

クリンカアッシュに対するジオグリッド補強材の引抜き特性と 引抜き後の粒度分布（その2）

山口大学工学部 学生会員 ○呉屋港
 山口大学大学院 正会員 鈴木素之
 中国高压コンクリート工業 非会員 中下明文
 中国高压コンクリート工業 非会員 大本尚樹
 復建調査設計 正会員 若槻好孝

1. はじめに

ジオテキスタイル補強土壁の盛土材には細粒分含有率が50%未満の土が適用される¹⁾。しかし、最近では、この適用範囲内の土の入手が困難になっていることに加えて、建設発生土を有効利用することが求められている。そこで、これに代わる盛土材として代表的な化学成分が一般土と差異がなく、単位体積重量が小さく、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²⁾。筆者ら³⁾の研究では、クリンカアッシュに対するジオグリッド補強材の基本的な引抜き特性を明らかにするため、土中引抜き試験装置を用いて、6種類のクリンカアッシュに対して補強材の引抜き試験を実施している。本文では、上載圧が異なる条件の試験結果に基づき、引抜き挙動と引抜き抵抗特性を検討した。また、原粒度および調整粒度試料に対する引抜き試験結果に基づき、試料の粒度特性が引抜き特性に与える影響を検討した。さらに、引抜き試験後の試料に対する粒度試験結果に基づき、補強材の引抜きがクリンカアッシュの粒度分布に及ぼす影響を検討した。

2. 試料土および補強材

本研究に用いた試料はC.O, C.MI, C.D, C.MA, C.H, C.Tの6種類のクリンカアッシュである。表-1⁴⁾にクリンカアッシュの物理特性を示す。いずれの試料も、粒度調整された最大粒径が4.75mm、細粒分含有率が50%未満の土であるので、ジオテキスタイル補強土壁工法の適用範囲である。用いた補強材はジオグリッドであり、破断強度は187kN/mである。なお、C.Hに対してのみ、原粒度試料（最大粒径は26.5mm）を用いた土中引抜き試験を行った。

3. 調整粒度試料を用いたクリンカアッシュに対するジオグリッドの土中引き抜き試験

(1) 土中引き抜き試験装置 本試験装置は上載圧 σ_v の下で補強土壁 リサイクル材料 強度

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院創成科学研究科
鈴木素之 TEL0836-85-9303

表-1 クリンカアッシュの物理特性

試料土	土粒子密度 (g/cm ³)	最大乾燥密度 (g/cm ³)	最適含水比 (%)	細粒分含有率 (%)	砂分含有率 (%)	礫分含有率 (%)	最大粒径 (mm)
C.T	2.126	1.014	38.5	26.8	53.5	19.7	4.750
C.MA	2.185	1.085	34.7	7.5	62.9	29.6	
C.O	2.160	1.140	29.6	8.3	42.3	49.4	
C.MI	2.104	1.019	37.7	14.1	60.1	25.8	
C.H	2.224	1.102	34.1	5.5	62.9	31.6	
C.D	2.222	0.948	40.2	22.9	54.1	23.0	
まさ土	2.619	1.941	11.3	50.4	36.5	13.1	

