U.D.C. 691.5

日本建築学会論文報告集
第259号・昭和52年9月

建築材料としての無機複合材料に関する研究

—その 6・せんい強化：引張強度の理論式とせんいの分散による強化係数 k—

正会員 岸 谷 孝 一*
正会員 平 居 孝 之**

1. 序

前報その5では，セメントと石膏をマトリックス相とするせんい強化無機複合材料について行った試験の結果とその考察を述べ，強化せんいとして有効に働らくせんいの詳細と，引張応力下における基本的なせんい強化機構を明らかにした。

本報では，引張におけるせんい強化機構を説明するモデルと引張強度の理論式を提案し，従来のせんい強化に関する研究で問題となってきたせんいの分散状態がせんい強化に及ぼす影響について，これを「せんいの分散による強化係数 k」という言葉を用いて表わし，その数値解析について述べる。

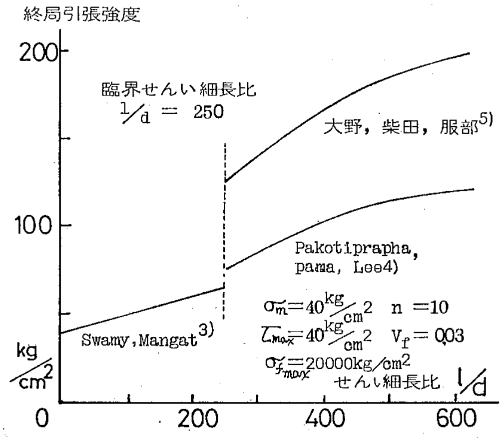
また次報その7では，今回提案した理論式を用いてせんい強化無機複合材料の引張強度を解析し，実験の結果と比較検討を行なう。

2. これまでのせんい強化モデル

セメントや石膏など無機マトリックスを用いたせんい強化無機複合材料のせんい強化機構に関する研究には，せんい間隔モデルと複合則モデルがある[1)~5)]。せんい間隔モデルはグリフィスの理論——コンクリートなどの脆性材料においては，内部に存在する欠陥の周辺での応力拡大係数がその材料固有の限界値をこえた時に材料の破壊が生じる——に基づくもので，せんいが存在すると欠陥周辺の応力拡大係数が小さくなる結果，材料の破壊強度がせんい間隔の平方根の逆数に比例して大きくなるとする理論である。このモデルの問題点は，マトリックスの破壊即ちクラックが成長する時点を対象としている関係上，マトリックスにクラックが発生した後もせんいだけによってさらに大きな応力に耐えられる場合を含んでいないことと，クラックの成長を測定する方法に疑問が残っており，コンクリートなどの脆性材料の実験，特に引張や曲げによる破壊の測定においてはバラツキが多く，理論の実験的裏付けを取るのが困難なことである。

複合則モデルは，構成基材すなわちマトリックスとせんいがそれぞれ負担する応力を別々に計算して加え合せるもので，σ_m をマトリックスの強度，V_f をせんい体積率とすると，せんい強化無機複合材料の強度 σ_c は，

$$\sigma_c=\varphi\times\sigma_m\times(1-V_f)+\xi\times V_f$$



図—1 終局引張強度の理論値

表—1 引張強度の複合則モデルにおける係数 φ と ξ

$$\sigma_c=\varphi\times\sigma_m\times(1-V_f)+\xi\times V_f$$

σ_c 複合材料の強度　V_f せんい混入体積率　σ_m マトリックス引張強度
l せんい長さ　d せんい直径　n ヤング係数比
σ_{fmax} せんい引張強度　σ_{fy} せんい降伏点　τ_{max} 付着強度

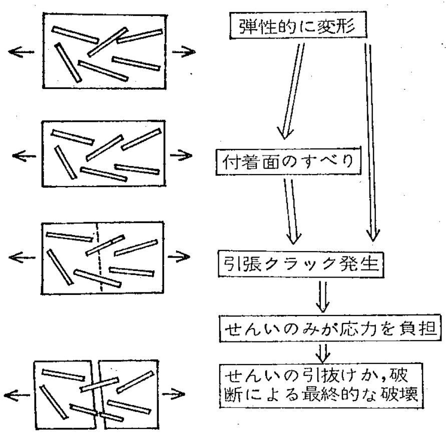
研究者	項目	範囲	φ	ξ
Swammy[3)] Mangat	クラック発生曲げ引張強度	$\frac{l}{d}\leqq\frac{\sigma_{fmax}}{2\times\tau}$	0.843	$2.93\times\frac{l}{d}$
	終局曲げ引張強度		0.97	$3.41\times\frac{l}{d}$
Pakotiprapha[4)] Pama Lee	降伏引張強度	$\frac{l}{d}\geqq\frac{\sigma_{fy}}{2\times\tau}$	0	$F_2\times\psi\times\sigma_{fy}$ $F_2=\frac{2\bar\theta+\sin 2\bar\theta}{8\bar\theta}$ $\psi=1-\frac{\sigma_{fmax}}{4\tau_{max}\times l/d}$
	終局引張強度	$\frac{l}{d}\geqq\frac{\sigma_{fmax}}{2\times\tau}$	0	$F_2\times\psi\times\sigma_f$
大野[5)] 柴田 服部	クラック発生引張強度	$\frac{l}{d}\geqq\frac{E_f\times\sigma_m}{2\times E_m\times\tau}$	$\frac{1-\frac{2}{\pi}V_f}{1-V_f}$	$(\frac{2}{\pi})^2\times k_c\times n\times\sigma_m$ $k_c=1-\frac{l}{4d}\times n\times\frac{\sigma_m}{\tau_{max}}$
	終局引張強度	$\frac{l}{d}\geqq\frac{\sigma_{fmax}}{2\times\tau}$	0	$(\frac{2}{\pi})^2\times k_a\times\sigma_f$ $k_a=1-\frac{\sigma_f}{4\tau_{max}\times l/d}$

