

### 摩擦抵抗を発揮する補強材の引抜特性

矢作建設工業 (株) 正会員 ○奥屋 智康 長沼 明彦 武藤 裕久  
 名城大学 正会員 小高 猛司  
 名古屋大学大学院 正会員 中野 正樹 野田 利弘

#### 1. はじめに

支圧抵抗と摩擦抵抗を併用した補強材の小型土中引抜試験によって支圧プレート単体補強材と比べ、摩擦プレートを併用した補強材の引抜抵抗力が40%程度向上することを明らかにしてきた<sup>1),2),3)</sup>。しかし、摩擦プレートがどの程度の摩擦抵抗力を発揮しているかは明確にされていない。

本研究では、実物大補強材において摩擦プレート単体のみの引抜試験を行なうことにより、摩擦抵抗力の極限值を求める。さらに設計値との比較を行ない、設計の妥当性について検証した。

#### 2. 摩擦プレート形状

本研究で用いた摩擦プレートの形状図を図-1に示す。幅450mm×奥行き600mm×厚み15mmであり、高さ10mmリブを100mmピッチで設置した構造である。材質は、180N/mm<sup>2</sup>以上の圧縮強度を持つ超高強度繊維補強コンクリート製である。

#### 3. 設計計算方法

土中に敷設される摩擦プレートは、摩擦抵抗だけでなく前面の厚みによって支圧抵抗も発揮される。摩擦プレートの極限摩擦抵抗力  $F_f$  は、支圧抵抗  $F_A$  と摩擦抵抗  $F_B$  の和で表すことができる。 $F_A$  と  $F_B$  のそれぞれの算出式は式(1)<sup>4)</sup>、式(2)<sup>5)</sup>で表すことができる。

$$F_A = A_p \times (c \times N_c + P \times N_q - P') \quad \text{式(1)}$$

$$F_B = 2A_f \times (c + \mu \sigma_v) \quad \text{式(2)}$$

ここで、 $A_p$ ：摩擦プレートの支圧抵抗面積、 $A_f$ ：鉛直土圧が作用する面積、 $N_c$  および  $N_q$ ：支圧抵抗における支持力係数<sup>4)</sup>、 $\sigma_v$ ：摩擦プレートに作用する鉛直土圧、 $P'$ ：摩擦プレートに作用する拘束側圧、 $c$ ：使用した土質材料の粘着力、 $\mu$ ：土と摩擦プレートの静止摩擦係数。 $F_f$ を算出する式(3)が得られる。なお、 $f_A$ 、 $f_B$ は摩擦プレートの粘着力および鉛直応力に係わる係数であり、式(4)、式(5)に示す。

$$F_f = c \times f_A + \sigma_v \times f_B \quad \text{式(3)}$$

$$f_A = A_p \times N_c + 2A_f \quad \text{式(4)}$$

$$f_B = A_p \times K_A \times (N_q - 1) + 2A_f \times \mu \quad \text{式(5)}$$

#### 4. 引抜試験方法

引抜き試験機の概要図を図-2に示す。幅L=1600mm×奥行きB=2200mm×高さt=600mmの鋼製枠に約2.1m<sup>3</sup>の試料を充填する。土層には土層下面に1つ、側面に3つの土圧計を設置した。1層の仕上がり厚さ  $t_a=300\text{mm}$  となるように試料を投入し、小型転圧機械を用いて締固めを行なった。締固め後、タイバーに摩擦プレートのみを設

