

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特性

(株)宇部三菱セメント研究所 ○正 田坂 行雄 (山口大学大学院) 正 米田 修
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 盛土材としての良質な砂質土の不足から、現場発生土をセメント系固化材により固化処理して利用することが望まれている。しかし、施工方法を含め設計手法が十分に確立されていないのが現状である。このようなことから、著者らは盛土構造物の一つである帯鋼補強土壁工法を対象として、地震時も含めた固化処理の有効性を実験的に検証し、その設計手法を提案することを目的として研究を進めている。これまでに帯鋼補強土壁をモデル化した補強材の引抜き試験装置を開発し、主に最大引抜き応力 τ_{max} の観点から固化処理土の盛土材としての有効性について検討してきた¹⁾。本報では、さらに土の種類を増やし、固化材添加量、養生時間等の諸条件をかえて固化処理土からの補強材の引抜き試験を実施し、それらが引抜き挙動に及ぼす影響について考察した。

2. 実験

2.1 試料土および固化材 試料土の性状を表-1に示す。持世寺粘性土、川上シルトおよび中山砂質土は、帯鋼補強土壁工法における適正盛土材料の細粒分含有率 F_c (シルト分+粘土分)の基準値($F_c \leq 25\%$)を超過しており、固化処理の対象として用いた。また、比較として良質土($F_c=23.3\%$)の下関砂質土を用いた。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。

2.2 実験方法

(1) 引抜き試験 本実験では、土槽への土の充填性を高めるために、初期含水比 w_0 を液性限界付近に調製して用いた。所定の w_0 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引抜き試験装置¹⁾に締固め器具(振動棒等)を用いて充填した。補強材(平滑ストリップ:幅60mm、厚さ5mm)は埋設長600mmとして土層中央に設置した。試料充填後、ベロフラムシリンダーにより所定の鉛直応力 σ_v を載荷し、未処理土の場合は3t法により圧密終了を確認した後、固化処理土の場合は所定期間、恒温恒湿室(温度20℃、湿度60%)で養生し、1.0mm/minで補強材を引抜き、引抜き力 T と水平変位量 δ を測定した。補強材の引抜きは、 δ が10mmに達した時点で終了とした。

(2) 一軸圧縮試験 上記の引抜き試験と同様の条件で固化処理土を作成し、JGS0821-2000に準拠して直径5cm、高さ10cmの供試体を作成した。その後、所定の期間恒温恒湿室で密封養生し、JIS A 1216:1998に準拠して一軸圧縮強さを測定した。なお、引抜き試験における σ_v を載荷する条件を再現するために、モールド型圧密養生装置²⁾を用いて供試体を作成した。

表-1 試料土の性状

試料名	持世寺粘性土	川上シルト	中山砂質土	下関砂質土
自然含水比 (%)	48.1	22.2	17.5	23.3
土粒子の密度 (g/cm^3)	2.834	2.638	2.739	2.624
礫分 (%)	0.7	18.5	21.3	20.2
砂分 (%)	18.0	34.6	43.7	56.5
シルト分 (%)	30.6	34.9	1.4	11.7
粘土分 (%)	50.7	12.0	33.6	11.6
液性限界 (%)	76.2	43.5	37.6	—
塑性限界 (%)	34.4	25.1	24.6	—
塑性指数	41.8	18.4	13.0	—
土質分類	粘土 (CH)	細粒分質礫質砂 (SFG)	細粒分質礫質砂 (SFG)	細粒分質礫質砂 (SFG)

表-2 結果一覧

試料土	設定含水比 w_0 (%)	固化材添加量 Q_c (kg/m^3)	養生時間 T_c (日)	鉛直圧 σ_v (kN/m^2)	最大引抜き応力 τ_{max} (kN/m^2)	一軸圧縮強さ q_u (kN/m^2)
川上シルト	40	0 (未処理)	—	50	6.8	—
				75	11.9	—
				100	16.4	—
		60	1	0	19.6	314.4
			3	0	37.1	402.7
				50	65.3	657.3
				100	78.8	744.0
				0	42.2	455.2
			7	0	56.3	776.0
				0	67.1	1209
持世寺粘性土	70	0 (未処理)	—	50	10.6	—
				100	19.8	—
				0	41.8	231.5
		60	3	0	70.6	337.3
		80	1	0	69.4	530.1
		100	3	0	83.4	1009
		34	1	0	9.4	—
				100	17.4	—
				0	29.2	301.3
				50	54.4	477.5
				0	43.2	601.7
				0	84.0	772.8
				0	16.9	—
				75	—	—
下関砂質土	13.5	0 (未処理)	—	100	35.0	—
				—	—	—

キーワード 補強土、固化処理土、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 田坂 行雄 TEL0836-22-6185

3. 結果と考察

(1) **鉛直応力 σ_v 、固化材添加量 Q_c および養生時間 T_c の影響** 実験結果の一覧を表-2に、また、固化処理土における σ_v 、 Q_c および T_c と τ_{max} との関係を図-1～3に示す。図からわかるように、 σ_v 、 Q_c および T_c の増加に伴い τ_{max} が増加した。 σ_v の増加による土層の密度増加が補強材と固化処理土との摩擦抵抗に有効に作用し、 τ_{max} が増加したものと考えられる。また、 Q_c や T_c の増加により、固化処理土中のセメンテーションが発達したことにより、固化処理土と補強材との付着力が増加したため τ_{max} が増加したとも考えられる。なお、表-1に示すように、帯鋼補強土壁工法の盛土材料の適正範囲を外れるいずれの試料土においても、固化処理土の τ_{max} は未処理土に比較して大幅に高くなった。また、良質土である下関砂質土に比較して高くなり、固化処理により良質土と同等以上の引抜き特性を得ることが可能であることが確認された。

