

愛媛県中の川地すべりの地下水状況

愛媛県西条地方局 松本 博行
 同上 藤田 誠
 内場地下工業(株) 大川 義明

1. はじめに

地下水が斜面変動に大きな役割を果たすことはいうまでもない。また、地すべり変動体の中には複数の地下水層が確認される場合も、あるいは地下水が確認できないこともしばしば経験する。中の川地すべりは、大規模崩壊跡地の様相を呈する地すべりで、結晶片岩地域のなかでも斜面傾斜が急峻で起伏が大きいため、種々の地下水状況が確認できる。

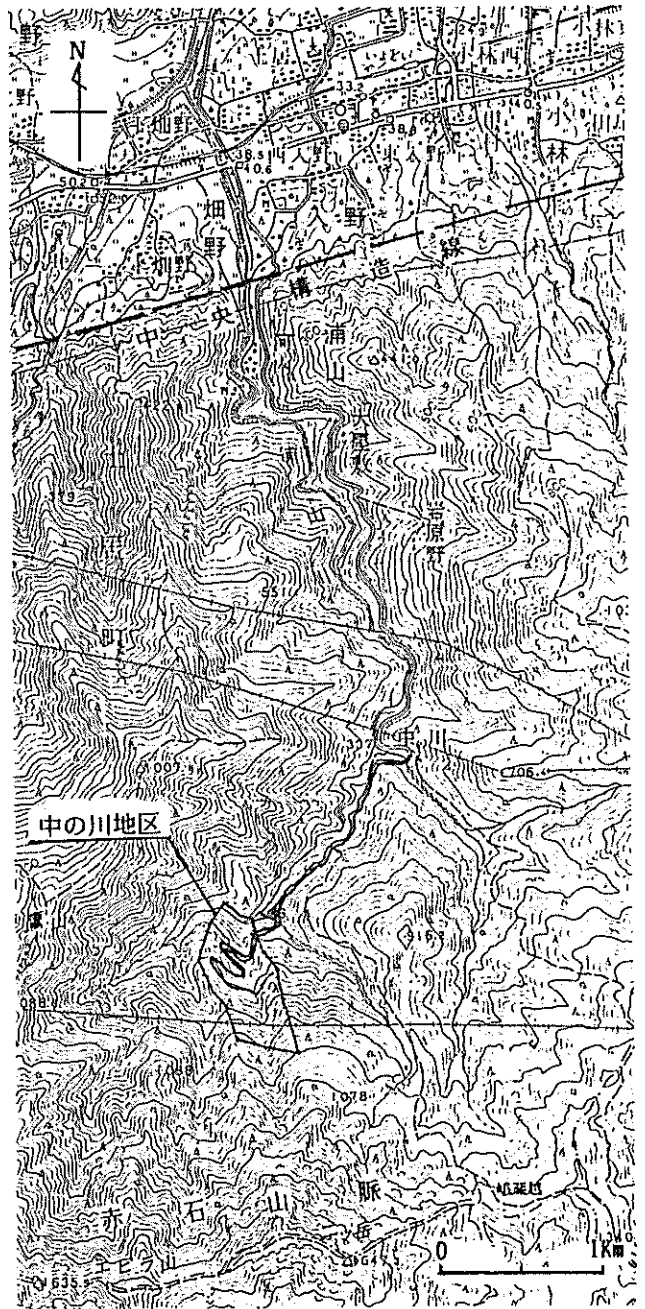
当地区では、昭和62年度より調査を開始し、現在までに弾性波探査8測線、ボーリング調査8箇所、および地下水検層を行ない、パイプ歪計・地盤伸縮計等の観測を実施している。これらの調査結果により、結晶片岩地域の地すべり地に特徴的な様々な地下水状況が把握された。

