

75 三次元せん断変位計の開発と観測

京都大学防災研究所 佐々恭二・○福岡浩

高知大学農学部 日浦啓全

建設省吉野川砂防工事事務所 大田原幸亘・萬徳昌昭

1. 三次元せん断変位計の開発

地すべり移動観測には従来伸縮計が最も多用されているが、これは一次元の情報しか与えず、地すべりの移動方向を知るには不十分であった。

善徳地すべり地では昭和48年より地すべり地内の横断測線上での地すべりの水平動と鉛直動の2成分のせん断変位を測定するせん断変位計を開発、設置し観測を行なってきた。これにより地すべり地内の横断方向の各点で水平方向、鉛直方向の移動量が知ることができ、地すべりブロックの境界、移動方向などが明らかにされてきた。しかし、地すべり土塊の移動方向を三次元的に知るには、水平、鉛直方向の成分だけでなく、伸縮量も測定する必要がある。また、せん断変位計は検出部にひずみゲージを用いていたが、ひずみゲージは雨や誘導雷に弱く、測定値のばらつきが大きく、毎年断線するゲージも多く大量に交換する必要があり、維持に手間がかかる。そこで、変位検出器も精度・信頼性の高い差動トランジスタにかえた。

2. 三次元せん断変位計の構造・計測方法

図1に構造図を示す。変位目盛板は電気的計測のトラブルに備えて、設置時からの累積変化量が目視できるように備えた。本体は約5.2mおきに地中に埋設した杭の上に固定し、本体間を鉄パイプでつなないだ。この三次元せん断変位計は平成元年、2年度あわせて50台を善徳地すべり地に設置した。

