

## 斜面の地震時残留変位量の崩壊方位に関する検討

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○篠田 昌弘

## 1. はじめに

我が国では、最近の10年間で年間平均1,000件以上もの土砂災害(土石流等, 地すべり, がけ崩れ)が発生している。土砂災害の内, がけ崩れの要因として地震と降雨が挙げられる。降雨によるがけ崩れに関しては調査・研究事例が多いものの, 地震によるがけ崩れは事例も比較的少なく, 調査・研究成果が少ない。本研究では, 地震が要因のがけ崩れ(斜面崩壊)に着目し, 地震後の斜面の残留変位量の崩壊方位に関する検討を実施した。

## 2. 近年の斜面崩壊の誘因となる地震

近年の斜面崩壊の誘因となった地震には, 地新潟県中越地震, 能登半島地震, 新潟県中越沖地震が挙げられる。2004年に発生した新潟県中越地震では, 全国でも有数の地すべり多発地域である山古志村の直近で発生し, 1662箇所斜面崩壊や地すべりが発生した<sup>1)</sup>。斜面の崩壊方向は, 東, 南東, 南向きが多かった。2007年に発生した能登半島地震では, 能登金剛北の黒崎海岸沖2kmで発生した地震であり, 海岸沿いの急斜面に崩壊が多く発生した<sup>2)</sup>。現地調査によれば, 斜面崩壊の向きは, 北海岸で北西, 南東, 南, 西方向, 西海岸で南～南西～西方向であった。2007年に発生した新潟県中越地震では, 新潟県中越沖を震源とする地震であり, 斜面勾配が30度～40度で北西方向の斜面崩壊が多かった<sup>3)</sup>。本研究では, 上記で挙げた近年の地震波を用いて, 8方位の斜面の地震時残留変位量を算定し, 既往の被害報告と比較する。

## 3. 地震時残留変位量算定法

地震時残留変位量の算定では Spencer 法による水平方向と鉛直方向の力とモーメントの釣合いから以下の運動方程式を導き, 降伏震度を超過した加速度を積分することで残留変位量を算定する。

$$\sum_{i=1}^n \frac{W_i}{g} \ddot{X}_G = \sum_{i=1}^n F_{Xi} \quad (1) \quad \sum_{i=1}^n \frac{W_i}{g} \ddot{Y}_G = \sum_{i=1}^n F_{Yi} \quad (2) \quad -\left(\sum_{i=1}^n W_i (x_{oi}^2 + y_{oi}^2)\right) \ddot{\theta}_c = \sum_{i=1}^n MR_i^* \quad (3)$$

ここで,  $W_i$ はスライス*i*の重量,  $X_G$ はすべり土塊重心の水平変位,  $Y_G$ はすべり土塊重心の鉛直変位,  $x_{oi}$ と $y_{oi}$ は回転中心,  $MR_i^*$ はスライス*i*のモーメントの和である。 $F_{Xi}$ は水平方向作用力,  $F_{Yi}$ は鉛直方向作用力である。

## 4. 解析モデル

図1に斜面勾配を変化させた3つの解析モデルを示す。解析モデル1, 2, 3の斜面高さはいずれも20mであり, 斜面勾配はそれぞれ43.6度, 33.69度, 25.7度である。すべり線は, 層1と層2の境界部で発生する平面すべり線を設定した。すべり土塊の地盤材料の物性値は, 単位体積重量が $19.0\text{kN/m}^3$ , 内部摩擦角が33.69度, 粘着力が $20.0\text{kN/m}^2$ とした。

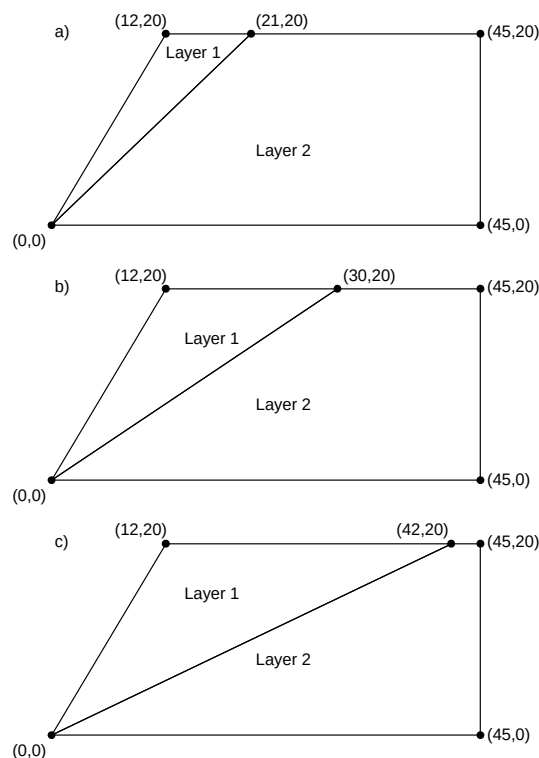


図1 解析モデル ; a)モデル 1, b)モデル 2, c)モデル 3

キーワード 斜面, 地震時残留変位量, 異方性

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7261

## 5. 解析用地震波

図2に東西—南北平面における加速度の軌跡を示す。KiK-NETとK-NETで公表されている地震波は、EW成分、NS成分、UD成分であるので、EW成分とNS成分から8方位の地震波を作成して、図2で示した解析モデルを用いてそれぞれの地震時残留変位量を算定した。

