

鋼繊維の分散度、密度及び配向度と鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度との関係

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 本研究は、鋼繊維に関する諸要因と曲げ試験供試体の破断面における鋼繊維の分散度、密度及び配向度との関係を明らかにし、更にこれらと曲げ強度との関係を明らかにしようとするものである。

2. 実験概要と実験結果

2-1. 要因と水準 実験の要因

表1 要因と水準

水準	要 因		
	混入率 (%容積)	種 類	配向法
水準	0.5	アスペクト比60で直線(60S)	3次元ランダム
	1.0	アスペクト比60で直線(60D)	2次元ランダム
	1.5	アスペクト比100で直線(100S)	(2R)

と水準は分散分析を適用することを前提にして定めたもので表1に示す通りである。基準コンクリートの η_c は45%、粗骨材の最大寸法は15mm、その混入量は20%(容積)で、スランパが 15 ± 2 cmとなるように配合を決定した。また締の固めはテーブルバイブレータによって行い、1種類のコンクリートにつき6個ずつ(総計108個)の供試体(15×15×53cm)を作成した。

2-2. 分散度、密度及び配向度の表わし方 分散度

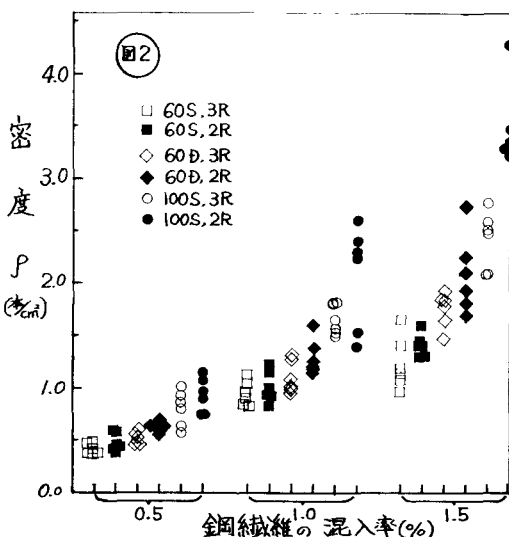
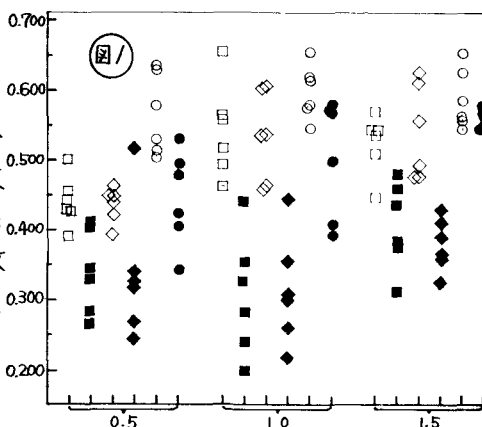
は供試体の破断面を36要素に分割して、各要素に含まれる鋼繊維の本数を測定し、(1)式より分散係数 α を求めることとして表わした。(1)式で X_i は要素に含まれる本数、 $\bar{X}$ はその平均である。密度 ρ は単位面積当りの本数によって表わし、配向度は配向係数によって表わすが、切断面における密度 ρ が既知であれば、その面と垂直な方向への配向係数 β は(2)式より決定できる。(2)式で、 a は鋼繊維の断面積、 P は混入率である。以上の3つ(α, ρ, β)を中間的要因ということにし、これらの値が大きければ大きいほど曲げ強度が高くなると予想している。

$$\varphi = \sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 / 36} / \bar{X}, \quad \alpha = e^{-\varphi} \quad \text{--- (1)}$$

$$\beta = \rho \cdot (a/P) \quad \text{--- (2)}$$

2-3. 実験結果

全供試体の中間の要因(α, ρ, β)及び曲げ強度 σ_b の値は図1～図4に示した通りである。これらの図より以下のことが分る。(i) 分散係数 α は種類と配向法の影響を強く受けている。混入率の影響ははっきりしない。(ii) 密度 ρ は混入率の影響を非常に強く受けている。種類と配向法の影響もかなり大きい。(iii) 配向係数 β は種類の影響を非常に強く受けている。配向法の影響もかなり大きい。混入率の影響ははっきりしない。(iv) 曲げ強度 σ_b は混入率の影響を非常に強く受けている。種類と配向法の影響もかなり大きい。



3. 解析結果 3-1. 分散分析 2-3で述べたことを更にはっきりとさせるため、3元配置法によって分散分析を行った結果を表2に示す。表2より中間的要因(α, ρ, β)及び曲げ強度 ρ に対する3要因の影響の程度が明らかとなる。

3-2. 重回帰分析(全データ) 一方、3つの中間的要因(α, ρ, β)が曲げ強度 ρ に及ぼす影響を定量的に把握するため、全データを対象として重回帰分析を行った結果を表3に示す。表3より、曲げ強度 ρ の変動に対して密度 ρ の影響が非常に大きいこと、分散係数 α の影響もある程度あることが分る。しかし配向係数 β の影響は殆んど無いとい

ってよい。3-3. 重回帰分析(配向法別) 次に配向法別にデータをまとめて同じく重回帰分析を行った結果を表4に示す。表4より曲げ強度 ρ の変動に対して密度 ρ の影響は依然大きい、分散係数 α の影響もかなり大きくなること、また配向係数 β の影響もやや大きくなることが分る。

