

関西大学工学部 正会員 西田 一彦
関西大学工学部 正会員 西形 達明
㈱鴻池組 正会員 西木 淳一
関西大学大学院 学生員 ○佐藤 昌彦

1. まえがき

鉄筋類挿入工法などの工法では、棒状の補強材に生じる補強材力が補強効果と重要な関係があることは明らかである。従来の研究では、補強材の補強効果には、引張り力による引留め効果、曲げによる曲げ効果の2つがあるとされている¹⁾。しかし、実設計法においては、引留め効果のみを考慮しているのが現状である。そこで本報告では、単純せん断場において、補強材に発生した補強材ひずみから、補強材に作用する補強材力とその効果を算出し、種々の設置条件による各効果の特徴について検討する。

2. 実験装置と方法

今回使用した単純せん断試験装置を図-1に示す。これは下部載荷方式で、長さ300mm、幅200mm、高さ125mmの鋼製のせん断箱要素を10段重ねることにより形成されている。土試料には豊浦標準砂を使用し、多重ふりい法により、相対密度が88%となるように作成した。また、補強材にはリン青銅丸棒（長さ100mm、弾性係数 $1.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ ）を用い、補強材の縁応力を算出するために補強材中央部の両面にひずみゲージを貼り付けている。

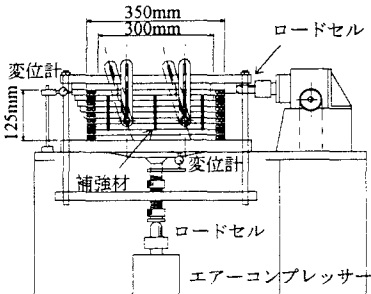


図-1 単純せん断試験装置

試験は、せん断箱の下5段を固定することにより、供試体の上半分のみが単純せん断変形する補強材定着型の試験を行った。供試体には、 0.6 kgf/cm^2 の上載圧を加え、せん断速度は $2\%/min$ とした。また、補強材の直径 d と本数 n による影響をみるために、表-1に示した各種の条件で試験を実施した。

表-1 補強材の配置条件

補強材直径	0.3cm	0.5 cm				1.0cm
補強材本数	9本	9本	15本	21本	27本	9本
配列	3本3列	3本3列	5本3列	7本3列	9本3列	3本3列
配置条件						

3. 補強効果の算出と考察

図-2に補強材本数変化によるせん断応力とせん断ひずみの関係を示す。せん断応力はせん断ひずみが15%程度までは増加するが、それ以降、増加量は減少し、ほぼ一定に近づく。また、せん断応力の最大値は補強材の本数が増えるほど大きくなっている。これらより、せん断応力の増加は補強材力に起因していることがよくわかる。

つぎに、図-3に各補強材本数における補強材ひずみとせん断ひずみの関係を示す。補強材ひずみは本数が増えると減少している。これは、補強材本数の増加によって、周辺の土の変形が拘束され、一体化が生じたことによるものと考えられる。また、測点a,bの補強材両面におけるひずみ形状がほぼ対象な形をしていることから、

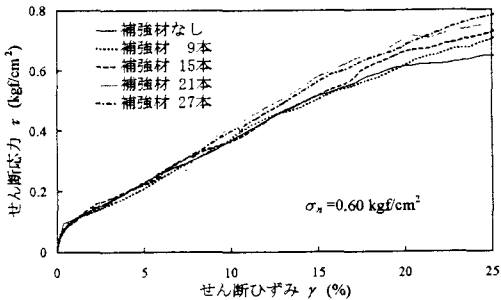


図-2 せん断応力とせん断ひずみの関係

補強材には主に曲げが生じている。さらに、すべての場合において、曲線が正方向つまり引張り側にかたよっていることから、補強材には引張り力も同時に作用していることがわかる。そこで、この測定された補強材ひずみから曲げ成分(M)と引張り成分(T)を分離して補強材力を求め、この補強材力によって生じる引留め効果を次式のように算出した。

$$\text{引留め効果: } \Delta\tau_T = \frac{n \cdot T \cdot \sin \theta'}{A_s} \quad \cdot \cdot (1)$$

