

鋼繊維補強コンクリートの配合設計資料 (II)

Mix Design Data for Steel Fiber Reinforced Concrete (II)

小林 一 輔*・岡村 雄 樹**

Kazusuke KOBAYASHI and Yuki OKAMURA

1. は し が き

コンクリートの配合設計において、単位水量や細骨材率（または単位粗骨材容積）は試験練りによって定めることが原則とされているが、その際の目安として配合参考表が用いられている。鋼繊維補強コンクリートの配合を定める場合にも配合参考表が示されていれば便利である。第1報¹⁾においては、舗装を対象とした硬練りの鋼繊維補強コンクリートの配合参考表を示した。

本報告では、スランプ試験により測定できる範囲のコンシステンシーを有する鋼繊維補強コンクリートを対象とし、上記の配合参考表を得ることを目的として行った実験結果をとりまとめたものである。すなわち所要のコンシステンシー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最適細骨材率及び単位水量の参考値を示したものである。

2. 使用材料

鋼繊維は主として、 $0.5 \times 0.5 \times 30$ mmのせん断品を使用した。一部の試験では $0.5 \times 0.25 \times 25$ mmのせん断異形繊維及び断面寸法が 0.5×0.5 mmで長さの異なるせん断繊維を用いた。

粗骨材（碎石）は最大寸法が10 mm, 15 mm, 20 mm, 25 mmの4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用いた。細骨材は粗粒率3.00の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。

また混和剤は非空気連行性の減水剤とAE剤を用いた。

3. 最適細骨材率の求め方

図-1は、繊維混入率の異なる鋼繊維補強コンクリートについて、細骨材率とスランプとの関係を求めたものである。この図より明らかなように、単位水量、単位セメント量及び繊維混入率を一定とし細骨材率を変化させると、スランプの値が最大となる細骨材率が存在する。すなわち、この細骨材率ではスランプを一定とした場合単位水量が最も小さくなることを意味するので、この値を以て最適細骨材率とした。この値は繊維混入率によって異なり、繊維混入率が増加するに従って大きな値となることが図-1より明らかである。また繊維混入率が同

じ場合、スランプが変わってもこの最適細骨材率は変化せずほぼ一定値をとる（図-2）。

4. 最適細骨材率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細骨材率は、基本的に繊維の混入率と鋼繊維の寸法によって支配される。なお、最適細骨材率に影響を及ぼすその他の要因としては、普通コンクリートと同様に粗骨材の最大寸法、空気量、水セメント比などがある。

