

地山補強土工法の補強材用グラウトの加圧注入効果

矢作建設工業(株) 正会員 ○桐山和也 正会員 野村敬之
 ヤハギ緑化(株) 今井雅基 正会員 服部啓二
 名古屋工業大学 フェロー会員 梅原秀哲

1. はじめに

PAN WALL工法等の地山補強土工法は、2~10m程度の比較的短い補強材（鉄筋等）を地山に挿入し、グラウト等を無加圧で注入し周辺地山との摩擦を確保して斜面の安定を図っている。地山補強土工法のグラウトと地盤間の周面摩擦抵抗の推定値は、グラウンドアンカーの基準¹⁾を参考に2割低減させた安全側の値を設定している。しかしながら、無加圧注入の地山補強土工法における補強材の引抜き抵抗力を調べた試験値等のデータはあまり公表されておらず²⁾グラウト加圧の有無による物性の変化について論じた研究結果^{3) 4)}は少ない。

そこで本研究では、グラウトの加圧の有無による物性の差異について試験施工により比較し、RCパネルを使用した地山補強土工法への加圧注入の適用性を検討した。

2. 実験概要

グラウトの使用材料と配合を表-1に示す。グラウトの品質規格は、P漏斗流下時間9~22秒、圧縮強度24N/mm²以上である。試験施工は実験Aと実験Bの2ケースについて行った。実験Aは加圧によるグラウトの物性変化を確認するために、実験Bは表面加圧により補強材全長に作用する圧力を確認するために行った。試験施工の条件を表-2に示す。実験Aはパッカーを用いた補強材先端1mの加圧、実験BはRC板設置後の表面加圧治具を用いた補強材全長の加圧である。なお、実験A、実験Bとも加圧2本、無加圧1本の計3本について試験を行った。

試験項目は、実験Aでは注入時の加圧力と孔内圧力の測定、補強材の引抜き試験、試掘による造成径の測定、試掘により採取した硬化グラウトの圧縮強度試験である。また、実験Bでは加圧力と孔内圧力の測定のみを行った。実験の施工概略図と圧力計設置位置を図-1に示す。

3. 実験結果

圧力測定結果の一例として、パッカーによる先端加圧の結果を図-2に、表面加圧治具による全長加圧の結果を図-3に示す。表面加圧の結果より、加圧初期から最深部・中央部・坑口付近とも加圧力とほぼ同じ圧力を示していた。このことより、表面加圧によりグラウト全体に液圧が均等に作用することが分った。

加圧開始から約120秒間で加圧力と坑内

表-1 グラウトの配合と使用材料

配合			
W/C (%)	W (kg/m ³)	C (kg/m ³)	SP (kg/m ³)
49.8	610	1225	24.5
使用材料			
C：早強ポルトランドセメント、密度 3.14g/cm ³			
SP：高性能減水剤、メラミンスルホン酸系			

表-2 試験施工の条件

項目	実験A	実験B
土質区分	粘土質砂礫	マサ土
N値	16程度	24程度
推定引抜き抵抗力	32.8kN	44.1kN
補強材長	6m	6m
加圧方法	パッカー加圧	表面加圧
グラウト充填長	先端1mのみ	全長6m

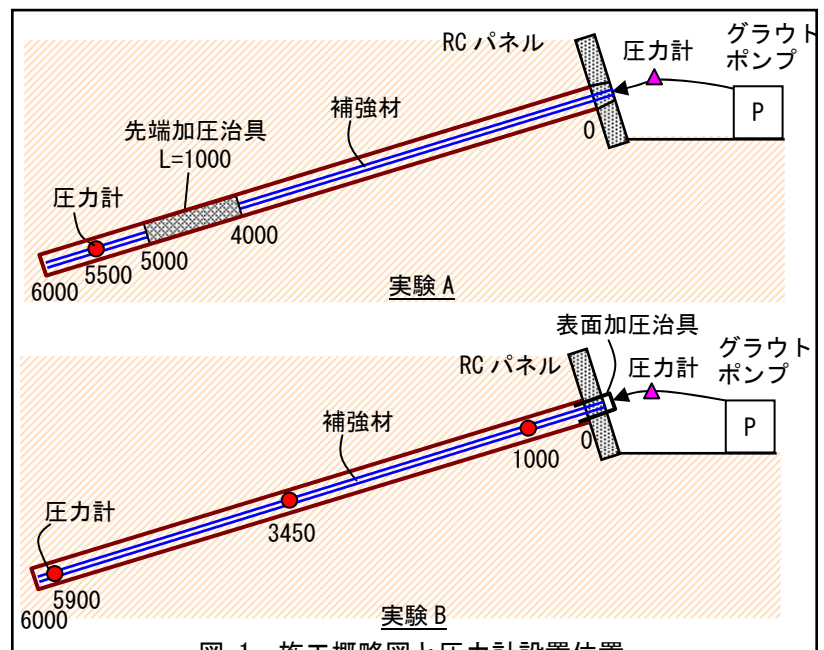


図-1 施工概略図と圧力計設置位置

3 測点の圧力が 250kPa となった時点で、全測点の坑内圧力が急激に低下した。その後加圧力を大きくして 7 分程度加圧を続けたが坑内 3 測点の圧力が再び上昇することはなかった。これはグラウトが加圧により脱水して流動性を失ったためであった (写真-1)。

