

積雪によるグライド力に対する斜面安定工の照査方法に関する検討

日本大学工学部 学生員 ○鈴木 英文・若松 翔太
日本大学工学部 正員 梅村 順

1. はじめに

平成26年に福島県大沼郡金山町で予防治山事業として施工された斜面安定工が破壊する事故が発生した。小野ら¹⁾は、この地域が豪雪地帯であることや破断箇所の地形から、ロックボルトの破断の原因が積雪によるグライド力であると推定した。本研究では、豪雪地帯での斜面保護工法に作用するグライド力を適切に評価し、設計に反映させることを目的に従来冰雪学の分野で進められてきたグライド力評価をもとに地盤工学・地すべり工学の知見を加えることで、より確実な設計におけるグライド力評価方法の検討をした。

2. 破断メカニズムに関する検討

昨年度、小野ら¹⁾は、ロックボルトの破断メカニズムについて、積雪に伴うグライド力で支圧板が斜面表面に沿って移動して、そのせん断で破断に至る破壊モードを考え、ランキンの土圧公式を用いてグライド力を評価したが、破断するには小さな値であった。今年度、破断対策を兼ねた目的で試験を実施し、写真-1に示すように支圧板がロッキングしたときに想定よりも小さな力で破断して、破断面が事故での破断面に類似し、引張破壊になる知見を得た。そこで、支圧板がロッキングしてボルトが引張されるモードを考えた。

まず、安定工の支圧板と積雪荷重について、図-1に示すように考えた。積雪によるグライド力がないとき、ロックボルトに引張力が作用するためには、偏心距が支圧板の外側にあるときなので、偏心距： $e \geq B/2$ として、

$$H \sin \theta \geq B \quad \dots (1)$$

グライド力があれば偏心距は大きくなるので、この条件が、グライド力を考慮する下限値になる。このことからこのモードでは、図-1に示すような独立型支圧板で、積雪厚が(1)式を満たす場合に積雪によるグライド力の影響を考慮する必要がある。一方、積雪によるグライド力が作用する場合について、図-2に示すようなロッドと支圧板からなる構造系を考える。ロックボルトに作用する最大引張応力： σ_{max} は、

$$\sigma_{max} = \frac{6M_c}{Z_1} \left\{ \frac{16I_1D - \pi DBd^3}{\left(6D + \frac{E_1I_1}{E_2I_2}B\right)\pi d^3B} + 1 \right\} \quad \dots (2)$$

で求められる。ここに、 d :ロックボルト径、 E_i, I_i, Z_i :ロックボルト($i = 1$)、および、支圧板($i = 2$)のヤング率、断面二次モーメント、断面係数である。また、 M_c は、偏心距： e 、積雪層の単体重量： γ_{snow} を用いて、

$$M_c = HB\gamma_{snow} \cos^2 \theta \cdot e$$

であり、 e は、小野らの方法¹⁾、および、雪崩予防杭などの設計での方法³⁾それぞれで、

$$e = \frac{H}{2} \tan \theta + \frac{P_{gr}}{3B\gamma_{snow} \cos \theta}, \text{ または、 } e = \frac{1}{2} \left(H \tan \theta + \frac{P_{gr}}{HB\gamma_{snow} \cos \theta} \right)$$

となる。以上のように、本文で検討する方法では、グライド力の大きさとその作用線位置、表土層の硬さを表すバネ支承定数： K の評価が今後、課題になる。

キーワード: 斜面安定工・グライド力・現地観測

連絡先〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原一番地 TEL024-965-8709 FAX024-956-8858



写真-1 ロッキング破壊の状況

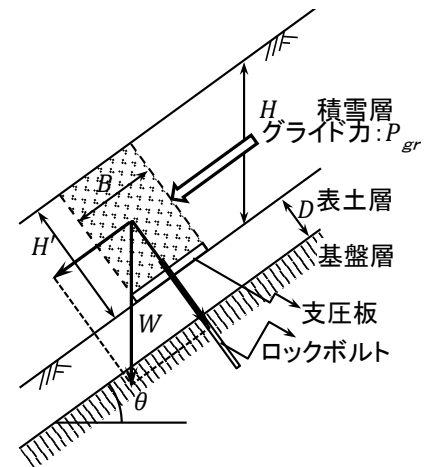


図-1 雪荷重と作用位置の考え方

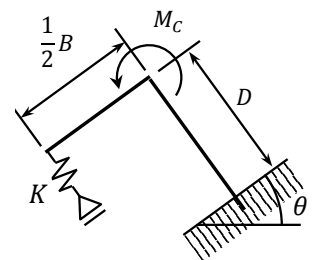
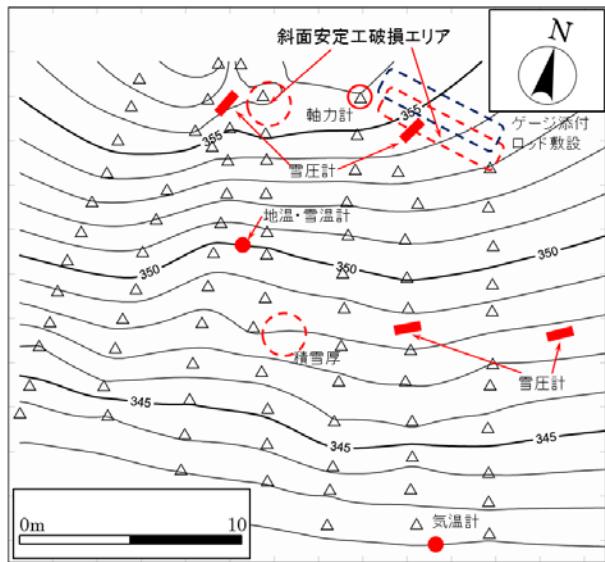


