

実物大盛土における加圧注入を用いた地山補強土工法の有効性

日特建設 正会員 ○石垣 幸整, 横山一輝
 日特建設 正会員 窪塚 大輔, 三上 登
 京都大学大学院 フェロー会員 杉山 友康

1. はじめに

近年激甚化している我が国の災害に対応した重要インフラの機能強化必要性を鑑み、筆者らは重要インフラに隣接する盛土等の低強度地盤を、地山補強土により効率的に補強する方法を検討してきた^{1),2),3)}。本研究で対象としている盛土は主に鉄道や道路盛土であるため、工期短縮や施工ヤードの制限、補強材長の短縮等の施工上の制約条件が多く、効率的な施工手法が求められる。これらのことから、筆者らは加圧注入による注入体拡張を用いて、1本あたりの引抜き抵抗力を増加させ、補強材長の短縮や打設本数の削減が期待できる効率的な地山補強土工法（以下、本工法）の開発を行った。本報告では実物大盛土においてその有効性を検証した結果を報告する。

2. 試験方法

表1は試験条件を示したものである。2種類の盛土に地山補強土（削孔径 ϕ 105 mm）を施工し、載荷試験によって極限引抜き抵抗力を確認した。図1は試験に用いた補強材の概要を示したものである。スクリー付き口元鋼管は従来の口元パッカー機能等の他、加圧注入圧力の保持が可能となる機構を有する頭部定着材である。スリット付き中空補強芯材は1 m毎に注入材を吐出するスリットが設けられており、節加工が施されている。試験に用いた注入材の配合を表2に示す。注

表1 試験条件

	砂質土地盤 (a)	粘性土地盤 (b)
N 値	3~5	3~5
土被り厚	3.5 m	3.0 m
補強材長	3.0 m	3.0 m
打設角度	下向き 45°	下向き 45°

※土被り厚は補強材先端の深さ

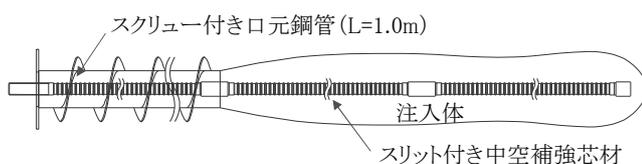


図1 補強材の概要

表2 注入材の配合

配合名	W/C (%)	早強ポルトランドセメント (kg/m ³)	混和剤
N	50	1230	高性能減水剤
S	35	1500	高性能減水剤+増粘剤

表3 試験ケース

No.	配合	芯材	加圧注入	地盤		備考
				a	b	
A-1	N	ネジ節棒鋼スリット付き中空補強芯材	無	○	○	
B-1	S	スリット付き中空補強芯材	有	○	-	
B-2	S	〃	有	○	○	加圧保持有り
B-3	S	〃	有	○	-	土被り厚 7.1m 相当

入材は耐加圧脱水性能を発現する配合（配合S）を用いており、加圧注入を施しても加圧脱水し難い性能を有している^{1),2)}。

表3は試験ケースを示したものであり、一般的な地山補強土のA-1を比較対象とし、注入体拡張による極限引抜き抵抗力の増加を確認した。また、砂質土地盤においては、より大きな上載荷重が作用した場合を想定し、敷鉄板を盛土天端に載せた状態で加圧注入を行った。注入速度は砂質土地盤を10 L/min、粘性土地盤を6 L/minとし、盛土にクラック等の変状や注入圧力の急激な上昇がみられた時点で加圧注入を中止した。なお、施工前後にSH貫入試験を実施し、注入体拡張が盛土地盤の強度に及ぼす影響を確認した。

3. 試験結果・考察

試験結果の一覧を表4に示す。また、写真1は掘り出した補強材外観を示したものである。砂質土地盤において、加圧注入した補強材の外観は注入体の下部が膨らんだ形状を示す傾向が確認された。これは、施工前のSH貫入試験結果より、盛土深部の地盤強度が比較的小さかったことに起因していると考えられる。

砂質土地盤の平均注入体径に関して、B-1は2.85倍、B-2は2.45倍、B-3は3.44倍となり、加圧注入による注入体拡張効果が確認された。B-3がより大きな注入体

