

盛土補強土工における棒状補強材の引抜き試験の一考察

八千代エンジニアリング(株) 正会員 ○佐々木直也
 八千代エンジニアリング(株) 正会員 吉川 修一
 (株)高速道路総合技術研究所 正会員 中村 洋丈
 (株)高速道路総合技術研究所 正会員 藤岡 一頼
 (株)高速道路総合技術研究所 正会員 細田 寿臣

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の設計・施工方法を検討し、一定の適用性を確認してきた^{1),2),3)}。

しかし、補強盛土における補強材配置は、レベル2地震時の安定性照査で決まり、非常に密な配置が必要になることがわかった。一方で、実施工における補強材の引抜き力は、三軸圧縮試験から決まる設計値よりも大きくなることが確認されている²⁾。よって、盛土と補強材の周面摩擦抵抗力を適切に評価できれば、補強材の間隔を大きくし、補強材量を削減することで、より合理的な補強材配置となる可能性がある³⁾。

本論文では、盛土材及び盛土の含水比を変えた補強材の引抜き試験を行い、引抜き力に及ぼす要因について検討する。なお、実験材料は実施工で用いられる異形棒鋼やグラウトを使用することで、より現場の条件に近い状態を再現した。

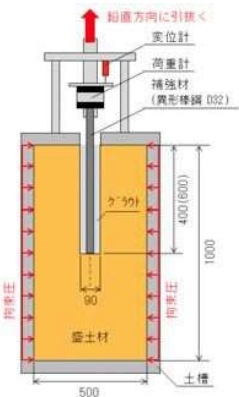


図-1 実験装置の概略図

2. 実験条件

(1) 実験装置 補強材の引抜き試験装置と実験条件を図-1、表-1 に示す。既設盛土を想定し、土槽内に巻出し厚 10cm、締固め度 90%で盛土を作製した。補強材周りの土の挙動を把握するため、10cm 間隔で色砂を設置した。ハンドドリルを用いて削孔径φ90mmで削孔し、早強モルタル充填、鉄筋挿入、3日間養生を行った。土槽の2側面から空気圧で拘束圧を作用させた。

(2) 実験ケース 引抜き試験の実験ケースを表-2 に示す。盛土材は砂質土と泥岩の2種類とし、含水比(最適含水比、高含水比)、拘束圧(盛土高さ21mを想定し、天端より3.5m、10.5m、17.5mの深さの土被り圧60、190、320kN/m²)を変えて12ケース実施した。高含水比の供試体は、拘束圧作用後に土槽底面から水を浸透させ、盛土表面に水が確認できるまで注水した。

(3) 実験方法 補強材を鉛直上方に1mm/分の速度で引抜き、引抜き量100mmまで引抜き力と引抜き量を計測した。

3. 実験結果

(1) 補強材の引抜き力及び極限周面摩擦抵抗力 引抜き力と引抜き量の関係を図-2 に示す。砂質土と泥岩は補強材長が異なるので単純比較はできないが、拘束圧別にみると、砂質土の最大引抜き力は拘束圧に応じて増加、泥岩はばらつきがある傾向となった。含水比別で見ると最大引

表-1 実験条件

項目	規格等
引抜き試験機	・引抜き力 最大 50kN ・拘束圧 最大 500kN/m ² ・引抜き速度 1mm/分 ・引抜き量 最大 100mm
土槽	・幅 500mm×長さ 500mm×高さ 1000mm
盛土材	・砂質土：江戸崎砂(茨城県稲敷市産)，分類[S] 礫分 0.2% 砂分 89.5% 細粒分 10.3% 自然含水比 $w_h=16.8\%$ 最大乾燥密度 $\rho_{dmax}=1.809\text{g/cm}^3$ 最適含水比 $w_{opt}=15.1\%$ ※JIS A 1210 A 法 ・泥岩：竹岡泥岩(千葉県富津市産)，分類[GS] 礫分 73.5% 砂分 20.0% 細粒分 6.5% 自然含水比 $w_h=36.1\%$ 最大乾燥密度 $\rho_{dmax}=1.221\text{g/cm}^3$ 最適含水比 $w_{opt}=38.7\%$ ※JIS A 1210 B 法
補強材	・異形棒鋼 (D32) ・長さ 泥岩 400mm 砂質土 600mm ・鉄筋全周にグラウト充填

