

締固め度および細粒分含有率がクリンカアッシュに対する  
帯状補強材の土中引抜き抵抗に及ぼす影響

山口大学大学院 学生会員 ○山口恭平  
山口大学大学院 正会員 鈴木素之  
山口大学大学院 学生会員 草野祐樹  
福村拓人(現 復建調査設計)

中国電力 正会員 中下明文 中村芳弘  
復建調査設計 正会員 若槻好孝  
山口大学大学院 正会員 兵動正幸

1. **はじめに** 帯鋼補強土壁工法では鋼製の補強材と土の間の摩擦抵抗が期待できる細粒分含有率の低い砂質土が盛土材として用いられるが<sup>1)</sup>、最近では良質な砂質土の入手が困難になっている。そこで、本研究では砂質土に替わる盛土材として単位体積重量が小さく、かつ、高いせん断強さを発揮するクリンカアッシュの適用性を検討している。本文では、物理特性の異なる2種類のクリンカアッシュに対して、リブ付きストリップの土中引抜き試験を実施し、その結果に基づいてストリップの引抜き挙動ならびに引抜き抵抗に及ぼす細粒分含有率と締固め度の影響について考察する。

2. **補強材の土中引抜き試験方法**

2.1 **クリンカアッシュの物理特性** 表-1に試料土となる6種類のクリンカアッシュと2種類の砂質土試料の物理特性を示す。細粒分含有率 $F_c$ はC.Tを除いて帯鋼補強土壁工法の適用基準<sup>1)</sup>の25%以下である。また、土粒子の密度も一般的な盛土材と比較して小さい。

2.2 **補強材の土中引抜き試験装置<sup>2)</sup>** 本装置は土槽、ストリップ、壁、補強材の引抜き装置、上載圧の载荷装置、引抜き水平変位計、ベロフラムシリンダー、鉛直変位計およびデータ記録装置から構成されている。試験では所定の上載圧 $\sigma$ で圧密した後、一定の $\sigma$ を载荷しながら、土槽内から補強材を一定の引抜き速度で引き抜いた。ストリップはリブ付き帯鋼補強材であり、敷設長35cm、材質SM490に亜鉛メッキを施したものである。

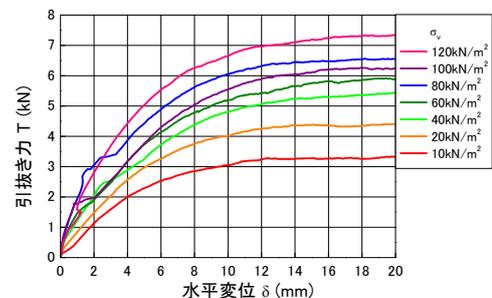
2.3 **試料の調製および締固めによる土層の作成** 試料をバットにあげ、含水比が均一になるよう十分に混合し、締固め時の各層分に小分けした。土槽底面に不織布、ろ紙を設置し、1層ずつ試料を入れ、4kgランマーで突固めによる締固めを行った。5層目充填後にリブ付きストリップを土槽底面から高さ15cmの位置に敷設した。10層目まで充填した後、試料の上面を均し、不織布とろ紙を設置した。その後、載荷板を取り付け、所定の上載圧 $\sigma$ で圧密した後、ストリップの土中引抜き試験を実施した。

2.4 **結果の整理方法** ストリップを土中から水平変位 $\Delta L$ 引抜いた時のストリップの表面積 $A$ と、その時の引抜き抵抗 $\tau$ をそれぞれ式(1)および式(2)により算出した。ここに、 $T$ :引抜き力(kN),  $A$ :ストリップ面積( $m^2$ ),  $B$ :ストリップ幅(m),  $L$ :敷設長(m),  $\Delta L$ :引抜き変位(m)である。

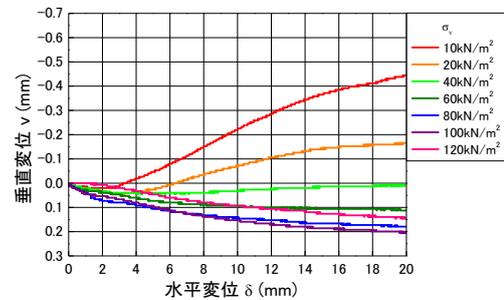
$$\tau = T / (2 \times A) \quad (kN/m^2) \quad (1)$$

