

補強土壁工法における土層間の強度差が補強材の引抜き抵抗に及ぼす影響

(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 鈴木 素之
 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ります。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基本的な引抜き特性について室内試験により検討している^{1), 2)}。しかし、実際の施工においては、種々の条件が室内試験と異なることが想定され、それらの影響を把握し、適切に設計に反映することが重要である。本報では、工事休止工程で生じる補強材を挟む上下土層に強度差が生じた場合の引抜き抵抗に及ぼす影響を検討した。

2. 実験概要 施工フロー例を図-1に示す。実際の施工では、土と固化材を混合し、これを現場に運搬し、敷き均した後、締固めて盛土を造成する。その際、所定の層厚で補強材を敷設し、これを数日に亘って繰り返す。このため、例えば1日で施工可能な所定の高さまで盛土を締固めて造成し、翌日に補強材を敷設した後、新たに固化処理土を調製して補強材上で締固めを行うことが想定される。その場合、前日に造成した盛土は固化材混合から経時的に強度が増加し、2層目よりも固化強度が高い状態となり、補強材を挟む上下土層に強度差を生じる。この場合、1層目の固化強度が高くなるほど補強材との密着性が低下し(リブが固化処理土に入り難くなる)、設計値よりも引抜き抵抗が低くなることが予想される。本検討では、1層目の養生時間を変えて固化強度が異なる土層を調製し、補強材の引抜き抵抗へ及ぼすそれらの影響を検討した。

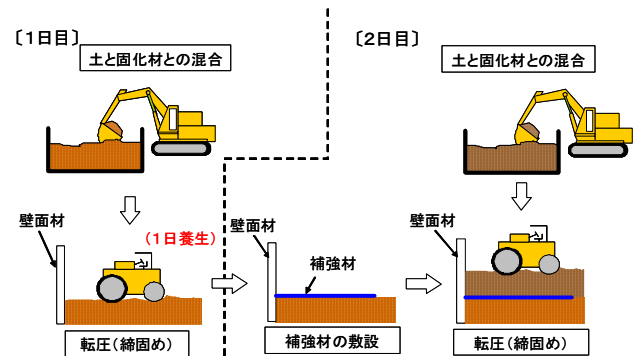


図-1 施工フロー例

3. 実験

3.1 試料土および固化材 試料土は、山口県美祢市美東で採取した現場発生土(自然含水比=27.5%, 土粒子密度=2.751g/cm³, 細粒分含有率 $F_c=68.6\%$, 以下、美東粘性土と記載)であり、帯鋼補強土壁工法における盛土材料の F_c の基準値 ($F_c \leq 25\%$) 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ふるいを通過した試料を対象とした。固化材としては、一般軟弱土用セメント系固化材を用いた。

3.2 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 $w_0=26\%$ 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た。その後、固化処理土を未処理土で盛土材の締固めの管理基準値のひとつである飽和度 $S_r \geq 85\%$ ³⁾ となるように特製のランマー(重さ: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×5層で引抜き試験装置の土槽の半分まで締固めて所定時間養生した。この養生時間は、土層に強度差のない0時間(基準)、翌日に施工することを考慮した16時間養生および最も工事休止工程が長くなることを想定して48時間養生とした。所定時間養生後、上面にリブ付補強材を長さ350mmで敷設し、上記と同様の方法で新たに作製した固化処理土を同条件で締固めて土層を作製した。

(2) 引抜き試験 1.0mm/minの速度で補強材を土層から引抜き、引抜き変位量 δ と引抜き力 T を測定した。この T を δ を加味した補強材表面積で除して、引抜き抵抗 τ を求めた。補強材の引抜きは、 δ が10mmに達した時点で終了とした¹⁾。また、引抜き終了後に土層を解体し、補強材下面と固化処理土との付着面の状況を観察した。

キーワード 補強土, 固化処理土, 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

(3) 一軸圧縮試験 セメント協会 JCAS L-01:2006 法で用いる 1.5kg ランマーを用いて湿潤密度 ρ_t (打撃回数) を変えた条件で直径 5, 高さ 10cm の供試体を作製して一軸圧縮強さ q_u を測定し, 引抜き試験時の土層 ρ_t に相当する q_u を求めた.

4. 結果と考察 試験結果を表-1 に示す.