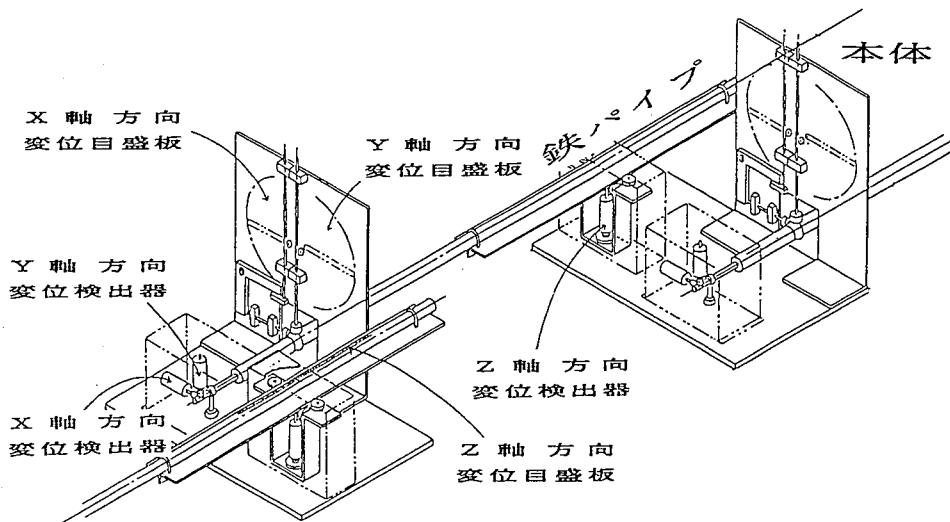


図1 三次元せん断変位計の構造図

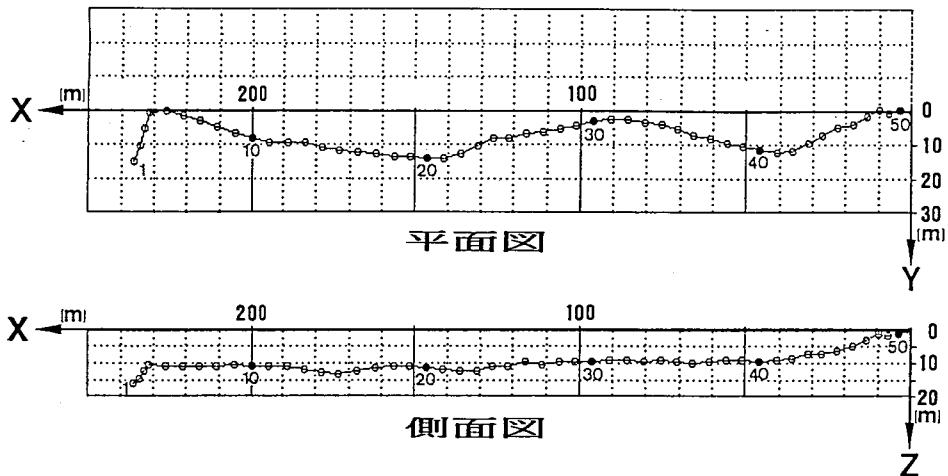


図2 三次元せん断変位計測線の平面図・側面図

測定は鉄パイプの片方の先に球関節をもつ回転支点を取り付け、回転支点の反対側に差動トランスを取り付け水平変位と鉛直変位を測定する。図2に測線の平面図と側面図を示す。X軸方向は水平（谷側）方向、Y軸方向は鉛直（下）方向を表わす。また、伸縮量は鉄パイプの反対側に傾斜付きのガイドレールを固定し、伸縮により台座とガイドレールとの距離の変化を計測して、伸縮量を求める方式をとった。Z軸方向は伸縮（伸び）方向を表わす。

三次元せん断変位計測線は複雑な地形のために完全な直線上には設置されていないので、各せん断変位計で観測された変位量を図2に示した現場での絶対座標系上での変位量に座標変換して用いなければならない。絶対座標系は図2で三次元せん断変位計測線の右端を原点とし、せん断変位計に平行にX軸、それと直角方向、谷向きにY軸、鉛直下向きにZ軸をとった。この座標系での移動量を解析移動量、各三次元せん断変位計で観測される移動量を観測移動量とすると、観測移動量から解析移動量への変換は、

$$\begin{aligned}\Delta X &= \Delta x \cdot \cos \theta - \Delta y \cdot \sin \delta \cdot \cos \theta + \Delta z \cdot \cos \delta \cdot \cos \theta \\ \Delta Y &= -\Delta x \cdot \cos \theta - \Delta y \cdot \sin \delta \cdot \sin \theta + \Delta z \cdot \cos \delta \cdot \sin \theta \\ \Delta Z &= -\Delta y \cdot \cos \delta - \Delta z \cdot \sin \delta\end{aligned}$$

となる。ここで Δx , Δy , Δz は、50本ある各測線の観測移動量、 ΔX , ΔY , ΔZ は解析移動量、 θ 、 δ は、各測線の絶対座標系のX軸となす水平角と鉛直角である。そして、測線の端から各測線の変位量を累積して累積移動量X, Y, Zを求めた。

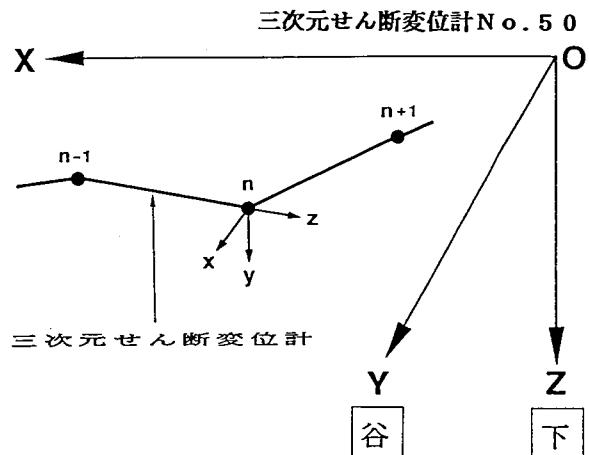


図3 観測移動量と解析移動量の関係

3. 平成2年度の観測結果

平成2年春に設置した23台の三次元せん断変位計の平成2年3月～12月の観測結果を図4、図5に示す。図4は水平動の累積移動量、図5は鉛直動の累積移動量である。測線内に約60m程度の幅の小地すべりブロックが認められる。

