

Ⅲ-B286

補強材の張力伝達特性を考慮した引抜き試験における引抜き変位置予測

前田建設工業(株) 正員 〇福谷将徳

山口大学工学部 正員 村田秀一 兵動正幸 中田幸男

三井石化産資(株) 正員 西村淳

山口大学大学院 学生員 松岡俊夫

1. まえがき これまで本研究グループでは、土中引抜き試験や数値実験を行い、補強材の伸び剛性や土と補強材間の摩擦抵抗の違いが補強材の張力伝達特性に与える影響を検討してきた^{1),2)}。本報では、引抜き試験を対象とした数値実験から得られた補強材の張力伝達挙動をもとに、張力分布形状の定式化を試みた。また、その結果を用いて、帯状長繊維に対して行われた土中引抜き試験における引抜き変位置の評価を行った。

2. 土中引抜き試験の概要 実験に用いた試料は、気乾状態の秋穂砂(Dr=95%)であり、補強材には公称引張り強度3tおよび5tの帯状長繊維(敷設幅10cm, 敷設長90cm)を使用した。上載圧は、供試体上部よりエアバックを用いて空気圧により載荷した。実験は、1.0mm/minの速さで補強材を引抜くことにより、その時の引抜き力と引抜き量および土中における各測点の変位置を計測するものである。

3. 引抜き変位の評価手法 補強材後端に変位が生じない場合、引抜き変位は補強材自身の伸びと同値であると考えられる。よって、補強材に生じるひずみ分布が規定できれば、次式により引抜き変位を評価することが可能と考えられる。

$$\delta = \int_0^{L_R} \varepsilon_i(L) \cdot dL \quad (1) \quad \text{ここで、} \delta: \text{補強材の伸び、} L_R: \text{有効抵抗長、}$$

$\varepsilon_i(L)$: ひずみ分布である。上式を用いて引抜き変位を評価するためには、有効抵抗長 L_R とひずみ分布 $\varepsilon_i(L)$ を具体的に明らかにする必要がある。本研究グループでは、図-1に示すように、作成した張力分布から引抜き力 F_p に対して5%の微小な張力 T_1 (張力比 $T_1/F_p=0.05$)が発現した距離を有効抵抗長と見なし、その有効抵抗長が上載圧で正規化された単位幅当たりの引抜き力との関係からパラメータ m, L_0 を用いて算出できることを実験的または解析的に示している^{1),2)}。すなわ

ち、引抜き変位を評価するためには有効抵抗長内におけるひずみ分布の形状を規定する必要がある。そこで、引抜き試験を対象とした数値実験より得られる補強材の張力伝達挙動をもとに、有効抵抗長内における張力分布形状(ひずみ分布形状)の定式化を試みた。

4. 数値実験による張力分布形状の定式化 本解析は、土中における補強材の引抜きをシミュレーションしたものであり、長さ100cm、高さ40cm(要素数218、節点数229)の有限要素メッシュにより実施している²⁾。底面から20cmの高さにBeam要素を配置することで補強材を表現し、ジョイント要素を導入することにより土と補強材間の摩擦特性を表現した。土要素には、本研究室で開発された砂の弾塑性構成モデル³⁾を用いた。

