

自然斜面崩壊予防工（鉄筋挿入工）の地中内変形状況について

ロープネット・ロックボルト併用工法研究会

○鏡原聖史・沖村 孝・青木龍一郎・山本 寛・岡崎敬祐
兵庫県六甲治山事務所 山田裕司・竹下洋一・林一郎

1.はじめに

自然斜面の崩壊を事前に予防する工法として、ネットと支圧板、鉄筋挿入工を併用する工法がある。一般に鉄筋挿入工は、待受対策であり、地山の変形に追従して、鉄筋が変形し崩壊防止効果が発揮されると言われている。しかしながら、鉄筋挿入工は施工後、地中にあるため前述したような状況となっているか確認することができないのが現状である。そこで、本稿では、施工後 14 年経過した鉄筋挿入工をボーリングによる被せ掘りによって、鉄筋を掘出し、変形状況を確認したので報告する。

2.本工法の概要

本工法は、図 1 に示すように鉄筋挿入工（ロックボルト、D22、以降ボルトと呼ぶ）を斜面直角方向に打設し、その頭部を支圧板（φ300）とロープネット（0.5m メッシュ）によって連結することにより斜面安定を図るもので樹木を残したまま斜面を補強できる特徴がある。この工法は、豪雨、地震時において、斜面の変形および破壊状態に対応して各部材が効果を発揮することにより、変形を抑制する機能を有する構造で、変形により安定性を照査する設計手法を採用している。

3.調査地の概要

調査地は、平成 14（2002）年に兵庫県神戸市須磨区西須磨高倉山に本工法が施工された箇所である。当該箇所では、対策工の効果確認のため、現地計測が行われている。図 2 に対策斜面と未対策斜面の中央付近に設置されている地中傾斜計（GL-0.5m, -1.0m, -1.5m）の累積値の変化ならびに、観測期間中の時間雨量を示している。この図から対策斜面では、平成 16（2004）年以降に累積変位の増加傾向に変化が現れており、大きな降雨を受けてもその変化は小さいことが確認できる。このことから対策工が斜面に馴染み、変形抑制効果を発揮している状況であると考えられる。また、対策工の維持管理として、対策工ならびに対策工周辺の地盤状況の目視点検とボルトの頭部間を簡易な 5.5m のスチールテープで計測する方法を継続に行っている。ボルト頭部間の距離の変化を図 3 に示す。この図から初期値を計測した平成 19（2007）年 6 月と平成 29（2017）年 6 月では、区間により異なるが頭部間隔が最大 14mm 伸びたり、縮んだりしていることが確認できる。ここで区間 1 は、不動点と斜面上部のボルトの間、区間 2 は、斜面上部のボルトと一段下のボルトの間を意味している。区間 3～6 に区間長の差が大きいことが確認できる。

