

帯鋼補強材の土中引抜き試験における土槽サイズの相違の影響

山口大学大学院 学生会員 ○藤田義成
 山口大学大学院 正会員 鈴木素之
 ヒロセ補強土(株) 正会員 佐原邦朋

1.はじめに 現在,国内における帯鋼補強土壁工法の盛土材の使用条件は細粒分含有率 F_c が 25 %以下と定められているが¹⁾,補強材の引抜き抵抗の確認には,大型の引抜き試験機を用いた室内での土中引抜き試験や油圧ジャッキを用いた現場での引抜き試験などが実施されている.これらの試験は費用や時間の問題から必ずしも容易に行えない.そこで,筆者らが開発した小型試験機^{2),3)}を使用して補強材(以下,ストリップと記す)の引抜き試験を実施し,既存の中型試験機⁴⁾の結果と τ の挙動および換算土被り厚さ h に対する見かけの摩擦係数 f の比較・検討を行った.

2.小型および中型引抜き試験 表-1 に本研究で用いた試料土の物理特性と締固め特性を示す.試料土は豊浦標準砂とつくばまき土である.豊浦標準砂とつくばまき土の F_c はそれぞれ 0 %, 22.7 %であり, $F_c=25$ %以下であるので,本工法の盛土材として適用可能である.

次に,土中引抜き試験方法について説明する.表-2 に小型および中型引抜き試験機の土槽内寸法および体積を示す.まず,小型試験機(図-1)^{2),3)}では土槽に4層分に小分けした試料を一層ずつ投入し,その都度 1.5 kg ランマーを使用し各層 48 回の締固めを行った.この際,2層目と3層目の間にストリップを敷設した.土層作製後,載荷版をセットし,荷重計と変位計を取り付け,所定の上載圧 σ_v となるようにラチェットを用いて手動で上載荷重をかけて圧密した後,1.0 mm/min の引抜き速度でストリップを手動で引き抜いた.

他方,中型試験機では土槽に10層分に小分けして試料を4.0 kg ランマーを使用し一層あたり42回の突き固めを行った.5層目と6層目にストリップを敷設した.その後,載荷版をセットし,所定の σ_v をかけて一定時間の圧密をした後,モーターを用いて1.0 mm/min の引抜き速度でストリップを引き抜いた.

表-1 本研究で用いた試料の物理特性と締固め特性

試料名	つくばまき土	豊浦標準砂	
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.642	2.677	
粒度 (%)	礫分	33.2	0.0
	砂分	44.1	100.0
	細粒分	22.7	0.0
自然含水比 w (%)	8.30	0.97	
最適含水比 w_{opt} (%)	9.30	最大間隙比 e_{max}	0.998
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.973	最小間隙比 e_{min}	0.635

表-2 小型および中型試験機の土槽内寸法および体積

試験機	長さ (cm)	高さ (cm)	幅 (cm)	体積 (cm ³)
小型	30	11.5	10	3450
中型	70	30	20	42000

表-3 豊浦標準砂の試験ケース

Test No.	試験機	σ_v (kN/m ²)	D_r (%)
1-1	小型	25	89
1-2		50	89
1-3		100	89
2-1	中型	25	88
2-2		50	88
2-3		100	87

表-4 つくばまき土の試験ケース

Test No.	試験機	σ_v (kN/m ²)	D_c (%)
3-1	小型	25	88
3-2		50	88
3-3		85	87
4-1	中型	25	88
4-2		50	88
4-3		85	88

キーワード 補強土壁, 引抜き試験, 土槽サイズ

連絡先 〒755-8611 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

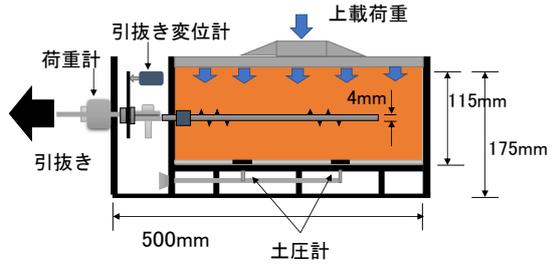
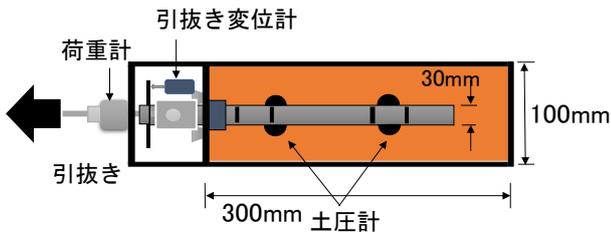


図-1 小型試験機模式図(左:上面図, 右:側面図)