* 東京大学教授 工博
** 大分工業大学講師 工博
(昭和51年8月20日本稿受理・討論期限昭和52年12月末日)

なる式で表わされる。この式の係数 φ と ξ の取り方を各研究者が発表しており，引張強度についてまとめると表―1 になる。これらの式を使って終局引張強度を試算すると図―1 になる。いずれも対象としている範囲に制限があり，またせんい方向の統計的処理やせんいの応力分布の仮定などに疑問が残っている[3)~5)]。

3. せんい強化における引張破壊モデルの提案

前報その 5[10)]では，セメントや石膏をマトリックス相とするせんい強化無機複合材料において，マトリックスに引張クラックが発生した後もせんいによってさらに大きな引張応力と引張歪に耐えられることが，引張応力下の基本的な強化機構であることを見い出した。このような知見にもとづき，セメントや石膏をマトリックス相とする場合のせんい強化における引張破壊を説明するものとして，図―2 に示す以下のようなモデルを提案する。



図―2 せんい強化無機複合材料の引張破壊モデル

せんい強化無機複合材料に引張応力が作用すると，応力が小さい間はせんいとマトリックスは一体となって応力を負担し弾性的に変形する。セメントや石膏のマトリックスは高分子系マトリックスや金属系マトリックスと異なり，引張破壊するまで弾性的に変形し延性を示すことはなく，またマトリックスの引張破断歪が 10^{-4} のオーダーであるのに対してせんいの降伏歪または破断歪が 10^{-3} 以上のオーダーであることから，せんいの降伏や破断がマトリックスのクラック発生に先行して起こることは無いと考えられる。従って複合材料に作用する引張応力が大きくなると，せんいとマトリックスが付着面ですべる場合はせんいとマトリックスの負担する応力は弾性理論より導かれた値からずれながら増加し，せんいとマトリックスが付着面ですべらない場合はせんいとマトリックスの負担する応力は弾性理論に従って増加し，マトリックスの負担する応力がマトリックスの引張強度に達したときマトリックスに引張クラックが発生する（ここで筆者は前報その 5 で述べたように，せんい強化によってマトリックスの引張クラック発生強度が大きくなるというせんい間隔理論に対し，否定的な立場を取っている）。マトリックスに引張クラックが発生した後はマトリックスに応力を負担する能力はなく，従ってせんいのみによって応力が負担され，せんいの引抜けあるいは破断によって最終的な破壊に到る。

4. 引張強度の理論式

ここで提案した引張破壊モデルにより，クラック発生強度 σ_{cra} はマトリックスに作用する引張応力度がマトリックスの引張強度に等しくなるときのせんい強化無機複合材料の引張応力度で表わされ，終局引張強度 σ_{ut} は σ_{f0} をせんいだけで負担出来る最大の引張応力度とすると，σ_{f0} と σ_{cra} の大きい方で導くことが出来る。

クラック発生強度 $=\sigma_{cra}$

終局引張強度 $\sigma_{ut}=\sigma_{f0}$ と σ_{cra} の大きい方

σ_{cra} と σ_{f0} を導く式は複合則から次のようになる。

$$\sigma_{cra}=(1-V_f)\times\sigma_m+k\times\sigma_1\times V_f$$

$$\sigma_{f0}=k\times\sigma_2\times V_f$$

k：せんいの分散による強化係数

V_f：せんい混入体積率

σ_m：マトリックスの引張強度

σ_1：マトリックスに引張クラックが発生するときのせんいの引張応力度のせんいの長さにわたる平均値

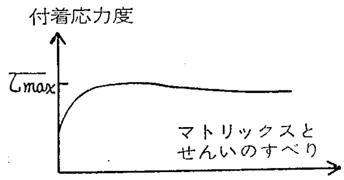
σ_2：せんいの破断か引抜けるときのせんいの引張応力度のせんい長さにわたる平均値

