

二軸圧縮試験装置を用いた補強材の土中引抜き特性

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 土と補強材の相互作用による補強メカニズムをより詳細に評価するためには、施工過程から破壊状態までの間で変化する応力・変形状態を考慮することが重要であり、引抜きにともなう応力状態の変化やダイレイタンス特性などについて検討することが必要である。本文では新しく開発した二軸圧縮試験装置¹⁾、²⁾ (図-1 参照)を用いて、横リブを有する補強材に対して引抜き試験を行った。試験結果より、補強材に作用する鉛直応力、引抜き摩擦定数およびダイレイタンスゾーン²⁾について比較検討した。

2. 補強材の引抜き試験

(1)供試体および補強材 供試体には直径 $d=1.6, 3.0\text{mm}$ 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 で高さを $h_0=6, 10, 20, 30\text{cm}$ と変化させた。補強材(図-2 参照)には、伸びが無視できるポリエステルシート(4 枚張り合わせた OHP シート)に $d=1.6, 3.0\text{mm}$ のアルミ棒を固定したものを用いており、 $d=3.0\text{mm}$ のアルミ棒は補強材の横リブを模擬している。

(2)定体積引抜き試験 まず、定載荷圧条件よりも応力・変形条件が明確な定体積条件における引抜き試験を実施した。アルミ棒積層体の供試体高さ中心に補強材を水平敷設し、初期鉛直応力 $\sigma_{v0}=50\text{kN/m}^2$ まで K_0 圧密を行った。その後、鉛直・側方の空気圧シリンダーを手動制御することにより定体積条件を保ちながら補強材の引抜きを実施した。引抜き変位速度は 1mm/min である。試験中は、引抜き力 F_T 、引抜き変位および鉛直・側方ひずみのほかに鉛直・側方ロードセルより鉛直・側方応力(σ_v , σ_h)を測定している。

(3)定載荷圧引抜き試験 次に、定体積条件よりも土中の応力状態に近いと考えられる定載荷圧条件における引抜き試験を実施した。試験手順については定体積条件と同様であり、 K_0 圧密後、鉛直および側方シリンダーの空気圧を一定に保った定載荷圧条件で補強材の引抜きを実施した。試験中は定体積条件と同様の測定を行った。

3. 試験結果および考察

(1)鉛直応力増分と引抜き摩擦定数 図-3 および図-4 は、それぞれ定体積条件および定載荷圧条件における引抜き試験の応力経路を示している。密な供試体においては定体積・定載荷圧条件のいずれにおいても h_0 の違いによらず鉛直応力が増加する。また図中には補強材に作用する初期鉛直応力 $\sigma_{v0}^*(=2\sigma_{v0})$ と引抜き摩擦応力 $\tau(=F_T/2L_E$: この場合、 L_E は供試体の幅に等しい)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 $\delta_1=\tan^{-1}(\tau/\sigma_v^*)_{\max}=\tan^{-1}(\tau/(\sigma_{v0}^*+\Delta\sigma_v^*))_{\max}$ を定義した。 δ_0 の値は h_0 、定体積・定載荷圧条件により大きく異なる。しかし、 δ_1 の値は h_0 、定体積・定載荷圧条件のいずれにおいてもほぼ等しい。梅崎ら¹⁾は横リブ($d=3.0\text{mm}$ のアルミ棒)のない補強材において同様の結果を報告し、その中で δ_1 の妥当性を示している。横リブ付きの補強材の δ_1 は横リブなしの場合よりも 4° 程度大きい。したがって、引抜き摩擦定数は $\Delta\sigma_v^*$ を考慮した δ_1 で算定すべきであり、 δ_0 は δ_1 よりも過大な値を示す。

(2)ダイレイタンスゾーン ダイレイタンスゾーン h_D とは補強材の引抜きに伴ってダイレイタンスが卓越する領域として定義している²⁾。図-5(a), (b)は供試体高さ h と引抜き中に発揮される摩擦角が δ_1 に達した時の $\Delta\sigma_v^*$ の関係である。横リブのない補強材の結果¹⁾も併せて示している。図-5(a)は定体積条件であり、横

