

種々のクリンカアッシュを用いたジオグリッドに対する 土中引抜き試験と一面せん断試験結果の比較

山口大学大学院 学生会員○野村和樹
山口大学大学院 正会員 鈴木素之
中国電力 中本健二
中国電力 佃 勝二
中国電力 渡辺健一

1. はじめに 著者らは、これまでにジオグリッド補強土壁の盛土材として、代表的な化学成分が一般土壌と差異がなく、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適用性について検討している^{1),2)}。本研究では、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抵抗特性を明らかにするため、前報²⁾をふまえて、新規に追加した粒度特性の異なる種々のクリンカアッシュに対するジオグリッドの土中引抜き試験を実施した。また、同じクリンカアッシュを用いて、同じ垂直圧力領域で圧密定圧一面せん断試験を実施し、土中引抜き試験と一面せん断試験から得られた強度定数との比較・検討を行った。

2. 試料土および補強材 試料土は4種類のクリンカアッシュ（以下、C.T、C.MA、C.O、C.MIと略記）である。表-1に試料土の物理特性を示す。細粒分含有率 F_c はC.Tが26.8%、C.MAが7.5%、C.Oが8.3%、C.MIが14.1%であるため、全試料土はジオテキスタイル補強土壁工法の適用範囲内³⁾にある。補強材はジオグリッドで、高強度ポリエステル繊維を芯材、ポリプロピレンを被覆材としている。ジオグリッドの引張切断強度は187kN/m、補強材寸法はストランド幅1mm、格子内寸は30mmとなっている。

3. クリンカアッシュに対する補強材の引抜き試験⁴⁾

(1) 土中引抜き試験装置^{1),2)} 図-1にジオグリッドに対する土中引抜き試験装置を模式的に示す。本試験装置は上載圧 σ_v の下で土槽（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) 試験方法 試料土をバットにあげ、含水比が均一になるように十分に混合し、各層の密度を管理するため、試料土を1層ごとに小分けした。次に、土槽底面にろ紙、不織布を順に敷設した後、調整した試料土を1層ずつ入れ、層ごとに4kgランマーで所定の締固めを行った。1層目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、その上にカバーの上蓋を設置した。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、ろ紙と不織布を敷いた。その後、所定の σ_v を載荷し、試料土を20分間圧密し、圧密終了後に引抜き速度1mm/minで引抜き変位が100mmに達するまで定圧引抜きを行った。

キーワード 補強土、ジオグリッド、引抜き試験

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 TEL:0836-85-9303

表-1 試料土の物理特性と締固め特性

試料土 (調整済み)	土粒子の 密度 (g/cm ³)	細粒分 (%)	砂分 (%)	礫分 (%)	最大粒径 (mm)	最大乾燥 密度 (g/cm ³)	最適 含水比 (%)
C.T	2.126	26.8	53.5	19.7	4.750	1.014	38.5
C.MA	2.185	7.5	62.9	29.6		1.085	34.7
C.O	2.160	8.3	42.3	49.4		1.140	29.6
C.MI	2.104	14.1	60.1	25.8		1.019	37.7

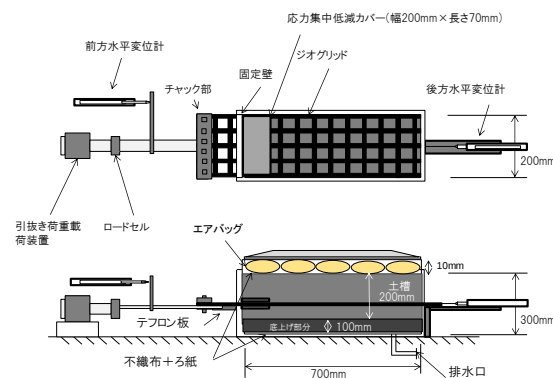


図-1 土中引抜き試験装置（模式図）

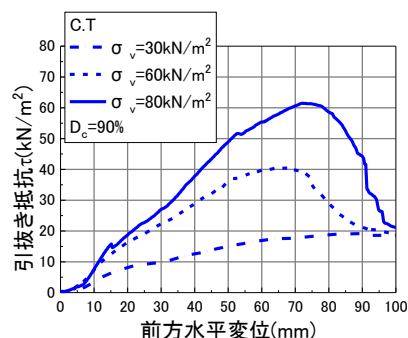


図-2 C.Tの引抜き抵抗と前方引抜き変位の関係

(3) 試験条件 ジオグリッド

は土槽に対して全面敷設した（土層幅に対してストランド5本）。試料土の目標締固め度 D_c は90%, σ_v を30, 60, 80, 100, 120 kN/m²のように変化させた。ただし, $\sigma_v=100, 120$ kN/m²では圧密中にエアバッグが破裂したため, 引抜き試験はできなかった。また, $\sigma_v=60, 80$ kN/m²のどちらも補強材が伸長破断したため, 試験後の観察により補強材の有効面積を計測し, それをもとに引抜き抵抗 τ を算出した。