4-1 マトリックスに引張クラックが発生するときのせんいの平均引張応力度 σ_1

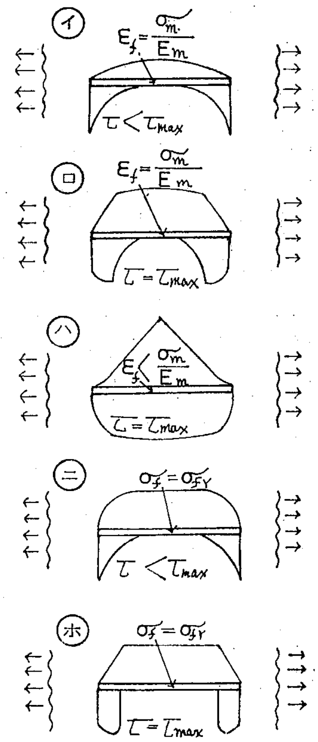
マトリックスとせんいのすべりに対する付着応力度の発生は図―3 のように考えられるから，マトリックスに引張クラックの発生するのは次のㇶㇿㇵの場合に分けられる，図―4 を参考にして，

㋑ 付着面はすべらず，せんい中央の歪 ε_f がマトリックスの引張破壊歪 σ_m/E_m に等しい（σ_m：マトリックスの引張強度，E_m：マトリックスのヤング係数）。

㋺ 付着面がせんいの端部ではすべり中央部分ではすべらず，せんい



図―3 付着応力度

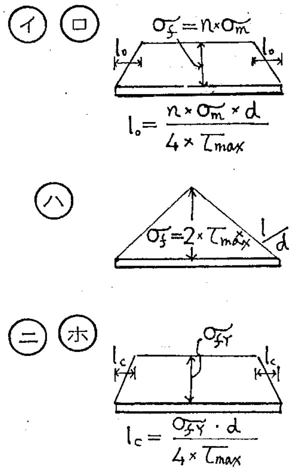


図―4 マトリックスの引張クラック発生時のせんいの応力分布

中央の歪 ε_f がマトリックスの引張破断歪 σ_m/E_m に等しい。

㋩ 付着面が全域ですべりせんいの全長において付着強度 $\tau_{\max}$ にほぼ等しい付着応力度が発生している。

なお前の所でふれたようにせんいが降伏する㋥㋭は，セメントと石膏によるマトリックスの引張破断歪がせんいの降伏歪より小さいので常に起こらない。それぞれの場合の応力分布を図—5 のようにモデル化して考え，次式のように σ_1 を求める。ここで㋑と㋥におけるせんい端部の付着応力度は付着強度より小さいわけであるが，この場合を短せんいの一方向配列二次元弾性モデルの解[6),7)]を参考に，せんい端部より付着強度に等しい付着応力度が発生しているものとしてモデル化している。



図—5 マトリックスの引張クラック発生時のせんいの応力分布のモデル化

㋑㋺ $l>2\cdot l_0=\dfrac{n\cdot\sigma_m\cdot d}{2\cdot\tau_{\max}}$

のとき $\sigma_1=n\cdot\sigma_m\cdot\left(1-\dfrac{n\cdot\sigma_m}{4\cdot\tau_{\max}\cdot l/d}\right)$

㋩ $l\leqq 2\cdot l_0=\dfrac{n\cdot\sigma_m\cdot d}{2\cdot\tau_{\max}}$ のとき $\sigma_1=\tau_{\max}\cdot l/d$

参考までにマトリックスに引張クラックが発生する前にせんいが降伏する㋥㋭における σ_1 は次式になる。

㋥㋭ $\dfrac{\sigma_{fY}}{\sigma_m}<n$ で $l>2\cdot l_c=\dfrac{\sigma_{fY}\cdot d}{2\cdot\tau_{\max}}$

のとき $\sigma_1=\sigma_{fY}\cdot\left(1-\dfrac{\sigma_{fY}}{4\cdot\tau_{\max}\cdot l\cdot d}\right)$

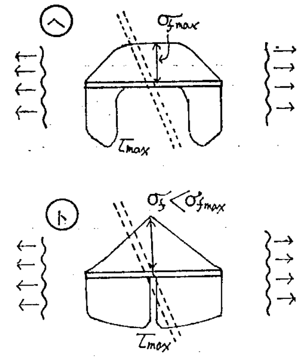
l：せんい長さ
$\tau_{\max}$：付着強度
d：せんい直径
σ_m：マトリックスの引張強度
n：ヤング係数比 E_f/E_m
σ_{fY}：せんい降伏点