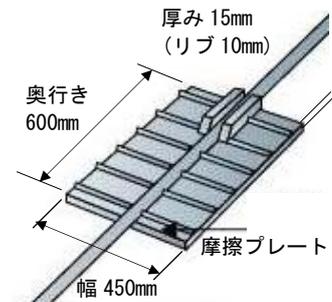


図-1 摩擦プレート形状図

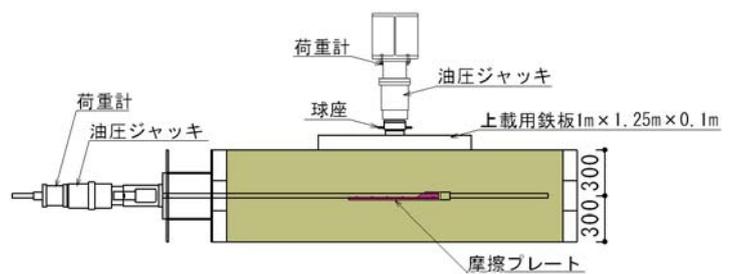


図-2 引抜試験概要図

表-1 使用した土質の材料特性値

盛土材		御船土	三河珪砂6号
土粒子密度		2.681g/cm <sup>3</sup>	2.660g/cm <sup>3</sup>
地盤材料分類名		シルト混じり礫質砂	分級された砂
粒度	礫分	34.7%	0%
	砂分	50.5%	99.7%
	粘土・シルト	14.8%	0.3%
乾燥密度	最大	-	1.569g/cm <sup>3</sup>
	最小	-	1.311g/cm <sup>3</sup>
締固め	最大乾燥密度	1.778g/cm <sup>3</sup>	-
	最適含水比	15.9%	-
強度定数	粘着力	1.0kN/m <sup>2</sup>	0.0kN/m <sup>2</sup>
	内部摩擦角	34.6°	37.6°

置した。さらに、設置した補強材を覆うように同様の試料を  $t_a=300\text{mm}$  となるように投入し、転圧を行なった。試料上面に  $1\text{m}\times 1.25\text{m}\times 0.1\text{m}$  の鉄板を設置し、油圧ジャッキを用いて上載荷重  $P_v$  を載荷した。摩擦プレート上面で鉛直土圧  $\sigma_v=100\text{kN/m}^2$ ,  $200\text{kN/m}^2$ ,  $300\text{kN/m}^2$  および  $400\text{kN/m}^2$  となるよう  $P_v$  の調節を行なった。荷重計の値が収束したことを確認し、 $\sigma_v$  を載荷したまま引抜試験を行なった。引抜速度は、補強材背面の基準とし、 $1\text{mm/mim}$  とした。試験土質は現場で採取した御船土および三河珪砂 6 号である。土質の材料特性値を表-1 に示す。なお、試料の初期条件として御船土は締固め度 90%, 三河珪砂 6 号は相対密度 80% となるように締固め管理を行なった。

5. 引抜試験結果

引抜力  $P$  と引抜変位  $\delta$  の関係を図-3 に示す。 $\sigma_v$  が大きいほど引抜き初期から勾配は大きく、 $P$  が大きな値となる。 $\sigma_v$  によらず  $\delta=10\text{mm}$  程度まで  $P$  は急激に増加し、 $\delta=40\text{mm}$  まで明確なピーク強度を示さずになだらかに増加する傾向を示した。摩擦プレートには、摩擦抵抗だけではなく支圧抵抗も働くが、この支圧抵抗力が働くことにより、 $P$  は低下せずになだらかに増加する傾向を示したと考えられる。

6. 計算値との比較

御船土および三河珪砂 6 号で行なった引抜試験結果と設計計算との比較を図-4 に示す。図中の実線および破線は、それぞれ極限摩擦抵抗力  $F_f$  および許容摩擦抵抗力  $F_{fa}$  を示している。図中の赤丸は  $\delta=40\text{mm}$  の時の引抜力  $P_f$  を示している。試料および  $\sigma_v$  にかかわらず、 $P_f$  は  $F_f$  の 1.0 倍~2.7 倍となった。このことから、 $\delta=40\text{mm}$  の時の引抜力  $P$  は、計算から得られる  $F_f$  より大きな値となることがわかった。 $F_s=2.0$  とした場合の  $F_{fa}$  以上の引抜力  $P$  が得られる変位について検討を行なった。図中の青丸で示される  $\delta=6\text{mm}$  の時の引抜力  $P_{fa}$  と  $F_{fa}$  を比較すると御船土および三河珪砂 6 号 ( $\sigma_v \geq 200\text{kN/m}^2$ ) では 1.0 倍~1.8 倍となり計算値と近い値が得られたが、三河珪砂 6 号 ( $\sigma_v \leq 100\text{kN/m}^2$ ) では 2.3 倍~4.1 倍と大きな値となった。このことから、 $F_{fa}$  は三河珪砂 6 号の低鉛直応力下では計算値より実験値が大きくなるものの  $\delta=6\text{mm}$  で発揮されることがわかった。