次に表面加圧とパッカー加圧を比べると、両加圧方法とも加圧初期には加圧力とほぼ同じ圧力が坑内の各測点に作用し、120 秒程度の加圧継続で坑内圧力が急激に低下するため、加圧力と加圧時間を同様とすれば加圧方法の違いにより造成される補強体に差異は生じないと考えられる。よって、加圧時間は圧力増加から 3 分間程度、最大圧力は 250kPa 以上に設定すれば良いと考えられる。

掘り出したグラウトの長さや径を測定した結果を表-3 に示す。掘り出したグラウト径は削孔径 90mm の 1.1~1.4 倍 (平均 1.3) となり、無加圧に比べ加圧したものが 2~7% 程度大きくなった。引抜試験結果 (表-3 参照) より、同じ定着長に換算すると無加圧に対して加圧したものの周面摩擦抵抗値は 1.3 倍程度となった。これは、加圧注入に伴う脱水でグラウトが高強度化して地盤との付着力が増加することや、グラウトの充填性が向上して地山に噛み合いやすくなったためであると考えられる。

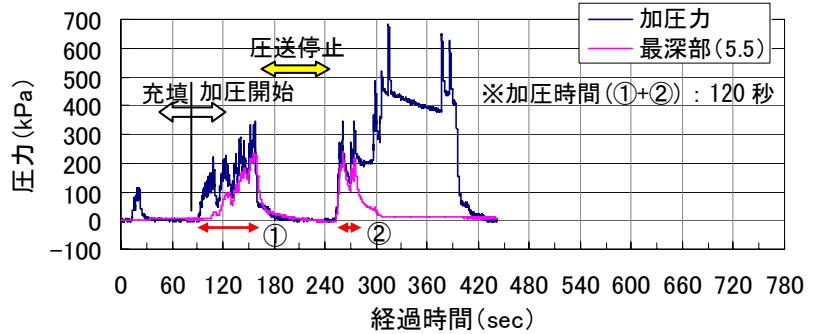


図-2 圧力測定結果 (パッカーによる先端加圧)

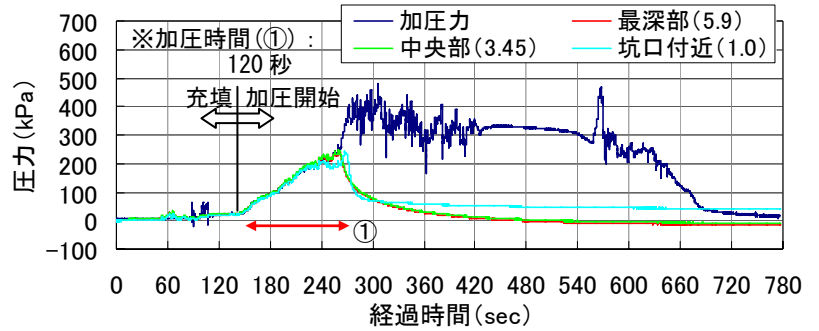


図-3 圧力測定結果 (表面加圧による全長加圧)



写真-1 採取グラウト

表-3 引抜試験結果と掘り出したグラウトの長さや径

補強材	最大加圧力 (kPa)	グラウト長 (m)	グラウト径 (mm)	最大引抜き抵抗値* (kN)	無加圧に対する比
No. 1	410	1.3	前 128, 中 120, 後 128, 平均 125	104[0.204]	1.31
No. 2	250	1.3	前 120, 中 117, 後 121, 平均 119	100[0.206]	1.32
No. 3	0	1.2	前 115, 中 113, 後 109, 平均 116	68[0.156]	1.00

*[]内は周面摩擦抵抗値 (N/mm²) の計算値

加圧による強度増加を確認するため、掘り出した補強材の先端余掘り部分より φ25mm のコアを採取して圧縮強度試験を実施した。圧縮強度試験結果を表-4 に示す。加圧した No.2 のグラウトは、無加圧のグラウトに比べ 1.24 倍の圧縮強度を示した。これは、加圧による脱水でグラウトの水セメント比が小さくなったためであると考えられる。

表-4 圧縮強度試験結果

種別	先端部コアの圧縮強度 (N/mm ²)
無加圧	45.5, 57.2, 47.5, 平均 50.1
加圧 (No. 2)	52.4, 72.7, 61.4, 平均 62.2

これは、加圧による脱水でグラウトの水セメント比が小さくなったためであると考えられる。

4. まとめ

グラウト加圧の有効性を検討した結果、無加圧に比べ加圧したものは圧縮強度が約 1.2 倍、周面摩擦抵抗値が約 1.3 倍となり、グラウンドアンカー指針に示されている周面摩擦抵抗値と遜色ない結果となった。また、加圧方法の違いにより作用する坑内圧力に差異はなく、RC パネルを使用した表面加圧の有効性が確認できた。今後は、今回実験を行った土質以外についても実施工を通じてデータを蓄積していく予定である。

参考文献

- (社) 地盤工学会：グラウンドアンカー設計・施工規準・同解説, JGS4101-2000
- 日本道路公団：切土補強土工法設計・施工指針, 2002.7
- 片山直樹・大坂理・浜崎晃：グラウンドアンカー工の充填注入が及ぼす影響に関する実験的研究, 日本地すべり学会研究発表会, 第 46 回, 2007
- 片山直樹：グラウトの加圧注入が摩擦抵抗に及ぼす影響に関する実験的研究, 日本地すべり学会研究発表会, 第 46 回, 2007