

補強材の土中引抜きに伴う鉛直応力増加のメカニズム（その1）

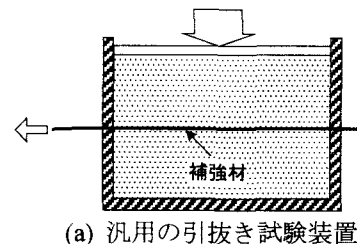
信州大学大学院 学○三村大輔

信州大学工学部 正 梅崎健夫, 正 河村 隆

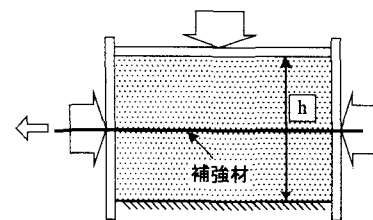
1. はじめに 汎用の引抜き試験および二軸圧縮・引抜き試験(図-1参照)において補強材の引抜きに伴って鉛直応力が増加することが報告されている^{1)~4)}。

本文では補強材の引抜きに伴う鉛直応力の増加が、どのようなメカニズムによって生じるかを検討するために二軸圧縮・引抜き試験装置を用いて引抜き試験を実施した。そして供試体内の変形解析に基づいて補強材の引抜きに伴う鉛直応力増加のメカニズムについて論じたものである。

2. 試験概要^{1), 2)} 供試体には直径 $d=1.6$, 3.0mm のアルミ棒(長さ 5cm , 密度 $\rho=2.705\text{g/cm}^3$)を重量比 $3:2$ で混合した密なアルミ棒積層体を用いている。供試体寸法は幅 15cm で高さ $h=20, 30\text{cm}$ である。供試体内には変形解析を行うために所定の位置に標点(着色ビーズ)を接着したアルミ棒を挿入している。補強材にはポリエステルシートに $d=1.6, 3.0\text{mm}$ のアルミ棒を両面に固定したものを用いた。横リブを模擬して一定間隔で $d=3.0\text{mm}$ のアルミ棒を配置している。補強材の引抜き試験では、供試体作成と同時に標点の挿入を行い、初期鉛直応力



(a) 汎用の引抜き試験装置



(b) 二軸圧縮・引抜き試験装置

図-1 試験装置の概要

$\sigma_{v0}=50\text{kN/m}^2$ まで K_0 圧密を行った後、体積ひずみ $\varepsilon_v=\pm 0.05\%$ で制御した定体積、鉛直応力载荷用シリンダーの空気圧を一定に保ち側方変位を側方ひずみ $\varepsilon_h=\pm 0.05\%$ で制御した定载荷圧(K_0 条件)、鉛直・側方応力载荷用シリンダーの空気圧を一定に保った定载荷圧(側方自由)の各条件のもとで実施した。引抜き変位速度は 1mm/min である。補強材の引抜き中は20秒間隔で供試体をデジタルカメラで撮影し、この写真に基づいて変形解析を行い供試体内の変形を考察した。

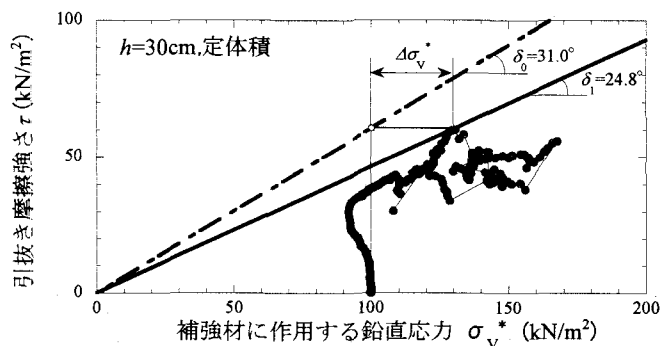


図-2 引抜き試験における応力径路の一例

3. 試験結果および考察 図-2は $h=30\text{cm}$, 定体積条件で行った引抜き試験の応力径路を示している。補強材に作用する鉛直応力 $\sigma_v^*(=2\sigma_v)$ は、その他のすべてのケースにおいても増加する。図中には補強材に作用する初期鉛直応力 $\sigma_{v0}^*(=2\sigma_{v0})$ と引抜き摩擦強さ $\tau(F_T/2L_E: F_T$ 引抜き力, L_E 供試体の幅)の最大値 $\tau_{\max}$ から求めた従来の引抜き摩擦定数 $\delta_0=\tan^{-1}(\tau_{\max}/\sigma_{v0}^*)$ と補強材の引抜きに伴う鉛直応力増分 $\Delta\sigma_v^*$ を考慮した引抜き摩擦定数 $\delta_1=\tan^{-1}(\tau/(\sigma_{v0}^*+\Delta\sigma_v^*)_{\max})$ の値を示している。 δ_0 は h , 引抜き時の定体積・定载荷圧条件によらず δ_1 よりも過大評価される。また δ_1 は同じ補強材では h , 引抜き時の定体積・定载荷圧条件によらず一定の値を示す¹⁾。