ここでは、当地すべりの地下水状況が各部位によって著しく異なっている例を紹介する。

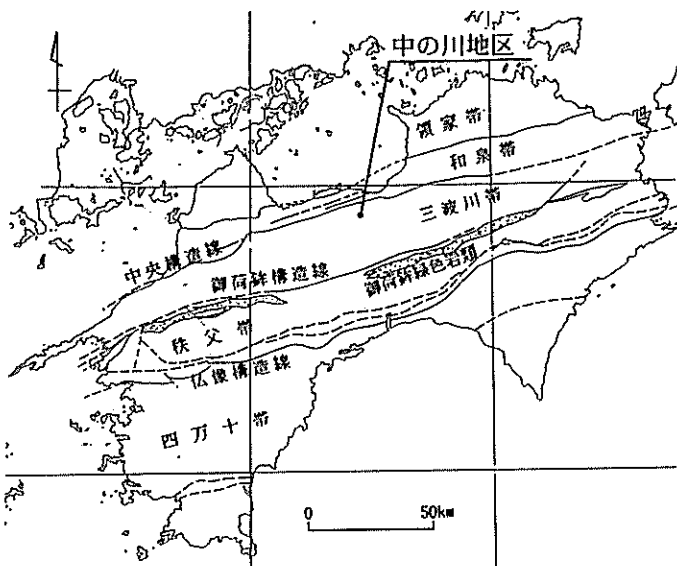
2. 地形・地質概要

中の川地すべりは愛媛県東部を東西に走る赤石山脈北斜面の中腹部に位置し、いわゆる地すべり性大規模崩壊の跡地を中心とする地すべり防止区域であ

る。ここは二ツ岳（標高1,647.3m）から北に延びる尾根線の下部で標高500~800m付近にあたる。二ツ岳の北斜面は標高約1,100m未満のところ



国土地理院発行 1/50,000「新居浜」
 図-2 地形・地質概要図



愛媛地学会(1980)を一部修正加筆¹⁾
 図-1 位置図

腹に緩斜面を有していることが多く、これらの緩斜面は大部分が地すべり地形であったり、古期の産錐堆積物を載せた尾根であったりする（図-2、図-3）。中の川地区は別子銅山大災害（明治32年）のときに大崩壊が発生して下流の土居町内に土石流災害をもたらしたといわれている²⁾。調査地の古い亀裂は植生状況からみて、このときのものと考えられるが、その後も幾度となく亀裂の拡大、崩壊の発生などを繰返し、昭和51年9月の台風17号災害時には、ボーリング地点 BV1-3とBV62-3の間に落差数m、延長約50mに及ぶ馬蹄形の亀裂ができたといわれている（図-4）。63年度の調査中においても6月上旬の降雨で斜面上部（標高740mより上部の斜面）が各所で崩壊し、ボーリング掘進中にもBV63-3のケーシングパイプが曲がるという現象がみられるなど、活発な変動が継続している。

地質は、三波川帯の泥質片岩を主とし、まれに塩基性片岩を伴う。また、蛇紋岩などの超苦鉄質岩類が断層に沿って貫入岩体状に分布している。斜面

と片理面との関係は受け盤となっているが、結晶片岩特有の横断節理面および軸面劈開面の発達が顕著であり、劈開面が流れ盤となっているため、この劈開面に沿った岩盤の滑動が各所にみられる。当地すべりは、このような結晶片岩の岩石構造に規制された岩盤すべりであると考えられ、斜面傾斜が急峻で起伏量が大きいため地下深部でも弛んだ岩盤が分布している。

風化状況は、尾根部では堆積物、泥質片岩とともに茶褐色の風化がみられ、尾根部の緩斜面では若干赤色化を受けた亜円礫を含む古期の産錐堆積物が分布している。その他の谷部や山腹では比較的新鮮で硬質な角礫を多く含む岩屑を主とする大規模崩壊による堆積物が分布している。

3. 変動域およびブロック区分

地すべり変動体としては、大規模崩壊跡地という点から大局的には単一のブロックであると考えられる。しかし、この大規模崩壊跡地は、滑落崖の小崩壊、移動堆積域のクリープ、冠頭部後背亀裂の拡大および側方崖の後退などが観察され、ブロックの細分化が進んでいる。現在の変動特性や原地形の修飾形状などから、表-1に示す3ブロックに区分できる。