4-2 せんいが破断するか引抜けるときのせんいの平均引張応力度 σ_2

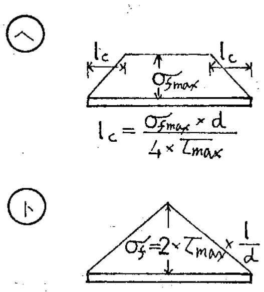
マトリックスに引張クラックが発生した後，せんいだけで最大の引張応力を負担する場合のせんいの引張応力度の分布は，図—6 のようにせんいが破断する㋬とせんいが引抜ける㋣に分けられる。㋬と㋣を図—7 のようにモデル化し，せんいの平均引張応力度 σ_2 を次式で導く。

㋬ $l>2\cdot l_c=\dfrac{\sigma_{f\max}\cdot d}{2\cdot\tau_{\max}}$

のとき $\sigma_2=\sigma_{f\max}\cdot\left(1-\dfrac{\sigma_{f\max}}{4\cdot\tau_{\max}\cdot l/d}\right)$



図—6 マトリックスの引張クラック発生後のせんいの応力分布



図—7 マトリックスの引張クラック発生後のせんいの応力分布のモデル化

㋣ $l\geqq 2\cdot l_c=\dfrac{\sigma_{f\max}\cdot d}{2\cdot\tau_{\max}}$ のとき $\sigma_2=\tau_{\max}\cdot l/d$

l：せんい長さ
$\sigma_{f\max}$：せんい引張強度
d：せんい直径
$\tau_{\max}$：付着強度

5. せんいの分散による強化係数 k

せんい強化においてはせんいの分散の統計的な処理が非常に重要な意味を持っており，ランダムに分散されたせんいを理論に組み込む過程を明確にしておかねばならない。せんいの分散による強化係数 k とは次に示すように幾何学上の統計値であるから，結果に差の出るはずがないものであるが，後に比較するようにこれまで発表されてきたものはそれぞれ食い違いを示しており，計算過程の過ちも多数見られる。ここでは寸法効果を含めて種々の場合のせんいの分散による強化係数 k の値を求める。

5-1 せんいの分散による強化係数 k の意味

複合則モデルでせんいの負担する応力を求める場合，すべてのせんいは，せんいの軸方向に均一な応力をもつものを仮定しているが，このせんいの応力のうち荷重軸方向の成分が有効に働らくわけで，せんいの応力に対する荷重軸方向の成分の割合を，複合材料の荷重軸に垂直な1つの断面に存在するすべてのせんいにわたって平均したものが，せんいの分散による強化係数 k である。

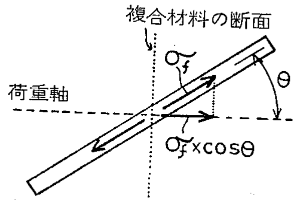
5-2 せんいの分散における前提条件

これまでの研究ではせんいの分散に次のような仮定がなされており，ここでもこれに従う。

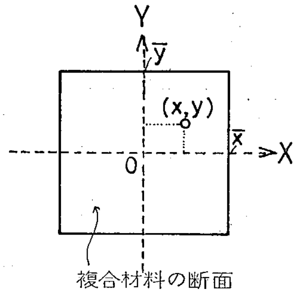
・せんいの中心は，複合材料中に均一に分布する
・せんいの方向は，その位置のせんいが取りうる立体角に対し均等に分布する
・せんいは長さ l 直径 d の円柱形とする

5-3 k を導く式

せんいの方向を荷重軸に対して θ とするなら，せんいの軸方向を向いたせんいの応力 σ_f の荷重軸方向の成分は，図—8 のように $\sigma_f\times\cos\theta$ となる。複合材料中のあ



図—8



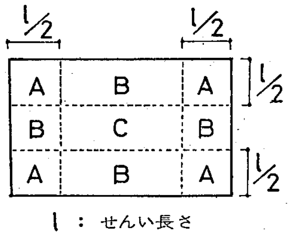
図—9

る位置に中心のあるせんいの，せんい方向 θ の分布を G_θ で表わすと，断面中で θ なる方向をもつせんいの割合は $G_\theta\times\cos\theta$ である（∵ 断面中に現れるせんいの割合は，軸方向の投影長さに比例する)。したがって複合材料中のある位置に中心をもつせんいの強化係数 k' は次式となり，k' を断面のすべてにわたって平均したものが k である（図—9 参照)。

$$k'=\frac{\int\sigma_f\cdot\cos\theta G_\theta\cos\theta d\theta}{\sigma_f}=\int G_\theta\cdot\cos^2\theta d\theta$$

$$k=\frac{\int_0^{\bar{y}}\int_0^{\bar{x}}k'dxdy}{\int_0^{\bar{y}}\int_0^{\bar{x}}dxdy}=\frac{\int_0^{\bar{y}}\int_0^{\bar{x}}\int G_\theta\cos^2\theta d\theta dydy}{\int_0^{\bar{y}}\int_0^{\bar{x}}dxdy}$$

