

Ⅲ-10 地すべりにおける地下水変動特性ならびに地下水流動特性に関する研究

芙蓉調査設計事務所 正 ○沖野敦
荒谷建設コンサルタント 正 白石央
愛媛大学大学院 河本敏志
愛媛大学大学院 学 高田普丈

1. はじめに

本研究では怒田八畝地すべり防止区域を対象としている。この防止区域は、怒田・八畝・立野地区の3地区からなっており、総面積は、410haと日本でも最大級の地すべり地である。また、地すべりの歴史も古いため、地すべり対策事業も古くから行われており、その歴史は昭和35年までにさかのぼる。

これまでに、約134本のボーリング調査と各種試験、観測が行われており、多くの貴重なデータが残されている。しかしながら、データ量が膨大であるがゆえに利用されていないものが多く、特に地下水に関しては観測データを用いた機構解明等を行われていない。そこで、本研究では既存の観測データを活用した地下水解析を行った。

2. 地すべり地の概要

四国山地のほぼ中央部に位置しており、吉野川の右支川南小川と、南小川の左支川大王川の合流地点に広がっている。南大王川は先行河川で河川の下刻が著しく、両岸には比高30~50mの急崖が形成されている。一方、山腹斜面では、浸食によって形成された急崖と対照をなして、標高400~600m付近に傾斜約20度の緩斜面が形成されている。さらに、背後には、旧滑落崖と考えられる急崖が分布し、南大王川まで連続した大規模な地すべり地形を形成している。

地質は、北部が三波川結晶片岩類、御荷鉾構造線を挟んで南部が御荷鉾緑色岩類で構成されている。地質とも関連して怒田八畝では多くの湧水点を確認できる。特に怒田地区では湧水量が多く、御荷鉾構造線に沿う形で集中しており、南約500mに構造線と平行の確度の高い断層に沿う形でも湧水の多い地点が見られる。また、この断層付近では、湧水量の多い集水井が多く見られる。

3. 地下水・地すべり変動特性

御荷鉾緑色岩・三波川結晶片岩帯での地すべりは、破碎帯地すべりに分類される。この地すべりは、通常の地すべり活動ではあまり活発でなく、降雨時に地すべり活動が活発となって大きな変動を示すことが多い。しかし、怒田・八畝地すべりでは一般的な破碎帯地すべりの動きとは少し異なる動きが考えられる。

図1は八畝地区の斜面下部に設置した観測孔から得られた地下水位年間変動図である。これより、4月から地下水位が上昇しており、9月くらいまで地下水レベルの高い状態が続いていることがわかる。このような地下水位変動は、斜面中～下部での水田利用の影響が大きく、斜面下部での水位上昇期間は稲作期のための灌漑期と重なっており、この時期の水位上昇は、浸透した灌漑用水によるものと考えられる。この傾向は怒田地区でも同様であり、特に怒田地区では四国電力発電施設から分水された灌漑用水が6m³/分（日量8640m³/日）流入しており、これらが主に斜面中～下部で浸透している。

図2は怒田地区に設置した地表面伸縮計の年間変動図である。これは、平成10年の変動図であるが、3月中旬～4月中旬にかけて明瞭な動きがあり、その後5月～10月にかけて少しずつ累積的な動きを示しているのがわかる。その中で、9月に二度目の明瞭な動きも確認できる。3月～4月の動きとこれ以降の累積的な動きは地下水位レベルの上昇によるもので、9月の動きは降雨によるものと考えられる。

灌漑期に水田から浸透する水は、地すべり活動を活発化させるとともに、非灌漑期に比べて降雨の影響を受けやすくしているといえる。このことから、怒田八畝地区は破碎帯地すべりでありながら、破碎帯地すべりの

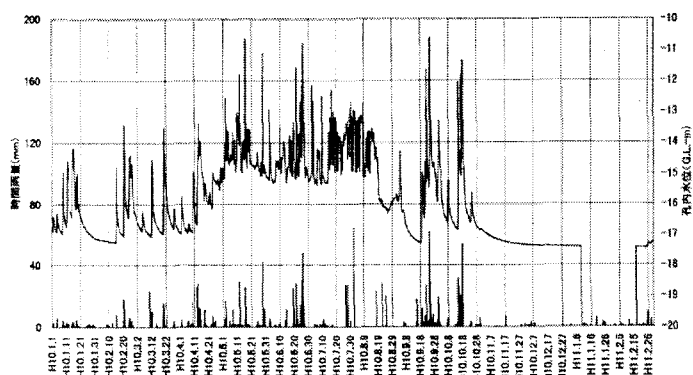


図1 地下水位年間変動

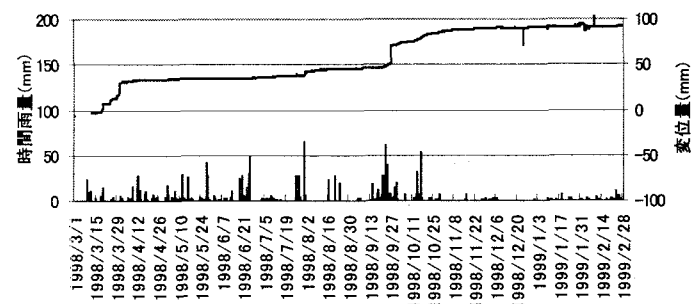


図2 地表面伸縮計年間変動

大半を占める三波川結晶片岩帯の地すべりと少し動きが違うことがわかる。怒田八畝地区には独特の地下水特性と変動特性があり、降雨時以外にも少しずつ累積的な変動が確認される。灌漑期に浸透する水は、斜面中部から下部の特定の場所から連続的に定量が地下浸透しており、定常的な流れ、浸透が影響し飽和帯の拡大が発生していると考えられる。また、降雨の場合は斜面上部から下部にかけて浸透した水によって地下水上昇する。この斜面上部からの降雨浸透と灌漑期の高い地下水位レベルとが相まって、高い圧力伝播が発生するため灌漑期の降雨変化が大きくなり、自ずと地すべりの活発化を促していると考えられる。

