

斜面形状がロープネットロックボルト併用工法の支圧板密着性に及ぼす影響の分析

大日本ダイヤコンサルタント株式会社 ○池田 智博

六甲治山事務所 山田 剛・有働 真

大日本ダイヤコンサルタント株式会社 鏡原 聖史・塩谷 嘉宏

山口 奨之・岡崎 敬祐・伊東 陽希

1 はじめに

近年、山腹斜面における崩壊対策として、支圧板とロックボルトを組み合わせた「ロープネットロックボルト併用工法」が広く採用されている。著者らは、既設の対策斜面においてロックボルトの間隔や部材の健全度等の継続的な計測調査を実施し、大規模地震発生時等における斜面の安定性評価を行ってきた。こうした維持管理調査の過程において、一部の斜面で支圧板が地盤から浮いている状況が確認された。支圧板の浮きは、設計時に想定した法面への拘束圧を低下させ、対策工全体の機能を損なう恐れがある。この浮きが発生する要因としては、表面流の侵食による土砂の流出や地盤の経年的な変形が考えられる。

そこで本稿では、支圧板の浮き状況と微地形の関係を明らかにすることを目的として、航空レーザ測量データ¹⁾を用いた、水系線解析(集水面積 100m² および 1000m²) および斜面形状の確認を行い、水系線や斜面の凹凸形状が、支圧板の浮きが確認された箇所にもどのように関与するのかについて検討した結果を報告する。

2 調査地の概要

調査地の位置図を図 1 に示す。調査地は、兵庫県神戸市須磨区に位置する高倉山(標高 167m)の山腹斜面である。当該斜面は、花崗岩で、表層 1m 程度マサ化した不安定土層が分布している。そのことから、斜面の予防対策として、「ロープネットロックボルト併用工法」が施工されている。

図 1 調査地位置図²⁾

維持管理の調査項目には、ロックボルト間隔の計測や部材の健全度確認が含まれており、継続的なモニタリングが行われている。本稿では、これらの維持管理で確認された支圧板の変状データを用いて検討した。

3 調査手法

支圧板の浮きと地形の特徴との関係を確認するため、以下の手法で地形的特徴を確認した。広範囲な地形の傾向をつかむため、航空レーザ測量データ¹⁾(50 cm×50 cmメッシュデータ)を活用し、GISを用いて水系網を作成した。作成にあたっては、わずかな水の集まりやすさを捉えるための基準として集水面積 100m²を、明確な谷筋や侵食による土砂移動が予想される流路を抜き出すための基準として集水面積 1000m²をそれぞれ設定し、地表面水が対策工のどの位置を通過しているのかを整理した。次に、斜面形状詳しく検討するため、対策工に水系線が通過する箇所の最大傾斜方向の断面図を作成した。この断面を基に、各支圧板が設置されている箇所の上下で斜面の角度がどのように変化しているかを確認し、地形的特徴を確認した。あわせて現地調査を行いそれぞれの支圧板について実際の数値を計測した。主な計測項目は、支圧板自体の設置角度と支圧板の上下の斜面角度、地面と支圧板の間にできた隙間の距離を浮高として計測した。計測箇所を図 2 に示す。上下の斜面角度の計測について斜面には起伏もあることから平均勾配とした。これらの現地での計測結果と作成した地形断面の特徴を捉えることで浮きの要因について検討した。

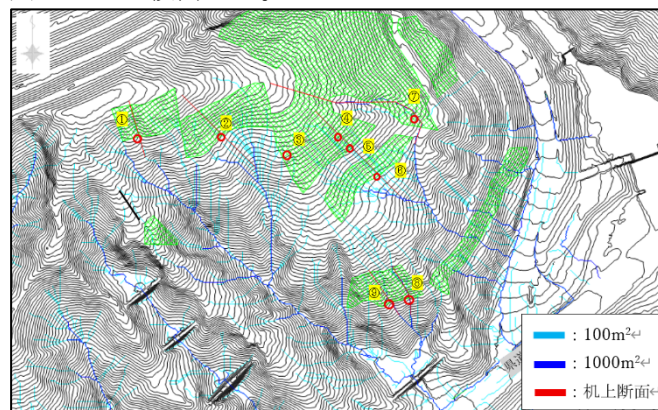


図 2 測定箇所

4 計測結果

計測結果を表 1 に示す。また支圧板と支圧板下斜面の角度差を表 2 に示す。箇所①～⑤で浮きを確認した。水系網図(集水面積 100m² および 1000m²) と各支圧板の位置関係を確認したが、集水面積の大小と浮高との間に明確な相関は認められなかった。一方で、支圧板周辺の斜面角度の変化に着目すると上下の角度差が 13°～42° と大きい箇所(支圧板①, ③, ④, ⑤)では、浮高が 5.8～13.0 cm となっていた。