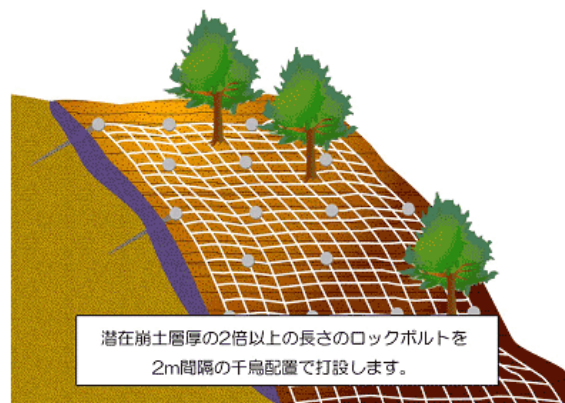


図 1 本工法の概要¹⁾

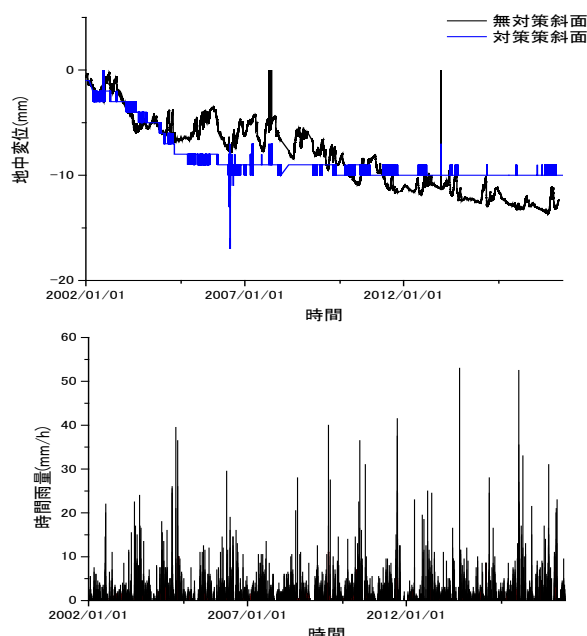


図 2 モニタリング計測結果²⁾

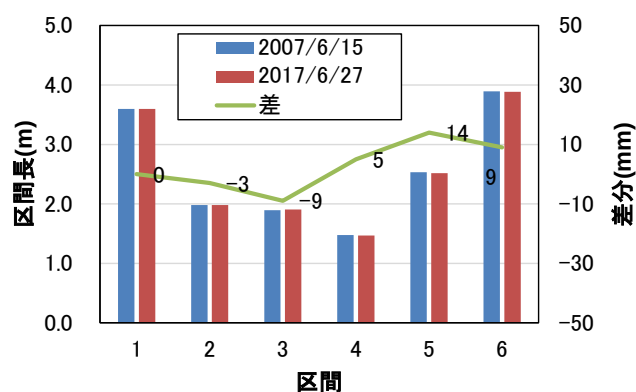


図 3 ボルト頭部間隔の変化

4. ロックボルトの掘り出し

平成 30 (2018) 年 9 月にボルトの掘り出しを行うため、ボーリングによる被せ掘りを行った。ボルトの斜面縦断上の位置は、図 4 に示すとおりである。削孔は、削孔の中心にボルト中心が来るようにボーリングマシンをセットして、 $\phi 100$ で削孔を行ったが、ボルトを一部切断する形で掘り出された箇所があった。図 5 に示すように R1, R2 は全長掘り出しができたが、R3, R4, R5 はボルトが切断された形で掘り出された。図に示した赤破線は、地表面、地表からの深度-1.0m, 2.0m, -2.5 m を示している。また黒破線は、削孔方向のイメージを示しており、ボルト頭部から直線的に伸ばした方向を示している。ボルトの設置位置に着目すると、R1, R2 のように斜面上部に設置されたボルトの変形は小さく、R3, R4, R5 のように斜面下部に設置されたボルトの変形が多くなっていることが確認できる。掘り出したボルトのメッキ剥がれなどは確認できなかった。つぎに、設計時の断面 (図 4) から想定すべり面は、急傾斜である R3~5 は GL-1.0m~1.1m (頭部 0.1m 除く) である。掘り出したボルト R3~5 は GL-0.5~1.0m 程度の深度で概ね斜面下方に変形していた。この結果から、想定すべり面を境界に土塊が移動したものと推察でき、土塊の移動に伴って、ボルトが変形した可能性が考えられた。また、R5 のボルトにはねじれが認められた。このねじれは、ネットでボルト間の変形を制限しているため、斜面下のみの変形ではなく、上部のボルトの引き止め効果等によってボルトがねじれた可能性が考えられる。

5. まとめ

施工後 14 年経過したボルトをボーリングによる被せ掘りによって、ボルトを掘出し、変形状況を確認した。その結果、急斜面に設置されたボルトが地表からの深さ 0.5~1.0m 程度で変形していた。また、地中傾斜計の計測結果から対策斜面の地盤の変形は 10mm 程度で、点検時に実施しているボルトの頭部間計測の結果とも概ね整合 (最大 14mm) する結果が得られた。さらに頭部間の距離が 10mm 程度変化している箇所とボルトが変形している区間 3~6 が対応していた。なお、被せ掘りを行ったが、初期の掘削方向によってはボルトを切断する可能性があるため、今後、引き続きボルトを掘り出するなどしてデータを集めたいと考えている。

参考文献：

- 1) 兵庫県：ロープネット・ロックボルト併用工法 設計・施工指針 (案), 2015.
- 2) 西原ら：予防治山工法施工箇所におけるモニタリング計測, 第 56 回日本地すべり学会研究発表会講演集, P-24, 2017.

