

## 地山補強土工法の鉛直施工に関する研究

ヤハギ緑化(株) 正会員 長田孝史・服部啓二・今井雅基  
 矢作建設工業(株) 正会員 桐山和也・山田誠・大槻忠行  
 名城大学 正会員 小高猛司

### 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。一般に地山補強土の適用勾配は、5分（63.4°）程度より緩く設定されている。これは切土法面の自立性を必要とすることに加え、掘削面が鉛直に近いほど一定の剛性を持った法面工の設置と法面工に補強材を結合することの重要性が増す<sup>1), 2)</sup> ためである。特に、補強材に引張り力が作用する前の掘削初期では、補強材の断面力（曲げまたはせん断）が法面を保持するため、補強材頭部に想定以上の断面力が作用することが懸念される。一方、表面工にプレキャストコンクリート板を使用した PAN WALL 工法では、1 度の掘削高さが 1.2m 以下であること、剛性を持った法面工に補強材を結合できることに加え、補強材頭部の沈下対策を講じることで、一般的な地山補強土工法の適用勾配より急勾配化することが可能であると考えられる。

そこで本研究では、条件が厳しくなるように盛土地盤を形成した後、鉛直勾配（90°）の PAN WALL 工法の実験施工を行い、パネル変位や補強材ひずみ等を計測して PAN WALL 工法への鉛直施工の適用性を検討した。

### 2. 実験概要

#### 2.1 盛土地盤

盛土地盤は原地盤を深さ 8m まで掘削した後埋戻して作製した。定着部分は 2 水準の強度で地盤改良した。ちなみに改良後に原地盤より採取した供試体の材齢 28 日での一軸圧縮強度は、改良 A が 276kN/m<sup>2</sup>、改良 B が 1822kN/m<sup>2</sup>であった(図-1 参照)。

#### 2.2 補強土壁工

表面工には、鉄筋コンクリート製の PAN WALL 板（設計基準強度 30N/mm<sup>2</sup>，板寸法：縦 1.2m×横 1.8m，厚さ 12cm）を使用した。1 段目の補強材は芯材に D25 の異形棒鋼を使用した。

1 段目は掘削面の勾配を 75° 程度（1:0.3）とし、板背面に支持杭（角パイプ 50mm，長さ 1.5m）を板 1 枚あたり 2 本設置して次段での沈下対策とした。次に、板据付のための均しコンクリートを設置し、その上に板を設置した。設置した板はサポート等で転倒防止した後、地盤を削孔して補強材を設置した。補強材は、全長にグラウト（設計基準強度 24N/mm<sup>2</sup>）注入して径 90mm とした。補強材グラウト硬化後に地盤と板の間に裏込めグラウトを打ち込み、養生後補強材を本定着した。2 段目以降は上部の補強土壁が地山を安定させるため、鉛直掘削とした。2 段目は改良強度と周面摩擦抵抗の関係を得ることを目的に引抜き試験を行うため、D32 の異形棒鋼を使用して補強材の先端 1m 程度のみグラウト注入した(図-1 参照)。

#### 2.3 測定項目

1 段目の補強材にひずみゲージを設置し、下段施工の影響を確認した。測点は補強材 1 本あたり 5 点設け、上側下側にひずみゲージを設置した。測定は No.1 ~ No.5 で行った(図-1 参照)。

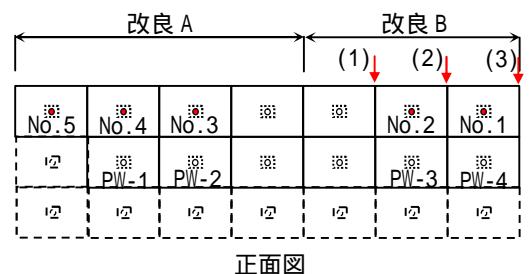
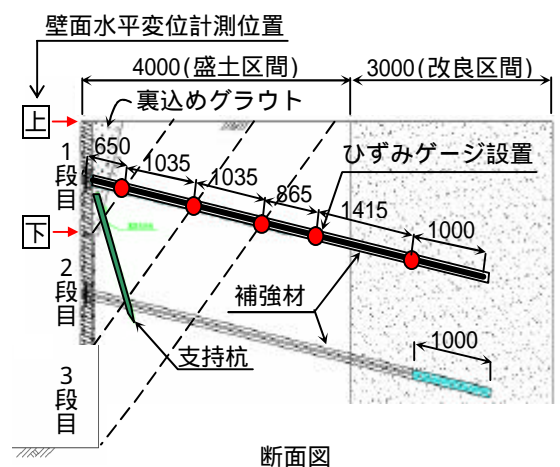