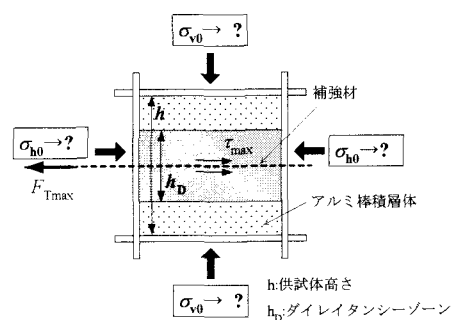
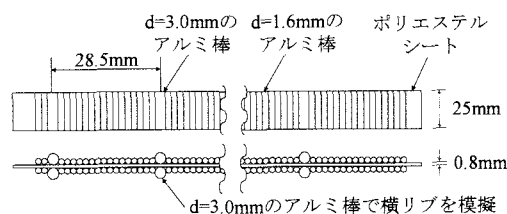


図-1 補強材の土中引抜き試験の概念図



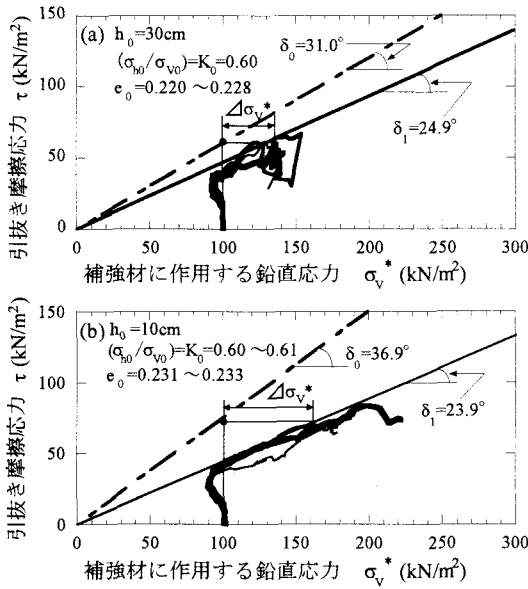


図-3 定体積引抜き試験の応力経路(横リブつき補強材)

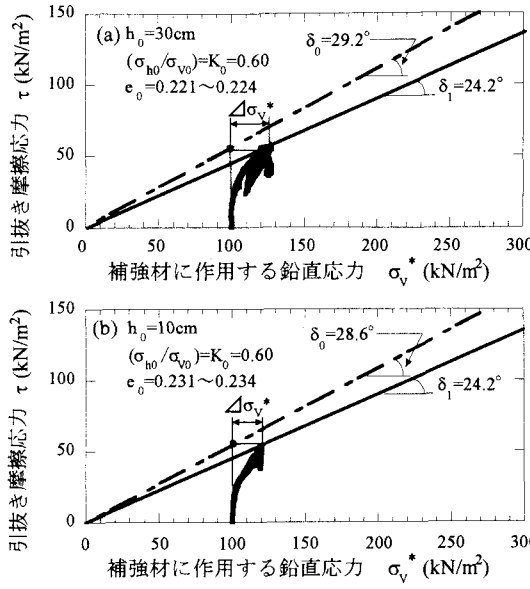


図-4 定載荷圧引抜き試験の応力経路(横リブつき補強材)

リブの有無にかかわらず $\Delta\sigma_v^*$ は h の減少に伴い大きく増加する。 $\Delta\sigma_v^*$ の増加量は横リブつきの場合が横リブなしの場合よりも大きい。 $h \cdot \Delta\sigma_v^*$ の近似曲線の2つの接線の交点を h_D と定義する。横リブつきでは $h_D \approx 10\text{cm}$ 、横リブなしでは $h_D \approx 5\text{cm}$ であり、横リブを有する補強材での h_D が大きい。横リブなしの場合は補強材の上下面でのアルミ棒のせん断試験に近いものと考えられるので、この場合の h_D はアルミ棒の平均粒径の20倍程度となる¹⁾⁻³⁾。図-5(b)は定載荷圧条件である。 $\Delta\sigma_v^*$ は横リブなし補強材よりも横リブつき補強材の方が大きい、 h の変化による $\Delta\sigma_v^*$ の変化は横リブの有無にかかわらず小さい。定載荷圧条件における h_D の同定手法を図-6に示す。定体積条件の $h-\Delta\sigma_v^*$ と同様に $h-\varepsilon_v^*$ の近似曲線の2つの接線の交点から求める。ここで ε_v^* は引抜き中に発揮される摩擦角が δ_1 に達した時の鉛直ひずみである。横リブつきでは $h_D \approx 10\text{cm}$ 、横リブなしでは $h_D \approx 5\text{cm}$ であり、図-5(a)の結果と一致している。