せんいの中心が複合材料の断面の端からせんいの長さの半分以内に位置する場合は，その位置に中心のあるせんいが取りうる角 θ は全球面にわたって分布するわけではないので，せんい方向 θ の分布 G_θ はせんいの中心の位置により大きく違ってくる。それ故，複合材料の断面を図—10 のように A・B・C の3つの区域に分けて k を導かねばならない。

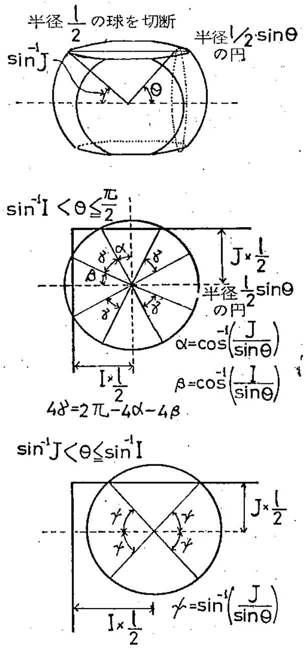


図—10 複合材料の断面

5-4 区域 A の強化係数 k

せんいの中心が側面より $I\times l/2$, $J\times l/2$ にあるとすると（$I, J\leqq 1.0$, $I\geqq J$)，この位置のせんてが取り得る全立体角 ϕ は半球で考えて（図—11 参照)。

$$\phi=\int_0^{\sin^{-1}J}2\cdot\pi\cdot\sin\theta d\theta+\int_{\sin^{-1}J}^{\sin^{-1}I}2\cdot\pi\cdot\sin\theta\frac{4\cdot\psi}{2\cdot\pi}d\theta+\int_{\sin^{-1}I}^{\pi/2}2\cdot\pi\cdot\sin\theta\frac{4\gamma}{2\cdot\pi}d\theta$$



図—11 区域 A

するとせんい方向 θ の分布 G_θ は

$0\leqq\theta\leqq\sin^{-1}J$ のとき

$$G_\theta=\frac{2\cdot\pi\cdot\sin\theta}{\phi}$$

$\sin^{-1}J<\theta\leqq\sin^{-1}I$ のとき

$$G_\theta=\frac{4\cdot\psi\cdot\sin\theta}{\phi}=4\cdot\left\{\sin^{-1}\left(\frac{J}{\sin\theta}\right)\right\}\cdot\frac{\sin\theta}{\phi}$$

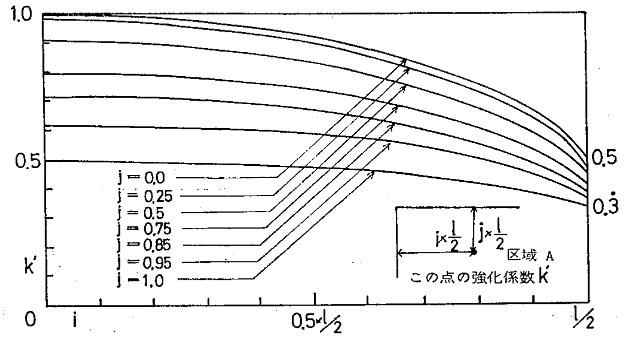
$\sin^{-1}I<\theta\leqq\pi/2$ のとき

$$G_\theta=\frac{4\cdot\gamma\cdot\sin\theta}{\phi}=\left\{2\cdot\pi-4\cdot\cos^{-1}\left(\frac{I}{\sin\theta}\right)-4\cdot\cos^{-1}\left(\frac{J}{\sin\theta}\right)\right\}\cdot\frac{\sin\theta}{\phi}$$

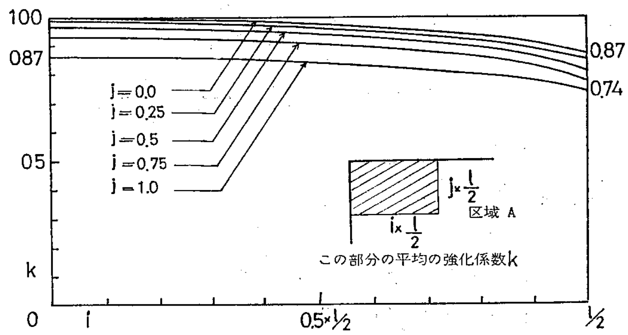
したがって区域 A で，側面から $I\times l/2$, $J\times l/2$ なる位置の強化送数 k' と，側面から $I\times l/2\cdot J\times l/2$ なる部分の平均の強化係数 k は次式になる。

$$k'=\int G_\theta\cdot\cos^2\theta d\theta\qquad k=\frac{\iint k'dIdJ}{I\times J}$$