4. 降雨と地下水位相関

降雨時の地下水流下を検討するため、1997年～2001年において、主要な7降雨を抽出した。この7降雨において各観測孔での降水量変化地下水位変化の応答性を見るために、降雨量と地下水位の二つの時系列データについて相互相関解析を行った。データ量が多い怒田地区のみを対象としている。

本論文では以下に示す降雨について解析結果を示す。

1998年9月22日(9:00)～25日(8:00) 総雨量 666mm
2000年9月1日(1:00)～3日(24:00) 総雨量 372mm

図3、4は、時間を移動させることで得られた相関係数のピーク時間を、降雨波形と各観測孔の地下水位波形とのずれとして平面的に表示したものである。降雨波形と地下水位波形に時間的な差のないものを0時間、降雨から1,2,...時間とあるものは、降雨からの遅れ時間が1,2,...時間となるエリアを表わしており、各観測孔での遅れ時間をもとにコンターを作成してエリア分けしたものである。図3が97年、図4が98年のものである。

これらの図から、各降雨に対して基本的に斜面下部ほど遅れ時間が小さく、斜面下部から上部へと降雨の影響が移動している。3節で述べたように斜面下部・中部における灌漑用水の常時浸透、降雨浸透、斜面上部からの地下水供給が影響しているため、このような結果が得られたと考えられる。

97年と98年のピーク遅れの拡大については、降雨規模が影響している。両者の降雨量を見ると約2倍となっている。そのため全体的に遅れ時間の拡大が発生したのである。しかし、降雨規模に関係なくN2-2ブロック内のNs-23孔付近は、周辺よりピークの遅れが大きくなっている。これは、N2ブロック内において、Ns-23孔付近から斜面下部への地下水供給の可能性が考えられる。

このように、降雨と地下水位の相互相関係数算出から得られたピーク値を平面的に表示すると、降雨に対する地下水位の影響移動をよく把握することができる。傾向的には灌漑用水等の影響で斜面下部から降雨影響が発生している。また、降雨継続時間が長く、降雨量が大きいほど全体的に相関ピーク出現時間が大きくなっている。

5. まとめ

怒田八畝地すべり防止区域では地下水位等の観測データ、観測データを用いた解析において斜面下部から中部が水田として利用されているがゆえの地すべり活動、地下水位の降雨影響が発生していることが明らかとなった。これは、灌漑期における灌漑用水の浸透のため、降雨影響が大きくなり地すべりの累積的な動きが起こっていること、相関解析において、斜面下部での降雨変化に対する地下水位変化の応答性が最も早く、斜面中部まで数時間の遅れであることに挙げられる。今後は、非灌漑期における相関解析を行い、灌漑期との比較を行い、さらには、他の地すべり地における解析を行う必要がある。

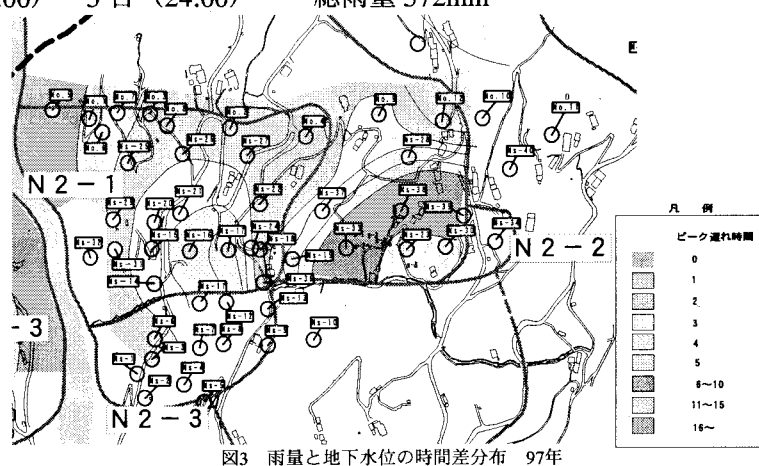


図3 雨量と地下水位の時間差分布 97年

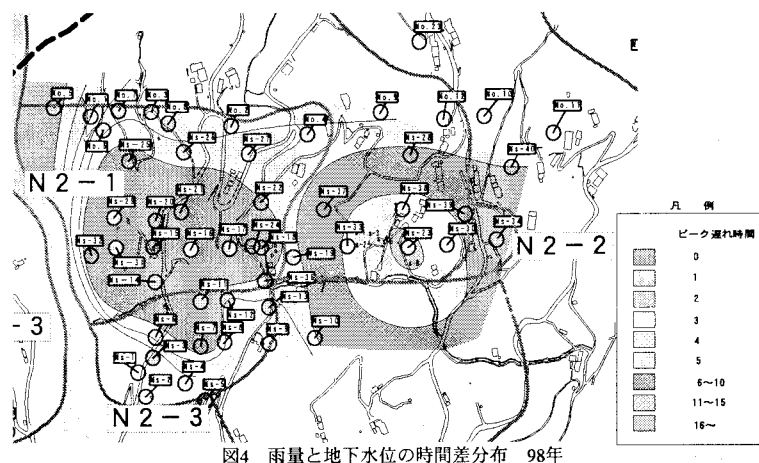


図4 雨量と地下水位の時間差分布 98年