

固定治具を改良したジオグリッドのクレンカアッシュに対する引抜き挙動

山口大学大学院 学生会員○杉山 宙
山口大学大学院 正会員 鈴木素之
中国高圧コンクリート工業 非会員 中下明文
中国高圧コンクリート工業 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

本研究は、ジオテキスタイルを用いた補強土壁の盛土材の代替材料としてのクレンカアッシュの適用性を検証するために、物理的性質が異なるクレンカアッシュに対するジオグリッドの引抜き特性を調べたものである。著者らは、クレンカアッシュに対してジオグリッドの引抜き試験を実施してきたが、ジオグリッドを固定する治具などに技術的課題が残っていた^{1) -3)}。そこで、本研究では、補強材の固定治具を改良した上で、過去の引抜き試験で緩みが生じたケースの再試験を行い、高圧载荷条件での引抜き特性を把握するとともに、原粒度試料と調整粒度試料の引抜き特性の差異について検討した。以下に、その結果と考察を述べる。

2.実験装置および試験手順

本研究に用いた試験装置を図-1に示す。本装置は土槽（長さ700mm、幅200mm、高さ200mm）、補強材、補強材固定治具、応力集中低減カバー、引抜き力用ロードセル、前方水平変位計、後方水平変位計およびデータロガーから構成される。用いた補強材はジオグリッドで、アラミド繊維を高密度ポリエチレン樹脂でコーティングしたものである。基本的な試験手順を以下に記す。①試料を4層分に取り分け、1層ずつ充填し、4kgランマーで所定回数突固める。②1層目の突固め後、応力集中低減カバーの下蓋を設置し、ジオグリッドを敷設する。③応力集中低減カバーの上蓋を設置し、残りの3層を充填・突固めし、上面を平滑にする。④エアバッグ（上載圧 σ_v が80kPa以下の場合に用いる）を加圧することで、所定の σ_v を载荷し20分間圧密する。⑤圧密終了後、引抜き速度1mm/minで前方引抜き変位が100mmに達するまで引抜きを行う。なお、 σ_v が100kPaを超える場合、ペロフラムシリンダーを用いて σ_v を载荷する。また、原粒度試料を使用する場合は、図-2に示すように、土槽の右端から480mmの部分に原粒度試料、土槽の左端から220mmの部分には調整粒度試料を充填する。試料の充填は、ジオグリッドを挟むように1層目と2層目で行い、3層目以降は上記と同様に行う。

試験条件を表-1に示す。補強材の敷設長は土槽の長さから応力集中低減カバーの長さを差し引いた630mmである。試料は火力発電所から採取された4種類

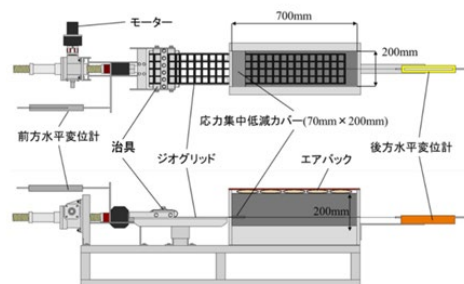


図-1 土中引抜き試験装置（模式図）

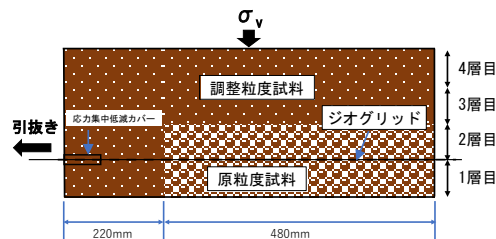


図-2 原粒度試料に対する引抜き試験時の土槽構成模式図

表-1 試験条件

補強材	ジオグリッド
試料土	C.O, C.MI, C.MA, C.H
敷設方法	全面敷設
補強材敷設長	630mm
目標締固め度	90%
原粒度試料の最大粒径	19mm
調整粒度試料の最大粒径	4.75mm
引抜き速度	1mm/min
最大引抜き変位	100mm
上載圧	20, 40, 60, 80, 100, 120kPa

キーワード 補強土工法, 強度, リサイクル材料

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

のクリンカアッシュで、C.O, C.MI, C.MA, C.H と表記した。σ_v は 20, 40, 60, 80, 100, 120 kPa の 6 パターンとした。測定項目は引抜き力、前方水平変位、後方水平変位である。

3. 固定治具の改良

固定治具の改良に関しては、主に治具の軽量化、引抜き方向の直線化、引抜き試験に伴う治具の緩みの解消の 3 点に重きを置き、初期治具から改良型 1, 同 2, 同 3 まで試行錯誤を重ねた。治具の改良の過程を図-3(a)~(d)に示す。なお、図-3(c)と図-3(d)の違いは、ジオグリッドを治具に巻きつける回数が(c)では 1 回で、(d)では 2 回となっており、2 回巻き付ける際の厚みを考慮して、装置に固定するねじの位置を調整した。試料は C.MI を用い、σ_v は 100 kPa に固定し、改良の効果を検証する試験を行った。

