

実物大実験体を用いた PAN WALL 工法の法面垂直化へ向けた実験

ヤハギ緑化(株) 正会員 ○市川善造・服部啓二・今井雅基
 矢作建設工業(株) 正会員 長沼明彦・武藤裕久
 名城大学 正会員 小高猛司

1. はじめに

PAN WALL 工法¹⁾(以下, PW 工法)とは, プレキャストコンクリート板の壁面工と PW 工法専用棒状補強材との組み合わせによって, 上から下に施工する逆巻き施工により 1 段毎に完成法面を形成し, 切土工完了と同時に永久構造物としての補強土壁を構築する地山補強土工法である。

盛土補強土工法では垂直壁面は一般的であるが, 地山補強土工法での垂直壁面はほとんど実績がない。一般的な鉄筋類挿入による地山補強土工法では, 施工中に地山の安定を保つのが難しいことが, 法面垂直化を阻害する要因である。しかしながら, 都市部や山岳部のように用地に制限がある場合や, 改変面積の低減などで環境負荷を減らす必要がある場合には, 法面をより急勾配化する必要性にせまられるケースが多々存在する。

そこで本研究では, 背面土質が管理可能な補強盛土の実物大実験体を用いて補強材軸力の計測を行い, PW 工法の法面垂直化への適用性を検討した。

2. 研究の概要

PW 工法は, 上から下に逆巻きで施工することから, 1 段あたりの掘削高さ ($H=1.2\text{m}$) で, 短期的に自立が期待できる地山であれば, 垂直壁面であっても施工的な問題は生じないと考えている。本実験では, 最も土圧が大きく, すべりの抑止力が大きいと考えられる最下段 ($i=4$) 施工中の斜面の状態を検証するため, 実験体の最下段で壁面工と補強材を緊結しているボルトを解放することにより, 壁面工を設置する前の実施工を模擬し, その際に上段に作用する補強材軸力を計測した。また, 軸力の実測値を入力値として極限釣り合い法による設計計算²⁾を実施して潜在すべり面の位置を予測し, そのすべり面を基に補強材に見込むことができる最大軸力を算出し, 実測結果との比較・検証を行った。さらに, PW 工法で通常行う設計計算²⁾を行い, 先の潜在すべり面と比較・検証した。実物大実験体の概略を図-1 に, 諸元を以下に示す。

- 高さ : $H=4.8\text{m}$
- 幅 : $W=23.4\text{m}$
- 施工段数 : 4 段
- 勾配 : $1:0.0$ (垂直)
- 補強材径 : D19・D22・D25
- 補強材長さ : $L=4.0\text{m}$ @ 1.8m
- 上載荷重 : $H=3.3\text{m}$ の載荷盛土 (62.3kN/m^2)
敷鉄板 (16.8kN/m^2)
- 土質条件 : $\gamma=18.88\text{kN/m}^3$, $\phi=35.41^\circ$,
 $c=2.4\text{kN/m}^2$, N 値 34 の砂質土
- ▲ : 座金荷重計 (LW)
- : 鉄筋ひずみ計 (R-1 ~ 4)

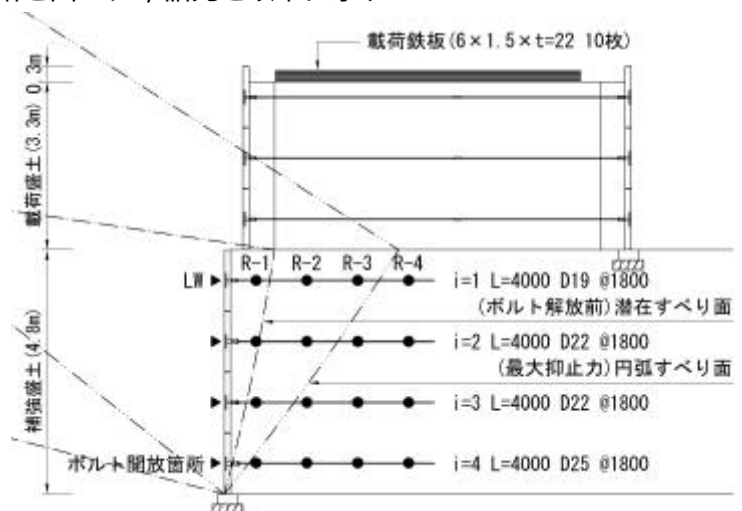


図-1 実物大実験体概略図

表-1 増加量の最大値

段数	LW (kN)	R-1 (kN)	R-2 (kN)	R-3 (kN)	R-4 (kN)
i-1	1.815	0.366	0.081	0.018	0.018
i-2	1.880	0.428	0.192	0.077	0.045
i-3	2.370	0.691	0.556	0.435	0.077
合計	6.065	1.485	0.829	0.530	0.140

