

直接せん断試験における補強土壁に用いるクリンカアッシュと補強材間の摩擦特性

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 ○福村拓人 山口恭平

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補強材と盛土材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用いられるが、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、砂質土に代わる盛土材として、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利用に着目した。これまで帯鋼補強材と盛土材の間の摩擦特性は主に土中引抜き試験により検討されている。しかし、盛土中の補強材全体にわたって一様な引抜き抵抗が発生しているのか、引抜き中の補強材と土の接触面の応力状態の変化はどのようになっているのかは不明であった。また、既設の土中引抜き試験機では 120kPa までの上載圧の荷重が試験機の限界であった。そこで、本研究では最大 200 kPa までの垂直応力の範囲において補強材とクリンカアッシュの間の摩擦特性について、せん断箱を改良した一面せん断試験機を用いて検討した。

2. 土と補強材の境界面における一面せん断試験

2.1 クリンカアッシュの物理特性 表-1 に実験に用いたクリンカアッシュの物理特性および締固め特性を示す。細粒分含有率 F_C は、1 試料を除いて、補強土（テールアルメ）壁工法の盛土材の適用基準¹⁾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 試験装置 図-1 に本研究で用いた一面せん断試験装置の模式図を示す。本装置は①供試体（直径 6cm、高さ 1cm）を納める上箱、②平滑鋼製補強材を取り付けた下箱、③垂直力を載荷するペロフラムシリンダー、④せん断面に所定のせん断力を加えるせん断力荷重装置、⑤垂直変位とせん断変位を測定する変位計から構成される。せん断面は補強材と土の境界面となる。

2.3 試験手順 圧密定圧一面せん断試験の手順を以下に示す。

- ① 最大粒径 2mm になるように試料をふるいにかける。
- ② 上箱に投入後、最上面を均す。
- ③ 供試体を入れたせん断箱の上部高さをノギスで 4 か所測定する（偏差 1mm 以内になるよう最上面を平滑化する）。
- ④ ろ紙、ポーラスストーンを順に設置する。

表-1 試料土の物理特性

試料土	土粒子の密度 (g/cm^3)	細粒分(%)	砂分(%)	礫分(%)	最適含水比 (%)	最大乾燥密度 (g/cm^3)
CAO	2.160	14.2	61.7	24.2	29.60	1.140
CAMI	2.104	14.1	60.1	25.8	37.71	1.019
CAMA	2.185	7.5	63.0	29.6	34.74	1.085
CAD	2.222	22.9	54.1	23.0	40.22	0.948
CAH	2.224	5.5	62.9	31.6	34.09	1.102
CAT	2.126	26.8	53.5	19.7	38.46	1.014

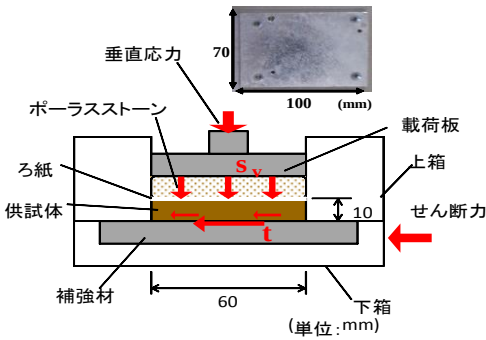


図-1 一面せん断試験装置

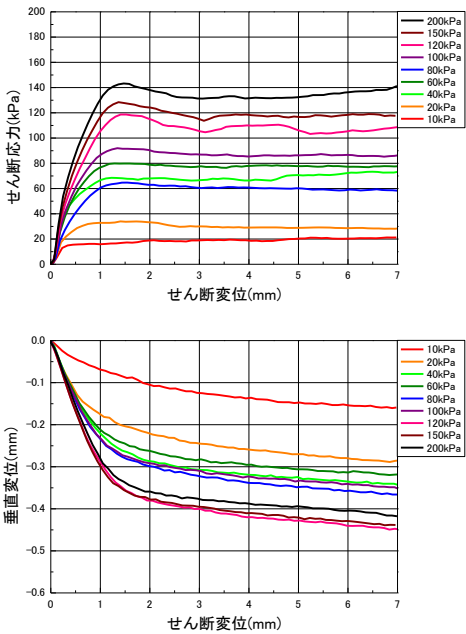


図-2 垂直応力が異なる各ケースのせん断挙動 (C.A.D)

キーワード：補強土、クリンカアッシュ、一面せん断 連絡先：山口大学大学院理工学研究科 鈴木素之
〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 TEL 0836-85-9303, FAX 0836-85-9301

- ⑤ 垂直応力を載荷して，供試体を圧密する．
- ⑥ 圧密終了後，直ちにせん断を開始する．せん断速度は 0.2mm/min とした．

3. 実験結果と考察

図-2 および図-3 にそれぞれ試料 C.A.D および C.A.H のせん断応力，垂直変位とせん断変位の関係を示す．細粒分含有率の多いものが C.A.D と細粒分含有率の少ないものが C.A.H である．いずれの試料においても，せん断応力はせん断の進行に伴ってピークを示した後，若干低下して最終的に定常状態

