

鋼繊維補強コンクリートにおける各種の要因と鋼繊維の分散及び配向との関係

八戸高専 正員 斉藤 進
八戸高専 正員 菅原 隆
八戸高専 正員 今野恵喜

1. まえがき 鋼繊維補強コンクリートでは、鋼繊維の分散度と配向度が、その力学的性質に大きな影響を及ぼすといわれている。この分散度と配向度については、問題を2つに分けて考える必要がある。すなわち一つは、色々な要因とその水準が分散度と配向度に与える影響であり、もう一つは、分散度と配向度が力学的性質に与える影響である。ここでは、このうち主に前者についての実験結果を述べるものとする。

2. 実験概要

表1 実験の要因と水準

(w/cは45%で一定)

要因 水準	粗骨材 の最大 寸法 (mm)	粗骨材 の混入 量 (%)	目 標 スラング (cm)	鋼繊維 の寸法	鋼繊維 の混入率		鋼繊維 の 配向
					$\frac{V}{V_c} = 60$	$\frac{V}{V_c} = 40$	
実験 I	15	20	鋼繊維 無混入 の時 15±2	アスベクト比 $\frac{l}{d} = 60$ (0.5×0.5×30) mm アスベクト比 $\frac{l}{d} = 100$ (0.3×0.3×30) mm	0	0	3次元 ランダム
					0.5	0.25	
					1.0	0.5	
					1.5	0.75	2次元 ランダム
					2.0	1.0	
実験 II	15	0	鋼繊維 混入後 に 10±2	アスベクト比 $\frac{l}{d} = 60$ (0.5×0.5×30) mm	1.5		3次元 ランダム
	25	10					
	30	20					
	40	30					

2-1. 要因と水準 分散度と配向度に影響を及ぼす要因のうち、今回は表1に示すように、実験Iとして鋼繊維に関する3つの要因を採り、各水準の組合せにおいて、12本の曲げ試験用供試体(15×15×53cm)を作成した。実験IIとしては、粗骨材に関する2つの要因を採り、6本ずつの供試体を作成した。実験Iにおける2次元ランダム配向とは、仕切板(17.5mm間隔)を用いて、コンクリートを打設したものである。

2-2. 分散度と配向度の表わし方 分散度を表わすために、曲げ供試体の破断面を、25cm×25cmの大きさの36要素に分割して、各要素に含まれる鋼繊維の本数を測定し、分散係数 α を次式によって決定した。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} / \bar{x}, \quad \alpha = e^{-\sigma} \dots (1)$$

上式で、 x_i は要素に含まれる本数、 $\bar{x}$ はその平均、 n は要素数である。また同一水準のコンクリート全体の分散係数 α_a の決定には、要素数を(36×供試体数)として(1)式を適用した。配向度を表わすには、(全鋼繊維のある方向への投影長さの合計 / 全鋼繊維の長さの合計)で示される配向係数を用いた。鋼繊維の本数が切断面で既知であれば、その面と直角な方向への配向係数 β は次式によって求められる¹⁾。

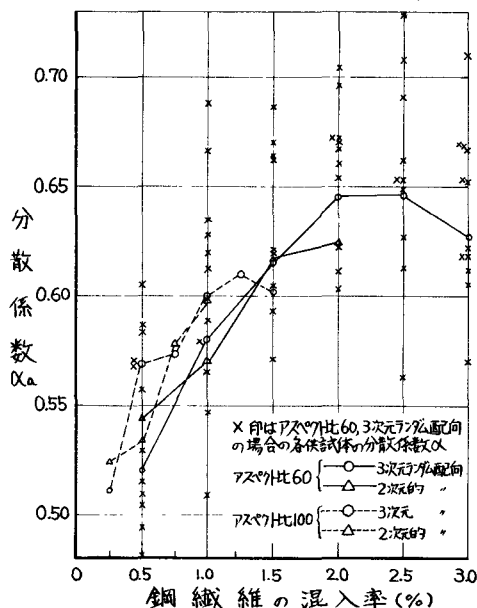
$$\beta = \rho \cdot a / p \quad (2) \quad (2)式で \rho, a, pは、$$