## 6. 解析結果とまとめ

図3aに新潟県中越地震(K-NET 小千谷)を用いた算定結果を示す。図2aに示すように加速度の主軸は北西—南東方向であり、算定上、地震時残留変位量も北西—南東方向であることが分かる。新潟県中越地震の現地調査結果から斜面崩壊方位が東～南東～南方向が多いとの報告があることから、算定結果と整合することが分かる。図3bに能登半島地震(K-NET 輪島)を用いた算定結果を示す。図2bに示すように能登半島地震(K-NET 輪島)の加速度の主軸は明確でないものの、算定上、地震時残留変位量は南方向が最も大きい結果となった。能登半島地震の現地調査結果から当該箇所近辺では特に南方向の斜面崩壊が多いとの報告であったことから、調査結果と整合する結果となった。図3cに新潟県中越沖地震(K-NET 柏崎)を用いた算定結果を示す。図2cに示すように加速度の主軸は北西—南東方向であり、算定上、地震時残留変位量的主軸も北西—南東方向であることが分かる。新潟県中越沖地震の現地調査結果から斜面崩壊方位が北西方向に極めて多いとの報告があり、本研究における算定結果と整合する結果となった。本研究で適用した斜面の地震時残留変位量の算定結果は、過去の現地調査結果と整合した結果が得られており有用性が高いことが分かった。今後は、地震後の早期被害把握や二次災害の防止に適用を検討していきたい。

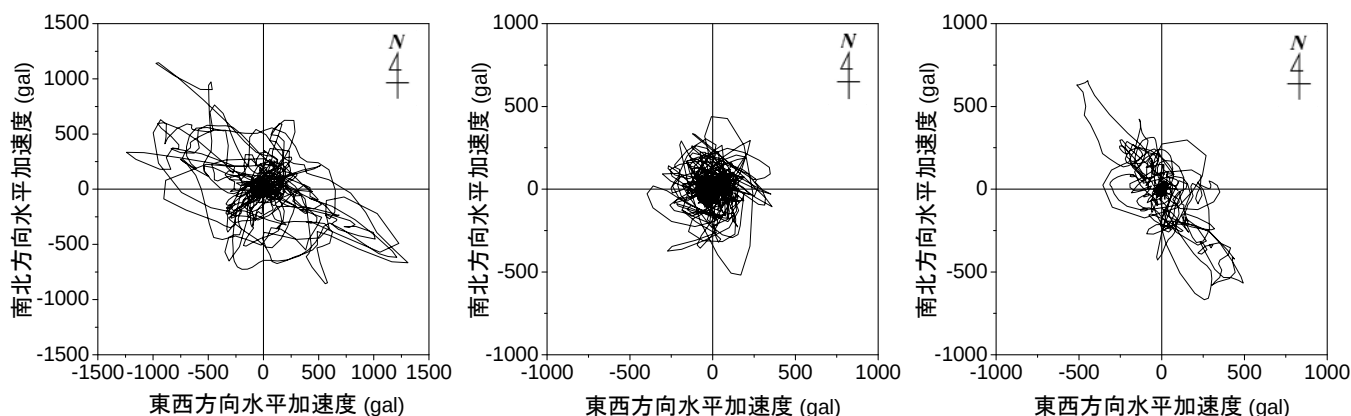


図2 東西—南北方向の加速度軌跡；a)新潟県中越地震，b)能登半島地震，c)新潟県中越沖地震

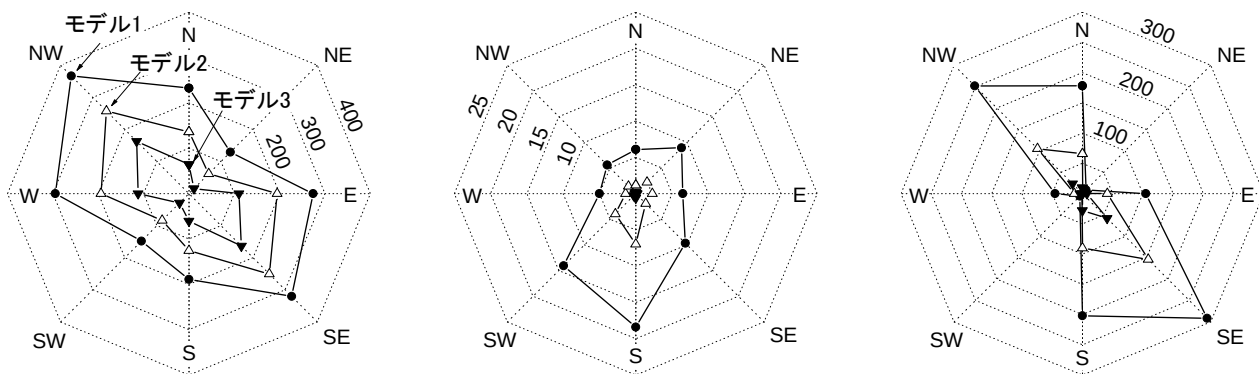


図3 斜面の地震時残留変位量；a)新潟県中越地震，b)能登半島地震，c)新潟県中越沖地震

**参考文献：**1) 川邊洋，権田豊，丸井英明，渡部直喜，土屋智，北原曜，小山内信智，笹原克夫，中村良光，井上公夫，小川紀一郎，小野田敏：2004年新潟県中越地震による土砂災害（速報），砂防学会誌，Vol. 57，No. 5，pp.39-46，2005a. 2) 林拙郎，近藤観慈，川邊洋，花岡正明，秋山一弥，沼本晋也，鈴木滋，向井啓司，福田睦寿：2007年3月25日能登半島地震による土砂災害の発生形態，砂防学会誌，Vol. 60，No. 2，pp.51-58，2007. 3) 佐藤浩，小荒井衛，宇根寛，岩橋純子，宮原伐折羅，山岸宏光：平成19年(2007年)新潟県中越沖地震による斜面崩壊の地形的特徴のGIS解析，国土地理院時報，No.114，pp.91-102，2008.