図-3は補強材の引抜きに伴う供試体内の挙動を示す変位ベクトル図である。補強材周辺に変位は集中している。特に補強材の引抜き側においては補強材上部では鉛直上向き、補強材下部では鉛直下向きの変位が卓越している。

図-4は、図-3の挙動に着目し、補強材からの距離 X と補強材から同一距離の鉛直変位を平均した平均鉛直変位 $\bar{S}_v$ の関係を

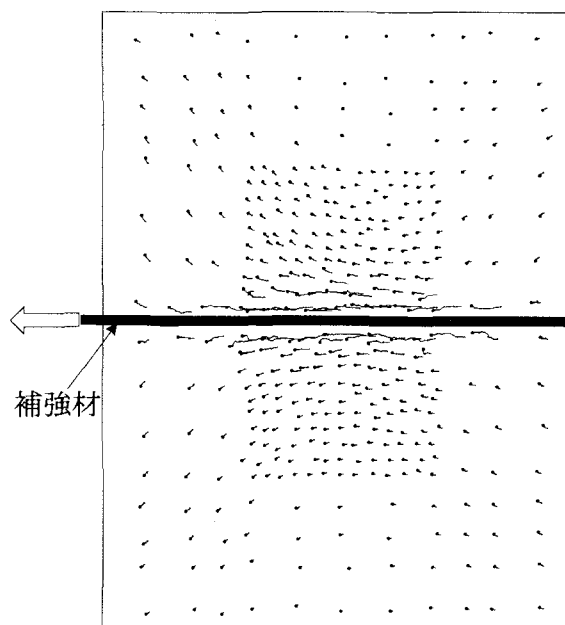


図-3 標点の変位ベクトル図の一例
($\sigma_{v0}=50\text{kN/m}^2$ $h=20\text{cm}$, 定体積)

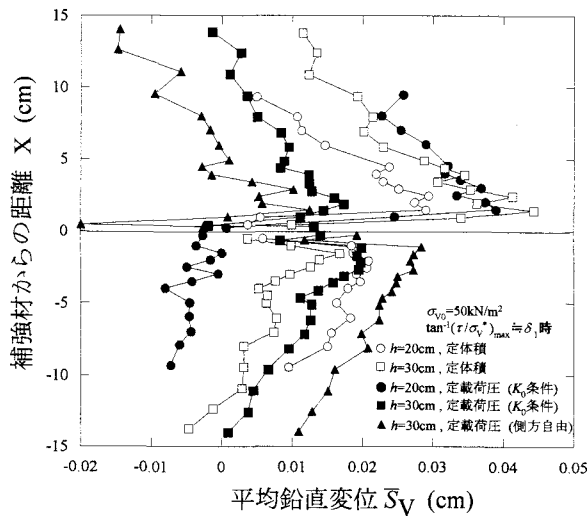


図-4 補強材からの距離と平均鉛直変位の関係

示している。補強材の位置は $X=0$ である。 h 、定体積・定載荷圧条件によらず補強材周辺で鉛直変位が卓越しているが、補強材の上下で S_V の値が異なっている。これは下部載荷板は固定、上部載荷板は可動であるという境界条件の違いに起因すると考えられる。また補強材上部において、定体積条件では S_V が補強材付近と上部載荷板付近で大きく異なる。一方、定載荷圧条件では S_V が補強材付近と上部載荷板付近で変化が小さい。これは定体積条件では補強材付近で生じた鉛直変位が上部載荷板で $\varepsilon_V = \pm 0.05\%$ を満たすように制御しているために変位が抑制されるためと考えられる。一方、定載荷圧条件では上部載荷板は鉛直応力載荷用シリンダーの空気圧を一定にしているため上部載荷板の鉛直応力 σ_{V1} はほとんど増加しない。これは補強材付近で生じた鉛直変位が上部載荷板付近まで伝達されるためと考えられる。