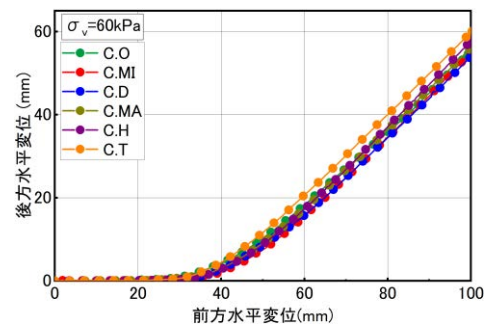


図-1 $\sigma_v=60\text{kPa}$ の場合の後方水平変位と前方水平変位の関係

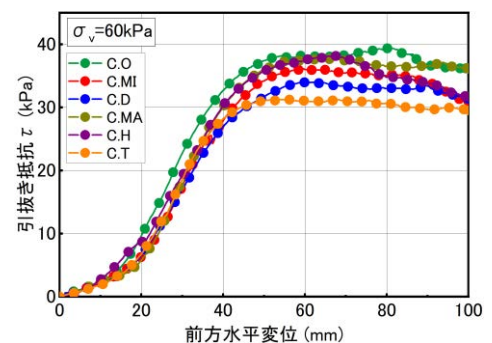


図-2 $\sigma_v=60\text{kPa}$ の場合の引抜き抵抗と前方水平変位の関係

圧密した土槽（長さ 700mm，高さ 200mm，幅 200mm）内の試料土から所定の長さで敷設した補強材を 0.12~1.20mm/min の範囲の引抜き速度で引き抜くことが可能である。

(2) 試験手順 まず，試料土の含水比が 22%になるように含水比調整を行った。次に，調整した試料土を 1 層ずつ充填し，4kg ランマーで所定の締固めを行った。1 層目の充填後に応力集中低減カバーの下蓋を設置し，補強材を敷設し，その上に同カバーの上蓋を設置した。すなわち，補強材は 1 層目と 2 層目の間に敷設されることになる。残りの 3 層も同様に締固め，4 層目まで充填し，最上面を均した。その後所定の σ_v を載荷し，試料を 20 分間圧密し，圧密終了後に引抜き速度 1mm/min で前方引抜き変位が 100mm に達するまで引き抜きを行った。また，原粒度試料を用いた引抜き試験では，ジオグリッドが位置する 1，2 層目に原粒度試料（最大粒径 26.5mm）を詰め，3，4 層目および引抜き口から 220mm の範囲には最大粒径が 4.75mm の試料（以降，調整粒度試料と記す）を詰めた。

(3) 試験条件 調整粒度試料を用いた土中引抜き試験では，ジオグリッドは全面敷設とした（補強材敷設長は 630mm）。目標締固め度は 90%，含水比は 22%， σ_v は 20kPa，60kPa，100kPa の 3 パターンとした。測定項目は前方水平変位，後方水平変位，引抜き力である。また，原粒度試料を用いた引抜き試験は $\sigma_v=60kPa$ の 1 ケースのみ実施した。

(4) 調整粒度試料に対するジオグリッドの土中引抜き挙動

図-1，図-2 にそれぞれ $\sigma_v=60kPa$ の場合の前方水平変位と後方水平変位の関係，引抜き抵抗と前方水平変位の関係を示す。後方水平変位は前方引抜き変位が約 30mm になってようやく発生しはじめ，前方引抜き変位の 3/5 程度の割合で増加している。引抜き抵抗 τ （引抜き力を補強材両面の面積で除したもの）は前方水平変位が約 50mm まで増加して， τ のピーク値は 30~40kPa になるが，それ以降引抜き終了時まで τ の増加はみられなかった。図-3，図-4 にそれぞれ $\sigma_v=100kPa$ の場合の前方水平変位と後方水平変位の関係，引抜き抵抗と前方水平変位の関係を示す。後方水平変位は前方引抜き変位が約 50mm になった時に発生しはじめ，前方引抜き変位の 1/10~1/4 程度の割合で増加している。このことは，ジオグリッドが土層内で引張状態にあることを意味する。C.MI，C.O，C.MA の τ は前方水平変位が 75~85mm で一時的に減少した後，再び増加する挙動を示した。これはジオグリッドを巻き付けた治具に生じた緩みが原因とみられる。なお，ジオグリッドが緊張するまで前方水平変位が増加すると引抜き抵抗は再び増加したので，治具の緩みは引抜き中に解消されたと考えられる。

(5) 引抜き摩擦強さと垂直応力の関係 図-5 に引抜き摩擦強さ τ_{pmax} と σ_v の関係を示す。このときの粘着力 c はゼロとした。引抜き摩擦角 ϕ_p はいずれも盛土の強度定数 ⁵⁾として示されるせん断抵抗角