これらの値は電算機を用いて数列の和として求められ，図—12, 13 になる。



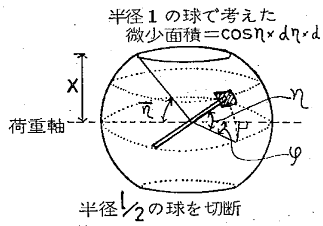
図—12 区域 A のせんいの中心の位置による強化係数 k'



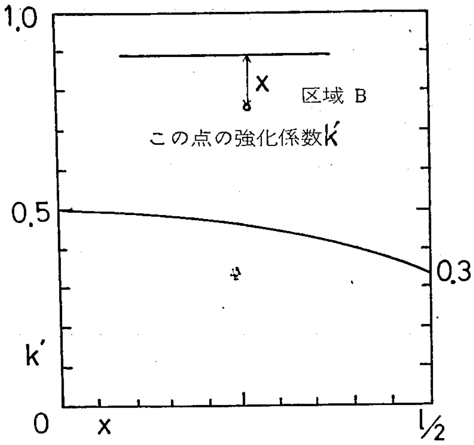
図—13 区域 A の強化係数 k

5-5 区域 B の強化係数 k

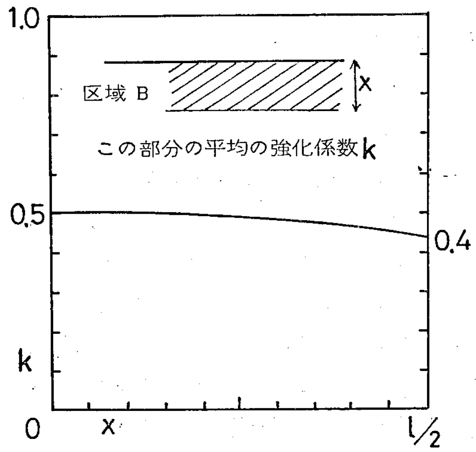
図—14 のようにせんいの方向を η と φ の2つの角で表わすと，側面から $X=l/2\times\sin\bar{\eta}$ に中心のあるせんいの方向が取りうる全立体角 ϕ は半球で考えて



図—14



図—15　区域 B のせんいの中心の位置による強化係数 k'



図—16　区域 B の強化係数 k

$$\phi=\int_0^{2\pi}\int_0^{\bar{\eta}}\cos\eta d\eta d\varphi=2\cdot\pi\cdot\sin\bar{\eta}$$

となり，せんい方向の分布 $G_{\eta\varphi}$ は $\cos\eta/\phi$ であるから，側面から X の距離に中心のあるせんいの強化係数 k' と，側面から X までに中心のあるせんいの平均の強化係数 k は次式のように求まり，図—15，16 になる。

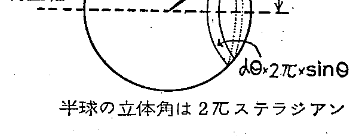
$$k'=\iint G_{\eta\varphi}\cos^2\eta\cdot\cos^2\varphi d\eta d\varphi$$

$$=\frac{1}{\phi}\int_0^{2\pi}\int_0^{\bar{\eta}}\cos^3\eta\cdot\cos^2\varphi d\eta d\varphi=\frac{2+\cos^2\bar{\eta}}{6}$$

$$k=\frac{\int_0^X k'dX}{X}=\frac{8+\cos^2\bar{\eta}}{18}$$

5-6　区域 C の強化係数 k

区域Cではせんいの方向が全立体角に対して均等に分布しているので，せんいの強化係数はせんいの中心の位置にかかわらず同じで次のように1/3である(図—17 参照)。



図—17

$$k=\int_0^{\pi/2}G_\theta\cdot\cos^2\theta d\theta=\frac{\int_0^{\pi/2}2\cdot\pi\cdot\sin\theta\cdot\cos^2\theta\cdot d\theta}{2\cdot\pi}$$

$$=\frac{1}{3}=0.\dot{3}$$

5-7　二次元分布の強化係数 k

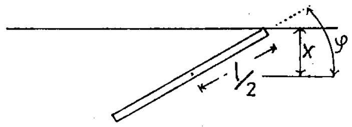
せんいが平面状に分散された場合，端部から距離 X $(0<X\leqq l/2)$ に中心のあるせんいの強化係数 k' と(図—18 参照)，端部より距離 X の間の平均の強化係数 k は次式で求められ，その値は図—19，20 になる。

$$k'=\int_0^{\varphi}G_\theta\cos^2\theta d\theta=\frac{\int_0^{\varphi}\cos^2\theta d\theta}{\varphi}$$

