

盛土材の細粒分含有率とチェーン補強材の引抜き抵抗に関する実験的研究

京都大学大学院
昭和機械商事(株)
京都大学大学院

学生会員
正会員
正会員

○仲井 春日, 澤村 康生
北村 明洋
木村 亮

1. はじめに

チェーンウォール工法は、チェーンを補強材として土中に敷設することによって盛土を一体化し安定を図る補強土工法である。チェーンは帯鋼や他の補強材と比べて大きな引抜き抵抗力を有することが室内引抜き試験、および現場引抜き試験から実証されている¹⁾。加えて、チェーンは軽量であるため人力で運搬、据付けが可能であり、大型部材がないため、仮設道路を建設する必要が無く、経済性に優れているなどの特徴がある。一般的に補強土工法において用いられる盛土材は、定性的に細粒分(土粒子の粒径が75 μm未満のもの)含有量が多くなるほど壁面変位が大きくなること分かっている²⁾。そのため、チェーンウォール工法では使用する盛土材の細粒分含有率を40%以下と定めているが³⁾、細粒分含有率に着目して検討がなされた例はない。そこで本研究では、細粒分含有率Pとチェーンの引抜き抵抗力の関係を明らかにすることを目的に、人工的に細粒分の異なる試料を作製してチェーンの引抜き実験を実施した。

2. 実験概要

本実験で使用した引抜き実験装置(図1)¹⁾の土槽は、高さ、幅、奥行き各500 mmの立方体であり、上部より空気圧によって上載荷重を載荷できる。引抜き試験はチェーンを1 mm/minの定速度で最大引抜き量50 mmまで行った。本実験では、珪砂6号(P=3%)とカオリン粘土(P=100%)を混合して、細粒分含有率Pの異なる試料を作製し、載荷圧を30 kPa、90 kPa、150 kPaの条件下で、チェーンの引抜き試験を行った。地盤作製においては、道路工事における現場の管理基準⁴⁾である締固め度90%以上を参考にして、締固め度90%になるように締固めを行った。

また、本研究で用いた試料だけで細粒分含有率による影響を評価することは難しいため、様々な自然材料で実施されたケース⁵⁾も含めて考察を行った。表1に、本実験で用いた試料と、比較する自然材料の物理特性を示す。また、図2に本研究で行った実験の地盤材料と自然材料の粒径加積曲線を合わせて示す。

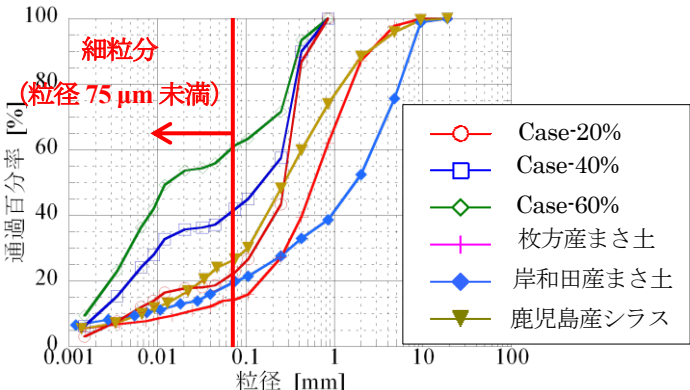
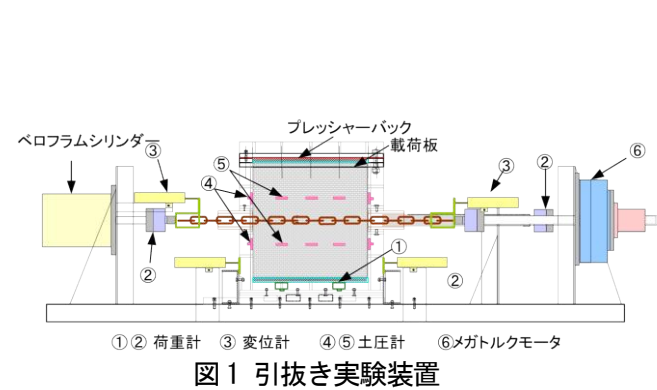


表 1 本研究で用いた試料と既往の研究で用いた試料の物理特性

	Case-20%	Case-40%	Case-60%	枚方産まき土	岸和田産まき土	鹿児島産シラス
	珪砂 6 号:80% カオリン:20%	珪砂 6 号:60% カオリン:40%	珪砂 6 号:40% カオリン:60%	細粒分含有率 14%	細粒分含有率 19%	細粒分含有率 25%
ϕ [°]	32.9	36	31.5	38	35.8	37.4
c [kN/m ²]	16.8	26.6	37.2	0.8	13.1	3.7

キーワード 補強土, チェーンウォール工法, 引抜き抵抗, 細粒分含有率
連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 京都大学大学院工学研究科 TEL 075-383-3161

