

繊維の配向性と分散を考慮したばらつきの評価

鉄建建設 正会員 ○土井至朗
同上 正会員 松岡 茂

1. はじめに

近年、トンネルなどの構造物のコンクリートはく落防止対策として、鋼繊維混入コンクリート（SFRC）が多く使用されるようになってきている。コンクリート中の繊維のばらつきについては、レントゲン写真などを撮ることにより定性的な評価は現在行われているが定量的な評価方法は定まっていない。そこで、本研究では繊維の配向性だけでなく、コンクリート中の繊維の偏り（混入率のばらつき）を併せて考慮し、レントゲン写真による繊維のばらつきの評価方法について考察した。

2. 繊維の配向性

コンクリート中の繊維をある一面に投影したときの繊維の投影長さの総和と、実際の繊維長さの総和との比を配向係数という。繊維はコンクリート中で3次的にバラバラに配置されており、図-1のようなx-y-z空間を考えると、繊維が鉛直方向、水平方向となす角をそれぞれ θ 、 ϕ とすると、繊維が空間内で平均的に分散している場合の配向係数は次のように表される¹⁾。

$$\alpha = \frac{\int_0^{\pi/2} \int_0^{\pi/2} \cos\theta \cos\phi d\theta d\phi}{(\pi/2)^2} = 0.405$$

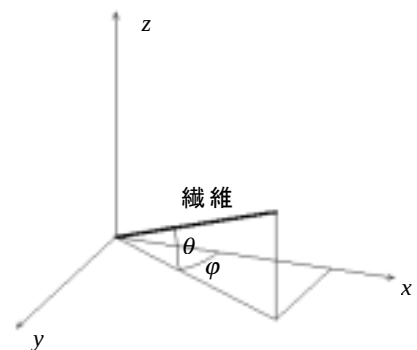


図-1 コンクリート中の繊維のモデル図

配向係数を計算する際、繊維長さを直径とする球よりも大きなブロックを仮定した（この場合では一辺70mmの立方体とした）。次に繊維長 l と繊維径 ϕ 、繊維混入率 V_f を決め、コンクリートブロック中に含まれる繊維本数 n を計算し、それらの繊維ごとに θ 、 ϕ をランダムで与え n 本の繊維の投影長さの合計から配向係数を求める計算を繰り返し行った。図-2に $V_f=0.5\%$ を