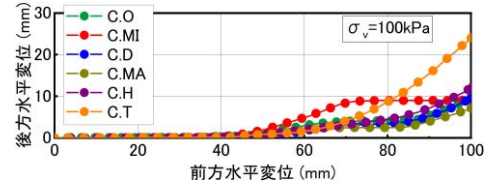


図-3 $\sigma_v=100kPa$ の場合の後方水平変位と前方水平変位の関係

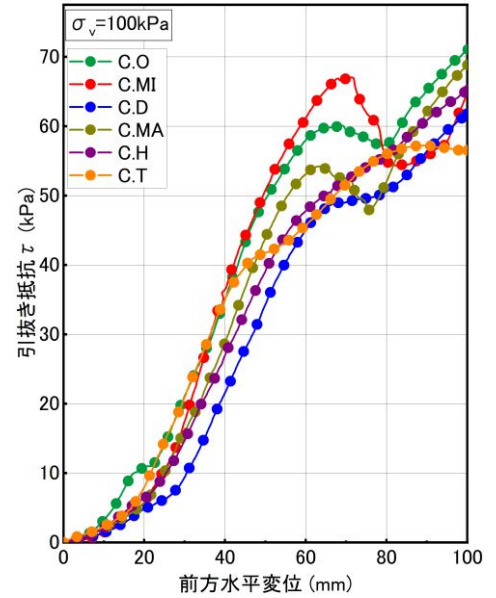


図-4 $\sigma_v=100kPa$ の場合の引抜き抵抗と前方水平変位の関係

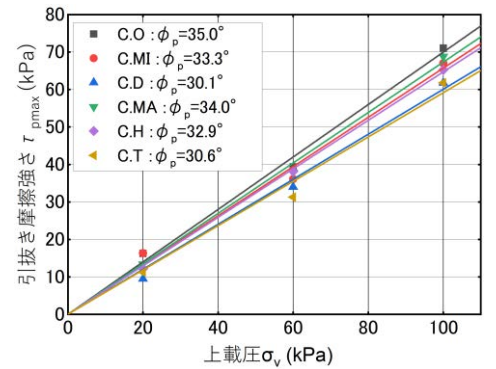


図-5 全試料の上載圧と引抜き摩擦強さの関係

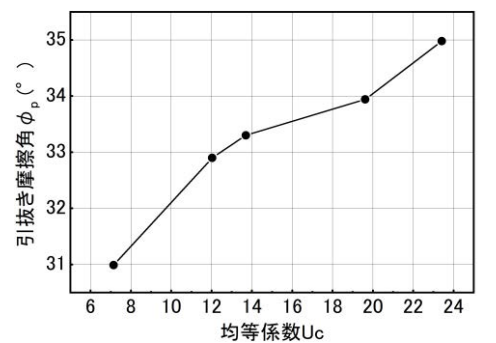


図-6 均等係数 U_c と引抜き摩擦角 ϕ_p の関係

$\phi=30^\circ$ 以上となった。

(6) **均等係数 U_c と引抜き摩擦角 ϕ_p の関係** 図-6 に試料の均等係数 U_c と ϕ_p の関係を示す。 U_c が大きい試料ほど、 ϕ_p の値が大きくなる傾向が認められた。

(7) **原粒度試料に対するジオグリッドの引抜き挙動** 図-7, 図-8 に C.H の調整粒度試料と原粒度試料に対する引抜き試験結果を示す。このときの σ_v は 60kPa である。この 1 試料に対する 1 条件の結果に限られるが、原粒度試料の結果は調整粒度試料の結果と大差がないことが確認された。

4. 引抜きが粒度分布に及ぼす影響

引抜きによる試料の粒度の変化を調べるため、 $\sigma_v=100\text{kPa}$ 下で C.D の調整粒度試料に対する引抜き試験を実施後、補強材周辺から採取した試料に対して粒度試験を行った。図-9 に引抜き試験前後の粒径加積曲線を示しているが、引抜き試験後の粒径加積曲線は上方に幾分シフトしており、わずかに細粒化したことが分かった。