4. まとめ 横リブを有する補強材に対して実施した引抜き試験に基づいて以下のような知見が得られた。①密な供試体における補強材の引抜き試験では定体積および定載荷圧条件にかかわらず鉛直応力が増加し、その増加量は横リブなしの補強材に比べて横リブありの補強材の方が大きい。②補強材の横リブのあり・なしにかかわらず引抜き摩擦定数は鉛直応力増分を考慮した引抜き摩擦定数 δ_1 で評価することが重要であり、現在用いられている δ_0 は δ_1 よりも過大な値を与える。④ h_D は定体積条件では $\Delta\sigma_v^*$ と h の関係から、定載荷圧条件では ε_v^* と h の関係から同定できることを示した。また、 h_D は横リブなしの場合と比べて横リブつき補強材の方が大きい。

【参考文献】1) 梅崎, 河村, 三村: ジオシンセティックス論文集第18巻, pp.139-146, 2003. 2) Umezaki & Kawamura: Asian Regional Conference on Geosynthetics, 2003(投稿中). 3) 上野, 三浦, 谷瀬, 前田: 地盤の破壊とひずみの局所化に関するシンポジウム, pp.49-56, 1994.

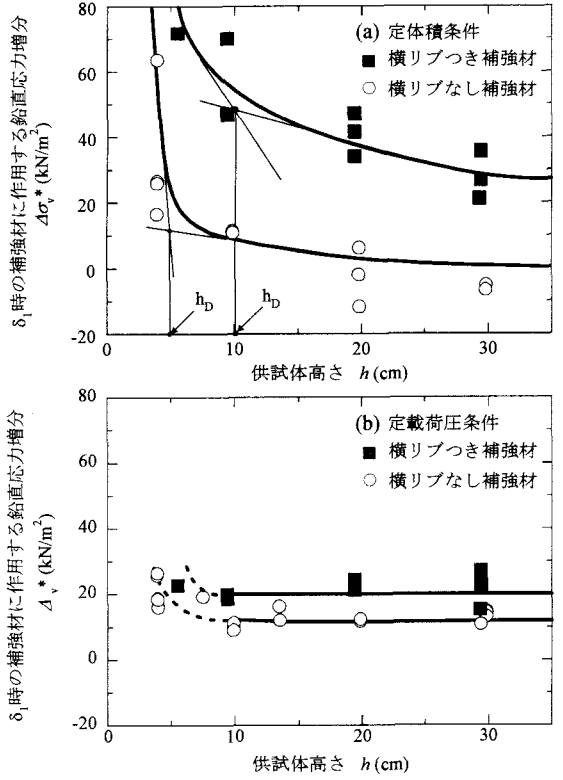


図-5 供試体高さ と鉛直応力増分の関係

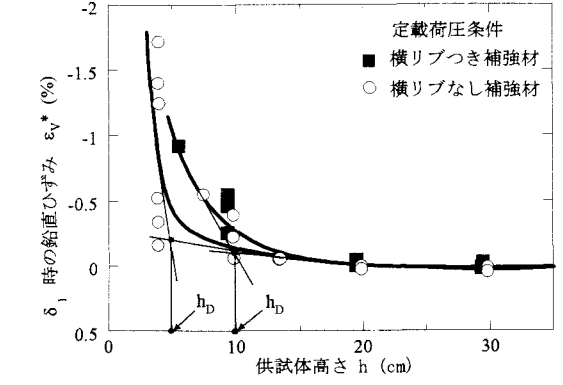


図-6 供試体高さ と鉛直ひずみの関係