

82. ワイヤレスセンサによる深部すべり面監視

Deep Slip Surface Monitoring using Wireless Sensors

○中里裕臣, 田頭秀和, 鈴木尚登 (農研機構), 遠目塚良一 (坂田電機)
Hiroomi Nakazato, Hidekazu Tagashira, Hisato Suzuki, Ryoichi Tohmetsuka

1. はじめに

すべり面深度 100m に及ぶような大規模地すべりでは, 2 次的な地すべりの発達により複数のすべり面を有することが多く, 浅層すべり面の活動により調査孔やセンサケーブルが破断し, 深層すべり面の長期的な監視が難しいという課題がある. このような課題に対応し, 深部すべり面の挙動を長期的多角的に監視するため, フィルダム管理のための埋設計器として開発されたワイヤレス間隙水圧計¹⁾の技術を応用し, ロガー一体型間隙水圧もしくは変位センサをすべり面付近に埋設し, 低周波電波により観測データを地表まで無線伝送するシステムの現地適用を行ってきた²⁾など).

ここでは山形県鶴岡市七五三掛地すべり³⁾における 2010 年 1 月以降の観測結果を示し, 本手法の有効性・問題点を明らかにする.

2. W-BV20-1 孔における間隙水圧観測

本孔は, 七五三掛地すべり D-1 ブロック上部において深度 51m と 86m にすべり面が確認された孔内傾斜計観測孔の 5m 横に位置する (図 1). 各すべり面の上下の間隙水圧を観測するため 3 台のワイヤレス間隙水圧計 (センサ径 76mm, FS:1MPa) と 1 台の有線間隙水圧計 (センサ径 35mm, FS:0.7MPa) を設置した (図 2). 有線センサは通年毎時観測であり, ワイヤレスセンサは内蔵電池による観測期間 5 年間を目標として, 12 月～5 月は毎時, 6 月～11 月は週 1 回の観測頻度とした. データ回収は坂田電機製ポータブル受信器によりオフラインで行うが, 84.4m と 88.6m センサについ

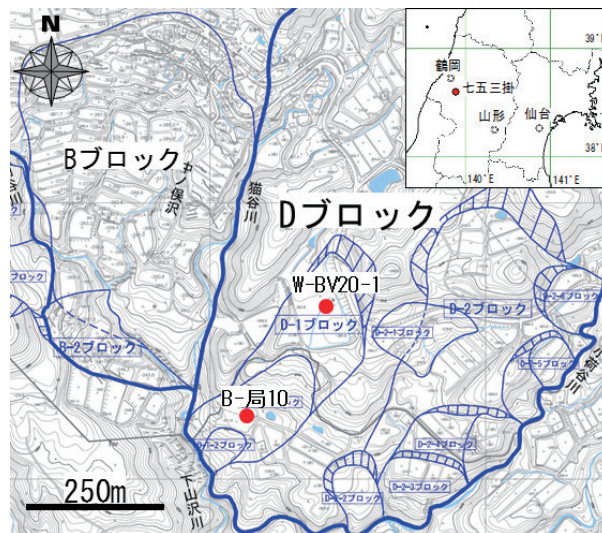


図 1 調査位置図

ては送受信信号レベルがノイズレベル以下であったため, 地表には直径 5m の大出力送信アンテナ, 深度 21.2m には高感度受信アンテナを設置し, 地中送受信機との通信を可能にした. しかし, 最近ではノイズレベルが増大傾向にあり, 88.6m センサについては 2014 年 3 月以降通信不能となっている.

これまでの観測結果を図 3 に示す. 51m すべり面の上方では降雪初期と融雪期の水圧上昇が見られるが, 全体に水圧低下傾向を示す. D ブロックでは 2010 年 2 月以降対策工として深度 100m 級のディープウェルの設置がすすめられており, 本孔近傍の GPS 観測による地表変位の収束傾向と併せてその対策効果の現れと考