図-1 計測位置

水平変位は、1 段目の板前面（上，下）を測定した．  
補強材の引抜試験は、PW-1～PW-4 について行った．

3. 実験結果

3.1 表面工の変位

表面工の施工進捗に伴う動態観測の測定時期を表-1 に、1 段目の板の水平変位の測定結果を図-2 に示す．変位測定の初期値は、1 段目の板据付け完了時としている．

図-2 より 1 段目の板の水平変位は 1 段目の板上端部で最大 4mm、板下端部で最大 5mm となったが、鉛直施工による問題は認められなかった．

3.2 補強材への作用力

計測結果の一例として、ひずみより算定した補強材 No.4 の軸力を図-3（+：引張，-：圧縮）に、曲げモーメントを図-4（+：上に凸，-：下に凸）に示す．

図-3 より、2 段目施工完了時までの軸力の変化をみると、測点 ~ では引張力が、測点 ~ で圧縮力が作用していた．さらに、3 段目掘削時には軸力の現れ方が変化し、測点 ~ は圧縮側に、測点 は引張側に転じた．これは掘削の進捗に伴い潜在すべり線が移動し、計測を行っている補強材との位置関係が変化したことと、3 段目掘削に伴い支持杭が沈下したことにより、補強材頭部が若干沈下して測点 ~ の補強材中に圧縮軸力が発生したためと考えられる．一方、改良域の近くの測点 では、アンカー効果によって大きな引張力が発生しており、補強土壁の安定向上に寄与していた．また、図-4 から、3 段目掘削時には、壁面工剛結部を除く補強材全体が上に凸の変形をしていたことが示唆される．

3.3 引抜試験結果

引抜試験結果を表-1 に示す．実測の引抜き抵抗力から算定される周面摩擦抵抗と改良土の N 値から換算した周面摩擦抵抗の予測値<sup>3)</sup>を比較すると、両者ほぼ同等であり、改良土であっても N 値から周面摩擦抵抗を予測

しても差し支えないことが確認できた．

4. まとめ

表面工に剛性の高い鉄筋コンクリート製板を用いた地山補強土工法の鉛直施工への適用を目的に、実験施工を行った．その結果、施工・構造の両面において問題がないことが確認できた．

参考文献：1) 龍岡文夫：地山補強土工法の原理・メカニズム，基礎工，Vol.34，No.5，pp.1～3，2006.

2) (社)地盤工学会：補強土入門，1999. 3) (社)日本道路協会：道路土工-切土工・斜面安定工指針，2009.

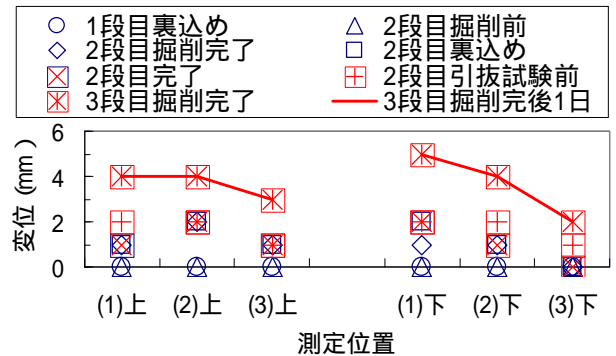


図-2 板の水平変位測定結果

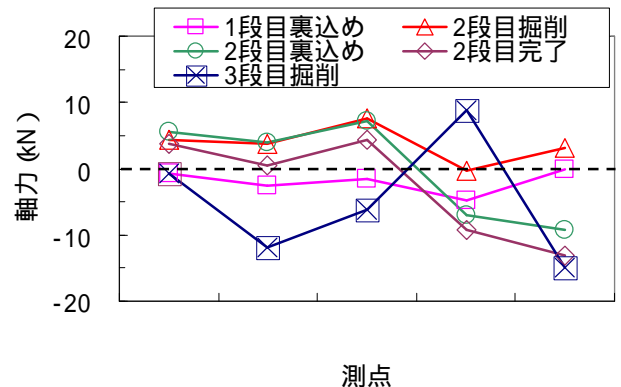


図-3 No.4 補強材の軸力経時変化

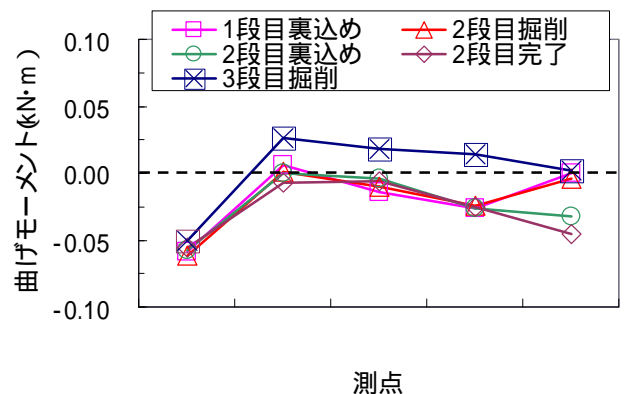


図-4 No.4 補強材の曲げモーメント経時変化

表-1 引抜試験結果総括

種別	記号	一軸圧縮強度 (kN/m <sup>2</sup> )	改良土 N 値	引抜抵抗力 <sup>1)</sup> (kN)	定着長 (m)	周面摩擦抵抗 (N/mm <sup>2</sup> )	N 値より換算 <sup>2)</sup> (N/mm <sup>2</sup> )
改良 A	PW-1	276	14	51.0	1.13	0.13	0.104
	PW-2			146.1 以上	1.92	0.22 以上	0.104
改良 B	PW-3	1822	63	193.5 以上	1.49	0.38 以上	0.36 以上
	PW-4			170.9 以上	1.49	0.33 以上	0.36 以上

1) PW-2～PW-4 は補強材降伏の懸念があったため最大引抜抵抗力は出ていない

2) 道路土工-切土工・斜面安定工指針の砂礫で算定<sup>3)</sup>