4. 試験結果 (1) ジオグリッド補強材敷設時の引抜き挙動

図-2～図5にそれぞれ各試料の τ と前方水平変位の関係を示す。C.Tの $\sigma_v=30$ kN/m²のケースを除いて, いずれのケースにおいても, 引抜き抵抗は徐々に増加しピーク値をとり, その後減少している。また, どの試料でも σ_v が高いほど, 高い τ の値を示しており, 拘束圧依存性が認められる。前方水平変位と後方水平変位の関係に関しては, 先行研究²⁾で低い圧力領域(0～10 kN/m²)では後方水平変位は前方水平変位の増分とほぼ同じ生じ, 高い圧力領域では後方水平変位は全く生じず, 補強材が土中で伸長していることがわかっている。

(2) 引抜き摩擦強さと垂直応力の関係 図-6に各クリンカアッシュの引抜き摩擦強さ τ_{pmax} と σ_v の関係を示す。いずれの実測値も近似直線から大きなばらつきがないことがわかる。表-2に土中引抜き試験と一面せん断試験から得られた強度定数の一覧を示す。結果としては, 使用した4試料のうち, 引抜き抵抗は細粒分含有率が14.1%, 礫分含有率が25.8%のC.MIが最も高かった。今後, 粒度特性, 粒子強度による影響を比較・検討する必要がある。なお, 一面せん断試験による内部摩擦角 ϕ_d は土中引抜き試験の ϕ_p よりも高く, クリンカアッシュの一般的な値($\phi=34\sim 40^\circ$)に同等またはそれ以上となった。

5. まとめ 本研究の結果をまとめると次の通りである。①ジオグリッドの引抜き抵抗は, 多くのケースで, ピーク値を迎えた後に減少する挙動を示したが, $\sigma_v=30$ kN/m²ではピークが発現しないケースもあった。②上載圧が比較的高い領域においても, クリンカアッシュは高い引抜き抵抗を発揮した。また, 一面せん断試験の強度定数は土中引抜き試験のそれよりも高く, クリンカアッシュの一般的な内部摩擦角に同等あるいはそれ以上の値を示した。

【参考文献】1) 内川浩樹ほか：ジオグリッド補強土壁に対するクリンカアッシュの適用性に関する実験的検討, 第12回環境地盤シンポジウム, pp.183-188, 2017. 2) 鈴木素之ほか：補強土壁の盛土材に用いる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抵抗特性, 第52回地盤工学研究発表会, pp.1477-1478, 2017. 3) (一財)土木研究センター：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, 2000. 4) (公社)地盤工学会：ジオシンセティックスの土中引抜き試験方法(JGS0942-2009), 地盤材料試験の方法と解説, pp.1058-1068, 2009.

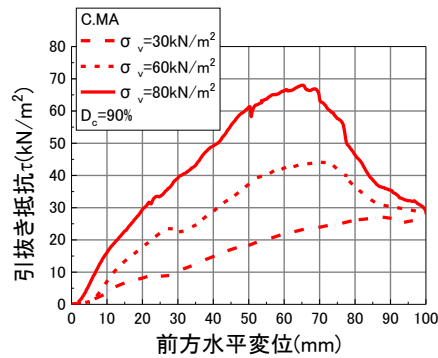


図-3 C.MA の引抜き抵抗と前方引抜き変位の関係

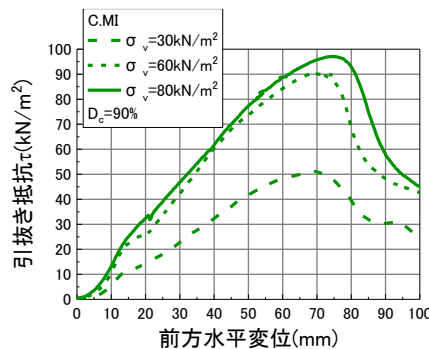


図-5 C.MI の引抜き抵抗と前方引抜き変位の関係

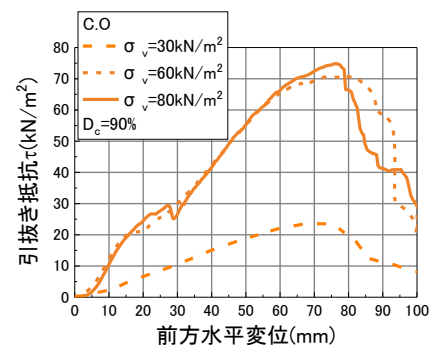


図-4 C.O の引抜き抵抗と前方引抜き変位の関係

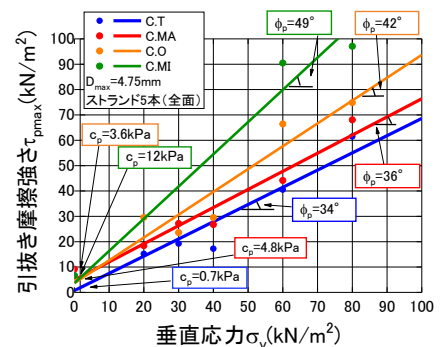


図-6 各クリンカアッシュの引抜き摩擦強さと垂直応力の関係

表-2 土中引抜き試験と一面せん断試験による強度定数の比較

試料土	細粒分 F_c (%)	土中引抜き試験		一面せん断試験	
		粘着力 c_p (kPa)	内部摩擦角 ϕ_p (°)	粘着力 c_d (kPa)	内部摩擦角 ϕ_d (°)
C.T	26.8	0.7	34	16	40
C.MA	7.5	4.8	36	44	39
C.O	8.3	3.6	42	16	45
C.MI	14.1	12	49		