表-1 ブロック区分

ブロック名	区域・場所	変動特性
Aブロック	滑落崖付近の急斜面区域 (発生域)	崩壊型
Bブロック	岩屑崩土の移動堆積区域 (移動堆積域)	クリープ型
Cブロック	滑落崖・側方崖後背区域 (亜不動域)	クリープ型

Aブロックは大規模崩壊跡の滑落崖直下のブロックで発生域に相当する。すなわち、滑落崖下方にきわめて急峻な産錐斜面を形成し、表土を欠いた岩屑が分布している。この滑落崖およびその上部は尾根部の弛んだ岩盤が露出している。この付近では急斜面の崩壊が頻発して下方に土砂を供給し、Bブロックを載荷している。Bブロックは、移動域から堆積域にあたり、周辺地域からの集水地形となっているため地下水が豊富であるのが特徴である。

滑落崖上部の冠頭から後背亀裂、側方崖上部などは亜不動域ともいえるところであったが、尾根付近



図-3 空中写真判読結果図

- 凡例 -

- 昭和62年台風19号時および以前の崩壊
- 昭和62年台風19号時および以前の亀裂
- 昭和62年台風19号時以降の崩壊
- 昭和62年台風19号時以降の亀裂
- ブロック境界
- 凹地
- 湧水 (滴水程度)
- 湧水 (数10 L/min)
- 弾性波探査測線
- ボーリング調査孔
- 地盤伸縮計
- ボーリング暗渠工 (竣工)
- ボーリング暗渠工 (平成元年度)
- 水路工 (竣工)
- 谷止工 (平成元年度)

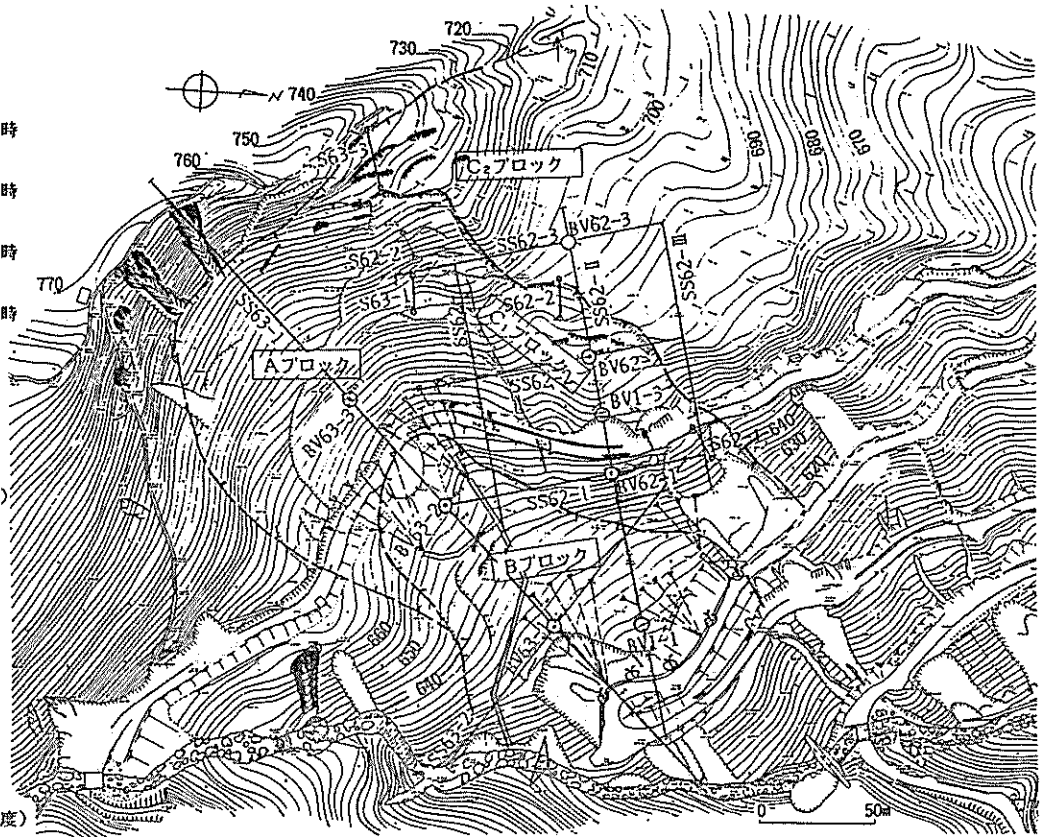


図-4 中の川地区平面図 (抜粋)