表-1 試料土の種類と物理特性

試料名	土粒子の密度( $g/cm^3$ )	細粒分含有率(%)	砂分含有率(%)	礫分含有率(%)
C.O	2.160	14.2	61.6	24.2
C.MI	2.104	14.1	60.1	25.8
C.MA	2.185	7.5	62.9	29.6
C.D	2.222	22.9	54.1	23.0
C.H	2.224	5.5	62.9	31.6
C.T	2.126	26.8	53.5	19.7
千葉山砂	2.719	17.6	14.8	83.8
まさ土	2.620	13.1	50.4	36.5



(a) 引抜き力と水平変位



垂直変位と水平変位

図-1 クリンカアッシュ(C.O)の引抜き挙動

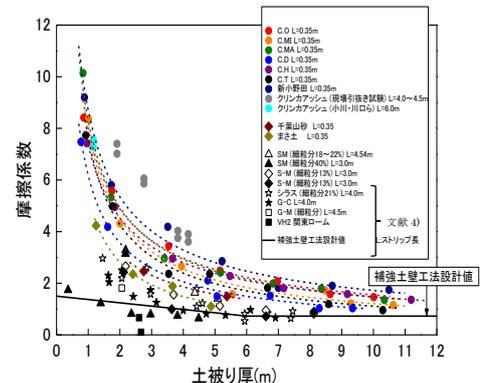


図-2 摩擦係数と土被り厚の関係

$$A = B \times (L - \Delta L) \text{ (m}^2\text{)} \quad (2)$$

**3. 実験結果と考察** 典型的なクリンカアッシュの引抜き挙動として C.O に対する試験結果を図-1 にそれぞれ示す。両図では 10~120kN/m<sup>2</sup> の範囲で変化させた  $\sigma$  ごとに曲線の色を変えている。まず、図-1(a) の引抜き力 T と水平変位  $\delta$  の関係から、T は  $\delta$  が 12mm 付近まで単調増加し、その後は定常状態となっていることがわかる。また、 $\sigma$  が大きいほど、高い引抜き力を示しているが、その傾向が逆転するケースがみられた。図-1(b) に示す垂直変位  $v$  と  $\delta$  の関係から、 $\sigma = 10 \sim 40 \text{ kN/m}^2$  のケースでは引抜き初期に供試体は収縮するが、その後膨張に転じている。これは、密詰め砂の排水せん断特性と似た挙動を示している。一方、 $\sigma = 60 \sim 120 \text{ kN/m}^2$  のケースでは引抜き中に供試体は常に収縮挙動を示している。図-2 に摩擦係数と土被り厚の関係を示す。いずれの試料においても千葉山砂など通常の盛土材以上の高い摩擦係数を示していることがわかる。また、クリンカアッシュの摩擦係数は補強土壁工法の設計マニュアル<sup>1)</sup>に示されている摩擦係数の設計値よりも上回っていることがわかる。特に、土被り厚の小さい範囲でより高い値を示している。これは、クリンカアッシュの引抜き特性が他の盛土材と比較して優れていることを示唆している。このことより、クリンカアッシュの補強土壁工法への盛土材としての利用は摩擦係数の観点から設計上有効であると言える。

次に、図-3、図-4 に  $F_c$  の多い C.D と  $F_c$  の少ない C.MA における締固め度  $D_c$  と最大引抜き抵抗  $\tau_{max}$  の関係をそれぞれ示す。 $F_c$  の多い C.D と比較して、 $F_c$  の少ない C.MA の方が  $D_c$  の増加に伴う  $\tau_{max}$  の増加は顕著である。また、 $\sigma$  が大きい方が  $\tau_{max}$  は大きくなることも確認できた。これらのことから、試料の粒度特性によって最大引抜き抵抗に及ぼす締固め度の影響度合いが異なることがわかった。また、その度合いは上載圧によって異なることがわかった。

図-5、図-6 にそれぞれ  $\tau_{max}$  と  $F_c$  と礫分含有率  $G_c$  の関係を示す。 $\sigma = 20 \text{ kN/m}^2$  の場合、細粒分、礫分の変化に対して最大引抜き抵抗の変化は小さい。一方、 $\sigma = 120 \text{ kN/m}^2$  の場合、最大引抜き抵抗は、細粒分が多くなるほど低下し、礫分が多くなるほど増加している。また、同一の試料 C.T に対して粒度調整を行い、 $F_c$  を人工的に変化させたケースの引抜き試験結果を示しているが、その傾向は異なる試料から得られたそれと整合している。このことから同一の試料すなわち材質が一定の条件においても細粒分含有率が引抜き抵抗の変化要因になっていることがわかる。

