

支圧抵抗力と摩擦抵抗力を併用した補強材の土中引抜試験(その 2)

補強土工法, アンカー, 引抜き試験

矢作建設工業(株) 正会員 ○武藤裕久 長沼明彦 奥屋智康
名城大学 国際会員 小高猛司
名古屋大学大学院 国際会員 中野正樹 野田利弘

1. はじめに

これまでに小型土中引抜試験機を用いた引抜試験によって支圧抵抗と摩擦抵抗を組み合わせた場合, 補強材の一本あたりの引抜抵抗力が 10%~40%程度向上することを確認している¹⁾。

本論文では, 実物スケールの補強材の現場引抜試験を行い, 支圧抵抗と摩擦抵抗それぞれ単体補強材の引抜抵抗について検証を行なった。さらに, 併用補強材と単体補強材の引抜き挙動の違いについての検証を行なった。

2. 盛土補強土壁の概要

盛土補強土壁の全景図を図-1 に示す。本試験では実物スケールの補強材を用いて引抜試験を行うため, 高さ 5.4m×幅 40m×奥行き 10m の盛土を作製した。引抜試験範囲のみ RC パネルを設置し, その他の部分においては大型土のうで土留めを行った。

補強材の設置状況を写真-1, 諸元を表-1 に示す。補強材は, タイバーに支圧プレートを設置した支圧単体補強材, 摩擦プレートを設置した摩擦単体補強材および支圧プレートと摩擦プレートを同時に設置した補強材(以下, 併用補強材)を各段に各 2 本ずつ設置した。タイバー長はすべて 4500mm, RC パネルの寸法は, 幅 1.8m×高さ 1.2m である。支圧プレートの寸法は, 幅 300mm×高さ 300mm×厚さ 50mm であり, 摩擦プレートの寸法は, 幅 450mm×奥行き 600mm×厚み 15mm である。摩擦プレートには 100mm ピッチで 10mm のリブが付いている。支圧および摩擦プレートの材質は, 超高強度繊維補強コンクリートである。なお, RC パネルは引抜試験用の補強材設置のためにタイバーを貫通させ, ナットと座金でタイバーに固定した。

盛土材料の材料特性値を表-2 に示す。盛土材料は, 締固め後 300mm とし, 締固め度 90%以上となるように 10t ローラーを使用し, 締固めを行なった。

3. 引抜試験方法

各補強材は, 盛土補強土壁を作製するための部材として使用されているため, 盛土の進行に伴い軸力が発生する。今回の引抜試験は, タイバーに作用している軸力を除荷した上で実施した。引抜試験の断面図を図-2 に示す。RC パネルから突き出したタイバーにセンターホールジャッキ(CHJ), タイバーの頭部に変位計を設置した。タイバー頭部の変位計を基準とし, 1mm/min の変位制御で試験を行なった。

4. 引抜試験結果

4-1 単体補強材の引抜特性

図-3 に支圧単体補強材の引抜力 P と鉛直応力 σ_v の関係を示す。実線・破線はそれぞれ極限支圧抵抗力 F_p および許容支圧抵抗力 F_{pa} を示す。 F_p は次式²⁾より求められる。

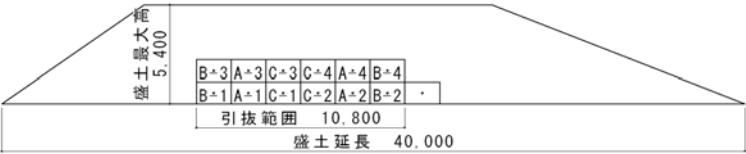


図-1 盛土全景図

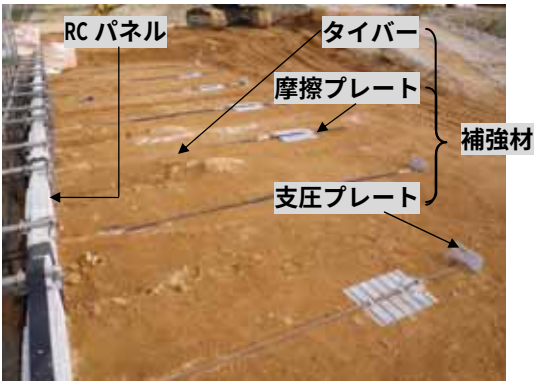


写真-1 補強材設置状況

表-1 補強材条件と土被り高さ

No	補強材	土被り高:本数	
A	支圧単体	①3.6m:2本	②4.8m:2本
B	摩擦単体	①3.6m:2本	②4.8m:2本
C	併用	①3.6m:2本	②4.8m:2本