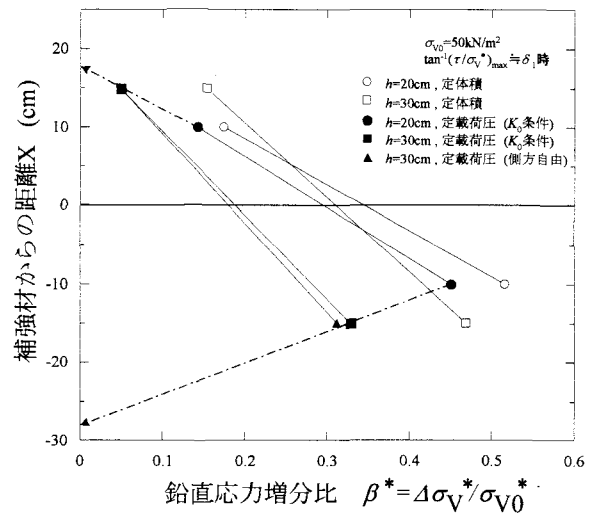


図-5 補強材からの距離と鉛直応力増分比の関係

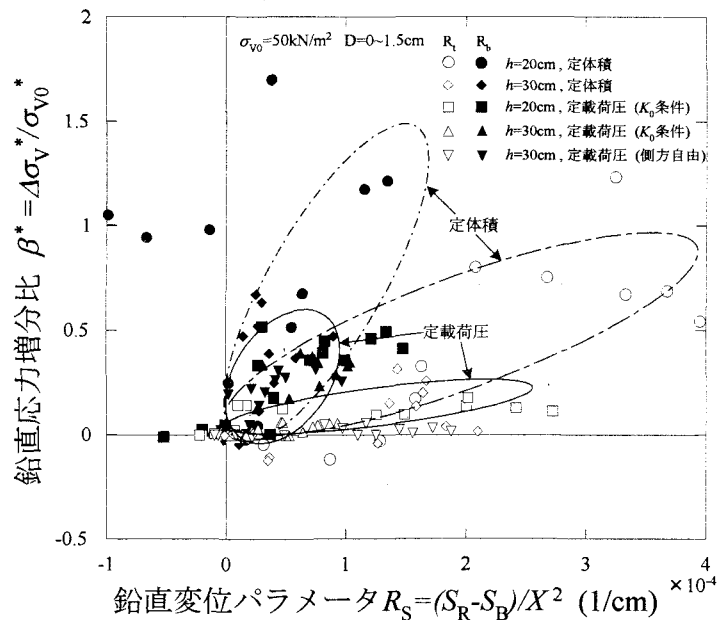


図-6 鉛直応力増分比と鉛直変位パラメータの関係

図-5は X と鉛直応力増分比 $\beta^*(=\Delta\sigma_V^*/\sigma_{V0})$ の関係を示したものである。定載荷圧条件では上部載荷板における σ_{V1} はほとんど増加していない。一方、定体積条件では増加している。定載荷圧条件において試みに β^* が補強材からの距離により直線的に減少すると仮定すれば、 $\beta^*=0$ における X の値から鉛直応力が増加する範囲は $X=20\sim 30\text{cm}$ 程度と求められる。

図-6は β^* と鉛直変位パラメータ $R_S=(S_R-S_B)/X^2$ ： S_R 補強材から2cmの範囲内に挿入した標点の平均鉛直変位、 S_B 載荷板の直近に設置した標点から2cmの範囲内に挿入した標点の平均鉛直変位)の関係を示している。補強材の上下で傾向が異なっている。これは供試体上下の境界条件の違いが表されている。また β^* と X の関係は定載荷圧条件と定体積条件によらず同一の傾向を示す。しかし定載荷圧条件の方が β^* が小さい。

4. まとめ 以下のような知見が得られた。①補強材の引抜きに伴う鉛直応力増加は補強材周辺に生じる鉛直変位に起因する。②上箱と下箱の境界条件の違いに起因して β^* が異なる。③定載荷圧条件において、試みに β^* が X により直線的に減少すると仮定すると鉛直応力が増加する範囲は $X=20\sim 30\text{cm}$ である。④定体積条件では定載荷圧条件よりも供試体内の変位は局所的に生じる。そのため β^* は定体積条件の方が大きい。⑤供試体内における鉛直変位の差と補強材からの距離についてについての考察から R_S を定義し、この R_S によって β^* を定性的に評価した。

【参考文献】1)梅崎ら：ジオシンセティックス論文集第18巻，pp. 139-146，2003。2)河村ら：第39回地盤工学研究発表会講演集，pp671-672，2004。3)得丸ら：第28回土質工学研究発表会講演集，pp2727-2728，1993。4)荻迫ら：第24回土質工学研究発表会講演集，pp13-14，1989。