

固化処理土を用いた補強土壁における平鋼およびリブ付ストリップの引抜き抵抗特性

山口大学大学院 学 ○志村直紀

正 鈴木素之 正 山本哲朗

(株)宇部三菱セメント研究所 正 米田 修

正 田坂行雄(山口大学大学院)

宇部三菱セメント(株) 非 山田一義 非 金城徳一

1. はじめに 近年、補強土壁工法において摩擦抵抗を十分に見込める砂質土系の良質な盛土材の大量入手や不良な現場発生土の処分地の確保が困難な状況であり、コストの観点からせん断抵抗角の小さい細粒分を多く含む現場発生土を利用することが検討されている。その方法としてセメント系固化材による処理が実際に適用されているものの、固化処理土の強度特性を考慮した設計体系になっていない。本研究では、固化処理土の帯鋼補強土壁工法における盛土材としての有効性を実験的に検証することを目的とする。本文では、著者らが開発した室内引抜き試験装置¹⁾を用いた引抜き試験により、平滑補強材を用いた場合の引抜き抵抗に及ぼす引抜き速度および補強材の敷設長さの影響を検討するとともに、新たにリブ付き補強材を用いた場合の引抜き抵抗特性について、平滑補強材との挙動の比較、固化材添加量等を変えた条件での一軸圧縮強さとの相関性の観点で検討した。

2. 固化処理土中に埋設した補強材の引抜き抵抗特性 表-1 に実験に用いた試料土の物理特性を示す。帯鋼補強土壁工法では通常細粒分含有率 $F_c \leq 25\%$ の盛土材料を用いることを原則としている。今回用いた4種類の試料土は F_c の基準値を超過しているため固化処理の適用対象とした。固化材としては、一般軟弱土用セメント系固化材を適用した。引抜き試験には著者らが開発した引抜き試験装置を使用した。試験装置の詳細は文献1)を参照されたい。土槽には所定の初期含水比 w_0 と固化材添加量 Q_c で調製した未処理土または固化処理土を充填する。試料の w_0 は液性限界付近に設定した。土槽に補強材を敷設し、試料土を充填した後、所定の上載圧 σ_v を加えて圧密した。圧密終了を確認した後、固化処理土の場合には所定期間、恒温恒湿状態で養生後、上載圧載荷状態で引抜き試験を行った。補強材の引抜き力 T と引抜き変位 ΔL を測定した。補強材の引抜き速度 v は $0.12 \sim 1.20$ mm/minの範囲とし、 ΔL が10 mmに達した時点で試験を終了した。

3. 引抜き試験結果と考察 引抜き率 δ (ΔL を初期敷設長さ L_0 で除したものを百分率で表した値)と引抜き抵抗 τ (T と引抜き時の補強材の断面積より算出した補正值)を用いて、図-1に川上シルトに平滑およびリブ付補強材を用いた場合の δ と τ の関係を示す。固化処理土からの平滑補強材の引抜き試験において τ は、引抜き開始後急激に増加し、わずかな δ でピーク値 τ_{max} に達した。 τ_{max} の発現後は急激に減少して脆性的な挙動となっているが、これは補強材と固化処理土との定着部がほぼ剥離状態となり、補強材表面を滑動したためと考えられる。また、未処理土からの平滑補強材の引抜き試験では、引抜き後急激に τ が増加し、固化処理土よりもわずかな δ でピークに達した後、 τ は減少しないまま残留状態に移行している。これより、平滑補強

表-1 試料土の土質性状

試料名	三見粘性土	中山砂質土	川上シルト	時世寺粘性土
自然含水比 (%)	43.0	17.5	22.2	48.1
土粒子密度 (g/cm^3)	2.735	2.739	2.638	2.834
粒度	礫分 (%)	80.1	24.6	18.5
	砂分 (%)	4.6	41.0	34.6
	シルト分 (%)	13.4	17.9	34.9
	粘土分 (%)	21.8	16.5	12.0
細粒分含有率 F_c	35.2	34.4	46.9	81.3
土質分類	細粒分混じり礫 [GF]	細粒分質礫質砂 [SFC]	細粒分質礫質砂 [SFC]	粘土 [CH]