4. まとめ 分散分析及び重回帰分析の結果より以下のことが分る。
(i)密度 ρ は曲げ強度 ρ に及ぼす影響が決定的に大きい、密度 ρ に及ぼす要因の影響は、混入率、種類、配向法の順に大きい。(配向法別に解析した場合には、混入率、種類の順)。この順位は曲げ強度 ρ に対する分散分析の結果と一致している。

(ii)分散係数 α も曲げ強度 ρ に及ぼす影響がある程度あり(配向法別に解析した場合にはかなりあり)、分散係数 α に及ぼす要因の影響は、種類、配向法、混入率の順に大きい。(配向法別に解析した場合には、種類、混入率の順)。

(iii)配向係数 β は、曲げ強度 ρ に及ぼす影響が殆んど無い。(配向法別に解析した場合には影響が見られるがその程度は小さい)。このことは配向度が曲げ強度 ρ の変動と無関係であることを示しているのではなく、(2)式を破断面に適用し配向係数を決定していることに問題があると考えられ、この点を現在検討中である。

(iv)配向係数 β は、曲げ強度 ρ に及ぼす影響が殆んど無い。(配向法別に解析した場合には影響が見られるがその程度は小さい)。このことは配向度が曲げ強度 ρ の変動と無関係であることを示しているのではなく、(2)式を破断面に適用し配向係数を決定していることに問題があると考えられ、この点を現在検討中である。

(v)配向係数 β は、曲げ強度 ρ に及ぼす影響が殆んど無い。(配向法別に解析した場合には影響が見られるがその程度は小さい)。このことは配向度が曲げ強度 ρ の変動と無関係であることを示しているのではなく、(2)式を破断面に適用し配向係数を決定していることに問題があると考えられ、この点を現在検討中である。

表3

説明変数としてとりこむもの									
α		ρ		β		$\alpha + \rho$		$\alpha + \rho + \beta$	
分散比	寄与率	分散比	寄与率	分散比	寄与率	分散比	寄与率	分散比	寄与率
F_0 (%)	F_0 (%)	F_0 (%)	F_0 (%)	F_0 (%)	F_0 (%)	F_0 (%)	F_0 (%)	F_0 (%)	F_0 (%)
9.94**	8.6	218.6**	72.7	1.52	1.4	140.4**	72.8	102.5**	74.7

重回帰分析(全データ)の結果

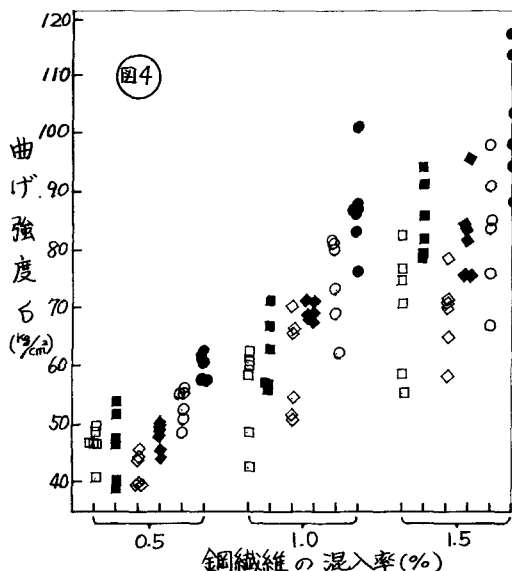
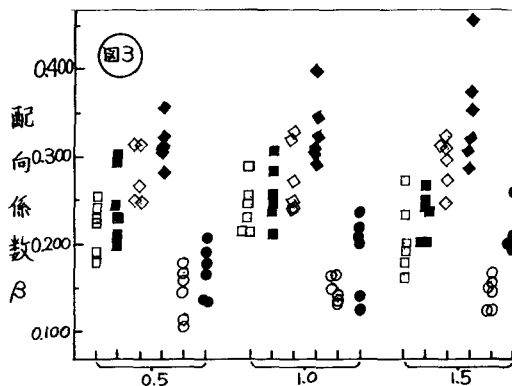


表2
分散分析の結果

表2 分散分析 の結果		分散係数 α		密度 ρ		配向係数 β		曲げ強度 ρ	
		分散比 F_0	寄与率 (%)	分散比 F_0	寄与率 (%)	分散比 F_0	寄与率 (%)	分散比 F_0	寄与率 (%)
要 因	A	13.5**	7.0	347.0**	54.0	1.32	0.1	210.3**	57.9
	B	45.3**	24.8	166.5**	25.8	149.1**	67.3	62.2**	16.9
	C	119.2**	32.7	39.8**	3.0	36.4**	8.1	57.9**	7.8
	AxB			21.8**	6.5			3.06*	1.1
	AxC	5.71**	2.6	8.15**	1.1			6.42**	1.5
	BxC	6.02**	2.8	8.76**	1.2				
	E		30.1		8.4		24.5		14.8
	T		100.0		100.0		100.0		100.0

A: 混入率, B: 種類, C: 配向法, E: 誤差, T: 合計
**有意水準 1%で有意, *有意水準 5%で有意

表4

説明変数としてとりこむもの									
α		ρ		β		$\alpha + \rho$		$\alpha + \rho + \beta$	
分散比	寄与率	分散比	寄与率	分散比	寄与率	分散比	寄与率	分散比	寄与率
F_0 (%)	F_0 (%)	F_0 (%)	F_0 (%)	F_0 (%)	F_0 (%)	F_0 (%)	F_0 (%)	F_0 (%)	F_0 (%)
33.0**	38.8	122.5**	70.2	4.46*	2.9	67.9**	72.7	46.4**	73.6
24.2**	31.8	144.2**	73.7	1.60	3.0	72.8**	74.0	58.9**	76.7

重回帰分析(配向法別)の結果