3. 検討結果

3.1 補強材軸力の計測

実験体の最下段のボルトを解放し, 壁面部の座金荷重計および補強盛土内の鉄筋ひずみ計で計測を行った。補強材ひずみは軸力換算し, ボルト解放前後の補強材軸力の最大増加量を表-1 に示す。

その結果、増加量は座金荷重計で最も大きくなった。軸力の増加量は、壁面に近く、深い位置ほど大きくなる傾向にあることが分かった。

3.2 潜在すべり面仮定時に補強材に見込むことができる最大軸力の試算

最下段のボルトを解放する前後において、補強材に見込むことができる最大軸力を算出した。潜在すべり面は、実測した各段の座金荷重計の最大荷重の合計値を必要抑止力（起動力と抵抗力の差）と仮定し、円弧ならびに直線すべりを想定した極限釣り合い計算により予測した。したがって、最下段のボルト解放前については、4 段の荷重計の合計を必要抑止力として用い、ボルト解放後については、表-1 の増加量を加えた上から 3 段の荷重計の合計を必要抑止力として用いて潜在すべり面を求めた。なお、得られた潜在すべり面は、ボルト解放前後で大きくは変化しなかった。図-1 には、ボルト解放前の潜在すべり面を示している。

次に、最下段のボルト解放前後の潜在すべり面を用いて、それぞれの場合に補強材に見込むことができる最大軸力を試算した。具体的には、潜在すべり面より外側に位置する補強材が定着部として引っ張り抵抗力を発揮するものとして軸力を計算した。ただし、計算にあたり設計計算²⁾に準じて地山と注入材の間に発揮する周面摩擦抵抗力に安全率を設定した。すなわち、最下段のボルトを解放する前は、永久構造物としての長期安定検討に用いる安全率 2.0 を用い、ボルト解放後は仮設構造物としての短期安定検討に用いる安全率 1.5 を用いた。そのため、補強材に見込める最大軸力は、施工時を念頭においた短期安定検討時の方が大きくなる。表-2 は、今回の計算で得られたボルト解放前後における、各段の補強材に見込むことができる軸力の増加量を、実測の座金荷重計の増加量（表-1 参照）とともに示したものである。

表-2 増加量の比較

	段数	補強材軸力 (kN)	計測値 (kN)
円弧	i-1	9.732	1.815
	i-2	14.709	1.880
	i-3	16.909	2.370
直線	i-1	12.875	1.815
	i-2	16.391	1.880
	i-3	16.391	2.370

表-2 から、実測の荷重増加量は、今回の試算による補強材に見込むことのできる最大軸力の増加量の 1～2 割程度の値であることがわかる。この結果から、無補強状態で最下段を鉛直に切土施工する際に実際に増加する軸力よりも、補強材に見込んである軸力の増加量の方が大きく、補強材は大きく余力を残していると考えられる。以上より、施工中の鉛直法面の安全性は十分に確保できていることが、設計計算で試算した最大軸力と実際に動員されている実測値との比較から確認できた。

3.3 通常の設計フローによる最大抑止力の計算

PW 工法の通常の設計フローに則り、補強材の必要抑止力²⁾を算出した。具体的には、計画安全率 1.20（施工完了時）および 1.05（施工時）以上まで引き上げるために、最大の抑止力が必要となるすべり円弧を探索する計算である。表-3 には、補強前安全率（左列）から補強後安全率（右列）に引き上げるのに必要な抑止力（中列）が示してある。また、その際の円弧すべり面を図-1 に示す。3.2 節での実測軸力に基づく抑止力から仮定した円弧

表-3 比較結果

円弧すべり		補強前 安全率	必要 抑止力 (kN)	補強後 安全率
計算	施工時	0.415	149.1	1.140
	完了時	0.559	203.9	1.218
計測	施工時	0.320	40.8	1.673
	完了時	0.289	60.7	1.271

すべり面を用いて、補強前後の安全率を計算した結果も表-3 に併せて示す。通常の設計フローで見積もられる最大抑止力は、実測に基づく抑止力より遙かに大きく、設計では安全側の検討をしていることを示している。

4. まとめ

PW 工法の法面垂直化への適用を目的として、設計計算で見積もる補強材力と、実際の実験体中で動員される補強材力の実測結果との比較を行った。その結果、通常の設計計算は、鉛直壁面施工に対しても安全側の検討となることが示され、施工前後を通して安全性が確保できることが確認できた。今後は、安全性が高く、実用性のある施工方法の確立に向けた実験を行っていく予定である。

参考文献 1) PAN WALL 工法協会：PAN WALL 工法設計・施工指針・同解説，平成 22 年度版，

2) NEXCO 西・中・東日本：切土補強土工法設計・施工要領，平成 19 年 1 月。