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

日本大学工学部　　学生会員　○小野　和広・正会員　　梅村　順

1. はじめに

福島県会津地方で施工されたのり面保護工で，アンカーボルトが破断された事例があった．破断箇所は地表から 25cm 程度と浅く，クリープをはじめとする地表変動では，破断の原因が説明できなかった．こののり面の位置は，福島県内でも豪雪地帯として知られる場所で，このことからこの破断の原因が積雪に伴うグライド力と推定した．もし，グライド力が原因であれば，現行の設計では評価されていないので，将来的には評価しなければならないと考えられる．そこで本文では，地盤工学的手法からグライド力を評価し，それに基づき現地でグライド力を実測する計測を策定，計器を設置したので，それらの結果について報告する．

2. のり面の位置・地質，および，ボルトの破断状況

のり面の位置を図－1 に示す．この地域の地質は中期更新統に属する塔寺層であり，弱溶結の火砕流堆積物である．この地層からなるのり面に，表層のクリープを抑止する目的でアンカーボルトが施工されていた．ボルトの破断状況を写真－1 に示す．地表から 25cm 程度の場所で破断が生じた．破断は最上段の 4 ヶ所で発生し地形の大きな変状は認められないこと，施工箇所は積雪が 250cm を超える積雪地帯であること，それに伴い樹木の根曲がりが著しいこと，植生が特徴的で樹木が小さく草木中心であることから，積雪によるグライド力でボルトが破断したと推定された．

3. グライド力の定義とその評価方法

グライドとは，斜面上の積雪が緩速で下方に滑り落ちる現象のことである．そのとき，グライドに伴い構造物に作用する力をグライド力と呼んでいる．このグライド力は写真－2 に示すように，積雪地では道路の防護柵等土木構造物の被災を引き起こすものとして知られている，しかし，その力を評価する手法は殆んど見当たらなかった．そこで地盤工学の立場から，ランキンの土圧公式を用いてグライド力の評価を試みた．まず地表面から出ているボルト突起部の背面に仮想背面を設け，図－2 のようにグライド力が作用しているとしてモデル化した．ランキンの土圧公式から，グライド力を次式で評価した．

$$P_{P1} = K_P \gamma_{snow} (H - h\cos\beta) h : (1)$$

$$P_{P2} = \frac{1}{2} K_P \gamma_{snow} h^2, P_{P2}' = \frac{1}{2} K_P \gamma_{snow} h^2 + 2chK_P : (2)$$

$$F_{D1} = \gamma_{snow} A \sin\beta : (3) \quad F_{D2} = cL\cos\omega : (4)$$

$$K_P = \cos\beta \frac{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi}}{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi}} : (5)$$

$$P_P = P_{P1} + P_{P2} + F_{D1} + F_{D2} : (6)$$

ここで，KP:受働土圧係数，A:断面積，L:すべり面長，ω:すべり角である．

図－1　グライド力計測斜面位置図
（国土地理院地形図に加筆）

写真－1 ボルトの破断

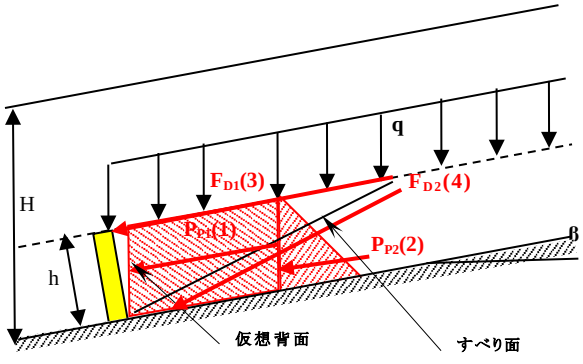
写真－2 グライド力に伴う防護柵の被害

4. グライド力の評価結果

表－1 は，既応文献にある雪の粘着力 c と内部摩擦角 φ の値である．これらの値と北海道開発局道路設計要領・道路橋示方書にある$\gamma_{snow} = 3.5(kN/m^3)$，

表－1　既往文献での雪の c とϕ

文献	雪質	c (N/m²)	ϕ (°)
Perle and Beck(1983)	新雪	900	42
関伸介 早川典生 上石勲(1998)	新雪	120-300	25 -53
松澤勝 加治屋安彦 伊藤靖彦(2007)	新雪	110	62
	新雪	190	52
	新雪 こしまり	540	63



図－2　グライド力モデル図

キーワード　グライド力，のり面保護工，現地計測
連絡先　〒963-8642　福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地　日本大学工学部　ＴＥＬ024-956-8709

地表面からボルト突起部までの長さ h を 0.25m，傾斜角 β を 30°として，積雪深 H，c，φ等を順次変化させグライド力を求めた結果を図－3・4・5 に示す．