3. 実験結果

図3に引抜き試験の結果を示す。横軸に載荷圧、縦軸にそれぞれの載荷圧における最大引抜き力を表している。本実験における Case-20 %のみ、載荷圧 90 kPa で最大引抜き力が最も大きくなったが、概ね載荷圧が大きくなるにつれて最大引抜き力も大きくなる傾向にあることが分かる。また、本実験ケースでは、自然材料のケースと比べて、全体的に最大引抜き力が小さくなった。これは、本実験で用いた試料は最大粒径が 1 mm 程度であり、 D_{50} も 0.3 mm 以下と、自然材料に比べて粒径が小さいことが理由であると考えられる。細粒分含有率に着目すると、載荷圧 30 kPa や 90 kPa の場合ではバラつきがあるものの、載荷圧 150 kPa の場合では3ケースの値に違いが見られず、細粒分含有率による明確な相関関係は見られなかった。このことから、細粒分含有率だけではなく、試料の最大粒径や、 D_{50} についても考慮して検討を行う必要があると考えられる。自然材料のケースでは、岸和田産まき土(P=19 %)の最大引抜き力が最も小さい。岸和田産まき土は実験で用いた試料と同様、比較的大きな粘着力を有していることから、c- ϕ 材 では引抜き力が下がる可能性があると考えられる。

次に、チェーンウォール工法の設計の概念を取り入れて結果を整理した。チェーンウォール工法の設計では、チェーンの引抜き抵抗力を式-1³⁾のように表す。

$$R_{fi} = \alpha \times \pi B \times L \times \sigma_{vi} \times \tan \varphi \quad (\text{式-1})$$

R_{fi} : i 段目のチェーン1本当り、1m 当りの引抜き抵抗力 [kN/m/本] α : 摩擦補正係数

B : チェーンのリンク幅 [m]

L : チェーンの単位長 (=1m)

σ_{vi} : i 段目のチェーン位置における鉛直応力 [kN/m²]

φ : 内部摩擦角 [°]

この摩擦補正係数 α を、鉛直土圧 100 kPa によって正規化したものを正規化摩擦補正係数 α_0 といい、式-2⁴⁾で表される。

$$\text{正規化摩擦補正係数}(\alpha_0) = \text{摩擦補正係数}(\alpha) \times \left(\frac{100}{\sigma_{vi}} \right)^{0.6} \quad (\text{式-2})$$

正規化摩擦補正係数 α_0 と載荷圧の関係を図4に示す。既往の研究¹⁾から正規化摩擦補正係数 α_0 は載荷圧によって変化せず一定の値を示し、粒径が大きいほど値も大きくなる傾向にあることが分かっている。しかし、本実験ケースでは、載荷圧によって α_0 にバラつきがあり、それぞれ α_0 の平均値をとってみても、3 ケースの値に大きな差は見られず、細粒分含有率との相関関係は見られなかった。式-1 では内部摩擦角のみを考慮しており、粘着力の影響を考慮していない。本実験で用いた試料のような c- ϕ 材では、粘着力がどの程度影響するのか今後検討する必要があると言える。

4. 今後の課題と展望

本実験では、珪砂6号とカオリン粘土を混合し、細粒分含有率の異なる試料で引抜き試験を行ったが、全体的に引抜き抵抗は小さく、各ケース間で明確な差は見られなかった。引抜き抵抗は細粒分含有率だけではなく、最大粒径や D_{50} にも影響されると考えられる。今後は、試料の最大粒径や D_{50} にも考慮して実験を行う必要がある。

【参考文献】 1) 北村明洋, 福田光治, 木村亮: チェーンを補強材とする補強土壁の開発, 地盤工学ジャーナル, Vol.3, No.3, pp.273-285, 2007. 2) 社団法人 地盤工学会: 補強土入門, 丸善, 1999. 3) 昭和機械商事 株式会社: チェーンウォール工法設計マニュアル, 2006. 4) 社団法人 日本道路協会: 道路土工 盛土工指針, 2010. 5) ジオテック・トランスファー株式会社: チェーン引抜き試験結果報告書, 2009.

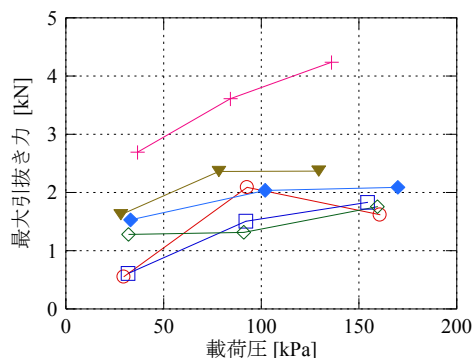


図3 最大引抜き力

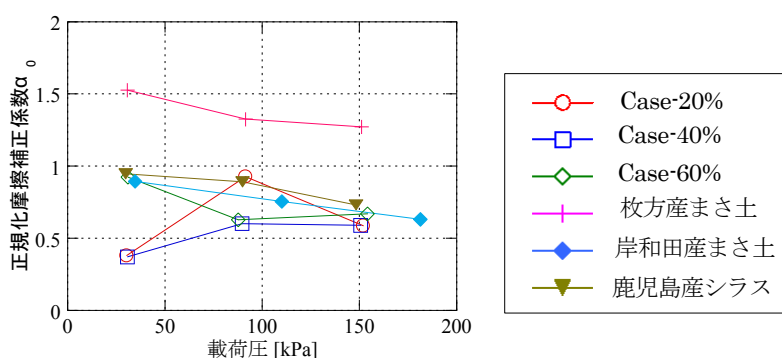


図4 正規化摩擦補正係数 α_0