

142 せんい強化セメントと石膏の引張強度

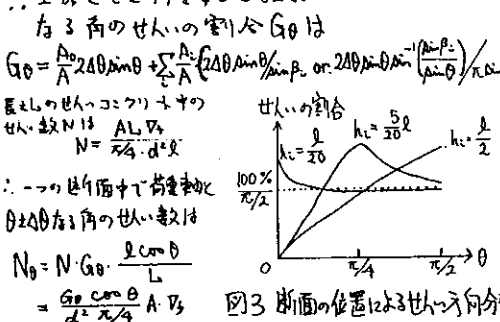
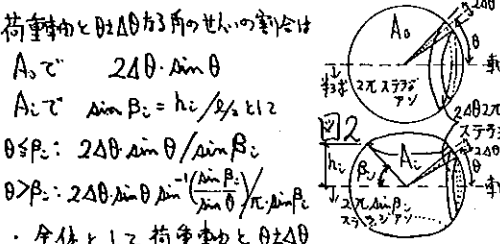
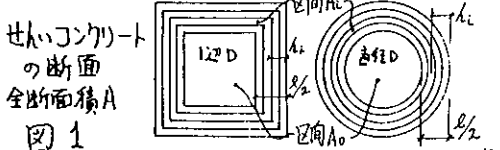
東京大学 岸谷孝一  
同 〇平居孝之

① 序 引張強度、曲げ強度、ねばり強さを増加させるというコンクリートのせんい強化機構の説明として、マトリックスの脆性破壊に基づくせんい間隔モデルと二相系複合材料の複合則モデルが発表されている。せんいコンクリートの終局引張強度は複合則モデルより次式で表わされ、係数 $\gamma$ と $\tau$ の決め方を各研究者が提案しているが、設定条件等に疑問が残っている。そこで今回はせんいコンクリートの引張破壊モデルを想定して終局引張強度の試算を行い、実験結果と比較検討した。

終局引張強度  $\sigma_{ua} = \gamma \sigma_m (1 - V_f) + \tau V_f$   $\sigma_m$ : マトリックスの引張強度  $V_f$ : せんい混入体積率

② せんい方向の統計的処理

せんいは通常その中心が均一に分散し、その方向は立体角に対して等分布していると仮定される。せんいの直径 $d$ 長さ $l$ と



③ 引張破壊モデル

a. 引張クラックの発生強度はマトリックスが引張強度に達した時現れる。

$$\sigma_{ua} = 1 \times \sigma_m (1 - V_f) + \sum \frac{G_0 \cdot \cos^2 \theta}{d^2 \cdot \pi/4} V_f \bar{P} \cos \theta$$

$$\bar{P}: \text{体のせんい方向の平均引張力 (5) 参照}$$

b. 引張クラック発生後の引張強度は、せんいのみでの引張力により現れる。

$$\sigma_{50} = \sum \frac{G_0 \cdot \cos^2 \theta}{d^2 \cdot \pi/4} V_f \bar{P} \cdot \cos \theta$$

$$l_c = d \sigma_f / 4 \tau \quad \text{せんい降伏点}$$

$$\frac{1}{2} l_c \tau \quad \bar{P} = \frac{\tau}{4} \tau d l \rightarrow \text{図4}$$

$$\frac{1}{2} l_c \tau \quad \bar{P} = \pi \tau d l_c (1 - \frac{l_c}{L}) \rightarrow \text{図4}$$

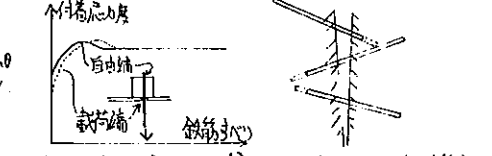


図5 付着応力の発生 図6 クラック発生後の様相

④ 終局引張強度  $\sigma_{ua}$  の試算式

$\sigma_{ua}$  はクラック発生強度  $\sigma_{ua}$  とせんいのみでの強度  $\sigma_{50}$  の大きい方と表わされる。  
 $l_c/d = \sigma_f / 4 \tau, l_{qf} = \sigma_m \cdot n / 4 \tau, n = E_f / E_m$  とし

$\sigma_f / \sigma_m \geq n, l_c/d \geq 2l_0/d$  のとき  

$$\sigma_{ua} = \sigma_m (1 - V_f) + \sigma_m n (1 - \frac{\sigma_m n}{4 \tau \cdot 2l_0}) V_f \sum G_0 \cos^2 \theta$$
 $\sigma_f / \sigma_m \geq n, l_c/d < 2l_0/d$  のとき  

$$\sigma_{ua} = \sigma_m (1 - V_f) + \tau \cdot \frac{l_c}{d} \cdot V_f \cdot \sum G_0 \cos^2 \theta$$
 $\sigma_f / \sigma_m < n, l_c/d \geq 2l_0/d$  のとき  

$$\sigma_{ua} = \sigma_m (1 - V_f) + \sigma_f (1 - \frac{\sigma_f}{4 \tau \cdot 2l_0}) V_f \sum G_0 \cos^2 \theta$$

$\sigma_f / \sigma_m < n, l_c/d < 2l_0/d$  のとき  $\sigma_{50} = (1 - \frac{\sigma_f}{4 \tau \cdot 2l_0}) V_f \sum G_0 \cos^2 \theta$   
 $\sigma_f / \sigma_m < n, l_c/d < 2l_0/d$  のとき  $\sigma_{50} = \tau \cdot \frac{l_c}{d} \cdot V_f \cdot \sum G_0 \cos^2 \theta$