表-2 土質材料特性値

土粒子密度		2.681g/cm ³
地盤材料分類名		シルト混じり礫質砂
粒度	礫分	34.7%
	砂分	50.5%
	粘土・シルト	14.8%
締固め	最大乾燥密度	1.778g/cm ³
	最適含水比	15.9%
強度定数	粘着力	1.0kN/m ²
	内部摩擦角	34.6°

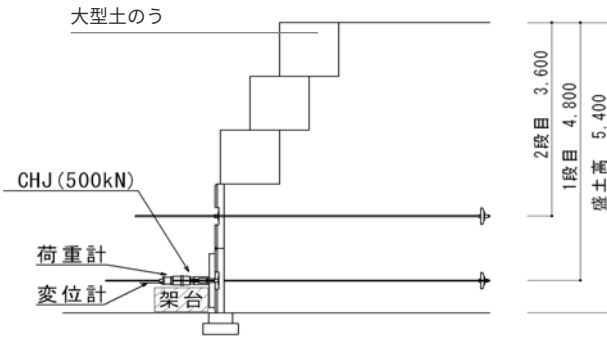


図-2 引抜試験断面図

Pullout test of reinforcement with anchor plates in sandy soil.(part 2)

Hirohisa Muto, Akihiko Naganuma, Tomoyasu Okuya (Yahagi Construction Co., Ltd.), Takeshi Kodaka (Meijo University), Masaki Nakano, Toshihiro Noda (Nagoya University)

$$F_p = (c \times N_c + q_p \times N_q - q_p) \times A_p$$

ここで、 A_p ：支圧プレートの抵抗面積、 N_q 、 N_c ：支圧プレートの引抜きに関する支持力係数である。 F_{pa} は、 F_p を安全率 $F_s=3.0$ で除した値である。図中の赤丸、青丸はそれぞれ引抜変位 $\delta=150\text{mm}$ 、 9mm の時の P を示している。それぞれの引抜変位量は、支圧プレート幅（本試験では 300mm ）の 50% および 3% に相当する。 $\delta=150\text{mm}$ 時の P と F_p は、3本の引抜試験でほぼ一致したが、1本の引抜試験では 1.5 倍程度大きな値であった。 $\delta=9\text{mm}$ 時の P は、 F_{pa} の 1.1 倍～ 1.9 倍であった。以上のことから、 $F_s=3.0$ とした場合、 F_p を満たす引抜力は $\delta=150\text{mm}$ と大きな変位量を要するが、 F_{pa} を満たす引抜力は $\delta<9\text{mm}$ で発揮することがわかった。

摩擦単体補強材の $P-\sigma_v$ の関係を図-4 に示す。実線・破線はそれぞれ極限摩擦抵抗力 $F_f^{(3)}$ 、許容摩擦抵抗力 $F_{fa}^{(3)}$ を示している。図中の赤丸・青丸はそれぞれ $\delta=40\text{mm}$ 、 6mm 時の P を示している。 $\delta=40\text{mm}$ 時の P は、全てのケースにおいて F_f の 2 倍以上の値が得られた。同じ盛土材料を用いて室内で行なった摩擦単体補強材の引抜試験で $\delta=40\text{mm}$ 時の P が F_f の 1.3 倍程度であった³⁾のに対し、大きな値が得られた。 $\delta=6\text{mm}$ 時の P も同様に室内で行なった引抜試験では、 F_{fa} の $1.0\sim 1.8$ 倍であったのに対し、 2.8 倍～ 3.5 倍の値と大きな値が得られた。摩擦単体補強材では、 F_f 、 F_{fa} と比べて室内試験では $1.0\sim 1.8$ 倍程度の引抜力であったが、現場引抜試験では 2 倍以上となった。以上のことから、摩擦抵抗力においては、計算値以上の値が十分得られることが確認できたが、室内と現場での引抜試験の結果に大きな差があることから更なる検討が必要であると考えている。

4-2 併用補強材の引抜特性

併用補強材および単体補強材の和の $P-\delta$ の関係を図-5 に示す。単体補強材の和は、摩擦単体補強材と支圧単体補強材の引抜力を足し合わせたものである。赤丸・黒丸は土被り高さ $h=4.8\text{m}$ および 3.6m を示し、実線・破線はそれぞれ単体補強材の和および併用補強材の引抜力を示している。本試験では、同じ土被り高さで各補強材を 2 本ずつの引抜試験を行なった。図中のプロットは、 2 本行なった試験の平均値である。 $0\text{mm} \leq \delta \leq 50\text{mm}$ では、単体補強材の和および併用補強材の引抜力ともに δ の増加に伴い P も増加する傾向が見られ、明確なピーク強度を示さなかった。単体補強材の和と併用補強材の引抜力は、ほぼ一致した挙動を示していることがわかる。