- 【凡例】 -

- 崖堆積物
- 泥質片岩
- 超苦鉄質岩
- 破碎部

[岩盤区分]

- D級岩盤 (礫混じり土砂状)
- C₁級岩盤 (軟岩Ⅰ、風化軟岩)
- C₂級岩盤 (軟岩Ⅱ、中硬岩)
- C₃級岩盤 (硬岩)
- 孔内水位
- 孔内水位なし

[断面図凡例]

- 2.1 弾性波速度 (km/sec)
- 弾性波速度境界
- 地質境界
- すべり面

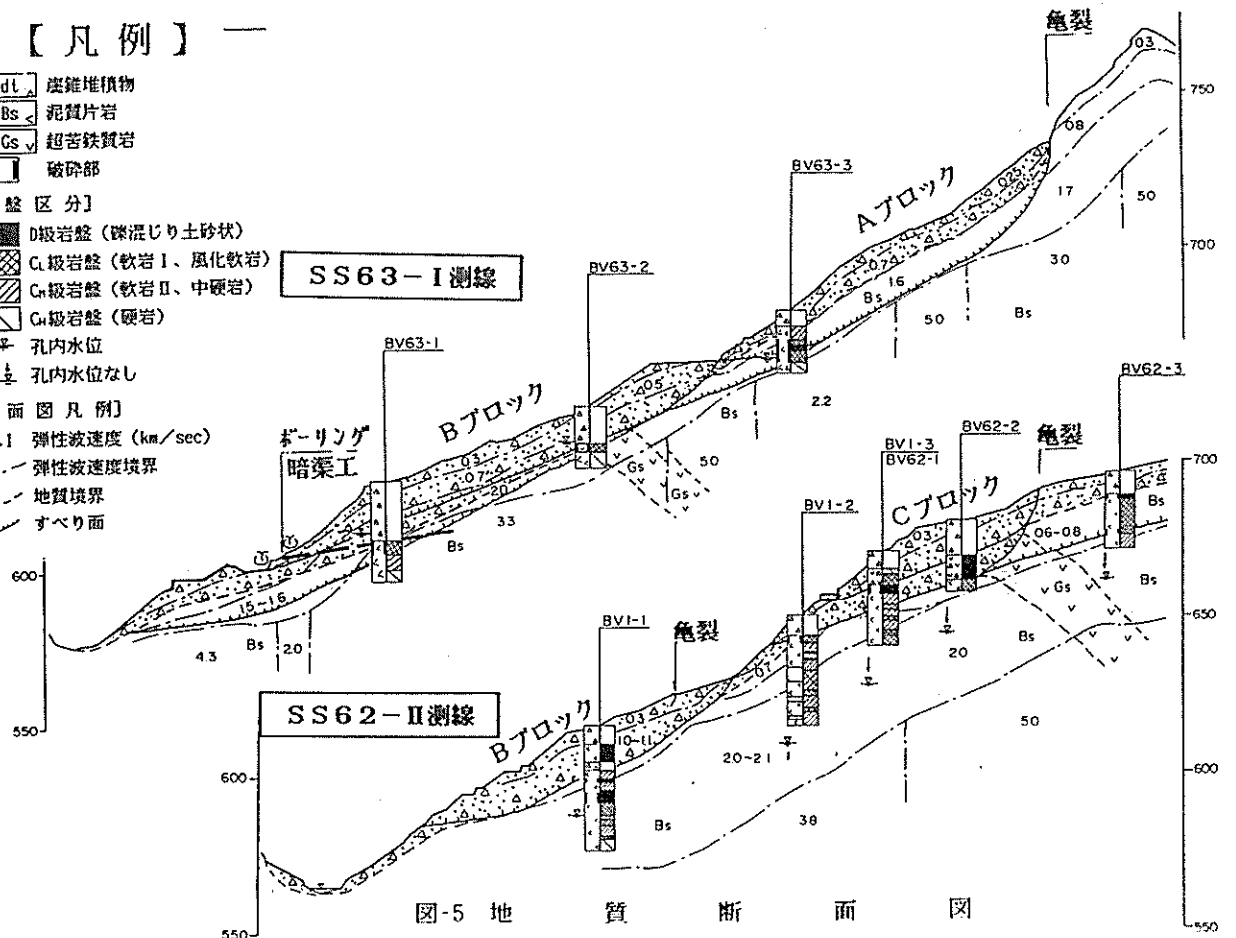


図-5 地質断面図

に稜線と平行な谷や線状凹地、昭和51年の亀裂発生（BV62-3とBV62-2の間）などにより、この「亜不動域」は発生域になりつつあり、Cブロックとして区分した。

また、当地すべりの地盤構成は不動体である基岩の上位に、岩すべりやクリープによる弛んだ岩盤が分布している。このような岩盤は、尾根部や産錐堆積物の下位に分布しており、割れ目が数mm～数cmのオーダーで開口しているのが特徴である。ここでは不動体である基岩と区別して亜基岩と呼ぶ。

4. 地下水状況

(1) ボーリング孔内水位の変化

結晶片岩地域では、ボーリング掘進深度が深くなるにつれて孔内水が漏水し、水位が検出されないことがある。尾根部の緩斜面（Cブロック）で実施した5孔のボーリング調査では、いずれの深度でも孔内水位が検出されない。このことは、岩盤の割れ目が開口気味であり、地下水圧の水頭がかなり低いことを示している。

