

信州大学工学部 ○坂井俊太

信州大学工学部 正 梅崎健夫, 正 河村 隆

1. はじめに アルミ棒積層体を用いた引抜き試験 (図-1 参照) の結果に基づいて, 補強材の引抜きに伴い地盤内の拘束圧が増加することが実験的に示されている (図-2(a), (b)参照) ^{1),2)}. そして, 補強材の引抜きに伴う拘束圧の増加に起因して, せん断強度が増加するという補強メカニズムが提案されている ²⁾. 本文では, このメカニズムを実証するために, 補強材を引抜きながら供試体の二軸圧縮を行う二軸圧縮・引抜き試験を実施した.

2. 試験概要 試験には, 引抜き試験 ^{1),2)}と同様にアルミ棒積層体を用いた二軸圧縮・引抜き試験装置 (図-1 参照) ^{1),2)}を用いた. 補強材はポリエステルシート (OHP シートを4枚張り合わせたもの) に $d=1.6\text{mm}$, 3.0mm のアルミ棒を両面に固定したものを用いた. 横リブを考慮して $d=3.0\text{mm}$ のアルミ棒を 28.5mm 間隔で配置している. 試験では, まず, 初期供試体高さ $h_0=30\text{cm}$ の密詰め供試体に対して, $\sigma_v=\sigma_h=7.0\text{kN/m}^2$ (σ_v : 鉛直応力, σ_h : 側方応力) で予備圧密した. 次いで, 鉛直応力増分 $\Delta\sigma_v=1.0\text{kN/m}^2$ で所定の初期鉛直応力 $\sigma_{v0}=30, 50, 70\text{kN/m}^2$ に達するまで段階载荷し, K_0 応力状態を満たすように σ_h を手動で制御して, K_0 圧密を実施した. K_0 圧密は, 地盤工学会基準の K_0 圧密非排水三軸圧縮試験方法 (JGS 0525-2000) に準じて, 側方ひずみ $\epsilon_h \leq \pm 0.05\%$ を満たすように実施した. そして, 所定の初期鉛直応力 σ_{v0} に達した後, 1 時間放置した. そして, 鉛直応力増分 $\Delta\sigma_v=0.5\text{kN/m}^2$ の段階载荷により二軸圧縮を実施した. このとき圧縮に伴う断面積の変化を考慮して, 側圧が一定になるように手動で制御した. 試験条件を図-3 に示す. ケース1 は, 補強材を敷設していないアルミ棒積層体のみの無補強供試体に対して実施した試験である. ケース2, 3 は, 補強材を水平に敷設した試験である. アルミ棒積層体の内部摩擦角は $\phi=21.9^\circ$ であり, すべり面の角度 α は $\alpha=45^\circ + \phi/2=56.0^\circ$ と求まる. すべり面に及ぼす補強材の影響を小さくするために, 補強材は下端面から 5cm の位置に敷設した. また, 試験中に補強材の横リブが供試体の側端面と干渉しないようにした. ケース2 では, K_0 圧密終了後, 補強材を敷設したままの状態 で補強材に引張り力などの荷重を負荷することなく, 二軸圧縮を行った. ケース3 では K_0 圧密終了後, 補強材を 0.1mm/min の速度で引抜きながら二軸圧縮を行った.

3. 試験結果および考察 図-4 および図-5(a), (b) に二軸圧縮・引抜き試験の結果を示す. 図-4 に示すように, いずれの条件においても K_0 線 ($K_0=0.60$) を迎った後, 排水径路を辿って破壊に至る. 主応力差最大時 $q_{\max}$