図-2 安定工モデル図



図－3 現地計測斜面の測量結果と
設置計測機器の設置位置

3. グライド力の計測と評価式妥当性確認のための現地計測

前章で求めた評価式の妥当性を検証すること、および、グライド力評価の基礎となる実測データを得ることを目的に、破断事故が生じた斜面に計測機器を設置し、冬期現地調査を実施している。

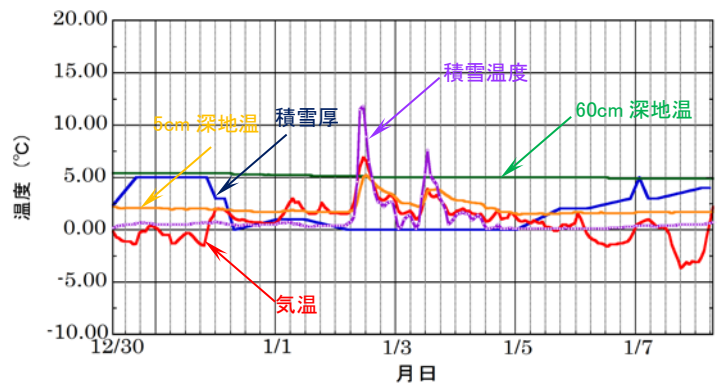
図－3は著者らが実施した、対象斜面の測量結果である。図中△は、測点の位置で、これに計測機器を設置した位置を加筆して示した。平成26年度に破壊した安定工の位置は、斜面上部の位置で、今年度、破壊した安定工の再設置と上部残斜面に新規に安定工を設置したので、それら安定工のロックボルトにストレインゲージを添付した。計測項目は、グライド力の実測を目的とした雪圧を4箇所、式の妥当性を検討するための軸力を1箇所、ロッドに作用する曲げひずみを5箇所(但し、1箇所について施工不良により破棄)、および、インターバルカメラによる積雪深さ計測と、気温、雪温、地温等、気象条件計測としている。

図－4, 5, 6, 7には、計測を開始した2016年12月30日から2017年1月9日までの計測結果を示した。この期間積雪はなく、ロッドに添付したストレインゲージの1つに異常値が認められたが、その他は定着に係ると考えられる値の変動のみが計測されており、ほぼ順調に計測が進んでいることを確認できた。

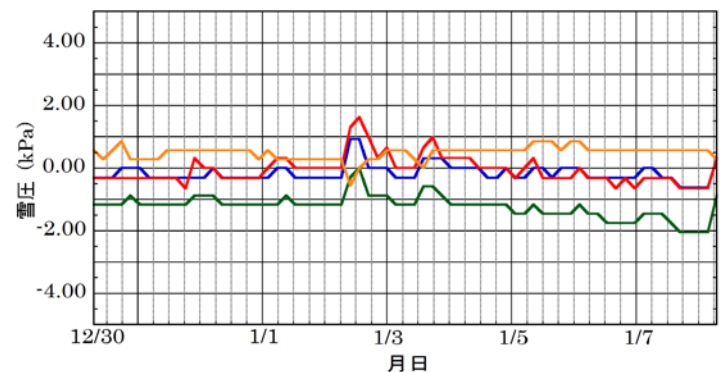
本研究を進めるに当たり、福島県会津農林事務所に

は便宜を図って頂いた。また、日鐵住金建材(株)には計測機の設置で協力頂いた。以上に感謝の意を表する。

参考文献 1) 小野ら: 豪雪地帯の斜面に設置したのり面保護工が受けるグライド力に関する検討, 平成27年度土木学会東北支部技術研究発表会, 2016. 2) 松澤ら: 雪崩対策工の合理的設計手法に関する研究(2), 2011. 3) (独法)土木研究所・寒地土木研究所: 北海道の地域特性を考慮した積雪対策の技術資料(案), 2010.



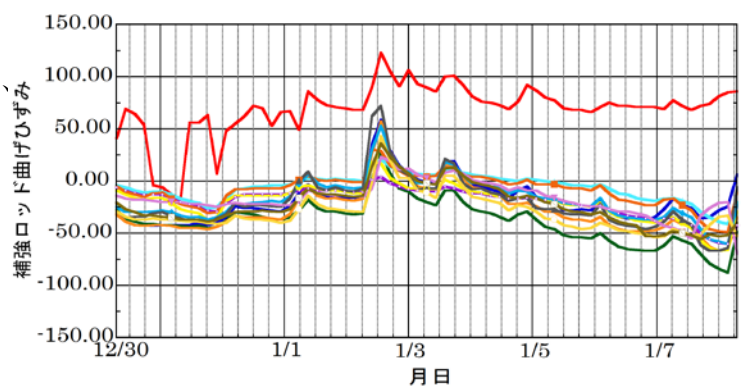
図－4 温度・積雪深さ観測結果



図－5 雪圧計測結果



図－6 ロッド軸力計測結果



図－7 ロッド曲げひずみ計測結果