表-2 実験ケース

No.	材料	含水状態	土被り [m]	拘束圧 σ [kN/m ²]
1	砂質土	最適含水比 ($w=15.1\%, Sr=63.5\%$)	3.5	60
2			10.5	190
3			17.5	320
4		高含水比 ($w=18.1\%, Sr=75.3\%$)	3.5	60
5			10.5	190
6			17.5	320
7	泥岩	最適含水比 ($w=38.7\%, Sr=64.6\%$)	3.5	60
8			10.5	190
9			17.5	320
10		高含水比 ($w=42.6\%, Sr=78.1\%$)	3.5	60
11			10.5	190
12			17.5	320

※ 締固め度：全ケース 90% (JIS A 1210 による)

キーワード 盛土補強，引抜き試験，周面抵抗

連絡先 〒111-8648 東京都台東区浅草橋 5-20-8

八千代エンジニアリング株式会社 総合事業本部 地質・地盤部 TEL 03-5822-6393 FAX 03-5822-2799

抜き力は、高含水比の方が最適含水比より小さくなる傾向が見られた。極限周面摩擦抵抗力 τ の実験値と設計値を比較したものを表-3 に示す。実験値は最大引抜き力をその時の盛土と補強材の接触面積で除した。設計値は三軸圧縮試験(UU)の c 、 ϕ と $\tau = c + \sigma \tan \phi$ より算出した。砂質土では、実験値の方が設計値より1.0~2.1 倍大きい値を示した。泥岩は砂質土と同様に実験値の方が設計値より大きい値を示すが0.9~3.1 倍とばらつきがあった。

(2) 削孔径と補強材径及び盛土材の付着状況 砂質土の Case-1、4、泥岩の Case-7、10 について、削孔径と引抜き試験後の補強材径の比較を図-3 に示す。ここで、削孔径は深さ 10cm 間隔、補強材径は 5cm 間隔で測定した。補強材径は削孔径より砂質土で 1.1~5.8mm、泥岩で 1.5~15.5mm 増加している。補強材周りには盛土が付着しており、グラウトが浸潤して盛土材を取り込み固化している。泥岩の径の増加が大きい理由は礫を多く取り込んでいることによるものである。特に泥岩では礫の付着具合にばらつきがあるため凹凸が顕著となり、最大引抜き力もばらついていると考えられる。高含水と最適含水の違いによる径や盛土材の付着状況は明確な傾向を見出せなかった。

(3) 引抜きによる補強材周りの土の挙動 砂質土 Case-1、泥岩 Case-7 について、色砂の挙動を図-4 に示す。引抜き試験後に盛土半面を撤去し、水平 2cm 間隔で色砂の鉛直位置を測定した。補強材直近で色砂が引抜き方向に変位している。最大変位量は砂質土で 1~6mm、泥岩で 5~8mm であった。鉛直変位の影響範囲は砂質土で 2cm、泥岩で 2~4cm と泥岩の方が変位量、影響範囲が大きくなる傾向を示した。砂質土は凹凸が少ないため、補強材と盛土の境界部で引抜ける傾向を示すのに対し、泥岩は凹凸があるために凹凸周りの盛土を押し上げていると考えられる。

4. まとめ 本試験では、実験で求められた盛土と補強材の間の極限周面摩擦抵抗力は、盛土材、含水状態、拘束圧に関わらず、設計値より大きい値を示す傾向が確認できた。その要因としては、補強材径の割増しやグラウトの浸潤により盛土材を取り込むことにより補強材周りに凹凸が出来ることが関係していると考えられる。今後は、引抜き試験を行い補強材周りの凹凸の効果を明らかにするとともに、盛土補強土工の設計で用いる極限周面摩擦抵抗力について検討していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 藤原ら；盛土補強に用いる棒状補強材の引抜き抵抗力に関する評価，第 51 回地盤工学発表講演集，pp.1517-1518，2016.
- 2) 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.
- 3) 吉川ら；盛土補強土工法における棒状補強材の合理的配置に関する検討，土木学会第 72 回年次学術講演会，pp.919-920，2017.
- 4) 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（投稿中），2018.