図4に示される水平動は9月21日に最も大きく移動しているが、これは9月17～19日の台風による461mmの降雨を反映したものである。一方、図5に示される上下動を見ると8月21～22日の台風による273mmの降雨を反映して8月24日に最も大きく移動しているが、9月17～19日の雨ではあまり移動していない。逆に水平動も8月21～22日の雨ではあまり移動していない。また、鉛直動は雨のほとんど降っていない8月3日頃にはすでに沈下を始めていることがわかる。すなわち、地下侵食の累積の結果として7月終わりから8月初めにかけて沈下し始めていた土層が8月21～22日の雨で約3cm沈下し、その後の9月17～19日の雨で約3cm水平動を起こしたものである。

この観測結果では、鉛直動が水平動に先行していることが注目される。また、地すべりブロックの左端が水平動ではNo.13であるが、鉛直動ではNo.12になっており、この地すべりの端では沈下のみが生じていることをうかがわせる。

図4、5には三次元せん断変位計の観測結果を水平、鉛直にわけて表示したが、三次元的な移動を一枚の図に表わすために、図6のような表示を試みた。測定開始時の測線を直線で表わし、一週間毎の水平・鉛直・伸縮方向の変動量の累積を三次元空間内に表示し、一週間毎に並べ、斜め上方から見た図である。ただし、三次元せん断変位計のスパンに対し、移動量は大きくとっているので、地表面形状の形の変化ではない。実際の移動量は数cmなので肉眼では地表面の変化は読み取れない。左右の2枚は視点をずらせたものであり、空中写真と同様に立体視でき移動形状を三次元的に捉えることができる。

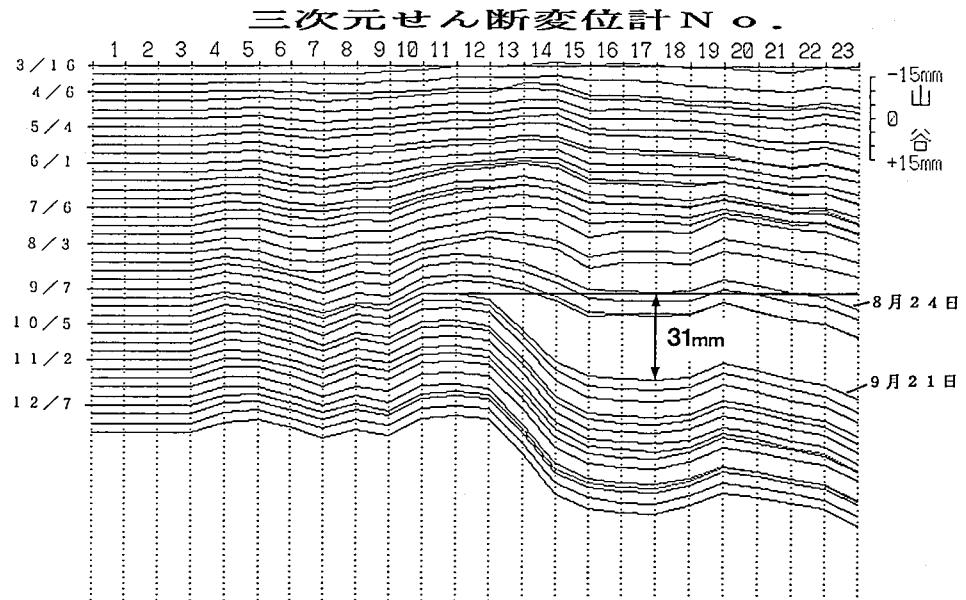


図4 三次元せん断変位計の累積水平移動量

三次元せん断変位計 N o.