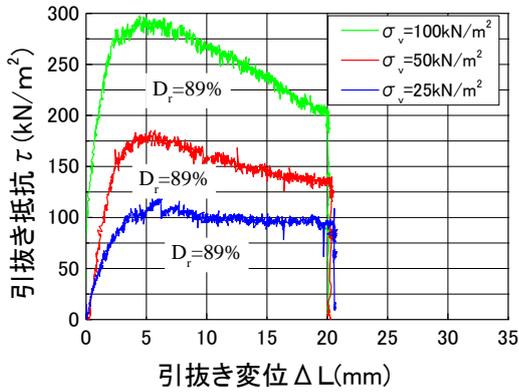


図-2 豊浦標準砂の引抜き抵抗と引抜き変位の関係(小型引抜き試験)

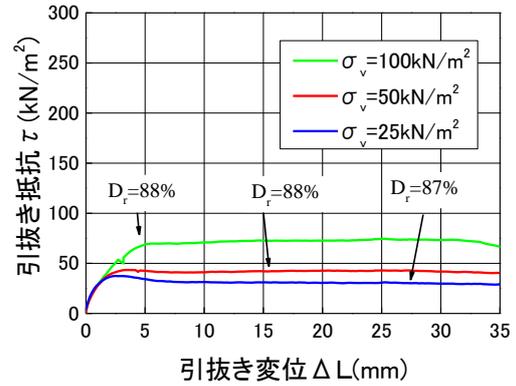


図-3 豊浦標準砂の引抜き抵抗と引抜き変位の関係(中型引抜き試験)

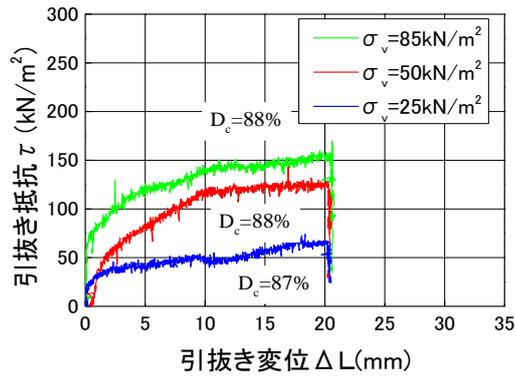


図-4 つくばまさ土の引抜き抵抗と引抜き変位の関係(小型引抜き試験)

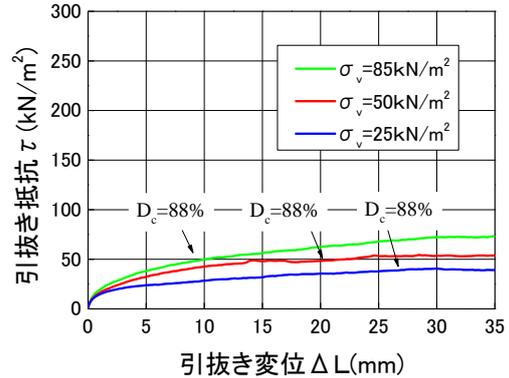


図-5 つくばまさ土の引抜き抵抗と引抜き変位の関係(中型引抜き試験)

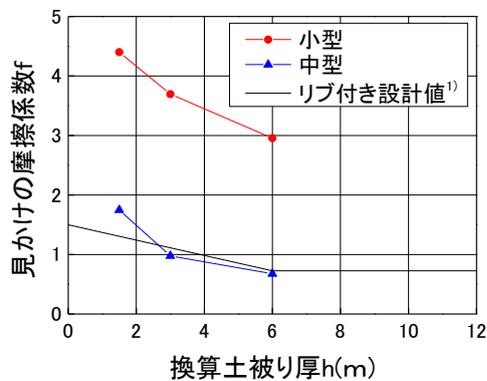


図-6 豊浦標準砂の見かけの摩擦係数と換算土被り厚の関係

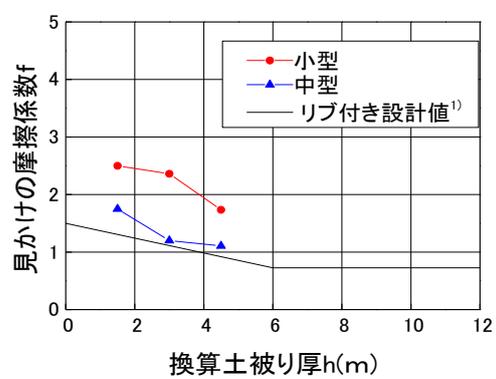


図-7 つくばまさ土の見かけの摩擦係数と換算土被り厚の関係

3. 引抜き試験結果と考察

表-3 に豊浦標準砂を用いた試験ケース，表-4 につくばまき土を用いた試験ケースをそれぞれ示す．また，図-2～5 に引抜き抵抗 τ と引抜き変位 ΔL の関係を示す．豊浦標準砂の場合，小型および中型試験機では ΔL が 5.0 mm 程度で τ がピーク値をとった後， ΔL の増加に従い減少していく挙動が認められた．また，つくばまき土の場合， ΔL の増加に伴い， τ は単調に増加していく挙動が確認された．また， σ_v の増加に伴って最大引抜き抵抗 τ_{max} も増加した．