図-3は最適細骨材率に及ぼす繊維混入率の影響を粗骨材の最大寸法を変化させた場合について示したものである。これによると、粗骨材の最大寸法の如何を問わず

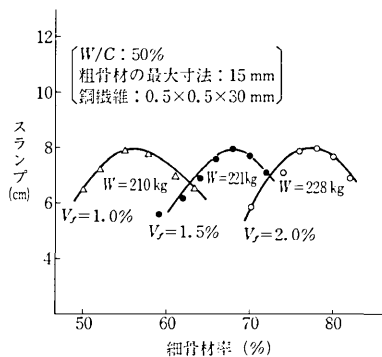


図1 スランプと細骨材率との関係

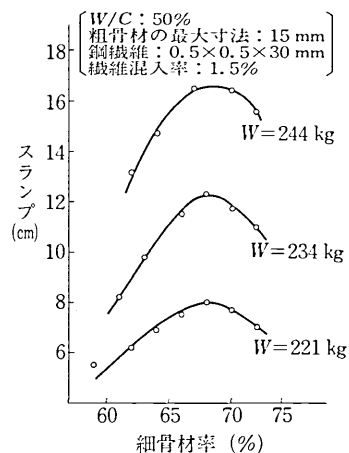


図2 スランプと最適細骨材率との関係

* 東京大学生産技術研究所 第5部

** 日本大学大学院学生

研究速報

繊維混入率が増加するに従って最適細骨材率もほぼ直線的に増大する。これは、繊維を混入することにより、形状の著しく不良な骨材を使用したと同様な影響を受けることによるものと考えられる。図-4は最適細骨材率に及ぼす粗骨材の最大寸法の影響を繊維混入率を変化させた場合について示したものである。これによると、普通コンクリートの場合と同様、粗骨材の最大寸法が小さくなるほど最適細骨材率の値が大きくなるとともに繊維混入率の影響が顕著となる。図-5は最適細骨材率に及ぼす鋼繊維の寸法の影響を示したものである。この図より明らかなように、鋼繊維の寸法をアスペクト比によって表わすと、その実用的な範囲においてはアスペクト比と最適細骨材率との間には直線的関係が存在することが認められ、アスペクト比が大きくなると最適細骨材率の値も増大する。これは、アスペクト比が大きくなると形状寸法の不良な骨材を混入した場合生ずるようなかさばり効果が顕著となることによるものと考えられる。図-6は最適細骨材率に及ぼす水セメント比の影響を示したものである。この図によれば、普通コンクリートの場合と同様に水セメント比と最適細骨材率の間には直線関係が存在し、水セメント比が小さい場合ほど最適細

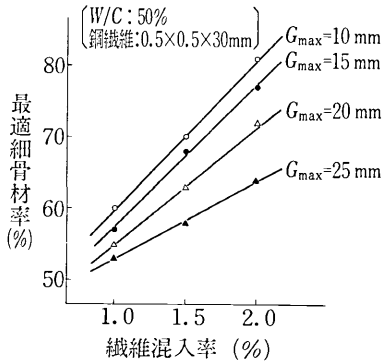


図3 最適細骨材率に及ぼす繊維混入率の影響

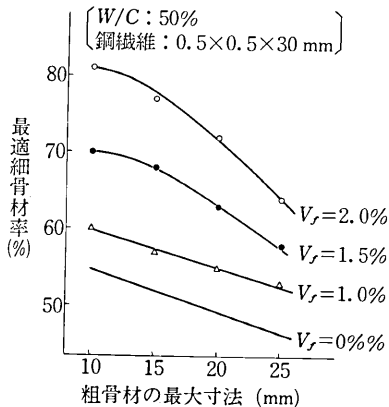


図4 最適細骨材率に及ぼす粗骨材の最大寸法の影響

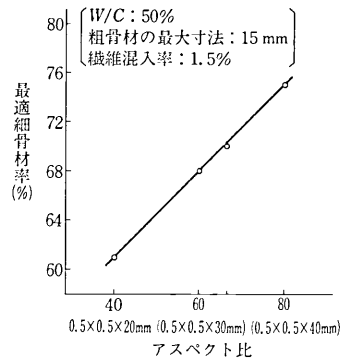


図5 最適細骨材率に及ぼす鋼繊維の寸法の影響

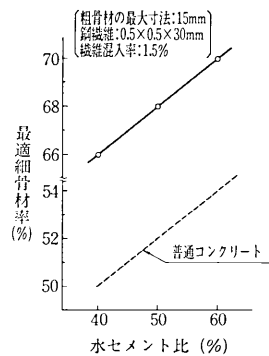


図6 最適細骨材率に及ぼす水セメント比の影響

骨材率の値は小さくなる傾向が認められる。図-7は骨材率と空気量との間には直線関係が存在し、空気量の増加にともなって最適細骨材率の値は小さくなる。この傾向は繊維混入率の如何にかかわらず認められる。このことは、連行された空気が砂と置き換わると考えれば容易に理解できる。

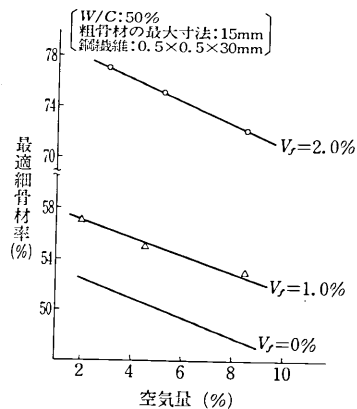


図7 最適細骨材率に及ぼす空気量の影響

5. 単位水量に及ぼす各種要因の影響

所要のコンシステンシーを有する鋼繊維補強コンクリートを得るために要する単位水量は、繊維混入率、粗骨材の最大寸法、水セメント比、空気量及び鋼繊維の寸法などの要因によって支配される。