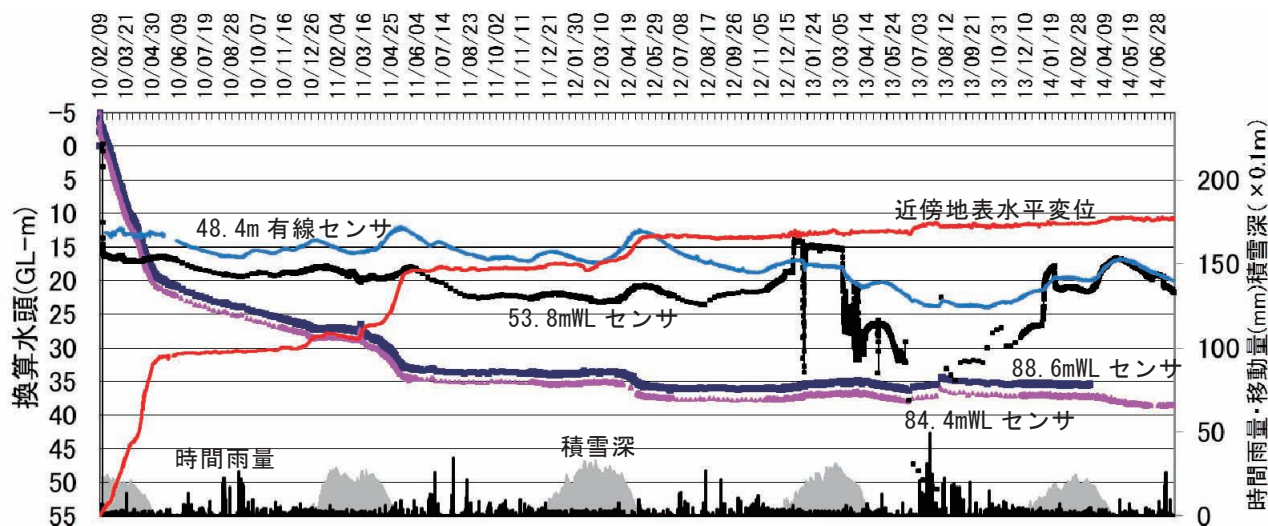


図 3 W-BV20-1 孔観測結果

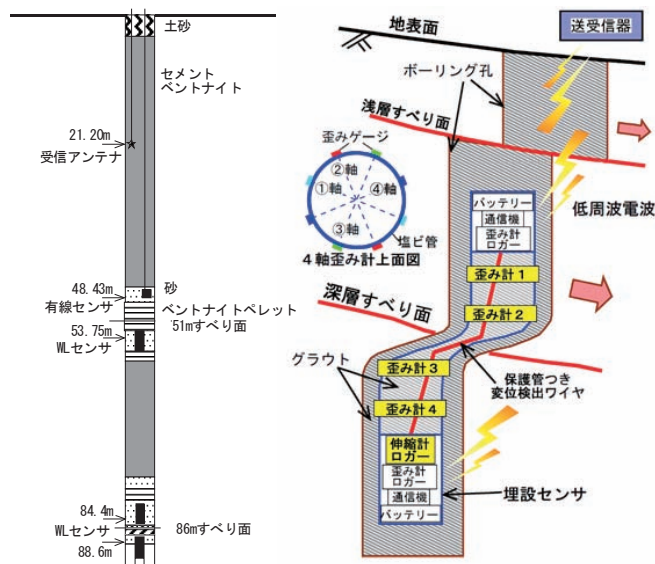


図2 W-BV20-1 孔構造図 図4 変位センサ概要図

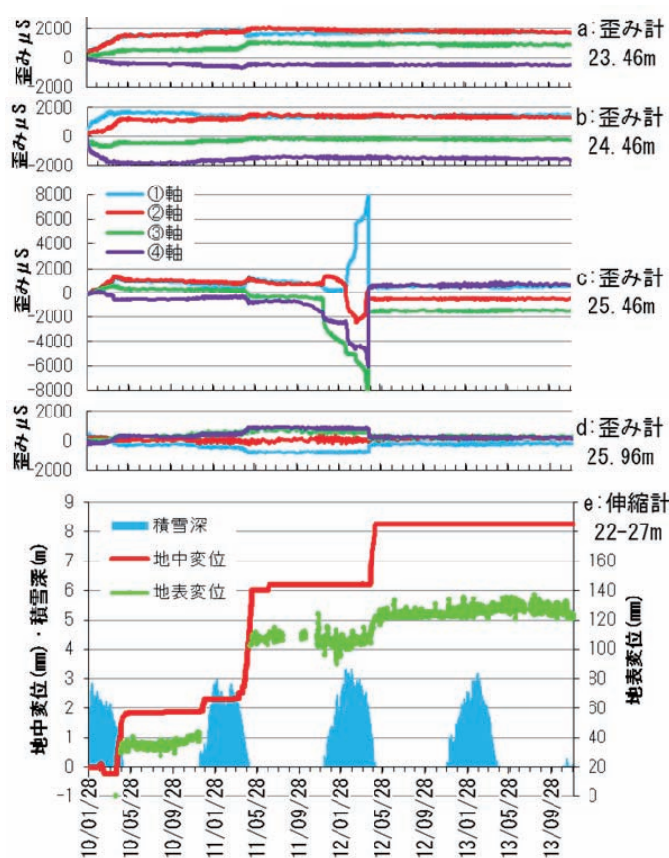


図5 B-局 10 孔観測結果

えられる。51m すべり面下側では上側と同様のパターンを示しつつ水頭差が増えており本孔近傍にディープウェルが設置された2013年1月以降では7月に間隙水圧がほぼ0に至った。その後の水圧上昇の要因としては、2013年7月の豪雨の影響が考えられる。

86m すべり面では、すべり面下側で常に数m高い水圧を示し、両者において単調な水圧低下と積雪期に対応するわずかな水圧増減が認められる。初期の単調な水圧低下は、すべり面区間を遮水してその上下を観測区間としたことにより、センサ周辺の透水係数が小さ

く埋設時の圧力の消散に時間を要したためと考えている。積雪期の変化は積雪荷重の影響と考えている。これらのセンサは長期的な水圧低下傾向を示すものの、すべり面の間隙水圧変化を正確に反映していない可能性が高く、すべり面付近の透水性が小さい場合はすべり面からセンサまで砂置換区間を連続させ、間隙水圧計にすべり面間隙水圧が伝達するようにする必要がある。また、低比抵抗地盤では電磁波の減衰により通信深度が制約されるため、低周波電界を搬送波とする通信システムも開発し、現地適用試験を行っている⁴⁾。

3. B-局 10 における変位計測

本孔はD-1ブロック下部に位置し、深度26.7mの泥岩／凝灰角礫岩境界付近にすべり面を想定し、4段の4軸パイプ歪み計と孔内伸縮計を組み合わせ、すべり面深度、変位方向、変位量を観測できるワイヤレスセンサ（外径91mm）を埋設した（図4）。観測頻度は12月～5月は2回／日、6月～11月は週1回である。

