

地震後のテールアルメ壁の補強材の残存引抜き抵抗力

山口大学大学院 正会員 鈴木素之
山口大学大学院 学生会員 佐藤 登 ○城田悠佑
宇部興産 田坂行雄 有馬克則
米田 修 藤井啓史
J F E 商事テールワン 酒井茂賀 木村隆志
ヒロセ 大谷義則 志村直紀

1. はじめに 帯鋼補強土壁工法では、細粒分の少ない適用基準を満たす砂質土の調達が容易ではなく、しかも大量に発生する現場発生土の処分が不可避の問題であることから、不良な現場発生土をセメント系固化材により安定処理して盛土材として有効利用することが、この問題に対する有効な解決手段の一つである。既往の研究では細粒分の多い粘土やシルトに対してセメント系固化材による固化処理の有効性を確認している。一方、近年に多発する地震においては、補強土壁の壁面の一部に変状を生じたケースがある。補強土壁が比較的高い耐震性を示すことは従来報告されているが、地震後に壁面の変状を生じた補強土壁の残存引抜き抵抗力を適切に評価することが重要になっている。

本研究では、地震によって補強材が部分的に引き抜けた状態を再現するために、固化処理土と補強材間の付着が切れる前後で、補強材の引抜きを一旦停止、所定の時間放置した後に再引抜きを行った。本文では、試験結果に基づき、良質土と長期材齢における固化処理土の結果をとりまとめ、残存する引抜き抵抗の評価を行った。

2. 試験方法 表-1 に本研究で用いた試料土の物理特性を示す。試料土は、山口県産のシルト（以下、山口シルトと称す）と千葉県産の砂質土（以下、千葉山砂と称す）の2種類を用いた。山口シルトの細粒分含有率 F_c は 58.6% ($\geq 25.0\%$) であることから帯鋼補強土壁工法の盛土材としてそのまま使用することができない。そのため、固化処理を施して使用した。また、千葉山砂の F_c は 14.8% ($< 25.0\%$) であるため、そのまま使用できる試料土であり、テールアルメ工法においては良質土と判定される。なお、実験では、山口シルトは 4.75mm ふるいを通過させた試料土を対象とし、未処理土の場合、自然含水比の状態、固化処理土の場合、これに所定量 ($Q_c = 40 \text{ kg/m}^3$) の固化材（一般軟弱土用セメント系固化材）を添加・混合して作製した。また、固化材所定量は図-1 より養生 28 日での一軸圧縮強さが 500 kN/m^2 としなるような固化材添加量を決定した。千葉山砂は、含水比が 19.3% となるように加水調整して用いた。

次に、補強材の土中引抜き試験について説明する。写真-1 に本研究で用いた土中引抜き試験装置を示す。まず、調製した試料土を土槽（縦 700mm 横 200mm 高さ 300mm）に 10 層に分けて、特製ランマー（錘：4kg）を用いて 1 層当たり 42 回の落下回数として突き固めた。この際、試料土の締固めは、盛土材の締固めの管

表-1 山口シルト・千葉山砂の物理特性

	自然含水比 w_n (%)	粒度(質量%)			
		礫分	砂分	シルト分	粘土分
山口シルト	27.0	15.2	26.2	49.4	9.2
千葉山砂	19.3	1.4	83.3	10.3	4.5

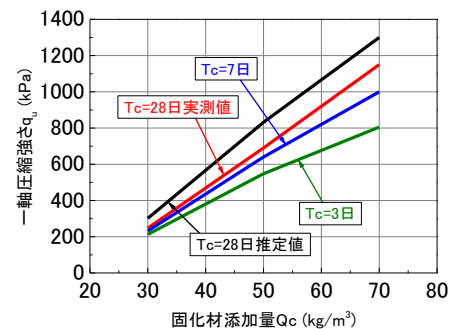


図-1 山口シルトの配合試験



写真-1 引抜き試験装置

理基準値である締固め度 $D_c=90\%$ 以上となるように行った。なお、試料土を5層目（土槽底面から高さ150mm）の位置まで充填した際、にリブ付補強材（幅60mm、厚さ4mm、長さ350mm）を敷設した。土槽上端まで試料土を充填後、最上面を均し、ベロフラムシリンダーにより上載圧を加え所定の時間養生し、引抜き試験を行った。また、引抜き履歴として、引抜き変位 $\angle L=0\text{mm}\sim 50\text{mm}$ での範囲で補強材の引抜きを停止し、1～4日間放置した後、再引抜きを行い、引抜き変位が所定値に到達の後に引抜き試験を終了した。

