

人工的に作製した細粒分含有率の異なる地盤材料を用いたチェーン補強材の引抜き実験

京都大学大学院 学生会員 ○仲井 春日, 澤村 康生
昭和機械商事(株) 正会員 北村 明洋
京都大学大学院 正会員 木村 亮

1. はじめに

チェーンウォール工法とは, 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が知られている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⁾, 細粒分含有率とチェーンの引抜き抵抗力の関係に着目して検討がなされた例は少ない⁴⁾. そこで本研究では, 細粒分含有率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

本実験は, 高さ, 幅, 奥行き各 500 mm の立方体の土槽を用いてチェーンの引抜き試験を実施した. 引抜き速度は 1 mm/min とし, 最大引抜き量を 50 mm とした. 実験試料の作製に当たっては, 粒度分布の異なる 4 つの試料(平均粒径が大きい順に, 珪砂 1 号, 珪砂 3 号, 珪砂 6 号, カオリン粘土)を混合し, 細粒分含有率と 80% 粒径の異なる試料を作製した. 表 1 に本実験で用いた試料の物理特性, 図 1 に粒径加積曲線をそれぞれ示す. 地盤作製時には, 道路工事における現場の管理基準⁵⁾が締固め度 90 %以上であることを参考に, 締固め度が 90 %になるように締固めを行った. また, それぞれのケースについて, 載荷圧を 30 kPa, 90 kPa, 150 kPa とした 3 種類の実験を実施した.

表 1 実験ケースと物理特性

	細粒分 含有率 P [%]	80%粒径 D ₈₀ [mm]	内部 摩擦角 ϕ [deg]	粘着力 c [kPa]
Case-1	20	0.4	32.9	16.8
Case-2	40	0.4	36.0	26.6
Case-3	60	0.3	31.5	37.2
Case-4	20	3.0	46.6	54.4
Case-5	40	2.4	42.8	40.2
Case-6	60	2.3	28.6	56.9

3. 実験結果

図 2 に引抜き試験の結果を示す. 同図は横軸に載荷圧, 縦軸にそれぞれの載荷圧における最大引抜き力を示している. 平均粒径 D_{80} が 0.3mm~0.4mm である比較的粒径の小さいケース (Case-1~3) に着目すると, 載荷圧 30kPa や 90kPa の場合ではバラつきがあるものの, 載荷圧 150kPa の場合ではケース間の違いが見られず, 細粒分含有率と最大引抜き力に明確な相関関係は見られなかった. 一方, 平均粒径 D_{80} が 2.3mm~3mm である比較的粒径の大きいケース (Case-4~6) では, 粒径の細かいケースと比較して全てのケースで引抜き力が大きくなった. また, 細粒分含

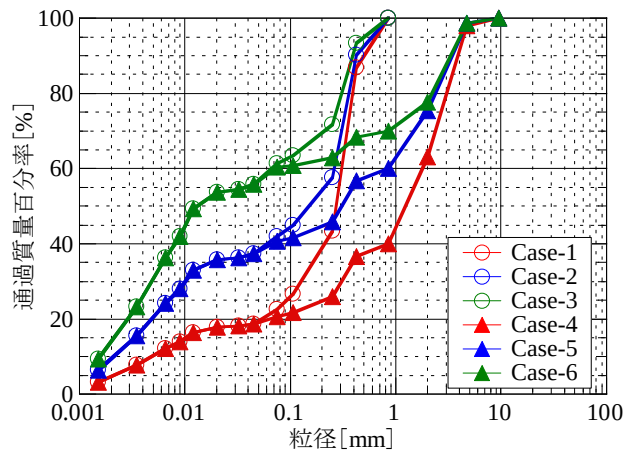


図 1 粒径加積曲線

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

有率に着目すると、細粒分含有率が小さいケースほど、大きな引抜き力を示す結果となった。これらの結果より、細粒分含有率の影響は、最大粒径が 1 mm を超えるような試料に対してより顕著であると言える。

つぎに、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する。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-1)³⁾のように表している。

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

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/m ²]	ϕ	: 内部摩擦角 [°]

(式-1)における摩擦補正係数 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、(式-2)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 3 に示す。既往の研究より、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、粒径が大きいほどその値も大きくなる傾向にあることが示されている¹⁾。本実験結果においても、既往の研究と同様、粒径が大きい Case-4～6 の方が α_0 の値が大きくなる傾向を示している。一方、Case-5 よりも Case-6 において α_0 が大きくなった理由としては、内部摩擦角と粘着力が大きく影響している。(式-1)に示す現行の設計においては、内部摩擦角の影響のみを考慮しており、粘着力の影響を考慮していない。このため、Case-5 のように、内部摩擦角が小さいが粘着力の大きな試料においては、引抜き力が小さいにも関わらず、摩擦補正係数 α 、および正規化摩擦補正係数 α_0 を過大に評価する可能性があることがわかる。

4. 今後の課題と展望

本研究では、人工的に作製した地盤材料を用いてチェーンの引抜き試験を実施したが、今後は自然材料についても引抜き実験を行い、引抜き抵抗と地盤の物理特性の関係を検討する必要がある。また、本実験で用いたような粘着力を有する材料についても、設計における定式化を検討する必要がある。

【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) 仲井春日, 澤村康生, 北村明洋, 木村 亮: 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, 土木学会第 67 回年次学術講演会, pp.573-574, 名古屋市, 2012.9. 5) 社団法人 日本道路協会: 道路土工 盛土工指針, 2010.

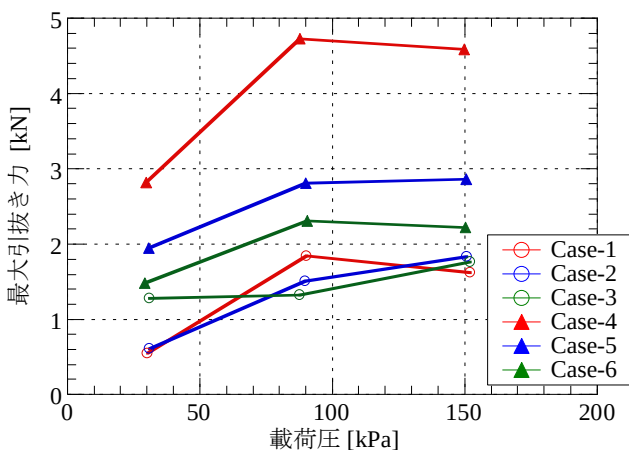


図2 最大引抜き力

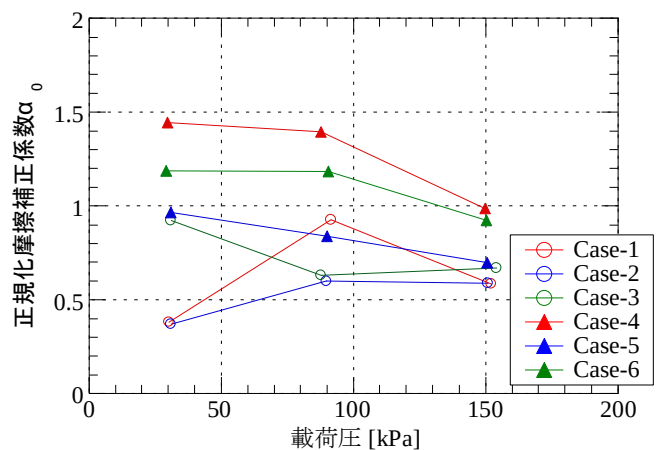


図3 正規化摩擦補正係数 α_0