7. まとめ

以下に本研究で得られた知見を述べる。①摩擦プレート単体補強材の  $P-\delta$  の関係は、変位の増加に伴い引抜抵抗力は増加し続け、 $\delta=40\text{mm}$  まで明確なピーク強度を示さなかった。②摩擦プレートの極限摩擦抵抗力より  $\delta=40\text{mm}$  時の引抜力のほうが大きな値となった。③摩擦プレートの許容摩擦力と同等程度となる引抜力は  $\delta=6\text{mm}$  程度であった。以上により、摩擦プレートの許容摩擦力に相当する引抜力は、 $\delta=6\text{mm}$  程度の小さな変位で発揮されることが示され、盛土補強土壁に使用される部材としても問題がない範囲で抵抗力を発揮する。

【参考文献】 1) 渡邊義規他:アンカー式補強材の土中引抜き試験, 地盤工学会第 44 回地盤工学研究発表会, P463~P464, 2009.8, 2) 竹岡由積他:支圧抵抗力と摩擦抵抗力を併用した補強材の土中引抜き試験, 地盤工学会第 44 回地盤工学研究発表会, P465~P466, 2009.8, 3) 竹岡由積他:支圧抵抗力と摩擦抵抗力を併用した補強材の土中引抜き試験, 土木学会第 64 回年次学術講演会, III-316, 2009.4 4) 多数アンカー式補強土壁工法設計・施工マニュアル第 3 版 P77(H14.10 (財)土木研究センター), 5) 道路土工擁壁工指針 P20 (H11.3 (社)日本道路協会)

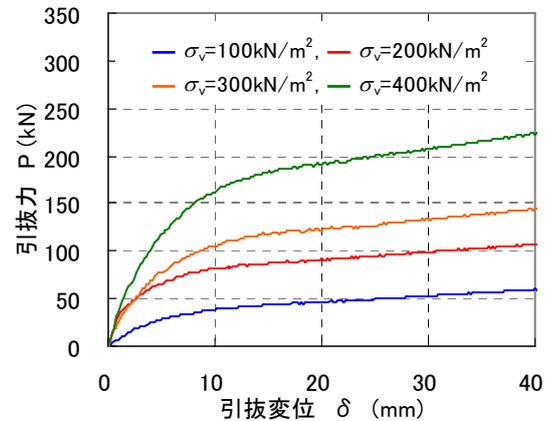


図-3 P-δの関係 (御船土)

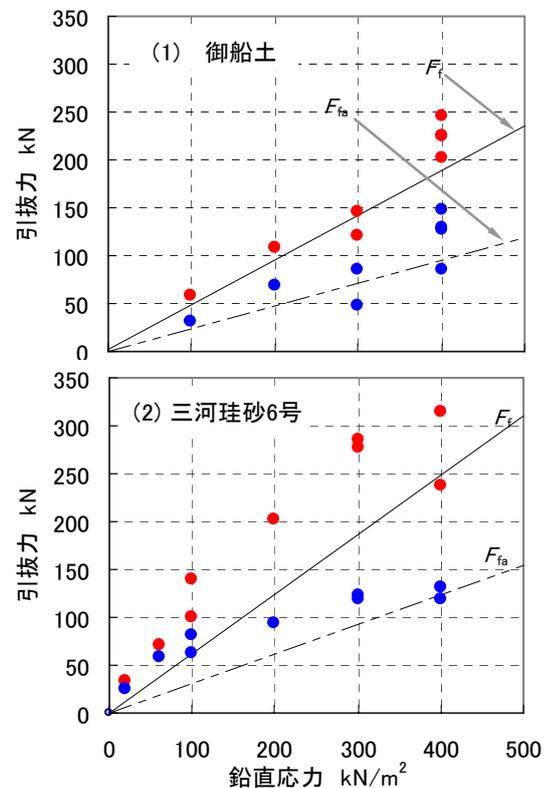


図-4 P-σ<sub>v</sub>の関係