しかし、移動域から堆積域であるBブロックや滑落崖下部にあたるAブロックのBV63-3では、漏水傾向にあるものの、若干の被圧水もみられる。

また、自記水位計および自記雨量計の観測結果では、BV63-2にみられるように、降雨開始時刻と水位上昇開始時刻との時間遅延は110分程度しか生じていない（図-6）。これは、Aブロック中央部まで約150mの距離に対して $2 \times 10^{-9} \text{ cm/sec}$ の透水係数に相

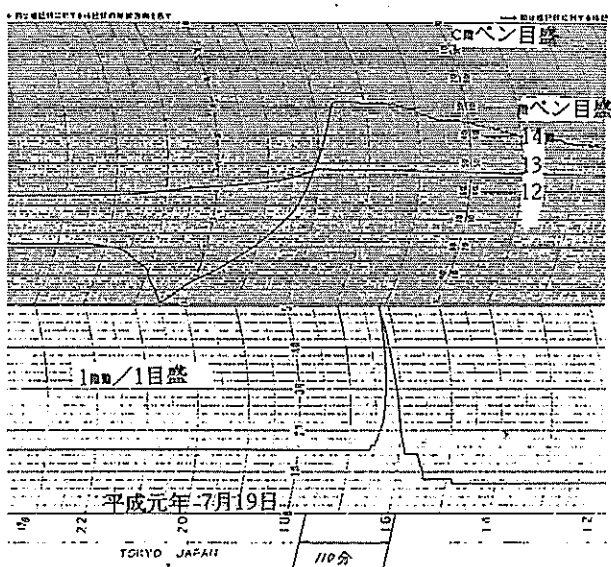


図-3 雨量計および水位計(BV63-2)の自記記録

当し、きわめて近隣の降雨の影響が強いが、水圧伝播の可能性を示している。

(2) 地下水検層による流動層の判定

AブロックおよびBブロックではボーリング掘進途中においても地下水検層を実施して、産錐堆積物中にある地下水流動層の把握に努めた。その結果、産錐堆積物下部の帯水層で地下水の流動が顕著であるのに対し、岩盤部分では移動岩塊～亜基岩と考えられる岩盤に一部流動が認められた程度であった。しかし、図-7に示すように、岩盤部分で流動の顕著な場合もあり、ボーリング暗渠工における突発湧水との関係が注目される。