本解析においても、補強材の張力分布形状を明確に把握するた

キーワード: 補強材、引抜き試験、有限要素法

連絡先: 〒755 山口県宇部市常盤台2557 山口大学工学部 TEL(0836)35-9111 FAX(0836)35-9429

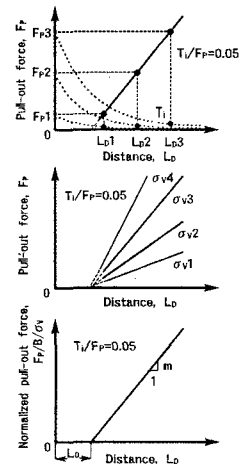


図-1 パラメータ m, L_0 の決定法

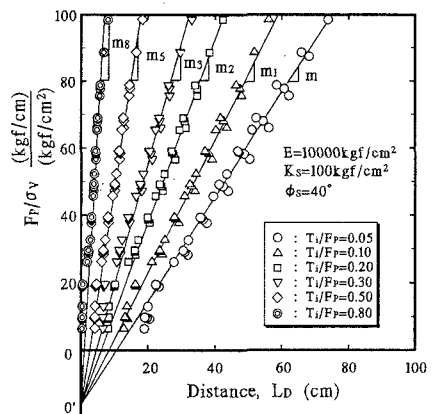


図-2 張力比コンター図

めに、張力比の概念を用いて整理を行った。張力比は、引抜き力 F_P に対して補強材内に生ずる張力 T_i の大きさを表すものであるから、任意の大きさにおける張力比のコンター図を描くことができれば、張力分布の形状が規定されることになる。図-2は、張力比 $T_i/F_P=0.05\sim 0.80$ における正規化引抜き力 F_P/σ_v と張力伝達距離 L_D の関係（張力比コンター）を示している。この図より、各張力比コンターは、点 O' を中心に任意の傾き m_i を有する直線で仮定できることが分かる。また、張力比 $T_i/F_P=0.05$ におけるパラメータ $m_i L_0$ を決定することで、点 O' の位置も簡単に算定することが可能である。すなわち、任意の張力比における直線の傾き m_i を定式化できれば、有効抵抗長内の張力分布形状を明らかにすることができる。そこで、 m_i の定式化を容易にするために、図-3に示すような傾き m_i の逆数を考え、張力比 $T_i/F_P=0.05$ における傾き m' に対する任意の張力比コンターの傾き m'_i との比 (m'_i/m') を算出した。図-4は、その傾きの比 m'_i/m' と張力比 T_i/F_P の関係を示したものである。この関係は、有効抵抗長内における補強材の張力分布形状を間接的に表現しているものである。また図中には、土と補強材表面における摩擦試験の結果を考慮して、実際に考えられるジョイント要素のせん断剛性 K_s および摩擦角 ϕ_s の値を変化させた場合の結果やビーム要素の剛性の大きさを变化させた場合の結果について示している。図より、 $m'_i/m' - T_i/F_P$ 関係で示される形状は、多少のばらつきがあるものの次式に示す1つの双曲線として近似できそうである。

$$\frac{m'_i}{m'} = \frac{a \cdot (1 - T_i / F_P)}{a + (1 - a) \cdot T_i / F_P} \quad (2)$$

ここで、 a ：材料定数 ($a=0.3406$) である。すなわち、パラメータ $m_i L_0$ が分かれば、式(2)を用いることで任意の張力比における直線の傾き m_i が算出され、有効抵抗長内の張力分布形状を決定することが可能となる。また、式(1)に得られた材料定数を導入することにより引抜き試験における引抜き変位量を評価することが可能となる。

5. 引抜き変位量の予測結果 図-5は、公称引張り強度5tの帯状長繊維を用いた引抜き試験における引抜き力 F_P と引抜き量 X_1 の関係を示したものである。また図中には、上載圧が $\sigma_v=0.5, 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ の結果も示している。引抜き変位量の予測に用いた材料定数は、 $L_0=8.0(\text{cm})$ 、 $m=1.27$ 、 $a=0.3406$ であり、図中において予測値は破線によって示している。図より、引抜き変位量の予測値は後端が引抜けるまでの実験値を精度良く評価しているといえる。

6. まとめ 補強材の有効抵抗長内における張力分布形状は、張力比コンターの勾配比を双曲線で定式化することにより近似できることが分かった。また、提案した予測手法により土中引抜き試験における引抜き変位量を評価できることが分かった。

〈参考文献〉1)松岡ら：第51回土木学会年次学術講演会、Ⅲ - pp.678-679、2)福谷ら：第48回土木学会中国支部研究発表会、pp.389-340、3)西川ら：第28回土質工学研究発表会、pp.495-498

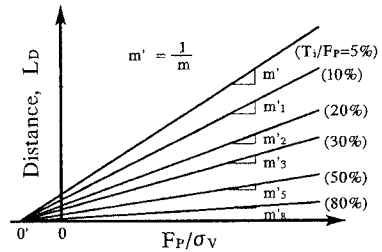


図-3 張力比コンターのモデル化

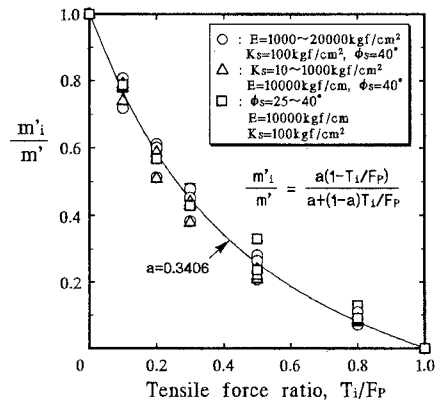
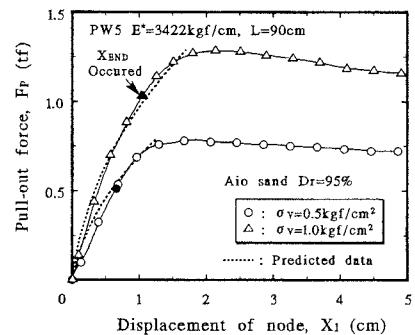


図-4 勾配比と張力比の関係


 図-5 引抜き力と引抜き量の関係
(実験値と予測値の比較)