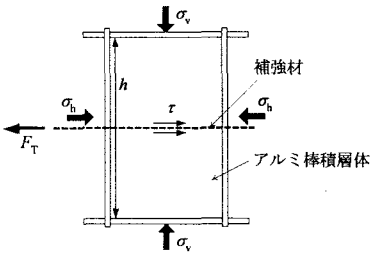


図-1 二軸圧縮・引抜き試験装置の概念図 ^{1),2)}

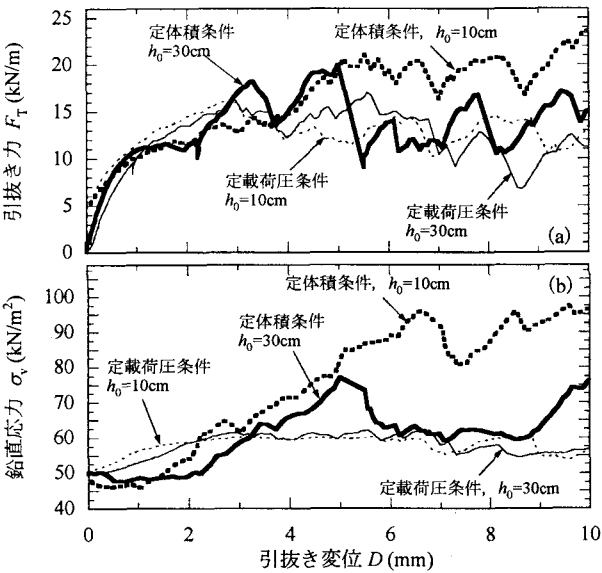


図-2 引抜き試験結果の一例 ^{1),2)}

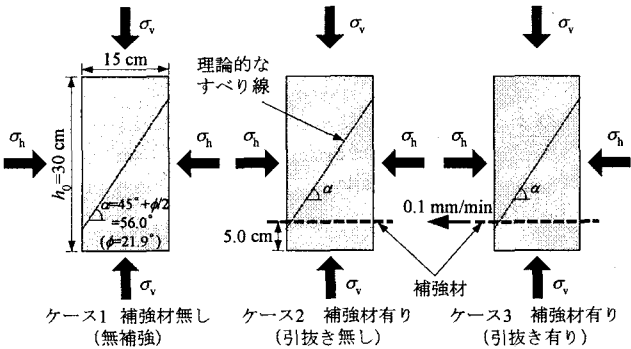


図-3 二軸圧縮・引抜き試験における試験条件

を破壊とすれば、 $\sigma_{v0}=30, 50, 70\text{kN/m}^2$ とすべての場合で、 $q_{\max}$ は、無補強のケース 1 および補強材を敷設しただけのケース 2 よりも、補強材を引抜いたケース 3 の方が大きい。ケース 3 の破壊点を直線で結んで決定した破壊線から算定された内部摩擦角は $\phi'=25.8^\circ$ となり、無補強 ($\phi'=21.9^\circ$) の場合よりも 4° ほど大きい。このときの補強材の引抜きに起因してすべり面上の垂直応力増分は、20%程度に相当する。

図-5(a)に示すように、破壊点における主応力差はいずれの σ_{v0} においても、ケース 1, 2, 3 の順に大きくなっており、補強材の引抜きが生じた際にはせん断強度の増加が認められる。ここで、供試体の左右端面における側方変位の平均値 $\bar{D}_h$ ($= (D_{hL} + D_{hR})/2$, D_{hL} , D_{hR} : それぞれ供試体の左右端面における側方変位、膨張を正とする) は、すべてのケースにおいてほぼ等しく、供試体の側方変形に及ぼす補強材敷設の影響は無視できる。図-5(a), (b)に示すように、ケース 3 における破壊時の補強材の引抜き変位は、いずれの σ_{v0} においても $D \approx 6\text{mm}$ であり、 $\bar{D}_h \approx 0.8\text{mm}$ よりも大きく、軸圧縮中に補強材の引抜きが大きく生じている。また、ケース 2 においては、供試体の左右端面が膨張方向に変位するので、その結果、補強材と供試体の間に相対変位 (引抜き) が少し生じている。

図-5(b)に示すように、ケース 3 の $\sigma_{v0}=50\text{kN/m}^2$ の場合、破壊時において $D \approx 6\text{mm}$ 程度であり、一方、図-2(a)に示したように引抜き試験において最大引抜き力が発揮されるのは $D=3 \sim 7\text{mm}$ 程度であった。破壊時には最大引抜き力に近い引抜き力が発揮され、鉛直応力も増加していると考えられる。

4. まとめ 得られた主な知見は以下の通りである。
(1) 二軸圧縮・引抜き試験により、 $\sigma_{v0}=30, 50, 70\text{kN/m}^2$ において、無補強および補強材を敷設しただけの場合よりも、引抜いた場合の方が、せん断強度が大きくなることが示された。よって、補強材の引抜きにより、せん断強度が増加する補強メカニズムが実証された。
(2) 補強材を敷設しただけの場合においても、無補強よりもせん断強度が大きくなる。これは、補強材と供試体の間に相対変位 (引抜き) が少し生じたためであると考えられる。このことから、補強材表面において相対変位が生じた場合には、せん断強度の増加が生じると考えられる。