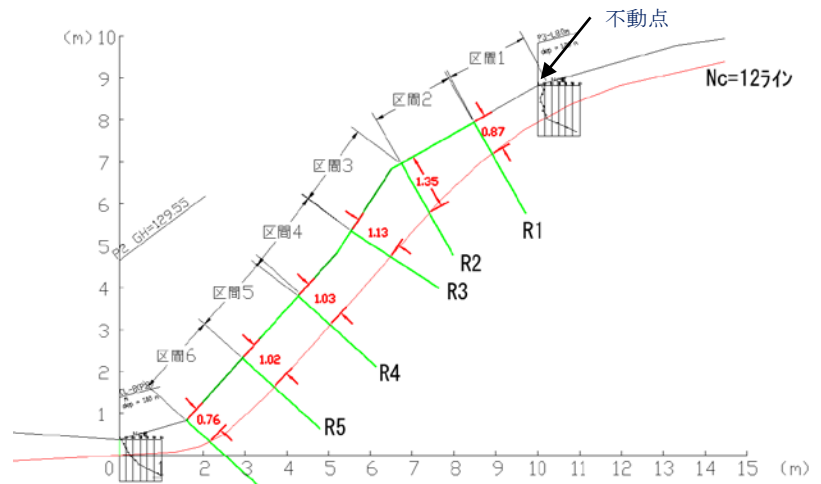


図 4 設計時の断面と各ボルトの位置関係

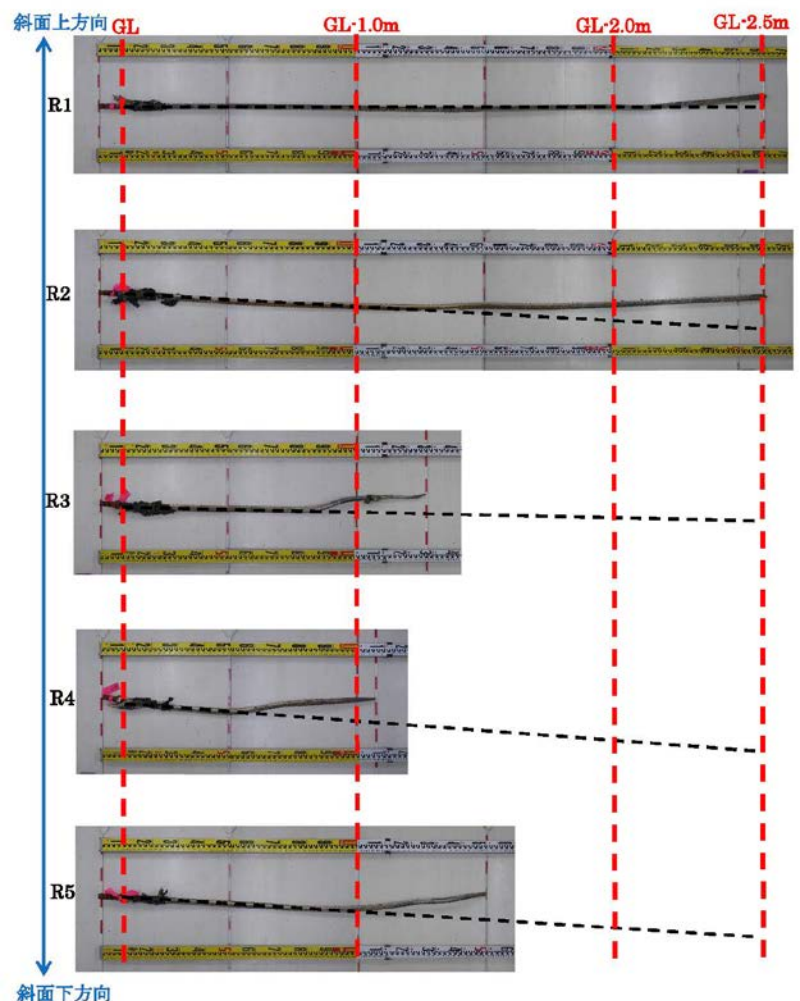


図 5 掘り出したボルトの状況