

# 盛土補強土工における棒状補強材の現場引抜き試験

盛土補強 引抜き試験 周面抵抗力

八千代エンジニアリング 正会員 ○村田宗一郎 正会員 吉川修一  
 正会員 佐々木直也  
 高速道路総合技術研究所 正会員 中澤正典 国際会員 日下寛彦  
 国際会員 安部哲生 国際会員 中島康介

## 1. はじめに

高速道路における既設盛土の補強対策として、筆者らは棒状補強材による盛土補強土工に関する模型実験、数値解析、設計法を検討してきた<sup>1)2)3)4)</sup>。これまでに補強材の引抜き試験を実施したところ、補強材の引抜き力は、既往の研究に基づく設計値 ( $\tau=c+\sigma \tan \phi$ ) よりも大きくなることが確認されている<sup>2)</sup>。しかしながら、脆弱岩盛土を対象にした引抜き試験のデータは少なく、この設計値の妥当性について検証する必要がある。本研究では、脆弱岩で施工された実盛土を対象に補強材の引抜き試験を実施し、その結果について報告する。

## 2. 現場引抜き試験

(1) 試験ケース 本試験は、静岡県菊川市における東名高速道路の盛土で実施した。補強材は、図1に示すように打設角20度、長さ5、10、20mである。試験ケースは、表1に示すように二重管削孔、削孔径90mm、鉄筋D22、定着長1mである。道路縦断方向に2m間隔で9本実施した。引抜き試験は、切土補強土工法に準じ実施した。

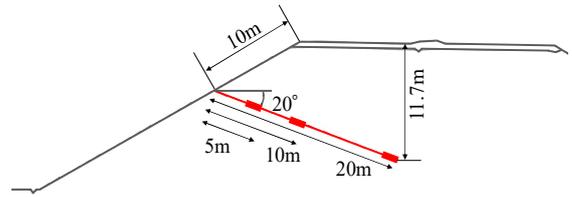


図1 試験概要図

(2) ボーリング調査・地下水位観測 補強材と並行して斜めボーリングを3本実施し、定着体近傍の盛土を採取し性状、物性値を把握した。盛土材は、10mと20mの定着体付近は粘土混じり礫層（脆弱岩盛土）で、新鮮堅硬な泥岩の礫（径10~300mm）を多含し、基質は粘土混じりシルトで大部分はよく締まっていた。5mの定着体付近は砂礫質盛土であった。盛土内水位は路面下10m程度にあり20mの定着体のみ水位下にあった。

表1 試験ケース

No.	削孔方式	削孔径 (mm)	削孔長 (m)	打設角 (°)	鉄筋径 (mm)	定着長 (m)
1	二重管	φ90	20.0	20	D22	1.0
2	二重管	φ90	20.0	20	D22	1.0
3	二重管	φ90	20.0	20	D22	1.0
4	二重管	φ90	10.0	20	D22	1.0
5	二重管	φ90	10.0	20	D22	1.0
6	二重管	φ90	10.0	20	D22	1.0
7	二重管	φ90	5.0	20	D22	1.0
8	二重管	φ90	5.0	20	D22	1.0
9	二重管	φ90	5.0	20	D22	1.0

## 3. 引抜き試験結果

(1) 最大引抜き力 図2、3及び表2に引抜き試験結果を示す。補強材の長いNo.1~6（脆弱岩盛土）の最大引抜き力は、10mと20mで大差はなく、拘束圧の影響をあまり受けていないと考えられる。長さの短いNo.7~9（砂礫質盛土）は、No.1~6と比べて優位に大きな引抜き力が得られている。盛土材の違いが引抜き力に大きく影響している。図3に盛土性状と引抜き力の関係を示す。No.1~6は乾燥密度と最大引抜き力は調和する傾向にある。またNo.1~3（20m）とNo.4~6（10m）を比べると、乾燥密度の大きいNo.1~3の方が相対的に引抜き力が小さい傾向にある。これは20mの定着体は水位下にあるため、盛土の飽和度が高まり、引抜き力が低下していると考えられる。