#### 4. まとめ

本研究により次の知見が明らかになった。

- ① 物理特性の異なるクリンカアッシュにおいて、砂質土と同等あるいはそれ以上の引抜き抵抗特性を有することが確認された。
- ② 締固め度が高くなるにつれて、最大引抜き抵抗は高くなる。ただし、その増加の度合いは細粒分が少ない試料において高く、細粒分が多い試料において低くなった。

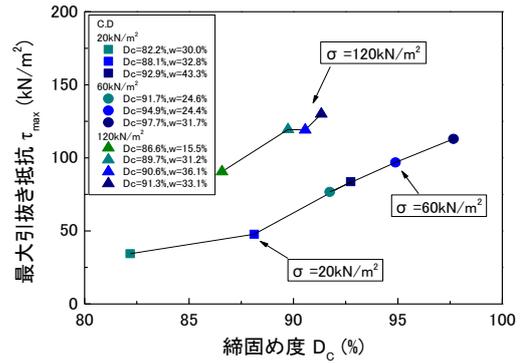


図-3 最大引抜き抵抗と締固め度の関係(C.D)

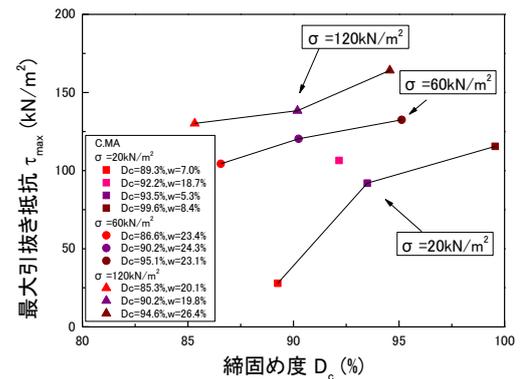


図-4 最大引抜き抵抗と締固め度の関係(C.MA)

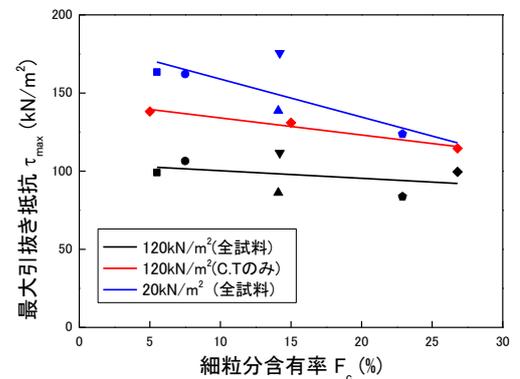


図-5 最大引抜き抵抗と細粒分含有率の関係

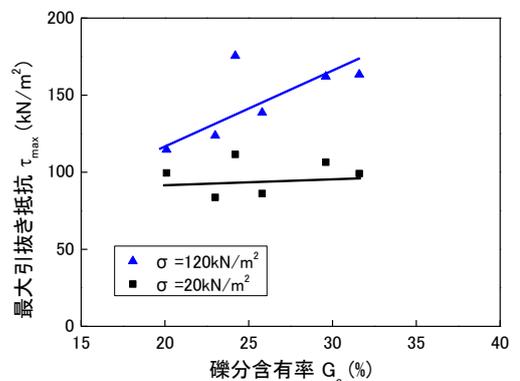


図-6 最大引抜き抵抗と礫分含有率の関係

- ③ 細粒分含有率の高い試料ほど最大引抜き抵抗は小さくなり，礫分含有率の高い試料ほど最大引抜き抵抗が大きくなる傾向があることが分かった．この傾向は上載圧の高い条件で顕著であった．さらに，同じ試料において細粒分含有率を増加させたときも，それに伴って最大引抜き抵抗は小さくなる．

[参考文献] 1) 補強土(テールアルメ)壁工法設計・施工マニュアル第3回改訂版，2003. 2) 鈴木素之他：補強土壁工に用いるクリンカアッシュに対するストリップの引抜き抵抗特性，第47回地盤工学研究発表会，2012. 3) 鈴木素之他：帯鋼補強土壁に用いるクリンカアッシュに対する補強材の引抜き抵抗特性，土木学会平成24年度全国大会第67回年次学術講演会，2012. 4) 橋本良昭：補強土壁に用いるリブ付きストリップの摩擦特性について，土と基礎，Vol.31，No.9，pp.41-46，1983.