【参考文献】 1) 梅崎健夫, 河村 隆, 三村大輔: 二軸圧縮試験装置を用いた補強材の土中引抜き挙動の定量評価, ジオシンセティックス論文集, 第 18 巻, pp.139-146, 2003.
2) 梅崎健夫, 河村 隆, 落合英俊: 補強材の引抜きに伴う拘束圧の増加特性と補強メカニズムのモデル化, ジオシンセティックス論文集, 第 20 巻, pp.241~248, 2005.

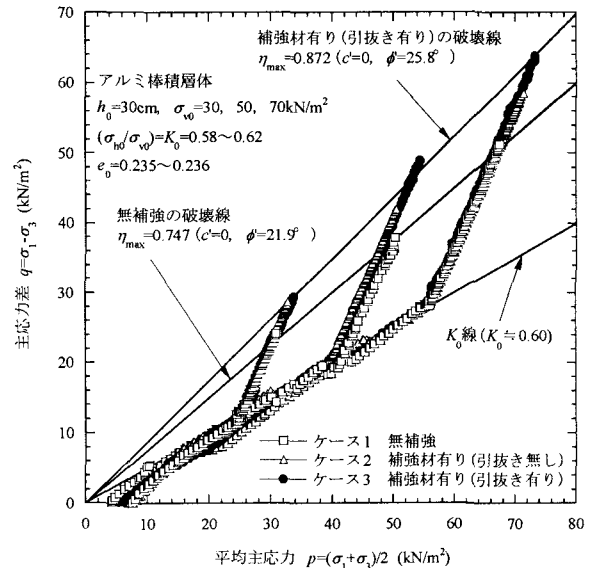


図-4 二軸圧縮・引抜き試験の応力経路

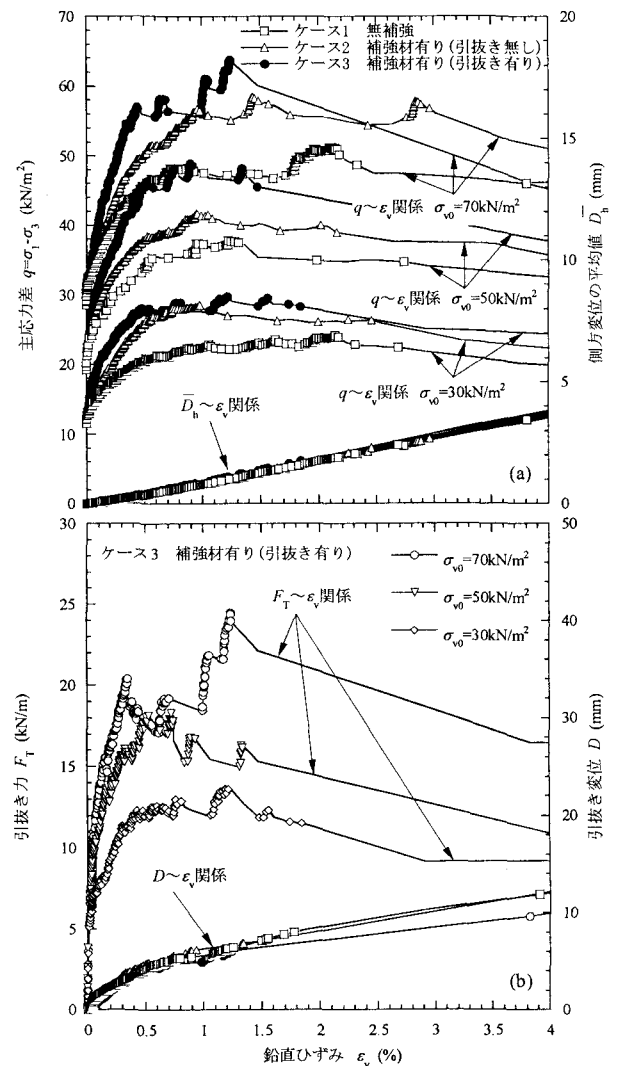


図-5 主応力差, 側方変位の平均値, 引抜き力および引抜き変位と鉛直ひずみの関係