それぞれ鋼繊維の密度、断面積、混入率である。同一水準のコンクリート全体の配向係数 β_a は、その水準の全供試体の平均値を採った。

3. 実験結果及び検討

3-1. 鋼繊維の分散度 図1には、アスベクト比が60で、3次元ランダム配向の場合の全供試体の分散係数 α をプロットしたが、このように個々の供試体の分散係数は

図1. 鋼繊維の混入率と分散係数との関係



かなりバラツキが大きい。しかしある水準ごとの全体的な分散係数 α_a は、4ケースとも鋼繊維の混入率の増加に伴って増加を示している。すなわち、全体的には分散度はよくなるといえるが、これはフレッシュコンクリートにおいて、かなり低い混入率(アスペクト比60の時は20%, 100の時は0.75%)でワーカビリティーが悪くなり、鋼繊維のボールができ始めることと矛盾をしている。この理由としては採用している分散係数が3次元的な分散度を表わしているものでなく、破断面という比較的密度の薄い平面における2次元的な分散度しか表わしていないことが挙げられよう。鋼繊維のアスペクト比や配向の違いによる、分散係数の差異はそれ程大きくないが、アスペクト比が100の場合の方が60の場合よりやや高くなっている。また図4から分かるように、鋼繊維の混入率が同一の場合、粗骨材の混入量の増加に伴って全体的に分散係数は減少するが、最大寸法の違いによる影響はそれほど大きくない。

3-2. 鋼繊維の密度と配向度 図2から分るように全体的な密度 ρ_a は、4ケースとも混入率に比例して増加をし、2次元ランダム配向の場合の方が、3次元ランダム配向の場合より、全般的に高い密度となっている。アスペクト比が60と100の鋼繊維の断面積比は2.8であるが、同じ混入率で両者の密度の比をとると1.6~1.8しかない。これは、アスペクト比が100の鋼繊維では練り混ぜの際に大量のボールができて、3次元的な分散度が悪くなることを示している。次に、図3から分るように、個々の供試体の配向係数 β は分散係数の場合と同じくかなりバラツキが大きい。しかし、全体的な配向係数 β_a は、4ケースとも鋼繊維の混入率が増加しても、殆んど変動しない。2次元ランダム配向の場合には、3次元ランダム配向の場合に比べて、アスペクト比が60の場合は100の場合に比べて、それぞれ配向係数が高くなっている。また図4から分かるように、配向係数 β_a に対する粗骨材の最大寸法及び混入量の影響も、それほど大きくない。なお、3次元ランダム配向の場合の配向係数の理論値0.5に比べると、いずれの場合も低い値を得たが、これは割定断面が破断面であるためである。

参考文献

- (1) 「鋼繊維補強コンクリートにおける鋼繊維の配向と分散について」
和泉 憲彦 鋼繊維補強コンクリートに関するシンポジウム発表報告集

図2. 鋼繊維の混入率と密度との関係

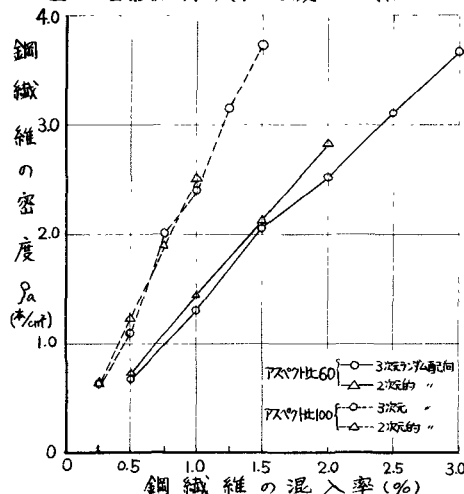


図3. 鋼繊維の混入率と配向係数との関係

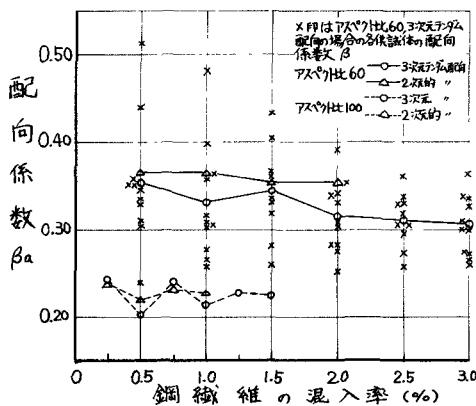


図4. 粗骨材の混入量と鋼繊維の分散係数及び配向係数との関係