図-8は単位水量に及ぼす繊維混入率の影響を粗骨材の最大寸法を変化させた場合について示したものである。これによると、ある一定のスランプを得るために要する

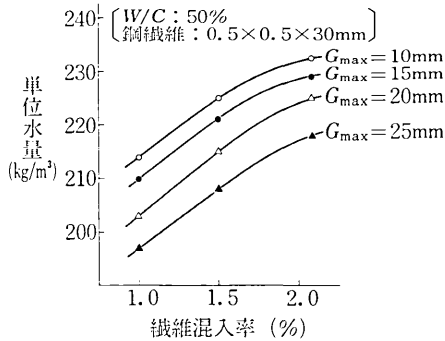


図8 スランプ8 cmを得るための単位水量と繊維混入率との関係

単位水量の値は、粗骨材の最大寸法の如何を問わず繊維混入率の増加に伴って顕著に増大する。これは、繊維の表面積効果と、細骨材量が繊維混入率の増加に従って増大することによるものと思われる。図-9は単位水量に及ぼす粗骨材の最大寸法の影響を繊維混入率を変化させた場合について示したものである。この図より明らかなように、普通コンクリートの場合と同様にある一定のスランプを得るために要する単位水量の値は、繊維混入率の如何を問わず粗骨材の最大寸法の増大にともない、ほぼ直線的に減少することが認められる。図-10は単位水量に及ぼす水セメント比の影響を示したものである。これによると、ある一定のスランプを得るために要する単位水量は水セメント比の値が増加するにしたがって、ほぼ直線的に増大する。

このことは、普通コンクリートにおけるいわゆる単位水量一定の法則（すなわち、単位水量が一定であれば水セメント比はほぼ一定値をとると言う法則）が、鋼繊維補強コンクリートでは成立しないことを意味するものである。一方図-11は単位水量に及ぼす鋼繊維の寸法の影響を示したものである。この図より明かなように、鋼繊維の寸法をアスペクト比で表わすと、その値が実用的な範囲においては一定のスランプを得るのに要する単位水量の値とアスペクト比の間にはほぼ直線的関係が存在することが認められ、アスペクト比が大きくなると単位水量も大きくなる。これは、細骨材量が繊維のアスペクト比の増大に伴って増加することを考慮す

れば当然のことと思われる。

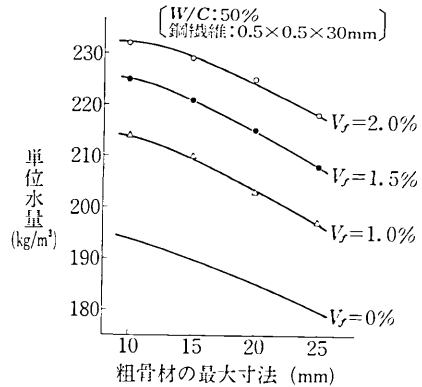


図9 スランプ8 cmを得るための単位水量と粗骨材の最大寸法との関係

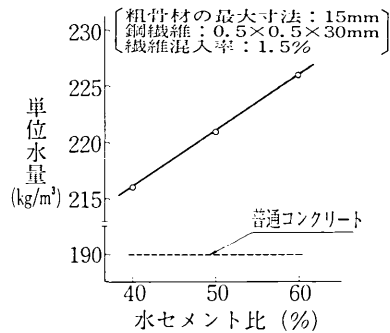


図10 スランプ8 cmを得るための単位水量と水セメント比との関係

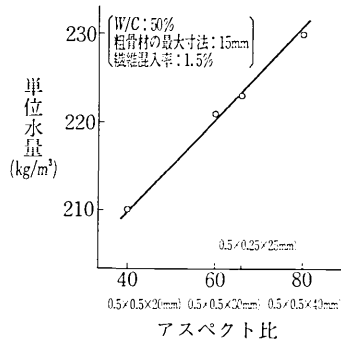


図11 スランプ8 cmを得るための単位水量と鋼繊維の寸法との関係

6. 単位水量とスランプとの関係

鋼繊維補強コンクリートの単位水量とスランプとの関係を示すと図-12のとおりである。この図より明かなようにスランプの値が4 cm～16 cm程度では、単位水量が増加するに従ってスランプの値も直線的に大きくなる。また、その傾斜に相当する値、すなわち、鋼繊維補強コ