パイプ歪み計は設置直後から変位を検知し、大きな歪みを示した深度25.46m付近にすべり面が推定できた（図5a-d）。4方向の歪みの変化からはDブロックの移動方向と調和する北北東からの圧縮が認められた。深度25.46mと25.96m歪み計用の送信機のみ、2014年4月以降通信不能となっており、機器の破損が推定される。

伸縮計は設置から応答開始まで2.5ヶ月を要し、近傍のGPSによる地表変位と比較すると、変位開始・終了は地表・地中で同期するが、地中変位量は地表変位量の1/10未満の値を示した（図5e）。このような伸縮計の初期無感期間、変位量の過小評価はワイヤ保護管内壁とワイヤのクリアランスやせん断帯形成の影響と推定された⁵⁾。伸縮計の初期無感期間及び変位量の過小評価の改善には、センサの改良とともにせん断帯の厚さの低減のため設置時におけるセンサ周辺の適切なグラウチングが重要と考えられる。また、普及に向けてセンサ外径を小さくし、設置コストを下げる必要がある。なお、いずれのセンサも2013年の融雪期以降有意な変位を示さず、対策効果発現が評価できる。

謝辞 本研究の実施に当たり東北農政局庄内あさひ農地保全事業所の関係各位に多大なご協力を得た。ここに謝意を表します。

文献

- 1) 向後ほか(2006)ダム工学, Vol.16, No.3, pp.165-176.
- 2) 中里ほか(2010)日本応用地質学会平成22年度研究発表会後援論文集, pp.287-288.
- 3) 寺田ほか(2010)地盤工学会誌, 58, pp.634-635.
- 4) 遠目塚ほか(2013)第52回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp.54-55.
- 5) 中里ほか(2012)第51回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp.175-176.