これに対し、斜面角度の変化がほとんど見られない箇所(支圧板②, ⑥, ⑦, ⑧, ⑨)では浮きは確認されな
いか5 cm以下であった。

図 5 図 6 に現地状況写真を示す。測定地点周辺の植生密度の違いも確認され、箇所②, ⑦, ⑧, ⑨では
下草20 cm程度の植生が局所的に分布している状況であり、浮高も5 cm以下であった。(箇所⑨現地状況写
真参照)

表 1 計測結果

測定箇所	支圧板角度	支圧板上斜面角度	支圧板下斜面角度	水系線	浮高
①	24°	30°	30°	100m ²	11.9cm
②	21°	20°	20°	100m ²	3.6cm
③	13°	13°	55°	100m ²	13.0cm
④	29°	31°	42°	100m ²	6.7cm
⑤	6°	22°	22°	100m ²	5.8cm
⑥	25°	20°	20°	100m ²	0.0cm
⑦	10°	10°	10°	100m ²	0.0cm
⑧	34°	34°	34°	1000m ²	0.0cm
⑨	27°	27°	27°	1000m ²	0.0cm

表 2 支圧板と下斜面の角度差

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
角度差	-	1°	-	-	-	5°	0°	0°	0°
差	6°		42°	13°	16°				

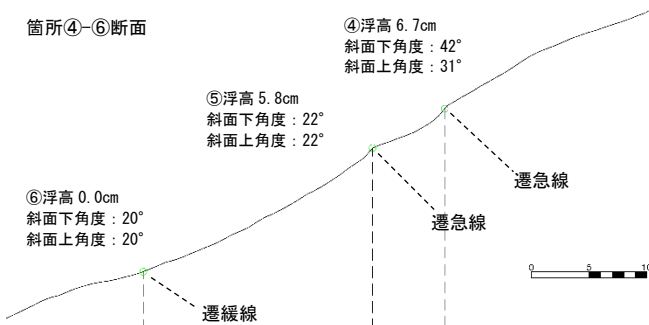


図 3 断面 (箇所④～⑥)

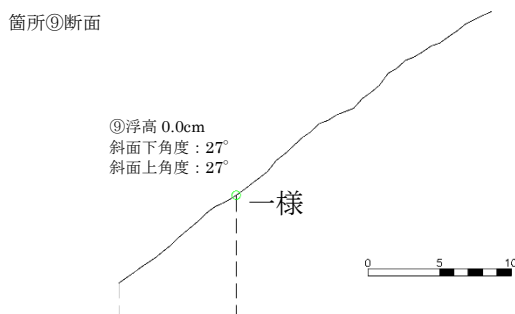


図 4 断面 (箇所⑨)



図 5 現地写真 (箇所④, ⑤)



図 6 現地写真 (箇所⑥, ⑨)

5 考察

以上の結果から、調査地における支圧板の浮きには集水面積が直接関与しておらず斜面の形状や植生状況が深く関係していると考えられる。

地形的特徴について大きな浮きを確認された箇所はいずれも斜面の勾配が急激に変わる遷急線付近に位置していた。一方で、角度変化のない一様斜面では浮きや変状は僅かであった。この要因として、施工当時はボルト設置のために斜面の一部を局所的に整形し傾斜を緩くしていた可能性が考えられる。しかし、その後の長年の風化や侵食によって周辺の自然地形に近い勾配へと平準化されたため、結果として支圧板の下に隙間が生じたものと推察される。また、周囲に植生が繁茂している箇所では、風化や雨水等による表面浸食が抑制され浮高が低く抑えられていた。20 cmの下草が局所的に分布している箇所ほど変状が少ない傾向にあり、植生の分布具合が将来的な変状リスクを左右する重要な因子であることが示唆された。

6 おわりに

本検討では、神戸市高倉山の花崗岩斜面を対象に、支圧板の「浮き」と地形的特徴の関係を確認した。その結果、広域的な集水面積の大小よりも斜面形状における角度の変化や植生の有無が浮きの発生に強く関与している可能性が示唆された。

支圧板の配置については設計段階の図面に基づいた検討であるが、実地での浮高計測結果と断面解析の結果が高い整合性を示しており、地形的特徴が変状リスクを左右する重要な因子であると言える。今後は、本検討で得られた勾配の変化に加え植生分布状況という2つの着眼点を既存の点検項目に反映させることで、より効率的かつ実効性の高い維持管理手法の確立を目指したい。

参考文献

- 1) 航空レーザ測量:G 空間情報センター兵庫県 50cmメッシュ 数値地形図ポータル (2021~2022年度)
<https://www.geospatial.jp/ckan/organization/hyogopref-olddata>
- 2) 国土院: 地理院地図 (電子国土WEB)
<https://maps.gsi.go.jp/#17/34.649114/135.108382/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1g1j0h0k010u0t0z0r0s0m0f1>