表-1 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: 1.5% 3) 細骨材は粗粒率3.00のもの、粗骨材は碎石を使用し、良質の減水剤を用いる。 4) 水セメント比: 50%, スランプ: 約8 cm

| 粗骨材の最大寸法 Gmax (mm) | A E 剤を用いないコンクリート | | | A E コンクリート(空気量5%) | |
|--------------------|------------------|--------------|-------------|-------------------|-------------|
| | エントラップト エアー (%) | 細骨材率 s/a (%) | 単位水量 W (kg) | 細骨材率 s/a (%) | 単位水量 W (kg) |
| 10 | 3.0 | 70 | 225 | 68 | 214 |
| 15 | 2.8 | 68 | 221 | 65 | 208 |
| 20 | 2.5 | 63 | 215 | 60 | 200 |
| 25 | 2.1 | 58 | 208 | 55 | 191 |

上記の条件が異なる場合に対する補正.

| 条件の変化 | 細骨材率 (%) | 単位水量 |
|--------------------------|----------------|----------|
| 鋼繊維混入率 0.5%の増減に対して | Gmax: 10,15 mm | ± 10 kg |
| | Gmax: 20 mm | |
| | Gmax: 25 mm | |
| 水セメント比 0.05の増減に対して | ± 1 | ± 2.5 kg |
| 細骨材の FM 0.1の増減に対して | ± 0.5 | 補正しない |
| スランプ 1 cmの増減に対して | 補正しない | ± 3 kg |
| 空気量 1%の増減に対して | ± 1 | ± 6 kg |
| 鋼繊維のアスペクト比 10の増減に対して 注1) | ± 3 | ± 10 kg |

注1) 本表は鋼繊維の断面寸法が 0.3~0.6mm の範囲の場合にのみ適用される。

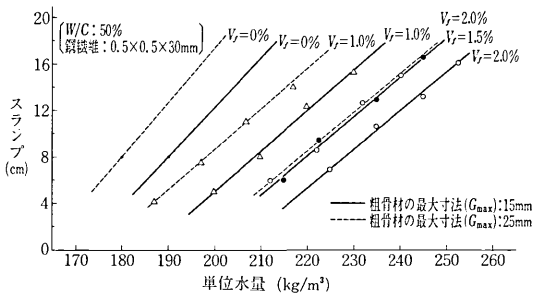


図12 単位水量とスランプとの関係

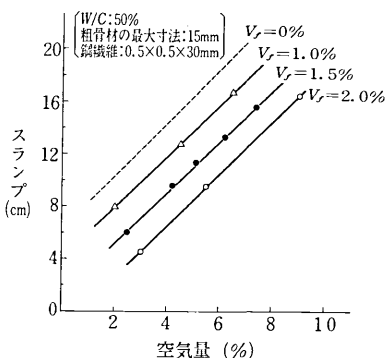


図13 空気量とスランプとの関係

ンクリートのスランプを 1 cm 変化させるために必要な単位水量の補正量は、普通コンクリートの場合よりも多くなるが、繊維混入率及び粗骨材の最大寸法の如何によらずほぼ一定であることがわかる。

7. スランプと空気量との関係

空気量とスランプとの関係を示すと図-13のとおりである。この図より明らかなように、実用的な範囲内においては繊維混入率の如何によらず空気量の増大とともにスランプの値も直線的に大きくなることが認められる。またこの傾斜に相当する値、すなわち空気量 1% に対するスランプの変化量は、普通コンクリートの場合と同程度で約 2 cm となることがわかる。

8. 配合参考表

表-1 は以上の結果に基づいてとりまとめた鋼繊維補強コンクリートの配合を決める場合に必要となる最適細骨材率と単位水量の参考値を示したものである。

9. あとがき

本研究の実施に当たり、鋼繊維試料に関してご協力をお願いした住友金属工業株式会社に深謝する次第である。

(1978年3月3日受理)

参考文献 1) 小林・岡村: 鋼繊維補強コンクリートの配合設計資料(I)生産研究, Vol. 30, No. 4, 1978