

実施工条件を考慮した補強土壁工法における固化処理土からの補強材の引抜き特性

(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)
 山口大学大学院 正 山本 哲朗 正 鈴木 素之
 学 高實 直輝 (現 中国建設弘済会)
 学 杉山 洋介 学 志村 直紀
 宇部三菱セメント(株) 非 金城 徳一 非 山田 一義

1. まえがき 帯鋼補強土壁工法の盛土材料として現場発生土をセメント系固化材により固化処理して使用する
 場合がある。著者らは、これまでに独自に開発した引抜き試験装置を用いて、固化処理土を盛土材として用いた場合
 の引抜き抵抗について検討している^{1), 2)}。本報では、実施工を考慮し、図-1 に示す施工フロー例を基に、土と固化
 材との混合後から締固めて補強材を敷設するまでの時間（以下、混ぜ置き時間と記載）における固化材の水和反応
 の進行に着目し、それらが補強材の引抜き抵抗に及ぼす影響について検討した。

2. 実験

2.1 試料土および固化材 試料土は、山口県萩市三見で採取した現場発生土（細粒分含有率 $F_c=35.2\%$ ）²⁾（以下、
 三見粘性土と記載）であり、帯鋼補強土壁工法における盛土材料の細粒分含有率 F_c の基準値（ $F_c=25\%$ ）を超過し
 ているが、自然含水比に近い状態では、締固めが可能な試料である。なお、実験では 4.75mm ふるいを通した試
 料を対象とし、この場合の F_c は 69.8% となる。固化材としては、一般軟弱土用セメント系固化材を用いた。

2.2 実験方法

(1) 固化処理土の作製および土槽への充填 初期含水比 $w_0=40\%$ に調製した試料土を対象に、所定量の固化材を添
 加・混合して固化処理土を作製し、恒温恒湿室（室温 20℃，湿度 60%）で所定時間養生（混ぜ置き）した。その後、
 固化処理土を、特製のランマー（錘：4kg，落下高さ：40cm，接地面積：100cm²）を用いて、1 層当たり 56 回の落
 下回数×10 層で引抜き試験装置の土槽に締固めた。この締固め条件は、未処理土で飽和度 S_r が 85% 以上（盛土の
 締固めの管理基準）となるように決定した。補強材は、平滑およびリブ付補強材を用い、平滑では 600mm，リブ付
 では 350mm の敷設長で土槽の中央に敷設した。固化処理土を充填後、恒温恒湿室で所定時間養生を行った。

(2) 引抜き試験 補強材を 1.0mm/min の速度で 10mm まで土槽から引抜き、引抜き力 T と水平変位量 δ を測定し
 た。これを基に、補強材の引抜き抵抗（引抜き力を補強材
 の埋設部上下両面の表面積で除して算出）を求め、ピーク
 時の値を最大引抜き抵抗 τ_{max} としている¹⁾。

(3) 一軸圧縮試験 混ぜ置き時間を変えた固化処理土を対
 象に、セメント協会 JCAS L-01:2006 法で用いる 1.5kg ラン
 マーを用い、その落下回数を変えることにより湿潤密度 ρ_t
 の異なる供試体（ $\phi 5 \times 10\text{cm}$ ）を作製して一軸圧縮強さ q_u

を測定した。得られた ρ_t と q_u との関係から引
 抜き試験時の土槽の ρ_t に相当する q_u を求め
 た。

3. 結果と考察 試験結果を表-1 に示す。

3.1 引抜き試験 混ぜ置き時間と τ_{max} および
 土槽の ρ_t との関係を図-2 に示す。混ぜ置き時
 間は、実施工を考慮し（図-1），土と固化材と

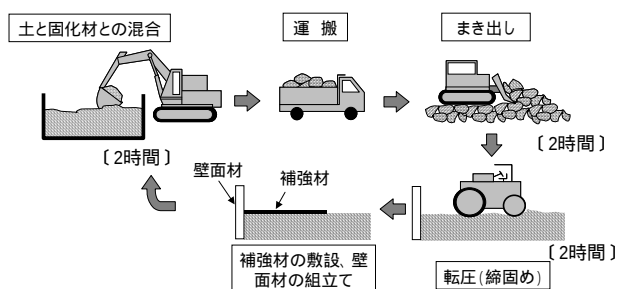


図-1 施工フロー例

表-1 実験結果

試料土	初期 含水比 $w_0(\%)$	固化材 添加量 $Q_c(\text{kg/m}^3)$	補強材 種類	混ぜ置 き時間 (時間)	養生 ¹⁾ 日数 $T_c(\text{日})$	土層 密度 $\rho_t(\text{g/cm}^3)$	最大引抜 き抵抗 ²⁾ $\tau_{max}(\text{kN/m}^2)$	一軸圧 縮強さ $q_u(\text{kN/m}^2)$
三見 粘性土	40	70	平滑	0	1	1.785	77.0	464.8
				6		1.590	24.9	408.2
				12		1.534	23.4	360.1
			リブ	0		1.775	137.6	533.4
				6		1.619	107.7	467.8
				12		1.538	72.6	366.9

1 養生日数は、締固め直後を起点とした。

2 リブ付補強材における最大引抜き応力の値は、引抜き変位 2mm 時の引抜き応力とした。

キーワード 補強土，固化処理土，混ぜ置き，最大引抜き抵抗，一軸圧縮強さ

連絡先 〒755-8633 山口県宇部市大字小串字沖の山 1-6 (株)宇部三菱セメント研究所宇部センター 米田 修 TEL 0836-22-6185

の混合を2時間,まき出しを2時間,締固めを2時間とした合計6時間を実施施工での標準と仮定して,0,6および12時間とした.平滑およびリブ付補強材ともに,混ぜ置き時間が長くなると τ_{max} が低下した.平滑補強材による τ_{max} は,混ぜ置き6時間で0時間の約30%と大幅に低下するが,混ぜ置き6時間以降12時間までの τ_{max} の低下割合は小さくなった.リブ付補強材の τ_{max} は,混ぜ置き0時間に比較して,混ぜ置き6時間では約80%,12時間では約50%となり,混ぜ置き12時間までほぼ直線的に低下した.また,土槽の ρ_t についても混ぜ置き時間が長くなると小さくなることが確認され, τ_{max} の低下と関連していることが推察された.