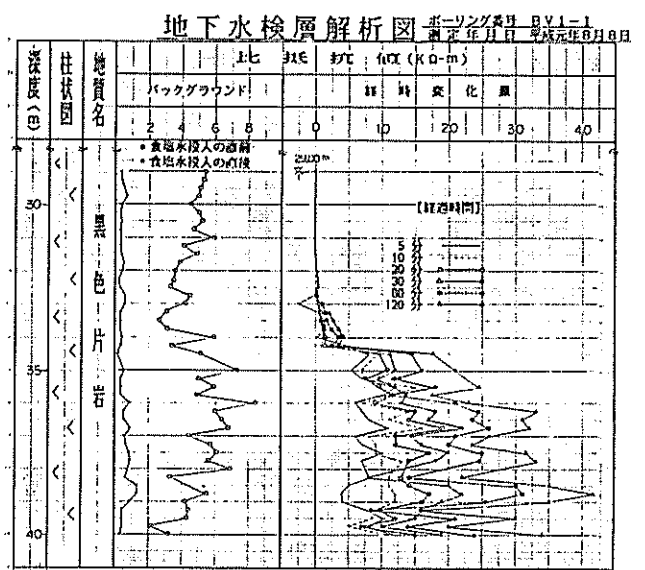


図-7 岩盤中における地下水流動の一例

(3) ボーリング暗渠工における湧水状況

昭和63年度にBブロック下部で3箇所、延べ12孔のボーリング暗渠工を実施した。その結果、産錐堆積物下部の水抜きを目的とした箇所では滴水程度の湧水（最大6ℓ/min）であった。しかし、産錐堆積物下方の移動岩塊～亜基岩と判定される部分の水抜きを行なったところ、産錐堆積物下面に分布する薄い粘性土層を貫通した時点で最大400～600ℓ/minの突発的な湧水があり、2日間で100ℓ/min程度に減少し、現在でも常時数10ℓ/minの湧水が継続している。

(4) 昭和62年台風19号災害前後の状況

この台風19号に伴う降雨は昭和62年10月16～18日に土居町役場で320mmの連続降水量を記録し、中の

川地区周辺ではさらに多量の降雨があったことが同われた。この直後の地表踏査では次のような状況が明瞭に現われた。

- ・昭和62年台風19号以前の崩壊地は主として急傾斜の谷部に堆積した崖錐堆積物が崩壊したもので、とくに、標高640m付近より低いところの林道法肩上部斜面からの崩壊が顕著であった。これらの崩壊は基岩や亜基岩の上面をすべり面とする表層崩壊の形態をとっている。弾性波探査測線SS62-Ⅲの下部にある比較的大きな崩壊地では、昭和62年度の地盤伸縮計観測において移動特性が把握できた。すなわち、降雨前には静止しているが、降雨が始まるとともに移動が顕著になり、数時間以内に第3次クリーブの領域に入って崩土が流出する。そして、降雨が止むと静止する。このことは、地下水位の上昇のみならず降雨による地盤の軟弱化、土塊重量の増加などでも容易に不安定になることを示している。
- ・台風19号災害では、標高640m付近より低いところでの地表水や湧水による崩壊が顕著であった。すなわち、標高640m付近を境界として、上部斜面では湧水や地表水の流れた跡が極端に少なく、Bブロックの緩斜面、Cブロックの緩斜面などでは地表水の流路跡はほとんど見られなかった。
- ・標高約640m付近より下部では、地表水や湧水の跡が無数にあり、その流量も数10ℓ/min以上の箇所が多く、真新しい崩落崖にはパイピング跡も多い。
- ・とくにBブロック下部に露出する亜基岩中にパイピングホールが多数見出された。
- ・この台風時には、標高640m付近より下方斜面（主としてBブロック）で崩壊が多発したが、その後、現在までは標高640mより高い部分（Aブロック、Cブロック）での崩壊や亀裂の発生が頻発している（図-4）。