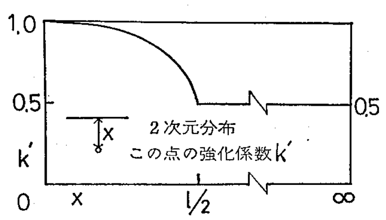
$$=\frac{1}{2}+\frac{\frac{X}{l}\cdot\sqrt{1-\left(\frac{2X}{l}\right)^2}}{\sin^{-1}\left(\frac{2X}{l}\right)}$$

$$k=\frac{\int_0^X k'dX}{X}$$

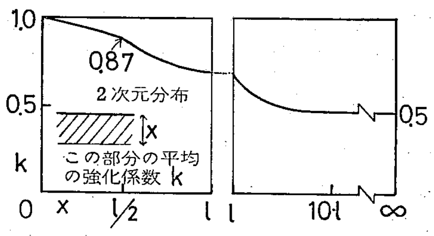
$$=\frac{\int_0^X\left\{\frac{1}{2}+\frac{\frac{X}{l}\cdot\sqrt{1-\left(\frac{2X}{l}\right)^2}}{\sin^{-1}\left(\frac{2X}{l}\right)}\right\}dX}{X}$$



図—18



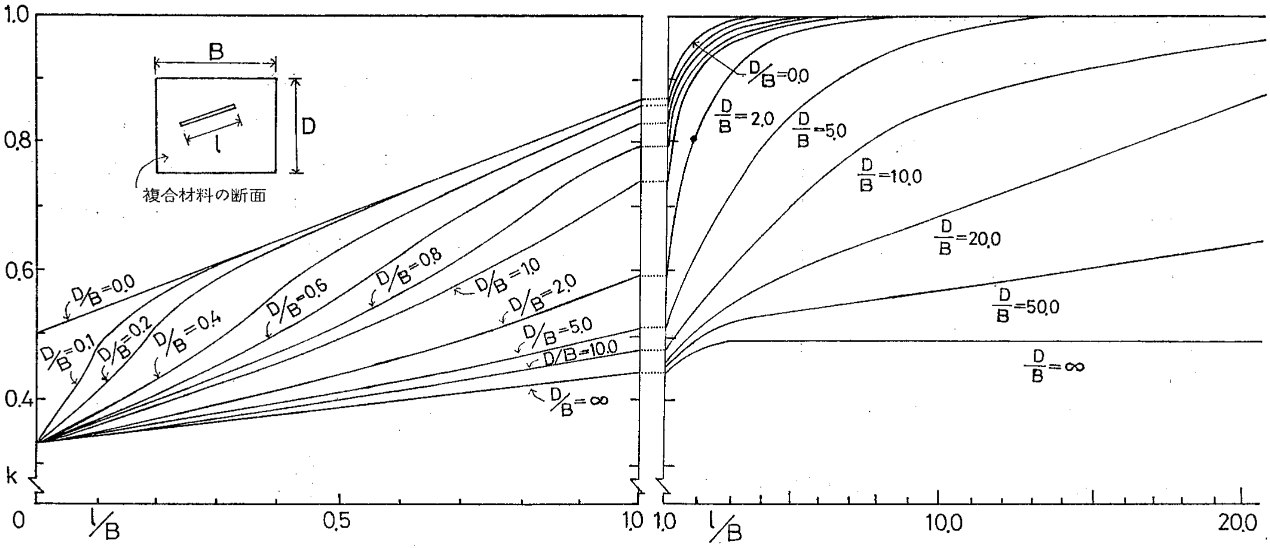
図—19　2次元分布のせんいの中心の位置による強化係数 k'



図—20　2次元分布の強化係数

5-8　複合材料の断面寸法と強化係数 k

複合材料の断面の寸法を $B\cdot D$ で表わしせんいの長さを l とすると，せんいの分散による強化係数 k は $B\cdot D\cdot l$ が変化する場合図—21 になる。このようにせんいの分散による強化係数 k は断面の寸法の影響を大きく受ける。これまで発表された k の値を比較してみると表—2 になる。このうちでは Kar・Pal[2] が一部を除いて正しい値を導いているが，断面の寸法を種々に変化させた場合を求めていない。せんいの分散による強化係数 k の代表的な値をあげれば表—3 になる。



図—21 複合材料の断面形状とせんいの分散による強化係数 k

表—2 これまでに発表されたせんいの分散による強化係数 k の値

断面 せんい (l, D, B)	D＝∞ B＝∞	D＝l B＝∞	D＝l B＝l
筆者	$0.\dot{3}$ (正)	$0.\dot{4}$ (正)	0.74 (近似値)
Kar Pal 2)	$0.\dot{3}$ (正)	$0.\dot{4}$ (正)	0.825
Pakotiprapha Lama Lee 4)	—	0.25	—
大野 柴田 服部 5)	0.45	—	—

表—3 複合材料の断面寸法とせんいの分散による強化係数 k

B	D	断面 せんい (B, l, D)	k
∞	∞	3次元完全分散	$0.\dot{3}$(=1/3)
∞	0	2次元完全分散	0.5
0	0	一方向配列	1.0
∞	l	せんい長さと同じ厚さの無限板	$0.\dot{4}$
l	l	せんい長さを一辺とする正方形断面	0.74
l	0	せんい長さ 同じ幅の平面状	0.87