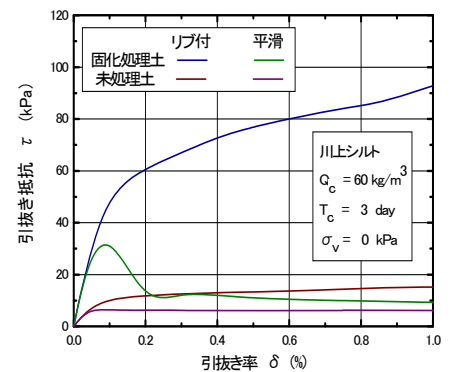


図-1 平滑およびリブ付補強材の引抜き挙動

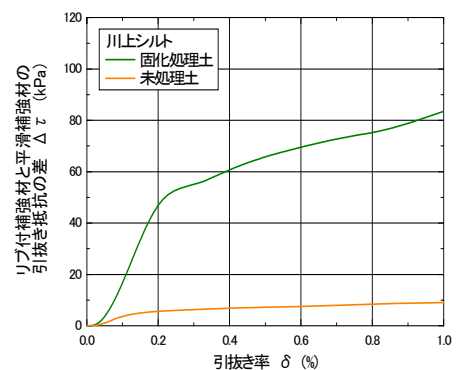


図-2 引抜き抵抗差と引抜き率の関係

材と未処理土との境界面において土粒子が引抜き時に滑動・回転を起こし、引抜き抵抗が発揮されないためであると考えられる。次に固化処理土からのリブ付補強材の引抜き試験では、引抜きに伴って τ は急激に増加し、 $\delta = 0.1\%$ あたりで次第に緩やかな上昇になり、その後も τ は上昇を続けた。これは補強材と処理土との定着部が剥離した後もリブの効果（抵抗）が発揮され続けたためだと考えられる。また、未処理土の場合、 τ はリブ付補強材を引抜き後急激に増加し、固化処理土同様に $\delta = 1.0\%$ あたりから緩やかに引抜き抵抗は上昇した。しかし、セメンテーションの影響がないため、固化処理土より抵抗は小さい。次にリブ付補強材と平滑補強材の τ の差 $\Delta\tau$ と引抜き率 δ の関係を図-2に示す。引抜き率初期段階では付着力の発現から $\Delta\tau$ に差はみられない。しかし、 $\delta = 0.05\%$ 付近から差が出始め、 0.1% 以降ではその差が顕著である。これは固化処理土でリブの効果が発揮されやすいことを示しており、本試験装置を用いて固化処理土の効果およびリブ付補強材の効果が確認された。

次に、処理土中の補強材の引抜き特性に及ぼす補強材の敷設長 L_0 の影響を調べた。図-3に川上シルトの処理土に平滑補強材を用いた場合において敷設長 L_0 を35cm、60cmの2通りに変化させた条件での δ と τ の関係を示す。 $\tau_{\max}$ およびTの残留値は35cmと60cmはほぼ同等の結果となった。また、せん断挙動の特徴として敷設長35cmに比べて60cmの方が $\tau_{\max}$ は引抜き率の早い段階で現れた。補強材の引抜き率に対する抵抗の増加の様子を明確にすることは補強材長の設計において重要であるので、今後敷設長の異なる試験ケースを増やし、さらなる解明が必要である。図-4に処理した川上シルトを用いて v を変化させた場合の δ と τ の関係を示す。いずれの v においても引抜き開始から急激に τ が増加し、 $\tau_{\max}$ の発現後は急激に減少して定常状態となっており、せん断挙動における変化は見られなかった。 $\tau_{\max}$ を比較しても、最大でも7.1 kPa程度の差異しか現れなかった。引抜き速度の増加に伴い引抜き抵抗は増加するものの、その影響は小さいと考えられる。

固化処理土の強度評価は一般に一軸圧縮強さ q_u を用いて行われ、引抜き抵抗の発現度合いを q_u から目安をつけられることは工学的に有益である。処理土の q_u と平滑補強材およびリブ付補強材の $\tau_{\max}$ との関係を図-5に示す。リブ付き補強材を用いた場合においても、 q_u と $\tau_{\max}$ の間に相関が認められ、図中に近似式を示した。

4. 結論

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- (1) リブ付補強材を用いた引抜き試験から、リブの効果は固化処理土で顕著であり、脆性的な挙動が改善され、引抜き抵抗も増加する。
- (2) 補強材の敷設長が最大引抜き抵抗へ及ぼす影響は小さいが、敷設長が長い方が小さい引抜き率で引抜き抵抗のピークが現れる。
- (3) 引抜き速度の増加に伴い引抜き抵抗は増加するが、その度合いは小さい。
- (4) リブ付き補強材の場合においても、処理土の最大引抜き抵抗と一軸圧縮強さの間には相関性が認められる。

[参考文献] 1) 米田修ほか：固化処理土を用いた補強土壁工法における補強材の引抜き試験(その1)，第41回地盤工学研究発表会発表講演集，pp. 647-648，2006。 2) 山本哲朗ほか：固化処理土を用いた補強土壁工法における補強材の引抜き試験(その2)，第41回地盤工学研究発表会発表講演集，pp. 649-650，2006。

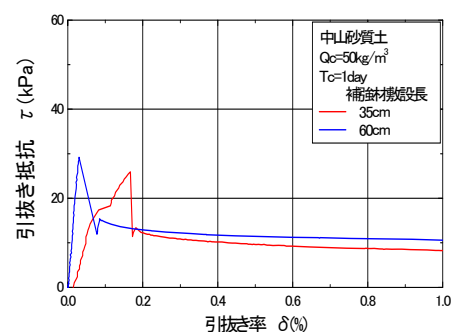


図-3 補強材の敷設長の影響

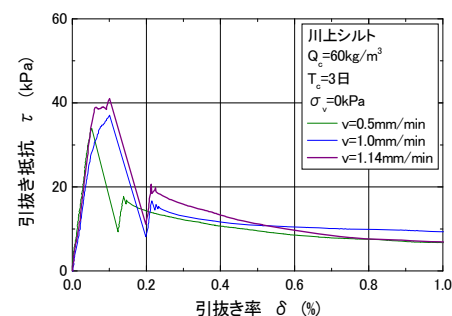


図-4 引抜き速度の影響

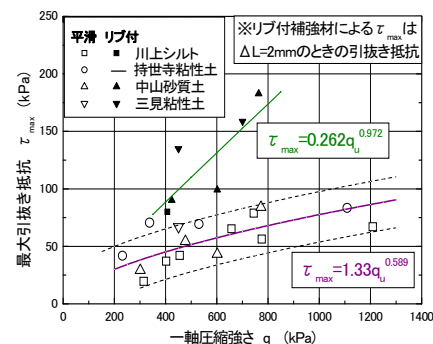


図-5 平滑補強材の最大引抜き抵抗と一軸圧縮強さの関係