5. 地すべり機構

これまでの調査結果より当地区の地すべり機構を地下水状況に注目して記す。

(1) 地下水の起源

一般にすべり面より溪床の方が低いところに位置しており、溪流沿いは兩岸とも基岩が露出している

ことが多い。また、溪流沿いに分布する破砕帯でも顕著な湧水は認められず、地下水位の変化は、当地すべりの集水域付近に降った雨による地表水の影響によるものが大きいと考えられる。Bブロックでは基岩上面の形状が凹型を呈しており、その面積もはるか上部斜面にまで及ぶので、量的には断層破砕帯などに伴う湧水を集水しているものと考えられる。

(2) 浸透域

尾根に近いAブロック上部やCブロックでは地下水がほとんど確認できず、降雨の浸透域に相当する。ここでは、降雨が間隙の多い地盤中に速やかに浸透し、地表を流れることは少ない。地盤中では崖錐堆積物下面がいわゆる第1次の地下水制限床となっているが、尾根部の崖錐堆積物は粘性土が多いためこのでの湧水は少なく、露頭では降雨後に1ℓ/min未満で湧水する程度である。また、これらのブロックでは、開口した割れ目の多い亜基岩が地下深部にまで及んでいるため基岩上面付近までは地下水位として検出されることはない。

(3) 湧水域

Aブロック下部やBブロックのように第2次地下水制限床である基岩上面付近（地表面では標高約640m未満）では、間隙の多い亜基岩中に地下水が貯留される。ボーリング暗渠工施工中における突発湧水は亜基岩中の間隙に貯留された地下水と考えられ、湧水量とその継続時間から 10^3m^3 のオーダーで地下水が貯留されているものと考えられる。このことは、亜基岩中に相当量の地下水を貯留させ得る間隙を有していることを示し、表層の堆積物などがこの貯留水に対して不完全遮水壁の役割を果たしているものと考えられる。

(3) すべり面の確認

すべり面の調査は各孔に1m間隔に設置したパイプ歪計の観測により行なっている。Aブロックでは、BV63-3に設置したパイプ歪計に全く累積歪が認められない。しかし、ボーリング掘進中に斜面変動により孔曲がりを生じ、ケーシングパイプがGL.-7~-8m付近で屈曲して回転不能となった。また、このとき上部斜面（地盤伸縮計S63-3）に亀裂が発生した。このことから、亜基岩中のGL.-7.5~-7.6mの脆弱部がすべり面となったことが想定された。