4. 実験結果

(1) 治具改良による引抜き試験結果

図-4(a), (b)にそれぞれ各治具を用いたときの引抜き試験の引抜き力 T と前方水平変位の関係、後方水平変位と前方水平変位の関係を示す。改良型 3 の治具では引抜き力のピーク後の低下がみられず、後方水平変位も前方水平変位に追従して増加していた。このことから、改良型 3 を用いることで、治具の緩みが解消されたといえる。

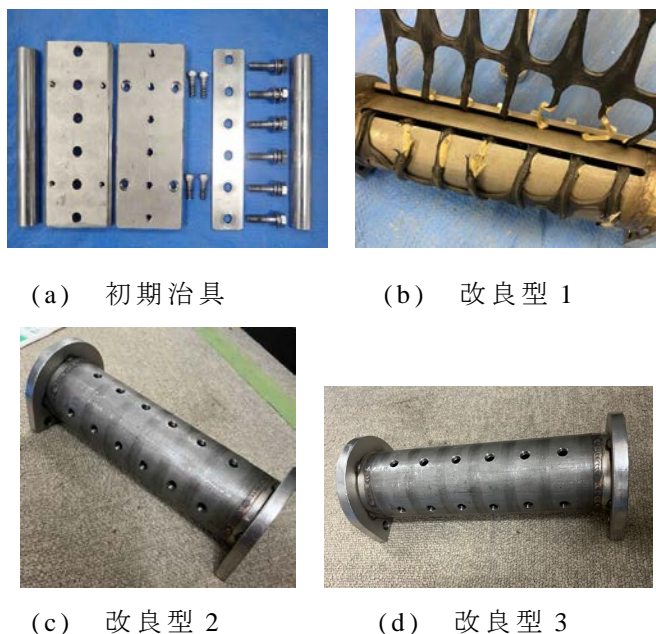
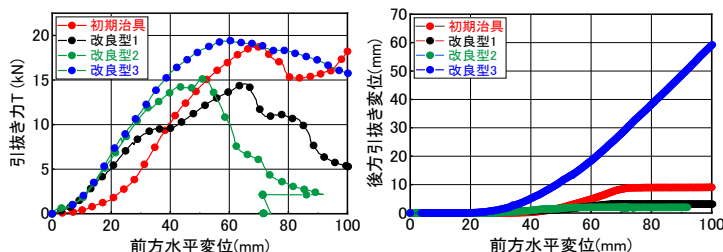


図-3 治具改良の過程



(a) 引抜き力と前方水平変位の関係 (b) 後方水平変位と前方水平変位の関係

図-4 治具が異なる場合の引抜き挙動

(2) 高圧載荷時の引抜き試験結果

図-5(a)~(c)に一例として C.MI における σ_v を変化させた場合の引抜き試験結果を示す。σ_v が高いほど、引抜き力 T, 引抜き抵抗 τ (T を補強材の断面積の 2 倍で除したもの) は大きくなっている。後方水平変位は前方水平変位に追従して増加し、その変化率は 1.0 程度であるので、補強材は土中で引張られていないとみられる。σ_v が大きくなるにつれて後方水平変位が生じる前方水平変位が大きくなる。これは前方変位が生じるまでジオグリッドは引張られ、それ以降、その状態のまま引抜きが起こることを意味する。

(3) 原粒度試料による引抜き試験結果

図-6 に C.MI の原粒度試料と調整粒度試料に対する引抜き試験結果を示す。後方水平変位と前方水平変位の関係においては、σ_v=100 kPa を除いて原粒度および調整粒度試料はほぼ同じ挙動を示した。引抜き抵抗と前方水平変位の関係においては、いずれの σ_v においても、両者は異なる挙動を示した。特に σ_v=100kPa の原粒度試料の場合、引抜き抵抗のピーク値からの大幅な低下がみ