3.2 締固め特性 土槽内の固化処理土の一軸圧縮試験強さを推定するため,締固め回数を変えて作製した一軸供試体の締固め回数(1.5kgランマー)と ρ_t との関係を図-3に示す.混ぜ置き0時間では,締固め回数6回でほぼ一定の ρ_t となるのに対して,混ぜ置き6時間では,混ぜ置き0時間と同等の ρ_t を得るために9回以上の締固めを要した.混ぜ置き6時間および12時間では,固化材に用いたセメントの凝結時間を超過しており,固化が進行し,締まり難くなったものと考えられる.このため,混ぜ置き時間が長くなると,同じ ρ_t を得るために高い締固めエネルギーが必要となることがわかる.

3.3 一軸圧縮強さと引抜き抵抗との関係 これまでの著者らによる引抜き試験結果^{1),2)}から得られている q_u と τ_{max} との関係(混ぜ置き0時間)に本検討での結果を追加したものを図-4に示す.土槽内の固化処理土の q_u は,既述のように ρ_t を土槽の値に合わせた供試体から得られたものである.固化処理土の q_u と τ_{max} は相関関係がある.混ぜ置き時間を6,12時間とした場合,水和が進行した状態で固化処理土をときほぐしてから締固めるため,水和構造の破壊や ρ_t の低下に伴う q_u の低下が生じる.平滑補強材の場合には,この q_u の低下に対して τ_{max} の低下が著しく,これまでと異なる挙動が確認された.一方,リブ付補強材の場合には,これまでの q_u と τ_{max} の関係に沿って,混ぜ置き時間の経過とともに τ_{max} , q_u ともに低下する.これらのことから,平滑補強材の τ_{max} は固化処理土の q_u (粘着力)のみでは整理できず,固化処理土との付着力を別に考慮する必要があると考えられる.すなわち,平滑補強材の τ_{max} は,固化処理土との付着状態によって決定づけられ,固化処理土の q_u が高くて補強材との付着状態が悪い場合,引抜き抵抗には反映されないと考えられる.そして,その付着力には,固化処理土と補強材が十分に接した状態での固化材の初期水和反応が大きな影響を及ぼすことが示唆された.このため,平滑補強材の所要長の設計等においては,混ぜ置き時間を考慮した適切な係数を導入するとともに,それに基づいた固化材配合設計を行う必要がある.一方,リブ付補強材は,リブのかみ合いにより固化処理土と強固に固定され,補強材の付着力の低下の影響を受け難いと推定された.

4. まとめ 以上,得られた主な結果を要約して以下に示す.

- (1) 混ぜ置き時間が長くなると,平滑およびリブ付補強材とも τ_{max} が低下し,平滑補強材で低下率が大い.
- (2) 混ぜ置き時間が長くなると,固化処理土の締固め特性が変化し,土槽 ρ_t が低下する.
- (3) 平滑補強材の τ_{max} の低下は,固化処理土との付着力の低下によるものと思われ,所要長の設計等において,その影響に留意することが必要である.

【参考文献】1) 田坂ら: 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3), 第43回地盤工学研究発表会講演集, pp.573-574, 2007. 2) 志村ら: 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5), 第43回地盤工学研究発表会講演集, 2008(投稿中).

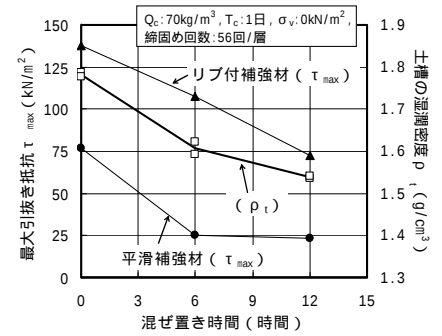


図-2 混ぜ置き時間と τ_{max} および土槽の ρ_t との関係

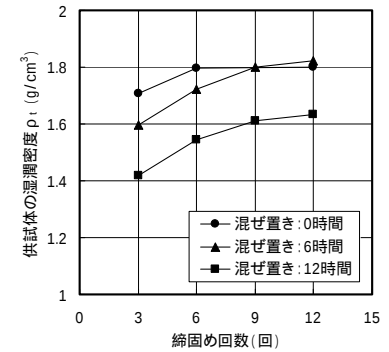


図-3 締固め回数と一軸供試体の ρ_t との関係

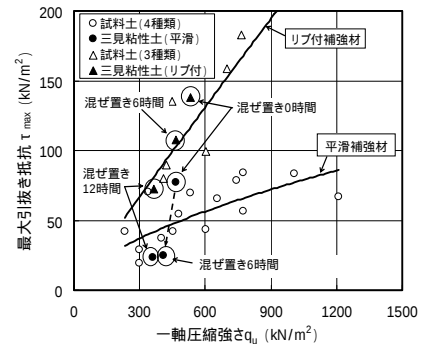


図-4 q_u と τ_{max} との関係