5. まとめ

- ① 上載圧が 60kPa の場合、引き抜きに伴う後方水平変位は前方水平変位の 3/5 程度で、上載圧が 100kPa の場合は、1/4 程度の割合で生じた。これは、上載圧が高いほど、後方水平変位の動き出しが遅く、補強材が土層内で引張られていることを意味する。
- ② 上載圧が 100kPa の下で補強材を引き抜いた際、引抜き抵抗は前方水平変位が 75~85mm 付近で一旦減少した後、再増加する挙動を示した。ただし、引抜き抵抗の一時低下の原因として治具における補強材の緩みが考えられるので、その緩みがなければ、引抜き抵抗は単調に増加する傾向にあると考えられる。
- ③ 引抜き摩擦抵抗はいずれのクリンカアッシュにおいても比較的高く発揮した。
- ④ 均等係数が大きい試料ほど、引抜き摩擦角は増加する傾向にあった。
- ⑤ 今回用いた 1 試料において、原粒度試料の引抜き特性は調整粒度のそれと大差はなかった。
- ⑥ 今回用いた 1 試料において、上載圧が 100kPa の条件での引抜き試験後の粒径加積曲線は幾分上方にシフトし、わずかに細粒化した。

参考文献

- 1) ジオテキスタイル補強土工法普及委員会：ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル 第二回改訂版、(一財)土木研究センター、2013。
- 2) 若槻好孝, 兵動正幸, 吉本憲正, 吉岡一郎, 中下明文, 中村芳弘：クリンカアッシュを盛土材料とした補強土(テールアルメ)壁のストリップの現場引抜き試験, 第 46 回地盤工学研究発表会講演集, pp.509-510, 2011。
- 3) 呉屋港, 鈴木素之, 中下明文, 大本尚樹, 若槻好孝：クリンカアッシュに対するジオグリッド補強材の引抜き特性と引抜き後の粒度分布, 第 57 回地盤工学研究発表会, 2022 (投稿中)。
- 4) 鈴木素之, 松永崇史, 藤田義成, 佃勝二, 及川隆二, 渡辺健一：クリンカアッシュに対するジオグリッドの土中引抜き特性と同補強土壁の内的安定性の検討, 第 13 回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, pp.359-364, 2019。
- 5) 日本道路協会：道路土工, 擁壁工指針, p.66, 2012。

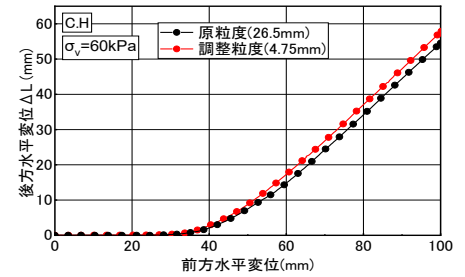


図-7 後方水平変位と前方水平変位の関係

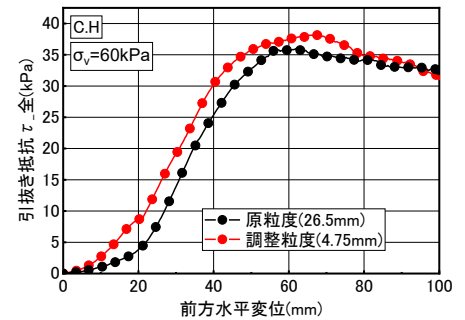


図-8 引抜き抵抗と前方水平変位の関係

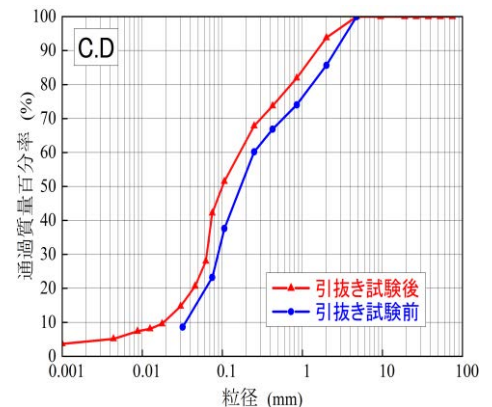


図-9 引抜き試験前後の粒度試験結果の比較