$\sum G_0 \cos^2 \theta$  はせんい方向の分布の累積を示し、分布が3次元の時 $1/2$ 、2次元の時 $1/3$ となる。(図4参照)

5 予測値が  $V_f, l/d, \tau, \sigma_m, \sigma_f, n = E_f/E_m$  でどう変わるかを図7~12に示す。(cm, kg単位)

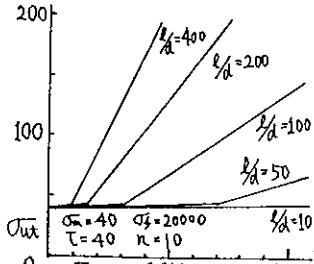


図7  $\sigma_{uh}$ -せんい混入率  $V_f$

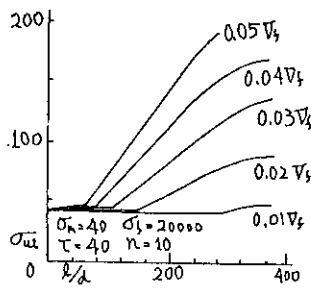


図8  $\sigma_{uh}$ -せんい細長比  $l/d$

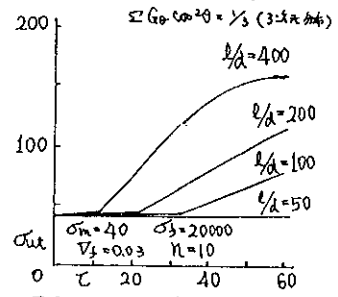


図9  $\sigma_{uh}$ -付着強度  $\tau$

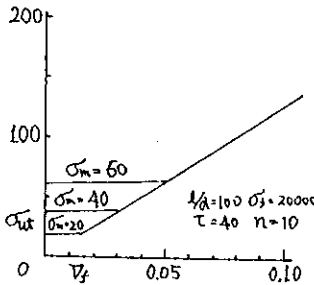


図10  $\sigma_{uh}$ -マトリックス強度  $\sigma_m$

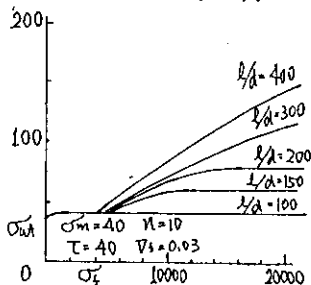


図11  $\sigma_{uh}$ -せんい強度  $\sigma_f$

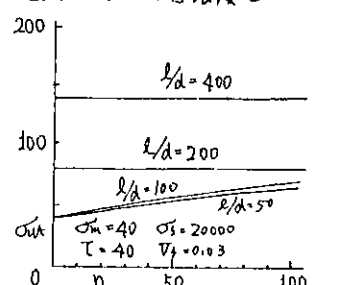


図12  $\sigma_{uh}$ -ヤング係数比  $n = E_f/E_m$

6 実験結果他 (cm, kg単位)

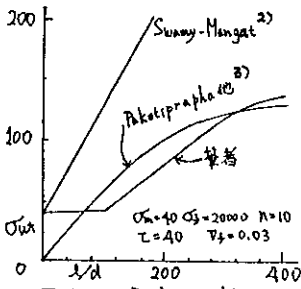
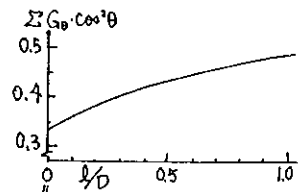


図13 文献比較



3次元分布 D: 図1参照

図14 せんい方向の分布の影響

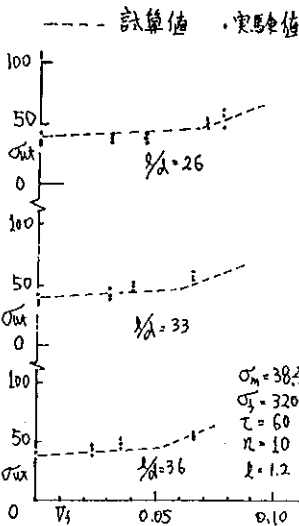


図15 標準値と実験値

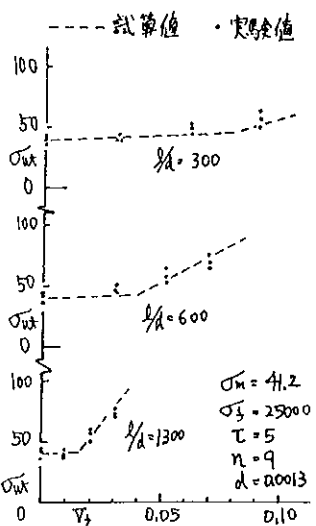


図16 石膏-ガラスせんい

7 まとめ せんいコンクリートの終局引張強度はマトリックスにクラックが発生する強度  $\sigma_{ua}$  とせんいだけの引張強度  $\sigma_{f0}$  の大きい方で表すことが出来る。 $\sigma_{ua}$  はマトリックス自体の引張強度  $\sigma_m$  に近く、 $\sigma_{f0}$  はせんい混入率の同じ連続一方向強化で得られる強度の、せんい方向3次元分布で  $1/2$ 、2次元分布で  $1/2$  以下の値を持つ。

文献) 1) Romualdi, Mandel ACI Journal June 1964 2) Suway, Mangar, Cement and Concrete Research Vol. 4, 1974 3) Pakotiprapha, Pama, Lee Magazine of Concrete Research Vol. 26 March 1974 4) 大野, 繁也 財団法人土木研究所報告 1974-10 5) 岸谷, 平居, 財団法人土木研究所報告 1971-10 6) 岸谷, 平居, 日本建築学会 関東支部研究報告集, 1974