

氏 名	新井場 公 徳
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	理博第 1993 号
学位授与の日付	平成 10 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	理学研究科地球惑星科学専攻
学位論文題目	A study on the variation of displacement and internal earth pressure in creeping landslides (クリープ性地すべりにおける移動量と土中土圧の変化に関する研究) (主査)
論文調査委員	教授 佐々恭二 教授 千木良雅弘 教授 末峯 章

論 文 内 容 の 要 旨

地すべりにおけるせん断破壊は、すべり面上の全ての点で同時に応力的な破壊条件を満たすことによって生じるわけではないと考えられる。末峯(1983)等は、すべり面におけるせん断変位の詳細な連続観測によって、その破壊過程を研究した。しかし、破壊の原因となる地すべり土塊内部の土圧変化についての研究はなされていない。一方、羽田等(1988)は水平土中土圧を実測し、その値がビショップ法から求まるスライス間力よりも小さいことを見いだした。これは極限釣り合い状態の土圧は、実際の地すべりにおいては必ずしも発揮されるわけではないことを示唆するが、一方で彼らの計測が静的なものであったため、破壊過程における水平土圧の時間変化はとらえられていないと考えられる。地すべり土塊内の変形と応力の時間的空間的变化は、その破壊過程およびその後の移動・停止過程において基礎的な問題であるが、これまで実際の地すべり地において、観測的に検証されてこなかった。申請者は、2つのクリープ性地すべり地において、地すべり運動中の水平土中土圧と土塊内変形について観測的研究を実施した。観測対象は、兵庫県の轟木地すべりと、徳島県の西井川地すべりである。

轟木地すべりでは、連続設置した伸縮計による斜面変動観測、簡易貫入試験、リングせん断試験を実施し、地すべり土塊の移動機構を推定した。その結果、観測された土塊変動を3つに分離した。一つは大きな地すべりブロックの移動によるものであり、降雨後長期間(10日以上)にわたって、斜面の広い部分に斜面方向の圧縮歪みを生じた。もう一つは小さな地すべりブロックの移動によるもので、降雨から約1日後に活発化し、階段状の変位様式を見せ、移動土塊内では斜面方向の歪みは小さかった。最後のひとつは表層土の移動と考えられるものであり、降雨に対して反応性の良い変動である。大きな地すべりブロックの移動による変動の中で、活発な移動域の伝播の結果と考えられる現象を捉えた。この伝播は観測期間中に複数回見られ、また双方向的であった。この伝播によってその付近の土塊の斜面方向の歪みは、蓄積と解放を繰り返し、比較的小さい値で推移した。その上下斜面の土塊は圧縮歪みを蓄積し続けた。これらのことからこの伝播は、すべり面形状の変換点か、互いに緊密な関係にあるブロックの間における、移動中の土塊内歪みに起因する応力変化により、その区間の土塊の変形パターンが変化することによって生じたものと推定した。

西井川地すべり地では、すべり面におけるせん断変位・地下水圧の観測のほか、従来、行われて来なかった地すべり移動中の水平土中土圧を、斜面方向とそれに直交する2方向について計測することを試みた。地すべりの中部から末端にかけて設置した2測線に沿った複数の観測孔を掘削し、複数の深度に土圧計を埋設し、2分間隔でデータサンプリングをした。2年間の観測期間中に3回の地すべり活動を観測し、再現性のある観測結果を得ることができた。観測結果の解析には、まず、観測したすべり面における水圧から各土圧測定点の水圧を計算し、これを観測土圧から引くことによって得られる有効土圧を用いた。これは土骨格の変形を支配するのは、土骨格に働く応力(有効応力)であり、観測土圧は、有効応力と水圧の両方を計測したものであるからである。その結果、地すべり運動時の土圧変化としていくつかの特徴ある挙動が明らかとなっ

た。

1) 土塊の移動開始時に地すべり方向の有効水平土圧は、地すべり中部で増加、下部で減少し、末端では僅かに増加する、という地すべり縦断方向の位置によって異なる変化が観測された。

この土圧変化について、調査・観測の結果から推定した地盤構造及び地下水位を与えて、有限要素解析を実施して検討した。モデル化にあたってはすべり面を連続したジョイント要素によって表現し、それ以外の土塊は弾性のアイソパラメトリック要素を用いた。また、2次元の平面歪み条件を仮定し、地下水面を上昇させることによって地すべり移動前と移動開始直後の応力・歪み場を計算した。その結果、観測された移動開始時の地すべり方向の有効水平土圧の増減の分布やすべり面におけるせん断変位量分布が再現され、すべり面のせん断変位は破壊域が拡大する間に不均一な分布を生じた。このことから地すべり移動開始時に、有効水平土圧があるところで増大し、あるところで減少する現象は、すべり面の形状と地下水面の形状によって主として決定されるせん断変位の分布によって説明することができた。