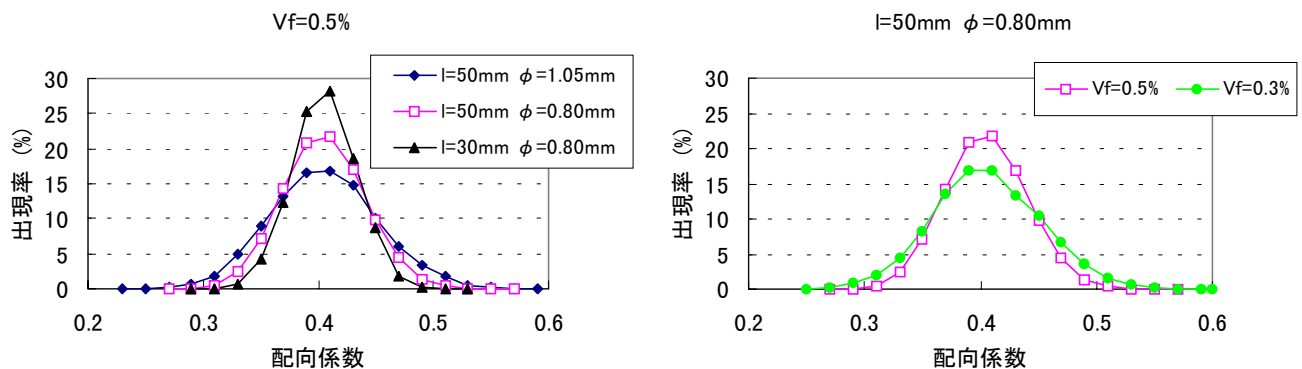


図-2 繊維形状にと混入率による配向係数の違い

キーワード 鋼繊維、配向性、ばらつき

鉄建建設(株) エンジニアリング本部 技術研究所

〒286-0825 千葉県成田市新泉9-1

Tel. 0476-36-2355 Fax. 0476-36-2380

固定して l 、 ϕ を変化させた場合の配向係数のヒストグラムと、繊維形状を固定し混入率を変化させた場合のヒストグラムを示す。図に示すように配向係数の平均値は理論値の 0.405 と一致している。また、同一混入率の下では繊維長が長いほど、繊維径が太いほど配向係数のばらつきが大きくなり、同じ繊維形状では混入率が低いほど、ばらつきは大きくなる。いずれも混入される繊維の本数が少なくなるほどばらつきが大きい。したがって、混入される繊維本数が多くなるように対象とするコンクリートブロックを大きく取っていけば、配向係数のばらつきは小さくなり理論値に近づいていく。

3. 繊維分布のばらつき

実際のコンクリートでは配向性のばらつきに加えて、部分的に混入率のばらつきも生じる。繊維混入率 $X(\%)$ のコンクリートから、サンプルとして採取したブロック中の繊維混入率が $x(\%)$ だったとしたとき、繊維混入率 $x(\%)$ のブロックの出現率を $f(x)$ とすると、コンクリート全体としての繊維のばらつきは、次のように表される。

$$F(x) = \int g(x) \cdot f(x) dx$$

ここに、 $g(x)$ ：繊維混入率 $X(\%)$ のコンクリート中にある、繊維混入率 $x(\%)$ のコンクリートブロック中の繊維の配向係数のヒストグラム

$f(x)$ ：繊維混入率 $X(\%)$ のコンクリート中での、繊維混入率 $x(\%)$ のブロックの出現率

上記のようにして $V_f=0.5\%$ 、繊維長 $l=50\text{mm}$ 、繊維径 $\phi=0.8\text{mm}$ とし、 $f(x)$ は正規分布に従うものと仮定して計算した結果を図-3に示す。部分的な繊維混入率のばらつきを考慮しない場合に比べて配向係数のばらつきは大きく、出現率のピークは小さくなっている。

以上のような手順で長さの比率として配向性をばらつきを計算したが、これに繊維径をかけることによって面積比率として表示することが出来る。また、実際のコンクリートブロックなどもレントゲン撮影を行うことによって、そこに含まれる繊維量を面積比率として出すことが可能であるので、以上のような計算を行いその結果と比較することで、そのブロック中に含まれる繊維量が妥当なばらつき範囲内に収まっているかどうかなどを評価することが出来る。今回はコンクリート中の繊維の混入量のばらつきが正規分布に従うと仮定したが、今後は実際に繊維がどのように分散しているかを把握することが課題となる。

4. まとめ

- ・配向係数はコンクリートブロック中に含まれる繊維の本数が少ないほどばらつきがおおきい。
- ・今回示した手法を用いることにより、SFRC のレントゲン写真から繊維のばらつきを評価することが出来る。

参考文献

- 1) 小林一輔, 和泉意登志, 趙 力采：鋼繊維補強コンクリート—一般的性質・強化機構・繊維の配向と分散—, コンクリート工学, vol.15, No.3, March 1977

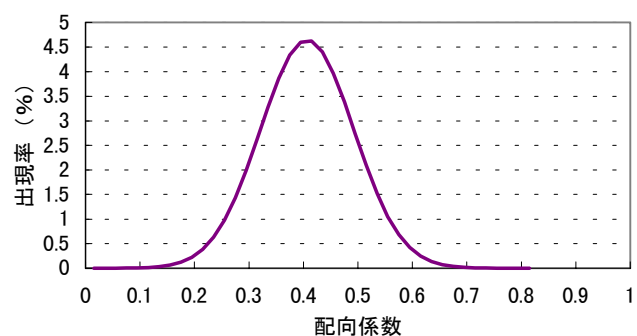


図-3 繊維分布のばらつきの度合いを考慮した配向係数