

補強材混入による二軸圧縮積層体の変形特性と微視的観察

九州大学工学部 学○金重 正浩

九州大学大学院 F 落合 英俊 正 安福 規之

九州大学大学院 正 大嶺 聖 正 山田 正太郎

1.はじめに 補強土工法の現行の設計法は、補強効果を引張補強効果のみで評価している。著者らはこれまでの研究¹⁾において、補強効果が引張補強効果と、それ以外の効果である拘束効果の和で表せることを示している。この拘束効果のメカニズムは補強材近傍の土粒子挙動に関係していると考え²⁾。本研究では補強材近傍の土粒子挙動を視覚的に観察するため、補強土を対象として二軸圧縮試験を行った。無補強供試体及び補強材を混入した供試体の変形形状を比較することにより、拘束効果のメカニズムを視覚的観点から考察する。

2. 実験概要

2.1. 実験装置及び実験条件 本研究で用いた二軸圧縮試験装置の概略図を図-1に示す。供試体は、直径 1.6mm と直径 3.0mm のアルミ棒を、重量比 3:2 の比率で混合して作製している。側圧(σ_h)は、円筒型のゴムスリーブ内に空気圧(30kPa)を加えることにより負荷した。その状態で軸荷重(σ_v)を加え、その際の軸荷重をロードセルにより、供試体全体の平均化した軸ひずみ ϵ_a (=全体の圧縮量/供試体高さ)(%)をダイヤルゲージにより測定している。図-2では、無補強供試体、0 分割補強材を混入した供試体、12 分割補強材を混入した供試体を表している。補強材の混入位置は 0 分割及び 12 分割補強材を混入した供試体の図に記入した。なお、補強材はグリッド状のプラスチック材料を用いている。

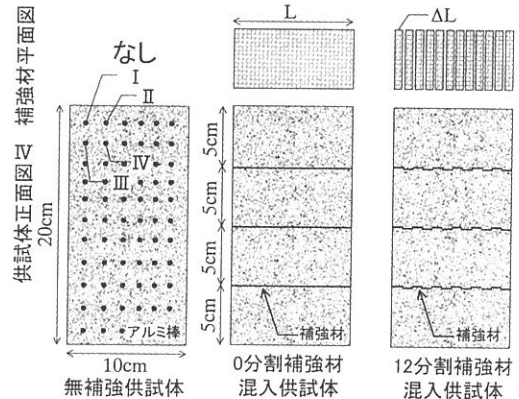


図-2 実験条件と補強材の配置

2.2. 供試体の視覚的考察 図-2の I、II、III、IVのように、供試体内のアルミ棒先端部に色を付け四角形要素を仮定する。供試体全体の平均化した軸ひずみ $\epsilon_a = 0\%$ 、 2.5% 、 5.0% 、 7.5% 、 10% 、 12.5% 、 15% においてせん断過程をデジタルカメラで撮影し、供試体内の四角形要素におけるせん断変形の様子を視覚的に観察した。

3. 実験結果

3.1. 軸差応力の増加分として現れる拘束効果 図-3は補強効果の内、拘束効果の存在を示すものである。縦軸は無補強供試体の軸差応力のピーク値($\Delta\sigma_n$)に対する、補強材を混入したときの軸差応力のピーク値($\Delta\sigma$)の割合を表す。また、横軸は補強材の分割数を補強材長さで正規化した値($\Delta L/L$)を示している(図-2参照)。それぞれ記号の説明は図

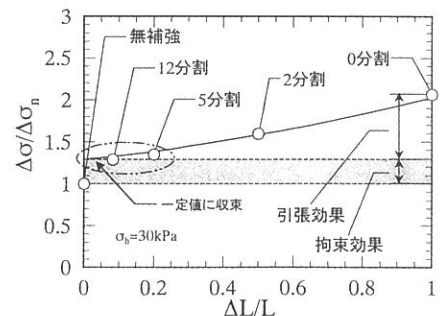


図-3 補強材分割数と応力減少

L ; 補強材の長さ、 ΔL ; 分割した補強材の長さ
 $\Delta\sigma$; 補強材分割数ごとの軸差応力のピーク値
 $\Delta\sigma_n$; 無補強供試体の軸差応力のピーク値

