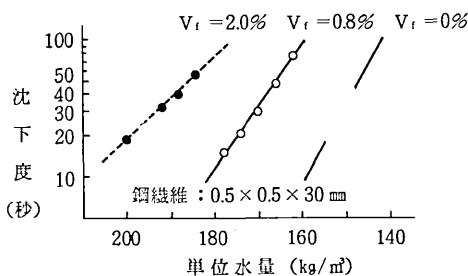


図7 沈下度と単位水量との関係

度を10秒変化させるのに必要な単位水量の増減量は、普通コンクリートでは約2.5kg/m<sup>3</sup>であるが、繊維量が1%程度のコンクリートでは約3.5kg/m<sup>3</sup>、2%程度のコンクリートでは約5kg/m<sup>3</sup>となる。

7. 沈下度30秒を得るために必要な単位水量とこれに及ぼす各種要因の影響

図8及び図9はそれぞれ沈下度が30秒の鋼繊維補強コンクリートを得るために必要な単位水量と鋼繊維の混

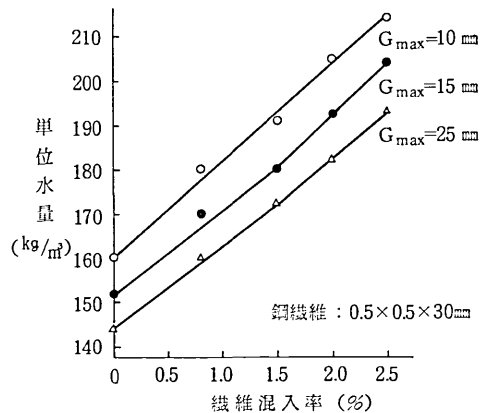


図8 沈下度30秒の鋼繊維補強コンクリートを得るための単位水量と繊維混入率との関係

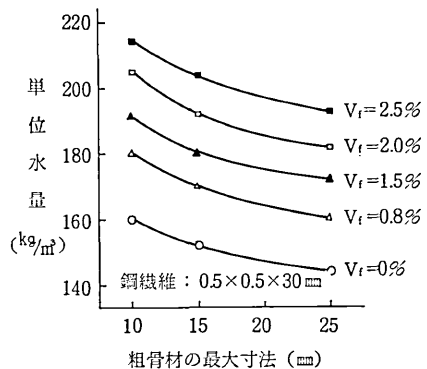


図9 沈下度30秒の鋼繊維補強コンクリートを得るための単位水量と粗骨材の最大寸法との関係

入率及び粗骨材の最大寸法との関係を示したものである。この図より上記の単位水量は、(1)繊維量にほぼ比例して増大し、その増加率は粗骨材の最大寸法の如何を問わずほぼ一定となること。(2)粗骨材の最大寸法の増大とともに exponential に減少し、同様な傾向が繊維量の如何を問わず認められる。図10は同様にして鋼繊維の長さと同じの単位水量との関係を示したものであるが、この図より単位水量は鋼繊維の長さにはほぼ比例して増大することがわかる。

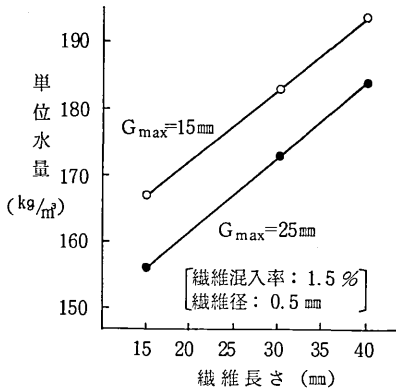


図10 沈下度30秒の鋼繊維補強コンクリートを得るための単位水量と繊維長さとの関係(カットワイヤー使用)

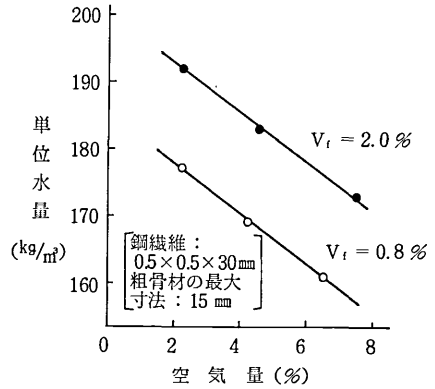


図11 沈下度30秒の鋼繊維補強コンクリートを得るための単位水量と空気量との関係

表2 舗装用鋼繊維補強コンクリートの配合を定める場合の参考表

この表の値は、下記の条件におけるものである。 1) 鋼繊維の形状寸法: 0.5 × 0.5 × 30 mm 2) 繊維混入率 V <sub>f</sub> = 1.5 % 3) 細骨材は F.M. = 2.76 のもの、粗骨材は砕石を使用し、良質の減水剤を用いる。 4) 沈下度 30 秒		
粗骨材の最大寸法(G <sub>max</sub> )	単位粗骨材容積(V <sub>G</sub> )	単位水量 注1)
25 mm	0.59	172 (165) kg/m³
15	0.51	180 (174)
10	0.46	191 (185)
上記と条件が異なる場合に対する補正		
条件の変化	単位粗骨材容積	単位水量
繊維混入率 (V <sub>f</sub> ) 0.5% の増減に対して	G <sub>max</sub> : 10, 15mm ±0.08 V <sub>G</sub>	±11 kg/m³
	G <sub>max</sub> : 25 mm ±0.13 V <sub>G</sub>	
沈下度 10 秒 の増減 に対して	補正しない	V <sub>f</sub> ≒ 1% ±3.5 kg/m³
		V <sub>f</sub> ≒ 2% ±5 kg/m³
空気量 1% の増減 に対して	補正しない	±3.5 kg/m³
細骨材の F.M. 0.1 の増減 に対して注2)	±0.01 V <sub>G</sub>	補正しない
0.25 × 0.5 × 25 mm のせん断異形繊維	補正しない	+10 kg/m³

注1) ( ) 内の数字は空気量4%の場合の単位水量を示す。

注2) 本表は、細骨材の F.M. が 2.50 ~ 3.30 の範囲の場合にのみ適用する。

一方、図11は上記の単位水量に及ぼす空気量の影響を示したもので、この図より所定の沈下度を得るのに必要な単位水量は空気量の増大とともに直線的に減少し、その割合は繊維量の如何を問わずほぼ一定となることがわかる。

鋼繊維補強コンクリートの配合設計を行う場合に必要となる最適単位粗骨材容積および単位水量の参考値ならびにその補正表を示したものである。

(1978年2月3日受理)

8. 舗装用鋼繊維補強コンクリートの配合を定める場合の参考表

表2は以上の実験結果に基づいて、舗装を対象とした