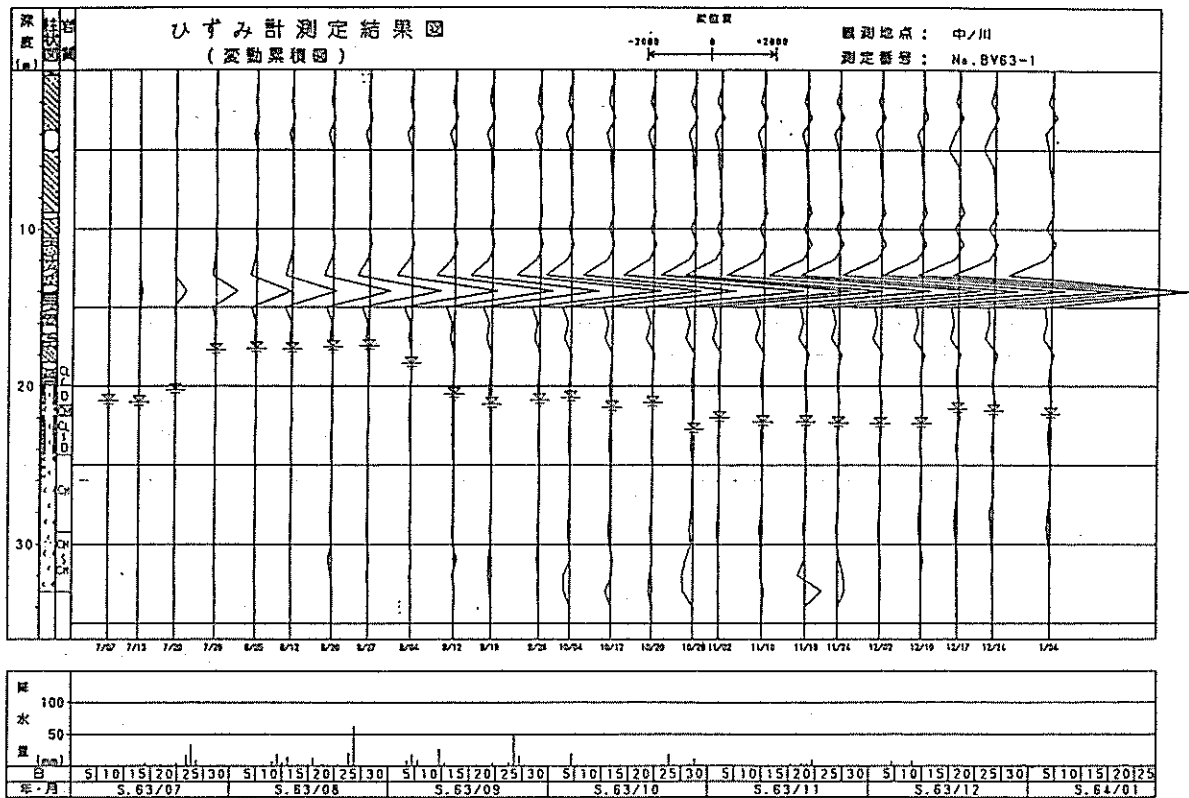


図-8 パイプ歪計観測結果(BV63-1)

Bブロックでは、BV63-1でGL.-14.0m、BV63-2でGL.-12.0mに各々明瞭な累積歪が現れた(図-8)。これらは、産錐堆積物下部～亜基岩上面に相当する。Cブロックのパイプ歪計はBV62-1、BV62-2に設置しているが、産錐堆積物下部で累積歪が大きいもの、亜基岩中にも累積歪が現れ、すべり面を確定することができなかつた。このため本年度よりBVI-1、BVI-2、BVI-3において孔内傾斜計による観測を開始した。

(4)地すべり機構

これらのことから、地下水の浸透域であるAブロックやCブロックの斜面変動は降雨との関連性が不明瞭で、Aブロックの崩壊やCブロックのクリープは降雨による重量増などが誘因となっている可能性がある。湧水域であるBブロックでは、亜基岩中の間隙に多量の地下水が貯留されており、これが産錐堆積物下面付近に揚圧力として作用することが考えられる。

6. 対策工法および今後の問題点

現在、AブロックおよびCブロックの足元にあたるBブロックに対し、排水対策としてボーリング暗渠工および水路工、また溪岸の侵食防止対策として谷止工を施工中である。Bブロックは地下水が多量

に貯留されており、ボーリング暗渠工の施工に伴なう地下水位、湧水量の変化および降雨と変動量などの相互関連を把握し、効果を確認しながら今後の対策を進めて行きたい。また、Cブロックでは大雨時においても地下水が確認されず、地下水排除工は現在の調査段階では十分な効果が期待できるという確認が得られていない。このブロックでは亜基岩中にも変動が想定され、Aブロックの調査とともに今後の調査・観測が必要である。

亜基岩に発達する開口した割れ目は、地表水の浸透経路となって、通常の調査時などでは孔内水位が確認できないことが多い。しかし、異常降雨時には容量の大きな水ミチとなり、谷部では貯水槽となることが想定される。当地区では、斜面傾斜が急峻であるため、このような地下水の各形態が標高に応じて観察されるものと考えている。

【参考文献】

- 1) 愛媛地学会(1980):愛媛県地質図
- 2) 土居町(1986):「土居町史」