2) 地すべり移動中には地すべり方向の土圧とそれに直交する方向の土圧が異なり、土圧の異方性が現れた、

3) 多くの観測孔で地すべり減速時には、地すべり方向の有効水平土圧が増加する現象が見られ、その増加は移動の減速や水圧の減衰速度の変化に比べて急激に生じた。そしてこの土圧急増時に上記の移動中の異方的土圧変動は解消された。そして、地すべり移動前後の土圧の差は小さく、移動後の土圧は移動前の値にほぼ回復した。

以上2地点での観測結果より、地すべり移動中の土圧形成機構は静止時の土圧形成機構と異なり、その移行は急激に生じることが見いだされた。

論文審査の結果の要旨

これまで地形・地質学的な定性的研究や均質土を仮定した力学的研究が主であったクリープ的な地すべりの移動機構を解明するために、兵庫県淡路島の轟木地すべり地と徳島県西井川地すべりを試験地として、稠密な現地観測・調査を行った。そしてその結果を用いて、クリープ現象と地表面ならびに土中の変位と有効土圧の関係を定量的に解析し、クリープ的な動きが継続中の破壊過程の土中土圧を明らかにした。また、この観測結果の一部に対して、有限要素法を用いて理論的な説明を与えたものである。以下に得られた結果を要約して述べる。

まず、地表面に設置された伸縮計の観測結果と簡易貫入試験とリングせん断試験結果により、地すべり斜面のブロックを推定した。クリープ的な動きを、大きなブロックの動きと小さなブロックの動き及び降雨と相関関係の良い表層土の動きの3つに分類した。このうち大きなブロックの動きの中に、活発な移動域の伝播の結果と判断される現象がとらえられていた。また、その移動域の伝播の方向は斜面の上の方向と下の方向の両方が見られた。その境界付近の伸縮計の歪みは、比較的小さい値で推移した。その上下の伸縮計では圧縮歪みを観測し続けた。これらのクリープ的な動きは地すべり面の形状の違いが、互いに緊密な関係にあるブロック間における土塊内歪みに起因する応力変化により説明可能であることを示した。

徳島県西井川地すべりにおいては、今まで観測されていない地すべり移動中の水平土中土圧を斜面方向とそれに直交する方向で観測を行った。同時に地すべり面付近のせん断変位と地下水位の観測も実施した。これらの観測データからその場所での間隙水圧を引き、土層構造に実際にかかる有効土圧を計算して、検討を行った。地すべり土塊の移動開始時には、斜面方向の有効水平土圧は、地すべり中部で増加し、下部で減少し、末端でわずかに増加するという現象が観測された。これらの現象は再現性があったので、観測誤差でないことを確認した。この分布について、調査・観測の結果から推定した地盤構造と地下水位を与えて、2次元水平歪みを仮定し、すべり面にはジョイント要素、他の土塊部分にはアイソパラメトリック要素を用いて有限要素解析を実施した。そしてこの観測された水平土中土圧の変化傾向は、すべり面の形状と地下水位の分布状態から説明することができた。地すべり活動中の土圧の観測結果によれば、地すべりの減速時には有効水平土圧が上昇し、その増加の仕方は歪みや地下水位の変化より急激であった。また、移動中は地すべり移動方向とその直行方向で土圧が異なる水平土圧の異方性が現れたが、停止時には異方性が解消された、このことから移動中の水平土圧の形成機構と静止時の土圧解消機構は異なることと、その移行が急激であることが明らかになった。

以上の研究は、複雑な地質状況や地形のため、これまで定性的研究や概論的な研究にほぼ限られてきた地すべりのクリープについて、伸縮計・簡易貫入試験・リングせん断試験・パイプ歪み計・地下水位計・土圧計などによる稠密な観測から、

定量的なデータを積み上げることにより、地すべりのクリープの様相や、地すべり移動中の破壊過程における土中土圧の形成を観測的に明らかにしたものである。また、有限要素法を用いて地下水上昇時におけるこれらの地表における変位や土中における変位を再現し、観測された土圧変化を再現した。この研究は、地すべり活動の直接の原因となる、地すべり運動時の土中土圧の形成過程を地すべり活動時の土圧、水圧、地中内変位の現地観測を通じて明らかにしたものであり、地すべり学の進展における重要な一歩を印したものと評価できる。よって本論文は、博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。なお、平成10年3月19日に、申請論文に報告されている研究業績を中心とし、これに関連した研究分野について諮問した結果、合格と判定した。