

加圧注入式地山補強土工の検討

ライト工業(株) 正会員 ○三中 淳平
ライト工業(株) 正会員 川添 英生
ライト工業(株) 正会員 荒木 豪

1. はじめに

地山補強土工は、斜面に対して地盤内部に補強材（鉄筋等）を配置し、それらの引抜き抵抗などにより、斜面の安定を図る技術である。削孔後に地盤の孔壁が崩壊し、補強体の品質に懸念がある場合は、削孔ビットおよびロッドに保孔管を加えた二重管削孔方式での施工が一般的である。二重管削孔方式は、確実に高品質な補強体を造成できる反面、コストや施工効率に課題がある。また、地山補強土工における二重管削孔は、グラウトの加圧注入が実施されていない事が多い。そこで、これらの課題を解決する方法として、保孔管を対象地山に削孔・残置し、グラウトを加圧注入した後、補強材を建て込む方式（以降、加圧注入方式と呼称する）を提案する。本稿では、加圧注入方式で作製した試験体に対して引張試験を行い、従来の加圧注入を行わない方法で作製した試験体による試験結果との比較を行った。

2. 試験概要

2.1 土質条件

試験体の作製は、大型土槽内に造成したN値＝5程度の締固めを行っていない砂質地盤にて行った。表1に砂質地盤の土質試験結果を示す。

2.2 試験体作製方法

試験体は、補強材として異形棒鋼(D19,SD345)を用いた3種、PC鋼より線(φ12.7)を使用した3種の計6種を作製した。3種の試験体の削孔径はそれぞれ44mm、66mm、100mmとした。加圧注入方式と、保孔管を残置せず加圧注入を行わない方式（以降、無加圧注入方式と呼称する）との差異を確認するために、削孔径44mm、66mmは加圧注入方式で、100mmは無加圧注入方式で作製した。全試験体について削孔長は3.00m、補強材の全長は2.75mで統一した。ボーリングマシンを用いて、水平な地盤に対して60°の削孔角度で削孔を行った後、グラウトの加圧注入または無加圧注入を行い、補強材を挿入した後、グラウトの硬化が終わるまで一定期間養生を行った。グラウトの加圧注入についての手順は地盤工学会の基準に則った¹⁾。図1に施工手順を、表2に施工緒元を示す。

2.3 試験方法

グラウト供試体の圧縮強度24N/mm²以上を確認した後、確認試験と引抜き試験の2種を行った。確認試験の手順は地盤工学会の基準に則った²⁾。確認試験では計画試験荷重を補強材降伏荷重の0.9倍とし、異形棒鋼では90kN、PC鋼より線では142kNとした。確認試験では初期荷重を1分間載荷した後、計画試験荷重を5段階に分けて載荷した。各段階での載荷時間は1分とした。確認試験終了後に、

表1 土質試験結果

項目	数 値
湿潤密度 [g/cm ³]	1.759
乾燥密度 [g/cm ³]	1.574
土粒子の密度 [g/cm ³]	2.708
最大粒径 [mm]	9.5
細粒分含有率 [%]	3.5
含水比 [%]	11.8

表2 施工緒元

方式	種 別	削孔径 (mm)	削孔長 (m)	鋼材長 (m)
	異形棒鋼 D19(SD345)			
加圧	No.1	44	3.00	2.75
加圧	No.2	66	3.00	2.75
無加圧	No.3	100	3.00	2.75
	PC鋼より線 φ12.7			
加圧	No.4	44	3.00	2.75
加圧	No.5	66	3.00	2.75
無加圧	No.6	100	3.00	2.75

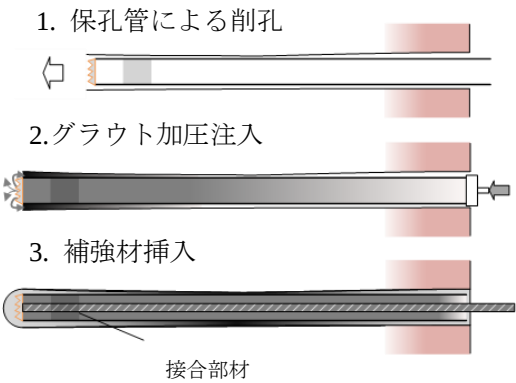


図1 施工手順

キーワード 地山補強土工、斜面防災、加圧注入、周面摩擦

連絡先 〒300-2658 茨城県つくば市諏訪 C23 街区3 画地 ライト工業(株) R&D センター TEL 029-846-6175

除荷が終わったことを確認して引抜き試験を行った。引抜き試験では試験体の地山からの引抜け、または補強材が破断した時の荷重を確認した。試験には油圧ジャッキを使用した。試験状況を図2に示す。

