

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
 山口大学大学院 学 久保田 晃 (現 (株)間組) 学 高實 直輝
 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がある。著者らは、これまでに独自開発した試験装置を用いて、固化処理土からの補強材の引抜き応力などの基本的な特性を把握している¹⁾。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ておくことが重要である。本報では、実施工時における固化処理土の締固め条件や段階施工における締固め後の鉛直圧載荷条件に着目し、補強材の引抜き特性に及ぼす影響を検討した。

2. 実施工を考慮した実験条件 安定性の高い補強土壁を構築する上で、盛土材料の締固めは重要である。盛土材の締固めの管理基準値は、締固め度 $D_c > 85 \sim 90\%$ 、飽和度 $S_r \geq 85\%$ 、空気間隙率 $V_a \leq 10 \sim 15\%$ が目安とされる²⁾。本検討では、締固めエネルギーを変えて充填した土槽からの補強材の引抜き試験を行い、土の S_r と最大引抜き応力 τ_{max} の関係を検討した。また、補強土壁は通常数日間にわたって段階的に施工される。この場合、盛土の下部（初めに盛土した層）においては、鉛直応力の段階的な載荷が想定される。そこで、図-1 のような鉛直応力 σ_v の載荷方式を考え、 $\Delta T=0$ 日および $\Delta T=3$ 日について引抜き試験を行い、段階施工（遅延載荷）の影響を検討した。

3. 実験

3.1 試料土および固化材 試料土は、山口県宇部市中山で採取した現場発生土（自然含水比=17.5%、細粒分含有率 $F_c=35\%$ ）¹⁾ を用いた。本試料土は、帯鋼補強土壁工法における盛土材料の F_c の基準値を超過しているが、自然含水比に近い状態では、締固めが可能な試料である。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) 締固めの影響 初期含水比 $w_0=20\%$ に調製した試料土または、これに所定量の固化材を添加・混合した固化処理土を写真-1 に示す特製のランマー（重さ：4kg、落下高さ：40cm、接地面積：100cm²）を用いて、1層当たり所定の落下回数で締固めた（10層詰め）。その際、1層毎の締固めは図-2 に示す順序で行った。その後、固化処理土では所定期間養生後、また、未処理土では、3t 法による圧密終了を確認後、引抜き試験を行った¹⁾。また、セメント協会 JCAS L-01 法で用いる 1.5kg ランマーを用いて S_r を変えた条件で直径 5、高さ 10cm の供試体を作成して一軸圧縮強さを決定した。

(2) 段階載荷の影響 所定の遅延載荷時間で鉛直応力を載荷し、養生期間 $T_c=3$ 日で引抜き試験を行った。

4. 結果と考察

(1) 締固めの影響 締固めた固化処理土の土層断面を写真-2 に示す。写真でわかるように、各層の上部（ランマー打撃面）ほど固化処理土が密に詰まっている状況であった。また、締固め回数の増加により土層内の空隙が少なくなっている様子がうかがえる。固化処理土および未処理土の S_r と τ_{max} の関係を図-3 に示す。

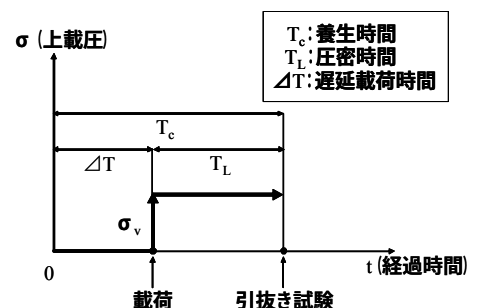


図-1 上載圧の載荷方式

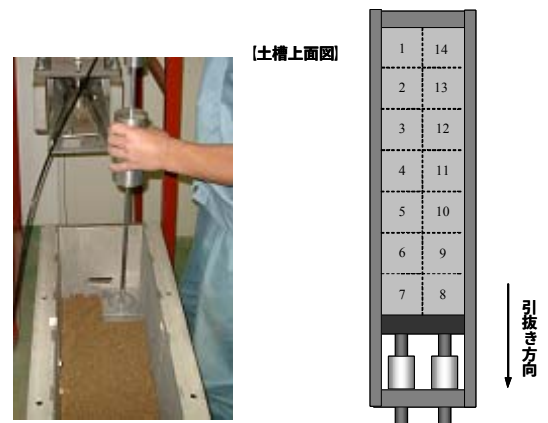


写真-1 締固め状況

図-2 締固め順序

キーワード 補強土、固化処理土、締固め、引抜き試験、引抜き応力、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 TEL0836-22-6185

固化処理土の場合、 S_r の増加に伴い $\tau_{\max}$ が増加する傾向がみられた。これは、締固めによる土層の密度増加と固化処理土のセメンテーション効果が相乗し、補強材と試料土との摩擦抵抗や付着力を増大させたと考えられる。28回/層と56回/層の場合を比べると $\tau_{\max}$ に約15kN/m²の差があり、固化処理した場合においても盛土の締固めが重要であることが確認できる。一方、未処理土の場合は、締固め回数が28回/層と56回/層で大差のない結果となった。次に、これまでの検討結果¹⁾から得られた一軸圧縮強さ q_u と $\tau_{\max}$ との関係に本検討で締固めた固化処理土の結果を追加して図-4に示す。これまでに q_u の増加に伴い、 $\tau_{\max}$ が高くなることが確認されているが、締固め条件の違いは q_u に反映され、これまでと同様の関係がみられた。なお、固化処理土の q_u は、 S_r を所要の値に合わせた供試体の一軸圧縮試験から求めた。