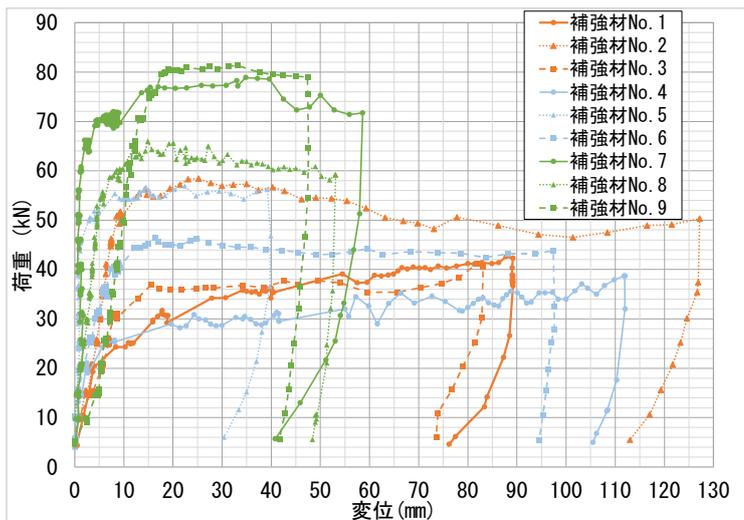


図2 引抜き試験結果（荷重－変位曲線）

(2) 残留引抜き力 引抜き試験後（盛土と補

表2 土質試験結果及び引抜き試験結果

No.	物理試験			力学試験(三軸圧縮試験)				最大引抜き力 (kN)	残留引抜き力 <sup>※1</sup> (kN)	
	乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )	含水比 (%)	土質分類	CUB		不飽和CUB			初期引抜き時	50cm引抜き時
				c (kN)	φ (°)	c (kN)	φ (°)			
1	1.746	20.5	細粒分質礫	52.7	25.2	—	—	31.7	—	—
2	1.808	18.1	細粒分質礫	72.0	23.7	—	—	58.3	—	—
3	1.788	18.9	細粒分質礫	64.5	25.1	—	—	36.9	—	—
4	1.720	21.0	細粒分質礫	—	—	67.0	27.2	29.0	—	—
5	1.741	20.2	細粒分質礫	—	—	69.6	26.0	55.4	—	—
6	1.728	19.3	細粒分質礫	—	—	73.8	29.8	46.4	35	20
7	1.649	24.4	細粒分質礫質砂	—	—	68.9	30.8	70.1	—	—
8	1.632	22.2	礫まじり細粒分質砂	—	—	27.7	34.2	58.7	—	—
9	1.787	18.7	砂まじり細粒分質礫	—	—	75.3	28.0	79.6	50	25

※1: 定着体を引抜いて回収する際の概略引抜き力 (荷重計の目視による読み取り値)

強材の付着が完全に切れた後に、No.6, 9について再度引抜き試験を行ったところ、最大引抜き力の7割程度の引抜き力が得られた(表2)。補強材が一度引抜けた後でも一定の補強効果が期待できる可能性がある。

(3) 定着体の状態 No.6, 9の定着体を回収したところ(図4)、定着体の直径はほぼ計画値通り102mm(ケーシング外径)であった。定着体内の鉄筋の偏心量は、最大でも1cmでほぼ中心に位置していた。定着体に凹凸や盛土の付着がないことから、定着体と盛土の境界面で付着切れが生じ、引抜けたと推察される。

(4) 削孔時間 削孔状況をタイムラプラスカメラ(10秒間隔)で撮影し、ケーシング1mあたりの削孔時間を概測した(図5)。パーカッションの使用有無、オペレータの動作の違い等により誤差はあるものの、補強材別、深さ別に1~4分程度とばらつきがあり、同じ盛土材でも硬軟に差がある可能性がある。

4. おわりに 脆弱岩で施工された実盛土を対象に補強材の引抜き試験を実施した。得られた結果を以下に示す。

- 脆弱岩盛土と砂礫質盛土では最大引抜き力が大きく異なり、盛土材料の影響は顕著である。
- 脆弱岩盛土の場合(No.1~6)、最大引抜き力と盛土材の乾燥密度、飽和度に相関が見られ、乾燥密度が小さいほど、飽和度が高いほど引抜き力が低下する傾向がある。
- 定着体を回収したところ、定着体に凹凸や盛土の付着はなく、補強材引抜き力は定着体と盛土の周面摩擦力に関係していると考えられる。
- 参考に盛土の削孔時間を測定したところ、補強材別、深度別に異なり、同じ盛土材でも硬軟にばらつきが見られ、補強材の付着力は一樣ではない可能性がある。