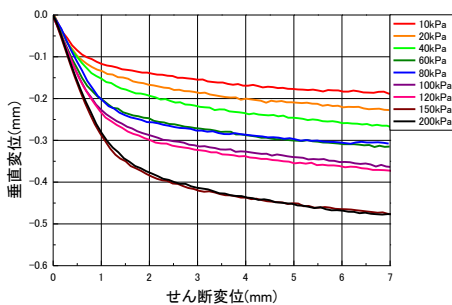
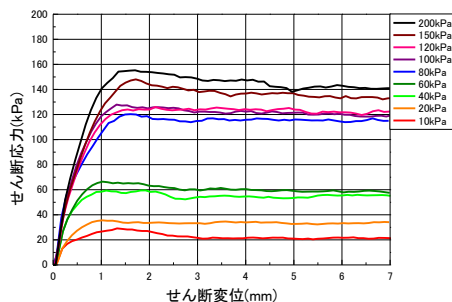


図-3 垂直応力が異なる各ケースのせん断挙動 (C.A.H)

に落ち着いている．せん断応力～せん断変位曲線は，垂直応力の大きさ順に並んでいるが，ある垂直応力の範囲ではその傾向が逆転している．また，細粒分含有率の少ない方が，噛み合わせ効果により高いせん断応力を発揮している．垂直変位とせん断変位の関係では，いずれの試料も垂直応力の大きさによらずせん断中は常に収縮挙動を示している．次に，図-4 および図-5 に各試料のせん断面上の応力経路と破壊線を示す．土が収縮挙動を示すときの典型的な応力経路となっている．両試料の強度定数は $\phi = 35.6^\circ, 39.8^\circ$ となっており，見掛けの粘着力は $c = 26.0 \text{ kPa}, 28.9 \text{ kPa}$ を示している．

図-6(a)および(b)にそれぞれ一面せん断試験および別途実施した土中引抜試験²⁾で得られた摩擦係数と土被り厚の関係を示している．図には全 6 試料のデータをプロットしている．いずれの試料においても設計基準線³⁾よりも高い摩擦特性を示している．また，一面せん断試験の結果は，土中引抜試験の結果と比較して，値としては若干低くなっているが，傾向としてはよく一致している．摩擦係数の値が低くなった理由としては，直接せん断試験では平滑補強材を用いたため，リブの影響が試験結果には現れていないことが考えられる．

4. まとめ

- ① 国内で採取された物理特性の異なるクリンカアッシュにおいても，上載圧レベル，細粒分含有率等によって差はあるものの，設計基準線よりも高い摩擦特性を有することが確認された．
- ② 細粒分含有率の少ない試料ほど，せん断強さが高くなる傾向があることが分かった．この傾向は上載圧が高い条件で顕著であった．
- ③ 一面せん断試験においても鋼材とクリンカアッシュの間の摩擦特性を評価することができたが，その結果にはリブによる効果が含まれていないことに留意する必要がある．

[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，土木学会第 67 回年次学術講演会，2012．

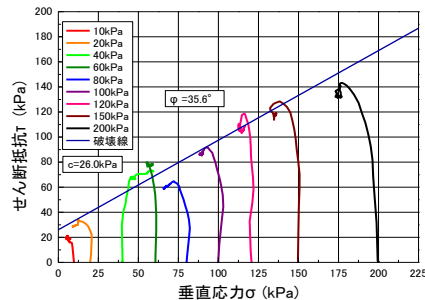


図-4 応力経路と破壊線 (C.A.D)

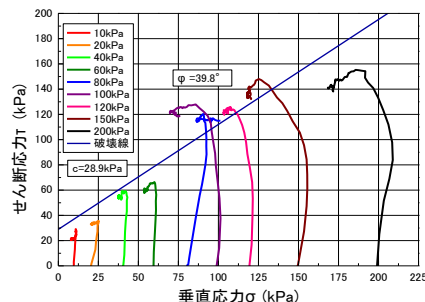
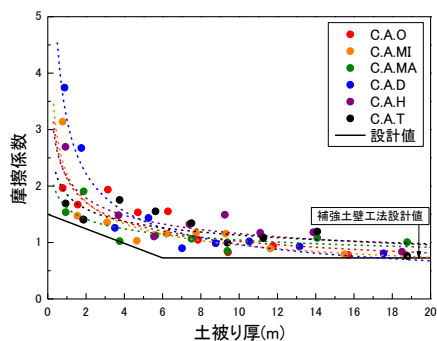
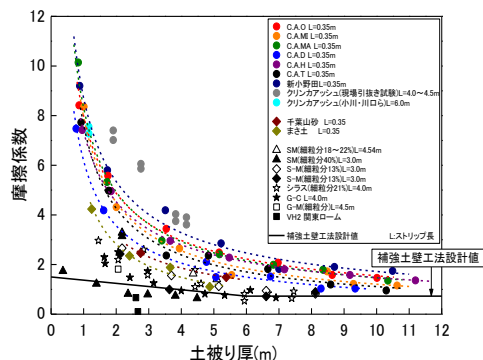


図-5 応力経路と破壊線 (C.A.H)



(a) 一面せん断試験



(b) 土中引抜き試験²⁾