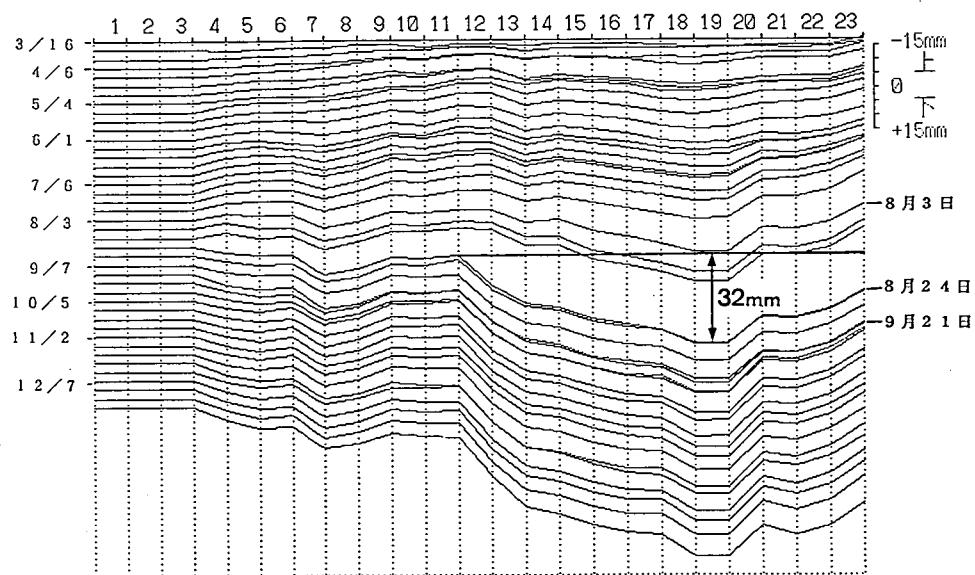


図5 三次元せん断変位計の累積鉛直移動量

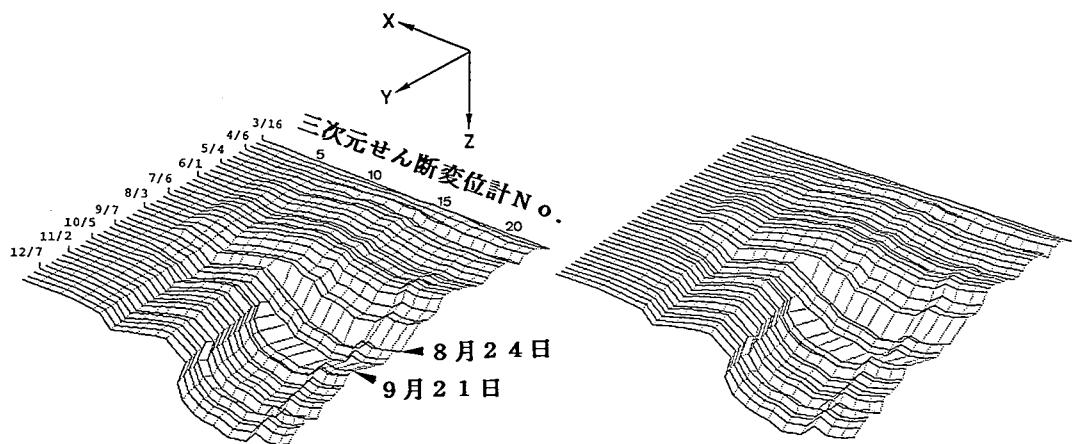


図6 三次元せん断変位計の三次元立体移動量（立体視可）

参考文献

- 1) (財)防災研究協会(1991)：平成2年度善徳地すべり調査観測業務委託報告書, 83p.
- 2) (財)防災研究協会(1974)：善徳地すべり地調査報告-II, 206p.