キーワード 地山補強土工、盛土法面、加圧注入

連絡先 〒103-0004 東京都中央区東日本橋3-10-6 Daiwa 東日本橋ビル5階 日特建設(株) TEL03-5645-5115

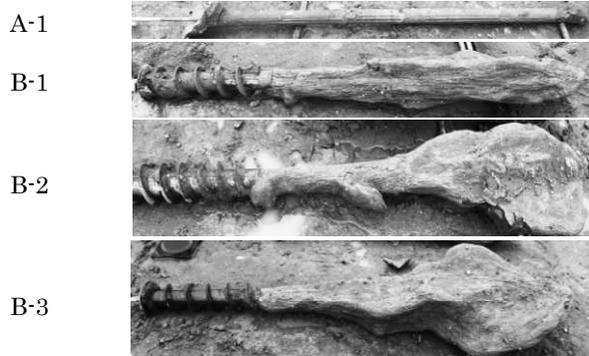
径を示したのは、上載圧により盛土地盤の割裂が生じる強度が増加したためだと考えられ、本試験結果より7 m 程度の上載圧が作用しても、注入体拡張は可能であることが確認できた。砂質土地盤においては、加圧脱水による流動性の低下が懸念されるが^{1),3)}、加圧注入を中止するまで、流動性の低下による急激な圧力の上昇は確認されなかったことから、耐加圧脱水性能を有した注入材の効果が現れていると考えられる。一方、粘性土地盤においては1.35 倍程度の注入体径となり、砂質土地盤よりも注入体拡張効果は小さくなった。これは、粘性土地盤の透水性が低いため、加圧注入速度に対する地盤の圧密速度が遅く、注入体が拡張する前に地盤に割裂が生じることに起因していると考えられる。

図2は試験結果から算出した極限周面摩擦抵抗力度(kN/m²)を示したものである。総じて増加傾向が確認され、砂質土地盤においては、加圧注入圧力を60分保持したB-2が最も高い値を示し、約60%の増加となった。また、B-1、B-3においても約30%の増加を示し、粘性土地盤のB-2においても約40%の増加を示した。これらは、加圧脱水と地盤の圧密による周面摩擦抵抗の増加に起因しており、砂質土地盤におけるB-2が最も増加したのは加圧脱水が最も進んでいるためだ

表4 試験結果一覧

No.	地盤	注入量 (L)	最大加圧注入圧力 (MPa)	平均注入体径 (mm)	極限引抜き抵抗力 (kN/本)
A-1	a	40	-	120	63
	b	41	-	134	62
B-1	a	232	0.43	342	187
B-2	a	210	0.30	294	193
	b	50	0.26	181	103
B-3	a	295	0.25	413	233

砂質土地盤 (a)



粘性土地盤 (b)

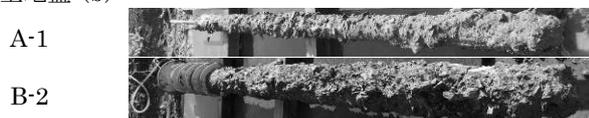


写真1 掘り出した補強材の外観

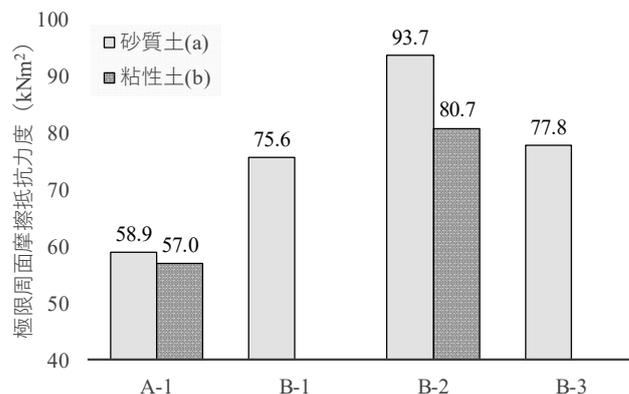


図2 極限周面摩擦抵抗力度(kN/m²)の比較

と考えられる。透水性の比較的低い粘性土地盤のB-2においては、加圧脱水効果がさほど期待できないことから、地盤の圧密による影響が大きいと推測される。

また、明確な傾向は確認できないが、砂質土地盤において施工前後に実施したSH貫入試験の結果では、比較的地盤強度の低かった2.3 m以深で、施工後のN値がやや増加する傾向が確認された。さらに、拡張した注入体近傍(30 cm以内)の乾燥密度を100 ccのサンプラーにより確認したところ、1.44の値を示し、施工前に確認した1.37よりも増加していることが確認された。この増加した乾燥密度は当該地盤においてN値10程度に相当する値である。これらのことから、本工法を施工したことにより、盛土地盤の強度が増加していると考えられる。

以上の結果より、本試験条件下において本工法の有効性は確認されたと判断し、砂質土地盤においてはφ300 mm程度、粘性土地盤においてはφ150 mm程度までの注入体拡張効果が期待できると考えられる。本工法は加圧注入を用いるため、地盤条件に影響を受けやすいと考えられるが、設計時においては、拡張後の補強材径から算出する周面摩擦抵抗力を設計値とし、加圧脱水や地盤の圧密から増加する周面摩擦抵抗力を引抜き抵抗力として見込まないことで、安全側の設計が可能になると考えられる。

4. おわりに

本試験条件下において、本工法の有効性を十分に確認できたため、今後は実現場や異なる地盤条件での実験を重ね、適用範囲を確認していきたい。

参考文献

- 1)石垣幸整ほか：加圧注入による注入体拡張に適したグラウト材の検討，第74回土木学会年次学術講演会，2019
- 2)石垣幸整ほか：耐加圧脱水性能を有した注入材の実物大盛土における有効性確認，第55回地盤工学研究発表会，2020
- 3)横山一輝ほか：低強度地盤における地山補強土工のグラウト特性が引抜き抵抗力に及ぼす効果，第74回土木学会年次学術講演会，2019