5. まとめ

以下に、現場引抜試験から得られた知見を述べる。支圧単体補強材において、極限支圧抵抗力を発揮するには大きな変位を要するが、許容支圧抵抗力は変位量 9mm 以下（支圧プレート幅の 3% 程度）と小さな変位で発揮することがわかった。摩擦単体補強材の極限および許容摩擦抵抗力はそれぞれ変位量 40mm 、 6mm 程度で十分発揮されることが現場の引抜試験で確認することができたが、室内の引抜試験で得られた引抜力の大きさには差があった。併用補強材および支圧単体補強材と摩擦単体補強材の引抜力の和の挙動は、ほぼ一致した。

【参考文献】1)竹岡・渡辺・小高・中野・野田：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，2009.8，2)FILLWALL 工法協会：FILLWALL 工法設計・施工マニュアル 第2版，3)奥屋・長沼・武藤・小高・中野・野田：摩擦抵抗を発揮する補強材の引抜特性，平成22年度土木学会中部支部研究発表会，2011.3

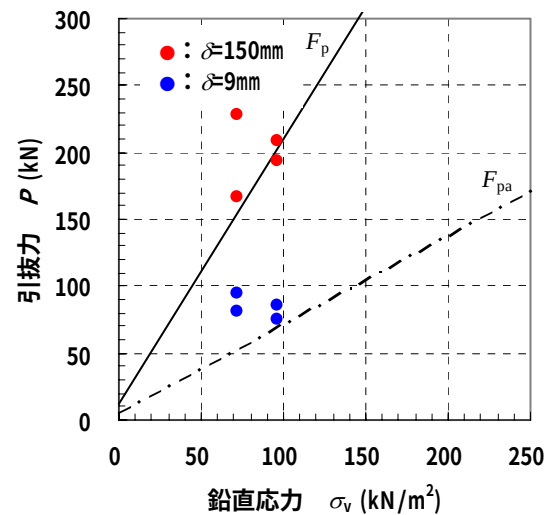


図-3 引抜力と鉛直応力の関係（支圧抵抗）

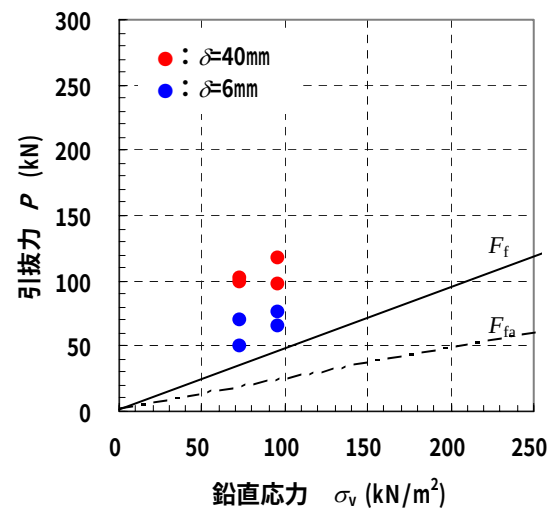


図-4 引抜力と鉛直応力の関係（摩擦抵抗）

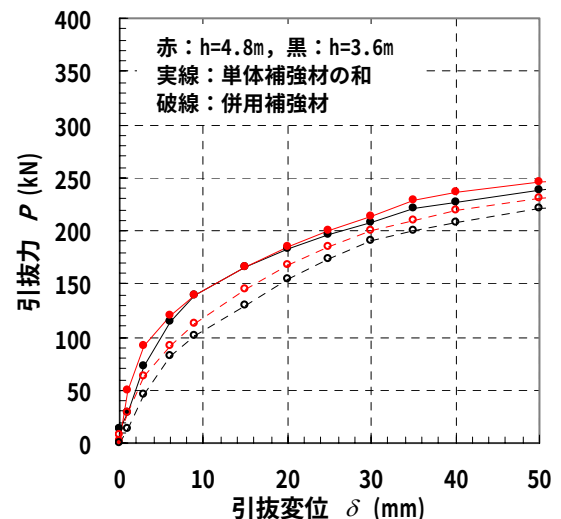


図-5 併用補強材と単体補強材の比較