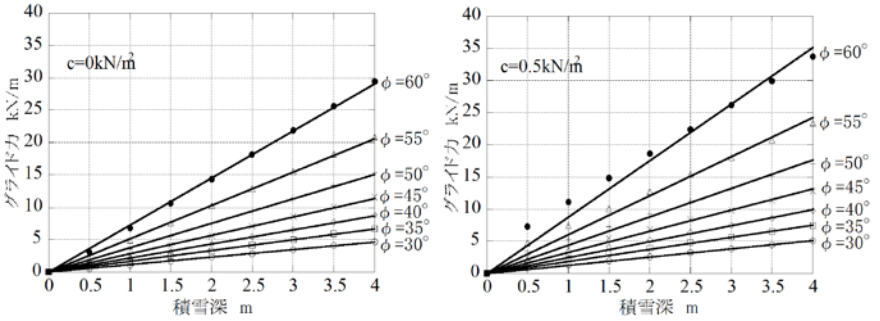
アンカーボルトを施工した事業者からの私信によれば，ボルトは 17kN 以上の力が作用すると破断する可能性があるとのことであった．この値と比較すると，ボルト支圧板で受けた力がボルトに集中して作用するので，評価したグライド力は，ボルトを破断するのに充分な大きさになる結果であった．

5. 計測器の設置とまとめ

本文では，地盤工学的手法からグライド力を評価した．その結果，アンカーボルトを破断するのに充分なグライド力が生じる可能性が示唆された．そこでこの評価の妥当性を検証するために，現場で実際にグライド力を計測することとし，その計画を策定して計測器を現場に設置した．

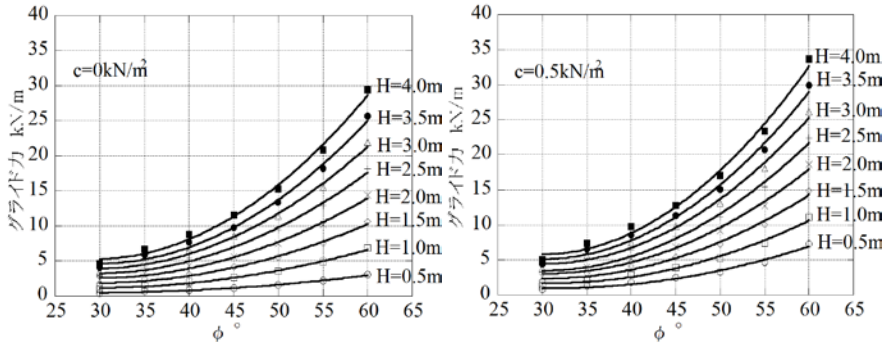
計測場所は，図－1 に示したボルトの破断が確認された斜面とした．グライド力の計測には土圧計を用い，前述したグライド力の評価に基づいてその種類と容量を決めた．グライド力の計測は，ボルトが破断した箇所近傍 1 カ所と，破断していない箇所 3 ヶ所とし，斜面に 75cm 根入れしたボルト 2 本で土圧計を固定した．なお，これらのボルトに過大な負荷がかからないよう，設置板はできるだけ小さくした．その他，モデルで使用したパラメータである積雪深の他，気温，雪温，地温を測定することにした．写真－3 には設置した土圧計を示した．

本原稿の提出日である平成 28 年 1 月 25 日現在，現地では 70cm の積雪深を確認し，グライド力の値が計測されていることを確認した．



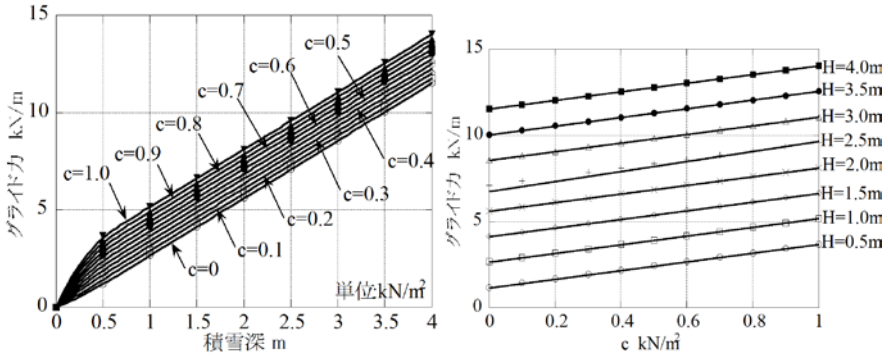
図－3 積雪深とグライド力の関係

γ_{snow}=3.5kN/m^3,β=30°,h=0.25m として H, φ を変化させたとき



図－4 雪の内部摩擦角とグライド力の関係

γ_{snow}=3.5kN/m^3,β=30°,h=0.25m とし H, φ を変化させたとき



図－5 積雪深-グライド力関係と雪の粘着力-グライド力関係

γ_{snow}=3.5kN/m^3,β=30° ,h=0.25m, φ =45°として H,c を変化させたとき

写真－3 設置したグライド力計測板

参考文献

1)国土地理院地形図: http://maps.gsi.go.jp/(参照日:平成 28 年 1 月 8 日).
2)松澤勝・加治屋安彦・伊藤靖彦(2007):地震発生時の斜面積雪の安全率評価に関する一考察,北海道の雪氷,No.26,pp95-98.
3)右城猛(1998):新・擁壁の設計法と計算例,理工図書,pp310.
4)Perla and Beck(1983):Instruments and Methods Experience with Shear,J.glaciology.,29,pp485-491.
5)関伸介・早川典生・上石勲(1998):シアーフレームによる積雪層内弱層のせん断強度測定手法の考察,1998 年度日本雪氷学会予稿集,pp183.