引抜き変位 δ と引抜き抵抗 τ との関係を図-2 に示す. 固化処理土からの補強材の引抜き抵抗 τ は, 1 層目の養生時間が長くなるほど, 引抜き変位 δ が大きくなるにつれて低下する傾向が確認された. また, τ_{2mm} ($\delta=2mm$ の τ) は, いずれの養生時間においても大差ないが, 0 時間の τ_{10mm} を 1 とした場合, 16 時間では 0.96, 48 時間では 0.89 であった. 引抜き試験後の補強材と 1 層目の固化処理土との付着面の状況を写真-1 に示す. 写真からわかるように, いずれの養生時間においても, 引抜き時にリブが固化処理土を削った形跡が見られ, 2 層目の締固め時にリブが 1 層目に入り込んでいることを現している. 一方, 写真の白く見える部分は固化処理土と補強材がよく付着している個所と推定されるが, その付着面積は, 0 時間養生に比較して 16 時間や 48 時間養生では減少しているようにみられる. すなわち, 養生時間の増加に伴い, リブの入り込みが浅くなり, 引抜き抵抗がやや低下したものと推定される. しかし, 設計で重要と考えられる τ_{2mm} に大差なく, 実質的に問題はないと考えられる.

引抜き試験の土槽の ρ_t である $1.81g/cm^3$ に合わせて締固めた供試体の材齢 T_c と一軸圧縮強さ q_u との関係を図-3 に示す. 図から, 補強材敷設時の 1 層目の土層の q_u は, 0 時間養生では $151.3kN/m^2$, 16 時間養生では $340kN/m^2$, 48 時間養生では $400kN/m^2$ であり, 1 層目の養生時間の増加により, 前述のように固化処理土へのリブの入り込みが浅くなったものと思われる. なお, 16 時間から 72 時間の材齢における固化強度の伸びは小さく, 引抜き試験時の 1 層目と 2 層目の強度 (q_u) 差は, 16 時間養生 (全養生時間: 16+24 時間) では $35kN/m^2$, 48 時間養生 (全養生時間: 48+24 時間) では $76kN/m^2$ と小さかった. さらに長期材齢を考慮すると, その差は小さくなる方向にあることから引抜き抵抗に影響する程の大きな強度差は生じないものと考えられる.

5. まとめ 以上, 帯鋼補強土壁工法の実施工時における補強材を挟む上下土層に強度差を生じる場合の引抜き抵抗に及ぼす影響を検討した. 得られた主な結果をまとめると以下のとおりである.

- (1) 補強材敷設時の固化処理土の強度が高いほど, また, 引抜き変位が大きくなるほど引抜き抵抗はやや低下する傾向にある.
- (2) これは, 補強材敷設時の強度が高いほど, リブの固化処理土への入り込みが浅くなったことが一因と考えられる.
- (3) しかし, 現実的な固化強度と締固めエネルギーにおいては, その影響は小さい. また, 長期材齢を考慮すると引抜き抵抗に及ぼす影響ほどの大きな強度差は生じないと思われる.

【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 42 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. 3) 斜面・盛土補強土工法技術総覧編集委員会: 斜面・盛土補強土工法技術総覧, p. 387, 1995.

表-1 実験結果

No.	試料土	初期含水比 W_0 (%)	固化材添加量 Q_c (kg/m^3)	締固め回数 (回/層)	1 層目の養生時間 (時間)	2 層目締固め後の養生時間 (時間)	引抜き抵抗 τ (kN/m^2)	
							τ_{2mm}^{*1}	τ_{10mm}^{*2}
1	美東粘性土	26.0	70	56	0	24	97.0	156.4
2					16		98.1	149.7
3					48		91.4	139.2

*1 τ_{2mm} は, 引抜き変位 2mm 時の τ
*2 τ_{10mm} は, 引抜き変位 10mm 時の τ

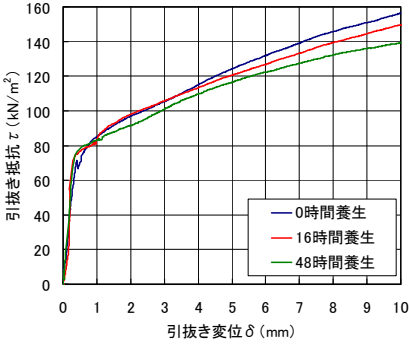


図-2 δ と τ との関係

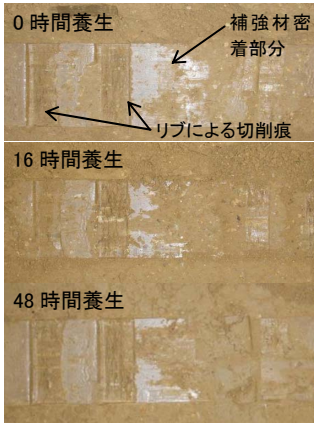


写真-1 補強材と固化処理土の付着面の状況

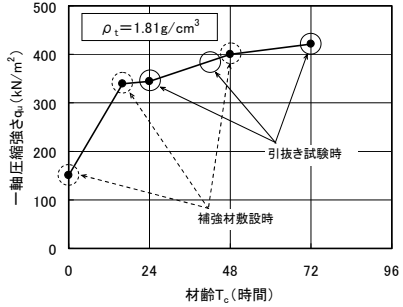


図-3 T_c と q_u との関係