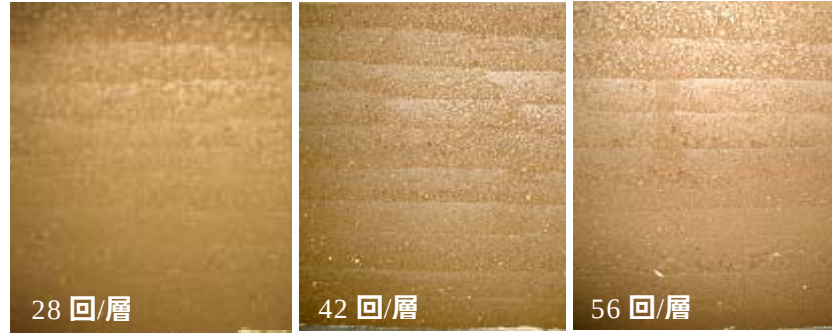


写真-2 締固めた固化処理土の土層断面

ることが確認できる。一方、未処理土の場合は、締固め回数が28回/層と56回/層で大差のない結果となった。次に、これまでの検討結果¹⁾から得られた一軸圧縮強さ q_u と $\tau_{\max}$ との関係に本検討で締固めた固化処理土の結果を追加して図-4に示す。これまでに q_u の増加に伴い、 $\tau_{\max}$ が高くなることが確認されているが、締固め条件の違いは q_u に反映され、これまでと同様の関係がみられた。なお、固化処理土の q_u は、 S_r を所要の値に合わせた供試体の一軸圧縮試験から求めた。

(2) 設計への反映 実際の設計においては、通常の固化材配合試験から q_u を決定し、これから $\tau_{\max}$ を推定することとなる。本試料土において、通常の配合試験と同様の締固め条件(JCAS L-01法)で一軸圧縮試験を行うと、 S_r は90%となり、 q_u は830kN/m²であった。この場合、図-4より対応する $\tau_{\max}$ を推定すると約73kN/m²となる。一方、図-3より未処理土が $S_r \geq 85\%$ となる締固めエネルギー(56回/層)と同じエネルギーで固化処理土を締固めると、 $S_r=70\%$ となり、 $\tau_{\max}$ は約50kN/m²である。すなわち、実施工における $\tau_{\max}$ は、通常の固化材配合試験の結果より約3割低下することが想定されることから、締固めによる影響を考慮した安全率を設定する必要があると考えられる。但し、通常の固化処理においても混合ムラや締固めによる強度低下を考慮し、安全率が設定されている。今後、今回の結果と従来の安全率の考え方を整理し、帯鋼補強土壁工法における安全率の必要性を検討する必要がある。

(3) 段階载荷の影響 遅延载荷時間 ΔT と $\tau_{\max}$ との関係を図-5に示す。 ΔT を3日としても $\tau_{\max}$ の変化は小さかった。また、 $\Delta T=0$ および3日の圧密による沈下量はそれぞれ1.1mm、0mmであり、沈下量は非常に小さい。このため固化処理土は、未処理土と同様の十分な締固めを行えば、遅延载荷時間の影響は小さく、この影響を考慮する必要はないと考えられる。

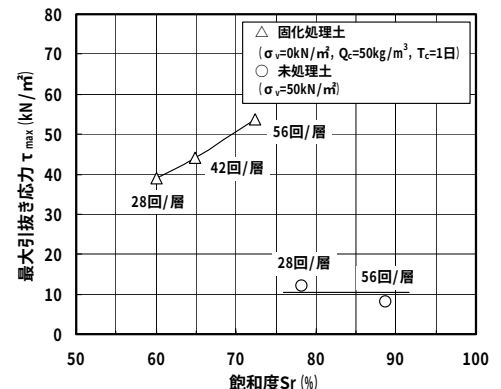
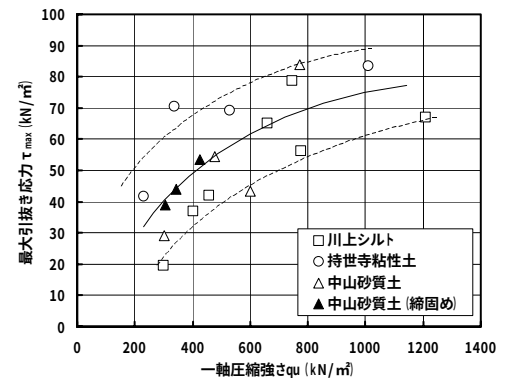
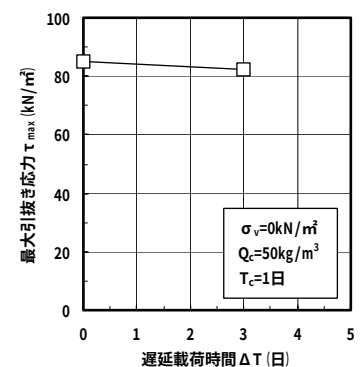
5. まとめ 以上、得られた主な結果をまとめると以下のとおりである。

(1) 締固めた固化処理土の $\tau_{\max}$ は、 S_r の増加に伴い大きくなる。締固め条件の違いは q_u に反映され、これまでの $\tau_{\max}$ と q_u との関係で整理できることがわかった。

また、実施工で得られる締固めた固化処理土の $\tau_{\max}$ は、通常の固化材配合試験からの推定値に比較して低くなることが予想されるため、締固めの影響を考慮した安全率を設定する必要があると考えられる。

(2) 締固めた固化処理土からの引抜き応力は、十分な締固めを行えば、 σ_v の段階载荷の影響を殆ど受けない。

【参考文献】1) 山本ほか：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3)、第42回地盤工学研究発表会講演集、2007(投稿中)。2) 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。

図-3 S_r と $\tau_{\max}$ との関係図-4 q_u と $\tau_{\max}$ との関係図-5 ΔT と $\tau_{\max}$ との関係