今回対象とした脆弱岩盛土は、現時点でスレーキングがどの程度進行しているか、あるいは今後どの程度進行するかは明らかでない。それでも将来に亘って所定の補強効果を確保する必要があることから、今後は設計段階における補強材引抜き力の設定方法について検討していく必要がある。

謝辞 本試験の実施にあたり(株)三信建設工業様のご協力を頂きましたので、ここに感謝の意を表します。

参考文献 1) 田久ら: 棒状補強材による補強盛土の安定性評価, 第51回地盤工学発表講演集, pp.1519-1520, 2016. 2) 細田ら: 盛土補強土工における棒状補強材の引抜き試験, 第53回地盤工学発表講演集, pp.1159-1160, 2018. 3) 吉川ら: 棒状補強材による補強盛土の対策効果に関する解析的検討, 第53回地盤工学発表講演集, pp.1163-1164, 2018. 4) 中澤ら: 泥岩盛土に対する棒状補強対策の動的遠心力荷重試験による効果検証, 第55回地盤工学発表講演集, pp.22-7-3-07, 2020.

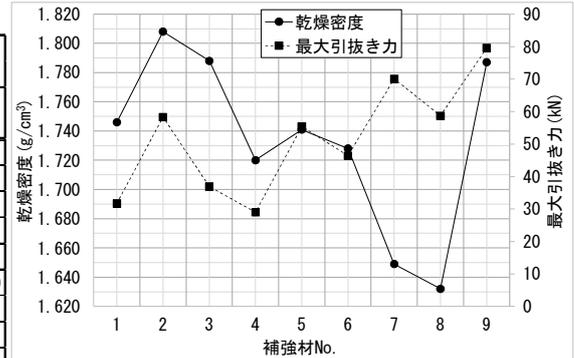


図3 乾燥密度-最大引抜き力の関係

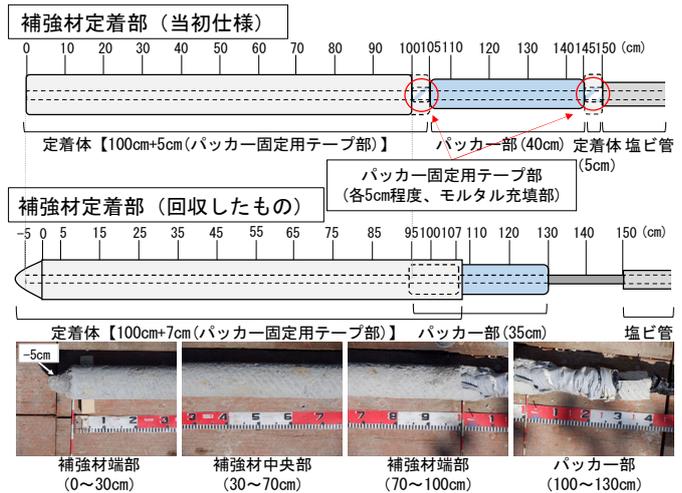
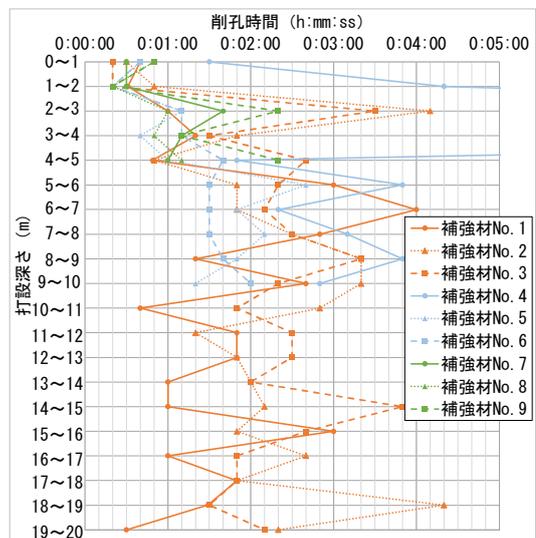


図4 補強材 No. 6 の定着体



※補強材No. 4は、内管の大きさが他の補強材と異なるため、参考扱い

図5 ケーシング1mあたりの削孔時間