-3 の下に示す。ここで図-3 は、補強材分割数の増加 ($\Delta L/L$ の減少)により、 $\Delta\sigma/\Delta\sigma_n$ が減少していることを示している。これは、補強材を分割することによる補強材全体として発揮される引張力の減少を意味し、結果として引張補強効果の減少を示す。ところが、ある分割数以上では、引張補強効果の減少率が低下し、ある値に収束して一定値に収まっている。この時、残留した補強効果を、軸差応力の増加分として現れた拘束効果として捉える。以降、この拘束効果を図-4 に示す軸差応力-ひずみ曲線と対応させながら視覚的に観察していく。

3.2. 拘束効果の微視的考察

図-4 は、図-2 で示した供試体の応力-ひずみ関係の代表的なグラフである。ここでは、拘束効果を視覚的に観察するため、図-4 中の A 点-C 点($\epsilon_a=7.5\%$)での最大せん断ひずみ γ の分布をコンター図で表した。図-5 は無補強供試体、図-6 は 0 分割補強材を混入した供試体、図-7 は 12 分割補強材を混入した供試体の最大せん断ひずみ γ の分布を示している。色の濃淡は、濃くなるに従い最大せん断ひずみ γ が増加していることを表している。

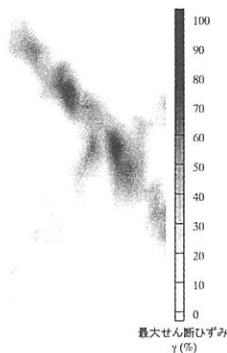


図-5
無補強供試体
観測点 A

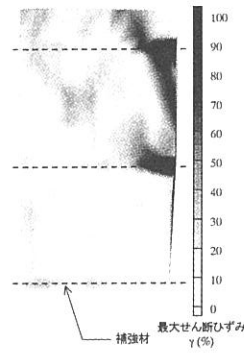


図-6
0 分割補強材混入供試体
観測点 B
最大せん断ひずみ分布図

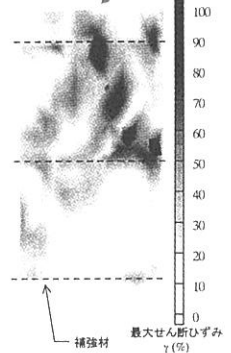


図-7
12 分割補強材混入供試体
観測点 C

図-5 の供試体は、一般的な土の破壊形式に近いせん断層が現れている。つまり、無補強供試体の場合、供試体全体の平均化した軸ひずみ $\epsilon_a=7.5\%$ までせん断すると最大せん断ひずみ γ が限定された領域に集中することが分かる。これに比べ図-6 では、補強材間の最大せん断ひずみ γ が分散されている。これは、補強材がせん断層を遮断し破壊形式を変化させたことがひとつの要因だと考えられる。次に図-7 では、分割した補強材を混入しているため、補強材に引張力は働かない。ゆえに現行の設計法では補強効果は発生しないはずである。ところが図-4 の軸差応力-ひずみ関係において、無補強供試体と 12 分割補強材を混入した供試体で、軸差応力のピーク値に差が生じている。これは補強材を敷設することで周辺土塊の自由な変形を拘束し、せん断層の発達が抑制されたことが要因と考えられる。ここで図-7 の最大せん断ひずみ γ の分布図を見ると、図-6 と同様最大せん断ひずみ γ が分散されている。この最大せん断ひずみ γ を分散させる作用が、結果として拘束効果を生む要因のひとつと考える。

4. まとめ

- ① 二軸圧縮試験において、供試体内の変形状況を視覚的に示した。
- ② 0 分割補強材を混入すると、供試体内の最大せん断ひずみ γ を分散させることができ、結果としてせん断層の発現を抑制することができることを視覚的に示した。
- ③ 分割した補強材を混入した供試体においても、最大せん断ひずみ γ を分散させる作用があり、結果として拘束効果を生む要因のひとつであると考えられる。

【参考文献】 1) 河村ら；ジオグリッド補強土における拘束効果の設計への導入に関する研究、1999

2) 西田ら；底面摩擦法による補強土工法メカニズムの解明、2002