3. 試験結果

表3に試験結果を示す。確認試験では、補強材にPC鋼より線を用いた試験体のうち、無加圧注入方式で造成したNo.6が計画試験荷重に達する前の92kNで引抜けたが、その他の5種の試験体で引抜けは発生しなかった。引抜き試験では、補強材に異形棒鋼を用いた試験体のうち、No.1、No.3は補強材の引抜けが確認できた。No.2は載荷荷重が144kNに達した時点でも、引抜けや破断といった現象が確認できなかったため、試験を中断した。No.4については引抜けが起これず、荷重の低下が見られた時点で試験を終了した。試験後にNo.4の補強材を調べたところ、PC鋼より線を構成する鋼線の数本に断裂が確認できた。No.5は載荷中に大きな破断音とともに補強材が完全に破断した。確認試験の段階で補強材が引抜けたNo.6については、引抜き試験は未実施である。引抜け状況は試験体によって異なるが、試験終了までに載荷した最大の荷重を引抜き荷重とした。引抜き試験未実施のNo.6については92kNを引抜き荷重とした。無加圧注入方式で作製した試験体と比較して、加圧注入方式で作製した試験体の引抜き荷重が大きいことがわかった。また、補強材に棒鋼を使用した試験体に比べて、PC鋼より線を使用した試験体の方が、引抜き荷重が大きかった。引抜き荷重と削孔径から求めた極限周面摩擦を、図3に示す。加圧注入方式は無加圧注入方式の2倍程度の極限周面摩擦を持つことが分かった。加圧注入方式で作製した試験体の先端には、図4で示すようなグラウト球根が形成されたためと考えられる。

4. まとめ

引抜き試験の結果から、加圧注入方式の施工方法により、極限周面摩擦が増大することが確認できた。グラウンドアンカーにおける加圧注入時と地山補強土における極限周面摩擦抵抗の数値を比較したところ、概ね2倍程度である。このため、今回の実験値の加圧効果として妥当であると考えられる³⁾。1本あたりの引抜き抵抗が大きく、少ない施工本数で十分な補強効果を得ることができるため、施工を行う上でコストの削減につながると考えられる。また、PC鋼より線は棒鋼に比べて大きな引抜き抵抗を見せたが、棒鋼に比べて高価であり、コスト面で課題があるため、現時点では補強材には棒鋼を想定している。加圧注入方式の実用化に向けた課題として、対象地盤を砂地盤から礫地盤に変更しても、同様のグラウト球根の形成が行われるか確認する必要がある。今後は保孔管の加工方法や形状、削孔スライムの排出方法、施工条件の整理・再現性などについて検証を行っていく予定である。

参考文献

1) (公社) 地盤工学会：「グラウンドアンカー設計・施工基準，同解説」(JGS4101-2012) 2016
2) (公社) 地盤工学会：「地山補強土工法設計・施工マニュアル」 2011
3) (公社) 日本道路協会：「道路土工一切土工・斜面安定工指針」 2009



図2 試験状況

表3 試験結果

方式	種別	確認試験		引抜き試験	
		最大荷重 (kN)	結果	引抜き荷重 (kN)	状況
	異形棒鋼D19(SD345)				
加圧	No.1	90	異状なし	128	引抜け
加圧	No.2	90	異状なし	144	中断
無加圧	No.3	90	異状なし	97	引抜け
	PC鋼より線φ12.7				
加圧	No.4	142	異状なし	180	破断
加圧	No.5	142	異状なし	159	破断
無加圧	No.6	92	引抜け	92	未実施

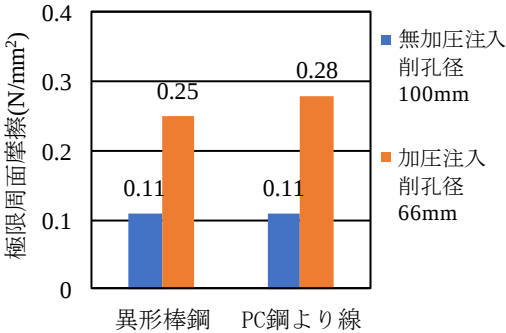


図3 極限周面摩擦抵抗



図4 試験体(No.2)