

地山補強土工の加圧注入方法の違いが引抜き抵抗に及ぼす効果

日特建設株式会社 正会員 ○石垣 幸整, 山梨 太郎, 正会員 窪塚 大輔, 正会員 三上 登
 京都大学大学院 フェロー会員 杉山 友康, 正会員 阪東 聖人

1. はじめに

近年、盛土の補強に地山補強土工を適用する事例が増えている。一般的に地山補強土工は無加圧でグラウト材を注入し注入体を造成するが、近年、注入体を拡張させることで補強材一本当たりの引抜き抵抗力を増加させ工期短縮や工費節減を図る方法が用いられてきている。注入体を拡張させる一つの方法として、グラウンドアンカー工で用いられるケーシングによる加圧注入方法が挙げられ、引抜き抵抗力の増加が期待できる¹⁾。本実験では地山補強土工における加圧注入の有効性の確認や、加圧注入方法の違いが引抜き抵抗に及ぼす効果を確認するため、粘性土盛土に地山補強土工を施し、引抜き試験や注入体の掘り出しを行った。

2. 実験概要

2.1 盛土地盤の物性値

実験に使用した盛土の物性値を表-1に示す。盛土は粘性土で構成され、全長 20 m、高さ 2.7 m である。盛土の地盤強度は SH 貫入試験により計測した結果、全域にわたり N 値 1~3 程度であった。

2.2 実験ケース

実験ケースを表-2に示す。実験は盛土に対して削孔径 100 mm(二重管)、長さ 3 m、挿入角度 10°の地山補強土工を異なる注入方法で施した。図-1は各実験ケースの注入模式図を示したものである。引抜き抵抗力を同条件で比較するために、注入量の上限を削孔体積の 3 倍に統一した。実験時の造成状況、異形鋼管を用いた加圧注入時の状況を写真-1に示す。Case1 は削孔完了後、グラウト材を無加圧で孔底から注入し、異形鉄筋の補強材挿入後にケーシングを引き抜いた。Case2 は Case1 と同様に補強材を挿入した後、ケーシングを 2 m 引き抜いた状態で、0.2 Mpa でケーシング加圧注入を行った。なお、口元には孔壁保護及びグラウト材の逸走防止のため、1 m の鋼管を設置している。

Case3 は Case1, Case 2 と同様にグラウト材を注入した後、異形鋼管の補強材を挿入し、ケーシングを全て引抜き、異形鋼管にグラウトホースを接続して 0.2 Mpa で加圧注入を行った。なお、異形鋼管は中空構造で、先

表-1 盛土地盤の物性値

項目	表層	3m 深層
最大粒径	19	37.5
均等係数 U_c	90.0	43.3
曲率係数 U'_c	5.86	3.25
最大乾燥密度 ρ_{dmax}	1.630	1.605
最適含水比	21.0	20.5

表-2 実験ケース

	補強材	加圧注入	注入圧力
Case1	異形鉄筋	ケーシング*	無加圧
Case2			加圧(0.2Mpa)
Case3	異形鋼管	鋼管内	



写真-1 実験状況

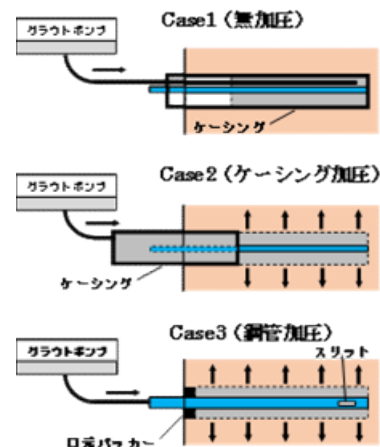


図-1 注入模式図

キーワード 盛土, 地山補強土工, 加圧注入, 引抜き試験, ケーシング加圧, 異形鋼管

連絡先 〒104-0044 東京都中央区東日本橋 3-10-6 日特建設株式会社技術本部 TEL 03-5645-5116

端から 100 mm の位置に側面の 2 方向にスリット（幅 3 mm×長さ 30 mm）を設けてあり，グラウト材はそのスリットから孔内に加圧注入される．

使用したグラウト材は表-3 の配合とし，流動性は P 漏斗 10～18 秒，圧縮強度は 24 N/mm² 以上で管理を行った．

3. 実験結果と考察

3.1 注入体の形状

写真-2 は掘り出した注入体の形状を示したものである．注入体の形状は引抜き試験後，地盤から掘り出し，直径を 10 cm 間隔で測定した．測定結果を表-4 に示す．測定の結果，Case2 と Case3 は，Case1 の 1.2 ～1.3 倍の寸法を示し，加圧注入による注入体の拡張効果が確認できた．また，加圧注入方法の違いによる明確な形状の違いは確認できなかった．なお，Case2，Case3 において，注入体の体積は注入量から算出される理論上の体積よりも小さくなった．これは加圧注入によりグラウトが逸走したためだと考えられる．