(2) **一軸圧縮強さと最大引抜き応力との関係** 持世寺粘性土、川上シルトおよび中山砂質土を対象とした固化処理土の q_u と τ_{max} との関係を図-4に示す。固化処理土の τ_{max} は、試料土や試験条件によりややばらつきがあるが、 q_u の増加に伴い大きくなることがわかった。この結果から、通常の固化処理土の一軸圧縮試験から補強材の τ_{max} を推定できるものと考えられる。

(3) **固化処理土における補強材構成の考え方** 一例として、帯鋼補強土壁工法における補強材長の設計に着目した。通常の帯鋼補強土壁工法の補強材長は(1)式³⁾により決定される。この設計式では、補強材の引抜き応力を盛土材の内部摩擦角 ϕ を用いて算出するため、 ϕ の大きい砂質土が有効となる。一方、固化処理土の場合においては、一般に ϕ の増加は小さく、粘着力 c が大きくなることが知られており、 c の増加が反映されない。しかし、前述のように固化処理土の補強材の引抜き応力は、 q_u を高くするように配合すれば、それに伴って大きくなる。このため、現状の設計式の引抜き応力を q_u からなる関数に置き換えることで、固化処理土における補強材長の設計が可能と考えられる。

4. 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) 固化処理土の τ_{max} は、 σ_v 、 Q_c および T_c の増加により未処理土や良質土に比較して大幅に高くなり、固化処理が補強材の引抜き応力の向上に有効なことが確認された。

(2) 固化処理土の τ_{max} は、試料土や試験条件によりばらつきはあるものの、 q_u の増加に伴い大きくなることがわかった。これより、通常の一軸圧縮試験から τ_{max} を推定できるものと考えられる。また、この関係を現状の設計式の引抜き応力に置き換えることで、固化処理土における補強材長の設計が可能と考えられる。

【参考文献】1) 山本、鈴木、久保田、田坂、米田、金城、山田: 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講演集、2006。2) 山本、鈴木、岡林、藤野、田口、藤本: 上載圧下で養生したセメント安定処理土の一軸圧縮強度特性、土木学会論文集 No.701/III-58, pp387～399, 2002。3) 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3回改訂版、2003。

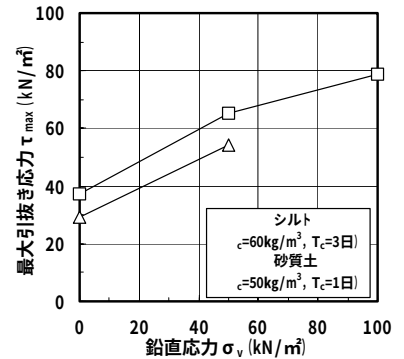


図-1 σ_v と τ_{max} との関係

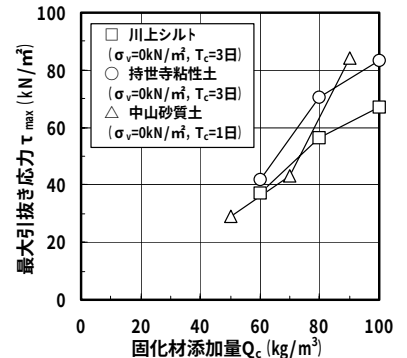


図-2 Q_c と τ_{max} との関係

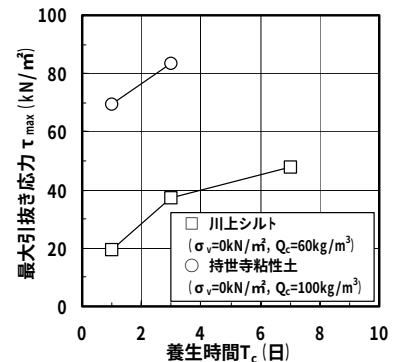


図-3 T_c と τ_{max} との関係

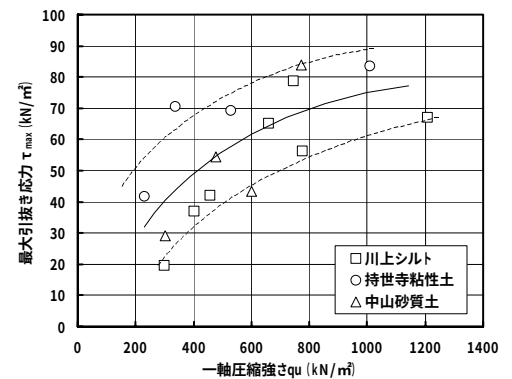


図-4 固化処理土の q_u と τ_{max} との関係

$$L_{req} = \frac{F_s \cdot T_i}{2 \cdot f_i^* \cdot \sigma_{vi} \cdot b} \quad \dots (1)$$

L_{req} : 所要ストリップ長

F_s : 補強材の引抜きに関する安全率

T_i : i 段目の補強材 1 本あたりに作用する引張り力

f_i^* : i 段目の補強材の見掛けの摩擦係数

σ_{vi} : i 段目の補強材の位置における鉛直応力

b : 補強材の幅 (m)