引抜き試験では、引抜き変位 $\angle L(\text{mm})$ 、引抜き力 $T(\text{kN})$ を測定した。試験結果は式(1)より引抜き抵抗 τ を算出し整理を行った。

$$\tau = \frac{T}{2A} \dots\dots\dots \text{式 (1)}$$

ただし、引抜き抵抗の算出は引抜きに伴う補強材表面積 A の減少分を考慮した。

3. 繰返し引抜き試験の結果 試験ケースを表-2に示す。また、試験結果を表-3に示す。千葉山砂(No.4-1～No.4-3)、山口シルト(No.3-1～No.3-3)の引抜き挙動を図-2に示す。山口シルト、千葉山砂の場合、引抜き変位で L の増加に伴い、引抜き抵抗 τ の増加が確認された。山口シルトに固化処理を施すことにより、明瞭な最大引抜き抵抗 τ_{max} を示した。また、引抜き履歴なしと $\angle L=2\text{mm}$ の場合はわずかな引抜き変位で τ が復元するが、引抜き履歴 $\angle L=50\text{mm}$ の場合は、引抜き履歴によって τ が復元するまでにより大きな引抜き変位で τ が復元することが確認された。千葉山砂と山口シルトの引抜き挙動を比較すると、両者とも残留状態での引抜き抵抗 $\tau_{50\text{mm}}$ は、ほぼ一定になることが確認された。次に、 τ と引抜き履歴の関係を図-3に示す。千葉山砂の τ_{max} 、 $\tau_{50\text{mm}}$ の両者には大きな相違は見られなかった。同様に、山口シルトについても、 $\tau_{50\text{mm}}$ に大きな相違は見られなかった。しかし、山口シルト τ_{max} (No.3-1～No.3-3)と山口シルト τ_{max} (養生日数7日)に大きな相違が見られたことから、 τ にばらつきが生じたのは、引抜き履歴の影響ではなく、固化処理土と補強材との接触が不均一であったのが原因と考えられる。以上より、千葉山砂および山口シルト（固化処理土）の $\tau_{50\text{mm}}$ には大きな低下が認められないため、引抜き履歴による残留引抜き抵抗への影響は少ないことが判った。

4. まとめ 今回の研究によって、細粒分の多い土に固化処理を施すことにより最大引抜き抵抗が顕著に増加することが確認された。残留状態での引抜き抵抗はほぼ一定であり、引抜き履歴が引抜き抵抗に及ぼす影響は少ないと考えられる。また、固化処理土は良質土と比較し高い残留引抜き抵抗を示すため、地震によって補強材の引き抜けが発生した場合でも高い引抜き抵抗力が残存すると考えられる。

表-2 試験ケース

No	試料土	引抜き履歴	σ_v (kPa)	初期養生期間 (day)	停止期間 (day)
1-1	山口シルト 未処理	なし	0	—	—
1-2		2mm	0	—	—
1-3		10mm	0	—	—
2-1	山口シルト 固化処理	なし	0	3	4
2-2		2mm	0	3	4
2-3		15mm	0	3	4
3-1	山口シルト 固化処理	なし	20	28	—
3-2		2mm	20	28	1
3-3		50mm	20	28	1
4-0	千葉山砂 未処理	なし	0	—	—
4-1		なし	20	—	—
4-2		2mm	20	—	1
4-3		50mm	20	—	1

表-3 試験結果

No	試料土	土槽密度 ρ_t (g/cm^3)	引抜き抵抗(kN/m^2)			
			T_{max}	$T_{2\text{mm}}$	$T_{50\text{mm}}$	
1-1	山口シルト 未処理	1.886	6.2	1.8	—	
1-2		1.893	8.5	2.2	—	
1-3		1.884	7.2	2.4	—	
2-1	山口シルト 固化処理	1.906	237	48	—	
2-2		1.91	266	72	—	
2-3		1.912	281	45	—	
3-1	山口シルト 固化処理	1.898	248	125	201	
3-2		1.879	298	128	191	
3-3		1.884	204	39	193	
4-0	千葉山砂 未処理	1.954	32	13	31	
4-1		1.961	122	41	104	
4-2		1.962	130	43	120	
4-3		1.971	118	47	101	

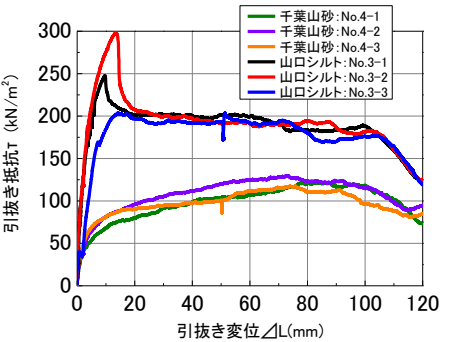


図-2 山口シルトと千葉山砂の引抜き挙動

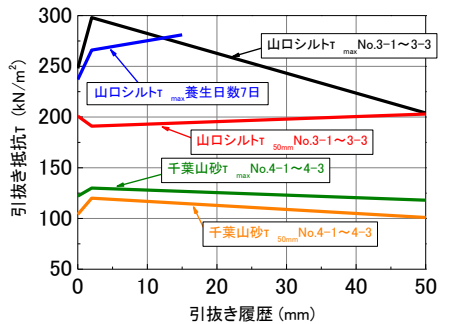


図-3 引抜き抵抗 τ と引抜き履歴の関係