3.2 引抜き抵抗と極限周面摩擦抵抗

図-2 に引抜き試験の変位-荷重曲線を示す．表-5 は引抜き抵抗と最大荷重及び極限周面摩擦抵抗を示したものである．明瞭な変化点を引抜き抵抗とし，最大荷重は変位量 10 mm までの最大値とした．なお，極限周面摩擦抵抗は全てのケースにおいて，引抜き抵抗を削孔径から求めた見掛けの表面積で除したものである．

引抜き抵抗は Case1 と比較し，Case2 は約 1.2 倍，Case3 は約 1.5 倍の値を示した．これは加圧注入により注入体が拡張されたことに起因していると考えられる．注入体の体積が殆ど変わらないにも関わらず，Case2 と Case3 で引抜き抵抗の違いが見られたのは，注入時に盛土地盤内に逸走したグラウト材が引抜き抵抗になったことや地盤強度の違い等によるものと考えられる．Case2，Case3 において，引抜き後も荷重が増加しているのは注入体が粘性土盛土地盤の内部抵抗を受けながら引抜かれたためだと考えられる．

極限周面摩擦抵抗は加圧注入をした場合，無加圧注入に対し 1.25 倍となることが知られており¹⁾²⁾，本実験結果でも同様の傾向を示し，Case2 では約 1.2 倍，Case3 では約 1.5 倍の値を示した．

4. まとめ

本実験結果により地山補強土においても加圧注入の有効性が確認された．また，異形鋼管による加圧注入はケーシングによる加圧注入と同等の効果があることが確認された．異形鋼管は孔底から加圧注入可能なことや，加圧注入時に削孔機を必要とせず歩掛かりの向上が期待できることから，ケーシングによる加圧注入方法よりも優位性があると考えられる．今後，同様の実験を砂質土地盤に対しても実施し，その有効性を確認したい．

参考文献

- 1) 公益社団法人アンカー協会：グラウンドアンカー設計施工マニュアル，2013
- 2) 公益社団法人地盤工学会：地山補強土工設計施工マニュアル，2011

表-3 グラウト材配合 (1m³ 当り)

	水セメント比 W/C(%)	セメント C(kg)	水 W(kg)	減水剤 A(kg)
配合	50.0	1,220	610	3.7

減水剤：ポリカルボン酸系

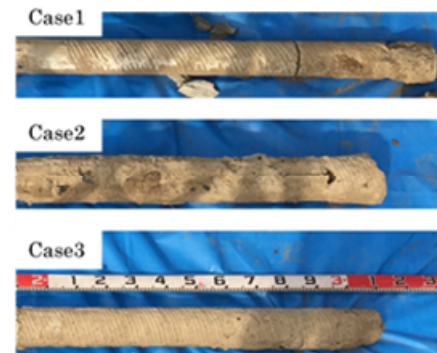


写真-2 注入体の形状
(孔底から 1m の範囲)

表-4 注入体形状

	Case1	Case2	Case3
注入体表面積 (m ²)	0.64	0.76	0.82
注入体体積 (m ³)	0.018	0.021	0.023

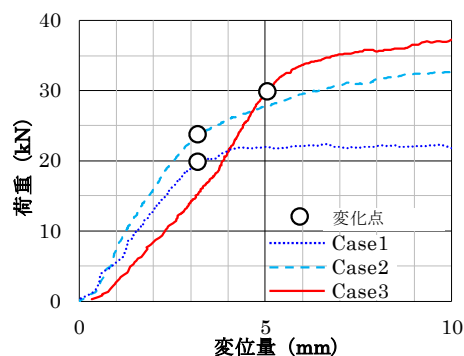


図-2 引抜き変位-荷重曲線

表-5 引抜き抵抗と極限周面摩擦抵抗

	Case1	Case2	Case3
引抜き抵抗 (kN)	20	24	30
最大荷重 (kN)	22	33	36
極限周面摩擦抵抗 (N/mm ²)	0.032	0.038	0.047