図-6，図-7 に h と f の関係を示す．つくばまき土，豊浦標準砂ともに，小型試験機の方が大きな f の値を示した．豊浦標準砂の場合，中型試験機においては h が 3.0 m，6.0 m においてリブ付きストリップの設計値を下回る結果となった．しかし， h が 1.5m において f の値がリブ付き設計値を超え，安全側で確認される結果となった．つくばまき土の場合，小型および中型試験機の f の値はともにリブ付き設計値を上回る結果となった．両試料ともに f と h の関係において小型と中型試験機で若干の差が認められる．この要因として，試験体の作製条件などが挙げられる．専用ランマーを使用し，それぞれの層に対して均等な締固めを行った後，上載荷重を載荷する時，ストリップが敷設されている位置は最上面から小型試験機では 5.5cm であり，中型試験機では 15cm である．この差がストリップへの上載荷重の伝達に影響したものと考えられる．土槽サイズが異なるため，載荷方法も異なるが，ストリップに対して所定の上載圧がかかっているのかを確認できるのは，底面の前方と後方に土圧計が設置してある小型試験機のみである．小型試験機における豊浦標準砂を用いた引抜き試験では，土槽底面の土圧は上載圧よりも低減していること，前方と後方で大きな土圧差があることが分かった．試験体作製時において前方と後方において底面からの高さに大きな偏りはなかったため，試験中に試料がストリップの引抜きに伴って移動していることが予測され，それによって前方に過剰に土圧が観測されたのではないかと考えられる．

また，ストリップを敷設した時の側壁との距離による側圧などの影響も考えられ，この差がストリップへの上載荷重の伝達に影響したものと考えられる．豊浦標準砂の粒径は均一なため，土槽体積の小さい小型試験機では砂のかみ合わせが働き，高い引抜き荷重が発現したのに対して，中型試験機ではストリップから側壁までの距離が大きいため，砂のかみ合わせが働かず，砂のゆるみが起こり，引抜き荷重が低下したのではないかと考えられる．

その他，中型試験機において低い f の値が確認された要因として，今回用いた試料は粒径が 9.5mm 以上の礫が無い条件で行ったため，試験体が大きい中型試験機においてストリップと砂とのかみ合わせによる摩擦力が大きく発現しなかったことにより，低い f の値を示したのではないかと考えられる．

次に，豊浦標準砂において f の値に大きな差が生じた要因を考察する．豊浦標準砂の粒度は砂分が 100% で構成されている均等粒径の材料である．したがって，土槽体積の小さい小型試験機では，土粒子のかみ合わせが働き，高い引抜き荷重が発現したのに対し，中型試験機では土槽体積が大きいため，ストリップの引抜きの時に砂とストリップとのかみ合わせが働かず，砂の流動による体積変化によってストリップの τ が低く発現したのではないかと推測される．

4. まとめ

- (1) 豊浦標準砂の場合，すべてのケースにおいて引抜き抵抗は引抜き変位 5.0 mm 付近でピーク値をとる挙動をとった．一方，つくばまき土の場合，すべてのケースにおいて引抜き変位の増加に伴い，引抜き抵抗は単調増加した．
- (2) 豊浦標準砂の場合，両試験の見かけの摩擦係数の間に大きな差が生じた．その要因は数点挙げられるが，今後の検証課題である．
- (3) つくばまき土の場合，両試験による見かけの摩擦係数の相違は豊浦標準砂のそれより小さかった．

【参考文献】

- 1) 一般財団法人土木研究センター：補強土(テールアルメ)壁工法設計・施工マニュアル第4回改訂版，2014.
- 2) 佐原邦朋，松崎裕大：現場使用を想定した小型引抜き試験機の性能検証，第51回地盤工学研究発表会発表講演集，pp.253-260，2016.
- 3) 佐原邦朋，鈴木素之：現場使用を想定した小型簡易引抜き試験機の開発および特性評価，地盤と建設，Vol.35，No.1，pp.17-26，2017.
- 4) 田坂行雄，鈴木素之，米田修，志村直紀，杉山洋介：固化処理土を適用した帯鋼補強土壁における補強材の引抜き抵抗特性と補強材長の設計，土木学会論文集 C，Vol.66，No.3，pp.516-529，2010.