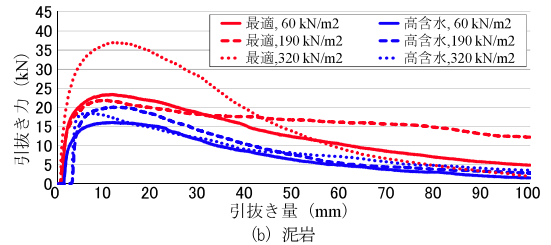
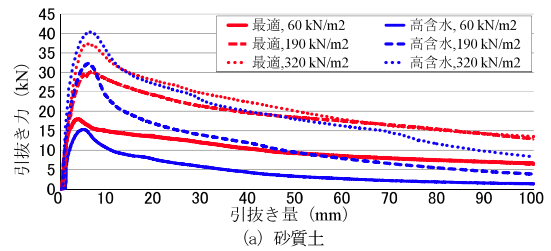


図-2 補強材の引抜き試験結果(引抜き力と引抜き量の関係)

表-3 極限周面摩擦抵抗力 τ_p の実験値と設計値

No.	引抜き試験(実験値)		三軸圧縮試験(UU) (設計値)				実験値 / 設計値
	最大引抜き力 P [kN]	極限周面摩擦抵抗力 τ_p [kN/m²]	粘着力 c [kN/m²]	内部摩擦角 ϕ [°]	極限周面摩擦抵抗力 τ_p [kN/m²]		
1	17.9	105.7	13.6	31.0	49.7		2.13
2	30.0	178.3			127.8		1.40
3	37.2	219.9			205.9		1.07
4	15.2	90.4	5.3	36.0	48.9		1.85
5	32.1	191.2			143.3		1.33
6	40.3	238.2			237.8		1.00
7	23.3	211.8	32.4	30.8	68.2		3.11
8	21.9	198.6			145.7		1.36
9	36.9	341.6			223.2		1.53
10	16.0	145.4	44.8	24.6	72.3		2.01
11	20.0	176.9			131.8		1.34
12	18.4	164.0			191.3		0.86

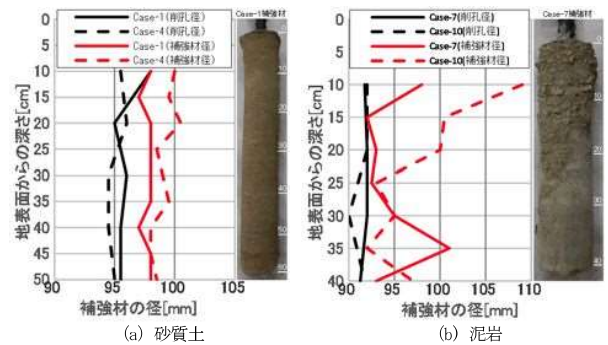


図-3 削孔径と補強材径の比較結果

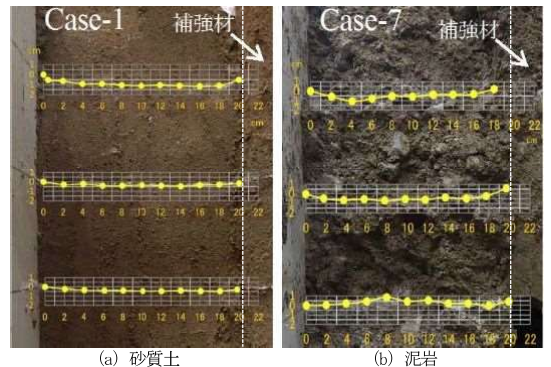


図-4 色砂の変位量