ここに、 n は補強材本数、 T は補強材に作用する引張り力、 θ' はせん断変形後の補強材角度、 A_s はせん断面積である。つぎに、せん断変形領域内にある補強材に作用する等分布荷重 q は次式で表される。

$$q = \frac{M}{d \int_0^{l/2} x dx} = \frac{8M}{d \cdot l^2} \quad \cdot \cdot (2)$$

つまり、曲げ効果は、(2)式で求められた等分布荷重に等価な抵抗力として発揮され、次式のように算出される。

$$\text{曲げ効果: } \Delta\tau_M = n \cdot q \cdot \frac{d \cdot l}{2A_s} = \frac{4n \cdot M}{l \cdot A_s} \quad \cdot \cdot (3)$$

ここに、 d は補強材直径、 l は補強材長を表す。

以上で求められた(1)、(3)式を用いて、補強材の設置条件を変化させた場合の 2 つの効果の特徴を調べることにする。

図-4 は、補強材 1 本あたりの引留め効果および曲げ効果と補強材本数の関係を示したものである。2 つの効果とも補強材本数が 15 本あたりで最大値を示しており、本数を多くしすぎると効果が低下する傾向にあることがわかる。すなわち、補強材力による効果には最適本数が存在することになる。また、全体の補強効果は 2 つの効果の相互作用により成立しており、今まで設計には考慮されていなかった曲げ効果も、条件によっては十分に機能しうることがわかる。

図-5 は、算出された補強効果と補強材直径の関係を示したものである。補強材直径が大きくなると、全体の補強効果が増加している。また、引留め効果の増加が著しいようである。このことから、補強材直径が大きくなると補強土の強度は増加するが、この増加は引留め効果の増加によるものであると考えられる。これは、補強材表面積の増大によって周辺の土の摩擦力が大きくなり、発生する張力が確保されることによるものと考えられる。しかし、曲げ効果も十分期待しうる効果であり、引留め効果とともに重要な効果として取り扱うべきであると思われる。

参考文献) 1) 西田、西形、西木：単純せん断場における棒状補強材の効果、第 29 回土質工学研究発表会

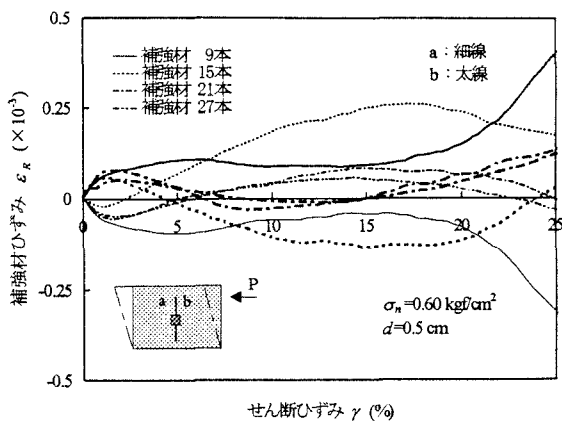


図-3 補強材ひずみとせん断ひずみの関係

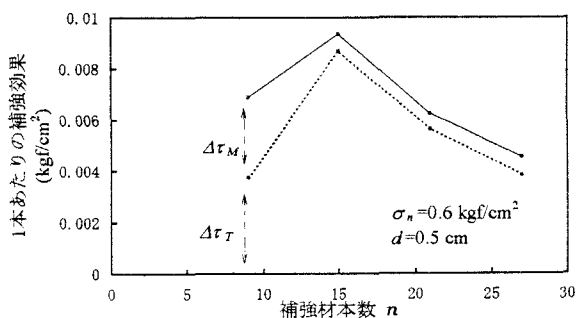


図-4 1本あたりの補強効果と補強材本数の関係

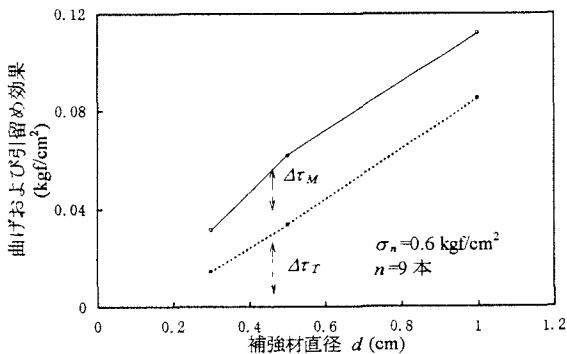


図-5 算出された補強効果と補強材直径の関係