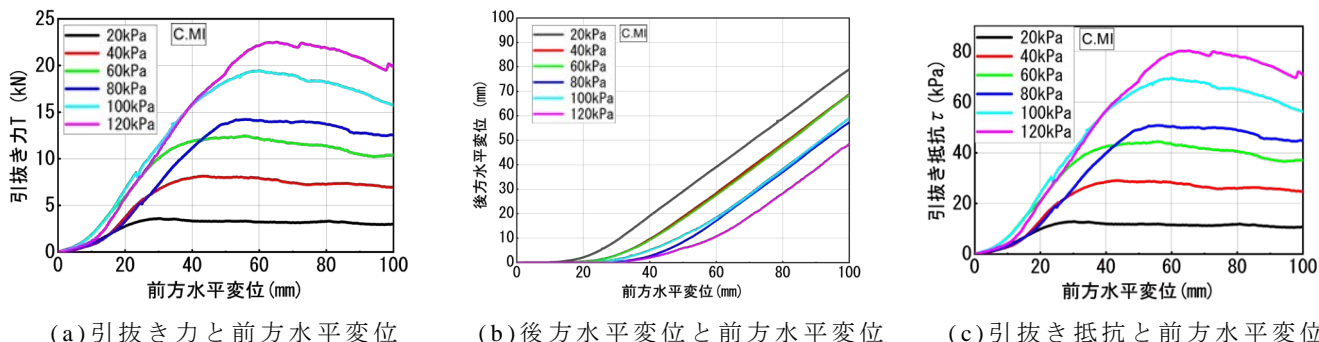
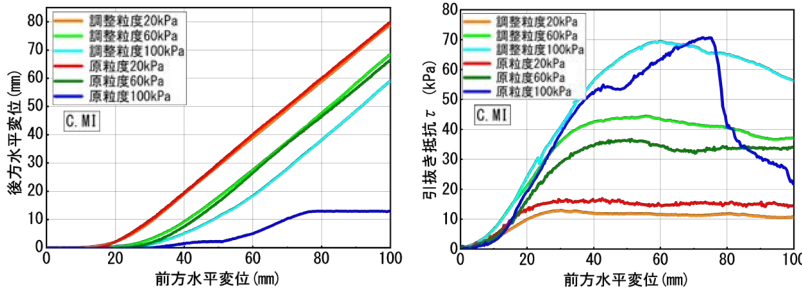


図-5 C.MI における上載圧が異なる場合の引抜き試験結果



(a)後方水平変位と前方水平変位 (b)引抜き抵抗と前方水平変位
 図-6 CMIの原粒度および調整粒度試料に対する引抜き試験結果

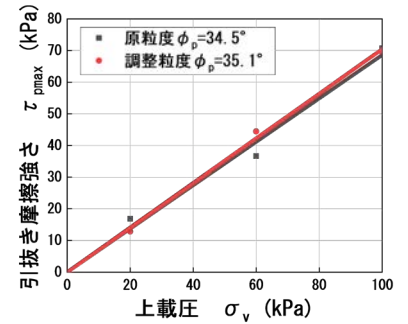


図-7 C.MIにおける原粒度試料と調整粒度試料の引抜き摩擦強さと上載圧の関係

られた。これは図-6(a)から分かるように後方水平変位が引抜きの途中からほぼ一定となり、補強材の引張による破断が生じたためである。図-7に両試料の強度定数を示しているが、両試料の引抜き摩擦角 ϕ_p に大差がないことから、今回の試験に限れば、試料の最大粒径の影響はそれほど大きくないといえる。

(4)引抜き摩擦強さと上載圧の関係

図-8に各調整粒度試料の引抜き摩擦強さ τ_{pmax} と σ_v の関係を示す。C.O, C.MI, C.MAのすべての試料の引抜き摩擦角 ϕ_p は 30° 以上で、そのうちC.MI, C.MAの ϕ_p は 35° 程度となった。このことから、ジオグリッドを用いた補強土壁の盛土材の代替材料としてクリンカアッシュの適用が可能であるといえる。

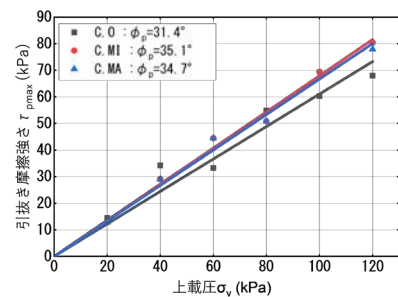


図-8 各調整粒度試料の引抜き摩擦強さと上載圧の関係

5. まとめ

本研究の結果を以下にまとめる。

- 1) 治具の改良によって引抜き力のピーク時からの低下がなくなり、かつ、後方水平変位は前方水平変位に追従して増加していたことから、治具の緩みは改善された。
- 2) 高圧載荷時の引抜き試験では、前方水平変位に追従するように後方水平変位は発生しなかった。これは引抜き力の増加に起因するもので、補強材が土中で引張られていることを示唆している。今後は、補強材長を短くする等の工夫が必要といえる。
- 3) 原粒度試料と調整粒度試料の間に大きな強度差はみられず、試験における調整粒度は妥当といえる。
- 4) 全試料に関して引抜き摩擦角が 30° 以上の結果が得られたことから、ジオグリッドを用いた補強土壁の盛土材としてクリンカアッシュの適用は可能である。

謝辞：本研究で使用した実験材料の一部は前田工織（株）より提供いただいたものである。ここに記して謝意を表す次第である。

参考文献

- 1) 鈴木素之, 草野佑樹, 中下明文, 佃 勝二, 中村芳弘：ジオテキスタイル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, 第11回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, pp.219-224, 2015.
- 2) 呉屋港, 鈴木素之, 中下明文, 大本尚樹, 若槻好孝：クリンカアッシュの物理的性質に着目したジオグリッド補強材の土中引抜き特性, 第15回地盤改良シンポジウム論文集, pp.415-418, 2022.
- 3) 杉山宙, 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の補強材としての性能に関する研究, 第58回地盤学会研究発表会, 2023（投稿中）。