6. 結　論

6-1 せんい強化無機複合材料の引張破壊モデル

せんい強化無機複合材料に引張応力が作用すると，初期にはマトリックスとせんいが共に応力を負担するが，マトリックスに作用する引張応力度がマトリックスの引張強度に等しくなると引張クラックが発生し，引張クラックの発生後はマトリックスに応力を負担する能力は無く，せんいだけによって応力が負担され，せんいの引抜けか破断によって最終的な破壊に到る。

6-2 せんい強化無機複合材料の引張強度の理論式

せんい強化無機複合材料のクラック発生強度はマトリックスにクラックの発生する強度 σ_{cra} で，また終局引張強度 σ_{ut} は，σ_{cra} あるいはせんいだけに負担出来る最大の引張応力度 σ_{f0} の大きい方で表わすことが出来る。σ_{cra} を導く式はせんいとマトリックスの応力を別々に計算して加え合せる複合則から，また σ_{f0} を導く式はモデル化したせんいの応力分布とせんいの分散状態を統計的に処理して求められる。

6-3 せんいの分散による強化係数 k

せんいの軸方向を向いたせんいの応力に対する荷重軸方向の成分の割合を，荷重軸に垂直な複合材料の断面に存在するすべてのせんいにわたって平均したものが，せんいの分散による強化係数 k であり，k の値はせんいの分散状態により 1/3 から 1 までの範囲にある。特にせんいの長さと複合材料の断面寸法が近い場合は，両者の関係によって k の値が大きく左右される。

7. む す び

試験の結果をもとにせんい強化無機複合材料の引張破壊モデルを提案し，引張強度の理論式を導いた。また引張強度に与えるせんいの分散の影響を，複合材料の断面寸法が異なりせんいの分散状態が変化した場合について解析した。

なお本研究の一部は日本建築学会大会[8]と材料研究連合講演会[9]で発表を行なっている。

参 考 文 献

1) Romualdi, Batson, Proc. ASCE, EM 3, June 1963, Vol. 89, pp. 147～168
2) Kar, Pal, Proc. ASCE, May 1972, pp. 1053～1069
3) Swamy, Mangat, Cement and Concrete Research 1974, Vol. 4, pp. 313～325
4) Pakotiprapha, Pama, Lee, Mag. of Concrete Research 1974 Mar., Vol. 26, No. 86, pp. 3～15
5) 大野，柴田，服部，第 7 回日科技連複合材料シンポジウム，1974.10 月
6) 福田，河田，東大宇宙航空研究所報告，第10巻，第 3 号，pp. 491～513
7) 福田，河田，第 5 回日科技連複合材料シンポジウム，1972.9 月
8) 岸谷，平居，日本建築学会大会学術講演梗概集，S 46
9) 岸谷，平居，第 19 回材料研究連合講演会，S 50
10) 岸谷，平居，日本建築学会論文報告集 256 号昭 52 年 8 月

SYNOPSIS

U.D.C. 691.5

STUDY ON INORGANIC COMPOSITE MATERIALS AS BUILDING MATERIALS

(Part 6 • Fiber Reinforcement; Theoretical Tensile Strength and Reinforcing Factor k by Fiber Dispersion)

by Dr. **KOICHI KISHITANI**, Prof. of Tokyo Univ. Dr. **TAKAYUKI HIRAI**, Lecturer of Oita Inst. of Tech. Members of A.I.J.

This paper is to follow the previous part 5 in which experimental results and some considerations on fiber reinforced inorganic composite materials are reported. According to the experimental results, we propose a model explaning the tensile fracture mechanism of fiber reinforced inorganic composite materials. This model is that initially both the matrix and the fibers carry tensile stress and when the tensile stress of the matrix becomes equal to the tensile strength of the matrix, a cradk initiates in the matrix. After the crack appeares in the matrix, only the fibers carry the tencile stress and the ultimate fracture occurs by pulling out or breaking of the fibers.

On the basis of this model, the cracking strength of fiber reinforced inorganic composite materials is estimated by σ_{cra} and the ultimate tensile strength is represented by the larger one of σ_{cra} and σ_{f0}. Where σ_{cra} is the tencile stress of fiber reinforced inorganic composite materials when the tensile stress of the matrix is equal to the tensile strength of the matrix, and σ_{f0} is the maximum tensile stress which the fibers can carry by themselves.

By the way in the study of the theoretical tensile strength of fiber reinforced composite materials, the statistical calculation of the fiber dispersion often becomes a matter. We put the name of "Reinforcing Factor k by Fiber dispersion" on this problem and take some considerations, that we analyse and lead the value of k in several cases of the fiber dispersion.